https://t.me/E5_G5

الفيزياء

تطبيق
الامتحان التفاعلى

كتاب الشرح



2027

لصف 3
الثانوى

الامتحان®

تطبيق
الامتحان التفاعلى

الفيزياء

كتاب الشرح



الصف الثالث الثانوى

إعداد
نخبة من خبراء التعليم

الامتحان®

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة

لا يجوز بأى صورة من الصور، التوصيل (النقل) المباشر أو غير المباشر لأى مما ورد فى هذا الكتاب أو نسخه أو تصويره أو ترجمته أو تحويره أو الاقتباس منه أو تحويله رقميًا أو إتاحته عبر شبكة الإنترنت **إلا بإذن كتابى** مسبق من الناشر

كما لا يجوز بأى صورة من الصور استخدام العلامة التجارية (**الامتحان**) المسجلة باسم الناشر **ومَن يخالف ذلك يتعرض للمساءلة القانونية طبقًا لأحكام القانون ٨٢ لسنة ٢٠٠٢ الخاص بحماية الملكية الفكرية.**

https://t.me/E5_G5

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

بفضل الله ومعونته .. تحقق سلسلة كتب **الامتحان** فى المرحلة الثانوية سلسلة من النجاحات، وهذا النجاح هو ترجمة حقيقية لثقتكم الغالية فيما نقدمه، وحرصًا منا على إنجاح مسيرة تطوير المناهج التعليمية التى توليها الدولة أهمية خاصة، وسعيًا لتفوق أبنائنا،

نهدى الجميع كتاب **الامتحان** فى مادة الفيزياء للصف الثالث الثانوى

وفقًا لنظام الثانوية العامة المطور،

وكل ما نتمناه أن يحقق هذا الكتاب الأهداف المرجوة.

سياستنا	تحديث، وتطوير مستمر.
هدفنا	تفوق، وليس مجرد نجاح.
شعارنا	معنا دائمًا فى المقدمة.

والله ولى التوفيق

أسرة سلسلة **الامتحان**

بطاقة فهرسة

فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية إدارة الشئون الفنية

الامتحان فى مادة الفيزياء / إعداد نخبة من خبراء التعليم

القاهرة : چى بى إس للطبع والنشر والتوزيع ، ٢٠٢٧م

سلسلة **الامتحان** (للثانوية العامة)

تدمك : ٥ - ٣٣٠ - ٩٧٠ - ٩٧٧ - ٩٧٨

١ - الفيزياء - تعليم وتدريس. ٢ - التعليم الثانوى.

٥٣٠,٠٧

رقم الإيداع : ١١٢٠٧ / ٢٠٢٦م

QR Code

التطبيق التفاعلى من سلسلة كتب ...

الامتحان المعاصر

كيفية استخدام التطبيق

1 نزل التطبيق من

GET IT ON Google Play

Download on the App Store

2 أنشئ حسابك

- حساب طالب
- حساب ولى أمر
- حساب معلم

3 أدخل كود الكتاب

الموجود على ظهر الغلاف



استمتع

بتجربة التعلم التفاعلى لجميع المواد الدراسية
واحصل مجانًا على جميع مزايا التطبيق...



احرص على اقتناء

كتاب الأسئلة والمسائل

بنظام OPEN BOOK

للصف 3 الثانوى

يحتوى الكتاب على :

إرشادات
لمساعدة الطالب فى كيفية حل الأسئلة والمسائل.

أسئلة
- اختيار من متعدد.
- مقاليـة.

على كل درس بنظام OPEN BOOK

اختبار إلكترونى
على كل درس
بحيث يمكنك بعد الانتهاء منه عرض تقرير مفصل بالإجابات الصحيحة والخاطئة.

أسئلة امتحانات
الثانويـة العامـة للأعـوام السابقـة
فى نهاية كل درس.

اختبار
عـام فى نهاية كل فصل.



يصرف مجانًا مع كتاب الأسئلة
الجزء الخاص بالإجابات

كتاب الامتحان

https://t.me/E5_G

محتويات الكتاب

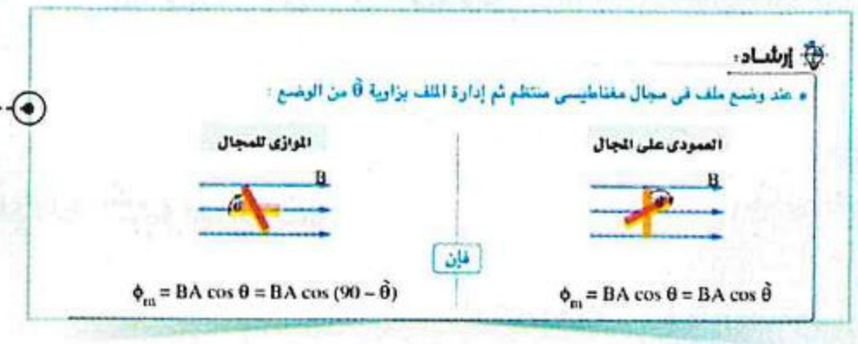
1 شـــرح وافٍ

يتضمن رسومات ومخططات لعرض المادة العلمية بشكل مبسط



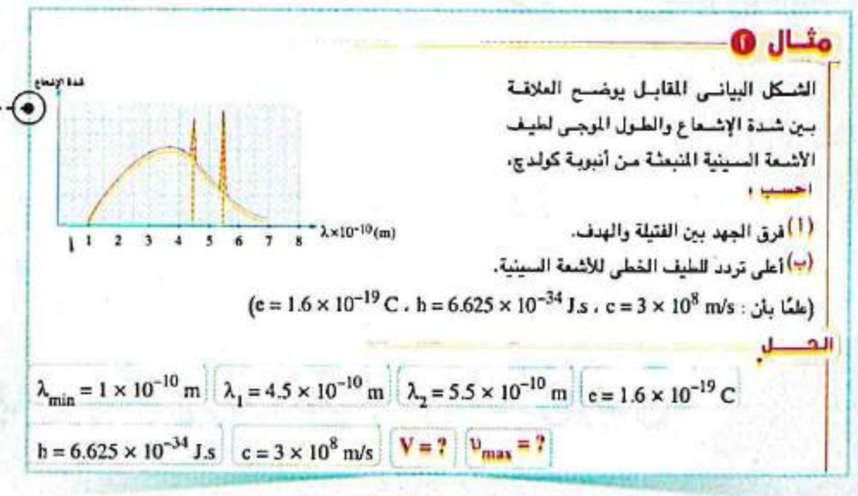
2 إرشـادات هامـة

للمساعدة على حل الأسئلة والمسائل



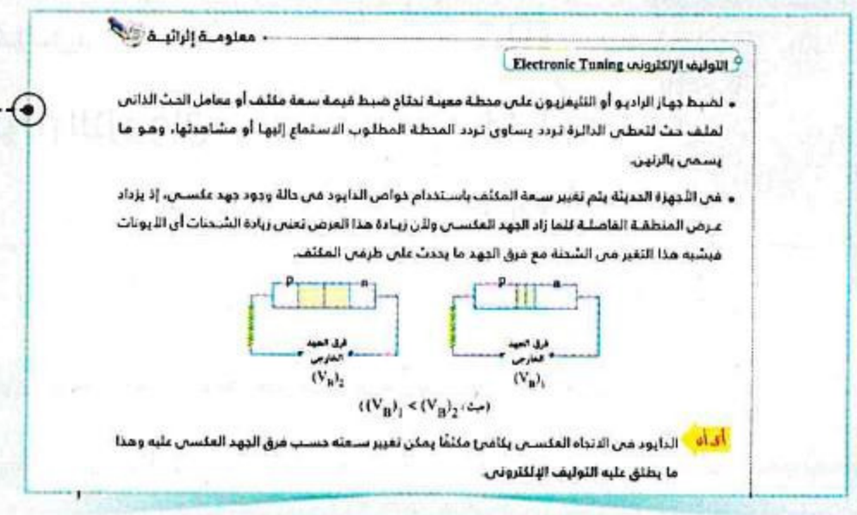
3 أمثلة محلولـة

بهدف تطبيق الطالب للمفاهيم والعلاقات التى درسها للوصول إلى الحل



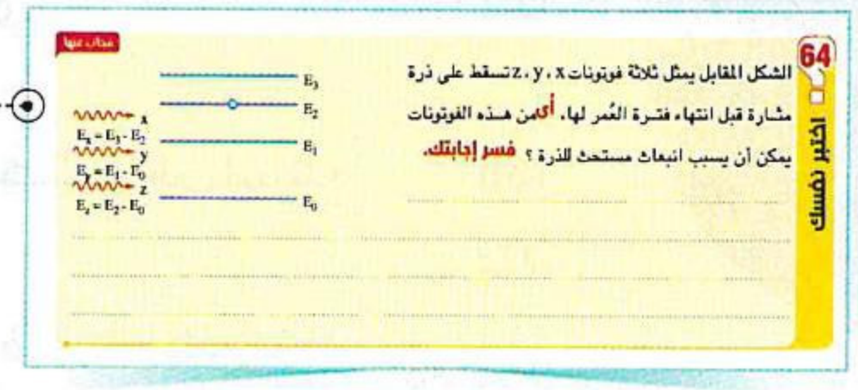
4 معلومات إثرائية

بهدف زيادة استيعاب الطالب لبعض أجزاء المنهج



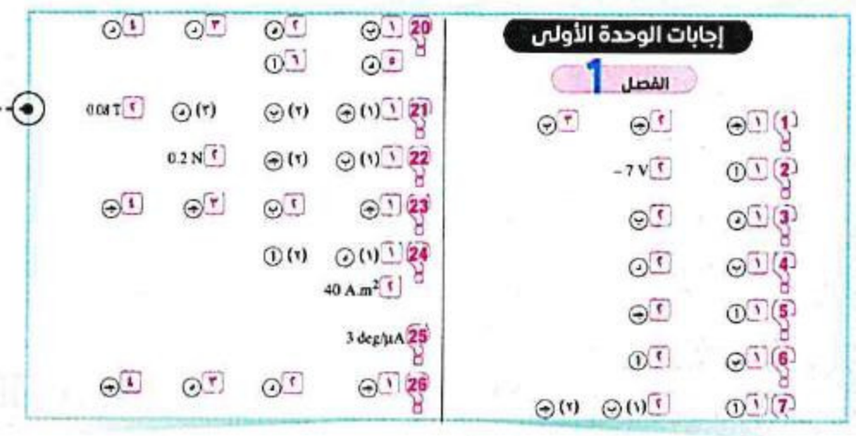
5 اختبـر نفســك

بمثابة أسئلة دورية بنظام «Open Book» على كل جزئية لضمان استيعاب الطالب لجميع أجزاء الدرس



6 إجابــات

اختبـر نفســك



https://t.me/E5_G5

محتويات الكتاب

- أساسيات رياضية هامة.
- خطوات استخدام الآلة الحاسبة لحل المعادلات.
- الكميات الفيزيائية الواردة بالمنهج ورموزها ووحدات قياسها.

الوحدة الأولى الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية



الفصل 1 التيار الكهربى وقانون أوم وقانونا كيرشوف.

		الصفحة
الدرس الأول	التيار الكهربى وقانون أوم.	14
الدرس الثانى	توصيل المقاومات.	35
الدرس الثالث	قانون أوم للدائرة المغلقة.	62
الدرس الرابع	قانونا كيرشوف.	72



الفصل 2 التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وأجهزة القياس الكهربى.

			الصفحة
الدرس الأول	التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى.		85
الدرس الثانى	تابع التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى.		102
الدرس الثالث	• القوة المغناطيسية.	• عزم الازدواج.	123
الدرس الرابع	أجهزة القياس الكهربى.		142



الفصل 3 الحث الكهرومغناطيسى.

			الصفحة
الدرس الأول	• قانون فاراداى. • القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك مستقيم.		163
الدرس الثانى	• الحث المتبادل بين ملفين.	• الحث الذاتى لملف.	186
الدرس الثالث	المولد الكهربى.		202
الدرس الرابع	• المحول الكهربى.	• المحرك الكهربى.	224



الفصل 4 دوائر التيار المتردد.

			الصفحة
الدرس الأول	دوائر التيار المتردد.		241
الدرس الثانى	تابع دوائر التيار المتردد.		268
الدرس الثالث	• الدائرة المهتزة.	• دائرة الرنين.	286

الوحدة الثانية مقدمة فى الفيزياء الحديثة



الفصل 5 ازدواجية الموجة والجسيم. الصفحة

الدرس الأول
- إشعاع الجسم الأسود. 296
- الانبعاث الحرارى والتأثير الكهروضوئى.

الدرس الثانى
- ظاهرة كومتون.
- الطبيعة الموجية للجسيم. 312
- المجهر الإلكترونى.



الفصل 6 الأطياف الذرية. 325



الفصل 7 الليزر. 340



الفصل 8 الإلكترونيات الحديثة.

الدرس الأول
- أشباه الموصلات. 354
- الوصلة الثنائية.

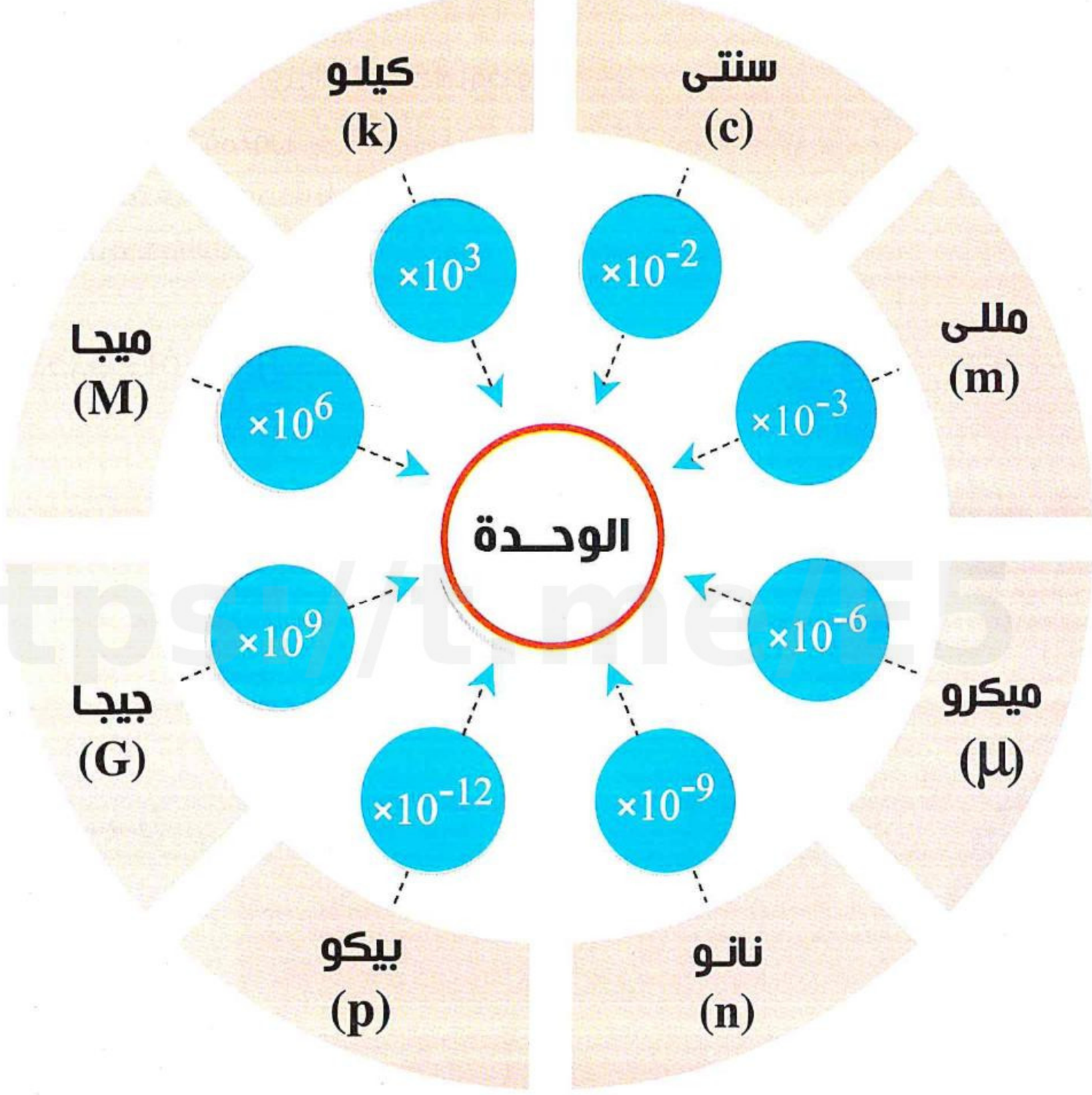
الدرس الثانى
- الترانزستور. 369
- الإلكترونيات التناظرية والرقمية.

إجابات أسئلة اختبر نفسك 382

أساسيات رياضية هامة

تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

أ



ب

مم²	سم²
mm^2	cm^2
$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-4}$

المساحة

بوحدة م² (m^2)

ج

مم³	سم³
mm^3	cm^3
$\times 10^{-9}$	$\times 10^{-6}$

الحجم

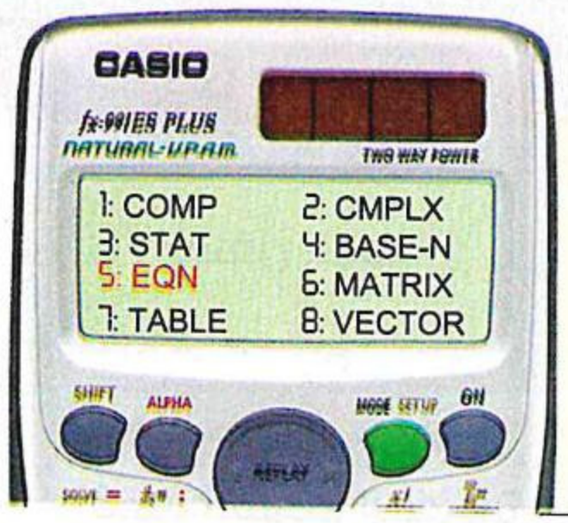
بوحدة م³ (m^3)

خطوات استخدام الآلة الحاسبة لحل المعادلات

https://t.me/E5_G

١

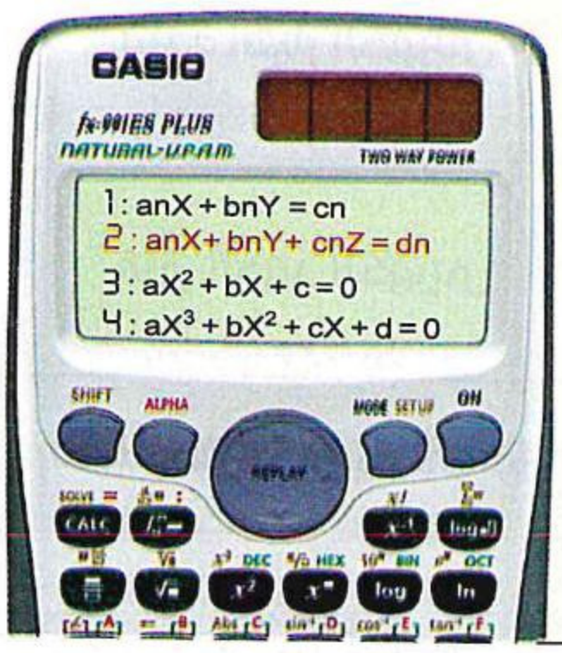
نضغط زر **MODE** فتظهر لنا الشاشة المقابلة.



٢

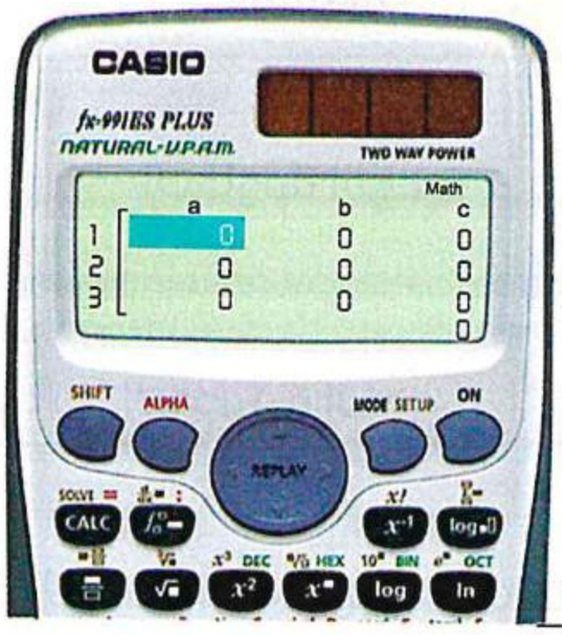
نضغط الرقم الدال على **EQN** لاختيار صيغة المعادلات فتظهر لنا الشاشة المقابلة بحيث يدل رقم الاختيار على صيغة المعادلات كالتالى :

1. معادلتين من الدرجة الأولى فى مجهولين.
2. ثلاث معادلات من الدرجة الأولى فى ثلاثة مجاهيل.
3. معادلة من الدرجة الثانية فى مجهول واحد.
4. معادلة من الدرجة الثالثة فى مجهول واحد.



٣

فمثلاً نضغط رقم 2 لاختيار صيغة المعادلات من الدرجة الأولى فى ثلاثة مجاهيل فتظهر لنا الشاشة المقابلة،نقوم بإدخال المعاملات الخاصة بكل مجهول على حدة بحيث نكتب من المعادلة الأولى قيمة **a** ثم نضغط = ثم قيمة **b** ونضغط = وكذلك بالنسبة لـ **c ، d** فتظهر لنا تلك البيانات بالتتابع فى السطر الأول على الشاشة المقابلة.



٤

نطبق الخطوة السابقة على المعادلتين الثانية والثالثة لإدخال باقى المعاملات.

٥

لنحصل على قيم المجاهيل الثلاثة بعد إدخال جميع المعاملات نضغط = فتظهر لنا على الشاشة قيمة **X** وبالمثل نضغط = فتظهر لنا قيمة **Y** وكذلك بالنسبة لـ **Z**

الكميـات الفيزيائيـة

الـواردة بالمنـهـج ورمـوزهـا ووحـدات قيـاسـهـا

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
الشغل المبذول	W	چول ≡ وات.ثانية ≡ فولت.كولوم	$J \equiv Watt.s$ $\equiv V.C$
كمية الشحنة الكهربية	Q	كولوم ≡ چول.فولت$^{-1}$ ≡ أمبير.ثانية ≡ فولت.ثانية.أوم$^{-1}$	$C \equiv J.V^{-1}$ $\equiv A.s$ $\equiv V.s.\Omega^{-1}$
شدة التيار الكهربى	I	أمبير ≡ كولوم.ثانية$^{-1}$ ≡ فولت.أوم$^{-1}$	$A \equiv C.s^{-1}$ $\equiv V.\Omega^{-1}$
فرق الجهد الكهربى	V	فولت ≡ چول.كولوم$^{-1}$ ≡ أمبير.أوم	$V \equiv J.C^{-1}$ $\equiv A.\Omega$
المقاومة الكهربية لموصل	R	أوم ≡ فولت.أمبير$^{-1}$	$\Omega \equiv V.A^{-1}$
الطول	ℓ	متر	m
المساحة	A	م^{2}	m^2
المقاومة النوعية	ρ_e	أوم.م ≡ فولت.أمبير$^{-1}$.م	$\Omega.m$ $\equiv V.A^{-1}.m$
التوصيلية الكهربية	σ «سيجما»	أوم$^{-1}$.م$^{-1}$ ≡ فولت$^{-1}$. أمبير.م$^{-1}$	$\Omega^{-1}.m^{-1}$ $\equiv V^{-1}.A.m^{-1}$
القوة الدافعة الكهربية لبطارية	V_B	فولت	V
المقاومة الداخلية لبطارية	r	أوم	Ω
الفيض المغناطيسى	ϕ_m	وبر ≡ نيوتن.م/أمبير ≡ فولت.ثانية ≡ تسلا.م^{2}	$Weber \equiv N.m/A$ $\equiv V.s \equiv T.m^2$
كثافة الفيض المغناطيسى	B	تسلا ≡ نيوتن/ أمبير.م ≡ وبر/م^{2} ≡ فولت.ثانية.م$^{-2}$	$Tesla \equiv N/A.m$ $\equiv Weber/m^2 \equiv V.s.m^{-2}$

https://t.me/E5_G5

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
معامل النفاذية المغناطيسية	μ «ميو»	وبر/أمبير.متر ≡ تسلا.م/أمبير	$Weber/A.m \equiv T.m/A$
القوة المغناطيسية	F	نيوتن ≡ كجم.م/ثانية^{2}	$N \equiv kg.m/s^2$
عزم الازدواج المغناطيسى	τ «تاو»	نيوتن.متر ≡ كجم.م^{2}/ثانية^{2}	$N.m \equiv kg.m^2/s^2$
عزم ثنائى القطب المغناطيسى	$\vec{\lvert m_d \rvert}$	نيوتن.متر/تسلا ≡ كجم.م^{2}/ثانية^{2}.تسلا ≡ أمبير.م^{2}	$N.m/T \equiv kg.m^2/s^2.T \equiv A.m^2$
مقاومة مجزئ التيار	R_s	أوم	Ω
مقاومة مضاعف الجهد	R_m	أوم	Ω
القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية	emf	فولت	V
معامل الحث المتبادل بين ملفين	M	هنرى ≡ وبر/أمبير ≡ تسلا.متر^{2}/أمبير	$H \equiv Weber/A \equiv T.m^2/A$
معامل الحث الذاتى لملف	L	≡ فولت.ثانية/أمبير ≡ أوم.ثانية	$\equiv V.s/A \equiv \Omega.s$
السرعة الزاوية	ω «أوميجا»	راديان/ ثانية	rad/s
التردد (عدد دورات الملف فى الثانية)	f	هيرتز ≡ ثانية$^{-1}$	$Hz \equiv s^{-1}$
القوة الدافعة الكهربية الفعالة	$(emf)_{eff}$	فولت	V
القيمة الفعالة للتيار المتردد	I_{eff}	أمبير	A
كفاءة المحول الكهربى	η	—	—
المفاعلة الحثية لملف	X_L	أوم	Ω
سعة المكثف	C	فاراد ≡ كولوم/فولت	$F \equiv C/V$
المفاعلة السعوية لمكثف	X_C	أوم	Ω
المعاوقة	Z	أوم	Ω

https://t.me/E5_G5

الكميات الفيزيائية الواردة بالمنهج ورموزها ووحدات قياسها

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
الطول الموجى عند أقصى شدة إشعاع	λ_m	متر	m
طاقة الفوتون	E	چول	J
التردد الحرج	υ_c	هيرتز ≡ ثانية$^{-1}$	$Hz \equiv s^{-1}$
دالة الشغل لسطح	E_w	چول	J
كتلة الإلكترون	m_e	كجم	kg
شحنة الإلكترون	e	كولوم	C
ثابت بلانك	h	چول.ثانية ≡ كجم.م^2.ثانية$^{-1}$	$J.s \equiv kg.m^2.s^{-1}$
كمية الحركة الخطية	P_L	كجم.م/ثانية	kg.m/s
القوة المؤثرة من حزمة فوتونات	F	نيوتن	N
القدرة	P_w	وات ≡ چول.ثانية$^{-1}$ ≡ أمبير^2.أوم ≡ ڤولت.أمبير ≡ ڤولت^2/أوم	$Watt \equiv J.s^{-1}$ $\equiv A^2.\Omega$ $\equiv V.A$ $\equiv V^2/\Omega$
تركيز الإلكترونات الحرة	n	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز الفجوات	p	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز أيونات الشوائب المعطية	N_D^+	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز أيونات الشوائب المستقبلة	N_A^-	سم$^{-3}$	cm^{-3}
نسبة التوزيع	α_e	—	—
نسبة تكبير الترانزستور	β_e	—	—
تيار الباعث	I_E	أمبير	A
تيار المجمع	I_C	أمبير	A
تيار القاعدة	I_B	أمبير	A

https://t.me/E5_G5

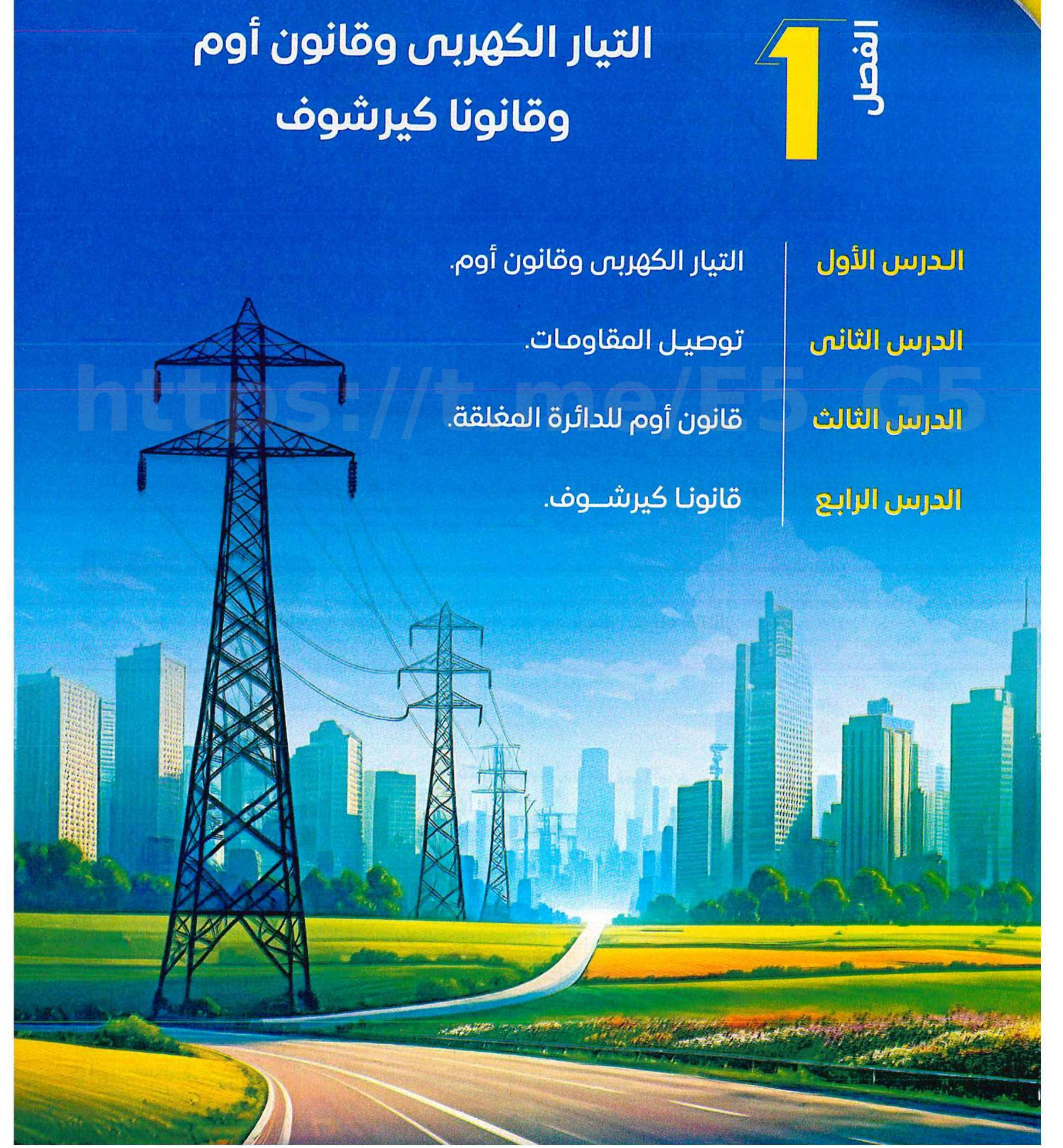
الوحدة الأولى

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل 1

التيار الكهربى وقانون أوم وقانونا كيرشوف

الدرس الأول	التيار الكهربى وقانون أوم.
الدرس الثانى	توصيل المقاومات.
الدرس الثالث	قانون أوم للدائرة المغلقة.
الدرس الرابع	قانونا كيرشـــوف.



https://t.me/Es5.G5

الفصل 1

الدرس الأول

التيار الكهربى وقانون أوم



مفاهيم أساسية فى الكهربية

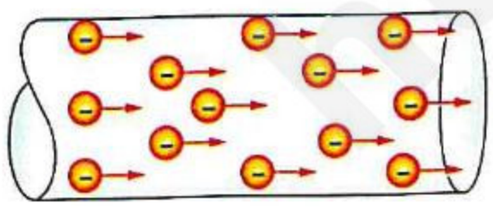
* الكهرباء صورة من صور الطاقة التى نجدها حولنا فى كل مكان، فهى تُستخدم لتزويد المنازل والمصانع وغيرها بالطاقة الكهربية، وتتحول تلك الطاقة عند تحرك الشحنات الكهربية الحرة خلال الموصلات إلى صور أخرى من الطاقة، وفيما يلى سنتعرف على بعض المفاهيم الأساسية للكهرباء.

أولاً التيار الكهربى

* تعتبر حركة الشحنات الكهربية خلال الموصلات تيارًا كهربيًا، **ويمكن تعريفه كالتالى :**

التيار الكهربى

فيض من الشحنات الكهربية تسرى خلال الموصلات.

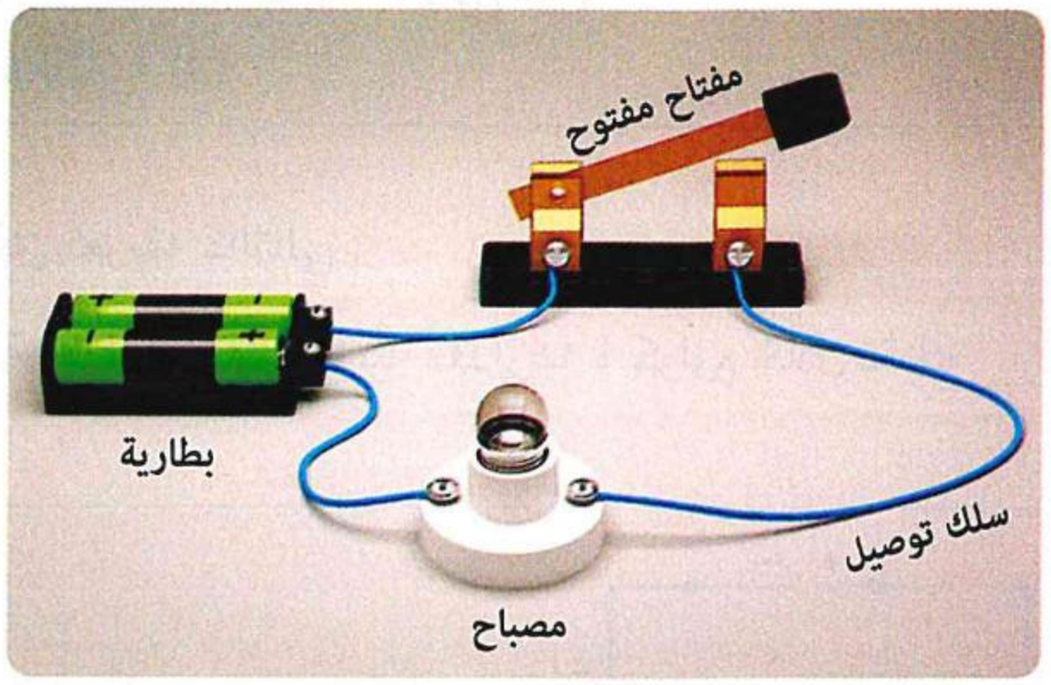


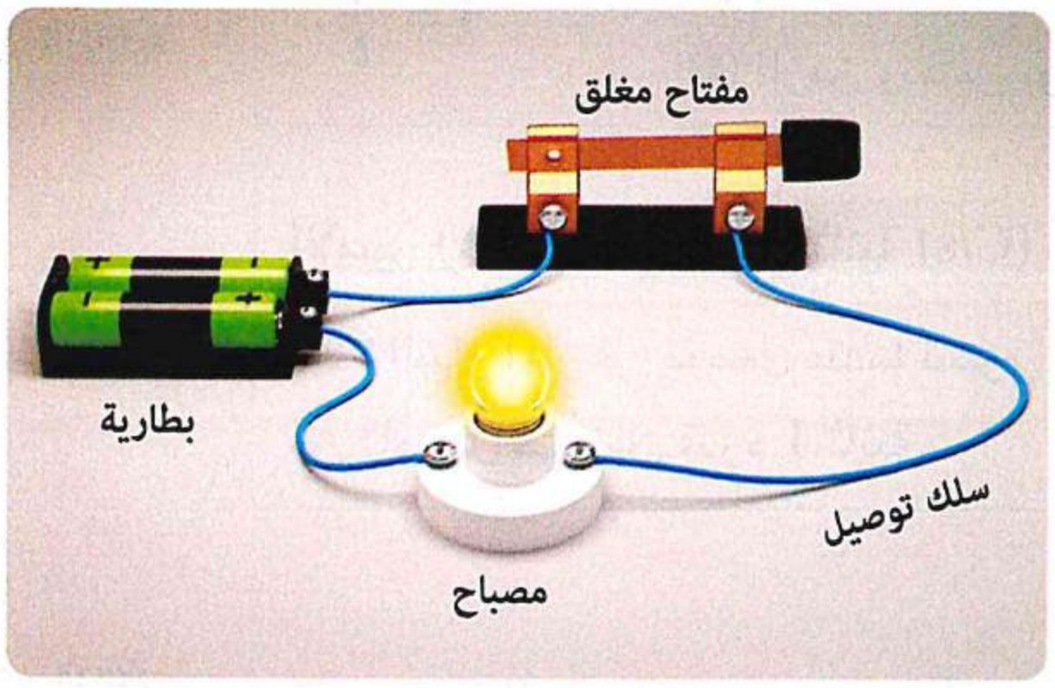
*** يمكن تقسيم المواد الصلبة من حيث قدرتها على التوصيل الكهربى إلى :**

١ مواد موصلة	٢ مواد عازلة	٣ أشباه موصلات
* تحتوى على وفرة من الإلكترونات الحرة وتوصيليتها الكهربية عالية وتسمح بمرور التيار الكهربى.	* تحتوى على ندرة من الإلكترونات الحرة وتوصيليتها الكهربية منخفضة ولا تسمح بمرور التيار الكهربى.	* مواد توصيليتها الكهربية وسط بين الموصلات والعازلات.
* **مثل :** الفلزات كالنحاس.	* **مثل :** – اللافلزات كالكبريت. – الخشب. – المطاط.	* **مثل :** – السيليكون. – الچرمانيوم.

* فـى ذرات عناصـر المـواد الموصلة تكـون الإلكترونات فى مسـتويات الطاقة الخارجية (إلكترونـات التكافؤ) ضعيفة الارتبـاط بالنـواة فيمكن للذرة أن تفقدها إذا اكتسـبت كميـة من الطاقة، وتتحرك هذه الإلكترونات عشـوائيًا داخل الموصل ويطلق عليها الإلكترونات الحرة، وتحتوى قطعة الموصل على عدد هائل من الإلكترونات الحرة التى يمكن أن تزاح فى اتجاه واحد داخل الموصل عند توصيل طرفيه بمصدر جهد كهربى.

* يلزم لمرور تيار كهربى وجود مصدر كهربى (بطارية) متصل بدائرة كهربية مغلقة.





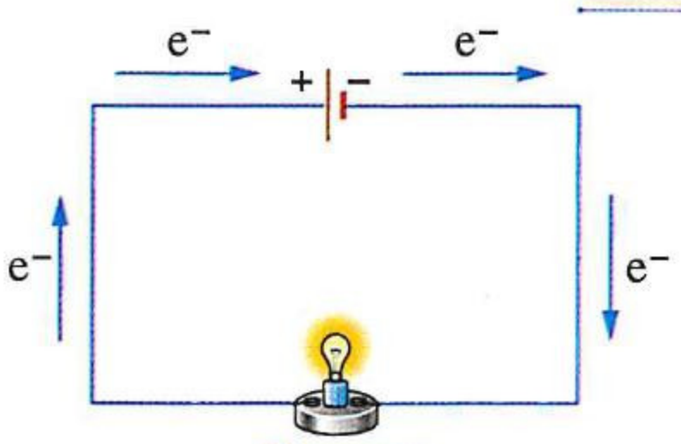
اتجـاه التيـار الكهربـى

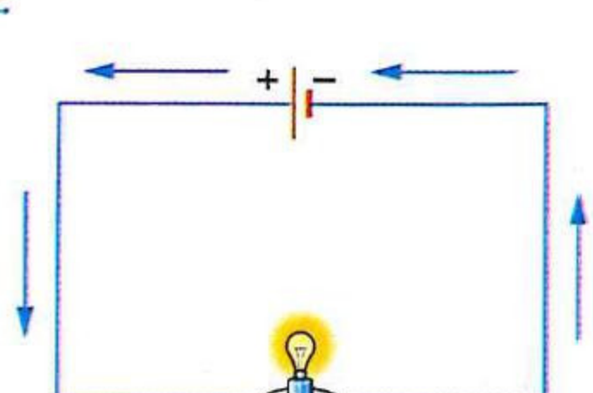
* تم اكتشاف التيار الكهربى قبل اكتشاف الإلكترونات، وافترض العلماء فى ذلك الوقت أن التيار الكهربى عبارة عن حركة الشحنات الموجبة فى الموصلات.
* بعد اكتشاف الإلكترونات، اكتشف العلماء أن التيار الكهربى عبارة عن حركة الإلكترونات الحرة فى الموصلات.
* نظرًا لأن اكتشـاف التيار الكهربى وكثير من قوانينه سـبق اكتشـاف الإلكترونات فقد اسـتمر اسـتخدام الاتجاه التقليدى (الاصطلاحى) للتيار الكهربى (وهو الاتجاه الذى سـيتم اسـتخدامه خلال دراسـتنا للمنهج) وهذا لا يؤثر على أى قواعد أو قوانين خاصة بالتيار الكهربى.

*** الآن دعنا نميز بين اتجاه التيار الاصطلاحى واتجاه حركة الإلكترونات الحرة فى دائرة كهربية مغلقة :**

الاتجاه التقليدى (الاصطلاحى) للتيار	اتجاه حركة الإلكترونات الحرة
خارج المصدر (خلال الموصل)	
من القطب الموجب إلى القطب السالب	من القطب السالب إلى القطب الموجب
داخل المصدر	
من القطب السالب إلى القطب الموجب	من القطب الموجب إلى القطب السالب

تمثيله فى دائرة كهربية





شدة التيار الكهربى (I)

التعريف

تقدر بكمية الشحنة الكهربية المارة خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 s

العلاقة الرياضية

$$I = \frac{Q}{t}$$

حيث : (Q) كمية الشحنة الكهربية وتقاس بوحدة **الكولوم (C)** ،
(t) الزمن ويقاس بوحدة **الثانية (s)**.

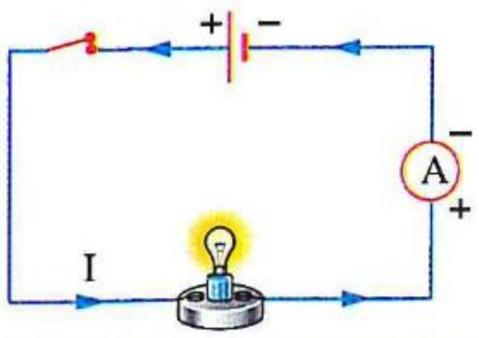
وحدة القياس

الأمبير (A) ويكافئ **كولوم/ثانية (C/s)** ويمكن تعريفه كالتالى :

شدة التيار المار فى موصل عندما تسرى كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 1 كولوم خلال مقطع من الموصل فى زمن قدره 1 ثانية.

الجهاز المستخدم للقياس

تقاس شدة التيار الكهربى **بجهاز الأميتر** ويرمز له بالرمز (A) ويوصل فى الدائرة الكهربية على التوالى كما بالشكل.

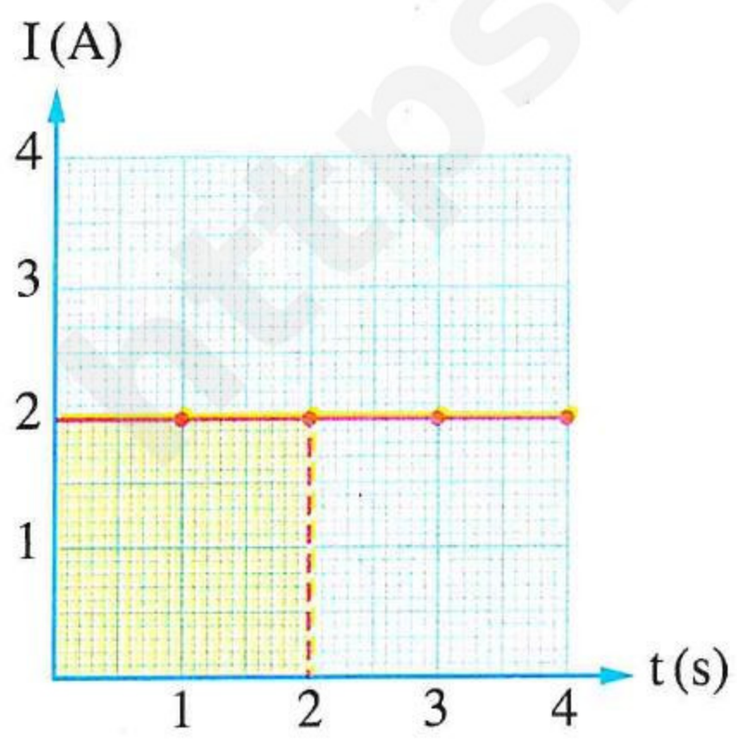


* **إذا مرت كمية من الشحنة الكهربية Q خلال مقطع من موصل فى زمن t فإن تيارًا شدته I يمر فى الموصل، ويبين الجدولان التاليان مثالًا لقيم Q ، I مع الزمن (t) :**

I (A)	2	2	2	2
t (s)	1	2	3	4

Q (C)	2	4	6	8
t (s)	1	2	3	4

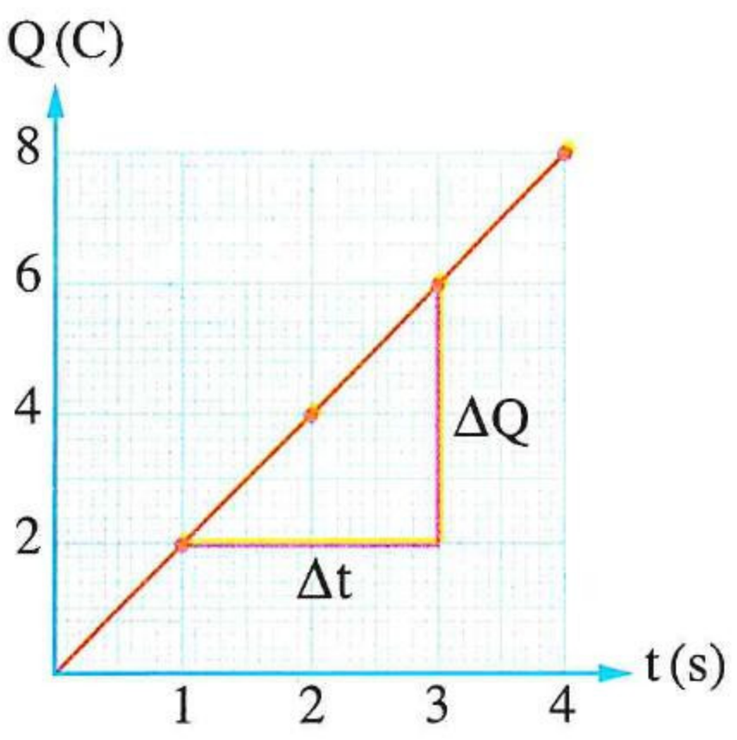
من الجدولين السابقين يمكن رسم الخط البيانى لكل منهما



بحساب **المساحة أسفل الخط البيانى** خلال فترة زمنية معينة نحصل على **كمية الشحنة** المارة خلال مقطع من الموصل خلال تلك الفترة.

كمية الشحنة المارة خلال الفترة من $t = 0$ إلى $t = 2\ s$:

Q = المساحة أسفل الخط $= 2 \times 2 = 4\ C$

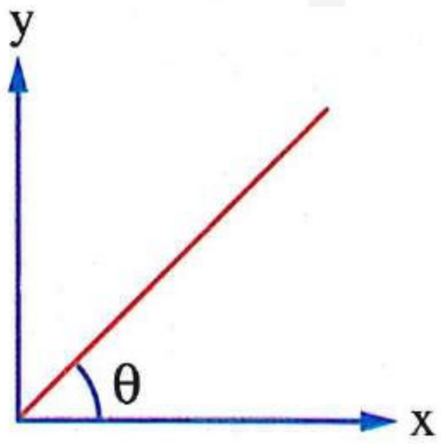


بتعيين **ميل الخط المستقيم** نحصل على **شدة التيار** المار فى الموصل :

$$\text{slope} = I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{6 - 2}{3 - 1} = 2\ A$$

https://t.me/E5_C5

ملاحظة



* يُعين ميل الخط المستقيم فى الشكل البيانى المقابل بظل زاوية ميل الخط على المحور الأفقى **بشرط** تمثيل الكميتين على المحورين بنفس مقياس الرسم.

$$\text{slope} = \tan\theta$$

مثال ١

اختر: موصل يمر به تيار كهربى مستمر بحيث تمر كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 15 mC خلال مقطع من الموصل فى زمن قدره 3 s، فإن شدة التيار الكهربى المار فى هذا الموصل تساوى .....

(أ) 0.2 mA (ب) 0.5 mA (جـ) 4 mA (د) 5 mA

الحل

$Q = 15\ mC$ $t = 3\ s$ $I = ?$

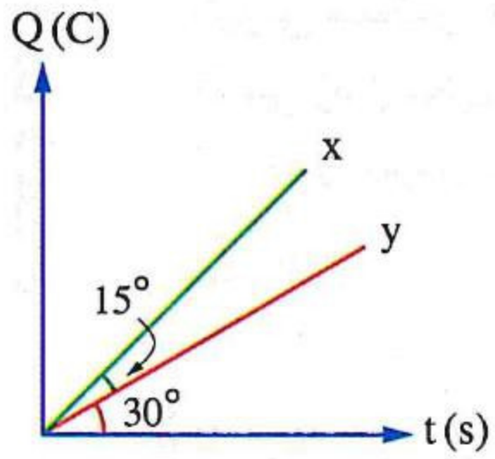
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{15 \times 10^{-3}}{3} = 5 \times 10^{-3}\ A = \mathbf{5\ mA}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثال ٢

اختر: الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين كمية الشحنة الكهربية (Q) التى تمر عبر مقطع من كل من دائرتين كهربيتين x ، y والزمن (t)، فإن شدتى التيارين المارين فى الدائرتين I_x، I_y على الترتيب هما .....

(علمًا بأن : الكميتين ممثلتين على المحورين بنفس مقياس الرسم)



(أ) $\sqrt{3}$ A ، 1 A (ب) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ A ، 1 A (جـ) $\sqrt{3}$ A ، 0.3 A (د) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ A ، 0.3 A

الحل

* من الشكل البيانى :

فى الدائرة x

$$\theta_x = 30 + 15 = 45°$$

$$I_x = \tan\theta_x = \tan 45 = \mathbf{1\ A}$$

فى الدائرة y

$$\theta_y = 30°$$

$$I_y = \tan\theta_y = \tan 30 = \mathbf{\frac{1}{\sqrt{3}}\ A}$$

$I = \text{slope} = \tan\theta$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :

* يمكن حساب عدد الإلكترونات الحرة (N) المارة عبر مقطع معين من موصل من العلاقة : $N = \frac{Q}{e}$

حيث : (e) شحنة الإلكترون وتساوى 1.6×10^{-19} C

مثـال

اختر : موصل معدنى شدة التيار المار فيه 20 A ، فإن عدد الإلكترونات المارة عبر مقطع من ذلك الموصل فى زمن قدره 2 s يساوى ..... (علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

(أ) 1.1×10^{20} electrons (ب) 1.25×10^{20} electrons

(جـ) 2.5×10^{20} electrons (د) 2.75×10^{20} electrons

الحـــل

$I = 20$ A ، $t = 2$ s ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، **N = ?**

$I = \frac{Q}{t}$, $Q = It = 20 \times 2 = 40$ C

$\mathbf{N = \frac{Q}{e} = \frac{40}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.5 \times 10^{20}\ electrons}$

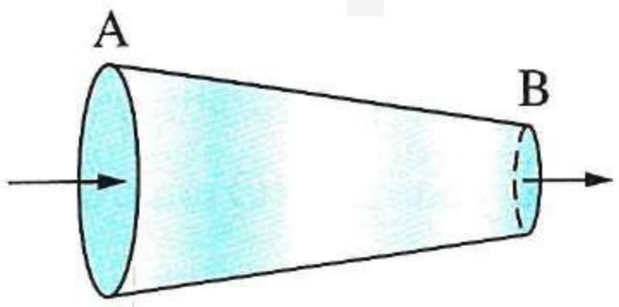
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

اختبر نفسك

1 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

مجاب عنها

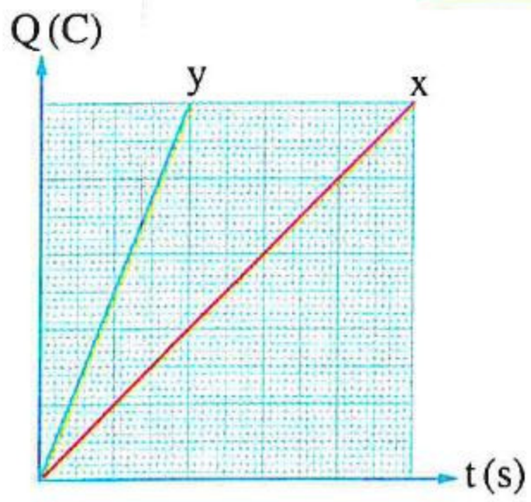
١ الشكل المقابل يمثل جزء من موصل غير منتظم المقطع يمر به تيار كهربى مستمر، فإن كمية الشحنة الكهربية التى تمر خلال المقطع B فى زمن معين مقارنةً بكمية الشحنة التى تمر خلال المقطع A فى نفس الزمن تكون .....



(أ) أقل (ب) أكبر

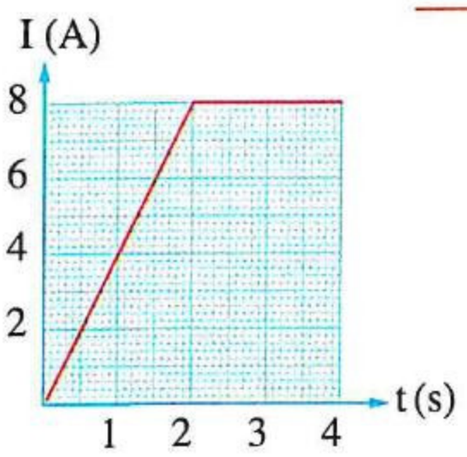
(جـ) متساوية (د) لا يمكن تحديدها

٢ الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين كمية الشحنة الكهربية (Q) المارة عبر مقطع من كل من دائرتين x ، y يمر بكل منهما تيار كهربى مستمر والزمن (t)، فتكون النسبة بين شدتى التيارين المارين فى الدائرتين $\left(\frac{I_x}{I_y}\right)$ هى .....



(أ) $\frac{1}{5}$ (ب) $\frac{1}{4}$ (جـ) $\frac{2}{5}$ (د) $\frac{1}{2}$

٣ موصل يمر به تيار كهربى مستمر تم تغيير شدته، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين شدة التيار (I) المار فى الموصل والزمن (t)، فإن الشحنة الكلية التى تمر عبر مقطع من الموصل خلال الفترة الزمنية الموضحة تساوى .....



(أ) 16 C (ب) 24 C (جـ) 32 C (د) 40 C

https://t.me/ES7as

ثانيًا فرق الجهـد الكهربـى

* **الجهد الكهربى عند نقطة :**

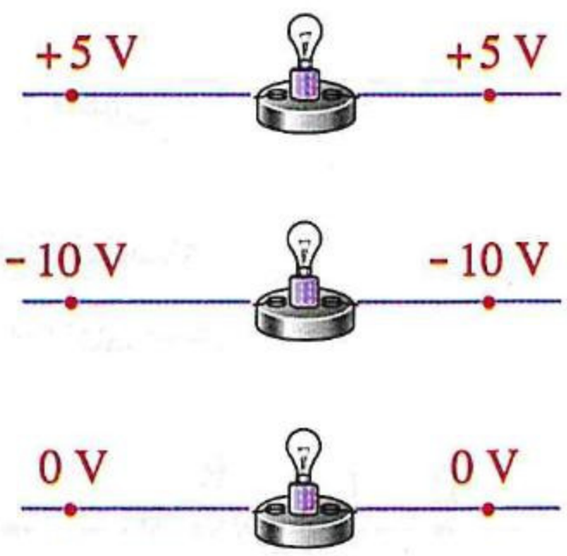
– يعبر عن الحالة الكهربية التى تحدد اتجاه انتقال الشحنة من النقطة أو إليها حيث يمر التيار الكهربى عبر الموصلات من النقطة ذات الجهد الكهربى الأعلى إلى النقطة ذات الجهد الكهربى الأقل.

– يقاس الجهد الكهربى بوحدة الڤولت (V).

عندما يكون الجهد الكهربى لنقطتين فى موصل

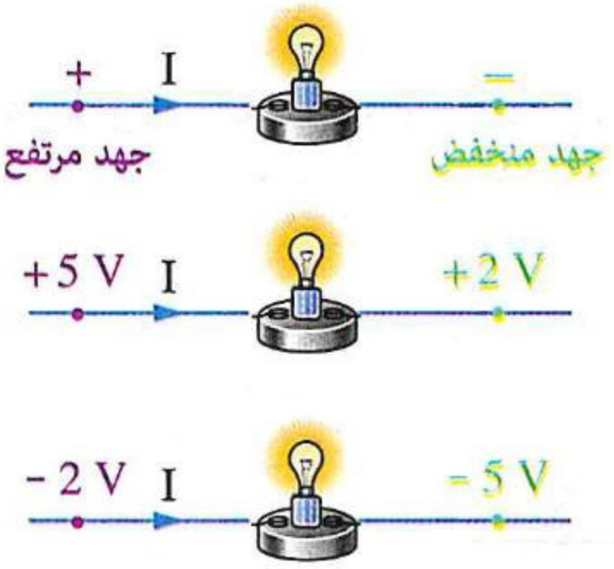
متسـاوى

فإنه لا يمر تيار كهربى بين النقطتين



مختلـف

فإنه يمر تيار كهربى بين النقطتين من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل



فرق الجهد الكهربى بين نقطتين (V)

التعريف

مقدار الشغل المبذول لنقل كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 1 كولوم بين النقطتين.

العلاقة الرياضية

$$V = \frac{W}{Q}$$

حيث : (W) الشغل المبذول ويقاس بوحدة **الچول (J)**،
(Q) كمية الشحنة الكهربية وتقاس بوحدة **الكولوم (C)**.

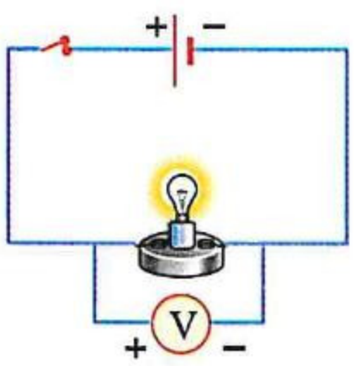
وحدة القياس

الڤولت (V) ويكافئ **چول/كولوم (J/C)**، ويمكن تعريفه كالتالى :

فـرق الجهـد بـين نقطتين عندما يلزم بذل شـغل مقداره 1 چـول لنقل كمية من الشـحنة الكهربية مقدارها 1 كولوم بين هاتين النقطتين.

الجهاز المستخدم للقياس

يقـاس فـرق الجهد الكهربى **بجهـاز الڤولتميتر** ويرمـز له بالرمز (V) ويوصـل فى الدائرة الكهربية علـى التوازى بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما كما بالشكل.



https://t.me/E5_G5

ملاحظات

* يطلق على الشغل المبذول لنقل شحنة كهربية مقدارها 1 C فى الدائرة الكهربية كلها داخل المصدر وخارجه القوة الدافعة الكهربية للمصدر الكهربى (V_B) وتقاس بوحدة الڤولت (V).

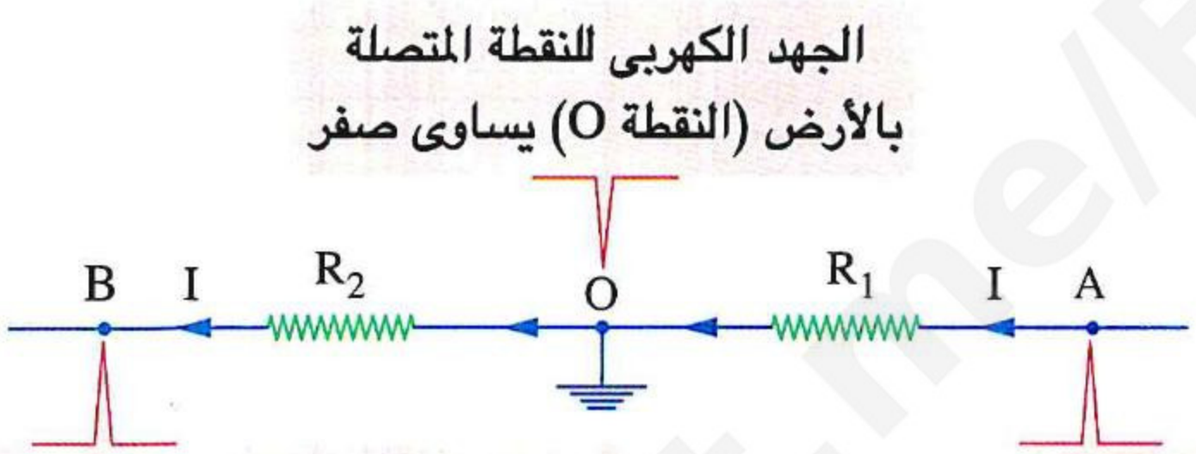
* يقوم المصدر الكهربى ببذل شغل لتحريك الإلكترونات الحرة الموجودة بالفعل فى موصلات الدائرة الكهربية.

* يمكن حساب فرق الجهد بين نقطتين بمعلومية جهد كل منهما :

$$V = V_{(\text{أعلى})} - V_{(\text{أقل})}$$

بحيث يكون اتجاه التيار الاصطلاحى من النقطة ذات الجهد **الأعلى** إلى النقطة ذات الجهد **الأقل**.

* فى حالة اتصال نقطة فى دائرة كهربية بالأرض كما بالشكل التالى، يكون :



مثـال ١

اختر: إذا كان الشغل المبذول لنقل كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 5 C بين طرفى موصل يساوى 20 J، فإن فرق الجهد بين طرفى الموصل يساوى .....

(أ) 0.25 V (ب) 0.5 V (جـ) 2 V (د) 4 V

الحل

$Q = 5\ C$ $W = 20\ J$ $V = ?$

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{20}{5} = 4\ V$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢

اختر: الشكل المقابل يمثل مصباح كهربى يمر به تيار كهربى، فإن الشغل المبذول لنقل كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 20 C بين طرفى المصباح يساوى .....



(أ) 200 J (ب) 400 J (جـ) 600 J (د) 1000 J

الحـــل

$Q = 20\ C$ | $V_1 = -30\ V$ | $V_2 = 20\ V$ | **W = ?**

$$V = V_{(أعلى)} - V_{(أقل)} = V_2 - V_1 = 20 - (-30) = 50\ V$$

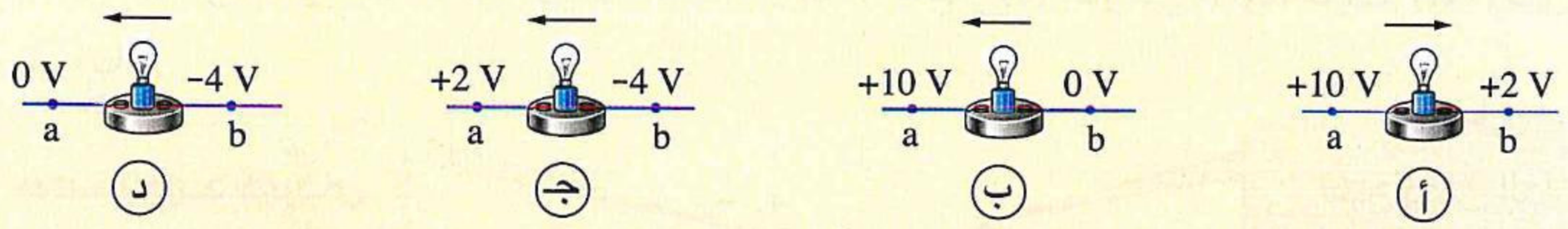
$$V = \frac{W}{Q} \quad , \quad W = VQ = 50 \times 20 = \mathbf{1000\ J}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

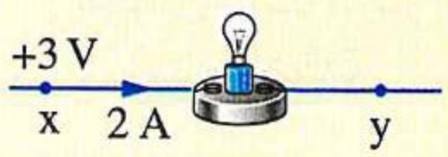
2 اختبر نفسك

مجاب عنها

(١) **اختر:** فـى أى الحـالات الآتيـة يعبر اتجاه السـهم عن الاتجـاه الاصطلاحـى للتيار الكهربـى المار فى المصباح بين النقطتين a ، b ؟



(٢) **الشـكل المقابل** يوضح جزء من دائـرة كهربية يحتوى على مصباح كهربى يمـر به تيار كهربى شـدته 2 A، فإذا كان الشـغل المبـذول لنقل كمية من الشـحنة الكهربية بين النقطتين x، y خلال 4 s هو 80 J، **احسـب** الجهد الكهربى عند النقطة y



.....

.....

ثالثًا المقاومـة الكهربيـة

* عند مرور تيار كهربى فى مادة فإن هذا التيار يواجه ممانعة لمروره ناتجة عن تصادم إلكترونات التيار الكهربى مع جزيئات الموصل ويطلق على هذه الممانعة **المقاومة الكهربية (R)**.

المقاومة الكهربية

المانعة التى يلقاها التيار الكهربى أثناء مروره فى مادة.

أنواع المقاومات

المقاومة الثابتة

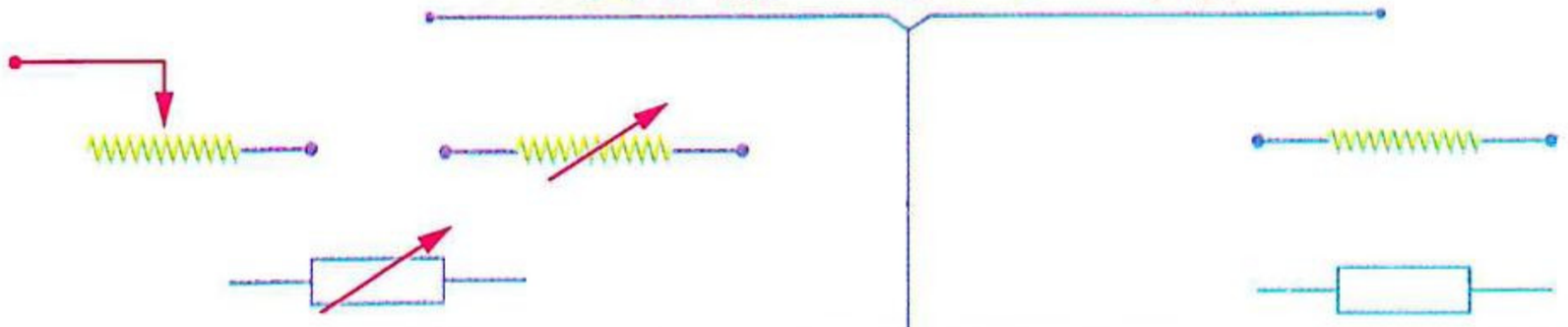


المقاومة المتغيرة



(ريوستات)

يرمز لها فى الدائرة الكهربية بالرمز



رابعًا قانون أوم

* تستخدم الدائرة الكهربية التالية لإيجاد العلاقة بين شدة التيار (I) المار فى مقاومة ثابتة (R) وفرق الجهد (V) بين طرفيها،

مفتاح
لفتح وغلق الدائرة

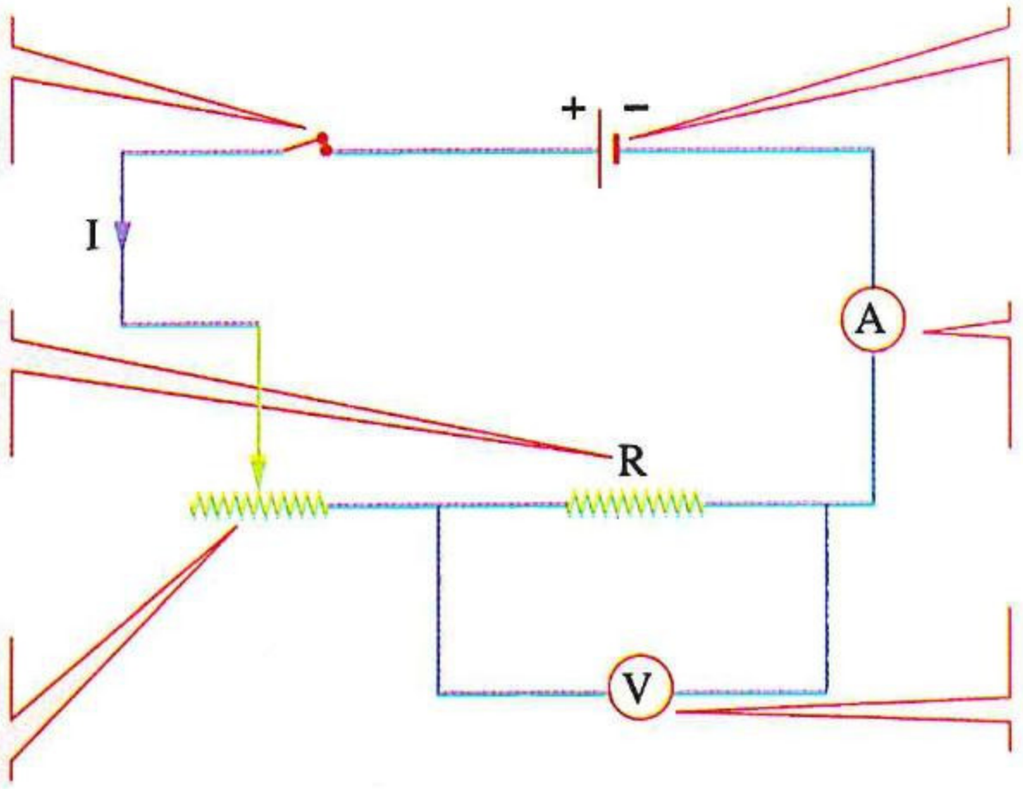
مصدر جهد كهربى

مقاومة ثابتة

أميتر
لقياس شدة التيار المار بالدائرة

ريوستات
للتحكم فى شدة التيار المار فى الدائرة

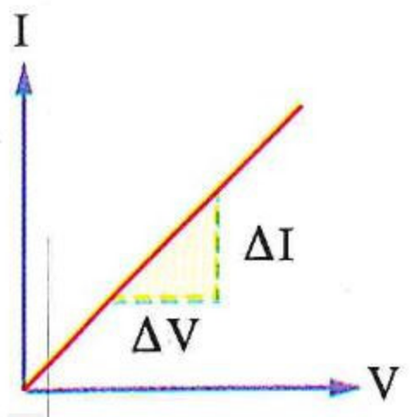
فولتميتر
لقياس فرق الجهد بين طرفى المقاومة



وذلك بإجراء الخطوات التالية :

١ تغيير قيمة المقاومة الكلية بالدائرة عن طريق الريوستات فنلاحظ تغير فرق الجهد (V) بين طرفى المقاومة R (قراءة الفولتميتر) وشدة التيار (I) المار بالمقاومة R (قراءة الأميتر).

٢ تمثل بيانيًا العلاقة بين (I) على المحور الرأسى (متغير تابع) و(V) على المحور الأفقى (متغير مستقل)، فنجد أنها تمثل بخط مستقيم يمر بنقطة الأصل **ميله مقدار ثابت يعبر عن** مقلوب **قيمة المقاومة الكهربية (R).**



$$\text{slope} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R}$$

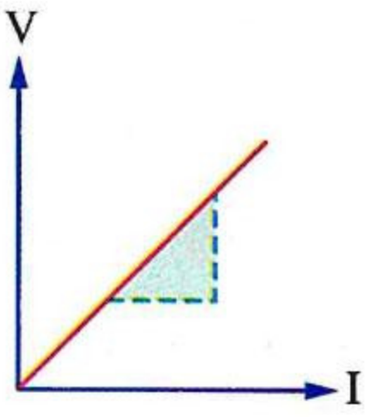
https://t.me/E5_G5

أى أن شدة التيار المار فى المقاومة تتناسب طرديًا مع فرق الجهد الكهربى بين طرفيها عند ثبوت درجة الحرارة، وهو ما يعرف **بقانون أوم**

$$V = IR \quad , \quad I = \frac{V}{R} \quad , \quad \therefore I \propto V$$

ملاحظة

* **يمكن تمثيل العلاقة بين فرق الجهد (V) بين طرفى مقاومة ثابتة على المحور الرأسى وشدة التيار (I) المار فى هذه المقاومة على المحور الأفقى كما بالشكل البيانى المقابل، وفى هذه الحالة يكون الميل :**



$$\text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = R$$

* من قانون أوم، فإن المقاومة الكهربية لموصل (R) :

علاقتها الرياضية ◄ $R = \frac{V}{I}$

وحدة قياسها ◄ الأوم (Ω) ويكافئ **فولت/أمبير (V/A)** ، ويمكن تعريفه كالتالى :
مقاومة موصل يسمح بمرور تيار شدته 1 A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 V

الجهاز المستخدم لقياسها ◄ تقاس المقاومة الكهربية لموصل **بجهاز الأوميتر** وتوصل بين طرفيه المقاومة المراد قياسها.

ملاحظات

* **يمكن حساب مقاومة موصل بدلالة كل من فرق الجهد بين طرفيه وشدة التيار المار فيه إلا أن مقاومة الموصل لا تعتمد على أى منهما حيث إنها تعتمد على أبعاد الموصل ونوع مادته عند درجة حرارة معينة.**

* **يؤدى ارتفاع درجة حرارة الفلز إلى زيادة مقاومته الكهربية،**

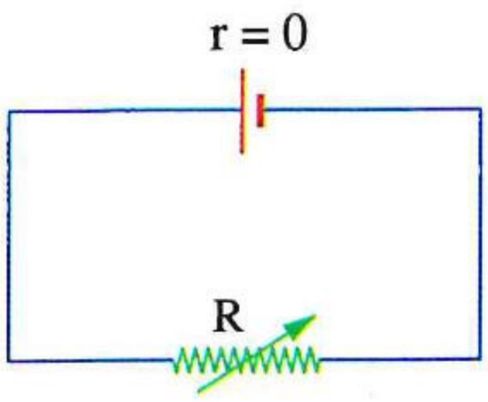
لأن ارتفاع درجة حرارة الفلز يعمل على زيادة سعة وسرعة اهتزاز ذراته وبالتالى زيادة معدل تصادم الإلكترونات الحرة مع ذرات الفلز فتزداد الممانعة لسريان الإلكترونات خلاله فتزداد مقاومته الكهربية.

* **يوجد نوعان من المقاومات الكهربية :**

١- مقاومة أومية، تتناسب فيها شدة التيار المار فى المقاومة تناسبًا طرديًا مع فرق الجهد بين طرفيها تبعًا لقانون أوم.

٢- مقاومة غير أومية، لا تتبع قانون أوم.

* **توجد ممانعة لمرور الشحنات داخل المصدر الكهربى تسمى المقاومة الداخلية للمصدر (r).**



* **فى الدائرة الكهربية المقابلة، مقاومة متغيرة (R) يتصل طرفاها ببطارية مهملة المقاومة الداخلية، عند تغييرقيمة المقاومة (R)، فإن :**

– **فـرق الجهد بين طرفـى المقاومة المتغيرة** : يظل ثابت ويسـاوى القوة الدافعة الكهربية للبطارية.

– **شدة التيار المار فى المقاومة المتغيرة** : تتناسب تناسبًا عكسيًا مع قيمة المقاومة تبعًا لقانون أوم.

مثـال ١

اختر : موصل كهربى تمر خلال مقطع منه كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 3.6 C كل دقيقة، إذا كان فرق الجهد بين طرفى الموصل 300 V، فإن مقاومته تساوى .....

(أ) 1 kΩ (ب) 3 kΩ (جـ) 5 kΩ (د) 7 kΩ

الحـــل

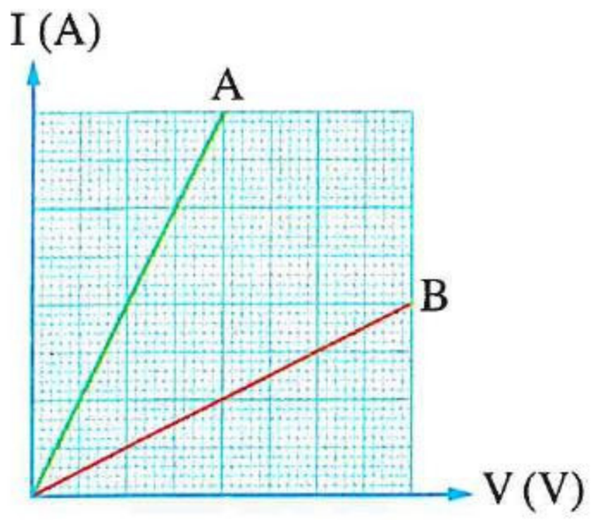
Q = 3.6 C | t = 60 s | V = 300 V | **R = ?**

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{3.6}{60} = 0.06\ A$$

$$\mathbf{R} = \frac{V}{I} = \frac{300}{0.06} = 5000\ \Omega = \mathbf{5\ k\Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٢



اختر : الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين شدة التيار (I) المار فى كل من موصلين A، B وفرق الجهد (V) عبر كل منهما، فإن النسبة بين مقاومتى الموصلين $\left(\frac{R_A}{R_B}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{4}{1}$ (ب) $\frac{1}{4}$

(جـ) $\frac{2}{1}$ (د) $\frac{1}{2}$

الحـــل

$\because$ slope $= \frac{\Delta I}{\Delta V}$, $R = \frac{V}{I}$ $\quad\therefore$ slope $= \frac{1}{R}$

$$\therefore \frac{\mathbf{R_A}}{\mathbf{R_B}} = \frac{(slope)_B}{(slope)_A} = \frac{\frac{2}{4}}{\frac{4}{2}} = \mathbf{\frac{1}{4}}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

مجاب عنها

3 اختبر نفسك

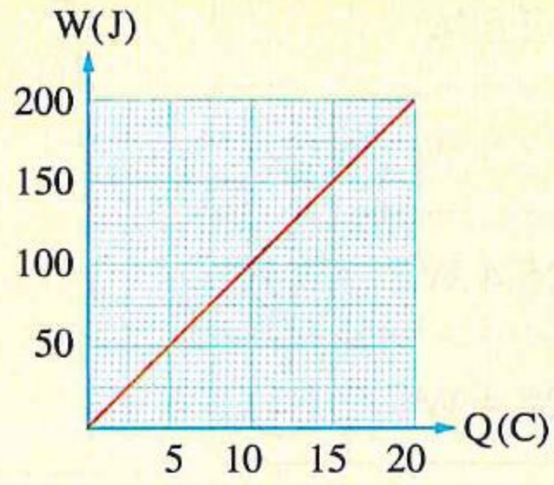
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ سلك يمر خلال مقطع منه 2×10^{19} إلكترون كل ثانية عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 64 V، فإن مقاومة السلك تساوى ..... (علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

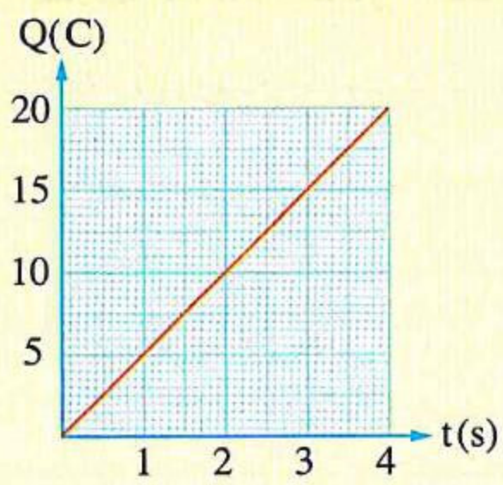
أ) 5 Ω　　ب) 10 Ω　　جـ) 15 Ω　　د) 20 Ω

---

٢ الشكل (١) يمثل بيانيًا العلاقة بين الشغل المبذول (W) لنقل شحنة كهربية عبر موصل يمر به تيار كهربى وكمية تلك الشحنة (Q)، والشكل (٢) يمثل بيانيًا العلاقة بين كمية الشحنة الكهربية (Q) المارة عبر مقطع معين من نفس الموصل والزمن (t)،



شكل (١)



شكل (٢)

فإن المقاومة الكهربية للموصل تساوى .....

أ) 0.5 Ω　　ب) 2 Ω　　جـ) 5 Ω　　د) 15 Ω

خامسًا الطاقة الكهربية والقدرة الكهربية

* تختلف الأجهزة الكهربية فى مقدار الطاقة التى تستهلكها خلال نفس الفترة الزمنية،


«يستهلك 40 J خلال 1 s»


«يستهلك 60 J خلال 1 s»


«يستهلك 2000 J خلال 1 s»

*** يعبر المعدل الزمنى لاستهلاك الطاقة فى الأجهزة المختلفة عن مفهوم القدرة الكهربية، والجدول التالى يميز بين مفهومى الطاقة الكهربية والقدرة الكهربية :**

	الطاقة الكهربية (W)	القدرة الكهربية (P_w)
	الطاقة الناتجة عن حركة الشحنات الكهربية والتى تتحول إلى صور أخرى من الطاقة فى الدائرة الكهربية	الطاقة الكهربية المُنتجة أو المستهلكة خلال ثانية واحدة
العلاقة الرياضية	$W = P_w t = VQ = VIt = I^2Rt = \frac{V^2 t}{R}$	$P_w = \frac{W}{t} = \frac{VQ}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$
وحدة القياس	الچول (J) وتكافئ ڤولت . كولوم	الوات (W) وتكافئ چول/ثانية

مما سبق نستنتج أن :

القدرة الكهربية المستهلكة فى مقاومة أومية تتناسب طرديًا مع :

١- مربع شدة التيار المار خلالها تبعًا للعلاقة $(P_w = I^2R)$.

٢- مربع فرق الجهد بين طرفيها تبعًا للعلاقة $(P_w = \frac{V^2}{R})$.

مثـال

اختر : إذا كان فرق الجهد بين طرفى مصباح كهربى 75 V وشدة التيـار المـار خلالـه 1.5 A، فـإن القـدرة الكهربية المسـتهلكة فى المصباح والطاقة الكهربية المسـتهلكة عند تشـغيله لمدة 10 min هما .....

	P_w	W
(أ)	112.5 W	6.75×10^4 J
(ب)	112.5 W	1.88×10^4 J
(جـ)	125.4 W	6.75×10^4 J
(د)	125.4 W	1.88×10^4 J

الحـــل

V = 75 V | I = 1.5 A | t = 10 min | P_w = ? | W = ?

$P_w = VI = 75 \times 1.5 =$ **112.5 W**

$W = P_w t = 112.5 \times 10 \times 60 =$ **6.75×10^4 J**

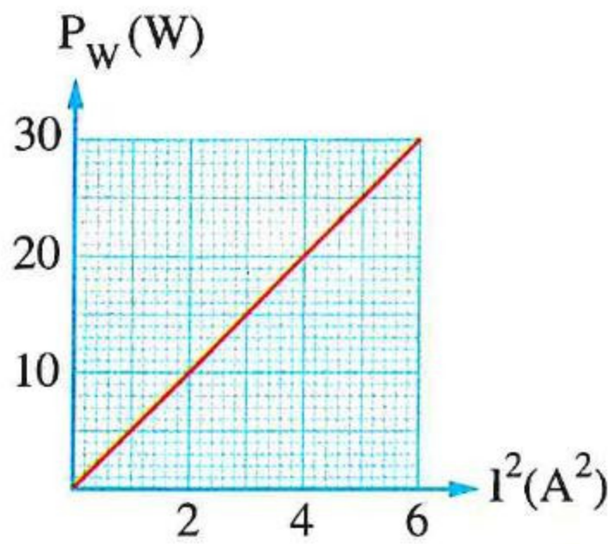
∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

4 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

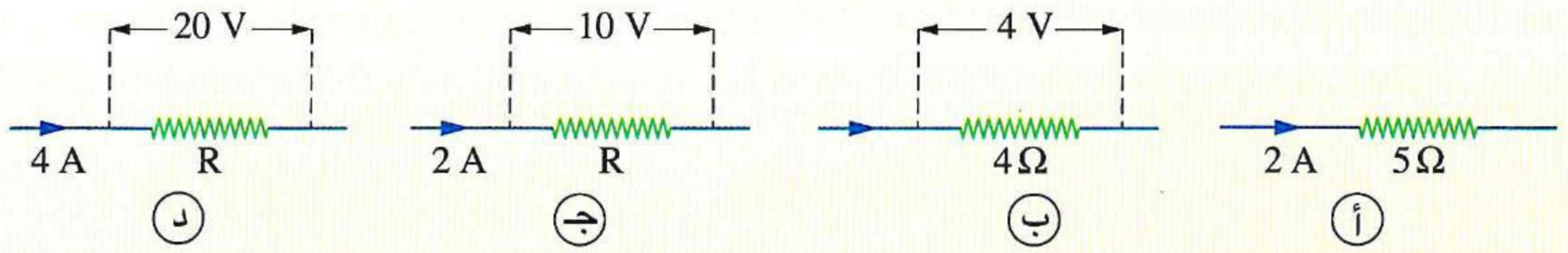
١ الشكل البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين القدرة الكهربية (P_w) المسـتهلكة فى موصل ومربع شـدة التيار (I^2) المـار فيه، فتكون قيمة مقاومة الموصل هى .....



(أ) 50 Ω (ب) 5 Ω

(جـ) 2 Ω (د) 0.5 Ω

٢ الأشكال التالية توضح أربع مقاومات يمر فى كل منها تيار كهربى، فى أى من هذه الأشكال تكون القدرة الكهربية المستهلكة فى المقاومة أكبر ؟



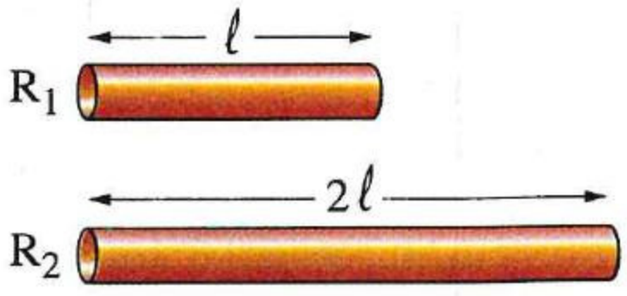
https://t.me/E5_G5

https://t.me/55_G5

حساب المقاومة الكهربية لموصل

*** يمكن استخدام تجربة قانون أوم لتعيين مقاومة كل من :**

– موصلين من نفس المادة ولهما نفس مساحة المقطع ومختلفين فى الطول وعند نفس درجة الحرارة.

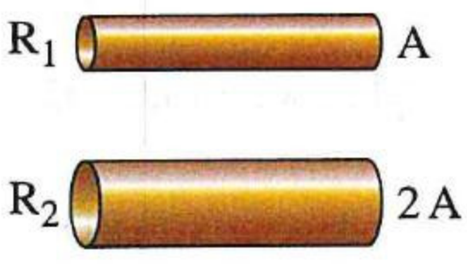


$R_2 = 2\,R_1$

مقاومة الموصل تتناسب طرديًا مع طوله

$\therefore R \propto \ell$

– موصلين من نفس المادة ولهما نفس الطول ومختلفين فى مساحة المقطع وعند نفس درجة الحرارة.



$R_2 = \frac{R_1}{2}$

مقاومة الموصل تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطعه

$\therefore R \propto \frac{1}{A}$

مثال

وُجد أن

أى أن

$\therefore R \propto \frac{\ell}{A}$

$\therefore R = \text{constant} \times \frac{\ell}{A}$

$\therefore \quad \mathbf{R = \rho_e \frac{\ell}{A} = \rho_e \frac{\ell}{\pi r^2}}$

حيث : (r) نصف قطر مقطع الموصل، (ρ_e) المقاومة النوعية لمادة الموصل ووحدة قياسها أوم.متر $(\Omega.m)$.

*** العوامل التى تتوقف عليها المقاومة النوعية لمادة موصل :**

١ **نـوع مـادة الموصـل**

٢ **درجـة حـرارة الموصـل** (تزداد المقاومة النوعية لمادة الموصل بارتفاع درجة الحرارة)

وبالتالـى فـإن المقاومـة النوعية لمادة موصل **ثابتة للمـادة الواحدة عند نفس درجة الحـرارة**، أى أنها خاصية فيزيائية مميزة للمادة.

*** الجدول التالى يوضح قيم المقاومة النوعية لبعض المواد عند درجتى حرارة 20 °C ، 100 °C :**

المادة	$(\rho_e)_{20\,^\circ C}$	$(\rho_e)_{100\,^\circ C}$
الفضة	$1.59 \times 10^{-8}\ \Omega.m$	$2.07 \times 10^{-8}\ \Omega.m$
النحاس	$1.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$	$2.2 \times 10^{-8}\ \Omega.m$
الألومنيوم	$2.82 \times 10^{-8}\ \Omega.m$	$3.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$
الحديد	$10 \times 10^{-8}\ \Omega.m$	$14 \times 10^{-8}\ \Omega.m$

من الجدول السابق يتضح أنه بزيادة درجة حرارة الموصل تزداد المقاومة النوعية لمادته.

https://t.me/E5_G5

التوصيلية الكهربية لمادة موصل

* تعبر التوصيلية الكهربية لمادة موصل عن مدى قدرة هذه المادة على توصيل التيار الكهربى وتساوى مقلوب المقاومة النوعية لمادة الموصل.

* يمكن حساب التوصيلية الكهربية (σ) لمادة موصل من العلاقة :

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{\ell}{RA} = \frac{\ell}{R\pi r^2}$$

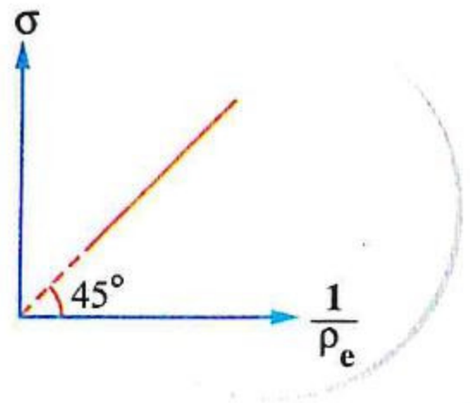
تقاس التوصيلية الكهربية لمادة موصل بوحدة أوم$^{-1}$.متر$^{-1}$ $(\Omega^{-1}.m^{-1})$

* العوامل التى تتوقف عليها التوصيلية الكهربية لمادة موصل :

١ نوع مادة الموصل

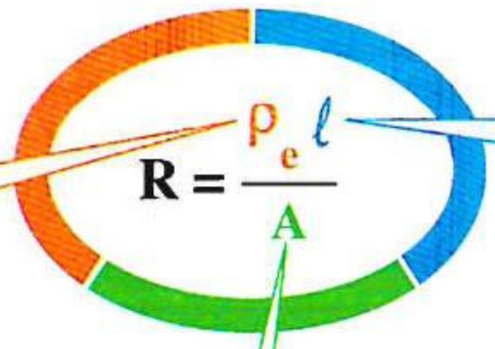
٢ درجة حرارة الموصل (تقل التوصيلية الكهربية لمادة الموصل بارتفاع درجة حرارته)

* التمثيل البيانى للعلاقة بين المقاومة النوعية والتوصيلية الكهربية عند تمثيل الكميتين على المحورين بنفس مقياس الرسم :



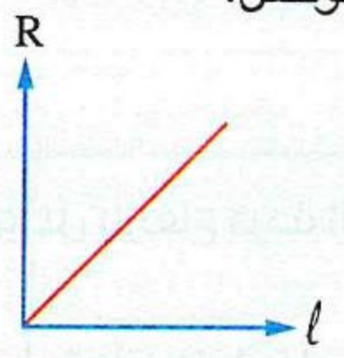
$$slope = \sigma \rho_e = 1$$

العوامل التى تتوقف عليها المقاومة الكهربية لموصل عند درجة حرارة معينة



١ طول الموصل :

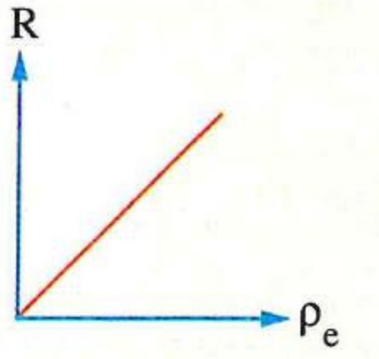
تتناسب المقاومة الكهربية لموصل منتظم المقطع تناسبًا **طرديًا** مع طول الموصل.



$$slope = \frac{\Delta R}{\Delta \ell} = \frac{\rho_e}{A} = \frac{1}{\sigma A}$$

٢ المقاومة النوعية لمادة الموصل :

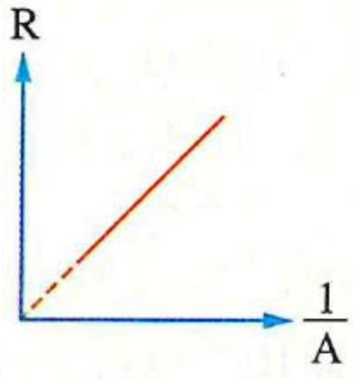
تتناسب المقاومة الكهربية تناسبًا **طرديًا** مع المقاومة النوعية لمادة الموصل.



$$slope = \frac{\Delta R}{\Delta \rho_e} = \frac{\ell}{A}$$

٣ مساحة مقطع الموصل :

تتناسب المقاومة الكهربية لموصل تناسبًا **عكسيًا** مع مساحة مقطع الموصل.

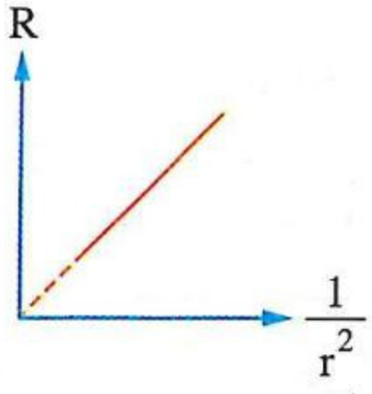


$$slope = \frac{\Delta R}{\Delta (\frac{1}{A})} = \rho_e \ell = \frac{\ell}{\sigma}$$

أو

نصف قطر الموصل :

تتناسب المقاومة الكهربية لموصل تناسبًا **عكسيًا** مع مربع نصف قطر الموصل.



$$slope = \frac{\Delta R}{\Delta (\frac{1}{r^2})} = \frac{\rho_e \ell}{\pi} = \frac{\ell}{\pi \sigma}$$

https://t.me/E5_G5

ملاحظات

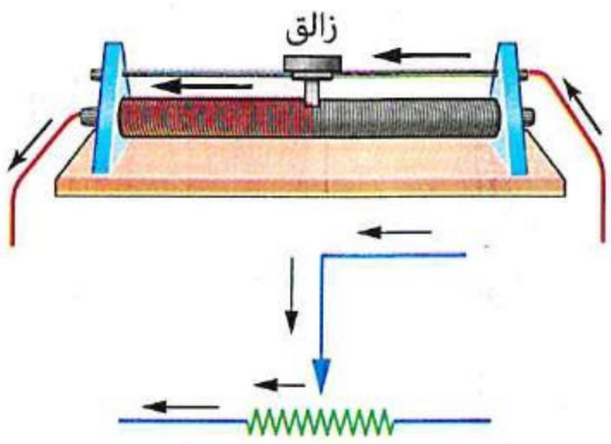
* **يفضل أن تصنع كابلات نقل التيار الكهربى من النحاس،**

لأن المقاومة النوعية للنحاس صغيرة وبالتالى تكون مقاومة الكابلات المصنوعة منه صغيرة حيث $(R \propto \rho_e)$.

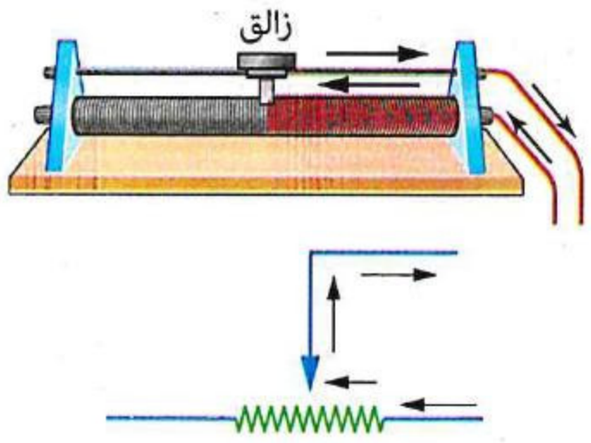
---

* **يمكن استخدام الريوستات للتحكم فى شدة التيار المار فى الدائرة الكهربية،**

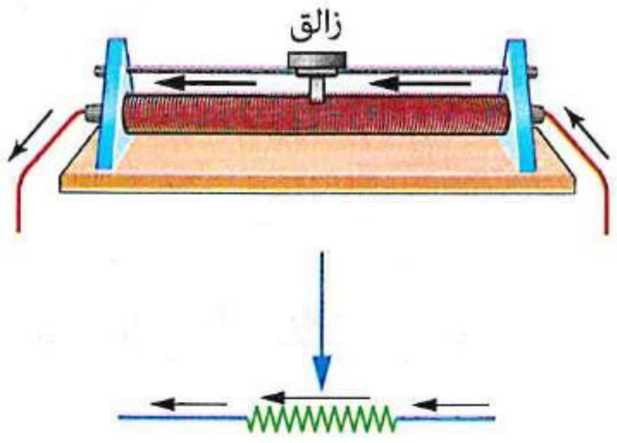
لأن تغير موضع الزالق أو طريقة توصيل أطراف الريوستات يغير طول سلك الريوستات الذى يمر به التيار فتتغير المقاومة المأخوذة من الريوستات حيث $(R \propto \ell)$، فتتغير شدة التيار المار فى الدائرة حيث $\left(I \propto \frac{1}{R}\right)$ كما موضح بالأشكال التالية :



«بتحريك الزالق إلى اليسار تقل المقاومة والعكس صحيح»



«بتحريك الزالق إلى اليسار تزداد المقاومة والعكس صحيح»



«تستخدم الريوستات كمقاومة ثابتة»

مثال ١

اختر : سلك طوله 20 m ومساحة مقطعه $0.2\ mm^2$ طُبق بين طرفيه فرق جهد 10 V فكانت شدة التيار المار فيه 0.5 A، فإن :

(أ) المقاومة النوعية لمادة السلك تساوى .....

(أ) $2 \times 10^{-7}\ \Omega.m$ (ب) $4 \times 10^{-7}\ \Omega.m$

(جـ) $6 \times 10^{-7}\ \Omega.m$ (د) $8 \times 10^{-7}\ \Omega.m$

(ب) التوصيلية الكهربية لمادة السلك تساوى .....

(أ) $10^6\ \Omega^{-1}.m^{-1}$ (ب) $3 \times 10^6\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

(جـ) $5 \times 10^6\ \Omega^{-1}.m^{-1}$ (د) $7 \times 10^6\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

الحل

$\ell = 20\ m$ | $A = 0.2 \times 10^{-6}\ m^2$ | $V = 10\ V$ | $I = 0.5\ A$ | $\rho_e = ?$ | $\sigma = ?$

(أ)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.5} = 20\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho_e \ell}{A} \quad , \quad \rho_e = \frac{RA}{\ell} = \frac{20 \times 0.2 \times 10^{-6}}{20} = \mathbf{2 \times 10^{-7}\ \Omega.m}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

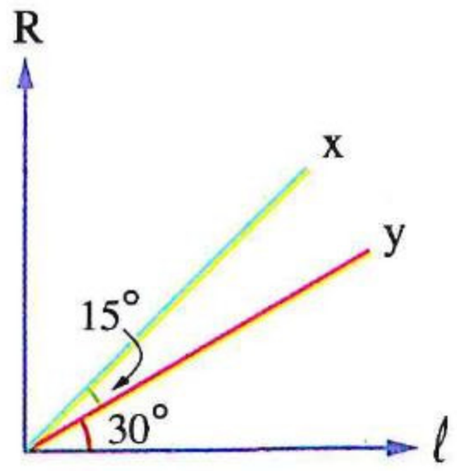
(ب)

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{1}{2 \times 10^{-7}} = \mathbf{5 \times 10^6\ \Omega^{-1}.m^{-1}}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثال ٢

اختر: مجموعتان من الأسلاك x ، y مصنوعتان من الحديد، أسلاك المجموعة (x) مساحات مقاطعها متماثلة وتساوى A_x، وأسلاك المجموعة (y) مساحات مقاطعها متماثلة وتساوى A_y، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين المقاومة (R) لكل سلك من المجموعتين وطوله (ℓ)، فإن النسبة $\left(\frac{A_x}{A_y}\right)$ تساوى .....



(أ) 3 (ب) $\frac{1}{3}$ (جـ) $\sqrt{3}$ (د) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

الحل

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$, $slope = \frac{\Delta R}{\Delta \ell} = \frac{\rho_e}{A}$

$\therefore A = \frac{\rho_e}{slope}$

$\therefore A \propto \frac{1}{slope}$

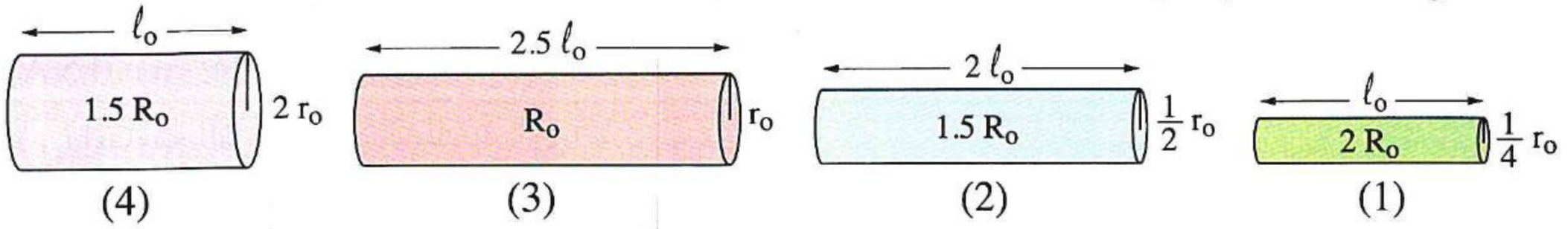
$\therefore \frac{A_x}{A_y} = \frac{(slope)_y}{(slope)_x} = \frac{\tan \theta_y}{\tan \theta_x} = \frac{\tan 30}{\tan 45} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

∵ مجموعتى الأسلاك مصنوعتان من الحديد.

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثال ٣

اختر: فى الأشكال التالية أربعة أسلاك (1) ، (2) ، (3) ، (4) مصنوعة من مواد مختلفة،



أى من هذه الأسلاك تكون التوصيلية الكهربية لمادته أعلى عند نفس درجة الحرارة ؟

(أ) السلك (1) (ب) السلك (2) (جـ) السلك (3) (د) السلك (4)

الحل

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A} = \frac{\ell}{\sigma A}$ $\therefore \sigma = \frac{\ell}{RA} = \frac{\ell}{R\pi r^2}$

$\therefore \sigma_1 = \frac{\ell_o}{2R_o \times \pi \times \left(\frac{1}{4}r_o\right)^2} = 8 \times \frac{\ell_o}{\pi R_o r_o^2}$

$\therefore \sigma_2 = \frac{2\ell_o}{1.5R_o \times \pi \times \left(\frac{1}{2}r_o\right)^2} = 5.33 \times \frac{\ell_o}{\pi R_o r_o^2}$

$\therefore \sigma_3 = \frac{2.5\ell_o}{R_o \times \pi r_o^2} = 2.5 \times \frac{\ell_o}{\pi R_o r_o^2}$

$\therefore \sigma_4 = \frac{\ell_o}{1.5R_o \times \pi \times (2r_o)^2} = 0.17 \times \frac{\ell_o}{\pi R_o r_o^2}$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* يمكن حساب طول سلك تم لفه على هيئة ملف دائرى عدد لفاته N ونصف قطره $r_{(ملف)}$ من العلاقة :

$$\ell_{(سلك)} = N \times (محيط\ اللفة) = N \times 2\pi r_{(ملف)}$$

مثـال

اختر : سلك مساحة مقطعه $10^{-6}\ m^2$ والمقاومة النوعية لمادته $10^{-7}\ \Omega.m$ ملفوف على شكل ملف دائرى نصف قطره $\frac{7}{22}\ m$ وعدد لفاته 100 لفة، وصل مصدر كهربى بطرفى السلك فكان فرق الجهد بينهما 50 V، فإن شدة التيار المار بالسلك تساوى .....

(أ) 0.3 A (ب) 2.5 A (جـ) 3 A (د) 5 A

الحـــل

$A_{(سلك)} = 10^{-6}\ m^2$ | $\rho_e = 10^{-7}\ \Omega.m$ | $r_{(ملف)} = \frac{7}{22}\ m$ | N = 100 | V = 50 V | **I = ?**

$$\ell_{(سلك)} = 2\pi r_{(ملف)} N = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{7}{22} \times 100 = 200\ m$$

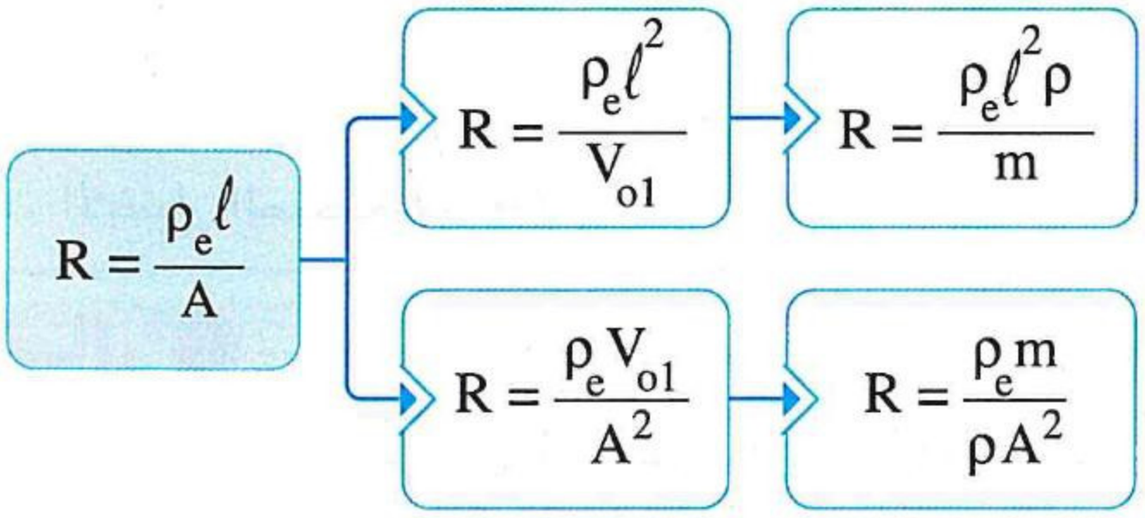
$$R = \frac{\rho_e \ell_{(سلك)}}{A_{(سلك)}} = \frac{10^{-7} \times 200}{10^{-6}} = 20\ \Omega \quad , \quad I = \frac{V}{R} = \frac{50}{20} = \mathbf{2.5\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :

* لتعيين قيمة المقاومة (R) لسلك بدلالة الحجم (V_{ol}) أو الكتلة (m)، وكثافة مادة السلك (ρ) :

(حيث : $m = \rho V_{ol} = \rho \ell A$)



مثـال

اختر : سلك معدنى طوله 50 cm وكثافة مادته $7874\ kg/m^3$ والمقاومة النوعية لمادته $9.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$ ومقاومته $0.019\ \Omega$، فإن كتلة السلك تساوى .....

(أ) $10^{-2}\ kg$ (ب) $3.1 \times 10^{-2}\ kg$ (جـ) $3.8 \times 10^{-2}\ kg$ (د) $5.1 \times 10^{-2}\ kg$

الحـــل

$\ell = 50\ cm$ | $\rho = 7874\ kg/m^3$ | $R = 0.019\ \Omega$ | $\rho_e = 9.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$ | **m = ?**

$$R = \frac{\rho_e \ell}{A} = \frac{\rho_e \ell^2}{V_{ol}} = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{\mathbf{m}}$$

$$\mathbf{m} = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{R} = \frac{9.7 \times 10^{-8} \times (50 \times 10^{-2})^2 \times 7874}{0.019} = \mathbf{10^{-2}\ kg}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* للمقارنة بين مقاومتى موصلين :

$$R = \frac{\rho_e \ell}{\pi r^2} \longrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 r_2^2}{(\rho_e)_2 \ell_2 r_1^2}$$

$$R = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{m} \longrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1^2 \rho_1 m_2}{(\rho_e)_2 \ell_2^2 \rho_2 m_1}$$

ويمكن تطبيق ذلك على باقى معادلات حساب المقاومة.

مثـال ١

اختر : سـلك طوله 30 m ومسـاحة مقطعه $0.5\ cm^2$ ومقاومته 20 Ω، فإن مقاومة سـلك آخر من نفس المادة طوله 10 m ومساحة مقطعه $0.3\ cm^2$ تساوى .....

(أ) 0.01 Ω (ب) 4 Ω (جـ) 11.11 Ω (د) 50 Ω

الحـــل

$\ell_1 = 30\ m$ | $A_1 = 0.5\ cm^2$ | $R_1 = 20\ \Omega$ | $\ell_2 = 10\ m$ | $A_2 = 0.3\ cm^2$ | $R_2 = ?$

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$

∵ السلكان من نفس المادة.

$\therefore (\rho_e)_1 = (\rho_e)_2$ ، $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1 A_2}{\ell_2 A_1}$

$\frac{20}{R_2} = \frac{30 \times 0.3}{10 \times 0.5}$ ، $R_2 = 11.11\ \Omega$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٢

اختر : سلكان من النحاس طول السلك الأول 10 cm وكتلته 0.1 kg وطول السلك الثانى 40 cm وكتلته 0.2 kg، فإن نسبة مقاومة السلك الأول إلى مقاومة السلك الثانى $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{8}{1}$ (جـ) $\frac{4}{1}$ (د) $\frac{1}{8}$

الحـــل

$\ell_1 = 10\ cm$ | $m_1 = 0.1\ kg$ | $\ell_2 = 40\ cm$ | $m_2 = 0.2\ kg$ | $\frac{R_1}{R_2} = ?$

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A} = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{m}$

∵ السلكان من نفس المادة (النحاس).

$\therefore (\rho_e)_1 = (\rho_e)_2$ ، $\rho_1 = \rho_2$

$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2 m_2}{\ell_2^2 m_1} = \frac{(10)^2 \times 0.2}{(40)^2 \times 0.1} = \frac{1}{8}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

اختر: سلكان منتظما المقطع لهما نفس الطول أحدهما من النحاس والآخر من الحديد فرق الجهد عبرهما متساوى ويمر بكل منهما نفس التيار، فإن النسبة بين نصفى قطريهما $\left(\frac{r_{Cu}}{r_{Fe}}\right)$ تساوى .....

(علمًا بأن : $(\rho_e)_{Fe} = 9.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$ ، $(\rho_e)_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$).

(أ) 0.42 (ب) 0.84 (جـ) 1.51 (د) 2.38

الحـــل

$\ell_{Cu} = \ell_{Fe}$ | $V_{Cu} = V_{Fe}$ | $I_{Cu} = I_{Fe}$ | $(\rho_e)_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$

$(\rho_e)_{Fe} = 9.7 \times 10^{-8}\ \Omega.m$ | $\frac{r_{Cu}}{r_{Fe}} = ?$

$$R = \frac{V}{I}$$

∵ قيمة كل من V ، I ثابتة

$$\therefore R_{Cu} = R_{Fe}$$

$$\left(\frac{\rho_e \ell}{\pi r^2}\right)_{Cu} = \left(\frac{\rho_e \ell}{\pi r^2}\right)_{Fe}$$

∵ السلكان لهما نفس الطول

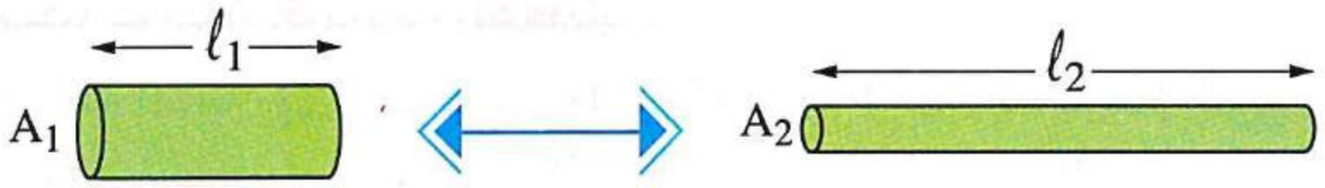
$$\therefore \frac{(\rho_e)_{Cu}}{r_{Cu}^2} = \frac{(\rho_e)_{Fe}}{r_{Fe}^2}$$

$$\frac{r_{Cu}^2}{r_{Fe}^2} = \frac{(\rho_e)_{Cu}}{(\rho_e)_{Fe}} = \frac{1.7 \times 10^{-8}}{9.7 \times 10^{-8}} = \frac{17}{97} \quad , \quad \frac{r_{Cu}}{r_{Fe}} = 0.42$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

إرشـاد :

* إذا سُحب سلك بانتظام أو أُعيد تشكيله بحيث يتغير كل من طوله ومساحة مقطعه ويظل حجمه ثابت :



$(V_{o1})_1 = A_1\ell_1$ = $(V_{o1})_2 = A_2\ell_2$

$$\therefore A_1\ell_1 = A_2\ell_2 \quad , \quad \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

∵ المقاومة النوعية ثابتة.

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1 A_2}{\ell_2 A_1} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} = \frac{A_2^2}{A_1^2} = \frac{r_2^4}{r_1^4}$$

https://t.me/E5_G5

مثـال

اختر : سُحب سلك مقاومته 5 Ω بانتظام فزاد طوله للضعف، فإن مقاومة السلك بعد السحب تساوى .....

(أ) 0.04 Ω (ب) 1.25 Ω (جـ) 20 Ω (د) 25 Ω

الحـــل

$\ell_2 = 2\,\ell_1$ | $R_1 = 5\ \Omega$ | $R_2 = ?$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} \quad , \quad \frac{5}{R_2} = \frac{\ell_1^2}{(2\,\ell_1)^2} = \frac{\ell_1^2}{4\,\ell_1^2} = \frac{1}{4} \quad , \quad R_2 = 20\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

* **الجدول التالى يوضح بعض العبارات ودلالاتها الرياضية :**

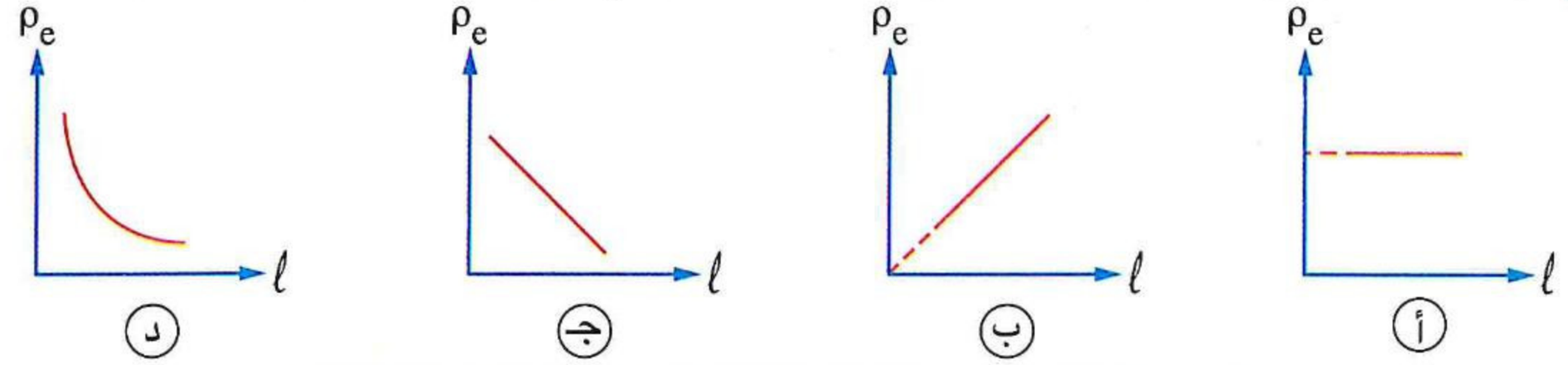
العـبـارة	الدلالـة الريـاضيـة
زاد طول الموصل **إلى** ثلاثة أمثال طوله الأصلى	$\ell_2 = 3\,\ell_1$
زاد طول الموصل **بمقدار** ثلاثة أمثال طوله الأصلى	$\ell_2 = \ell_1 + 3\,\ell_1 = 4\,\ell_1$
زاد طول الموصل **بنسبة** 20%	$\ell_2 = \ell_1 + \frac{20}{100}\,\ell_1 = 1.2\,\ell_1$
قل طول الموصل **إلى** الثلث	$\ell_2 = \frac{\ell_1}{3}$
قل طول الموصل **بمقدار** الثلث	$\ell_2 = \ell_1 - \frac{\ell_1}{3} = \frac{2\,\ell_1}{3}$
قل طول الموصل **بنسبة** 30%	$\ell_2 = \ell_1 - \frac{30}{100}\,\ell_1 = 0.7\,\ell_1$
سُحب سلك **فزاد** طوله **إلى** ثلاثة أمثال طوله الأصلى	$\ell_2 = 3\,\ell_1$, $A_2 = \frac{A_1}{3}$
أُعيد تشكيل سلك **فقل** طوله **إلى** الثلث	$\ell_2 = \frac{\ell_1}{3}$, $A_2 = 3\,A_1$

اختبر نفسك

مجاب عنها

5 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ أى الأشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين المقاومة النوعية (ρ_e) لمادة موصل فلزى وطول الموصل (ℓ) ؟



٢ موصـل منتظـم المقطع طوله 4.5 m ومقاومته 6 Ω وموصـل آخر من نفس نوع مادة الموصل الأول طوله 1.5 m ومساحة مقطعه ربع مساحة مقطع الموصل الأول، فإن مقاومة الموصل الثانى تساوى .....

(أ) 12 Ω (ب) 10 Ω (جـ) 8 Ω (د) 4 Ω

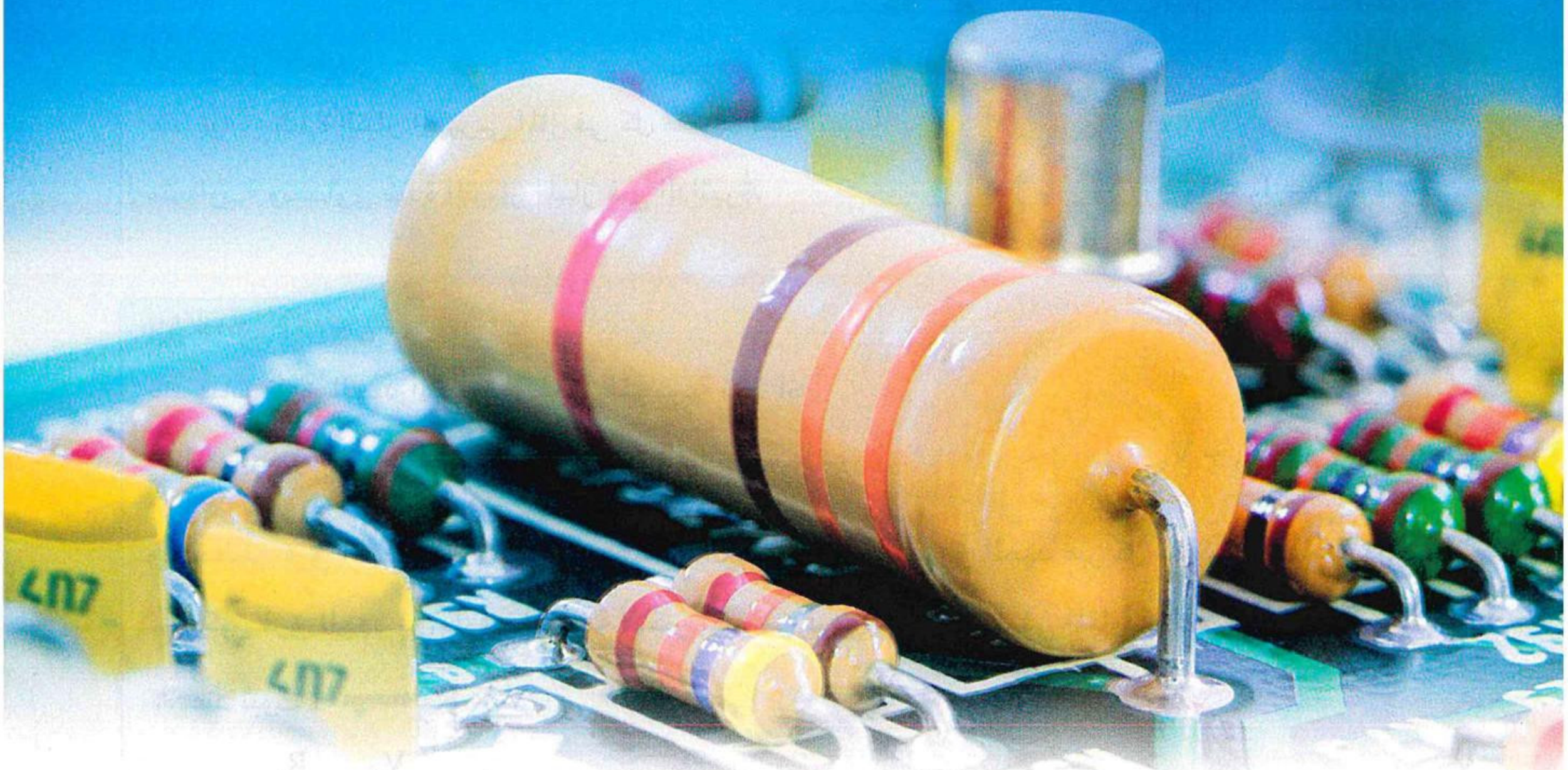
https://t.me/E5G5

https://t.me/E5_G5

الفصل 1

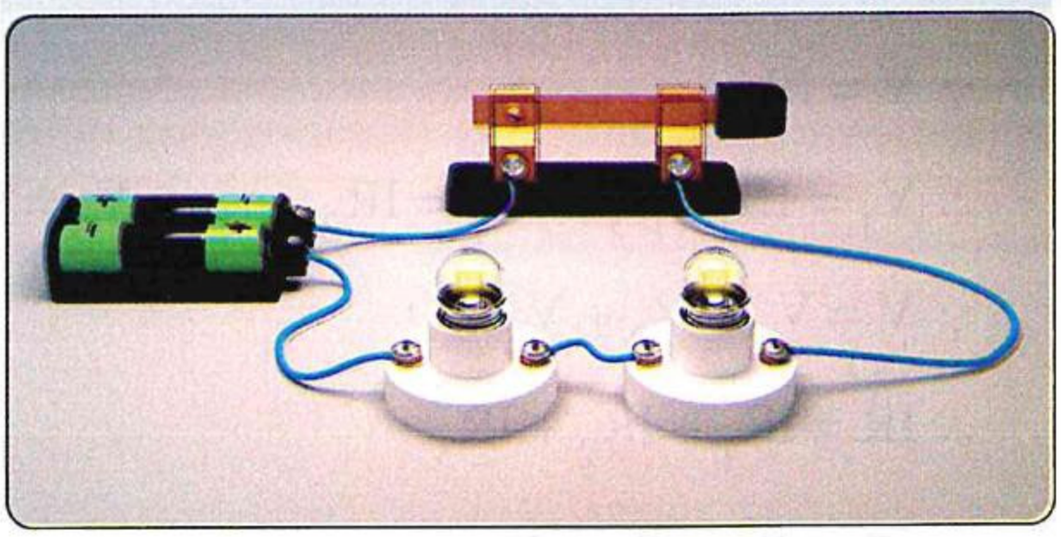
الدرس الثانى

توصيل المقاومات

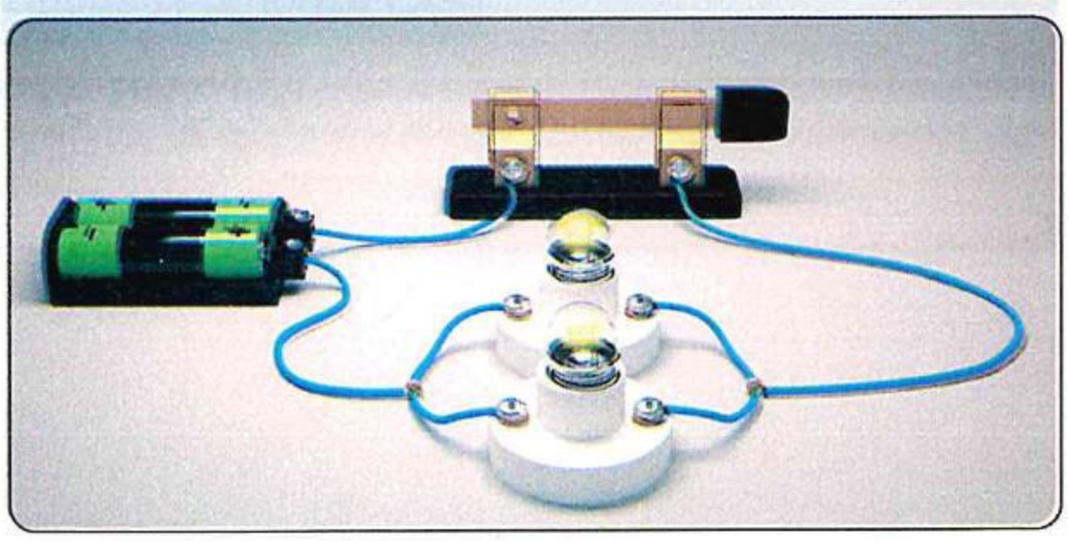


* يمكن توصيل عدة مقاومات فى دائرة كهربية بطريقتين هما :

أولًا التوصيل على التوالى



ثانيًا التوصيل على التوازى



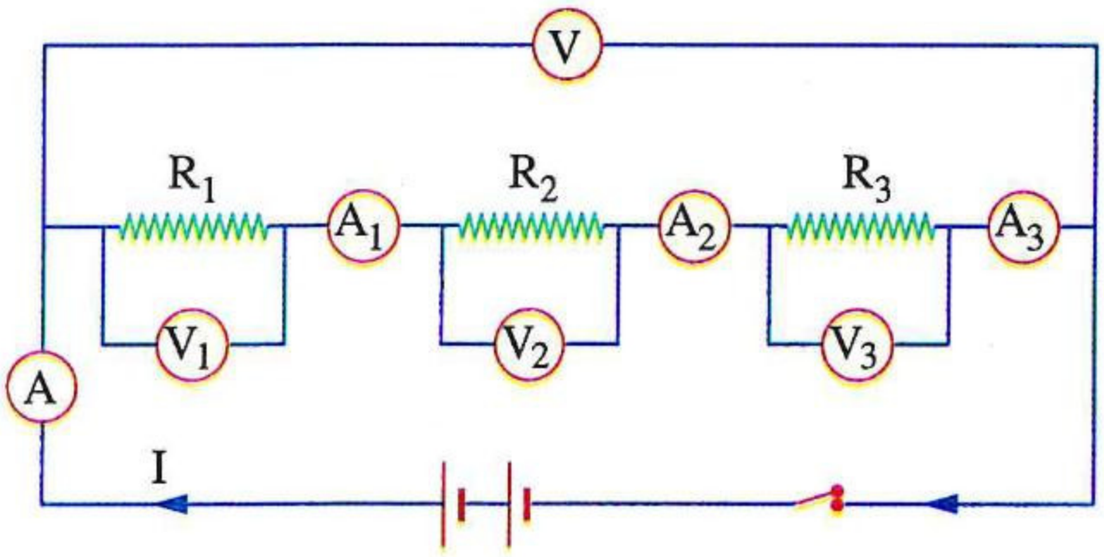
أولًا توصيل المقاومات على التوالى

الغرض منه

الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة حيث تكون قيمة المقاومة المكافئة للمجموعة أكبر من قيمة أكبر مقاومة فى المجموعة.

طريقة التوصيل

توصـل المقاومات بحيـث تُكوِّن مسـار واحد متصـل أمام التيـار الكهربى المـار فى دائرة كهربية كما هو موضح بالشكل.



شدة التيار الكهربى

عند قياس شدة التيار الكهربى المار فى كل مقاومة نجد أنهـا متساويـة وتسـاوى شدة التيـار المـار فـى الدائـرة.

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

فرق الجهد الكهربى

عند قياس فرق الجهد الكلى بين طرفى المجموعة نجد أنه يساوى مجموع فروق الجهد عبر المقاومات بالدائرة.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ويلاحظ أن فرق الجهد الكلى يتجزأ عبر المقاومات بحيث يتناسـب فرق الجهد عبر كل مقاومة طرديًا مع قيمتها

أى يكون فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأكبر أكبر من فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأصغر.

$\therefore$ عند ثبوت I ⟵ $V \propto R$

أى أن $\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$

المقاومة المكافئة ($\grave{R}$)

من قانون أوم :

$\because V = IR$

$\therefore V_1 = IR_1 \quad , \quad V_2 = IR_2 \quad , \quad V_3 = IR_3$

$\because V = V_1 + V_2 + V_3$

$\therefore I\grave{R} = IR_1 + IR_2 + IR_3$

$\therefore \grave{R} = R_1 + R_2 + R_3$

أى أن المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالى تساوى مجموع هذه المقاومات.

* إذا كانت المقاومات المتصلة على التوالى متساوية وقيمة كل منها R وعددها N فإن : $\grave{R} = NR$

* وهكذا يمكن أن نفسر زيادة مقاومة الموصل بزيادة طوله بأن زيادة طول الموصل تعتبر بمثابة إضافة مقاومات على التوالى فتزداد مقاومته.

https://t.me/FS05

https://t.me/E5_G5

مثال

ثلاث مقاومات 25 Ω , 70 Ω , 85 Ω متصلة على التوالى مع مصدر كهربى القوة الدافعة الكهربية له 45 V مهمل المقاومة الداخلية، **احسب :**

(أ) المقاومة المكافئة لهذه المقاومات.

(ب) شدة التيار الكهربى المار فى الثلاث مقاومات.

(جـ) فرق الجهد عبر كل مقاومة.

الحـــل

$R_1 = 25\ \Omega$ $R_2 = 70\ \Omega$ $R_3 = 85\ \Omega$ $V_B = 45\ V$

$\grave{R} = ?$ $I = ?$ $V_1 = ?$ $V_2 = ?$ $V_3 = ?$

(أ) $\grave{R} = R_1 + R_2 + R_3 = 25 + 70 + 85 = \mathbf{180\ \Omega}$

(ب) ∵ الثلاث مقاومات متصلة على التوالى.

∴ شدة التيار المار فى كل منها = شدة التيار الكلى المار فى الدائرة.

$$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{45}{180} = \mathbf{0.25\ A}$$

(جـ) $V_1 = IR_1 = 0.25 \times 25 = \mathbf{6.25\ V}$

$V_2 = IR_2 = 0.25 \times 70 = \mathbf{17.5\ V}$

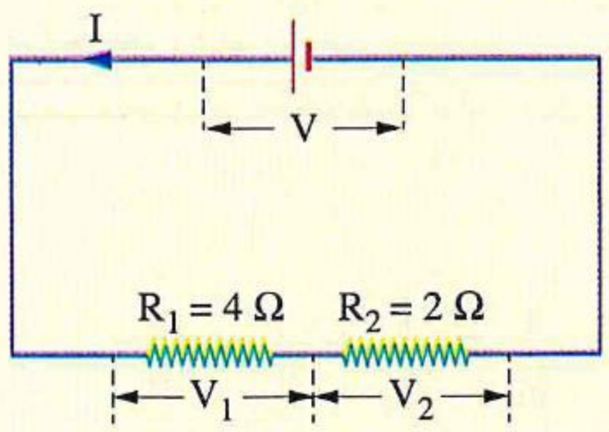
$V_3 = IR_3 = 0.25 \times 85 = \mathbf{21.25\ V}$

مجاب عنها

6 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

اختبر نفسك

فى الدائرة الكهربية المقابلة، النسبة بين :



١ فروق الجهد $(V : V_1 : V_2)$ تساوى .....

أ) 1 : 1 : 1 ب) 3 : 2 : 1

جـ) 2 : 1 : 1 د) 4 : 1 : 1

٢ شدة التيار الكلى وشدة التيار المار فى كل من المقاومتين R_1 ، R_2 $(I : I_1 : I_2)$ تساوى .....

أ) 1 : 1 : 1 ب) 1 : 2 : 2

جـ) 2 : 1 : 1 د) 4 : 1 : 1

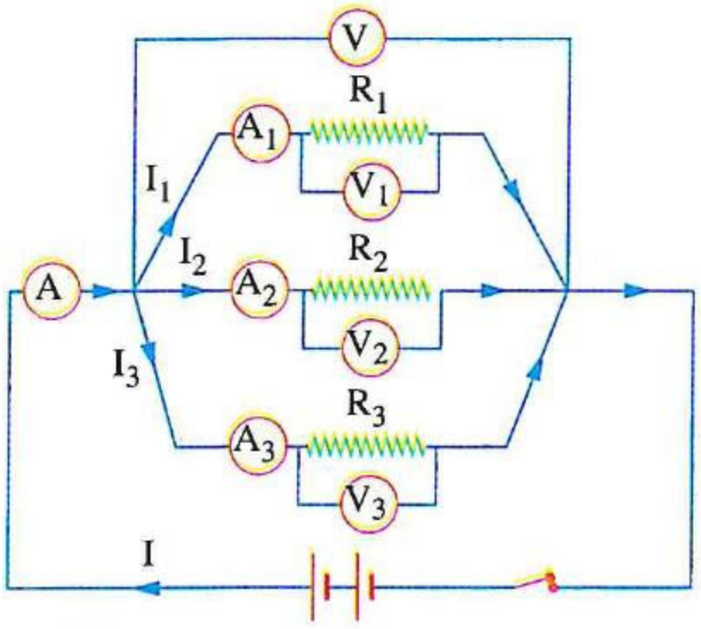
ثانيًا توصيل المقاومات على التوازى

الغرض منه

الحصـول على مقاومة صغيـرة من مجموعة مـن المقاومات الكبيرة حيـث تكـون قيمة المقاومـة المكافئة للمجموعة أقل مـن قيمة أصغر مقاومة فى المجموعة.

طريقة التوصيل

توصـل المقاومات فـى دائرة كهربية بحيث يكـون لجميع المقاومات نفس البداية ونفس النهاية كما هو موضح بالشكل.



فرق الجهد الكهربى

عنـد قيـاس فـرق الجهد بـين طرفـى كل مقاومة نجد أنه متسـاوى ويساوى فرق الجهد بين طرفى مجموعة المقاومات :

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

شدة التيار الكهربى

عند قياس شدة التيار الكلى (I) الداخل إلى مجموعة المقاومات نجد أنها تساوى مجموع شدة التيارات المارة فى هذه المقاومات.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

ويلاحظ أن التيار الكهربى يتجزأ على المقاومات بحيث تتناسب شدة التيار المار فى كل مقاومة عكسيًا مع قيمتها أى يمر الجزء الأكبر من التيار فى المقاومة الأصغر.

∴ عند ثبوت V ⟵ $I \propto \frac{1}{R}$

أى أن $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

المقاومة المكافئة ($\grave{R}$)

من قانون أوم :

$\because I = \frac{V}{R}$

$\therefore I_1 = \frac{V}{R_1}$, $I_2 = \frac{V}{R_2}$, $I_3 = \frac{V}{R_3}$, $I = \frac{V}{\grave{R}}$

$\because I = I_1 + I_2 + I_3$ $\quad \therefore \frac{V}{\grave{R}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$ $\quad \therefore \frac{1}{\grave{R}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

أى أن مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازى تساوى مجموع مقلوب المقاومات.

* إذا كان هناك مقاومتان فقط متصلتين على التوازى، فإن :

$$\grave{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

* إذا كانت المقاومات المتصلة على التوازى متساوية وقيمة كل منها R وعددها N، فإن :

$\frac{1}{\grave{R}} = \frac{N}{R}$ $\quad \therefore \grave{R} = \frac{R}{N}$

https://t.me/ES

مما سبق نستنتج أن :

- **يمكن أن نفسر صغر مقاومة موصل بزيادة مساحة مقطعه،**

بأن زيادة مساحة مقطع الموصل تعتبر بمثابة إضافة مقاومات على التوازى فتقل مقاومته.

- **توصل الأجهزة المنزلية على التوازى،**

حتى يعمل كل جهاز على فرق جهد المصدر الكهربى وبالتالى يمكن تشغيل كل جهاز بمفرده فإذا فصل أو تلف أى جهاز لا يؤثر على الأجهزة الأخرى، كما أن المقاومة المكافئة لها جميعًا تصبح صغيرة جدًا.

- **فى الدوائر الكهربية التى تحتوى على عدة مقاومات متصلة على التوازى تستخدم أسلاك سميكة عند طرفى المصدر الكهربى، بينما يمكن استخدام أسلاك أقل سُمكًا عند طرفى كل مقاومة،**

لأن شدة التيار تكون أكبر ما يمكن عند مدخل ومخرج التيار فتستخدم أسلاك سميكة حتى تكون مقاومتها صغيرة فلا تسخن ولا تنصهر، بينما يتجزأ التيار فى كل مقاومة على حدة فيمكن استخدام أسلاك أقل سُمكًا عند طرفى كل مقاومة.

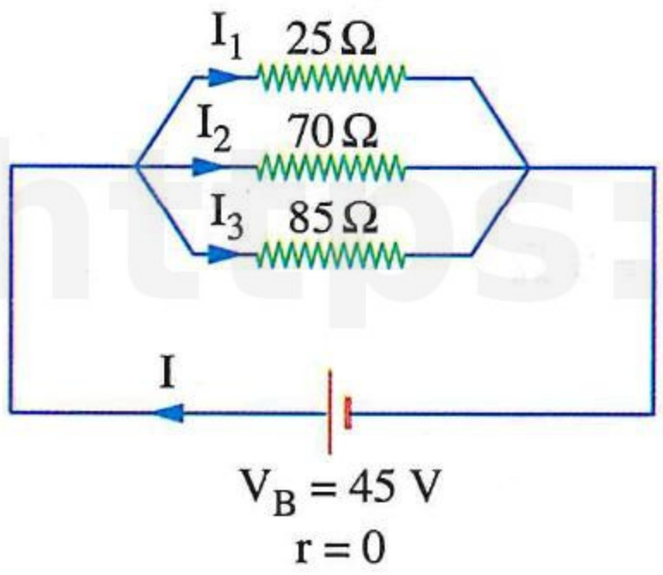
مثال ١

من الدائرة الكهربية المقابلة، أوجد :

(أ) المقاومة الكلية.

(ب) شدة التيار فى كل مقاومة.

(جـ) شدة التيار الكلى.



الحل

$R_1 = 25\ \Omega$ | $R_2 = 70\ \Omega$ | $R_3 = 85\ \Omega$ | $V_B = 45\ V$ | $\grave{R} = ?$ | $I_1 = ?$

$I_2 = ?$ | $I_3 = ?$ | $I = ?$

(أ)

$$\frac{1}{\grave{R}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{85}$$

$$\grave{R} = 15.14\ \Omega$$

(ب)

$$I_1 = \frac{V_B}{R_1} = \frac{45}{25} = 1.8\ A$$

$$I_2 = \frac{V_B}{R_2} = \frac{45}{70} = 0.64\ A \quad , \quad I_3 = \frac{V_B}{R_3} = \frac{45}{85} = 0.53\ A$$

(جـ)

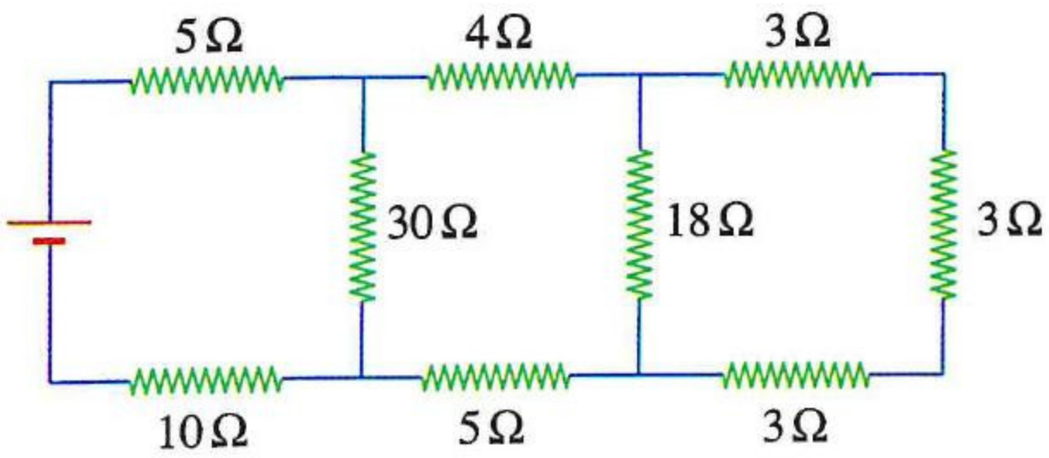
$$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{45}{15.14} = 2.97\ A$$

حل آخر :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 1.8 + 0.64 + 0.53 = 2.97\ A$$

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢



اختر : قيمة المقاومـة المكافئة للدائرة الكهربية الموضحة تساوى .....

(أ) 25 Ω　　(ب) 50 Ω

(جـ) 75 Ω　　(د) 100 Ω

الحـــل

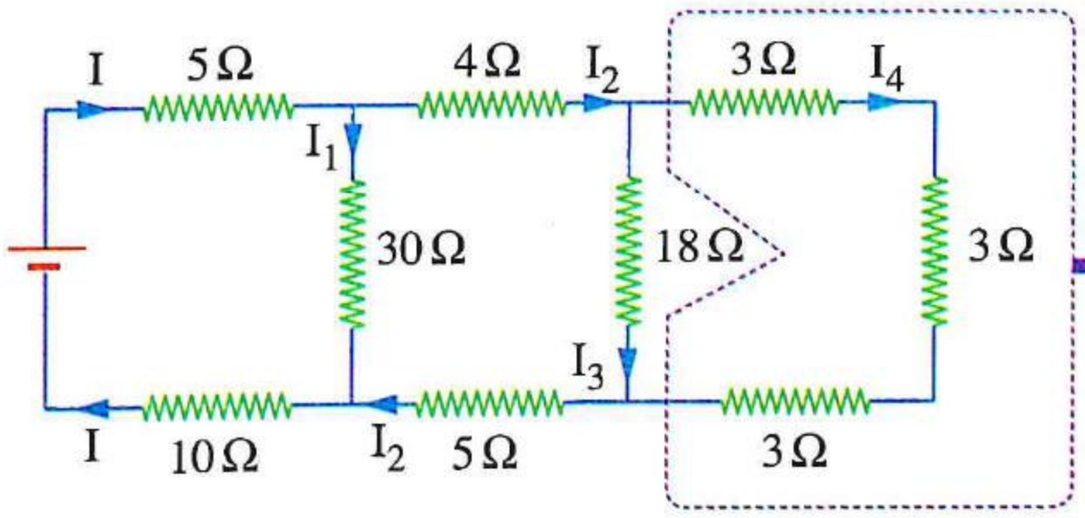
*** فى حالة وجود دائرة كهربية تحتوى على عدد من المقاومات بعضها ينطبق عليه شـروط التوصيل على التوالى أو التوصيل على التوازى والبعض الآخر لا ينطبق عليه هذه الشروط، نطبق الخطوات التالية :**

١- قم بالبحث فى الدائرة الكهربية عن جزء تتصل فيه المقاومات على التوالى أو التوازى.

٢- قم بتوزيع التيار بدءًا من القطب الموجب للبطارية حتى تصل مرة أخرى إلى قطبها السالب.

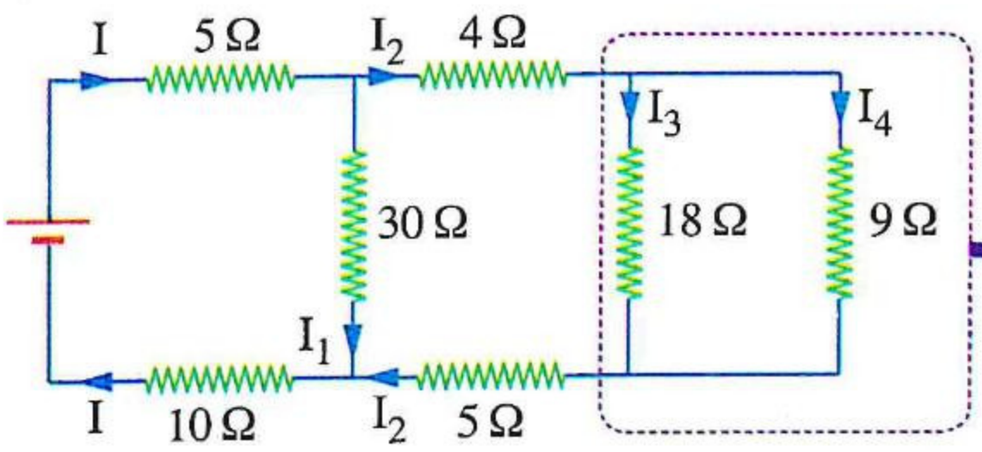
٣- طبق المبادئ التى تعلمتها عن طريقتى توصيل المقاومات (من حيث شدة التيار وفرق الجهد).

* المقاومات 3 Ω ، 3 Ω ، 3 Ω متصلة على التوالى.



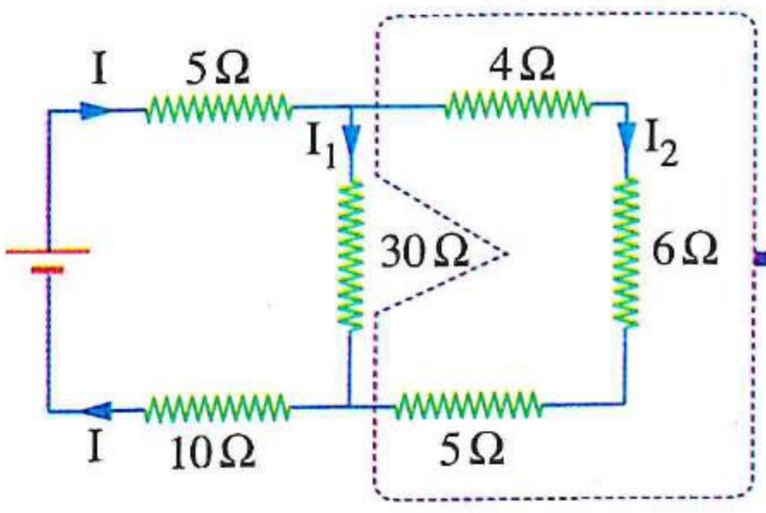
$$\grave{R}_1 = 3 + 3 + 3 = 9\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومة 18 Ω متصلتان على التوازى.



$$\grave{R}_2 = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6\ \Omega$$

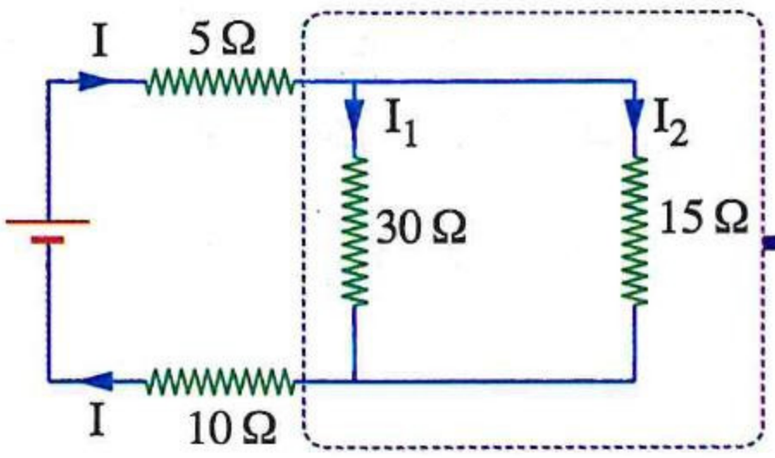
* $\grave{R}_2$ والمقاومتان 4 Ω ، 5 Ω متصلة على التوالى.



$$\grave{R}_3 = 4 + 6 + 5 = 15\ \Omega$$

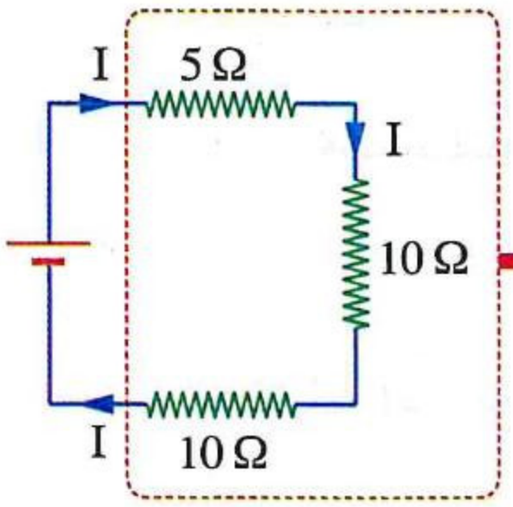
https://t.me/E5_G5

* $\grave{R}_3$ والمقاومة 30 Ω متصلتان على التوازى.



$$\grave{R}_4 = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = 10\ \Omega$$

* $\grave{R}_4$ والمقاومتان 5 Ω ، 10 Ω متصلة على التوالى.

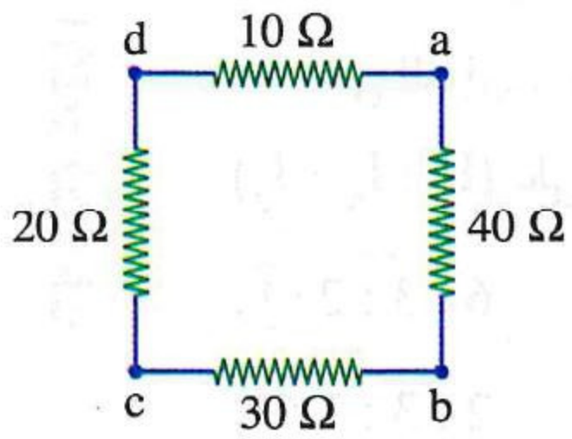


$$R_t = 5 + 10 + 10 = \mathbf{25\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثال ٣

اختر : الشكل المقابل يوضح مجموعة من المقاومات متصلة معًا، فإن المقاومة المكافئة لهذه المجموعة عند توصيل مصدر جهد كهربى :



(أ) بالنقطتين a ، b تساوى .....

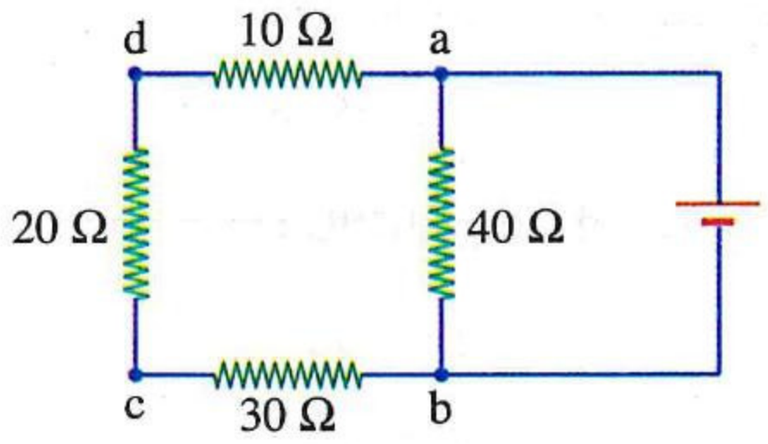
(أ) 16 Ω (ب) 21 Ω (جـ) 24 Ω (د) 25 Ω

(ب) بالنقطتين a ، c تساوى .....

(أ) 16 Ω (ب) 21 Ω (جـ) 24 Ω (د) 25 Ω

الحـــل

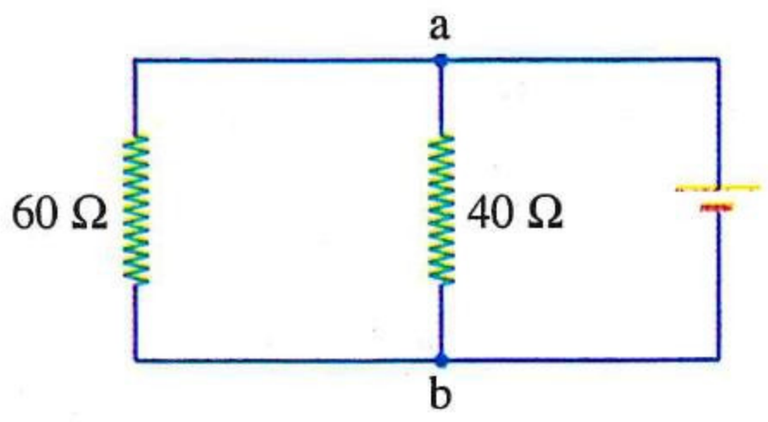
(أ) * عنـد توصيل مصدر الجهد الكهربـى بالنقطتين (a) ، (b) تصبح الدائرة كما بالشكل المقابل :



* المقاومات 30 Ω ، 20 Ω ، 10 Ω متصلة على التوالى :

$$\grave{R}_1 = 30 + 20 + 10 = 60\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومة 40 Ω متصلتان على التوازى :

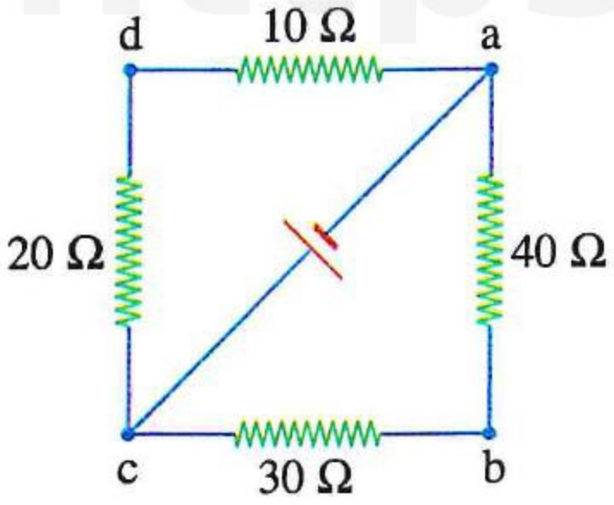


$$R_t = \frac{60 \times 40}{60 + 40} = \mathbf{24\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5



(ب) * عند توصيل مصدر الجهد الكهربى بين النقطتين a ، c تصبح الدائرة كما بالشكل المقابل.

* المقاومتان 10 Ω ، 20 Ω متصلتان على التوالى :

$$\grave{R}_1 = 10 + 20 = 30\ \Omega$$

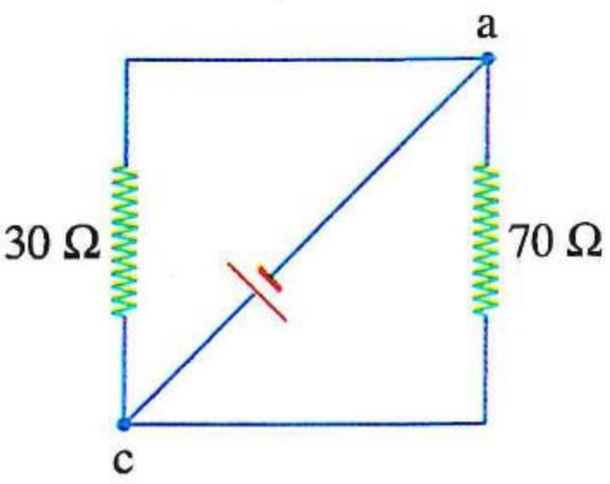
* المقاومتان 40 Ω ، 30 Ω متصلتان على التوالى :

$$\grave{R}_2 = 40 + 30 = 70\ \Omega$$

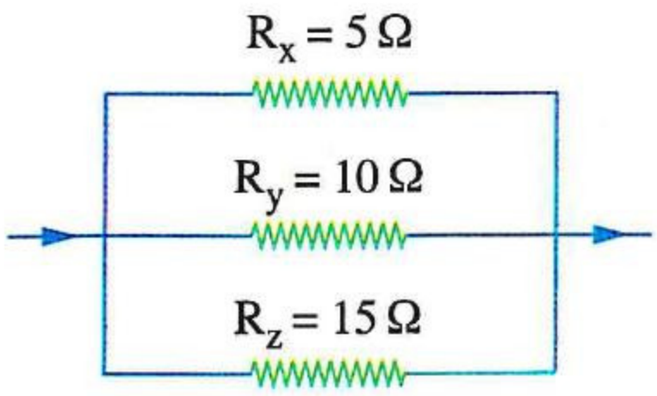
* $\grave{R}_1$ ، $\grave{R}_2$ متصلتان على التوازى :

$$R_t = \frac{30 \times 70}{30 + 70} = 21\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)



مجاب عنها



7 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

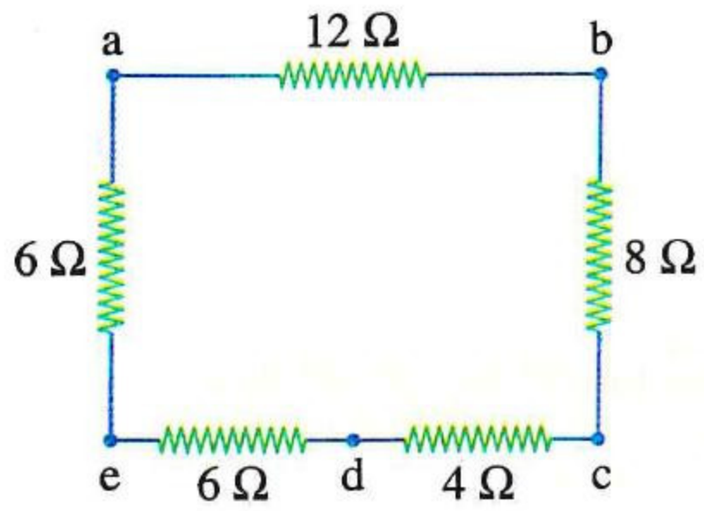
(١) الشكل المقابل يوضح ثلاث مقاومات x ، y ، z متصلة معًا على التوازى، فإن نسبة شدة التيار المار بكل منها $(I_x : I_y : I_z)$ على الترتيب هى .....

(أ) 6 : 3 : 2 (ب) 3 : 2 : 1

(جـ) 2 : 3 : 1 (د) 2 : 3 : 6

---

(٢) الشكل المقابل يوضح مجموعة من المقاومات المتصلة معًا، فإن المقاومة المكافئة لهذه المجموعة عند توصيل مصدر جهد كهربى :



(١) بالنقطتين e ، d تساوى .....

(أ) 4 Ω (ب) 5 Ω

(جـ) 8 Ω (د) 9 Ω

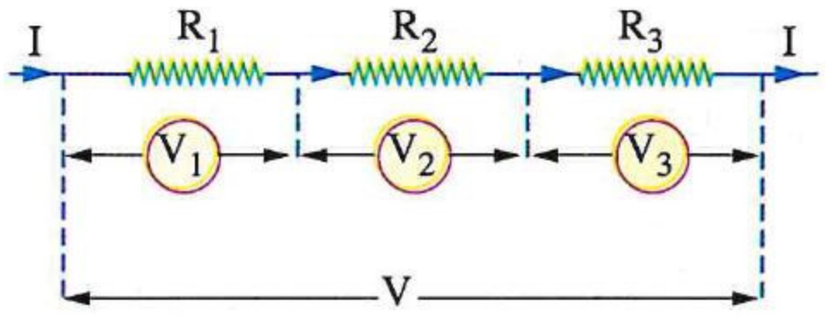
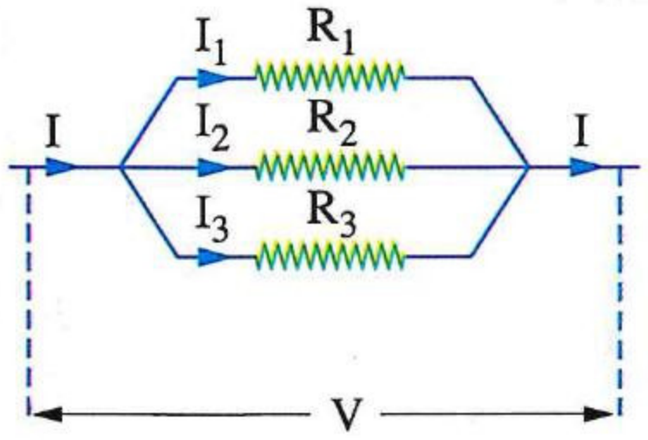
(٢) بالنقطتين b ، d تساوى .....

(أ) 4 Ω (ب) 5 Ω

(جـ) 8 Ω (د) 9 Ω

المقارنة بين توصيل المقاومات على التوالى وعلى التوازى

* مما سبق يمكن المقارنة بين توصيل المقاومات على التوالى وتوصيلها على التوازى كالتالى :

طريقة التوصيل فى الدائرة	توصيل المقاومات على التوالى	توصيل المقاومات على التوازى
	 تُكون مجموعة المقاومات مسار مغلق واحد مع المصدر	 تُكون كل مقاومة مسار مغلق مع المصدر
الغرض منه	الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة مقاومات صغيرة	الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة مقاومات كبيرة
القانون المستخدم لتعيين المقاومة المكافئة ($\grave{R}$)	– لعدة مقاومات : $\grave{R} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$ – لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R : $\grave{R} = RN$	– لعدة مقاومات : $\frac{1}{\grave{R}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots\cdots$ – لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R : $\grave{R} = \frac{R}{N}$ – لمقاومتين : $\grave{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
شدة التيار الكهربى	متساوية فى جميع المقاومات وتساوى شدة التيار الكلى (I) $(I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots)$	التيار الكلى يساوى مجموع التيارات فى المقاومات $(I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots)$
فرق الجهد	فرق الجهد الكلى يساوى مجموع فروق الجهد عبر المقاومات $(V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots)$	متساوى عبر جميع المقاومات ويساوى فرق الجهد الكلى (V) $(V = V_1 = V_2 = V_3 = \cdots)$
تأثير نسب المقاومات	يتناسب فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة طرديًا مع قيمة المقاومة $\left(\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}\right)$	تتناسب شدة التيار المار فى كل مقاومة عكسيًا مع قيمة المقاومة $\left(\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}\right)$

* إذا كان لدينا عدد من المقاومات (مصابيح مثلًا) عددها n متصلة معًا ومع مصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية، فإنه عند زيادة عدد المقاومات فى حالة :

	توصيلها على التوالى	توصيلها على التوازى
المقاومة الكلية	تزداد	تقل
شدة تيار المصدر	تقل	تزداد
شدة التيار المار فى كل مقاومة	تقل حيث إنها تساوى تيار المصدر	لا تتغير لثبوت فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة وقيمة المقاومة
فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة	يقل لنقص شدة التيار المار فى كل مقاومة	لا يتغير لثبوت فرق الجهد بين طرفى المصدر
القدرة المستهلكة فى الدائرة	تقل لنقص شدة التيار الكلى وثبوت فرق الجهد بين طرفى المصدر	تزداد لزيادة شدة التيار الكلى وثبوت فرق الجهد بين طرفى المصدر
القدرة المستهلكة فى كل مقاومة	تقل لنقص شدة التيار المار فيها	لا تتغير لثبوت فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة وقيمة كل مقاومة

https://t.me/E5_G5

إرشاد :

* عند احتواء الدائرة الكهربية على أسلاك توصيل يمكن تسهيل إيجاد المقاومة المكافئة لها وذلك باتباع الخطوات التالية :

(١) نحدد طرفى التوصيل لمجموعة المقاومات فتكونا نقطة بداية ونهاية التوصيل.

(٢) نقوم بتسمية النقاط فى الدائرة حيث إنه تعُطى النقاط على مسار التيار :

رموزًا مختلفة إذا اختلف جهدها

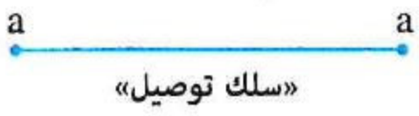


«عمود كهربى»



«مقاومة»

نفس الرمز إذا كان لها نفس الجهد



«سلك توصيل»



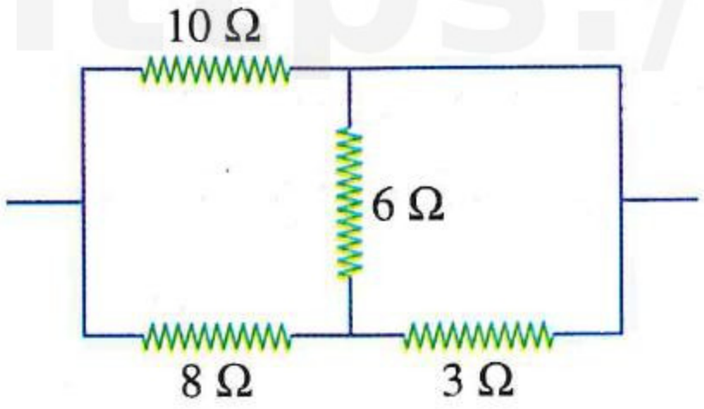
«أميتر»

(٣) نعيد رسم الدائرة فنجد أنها أصبحت أبسط ويمكن حلها.

لاحظ أن عند إعادة رسم الدائرة، يجب أن يتطابق عدد وقيم المقاومات الموجودة بين كل نقطتين فى كل من الشكلين.

https://t.me/E5_GS

مثال ١



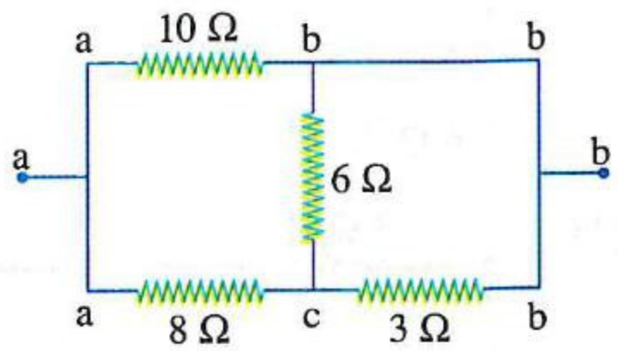
اختر: المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموضحة بالشكل المقابل تساوى .....

(أ) 2.5 Ω (ب) 5 Ω

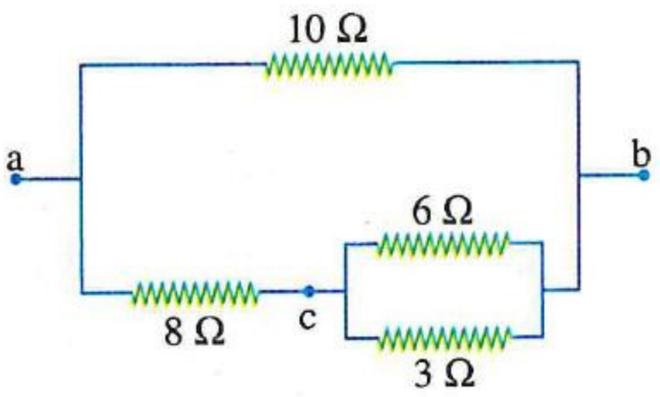
(جـ) 7.5 Ω (د) 10 Ω

الحل

* نقوم بتسمية النقاط على الشكل كالتالى:



* نعيد رسم الشكل طبقًا للنقاط التى تم وضعها كالتالى:



* المقاومتان 6 Ω ، 3 Ω متصلتان على التوازى:

$$\grave{R}_1 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومة 8 Ω متصلتان على التوالى:

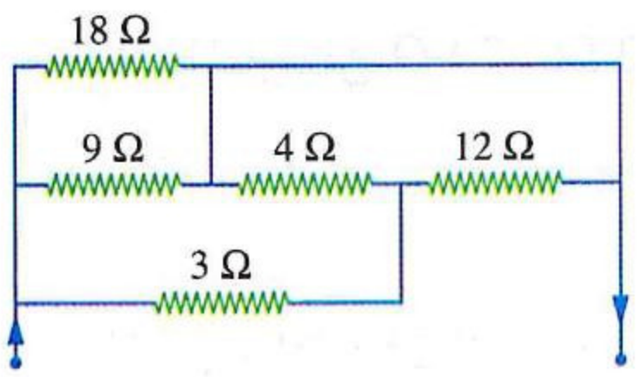
$$\grave{R}_2 = 8 + 2 = 10\ \Omega$$

* $\grave{R}_2$ والمقاومة 10 Ω متصلتان على التوازى:

$$\mathbf{R_t} = \frac{10}{2} = \mathbf{5\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثال ٢

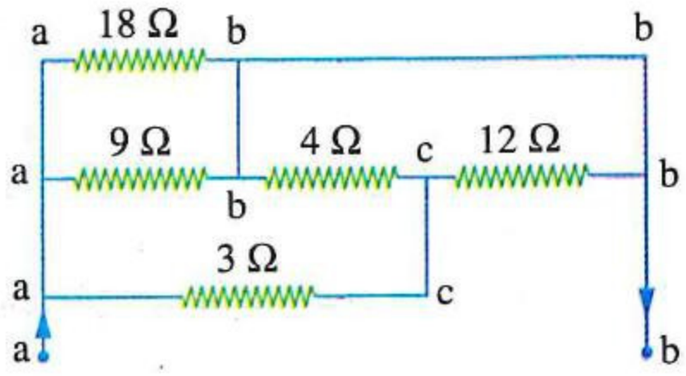


اختر: الشكل المقابل يوضح مجموعة مقاومات متصلة معًا، فإن المقاومة المكافئة لهذه المجموعة تساوى .....

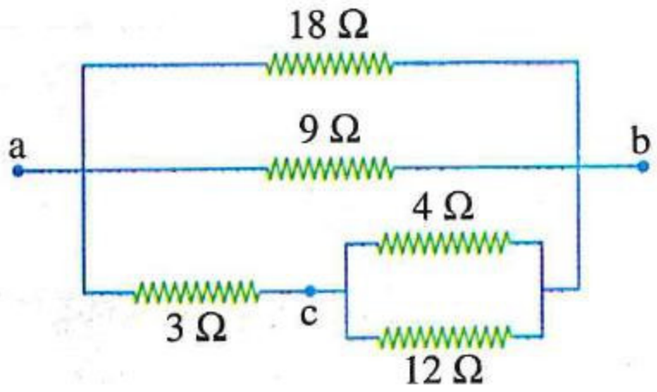
(أ) 3 Ω (ب) 9 Ω (جـ) 12 Ω (د) 24 Ω

الحل

* نقوم بتسمية النقاط على الشكل كالتالى :



* نعيد رسم الشكل طبقًا للنقاط التى تم وضعها كالتالى :



* المقاومتان 4 Ω ، 12 Ω متصلتان على التوازى:

$$\grave{R}_1 = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومة 3 Ω متصلتان على التوالى:

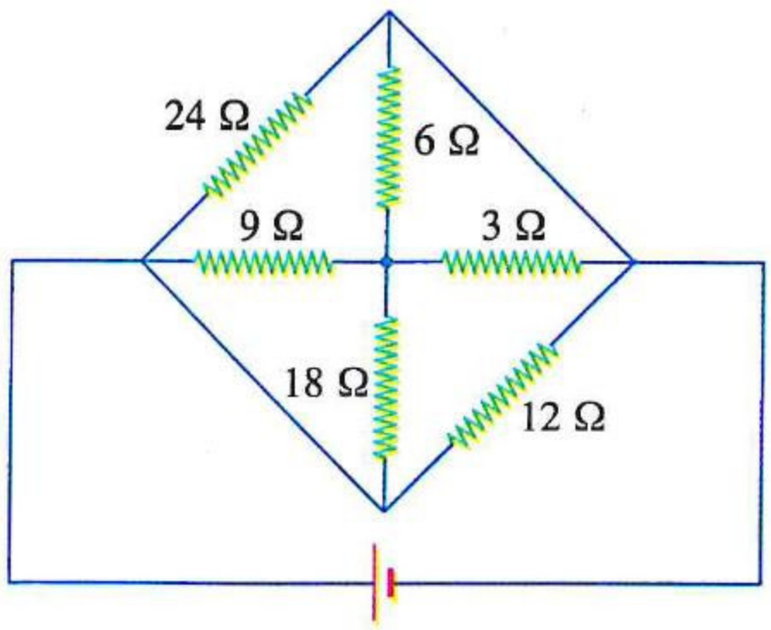
$$\grave{R}_2 = 3 + 3 = 6\ \Omega$$

* $\grave{R}_2$ والمقاومتان 9 Ω ، 18 Ω متصلة على التوازى:

$$\frac{1}{\mathbf{R_t}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{1}{3} \quad , \quad \mathbf{R_t = 3\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٣



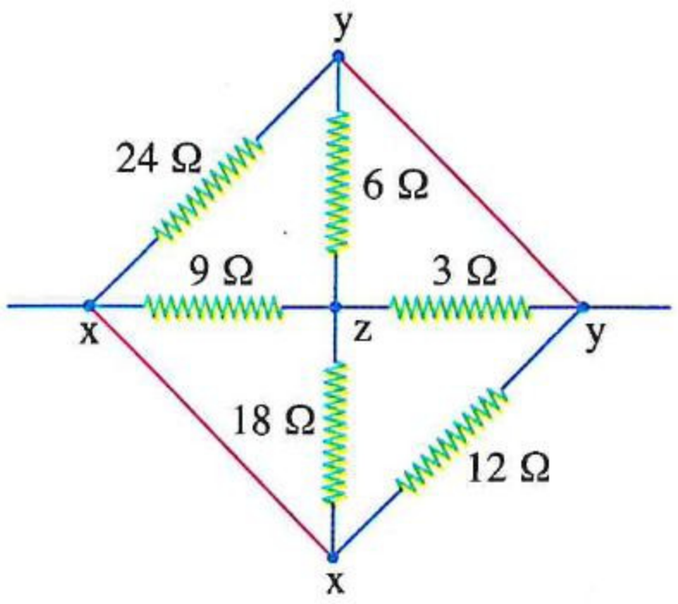
اختر : من الدائرة الكهربية الموضحة،

قيمة المقاومة المكافئة تساوى .....

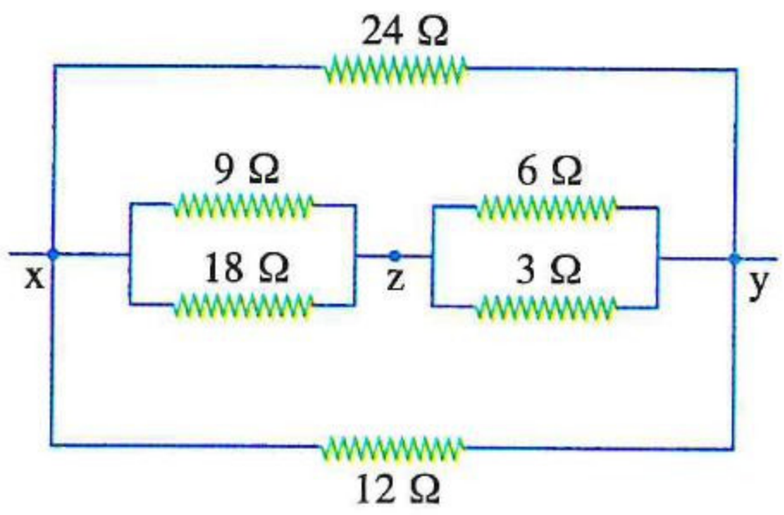
(أ) 2 Ω　　(ب) 4 Ω

(جـ) 6 Ω　　(د) 8 Ω

الحـــل



شكل مبسط



* المقاومتان 9 Ω ، 18 Ω متصلتان على التوازى :

$$\grave{R}_1 = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6\ \Omega$$

* المقاومتان 6 Ω ، 3 Ω متصلتان على التوازى :

$$\grave{R}_2 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ ، $\grave{R}_2$ متصلتان على التوالى :

$$\grave{R}_3 = 6 + 2 = 8\ \Omega$$

* $\grave{R}_3$ والمقاومتان 24 Ω ، 12 Ω متصلة على التوازى :

$$\frac{1}{\grave{R}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

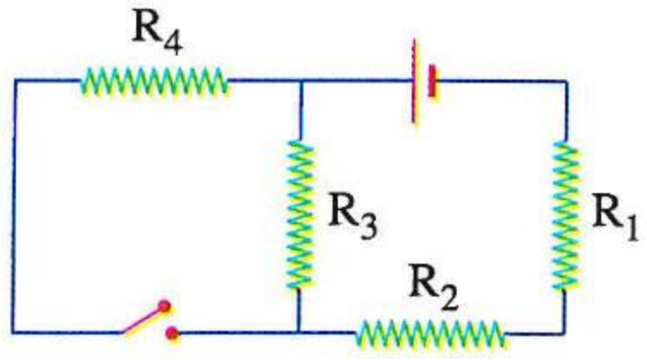
$$\grave{R} = 4\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

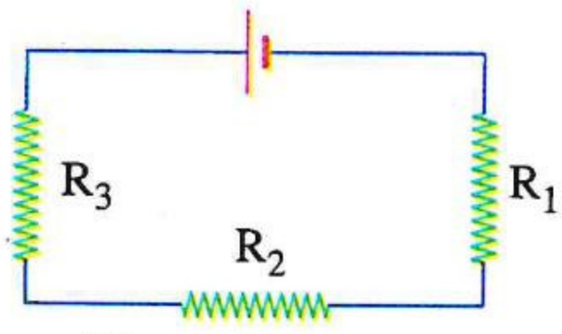
إرشـاد :

* فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى إحدى المقاومات فى دائرة كهربية، لا يُعتد بقيمة هذه المقاومة عند حسـاب المقاومة المكافئة ويمكن حينها حذف هذه المقاومة من الشكل لتسهيل حساب المقاومة المكافئة، ومن أمثلة ذلك :

(١) وجود المقاومة فى مسار فرعى مفتوح :



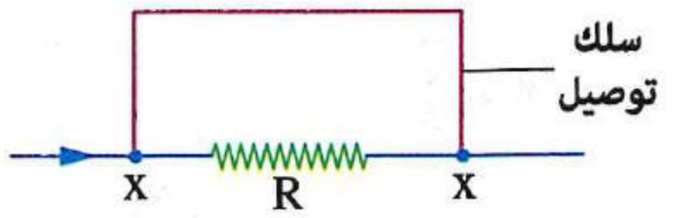
شكل مبسط



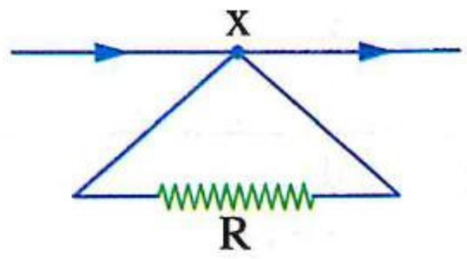
«تم إلغاء المقاومة R_4»

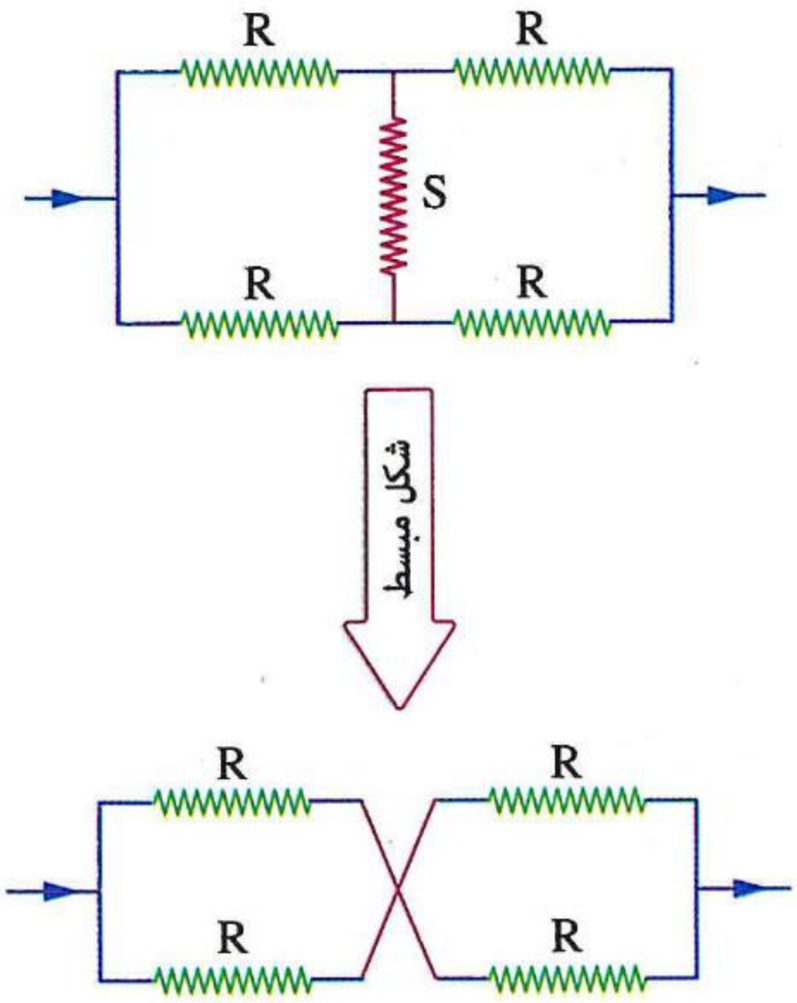
https://t.me/E5_G5

(٢) انعدام فرق الجهد بين طرفى المقاومة :



شكل مبسط





مثـال ١

اختر : من الدائرة الكهربية المقابلة،

إذا علمت أن $V_B = 100\ V$، فإن :

(أ) المقاومة المكافئة تساوى .....

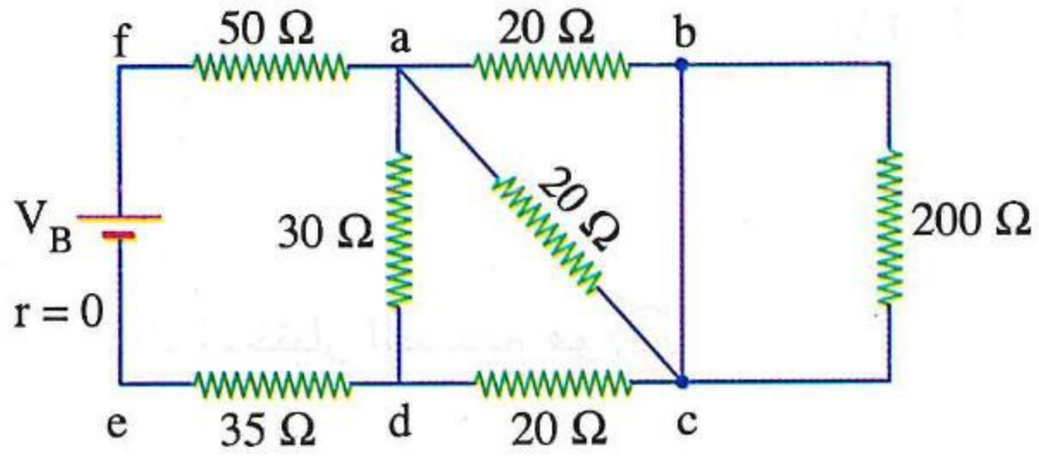
(أ) $52\ \Omega$ (ب) $97\ \Omega$

(جـ) $100\ \Omega$ (د) $125\ \Omega$

(ب) شدة التيار الكلى المار فى الدائرة تساوى .....

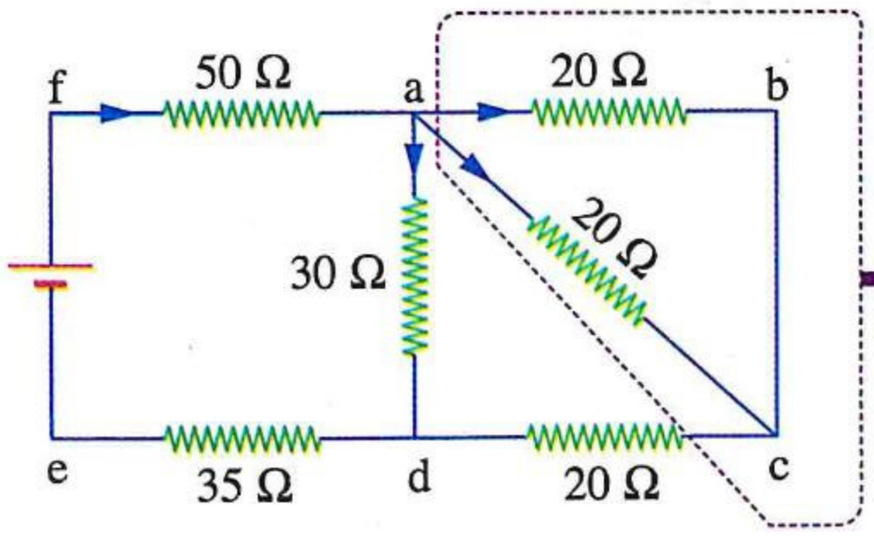
(أ) $0.5\ A$ (ب) $1\ A$

(جـ) $1.5\ A$ (د) $2\ A$



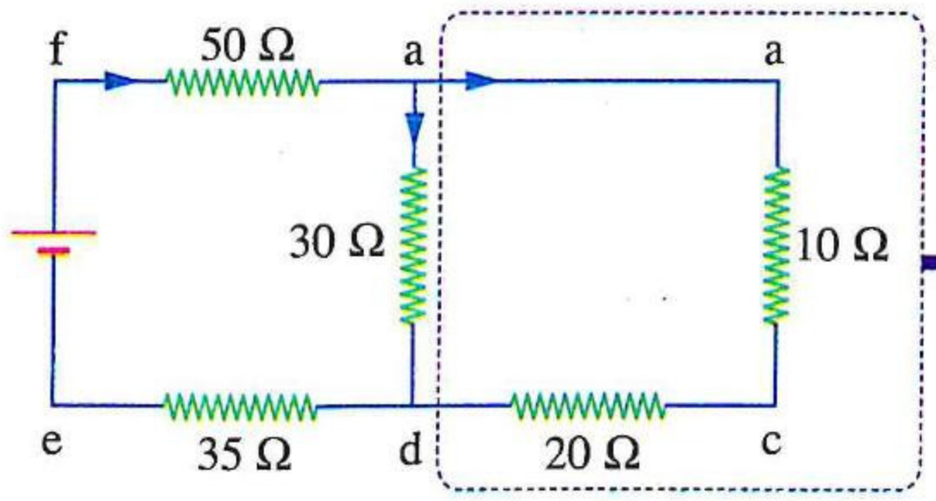
الحـــل

(أ) لا يمر تيار فى المقاومة $200\ \Omega$ بينما يمر فى السلك bc لأن مقاومته مهملة وبذلك تلغى المقاومة $200\ \Omega$ ويكون شكل الدائرة كالتالى :

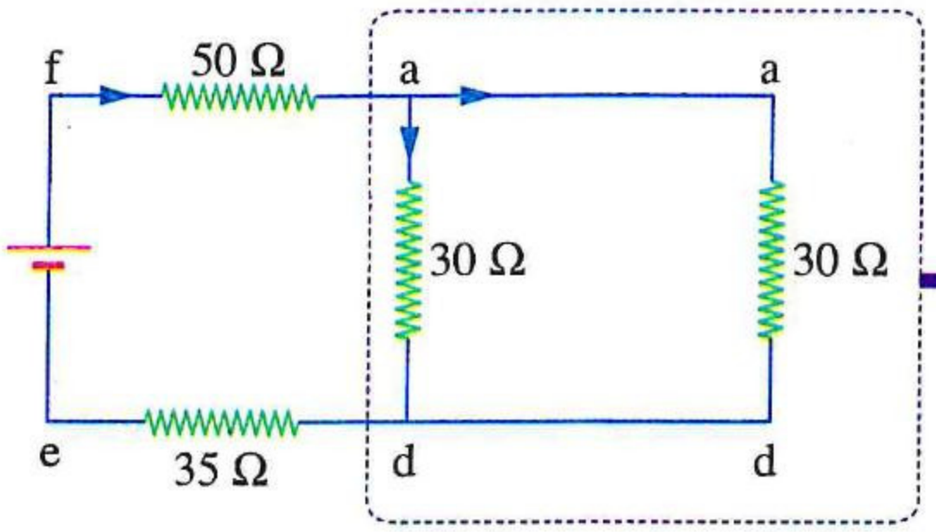


$$\grave{R}_1 = \frac{R}{N} = \frac{20}{2} = 10\ \Omega$$

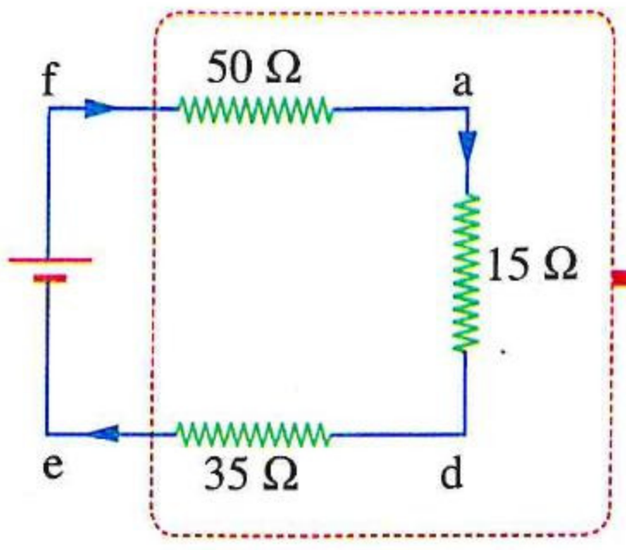
https://t.me/E5_G5



$$\grave{R}_2 = 10 + 20 = 30\ \Omega$$



$$\grave{R}_3 = \frac{30}{2} = 15\ \Omega$$



$$\grave{R} = 15 + 50 + 35 = \mathbf{100\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(ب)

$$\mathbf{I} = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{100}{100} = \mathbf{1\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢

اختر: من الدائرة الكهربية المقابلة، تكون :

(أ) المقاومة المكافئة للدائرة هى .....

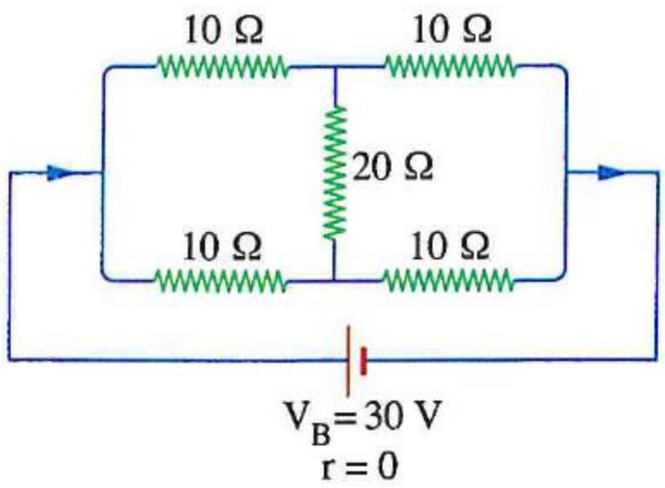
(أ) 5 Ω　　(ب) 10 Ω

(جـ) 20 Ω　　(د) 40 Ω

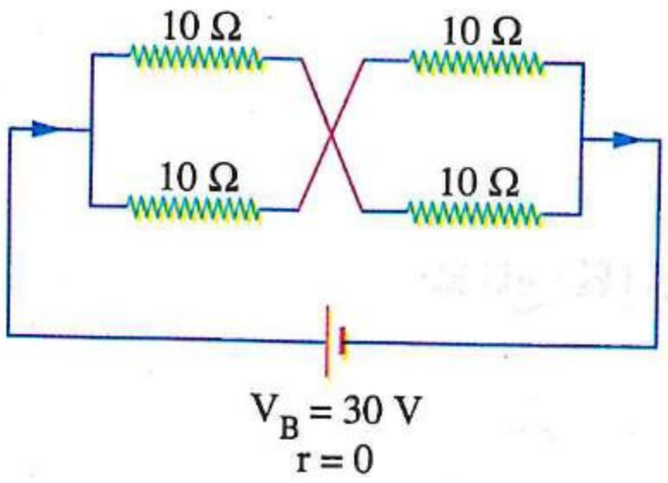
(ب) شدة التيار الكلى المار فى الدائرة هى .....

(أ) 1 A　　(ب) 2 A

(جـ) 3 A　　(د) 4 A



https://t.me/E5_G5



الحـــل

(أ) لا يمر تيار فى المقاومة 20 Ω لتساوى الجهد عند طرفيها ويصبح شكل الدائرة كما هو موضح :

$$\grave{R} = \frac{10}{2} + \frac{10}{2} = 10\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

(ب) $$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{30}{10} = 3\ A$$

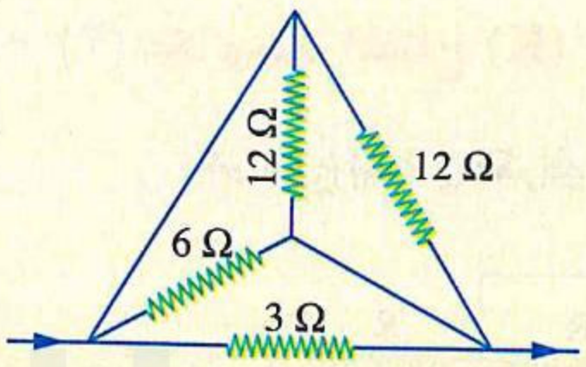
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مجاب عنها

8 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

اختبر نفسك

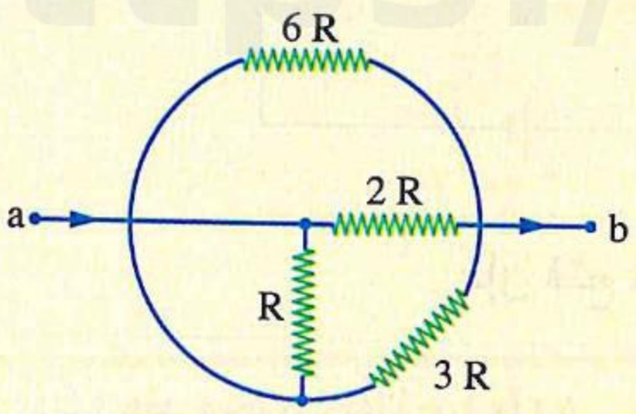
١ الشكل المقابل يوضح مجموعة مقاومات متصلة معًا، فإن المقاومة المكافئة لها تساوى .....



(أ) 0.75 Ω (ب) 1.5 Ω

(جـ) 3 Ω (د) 6 Ω

٢ الشكل المقابل يوضح جزء من دائرة كهربية، فتكون المقاومة المكافئة بين النقطتين a , b هى .....



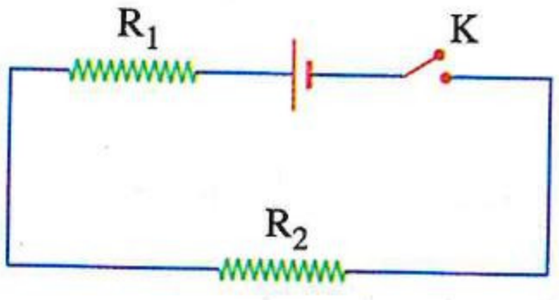
(أ) R (ب) 0.8 R

(جـ) 0.6 R (د) 0.4 R

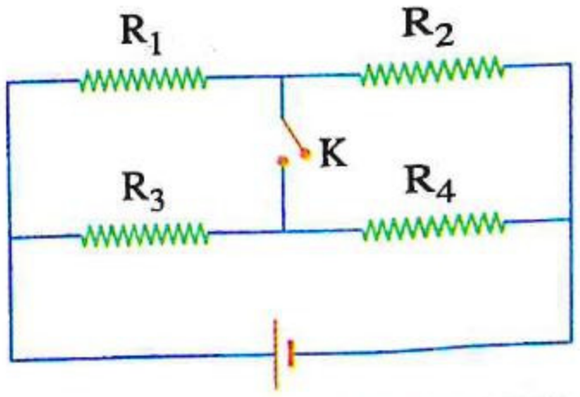
إرشـاد :

* عنـد وجـود مفتاح فى دائرة كهربية فإن فتح أو غلـق المفتاح يمكن أن يغير من المقاومة المكافئة للدائرة، وفيما يلى بعض الحالات لأثر المفتاح فى الدائرة الكهربية :

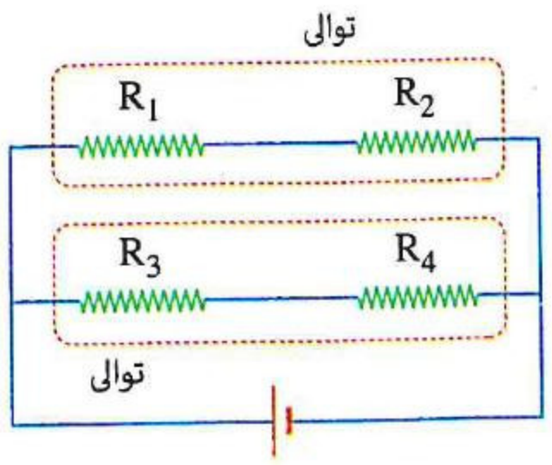
(١) عند وجود المفتاح (K) فى المسار الرئيسى للدائرة، فإن المفتاح فى هذه الحالة يتحكم فى مرور التيار أو عدم مروره فى الدائرة كلها.



(٢) فى الدائرة الكهربية المقابلة عندما يكون :



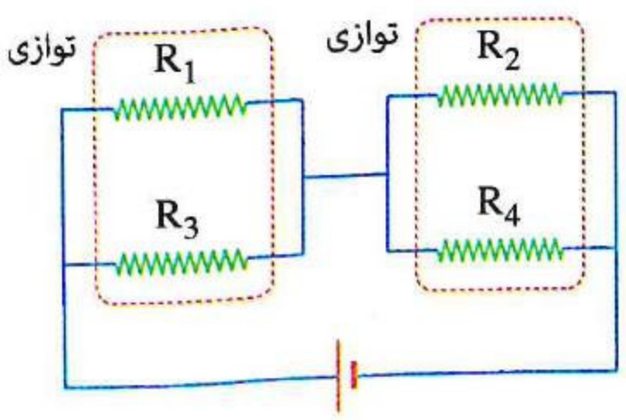
المفتاح (K) مفتوح



$$\grave{R} = \frac{(R_1 + R_2)\,(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

يمكن إعادة رسم الدائرة

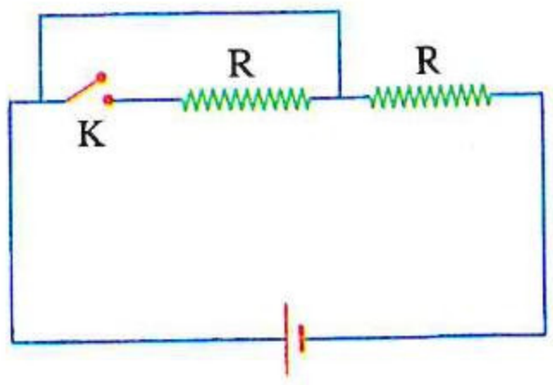
المفتاح (K) مغلق



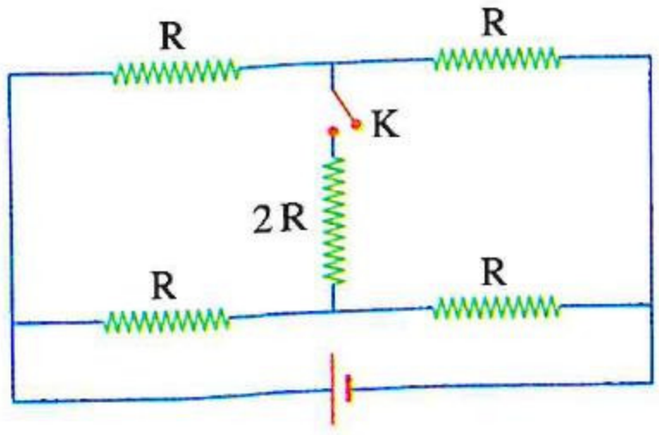
$$\grave{R} = \left(\frac{R_1\,R_3}{R_1 + R_3}\right) + \left(\frac{R_2\,R_4}{R_2 + R_4}\right)$$

(٣) عند وجود المفتاح (K) :

فى فرع يتصل طرفيه بسلك توصيل



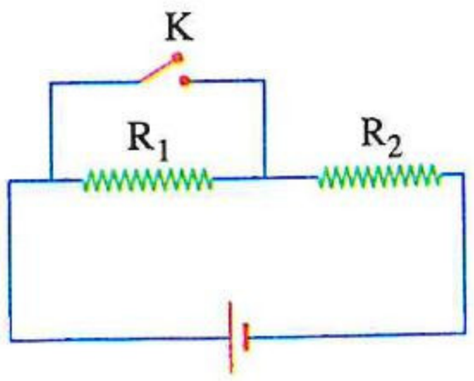
بين نقطتين لهما نفس الجهد الكهربى



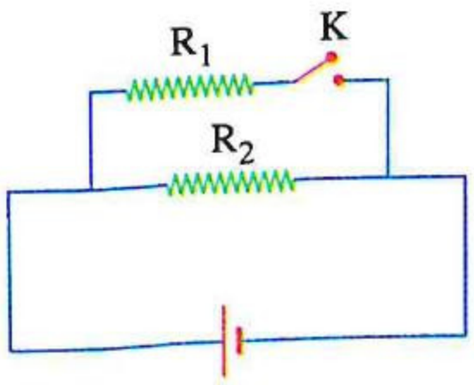
فإن فتح أو غلق المفتاح لا يؤثر على قيمة المقاومة المكافئة للدائرة

(٤) عند وجود المفتاح (K) فى مسار فرعى بحيث يتصل :

بسلك توصيل



بمقاومة



عندما يكون

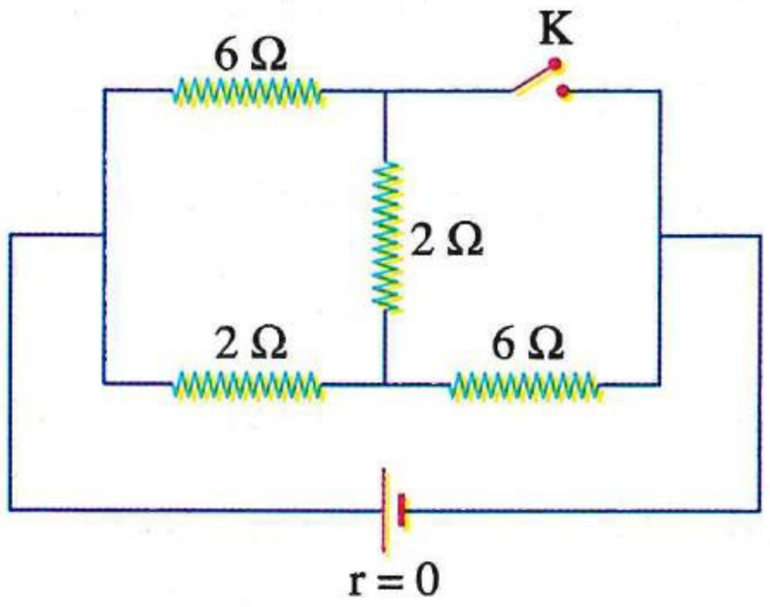
* **المفتاح (K) مفتوح** : يمر تيار فى المقاومة المتصل بين طرفيها سلك التوصيل (المقاومة R_1).
* **المفتاح (K) مغلق** : لا يمر بها تيار (تُلغى).

* **المفتاح (K) مفتوح** : لا يمر تيار فى الفرع الذى يحتوى على المفتاح (أى أن المقاومة R_1 تُلغى).
* **المفتاح (K) مغلق** : يمر التيار فى الفرعين.

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، المقاومة المكافئة للدائرة عندما يكون المفتاح (K) :



(أ) مفتوح هى .....

(أ) 1.6 Ω (ب) 3.8 Ω

(جـ) 7.6 Ω (د) 8.9 Ω

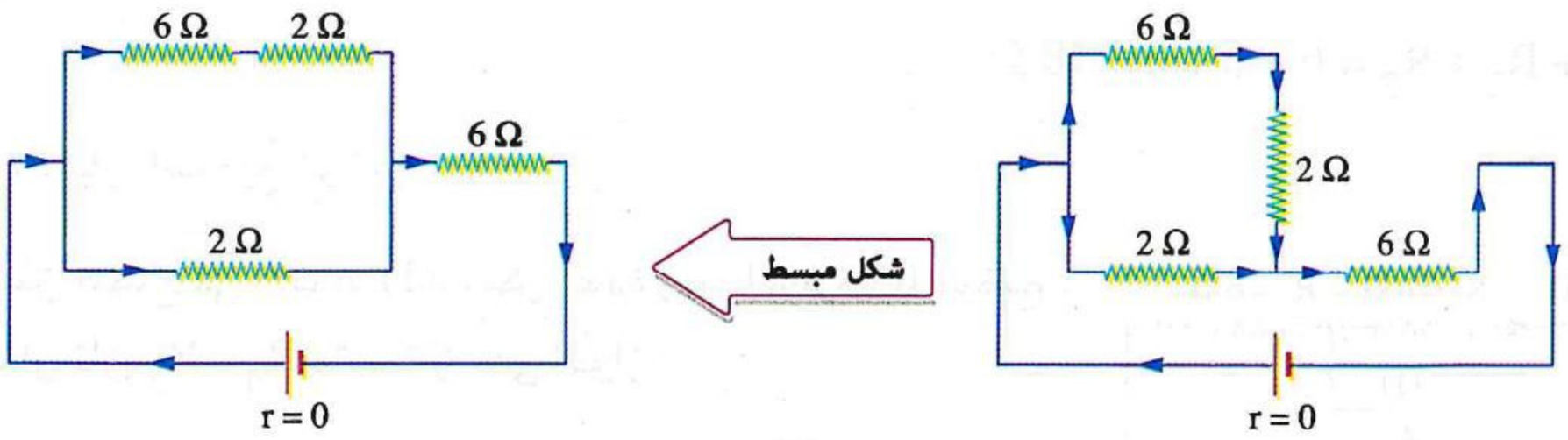
(ب) مغلق هى .....

(أ) 1.4 Ω (ب) 2.2 Ω

(جـ) 3.5 Ω (د) 5.3 Ω

الحـــل

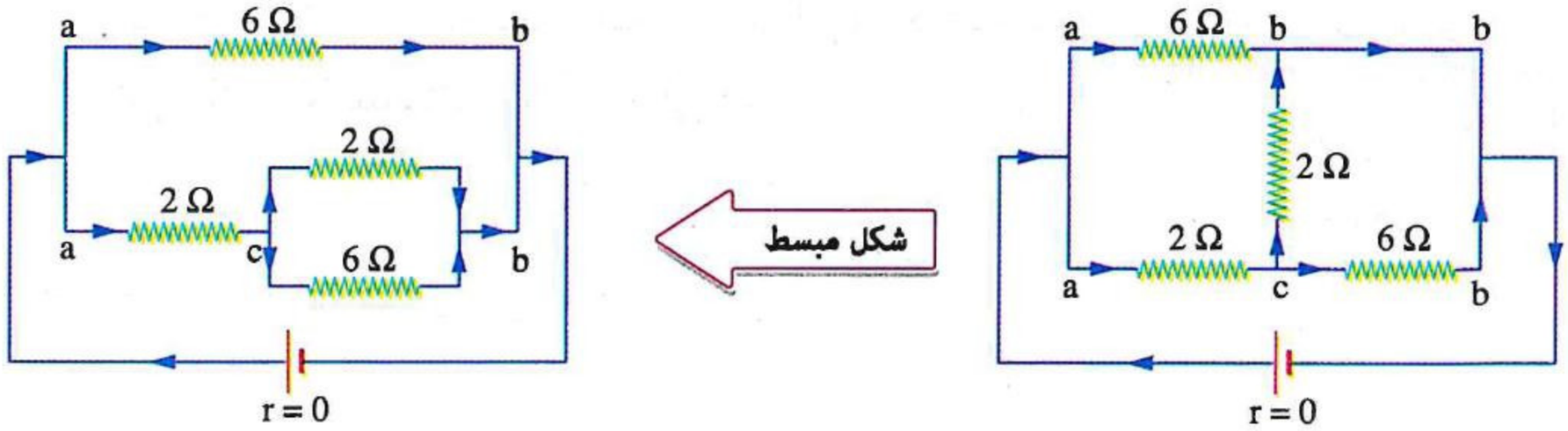
(أ) عندما يكون المفتاح (K) مفتوح، يمكن إعادة رسم الدائرة كالتالى :



$$R_{(\text{فرع علوى})} = 6 + 2 = 8\ \Omega \quad , \quad \grave{R} = \frac{8 \times 2}{8 + 2} + 6 = 7.6\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(ب) عندما يكون المفتاح (K) مغلق، يمكن إعادة رسم الدائرة كالتالى :

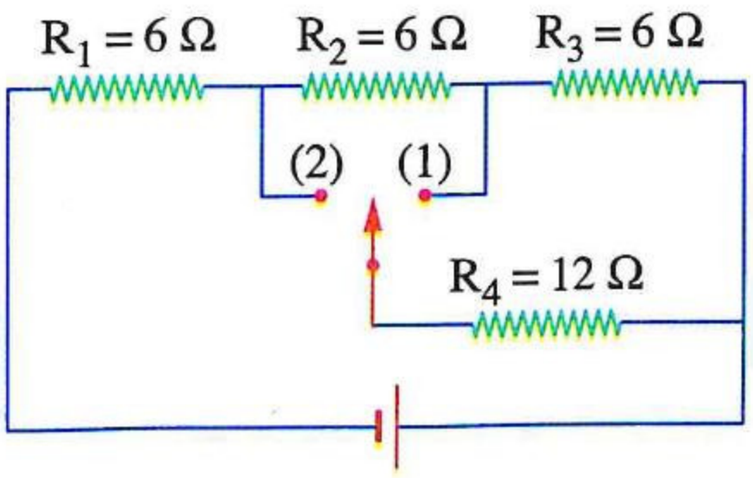


$$R_{(\text{فرع سفلى})} = \frac{2 \times 6}{2 + 6} + 2 = 3.5\ \Omega \quad , \quad \grave{R} = \frac{3.5 \times 6}{3.5 + 6} = 2.2\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢



اختر: الشـكل المقابل يوضح دائـرة كهربية تحتوى على مجموعة من المقاومات المتصلة معًا، فإن المقاومة المكافئة للدائرة فى حالة :

(أ) فتح المفتاح فى الاتجاهين تساوى .....

(أ) $12\ \Omega$ (ب) $14\ \Omega$

(جـ) $16\ \Omega$ (د) $18\ \Omega$

(ب) غلق المفتاح فى الاتجاه (1) تساوى .....

(أ) $12\ \Omega$ (ب) $14\ \Omega$ (جـ) $16\ \Omega$ (د) $18\ \Omega$

(جـ) غلق المفتاح فى الاتجاه (2) تساوى .....

(أ) $12\ \Omega$ (ب) $14\ \Omega$ (جـ) $16\ \Omega$ (د) $18\ \Omega$

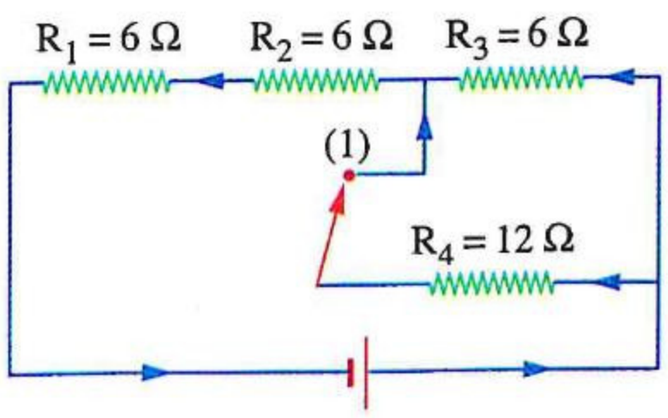
الحـــل

(أ) عنـد فتـح المفتـاح فـى الاتجاهـين، تكون المقاومـات R_1 ، R_2 ، R_3 متصلة معًـا على التوالـى ولا يمر تيار فى المقاومة R_4 :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 6 + 6 + 6 = \mathbf{18\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

(ب) عند غلق المفتاح فى الاتجاه (1)، يمكن إعادة رسم الدائرة كما موضح :



* المقاومتان R_3 ، R_4 متصلتان على التوازى :

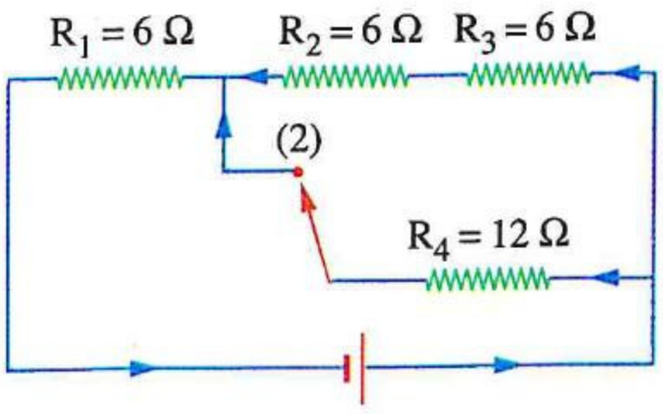
$$\grave{R}_1 = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومتان R_1 ، R_2 متصلة على التوالى :

$$R_t = 4 + 6 + 6 = \mathbf{16\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(جـ) عند غلق المفتاح فى الاتجاه (2)، يمكن إعادة رسم الدائرة كما موضح :



* المقاومتان R_2 ، R_3 متصلتان على التوالى :

$$\grave{R}_1 = 6 + 6 = 12\ \Omega$$

* $\grave{R}_1$ والمقاومة R_4 متصلتان على التوازى :

$$\grave{R}_2 = \frac{12}{2} = 6\ \Omega$$

* $\grave{R}_2$ والمقاومة R_1 متصلتان على التوالى :

$$R_t = 6 + 6 = \mathbf{12\ \Omega}$$

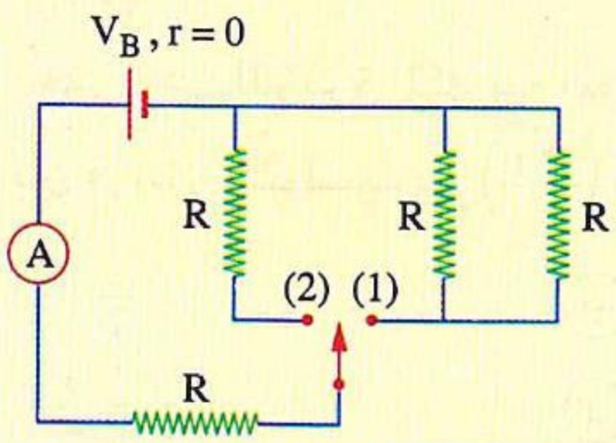
∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

مجاب عنها

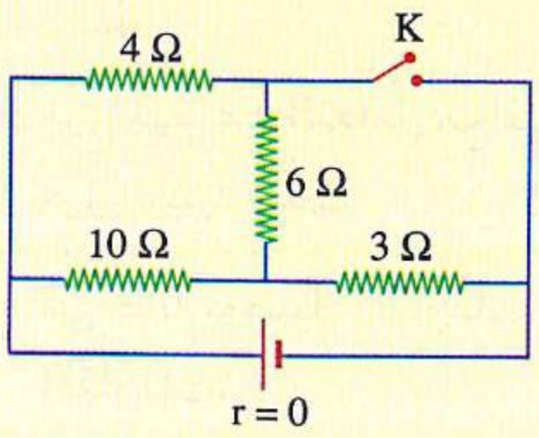
9 اختبر نفسك

١ اختر : فـى الدائـرة الكهربية المقابلة، النسـبة بـين قراءة الأميتر فى حالة توصيل المفتاح فى الوضع (1) وفى حالة توصيله فى الوضع (2) على الترتيب تساوى .....



أ) $\frac{1}{1}$ ب) $\frac{1}{2}$ جـ) $\frac{4}{3}$ د) $\frac{3}{4}$

٢ احسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربية المقابلة عندما يكون :



(١) المفتاح K مفتوح.

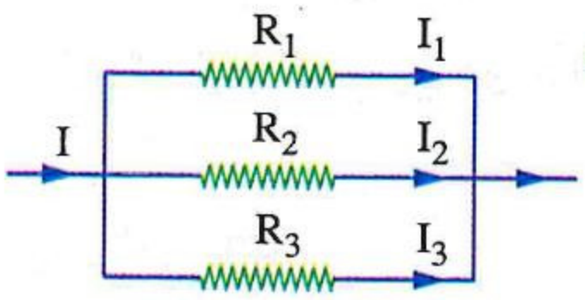
.....

(٢) المفتاح K مغلق.

.....

.....

إرشـاد :



* لحساب تيار أحد الأفرع لعدة مقاومات متصلة على التوازى نتبع الخطوات التالية :

(١) حساب المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات من العلاقة :

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

(٢) حساب فرق الجهد بين طرفى المقاومة المكافئة والذى يساوى فرق الجهد بين طرفى أى فرع كالتالى :

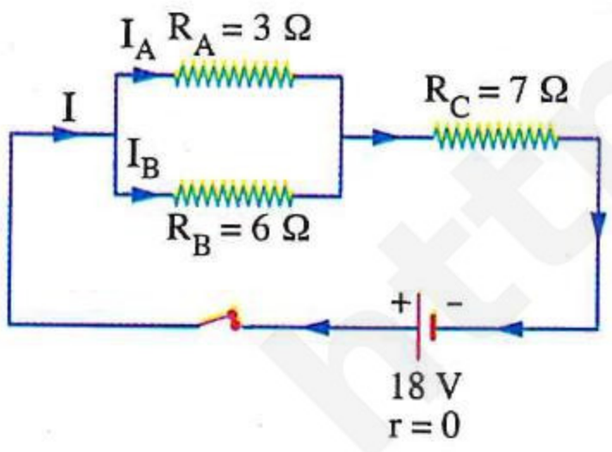
$$V = IR' \quad , \quad V = V_1 = V_2 = V_3$$

(حيث : (I) شدة التيار الكلى).

(٣) حساب تيار أى فرع باستخدام العلاقة :

$$I_{(فرع)} = \frac{V}{R_{(فرع)}} = \frac{IR'}{R_{(فرع)}}$$

مثـال ١



من الدائرة الكهربية المقابلة، **احسب :**

(أ) المقاومة الكلية.

(ب) شدة التيار الكلى المار فى الدائرة.

(جـ) شدة التيار المار فى كل من المقاومتين R_A ، R_B

الحـــل

$R_A = 3\ \Omega$ | $R_B = 6\ \Omega$ | $R_C = 7\ \Omega$ | $V_B = 18\ V$ | $R' = ?$ | $I = ?$ | $I_A = ?$ | $I_B = ?$

(أ) $R' = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} + R_C = \frac{3 \times 6}{3 + 6} + 7 = 2 + 7 = \mathbf{9\ \Omega}$

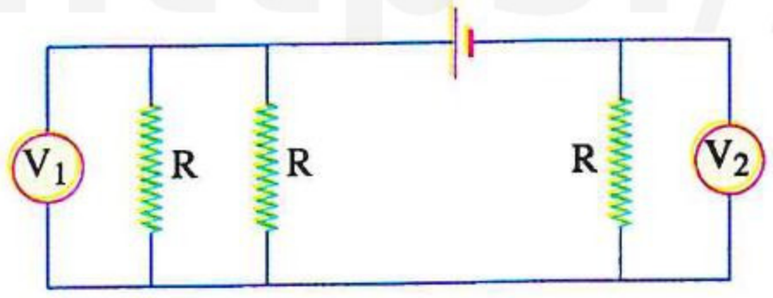
(ب) $I = \frac{V_B}{R'} = \frac{18}{9} = \mathbf{2\ A}$

(جـ) $R_{AB} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\ \Omega$, $V_{AB} = IR_{AB} = 2 \times 2 = 4\ V$

$I_A = \frac{V_{AB}}{R_A} = \frac{4}{3} = \mathbf{1.33\ A}$, $I_B = \frac{V_{AB}}{R_B} = \frac{4}{6} = \mathbf{0.67\ A}$

https://t.me/E5_G5

مثال ٢

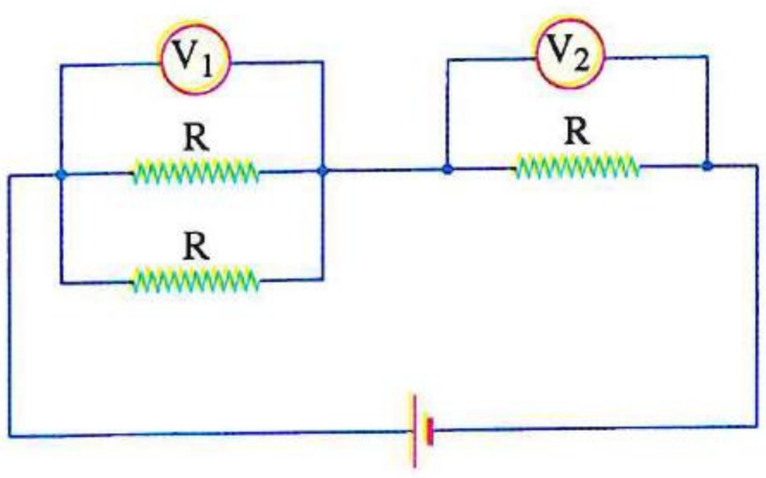


اختر : فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل، تكون النسبة بين قراءتى الڤولتميترين $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ هى .....

(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{2}{1}$

(جـ) $\frac{1}{2}$ (د) $\frac{1}{4}$

الحل



* من المهم عند التعامل مع فرق الجهد تحديد النقطتين المراد تعيين فرق الجهد بينهما.

* فى حالة توصيل المقاومات على التوالى يتوزع فرق الجهد بنسب المقاومات.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\grave{R}_1}{R} = \frac{0.5\,R}{R} = \frac{1}{2}$$

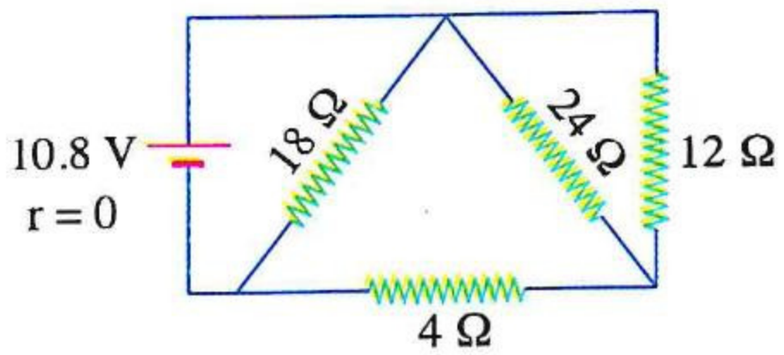
حيث : $\grave{R}_1$ هى المقاومة المكافئة المتصلة بين طرفى الڤولتميتر V_1

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

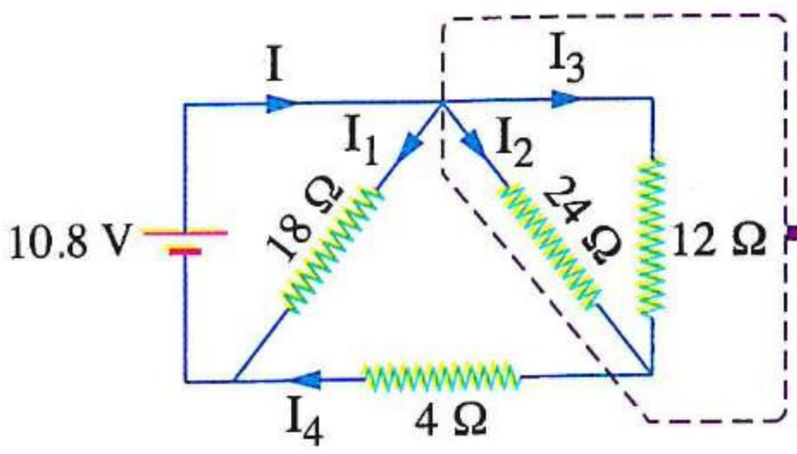
مثال ٣

فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل،

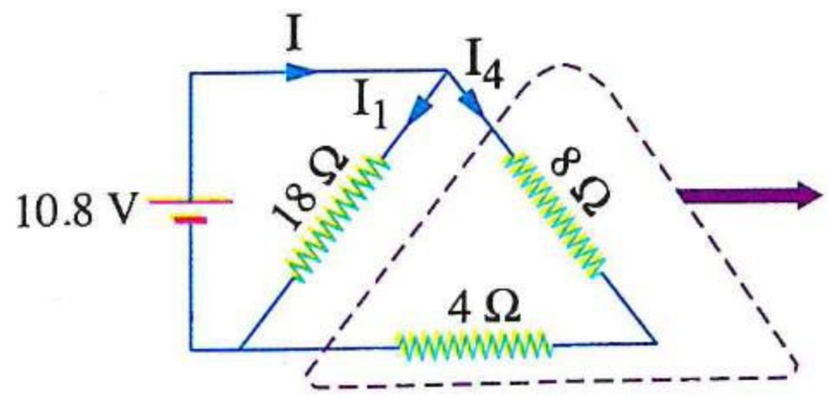
احسب شدة التيار المار فى كل مقاومة.



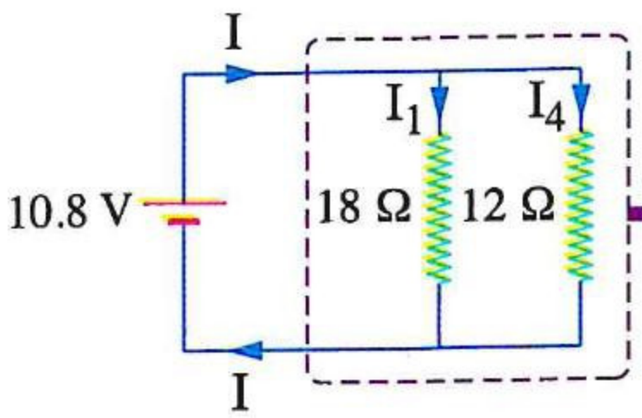
الحل



$$\grave{R}_1 = \frac{12 \times 24}{12 + 24} = 8\ \Omega$$



$$\grave{R}_2 = 8 + 4 = 12\ \Omega$$



$$\grave{R} = \frac{12 \times 18}{12 + 18} = 7.2\ \Omega$$

https://t.me/E5_G5

$$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{10.8}{7.2} = 1.5\ A$$

* شدة التيار المار فى المقاومة 18 Ω :

$$I_1 = \frac{V_B}{18} = \frac{10.8}{18} = \mathbf{0.6\ A}$$

* شدة التيار المار فى المقاومة 4 Ω :

$$I = I_1 + I_4$$
$$1.5 = 0.6 + I_4$$
$$I_4 = \mathbf{0.9\ A}$$

* فرق الجهد بين طرفى كل من المقاومتين 12 Ω، 24 Ω (V_3) :

$$V_3 = I_4 \grave{R}_1 = 0.9 \times 8 = 7.2\ V$$

* شدة التيار المار فى المقاومة 24 Ω :

$$I_2 = \frac{V_3}{24} = \frac{7.2}{24} = \mathbf{0.3\ A}$$

* شدة التيار المار فى المقاومة 12 Ω :

$$I_3 = \frac{V_3}{12} = \frac{7.2}{12} = \mathbf{0.6\ A}$$

حل آخر:

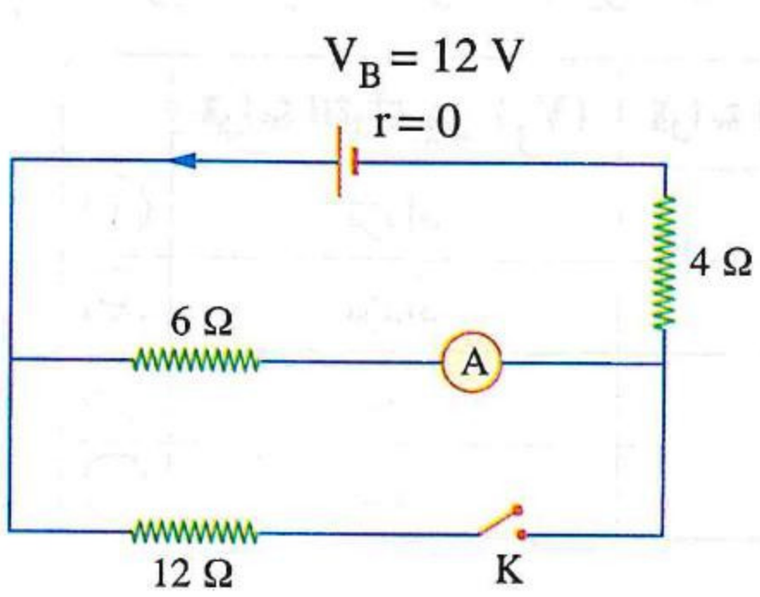
$$I_3 = I_4 - I_2 = 0.9 - 0.3 = \mathbf{0.6\ A}$$

مثال ٤

اختر: فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل، تكون النسبة بين قراءتى الأميتر قبل وبعد غلق المفتاح هى .....

(أ) $\frac{2}{3}$ (ب) $\frac{3}{2}$

(جـ) $\frac{5}{6}$ (د) $\frac{6}{5}$



الحل

* عند غلق أو فتح مفتاح بالدائرة، أعد توزيع التيار بدءًا من القطب الموجب للبطارية وانتهاءً بالقطب السالب لإدراك هل يقرأ الأميتر شدة التيار الكلى أم جزء منه.

* قراءة الأميتر (I_1) والمفتاح (K) مفتوح :

$$I_1 = \frac{V_B}{\grave{R}_1} = \frac{12}{6+4} = 1.2\ A$$

* قراءة الأميتر (I_2) والمفتاح (K) مغلق :

$$\grave{R}_2 = 4 + \frac{6 \times 12}{6+12} = 8\ \Omega$$

$$I_{(كلى)} = \frac{V_B}{\grave{R}_2} = \frac{12}{8} = 1.5\ A \quad , \quad I_{(كلى)} \times \frac{6 \times 12}{6+12} = I_2 \times 6 \quad , \quad I_2 = 1.5 \times \frac{4}{6} = 1\ A$$

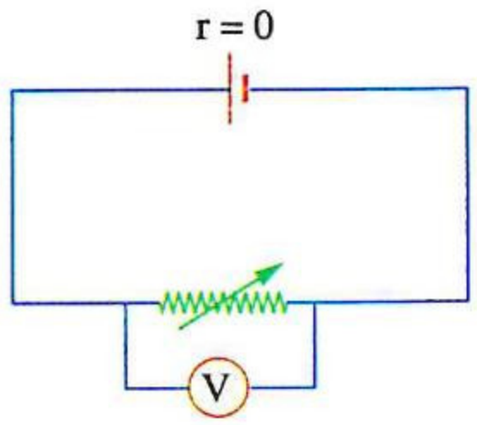
$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{6}{5}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

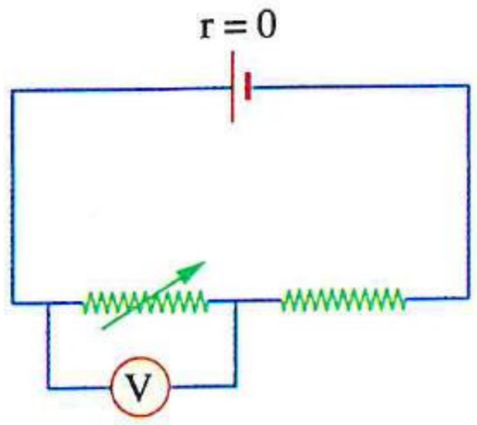
* عندما يتصل فولتميتر بطرفى مقاومة متغيرة، فإذا كانت :

المقاومة المتغيرة متصلة بين طرفى مصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية



لا تتغير قراءة الڤولتميتر **بتغيير** قيمة المقاومة المتغيرة وتكون قراءته دائمًا مسـاوية للقـوة الدافعة الكهربية للمصدر.

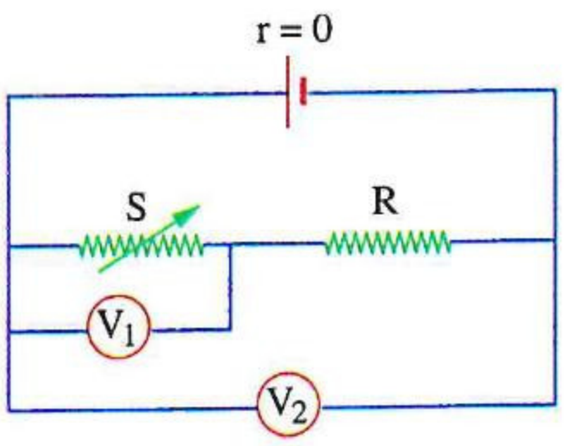
المقاومة المتغيرة جزءًا من مقاومات الدائرة



تزداد قراءة الڤولتميتر **بزيادة** قيمة المقاومة المتغيرة.

مثـال

اختر: ماذا يحدث لقراءة كل من الڤولتميترين V_1 ، V_2 عند زيادة قيمة المقاومة المتغيرة (S) ؟



	قراءة الڤولتميتر (V_1)	قراءة الڤولتميتر (V_2)
(أ)	تزداد	تقل
(ب)	تزداد	لا تتغير
(جـ)	تقل	تزداد
(د)	تقل	لا تتغير

الحـــل

بزيادة قيمة المقاومة المتغيرة (S)

← تزداد المقاومة الكلية للدائرة (R)

← فتقل شدة التيار (I) المار فى الدائرة وذلك تبعًا للعلاقة $I = \frac{V}{R}$

- فيقل فرق الجهد بين طرفى المقاومة (R)
- فيزداد فرق الجهد بين طرفى المقاومة (S)

أى : – **تزداد** قراءة الڤولتميتر (V_1) حيث ($V_B = V_1 + V_R$).

– **لا تتغير** قراءة الڤولتميتر (V_2) حيث إنه متصل بين طرفى مصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية.

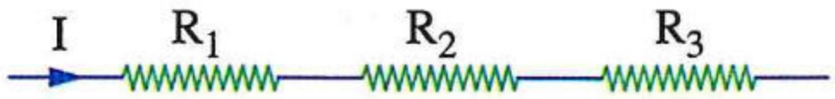
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

هنـاك أربـع طـرق لتوصيـل ثـلاث مقاومـات

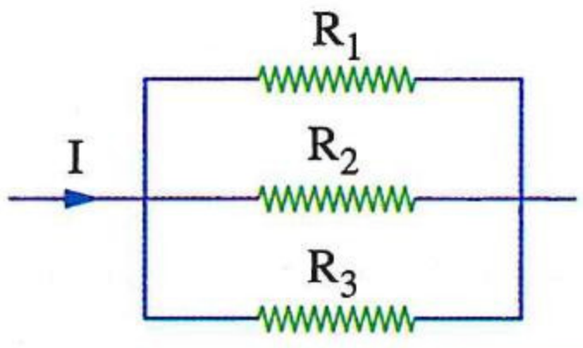
١



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

$I = I_1 = I_2 = I_3$ ، $V = V_1 + V_2 + V_3$

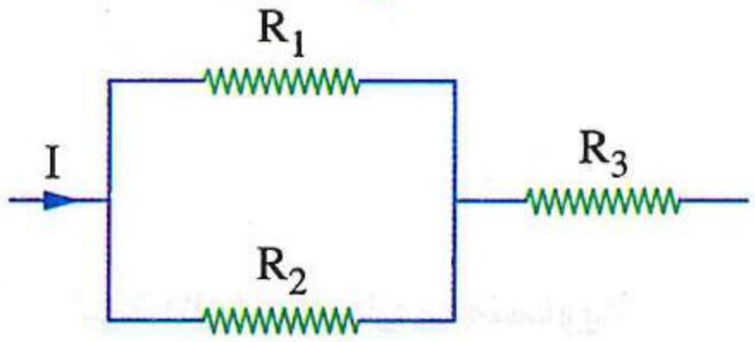
٢



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

$I = I_1 + I_2 + I_3$ ، $V_1 = V_2 = V_3$

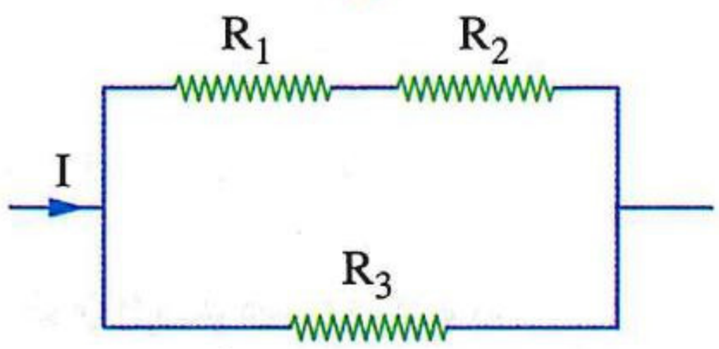
٣



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

$I_3 = I_1 + I_2$ ، $V_1 = V_2$

٤



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

$I_1 = I_2$ ، $V_1 + V_2 = V_3$

مثـال

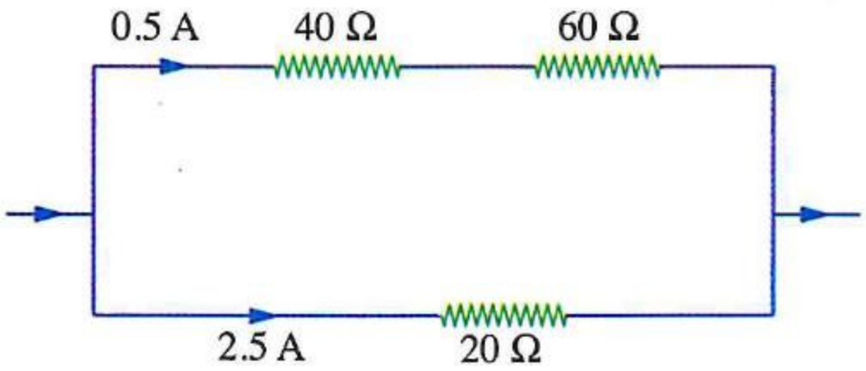
ثلاث مقاومات 20 ، 40 ، 60 أوم متصلة بمصدر تيار كهربى فإذا كان فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة هو 50 ، 20 ، 30 فولت على الترتيب، **بيِّن** بالرسم كيفية توصيل هذه المقاومات، **ثم احسب** المقاومة الكلية للشكل.

الحـــل

$R_1 = 20\ \Omega$ | $R_2 = 40\ \Omega$ | $R_3 = 60\ \Omega$ | $V_1 = 50\ V$ | $V_2 = 20\ V$ | $V_3 = 30\ V$ | $\grave{R} = ?$

$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{50}{20} = 2.5\ A$ ، $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{20}{40} = 0.5\ A$ ، $I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{30}{60} = 0.5\ A$

$\because I_2 = I_3$ ، $\because V_1 = V_2 + V_3$



∴ المقاومتان 40 Ω ، 60 Ω متصلتان على التوالى والمقاومة 20 Ω متصلة معهما على التوازى كما موضح بالشكل :

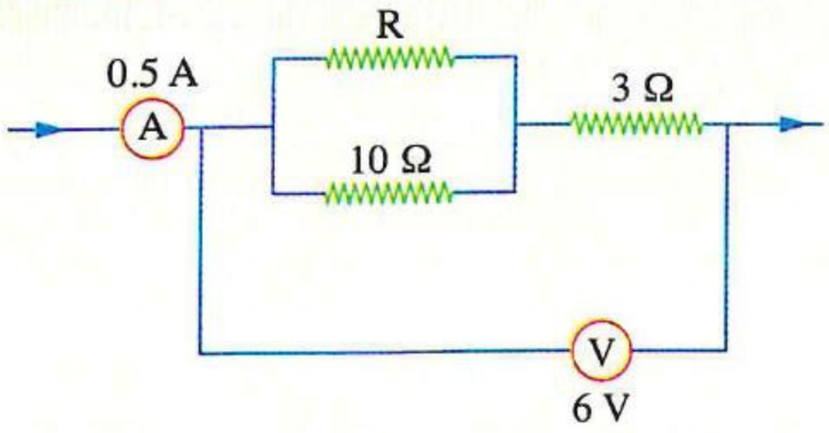
$$\grave{R} = \frac{(40 + 60) \times 20}{40 + 60 + 20} = 16.67\ \Omega$$

https://t.me/E5_G5

10 اختبر نفسك

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

مجاب عنها

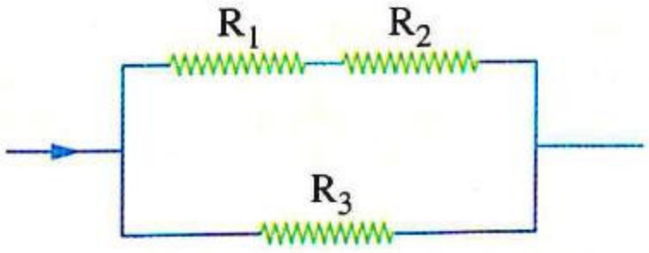


فى الشكل المقابل، قيمة المقاومة (R) تساوى .....

(أ) 9 Ω　　(ب) 10 Ω

(جـ) 12 Ω　　(د) 90 Ω

٢ الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربية، فإن التيارات المارة فى المقاومات الثلاثة تتساوى شدتها إذا كانت .....

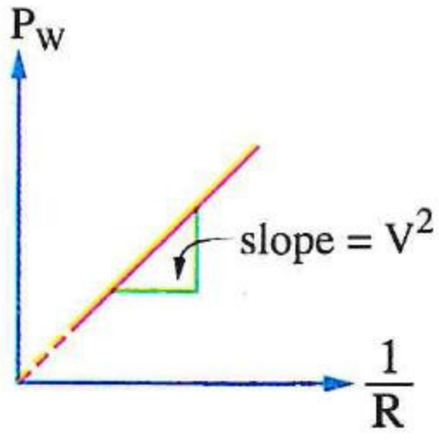
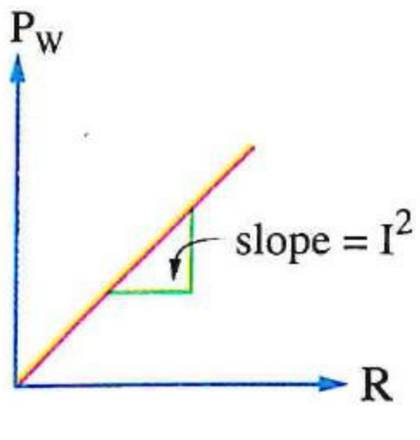


(أ) $R_1 = R_2 = R_3$　　(ب) $R_1 + R_2 = R_3$

(جـ) $R_1 = R_2 + R_3$　　(د) $R_2 = R_1 + R_3$

إرشاد :

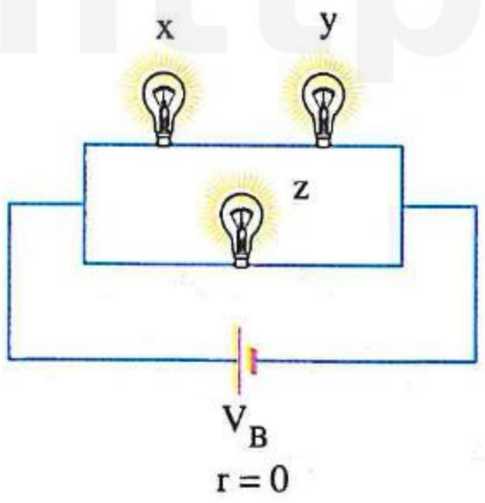
* للمقارنة بين القدرة المستهلكة فى مقاومتين إذا كان :

فرق الجهد عبرهما متساوى أو المقاومتان متصلتان على التوازى	شدة التيار المار فيهما متساوية أو المقاومتان متصلتان على التوالى
نستخدم العلاقة	
$P_w = \frac{V^2}{R}$　　$\therefore P_w \propto \frac{1}{R}$	$P_w = I^2R$　　$\therefore P_w \propto R$
$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_2}{R_1}$	$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_1}{R_2}$
$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$	
$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{(\rho_e)_2 \ell_2 A_1}{(\rho_e)_1 \ell_1 A_2}$	$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 A_2}{(\rho_e)_2 \ell_2 A_1}$
مما سبق نستنتج أن	
عند تساوى فروق الجهد عبر عدة مقاومات، تتناسب القدرة المستهلكة فى كل منها عكسيًا مع قيمة المقاومة	عند تساوى شدة التيار المار فى عدة مقاومات، تتناسب القدرة المستهلكة فى كل منها طرديًا مع قيمة المقاومة
	

https://t.me/F5GS

https://t.me/E5_G5

مثال ١



اختر: فى الدائرة الكهربية المقابلة ثلاثة مصابيح متماثلة x ، y ، z متصلة معًا وبمصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية، فإن النسبة بين القدرة المستهلكة فى المصابيح الثلاثة $(P_w)_z : (P_w)_y : (P_w)_x$ تساوى .....

(أ) 1 : 4 : 1 (ب) 1 : 2 : 4

(جـ) 1 : 4 : 2 (د) 1 : 1 : 4

الحل

* نفرض أن مقاومة كل مصباح R
* المصباحان x ، y متصلان على التوالى :

$\therefore V_x = V_y = \frac{V_B}{2}$ $\quad \because R_x = R_y = R$ $\quad \therefore V_x + V_y = V_B$

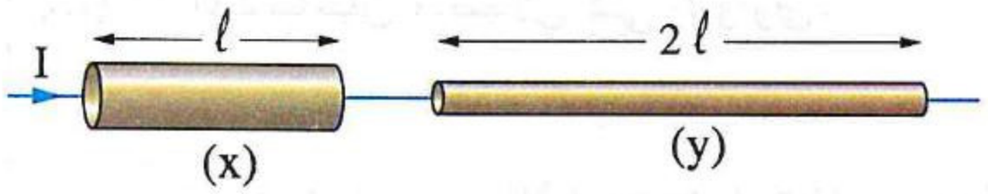
* المصباح z متصل على التوازى مع المصباحان x ، y :

$V_z = V_B$ $\quad \because P_w = \frac{V^2}{R}$

$\therefore (P_w)_x : (P_w)_y : (P_w)_z = \frac{V_B^2}{4R} : \frac{V_B^2}{4R} : \frac{V_B^2}{R} = 1 : 1 : 4$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثال ٢



اختر: موصلان (x)، (y) من النحاس طولهما ℓ ، 2ℓ ومساحة مقطعيهما A ، $\frac{1}{2}$A على الترتيب متصلين على التوالى ويمر بهما تيار كهربى شدته I كما بالشكل المقابل، فإن النسبة بين قيمتى القدرة المستهلكة فيهما $\left(\frac{(P_w)_x}{(P_w)_y}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{1}{2}$ (جـ) $\frac{1}{4}$ (د) $\frac{4}{1}$

الحل

∵ الموصلين x ، y متصلين على التوالى.

$\therefore I_x = I_y = I$

$\because P_w = I^2R$ $\quad \therefore P_w \propto R$

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$

$\therefore R \propto \frac{\ell}{A}$, $P_w \propto \frac{\ell}{A}$

$\therefore \frac{(P_w)_x}{(P_w)_y} = \frac{\ell_x A_y}{\ell_y A_x} = \frac{\ell \times \frac{1}{2} A}{2\ell \times A} = \frac{1}{4}$

∵ الموصلين x ، y من النحاس.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

إرشاد :

* عند مرور تيار كهربى فى فتيلة مصباح كهربى فإنها تتوهج، وتتوقف شدة إضاءة المصباح على القدرة الكهربية المستهلكة فيه.
* إذا احتوت دائرة كهربية على مصباح كهربى مضىء وتم إحداث تغيير فى الدائرة بحيث :

زاد فرق الجهد بين طرفى المصباح وبالتالى زادت شدة التيار المار به	قل فرق الجهد بين طرفى المصباح وبالتالى قلت شدة التيار المار به	انعدم فرق الجهد بين طرفى المصباح وبالتالى انعدم التيار المار به	لم يتغير فرق الجهد بين طرفى المصباح أو شدة التيار المار به
↓	↓	↓	↓
تزداد إضاءة المصباح	تقل إضاءة المصباح	تنعدم إضاءة المصباح (ينطفئ المصباح)	لا تتغير إضاءة المصباح

مثال ١

مصباحان مقاومتهما R_1 ، R_2، وُصلا معًا فى دائرة كهربية مغلقة وكان $R_2 < R_1$، **أيهما يكون أكثر إضاءة إذا كان المصباحان متصلين :** (أ) على التوالى. (ب) على التوازى.

الحل

(أ) ∵ المصباحان متصلان على التوالى.

$$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$\because R_1 > R_2$ $\quad \therefore (P_w)_1 > (P_w)_2$

∴ إضاءة المصباح الأول > إضاءة المصباح الثانى.

(ب) ∵ المصباحان متصلان على التوازى.

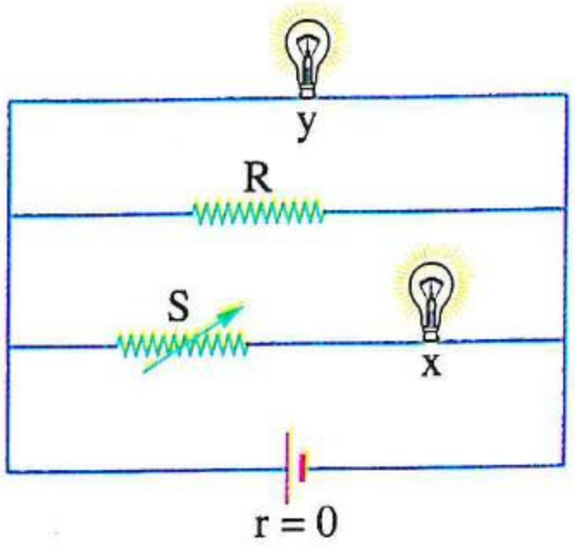
$$\therefore \frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$\because R_1 > R_2$ $\quad \therefore (P_w)_1 < (P_w)_2$

∴ إضاءة المصباح الأول < إضاءة المصباح الثانى.

مثال ٢

اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، ماذا يحدث لإضاءة المصباحين x ، y على الترتيب عند زيادة قيمة المقاومة المتغيرة (S) ؟



(أ) تزداد، تقل (ب) تزداد، لا تتغير

(جـ) تقل، تزداد (د) تقل، لا تتغير

الحل

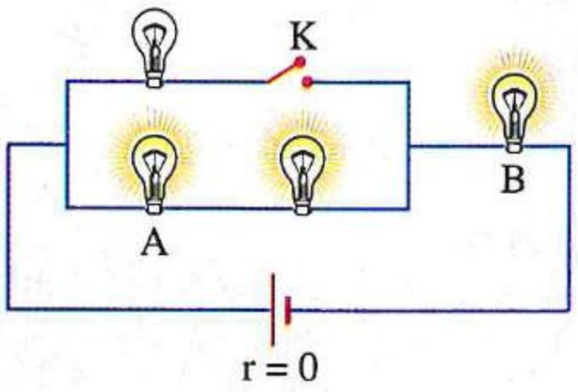
* عند زيادة قيمة المقاومة المتغيرة (S)، فإن :

مقاومة الفرع الذى يحتوى المقاومة المتغيرة (S) تزداد بينما فرق الجهد عبر الفرع يظل ثابت ← تقل شدة التيار المار فى هذا الفرع ← تقل القدرة الكهربية المستهلكة فى المصباح (x)، حيث $(P_w = I^2R)$ ← تقل إضاءة المصباح (x)

* المصباح (y) متصل بين طرفى مصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية فلا يتغير فرق الجهد بين طرفيه بزيادة قيمة المقاومة المتغيرة (S)، **فلا تتغير** إضاءة المصباح (y).

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٣



فى الدائرة الكهربية المقابلة أربعة مصابيح متماثلة،
مـا التغير الحادث لشـدة إضاءة كل من المصباحين
A، B عند غلق المفتاح K ؟

الحـــل

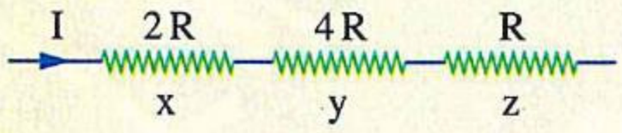
* عنـد غلـق المفتـاح K تقل المقاومة الكلية للدائرة فتزداد شـدة التيار المار فى الدائرة أى تزداد شـدة التيار المار فى المصباح B، وتبعًا للعلاقة $(P_w = I^2R)$ فإن القدرة المستهلكة فى المصباح B تزداد فتزداد شدة إضاءته.
* بزيادة التيار المار فى المصباح B يزداد فرق الجهد بين طرفيه، ونظرًا لأن فرق الجهد بين طرفى المصدر يسـاوى مجمـوع فـروق الجهـد بين طرفـى المصباح B وبين طرفـى مجموعة المصابيـح المتصلة معه فإن فـرق الجهد بين طرفى المصباح A يقل وتبعًا للعلاقة $\left(P_w = \frac{V^2}{R}\right)$ فإن القدرة المستهلكة فى المصباح A تقل فتقل شدة إضاءته.

مجاب عنها

11 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

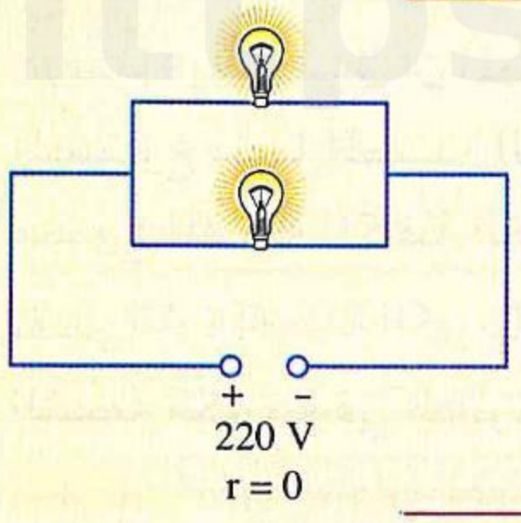
اختبر نفسك

١ الشكل المقابل يوضح ثلاث مقاومات x ، y ، z متصلة معًا على التوالى، فإن النسـبة بين القدرة الكهربية المسـتهلكة فى الثلاث مقاومات $((P_w)_x : (P_w)_y : (P_w)_z)$ هى .....



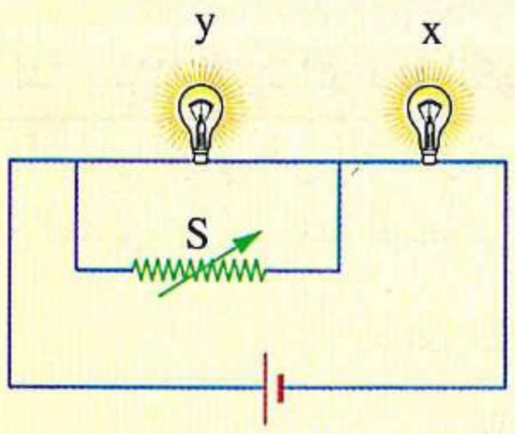
(أ) 4 : 2 : 1 (ب) 2 : 3 : 1 (جـ) 2 : 4 : 1 (د) 2 : 3 : 4

٢ فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل مصباحان كهربيان عند توصيلهما علـى التـوازى مع مصدر جهد مسـتمر قوته الدافعـة الكهربية 220 V كانت قدرتهما 40 W ، 80 W، فتكون المقاومة الكلية للدائرة .....



(أ) 364.2 Ω (ب) 380.5 Ω
(جـ) 403.3 Ω (د) 502.6 Ω

٣ فى الدائرة الكهربيـة المقابلـة، مـاذا يحـدث لإضـاءة المصباحين x، y عند زيادة قيمة المقاومة المتغيرة S ؟



	إضاءة المصباح x	إضاءة المصباح y
(أ)	تزداد	تزداد
(ب)	تزداد	تقل
(جـ)	تقل	تزداد
(د)	تقل	تقل

الفصل 1

الـدرس الثالث

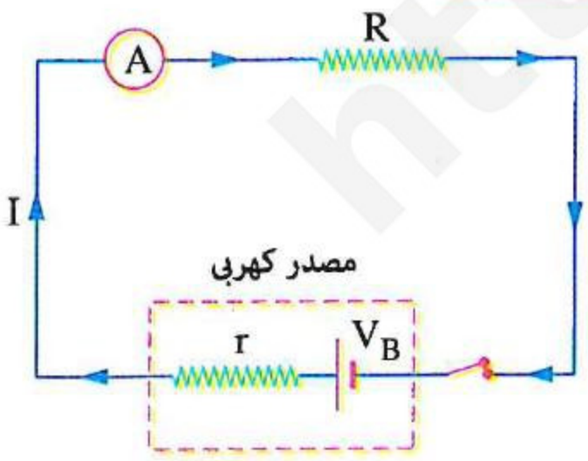
قانون أوم للدائرة المغلقة



* **درسنا فيما سبق أن** المصدر الكهربى (البطارية) هو مصدر الجهد فى الدائرة الكهربية، وبسبب مقاومة المواد المصنوع منها المصدر الكهربى يكون لكل مصدر كهربى مقاومة داخلية وبذلك تصبح المقاومة الكلية للدائرة هى مجموع المقاومة المكافئة الخارجية المتصلة بالدائرة والمقاومة الداخلية للمصدر الكهربى.
* تقدر **القوة الدافعة الكهربية** (V_B) لمصدر كهربى بالشغل الكلى المبذول خارج وداخل المصدر الكهربى لنقل وحدة الشحنة الكهربية فى الدائرة كلها (داخل المصدر وخارجه)،

أى أن القوة الدافعة الكهربية للمصدر = فرق الجهد الخارجى + فرق الجهد الداخلى

* إذا رمزنا للقوة الدافعة الكهربية للمصدر الكهربى (البطارية) بالرمز (V_B) وشدة التيار الكلى فى الدائرة بالرمز (I) وللمقاومة الخارجية (المكافئة) بالرمز (R) وللمقاومة الداخلية للمصدر بالرمز (r) كما بالشكل، فإن :



$$V_B = V_{(\text{خارج المصدر})} + V_{(\text{داخل المصدر})}$$

$$V_B = IR + Ir$$

- V_B: القوة الدافعة الكهربية
- IR: فرق الجهد عبر المقاومة الخارجية
- Ir: فرق الجهد عبر المقاومة الداخلية

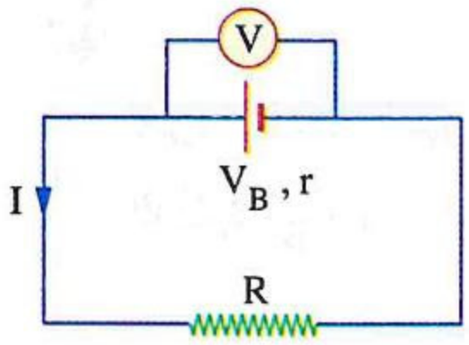
$$\therefore V_B = I(R + r) \qquad \therefore \boxed{I = \frac{V_B}{R + r}}$$

وتعرف هذه العلاقة بقانون أوم للدائرة المغلقة.

https://t.me/EEGS

من قانون أوم للدائرة المغلقة يتضح أن :

فـرق الجهد (V) بين طرفى مصدر كهربى فـى الدائرة الكهربية المقابلة، يمكن حسابه كالتالى :



$$\because V_B = I(R + r)$$

$$\therefore V_B = IR + Ir = V + Ir \qquad \therefore V = V_B - Ir$$

(صيغة هامة مشتقة من قانون أوم للدائرة المغلقة).

مما سبق يتضح أن فرق الجهد (V) بين طرفى المصدر الكهربى أقل من القوة الدافعة الكهربية (V_B) للمصدر.

لأن المقاومة الداخلية للمصدر تستهلك شغلًا لكى يمر التيار الكهربى داخل المصدر تبعًا للعلاقة ($V = V_B - Ir$) وبذلك يكون ($V < V_B$).

حيث (V) فرق الجهد بين طرفى المقاومة المكافئة (الخارجية) أو فرق الجهد بين طرفى المصدر عند مرور تيار كهربى فى الدائرة الكهربية.

فرق الجهد بين قطبى المصدر (V) يصبح :

(١) **مساوى تقريبًا** للقوة الدافعة الكهربية له (V_B)،

عندما تصبح شدة التيار أو المقاومة الداخلية للمصدر صغيرة جدًا لدرجة يمكن معها إهمال المقدار (Ir).

(٢) **مساوى** للقوة الدافعة الكهربية له (V_B)،

عندما تكون الدائرة الكهربية مفتوحة، ولا يمر تيار كهربى خلال المصدر الكهربى.

* مما سبق يمكن تعريف القوة الدافعة الكهربية لمصدر كما يلى :

القوة الدافعة الكهربية لمصدر (V_B)

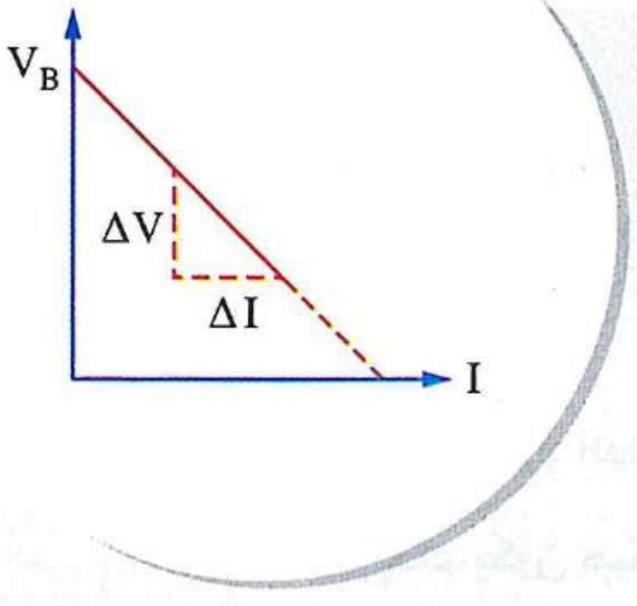
مقدار الشغل الكلى المبذول لنقل كمية من الكهربية مقدارها واحد كولوم (وحدة الشحنات الكهربية) خارج وداخل المصدر فى الدائرة الكهربية.

أو

فرق الجهد بين قطبى المصدر فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى الدائرة (المفتاح مفتوح).

تقاس القوة الدافعة الكهربية لمصدر بوحدة **الفولت** V

* التمثيل البيانى للعلاقة بين فرق الجهد بين قطبى مصدر كهربى وشدة التيار المار فى الدائرة الكهربية أو خلال المصدر الكهربى :



$$V = V_B - Ir$$

I : المتغير (x)

−r : ميل الخط المستقيم

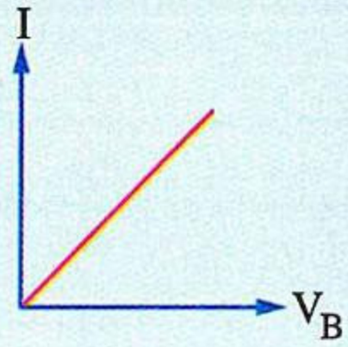
V_B : الجزء المقطوع من المحور (y)

V : المتغير (y)

$$\therefore \text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = -r$$

العوامل المؤثرة على شدة التيار المار بدائرة كهربية

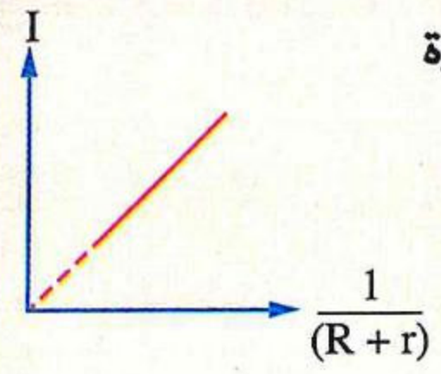
١ القوة الدافعة الكهربية بالدائرة (V_B) :



تتناسب شدة التيار المار بالدائرة تناسبًا **طرديًا** مع القوة الدافعة الكهربية بالدائرة.

$$slope = \frac{\Delta I}{\Delta V_B} = \frac{1}{R + r}$$

٢ المقاومة الكلية بالدائرة (R + r) :



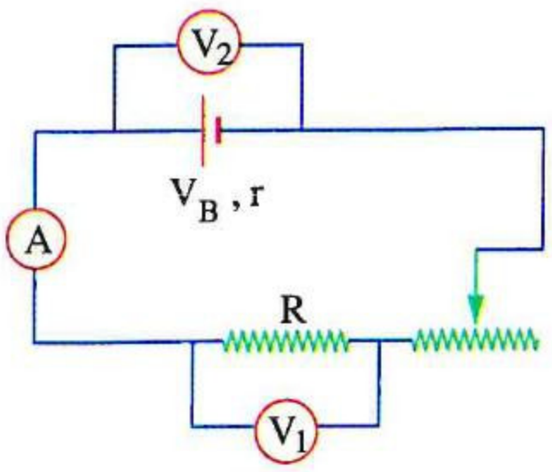
تتناسب شدة التيار المار بالدائرة تناسبًا **عكسيًا** مع المقاومة الكلية بالدائرة.

$$slope = \frac{\Delta I}{\Delta \left(\frac{1}{R + r}\right)} = V_B$$

$$I = \frac{V_B}{(R + r)}$$

ملاحظة

*** فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل، عند زيادة قيمة المقاومة المأخوذة من الريوستات :**



(١) تزداد المقاومة الكلية للدائرة $(R + r)$ فتقل شدة التيار المار فى الدائرة (I) تبعًا للعلاقة $\left(I = \frac{V_B}{R + r}\right)$.

(٢) يقل فرق الجهد (V_1) بين طرفى المقاومة الثابتة R نظرًا لنقص شدة التيار المار فيها وثبوت قيمة R طبقًا للعلاقة $(V_1 = IR)$.

(٣) فإن فرق الجهد (V_2) بين قطبى المصدر الكهربى :

لا يتغير — **يزداد**

إذا كانت المقاومة الداخلية للمصدر

مهملة $(r = 0)$	غير مهملة $(r \neq 0)$
ويرجع ذلك إلى	
إهمال فرق الجهد الداخلى (Ir) (يكاد يكون صفر)	نقص شدة التيار المار فى الدائرة فيقل فرق الجهد الداخلى (Ir) مع ثبوت القوة الدافعة الكهربية للمصدر الكهربى حيث $(V = V_B - Ir)$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GS

مثـال ١

اختر: عمـود كهربـى قوتـه الدافعـة الكهربية 2 V ومقاومتـه الداخليـة 0.1 Ω وصل فى دائرة كهربيـة مقاومتها الخارجية 3.9 Ω ، فإن شدة التيار الكلى فى الدائرة تساوى .....

(أ) 0.5 A (ب) 1 A (جـ) 2 A (د) 4 A

الحـــل

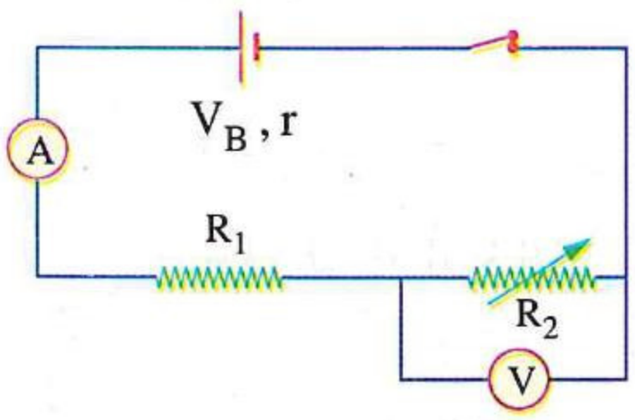
$V_B = 2\ V$ | $r = 0.1\ \Omega$ | $R = 3.9\ \Omega$ | **I = ?**

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{2}{3.9 + 0.1} = \mathbf{0.5\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٢

فـى الدائـرة الكهربيـة المقابلـة، مـاذا يحدث لقراءة الڤولتميتر (V) عند تقليل قيمة المقاومة المتغيرة (R_2) ؟



الحـــل

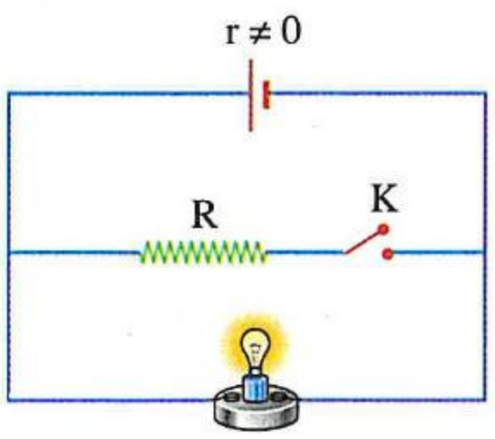
* عنـد تقليـل المقاومـة المتغيـرة R_2 تقـل المقاومـة المكافئـة للدائـرة ($\grave{R}$) فتـزداد شـدة التيـار المار بالدائـرة (I) تبعًا للعلاقة ($I = \frac{V_B}{\grave{R} + r}$) فيقل فرق الجهد بين طرفى المصدر الكهربى تبعًا للعلاقة ($V_{(مصدر)} = V_B - Ir$) ويزداد فرق الجهد بين طرفى المقاومة الثابتة (R_1) تبعًا للعلاقة ($V_R = IR$).

∵ $V_{(مصدر)} = V_{R_1} + V_{R_2}$

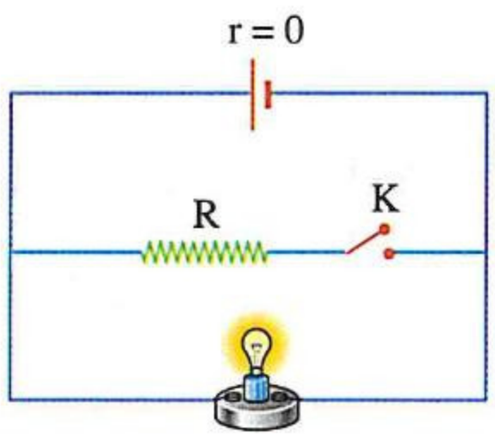
∴ يقل فرق الجهد بين طرفى المقاومة المتغيرة (R_2) أى **تقل قراءة الڤولتميتر.**

مثـال ٣

اختر: مقاومـة (R) ومصباح كهربى ومفتـاح (K) تم توصيلهم مرة بمصدر كهربى مقاومته الداخلية مهملة، ومرة أخرى بمصدر مقاومته الداخلية غير مهملة كما بالدائرتين الكهربيتين (1)، (2)،



الدائرة (1)



الدائرة (2)

ماذا يحدث لشدة إضاءة المصباح فى الدائرتين (1) ، (2) على الترتيب عند غلق المفتاح (K) ؟

(أ) تقل، تظل ثابتة (ب) تقل، تقل (جـ) تظل ثابتة، تقل (د) تظل ثابتة، تظل ثابتة

الحـــل

* فى الدائرة (1) :

عند غلق المفتاح (K)،

تقل المقاومة الكلية (R) للدائرة ← تزداد شدة التيار (I) المار بالدائرة تبعًا للعلاقة $(I = \frac{V_B}{R + r})$ ← يزداد فرق الجهد الداخلى (Ir) ← يقل فرق الجهد بين طرفى المصدر الكهربى تبعًا للعلاقة $(V = V_B - Ir)$ ← يقل فرق الجهد بين طرفى المصباح الكهربى ← تقل شدة إضاءة المصباح الكهربى تبعًا للعلاقة $(P_w = \frac{V^2}{R})$

* فى الدائرة (2) :

المصباح متصل بين طرفى مصدر كهربى مقاومته الداخلية مهملة، فلا يتغير فرق الجهد بين طرفيه عند غلق المفتاح (K) وبالتالى تظل شدة إضاءته ثابتة تبعًا للعلاقة $(P_w = \frac{V^2}{R})$.

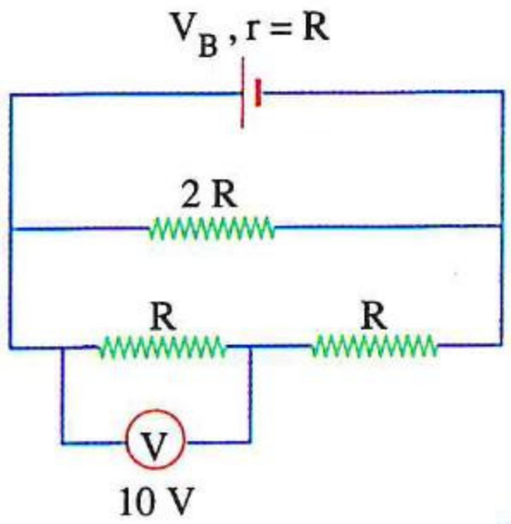
∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

12 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) فى الدائرة الكهربية الموضحة، تكون قيمة V_B هى .....

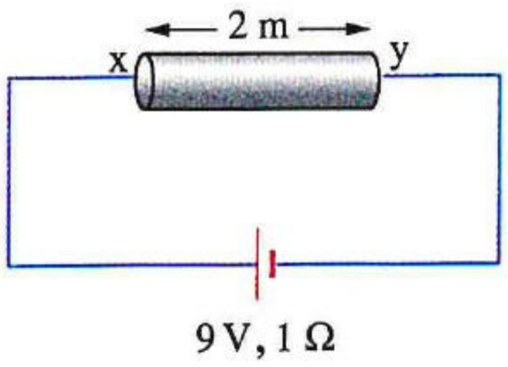


(أ) 10 V
(ب) 20 V
(جـ) 30 V
(د) 40 V

(٢) ثمانية مصابيح متماثلة متصلة معًا على التوازى وُصلت بمصدر كهربى قوته الدافعة الكهربية 220 V ومقاومته الداخلية 2.5 Ω فمر فى كل مصباح تيار شدته 0.5 A، فإن مقاومة المصباح الواحد تساوى .....

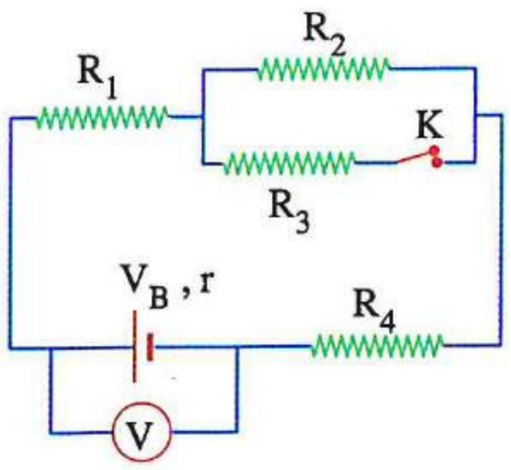
(أ) 88 Ω (ب) 176 Ω (جـ) 420 Ω (د) 440 Ω

(٣) فى الدائرة الكهربية المقابلة، موصل معدنى xy طوله 2 m ومساحة مقطعه 10^{-6} m^2 يتصل بمصدر كهربى قوته الدافعة الكهربية 9 V ومقاومته الداخلية 1 Ω فكانت الشحنة المارة عبر المقطع (x) خلال 4 s هى 12 C، فإن المقاومة النوعية لمادة الموصل تساوى .....



(أ) 1.5×10^{-6} Ω.m (ب) 10^{-6} Ω.m
(جـ) 3.4×10^{-8} Ω.m (د) 6.8×10^{-8} Ω.m

٢ ماذا يحدث لقراءة الڤولتميتر فى الدائرة الكهربية المقابلة عند فتح المفتاح (K) ؟



.....

.....

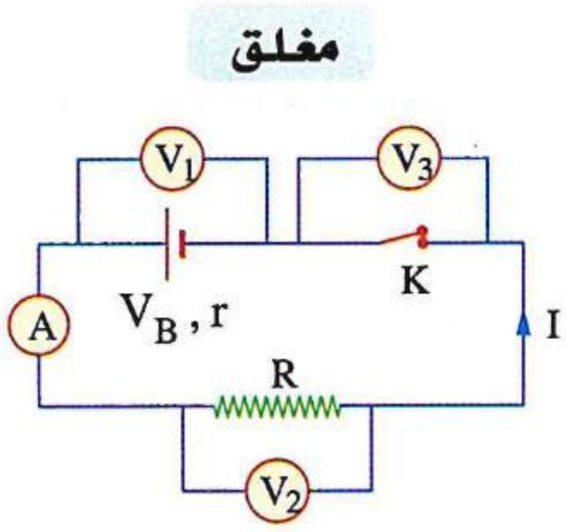
.....

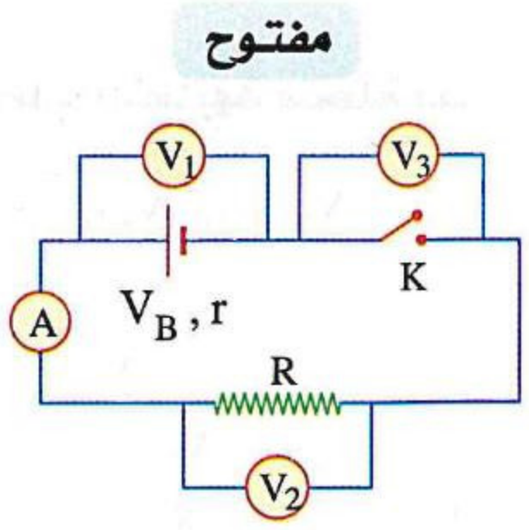
https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* فى الدائرة الموضحة بالشكل إذا كان المفتاح K :





شدة التيار الكلى

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{V_B - V_1}{r} = \frac{V_2}{R}$$

$I = 0$

فرق الجهد بين طرفى العمود الكهربى

$V_1 = V_B - Ir$

$V_1 = V_B$

فرق الجهد بين طرفى المقاومة (R)

$V_2 = IR$

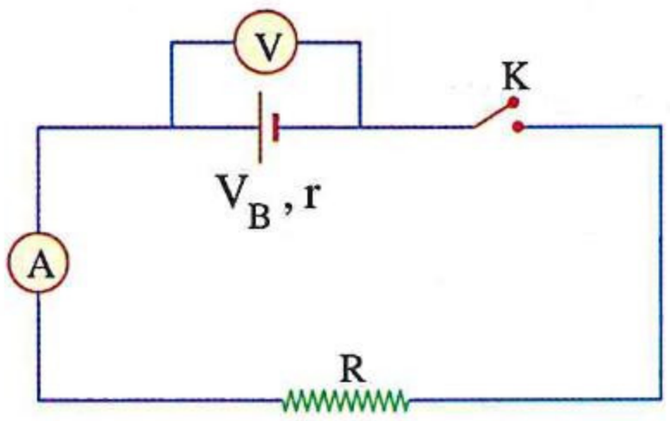
$V_2 = 0$

فرق الجهد بين طرفى المفتاح

$V_3 = 0$

$V_3 = V_B$

مثـال



فـى الدائرة الكهربية المقابلة، إذا كانت قـراءة الڤولتميتر والمفتاح K مفتـوح 24 V، وعند غلق المفتاح K أصبحت قراءة الڤولتميتر 20 V وقراءة الأميتر 2 A،

(أ) **احسب :** ١- القوة الدافعة الكهربية للعمود الكهربى.

٢- المقاومة الداخلية للعمود الكهربى.

٣- قيمة المقاومة R

(ب) إذا استبدلت المقاومة R بمقاومة 4 Ω، **احسب** قراءة كل من الأميتر والڤولتميتر.

الحـــل

(أ) ١- المفتاح K مفتوح :

$V_B = V = 24\ V$

٢- عند غلق المفتاح K :

$V_B = V + Ir$

$24 = 20 + 2r \quad , \quad r = 2\ \Omega$

٣-

$V = IR \quad , \quad 20 = 2R \quad , \quad R = 10\ \Omega$

(ب)

$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{24}{4 + 2} = 4\ A$

∴ قراءة الأميتر هى 4 A

$V = V_B - Ir = 24 - (4 \times 2) = 16\ V$

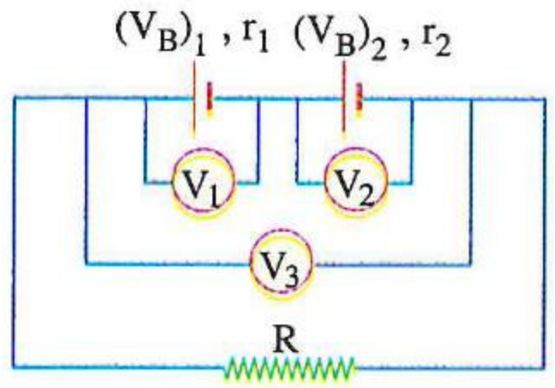
∴ قراءة الڤولتميتر هى 16 V

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* فى دائرة كهربية مغلقة تحتوى على مصدرين كهربيين متصلين على التوالى بحيث تكون :

الأقطاب المختلفة متصلة معًا



$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1$ (حالة تفريغ)

$\therefore (V_B)_1 > V_1$

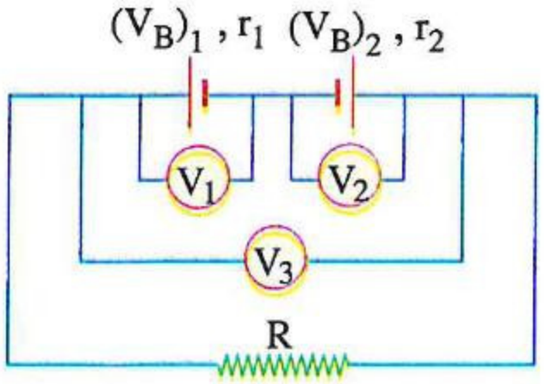
$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2$ (حالة تفريغ)

$\therefore (V_B)_2 > V_2$

$V_3 = V_1 + V_2 = IR$

فإن

الأقطاب المتشابهة متصلة معًا



(إذا كان : $(V_B)_2 < (V_B)_1$)

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1$ (حالة تفريغ)

$\therefore (V_B)_1 > V_1$

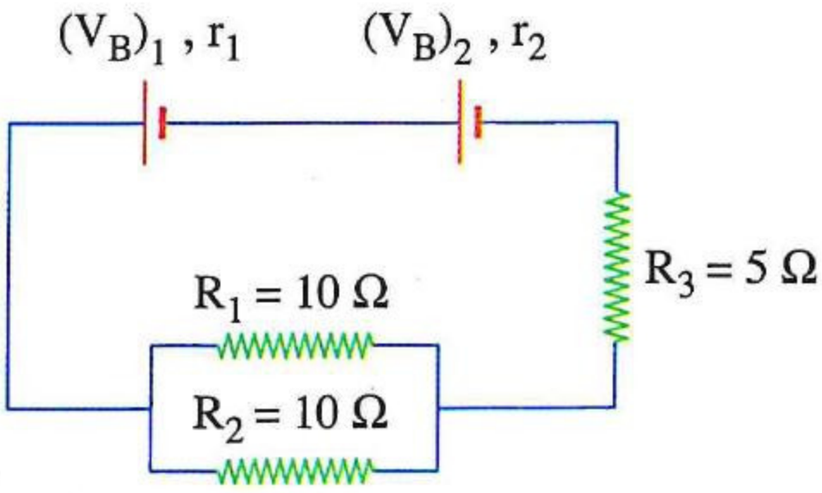
$V_2 = (V_B)_2 + Ir_2$ (حالة شحن)

$\therefore (V_B)_2 < V_2$

$V_3 = V_1 - V_2 = IR$

مثـال ١

اختر : فـى الدائـرة الكهربيـة المقابلـة، إذا كانت القـوة الدافعة الكهربية للمصدرين $(V_B)_1 = 10$ V ، $(V_B)_2 = 14$ V والمقاومة الداخلية لهما 0.5 Ω ، 1.5 Ω على الترتيب، فإن :



(أ) شدة التيار المار فى الدائرة تساوى .....

(أ) 1 A　　(ب) 2 A

(جـ) 3 A　　(د) 4 A

(ب) فرق الجهد بين طرفى كل من المصدرين $(V_B)_1$ ، $(V_B)_2$ على الترتيب هما .....

(أ) 11 V ، 9 V　　(ب) 15 V ، 9 V　　(جـ) 11 V ، 11 V　　(د) 15 V ، 11 V

الحـــل

$(V_B)_1 = 10\ V$ | $(V_B)_2 = 14\ V$ | $r_1 = 0.5\ \Omega$ | $r_2 = 1.5\ \Omega$ | $R_1 = 10\ \Omega$

$R_2 = 10\ \Omega$ | $R_3 = 5\ \Omega$ | $I = ?$ | $V_1 = ?$ | $V_2 = ?$

(أ)

$$\grave{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} + 5 = 10\ \Omega$$

$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{\grave{R} + r_1 + r_2} = \frac{10 + 14}{10 + 0.5 + 1.5} = 2\ A$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

(ب)

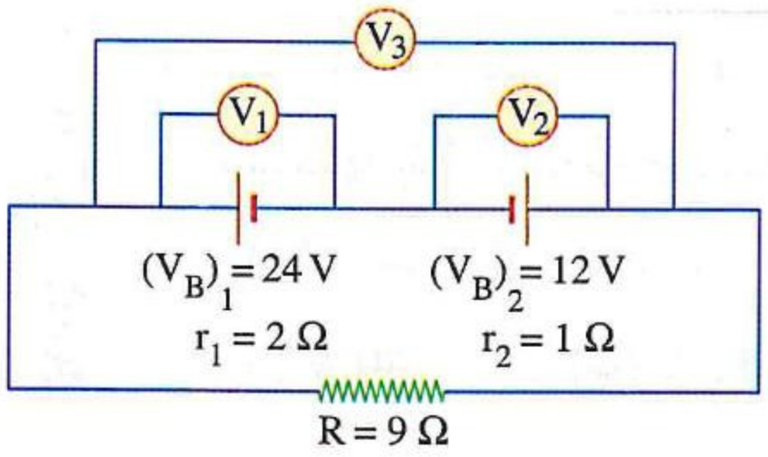
$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 10 - (2 \times 0.5) = 9\ V$$

$$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2 = 14 - (2 \times 1.5) = 11\ V$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٢

مستخدمًا البيانات الموضحة على الدائرة الكهربية المقابلة،
احسب قراءة الفولتميترات V_1 ، V_2 ، V_3



الحـــل

$(V_B)_1 = 24\ V$ | $(V_B)_2 = 12\ V$ | $r_1 = 2\ \Omega$ | $r_2 = 1\ \Omega$ | $R = 9\ \Omega$

$V_1 = ?$ | $V_2 = ?$ | $V_3 = ?$

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{24 - 12}{9 + 2 + 1} = 1\ A$$

(حالة تفريغ) $V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 24 - (1 \times 2) = 22\ V$

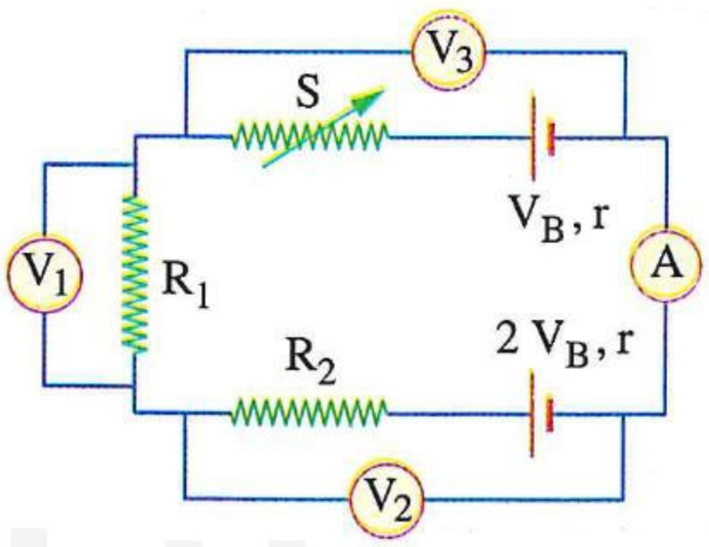
(حالة شحن) $V_2 = (V_B)_2 + Ir_2 = 12 + (1 \times 1) = 13\ V$

$V_3 = V_1 - V_2 = 22 - 13 = 9\ V$

حل آخر: $V_3 = IR = 1 \times 9 = 9\ V$

مثـال ٣

فـي الدائـرة الكهربيـة المقابلـة، ماذا يحدث لقـراءة كل من الأميتر (A) والفولتميترات V_1 ، V_2 ، V_3 عند إنقاص قيمة المقاومة المتغيرة (S) ؟



https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

الحـــل

* عند إنقاص قيمة المقاومة المتغيرة (S) :
  - تقل المقاومة الكلية للدائرة ($\grave{R}$).
  - تزداد شدة التيار (I) المار بالدائرة **فتزداد قراءة الأميتر (A).**

* فى الدائرة الكهربية الموضحة البطاريتان متعاكستان فتكون البطارية ($2\ V_B$) فى حالة تفريغ والبطارية (V_B) فى حالة شحن وتكون :

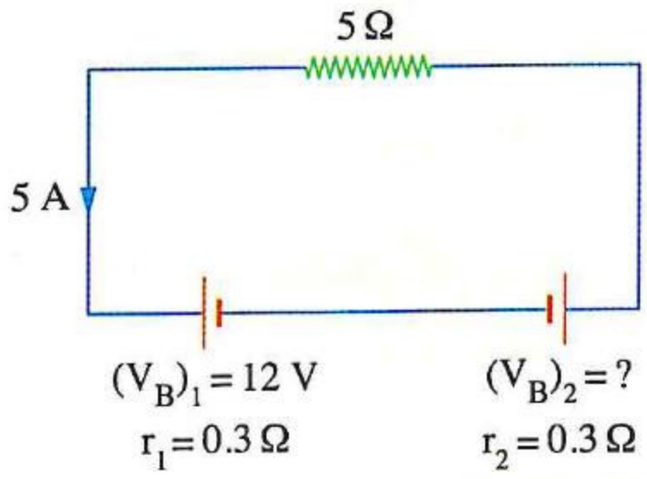
قراءة الڤولتميتر V_1	قراءة الڤولتميتر V_2	قراءة الڤولتميتر V_3
$V_1 = IR_1$	$V_2 = 2\ V_B - I\ (R_2 + r)$	$V_3 = V_B + I\ (S + r)$ $= V_2 - V_1$

وحيث إن شدة التيار (I) المار بالدائرة تزداد، فإن

قراءة الڤولتميتر (V_1) تزداد	قراءة الڤولتميتر (V_2) تقل	قراءة الڤولتميتر (V_3) تقل

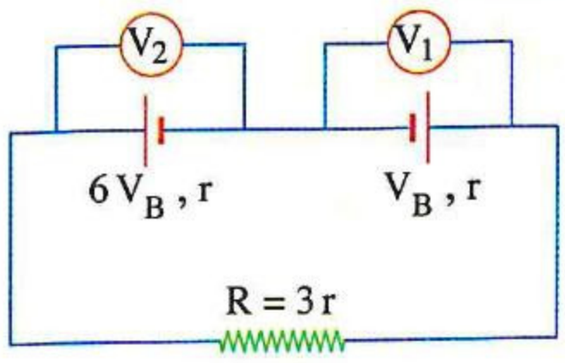
13 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

مجاب عنها



١ فـى الدائرة الكهربية المقابلة، إذا علمـت أن البطارية $(V_B)_1$ يتم شـحنها بتيار شـدته 5 A، فإن القوة الدافعـة الكهربية للبطارية $(V_B)_2$ تساوى .....

(أ) 40 V (ب) 32 V (جـ) 24 V (د) 16 V

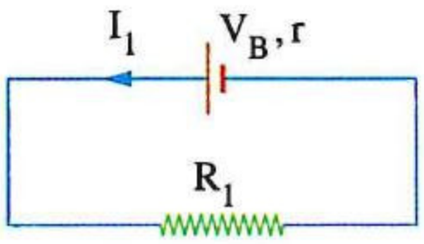
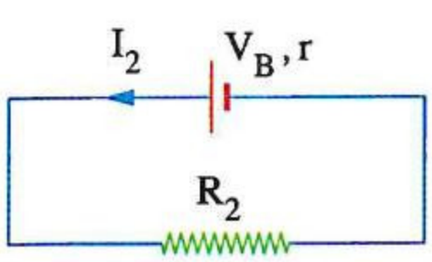


٢ فى الدائرة الكهربية المقابلة، تكون النسبة بين قراءتى الڤولتميترين $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ هى .....

(أ) 0.1 (ب) 0.2 (جـ) 0.4 (د) 0.8

إرشـاد :

* عند توصيل طرفا بطارية قوتها الدافعة الكهربية (V_B) ومقاومتها الداخلية (r) بـ :

مقاومة خارجية R_1 كانت شدة التيار المار بالدائرة (I_1)	مقاومة خارجية (R_2) كانت شدة التيار المار بالدائرة (I_2)
	
$V_B = I_1\ (R_1 + r)$	$V_B = I_2\ (R_2 + r)$

فإن

وتحل المعادلتان جبريًا لإيجاد القيم المجهولة

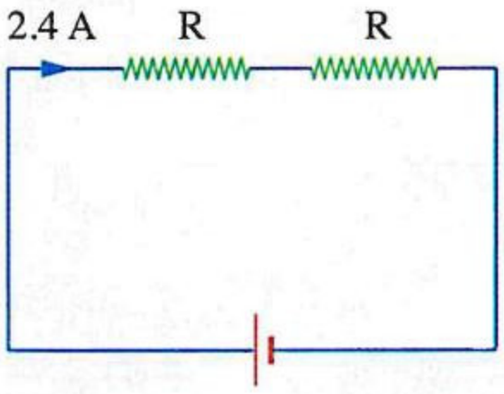
مثـال

اختر : مقاومتان متماثلتان قيمة كل منهما R عندما وصلتا معًا على التوالى بمصدر كهربى مقاومته الداخلية 2 Ω مر بكل منهما تيار شـدته 2.4 A، وعندما وصلتا معًا على التوازى بنفس المصدر مر بكل منهما تيار شـدته 3 A، فإن قيمة R والقوة الدافعة الكهربية للمصدر على الترتيب هما .....

(أ) 12 V ، 4 Ω (ب) 24 V ، 4 Ω (جـ) 12 V ، 8 Ω (د) 24 V ، 8 Ω

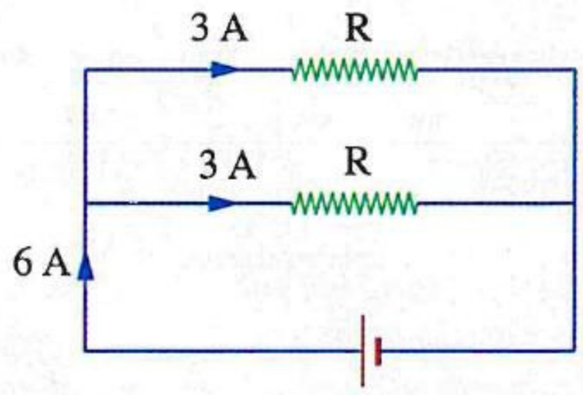
الحـــل

$r = 2\ \Omega$ | $I_1 = 2.4\ A$ | $I_{(فرع)} = 3\ A$ | **R = ?** | V_B **= ?**



$V_B = I_1 (R_1 + r)$

$V_B = 2.4 (2\,R + 2)$ ①



$I_2 = 2\, I_{(فرع)} = 2 \times 3 = 6\ A$

$V_B = I_2 (R_2 + r)$

$V_B = 6 (\frac{R}{2} + 2)$ ②

من المعادلتين ① ، ② :

$2.4 (2\,R + 2) = 6 (\frac{R}{2} + 2)$

$4.8\,R + 4.8 = 3\,R + 12$

$R = 4\ \Omega$

بالتعويض فى المعادلة ① :

$V_B = 2.4 \left((2 \times 4) + 2\right) = 24\ V$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مجاب عنها

14 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

اختبر نفسك

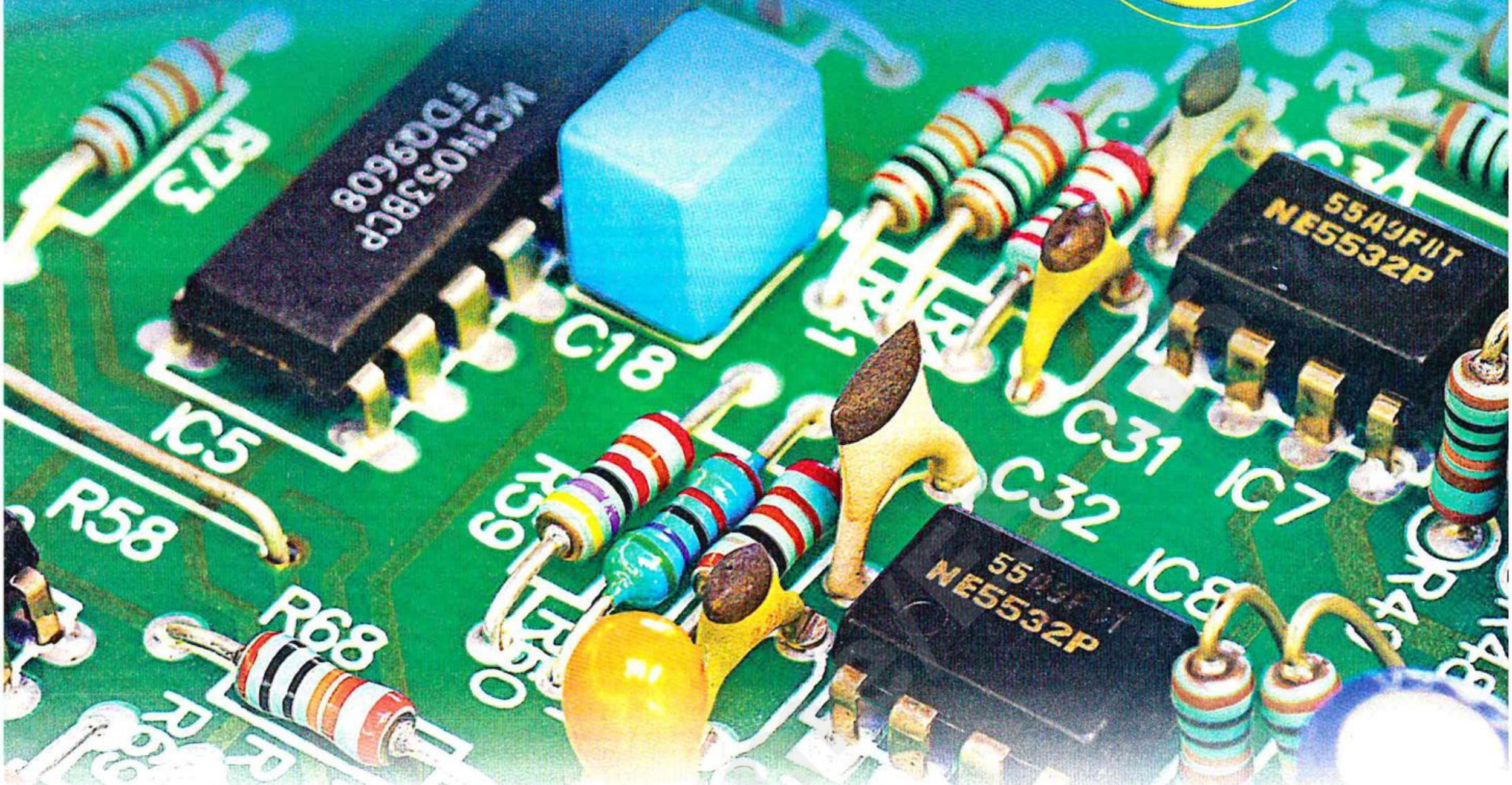
مقاومة قيمتها 11 Ω اتصل طرفاها ببطارية فمر خلالها تيار شدته 0.6 A، وعندما تم تغيير المقاومة بمقاومة أخرى قيمتها 4 Ω زادت شدة التيار المار فى البطارية إلى 1.5 A، فإن القوة الدافعة الكهربية للبطارية تساوى .....

(أ) 3 V (ب) 4 V (جـ) 6.5 V (د) 7 V

https://t.me/E5_G5

الدرس الرابع

قانونا كيرشوف

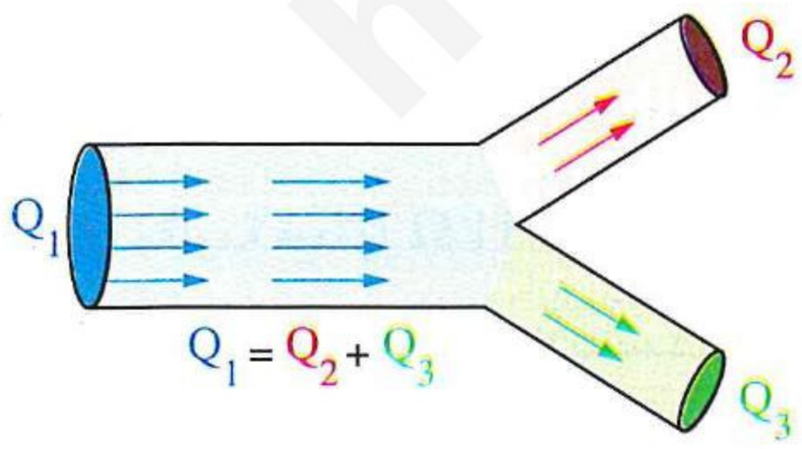


* هناك دوائر كهربية معقدة يصعب حلها مباشرةً بتطبيق قانون أوم عليها، لذلك قام العالم الألمانى كيرشوف (Kirchhoff) بوضع قانونين يمكن من خلالهما التعامل مع هذه الدوائر وفيما يلى سوف نتناول كل منهما بشىء من التفصيل.

القانون الأول لكيرشوف

* لقد عرفنا أن التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية عبارة عن سيل من الإلكترونات السالبة (شحنات كهربية) تسرى خلال الموصل.

* تبعًا لقانون حفظ الشحنة فإن كمية الشحنة الكهربية الداخلة إلى نقطة ما فى زمن معين هو نفس كمية الشحنة الخارجة من هذه النقطة فى نفس الزمن ولأن شدة التيار تساوى كمية الشحنة الكهربية التى تسرى خلال مقطع معين لموصل فى الثانية الواحدة، **فإن القانون الأول لكيرشوف ينص على :**



نص القانون الأول لكيرشوف

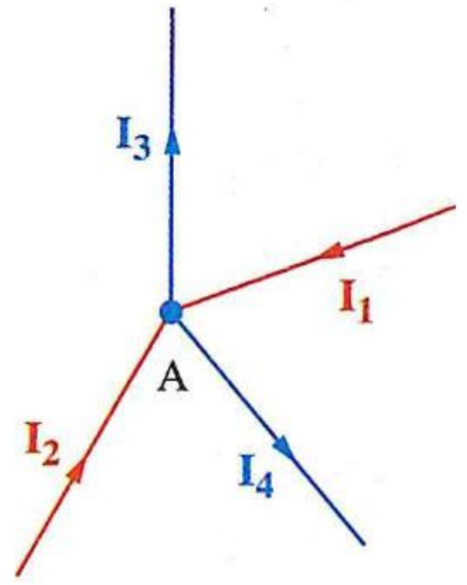
مجموع التيارات الكهربية الداخلة عند نقطة فى دائرة كهربية مغلقة يساوى مجموع التيارات الخارجة منها.

أو

المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة فى دائرة مغلقة يساوى صفر.

* تطبيق على القانون الأول لكيرشوف :

١ مجموع التيارات الداخلة للنقطة = مجموع التيارات الخارجة من النقطة



الصيغة الرياضية

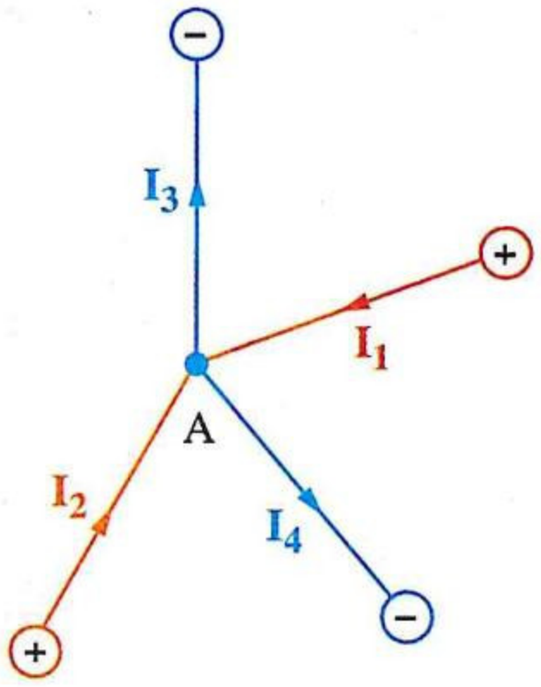
$$\Sigma I_{(\text{الخارجة})} = \Sigma I_{(\text{الداخلة})}$$

عند نقطة التفرع

– التيار الداخل للنقطة والخارج منها تكون إشارته موجبة.

$\therefore I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

٢ المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة تفرع فى دائرة مغلقة = صفر



الصيغة الرياضية

$$\Sigma I = 0$$

عند نقطة التفرع

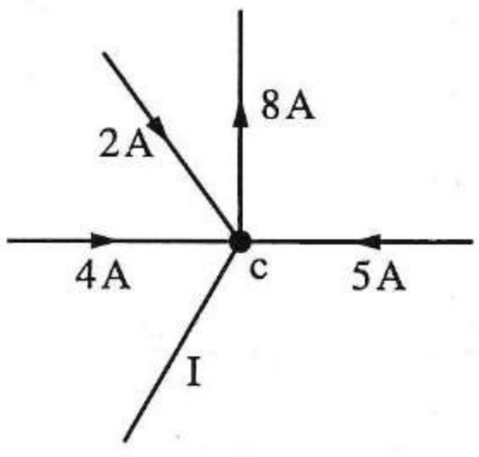
– التيار الداخل للنقطة تكون إشارته موجبة.

– التيار الخارج من النقطة تكون إشارته سالبة.

$\therefore I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

مثال ١

من الشكل المقابل، **احسب** شدة التيار (I) **وحدد** اتجاهه.



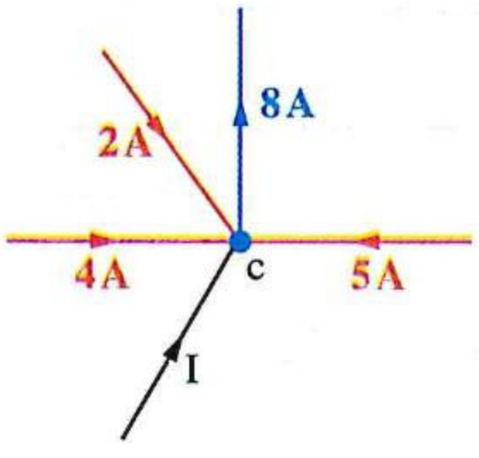
الحل

بفرض اتجاه التيار (I) إلى داخل النقطة (c) طبقًا لقانون كيرشوف الأول

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

$$4 + 5 + 2 + I = 8$$

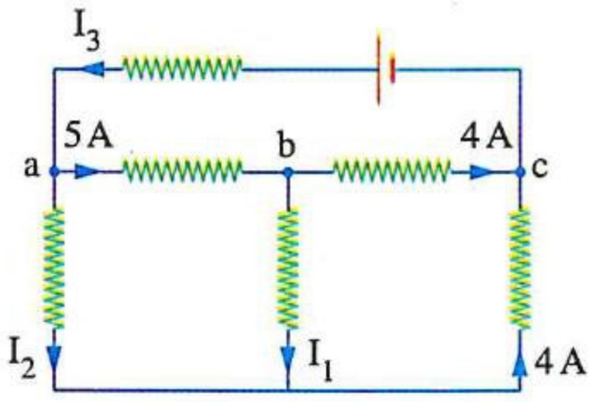
$$I = -3 \text{ A}$$



∴ شدة التيار I تساوى 3 A واتجاهه خارج من النقطة c (عكس الاتجاه المفروض).

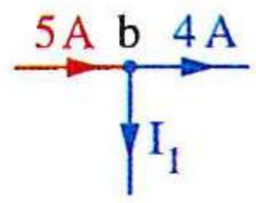
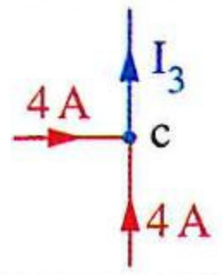
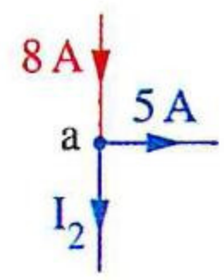
مثال ٢

احسب شدة التيارات المجهولة (I_1 ، I_2 ، I_3) فى الدائرة المبينة بالشكل المقابل.



الحل

عنـد النقطة (a) هناك تياران مجهولان هما I_2 ، I_3 بينما عند كل مـن النقطتـين (b) ، (c) هناك تيار واحد مجهول هو I_1 ، I_3 على الترتيب وبالتالى نبدأ الحل من إحدى النقطتين (b) أو (c).

الرسم	التطبيق
١ 	عند النقطة (b) $\Sigma I_{(الداخلة)} = \Sigma I_{(الخارجة)}$ $5 = I_1 + 4$ $I_1 = 1\ A$
٢ 	عند النقطة (c) $4 + 4 = I_3$ $I_3 = 8\ A$
٣ 	عند النقطة (a) $I_3 = 5 + I_2$ $8 = 5 + I_2$ $I_2 = 8 - 5 = 3\ A$

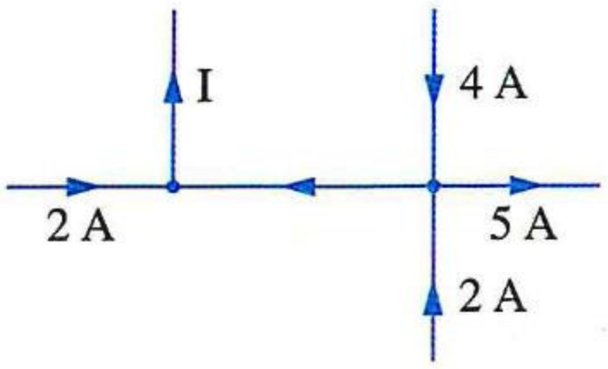
15 **اختبر نفسك**

اختر : الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربيـة، فإن شدة التيار (I) تساوى .....

أ) 1 A　　ب) 2 A

جـ) 3 A　　د) 5 A

مجاب عنها



القانون الثانى لكيرشوف

* تبعًـا لقانـون بقـاء الطاقة فإن الطاقة الكهربية الناتجة من مصدر كهربى فى مسـار مغلق تسـاوى الطاقة الكهربية المسـتهلكة خلال مكونات ذلك المسـار، وحيث إن القوة الدافعة الكهربية لمسـار مغلق تعبر عن الشغل المبذول لتحريك وحدة الشحنة خلال المسار مرة واحدة بينما فرق الجهد الكهربى بين نقطتين يعبر عن الشغل المبذول لتحريك وحدة الشـحنة بين هاتين النقطتين (جزء من المسـار)، قام كيرشـوف بصياغة العلاقة بين فرق الجهد الكهربى (V) والقوة الدافعة الكهربية (V_B) فى قانونه الثانى كما يلى :

نص القانون الثانى لكيرشوف

المجمـوع الجبـرى للقوى الدافعة (المحركة) الكهربية فى مسـار مغلق يسـاوى المجموع الجبـرى لفروق الجهد عبر مكونات (مقاومات) المسار.

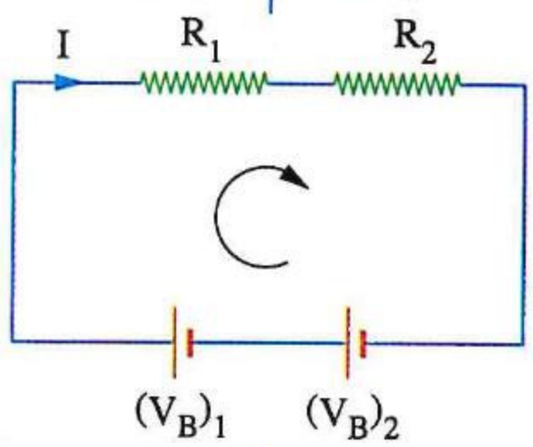
أو

المجموع الجبرى لفروق الجهد الكهربية فى مسار مغلق يساوى صفر.

* تطبيق على القانون الثانى لكيرشوف :

١ المجموع الجبرى للقوى الدافعة الكهربية = المجموع الجبرى لفروق الجهد

٢ المجموع الجبرى لفروق الجهد الكهربية فى مسار مغلق = صفر



الصيغة الرياضية

$\Sigma V_B = \Sigma IR$

$\Sigma V = 0$

وبالتالى

$\therefore (V_B)_1 + (V_B)_2 = IR_1 + IR_2$

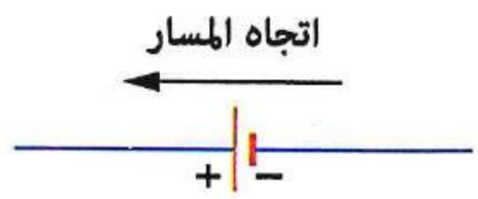
$\therefore (V_B)_1 + (V_B)_2 - IR_1 - IR_2 = 0$

قاعدة تحديد إشارات فروق الجهد بين طرفى المقاومات والبطاريات

* يجب مراعاة قاعدة الإشارات الآتية عند تطبيق قانون كيرشوف الثانى على مسار مغلق :

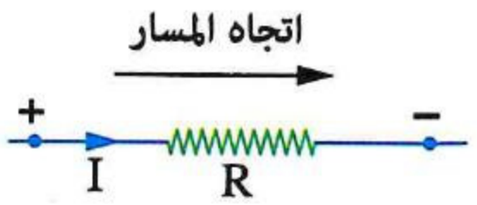
١ عند استخدام الصيغة الرياضية ($\Sigma V_B = \Sigma IR$)

– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تأخذ إشارة **موجبة**.



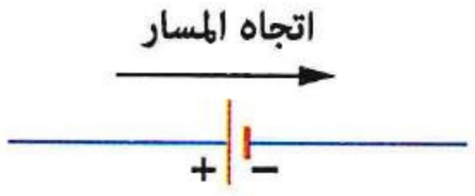
$V = V_B$

– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو **نفس اتجاه** التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة **موجبة**.



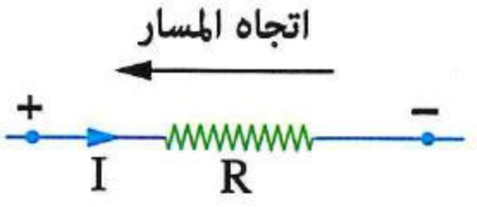
$V = IR$

– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تأخذ إشارة **سالبة**.



$V = - V_B$

– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه **عكس اتجاه** التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة **سالبة**.

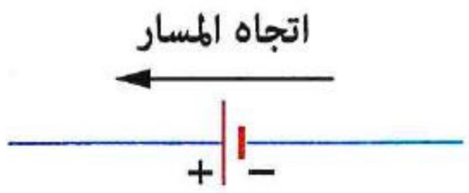


$V = - IR$

https://t.me/E5_G5

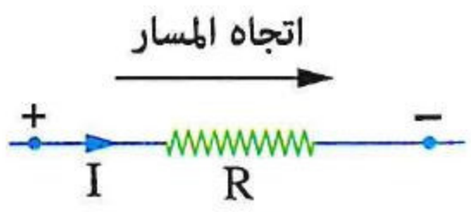
٢ عند استخدام الصيغة الرياضية $(\Sigma V = 0)$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تأخذ إشارة **موجبة**.



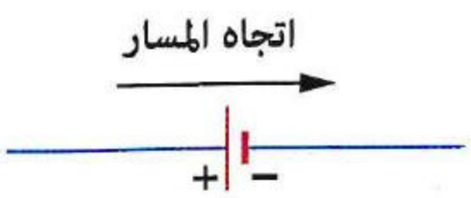
$$V = V_B$$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو **نفس اتجاه** التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة **سالبة**.



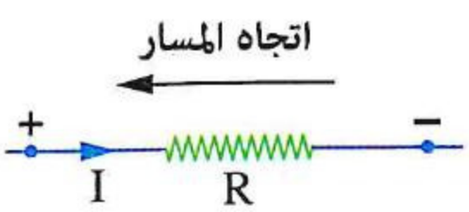
$$V = -IR$$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تأخذ إشارة **سالبة**.



$$V = -V_B$$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه **عكس اتجاه** التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة **موجبة**.



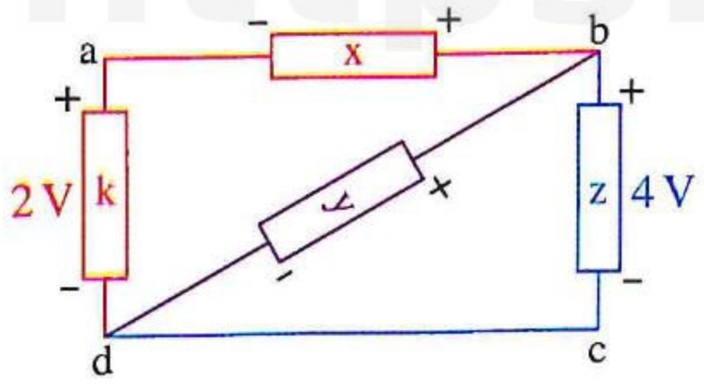
$$V = IR$$

مثـال

اختر : من الدائرة الكهربية الموضحة، تكون قيمتى V_x ، V_y على الترتيب هما .....

(أ) $2\,V$ ، $6\,V$ (ب) $2\,V$ ، $4\,V$

(جـ) $4\,V$ ، $6\,V$ (د) $4\,V$ ، $2\,V$



الحـــل

$V_z = 4\,V$ $V_k = 2\,V$ $V_x = ?$ $V_y = ?$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (adcba) :

$$\Sigma V = 0$$

$$-V_x - V_k + V_z = 0 \quad , \quad -V_x - 2 + 4 = 0$$

$$V_x = 2\,V$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (bcdb) :

$$V_y - V_z = 0 \quad , \quad V_y - 4 = 0$$

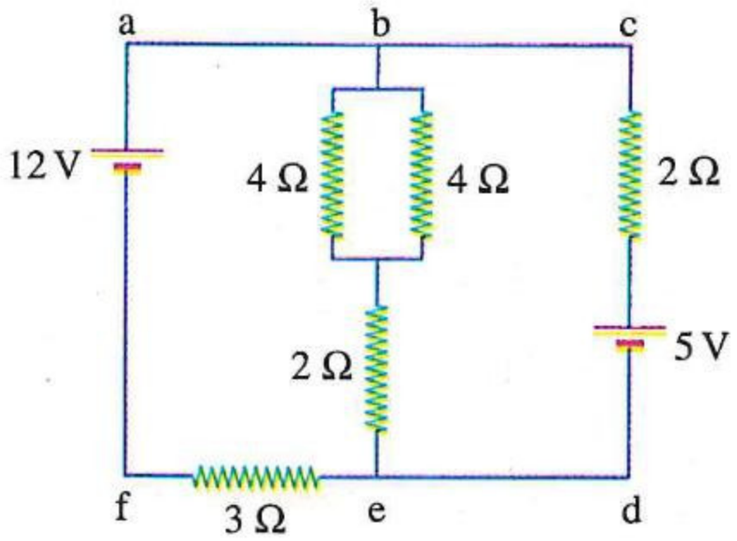
$$V_y = 4\,V$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_Gs

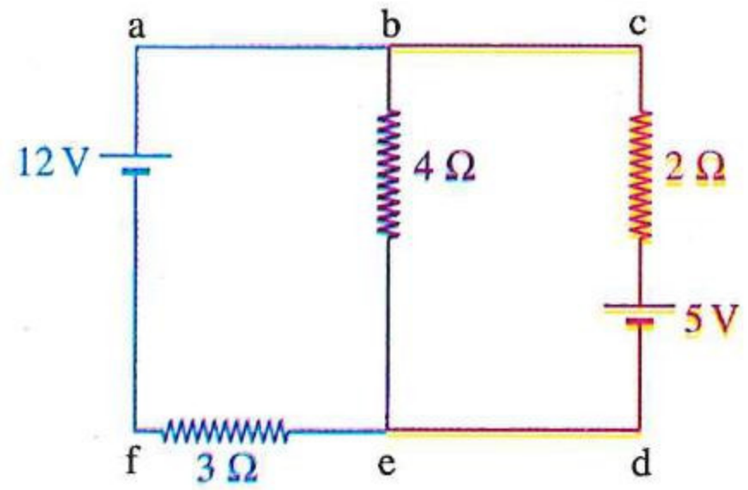
كيفية حل مسائل كيرشوف

* إذا كان لديك دائرة كهربية كالموضحة بالشكل فلحساب شدة التيار المار فى الأفرع (af , be , cd) نتبع الخطوات الآتية :



١

* إذا كان هناك مجموعة مقاومات متصلة معًا على التوالى أو على التوازى يفضل إيجاد المقاومة المكافئة لها قبل البدء فى تطبيق قانونى كيرشوف.



٢

* أفرض أن التيارات المجهولة شدتها I_1 ، I_2 ، I_3 وأفرض اتجاهًا معينًا لكل منها.

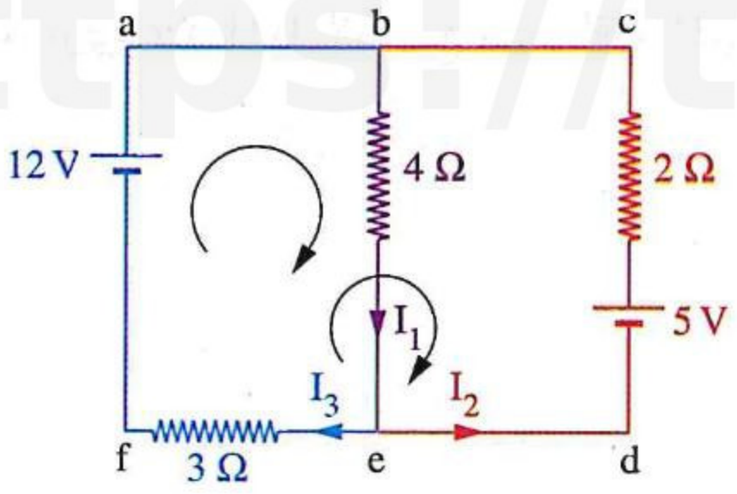
«هذه الاتجاهات ليست بالضرورة صحيحة».

* حدد عدد الكميات المجهولة المراد حسابها.

* أفرض اتجاهًا لكل مسار مغلق.

«مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة».

«الكميات المجهولة هى I_1 ، I_2 ، I_3»



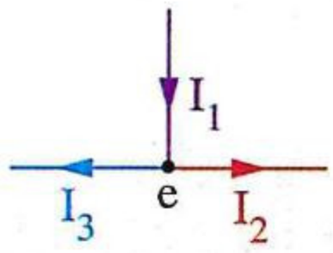
٣

* طبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة تفرع التيار بحيث يكون :

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الأولى.

عند نقطة التفرع (e)



$$I_1 = I_2 + I_3$$

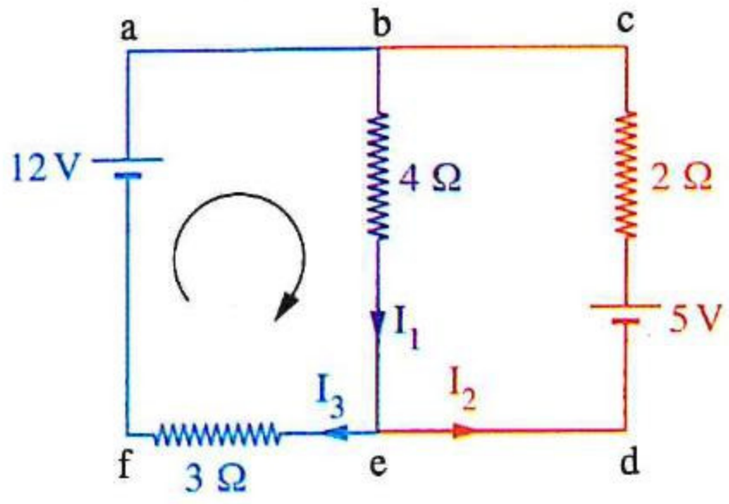
$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

٤ * اختر مسـارًا مغلقًا وطبق قانون كيرشـوف الثانى خلاله مـع مراعاة قاعدة الإشارات بحيث يكون :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الثانية.

عبر المسار (abefa)

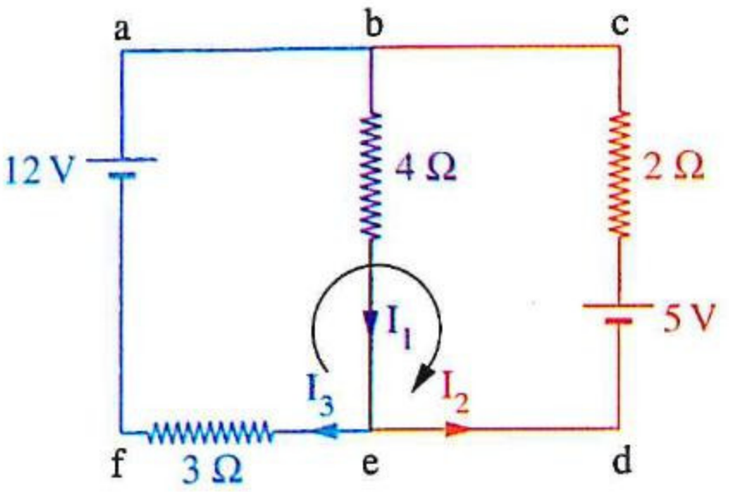


$$12 = 4\,I_1 + 3\,I_3$$

$$4\,I_1 + 0\,I_2 + 3\,I_3 = 12 \quad (2)$$

٥ * كـرر الخطـوة السابقـة على عدة مسارات حتى يتساوى عدد المعادلات مع عدد القيم المجهولة.

عبر المسار (abcdefa)



$$12 - 5 = 3\,I_3 - 2\,I_2$$

$$7 = 3\,I_3 - 2\,I_2$$

$$0\,I_1 - 2\,I_2 + 3\,I_3 = 7 \quad (3)$$

٦ * حل المعادلات (1) ، (2) ، (3) آنيًا أو باستخدام الآلة الحاسبة وبذلك تكون قد حصلت على القيم المجهولة، وهى :

$$I_1 = 1.5\ A \quad , \quad I_2 = -0.5\ A \quad , \quad I_3 = 2\ A$$

٧ * إذا كانت القيمة المحسوبة للتيار :

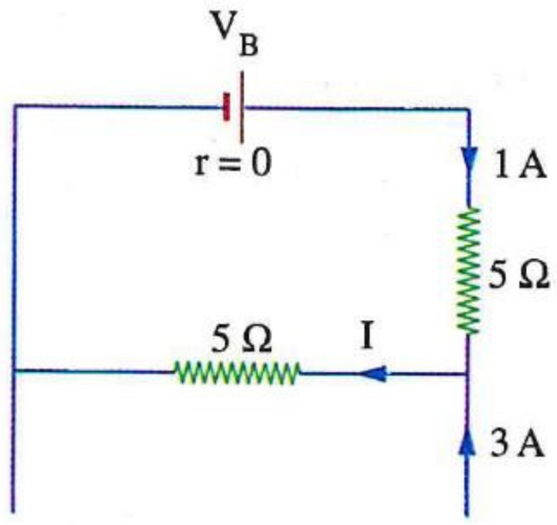
- **موجبة** : يكون الاتجاه الصحيح للتيار هو نفس الاتجاه المفروض فى البداية.
- **سالبة** : يكون الاتجاه الصحيح للتيار عكس الاتجاه المفروض فى البداية.

https://t.me/E5_G5

مثال ١

اختر: الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربية،
فتكون قيمة V_B هى .....

أ) 10 V　　ب) 15 V
جـ) 25 V　　د) 30 V



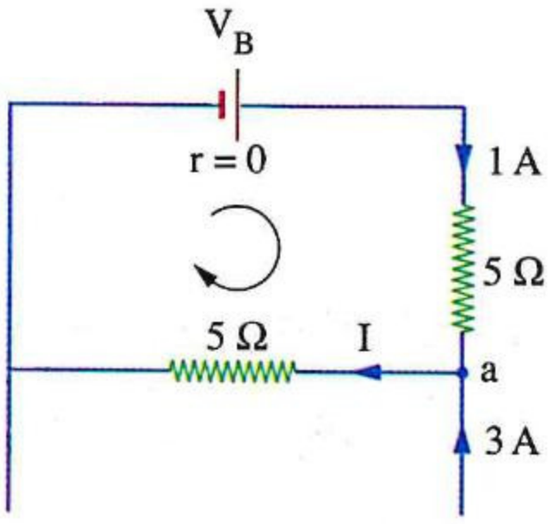
الحل

* بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (a) :

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

$$1 + 3 = I$$

$$I = 4\ A$$



* نفرض اتجاه المسار كما بالشكل المقابل.
* بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار الموضح :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$V_B = (1 \times 5) + (4 \times 5) = \mathbf{25\ V}$$

∴ الاختيار الصحيح هو جـ

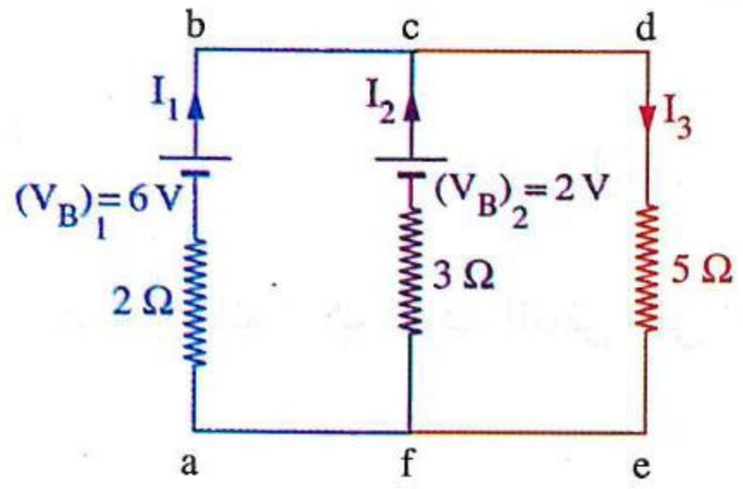
مثال ٢

فى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل، احسب :

(أ) شدة التيار المار فى كل فرع.

(ب) فرق الجهد بين النقطتين a ، b

(جـ) القدرة الكهربية المستهلكة فى المقاومات بالدائرة.



الحل

(أ) بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (c) :

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad , \quad I_1 + I_2 - I_3 = 0 \qquad (1)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (abcdefa) :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$6 = 2I_1 + 5I_3 \quad , \quad 2I_1 + 0I_2 + 5I_3 = 6 \qquad (2)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (fcdef) :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$2 = 3I_2 + 5I_3 \quad , \quad 0I_1 + 3I_2 + 5I_3 = 2 \qquad (3)$$

بحل المعادلات (1) ، (2) ، (3) باستخدام الآلة الحاسبة :

$$I_1 = 1.226\ A \quad , \quad I_2 = -0.516\ A \quad , \quad I_3 = \mathbf{0.71\ A}$$

(ب) فرق الجهد بين النقطتين a ، b

$$V_{ab} = (V_B)_1 - I_1R = 6 - (1.226 \times 2) = 3.548\ V$$

(جـ)

$$P_w = (I_1^2 \times 2) + (I_2^2 \times 3) + (I_3^2 \times 5)$$

$$= \left((1.226)^2 \times 2\right) + \left((-0.516)^2 \times 3\right) + \left((0.71)^2 \times 5\right) = \mathbf{6.33\ W}$$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

اختر : من الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل،

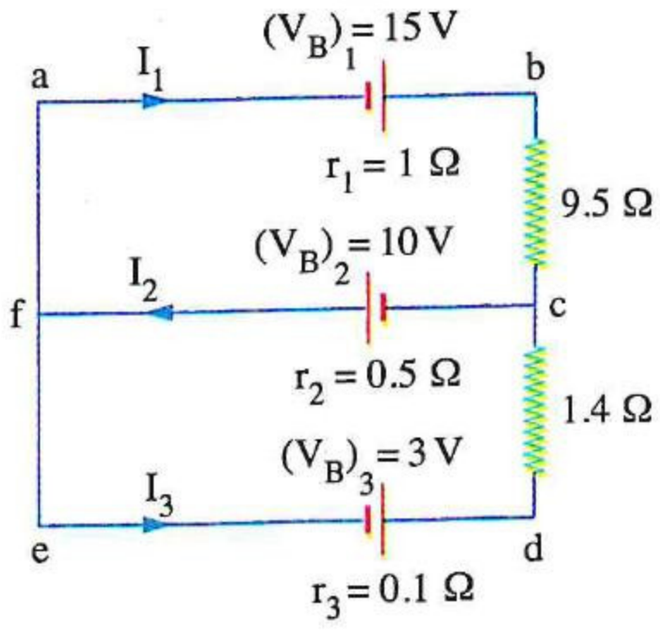
تكون شدة التيار (I_3) هى .....

(أ) 2 A

(ب) 4 A

(جـ) 6 A

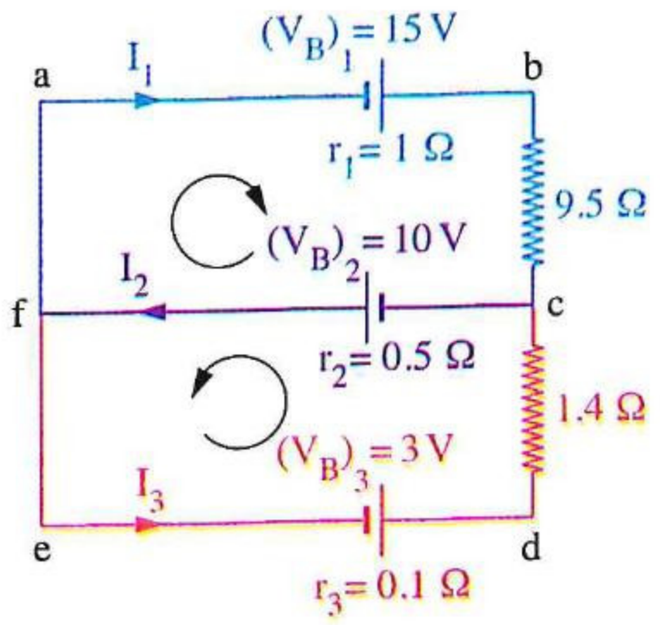
(د) 8 A



الحـــل

نفرض اتجاهات المسارات

كما هو موضح بالدائرة.



بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (f) :

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

$$I_2 = I_1 + I_3$$

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \qquad (1)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (fabcf) :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$15 + 10 = (1 + 9.5)\, I_1 + 0.5\, I_2 \quad , \quad 25 = 10.5\, I_1 + 0.5\, I_2$$

$$10.5\, I_1 + 0.5\, I_2 + 0\, I_3 = 25 \qquad (2)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (edcfe) :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$3 + 10 = (0.1 + 1.4)\, I_3 + 0.5\, I_2 \quad , \quad 13 = 1.5\, I_3 + 0.5\, I_2$$

$$0\, I_1 + 0.5\, I_2 + 1.5\, I_3 = 13 \qquad (3)$$

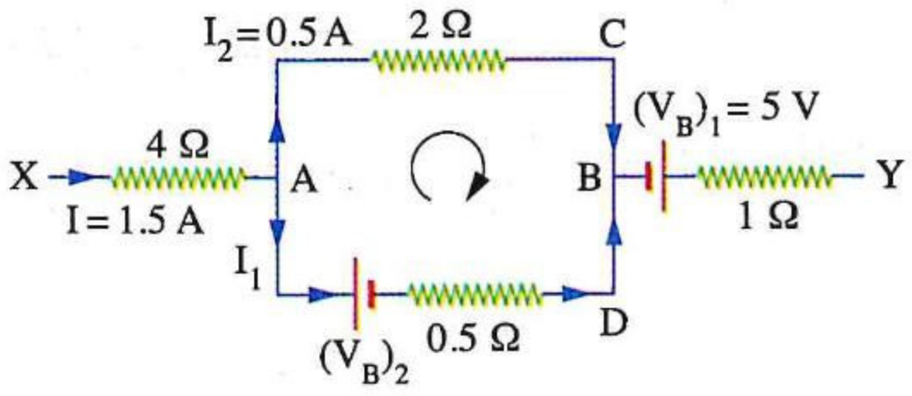
وبحل المعادلات (1) ، (2) ، (3) باستخدام الآلة الحاسبة :

$$I_1 = 2\ A \quad , \quad I_2 = 8\ A \quad , \quad I_3 = 6\ A$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٤

الشـكل المقابل يمثل جزءًا من دائرة كهربية، باسـتخدام قانونـى كيرشـوف وملتزمًـا باتجاهـات التيار والمسـار والبيانات الموضحة، **احسب :**



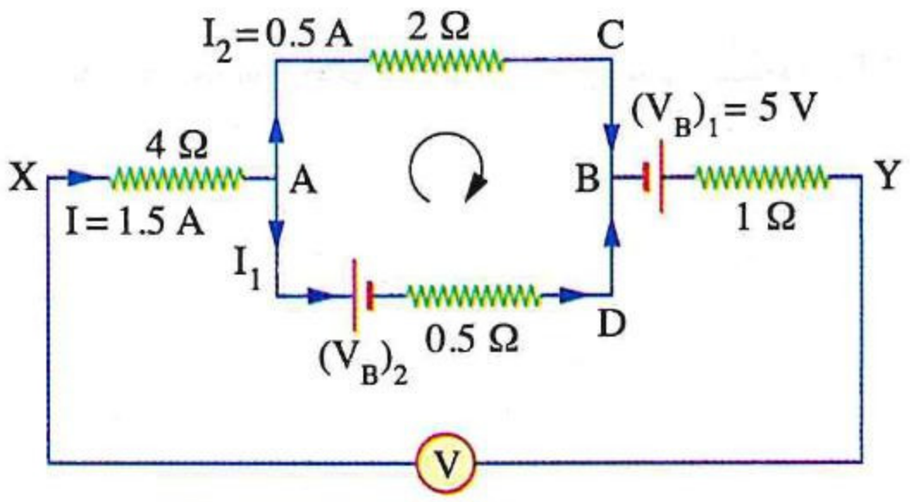
(أ) فرق الجهد بين النقطتين X , Y

(ب) ق.د.ك للبطارية $(V_B)_2$.

(مع إهمال المقاومة الداخلية للمصدرين)

الحـــل

(أ) بفرض توصيل فولتميتر بين النقطتين (X) ، (Y) للحصول على مسار مغلق كما بالشكل المقابل.



بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (XACBYX) :

$$\Sigma V = 0$$

$$5 - (1.5 \times 4) - (0.5 \times 2) - (1 \times 1.5) + V_{XY} = 0$$

$$V_{XY} = 3.5\ V$$

(ب) بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (A) :

$$\Sigma I_{(الداخلة)} = \Sigma I_{(الخارجة)}$$

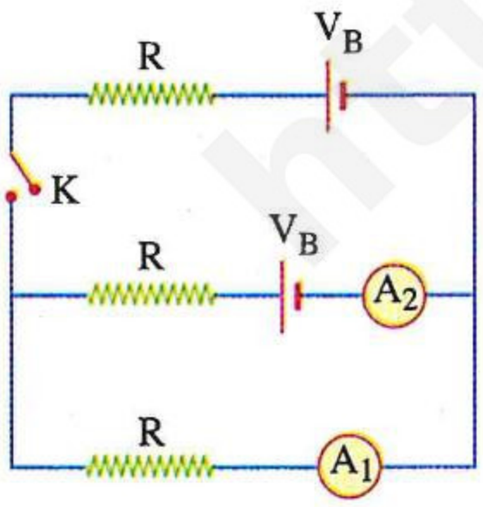
$$1.5 = I_1 + 0.5 \quad , \quad I_1 = 1\ A$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (ACBDA) :

$$(V_B)_2 = (0.5 \times 2) - (1 \times 0.5) = 0.5\ V$$

مثـال ٥

اختر : من الدائرة الكهربية المقابلة، تكون :



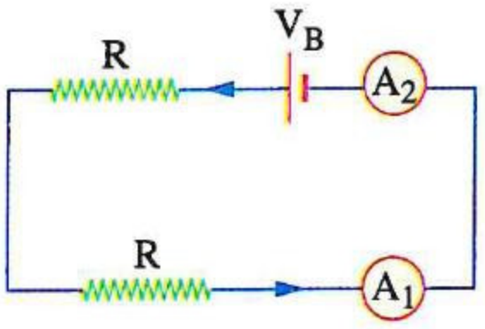
(أ) النسبة بين قراءتى الأميتر (A_1) قبل وبعد غلق المفتاح (K) على الترتيب $\left(\frac{I_1}{I_1}\right)$ هى .....

أ) $\frac{1}{4}$ ب) $\frac{1}{3}$ جـ) $\frac{3}{4}$ د) $\frac{3}{2}$

(ب) النسبة بين قراءتى الأميتر (A_2) قبل وبعد غلق المفتاح (K) على الترتيب $\left(\frac{I_2}{I_2}\right)$ هى.....

أ) $\frac{1}{4}$ ب) $\frac{1}{3}$ جـ) $\frac{3}{4}$ د) $\frac{3}{2}$

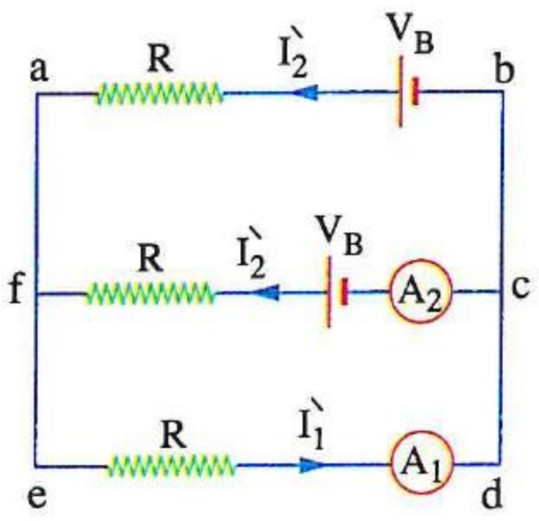
الحـــل



* قبل غلق المفتاح (K) :

يمر فى الأميترين A_1 ، A_2 نفس التيار الكهربى :

$$\therefore I_1 = I_2 = \frac{V_B}{R+R} = \frac{V_B}{2R}$$



* بعد غلق المفتاح (K) :

∵ الفرعان ab ، fc متماثلان.

∴ يمر فى كل منهما نفس التيار $(\grave{I}_2)$.

بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (f) :

$$\Sigma I_{(\text{الداخلة})} = \Sigma I_{(\text{الخارجة})}$$

$$\therefore \grave{I}_2 + \grave{I}_2 = \grave{I}_1$$

$$\therefore \grave{I}_1 = 2\,\grave{I}_2$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثانى على المسار (cfedc) :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$V_B = \grave{I}_2 R + \grave{I}_1 R = \grave{I}_2 R + 2\,\grave{I}_2 R = 3\,\grave{I}_2 R$$

$$\therefore \grave{I}_2 = \frac{V_B}{3R}$$

$$\therefore \grave{I}_1 = 2\,\grave{I}_2 = \frac{2\,V_B}{3R}$$

$$\therefore \frac{I_1}{\grave{I}_1} = \frac{\frac{V_B}{2R}}{\frac{2\,V_B}{3R}} = \frac{3}{4}$$ (أ)

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

$$\therefore \frac{I_2}{\grave{I}_2} = \frac{\frac{V_B}{2R}}{\frac{V_B}{3R}} = \frac{3}{2}$$ (ب)

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

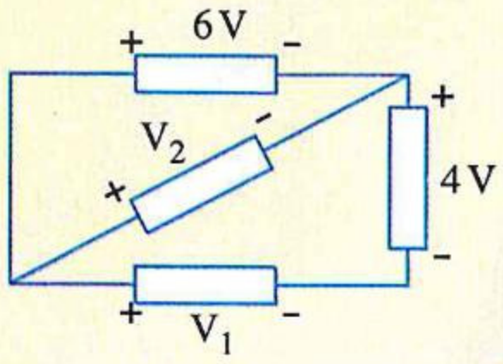
https://t.me/E5_G5

16

اختبر نفسك

مجاب عنها

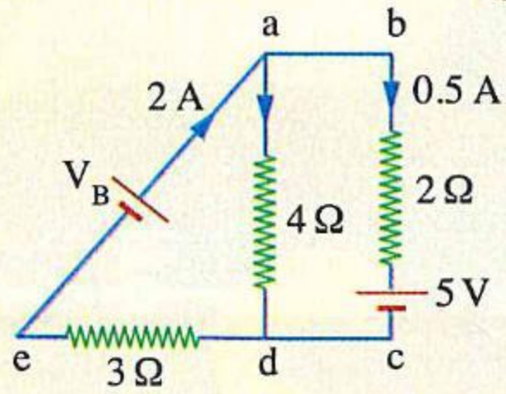
١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



(١) فى الدائرة الموضحة، تكون قيمة V_1 هى .....

أ) 4 V　　ب) 6 V

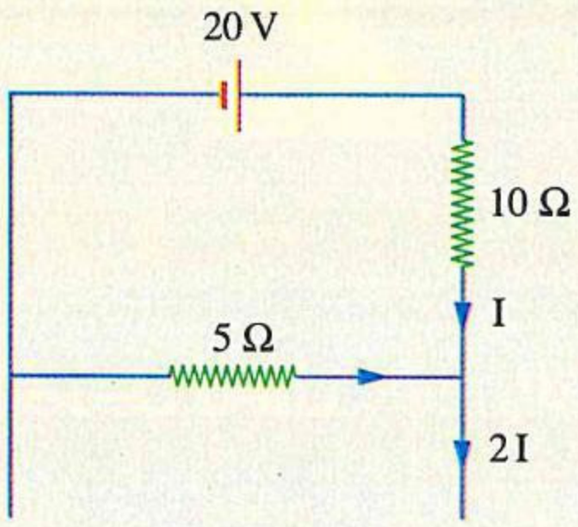
جـ) 8 V　　د) 10 V



(٢) فى الدائرة الكهربية المقابلة تكون قيمة V_B هى .....

أ) 4 V　　ب) 8 V

جـ) 12 V　　د) 18 V

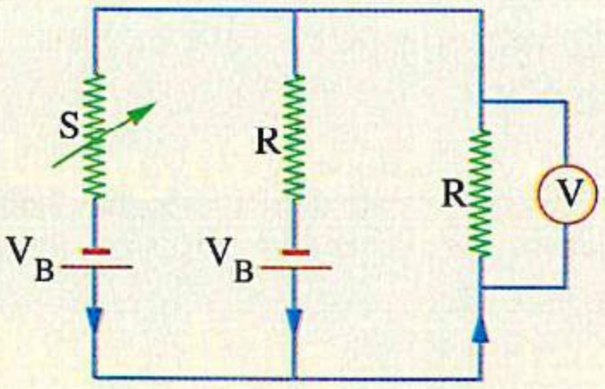


(٣) الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربية،

فإن قيمة (I) تساوى .....

أ) $\frac{1}{3}$ A　　ب) $\frac{4}{5}$ A

جـ) $\frac{4}{3}$ A　　د) 4 A



(٤) فـى الدائـرة الكهربية المقابلـة، عند زيـادة المقاومة المتغيرة (S)، فإن قراءة الڤولتميتر .....

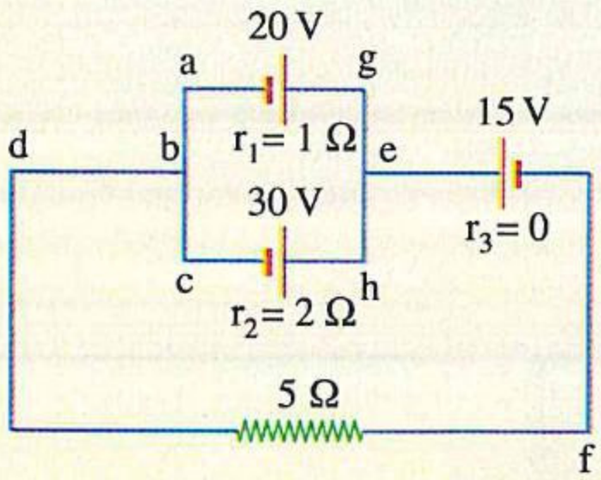
أ) تزداد　　ب) تقل

جـ) لا تتغير　　د) تزداد ثم تقل

---

٢ من الدائرة الكهربية الموضحة بالشـكل المقابل،

احسب فرق الجهد بين قطبى البطارية 20 V



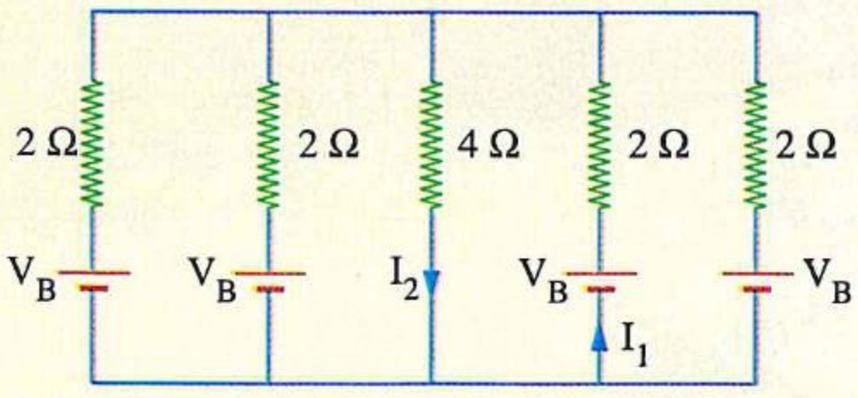
.....

.....

---

٣ فـى الدائرة الكهربية المقابلـة، إذا كانت جميع البطاريـات لهـا نفس القـوة الدافعـة الكهربية (V_B = 36 V) ومقاومتهـا الداخليـة مهملـة،

احسب شدتى التيار I_1 ، I_2



.....

.....

.....

https://t.me/E5_G5

الوحدة الأولى

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل 2

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وأجهزة القياس الكهربى

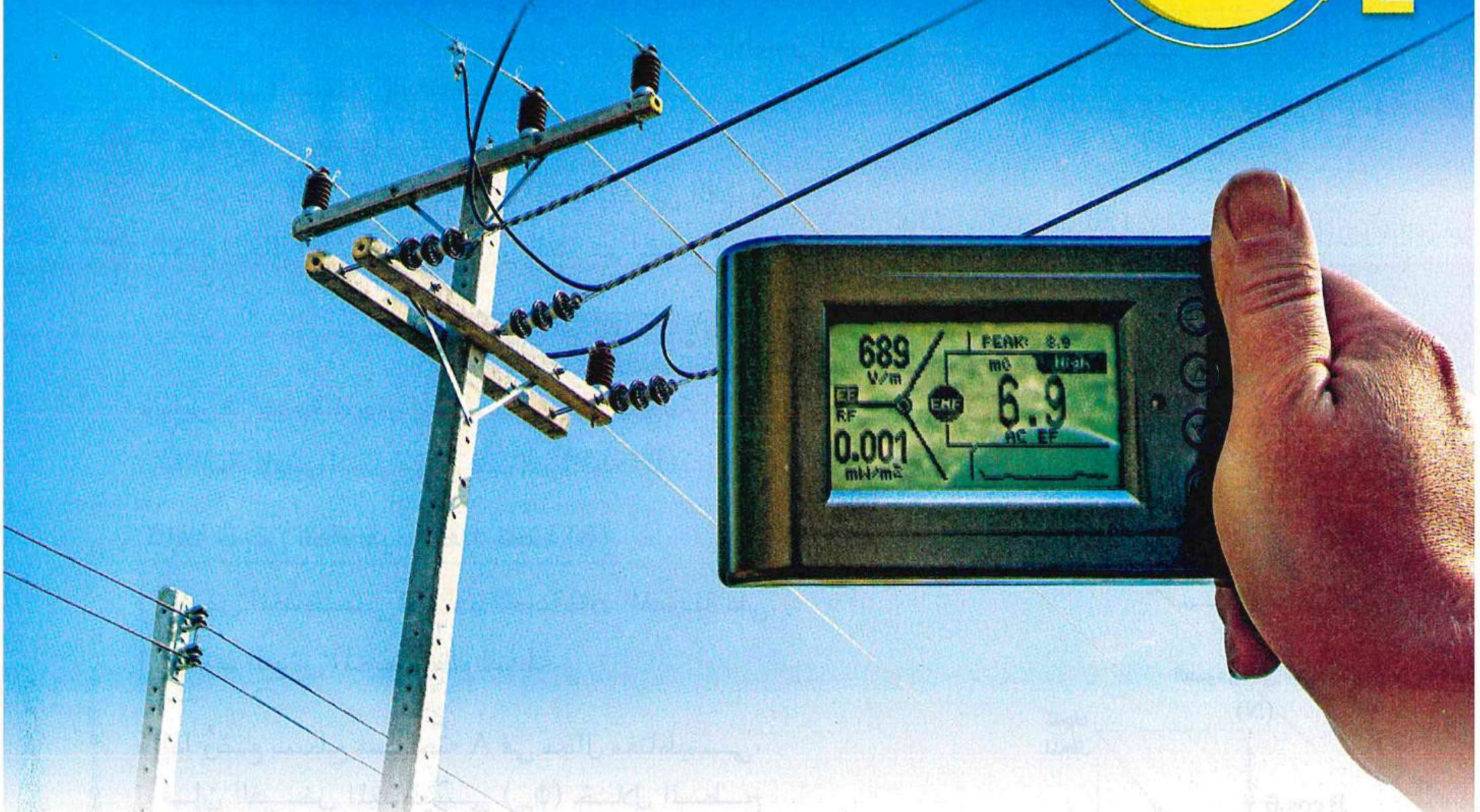
الدرس الأول	التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى.
الدرس الثانى	تابع التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى.
الدرس الثالث	• القوة المغناطيسية. • عزم الازدواج.
الدرس الرابع	أجهزة القياس الكهربى.



الفصل 2

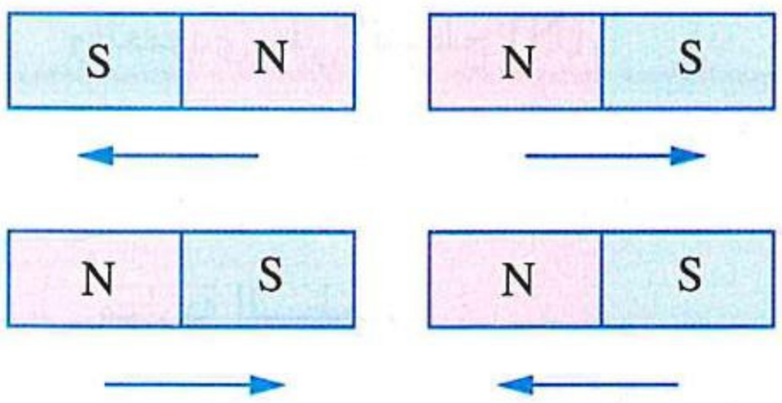
الدرس الأول

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى



* المغناطيس الطبيعى هو حجر موجود فى الطبيعة يجذب بعض المواد مثل الحديد والنيكل والكوبلت، وتسمى المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتى يظهر فيها تأثيره على هذه المواد **بالمجال المغناطيسى** للمغناطيس، كما أن أى مغناطيس له قطبان أحدهما شمالى (N) والآخر جنوبى (S).

* ثبت علميًا أن «**الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب**» لذلك عند تعليق مغناطيس حر الحركة من منتصفه فإن :

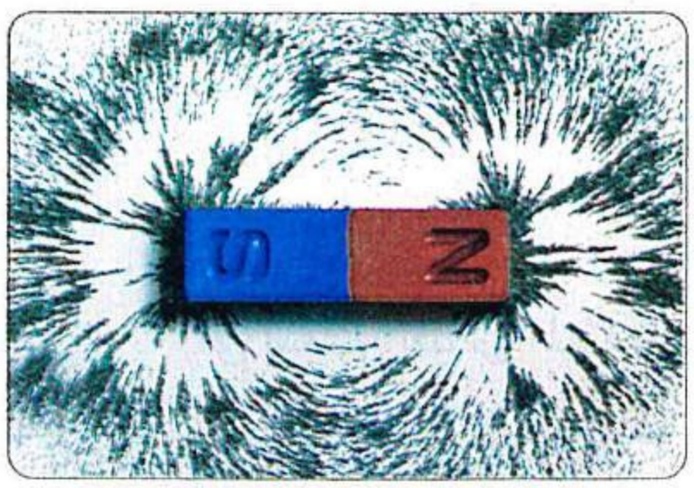


- أحد قطبيه يشير إلى اتجاه الشمال المغناطيسى ويسمى القطب الباحث عن الشمال أو اختصارًا **القطب الشمالى للمغناطيس**
- القطب الآخر يشير إلى اتجاه الجنوب المغناطيسى ويسمى القطب الباحث عن الجنوب أو اختصارًا **القطب الجنوبى للمغناطيس**،

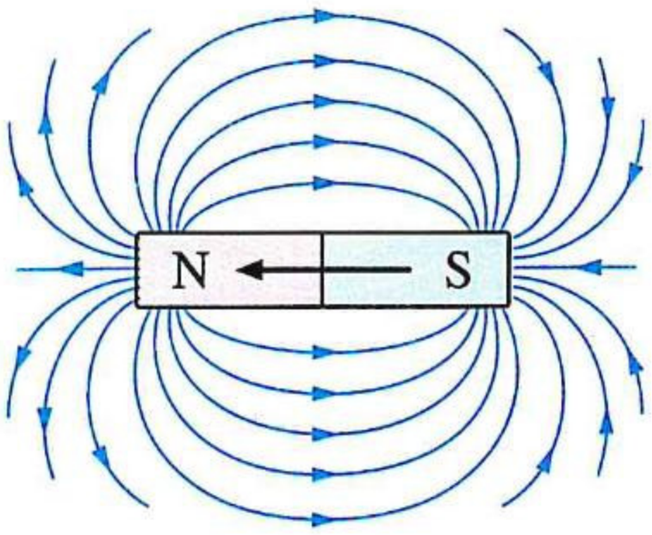
ويسمى المستوى الذى يستقر فيه المغناطيس **مستوى الزوال المغناطيسى** (فكرة عمل البوصلة).

تخطيط المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى

* عند نثر برادة حديد على لوح ورق مقوى ووضع قضيب مغناطيسى فوق اللوح ثم الطرق على لوح الورق طرقات خفيفة تترتب برادة الحديد على هيئة خطوط منحنية تسمى **خطوط الفيض المغناطيسى** (خطوط المجال المغناطيسى).



خواص خطوط الفيض المغناطيسى



١ تُكوِّن مسارات مغلقة حيث إنها تتجه :
* خـارج المغناطيـس : مـن القطـب الشـمالى للمغناطيـس إلـى القطـب الجنوبـى للمغناطيـس.
* داخـل المغناطيـس : مـن القطـب الجنوبـى للمغناطيـس إلـى القطـب الشـمالى للمغناطيـس.

٢ لا تتقاطع مع بعضها.

٣ تتزاحم عند قطبى المغناطيس وتتباعد بالبُعد عن القطبين.

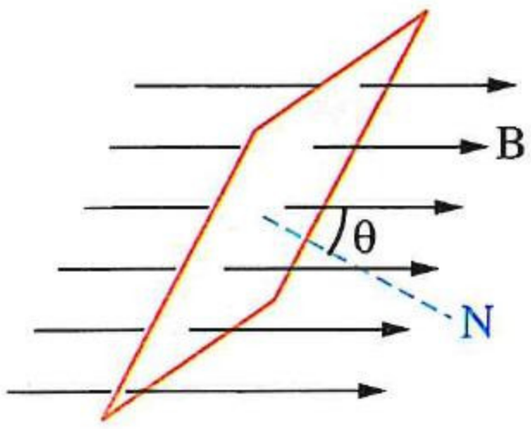
٤ اتجاه المجال المغناطيسى عند أى نقطة هو المماس لخط المجال عند تلك النقطة.

الفيض المغناطيسى Magnetic flux

* يُعبر عن شـدة المجال المغناطيسى عنـد نقطـة بكثافـة الفيض المغناطيسى عند تلك النقطة (B).

كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة (B)

الفيض المغناطيسـى لوحـدة المسـاحات العمودية على خطوط الفيض المحيطة بتلك النقطة.



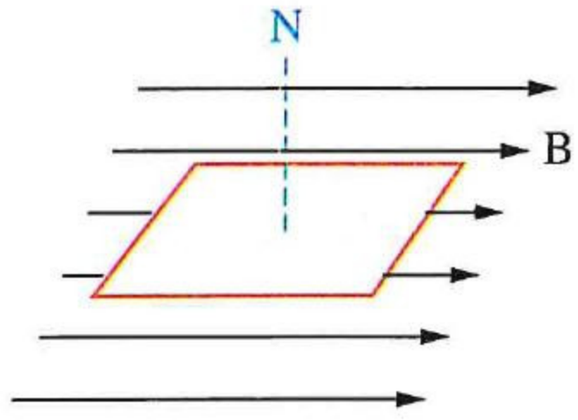
* إذا وُضع سـطح مسـاحته A فى مجال مغناطيسـى، فـإن الفيـض المغناطيسـى (ϕ_m) خـلال السطـح يتعين من العلاقة :

$$\phi_m = BA \cos \theta$$

حيـث : (θ) الزاويـة المحصورة بين اتجـاه المجـال والعمودى على السطح (N).

فإذا كانت خطوط الفيض

موازية للسطح : $\theta = 90°$

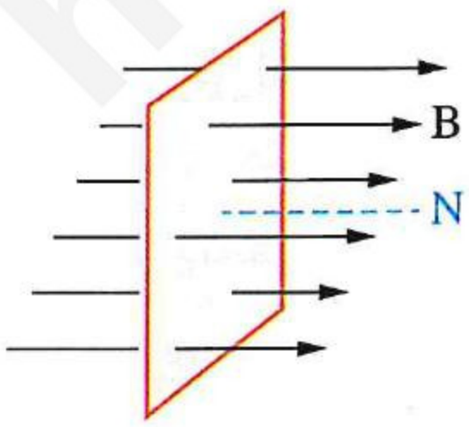


فإن

$\phi_m = BA \cos 90 = 0$

أى ينعدم الفيض المغناطيسى المار خلال هذا السطح

عمودية على السطح : $\theta = 0°$



$\phi_m = BA \cos 0 = BA$

أى يكون الفيض المغناطيسى المار خلال هذا السطح **قيمة عظمى**

https://t.me/E5_G5

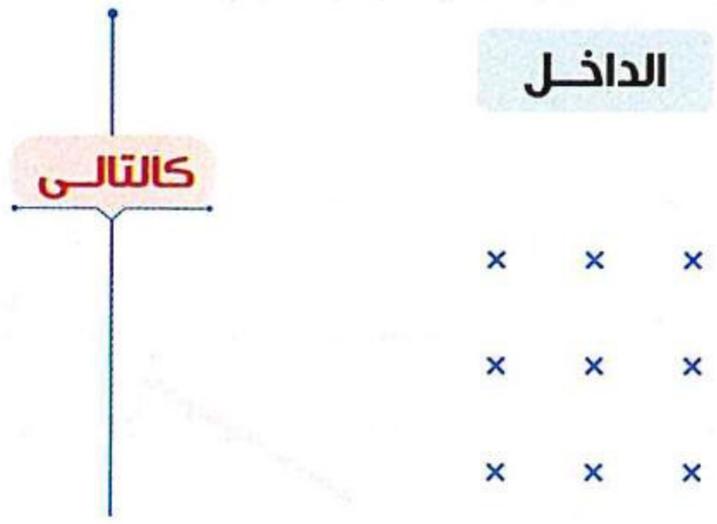
وحدة قياس الفيض المغناطيسى (ϕ_m) هى الوبر ("Weber"Wb)

وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسى (B) هى التسلا ("Tesla"T) وتكافئ الوبر/متر^2 (Wb/m^2)

ملاحظات

* نَصف المجال المغناطيسى بأنه منتظم عندما تكون كثافة الفيض المغناطيسى (B) لها نفس المقدار والاتجاه عند كل نقطة داخل هذا المجال.

* يُمثل المجال المغناطيسى عندما يكون عمودى على الصفحة وإلى :



مثـال

ملف مساحته $0.3\ m^2$ وضع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 0.05 T،

احسب الفيض المغناطيسى الذى يمر خلال الملف إذا كان الملف :

(أ) عمودى على الفيض. (ب) موازى للفيض. (جـ) يصنع زاوية 30° مع الفيض.

الحـــل

$A = 0.3\ m^2$ | $B = 0.05\ T$ | $\phi_m = ?$

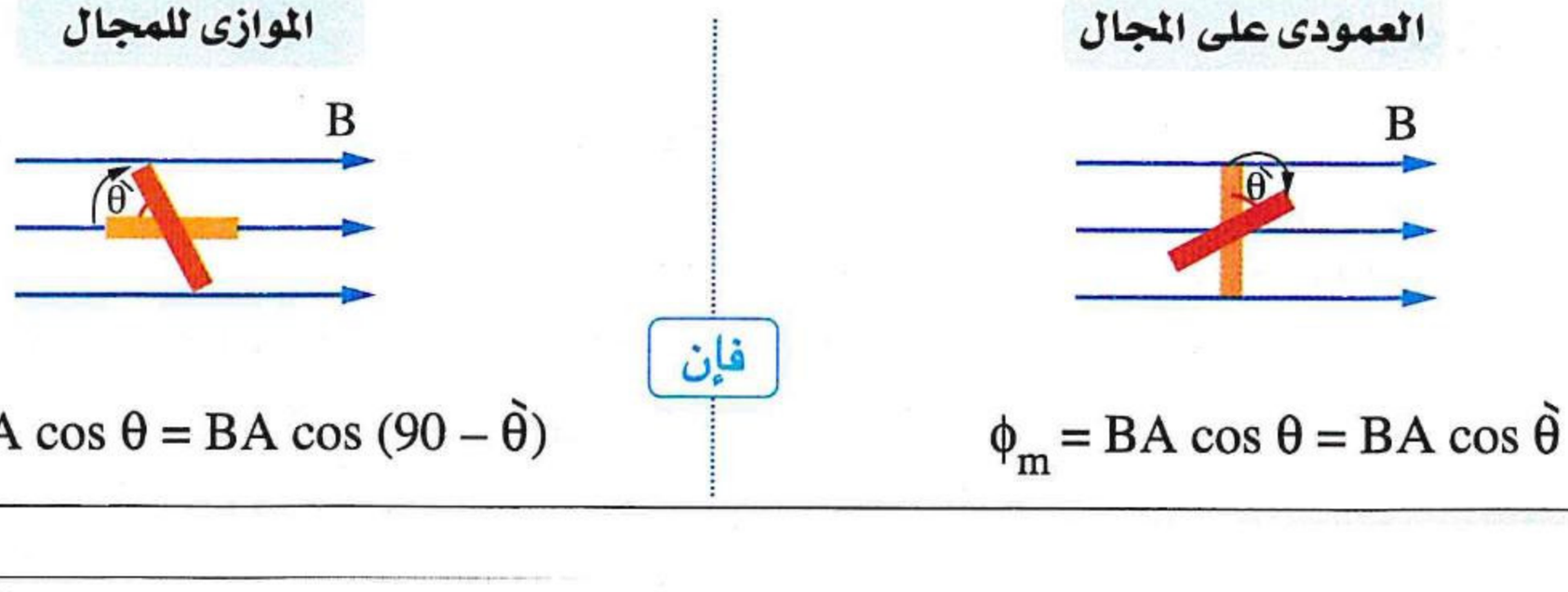
(أ) $\phi_m = BA \cos\theta = 0.05 \times 0.3 \times \cos 0 = \mathbf{0.015\ Wb}$

(ب) $\phi_m = \mathbf{0}$

(جـ) $\phi_m = 0.05 \times 0.3 \times \cos(90 - 30) = \mathbf{7.5 \times 10^{-3}\ Wb}$

إرشـاد :

* عند وضع ملف فى مجال مغناطيسى منتظم ثم إدارة الملف بزاوية $\grave{\theta}$ من الوضع :



https://t.me/E5_G5

مثـال

ملف مساحته $2\ m^2$ وضع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه $0.05\ Wb/m^2$،

احسب الفيض المغناطيسى الذى يمر خلال الملف بعد أن يدور بزاوية $30°$ مبتدءًا من :

(أ) الوضع العمودى على المجال. (ب) الوضع الموازى للمجال.

الحـــل

$A = 2\ m^2$ | $B = 0.05\ Wb/m^2$ | $\theta = 30°$ | $\phi_m = ?$

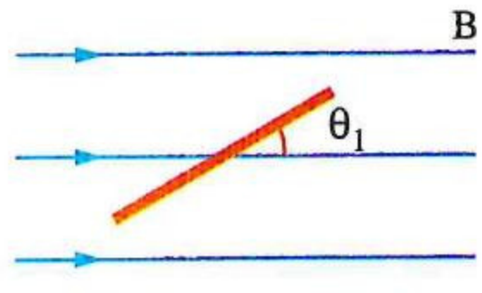
(أ) $\phi_m = BA \cos \theta = 0.05 \times 2 \times \cos 30 =$ **0.087 Wb**

(ب) $\phi_m = BA \cos (90 - \theta) = 0.05 \times 2 \times \cos 60 =$ **0.05 Wb**

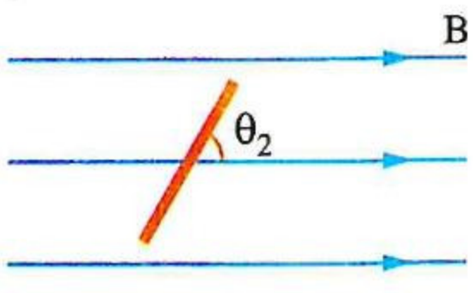
إرشـاد :

* عنـد دوران ملـف موضـوع فـى مجـال مغناطيسـى منتظم مـن الوضع (1) إلى الوضع (2) كما بالشكل المقابل، فإن :

$$\frac{(\phi_m)_1}{(\phi_m)_2} = \frac{\cos (90 - \theta_1)}{\cos (90 - \theta_2)}$$



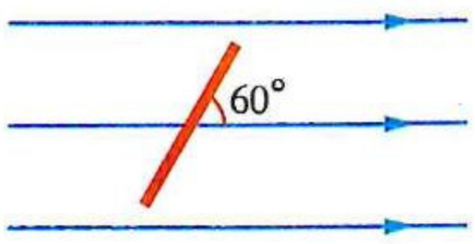
الوضع (1)



الوضع (2)

مثـال

اختر : فـى الشـكل المقابل ملف مسـاحته A موضوع فى مجال مغناطيسـى منتظـم كثافـة فيضه B بحيث يميل على المجال بزاوية $60°$ فكان الفيض الكلى الـذى يمـر خلال الملـف ϕ_m، فإن أقل زاوية يجـب أن يدور بهـا الملف ليصبح الفيض خلاله $\frac{1}{2}\phi_m$ هى .....



(أ) $24.34°$ (ب) $25.66°$ (جـ) $34.34°$ (د) $64.66°$

الحـــل

$(\phi_m)_1 = \phi_m$ | $\theta_1 = 60°$ | $(\phi_m)_2 = \frac{1}{2}\phi_m$ | $\theta_o = ?$

$\because \phi_m = BA \cos \theta$

$\because$ الملف مساحته ثابتة ويدور فى مجال مغناطيسى منتظم.

$$\therefore \frac{(\phi_m)_1}{(\phi_m)_2} = \frac{\cos (90 - \theta_1)}{\cos (90 - \theta_2)}$$

حيث : (θ_1) الزاوية بين مستوى الملف والمجال قبل دوران الملف،

(θ_2) الزاوية بين مستوى الملف والمجال بعد الدوران.

https://t.me/E5_G5

$$\therefore \frac{\phi_m}{\frac{1}{2}\phi_m} = \frac{\cos(90-60)}{\cos(90-\theta_2)}$$

$$\therefore 2 = \frac{\cos 30}{\cos(90-\theta_2)} \quad , \quad \cos(90-\theta_2) = \frac{\cos 30}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\therefore \theta_2 = 25.66°$$

* أى يدور الملف فى اتجاه عقارب الساعة بزاوية (θ_o) :

$$\theta_o = 60 - 25.66 = \mathbf{34.34°}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

* عندما يتحرك ملف بسرعة ثابتة مخترقًا منطقة مجال مغناطيسى منتظم، فإن الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف أثناء :

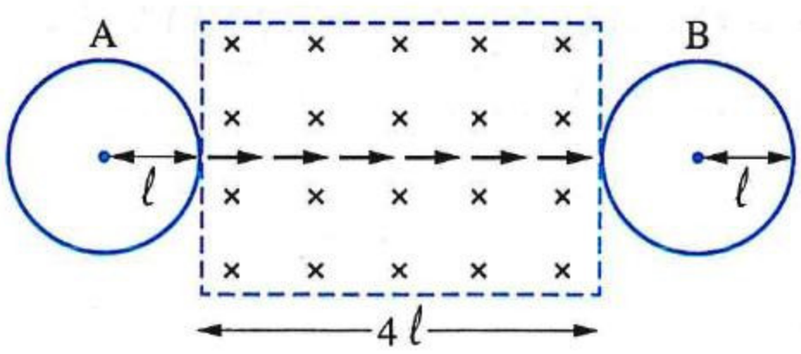
دخول الملف منطقة المجال	حركة الملف وهو بالكامل داخل المجال	خروج الملف من منطقة المجال
يتزايد	يظل ثابت	يتناقص

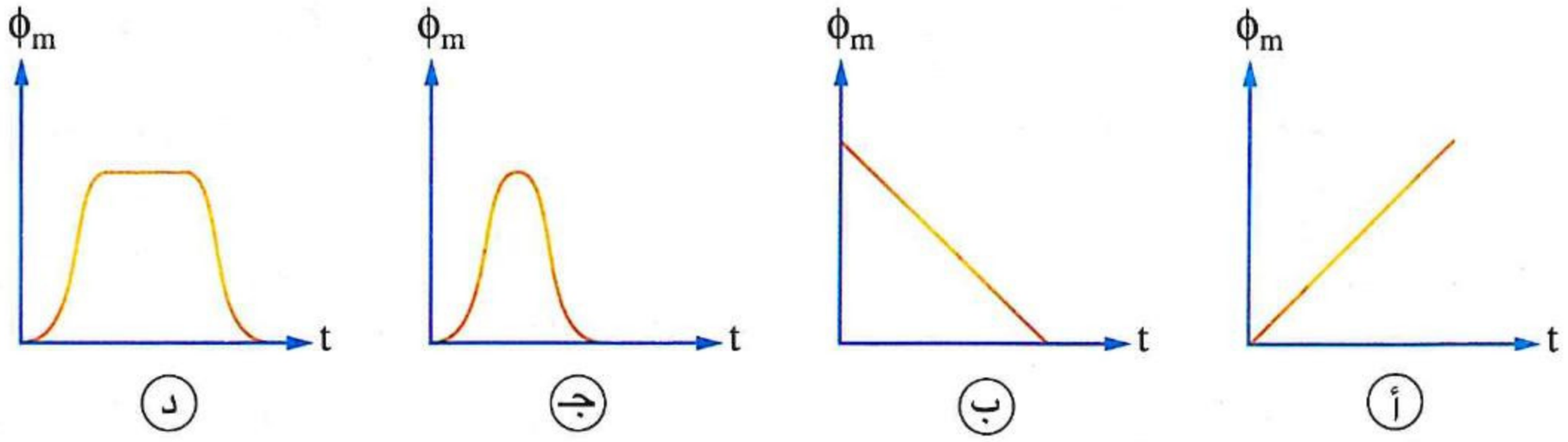
* يكون التزايد أو التناقص فى الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف بمعدل :

	منتظم	غير منتظم
عندما يكون	معدل التغير فى مساحة الملف التى تدخل أو تخرج من منطقة المجال **ثابت**	معدل التغير فى مساحة الملف التى تدخل أو تخرج من منطقة المجال **متغير** (غير ثابت)
مثال	ملف على هيئة مربع أو مستطيل يمر عبر منطقة مجال مغناطيسى منتظم	ملف على هيئة دائرة أو مثلث يمر عبر منطقة مجال مغناطيسى منتظم

مثـال

اختر : الشـكل المقابل يوضح ملـف دائرى نصف قطره (ℓ) يتحرك بسـرعة ثابتة إلى يمـين الصفحة مخترقًا منطقة مجال مغناطيسـى منتظـم عمودى على الصفحة وإلى الداخل فـإن العلاقة بين الفيض المغناطيسى (ϕ_m) الذى يمر خلال الملف أثناء حركته من الموضع A إلى الموضع B والزمن (t) هى .....





https://t.me/E5_gs

الحـــل

* **عند حركة الملف الدائرى بسرعة ثابتة مخترقًا مجال مغناطيسى منتظم عمودى عليه، فإنه أثناء :**

- دخـول الملـف منطقة المجال : يتزايد الفيض المغناطيســى الذى يخترق الملف بمعـدل غير منتظم حيث إن معدل التغير فى مساحة الملف التى يخترقها الفيض المغناطيسى غير ثابت (متغير).
- حركة الملف داخل المجال : يظل الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف ثابت لفترة.
- خروج الملف من منطقة المجال : يتناقص الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف بمعدل غير منتظم.

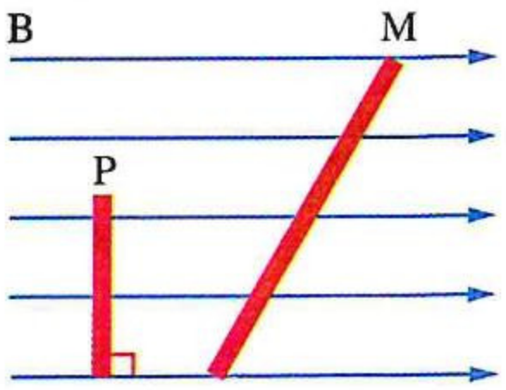
∴ الاختيار الصحيح هو (د)

اختبر نفسك

17 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

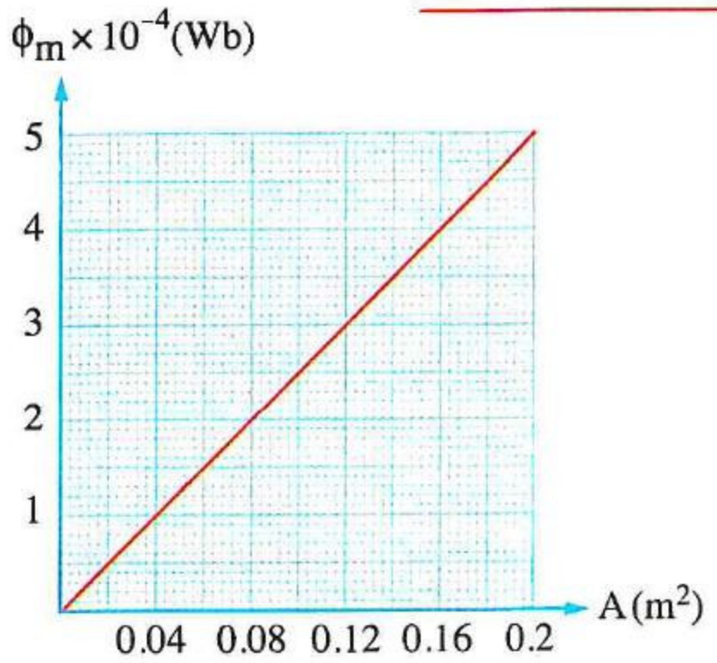
مجاب عنها

(١) فى الشكل المقابل إذا كانت مساحة الملف M ضعف مساحة الملـف P والملـف M يصنع زاوية 60° مــع اتجاه المجال فإن نســبة الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف M إلى الفيض المغناطيسى الذى يخترق الملف P تساوى .....



(أ) 0.5 (ب) 0.866 (جـ) 1.732 (د) 2

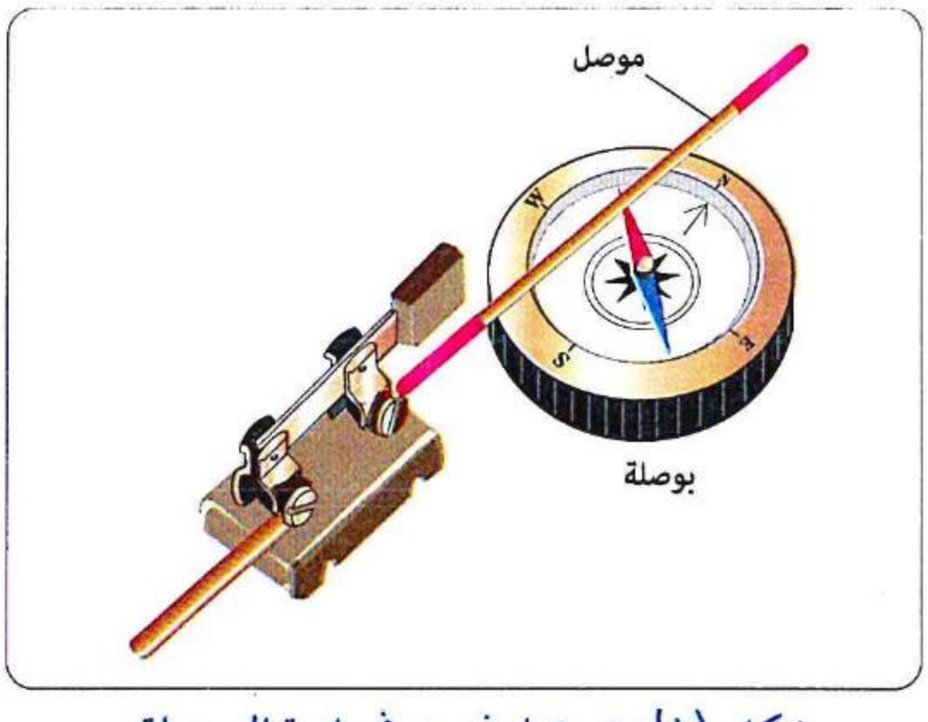
(٢) وُضعت عدة ملفات مســتطيلة مختلفة المســاحة كل على حدة فى مجال مغناطيسى منتظم بحيث يميل كل منها على اتجاه المجال بزاوية 60°، والشــكل البيانى المقابل يوضح العلاقة بين الفيض الكلى المار خلال الملف (ϕ_m) ومساحة الملف (A)، فتكون كثافة الفيض المغناطيسى المؤثر على جميع الملفات هى .....



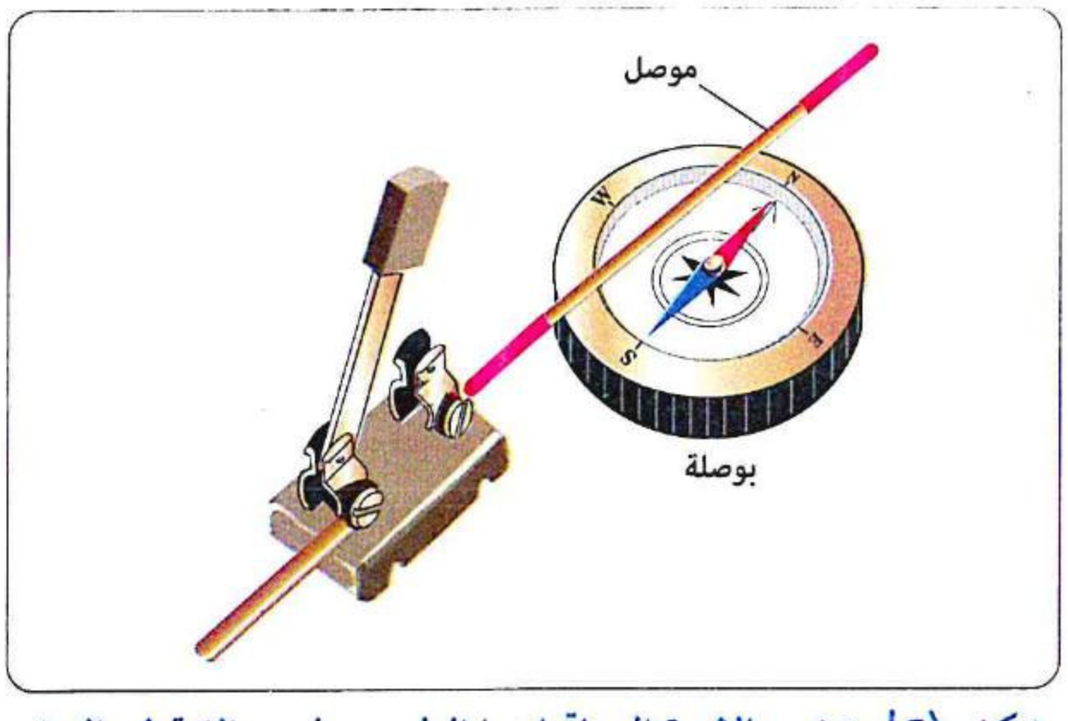
(أ) 2.5×10^{-3} T (ب) 2.75×10^{-3} T
(جـ) 2.89×10^{-3} T (د) 5×10^{-3} T

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى

* مثلما يوجد مجال مغناطيســى حول مغناطيس فإن مرور التيار الكهربى فى موصل يُنشــئ مجال مغناطيســى حول هذا الموصل وهو ما يطلق عليه **التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى** وهذا ما اكتشفه العالم الدنماركى هانز أورستد عـام ١٨١٩م عندما وضع إبرة بوصلة صغيرة فوق أو أســفل ســلك يمر به تيار كهربــى ومحورها موازى له فلاحظ انحراف إبرة البوصلة (شكل (١)) وعندما قطع التيار الكهربى استعادت إبرة البوصلة اتجاهها الأصلى (شكل (٢)).

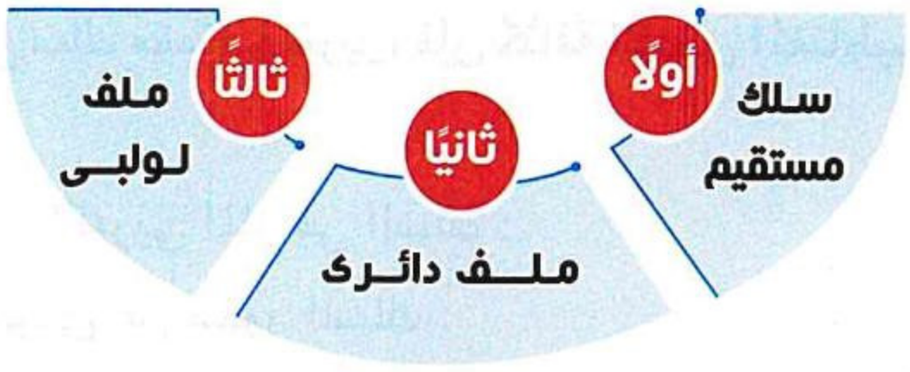


شكل (١) : يمر تيار فتنحرف إبرة البوصلة



شكل (٢) : تشير الإبرة إلى اتجاهها الطبيعى فى حالة قطع التيار

* فيما يلى سندرس المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى موصل على هيئة :



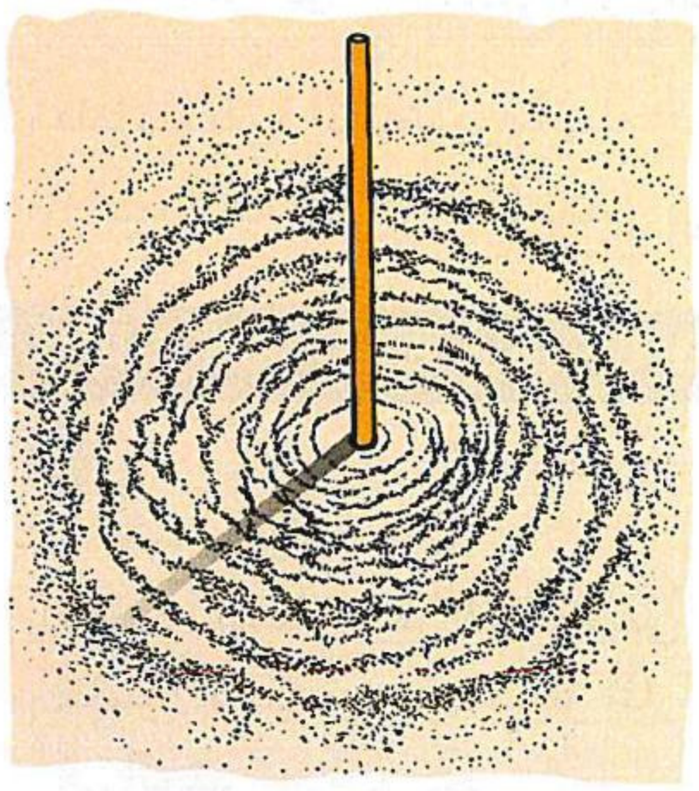
أولًا المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم

شكل خطوط الفيض المغناطيسى

للتعرف على شكل خطوط الفيض المغناطيسى نُجرى الخطوات الآتية

١ انثر برادة حديد على لوح من الورق المقوى موضوع أفقيًا ويخترقه سلك مستقيم يمر به تيار كهربى فى وضع رأسى، واطرق لوح الورق طرقات خفيفة.

الملاحظة : تترتب برادة الحديد على هيئة دوائر متحدة المركز ومركزها السلك بحيث تتزاحم الدوائر بالقرب من السلك وتتباعد ببعدها عنه كما بالشكل.



٢ قم بزيادة شدة التيار الكهربى المار فى السلك، واطرق لوح الورق مرة أخرى.

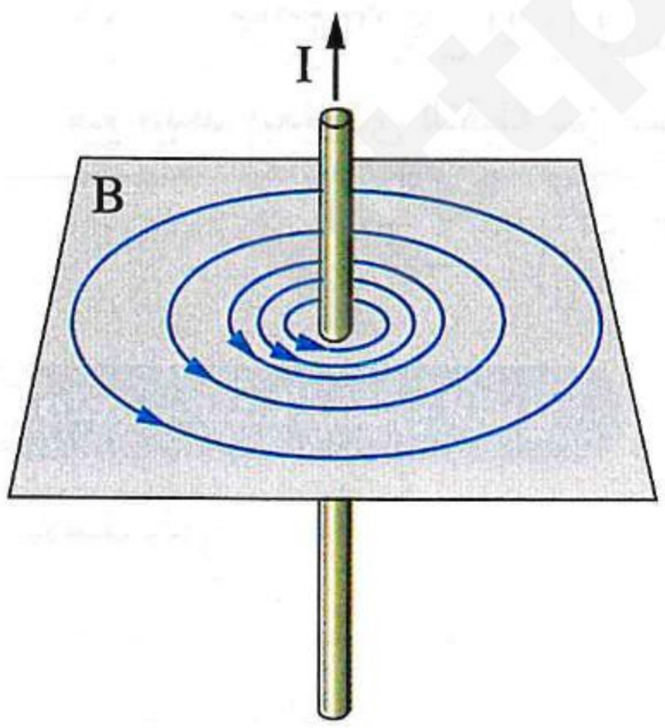
الملاحظة : يزداد تزاحم الدوائر حول السلك.

الاستنتاج

١ تعبر الدوائر عن خطوط الفيض المغناطيسى.

٢ تتزاحم خطوط الفيض المغناطيسى لنفس التيار بالقرب من السلك وتتباعد عن بعضها بزيادة البُعد عن السلك،

بحيث تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى عند أى نقطة عكسيًا مع بُعدها العمودى عن محور السلك ($B \propto \frac{1}{d}$).



٣ يزداد تزاحم خطوط الفيض المغناطيسى على نفس البُعد العمودى عن السلك عند زيادة شدة التيار الكهربى المار فى السلك مما يدل على أن كثافة الفيض المغناطيسى تزداد بزيادة شدة التيار الكهربى المار فى السلك وتقل بنقص شدة التيار الكهربى،

بحيث تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى طرديًا مع شدة التيار الكهربى ($B \propto I$).

https://t.me/EE_G5

حساب كثافة الفيض المغناطيسى

* **عند مرور تيار كهربى شدته I فى سلك مستقيم طويل، فإن كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة بُعدها العمودى عن محور السلك d :**

- تتناسب طرديًا مع شدة التيار الكهربى المار فى السلك : $B \propto I$
- تتناسب عكسيًا مع البُعد العمودى عن محور السلك : $B \propto \frac{1}{d}$

$\therefore B \propto \frac{I}{d}$ $\quad \therefore B = \text{constant} \times \frac{I}{d}$ $\quad \therefore \boxed{B = \frac{\mu I}{2\pi d}}$

وتسمى هذه العلاقة **قانون أمبير الدائرى**، حيث : (μ) **معامل النفاذية المغناطيسية للوسط** وهو ثابت للوسط الواحد.

معامل النفاذية المغناطيسية لوسط (μ)

قابلية الوسط لنفاذ الفيض المغناطيسى خلاله.

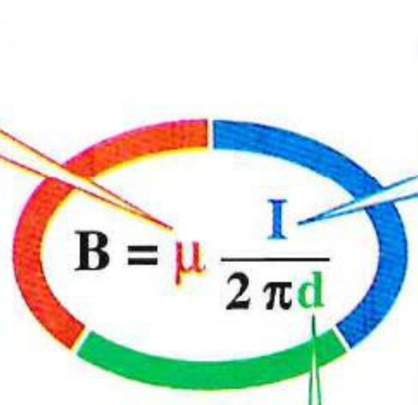
وحدة قياسه هى **تســـلا.متر/أمبير (T.m/A)** وتكافئ **وبر/أمبير.متر (Wb/A.m)**

* معامل النفاذية المغناطيسية للهواء = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m

فتصبح كثافة الفيض المغناطيسى فى الهواء :

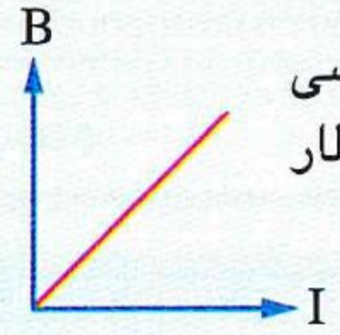
$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi d} = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة حول سلك مستقيم يمر به تيار كهربى



١ شدة التيار :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع شدة التيار المار فى السلك.

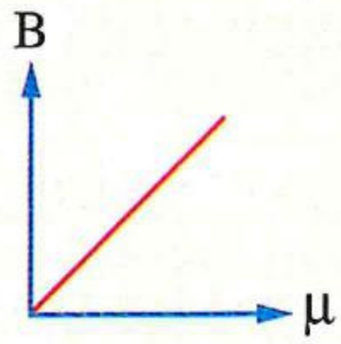


$$slope = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu}{2\pi d}$$

٢ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع معامل النفاذية المغناطيسية للوسط.

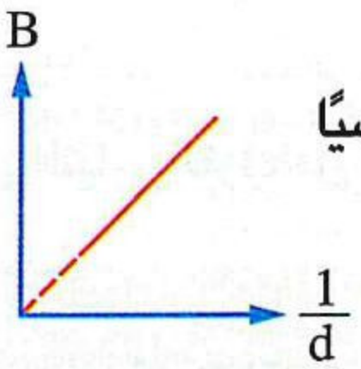
(ثابت للوسط الواحد)



$$slope = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{I}{2\pi d}$$

٣ البُعد العمودى للنقطة عن محور السلك :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **عكسيًا** مع البُعد العمودى للنقطة عن محور السلك.



$$slope = \frac{\Delta B}{\Delta(\frac{1}{d})} = \frac{\mu I}{2\pi}$$

قاعدة اليد اليمنى لأمبير



الاستخدام

تحديد اتجاه خطوط الفيض (المجال) المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

تخيـل أنك تقبض باليد اليمنى على السـلك بحيث يشـير الإبهـام لاتجاه التيار فإن اتجاه التفاف باقى الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.

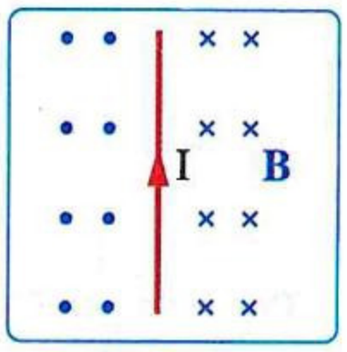
ملاحظات

* **ينصح ببناء المساكن بعيدًا عن أبراج الضغط الكهربى العالى،**

لتقليل تأثير المجال المغناطيسى الضار على الصحة والبيئة حيث إن كثافة الفيض المغناطيسى تقل بزيادة البُعد عن مصدر التيار حيث $\left(B \propto \frac{1}{d}\right)$.

* **عند تحديد اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم والسلك مرسوم :**

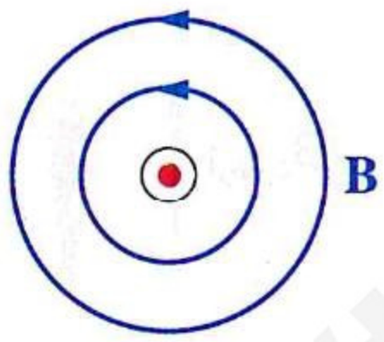
١ فى مستوى الصفحة

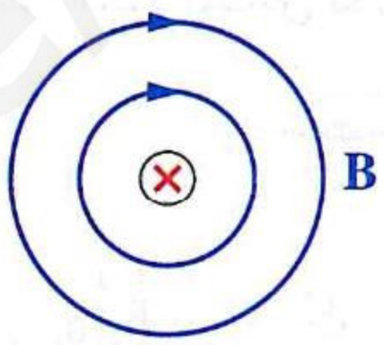


تشير العلامة

×	●
إلى أن خطوط الفيض المغناطيسى عمودية على الصفحة **وإلى الداخل**	إلى أن خطوط الفيض المغناطيسى عمودية على الصفحة **وإلى الخارج**

٢ عمودى على مستوى الصفحة





تشير العلامة

×	●
إلى أن اتجاه التيار **لداخل** الصفحة	إلى أن اتجاه التيار **لخارج** الصفحة

لاحظ أنه فى حالة إعطاء اتجاه حركة الإلكترونات الحرة فى السلك يكون الاتجاه الاصطلاحى للتيار عكس اتجاه حركة الإلكترونات الحرة.

مثـال ١

اختر : سـلك مسـتقيم طويل يمر به تيار شـدته 10 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة فى الهواء على بُعد 10 cm من محوره تساوى ..... (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 10^{-5} T　(ب) 2×10^{-5} T　(جـ) 3×10^{-5} T　(د) 4×10^{-5} T

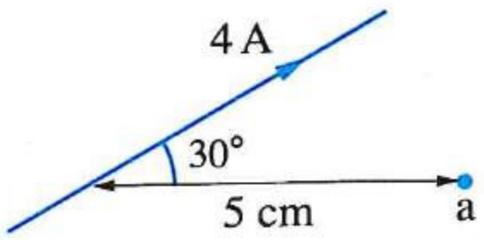
الحـــل

$I = 10$ A　$d = 0.1$ m　$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m　**B = ?**

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.1} = \mathbf{2 \times 10^{-5}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢



اختر : الشكل المقابل يوضح سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى شدته 4 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (a) تساوى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 1.6×10^{-5} T　(ب) 2.4×10^{-5} T　(جـ) 3.2×10^{-5} T　(د) 4.3×10^{-5} T

الحـــل

$I = 4$ A　$x = 5$ cm　$\theta = 30°$　$B_a = ?$

* البُعد العمودى (d) للنقطة (a) عن السلك :

$d = x \sin\theta = 5 \sin 30 = 2.5$ cm ,

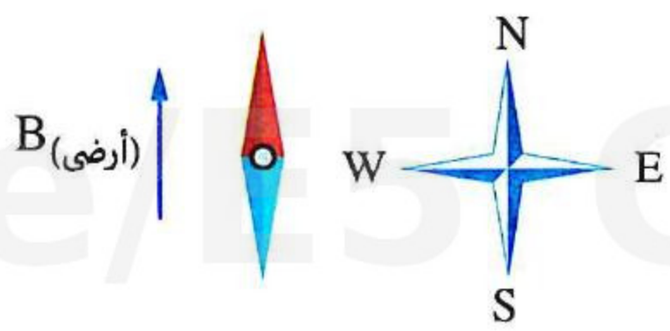
$$B_a = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 2.5 \times 10^{-2}} = 3.2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

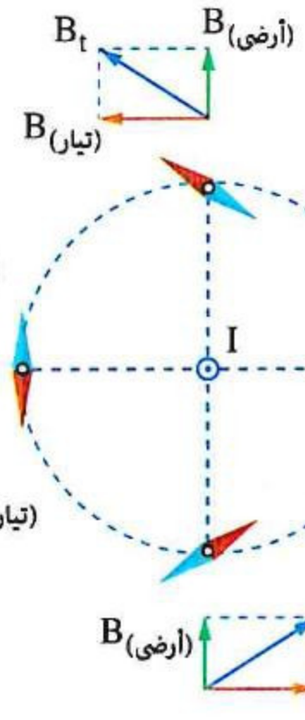
* عند وضع إبرة مغناطيسية فى مجال مغناطيسى فإنها تتخذ اتجاه هذا المجال، فإذا وُضعت فى :

(١) **المجال المغناطيسى للأرض** : تشير لاتجاهى الشمال والجنوب المغناطيسى الأرضى.

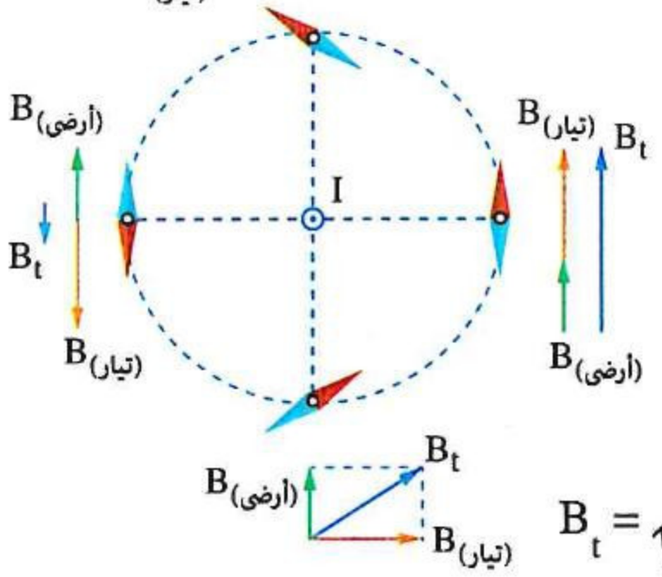


(٢) **المجال المغناطيسى الناشئ عن تيار كهربى يمر فى سلك مستقيم** : تشير لاتجاه المجال المغناطيسى عند كل نقطة وهو اتجاه المماس لخط الفيض عند هذه النقطة.

(٣) **المجالين معًا (المجال المغناطيسى للأرض والمجال المغناطيسى الناشئ عن تيار كهربى يمر فى سلك مستقيم)**، تشير الإبرة إلى اتجاه محصلة كثافتى الفيض فإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار فى السلك عند نقطة معينة أكبر من كثافة الفيض المغناطيسى للأرض عند تلك النقطة يكون اتجاه المحصلة كالتالى :

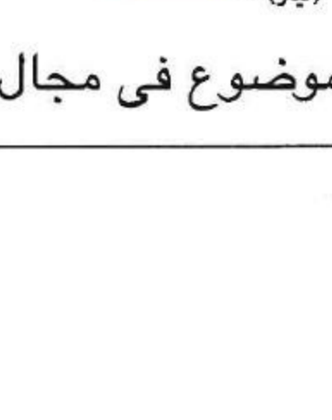


$$B_t = \sqrt{B^2_{(\text{تيار})} + B^2_{(\text{أرضى})}}$$



$$B_t = B_{(\text{تيار})} - B_{(\text{أرضى})}$$

$$B_t = B_{(\text{تيار})} + B_{(\text{أرضى})}$$



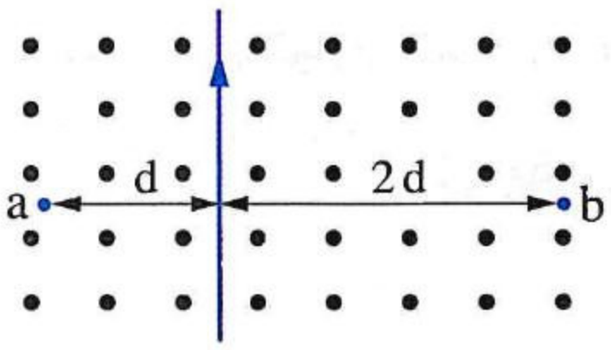
$$B_t = \sqrt{B^2_{(\text{تيار})} + B^2_{(\text{أرضى})}}$$

ويمكن تطبيق ذلك فى حالة سلك مستقيم موضوع فى مجال مغناطيسى منتظم خارجى.

https://t.me/E5G5

مثـال

اختر : الشـكل المقابل يوضح سـلك مسـتقيم طويل يمر به تيار كهربى شـدته (I) وموضـوع عموديًـا على مجـال مغناطيسـى منتظم اتجاهه لخـارج الصفحة وكثافة فيضه (B)، فكان مقدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسـى عنـد النقطـة (a) هو (2 B)، فـإن مقـدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (b) يساوى .....



أ) 0 ب) $\frac{B}{2}$ جـ) B د) $\frac{3B}{2}$

الحـــل

$B_{(خارجى)} = B$ | $(B_t)_a = 2B$ | $d_a = d$ | $d_b = 2d$ | $(B_t)_b = ?$

* عند النقطة (a) :

$$B_{(سلك)} = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الخارج

$$(B_t)_a = B_{(سلك)} + B_{(خارجى)}$$

$$2B = B_{(سلك)} + B \qquad \therefore B_{(سلك)} = B$$

* عند النقطة (b) :

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الداخل

$$B_{(سلك)} = \frac{\mu I}{2\pi \times 2d} = \frac{B}{2}$$

$$(B_t)_b = B_{(خارجى)} - B_{(سلك)} = B - \frac{B}{2} = \frac{B}{2}$$

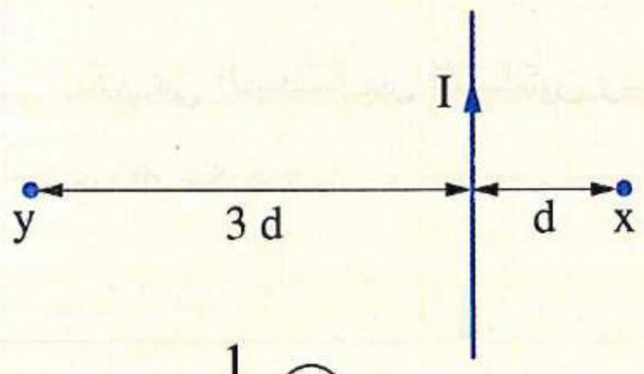
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

18 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

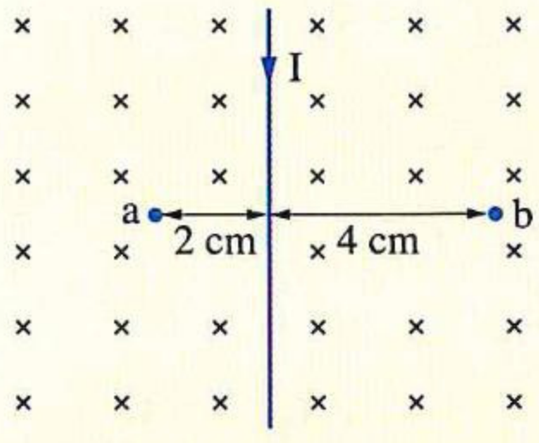
مجاب عنها

١ الشكل المقابل يوضح سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى مستمر شدته (I)، فإن نسبة كثافتى الفيض المغناطيسى الناشئ عن ذلك التيار عند كل من النقطتين x ، y $\left(\frac{B_x}{B_y}\right)$ تساوى .....



أ) $\frac{1}{2}$ ب) $\frac{3}{1}$ جـ) $\frac{2}{1}$ د) $\frac{1}{3}$

٢ الشكل المقابل يوضح سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى شدته (I) وموضوع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 2×10^{-5} T، فإذا كان مقدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (a) هو 6×10^{-5} T، فـإن مقدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسـى عند النقطة (b) هو .....



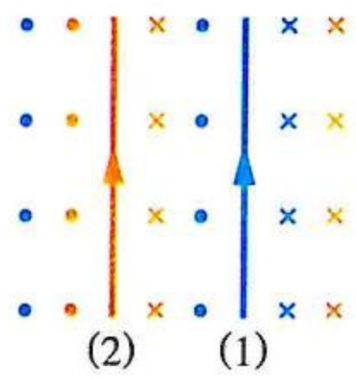
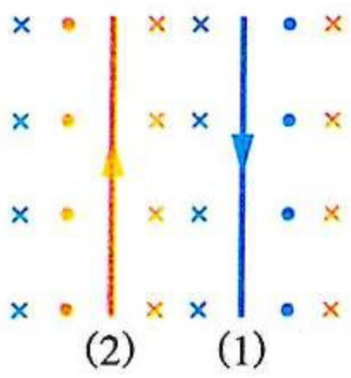
أ) 0 ب) 2×10^{-5} T جـ) 4×10^{-5} T د) 8×10^{-5} T

https://t.me/E5_G5

محصلة كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيارات كهربية فى أسلاك مستقيمة متوازية

* عند مرور تياران كهربيان فى سلكين (1) ، (2) مستقيمين طويلين متوازيين وكان التياران :

شكل المجال

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
	

كثافة الفيض عند أى نقطة تقع بين السلكين

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
– يكون اتجاه خطوط المجال بين السلكين فى **اتجاهين متضادين**، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع بين السلكين :	– يكون اتجاه خطوط المجال بين السلكين فى **نفس الاتجاه**، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع بين السلكين :
$B_t = B_1 - B_2$ (بفرض أن $B_1 > B_2$)	$B_t = B_1 + B_2$

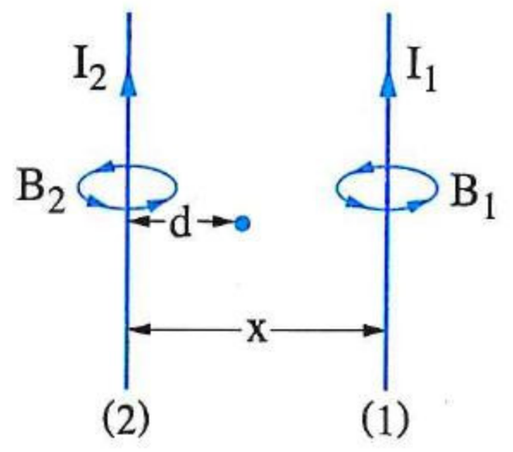
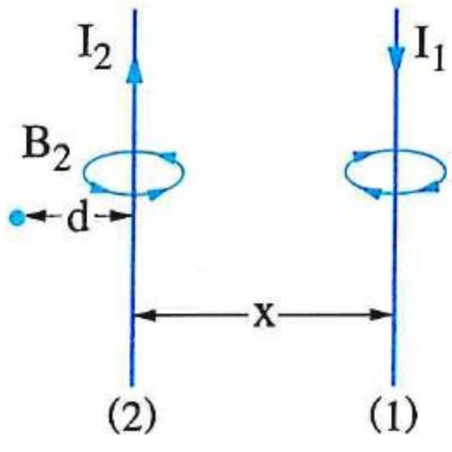
كثافة الفيض عند أى نقطة تقع خارج المنطقة بين السلكين

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
– يكون اتجاه خطوط المجال خارج السلكين فى **نفس الاتجاه**، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع خارج المنطقة بين السلكين :	– يكون اتجاه خطوط المجال خارج المنطقة بين السلكين فى **اتجاهين متضادين**، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع خارج المنطقة بين السلكين :
$B_t = B_1 + B_2$	$B_t = B_1 - B_2$ (بفرض أن $B_1 > B_2$)

نقطة التعادل
(نقطة تنعدمُ عندها كثافة الفيض المغناطيسى)

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
– تقع فى المنطقة **بين** السلكين وعندها تكون $B_1 = B_2$ وبذلك تكون : $B_t = B_1 - B_2 = 0$	– تقع **خارج** المنطقة بين السلكين وعندها تكون $B_1 = B_2$ وبذلك تكون : $B_t = B_1 - B_2 = 0$

ويمكن حساب بُعد نقطة التعادل كما يلى

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
	
$B_t = zero$, $B_1 = B_2$ $\mu \frac{I_1}{2\pi(x-d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$, $\frac{I_1}{x-d} = \frac{I_2}{d}$	$B_t = zero$, $B_1 = B_2$ $\mu \frac{I_1}{2\pi(x+d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$, $\frac{I_1}{x+d} = \frac{I_2}{d}$

(حيث : (d) بُعد نقطة التعادل عن السلك ذى التيار الأقل)

https://t.me/E5_GE

مما سبق نستنتج أن :

- **إذا مر فى سلكين تياران مختلفان تكون نقطة التعادل دائمًا أقرب للسلك الذى يمر به تيار أقل.**
- **نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربى فى نفس الاتجاه تقع فى المنطقة بين السلكين،**

لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين فى الاتجاه عند أى نقطة بين السلكين فتتكون نقطة التعادل فى المنطقة بين السلكين عندما يلاشى تأثير كل منهما تأثير الآخر.

- **نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربى فى اتجاهين متضادين تقع خارج المنطقة بين السلكين،**

لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين فى الاتجاه عند أى نقطة خارج المنطقة بين السلكين فتتكون نقطة التعادل خارج المنطقة بين السلكين عندما يلاشى تأثير كل منهما تأثير الآخر.

- **نقطة التعادل بين سلكين تقع فى منتصف المسافة بينهما،**

عندما يمر فى السلكين تياران لهما نفس الشدة وفى نفس الاتجاه.

- **لا تتكون نقطة تعادل لسلكين إذا مر فى السلكين تياران متساويان فى الشدة ومتضادان فى الاتجاه،**

لأن عند أى نقطة خارج السلكين تكون كثافة الفيض الناشئة عن السلك الأول لا تساوى كثافة الفيض الناشئة عن السلك الثانى **لاختلاف** المسافة بين كل من السلكين وتلك النقطة.

مثال ١

اختر: سلكان مستقيمان طويلان متوازيان وضعا فى الهواء على بُعد 30 cm من بعضهما، يمر فى أحدهما تيار كهربى شدته 40 A ويمر فى الثانى تيار كهربى شدته 20 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى المتولد عند نقطة بينهما تبعد 20 cm عن السلك الأول عندما يكون التياران المارّان فى السلكين : (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) فى اتجاه واحد تساوى .....

(أ) 0 (ب) 4×10^{-5} T (جـ) 8×10^{-5} T (د) 16×10^{-5} T

(ب) فى اتجاهين متضادين تساوى .....

(أ) 0 (ب) 4×10^{-5} T (جـ) 8×10^{-5} T (د) 16×10^{-5} T

الحل

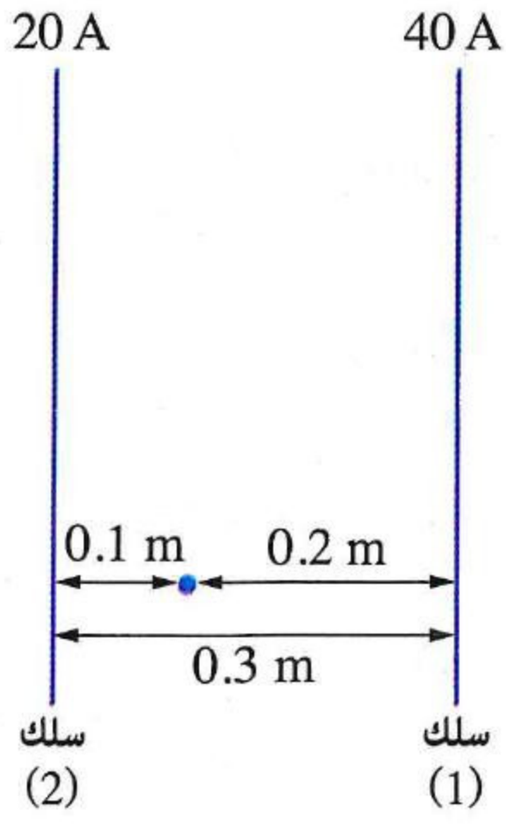
$I_1 = 40$ A | $I_2 = 20$ A | $x = 0.3$ m | $d_1 = 0.2$ m

$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 0.2} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.1} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$



$$B_t = B_1 - B_2 = 0$$

(أ)

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

$$B_t = B_1 + B_2 = 8 \times 10^{-5}\ T$$

(ب)

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٢

سلكان مستقيمان طويلان متوازيان المسافة بينهما فى الهواء 0.3 m، يمر بالسلك الأول تيار شدته 2 A ويمر بالسلك الثانى تيار شدته 3 A، **احسب بُعد نقطة التعادل عن كل من السلكين فى الحالتين الآتيتين :**

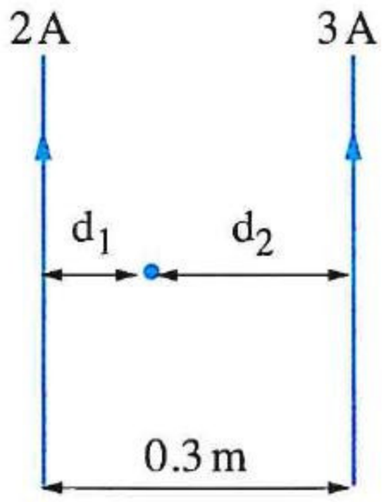
(أ) إذا مر تياران فى السلكين فى نفس الاتجاه.

(ب) إذا مر تياران فى السلكين فى اتجاهين متضادين.

الحـــل

$x = 0.3$ m	$I_1 = 2$ A	$I_2 = 3$ A	$d_1 = ?$	$d_2 = ?$

(أ)



$$B_1 = B_2 \quad , \quad \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

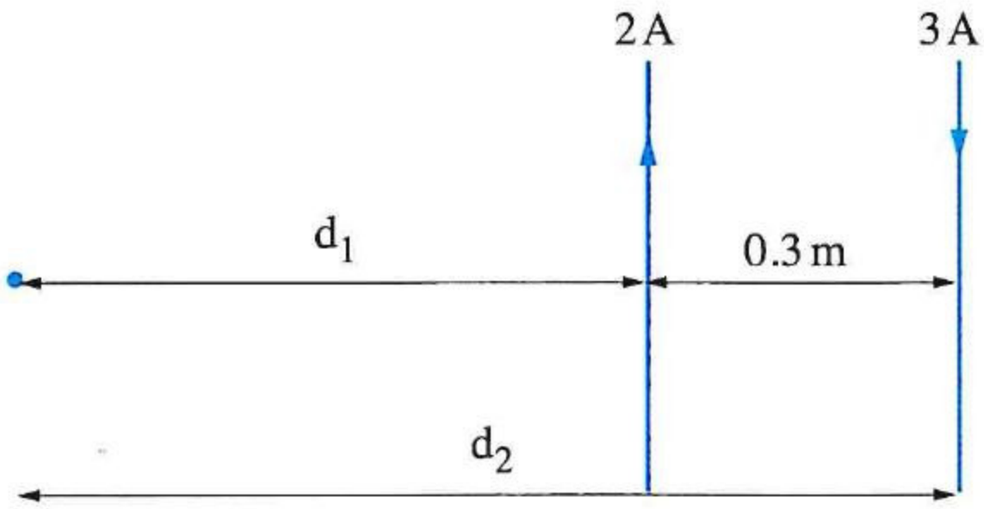
$$\frac{2}{d_1} = \frac{3}{0.3 - d_1} \quad , \quad 3\,d_1 = 0.6 - 2\,d_1$$

$$5\,d_1 = 0.6 \quad , \quad d_1 = 0.12\ m$$

$$d_2 = 0.3 - 0.12 = 0.18\ m$$

∴ نقطة التعادل على بُعد **0.12 m** من السلك الأول و **0.18 m** من السلك الثانى.

(ب)



$$B_1 = B_2 \quad , \quad \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{2}{d_1} = \frac{3}{0.3 + d_1}$$

$$3\,d_1 = 0.6 + 2\,d_1$$

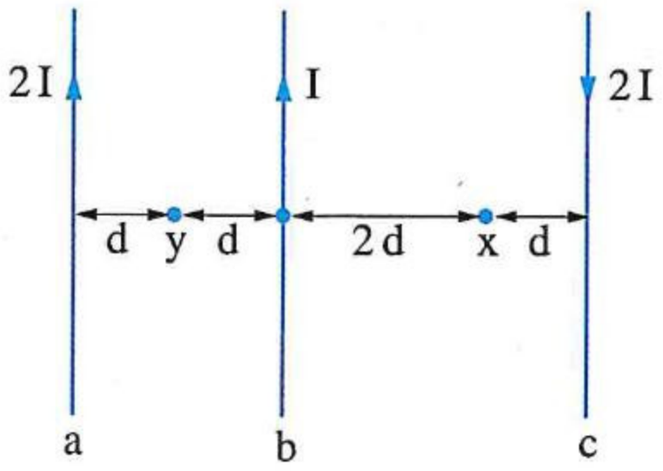
$$d_1 = 0.6\ m$$

$$d_2 = 0.3 + 0.6 = 0.9\ m$$

∴ نقطة التعادل على بُعد **0.6 m** من السلك الأول و **0.9 m** من السلك الثانى.

https://t.me/E5

مثـال ٣



اختر : الشـكل المقابل يمثل ثلاثة أسـلاك طويلة مسـتقيمة متوازية يمـر بكل منها تيـار كهربى، فإذا كان مقـدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (x) هو B، فإن مقدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (y) يساوى .....

(أ) 0 (ب) $\frac{B}{2}$

(جـ) B (د) 4 B

الحـــل

$I_a = 2I$ | $I_b = I$ | $I_c = 2I$ | $d_{ax} = 4d$ | $d_{ay} = d$ | $d_{bx} = 2d$

$d_{by} = d$ | $d_{cx} = d$ | $d_{cy} = 4d$ | $B_x = B$ | $B_y = ?$

* عند النقطة (x) :

$$B_{ax} = \frac{\mu I_a}{2\pi d_{ax}} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{2I}{4d} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I}{2d}$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الداخل

$$B_{bx} = \frac{\mu I_b}{2\pi d_{bx}} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I}{2d}$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الداخل

$$B_{cx} = \frac{\mu I_c}{2\pi d_{cx}} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{2I}{d}$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الداخل

$$\therefore B_x = B_{ax} + B_{bx} + B_{cx} = \frac{\mu}{2\pi}\left(\frac{I}{2d} + \frac{I}{2d} + \frac{2I}{d}\right)$$

$$= \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{3I}{d} = B$$

* عند النقطة (y) :

∵ اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى الناشئ عن كل من تيارى السلكين a ، c عمودى على الصفحة وإلى الداخل

واتجاه خطوط الفيض المغناطيسى الناشئ عن تيار السلك b عمودى على الصفحة وإلى الخارج.

$$\therefore B_y = B_{ay} + B_{cy} - B_{by}$$

$$= \left(\frac{\mu}{2\pi} \times \frac{2I}{d}\right) + \left(\frac{\mu}{2\pi} \times \frac{2I}{4d}\right) - \left(\frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I}{d}\right)$$

$$= \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{3I}{2d}$$

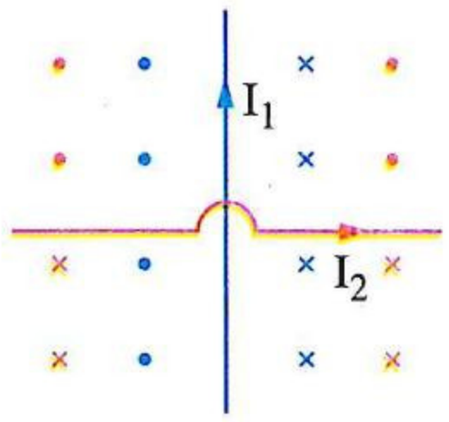
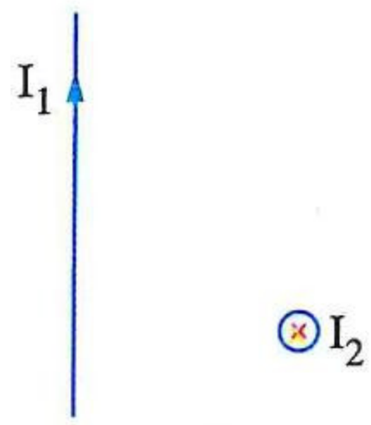
$$= \frac{B}{2}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* لتعيين محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة والناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلكين مستقيمين طويلين متعامدين ومعزولين تستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير لتحديد اتجاه الفيض المغناطيسى الناشئ عن كل تيار كهربى عند هذه النقطة، فإذا كان السلكان :

فى مستوى واحد	فى مستويين متعامدين
	

فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند

– نقطة معينة :

- إذا كان اتجاهى كثافة الفيض فى نفس الاتجاه :

$$B_t = B_1 + B_2$$

- إذا كان اتجاهى كثافة الفيض فى اتجاهين متضادين :

$$B_t = B_1 - B_2$$

– أى نقطة :

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

نقطة التعادل

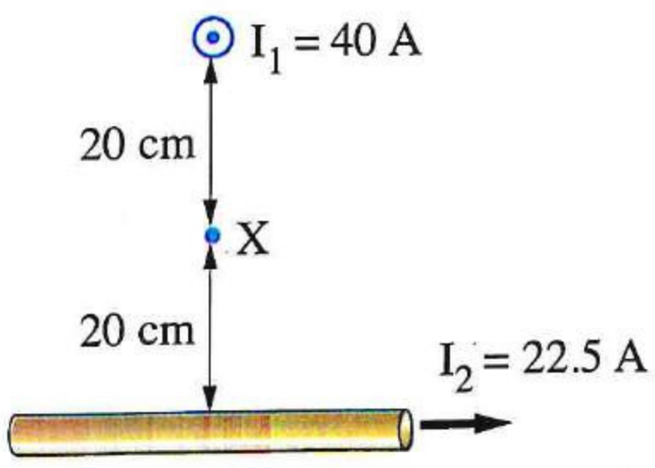
يمكن أن توجد نقطتا تعادل حول السلكين

لا توجد نقطة تعادل حول السلكين حيث إن اتجاهى كثافة الفيض دائمًا متعامدين على بعضهما البعض

مثـال

اختر : فى الشـكل المقابل سلكان مستقيمان طويلان ومتعامدان على بعضهما وأقصر مسافة بينهما 40 cm، فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة X تساوى .....

(علمًا بأن : $\mu_{(هواء)} = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



أ) 1.2×10^{-5} T ب) 2.4×10^{-5} T جـ) 4.6×10^{-5} T د) 6.8×10^{-5} T

الحـــل

$I_1 = 40$ A | $I_2 = 22.5$ A | $d_1 = 20$ cm | $d_2 = 20$ cm | $\mu_{(هواء)} = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \quad , \quad B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

اتجاهه عند النقطة X فى مستوى الصفحة جهة اليمين.

https://t.me/E5_G5

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 22.5}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 2.25 \times 10^{-5}\ T$$

اتجاهه عند النقطة X عمودى على الصفحة إلى الخارج.

∵ المجالين المغناطيسيين للسلكين متعامدين.

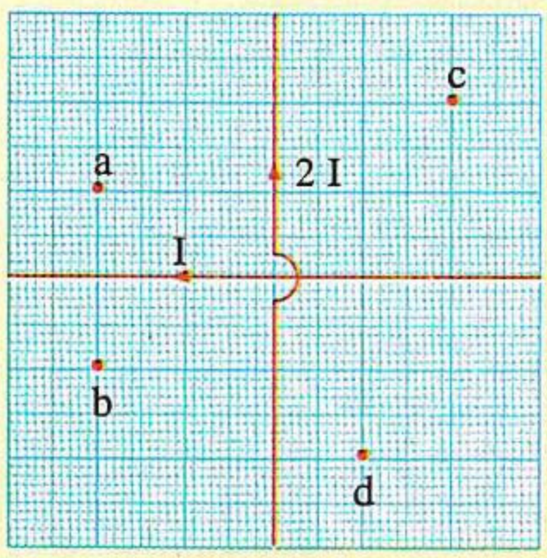
$$\therefore B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (2.25 \times 10^{-5})^2} = \mathbf{4.6 \times 10^{-5}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

19 اختبر نفسك

مجاب عنها

(١) اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



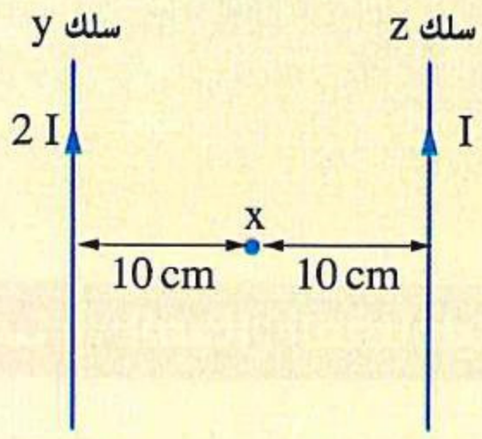
(١) سلكان مستقيمان طويلان متعامدان معزولان يمر بهما تياران كهربيان شدتهما واتجاهما كما بالشكل المقابل، أى النقاط المبينة بالشكل تمثل نقطة تعادل ؟

(أ) النقطة a (ب) النقطة b

(جـ) النقطة c (د) النقطة d

---

(٢) فى الشكل المقابل سلكان مستقيمان طويلان (y ، z) متوازيان وضُعا فى الهواء على بُعد 20 cm من بعضهما يمر فيهما تيار كهربى (I ، 2 I) على الترتيب، أى الإجراءات التالية تجعل كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة x تساوى الصفر ؟



(أ) تحريك السلك z مسافة 5 cm بعيدًا عن السلك y

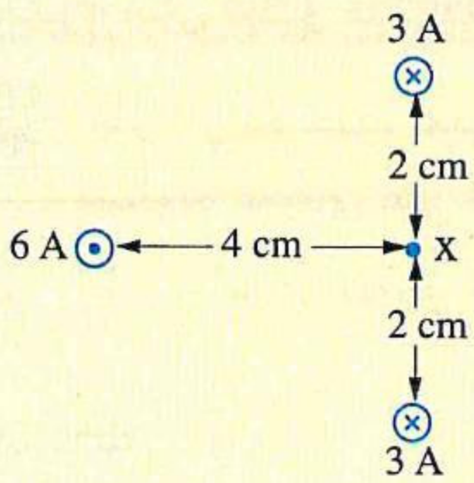
(ب) تحريك السلك z مسافة 5 cm تجاه السلك y

(جـ) تحريك السلك y مسافة 5 cm تجاه السلك z

(د) تحريك السلك y مسافة 5 cm بعيدًا عن السلك z

---

(٣) الشكل المقابل يمثل ثلاثة أسلاك مستقيمة طويلة متوازية وعمودية على مستوى الصفحة ويمر بكل منها تيار كهربى، فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة (x) تساوى .....

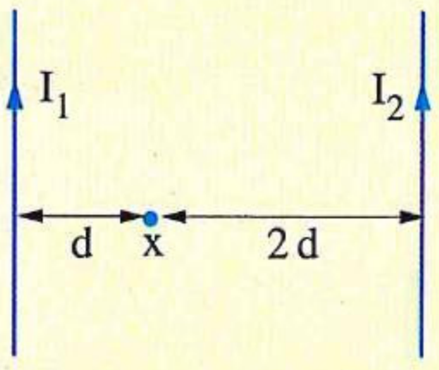


(أ) 0 (ب) $3 \times 10^{-5}\ T$

(جـ) $6 \times 10^{-5}\ T$ (د) $9 \times 10^{-5}\ T$

---

(٢) **فى الشكل المقابل** سلكان طويلان جدًا ومتوازيان فإذا كانت محصلة كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن تيارى السلكين عند النقطة (x) مساوية للصفر، **احسب** النسبة بين شدتى التيار فى السلكين $\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$.



.....

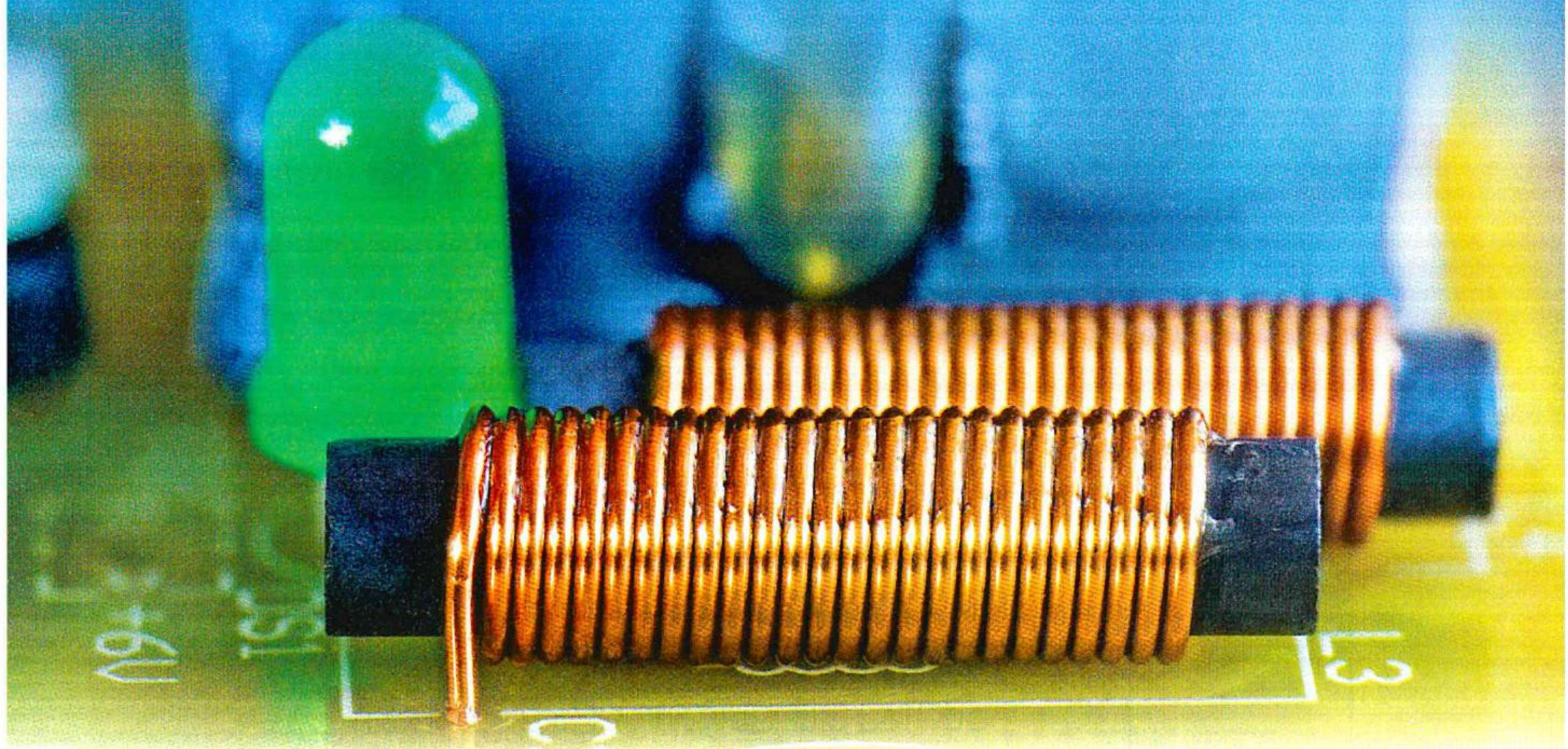
.....

https://t.me/E5_G5

الفصل 2

الدرس الثانى

تابع التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى



ثانيًا المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى ملف دائرى

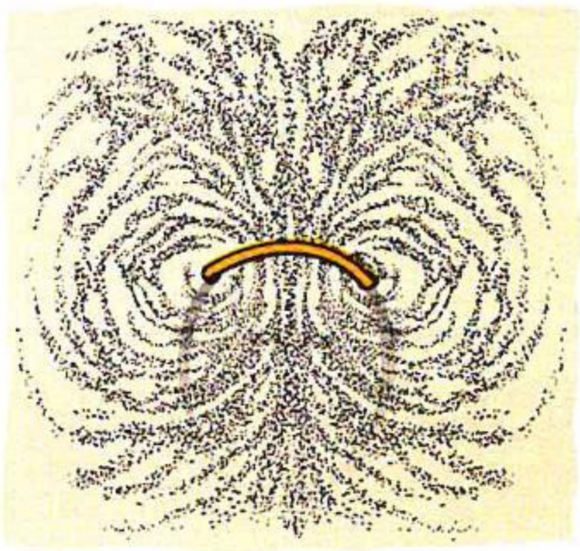
* عند مرور تيار كهربى فى ملف دائرى فإنه يسبب تولد مجال مغناطيسى داخل الملف وخارجه.

شكل وخواص خطوط الفيض المغناطيسى

للتعرف على شكل خطوط الفيض نُجرى الخطوات الآتية

١ انثر برادة حديد على لوح من الورق المقوى يخترقه ملف دائرى مستواه عمودى على اللوح ويمر به تيار كهربى.

٢ اطرق لوح الورق المقوى طرقات خفيفة.



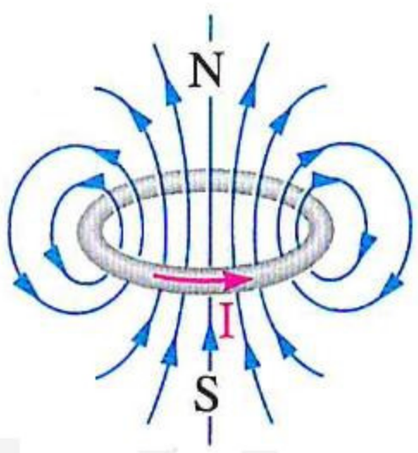
الملاحظة

تترتب برادة الحديد على شكل دوائر تفقد دائريتها كلما اقتربت من محور الملف.

الاستنتاج

١ ترتيب برادة الحديد يعبر عن شكل خطوط الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى الملف الدائرى.

٢ تفقد خطوط الفيض دائريتها (يقل انحناء خطوط الفيض) كلما اقتربت من مركز الملف.



https://t.me/E5_G5

٣ خطوط الفيض المغناطيسى عند مركز الملف الدائرى خطوط مستقيمة متوازية وموازية لمحور الملف ومتعامدة على مستوى الملف.

٤ المجال المغناطيسى الناشئ عن ملف دائرى يمر به تيار كهربى يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لقرص مغناطيسى مصمت له قطبان مستديران (مغناطيس قصير).

٥ تختلف كثافة الفيض المغناطيسى من نقطة لأخرى.

ملاحظة

*** لا يوجد فى الطبيعة أقطاب مغناطيسية منفردة فدائمًا يوجد لأى مغناطيس قطبان أحدهما شمالى والآخر جنوبى وبالتالى الملف الدائرى الذى يمر به تيار كهربى يكافئ ثنائى قطب مغناطيسى.**

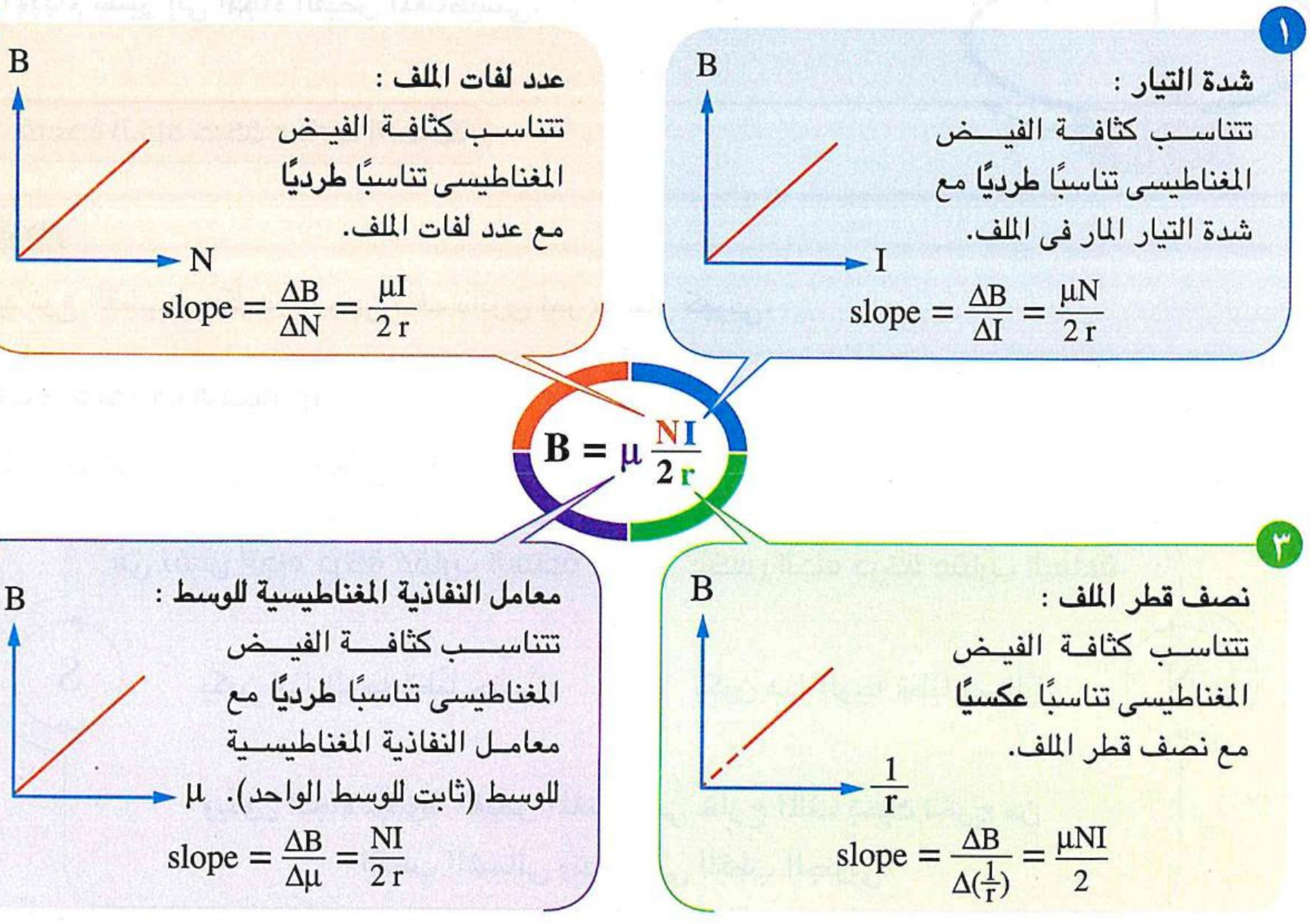
حساب كثافة الفيض المغناطيسى

*** إذا مر تيار كهربى شدته I فى ملف دائرى نصف قطره r وعدد لفاته N، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف الدائرى :**

- تتناسب طرديًا مع شدة التيار المار فى الملف : $B \propto I$
- تتناسب طرديًا مع عدد لفات الملف : $B \propto N$
- تتناسب عكسيًا مع نصف قطر الملف : $B \propto \frac{1}{r}$

$\therefore B \propto \frac{NI}{r}$ $\quad \therefore B = constant \times \frac{NI}{r}$ $\quad \therefore \boxed{B = \mu \frac{NI}{2r}}$

العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى يمر به تيار كهربى



https://t.me/EE65

تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى

١ قاعدة البريمة اليمنى

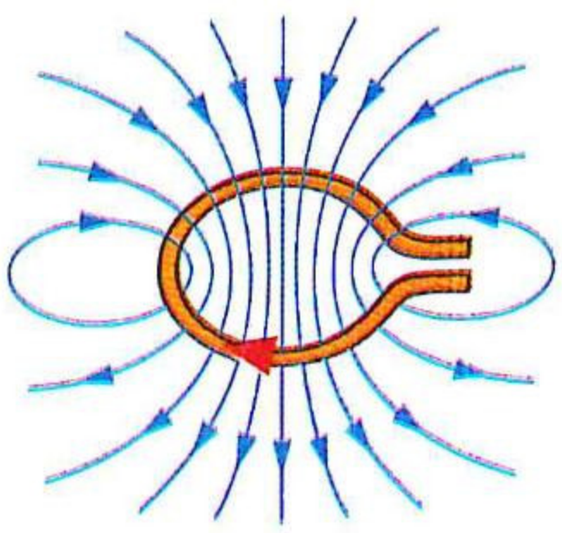


الاستخدام

تحديد اتجاه المجال (خطوط الفيض) المغناطيسى عند مركز ملف دائرى يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

عند دوران بريمة باليد اليمنى عند مركز الملف بحيث يشير اتجاه دورانها لاتجاه التيار فى الملف فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى عند مركز الملف.



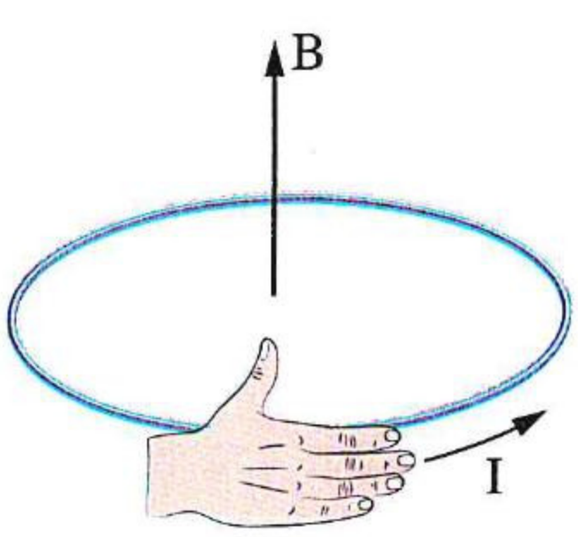
٢ قاعدة اليد اليمنى لأمبير

الاستخدام

تحديد اتجاه المجال (خطوط الفيض) المغناطيسى عند مركز ملف دائرى والناشئ عن مرور تيار كهربى فى الملف.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

إذا كان اتجاه أصابع اليد اليمنى (ماعدا الإبهام) يشير إلى اتجاه التيار فإن الإبهام يشير إلى اتجاه الفيض المغناطيسى.



٣ قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

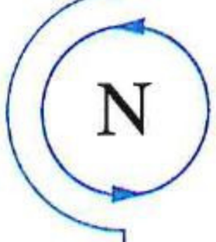
الاستخدام

تحديد نوع القطب فى كل من وجهى ملف دائرى يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

إذا كان اتجاه التيار فى أحد وجهى الملف :

فى نفس اتجاه حركة عقارب الساعة	عكس اتجاه حركة عقارب الساعة
يكون هذا الوجه قطبًا جنوبيًا	يكون هذا الوجه قطبًا شماليًا



ويكون اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى خارج الملف بحيث تخرج من القطب الشمالى وتدخل إلى القطب الجنوبى

https://t.me/E5_GE

مثال ١

اختر: ملف دائرى نصف قطره 11 cm وعدد لفاته 20 لفة، ويمر به تيار كهربى شدته 1.4 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف تساوى ..... (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 1.6×10^{-4} T (ب) 3.2×10^{-4} T (جـ) 1.6×10^{-6} T (د) 3.2×10^{-6} T

الحل

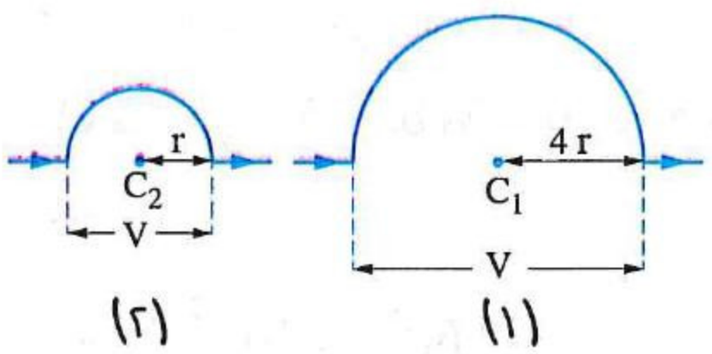
$r = 0.11$ m	$N = 20$	$I = 1.4$ A	$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m	**B = ?**

$$B = \frac{\mu N I}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 1.4}{2 \times 0.11} = \mathbf{1.6 \times 10^{-4}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثال ٢

اختر: فى الشكلين المقابلين نصفا حلقتين معدنيتين (١) ، (٢) من سلكين لهما نفس مساحة المقطع مصنوعان من مادة مقاومتها النوعية كبيرة ومختلفتان فى نصف القطر، إذا كان فرق الجهد بين طرفى كل منهما متساوى وكثافة الفيض المغناطيسى عند C_1 تساوى B، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند C_2 تساوى .....



(أ) 2 B (ب) 4 B (جـ) 8 B (د) 16 B

الحل

$r_1 = 4r$	$r_2 = r$	$B_1 = B$	$\mathbf{B_2 = ?}$

∵ $\ell_{(\text{سلك})} = N \times (\text{محيط اللفة}) = N \times 2\pi r$

∴ $\ell_1 = \frac{1}{2} \times 2\pi \times 4r = 4\pi r$ ∴ $\ell_2 = \frac{1}{2} \times 2\pi r = \pi r$

∵ $R = \frac{\rho_e \ell}{A}$

∵ قيمة كل من A ، ρ_e ثابتة.

∴ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{4\pi r}{\pi r} = \frac{4}{1}$

∵ $V = IR$

∵ قيمة V ثابتة.

∴ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{4}$

∵ $B = \frac{\mu N I}{2r}$

∴ $\frac{B_1}{B_2} = \frac{I_1 r_2}{I_2 r_1} = \frac{1}{4} \times \frac{r}{4r}$ ∴ $\frac{B}{B_2} = \frac{1}{16}$

$\mathbf{B_2 = 16\ B}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

* **حساب عدد لفات الملف (N) :**

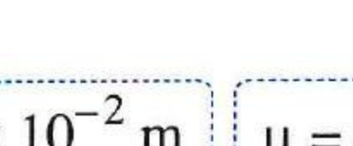
– إذا تم لف سلك طوله ℓ على شكل ملف دائرى نصف قطره r، فإن :

$$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة الواحدة}} = \frac{\ell}{2\pi r}$$

حيث : (N) قد يكون عدد صحيح أو غير صحيح.

– إذا كان الملف جزء من دائرة، فإن :

$$N = \frac{\theta}{360}$$

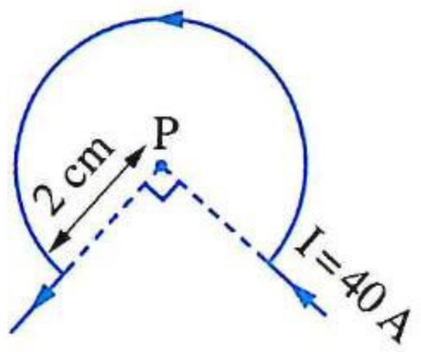


حيث : (θ) الزاوية المركزية المواجهة لسلك الملف.

مثـال

اختر : من الشكل المقابل، تكون كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة P هى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



(أ) 0

(ب) 3.23×10^{-4} T

(جـ) 6.55×10^{-4} T

(د) 9.43×10^{-4} T

الحـــل

$I = 40$ A | $r = 2 \times 10^{-2}$ m | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | **B = ?**

$\theta = 360 - 90 = 270°$, $N = \frac{\theta}{360} = \frac{270}{360} = 0.75$ لفة

$$\mathbf{B} = \mu \frac{NI}{2r} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{0.75 \times 40}{2 \times 2 \times 10^{-2}} = \mathbf{9.43 \times 10^{-4}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

* **فى حالة حلقة مكتملة يمر بها تيار كهربى بحيث تكون متصلة من خلال نقطتين على محيطها، وكان جزئى الحلقة بين طرفى التوصيل :**

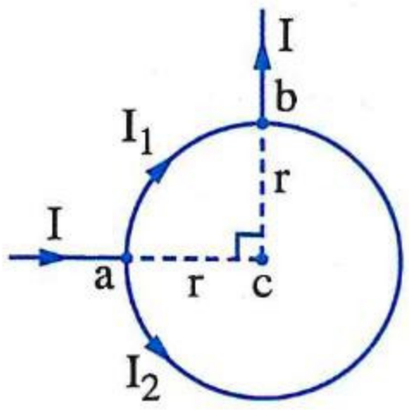
(١) من سلك منتظم المقطع، فإن المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار فى أحد جزئى الحلقة يلاشى المجال الناشئ عن مرور التيار فى الجزء الآخر فتكون دائمًا محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة **تساوى صفر.**

(٢) من سلكين مختلفين فى مساحة المقطع أو من مادتين مختلفتين، فإن المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار فى أحد جزئى الحلقة يكون اتجاهه معاكس للمجال الناشئ عن مرور التيار فى الجزء الآخر وبالتالى يتعين مقدار محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة من العلاقة :

$$\mathbf{B_t = |B_1 - B_2|}$$

https://t.me/E5_G5

مثال ١



اختر: الشكل المقابل يمثل حلقة معدنية من سلك منتظم المقطع يمر بها تيار كهربى، فإن كثافة الفيض المغناطيسى (B_t) عند مركز الحلقة تساوى .....

(أ) 0 (ب) B (جـ) 2 B (د) 4 B

الحل

$N_1 = \frac{1}{4}$ $N_2 = \frac{3}{4}$ $B_t = ?$

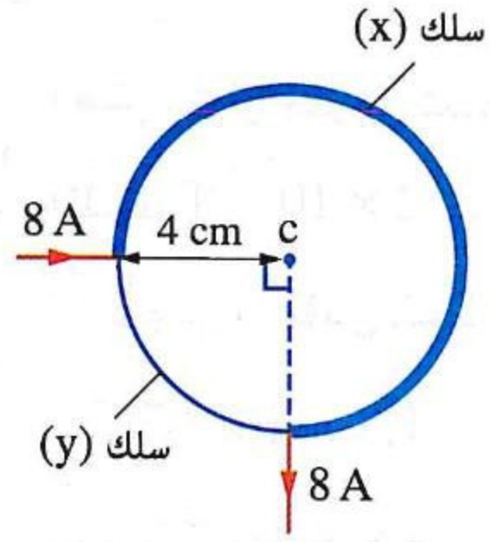
$\because \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3R}{R} = \frac{3}{1}$ $\because B = \frac{\mu N I}{2r}$

$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{\mu N_1 I_1}{2r} \times \frac{2r}{\mu N_2 I_2} = \frac{N_1 I_1}{N_2 I_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} \times \frac{3}{1} = 1$

$\therefore B_1 = B_2$ $\therefore B_t = B_1 - B_2 = 0$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثال ٢



اختر: سلكان x ، y من نفس المعدن، مساحة مقطع السلك (x) ثلاثة أمثال مساحة مقطع السلك (y)، وصلا معًا ليكونا حلقة دائرية واحدة، وأُمر بها تيار كهربى كما بالشكل المقابل، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند المركز (c) تساوى ..... (علمًا بأن : $\pi = 3.14$ ، $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 0 (ب) 3.14×10^{-5} T

(جـ) 6.29×10^{-5} T (د) 7.86×10^{-5} T

الحل

$A_x = 3 A_y$ $I = 8$ A $r = 4$ cm $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m $\pi = 3.14$ $B_c = ?$

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$

∵ قيمة ρ_e ثابتة.

$\because \ell = 2\pi r N$ $\therefore R \propto \frac{\ell}{A} \propto \frac{N}{A}$

$\therefore \frac{R_x}{R_y} = \frac{N_x A_y}{N_y A_x} = \frac{\frac{3}{4} \times A_y}{\frac{1}{4} \times 3 A_y} = \frac{1}{1}$

$\because I = \frac{V}{R}$

∵ قيمة V ثابتة.

$\therefore I \propto \frac{1}{R}$ $\therefore \frac{I_x}{I_y} = \frac{R_y}{R_x} = \frac{1}{1}$ $\therefore I_x = I_y = \frac{I}{2} = \frac{8}{2} = 4$ A

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

* عند النقطة (c) :

∵ اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار فى السلك (x) عكس اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار فى السلك (y).

$$B_c = B_x - B_y = \frac{\mu N_x I_x}{2r} - \frac{\mu N_y I_y}{2r} = \frac{\mu I_x}{2r} \times (N_x - N_y)$$

$$= \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 4}{2 \times 4 \times 10^{-2}} \times \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{4}\right) = \mathbf{3.14 \times 10^{-5}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشاد :

* فى حالة إعادة تشكيل ملف دائرى عدد لفاته N_1 ليصبح عددها N_2 ثم توصيله بنفس فرق الجهد الكهربى :

∵ طول السلك ثابت.

$$\therefore 2\pi r_1 N_1 = 2\pi r_2 N_2 \qquad \therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1} \qquad \therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{N_1 r_2}{N_2 r_1} = \frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

مثال

اختر : تيار كهربى شدته I يمر فى ملف دائرى مكون من ثلاث لفات فكانت كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف $1.2 \times 10^{-4}\ T$، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف إذا أُعيد لف الملف ليصبح مكون من ست لفات ومر به نفس شدة التيار تساوى .....

(أ) $1.2 \times 10^{-4}\ T$ (ب) $2.4 \times 10^{-4}\ T$

(جـ) $4.8 \times 10^{-4}\ T$ (د) $7.2 \times 10^{-4}\ T$

الحل

$N_1 = 3$ $B_1 = 1.2 \times 10^{-4}\ T$ $N_2 = 6$ $\mathbf{B_2 = ?}$

∵ طول سلك الملف ثابت.

$$\therefore 2\pi r_1 N_1 = 2\pi r_2 N_2 \qquad \therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

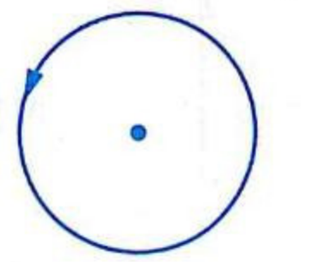
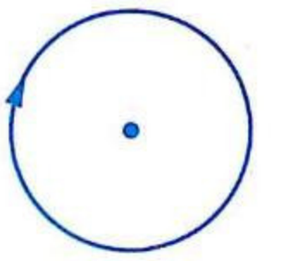
$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{N_1 r_2}{N_2 r_1} = \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad , \quad \frac{1.2 \times 10^{-4}}{B_2} = \frac{(3)^2}{(6)^2}$$

$$\therefore \mathbf{B_2 = 4.8 \times 10^{-4}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

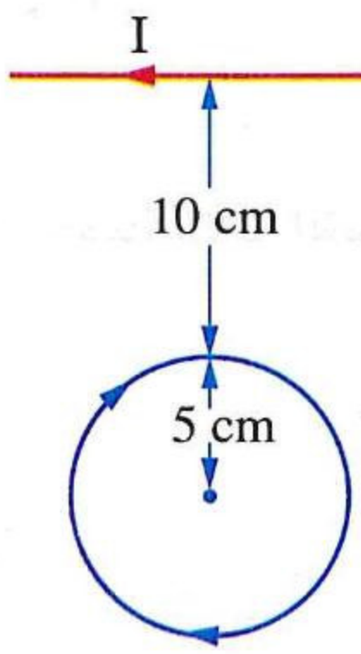
إرشـاد :

* لتعيين محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى عند وضع سلك مستقيم على بُعد معين من مركز الملف الدائرى وفى نفس مستواه ويمر بكل منهما تيار كهربى مستمر إذا كان مجال كل من السلك والملف :

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
	
فإن	
$B_t = B_{(ملف)} + B_{(سلك)}$	$B_t = B_{(ملف)} - B_{(سلك)}$ $(B_{(ملف)} > B_{(سلك)})$
	$B_t = B_{(سلك)} - B_{(ملف)}$ $(B_{(سلك)} > B_{(ملف)})$

مثـال

فى الشكل المقابل، ملف دائرى عدد لفاته 3 لفات ونصـف قطـره 5 cm يمر به تيار 1 A يوجد على بُعد 10 cm منه وفى نفس مستواه سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى كما بالشـكل، إذا كانت كثـافة الفيض عند مركـز الملف الدائرى منعدمة، **احسب :**



(أ) شدة التيار (I) المار فى السلك.

(ب) قيمة كثافة الفيض عند مركز الملف إذا عُكس اتجاه التيار المار فى السلك.

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

الحـــل

N = 3	r = 5 cm	$I_{(ملف)} = 1$ A	d = 15 cm	$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m	I = ?	$B_t = ?$

(أ)

$\therefore B_{(ملف)} = B_{(سلك)}$ $\because B_t = 0$

$$\frac{3 \times 1}{5} = \frac{I}{\pi \times 15} \quad , \quad \mu \frac{NI_{(ملف)}}{2r} = \mu \frac{I_{(سلك)}}{2\pi d}$$

$\therefore$ **I = 28.29 A**

(ب)

$$B_t = B_{(ملف)} + B_{(سلك)} = \mu \frac{NI_{(ملف)}}{2r} + \mu \frac{I_{(سلك)}}{2\pi d}$$

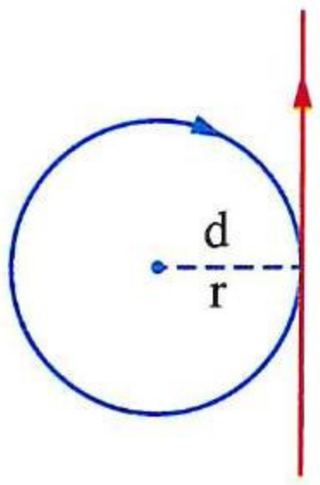
$$= 2\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{3 \times 1}{5 \times 10^{-2}} + \frac{28.29}{\pi \times 15 \times 10^{-2}}\right) = \mathbf{7.54 \times 10^{-5}\ T}$$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GE

إرشـاد :

* فى حالة سلك مستقيم يمس ملف دائرى وفى نفس مستواه بحيث تنعدم كثافة الفيض عند مركز الملف :



$$B_{(ملف)} = B_{(سلك)}$$

$$\frac{\mu N I_{(ملف)}}{2\,r} = \frac{\mu I_{(سلك)}}{2\,\pi d} \quad , \quad r = d$$

$$N I_{(ملف)} = \frac{I_{(سلك)}}{\pi}$$

مثـال ١

اختر : وُضع سلك مستقيم رأسيًا بحيث يكون مماسًا لملف دائرى مكون من لفة واحدة وفى نفس مستواه، فإذا مر فى الملف الدائرى تيار شدته 0.21 A فإن شدة التيار الكهربى الذى إذا مر فى السلك يسبب انعدام محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف تساوى .....

(أ) 0.22 A (ب) 0.33 A (جـ) 0.66 A (د) 0.99 A

الحـــل

$I_{(ملف)} = 0.21$ A | $N = 1$ | $I_{(سلك)} = ?$

∵ محصلة كثافة الفيض المغناطيسى تنعدم عند مركز الملف الدائرى.

$\therefore B_{(سلك)} = B_{(ملف)}$

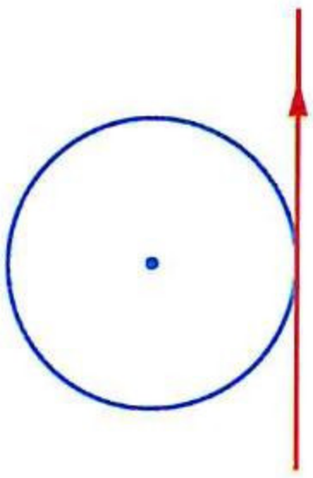
$\therefore \mu \frac{I_{(سلك)}}{2\,\pi d} = \mu \frac{N I_{(ملف)}}{2\,r}$, $\frac{I_{(سلك)}}{\pi} = N I_{(ملف)}$

$\therefore \frac{I_{(سلك)} \times 7}{22} = 1 \times 0.21$, $I_{(سلك)} = 0.66$ A

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٢

فى الشـكل المقابل سـلك مسـتقيم يمر به تيار شدته 5 A وُضع مماسًا لملف دائرى مكون من لفة واحدة نصف قطره 5 cm ويمر به تيار شـدته 3 A وفى مسـتواه، **احسـب كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف الدائرى إذا كان اتجاه التيار المار فيه :**



(أ) عكس اتجاه دوران عقارب الساعة. (ب) فى اتجاه دوران عقارب الساعة.

(علمًا بأن : $\mu = 4\,\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

الحـــل

$N = 1$ | $I_{(ملف)} = 3$ A | $I_{(سلك)} = 5$ A | $r = d = 5 \times 10^{-2}$ m | $\mu = 4\,\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

$$B_{(ملف)} = \mu \frac{N I_{(ملف)}}{2\,r} = 4\,\pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 3}{2 \times 5 \times 10^{-2}} = 3.77 \times 10^{-5}\ T$$

$$B_{(\text{سلك})} = \mu \frac{I_{(\text{سلك})}}{2\pi d} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{5}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5}\ T$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الخارج.

(أ) عندما يكون اتجاه التيار المار فى الملف الدائرى عكس اتجاه دوران عقارب الساعة يكون المجال المغناطيسى الناشئ عنه عمودى على الصفحة وإلى الخارج.

$$B_t = B_{(\text{ملف})} + B_{(\text{سلك})} = (3.77 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = \mathbf{5.77 \times 10^{-5}\ T}$$

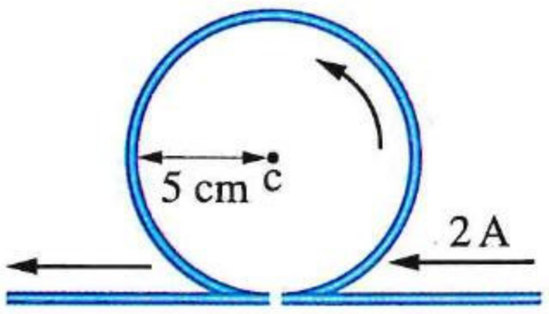
(ب) عندما يكون اتجاه التيار المار فى الملف الدائرى فى اتجاه دوران عقارب الساعة يكون المجال المغناطيسى الناشئ عنه عمودى على الصفحة وإلى الداخل.

$$B_t = B_{(\text{ملف})} - B_{(\text{سلك})} = (3.77 \times 10^{-5}) - (2 \times 10^{-5}) = \mathbf{1.77 \times 10^{-5}\ T}$$

مثال ٣

اختر: سلك طويل معزول يمر به تيار شدته 2 A لُف جزء منه على شكل حلقة دائرية نصف قطرها 5 cm كما بالشكل المقابل، فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة (c) تساوى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



أ 1.71×10^{-5} T　　ب 2.63×10^{-5} T　　جـ 3.31×10^{-5} T　　د 4.72×10^{-5} T

الحل

$I = 2$ A　　$r = 5$ cm　　$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m　　$B_c = ?$

$$B_{(\text{حلقة})} = \frac{\mu N I}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 2}{2 \times 5 \times 10^{-2}} = 2.51 \times 10^{-5}\ T$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الخارج.

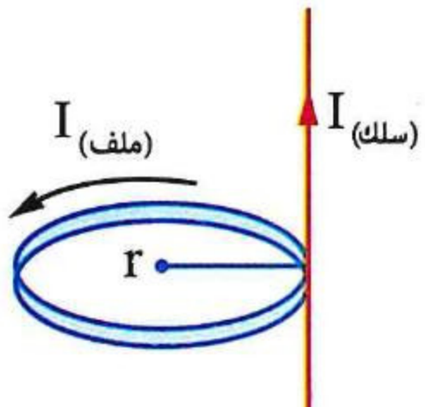
$$B_{(\text{سلك})} = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-6}\ T$$

اتجاهه عمودى على الصفحة وإلى الداخل.

$$B_c = B_{(\text{حلقة})} - B_{(\text{سلك})} = \left(2.51 \times 10^{-5}\right) - \left(8 \times 10^{-6}\right) = \mathbf{1.71 \times 10^{-5}\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

إرشاد :



* فى حالة سلك مستقيم يمس ملف دائرى بحيث يكون السلك موازى لمحور الملف الدائرى (أو السلك عمودى على مستوى الملف الدائرى) ويمر بكل منهما تيار كهربى يكون المجال المغناطيسى لكل من السلك والملف متعامدين عند مركز الملف وتكون محصلة كثافة الفيض عند مركز الملف الدائرى :

$$B_t = \sqrt{B^2_{(\text{سلك})} + B^2_{(\text{ملف})}}$$

https://t.me/E5_G5

مثـال

اختر : وُضع سـلك مسـتقيم رأسـيًا بحيث يكون مماسًـا لملف دائرى وموازيًا لمحور الملف وكان الملف يتكون من لفة واحـدة ونصـف قطـره 20 cm، فـإذا مر تيار كهربى فى كل من السـلك والملف شـدته على الترتيـب 20 A ، 5 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف تساوى ..... (علمًـا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 1.57×10^{-5} T (ب) 2×10^{-5} T (جـ) 2.54×10^{-5} T (د) 3.57×10^{-5} T

الحـــل

$N = 1$ | $I_{(سلك)} = 20$ A | $I_{(ملف)} = 5$ A | $r = d = 20 \times 10^{-2}$ m

$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | B_t = ?

$$B_{(سلك)} = \frac{\mu I_{(سلك)}}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_{(ملف)} = \frac{\mu N I_{(ملف)}}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 5}{2 \times 20 \times 10^{-2}} = 1.57 \times 10^{-5} \text{ T}$$

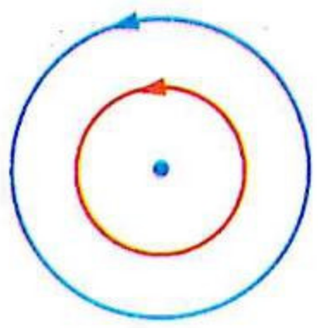
$$B_t = \sqrt{B_{(سلك)}^2 + B_{(ملف)}^2} = \sqrt{(2 \times 10^{-5})^2 + (1.57 \times 10^{-5})^2} = \mathbf{2.54 \times 10^{-5} \text{ T}}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

* فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك وفى نفس المستوى ويحملان تيارين :

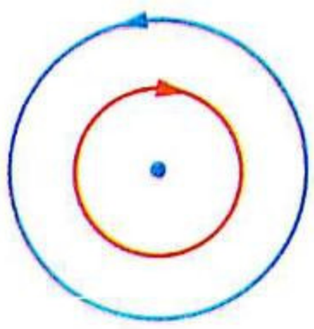
فى نفس الاتجاه



$B_t = B_1 + B_2$

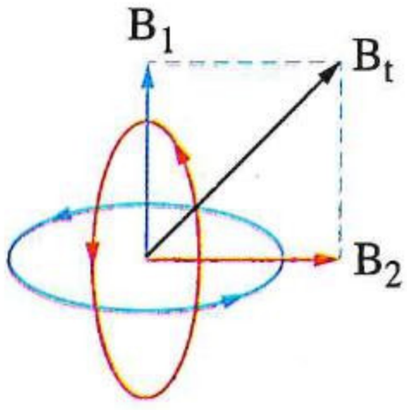
فإن

فى اتجاهين متضادين



$B_t = B_1 - B_2$

(بفرض أن $B_1 > B_2$)



* فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك ومتعامدين :

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

https://t.me/E5_G5

مثـال

ملفـان دائريـان متحدا المركز ولهما نفس المسـتوى، الملف الأول نصف قطره 40 cm وعـدد لفاته 300 لفة ويمر به تيار شـدته 10 A والملف الثانى نصف قطره 30 cm وعدد لفاته 400 لفة ويمر به تيار شـدته 6 A فى نفس اتجاه الأول، **أوجد كثافة الفيض المغناطيسى الكلى عند :** (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) المركز المشترك للملفين.

(ب) المركز المشترك عندما يدور أحد الملفين بحيث يصبح مستويا الملفين متعامدين.

الحـــل

$r_1 = 0.4$ m | $N_1 = 300$ | $I_1 = 10$ A | $r_2 = 0.3$ m | $N_2 = 400$

$I_2 = 6$ A | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

$$B_1 = \mu \frac{N_1 I_1}{2 r_1} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{300 \times 10}{2 \times 0.4} = 4.71 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$B_2 = \mu \frac{N_2 I_2}{2 r_2} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{400 \times 6}{2 \times 0.3} = 5.03 \times 10^{-3} \text{ T}$$

(أ) $B_t = B_1 + B_2 = (4.71 + 5.03) \times 10^{-3} = \mathbf{9.74 \times 10^{-3}}$ **T**

(ب) $B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(4.71 \times 10^{-3})^2 + (5.03 \times 10^{-3})^2} = \mathbf{6.89 \times 10^{-3}}$ **T**

اختبر نفسك 20

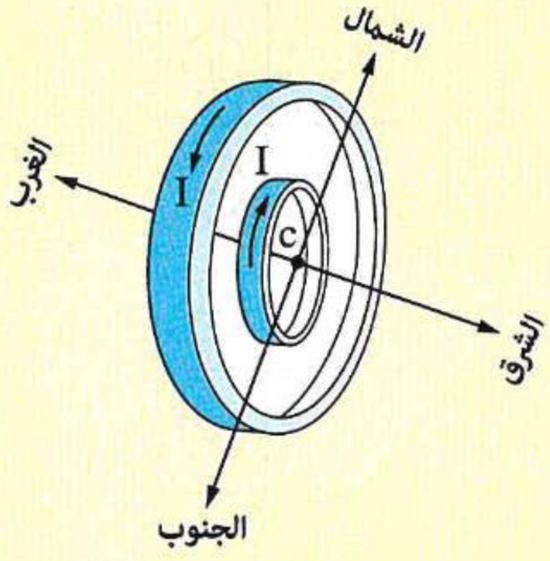
مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ سـلك طولـه 50 cm شُـكل علـى هيئة ملـف دائرى نصف قطـره $\frac{7}{22}$ cm ومـر به تيار كهربى شـدته (I)، فكانـت كثافـة الفيـض المغناطيسـى عند مركـز الملـف الدائـرى 1.98×10^{-2} T ، فإن شـدة التيار (I) تساوى .....

(أ) 2 A (ب) 4 A (جـ) 6 A (د) 8 A

٢ حلقتـان معدنيتان مختلفتا القطر ومتحدتا المركز موضوعتان فى مستوى واحد كما بالشكل، عند مرور تيار كهربى له نفس الشـدة (I) فـى كل منهما فإن اتجاه محصلـة كثافة الفيض المغناطيسـى عند مركزهما المشـترك (c) والناشئ عن مرور التيارين يكون فى اتجاه .....



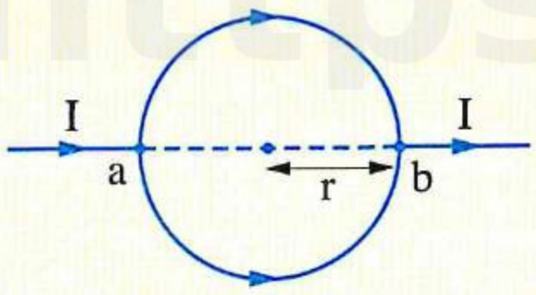
(أ) الشمال (ب) الجنوب

(جـ) الشرق (د) الغرب

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

٣ الشكل المقابل يمثل حلقة من سلك معدنى منتظم المقطع يمر فيها تيار كهربى، فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة تساوى .....

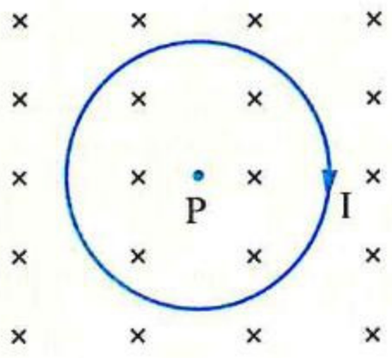


أ $\frac{\mu I}{2 r}$ ب $\frac{\mu I}{4 r}$ ج $\frac{3 \mu I}{4 r}$ د 0

٤ سلك مستقيم صنع منه ملف دائرى عدد لفاته (N) ويمر به تيار شدته (I) نتج عنه فيضًا مغناطيسيًا كثافته (B) عند مركز الملف، فإذا أعيد تشكيل نفس السلك لملف دائرى آخر عدد لفاته $\frac{2 N}{3}$ مع مرور نفس شدة التيار، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف تصبح .....

أ $\frac{2}{3}$ B ب $\frac{2}{9}$ B ج $\frac{1}{9}$ B د $\frac{4}{9}$ B

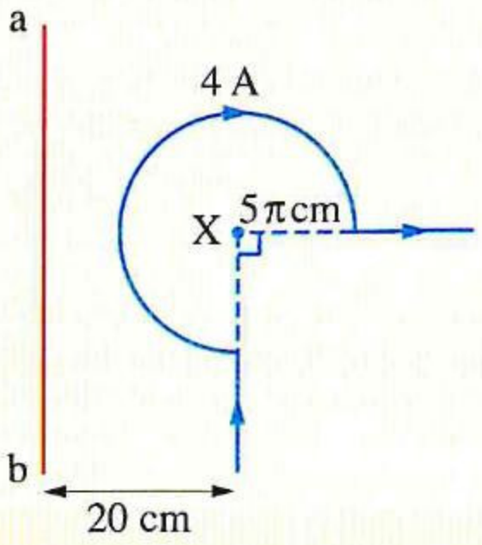
٥ الشكل المقابل يوضح ملف دائرى يتكون من 15 لفة ونصف قطره 10 cm موضوع فى مستوى الصفحة ويمر به تيار كهربى شدته 2 A، أثر عليه مجال مغناطيسى خارجى منتظم كثافة فيضه 10^{-5} T واتجاهه عمودى على الصفحة للداخل، فإن محصلة كثافة الفيض عند مركز الملف (P) تساوى .....



أ 1.32×10^{-4} T ب 1.79×10^{-4} T

ج 1.89×10^{-4} T د 1.99×10^{-4} T

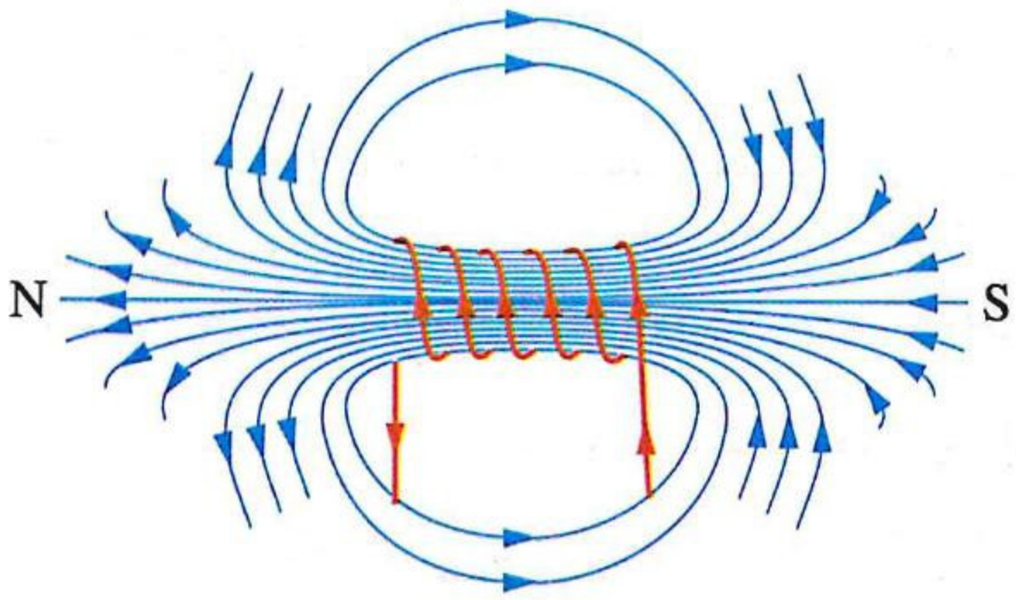
٦ الشكل المقابل يوضح جزء من حلقة معدنية مركزها X موضوع فى نفس مستواها سلك مستقيم طويل يبعد عن مركز الحلقة مسافة 20 cm فإذا مر تيار شدته I فى السلك كانت محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة منعدمة، فإن .....



	شدة التيار (I) المار فى السلك المستقيم	اتجاه التيار (I) المار فى السلك المستقيم
أ	12 A	من a إلى b
ب	24 A	من a إلى b
ج	12 A	من b إلى a
د	24 A	من b إلى a

ثالثًا المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى ملف لولبى

شكل خطوط الفيض المغناطيسى



* عنـدما يمر تيـار كهربـى فى ملف لولبـى يتـولد مجـال مغناطيسى يشبـه إلـى حد كبير المجـال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى.
* تمثل خطوط الفيض مسارات متصلة داخل وخارج الملف،

أى أن كل خط بمثابة مسار مغلق.

حساب كثافة الفيض المغناطيسى

* عند مرور تيار كهربى شـدته I فى ملف لولبى طوله ℓ وعدد لفاته N، فإن كثافة الفيض المغناطيسـى (B) عند نقطة فى منتصف الملف تقع على محوره :

- تتناسب طرديًا مع شدة التيار الكهربى المار فى الملف اللولبى : $B \propto I$
- تتناسب طرديًا مع عدد لفات الملف اللولبى : $B \propto N$
- تتناسب عكسيًا مع طول الملف اللولبى : $B \propto \frac{1}{\ell}$

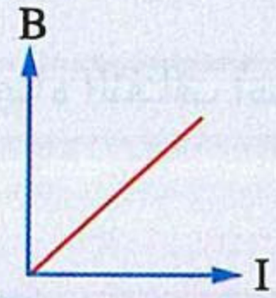
$\therefore B \propto \frac{NI}{\ell}$ $\quad \therefore B = \text{constant} \times \frac{NI}{\ell}$ $\quad \therefore \boxed{B = \mu \frac{NI}{\ell} = \mu nI}$

حيث : (n) عدد اللفات لوحدة الأطوال من الملف وتتعين من العلاقة : $\boxed{n = \frac{N}{\ell}}$

العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى عند منتصف طول ملف لولبى وعلى محوره

١ شدة التيار :

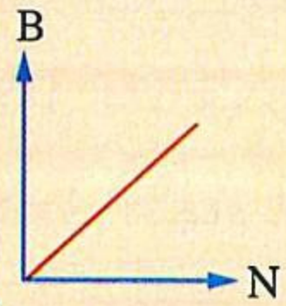
تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع شدة التيار المار فى الملف.



$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu N}{\ell}$

٢ عدد لفات الملف :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع عدد لفات الملف.

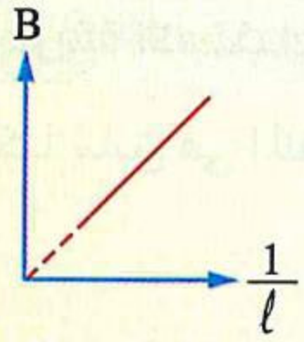


$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta N} = \frac{\mu I}{\ell}$

$B = \mu \frac{NI}{\ell}$

٣ طول الملف :

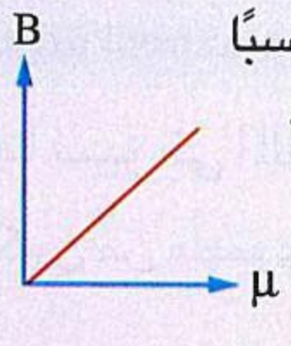
تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **عكسيًا** مع طول الملف.



$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta(\frac{1}{\ell})} = \mu NI$

٤ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (ثابت للوسط الواحد).



$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{NI}{\ell}$

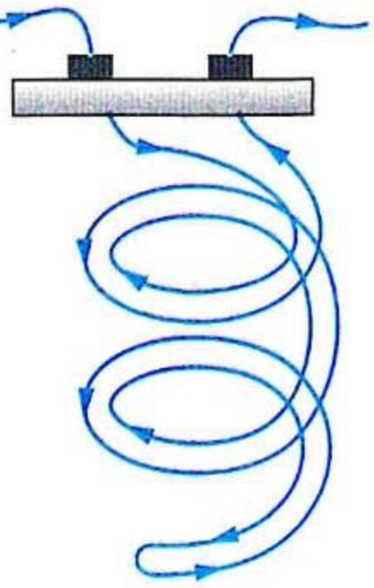
https://t.me/E5_G5

ملاحظات

* **عند وضع ساق حديدية داخل ملف لولبى يمر به تيار كهربى تزداد كثافة الفيض المغناطيسى عند أى نقطة داخل الملف،**

لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد أكبر من معامل النفاذية المغناطيسية للهواء.

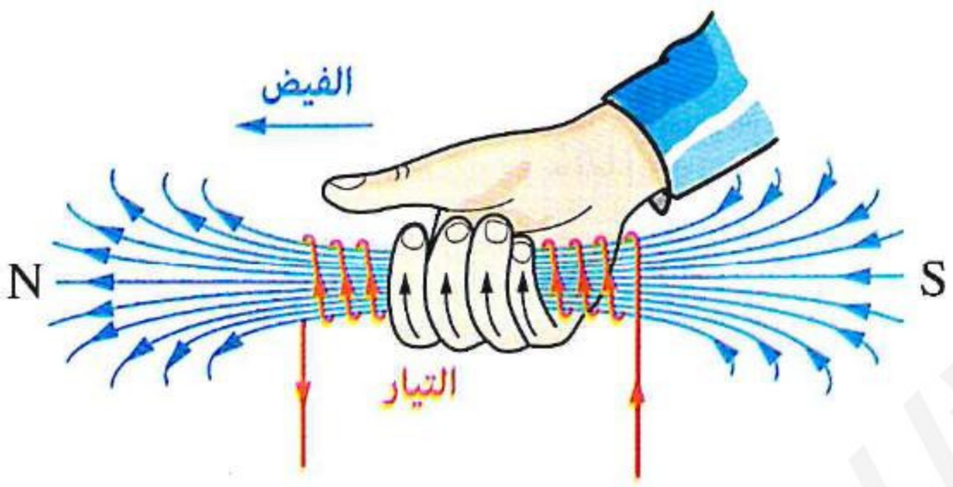
* **قد لا يتولد مجال مغناطيسى نتيجة مرور التيار فى ملف دائرى أو لولبى،**



لأن الملف الدائرى أو اللولبى قد يكون ملفوفًا مزدوجًا فيصبح المجال المغناطيسى الناتج عن مرور التيار فى اتجاه معين عكس المجال المغناطيسى الناتج عن مرور نفس التيار فى الاتجاه المضاد فيلاشى تأثير كل منهما الآخر.

تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى

١ قاعدة أمبير لليد اليمنى



الاستخدام

تحديد اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ داخل ملف لولبى يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

تخيل أنك تقبض على الملف باليد اليمنى بحيث يشير اتجاه التفاف أصابع اليد إلى اتجاه التيار فيشير الإبهام لاتجاه خطوط الفيض داخل الملف.

٢ قاعدة البريمة اليمنى

الاستخدام

تحديد اتجاه الفيض المغناطيسى عند محور ملف لولبى يمر به تيار كهربى.

طريقة الاستخدام

كما سبق فى الملف الدائرى باعتبار أن الملف اللولبى يتكون من مجموعة لفات دائرية متحدة المحور.

٣ قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

الاستخدام

تحديد نوع القطب فى كل من وجهى ملف لولبى يمر به تيار كهربى.

طريقة الاستخدام

كما سبق فى الملف الدائرى.

https://t.me/E5_GE

مثال ١

اختر : ملف لولبى طوله 20 cm يتكون من 800 لفة ويمر به تيار شدته 0.7 A، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة عند منتصف طوله تقع على محوره تساوى ..... (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 1.76×10^{-3} T (ب) 3.52×10^{-3} T (جـ) 4.22×10^{-3} T (د) 7.04×10^{-3} T

الحل

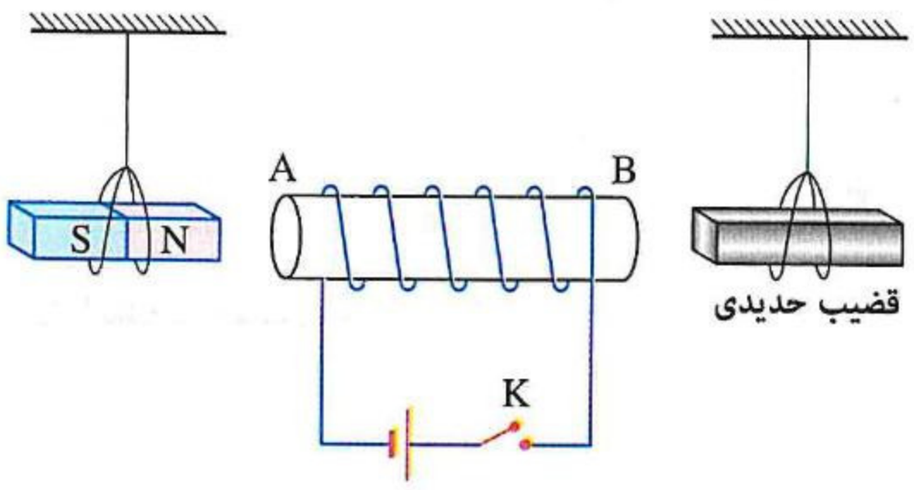
$\ell = 0.2$ m	N = 800	I = 0.7 A	$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m	B = ?

$$B = \mu \frac{NI}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 0.7}{0.2} = 3.52 \times 10^{-3} \text{ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

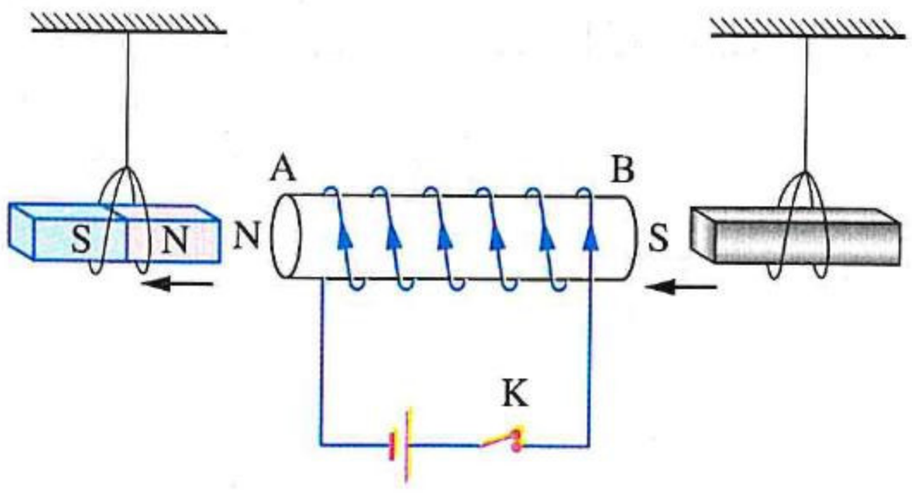
مثال ٢

اختر : الشكل المقابل يوضح ملف لولبى يتصل ببطارية ومفتاح (K) ومعلق بالقرب من أحد طرفيه قضيب مغناطيسى حر الحركة ومعلق من الطرف الآخر قضيب حديدى حر الحركة، ما نوع القوة التى يتأثر بها كل من القضيبين عند غلق المفتاح (K) ؟



	القضيب المغناطيسى	القضيب الحديدى
(أ)	قوة تجاذب	قوة تجاذب
(ب)	قوة تجاذب	قوة تنافر
(جـ)	قوة تنافر	قوة تجاذب
(د)	قوة تنافر	قوة تنافر

الحل



* بالنسبة للقضيب المغناطيسى :

عند غلق المفتاح (K) يمر تيار كهربى فى الملف ينشأ عنه مجال مغناطيسى بحيث يكون وجه الملف المقابل للقضيب المغناطيسى (الوجه A) قطب شمالى.

∴ قطب القضيب المغناطيسى المواجه للملف قطب شمالى.

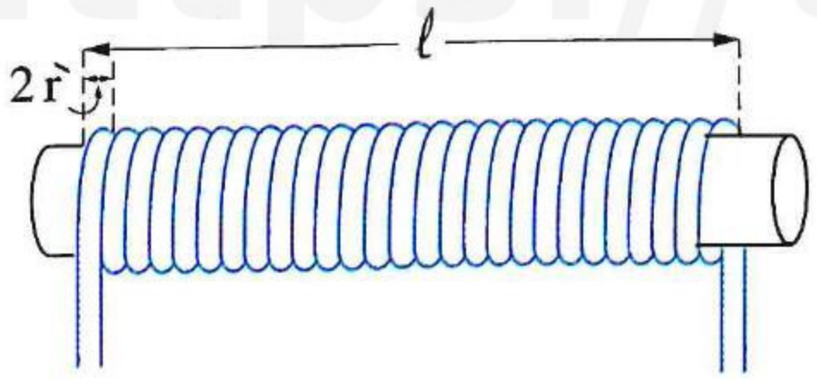
∴ يتأثر القضيب **بقوة تنافر**، لأن الأقطاب المتشابهة تتنافر.

* بالنسبة للقضيب الحديدى :

المجال المغناطيسى داخل الملف يجعله مغناطيس مؤقت يعمل على جذب القضيب الحديدى، وبالتالى يتأثر القضيب **بقوة تجاذب**.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5



إرشـاد :

* إذا كانت لفات الملف متماسة معًا، فإن طول الملف :

$$\ell = N \times 2\,r`$$

حيث : $(r`)$ نصف قطر سلك الملف.

مثـال

اختر : سـلك معزول نصف قطره 0.3 cm لف حول قلب من الحديد المطاوع نفاذيته المغناطيسـية 2×10^{-3} Wb/A.m بحيث تكون اللفات متماسة معًا على طول القلب الحديدى، عند مرور تيار كهربى شدته 10 A فى الملف، فإن كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره تساوى .....

(أ) 1.11 T (ب) 2.22 T (جـ) 3.33 T (د) 6.66 T

الحـــل

$r` = 0.3 \times 10^{-2}$ m | $\mu = 2 \times 10^{-3}$ Wb/A.m | I = 10 A | **B = ?**

∵ اللفات متماسة.

$\therefore \ell = 2\,Nr`$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu NI}{\ell} = \frac{\mu NI}{2\,Nr`} = \frac{\mu I}{2\,r`} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{2 \times 0.3 \times 10^{-2}} = \mathbf{3.33\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

* إذا تم قطـع جـزء مـن ملف كان متصل بمصدر جهد مهمل المقاومة الداخلية ثم أعيد توصيل الجزء المتبقى من اللفات بنفس المصدر مع الاحتفاظ بالمسافة بين اللفات ثابتة، فإن :

عدد اللفات لوحدة الأطوال (n)

يظل ثابت لأن كل من عدد لفات الملف وطول الملف يقل بنفس النسبة.

$$\because \frac{N_1}{\ell_1} = \frac{N_2}{\ell_2}$$

$\therefore n_1 = n_2$

شدة التيار المار فى الملف (I)

تزداد لأن طول سلك الملف يقل وتبعًا للعلاقة $\left(R = \frac{\rho_e \ell}{A}\right)$ فإن مقاومـة الملـف تقل، وحيث إن فرق الجهـد بين طرفى المصدر ثابـت وتبعًـا للعلاقـة $\left(I = \frac{V}{R}\right)$، فـإن شـدة التيـار تزداد، أى أن

$$I \propto \frac{1}{R} \propto \frac{1}{\ell}$$

$\because B = \mu n I$

∵ كل من μ ، n ثابت

∴ تزداد B بحيث تكون $B \propto I \propto \frac{1}{\ell}$

مثـال

اختر : بطارية مهملة المقاومة الداخلية تتصل بطرفى ملف لولبى طوله 44 cm وعدد لفاته 21 لفة فيمر بالملف تيار كهربى شـدته 1 A ، فإذا قُطع ثلث الملف ووُصل الباقى بنفس البطارية، فإن كثافة الفيض المغناطيسـى عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره فى هذه الحالة تساوى ..... (علمًـا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 3×10^{-5} T (ب) 5×10^{-5} T (جـ) 6×10^{-5} T (د) 9×10^{-5} T

الحـــل

$\ell_1 = 44$ cm | $N_1 = 21$ | $I_1 = 1$ A | $\ell_2 = \frac{2}{3}\ell_1$ | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_2 = ?$

$$B_1 = \frac{\mu N I}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 21 \times 1}{44 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$\because R = \frac{\rho_e \ell}{A}$ $\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{\ell_1}{\frac{2}{3}\ell_1} = \frac{3}{2}$

$\because I = \frac{V}{R}$ ، $V_1 = V_2$ $\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{2}{3}$

∵ كل من عدد لفات الملف وطول الملف قل بنفس النسبة.

$\therefore n_1 = n_2$

$\because B = \mu n I$ $\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{I_1}{I_2}$

$\therefore \frac{6 \times 10^{-5}}{B_2} = \frac{2}{3}$ $\therefore B_2 = 9 \times 10^{-5}$ T

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

* محصلة كثافة الفيض عند نقطة فى منتصف الملف تقع على محوره فى حالة ملفين لهما محور مشترك ويحملان تيارين :

فى نفس الاتجاه	فى اتجاهين متضادين
$B_t = B_1 + B_2$	$B_t = B_1 - B_2$ $(B_1 > B_2)$

مثـال ❶

ملفان لولبيان طويلان أحدهما داخل الآخر لهما محور مشـترك، تحتوى وحدة الأطوال من الملف الداخلى على 10 لفات ومن الملف الخارجى على 20 لفة فإذا كان تيار الملف الداخلى 2 A والخارجى 4 A، **احسـب كثافة الفيض المغناطيسـى عند نقطة بداخلهما على المحور المشترك عندما يكون التياران :** (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) فى نفس الاتجاه. (ب) فى اتجاهين متضادين.

الحـــل

$n_1 = 10$ turn/m | $n_2 = 20$ turn/m | $I_1 = 2$ A | $I_2 = 4$ A | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

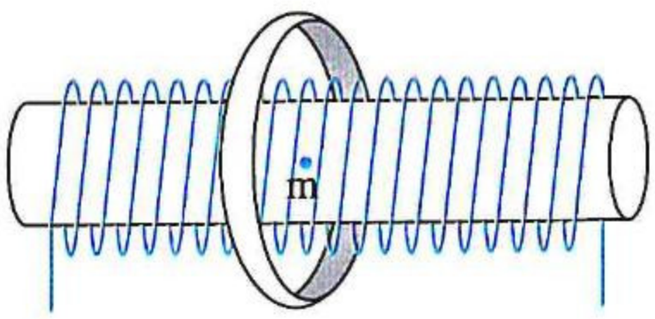
$B_1 = \mu n_1 I_1 = 4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 2 = 2.5 \times 10^{-5}$ T

$B_2 = \mu n_2 I_2 = 4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 4 = 10^{-4}$ T

(أ) $B_t = B_1 + B_2 = \mathbf{1.25 \times 10^{-4}}$ T

(ب) $B_t = B_2 - B_1 = \mathbf{7.5 \times 10^{-5}}$ T

مثـال ٢



ملف لولبى طوله 50 cm وعدد لفاته 100 لفة يمر به تيار 2 A وضع عند منتصفه تمامًا ملف دائرى عدد لفاته 20 لفة ونصف قطره 15 cm ويمر بـه تيـار 1 A بحيث ينطبق محور الملف الدائرى على محور الملف اللولبى كما بالشـكل المقابل، **احسـب كثافـة الفيض عنـد المركز المشـترك (m)**

إذا كان التياران : (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) فى نفس الاتجاه. **(ب)** فى اتجاهين متضادين.

الحـــل

$\ell_1 = 0.5$ m | $N_1 = 100$ | $I_1 = 2$ A | $N_2 = 20$ | $I_2 = 1$ A

$r_2 = 0.15$ m | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $B_t = ?$

$$B_{(\text{لولبى})} = \mu \frac{N_1 I_1}{\ell_1} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 2}{0.5} = 5.03 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B_{(\text{دائرى})} = \mu \frac{N_2 I_2}{2 r_2} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{20 \times 1}{2 \times 0.15} = 8.38 \times 10^{-5} \text{ T}$$

(أ) $B_t = B_{(\text{لولبى})} + B_{(\text{دائرى})} = (5.03 \times 10^{-4}) + (8.38 \times 10^{-5}) = \mathbf{5.868 \times 10^{-4}}$ T

(ب) $B_t = B_{(\text{لولبى})} - B_{(\text{دائرى})} = (5.03 \times 10^{-4}) - (8.38 \times 10^{-5}) = \mathbf{4.192 \times 10^{-4}}$ T

إرشـاد :

* عند إبعـاد لفـات الملف الدائرى عن بعضهـا بانتظام يصبح ملف لولبـى له نفس عدد لفات الملف الدائرى ويمر به نفس التيار المار فى الملف الدائرى ويمكـن المقارنـة بينهمـا طبقًا للعلاقة :

$$\frac{B_{(\text{دائرى})}}{B_{(\text{لولبى})}} = \frac{\ell_{(\text{لولبى})}}{2 r_{(\text{دائرى})}}$$

مثـال

اختر : ملف دائرى نصف قطره 5 cm يمر فيـه تيـار يـولـد مجالًا مغناطيسيًا كثافـة فيضه 3×10^{-2} T فإذا أبعدت لفات الملف عن بعضها بانتظام حتى أصبح طوله 100 cm، فإن كثافة الفيض المغناطيسـى عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره تساوى .....

(أ) 10^{-3} T (ب) 2×10^{-3} T (جـ) 3×10^{-3} T (د) 9×10^{-3} T

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$r_{(دائرى)} = 5\ cm$ | $B_{(دائرى)} = 3 \times 10^{-2}\ T$ | $\ell_{(لولبى)} = 100\ cm$ | $B_{(لولبى)} = ?$

$\frac{B_{(دائرى)}}{B_{(لولبى)}} = \frac{\ell_{(لولبى)}}{2\,r_{(دائرى)}}$ ، $\frac{3 \times 10^{-2}}{B_{(لولبى)}} = \frac{100}{2 \times 5}$ ، $B_{(لولبى)} = 3 \times 10^{-3}\ T$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

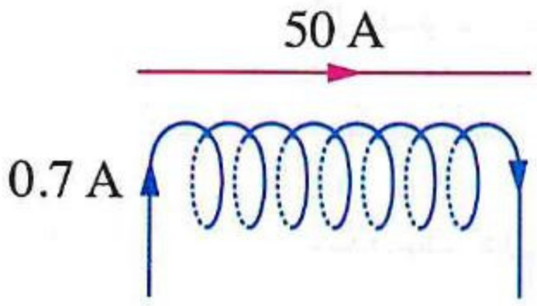
إرشـاد :

* فـى حالة وضع سـلك مسـتقيم موازى لمحور ملف لولبـى أو عمودى على امتداد محور الملف ومـر بكل منهما تيار كهربى (المجالان متعامدان) فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسـى عند نقطة تقع على محور الملف اللولبى وتبعد مسافة معينة عن السلك المستقيم :

$$B_t = \sqrt{B^2_{(سلك)} + B^2_{(لولبى)}}$$

مثـال

اختر : فى الشكل المقابل سلك مستقيم طويل موازى لمحور ملف لولبى طويل ويبعـد مسـافة 20 cm عن محـور الملف ويمر بكل منهما تيـار كهربى فإذا كان عدد لفات الملف اللولبى فى وحدة الأطوال 100 لفة، فإن محصلة كثافة الفيض عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره تساوى .....



(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}\ Wb/A.m$)

(أ) $1.01 \times 10^{-4}\ T$ (ب) $1.38 \times 10^{-4}\ T$

(جـ) $3.08 \times 10^{-5}\ T$ (د) $3.81 \times 10^{-5}\ T$

الحـــل

$I_{(سلك)} = 50\ A$ | $I_{(لولبى)} = 0.7\ A$ | $d = 20 \times 10^{-2}\ m$ | $n = 100\ turn/m$

$\mu = 4\pi \times 10^{-7}\ Wb/A.m$ | $B_t = ?$

$$B_{(سلك)} = \frac{\mu I_{(سلك)}}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-5}\ T$$

$$B_{(لولبى)} = \mu n I_{(لولبى)} = 4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 0.7 = 8.8 \times 10^{-5}\ T$$

$$B_t = \sqrt{B^2_{(سلك)} + B^2_{(لولبى)}} = \sqrt{(5 \times 10^{-5})^2 + (8.8 \times 10^{-5})^2} = 1.01 \times 10^{-4}\ T$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

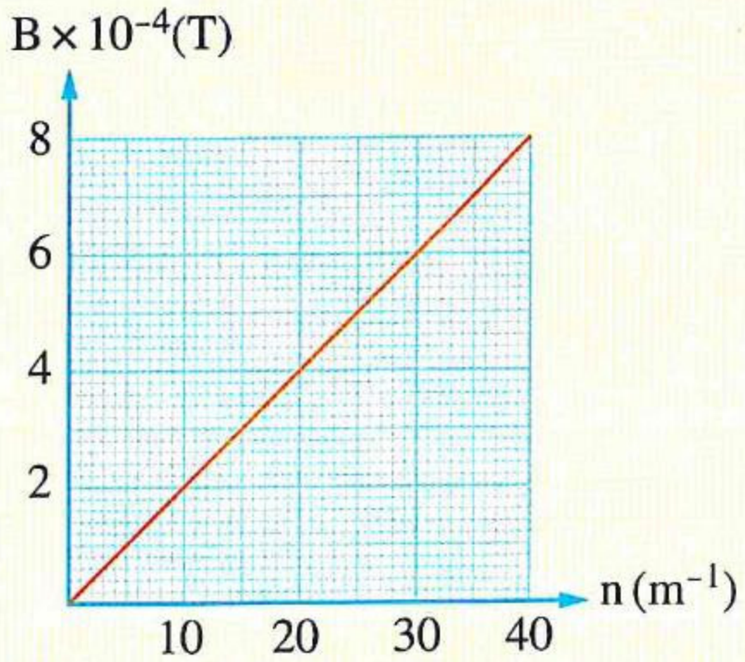
21 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) عدة ملفات لولبية يمر بكل منها تيار كهربى شدته (I)، والشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة عند منتصف طول كل ملف وتقع على محوره وعدد اللفات لوحدة الأطوال (n) لكل منها، فإن شدة التيار (I) تساوى .....

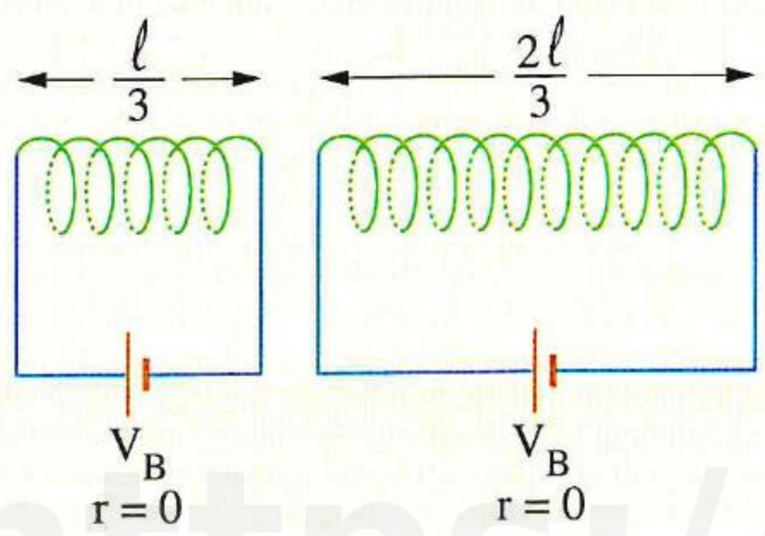
(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



أ) 4 A　　ب) 10 A　　جـ) 16 A　　د) 24 A

---

(٢) ملـف لولبـى منتظم مقاومتـه R طوله ℓ قُسـم إلى جزئـين طول الأول $\frac{\ell}{3}$ وطـول الثانى $\frac{2}{3}\ell$ ثم وُصل كل منهمـا ببطاريـة مماثلـة كمـا بالشـكل المقابل، فتكون النسـبة بين كثافتى الفيض المغناطيسى عند منتصف كل ملف على محوره $\left(\frac{B_1}{B_2}\right)$ هى .....



أ) $\frac{1}{3}$　　ب) $\frac{2}{1}$　　جـ) $\frac{2}{3}$　　د) $\frac{1}{1}$

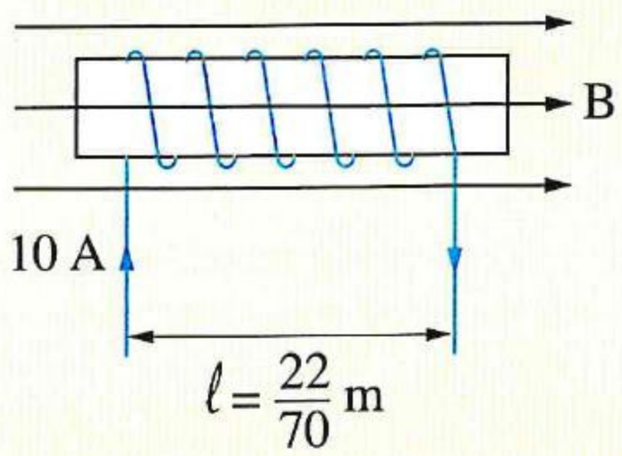
---

(٣) ملف دائرى نصف قطره r وعدد لفاته N ويمر به تيار شـدته I ينشـأ عنه عند المركز فيض مغناطيسـى كثافتـه B، فـإذا أُبعدت لفاته عن بعضها بانتظام حتـى أصبح ملفًا لولبيًا فإن طول الملف اللولبى اللازم لجعل كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة عند منتصف طوله تقع على محوره هى $\frac{B}{10}$ يساوى .....

أ) 5 r　　ب) 10 r　　جـ) 15 r　　د) 20 r

---

٢ فـى الشـكل المقابل ملف لولبى طولـه $\frac{22}{70}$ m وعدد لفاته 10^3 ويمر به تيار كهربى 10 A، سُلط عليه مجال مغناطيسى موازى لمحوره واتجاهه نحو الشـرق وكثافة فيضه 0.04 T، **احسـب** محصلـة كثافة الفيض عنـد نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره. (علمًا بأن : $\mu_{(هواء)} = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



.....

.....

.....

https://t.me/EE_GS

الفصل 2

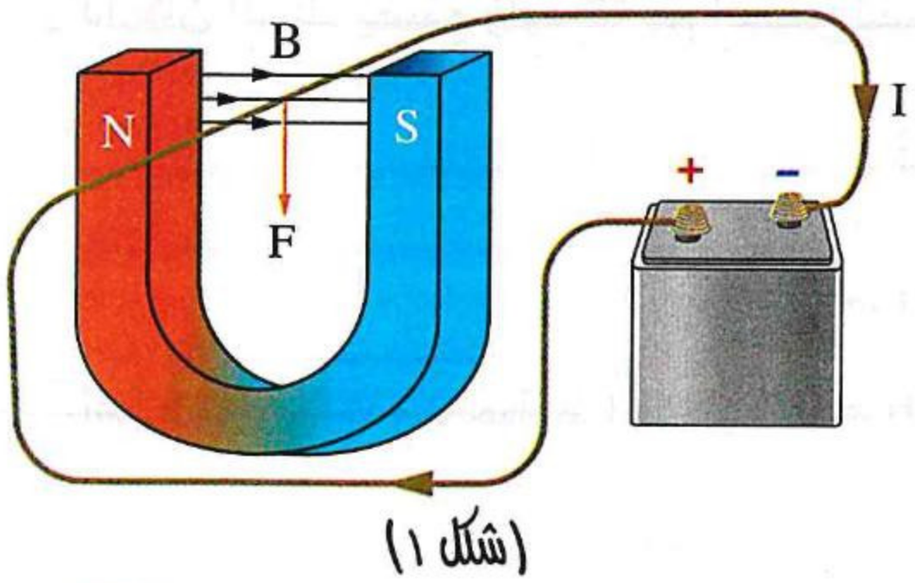
الدرس الثالث

- القوة المغناطيسية.
- عزم الازدواج.

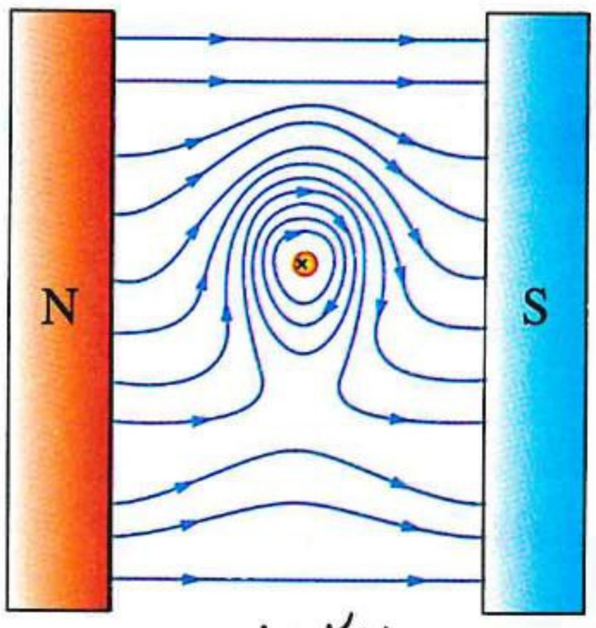


القوة التى يؤثر بها مجال مغناطيسى على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى هذا المجال

* عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى فى مجال مغناطيسى منتظم (شكل ١) بحيث يكون السلك عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسى تنشأ قوة مغناطيسية تؤثر على السلك (تكون عمودية على اتجاه التيار الكهربى وعلى اتجاه المجال)، **لاختلاف** محصلة كثافة الفيض المغناطيسى على جانبى السلك والناشئة عن الفيض المغناطيسى الخارجى والفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار كهربى بالسلك (شكل ٢).



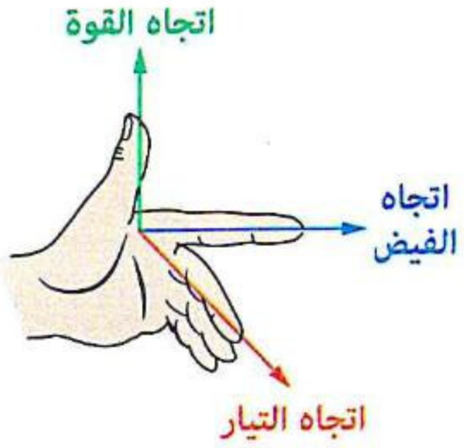
(شكل ١)



(شكل ٢)

* إذا كان السلك حر الحركة تؤدى هذه القوة إلى حركة السلك من الموضع الأعلى فى كثافة الفيض المغناطيسى إلى الموضع الأقل فى كثافة الفيض المغناطيسى، ويمكن تحديد اتجاه هذه القوة باستخدام **قاعدة اليد اليسرى لفلمنج.**

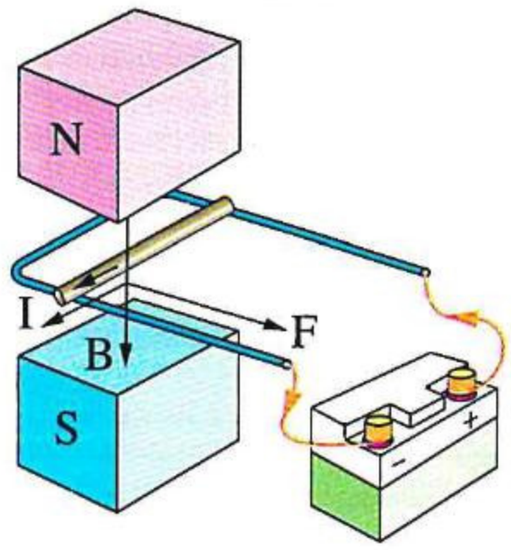
قاعدة اليد اليسرى لفلمنج



نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

اجعل الإبهام والسبابة فى اليد اليسرى متعامدين على بعضهما وعلى باقى الأصابع فإذا كانت السبابة تشير لاتجاه الفيض وباقى الأصابع (ماعدا الإبهام) تشير لاتجاه التيار فإن الإبهام يشير لاتجاه القوة المغناطيسية وبالتالى إلى اتجاه حركة السلك.

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى منتظم

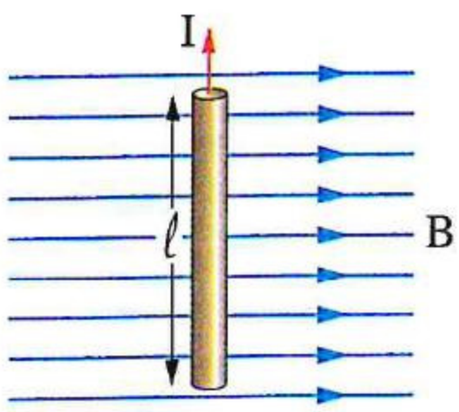


* عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى شدته I عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه B وطول الجزء المعرض من السلك للفيض ℓ فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية F

حيث :

$F \propto B \quad , \quad F \propto I \quad , \quad F \propto \ell$

$\therefore F \propto BI\ell \qquad \therefore F = \text{constant} \times BI\ell$

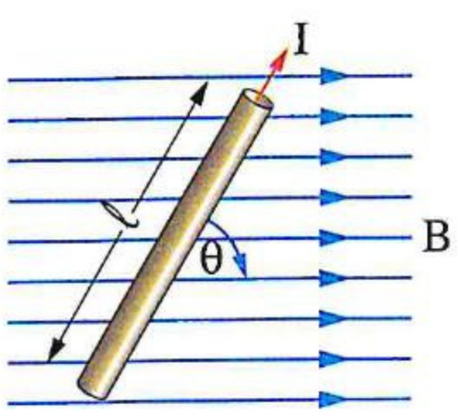


وإذا اتُخذت وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسى (B) التسلا (T) ووحدة قياس القوة النيوتن (N) ووحدة قياس شدة التيار الأمبير (A) ووحدة قياس الطول المتر (m) فإن المقدار الثابت يساوى الواحد الصحيح.

$\therefore F = BI\ell$

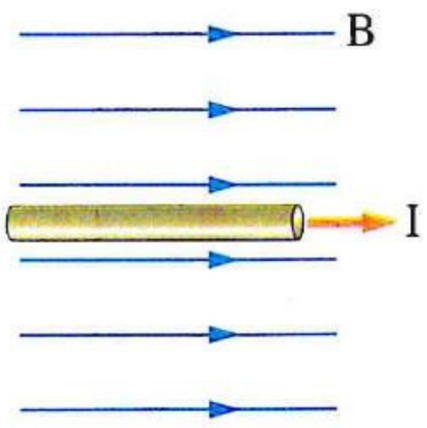
وإذا كان السلك يصنع زاوية θ مع الفيض تصبح العلاقة :

$$F = BI\ell \sin\theta$$



وبالتالى إذا كان

السلك موازى لاتجاه خطوط الفيض ($\theta = 0°$)

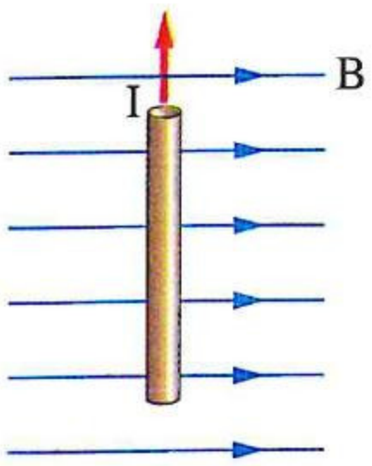


فإن

$F = BI\ell \sin 0 = 0$

أى تنعدم القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك

السلك عمودى على اتجاه خطوط الفيض ($\theta = 90°$)

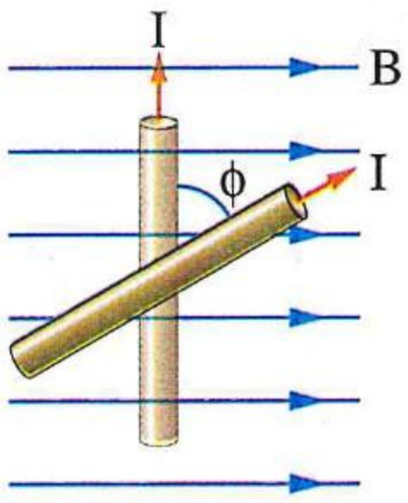


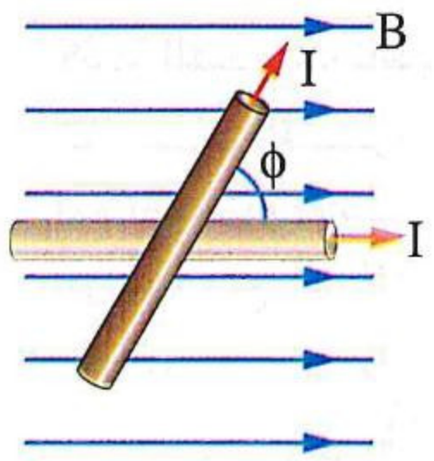
$F = BI\ell \sin 90 = BI\ell$

أى تصبح القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك **قيمة عظمى**

https://t.me/E5_G5

عند دوران السلك من هذا الوضع بزاوية (ϕ)





فإن

$F = BI\ell \sin (90 - \phi)$

$F = BI\ell \sin \phi$

* ممـا سـبق يمكـن تعريـف كثافـة الفيـض المغناطيسـى ووحـدة قياسـها التسـلا (T) والتـى تكافـئ نيوتن/أمبير.متر (N/A.m) كالتالى :

كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة

تعادل مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شـدته 1 A موضوع عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم عند تلك النقطة.

التسلا (T)

كثافة الفيض المغناطيسـى الـذى يولد قوة مقدارها 1 N على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شدته 1 A عندما يكون السلك عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسى.

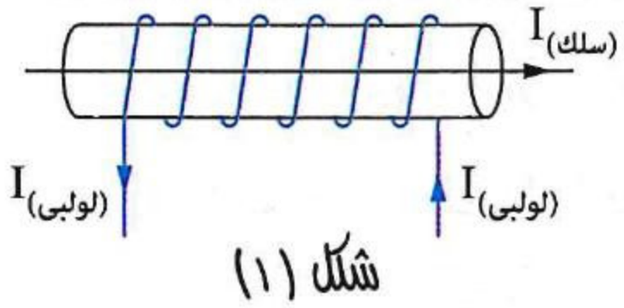
ملاحظة

* إذا وُضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى منطبقًا على محور :

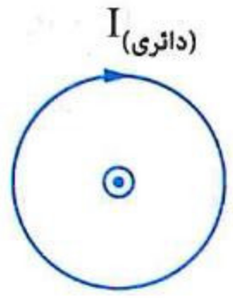
- ملف لولبى يمر به تيار كهربى «شكل (١)»

أو

- ملف دائرى يمر به تيار كهربى «شكل (٢)»



شكل (١)



شكل (٢)

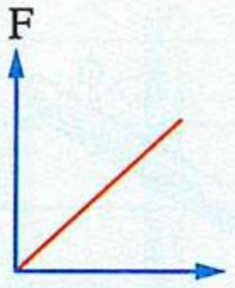
فإن السـلك لا يتأثر بقوة مغناطيسـية **لأن** خطوط الفيض المغناطيسى عند محور الملف تكون متوازية وموازية لمحور الملف فيكون السلك موازيًا لخطوط المجال المغناطيسى

أى أن ($\theta = 0°$) وتبعًا للعلاقة ($F = BI\ell \sin \theta$) تكون القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك مساوية للصفر.

العوامل التى تتوقف عليها القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى

١ طول السلك :

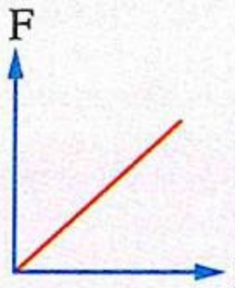
تتناسب القوة المغناطيسية تناسبًا **طرديًا** مع طول السلك.



$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta \ell} = BI \sin \theta$$

٢ شدة التيار :

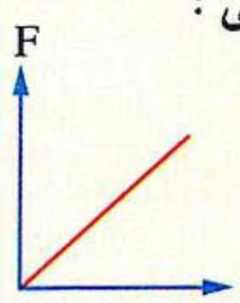
تتناسب القوة المغناطيسية تناسبًا **طرديًا** مع شدة التيار المار فى السلك.



$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta I} = B \ell \sin \theta$$

٣ كثافة الفيض المغناطيسى :

تتناسب القوة المغناطيسية تناسبًا **طرديًا** مع كثافة الفيض المغناطيسى.

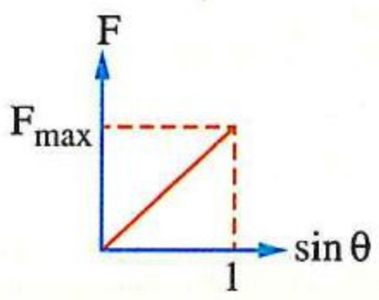


$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta B} = I \ell \sin \theta$$

$$F = BI\ell \sin \theta$$

٤ الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض :

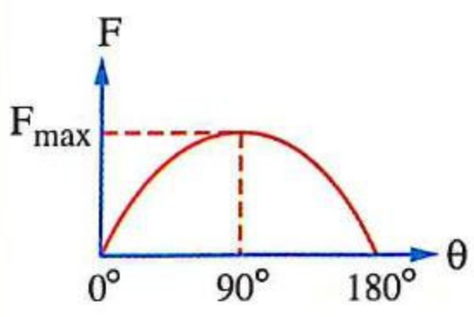
تتناسب القوة المغناطيسية تناسبًا **طرديًا** مع جيب الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض.



$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta \sin \theta} = BI\ell$$

أو

تمثل العلاقة بين القوة المغناطيسية والزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض **بمنحنى جيبى**.



مثال ١

سلك مستقيم طوله 20 cm يمر به تيار كهربى شدته 3 A وموضوع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 2×10^{-2} T، **احسب القوة المغناطيسية المؤثرة عليه فى الحالات الآتية :**

(أ) إذا كان السلك موازيًا لاتجاه المجال.

(ب) إذا كان السلك عموديًا على اتجاه المجال.

(جـ) إذا كان السلك يصنع زاوية 30° مع اتجاه المجال.

الحل

$\ell = 0.2$ m | I = 3 A | $B = 2 \times 10^{-2}$ T | **F = ?**

$F = BI\ell \sin \theta$

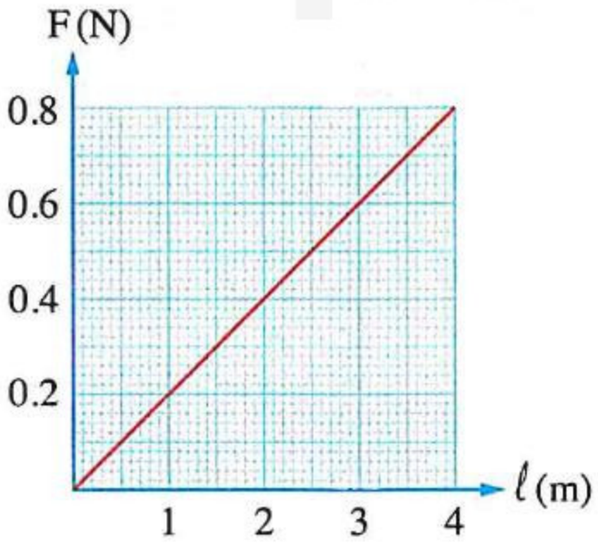
(أ) $F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 0 = \mathbf{0}$

(ب) $F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 90 = \mathbf{12 \times 10^{-3}\ N}$

(جـ) $F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 30 = \mathbf{6 \times 10^{-3}\ N}$

https://t.me/E5_GE

مثال ٢



اختر: عدة أسلاك يمر فى كل منها تيار شدته 2 A موضوعة عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه (B)، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين القوة المغناطيسية (F) المؤثرة على كل سلك والطول (ℓ) لكل منها، فإن كثافة الفيض المغناطيسى (B) تساوى .....

(أ) 0.01 T (ب) 0.02 T

(جـ) 0.1 T (د) 0.2 T

الحل

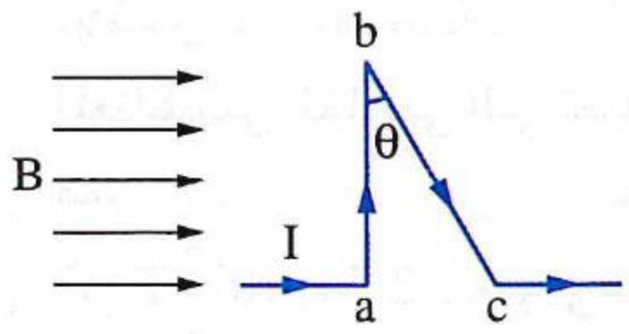
$I = 2\ A$ | **B = ?**

$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta \ell} = \frac{0.8 - 0}{4 - 0} = 0.2\ N/m$$

$\because F = BI\ell$ $\quad \therefore slope = BI$ $\quad \therefore B = \frac{slope}{I} = \frac{0.2}{2} = \mathbf{0.1\ T}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثال ٣



اختر: سلك abc يمر به تيار كهربى وموضوع داخل مجال مغناطيسى منتظم (B) اتجاهه كما بالشكل المقابل، إذا كان مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلع ab هو F ، فإن :

(أ) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلع bc .....

(أ) أقل من F ولا تساوى صفر (ب) أكبر من F (جـ) تساوى F (د) تساوى صفر

(ب) النسبة بين مقدارى القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال لكل من الضلعين (ab)، (bc) على الترتيب .....

(أ) أقل من الواحد (ب) أكبر من الواحد (جـ) تساوى الواحد (د) لا يمكن تحديد الإجابة

الحل

(أ)

$F_{ab} = BI\ell_{ab} = F$, $\mathbf{F_{bc} = BI\ell_{bc} \sin(90 - \theta)}$

$\sin(90 - \theta) = \cos\theta = \frac{\ell_{ab}}{\ell_{bc}}$, $\mathbf{F_{bc} = BI\ell_{bc}\frac{\ell_{ab}}{\ell_{bc}} = BI\ell_{ab} = F}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

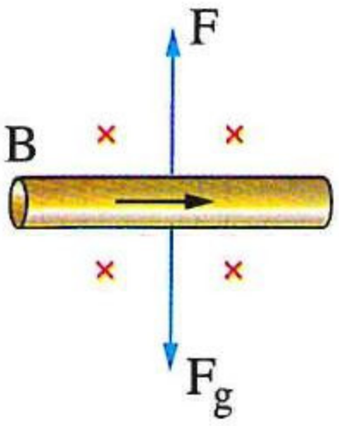
(ب)

$\because F_{ab} = F_{bc} = F$, $\ell_{ab} < \ell_{bc}$

$$\therefore \frac{\frac{F_{ab}}{\ell_{ab}}}{\frac{F_{bc}}{\ell_{bc}}} = \frac{\ell_{bc}}{\ell_{ab}} > 1$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :



* لكى يظل سلك يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى منتظم عمودى على السـلك متزن أفقيًا تحت تأثير قوة وزنه (F_g) والقوة المغناطيسـية (F)، فإن القوة F لابد أن يكون اتجاهها رأسيًا ولأعلى بحيث تكون :

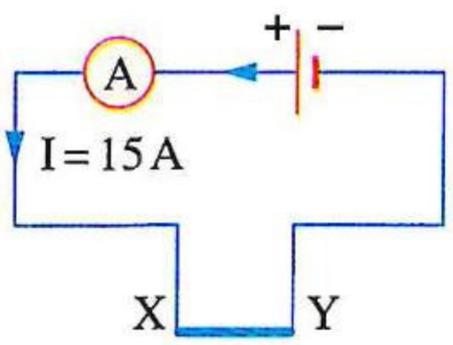
$$F = F_g$$
$$BI\ell = mg$$
$$BI\ell = \rho V_{ol} g$$
$$BI\ell = \rho A \ell g$$
$$BI = \rho \pi r^2 g$$

* أما إذا عُكس اتجاه التيار فى السلك أو اتجاه المجال المغناطيسى تصبح القوتين F ، F_g فى نفس الاتجاه رأسيًا إلى أسفل،

أى أن

$$F_{(\text{المحصلة})} = F_g + F$$

مثـال



اختر : سـلك XY من الألومنيوم مسـاحة مقطعـه $0.2\ cm^2$ معلـق أفقيًا، بينما يلامـس طرفـاه نهايـة دائـرة كهربية كما هـو مبين بالشـكل، فإن كثافـة الفيض المغناطيسى الخارجى التى تعمل على أن يظل السلك معلقًا واتجاه خطوط الفيض هما ..... (علمًا بأن : $\rho_{Al} = 2700\ kg/m^3$ ، $g = 10\ m/s^2$)

(أ) $2.7 \times 10^{-2}\ T$ ، عمودى على الصفحة وإلى الداخل

(ب) $2.7 \times 10^{-2}\ T$ ، عمودى على الصفحة وإلى الخارج

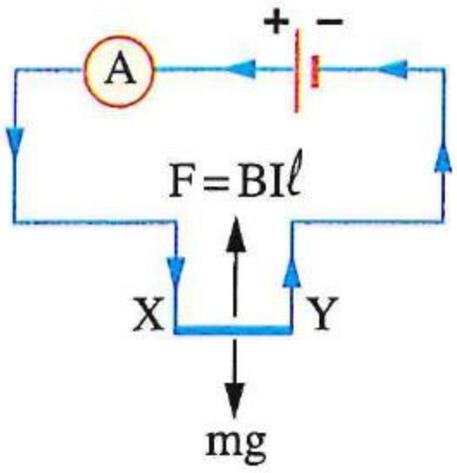
(جـ) $3.6 \times 10^{-2}\ T$ ، عمودى على الصفحة وإلى الداخل

(د) $3.6 \times 10^{-2}\ T$ ، عمودى على الصفحة وإلى الخارج

الحـــل

$A = 0.2 \times 10^{-4}\ m^2$ | $I = 15\ A$ | $g = 10\ m/s^2$ | $\rho_{Al} = 2700\ kg/m^3$ | **B = ?**

لكى يظل السلك XY معلق يجب أن يتساوى وزن السلك مع القوة المغناطيسية المؤثرة لأعلى.



$\therefore F = F_g$

$\because m = V_{ol}\, \rho_{Al} = A\ell\, \rho_{Al}$ $\quad\quad$ $\because F = \mathbf{B}I\ell$

$\therefore \mathbf{B}I\ell = A\ell\, \rho_{Al}\, g$ $\quad\quad$ $\therefore \mathbf{B} = \dfrac{A\rho_{Al}g}{I}$

$$\therefore \mathbf{B} = \frac{0.2 \times 10^{-4} \times 2700 \times 10}{15} = \mathbf{3.6 \times 10^{-2}\ T}$$

واتجاه خطوط الفيض يكون عمودى على الصفحة وإلى الداخل.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

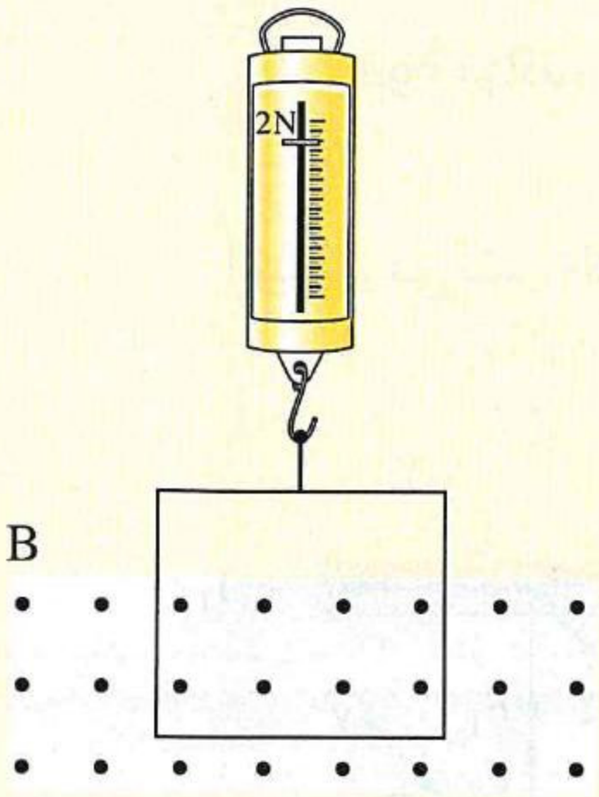
https://t.me/E5_G5

22 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

إطار معدنى مربع الشكل طول ضلعه 20 cm معلق فى ميزان زنبركى، ويؤثر على جزء منه مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه B كما بالشكل المقابل فكانت قراءة الميزان 2 N، فإذا أُمر بالإطار تيار شدته 20 A فى عكس اتجاه دوران عقارب الساعة أصبحت قراءة الميزان 2.2 N، فإن :



(١) كثافة الفيض المغناطيسى (B) تساوى .....

أ) 0.1 T　　ب) 0.05 T

جـ) 0.04 T　　د) 0.02 T

(٢) قراءة الميزان الزنبركى عند عكس اتجاه المجال تساوى .....

أ) 2.2 N　　ب) 2 N　　جـ) 1.8 N　　د) 0.2 N

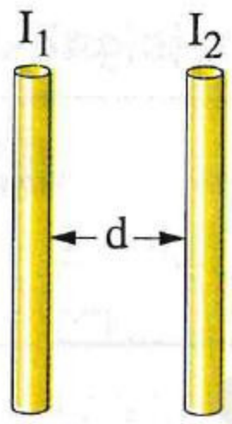
.....

٢ سلك مستقيم مقاومة المتر منه 1 Ω وُصل طرفاه بمصدر كهربى مستمر قوته الدافعة الكهربية 2 V ومقاومته الداخلية مهملة ووُضع عموديًا على مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.1 T، **احسب** مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك.

.....

.....

حساب القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين متوازيين ويحملان تيارين



* إذا مر تياران I_1 , I_2 فى سلكين طويلين جدًا ومتوازيين المسافة بينهما d بحيث كان الطول المتقابل من السلكين ℓ فإن المجال المغناطيسى حول كل سلك يؤثر على السلك الآخر بقوة (F) كالتالى :

القوة المؤثرة على السلك

الأول (F_1)

تنشأ نتيجة تأثره بالمجال المغناطيسى للسلك الثانى :

$$F_1 = B_2 I_1 \ell = \frac{\mu I_2}{2\pi d} I_1 \ell$$

الثانى (F_2)

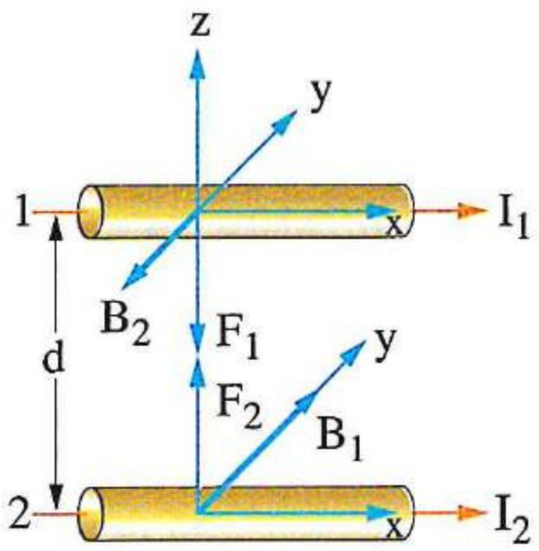
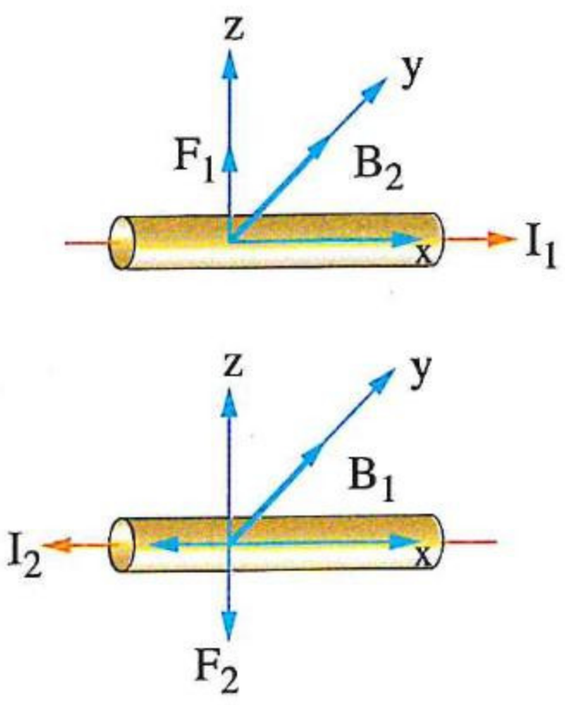
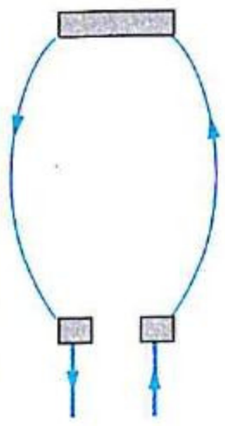
تنشأ نتيجة تأثره بالمجال المغناطيسى للسلك الأول :

$$F_2 = B_1 I_2 \ell = \frac{\mu I_1}{2\pi d} I_2 \ell$$

$$\therefore \quad \mathbf{F = F_1 = F_2 = \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d}}$$

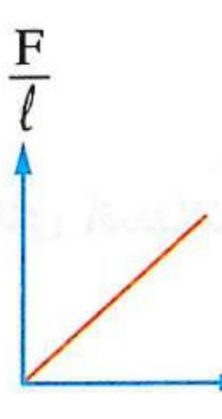
حيث : (F) مقدار القوة المتبادلة بين السلكين

* يتوقف نوع القوة المتبادلة بين السلكين على اتجاه التيار المار فى كل منهما، بحيث تكون هذه القوة :

قوة تجاذب	إذا كان	قوة تنافر
التياران فى نفس الاتجاه		التياران فى اتجاهين متضادين
		
محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما فتتولد قوة مغناطيسية تؤثر على السلكين اتجاهها من الموضع الأعلى فى كثافة الفيض (الخارج) إلى الموضع الأقل فى كثافة الفيض (الداخل) فيتجاذبا، كما بالشكل.	السبب	محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما فتتولد قوة مغناطيسية تؤثر على السلكين اتجاهها من الموضع الأعلى فى كثافة الفيض (الداخل) إلى الموضع الأقل فى كثافة الفيض (الخارج) فيتنافرا، كما بالشكل.
		

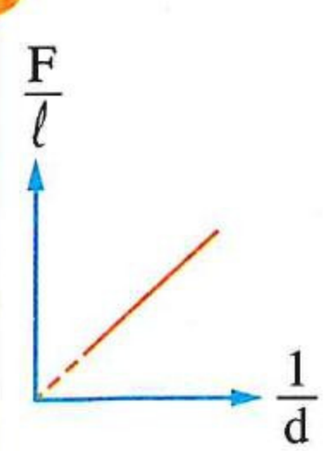
العوامل التى تتوقف عليها القوة المغناطيسية لوحدة الأطوال المتبادلة بين سلكين

١ **شدة التيار المار فى أى من السلكين :** تتناسب القوة المغناطيسية لوحدة الأطوال المتبادلة بين سلكين **طرديًا** مع شدة التيار المار فى أى من السلكين.



$$slope = \frac{\mu I_1}{2\pi d} \quad \text{أو} \quad slope = \frac{\mu I_2}{2\pi d}$$

٢ **البُعد العمودى بين السلكين :** تتناسب القوة المغناطيسية لوحدة الأطوال المتبادلة بين سلكين **عكسيًا** مع البُعد العمودى بين السلكين.



$$slope = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi}$$

$$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d}$$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GS

مثـال ١

اختر: سلكان x ، y مستقيمان طويلان ومتوازيان المسافة بينهما فى الهواء 2 m يمر فيهما تيارين كهربيين I_x ، I_y فـى نفـس الاتجاه فـإذا انعدمت كثافة الفيض المغناطيسـى عنـد نقطة فى منتصف المسـافة بينهما وكانت القـوة المغناطيسية المؤثرة علـى وحدة الأطوال من أى من السلكين 4×10^{-5} N/m، فإن شدتى التيارين المارين فى السلكين $(I_x ، I_y)$ على الترتيب هما ..... (علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 10 A ، 40 A (ب) 20 A ، 20 A (جـ) 10 A ، 10 A (د) 16 A ، 25 A

الحـــل

$d = 2$ m	$\frac{F}{\ell} = 4 \times 10^{-5}$ N/m	$\mu = 4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m	$I_x = ?$	$I_y = ?$

∵ كثافة الفيض عند نقطة فى منتصف المسافة بين السلكين = صفر

∴ $I_x = I_y$

$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu I_x I_y}{2 \pi d}$ ، $4 \times 10^{-5} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times I_x^2}{2 \pi \times 2}$ ، $I_x = I_y = 20$ A

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢

اختر: سـلكان مسـتقيمان طويلان متوازيان المسـافة بينهما (d) ويمر فى كل منهما تيار كهربى شـدته (I) فكانت القوة المغناطيسـية المتبادلة بينهما 0.2 N ، فإذا أُبعد أحد السـلكين عن الآخر مسـافة d تصبح القوة المغناطيسـية المتبادلة بين السلكين .....

(أ) 0.02 N (ب) 0.1 N (جـ) 0.3 N (د) 0.4 N

الحـــل

$F_1 = 0.2$ N	$d_1 = d$	$d_2 = 2 d$	$F_2 = ?$

∵ $F = \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2 \pi d}$ ∴ $F \propto \frac{1}{d}$

∴ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ ، $\frac{0.2}{F_2} = \frac{2 d}{d}$

∴ $F_2 = \frac{0.2}{2} = 0.1$ N

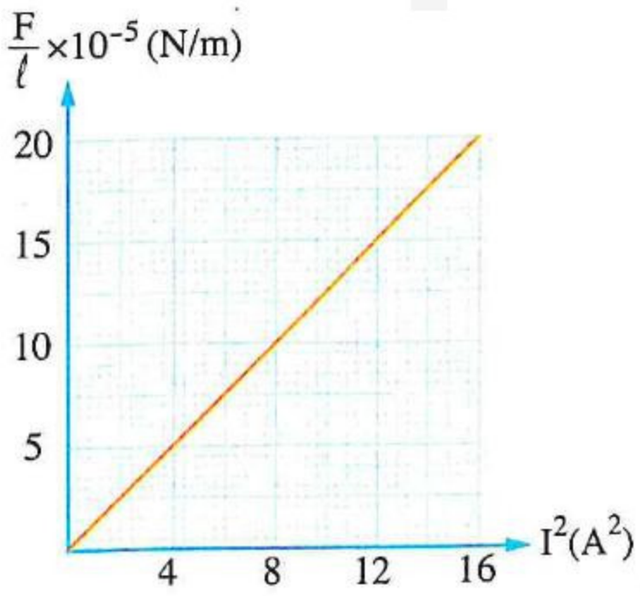
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

اختر: سلكان مستقيمان متوازيان يمر بكل منهما تيار شدته (I)، والشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين القوة المغناطيسية لوحدة الأطوال $\left(\frac{F}{\ell}\right)$ المتبادلة بين السـلكين ومربع شـدة التيار (I^2) المار فى أى منهما، فإن البُعد العمودى بين السلكين يساوى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



أ) 0.8 cm　　ب) 1.6 cm　　جـ) 2.4 cm　　د) 3.2 cm

الحـــل

$\because F = \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$　　$\therefore \frac{F}{\ell} = \frac{\mu I^2}{2\pi d}$

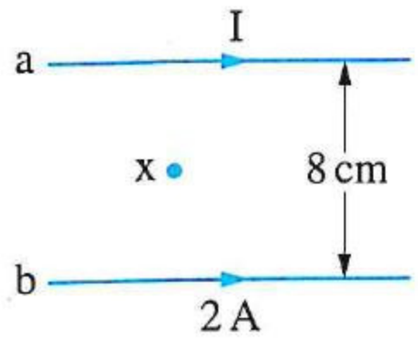
$\therefore$ slope $= \frac{\mu}{2\pi d}$　　, 　　slope $= \frac{\Delta(\frac{F}{\ell})}{\Delta I^2} = \frac{(20-0)\times 10^{-5}}{16-0} = 1.25 \times 10^{-5}$ N/A^2.m

$\therefore \frac{\mu}{2\pi d} = 1.25 \times 10^{-5}$　　, 　　$d = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 1.25 \times 10^{-5}} = 0.016$ m $=$ **1.6 cm**

$\therefore$ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٤

اختر: سلكان مستقيمان متوازيان طول كل منهما 2 m يمر فى كل منهما تيـار كهربـى كما بالشـكل المقابل، فـإذا علمت أن محصلـة كثافة الفيض المغناطيسـى عند النقطة (x) عند منتصف المسـافة بين السـلكين تسـاوى 10^{-5} T واتجاههـا لداخـل الصفحة، فإن القوة المغناطيسـية المتبادلة بين السلكين تساوى ..... (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



أ) 10^{-5} N　　ب) 2×10^{-5} N　　جـ) 4×10^{-5} N　　د) 6×10^{-5} N

الحـــل

$\ell = 2$ m　　$I_a = I$　　$I_b = 2$ A　　$d_{ab} = 8$ cm　　$d_{ax} = d_{bx} = 4$ cm

$B_t = 10^{-5}$ T　　$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m　　**F = ?**

* عند النقطة (x) :

$B_b = \frac{\mu I_b}{2\pi d_{bx}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}} = 10^{-5}$ T

اتجاهها عمودى على الصفحة وإلى الخارج.

$\because B_t = B_a - B_b$　　$\therefore B_a = B_t + B_b = 10^{-5} + 10^{-5} = 2 \times 10^{-5}$ T

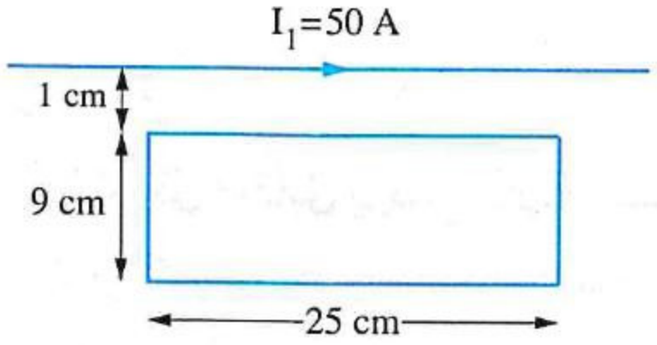
$\because B_a = \dfrac{\mu I_a}{2\pi d_{ax}}$ $\quad\therefore I_a = \dfrac{2\pi B_a d_{ax}}{\mu} = \dfrac{2\pi \times 2 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7}} = 4\ A$

$\because \mathbf{F} = \dfrac{\mu I_a I_b \ell}{2\pi d_{ab}}$ $\quad\therefore \mathbf{F} = \dfrac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 2 \times 2}{2\pi \times 8 \times 10^{-2}} = \mathbf{4 \times 10^{-5}\ N}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٥

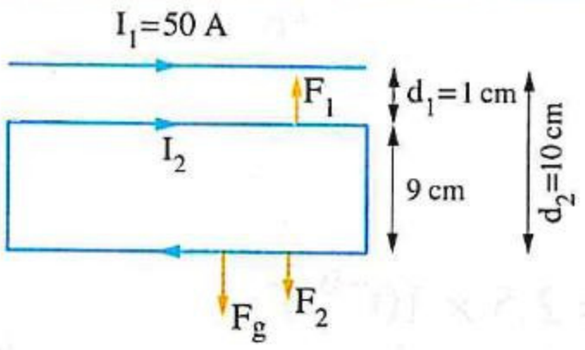
اختر : يمثل الشكل إطار مستطيل من سلك رفيع أبعاده 25 cm ، 9 cm وكتلته 4.5 g وُضع أعلاه وفى نفس مستواه سلك مستقيم أفقى طويل يمر به تيار كهربى شدته 50 A، فإن شدة واتجاه التيار اللازم مروره فى الإطار حتى يبقى معلقًا بشكل رأسى فى الهواء هما ..... (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)



(أ) 200 A، عكس دوران عقارب الساعة
(ب) 200 A، مع دوران عقارب الساعة
(جـ) 100 A، عكس دوران عقارب الساعة
(د) 100 A، مع دوران عقارب الساعة

الحـــل

$\ell = 25\ cm$	$w = 9\ cm$	$m = 4.5\ g$	$I_1 = 50\ A$	$g = 10\ m/s^2$	$I_2 = ?$



لابد أن يكون اتجاه التيار فى ضلع الإطار القريب من السلك فى نفس اتجاه التيار المار فى السلك حتى ينشأ بينهما قوة تجاذب تبقى الإطار معلق.

∴ اتجاه التيار المار فى الإطار المستطيل فى اتجاه دوران عقارب الساعة.

$F = F_1 - F_2$

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d_1} - \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50\, I_2 \times 25 \times 10^{-2}}{2\pi} \times \left(\frac{1}{10^{-2}} - \frac{1}{10 \times 10^{-2}}\right) = (2.25 \times 10^{-4}\, I_2)\ N$$

$F = F_g$, $F = mg$

$2.25 \times 10^{-4} \times I_2 = 4.5 \times 10^{-3} \times 10$, $\mathbf{I_2 = 200\ A}$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :

* لتعيين القوة المغناطيسية التى يؤثر بها سلكان متوازيان 1 ، 2 على سلك ثالث 3 موازى لهما وفى نفس المستوى :

- نحسب كثافة الفيض الناشئة عن السلك الأول عند موضع السلك الثالث : $B_{13} = \mu \dfrac{I_1}{2\pi d_{13}}$
- نحسب كثافة الفيض الناشئة عن السلك الثانى عند موضع السلك الثالث : $B_{23} = \mu \dfrac{I_2}{2\pi d_{23}}$
- نحسب كثافة الفيض المحصلة : $B_t = B_{13} \pm B_{23}$
- نحسب القوة المحصلة : $\mathbf{F = B_t I_3 \ell_3}$

* طريقة أخرى :

- نحسب مقدار القوة المغناطيسية المتبادلة بين السلك الأول والسلك الثالث : $F_{13} = \frac{\mu I_1 I_3 \ell}{2 \pi d_{13}}$

- نحسب مقدار القوة المغناطيسية المتبادلة بين السلك الثانى والسلك الثالث : $F_{23} = \frac{\mu I_2 I_3 \ell}{2 \pi d_{23}}$

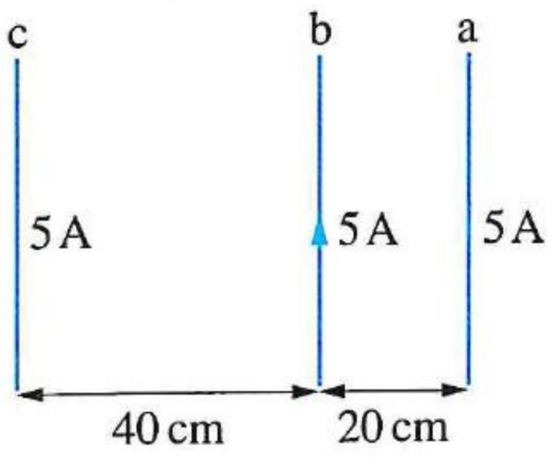
- نحسب مقدار القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة على السلك الثالث : $\mathbf{F = F_{13} \pm F_{23}}$

مثـال

الشـكل المقابل يوضح ثلاثة أسـلاك طويلة مسـتقيمة متوازية يمر بكل منها تيار كهربى، **أوجد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك b عندما يكون التياران فى السلكين a ، c :**

(أ) فى اتجاه واحد. **(ب)** فى اتجاهين متضادين.

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)



الحـــل

$I_a = I_c = I_b = 5$ A ، $d_{ab} = 20 \times 10^{-2}$ m ، $d_{cb} = 40 \times 10^{-2}$ m ، $\mu = 4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m ، $\frac{F_b}{\ell_b} = ?$

$$B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$$

$$B_{ab} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 5}{2 \pi \times 20 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-6} \text{ T} \quad , \quad B_{cb} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 5}{2 \pi \times 40 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

(أ) $B_t = B_{ab} - B_{cb} = (5 \times 10^{-6}) - (2.5 \times 10^{-6}) = 2.5 \times 10^{-6}$ T

$\frac{F_b}{\ell_b} = B_t I_b = 2.5 \times 10^{-6} \times 5 = \mathbf{12.5 \times 10^{-6}}$ **N/m**

(ب) $B_t = B_{ab} + B_{cb} = (5 \times 10^{-6}) + (2.5 \times 10^{-6}) = 7.5 \times 10^{-6}$ T

$\frac{F_b}{\ell_b} = B_t I_b = 7.5 \times 10^{-6} \times 5 = \mathbf{37.5 \times 10^{-6}}$ **N/m**

اختبر نفسك

23 **اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :**

مجاب عنها

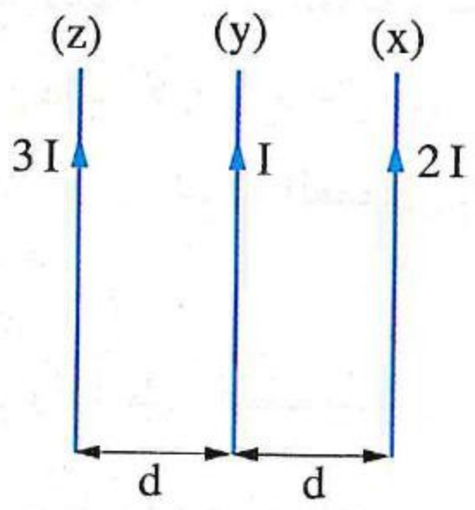
(١) سلكان متوازيان طويلان الطول المتقابل بينهما 35 m والبُعد بينهما 7 cm ويمر بكل منهما تيارًا شدته 25 A فى نفس الاتجاه، فيكون مقدار ونوع القوة المغناطيسية المتبادلة بينهما هما .....

(علمًا بأن : $\mu_{(\text{هواء})} = 4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 62.5×10^{-3} N ، قوة تنافر (ب) 2.19×10^{-3} N ، قوة تجاذب

(جـ) 62.5×10^{-3} N ، قوة تجاذب (د) 2.19×10^{-3} N ، قوة تنافر

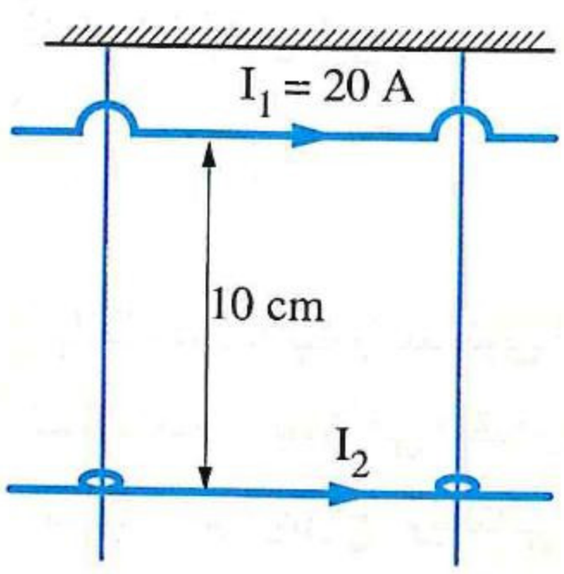
https://t.me/E5_G5



٢ فى الشـكل المقابل تكون النسبة بين القوة المغناطيسية المؤثرة على المتـر الواحد من السـلك x إلـى تلك المؤثرة على المتـر الواحد من السلك z تساوى .....

أ $\frac{1}{5}$ ب $\frac{5}{6}$

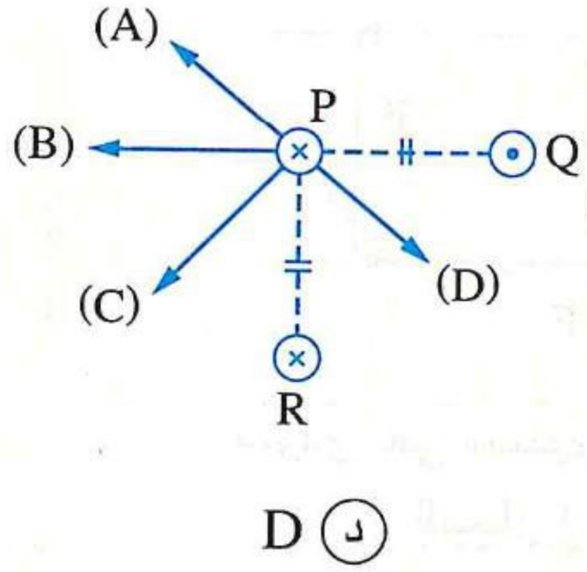
جـ $\frac{7}{15}$ د $\frac{1}{9}$



٣ الشكل المقابل يمثل سلكين مستقيمين طويلين متوازيين فى مستوى رأسى واحد، الأول مثبت أفقيًا ويمر به تيار شدته 20 A ويقع على مسـافة 10 cm من سلك ثانٍ معلق بحيث يمكنه الحركة لأسفل أو لأعلى، فإذا كانت كتلة المتر الواحد من السـلك الثانى 0.12 g/m فإن شـدة التيار (I_2) الذى يجب أن يمر فيه حتى لا يسـقط بتأثير الجاذبية الأرضية هى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m ، $g = 10$ m/s^2)

أ 15 A ب 20 A جـ 30 A د 40 A

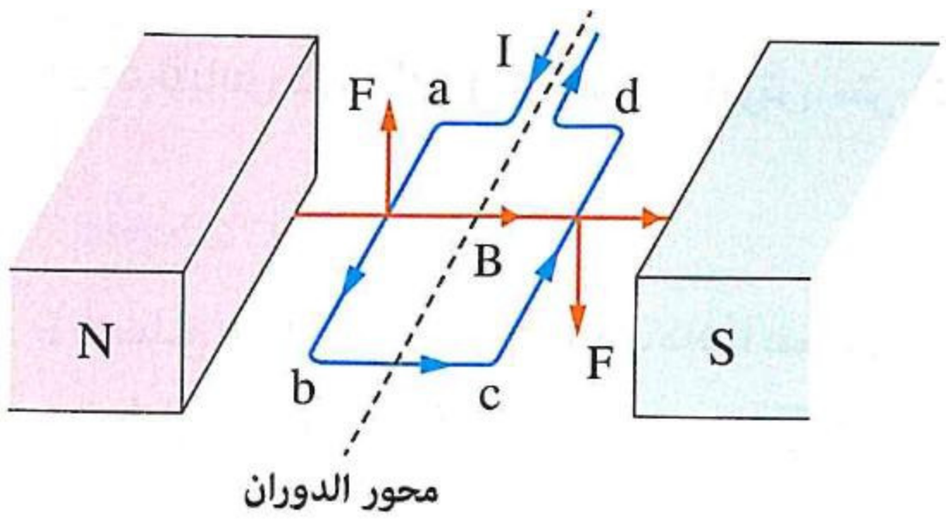


٤ الشكل المقابل يوضح ثلاثة أسلاك طويلة P ، Q ، R مستواها عمودى على الصفحة يمر بكل منها نفس شدة التيار، فإذا كان تيار السلكين P ، R اتجاهه إلى داخل الصفحة بينما تيار السـلك Q اتجاهه إلى خارج الصفحة، فأى من الاتجاهات الموضحة (A ، B ، C ، D) يمثل اتجاه القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة على السلك P ؟

أ A ب B جـ C د D

عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى

* إذا وُضـع ملـف abcd يتكون من لفة واحـدة ويمر به تيار كهربى شدته (I) فى مجال مغناطيسى منتظم بحيث يكون مستـوى الملف موازى لخطوط الفيض المغناطيسى، فإن :



– الضلعان bc ، ad يكونا موازيين لخطوط الفيض المغناطيسى فتكون القوة المؤثرة على كل منهما تساوى صفر.

– الضلعان ab ، cd يكونان متعامدان على خطوط الفيض المغناطيسى فيتأثر الضلعان بقوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه **وليس لهما خط عمل واحد** قيمة كل منهما : $F = BI\ell_{cd}$

https://t.me/E5_G5

* نتيجة لهاتين القوتين ينشأ عزم ازدواج يعمل على دوران الملف حول محوره، وتتعين قيمته من العلاقة :

عزم الازدواج = إحدى القوتين × البُعد العمودى بينهما

$\tau = BI\ell_{cd} \times \ell_{bc}$

حيث : البُعد العمودى بينهما = طول أحد الضلعين ℓ_{ad} أو ℓ_{bc}

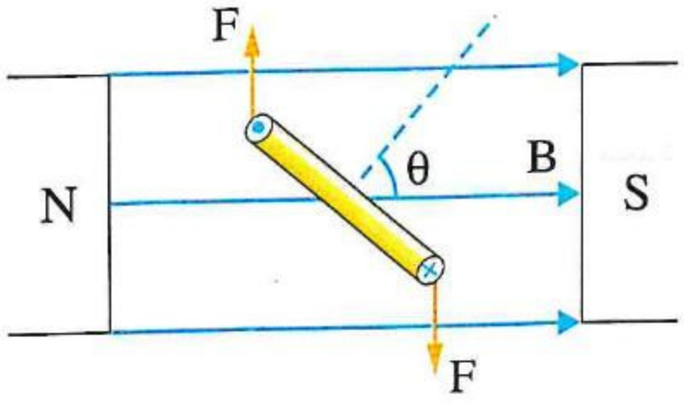
$\because A = \ell_{cd}\ \ell_{bc}$ $\quad\quad$ $\therefore \tau = BIA$

وإذا كان الملف يحتوى على N من اللفات يصبح عزم الازدواج الكلى :

$\tau = BIAN$

وعندما يصنع العمودى على مستوى الملف زاوية θ مع خطوط الفيض فإن :

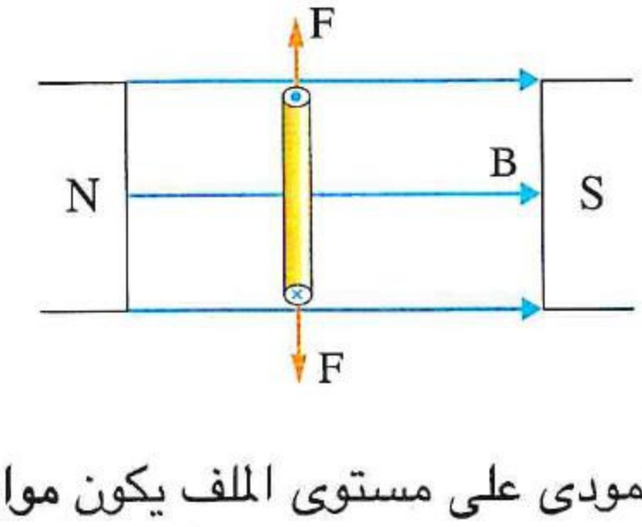
$\tau = BIAN \sin\theta$



* وبالمثل عندما يكون مستوى الملف عموديًا على الفيض المغناطيسى تصبح القوتين المؤثرتين على كل ضلعين متقابلين للملف متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه وخط عملهما على استقامة واحدة فتنعدم محصلتهما ولا يتولد عنهما عزم ازدواج، وبالتالى:

إذا كان مستوى الملف

عمودى على اتجاه خطوط الفيض



فإن

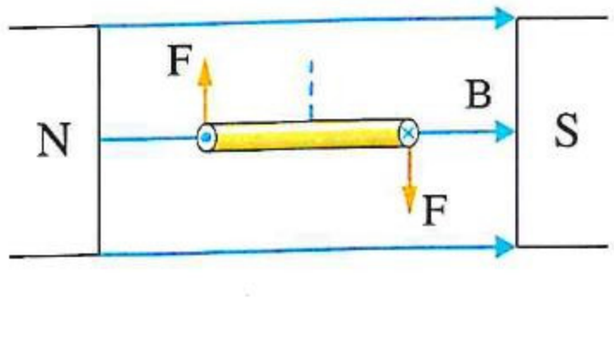
العمودى على مستوى الملف يكون **موازى** للمجال ($\theta = 0°$)

$\tau = BIAN \sin 0 = 0$

أى أن

عزم الازدواج **ينعدم**

موازى لاتجاه خطوط الفيض



فإن

العمودى على مستوى الملف يكون **عمودى** على المجال ($\theta = 90°$)

$\tau = BIAN \sin 90 = BIAN$

أى أن

عزم الازدواج **قيمة عظمى**

وحدة قياس عزم الازدواج هى نيوتن.متر (N.m) والتى تكافئ تسلا. أمبير. متر^2 ($T.A.m^2$)

ملاحظات

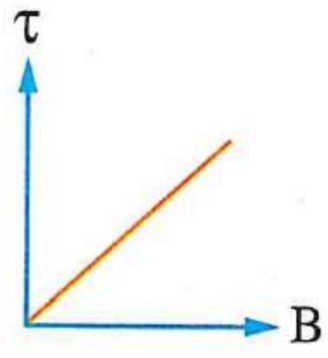
* الضلع الموازى لمحور دوران الملف دائمًا عمودى على اتجاه المجال المغناطيسى ويتأثر بقوة ثابتة ($F = BI\ell$) فى جميع أوضاع الملف فى المجال المغناطيسى، وما يتغير مع دوران الملف هو البُعد العمودى بين القوتين المؤثرتين على الضلعين الموازيين لمحور دوران الملف مما يسبب تغير قيمة عزم الازدواج المغناطيسى.

* الضلع العمودى على محور دوران الملف يتأثر بقوة تتراوح من الصفر عندما يكون مستوى الملف موازيًا لاتجاه خطوط الفيض إلى قيمة عظمى عندما يصبح مستوى الملف عموديًا على اتجاه خطوط الفيض.

العوامل التى يتوقف عليها عزم الازدواج المغناطيسى

١ عدد لفات الملف :

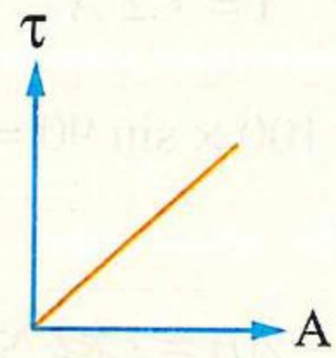
يتناسب عزم الازدواج المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع عدد لفات الملف.



$$slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta N} = BIA \sin\theta$$

٢ مساحة وجه الملف :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع مساحة وجه الملف.



$$slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta A} = BIN \sin\theta$$

٣ كثافة الفيض المغناطيسى :

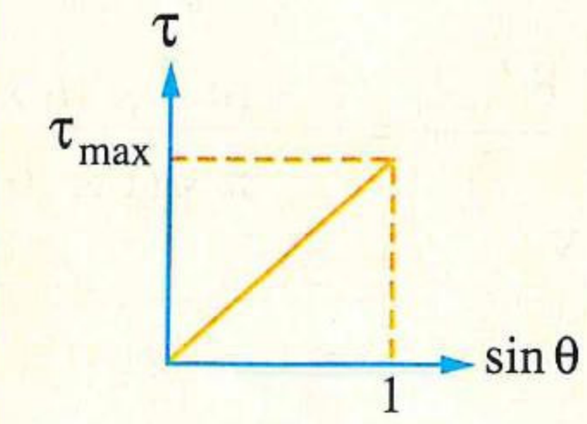
يتناسب عزم الازدواج المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع كثافة الفيض المغناطيسى.

$$slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta B} = IAN \sin\theta$$

$$\tau = B\,I\,A\,N \sin\theta$$

٤ الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض :

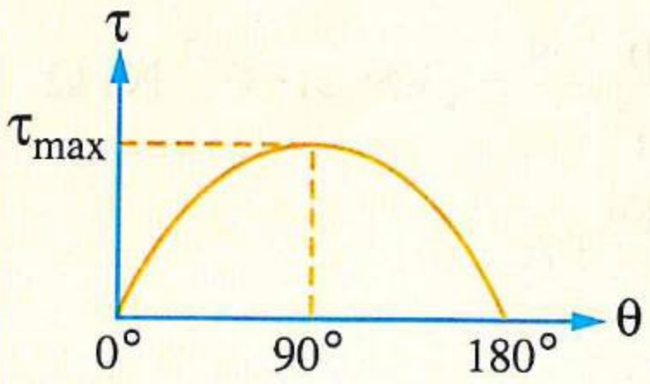
يتناسب عزم الازدواج المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع جيب الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض.



$$slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta \sin\theta} = BIAN$$

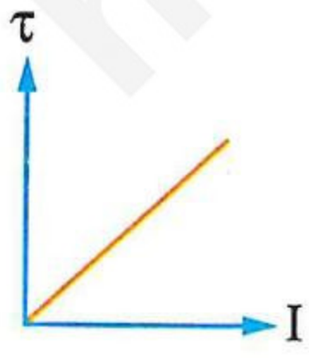
أو

تمثل العلاقة بين عزم الازدواج المغناطيسى والزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض **بمنحنى جيبى.**



٥ شدة التيار :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع شدة التيار المار فى الملف.



$$slope = \frac{\Delta\tau}{\Delta I} = BAN \sin\theta$$

https://t.me/E5_G5

مثـال ❶

ملف مستطيل مساحة وجهه $50\ cm^2$ مكون من 100 لفة وُضع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 5 T ويمر به تيار شدته 1.2 A، **أوجد عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على الملف فى الحالات الآتية :**

(أ) إذا كان مستوى الملف موازيًا لاتجاه خطوط الفيض.

(ب) إذا كان مستوى الملف عموديًا على اتجاه خطوط الفيض.

(جـ) عندما يصنع مستوى الملف زاوية $20°$ مع خطوط الفيض.

الحـــل

$A = 50 \times 10^{-4}\ m^2$ | $N = 100$ | $B = 5\ T$ | $I = 1.2\ A$ | $\tau = ?$

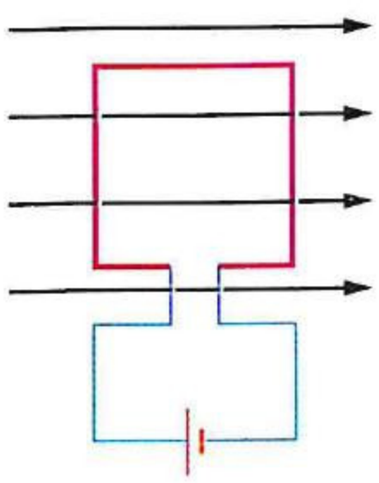
(أ) $\tau = BIAN \sin\theta = 5 \times 1.2 \times 50 \times 10^{-4} \times 100 \times \sin 90 = \mathbf{3\ N.m}$

(ب) $\tau = BIAN \sin 0 = \mathbf{0}$

(جـ) $\tau = 5 \times 1.2 \times 50 \times 10^{-4} \times 100 \times \sin (90 - 20) = \mathbf{2.82\ N.m}$

مثـال ❷

اختر : بطارية قوتها الدافعة الكهربية 21 V ومقاومتها الداخلية مهملة وُصلت مع ملف مربع طول ضلعه 4 cm والمقاومة النوعية لمادته $7 \times 10^{-7}\ \Omega.m$ ونصف قطر سلكه 1 mm، فإذا وُضع الملف موازيًا لمجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 0.2 T كما بالشكل المقابل، فإن عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على الملف يساوى .....



(أ) 0.96 N.m (ب) 0.62 N.m (جـ) 0.33 N.m (د) 0.19 N.m

الحـــل

$V_B = 21\ V$ | $\ell_{(ضلع)} = 4\ cm$ | $\rho_e = 7 \times 10^{-7}\ \Omega.m$ | $r_{(سلك)} = 1\ mm$ | $B = 0.2\ T$ | $\tau = ?$

$\ell_{(سلك)} = 4\,\ell_{(ضلع)}\,N = 4 \times 4 \times 10^{-2}\,N = (16 \times 10^{-2}\,N)\ m$

$$R = \frac{\rho_e \ell_{(سلك)}}{A} = \frac{7 \times 10^{-7} \times 16 \times 10^{-2}\,N}{\pi \times (1 \times 10^{-3})^2} = (3.56 \times 10^{-2}\,N)\ \Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R} = \frac{21}{3.56 \times 10^{-2}\,N} = \left(\frac{589.89}{N}\right) A$$

$\tau = BIAN \sin\theta = BI\ell^2_{(ضلع)} N \sin\theta$

$= 0.2 \times \frac{589.89}{N} \times (4 \times 10^{-2})^2\,N \sin 90$

$= \mathbf{0.19\ N.m}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

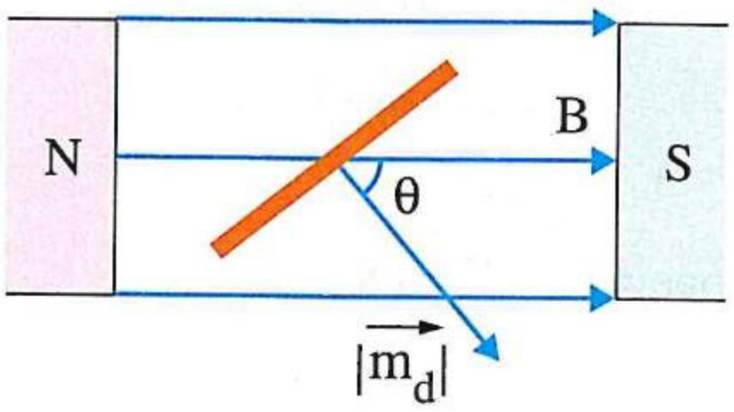
https://t.me/EE_GE

عزم ثنائى القطب المغناطيسى

* الملف الذى يمر به تيار كهربى يعمل كثنائى قطب مغناطيسى، ويمثل عزم ثنائى القطب المغناطيسى لملف شدة المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار الكهربى خلاله وبالتالى يعتمد على :

١ مساحة وجه الملف وعدد لفاته.

٢ شدة التيار المار فيه.



* عزم ثنائى القطب المغناطيسى لملف $|\overrightarrow{m_d}|$ هو كمية متجهة واتجاهها عمودى على مستوى الملف.

* يتعين مقدار عزم ثنائى القطب المغناطيسى من العلاقة :

$$|\overrightarrow{m_d}| = IAN$$

$$\therefore \tau = B\,|\overrightarrow{m_d}|\sin\theta$$

$$\therefore |\overrightarrow{m_d}| = \frac{\tau}{B \sin\theta}$$

يقاس عزم ثنائى القطب المغناطيسى بوحدة نيوتن.متر/تسلا (N.m/T) وتكافئ أمبير.متر^2 ($A.m^2$)

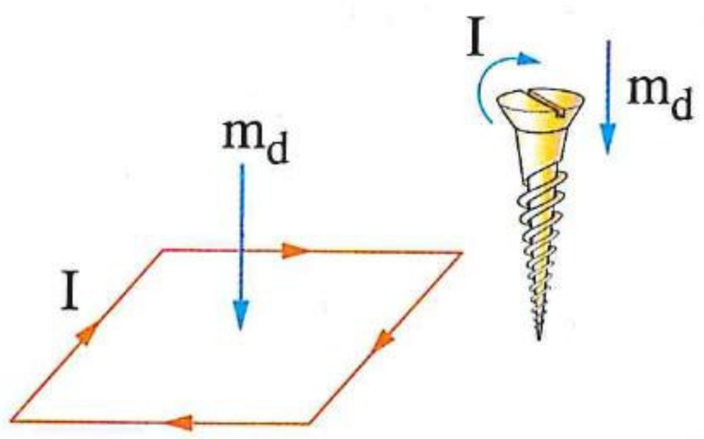
تحديد اتجاه عزم ثنائى القطب المغناطيسى

* عزم ثنائى القطب المغناطيسى دائمًا عمودى على مستوى الملف، ويمكن تحديد اتجاهه باستخدام :

١ قاعدة البريمة اليمنى

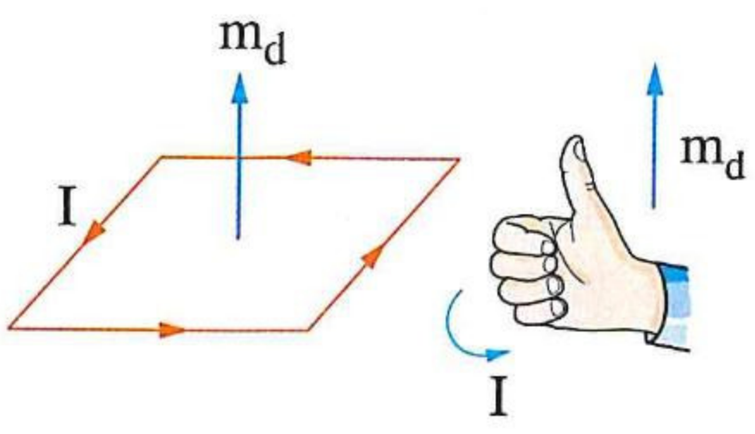
نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

اتجاه عزم ثنائى القطب المغناطيسى يكون فى اتجاه تقدم بريمة اليد اليمنى ويكون اتجاه دوران البريمة هو اتجاه التيار :



٢ قاعدة اليد اليمنى

اجعل أصابع اليد اليمنى ماعدا الإبهام تشير إلى اتجاه التيار فى الملف فيشير الإبهام إلى اتجاه عزم ثنائى القطب المغناطيسى :

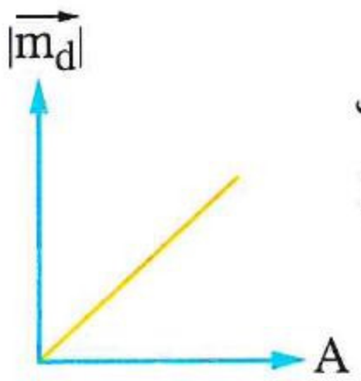


https://t.me/E5_G5

العوامل التى يتوقف عليها عزم ثنائى القطب المغناطيسى

١ مساحة وجه الملف :

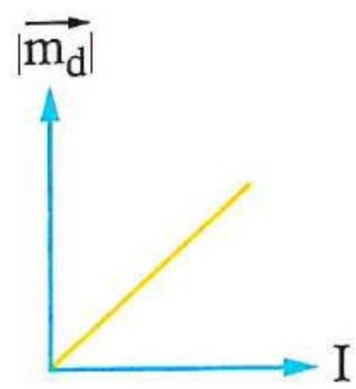
يتناسب عزم ثنائى القطب المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع مساحة وجه الملف.



$$slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{m_d}|}{\Delta A} = IN$$

٢ شدة التيار :

يتناسب عزم ثنائى القطب المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع شدة التيار المار فى الملف.

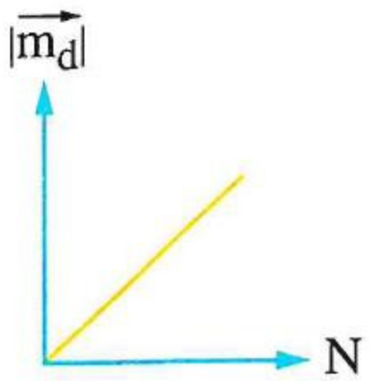


$$slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{m_d}|}{\Delta I} = AN$$

$$|\overrightarrow{m_d}| = I A N$$

٣ عدد لفات الملف :

يتناسب عزم ثنائى القطب المغناطيسى تناسبًا **طرديًا** مع عدد لفات الملف.



$$slope = \frac{\Delta|\overrightarrow{m_d}|}{\Delta N} = IA$$

تطبيقات عزم الازدواج المغناطيسى

١ أجهزة القياس الكهربى التناظرية.

٢ المحرك الكهربى.

مثـال ١

اختر : ملف دائرى عدد لفاته N ونصف قطره 10 cm إذا مر به تيار كهربى شدته (I) تولد عند مركزه فيض مغناطيسى كثافته 2×10^{-4} T، فإن قيمة عزم ثنائى القطب المغناطيسى للملف تساوى ..... (علمًا بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 0.33 A.m^2 (ب) 1 A.m^2 (جـ) 1.22 A.m^2 (د) 1.51 A.m^2

الحـــل

$r = 0.1$ m | $B = 2 \times 10^{-4}$ T | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $|\overrightarrow{m_d}| = ?$

$\because B = \mu \frac{NI}{2r}$

$\therefore I = \frac{2rB}{\mu N} = \frac{2 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} N} = \left(\frac{350}{11 N}\right)$ A

$A = \pi r^2 = \pi \times (0.1)^2 = \frac{11}{350}$ m^2 ,

$|\overrightarrow{m_d}| = IAN = \left(\frac{350}{11 N}\right) \times \frac{11}{350} \times N =$ **1 A.m^2**

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ❷

اختر : سلك مستقيم طوله 40 cm لُف على هيئة ملف مربع الشكل من لفة واحدة ولُف مرة أخرى على هيئة ملف مربع الشـكل من 10 لفات متماثلة، فإذا مرت نفس شـدة التيار فى الملف فى الحالتين، فإن النسـبة بين عزم ثنائى القطب المغناطيسى فى الحالتين $\left(\frac{(|\overrightarrow{m_d}|)_1}{(|\overrightarrow{m_d}|)_2}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{10}{1}$ (ب) $\frac{1}{10}$ (جـ) $\frac{100}{1}$ (د) $\frac{1}{100}$

الحـــل

$\ell = 40$ cm | $N_1 = 1$ | $N_2 = 10$ | $\frac{(|\overrightarrow{m_d}|)_1}{(|\overrightarrow{m_d}|)_2} = ?$

$\because \ell_{(سلك)} = 4\,\ell_{(ضلع)} N$

$\therefore \ell_{(ضلع)} = \frac{\ell_{(سلك)}}{4\,N}$, $\ell_{(ضلع)} \propto \frac{1}{N}$

$\therefore \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{N_2}{N_1}$, $\frac{A_1}{A_2} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} = \frac{N_2^2}{N_1^2}$

$\because |\overrightarrow{m_d}| = IAN$

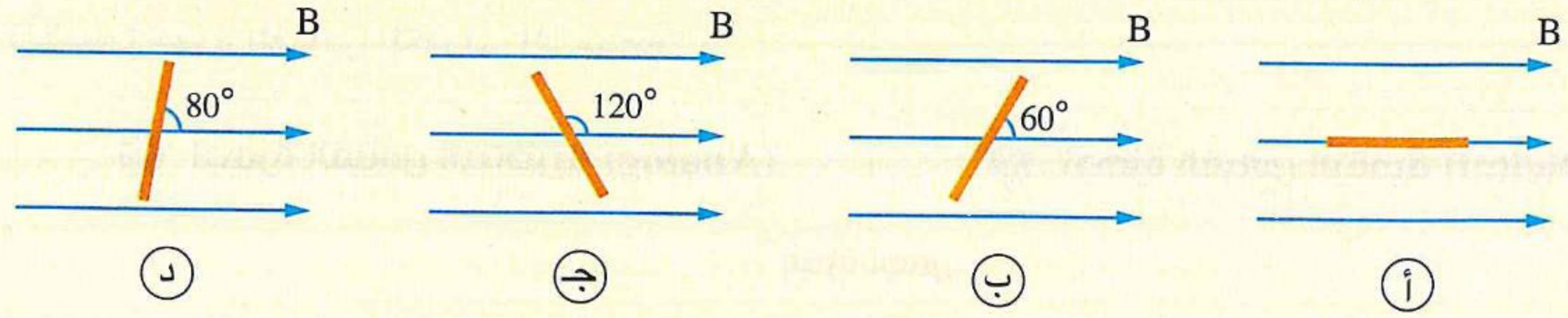
$\therefore \frac{(|\overrightarrow{m_d}|)_1}{(|\overrightarrow{m_d}|)_2} = \frac{IA_1N_1}{IA_2N_2} = \frac{N_2^2N_1}{N_1^2N_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{10}{1}$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

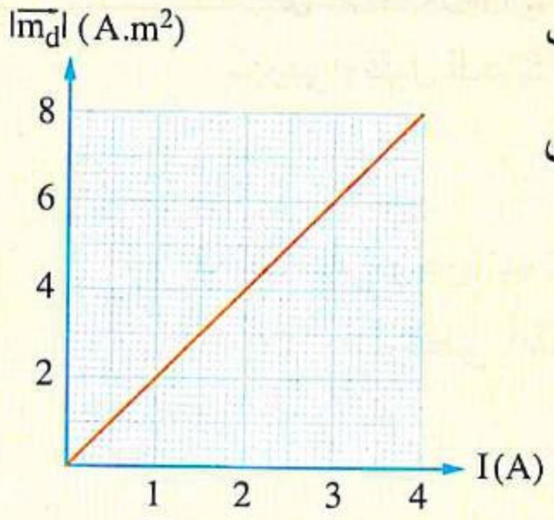
مجاب عنها

24 ١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) ملـف موضـوع فـى مجال مغناطيسـى منتظم فى مسـتوى الصفحـة واتجاهه جهة اليمـين، أى من الأوضاع التالية يعبر عن أقل قيمة لعزم الازدواج المؤثر على الملف عند مرور تيار كهربى به ؟



(٢) الشـكل البيانـى المقابـل يمثـل العلاقـة بين مقـدار عزم ثنائـى القطب المغناطيسى $|\overrightarrow{m_d}|$ لملف مستطيل عدد لفاته 100 لفة ويمر به تيار كهربى وشدة التيار (I) المار فى الملف، فإن مساحة الملف تساوى .....



(أ) $200\ cm^2$ (ب) $400\ cm^2$ (جـ) $600\ cm^2$ (د) $800\ cm^2$

٢ إذا كان عـزم الازدواج المغناطيسـى المؤثـر علـى ملف يمر به تيار ومسـتواه موازيًا لفيض مغناطيسـى كثافته 0.3 T هو 12 N.m، **احسب** عزم ثنائى القطب المغناطيسى لهذا الملف.

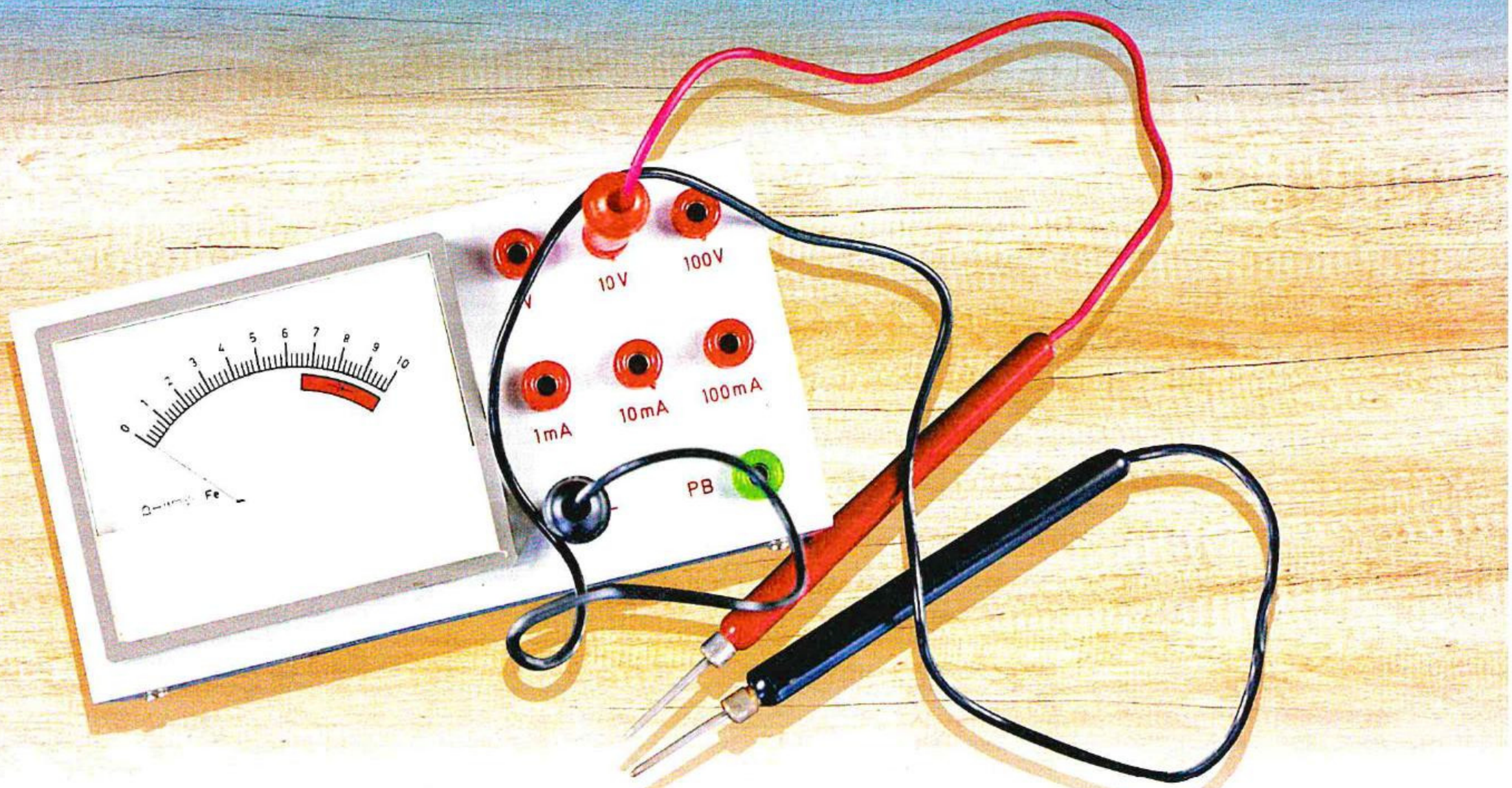
.....

اختبر نفسك

الفصل 2

الدرس الرابع

أجهزة القياس الكهربى



* **درسنا فى الدرس السابق** عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى عند وضعه فى مجال مغناطيسى، وتستخدم هذه الفكرة فى عمل بعض أجهزة القياس الكهربى.

* **تنقسم أجهزة القياس الكهربى إلى نوعين :**

١ أجهزة القياس التناظرية (Analog)	٢ أجهزة القياس الرقمية (Digital)
فكرة العمل	
تعتمد على عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى وقابل للحركة فى مجال مغناطيسى	تعتمد على الإلكترونيات الرقمية
طريقة بيان القراءة	
تعتمد على وجود مؤشر يتحرك على تدريج ويعطى القيمة المطلوبة	تعتمد على ظهور أعداد رقمية على الشاشة تحدد القيمة المطلوبة
أمثلة	
الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك وأميتر وڤولتميتر التيار المستمر	أجهزة القياس الرقمية للتيار المستمر أو التيار المتردد

*** سنتناول فى هذا الدرس أحد أجهزة القياس الكهربى التناظرية بشىء من التفصيل وهو الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك وبعض التطبيقات عليه.**

https://t.me/E5_G5

الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك (الجلڤانومتر الحساس) Moving Coil Galvanometer

الاستخدام

١ الاستدلال على وجود تيارات كهربية مستمرة ضعيفة جدًا فى دائرة كهربية وقياس شدتها.

٢ تحديد اتجاه التيارات المستمرة الضعيفة.

التركيب

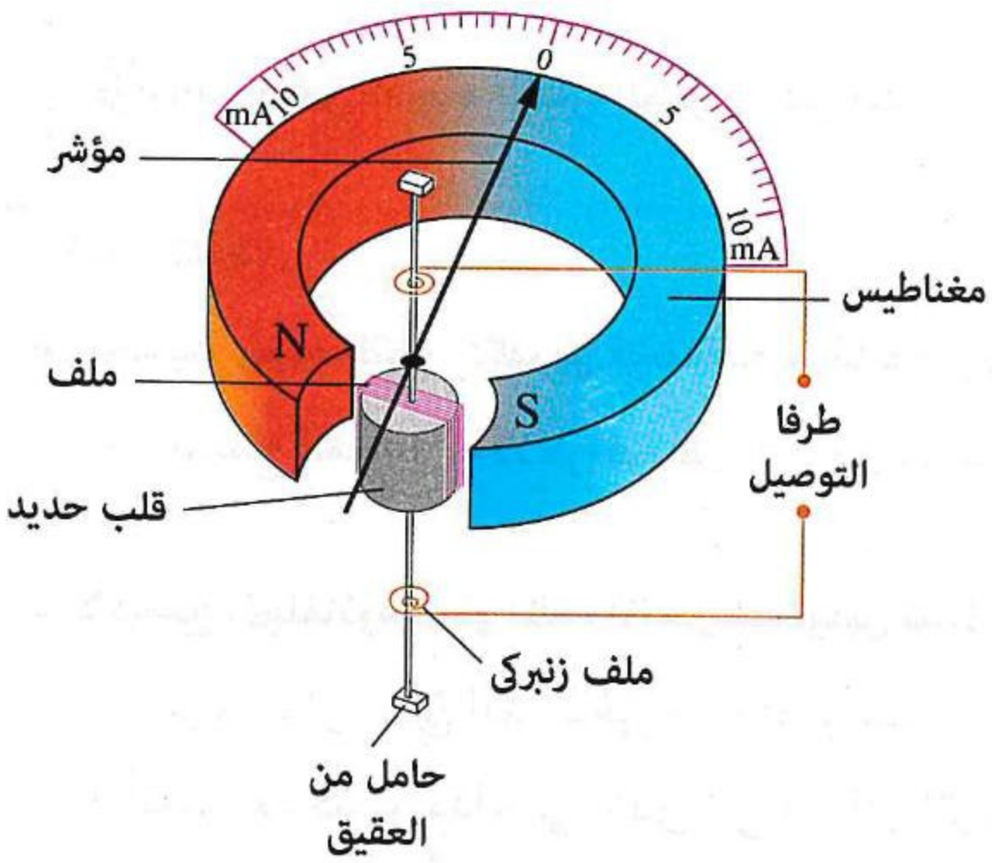
١ ملف من سلك رفيع معزول ملفوف حول إطار مستطيل خفيف من الألومنيوم يمكن أن يدور حول محوره.

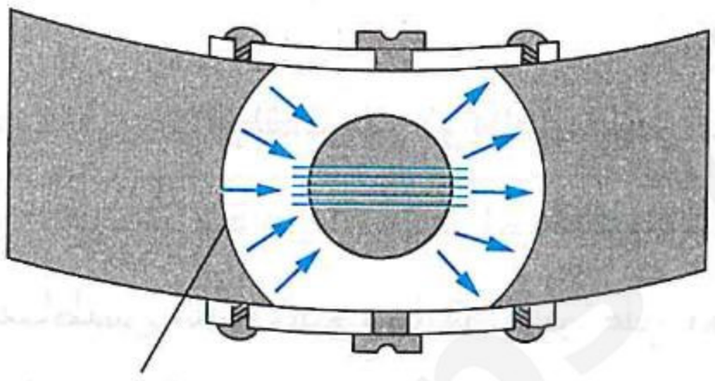
٢ قلب من الحديد المطاوع على هيئة أسطوانة ثابتة يوضع داخل الإطار المستطيل ومعزول عنه، **لتركيز** الفيض المغناطيسى داخل الملف.

٣ مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس قطبيه مقعرين يوضع الملف والقلب الحديدى بينهما، **حتى** تكون خطوط الفيض المغناطيسى بين القطبين على هيئة أنصاف أقطار وبالتالى فى أى وضع للملف تكون خطوط الفيض موازية لمستوى الملف وعمودية على الضلعين الطوليين.

٤ زوج من الملفات الزنبركية (اللولبية)، **لتعمل** كوصلات لدخول وخروج التيار من الملف وللتحكم فى حركة الملف كما تعمل على إعادة الملف إلى وضعه الأصلى عند انقطاع التيار.

٥ حوامل من العقيق، **يرتكز** عليها الملف لتقليل الاحتكاك وتسهيل حركته.





منظر علوى للملف

الأساس العلمى (فكرة العمل)

الفكرة

عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

الشرح

عند مرور تيار كهربى فى ملف مستواه موازى لخطوط الفيض تتولد قوتان متوازيتان ومتساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه على الضلعين الطوليين (الموازيين لمحور دورانه) للملف فينشأ عنهما عزم ازدواج فيدور الملف حول محوره.

شـرح العمل

١ عند مرور التيار الكهربى فى الملف فإن القوى المغناطيسية تولد عزمًا يعمل على دوران الملف فى اتجاه حركة عقارب الساعة أو عكسها.

٢ أثنـاء دوران الملـف يتولـد فى الملفين الزنبركيـين عزم لىّ يعاكس عزم الازدواج المؤثـر على ملف الجلڤانومتر وتزداد قيمته تدريجيًا بزيادة زاوية انحراف المؤشر.

٣ عندمـا يتـزن عزم اللـىّ المتولد فى الملفين الزنبركيين مـع عزم الازدواج المؤثر على ملف الجلڤانومتر يسـتقر المؤشر أمام قراءة معينة تدل على شدة التيار.

٤ إذا عُكس اتجاه التيار الكهربى فى الملف يدور الملف والمؤشر فى عكس الاتجاه.

ملاحظات

* **لتحديد اتجاه التيار الكهربى يستخدم جلڤانومتر ذو ملف متحرك صفر تدريجه فى المنتصف،**

لكى يسمح للمؤشر بالانحراف على أى من جانبيه حسب اتجاه التيار المار فى ملفه.

---

* **لا يصلح الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيارات الكهربية العالية،**

لأن مرور تيار عالى الشدة فى ملفه قد يسبب :

- انحـراف كبيـر مفاجـئ يؤدى إلى اختلال اتزان الملـف وفقد ملفات اللىّ جزء من مرونتها مما يسـبب خطأ فى صفر التدريج.
- تولد حرارة فى أسلاك الملف مما قد يسبب تلف الملف.

---

* **يجب معايرة الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك بعد فترة من استخدامه،**

لأن بعـد فتـرة من اسـتخدام الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك قد تضعف قوة اللـىّ فى الملفين الزنبركيين وكذلك قوة المغناطيس المستخدم مما قد يؤثر على دقة قراءة الجهاز.

حساسية الجلڤانومتر

* تتناسـب زاوية انحراف مؤشـر الجلڤانومتر طرديًا مع عزم الازدواج المغناطيسـى المؤثر على الملف والذى يتناسـب طرديًا مع شدة التيار المار فى الملف،

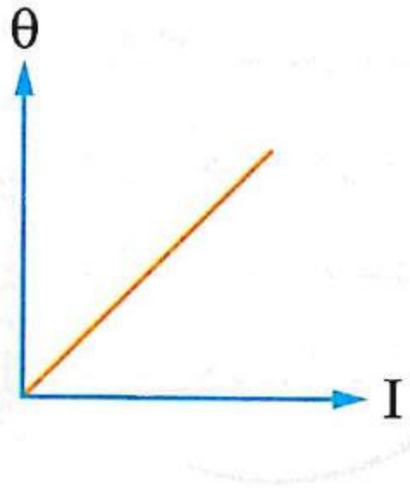
لذلـك يكـون **تدريـج الجلڤانومتـر منتظم**، فـإذا كانت زاويـة انحراف مؤشـر الجلڤانومتر θ وشـدة التيـار المار فى الملف I فإن $(\theta \propto I)$،

أى أن $\frac{\theta}{I}$ = مقدار ثابت لكل جلڤانومتر.

* يسمى هذا المقدار الثابت **حساسية الجلڤانومتر** :

حساسية الجلڤانومتر $= \frac{\theta}{I}$

تقاس حساسية الجلڤانومتر بوحدة درجة/ميكروأمبير **(deg/μA)**



* يمكن تمثيل العلاقة بين زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر (θ) وشدة التيار المار فى الملف (I) بيانيًا كما بالشكل :

حساسية الجلفانومتر = $\text{slope} = \frac{\Delta\theta}{\Delta I}$

* **مما سبق يمكن تعريف حساسية الجلفانومتر كالتالى :**

حساسية الجلفانومتر $\left(\frac{\theta}{I}\right)$

تقدر بزاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر عند مرور تيار فى ملفه شدته الوحدة.

مثـال

اختر : جلفانومتر ذو ملف متحرك عندما يمر به تيار كهربى شدته 30 μA ينحرف المؤشر بزاوية 60°، فإن حساسية الجلفانومتر تساوى .....

(أ) 0.5 deg/μA (ب) 1 deg/μA (جـ) 2 deg/μA (د) 4 deg/μA

الحـــل

حساسية الجلفانومتر = ؟ | θ = 60° | I = 30 μA

حساسية الجلفانومتر $= \frac{\theta}{I} = \frac{60}{30} =$ **2 deg/μA**

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

* **لتعيين شدة التيار المار فى ملف الجلفانومتر :**

شدة التيار (I) = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر × دلالة القسم الواحد

مثـال

اختر : جلفانومتر حساس يتكون تدريجه من 50 قسم، إذا كانت دلالة القسم الواحد 0.1 mA، فإن أقصى شدة تيار يقيسه الجلفانومتر تساوى .....

(أ) 2 mA (ب) 3 mA (جـ) 5 mA (د) 6 mA

الحـــل

I = ? | دلالة قسم الجلفانومتر الواحد = 0.1 mA | عدد الأقسام التى ينحرف إليها المؤشر = 50

شدة التيار = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر × دلالة القسم الواحد

$I = 50 \times 0.1 =$ **5 mA**

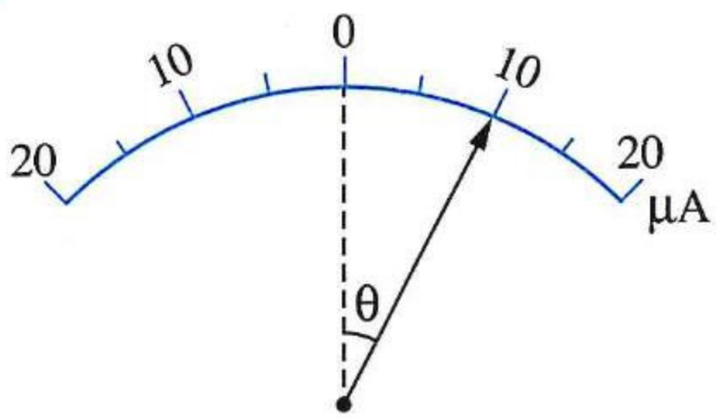
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

25 اختبر نفسك

الشكل المقابل يمثل انحراف مؤشر جلڤانومتر ذو ملف متحرك عند مرور تيار كهربى فى ملفه، فإذا كانت الزاوية (θ) تساوى 30° ، **احسب** حساسية الجهاز.

مجاب عنها

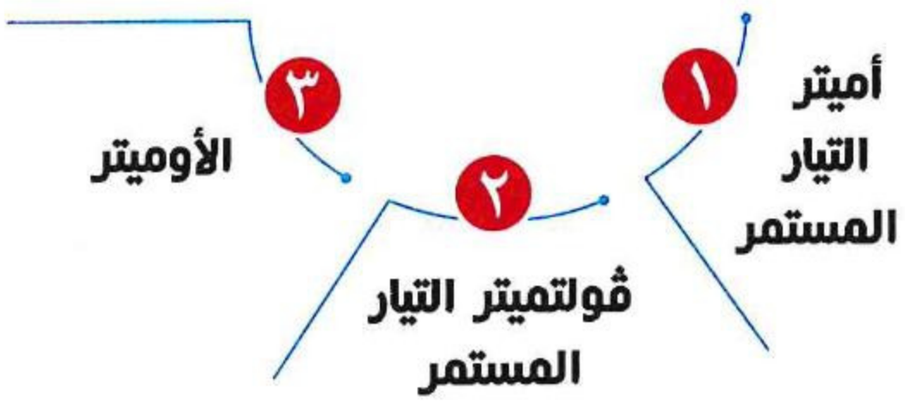


.....

.....

تطبيقات على الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك

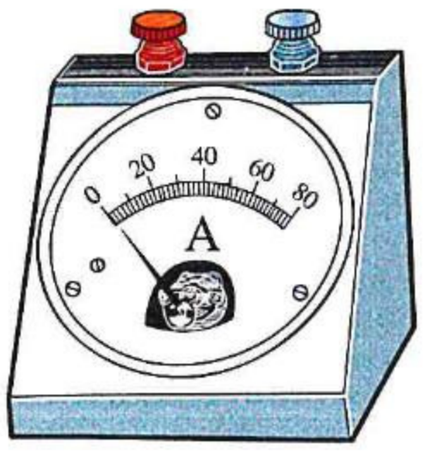
* يمكن تحويل الجلڤانومتر إلى :



١ أميتر التيار المستمر (الأميتر ذو الملف المتحرك) DC Ammeter

الاستخدام

قياس شدة تيارات كهربية مستمرة عالية مقارنةً بالجلڤانومتر.



أميتـر

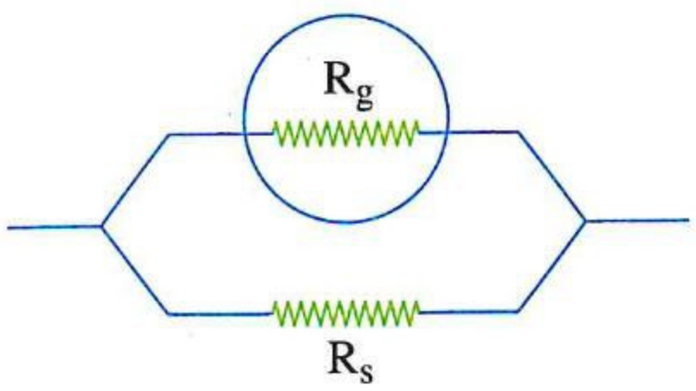
الأساس العلمى (فكرة العمل)

عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

التوصيل فى الدائرة الكهربية

يوصل الأميتر فى الدوائر الكهربية على التوالى، **حتى** يمر فيه نفس التيار المار فى الدائرة.

التركيب



١ جلڤانومتر ذو ملف متحرك.

٢ مقاومة صغيرة تسمى **مجزئ التيار** (R_S)، توصل على التوازى مع ملف الجلڤانومتر،

https://t.me/E5_G5

وأهميتها :

١- حماية الجلڤانومتر من التلف حيث إنها تسمح بمرور معظم التيار بها.

٢- زيادة مدى قياس شدة التيار بالجلڤانومتر فيقيس شدة تيار أكبر.

٣- تقلل من المقاومة الكلية للأميتر وبالتالى يقل تأثير الجهاز على المقاومة الكلية للدائرة وعلى شدة التيار المار بها فتزيد دقة الجهاز فى قياس شدة التيار.

* **مما سبق يمكن تعريف مجزئ التيار كما يلى :**

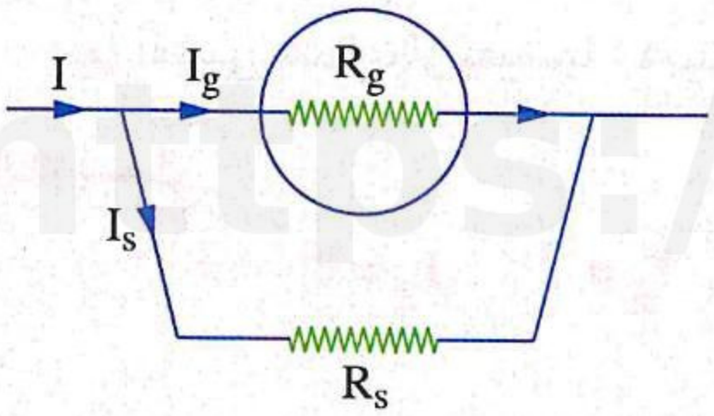
مجزئ التيار

مقاومة صغيرة توصل بالجلڤانومتر على التوازى لتحويله إلى أميتر يقيس شدة تيار أكبر.

ملاحظة

*** عند توصيل مجزئ تيار على التوازى مع ملف جلڤانومتر يزداد مدى قياس شدة التيار بالجلڤانومتر فتقل حساسية الجهاز، فعند ثبوت زاوية انحراف المؤشر (θ) تتناسب حساسية الجهاز عكسيًا مع أقصى قراءة على تدريجه.**

حساب قيمة مقاومة مجزئ التيار



∵ R_g ، R_s متصلتان على التوازى.

$\therefore V_g = V_s$

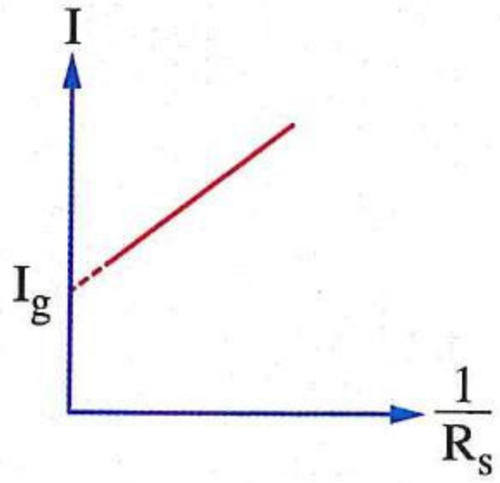
$\therefore I_g R_g = I_s R_s$ ، $R_s = \frac{I_g R_g}{I_s}$

$\because I = I_g + I_s$ $\therefore I_s = I - I_g$

$$\therefore \quad \mathbf{R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}}$$

حيث : (I_g) أقصى تيار يقيسه الجلڤانومتر، (I_s) التيار المار فى مجزئ التيار، (I) شدة التيار الكلية (أقصى تيار يمكن أن يقيسه الأميتر).

* العلاقة البيانية بين أقصى شدة تيار يقيسه الأميتر (I) ومقلوب مقاومة مجزئ التيار ($\frac{1}{R_s}$) :



$\because I = I_g + \frac{V_g}{R_s}$

$\therefore$ slope $= \frac{\Delta I}{\Delta(\frac{1}{R_s})} = V_g = I_g R_g$

مثـال ❶

جلڤانومتر مقاومة ملفه 2 Ω يقيس تيار أقصاه 5 mA، **احسب** المقاومة اللازمة لتحويله إلى أميتر يقيس تيار أقصاه 10 A

الحـــل

$R_g = 2\ \Omega$ | $I_g = 5 \times 10^{-3}$ A | $I = 10$ A | $R_s = ?$

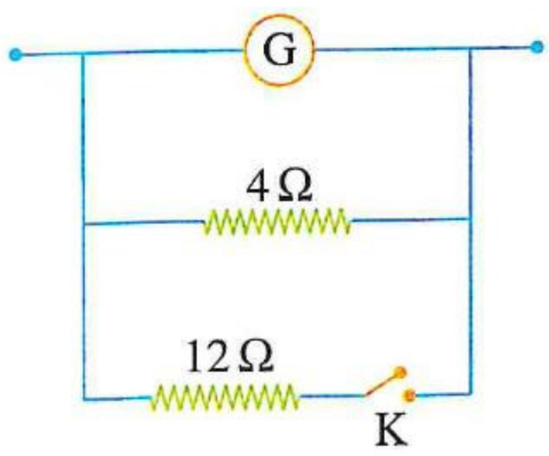
$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{5 \times 10^{-3} \times 2}{10 - (5 \times 10^{-3})} = 1.0005 \times 10^{-3}\ \Omega$$

مثـال ❷

أميتر يتكون من جلڤانومتر مقاومته 96 Ω وقراءة نهاية تدريجه (I_g) يتصل بمقاومتين ومفتاح كما بالشكل، فإذا كانت أقصى شدة تيار يقيسها الأميتر والمفتاح (K) مفتوح هى 0.25 A، **فأوجد :**

(أ) قيمة (I_g).

(ب) أقصى شدة تيار يقيسها الأميتر عند غلق المفتاح (K).



الحـــل

$R_g = 96\ \Omega$ | $(R_s)_1 = 4\ \Omega$ | $(R_s)_2 = 12\ \Omega$ | $I_1 = 0.25$ A | $I_g = ?$ | $I_2 = ?$

(أ)

$$(R_s)_1 = \frac{I_g R_g}{I_1 - I_g} \quad , \quad 4 = \frac{I_g \times 96}{0.25 - I_g}$$

$$1 - 4\,I_g = 96\,I_g \quad , \quad 1 = 100\,I_g \quad \therefore I_g = 0.01\ A$$

(ب) عند غلق المفتاح (K) تصبح مقاومة مجزئ التيار المتصلة بالجلڤانومتر :

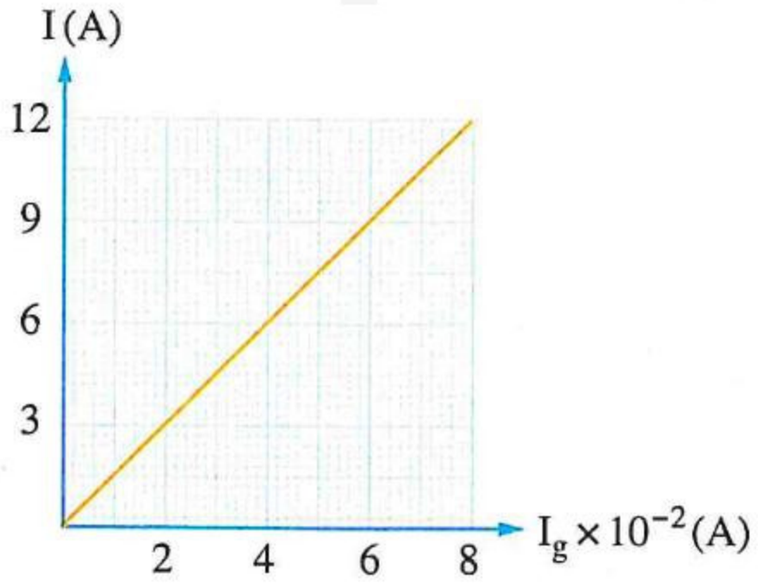
$$\grave{R}_s = \frac{(R_s)_1 (R_s)_2}{(R_s)_1 + (R_s)_2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3\ \Omega$$

$$\grave{R}_s = \frac{I_g R_g}{I_2 - I_g} \quad , \quad 3 = \frac{0.01 \times 96}{I_2 - 0.01}$$

$$3\,I_2 - 0.03 = 0.96 \quad , \quad 3\,I_2 = 0.99 \quad , \quad I_2 = \frac{0.99}{3} = 0.33\ A$$

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣



اختر : جلڤانومتر حسـاس مقاومة ملفـه R_g وُصل بمجزئ تيار 0.1 Ω لتحويلـه إلـى أميتـر وُوصـل الأميتـر فى دائـرة كهربية، والشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بـين قراءة جهاز الأميتر (I) وشدة التيار (I_g) المار بملف الجلڤانومتر، فتكون قيمة مقاومة ملف الجلڤانومتر (R_g) تساوى .....

(أ) 9.6 Ω (ب) 12.3 Ω

(جـ) 14.9 Ω (د) 21.2 Ω

الحـــل

$R_s = 0.1\ \Omega$ $\quad R_g = ?$

$$\text{slope} = \frac{\Delta I}{\Delta I_g} = \frac{12 - 0}{(8 - 0) \times 10^{-2}} = 150$$

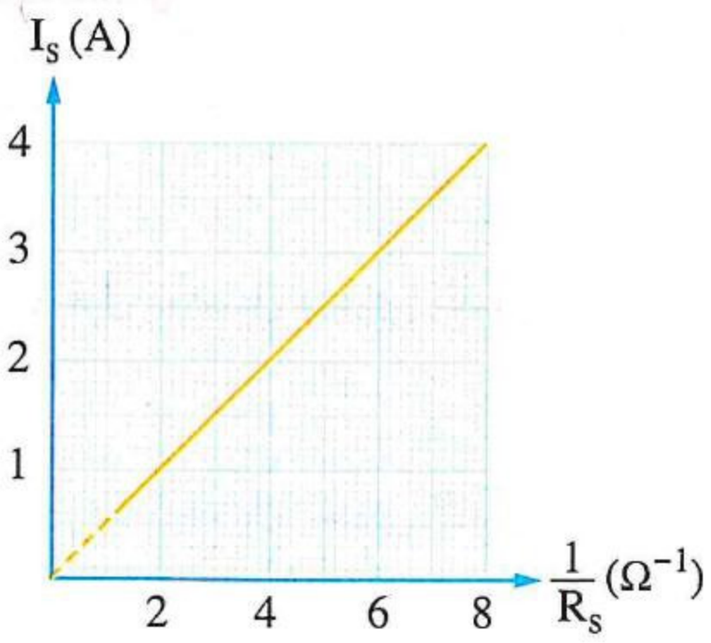
$$\because I = I_g + \frac{I_g R_g}{R_s} = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right)$$

$$\therefore \text{slope} = 1 + \frac{R_g}{R_s} = 150$$

$$\therefore R_g = 149\, R_s = 149 \times 0.1 = 14.9\ \Omega$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٤



اختر : جلڤانومتر حسـاس مقاومة ملفه 50 Ω تم تحويله لأميتر، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين شدة التيار الكهربى الذى يمـر فى مجزئ التيـار (I_s) عند انحراف مؤشـر الجلڤانومتر إلى نهايـة تدريجه ومقلوب قيمة المجزئ $\left(\frac{1}{R_s}\right)$، فإن أقصى قراءة على تدريج الجلڤانومتر (I_g) هى .....

(أ) 0.01 A (ب) 0.02 A

(جـ) 0.03 A (د) 0.04 A

الحـــل

$R_g = 50\ \Omega$ $I_g = ?$

$$\text{slope} = \frac{\Delta I_s}{\Delta\left(\frac{1}{R_s}\right)} = \frac{4-0}{8-0} = 0.5\ \text{V}$$

$$\because I - I_g = \frac{I_g R_g}{R_s} \qquad \therefore I_s = \frac{I_g R_g}{R_s}$$

$$\therefore \text{slope} = I_g R_g \qquad \therefore I_g = \frac{\text{slope}}{R_g} = \frac{0.5}{50} = 0.01\ \text{A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

إرشـاد :

* لحساب المقاومة الكلية للأميتر ($R_{(\text{أميتر})}$) :

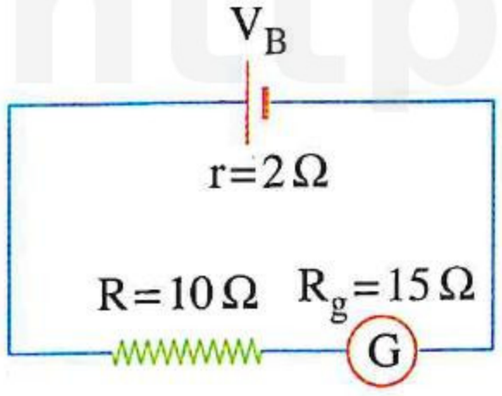
$$R_{(\text{أميتر})} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{V_g}{I}$$

* لتعيين شدة التيار المار فى الأميتر :

شدة التيار (I) = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الأميتر × دلالة القسم الواحد

مثـال ١

اختر : الدائـرة الكهربيـة المقابلـة تتكـون مـن بطاريـة قوتهـا الدافعـة الكهربية V_B ومقـاومتها الداخـلية 2 Ω تتصـل بمقـاومة ثابتـة 10 Ω وجلڤـانومتر مقاومـة ملفه 15 Ω، فإن النسـبة بين التيارين المارين فى الدائرة الكهربية قبل وبعد توصيل ملف الجلڤانومتر بمجزئ تيار قيمته 10 Ω على الترتيب تساوى .....



(أ) $\frac{2}{3}$ (ب) $\frac{3}{2}$ (جـ) $\frac{4}{9}$ (د) $\frac{1}{1}$

الحـــل

$r = 2\ \Omega$ $R = 10\ \Omega$ $R_g = 15\ \Omega$ $R_s = 10\ \Omega$ $\frac{I_1}{I_2} = ?$

* قبل توصيل مجزئ التيار :

$$I_1 = \frac{V_B}{R + R_g + r} = \frac{V_B}{10 + 15 + 2} = \frac{V_B}{27}$$

* بعد توصيل مجزئ التيار :

$$R_{(\text{أميتر})} = \frac{R_s R_g}{R_s + R_g} = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = 6\ \Omega$$

$$I_2 = \frac{V_B}{R + R_{(\text{أميتر})} + r} = \frac{V_B}{10 + 6 + 2} = \frac{V_B}{18}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_B}{27} \times \frac{18}{V_B} = \frac{2}{3}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٢

جلڤانومتـر مقاومـة ملفـه 40 Ω يتكـون مـن عشـرة أقسـام ويـدل كل قسـم مـن أقسـامه علـى 10 mA،

(أ) **اشرح** كيف يمكن تحويل الجلڤانومتر لأميتر يقيس تيار أقصاه 10 A، **مع الرسم.**

(ب) **احسب** دلالة القسم الواحد بعد تحويل الجلڤانومتر لأميتر.

(جـ) **احسب** المقاومة المكافئة للأميتر.

الحـــل

$R_g = 40\ \Omega$ | عدد أقسام تدريج الجلڤانومتر = 10

دلالة القسـم الواحد من الجلڤانومتر $= 10 \times 10^{-3}$ A | $I = 10$ A

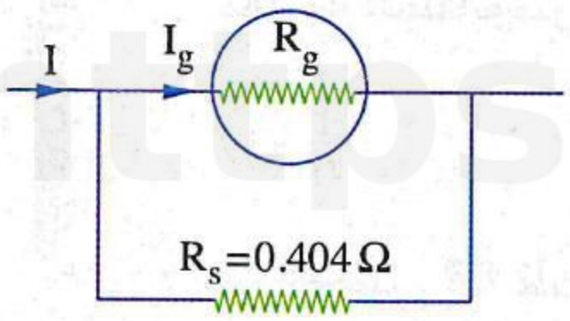
R_s = ? | **دلالة القسم الواحد من الأميتر = ?** | **$R_{(أميتر)}$ = ?**

(أ) دلالة القسم الواحد من الجلڤانومتر I_g = عدد أقسام تدريج الجلڤانومتر × دلالة القسم الواحد من الجلڤانومتر

$= 10 \times 10 \times 10^{-3} = 0.1$ A

$$\mathbf{R_s} = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.1 \times 40}{10 - 0.1} = \mathbf{0.404\ \Omega}$$

* لتحويـل الجلڤانومتر لأميتر يقيس تيـار أقصاه 10 A تُوصل مقاومة قدرها 0.404 Ω على التوازى مع ملف الجلڤانومتر.



(ب) شدة التيار = عدد أقسام تدريج الأميتر × **دلالة القسم الواحد من الأميتر**

10 = 10 × **دلالة القسم الواحد من الأميتر**

دلالة القسم الواحد من الأميتر = 1 أمبير

(جـ) $$\mathbf{R_{(أميتر)}} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{40 \times 0.404}{40 + 0.404} = \mathbf{0.4\ \Omega}$$

إرشـاد :

* النسبة بين حساسية الأميتر وحساسية الجلڤانومتر :

$$\frac{\text{حساسية الأميتر}}{\text{حساسية الجلڤانومتر}} = \frac{\frac{\theta}{I}}{\frac{\theta}{I_g}} = \frac{I_g}{I}$$

$$\because \overset{\frown}{R} = \frac{V_g}{I} = \frac{I_g R_g}{I} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$$

$$\therefore \frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s}$$

https://t.me/Eb5

مثـال

اختر : مجـزئ تيـار مقاومتـه $0.1\ \Omega$ ينقص حساسـية جلڤانومتر إلى العُشـر، فإن مقاومة المجـزئ الذى ينقص حساسية هذا الجلڤانومتر إلى الربع تساوى .....

(أ) $0.1\ \Omega$ (ب) $0.3\ \Omega$ (جـ) $0.5\ \Omega$ (د) $0.7\ \Omega$

الحـــل

* عندما تنقص الحساسية إلى العُشر فإن :

$$I = 10\ I_g$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s} \quad , \quad \frac{1}{10} = \frac{0.1}{R_g + 0.1} \quad , \quad R_g + 0.1 = 10 \times 0.1$$

$$R_g = 0.9\ \Omega$$

* عندما تنقص الحساسية إلى الربع فإن :

$$I = 4\ I_g$$

$$(R_s)_2 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 0.9}{4\ I_g - I_g} = \frac{0.9}{3} = \mathbf{0.3\ \Omega}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مجاب عنها

26 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ إذا كانت النسبة بين مقاومة الأميتر ومقاومة الجلڤانومتر هى $\frac{1}{5}$ ، فإن النسبة بين قيمة مجزئ التيار إلى مقاومة الجلڤانومتر $\left(\frac{R_s}{R_g}\right)$ هى .....

(أ) $\frac{1}{6}$ (ب) $\frac{6}{1}$ (جـ) $\frac{1}{4}$ (د) $\frac{4}{1}$

٢ فى الأميتر، إذا قلت قيمة مجزئ التيار المتصل بالجلڤانومتر وأُمر بالأميتر نفس التيار، فإن الكمية التى تزداد قيمتها هى .....

(أ) أقصى عزم لىّ مؤثر على الملفين الزنبركيين بالجلڤانومتر

(ب) القوة المغناطيسية المؤثرة على أضلاع ملف الجلڤانومتر

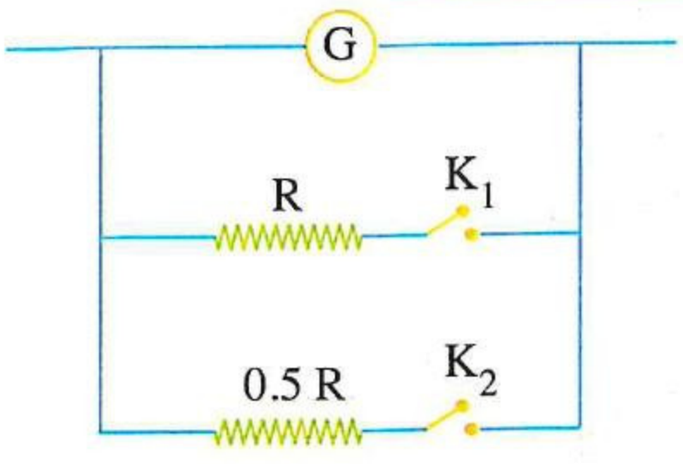
(جـ) حساسية الأميتر

(د) دقة قياس الأميتر لشدة التيار

٣ جلڤانومتر مقاومته R، فإن قيمة مجزئ التيار التى تجعل حساسية الجهاز تقل إلى الخمس هى .....

(أ) R (ب) $\frac{R}{2}$ (جـ) $\frac{R}{3}$ (د) $\frac{R}{4}$

٤ فى الشكل الموضح عند غلق المفتاح K_1 فقط تقل حساسية الجهاز إلى ربع قيمتها، فإن حساسية الجهاز عند غلق K_2 فقط تقل إلى ..... قيمتها.

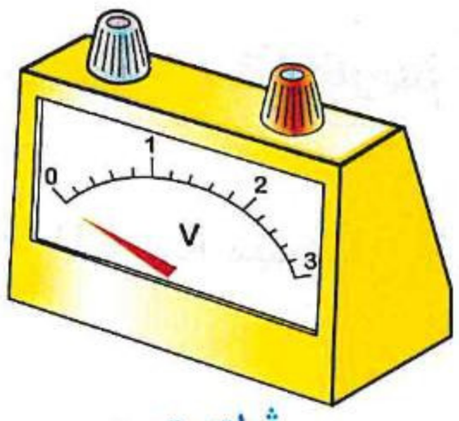


(أ) $\frac{1}{5}$ (ب) $\frac{1}{6}$

(جـ) $\frac{1}{7}$ (د) $\frac{1}{8}$

https://t.me/EGS

٢ ڤولتميتر التيار المستمر DC Voltmeter



ڤولتميتـــر

الاستخدام

قياس فرق الجهد بين نقطتين فى دائرة كهربية.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

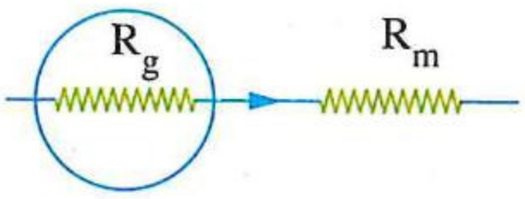
عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

التوصيل فى الدائرة الكهربية

يوصل القولتميتر على التوازى بين طرفى الجزء المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه فى الدائرة الكهربية بحيث يتصل الطرف الموجب للڤولتميتر بالجهد الموجب والطرف السالب بالجهد السالب،

ليكون فرق الجهد بين طرفى الڤولتميتر مساوى لفرق الجهد المطلوب قياسه.

التركيب



١ جلڤانومتر ذو ملف متحرك.

٢ مقاومة كبيرة تسمى **مضاعف الجهد** (R_m) توصل على التوالى مع ملف الجلڤانومتر، **وأهميتها :**

١- زيادة مدى الجهاز ليقيس فروق جهد أكبر وبالتالى تقل حساسيته.

٢- زيادة المقاومة الكلية للڤولتميتر وبالتالى عند توصيله على التوازى فى الدائرة يقل ما يسحبه من تيار الدائرة فيقل تأثير الجهاز على فرق الجهد المطلوب قياسه مما يعمل على زيادة دقة الجهاز.

* **مما سبق يمكن تعريف مضاعف الجهد كما يلى :**

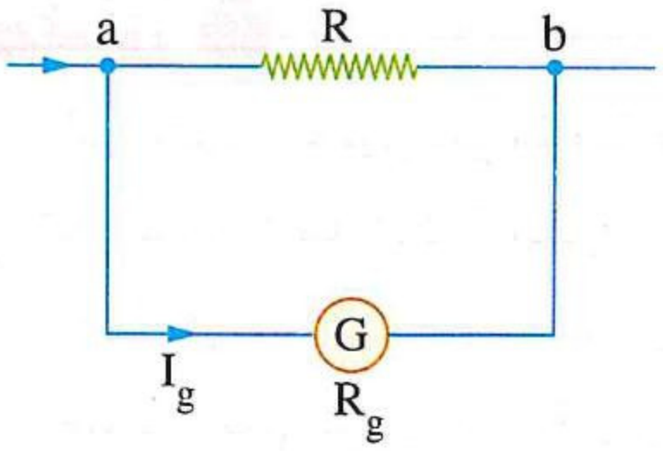
مضاعف الجهد

مقاومة كبيرة توصل بالجلڤانومتر على التوالى لتحويله إلى ڤولتميتر يقيس فروق جهد أكبر.

ملاحظة

* **هل يمكن للجلڤانومتر قياس فرق الجهد بين نقطتين ؟**

عنـد توصيل جلڤانومتر على التوازى مـع مقاومة (R) فى دائرة كهربية يصبح فرق الجهد بين طرفى الجلڤانومتر (V_g) مساويًا لفرق الجهد بين طرفى المقاومة (R).



$$\therefore V = V_g = I_g R_g$$

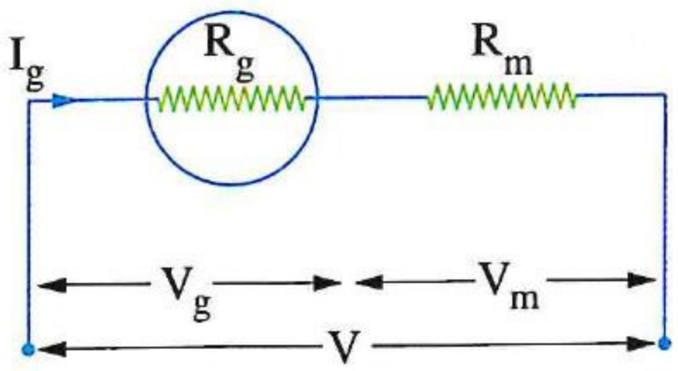
وحيث إن R_g مقدار ثابت لنفس الجلڤانومتر.

$$\therefore V_g \propto I_g$$

وبالتالى يمكن إعادة معايرة تدريج الجلڤانومتر (I_g) ليصبح تدريجًا مناسبًا لقياس فرق الجهد (V_g).

https://t.me/E5_G5

حساب قيمة مقاومة مضاعف الجهد

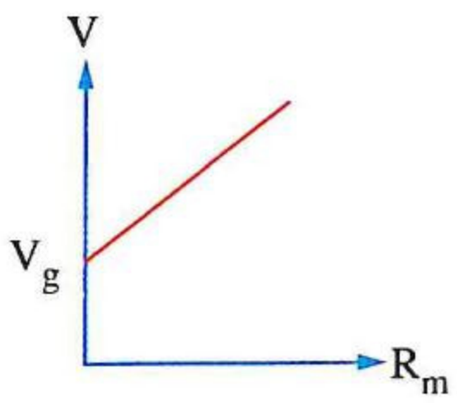


∵ R_g ، R_m متصلتان على التوالى.

$$\therefore V = V_g + V_m = I_g R_g + I_g R_m$$

حيث : (V_m) فرق الجهد بين طرفى مضاعف الجهد، (V) أقصى فرق جهد يقيسه الڤولتميتر.

$$\therefore \quad R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$$



* العلاقة البيانية بين أقصى فرق جهد يقيسه الڤولتميتر (V) ومقاومة مضاعف الجهد (R_m) :

∵ $V = I_g R_g + I_g R_m$

$$\therefore \text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta R_m} = I_g$$

مثال ١

جلڤانومتر مقاومته 50 Ω ويبلغ أقصى انحراف لمؤشره عندما يمر بملفه تيار شدته 1 mA، **احسب** المقاومة المضاعفة للجهد اللازمة لتحويله إلى ڤولتميتر يصلح لقياس فرق جهد نهايته العظمى 50 V

الحل

$R_g = 50\ \Omega$ | $I_g = 10^{-3}\ A$ | $V = 50\ V$ | **R_m = ?**

$$R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g} = \frac{50 - (10^{-3} \times 50)}{10^{-3}} = \mathbf{49950\ \Omega}$$

مثال ٢

دائرة كهربية تحتوى على مقاومة مقدارها 20 Ω موصلة على التوازى بڤولتميتر مقاومته 300 Ω وعندما مر بالدائرة تيار شدته الكلية 1.2 A انحرف مؤشر الڤولتميتر إلى نهاية تدريجه،

احسب قراءة الڤولتميتر حينئذ، وإذا وُصل هذا الڤولتميتر على التوالى مع مقاومة مقدارها 5700 Ω،

احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه الڤولتميتر.

الحل

$R = 20\ \Omega$ | $(R_v)_1 = 300\ \Omega$ | $I = 1.2\ A$ | $R_m = 5700\ \Omega$ | **V_1 = ?** | **V_2 = ?**

$$\grave{R} = \frac{(R_v)_1 R}{(R_v)_1 + R} = \frac{300 \times 20}{300 + 20} = 18.75\ \Omega \quad , \quad V_1 = I\grave{R} = 1.2 \times 18.75 = \mathbf{22.5\ V}$$

* لحساب أقصى فرق جهد (V_2) يمكن أن يقيسه الڤولتميتر بعد توصيل مضاعف الجهد (5700 Ω) نعتبر أن مقاومة الڤولتميتر الأول $(R_v)_1$ هى مقاومة الجلڤانومتر المستخدم فى صناعة الڤولتميتر الثانى.

* لحساب V_2 لابد أولًا إيجاد أقصى شدة تيار (I_g) يتحمله الجلڤانومتر :

$$I_g = \frac{V_1}{(R_v)_1} = \frac{22.5}{300} = 0.075 \text{ A}$$

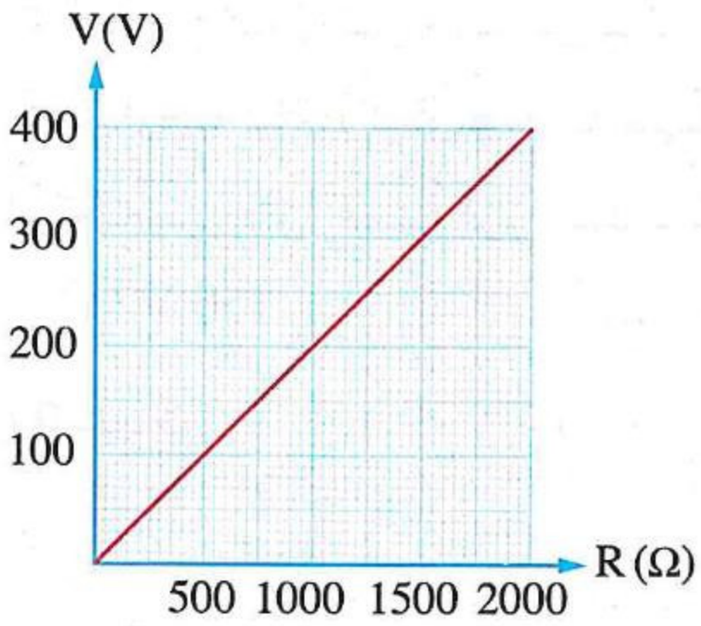
$$R_m = \frac{\mathbf{V_2} - V_1}{I_g} \quad , \quad 5700 = \frac{\mathbf{V_2} - 22.5}{0.075} \quad \therefore \mathbf{V_2 = 450 \text{ V}}$$

مثال ٣

اختر: جلڤانومتر حساس يمكنه قياس شدة تيار أقصاها I_g، وُصلت مع الجلڤانومتر عدة مقاومات مضاعفة للجهد كل على حدة لتحويله إلى ڤولتميتر، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين أقصى فرق جهد يقيسه الڤولتميتر (V) والمقاومة الكلية للڤولتميتر (R)، فتكون قيمة I_g هى .....

(أ) 0.1 A (ب) 0.2 A

(جـ) 0.4 A (د) 0.5 A



الحل

$$\text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta R} = \frac{400 - 0}{2000 - 0} = 0.2 \text{ A}$$

$\because V = \mathbf{I_g}(R_g + R_m) = \mathbf{I_g} R$

$\therefore \text{slope} = \mathbf{I_g} = \mathbf{0.2 \text{ A}}$

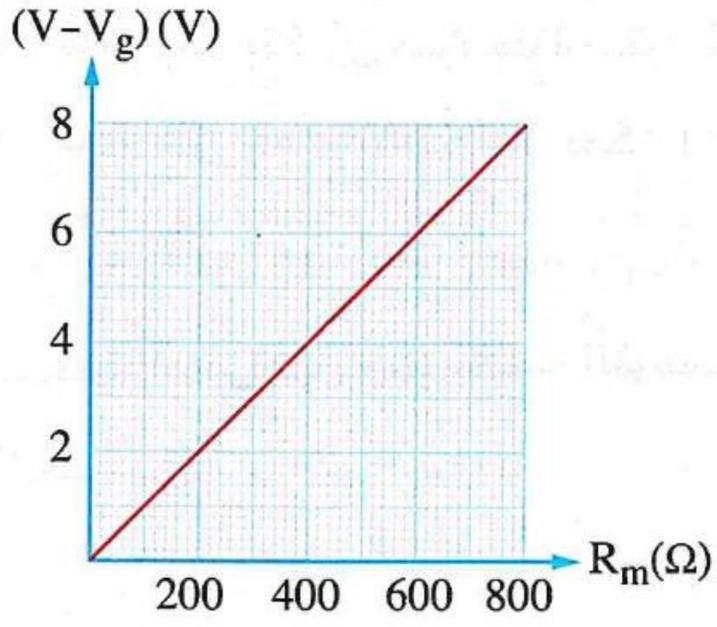
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثال ٤

اختر: الشكل البيانى المقابل يمثل تغير الفرق بين أقصى فرق جهد يقيسه الجلڤانومتر بعد وقبل توصيل مقاومة مضاعف الجهد $(V - V_g)$ مع تغير مضاعف الجهد (R_m)، فإن أقصى شدة تيار يقيسه الجلڤانومتر قبل توصيل مضاعف الجهد تساوى .....

(أ) 0.01 A (ب) 0.02 A

(جـ) 0.04 A (د) 0.05 A



الحل

$$\text{slope} = \frac{\Delta (V - V_g)}{\Delta R_m} = \frac{8 - 0}{800 - 0} = 0.01 \text{ A}$$

$\because V = \mathbf{I_g} R_g + \mathbf{I_g} R_m = V_g + \mathbf{I_g} R_m \quad \therefore V - V_g = \mathbf{I_g} R_m$

$\therefore \text{slope} = \mathbf{I_g} = \mathbf{0.01 \text{ A}}$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* لحساب المقاومة الكلية للڤولتميتر $(R_{(\text{ڤولتميتر})})$:

$$R_{(\text{ڤولتميتر})} = R_g + R_m = \frac{V}{I_g}$$

* لتعيين فرق الجهد الكلى بين طرفى الڤولتميتر :

فرق الجهد (V) = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الڤولتميتر × دلالة القسم الواحد

مثـال ١

اختر : جلڤانومتـر حسـاس مقاومـة ملفه 150 Ω وأقصى تيـار يتحمله 10 mA وُصل ملفه علـى التوازى بمقاومة مقدارهـا 10 Ω ليكونـا معًـا جهـازًا واحدًا، ثم وُصل هذا الجهـاز على التوالى بمقاومة مقدارهـا 1000 Ω ليكونا ڤولتميتر، فإن أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه هذا الڤولتميتر يساوى .....

(أ) 150 V (ب) 151.4 V (جـ) 160 V (د) 161.5 V

الحـــل

$R_g = 150\ \Omega$ | $I_g = 10\ mA$ | $R_s = 10\ \Omega$ | $R_m = 1000\ \Omega$ | **V = ?**

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} \quad , \quad 10 = \frac{10 \times 10^{-3} \times 150}{I - (10 \times 10^{-3})} \quad \therefore I = 0.16\ A$$

$$\grave{R} = \frac{150 \times 10}{150 + 10} = 9.375\ \Omega \quad , \quad \mathbf{V = I\,(\grave{R} + R_m) = 0.16 \times (9.375 + 1000) = 161.5\ V}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

ڤولتميتـر يتكـون مـن جلڤانومتر مقاومته 250 Ω ومضاعف جهد $(R_m)_1$ يسـتخدم لقياس فروق جهد حتى 75 V، فإذا كان أقصى شدة تيار يمكن أن يمر فى الجلڤانومتر 0.02 A، **احسب :**

(أ) مقاومة مضاعف الجهد $(R_m)_1$.

(ب) أقصى فرق جهد يقيسه الڤولتميتر إذا وُصل مع مضاعف الجهد على التوالى مقاومة أخرى قيمتها 3750 Ω

الحـــل

$R_g = 250\ \Omega$ | $V_1 = 75\ V$ | $I_g = 0.02\ A$ | $\mathbf{(R_m)_1 = ?}$ | $\mathbf{V_2 = ?}$

(أ) $$R_{(\text{ڤولتميتر})} = \frac{V_1}{I_g} = \frac{75}{0.02} = 3750\ \Omega \quad , \quad R_{(\text{ڤولتميتر})} = R_g + (R_m)_1$$

$$\mathbf{(R_m)_1} = R_{(\text{ڤولتميتر})} - R_g = 3750 - 250 = \mathbf{3500\ \Omega}$$

(ب) $$(R_m)_2 = (R_m)_1 + 3750 = 3500 + 3750 = 7250\ \Omega$$

$$\mathbf{V_2} = I_g \left((R_m)_2 + R_g\right) = 0.02\ (7250 + 250) = \mathbf{150\ V}$$

https://t.me/E5_GE

مجاب عنها

27 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ فى جهاز الڤولتميتر تكون نسبة شدة التيار المار فى ملف الجلڤانومتر إلى شدة التيار المار فى مضاعف الجهد المتصل به دائمًا .....

(أ) أكبر من الواحد الصحيح (ب) تساوى الواحد الصحيح
(جـ) أصغر من الواحد الصحيح (د) لا يمكن تحديد الإجابة

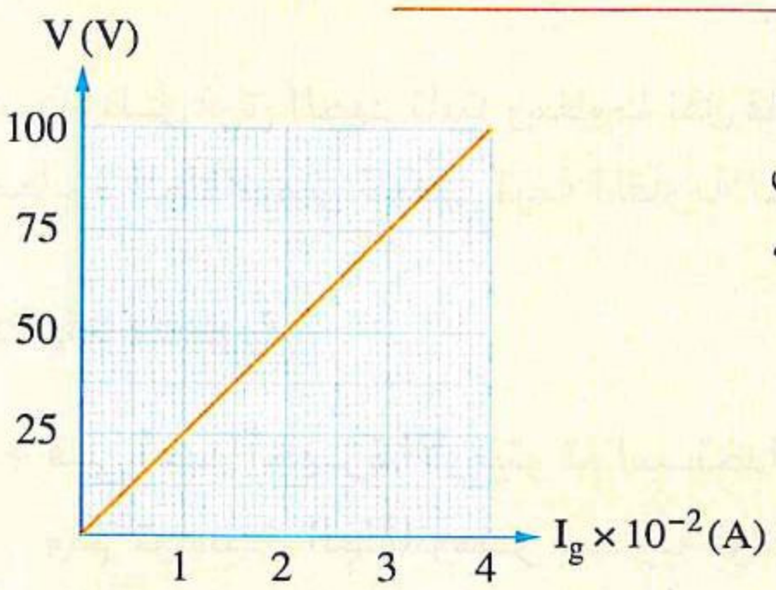
٢ جلڤانومتر حساس مقاومة ملفه 50 Ω وأقصى تيار يقيسه 0.05 A يراد تحويله إلى ڤولتميتر، فإن قيمة مضاعف الجهد التى تجعله يقيس فرق جهد أقصاه 10 V هى .....

(أ) 100 Ω (ب) 150 Ω (جـ) 200 Ω (د) 250 Ω

٣ ثلاثة ڤولتميترات A ، B ، C لها نفس المدى ومقاومتها على الترتيب 500 Ω ، 5000 Ω ، 10000 Ω ، فيكون الڤولتميتر الأكثر دقة عند استخدامه فى قياس فرق الجهد هو .....

(أ) الڤولتميتر A (ب) الڤولتميتر B (جـ) الڤولتميتر C (د) جميعها لها نفس الدقة

٤ جلڤانومتر حساس مقاومة ملفه 50 Ω وُصل بمضاعف جهد (R_m) لتحويله إلى ڤولتميتر، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين قراءة الڤولتميتر (V) وشدة التيار الكهربى المار به (I_g)، فإن قيمة مضاعف الجهد (R_m) تساوى .....



(أ) 1450 Ω (ب) 1500 Ω
(جـ) 2450 Ω (د) 2500 Ω

٣ الأوميتر Ohmmeter

الاستخدام

قياس قيمة مقاومة مجهولة.

التوصيل

يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_x).

التركيب

١ ميكروأميتر (جلڤانومتر) مقاومته R_g

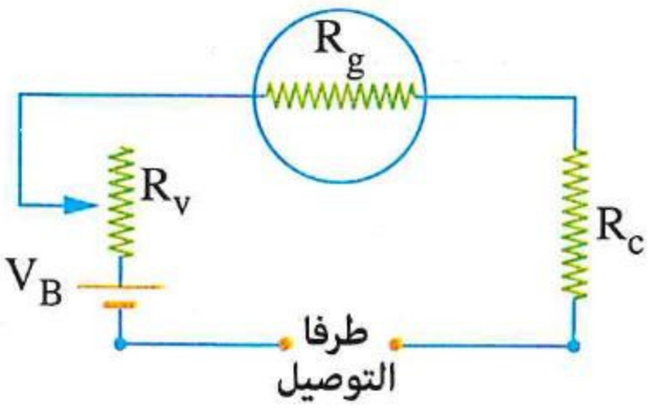
٢ مقاومة عيارية تتكون من :

- مقاومة ثابتة (R_c) توصل على التوالى مع الميكروأميتر،

تعمل على زيادة مقاومة دائرة الأوميتر كى لا يمر تيار كبير فى ملف الجلڤانومتر فلا يتلف ملفه.

- مقاومة متغيرة (R_v) توصل على التوالى مع الميكروأميتر،

للتحكم فى شدة التيار المار فى الجهاز ويتم ضبطها فى البداية بحيث تسمح بمرور أقصى تيار يتحمله الملف فينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج الجلڤانومتر (صفر تدريج الأوميتر) وذلك قبل إدماج أى مقاومة خارجية (R_x).

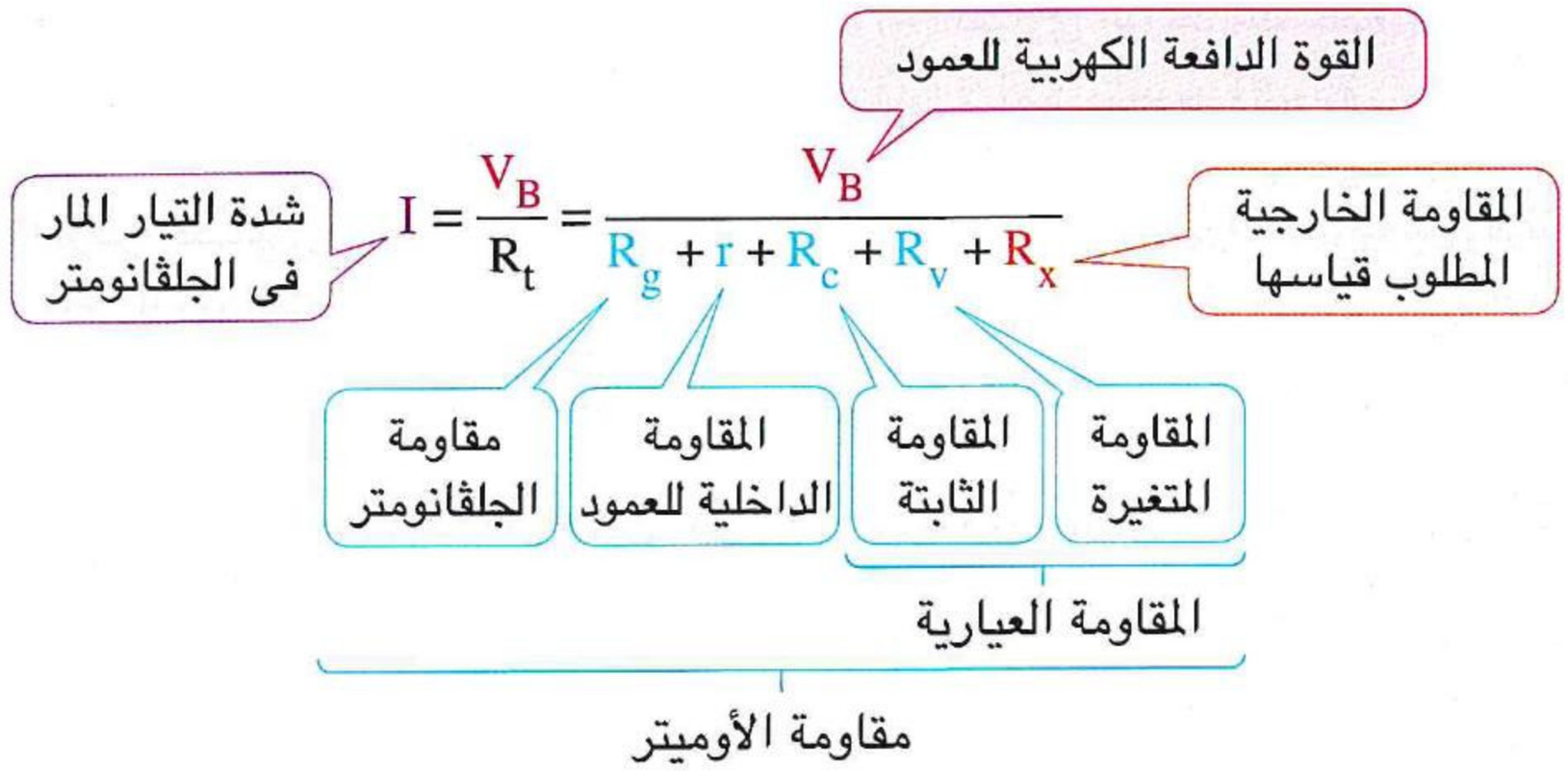


٣ عمود جاف قوته الدافعة الكهربية ثابتة حتى تتناسب شدة التيار المار فى الجلڤانومتر تناسبًا عكسيًا مع المقاومة الكلية داخل وخارج جهاز الأوميتر تبعًا لقانون أوم للدائرة المغلقة.

https://t.me/EE_65

الأساس العلمى (فكرة العمل)

يعتمد قياس مقاومة ما على العلاقة العكسية بين قيمة المقاومة الكلية للدائرة (داخل وخارج جهاز الأوميتر) وشدة التيار المستمر عند ثبوت فرق الجهد تبعًا لقانون أوم للدائرة المغلقة :



فإذا ظل فرق الجهد ثابتًا ومعلومًا تقل قيمة شدة التيار المار فى الدائرة بزيادة قيمة المقاومة الكلية (R_t) ويمكن معايرة الجلڤانومتر ليعطى قيمة المقاومة المجهولة مباشرةً.

طريقة المعايرة

* فى أحد أجهزة الأوميتر تم استخدام جلڤانومتر مقاومة ملفه 250 Ω وأقصى شدة تيار يقيسها 400 μA وتم توصيل الجلڤانومتر ببطارية قوتها الدافعة الكهربية 1.5 V مهملة المقاومة الداخلية ومقاومة ثابتة مقدارها 3000 Ω ومقاومة متغيرة مداها 6565 Ω، ويمكن معايرة هذا الأوميتر كالتالى :

١ تحسب قيمة مقاومة الدائرة اللازمة لمرور تيار I_g شدته 400 μA من العلاقة :

$$\grave{R} = \frac{V_B}{I_g} = \frac{1.5}{400 \times 10^{-6}} = 3750\ \Omega$$

٢ تضبط المقاومة المتغيرة (R_v) على 500 Ω لتصبح مقاومة الأوميتر 3750 Ω ، حيث :

$$\grave{R} = R_c + R_g + R_v = 3000 + 250 + 500 = 3750\ \Omega$$

عند ملامسة طرفا توصيل الجهاز ($R_x = 0$) ينحرف المؤشر إلى نهاية التدريج وتكون أقصى شدة تيار تمر فى الملف هى :

$$I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v} = \frac{V_B}{\grave{R}}$$

٣ عند توصيل مقاومة معلومة (R_x) بطرفى الأوميتر يمر تيار معين خلال الجلڤانومتر فينحرف مؤشره إلى قراءة معينة للتيار تسجل مقابلها قيمة المقاومة،

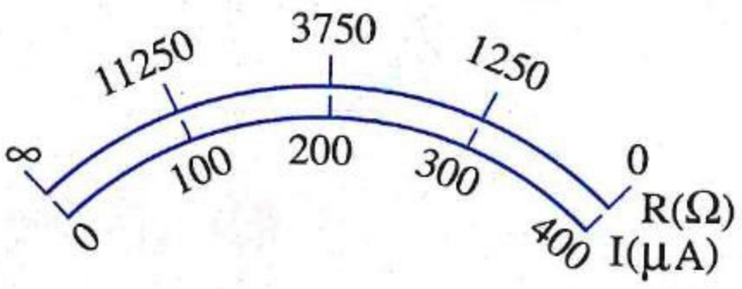
مثال :

– عند توصيل مقاومة R_x قيمتها 1250 Ω (ثلث مقاومة الأوميتر) ينحرف المؤشر إلى $\frac{3}{4}$ تدريج التيار، ويمكن حساب شدة التيار المار من العلاقة :

$$I = \frac{V_B}{R_t} = \frac{V_B}{\grave{R} + R_x} = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R_x}$$

https://t.me/E5_G5

- عند توصيل مقاومة R_x قيمتها $3750\ \Omega$ (تساوى مقاومة الأوميتر) يقل التيار المار وينحرف المؤشر إلى منتصف تدريج التيار.
- عند توصيل مقاومة R_x قيمتها $11250\ \Omega$ (3 أمثال مقاومة الأوميتر) ينحرف المؤشر إلى $\frac{1}{4}$ تدريج التيار.



٤ يتم تسجيل النتائج التى تم الحصول عليها على كل من تدريجى الجلفانومتر والأوميتر.

*** يمكن تلخيص معايرة الأوميتر باعتبار أن مقاومة جهاز الأوميتر هى R_o كما فى الجدول التالى :**

المقاومة الخارجية المتصلة بطرفى الأوميتر (R_x)	المقاومة الكلية ($R_o + R_x$)	شدة التيار المار فى الجلفانومتر (I)
zero (طرفى الأوميتر متصلين معًا)	R_o	قراءة نهاية التدريج (I_g)
R_o (تساوى مقاومة الأوميتر)	$2\,R_o$	نصف تدريج الجلفانومتر ($\frac{1}{2}\,I_g$)
$2\,R_o$ (ضعف مقاومة الأوميتر)	$3\,R_o$	ثلث تدريج الجلفانومتر ($\frac{1}{3}\,I_g$)
$3\,R_o$ (ثلاثة أمثال مقاومة الأوميتر)	$4\,R_o$	ربع تدريج الجلفانومتر ($\frac{1}{4}\,I_g$)
∞ (دائرة الأوميتر مفتوحة)	∞	صفر تدريج الجلفانومتر (0)

مما سبق نستنتج أن :

- **التدريج المستخدم لقياس المقاومات (تدريج الأوميتر) عكس تدريج التيار (تدريج الأميتر)،**
  لأن شدة التيار تتناسب عكسيًا مع المقاومة الكلية للدائرة $\left(I \propto \frac{1}{R_t}\right)$ ، أى عند أقصى انحراف لمؤشر الجلفانومتر تنعدم المقاومة الخارجية بين طرفى الأوميتر (عند ملامسة طرفى التوصيل).
- **أقسام تدريج الأوميتر ليست متساوية (التدريج غير منتظم)،**
  لأن شدة التيار تتناسب عكسيًا مع المقاومة الكلية للدائرة وليس مع المقاومة المجهولة فقط.

مثـال

اختر : مللى أميتر مقاومة ملفه $50\ \Omega$ يصل مؤشره إلى نهاية تدريجه إذا مر به تيار شدته $1\ mA$ يُراد تعديله إلى أوميتر، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربية للعمود $2\ V$ والمقاومة الداخلية له مهملة، فإن المقاومة (R) اللازمة لمعايرة الجهاز تساوى .....

(أ) $1000\ \Omega$ (ب) $1950\ \Omega$ (جـ) $2000\ \Omega$ (د) $2500\ \Omega$

الحـــل

$R_g = 50\ \Omega$ | $I_g = 10^{-3}\ A$ | $V_B = 2\ V$ | **R = ?**

$\because I_g = \frac{V_B}{R_g + R}$ ، $10^{-3} = \frac{2}{50 + R}$ ، $\therefore R = 1950\ \Omega$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :

* عندما ينحرف مؤشر الأوميتر إلى جزء من التدريج، فإن :

$$I_g = \frac{V_B}{\grave{R}} \quad , \quad I = \frac{V_B}{\grave{R} + R_x} \quad , \quad \therefore \frac{I_g}{I} = \frac{\grave{R} + R_x}{\grave{R}}$$

مثـال ١

اختر : أوميتـر ينحرف مؤشـره إلـى $\frac{1}{4}$ تدريج التيار عندما يوصل معه مقاومـة 300 Ω، فإن المقاومة التى تجعل مؤشره ينحرف إلى $\frac{1}{6}$ تدريج التيار تساوى .....

(أ) 100 Ω (ب) 250 Ω (جـ) 300 Ω (د) 500 Ω

الحـــل

$I_1 = \frac{I_g}{4}$ | $(R_x)_1 = 300\ \Omega$ | $I_2 = \frac{I_g}{6}$ | $(R_x)_2 = ?$

$\because I_g = \frac{V_B}{\grave{R}}$

$\therefore \frac{1}{4} I_g = \frac{V_B}{4\grave{R}} = \frac{V_B}{\grave{R} + 300}$

$\therefore \grave{R} = 100\ \Omega$

$\therefore 600 = 100 + (R_x)_2$

$\because I_1 = \frac{V_B}{\grave{R} + (R_x)_1}$

$\therefore 4\grave{R} = \grave{R} + 300$

$\because I_2 = \frac{I_g}{6}$

$\therefore (R_x)_2 = 500\ \Omega$

$\therefore \frac{V_B}{6\grave{R}} = \frac{V_B}{\grave{R} + (R_x)_2}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

أوميتر ينحرف مؤشره إلى $\frac{1}{3}$ تدريج التيار عندما توصل معه مقاومة 600 Ω، **احسب :**

(أ) المقاومة اللازم توصيلها لينحرف مؤشره إلى $\frac{3}{4}$ تدريج التيار.

(ب) القوة الدافعة الكهربية للبطارية إذا كان أقصى تيار يقيسه الميكروأميتر 10 mA

الحـــل

$I_1 = \frac{I_g}{3}$ | $I_2 = \frac{3 I_g}{4}$ | $I_g = 10 \times 10^{-3}\ A$ | $(R_x)_1 = 600\ \Omega$ | $(R_x)_2 = ?$ | $V_B = ?$

(أ)

$\frac{I_g}{I_1} = \frac{\grave{R} + (R_x)_1}{\grave{R}}$, $\frac{3 I_g}{I_g} = \frac{\grave{R} + 600}{\grave{R}}$

$3\grave{R} = \grave{R} + 600$, $\grave{R} = 300\ \Omega$

$\frac{I_g}{I_2} = \frac{\grave{R} + (R_x)_2}{\grave{R}}$, $\frac{4 I_g}{3 I_g} = \frac{300 + (R_x)_2}{300}$

$400 = 300 + (R_x)_2$, $(R_x)_2 = 100\ \Omega$

(ب)

$I_g = \frac{V_B}{\grave{R}}$

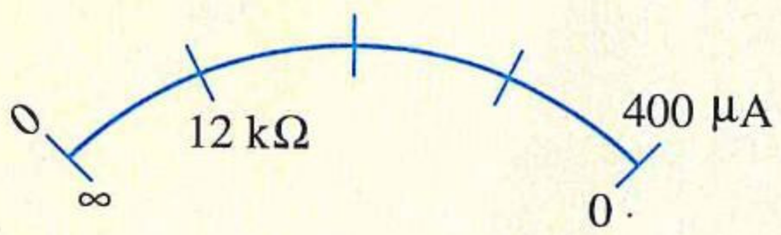
$10 \times 10^{-3} = \frac{V_B}{300}$, $V_B = 3\ V$

مجاب عنها

28 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

يبين الشكل المقابل أقسام متساوية على تدريج جهاز الأوميتر، باستخدام البيانات المدونة تكون القوة الدافعة الكهربية للعمود الكهربى فى الأوميتر مساوية لـ .....



أ) 1.4 V　　ب) 1.8 V　　جـ) 1.2 V　　د) 1.6 V

* **مما سبق يمكن المقارنة بين الأميتر والڤولتميتر والأوميتر كما يلى :**

	الأميتر	الڤولتميتر	الأوميتر
الوظيفة	قياس شدة تيارات كهربية مستمرة عالية الشدة مقارنةً بالجلڤانومتر	قياس فرق الجهد بين نقطتين	قياس قيمة مقاومة مجهولة
فكرة العمل	عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى قابل للحركة فى مجال مغناطيسى	عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى قابل للحركة فى مجال مغناطيسى	يعتمد قياس مقاومة ما (R_x) على العلاقة العكسية بين قيمة المقاومة الكلية للدائرة وشدة التيار عند ثبوت فرق الجهد تبعًا لقانون أوم للدائرة المغلقة $\left(I = \frac{V_B}{R_t}\right)$، فإذا ظل فرق الجهد ثابتًا ومعلومًا تقل قيمة شدة التيار المار فى الدائرة بزيادة قيمة المقاومة R_x
المقاومة التى تتصل بملف الجلڤانومتر	يوصل ملفه على التوازى بمقاومة صغيرة (مجزئ التيار R_s)	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة كبيرة (مضاعف الجهد R_m)	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة عيارية (مقاومة ثابتة (R_c) ومقاومة متغيرة (R_v)) وعمود كهربى مقاومته الداخلية (r)
طريقة التوصيل	يوصل على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار الكهربى المار فيها	يوصل على التوازى فى الدائرة بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما	يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_x)
القانون المستخدم	$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$	$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$	$I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R_x + r}$
تدريج الجهاز	منتظم لأن $(\theta \propto I)$	منتظم لأن $(\theta \propto V)$	غير منتظم لأن $\left(I \propto \frac{1}{R + R_x}\right)$

https://t.me/E5_G5

الوحدة الأولى

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل 3

الحث الكهرومغناطيسى

الدرس الأول
- قانون فاراداى.
- القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك مستقيم.

الدرس الثانى
- الحث المتبادل بين ملفين.
- الحث الذاتى لملف.

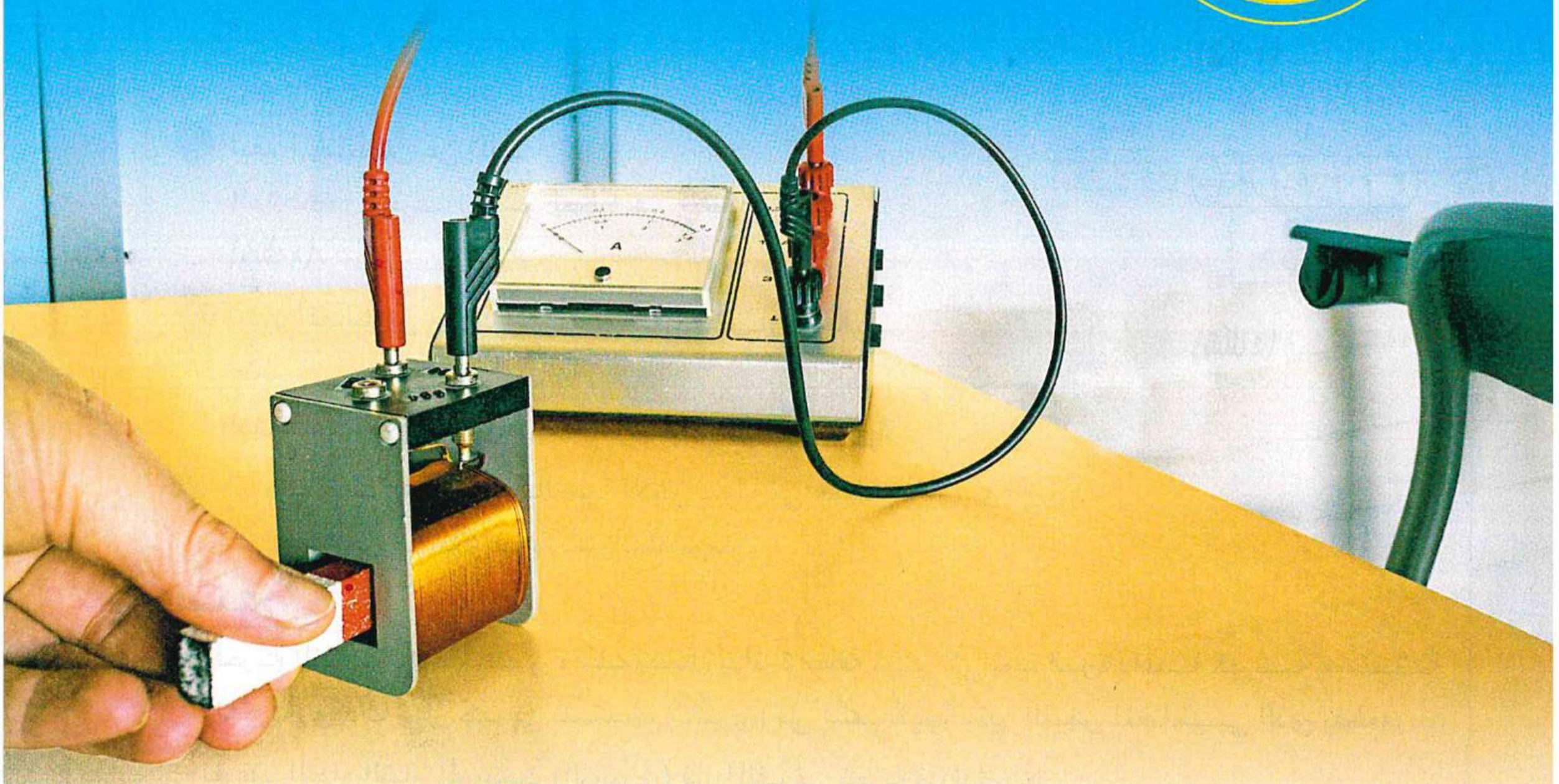
الدرس الثالث
العولد الكهربى.

الدرس الرابع
- المحول الكهربى.
- المحرك الكهربى.



الدرس الأول

- قـانـون فـاراداى.
- القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك مستقيم.



* **درسنا فى الفصل السابق** اكتشاف أورستد للتأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وتولد مجال مغناطيسى حول موصل يمر به تيار كهربى،

فهل يمكن لمجال مغناطيسـى أن يولد فرق جهد بين طرفى موصل موضوع فى هذا المجال ليسـرى تيارًا كهربيًا فى الموصل عند توصيله فى دائرة مغلقة ؟

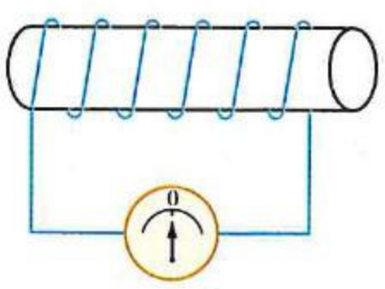
نعم، وهذا ما أثبته العالم فاراداى من خلال دراسـة التأثير الناتج عن تغير المجال المغناطيسـى المقطوع بواسـطة موصل مع الزمن وأُطلق على هذه الظاهرة **الحث الكهرومغناطيسى**.

تجربة فاراداى لتوضيح الحث الكهرومغناطيسى

الغرض من التجربة : الحصول على قوة دافعة كهربية مستحثة فى ملف.

الخطوات والملاحظات :

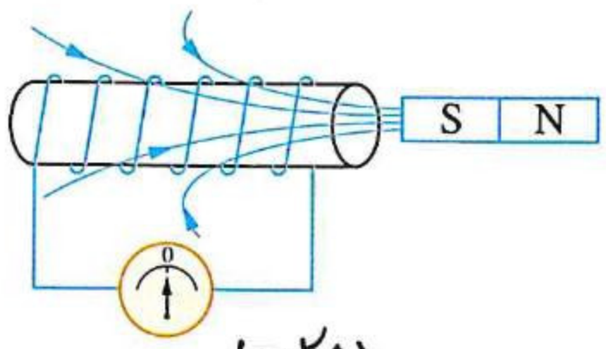
١ قـم بإعـداد ملف من سـلك من النحاس لفاتـه معزولة عن بعضها البعض، ووصل طرفى الملف بجلڤانومتر حساس صفر تدريجه فى المنتصف (شكل ١).



(شكل ١)

٢ ثبت مغناطيس بالقرب من الملف.

الملاحظة : لا ينحرف مؤشر الجلڤانومتر (شكل ٢).

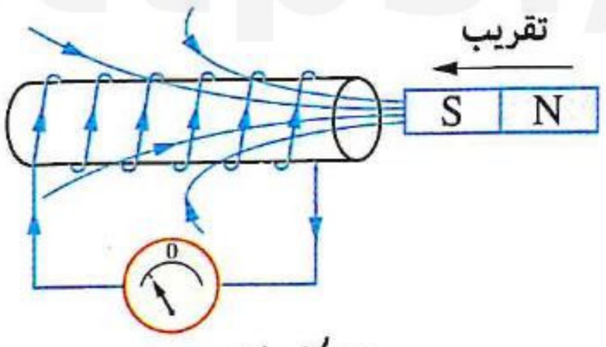


(شكل ٢)

https://t.me/E5_G5

٣ قرب المغناطيس من الملف.

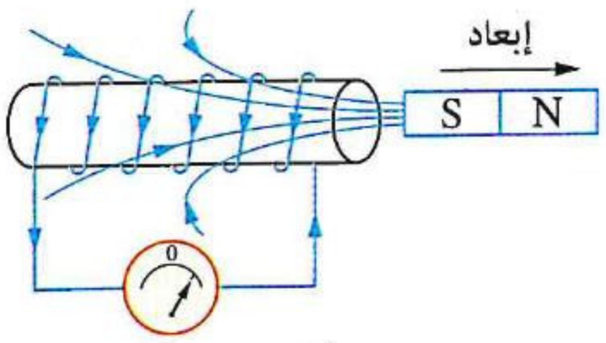
الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلڤانومتر لحظيًا فى اتجاه معين (شكل ٣).



(شكل ٣)

٤ ابعد المغناطيس عن الملف.

الملاحظة : ينحرف المؤشر لحظيًا فى الاتجاه المضاد (شكل ٤).



(شكل ٤)

٥ ثبت المغناطيس وحرك الملف نحو المغناطيس أو بعيدًا عنه.

الملاحظة : تتكرر نفس الملاحظات السابقة فى ٣ ، ٤ .

٦ قم بزيادة سرعة أحدهما بالنسبة للآخر سواء فى حالة التقريب أو الإبعاد.

الملاحظة : يزداد انحراف مؤشر الجلڤانومتر.

الاستنتاج :

- الحركة النسبية بين مغناطيس وملف متصل بدائرة مغلقة تؤدى إلى تولد قوة دافعة كهربية مستحثة (تأثيرية) وكذلك تيار كهربى مستحث (تأثيرى) فى الملف نتيجة تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه.
- يتوقف اتجاه التيار المستحث (التأثيرى) فى الملف فى تجربة فاراداى على :
  (١) اتجاه الحركة النسبية بين الملف والمغناطيس.
  (٢) اتجاه المجال المغناطيسى للمغناطيس بالنسبة للملف.

* **مما سبق يمكن تعريف الحث الكهرومغناطيسى كالتالى :**

الحث الكهرومغناطيسى

ظاهرة تولد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار كهربى مستحث فى موصل فى دائرة مغلقة نتيجة تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الموصل.

* **يمكن تحديد :**

١ **اتجاه التيار المستحث** فى ملف عند تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه الملف باستخدام **قاعدة لنز**.

٢ **قيمة القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتوسطة** فى ملف عند تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه الملف باستخدام قانون فاراداى.

قاعدة لنز

نص القاعدة

اتجاه التيار الكهربى المستحث يعاكس التغير فى الفيض المغناطيسى المسبب له.

التفسيـر

عند تقريب القطب الجنوبى لمغناطيس من ملف

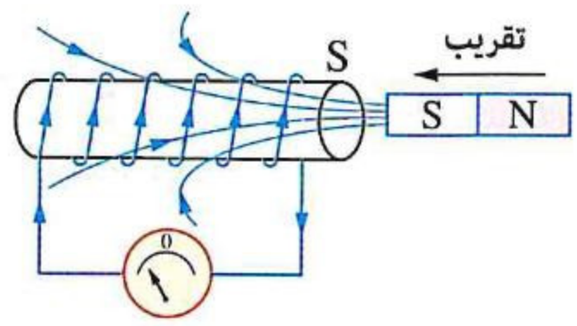
- تتولد فى الملف emf مستحثة وعند غلق دائرته يمر به تيار مستحث.
- يتولد عن هذا التيار مجال مغناطيسى فى الملف يقاوم **الزيادة** فى الفيض المغناطيسى المؤثر.

عند إبعاد القطب الجنوبى لمغناطيس عن ملف

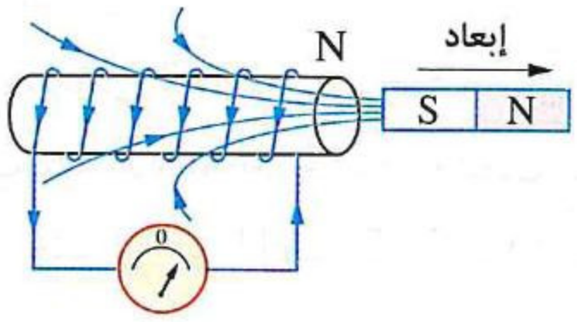
- تتولد فى الملف emf مستحثة وعند غلق دائرته يمر به تيار مستحث.
- يتولد عن هذا التيار مجال مغناطيسى فى الملف يقاوم **النقص** فى الفيض المغناطيسى المؤثر.

فيتكون عند طرف الملف القريب من المغناطيس

قطب **مشابه** للقطب المقترب (قطب جنوبى) وتعمل قوة التنافر بين القطبين المتشابهين على مقاومة حركة تقريب هذا القطب



قطب **مخالف** للقطب المبتعد (قطب شمالى) وتعمل قوة التجاذب بين القطبين المختلفين على مقاومة حركة إبعاد هذا القطب



ملاحظات

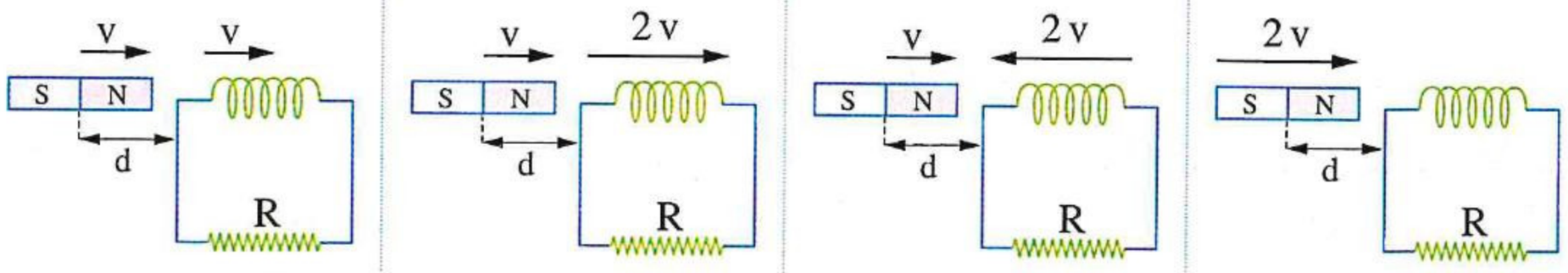
* **عنـد تقريـب أو إبعـاد مغناطيـس عن ملـف متصل بدائـرة مغلقة يتولـد تيار كهربى مستحث فى الملـف ويصبح لدينا مجالان مغناطيسيان :**

هما
- (١) مجال مغناطيسى خارجى ناتج عن المغناطيس.
- (٢) مجال مغناطيسى ناتج عن التيار المستحث المار فى الملف.

---

* **يزداد مقدار القوة الدافعة الكهربية (emf) المتوسطة المستحثة فى الملف بزيادة مقدار السرعة النسبية $(v_{(نسبية)})$ بين المغناطيس والملف.**

أمثـلـة



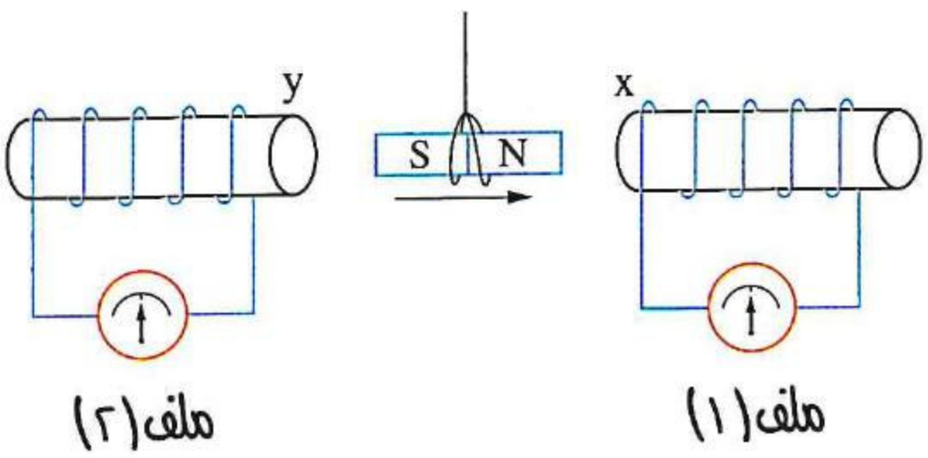
السرعة النسبية $(v_{(نسبية)})$

$v_{(نسبية)} = 0$	$v_{(نسبية)} = v$	$v_{(نسبية)} = 3\ v$	$v_{(نسبية)} = 2\ v$

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

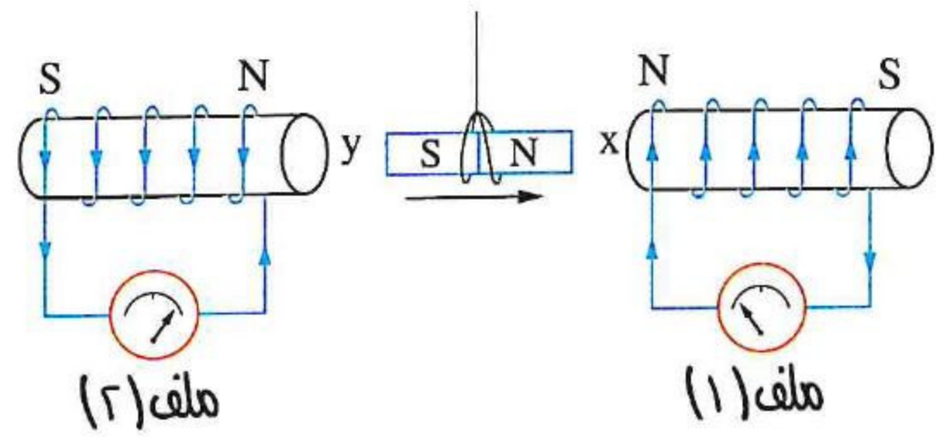
الشكل المقابل يوضح ملفين (١) ، (٢) يتصل كل منهما بجلفانومتر ذو ملف متحرك صفر تدريجه فى المنتصف وموضوع بينهما مغناطيس، إذا تحرك المغناطيس فى الاتجاه الموضح بالشكل، **حدد** على الشكل نوع الأقطاب المغناطيسية المتكونة عند الطرفين x ، y واتجاه التيار المستحث فى الملفين.



الحـــل

* عندما يتحرك المغناطيس فى الاتجاه الموضح بالشكل، فإن :

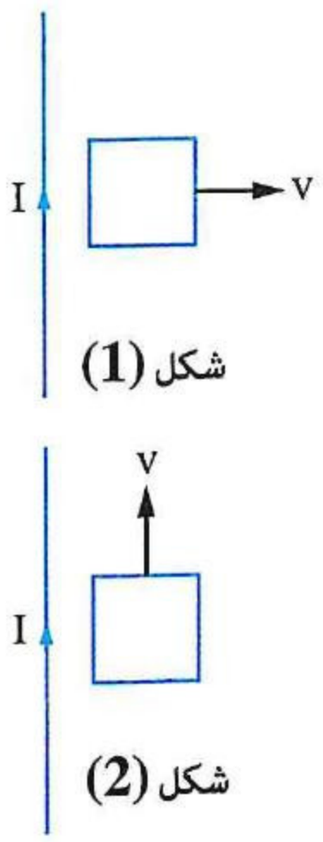
- القطب الشـمالى للمغناطيس يقترب من الطرف (x) فيتكون عليه قطب مشابه للقطب المقترب **(قطب شمالى)** تبعًا لقاعدة لنز مما يسـبب مرور تيار كهربى فى الملف (١) اتجاهه كما بالشكل المقابل.
- القطـب الجنوبى للمغناطيس يبتعـد عن الطرف (y) فيتكون عليه قطب مخالف للقطب المبتعد **(قطب شـمالى)** مما يسبب مرور تيار كهربى فى الملف (٢) اتجاهه كما بالشكل المقابل.



مثـال ٢

اختر : ملفان يتحركان فـى المجال المغناطيسى الناشئ عـن مرور تيار كهربـى (I) فـى سـلك طويل جدًا كمـا هو موضح بالشـكلين (1) ، (2)، فإن التيار المستحث خلال الملف فى .....

	الشكل (1)	الشكل (2)
(أ)	عكس اتجاه دوران عقارب الساعة	فى اتجاه دوران عقارب الساعة
(ب)	صفر	صفر
(جـ)	فى اتجاه دوران عقارب الساعة	فى اتجاه دوران عقارب الساعة
(د)	فى اتجاه دوران عقارب الساعة	صفر



الحـــل

* فى الشكل (1) :

عند تحريك الملف يتولد تيار مسـتحث اتجاهه مع اتجاه دوران عقارب السـاعة، لتناقص الفيض المغناطيسى الذى يقطعـه الملـف فيتولد فى الملف تيار مسـتحث فى الاتجاه الذى يقاوم نقص الفيض أى يولد فيض مغناطيسـى فى نفس اتجاه الفيض الخارجى (عمودى على الصفحة وإلى الداخل).

* فى الشكل (2) :

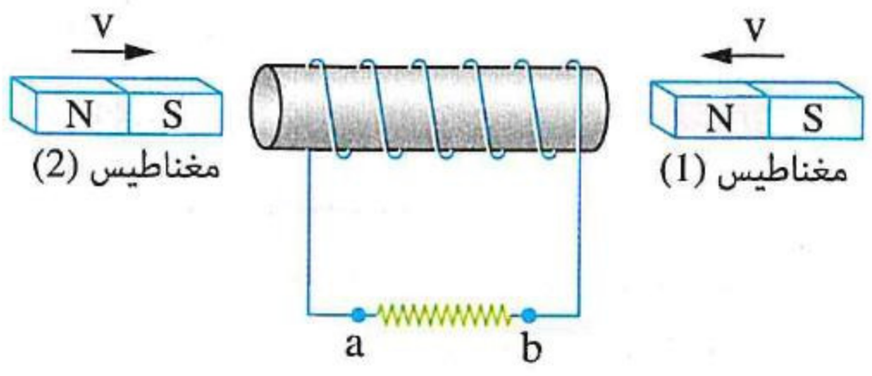
عند تحريك الملف لا يتولد تيار مستحث فى الملف، لعدم تغير الفيض المغناطيسى الذى يقطعه الملف.

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

مغناطيسـان متماثلان (1)، (2) موضوعان على نفس البُعد من ملف لولبى كما بالشـكل المقابل، عند تحريك المغناطيسين بنفس السرعة وفى نفس اللحظة نحو طرفى الملف وعلى امتداد محوره **هل** يتولد فى الملف تيار مستحث ؟ **وما** اتجاهه فى حالة تولده ؟



الحـــل

* نعم، يتولد فى الملف تيار مستحث.
* عند اقتراب المغناطيس (1) من الملف يتكون على وجه الملف المقابل له قطب مشابه للقطب المقترب (قطب شمالى)، وعند اقتراب المغناطيس (2) من الملف يتكون على وجه الملف المقابل له قطب جنوبى، أى أن القوتين الدافعتين المسـتحثتين الناتجتين عن حركة المغناطيسين لهما نفس الاتجاه فتسببا مرور تيار مستحث **اتجاهه فى المقاومة من b إلى a**

قانون فاراداى للحث الكهرومغناطيسى

* **يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية (emf) المتوسطة المستحثة فى موصل (ملف) طرديًا مع :**

– المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف خطوط الفيض المغناطيسى (المعدل الزمنى للتغير فى الفيض المغناطيسى) :

$$\text{emf} \propto \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

– عدد لفات الملف الذى يقطع خطوط الفيض المغناطيسى :

$$\text{emf} \propto N$$

$$\therefore \text{emf} = \text{constant} \times N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

* عند استخدام وحدات النظام الدولى تصبح قيمة ثابت التناسب مساوية للواحد الصحيح، فيكون

قانون فاراداى للحث الكهرومغناطيسى :

$$\mathbf{emf = - N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}}$$

* لا تؤثر الإشـارة السـالبة فى قانون فاراداى على قيمة القوة الدافعة الكهربية المسـتحثة ولكن تدل على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة وكذلك اتجاه التيار المستحث يعاكس التغير فى الفيض المغناطيسى المسبب له تبعًا لقاعدة لنز.

* **مما سبق يمكن تعريف قانون فاراداى والوبر كالتالى :**

قانون فاراداى

القـوة الدافعـة الكهربية المسـتحثة فـى ملف بالحث الكهرومغناطيسـى تتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى الـذى يقطع بـه الملف خطـوط الفيض المغناطيسـى وكذلك مع عدد لفات الملف.

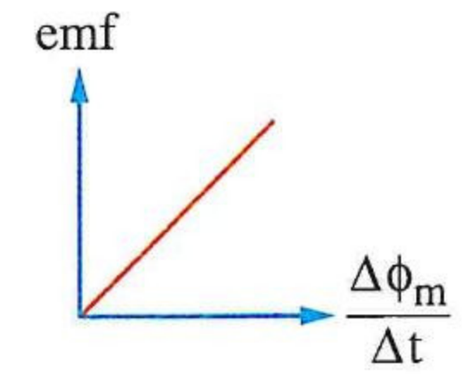
الوبر

الفيض المغناطيسى الذى يخترق عموديًا ملف يتكون مـن لفـة واحدة وعندما يتلاشـى خـلال ثانية واحدة يتولد فى الملف قوة دافعة كهربية مسـتحثة متوسـطة مقدارها 1 ڤولت.

العوامل التى يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف

١ **المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف الفيض المغناطيسى :**

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف **طرديًا** مع المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف خطوط الفيض.

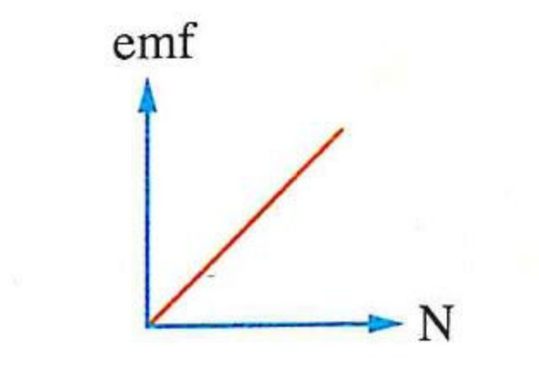


$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)} = N$$

$$\text{emf} = N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

٢ **عدد لفات الملف :**

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف **طرديًا** مع عدد لفات الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta N} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

مما سبق نستنتج أن :

يمكن توليد قوة دافعة كهربية مستحثة فى ملف يقطع خطوط مجال مغناطيسى عن طريق :

(١) تغيير مقدار كثافة الفيض المغناطيسى المؤثر.

(٢) تغيير مساحة الملف المعرضة للمجال المغناطيسى.

(٣) تغيير زاوية ميل المجال المغناطيسى على مستوى الملف.

مثال ١

اختر : ملف عدد لفاته 200 لفة يقطع فيض مغناطيسى قدره 7×10^{-3} Wb، فإذا تغير هذا الفيض بانتظام ليصبح 5×10^{-3} Wb فى زمن قدره 0.1 s، فإن القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف تساوى .....

(أ) 2 V (ب) 4 V (جـ) 8 V (د) 16 V

الحل

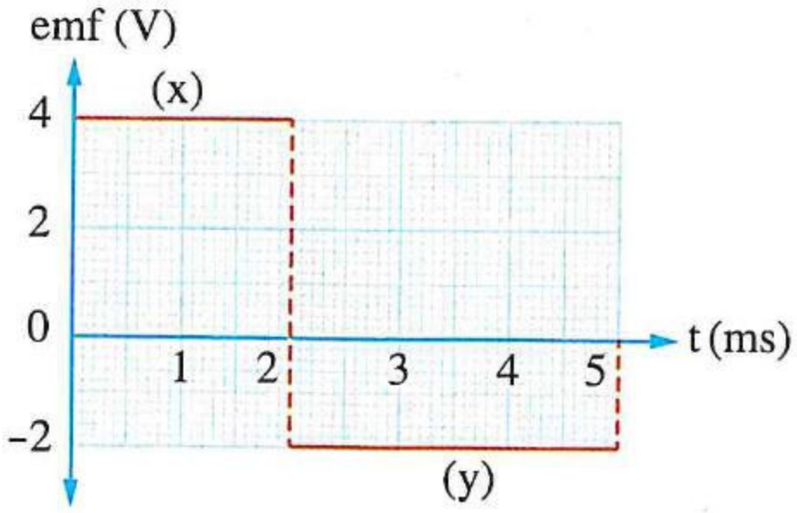
$N = 200$ | $(\phi_m)_1 = 7 \times 10^{-3}$ Wb | $(\phi_m)_2 = 5 \times 10^{-3}$ Wb | $\Delta t = 0.1$ s | **emf = ?**

$$\Delta\phi_m = (\phi_m)_2 - (\phi_m)_1 = (5 \times 10^{-3}) - (7 \times 10^{-3}) = -2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\text{emf} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -200 \times \frac{(-2 \times 10^{-3})}{0.1} = \mathbf{4\ V}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ❷



اختر : الشـكل البيانـى المقابل يمثل العلاقة بين متوسـط emf المسـتحثة فـى حلقـة معدنيـة والزمن (t)، فإن النسـبة بين مقـدارى التغير فى الفيض المغناطيسى خلال الحلقة فى المرحلتين (x) ، (y) على الترتيب هى .....

أ) $\frac{2}{1}$ ب) $\frac{1}{2}$

جـ) $\frac{4}{3}$ د) $\frac{3}{4}$

الحـــل

$\because \text{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$, $N = 1$

$\therefore$ المساحة أسفل الخط البيانى $= \Delta\phi_m$

$\therefore \frac{(\Delta\phi_m)_x}{(\Delta\phi_m)_y} = \frac{4\times2}{3\times2} = \frac{4}{3}$

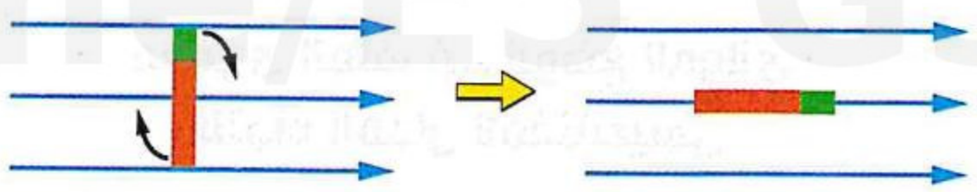
$\therefore$ الاختيار الصحيح هو جـ

* **بفرض أن الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف فى الوضع العمودى الابتدائى يساوى (+BA)، فإذا كان :**

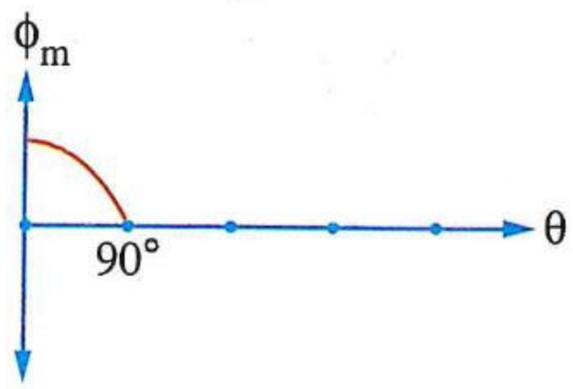
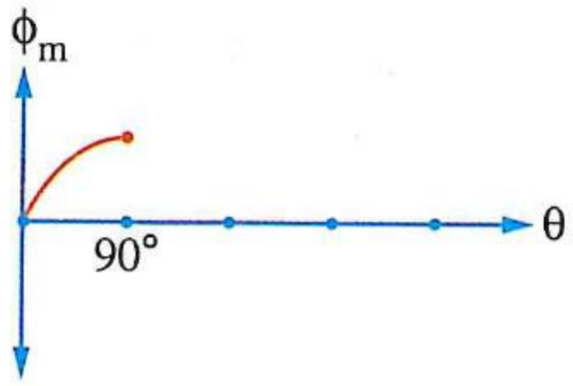
١

مستوى الملف فى الوضع العمودى على اتجاه المجال المغناطيسى	مستوى الملف فى الوضع الموازى لاتجاه المجال المغناطيسى

ثم أُدير الملف $90°$ ($\frac{1}{4}$ دورة أو بزاوية $\frac{\pi}{2}$) فأصبح

موازيًا للفيض	عموديًا على الفيض
	
(أو نزع الملف من الفيض أو تلاشى الفيض)	

الفيض المغناطيسى

$(\phi_m)_1 = BA$, $(\phi_m)_2 = 0$	$(\phi_m)_1 = 0$, $(\phi_m)_2 = BA$
$\Delta\phi_m = 0 - BA$	$\Delta\phi_m = BA - 0$
$\Delta\phi_m = -BA$	$\Delta\phi_m = BA$
	

القوة الدافعة الكهربية المستحثة

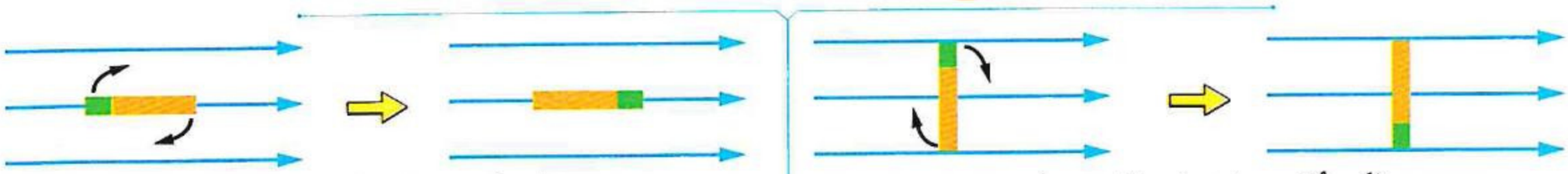
$\text{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(-BA)}{\Delta t}$	$\text{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$
$\text{emf} = N\frac{BA}{\Delta t}$	$\text{emf} = -N\frac{BA}{\Delta t}$

https://t.me/E5_G5

٢

مستوى الملف فى الوضع العمودى على اتجاه المجال المغناطيسى	مستوى الملف فى الوضع الموازى لاتجاه المجال المغناطيسى

ثم أُدير الملف $180°$ ($\frac{1}{2}$ دورة أو بزاوية π) أو قُلب الملف فى الفيض



(أو عُكس اتجاه الفيض)

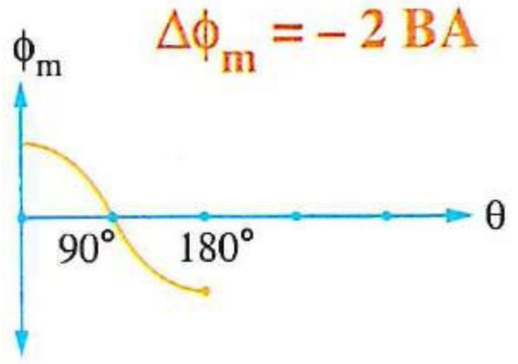
(أو عُكس اتجاه الفيض)

الفيض المغناطيسى

$(\phi_m)_1 = BA \quad , \quad (\phi_m)_2 = -BA$

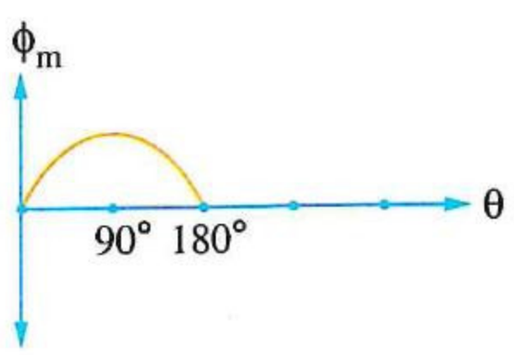
$\Delta\phi_m = -BA - BA$

$\Delta\phi_m = -2BA$



$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = 0$

$\Delta\phi_m = 0$



القوة الدافعة الكهربية المستحثة

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(-2BA)}{\Delta t}$$

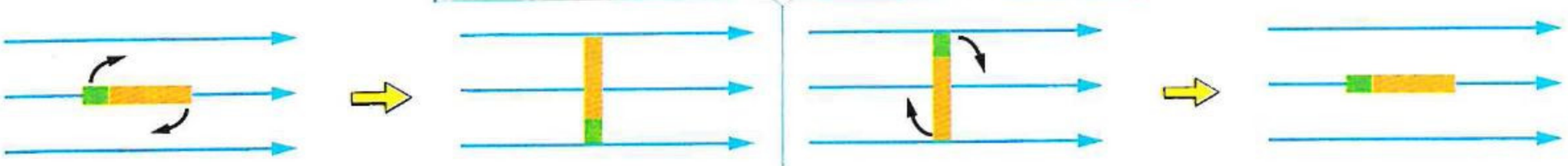
$$emf = N\frac{2BA}{\Delta t}$$

$emf = 0$

٣

مستوى الملف فى الوضع العمودى على اتجاه المجال المغناطيسى	مستوى الملف فى الوضع الموازى لاتجاه المجال المغناطيسى

ثم أُدير الملف $270°$ ($\frac{3}{4}$ دورة أو بزاوية $\frac{3}{2}\pi$)

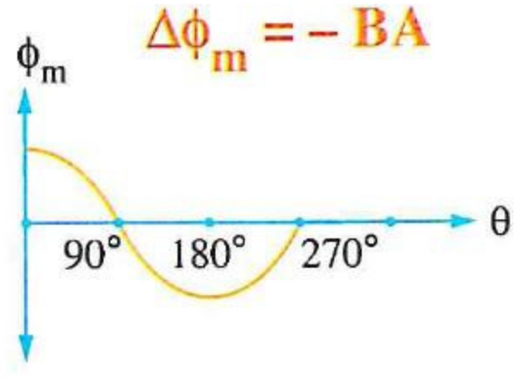


الفيض المغناطيسى

$(\phi_m)_1 = BA \quad , \quad (\phi_m)_2 = 0$

$\Delta\phi_m = 0 - BA$

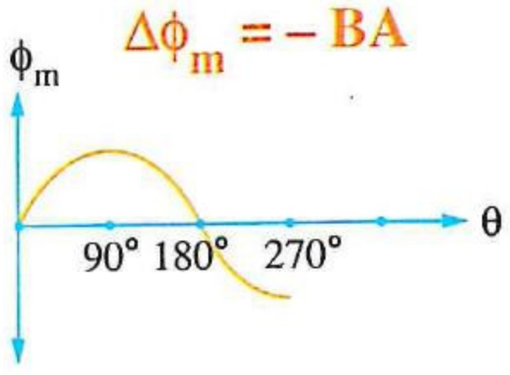
$\Delta\phi_m = -BA$



$(\phi_m)_1 = 0 \quad , \quad (\phi_m)_2 = -BA$

$\Delta\phi_m = -BA - 0$

$\Delta\phi_m = -BA$



القوة الدافعة الكهربية المستحثة

$$emf = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(-BA)}{\Delta t}$$

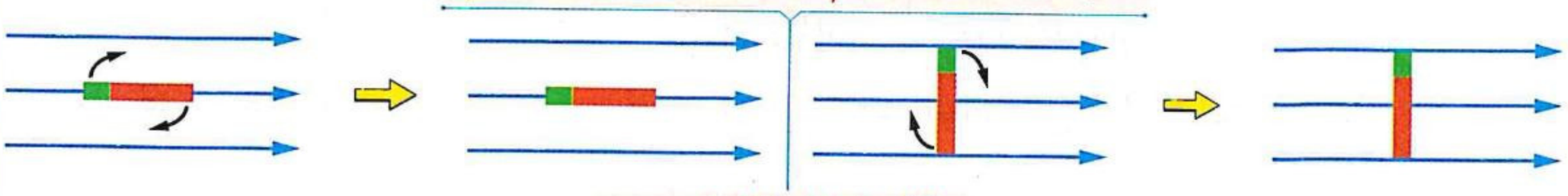
$$emf = N\frac{BA}{\Delta t}$$

https://t.me/E5_G5

٤

مستوى الملف فى الوضع العمودى على اتجاه المجال المغناطيسى	مستوى الملف فى الوضع الموازى لاتجاه المجال المغناطيسى

ثم أُدير الملف $360°$ (دورة كاملة أو بزاوية 2π)

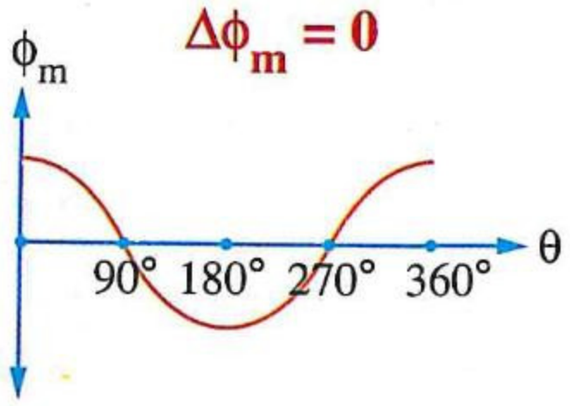


الفيض المغناطيسى

$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = BA$

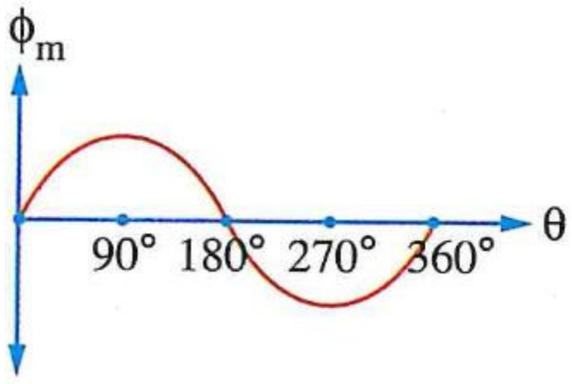
$\Delta\phi_m = BA - BA$

$\Delta\phi_m = 0$



$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = 0$

$\Delta\phi_m = 0$



القوة الدافعة الكهربية المستحثة

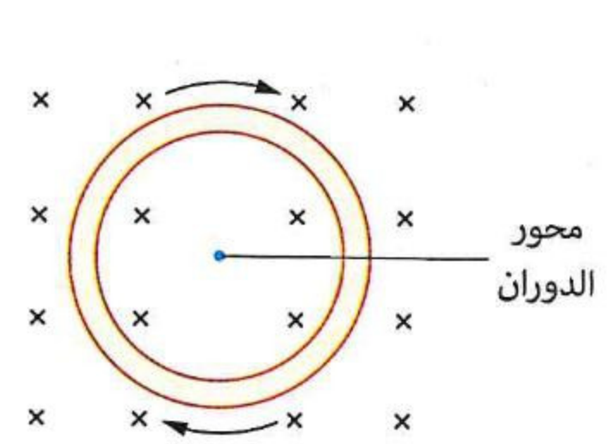
$emf = 0$

٥ مستوى الملف عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسى وتغيرت :

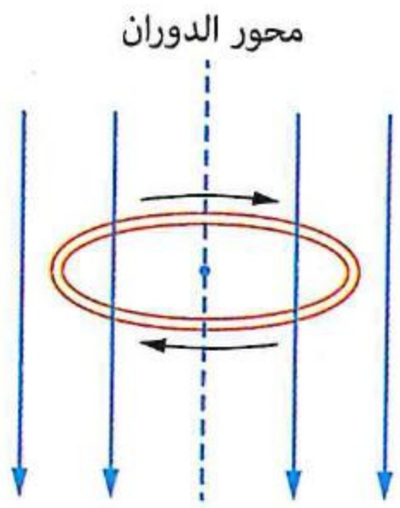
- مساحة الملف التى تقطع خطوط المجال : $\Delta\phi_m = B\Delta A$
- كثافة الفيض المغناطيسى التى تقطع الملف : $\Delta\phi_m = A\Delta B$

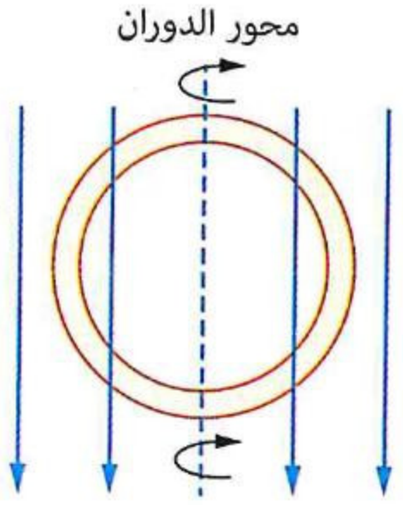
ملاحظة

* **عند دوران الملف بحيث لا تتغير الزاوية بينه وبين المجال المغناطيسى كما بالحالات التالية،**



«يظل الفيض المغناطيسى عمودى على مستوى الملف»





«يظل الفيض المغناطيسى موازى لمستوى الملف»

وبالتالى **فإن** المعدل الزمنى الذى يقطع به الملف خطوط الفيض المغناطيسى $\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)$ يساوى صفر فتكون القوة الدافعة الكهربية (emf) تساوى صفر.

https://t.me/E5_G5

مثـال

ملف على شـكل مربع طول ضلعه 10 cm يتكون من 500 لفة وضع عموديًا على مجال مغناطيسـى منتظم كثافـة فيضه 0.1 T، **احسب emf المستحثة فيه إذا :**

(أ) قُلب الملف خلال 0.05 s

(ب) دار الملف $\frac{1}{4}$ دورة خلال 0.025 s

(جـ) انعدم الفيض خلال 0.15 s

(د) زادت كثافة الفيض إلى 0.3 T خلال 0.75 s

الحـــل

$\ell = 10$ cm | N = 500 | B = 0.1 T | **emf = ?**

(أ) $\mathbf{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{(-2BA)}{\Delta t} = \frac{-500\times(-2)\times0.1\times10^{2}\times10^{-4}}{0.05} = \mathbf{20\ V}$

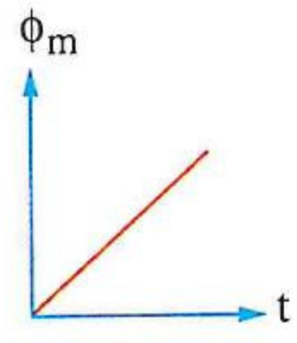
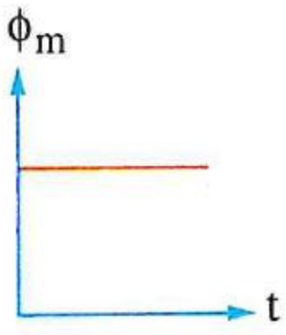
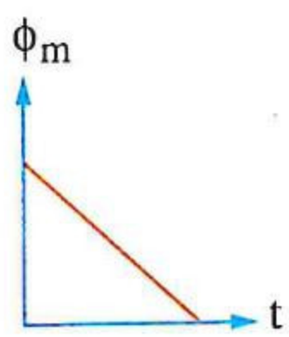
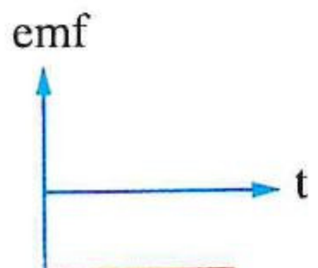
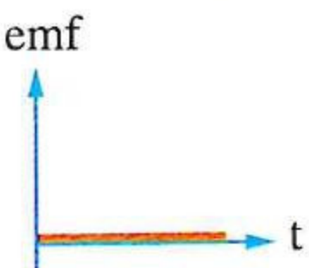
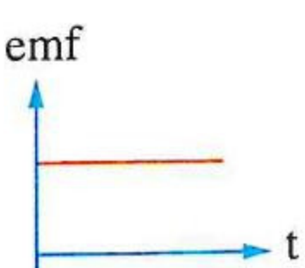
(ب) $\mathbf{emf} = -N\frac{(-BA)}{\Delta t} = \frac{-500\times(-0.1)\times10^{2}\times10^{-4}}{0.025} = \mathbf{20\ V}$

(جـ) $\mathbf{emf} = -N\frac{(-BA)}{\Delta t} = \frac{-500\times(-0.1)\times10^{2}\times10^{-4}}{0.15} = \mathbf{3.33\ V}$

(د) $\mathbf{emf} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{-500\times10^{2}\times10^{-4}\times(0.3-0.1)}{0.75} = \mathbf{-1.33\ V}$

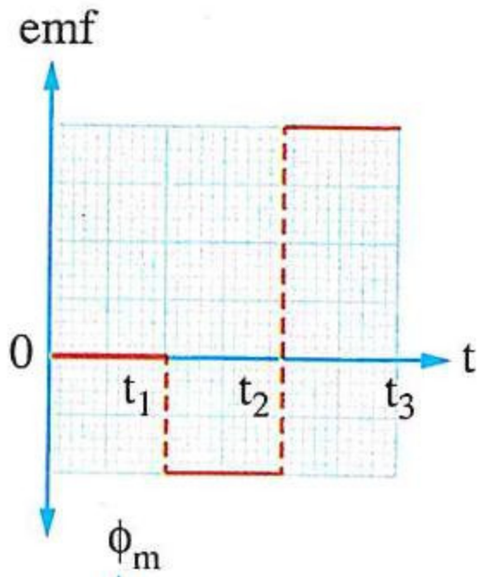
إرشـاد :

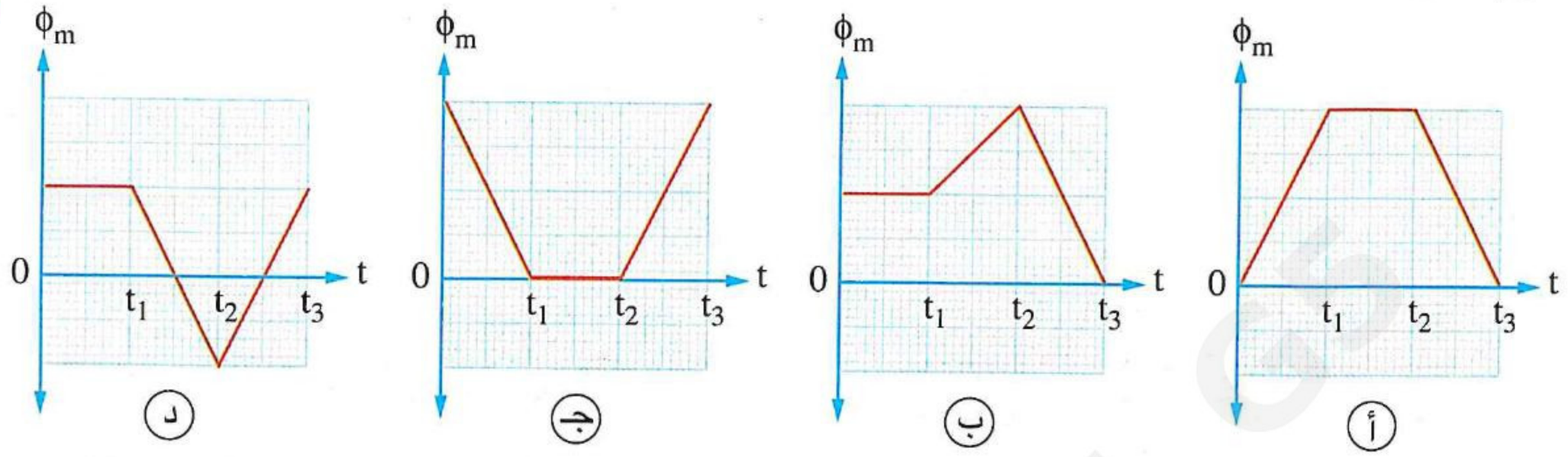
* يمكن تمثيل العلاقة بين الفيض المغناطيسى (ϕ_m) الذى يمر خلال ملف مع الزمن (t) عندما :

يتزايد الفيض المغناطيسى (ϕ_m) بمعدل منتظم	يكون الفيض المغناطيسى (ϕ_m) ثابت	يتناقص الفيض المغناطيسى (ϕ_m) بمعدل منتظم
		
يكون المعدل الزمنى لقطع الملف لخطوط الفيض المغناطيسى $\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)$		
موجب وثابت	صفر	سالب وثابت
تكون القوة الدافعة الكهربية (emf) المستحثة		
		
سالبة وثابتة	صفر	موجبة وثابتة

مثـال

اختر: الشكل البيانى المقابل يمثل القوة الدافعة الكهربية (emf) المستحثة فى ملف عند تغير الفيض المغناطيسى الذى يخترقه خلال فترة زمنية معينة، أى الأشكال البيانية التالية يمكن أن يمثل الفيض المغناطيسى (ϕ_m) الذى يخترق الملف خلال تلك الفترة ؟





الحـــل

$\because \text{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$ $\quad\therefore \text{emf} \propto \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$

∴ يمكن استنتاج العلاقة البيانية ($\phi_m - t$) من العلاقة البيانية (emf – t) كما بالجدول التالى :

خلال الفترة	emf	$\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$ (ميل الخط البيانى للعلاقة ($\phi_m - t$))
$0 \rightarrow t_1$	صفر	صفر
$t_1 \rightarrow t_2$	قيمة ثابتة سالبة	قيمة ثابتة موجبة
$t_2 \rightarrow t_3$	قيمة ثابتة موجبة	قيمة ثابتة سالبة

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :

* فى حالة سلك معدنى منتظم المقطع شُكل منه ملفان (1) ، (2)، ووضع كل منهما عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم، فإنه عند تغيير :

الفيض المغناطيسى المؤثر عليهما بنفس المعدل	مقدار كثافة الفيض المغناطيسى المؤثر عليهما بنفس المعدل
النسبة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين المستحثتين فى الملفين	
$\because \text{emf} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$	$\because \text{emf} = -N\frac{\Delta BA_{(\text{ملف})}}{\Delta t}$
$\because \left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)_1 = \left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)_2$	$\because \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)_1 = \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)_2$
$\therefore \frac{(\text{emf})_1}{(\text{emf})_2} = \frac{N_1}{N_2}$	$\therefore \frac{(\text{emf})_1}{(\text{emf})_2} = \frac{N_1 A_{(\text{ملف } 1)}}{N_2 A_{(\text{ملف } 2)}}$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

$$\therefore (emf)_1 = (emf)_2$$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

$$\therefore \frac{(emf)_1}{(emf)_2} = \frac{A_{(\text{ملف } 1)}}{A_{(\text{ملف } 2)}}$$

النسبة بين شدتى التيارين المستحثين فى الملفين
(يجب الأخذ فى الاعتبار مقاومة سلك الملفين)

$$\because R = \frac{\rho_e \ell_{(\text{سلك})}}{A_{(\text{سلك})}}$$

∵ قيمة كل من ρ_e ، $A_{(\text{سلك})}$ ثابتة

$$\therefore R \propto \ell_{(\text{سلك})}$$

$$\because I = \frac{emf}{R}$$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{(emf)_1 R_2}{(emf)_2 R_1} = \frac{N_1 \ell_{(\text{2 سلك})}}{N_2 \ell_{(\text{1 سلك})}}$$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{\ell_{(\text{2 سلك})}}{\ell_{(\text{1 سلك})}}$$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

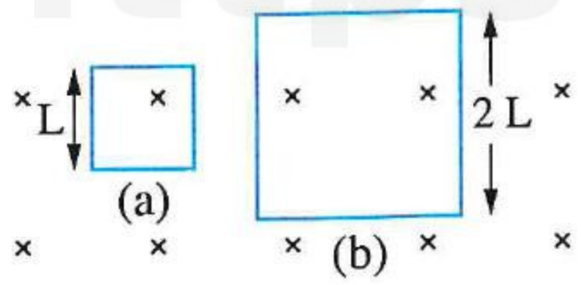
$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{(emf)_1 R_2}{(emf)_2 R_1} = \frac{N_1 A_{(\text{1 ملف})} \ell_{(\text{2 سلك})}}{N_2 A_{(\text{2 ملف})} \ell_{(\text{1 سلك})}}$$

– إذا كان الملفان لهما نفس عدد اللفات.

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{A_{(\text{1 ملف})} \ell_{(\text{2 سلك})}}{A_{(\text{2 ملف})} \ell_{(\text{1 سلك})}}$$

مثـــال

اختر: سـلك معدنى منتظم المقطع شكل منه إطاران مربعان (a) ، (b) طول ضلعهما L ، 2 L على الترتيب، فإذا وُضع الإطاران فى مستوى واحد عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كما بالشكل المقابل، فإنه أثناء تغير كثافة الفيض المغناطيسى بمعدل منتظم، تكون النسبة بين قيمتى التيار المستحث فى الإطارين $\left(\frac{I_a}{I_b}\right)$ هى .....



أ) $\frac{1}{2}$ ب) $\frac{2}{1}$ جـ) $\frac{1}{4}$ د) $\frac{4}{1}$

الحـــل

$N_a = N_b = 1$ ، $\ell_{(\text{سلك})} = N \times$ محيط اللفة ، $\because R_{(\text{إطار})} = \frac{\rho_e \ell_{(\text{سلك})}}{A_{(\text{سلك})}}$

∵ قيمة كل من ρ_e ، $A_{(\text{سلك})}$ ثابتة.

$$\therefore \frac{R_a}{R_b} = \frac{\ell_a}{\ell_b} = \frac{4\,L}{4 \times 2\,L} = \frac{1}{2}$$

$$\because emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B A_{(\text{إطار})}}{\Delta t} \quad , \quad \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)_a = \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)_b$$

$$\therefore \frac{(emf)_a}{(emf)_b} = \frac{A_a}{A_b} = \frac{L^2}{(2\,L)^2} = \frac{1}{4}$$

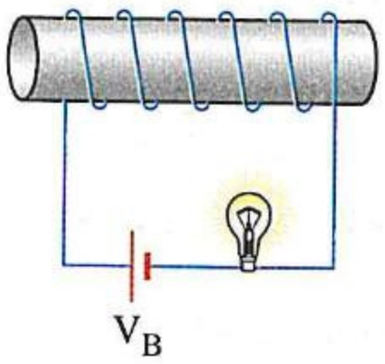
$$\because I = \frac{emf}{R}$$

$$\therefore \frac{I_a}{I_b} = \frac{(emf)_a}{(emf)_b} \times \frac{R_b}{R_a} = \frac{1}{4} \times \frac{2}{1} = \frac{1}{2}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

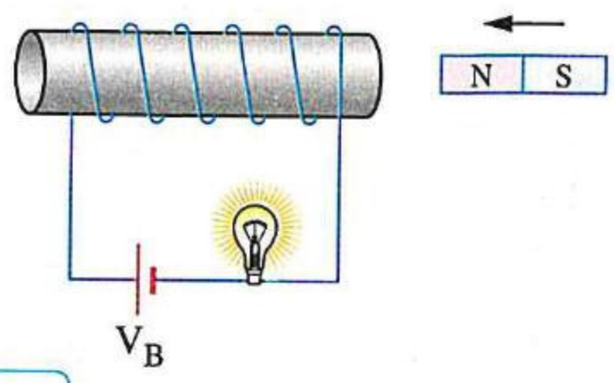
إرشـاد :

* فـى الدائرة الكهربية الموضحة، إذا كان تحريك المغناطيس أو الملف يولد فى الملف قوة دافعة كهربية (emf) مسـتحثة لا يزيد مقدارها عن القوة الدافعة الكهربية للبطارية (V_B)،

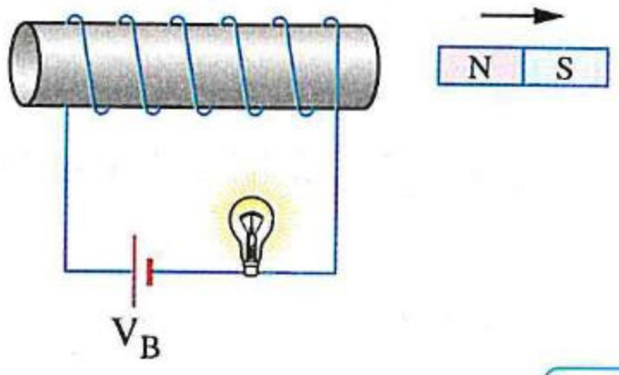


فإذا كان اتجاه (emf) المستحثة

فى نفس اتجاه V_B للبطارية



فى عكس اتجاه V_B للبطارية



فإن شدة إضاءة المصباح

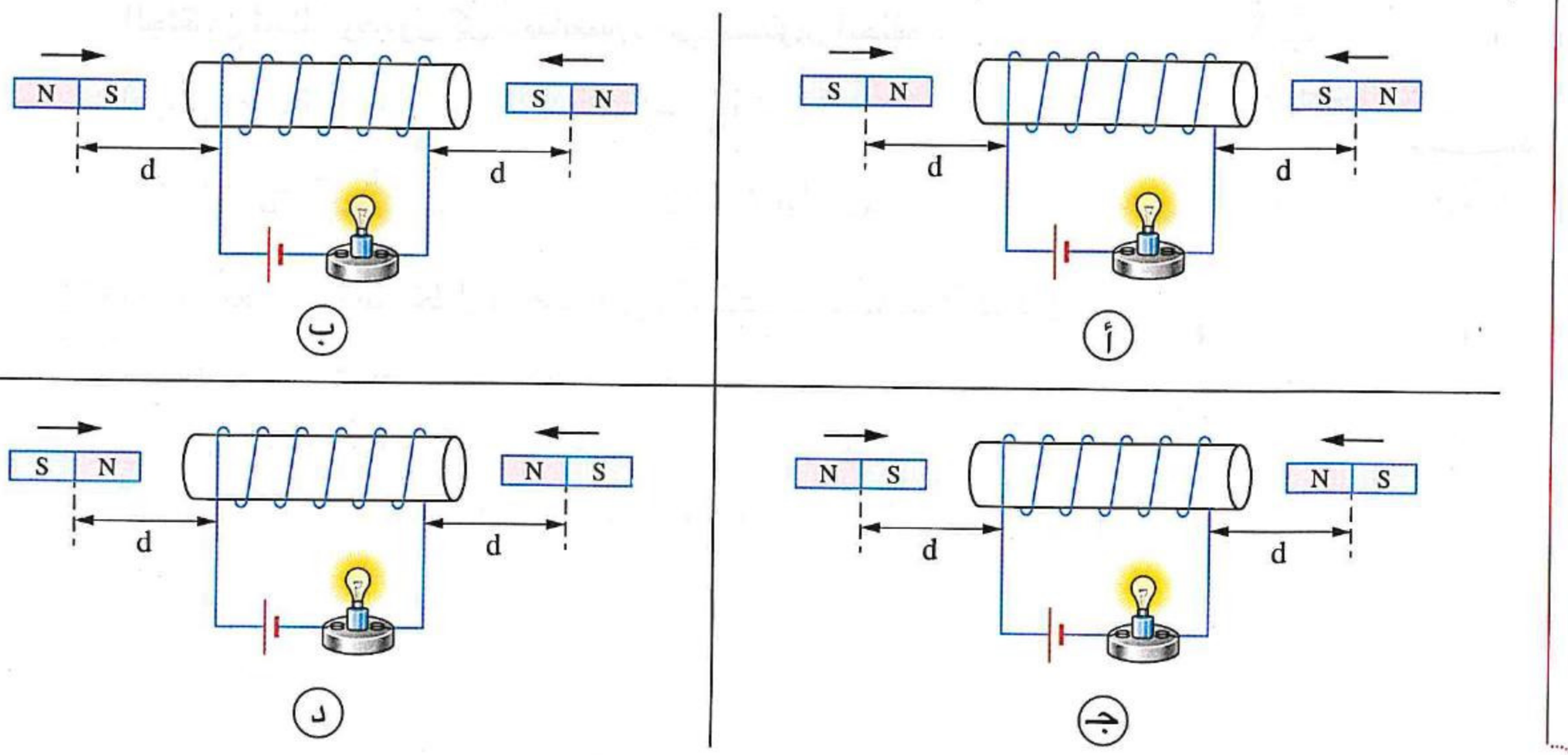
تزداد

تقل

مثـال

اختر : افترض أن هناك قضيبان مغناطيسيان متماثلان يقتربان معًا بنفس السرعة المنتظمة من ملف لولبى متصل بعمود كهربى ومصباح صغير كما بالأشكال التالية، فى أى من هذه الأشكال تزداد شدة إضاءة المصباح أثناء قطع المغناطيسين للمسافة d ؟

(علمًا بأن : محصلة القوى الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف فى كل الأشكال أقل من القوة الدافعة الكهربية للعمود)



الحـــل

* الاختيار (أ) :

اتجاه emf المستحثة بالملف فى نفس اتجاه القوة الدافعة الكهربية للعمود فتزداد إضاءة المصباح.

https://t.me/E5_G5

* الاختياران (ب) ، (د) :

المغناطيسان يلغى كل منهما تأثير الآخر فلا تتولد emf مستحثة فى الملف وتظل إضاءة المصباح كما هى.

* الاختيار (جـ) :

اتجاه emf المستحثة بالملف عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربية للعمود فتقل إضاءة المصباح.

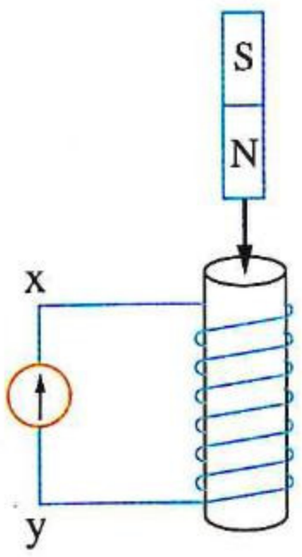
∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

29 اختبر نفسك

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

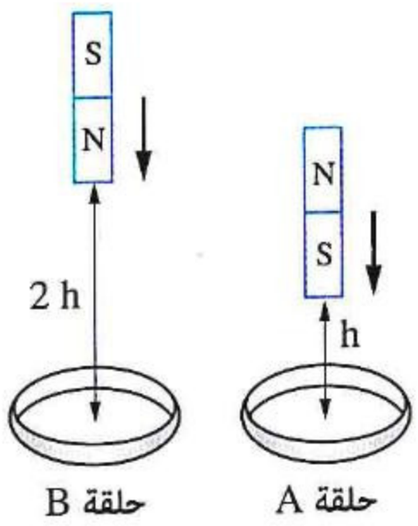
مجاب عنها

(١) سقط قضيب مغناطيسى رأسيًا إلى أسفل خلال ملف لولبى كما بالشكل، فإن اتجاه التيار المار خلال الجلفانومتر أثناء اقتراب وابتعاد المغناطيس عن الملف هو .....



	أثناء الاقتراب	أثناء الابتعاد
(أ)	y ← x	x ← y
(ب)	y ← x	y ← x
(جـ)	x ← y	y ← x
(د)	x ← y	x ← y

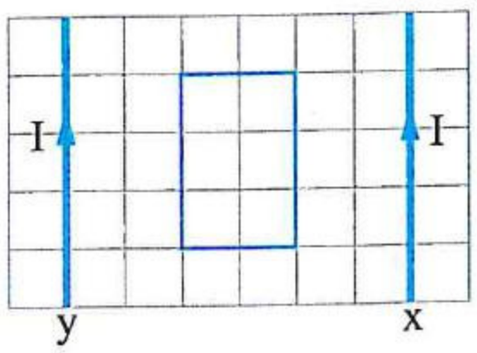
(٢) قضيبان مغناطيسيان يسقطان من ارتفاعين مختلفين على امتداد محورى حلقتين معدنيتين متماثلتين A، B، كما بالشكل المقابل فأى العلاقات التالية صحيح بالنسبة لمقدارى التيار المستحث فى الحلقتين لحظة وصول كل مغناطيس إلى مستوى الحلقة ؟



(أ) $I_A > I_B$ (ب) $I_A < I_B$

(جـ) $I_A = I_B = 0$ (د) $I_A = I_B \neq 0$

(٣) إطار معدنى مستطيل موضوع بين سلكين مستقيمين طويلين متوازيين x ، y فى نفس مستواه ويمر بكل من السلكين تيار كهربى شدته I فى نفس الاتجاه كما بالشكل المقابل، فإذا تم تحريك الإطار المعدنى فى نفس مستواه تجاه السلك (x)، فإن الإطار المعدنى .....



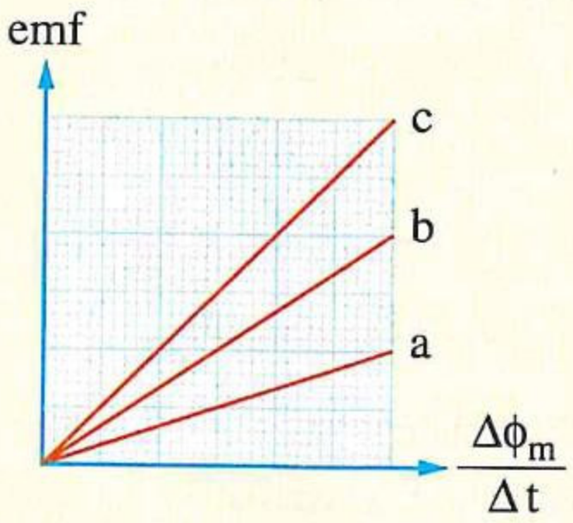
(أ) يتولد به تيار مستحث فى اتجاه دوران عقارب الساعة

(ب) يتولد به تيار مستحث عكس اتجاه دوران عقارب الساعة

(جـ) يتولد به تيار مستحث اتجاهه يتغير باستمرار

(د) لا يتولد به تيار مستحث

https://t.me/E5_G5



(٤) ثلاثة ملفات a ، b ، c عدد لفاتها N_a ، N_b ، N_c على الترتيب، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية (emf) المستحثة فى كل ملف والمعدل الزمنى للتغير فى الفيض المغناطيسى $\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)$ الذى يخترق كل منها، فإن النسبة بين عدد لفات الملفات $(N_c : N_b : N_a)$ تساوى .....

(أ) 1 : 1 : 1

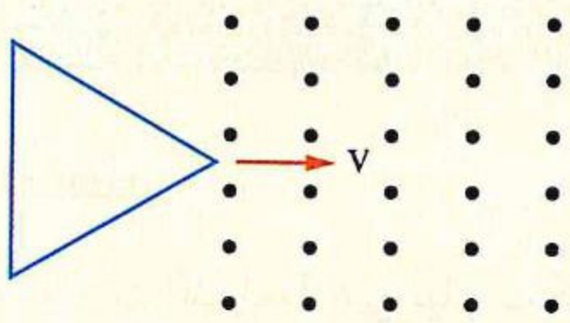
(ب) 1 : 2 : 3

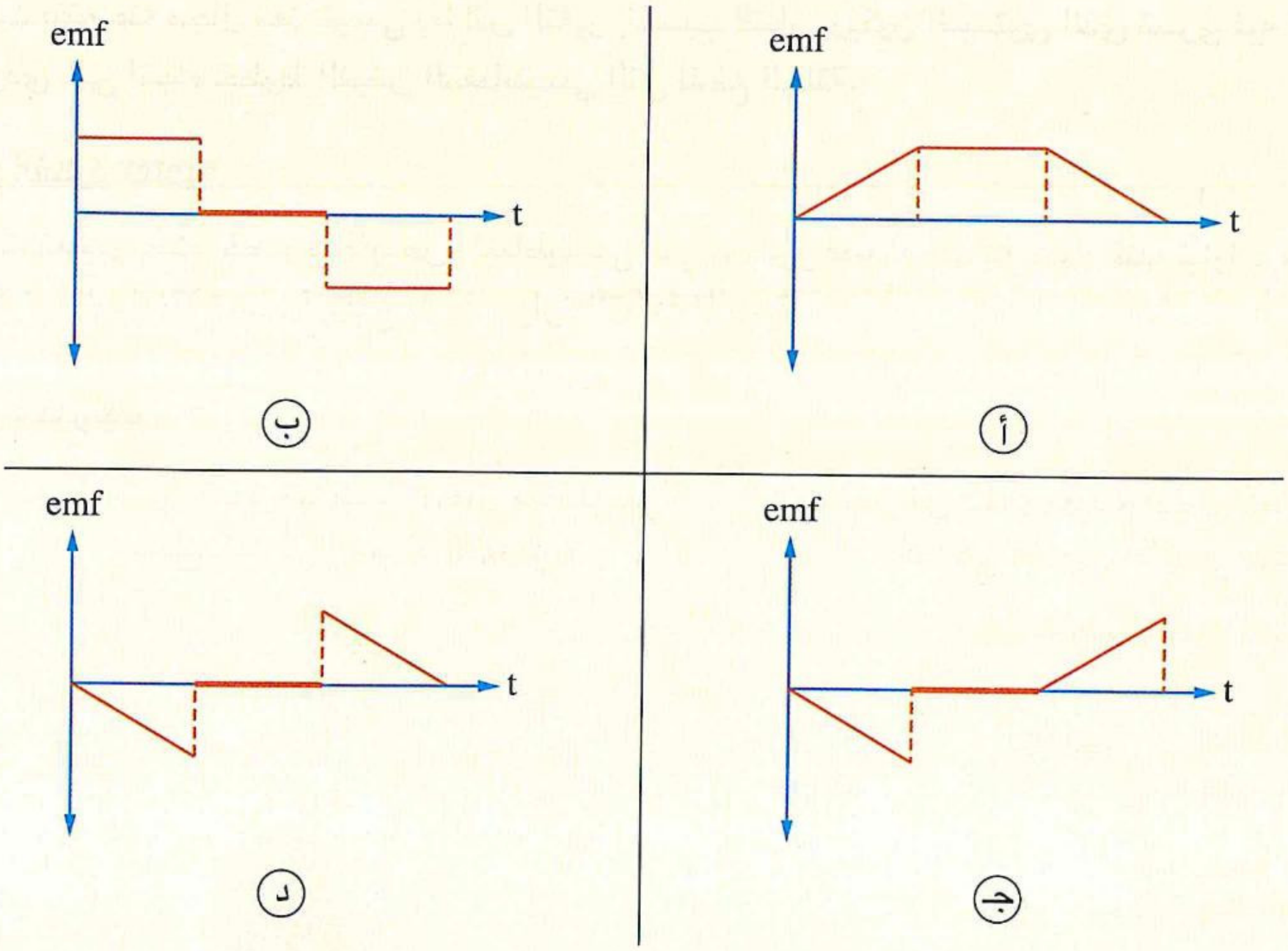
(جـ) 3 : 2 : 1

(د) 1 : 3 : 2

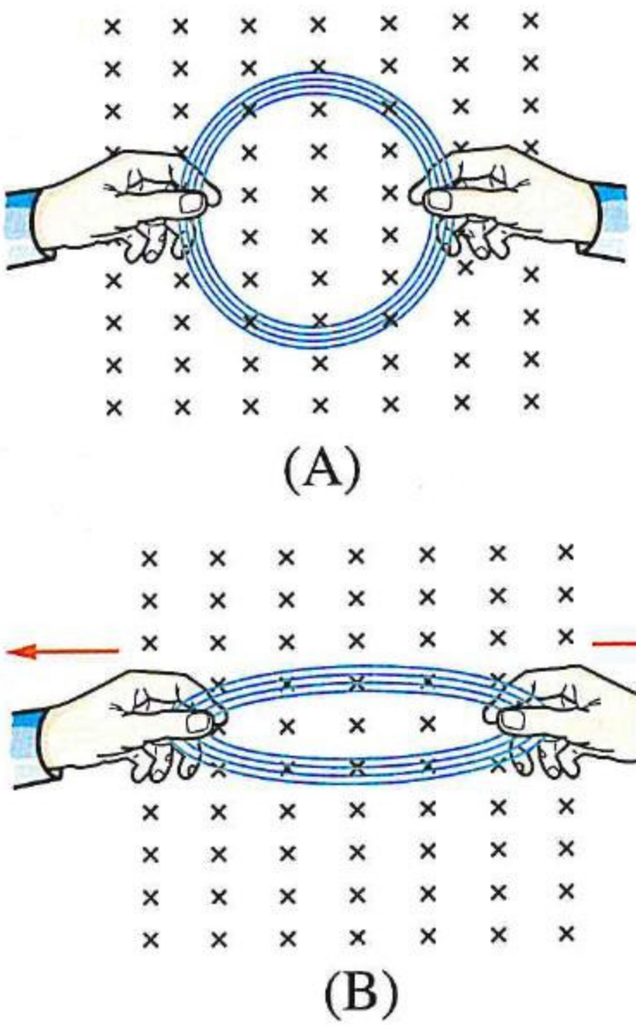
---

(٥) فى الشكل المقابل ملف على شكل مثلث متساوى الأضلاع يدخل منطقة مجال مغناطيسى منتظم متحركًا بسرعة منتظمة (v) حتى يخرج منها، فأى من الأشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين emf المستحثة فى الملف والزمن (t) ؟





٢ **الشكل المقابل** يبين ملف دائرى يتكون من 20 لفة مساحة وجهه $0.385\ m^2$ ومستواه عمودى على مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.2 T، فإذا تغير شكل الملف نتيجة شده فى اتجاهين متضادين من الشكل (A) إلى الشكل (B) لتقل مساحة وجهه إلى $0.077\ m^2$ خلال 1.4 s بحيث يظل مستوى الملف عمودى على الفيض، **احسب** مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف.



.....

.....

.....

.....

التيارات الدوامية Eddy Currents

المفهوم

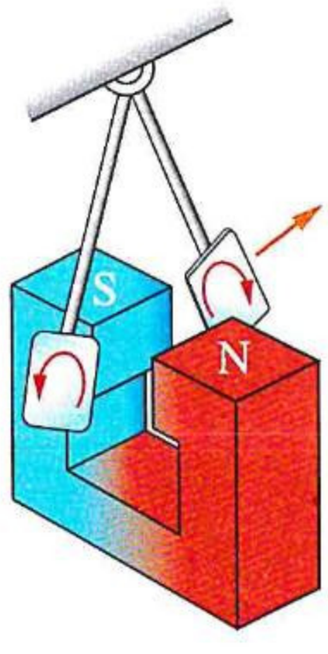
التيارات الدوامية هى تيارات كهربية مستحثة تسرى فى مسارات مغلقة فى قطعة معدنية نتيجة تعرضها لمجال مغناطيسى متغير أو تحريكها بالنسبة لمجال مغناطيسى منتظم ويكون اتجاه التيارات الدوامية فى القطعة المعدنية بحيث ينتج عنه مجال مغناطيسى يعاكس التغير المسبب للتيار، ويكون المستوى الذى تسرى فيه التيارات الدوامية عمودى على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى التى تقطع الحلقة.

شرح الفكرة العلمية

إذا تم تغيير عدد خطوط الفيض المغناطيسى التى تخترق قطعة معدنية، تتولد فيها تيارات مستحثة تسمى التيارات الدوامية، تسبب ارتفاع درجة حرارة القطعة المعدنية.

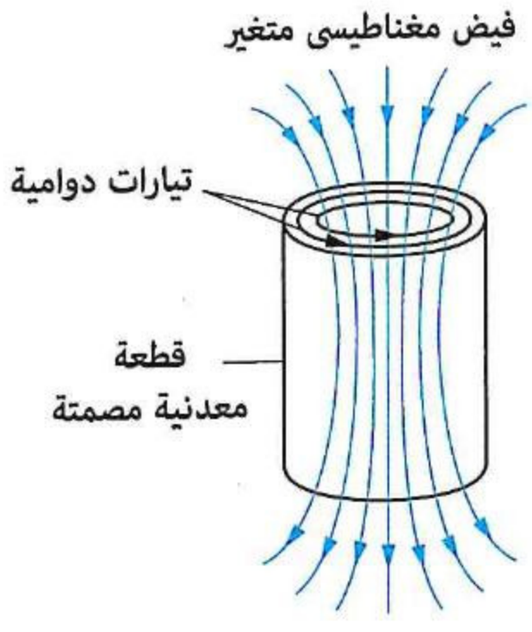
شروط حدوثها

تحريك قطعة معدنية بالنسبة لمجال مغناطيسى منتظم كما فى المحرك الكهربى



أو

تعريض قطعة معدنية لمجال مغناطيسى متغير كما فى المحول الكهربى وأفران الحث



https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

التطبيق

فى أفران الحث لصهر الفلزات (المعادن).

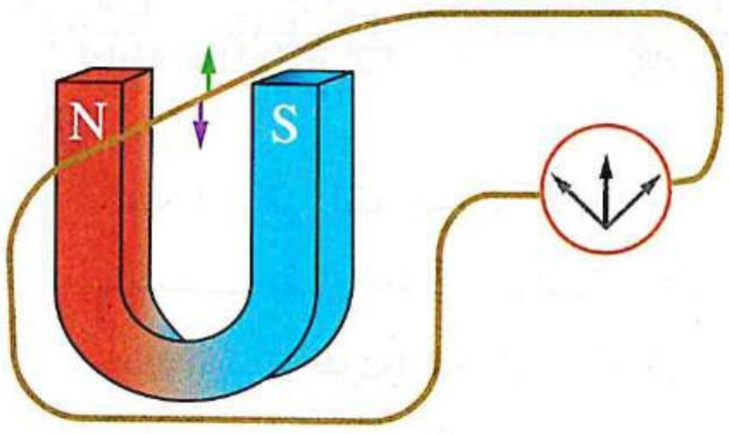
الأضرار

فقد جزء من الطاقة الكهربية على صورة طاقة حرارية.

التقليل من آثارها الضارة فى الأجهزة الكهربية

يلف الملف على قلب من الحديد المطاوع السيليكونى المصنوع على شكل شرائح رقيقة متوازية (كما فى المحول الكهربى) أو أقراص رقيقة (كما فى حالة المحرك الكهربى) ومعزولة عن بعضها، **لزيادة** مقاومة القلب الحديدى مما يقلل من التيارات الدوامية، فتقل الطاقة الكهربية المستهلكة على صورة طاقة حرارية.

القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك مستقيم

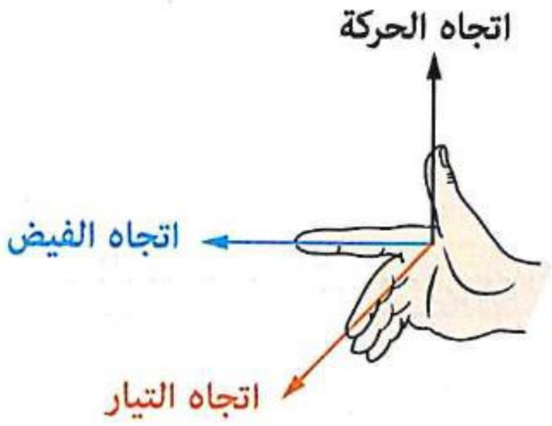


* عند تحريك سلك مستقيم فى مجال مغناطيسى بحيث يكون اتجاه السرعة (الحركة) عمودى على اتجاه المجال ويقطع السلك خطوط الفيض المغناطيسى، **فإن ذلك** يؤثر على الإلكترونات الحرة فى السلك المتحرك فتندفع من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر وينشأ فرق فى الجهد بين طرفى السلك وبذلك تتولد emf مستحثة بين طرفيه، وإذا كان السلك فى دائرة كهربية مغلقة يمر تيار كهربى مستحث بالدائرة.
* يمكن تحديد اتجاه التيار الكهربى المستحث فى السلك باستخدام **قاعدة اليد اليمنى لفلمنج**.

قاعدة اليد اليمنى لفلمنج

الاستخدام

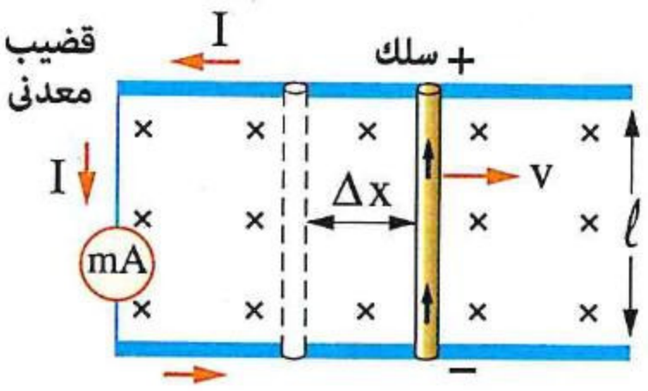
تحديد اتجاه التيار الكهربى المستحث فى سلك مستقيم يتحرك عموديًا على فيض مغناطيسى.



نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

اجعل أصابع اليد اليمنى متعامدة بحيث يشير الإبهام لاتجاه حركة السلك، والسبابة يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى وعندئذ تشير باقى الأصابع لاتجاه التيار الكهربى المستحث.

استنتاج الصيغة الرياضية لحساب emf المستحثة فى سلك مستقيم



* سلك مستقيم طوله ℓ يتحرك بسرعة منتظمة v فى اتجاه عمودى على فيض مغناطيسى منتظم كثافته B «اتجاهه عمودى على الصفحة للداخل» كما بالشكل، فإذا كانت الإزاحة الحادثة Δx خلال زمن Δt :

$$\therefore \text{emf} = -\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -\frac{B\Delta A}{\Delta t} = -\frac{B\ell\Delta x}{\Delta t}$$

$$\because \frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

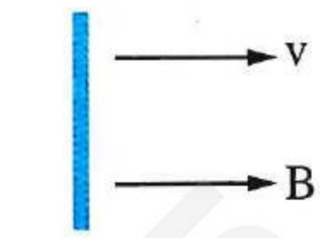
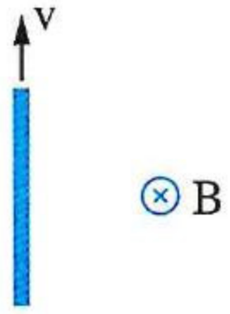
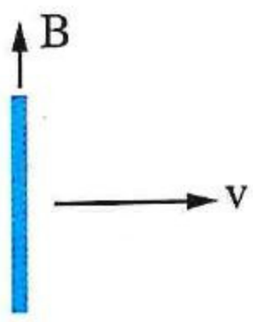
(الإشارة السالبة وفقًا لقاعدة لنز).

$\therefore \text{emf} = -B\ell v$

وإذا كان اتجاه حركة السلك (سرعته) يصنع زاوية θ مع اتجاه المجال المغناطيسى، فإن :

$$\text{emf} = -B\ell v \sin\theta$$

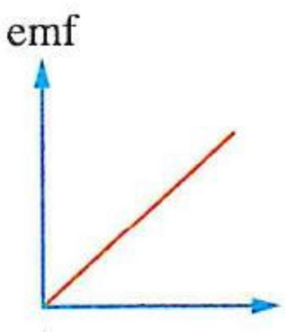
وبالتالى لا تتولد emf مستحثة فى السلك، إذا كان :

اتجاه حركة (سرعة) السلك موازى لاتجاه المجال المغناطيسى	اتجاه حركة (سرعة) السلك موازى للسلك	اتجاه المجال المغناطيسى موازى للسلك
		

العوامل التى يتوقف عليها مقدار emf المستحثة فى سلك مستقيم يقطع فيض مغناطيسى

١ السرعة التى يتحرك بها السلك :

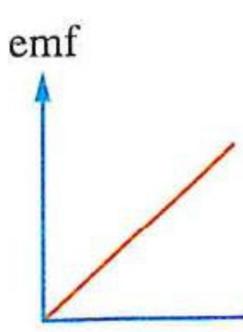
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك تناسبًا **طرديًا** مع السرعة التى يتحرك بها السلك.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta v} = B\ell \sin\theta$$

٢ كثافة الفيض المغناطيسى :

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك تناسبًا **طرديًا** مع كثافة الفيض المغناطيسى.

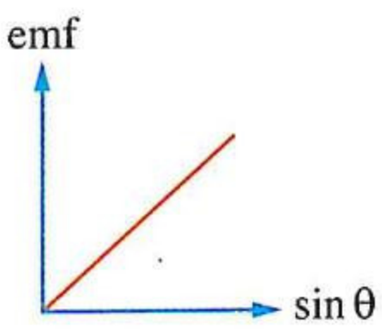


$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta B} = \ell v \sin\theta$$

$$\text{emf} = B\ell v \sin\theta$$

٣ الزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسى :

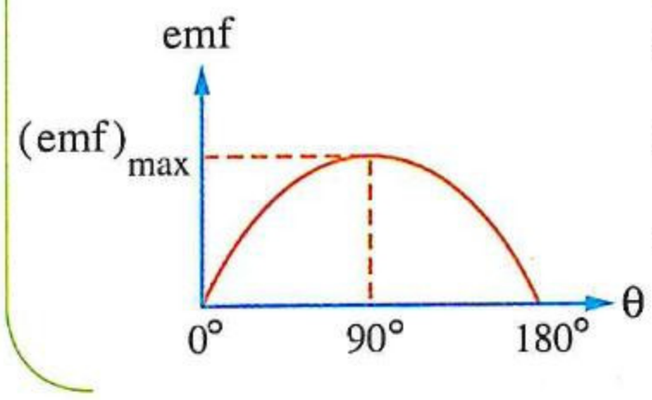
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك تناسبًا **طرديًا** مع جيب الزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسى.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta \sin\theta} = B\ell v$$

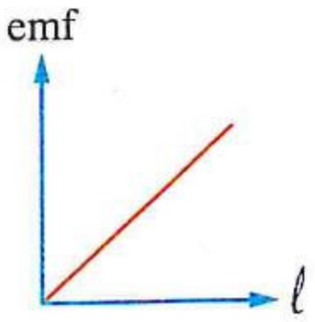
أو

تمثل العلاقة بين مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة والزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسى **بمنحنى جيبى**.



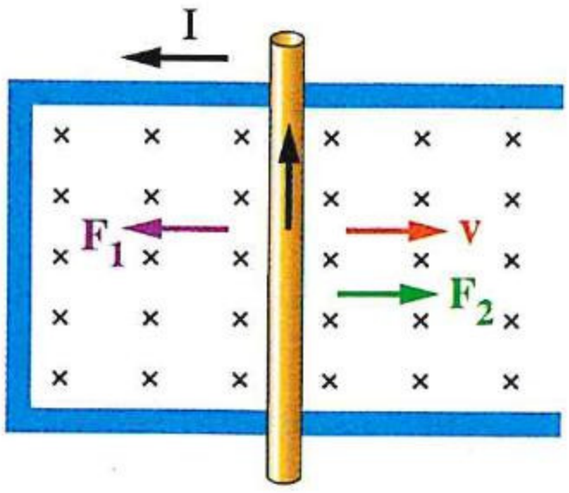
٤ طول السلك :

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى سلك تناسبًا **طرديًا** مع طول السلك.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})}{\Delta \ell} = Bv \sin\theta$$

ملاحظات



* عند تحريك سلك بسرعة منتظمة (v) عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم تتولد بين طرفى السلك emf مستحثة ينشأ عنها تيار كهربى مستحث فى السلك فتنشأ قوة مغناطيسية (F_1) عمودية على كل من اتجاه التيار المستحث واتجاه المجال الخارجى، وللحفاظ على حركة السلك بسرعة منتظمة ينبغى أن يتساوى مقدار القوة المؤثرة (المحركة) على السلك (F_2) مع مقدار القوة المغناطيسية (F_1).

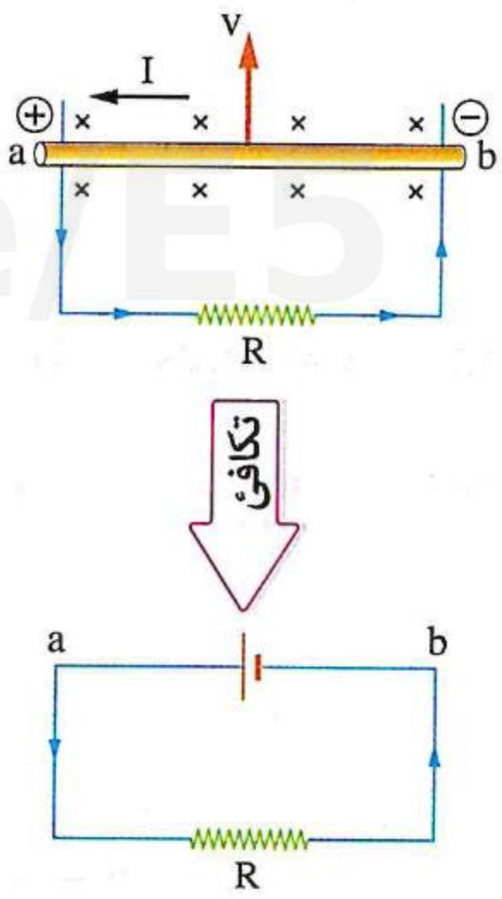
$$\therefore F_2 = F_1 = BI\ell$$

$$\because I = \frac{emf}{R} = \frac{B\ell v}{R} \qquad \therefore F_2 = B\left(\frac{B\ell v}{R}\right)\ell = \frac{B^2\ell^2 v}{R}$$

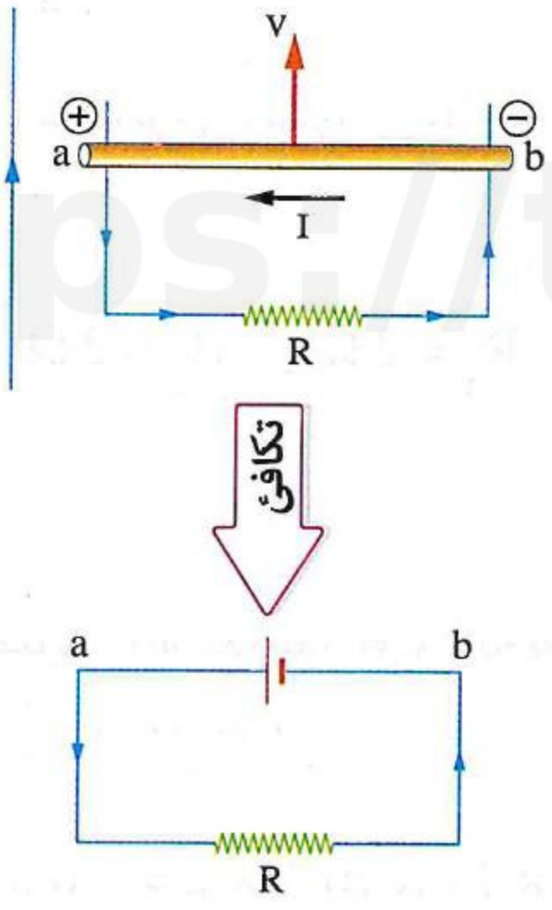
* عندما يتحرك موصل فى دائرة مغلقة بحيث يقطع خطوط مجال مغناطيسى تزاح الشحنات الكهربية بالموصل بحيث يتولد بين طرفى الموصل قوة دافعة كهربية مستحثة أى يعمل الموصل كمصدر فى الدائرة.

* يمكن أن يكون المجال المغناطيسى :

خارجى منتظم

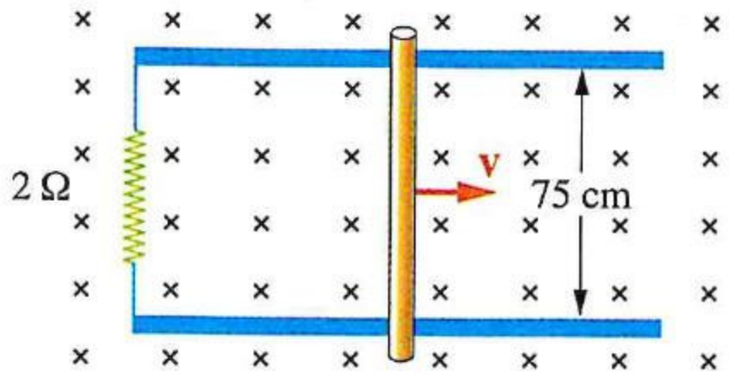


ناتج عن مرور تيار فى سلك مستقيم



وفى كلتا الحالتين السابقتين يكون جهد النقطة a أكبر من جهد النقطة b

مثال ١



اختر: فى الشكل المقابل، سلكان سميكان متوازيان مهملا المقاومة المسافة بينهما 75 cm تتصل بينهما مقاومة مقدارها 2 Ω، وضع قضيب معدنى عموديًا على السلكين المتوازيين، فإذا كانت المساحة المحصورة بين السلكين عمودية على فيض مغناطيسى كثافته 0.18 T، فإن قيمة القوة اللازمة لتحريك القضيب المعدنى بسرعة ثابتة مقدارها 1 m/s هى .....

(أ) 1.35×10^{-3} N (ب) 3.15×10^{-3} N (جـ) 6.75×10^{-3} N (د) 9.11×10^{-3} N

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$\ell = 75 \times 10^{-2}$ m | R = 2 Ω | B = 0.18 T | v = 1 m/s | **F = ?**

$$emf = -B\ell v = -0.18 \times 75 \times 10^{-2} \times 1 = -0.135 \text{ V}$$

$$I = \frac{emf}{R} = \frac{0.135}{2} = 0.0675 \text{ A}$$

$$\mathbf{F = BI\ell = 0.18 \times 0.0675 \times 75 \times 10^{-2} = 9.11 \times 10^{-3} \text{ N}}$$

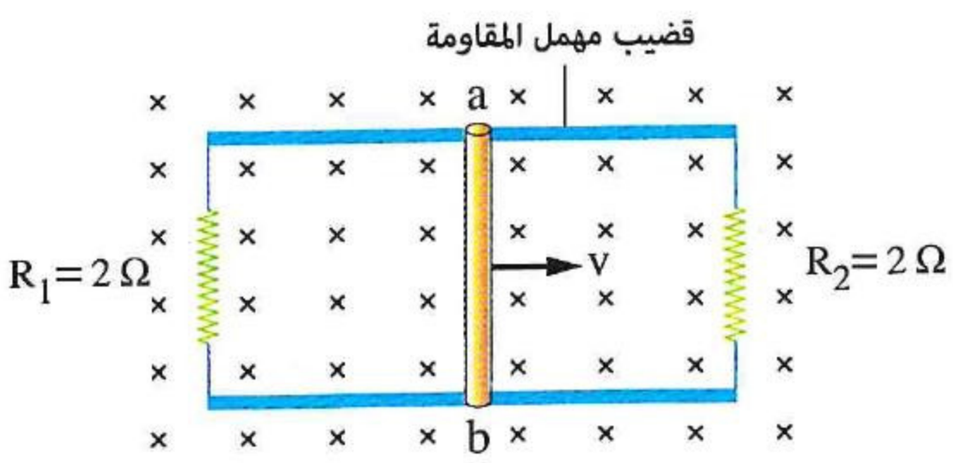
∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

فـى الشـكل المقابـل قضيـب معدنـى ab طولـه 25 cm ومقاومتـه 4 Ω ويتحـرك عموديًـا على مجال مغناطيسـى كثافة فيضـه 1T بسرعـة 2 m/s، **احسـب :**

(أ) شـدة التيـار المار فى كل من المقاومتـين R_1 ، R_2 والقضيب ab

(ب) فرق الجهد بين طرفى المقاومة R_1

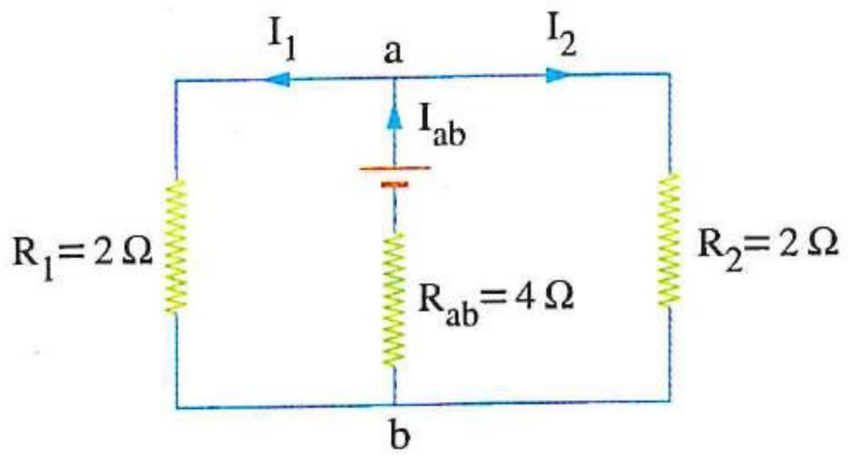


الحـــل

$\ell = 25 \times 10^{-2}$ m | v = 2 m/s | B = 1 T | $R_{ab} = 4\,\Omega$ | $R_1 = 2\,\Omega$ | $R_2 = 2\,\Omega$

$I_1 = ?$ | **$I_2 = ?$** | **$I_{ab} = ?$** | **$V_1 = ?$**

(أ) يعمـل القضيـب ab كمصدر لفرق الجهد ويمكـن تمثيل الدائرة الكهربية كما بالشكل المقابل :



$$emf = -B\ell v = -1 \times 25 \times 10^{-2} \times 2 = -0.5 \text{ V}$$

المقاومتان R_1 ، R_2 متصلتان على التوازى ومتساويتان :

$$\grave{R} = \frac{2}{2} = 1\,\Omega$$

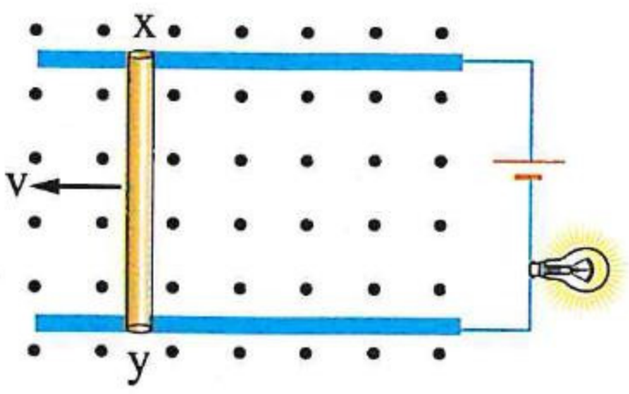
$$\mathbf{I_{ab} = \frac{emf}{\grave{R} + R_{ab}} = \frac{0.5}{1+4} = 0.1 \text{ A}}$$

$$\mathbf{I_1 = I_2 = \frac{I_{ab}}{2} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ A}}$$

(ب)

$$\mathbf{V_1 = I_1 R_1 = 0.05 \times 2 = 0.1 \text{ V}}$$

مثـال ٣



اختر: فى الشـكل المقابـل، ماذا يحدث لإضاءة المصبـاح أثناء حركة القضيب xy بسرعة منتظمة (v) فى الاتجاه الموضح ؟
(علمًا بأن : القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى القضيب أقل من القوة الدافعة الكهربية للبطارية)

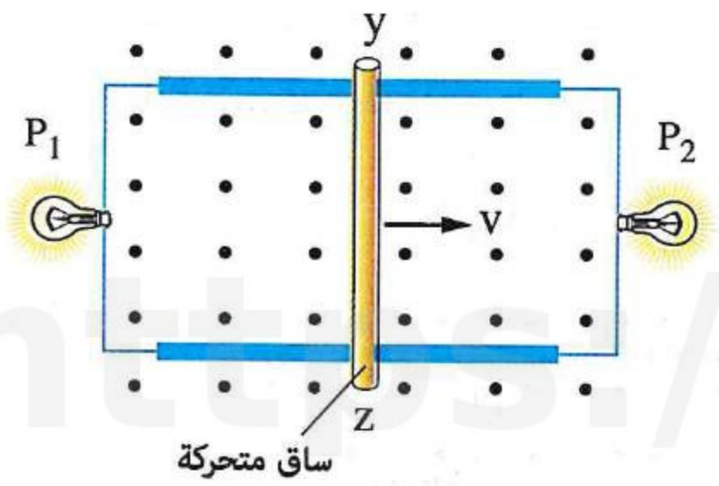
(أ) لا تتغير　　(ب) تنعدم
(جـ) تقل ولا تنعدم　　(د) تزداد

الحـــل

* بتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليمنى على القضيب (xy) نجد أن :
اتجاه القوة الدافعة الكهربية المسـتحثة فى القضيب عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربية للبطارية فتقل شـدة التيار المار فى المصباح فتقل القدرة المستهلكة فيه تبعًا للعلاقة $(P_w = I^2R)$ **وبالتالى تقل إضاءة المصباح ولا تنعدم.**

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٤



اختر: الشـكل المقابـل يمثل سـاق معدنيـة (yz) مقاومتهـا R موضوعة على قضيبين أملسـين مقاومة كل منهما 4 R، ويتصل مصباحان كهربيان متماثلان P_1 ، P_2 بطرفى القضيبين عند كل جهة، وهذه المجموعة موضوعة عموديًا على فيض مغناطيسى منتظم كثافته B، ماذا يحدث لإضاءة كل من المصباحين أثناء حركة الساق بسرعة منتظمة (v) فى الاتجاه الموضح ؟

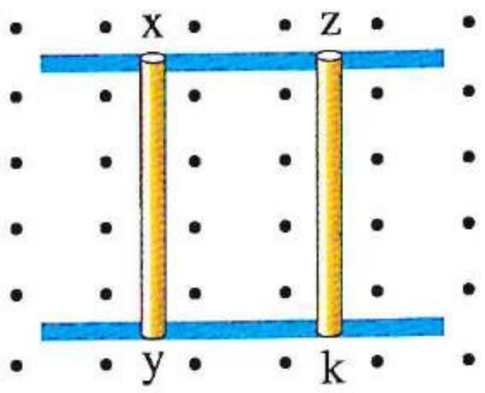
	إضاءة المصباح P_1	إضاءة المصباح P_2
(أ)	تقل	تقل
(ب)	تقل	تزداد
(جـ)	تزداد	تقل
(د)	تزداد	تزداد

الحـــل

* أثناء حركة الساق (yz) فى الاتجاه الموضح بسرعة منتظمة تتولد بالساق قوة دافعة كهربية مستحثة ثابتة تتسبب فى مرور تيار فى الدائرة بحيث :
- يزداد طول مسار التيار المار فى المصباح (P_1) فتزداد مقاومته.
- يقل طول مسار التيار المار فى المصباح (P_2) فتقل مقاومته.

∵ المساران متصلان على التوازى.
∴ فرق الجهد بين طرفى كل منهما متساوى.
∴ تقل شدة التيار المار فى المصباح (P_1) وتزداد شدة التيار المار فى المصباح (P_2).
∴ **تقل إضاءة المصباح (P_1) وتزداد إضاءة المصباح (P_2)** تبعًا للعلاقة $(P_w = I^2R)$.
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد :



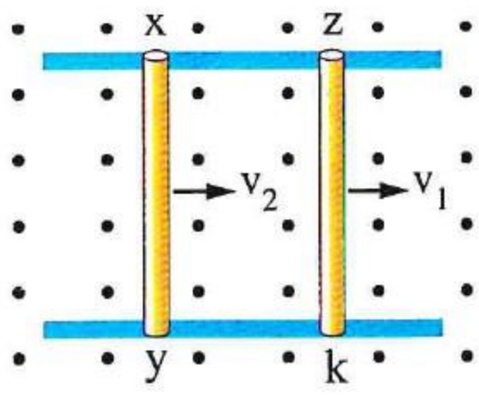
* فى حالة ساقين معدنيتين متماثلتين (xy ، zk) قابلتين للحركة علـى قضيبين معدنيين أملســين فى مســتوى الصفحــة ويؤثر عليهما مجال مغناطيسى منتظم عمودى على مستوى الصفحة كما بالشكل،

- فإذا تحركت الساق (xy) :

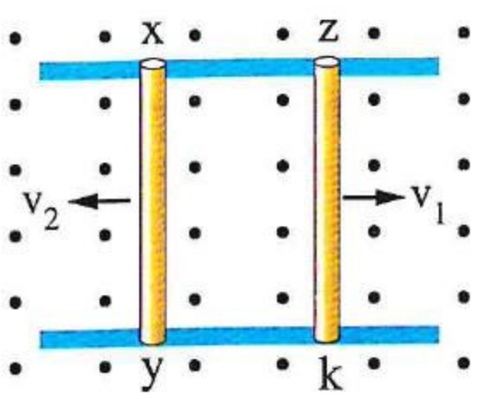
	يكون اتجاه التيار المستحث فى الساق (xy)	يكون اتجاه التيار المستحث فى الساق (zk)	يكون اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الساق (zk) نتيجة تأثره بالمجال الخارجى
جهة اليمين «مقتربة من الساق zk»	من x إلى y	من k إلى z	جهة اليمين
جهة اليسار «مبتعدة عن الساق zk»	من y إلى x	من z إلى k	جهة اليسار

- فإذا تحرك الساقين :

فى نفس الاتجاه



فى اتجاهين متضادين



فـإن

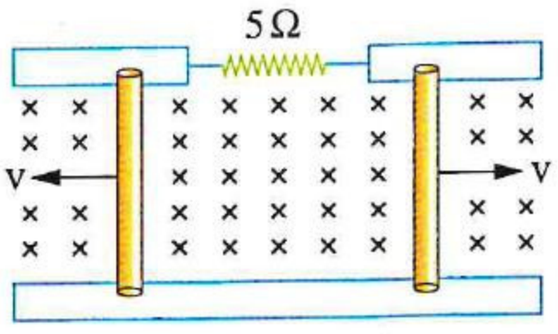
$emf = B\ell (v_1 - v_2)$

$emf = B\ell (v_1 + v_2)$

(حيث : $v_1 > v_2$)

مثـال

اختر : الشــكل المقابل يوضح موصلان أســطوانيان مهملا المقاومة طول كل منهمــا 10 cm يتحــركان علــى مســار معدنى مهمل المقاومة بســرعة ثابتــة 5 m/s عموديًــا على مجال مغناطيســى منتظم كثافة فيضه 0.2 T، فإن شدة التيار المستحث المار فى المقاومة 5 Ω تساوى .....



(أ) zero
(ب) 0.08 A
(جـ) 0.06 A
(د) 0.04 A

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$\ell = 10$ cm | $v_1 = v_2 = 5$ m/s | $B = 0.2$ T | $R = 5\ \Omega$ | **I = ?**

∵ الموصلان يتحركان فى اتجاهين متضادين.

$\therefore emf = B\ell\,(v_1 + v_2) = 0.2 \times 10 \times 10^{-2} \times (5 + 5) = 0.2$ V

$\therefore \mathbf{I} = \frac{emf}{R} = \frac{0.2}{5} = \mathbf{0.04\ A}$

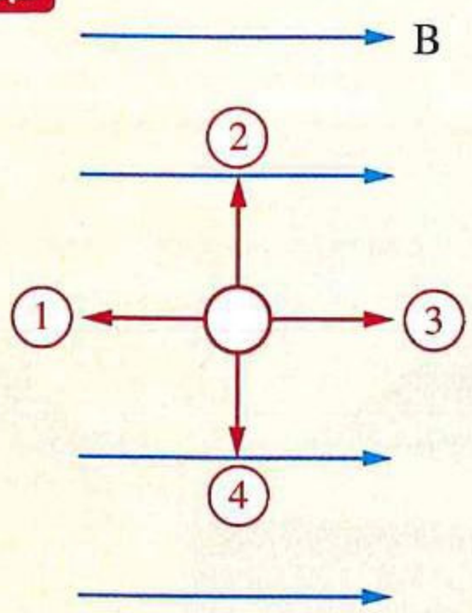
∴ الاختيار الصحيح هو (د)

30 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

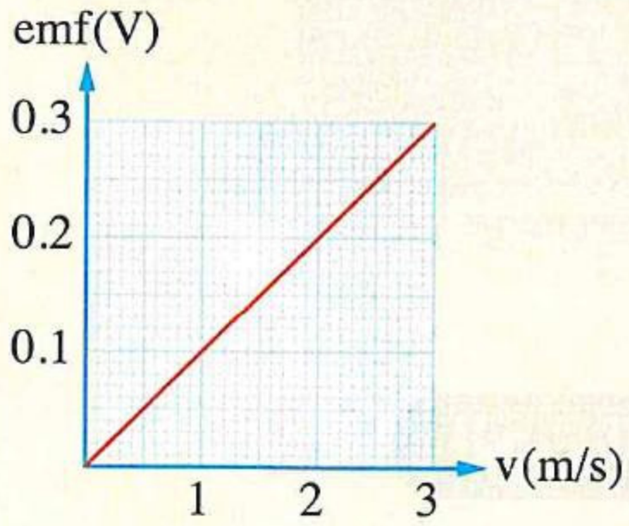
١ سلك مستقيم عمودى على مستوى الصفحة يتأثر بمجال مغناطيسى منتظم (B) فى مستوى الصفحة كما بالشكل المقابل، فى أى اتجاه يتحرك السلك ليصبح طرفه العلوى موجبًا ؟



(أ) فى الاتجاه (1) (ب) فى الاتجاه (2)

(جـ) فى الاتجاه (3) (د) فى الاتجاه (4)

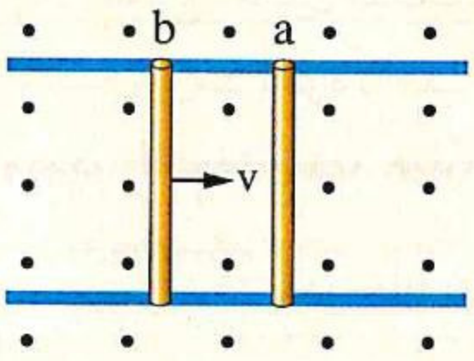
٢ سلك مستقيم طوله 1 m يتحرك عدة مرات عموديًا على مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه B بسرعة منتظمة (v) مختلفة فى كل مرة، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى السلك وسرعته المنتظمة (v)، فإن مقدار B يساوى .....



(أ) 0.1 T (ب) 0.2 T

(جـ) 1 T (د) 2 T

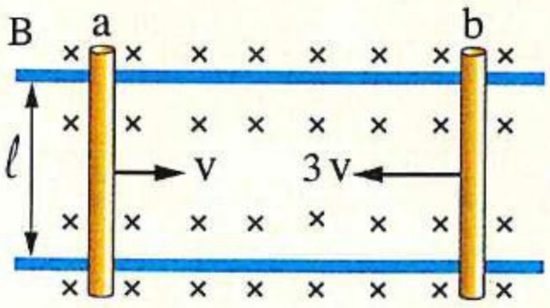
٣ يوضح الشكل المقابل ساقين معدنيتين أسطوانيتين متماثلتين a ، b قابلتين للحركة على قضيبين معدنيين أملسين فى مستوى الصفحة ويؤثر على المجموعة مجال مغناطيسى منتظم عمودى على مستوى الصفحة، عند سحب الساق b بسرعة منتظمة v إلى يمين الصفحة، فإن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الساق a نتيجة تأثره بالمجال المغناطيسى الخارجى يكون .....



(أ) فى مستوى الصفحة وإلى اليمين (ب) فى مستوى الصفحة وإلى اليسار

(جـ) عمودى على الصفحة وإلى الداخل (د) عمودى على الصفحة وإلى الخارج

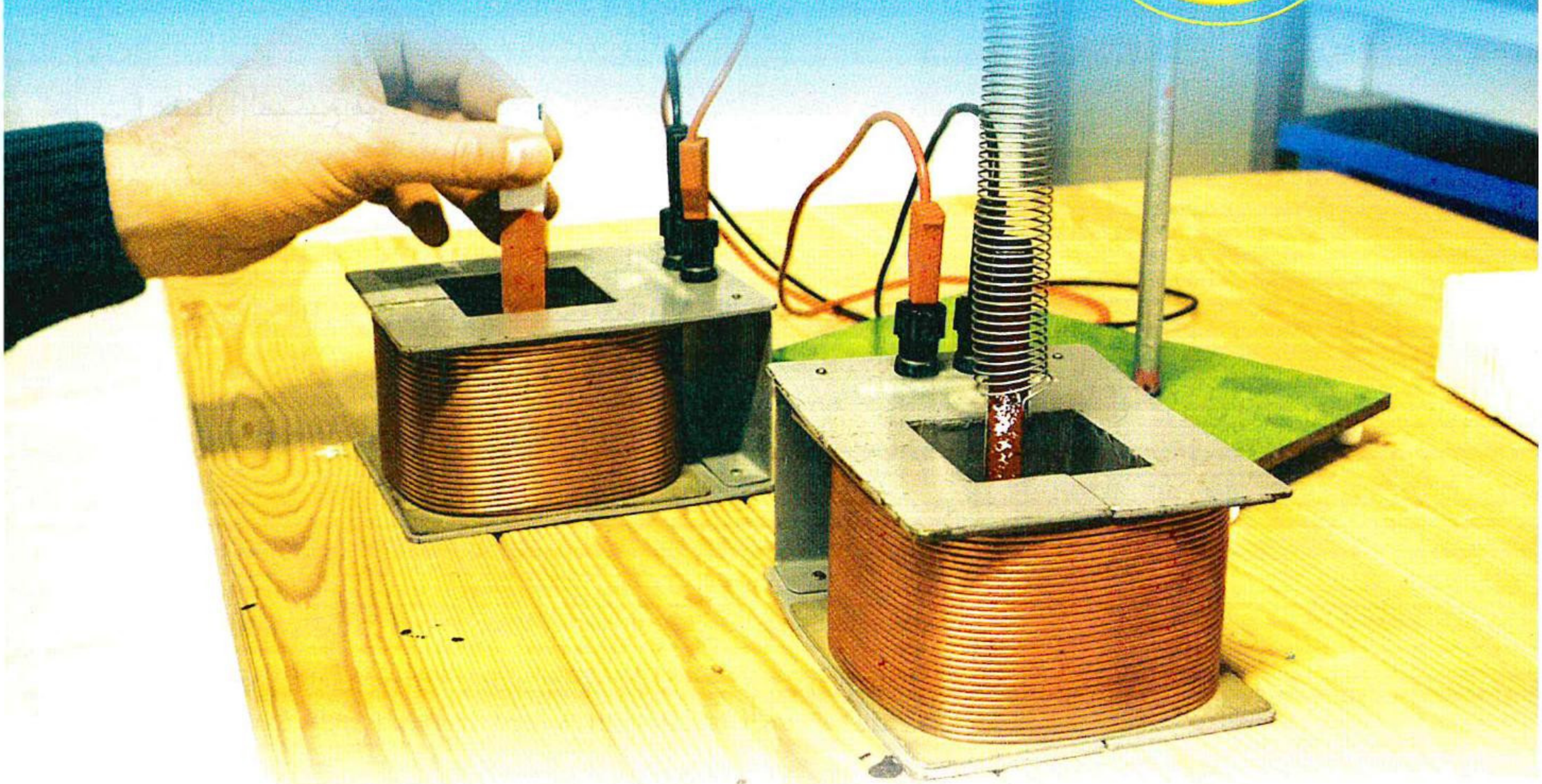
٤ سلكان مستقيمان متماثلان ومتوازيان a ، b مقاومة كل منهما R يتحركان بسرعتين منتظمتين v ، 3 v على الترتيب فى اتجاه عمودى على اتجاه مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه B بحيث يلامس طرفا كل سلك قضيبين أملسين مهملى المقاومة الأومية كما بالشكل المقابل، فإن شدة التيار المستحث الكلى تساوى .....



(أ) $\frac{B\ell v}{R}$ (ب) $\frac{2\,B\ell v}{R}$ (جـ) $\frac{3\,B\ell v}{2\,R}$ (د) $\frac{B\ell v}{2\,R}$

الـدرس الثانى

- الحث المتبادل بين ملفين.
- الحث الذاتى لملف.



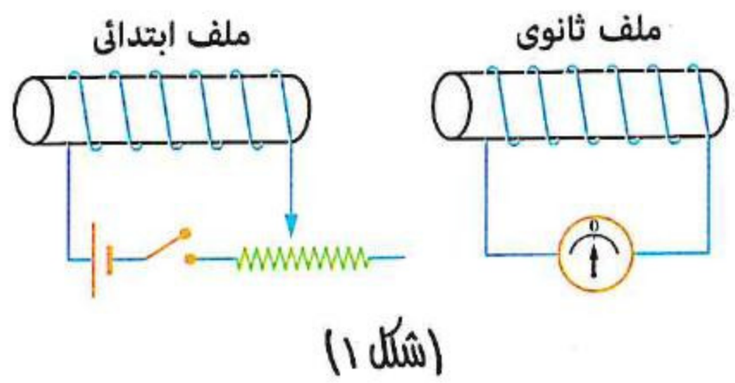
الحث المتبادل بين ملفين Mutual Induction

* إذا وضـع ملفـين أحدهمـا داخـل الآخـر أو أحدهمـا بالقـرب مـن الآخر فإن تغير شـدة التيـار الكهربـى فى أحد الملفـين يولـد قـوة دافعـة كهربيـة مسـتحثة فى الملـف الآخر ويطلـق على هـذه الظاهرة **الحـث المتبادل بـين ملفين، ويمكن التحقق منها عمليًا من خلال إجراء التجربة التالية :**

تجربة لدراسة الحث المتبادل بين ملفين

الخطوات والملاحظات :

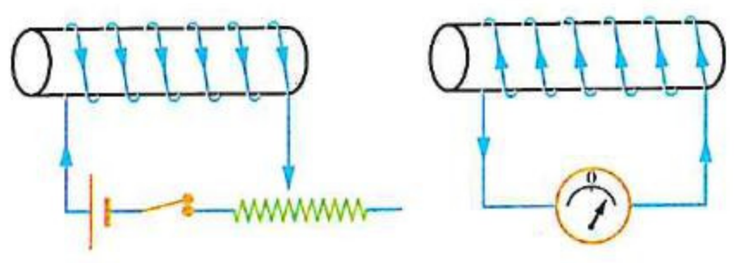
١ وصـل ملـف ببطاريـة ومفتـاح وريوسـتات (الملـف الابتدائـى) ووصـل ملـف آخـر بجلڤانومتـر حسـاس صفـر تدريجـه فـى المنتصـف (الملـف الثانـوى) (شكل ١).

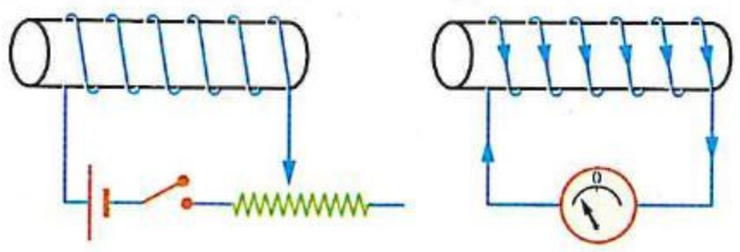


(شكل ١)

٢ اغلـق دائـرة الملـف الابتدائـى أثنـاء وجـود الملـف الابتدائـى داخـل أو بالقـرب مـن الملـف الثانـوى.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلڤانومتر لحظيًا فى اتجاه معين (شكل ٢).


(شكل ٢)



(شكل ٣)

٣ افتح دائرة الملف الابتدائى أثناء وجود الملف الابتدائى داخل أو بالقرب من الملف الثانوى.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلفانومتر لحظيًا فى الاتجاه المضاد للاتجاه الأول (شكل ٣).

٤ اغلق دائرة الملف الابتدائى ثم قم بزيادة شدة التيار الكهربى المار فيه عن طريق إنقاص مقاومة الريوستات.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلفانومتر فى اتجاه معين.

٥ اغلق دائرة الملف الابتدائى ثم قم بإنقاص شدة التيار المار فى الملف الابتدائى عن طريق زيادة مقاومة الريوستات.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلفانومتر فى الاتجاه المضاد.

٦ اغلق دائرة الملف الابتدائى ثم ابعد الملف الابتدائى عن الملف الثانوى.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلفانومتر فى اتجاه معين.

٧ اغلق دائرة الملف الابتدائى ثم قرب الملف الابتدائى من الملف الثانوى.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلفانومتر فى الاتجاه المضاد.

الاستنتاج :

يمكن توليد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار مستحث فى ملف ثانوى بتأثير ملف آخر ابتدائى، حيث تتولد :

قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى	قوة دافعة كهربية مستحثة طردية وتيار مستحث طردى
– عند زيادة الفيض المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائى والذى يقطع الملف الثانوى فإن المجال المغناطيسى المستحث فى الملف الثانوى والناشئ عن التيار الكهربى المستحث المتولد فى الملف الثانوى يكون فى اتجاه مضاد ليقاوم الزيادة فى الفيض المغناطيسى.	– عند تناقص الفيض المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائى والذى يقطع الملف الثانوى فإن المجال المغناطيسى المستحث فى الملف الثانوى والناشئ عن التيار الكهربى المستحث المتولد فى الملف الثانوى يكون فى نفس الاتجاه ليقاوم النقص فى الفيض المغناطيسى.

حالات تولد emf مستحثة

عكسية	طردية
– عند غلق دائرة الملف الابتدائى أثناء وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوى. – أثناء زيادة شدة التيار فى الملف الابتدائى عند وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوى. – أثناء تقريب أو إدخال الملف الابتدائى فى الملف الثانوى.	– عند فتح دائرة الملف الابتدائى أثناء وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوى. – أثناء إنقاص شدة التيار فى الملف الابتدائى عند وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوى. – أثناء إبعاد أو إخراج الملف الابتدائى من الملف الثانوى.

* مما سبق يمكن تعريف الحث المتبادل بين ملفين كالتالى :

الحث المتبادل بين ملفين

التأثير الكهرومغناطيسى الحادث بين ملفين متجاورين أو متداخلين يمر بأحدهما تيار متغير فيتأثر به الملف الثانى ويتولد فيه تيار مستحث يقاوم التغير الحادث فى الملف الأول.

حساب معامل الحث المتبادل بين ملفين

* عند تغير شدة التيار فى الملف الابتدائى بمعدل زمنى $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ يتولد فى الملف الثانوى $(emf)_2$ مستحثة تتناسب طرديًا مع معدل التغير فى الفيض المغناطيسى المار به : $(emf)_2 \propto \frac{(\Delta\phi_m)_2}{\Delta t}$

$\because \frac{(\Delta\phi_m)_2}{\Delta t} \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ $\therefore (emf)_2 \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$\therefore (emf)_2 = constant \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ $\therefore \mathbf{(emf)_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}}$

حيث : (M) معامل الحث المتبادل بين ملفين.

(تدل الإشارة السالبة على أن القوة الدافعة المستحثة تعاكس التغير المسبب لها «قاعدة لنز»)

$\therefore \mathbf{M = \frac{(emf)_2}{\Delta I_1 / \Delta t}}$

وحدة قياس معامل الحث المتبادل هى **الهنرى (H)** وتكافئ **ڤولت. ثانية/أمبير (V.s/A)**

* مما سبق يمكن تعريف كل من معامل الحث المتبادل بين ملفين والهنرى كالتالى :

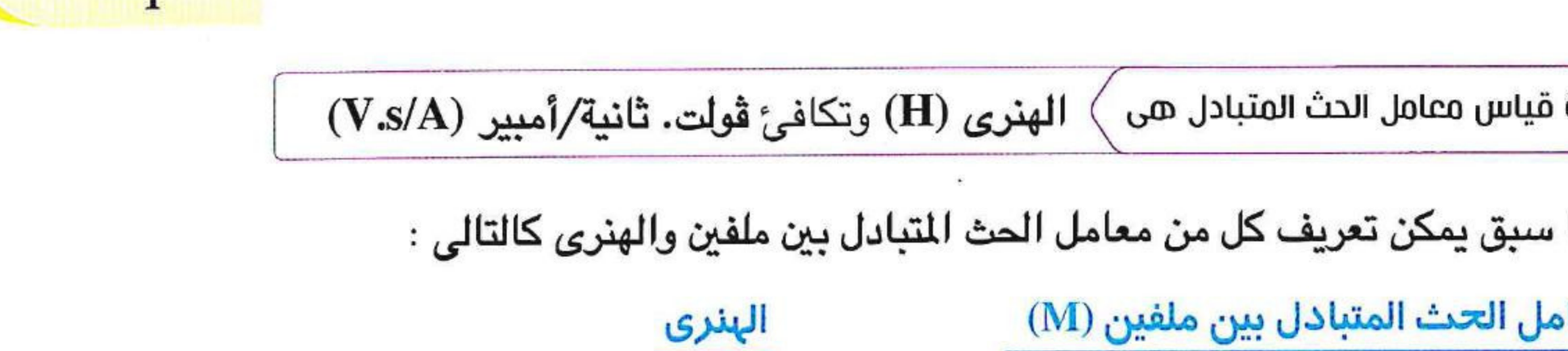
معامل الحث المتبادل بين ملفين (M)

مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى أحد الملفين عند تغير شدة تيار الملف الآخر بمعدل 1 أمبير كل ثانية.

الهنرى

معامل الحث المتبادل بين ملفين إذا تغيرت شدة تيار أحدهما بمعدل 1 أمبير كل ثانية تولد بالحث بين طرفى الملف الآخر emf مستحثة مقدارها 1 ڤولت.

* العوامل التى يتوقف عليها معامل الحث المتبادل بين ملفين :



https://t.me/E5_G5

مثـال ❶

اختر : ملفان متجـاوران x ، y معامل الحث المتبادل بينهما 0.2 H وشدة التيـار المار فـى الملف x تساوى 4 A، فإذا انعدمت شدة التيار فى هذا الملف فى زمن قدره 0.01 s، فإن متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة فى الملف y يساوى .....

(أ) 20 V (ب) 40 V (جـ) 60 V (د) 80 V

الحـــل

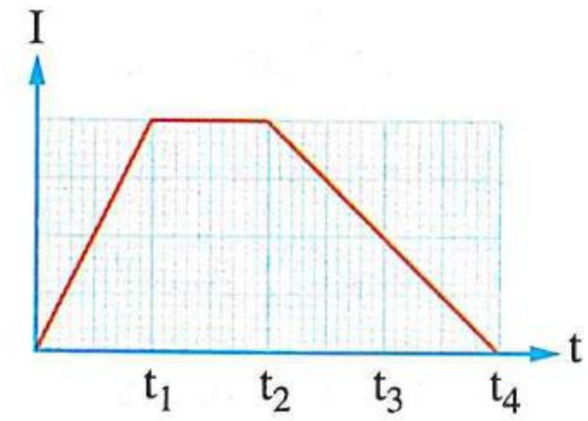
$M = 0.2\ H$ | $(I_x)_1 = 4\ A$ | $(I_x)_2 = 0$ | $\Delta t = 0.01\ s$ | $(emf)_y = ?$

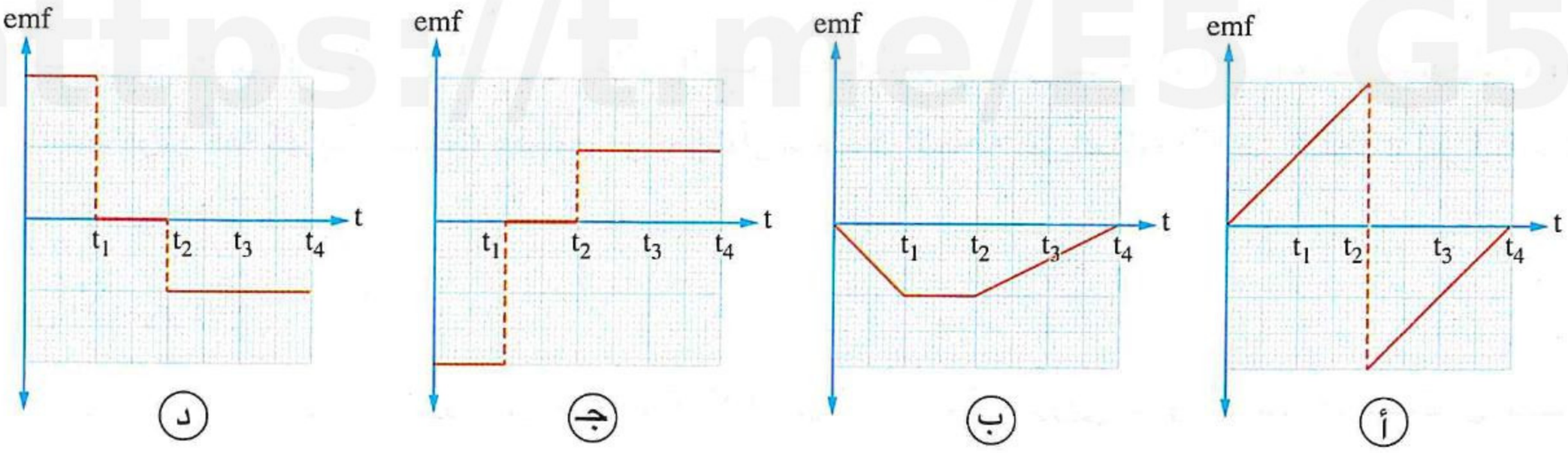
$$(emf)_y = -M\frac{\Delta I_x}{\Delta t} = -0.2 \times \frac{0-4}{0.01} = \mathbf{80\ V}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ❷

اختر : ملفان متجاوران ابتدائى وثانوى، والشكل البيانى المقابل يمثل تغير قيمة التيار (I) المار فى الملف الابتدائى مع الزمن (t)، أى الأشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية (emf) المسـتحثة فى الملف الثانوى والزمن (t) ؟





الحـــل

$$\therefore (emf)_2 \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \qquad \because (emf)_2 = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

خلال الفترة	شدة التيار المار بالملف الابتدائى	القوة الدافعة الكهربية المستحثة بالملف الثانوى
$0 \longleftarrow t_1$	تزداد بمعدل منتظم	قيمة ثابتة سالبة
$t_1 \longleftarrow t_2$	لا تتغير	صفر
$t_2 \longleftarrow t_4$	تقل بمعدل منتظم قيمته نصف معدل الزيادة خلال الفترة $0 \longleftarrow t_1$	قيمة ثابتة موجبة تساوى نصف قيمة emf خلال الفترة $0 \longleftarrow t_1$

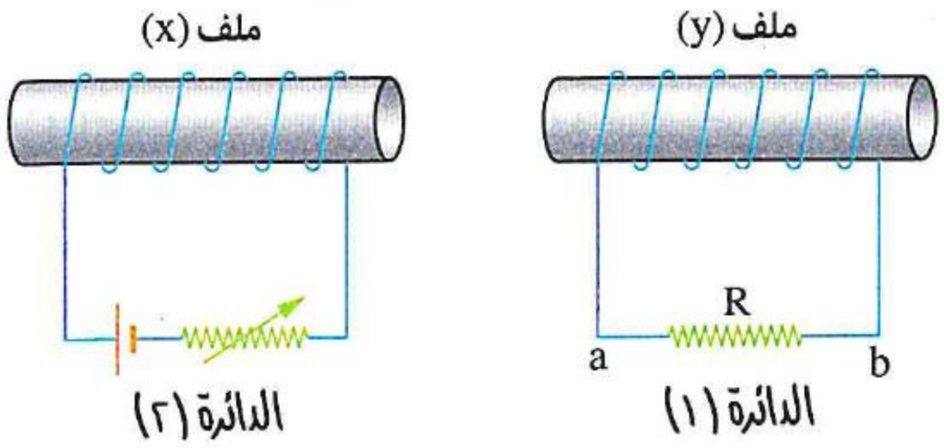
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

اختر : فى الشكل المقابل يتولد تيار كهربى مستحث يمـر من النقطة a إلـى النقطة b عبر المقاومة R فى الدائرة (١) عند .....



(أ) تحريك الدائرتين معًا بنفس السرعة لليمين

(ب) تقريب إحدى الدائرتين من الأخرى

(جـ) زيادة قيمة المقاومة المتغيرة فى الدائرة (٢)

(د) نزع القلب الحديدى من إحدى الدائرتين

الحـــل

* فى الاختيار (أ) :

عند تحريك الدائرتين معًا بنفس السرعة لليمين، لا يحدث تغير فى الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف (y) فلا يتولد تيار مستحث بالملف.

∴ الاختيار (أ) خطأ.

* فى الاختيار (ب) :

عند تقريب إحدى الدائرتين من الأخرى، يتزايد الفيض المغناطيسـى الذى يقطع الملف (y) وتبعًا لقاعدة لنز تتولد بالملف قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية، أى يمر تيار مستحث اتجاهه عبر المقاومة R من النقطة a إلى النقطة b

∴ الاختيار (ب) صحيح.

* فى الاختيار (جـ) :

عند زيادة قيمة المقاومة المتغيرة فى الدائرة (٢)، تتناقص شدة التيار الكهربى المار بالملف (x) فيتناقص الفيض المغناطيسى الناشئ عنه والذى يقطع الملف (y) وتبعًا لقاعدة لنز تتولد بالملف قوة دافعة كهربية مستحثة طردية، أى يمر تيار مستحث اتجاهه عبر المقاومة R من النقطة b إلى النقطة a

∴ الاختيار (جـ) خطأ.

* فى الاختيار (د) :

عند نزع القلب الحديدى من إحدى الدائرتين، يتناقص الفيض المغناطيسـى الذى يقطع الملف (y) وتبعًا لقاعدة لنز تتولد بالملف قوة دافعة كهربية مسـتحثة طردية، أى يمر تيار مسـتحث اتجاهه عبر المقاومة R من النقطة b إلى النقطة a

∴ الاختيار (د) خطأ.

https://t.me/E5_GE

إرشـاد :

* عند تغيير شدة تيار الملف الابتدائى بمقدار (ΔI_1) خلال فترة زمنية (Δt) يتغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملـف الثانـوى بمقدار $(\Delta\phi_m)_2$ خلال نفس الفترة الزمنيـة (Δt) ويمكن تعيين معامل الحث المتبادل بين هذين الملفين فى حالة عدم تحديد زمن التغير كالتالى :

$$\because (emf)_2 = -N_2 \frac{(\Delta\phi_m)_2}{\Delta t} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \qquad \therefore M\Delta I_1 = N_2(\Delta\phi_m)_2$$

مثـال ١

اختر : ملفان متجاوران X ، Y، عدد لفات الملف Y هو 1500 لفة، فإذا تم غلق دائرة الملف X ليمر تيار شـدته 5 A فيها فنتج عنه فيض 3×10^{-3} Wb فى الملف Y، فإن معامل الحث المتبادل بين الملفين يساوى .....

(أ) 0.3 H (ب) 0.6 H (جـ) 0.9 H (د) 1.2 H

الحـــل

$N_Y = 1500$ | $\Delta I_X = 5$ A | $(\Delta\phi_m)_Y = 3 \times 10^{-3}$ Wb | **M = ?**

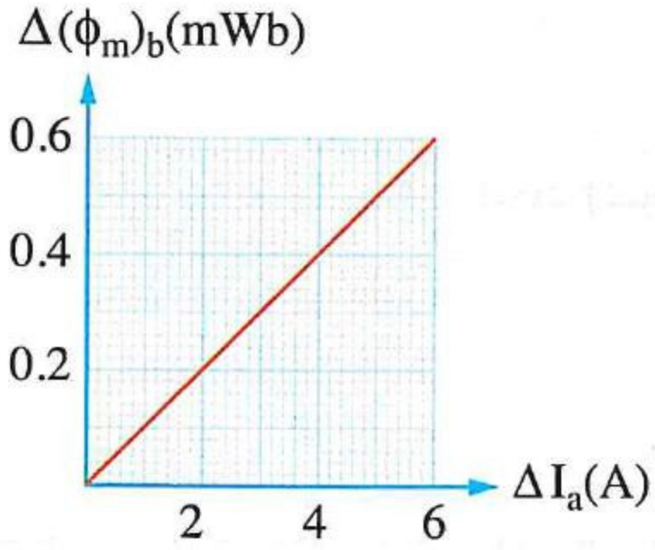
$M\Delta I_X = N_Y(\Delta\phi_m)_Y$, $M \times 5 = 1500 \times 3 \times 10^{-3}$, **M = 0.9 H**

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٢

اختـر : ملفـان ابتدائـى (a) وثانوى (b) عـدد لفاتهما 200 لفـة، 800 لفة على الترتيب، والشـكل البيانـى المقابل يوضح العلاقة بين التغير فى الفيض المغناطيسى المار خلال الملف (b) والتغير فى قيمة التيار المار فى الملف (a)، فإن معامل الحث المتبادل بين الملفين يساوى .....

(أ) 0.02 H (ب) 0.04 H (جـ) 0.06 H (د) 0.08 H



الحـــل

$N_a = 200$ | $N_b = 800$ | **M = ?**

$$slope = \frac{\Delta(\phi_m)_b}{\Delta I_a} = \frac{(0.6-0) \times 10^{-3}}{6-0} = 10^{-4} \text{ Wb/A}$$

$\because M\Delta I_a = N_b\,\Delta(\phi_m)_b$

$\therefore \frac{M}{N_b} = \frac{\Delta(\phi_m)_b}{\Delta I_a} = slope = 10^{-4}$ H , $M = N_b \times 10^{-4} = 800 \times 10^{-4} =$ **0.08 H**

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

* **لإيجاد معامل الحث المتبادل بين ملفين :**

بتطبيق قانون فاراداى على الملف الثانوى : (1)

$$(emf)_2 = - N_2 \frac{\Delta(\phi_m)_2}{\Delta t}$$

حيث : $\Delta(\phi_m)_2$ التغير فى الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف الثانوى.

من معادلة الحث المتبادل بين ملفين : (2)

$$(emf)_2 = - M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

بمساواة المعادلتين :

$$- M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = - N_2 \frac{\Delta(\phi_m)_2}{\Delta t}$$

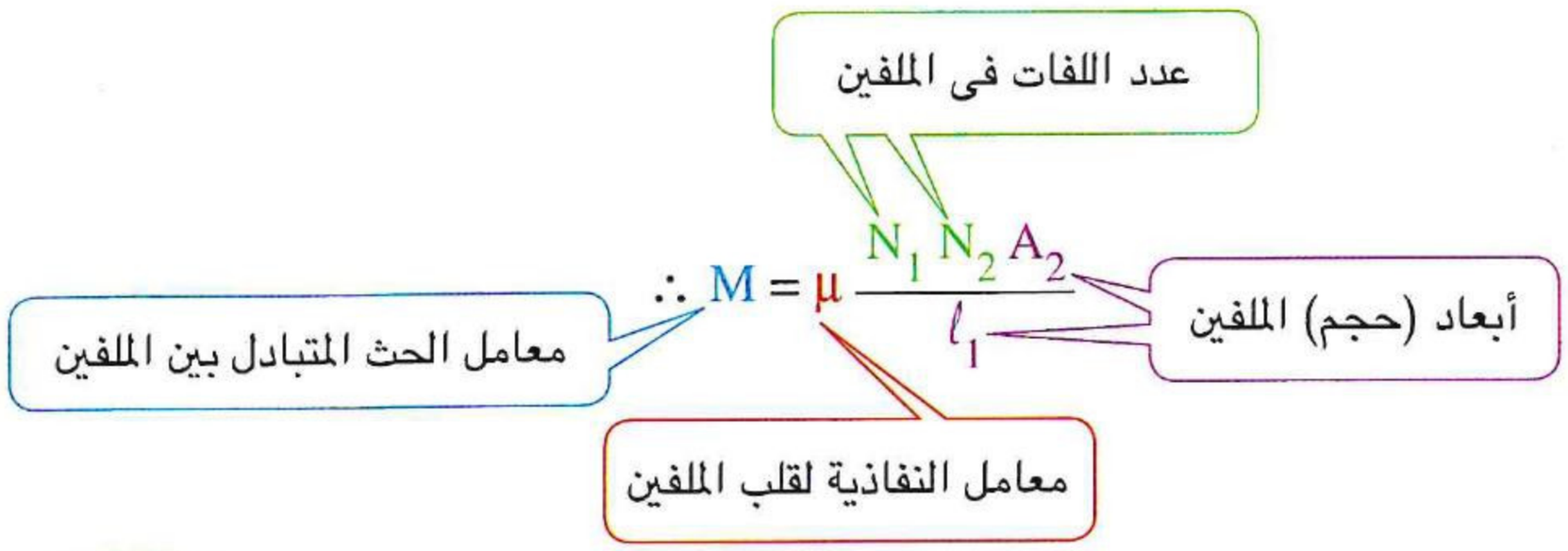
$$M\Delta I_1 = N_2 \Delta(\phi_m)_2 \quad (3)$$

إذا كان الملفان لولبيان وتم لف الملف الثانوى حول الجزء الأوسط من الملف الابتدائى، فإن الفيض المغناطيسى الناتج من الملف الابتدائى يقطع دون فقد لفات الملف الثانوى.

$$\therefore \Delta(\phi_m)_2 = A_2 \Delta B_1 = A_2 \times \mu \frac{N_1 \Delta I_1}{\ell_1}$$

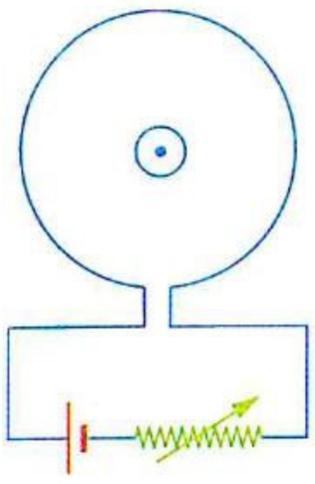
بالتعويض فى المعادلة (3) :

$$M\Delta I_1 = N_2 \times A_2 \times \frac{\mu N_1 \Delta I_1}{\ell_1}$$



* **فـى حالـة ملفان دائريـان متحدا المركـز كما بالشـكل المقابل،**

يتعين معامل الحث المتبادل بين الملفين من العلاقة :



$$M = \frac{\mu N_1 N_2 A_2}{2 r_1}$$

وذلـك بفـرض أن نصف قطـر الملف الثانوى صغير جدًا بالنسـبة للملف الابتدائى بحيث تكـون كثافة الفيض المغناطيسـى المؤثر على الملف الثانوى ثابتة ومسـاوية لكثافة الفيض المغناطيسـى الناشئ عن الملف الابتدائى عند مركزه.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GE

مثـال

اختر : ملفان لولبيان متداخلان، ابتدائى وثانوى، طول كل منهما 15 cm ويتكون الملف الابتدائى من 100 لفة ملفوفة حول قلب من الحديد الذى له معامل نفاذية 2×10^{-3} Wb/A.m، ويتكـون الملـف الثانـوى من 200 لفة قطر كل منها 1.5 cm، فإن معامل الحث المتبادل بين الملفين يساوى .....

(أ) 0.047 H (ب) 0.094 H (جـ) 0.192 H (د) 0.768 H

الحـل

$\ell_1 = \ell_2 = 15$ cm | $N_1 = 100$ | $\mu = 2 \times 10^{-3}$ Wb/A.m | $N_2 = 200$

$d_2 = 1.5$ cm | **M = ?**

$$M = \frac{\mu N_1 N_2 A_2}{\ell_1} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 100 \times 200 \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{1.5}{2} \times 10^{-2}\right)^2}{15 \times 10^{-2}} = \mathbf{0.047\ H}$$

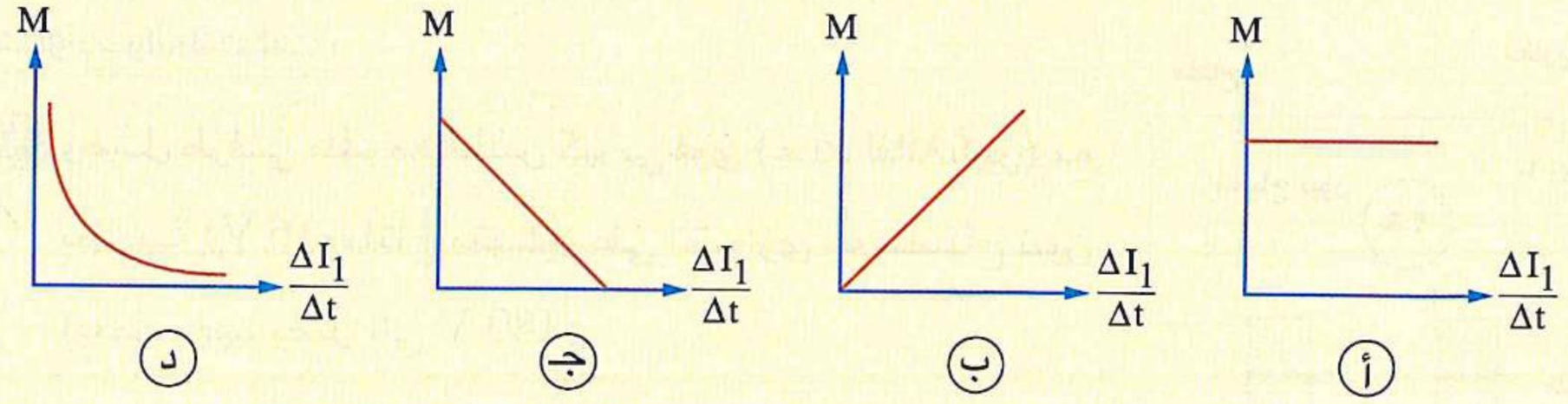
∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مجاب عنها

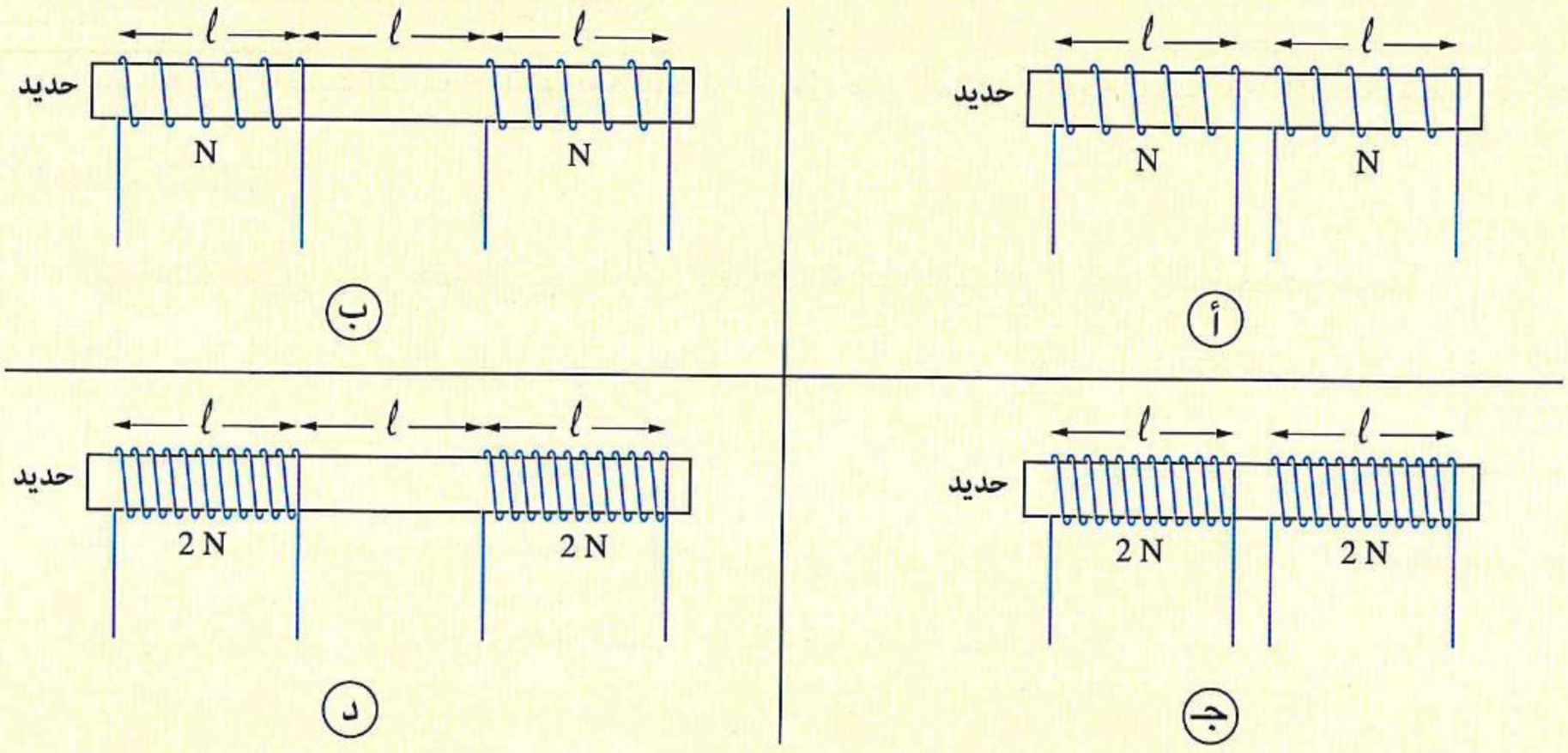
31 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

اختبر نفسك

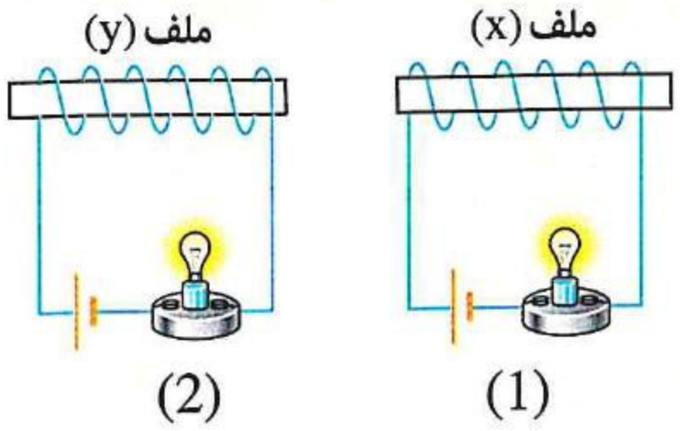
(١) أى مـن الأشـكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين معامل الحـث المتبادل (M) بين ملفين لولبيين متجاورين والمعدل الزمنى للتغير فى شدة التيار المار فى الملف الابتدائى $\left(\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\right)$ ؟



(٢) أى زوج من أزواج الملفات التالية له أكبر معامل حث متبادل إذا علمت أن جميع الملفات لها نفس المساحة ؟



٣ ملفان لولبيان (x) ، (y) لهما نفس المحور ويتصل كل منهما بمصبـاح وعمود كهربى كما بالشـكل المقابل، أثناء تحريك الملف (x) مقتربًا من الملف (y)، فإن شدة إضاءة .....



	المصباح (1)	المصباح (2)
أ	تزداد	تزداد
ب	تزداد	تقل
جـ	تقل	تزداد
د	تقل	تقل

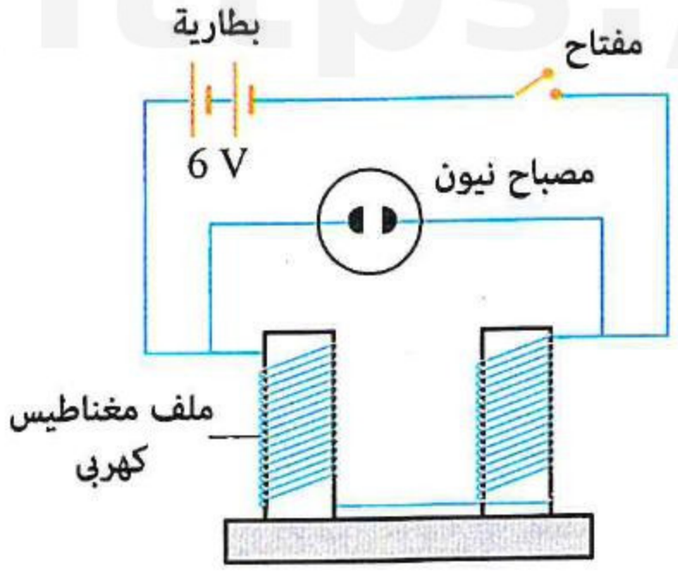
الحث الذاتى لملف Self Induction

* إذا وصل ملف فى دائرة كهربية فإن تغير شـدة التيار الكهربى فى هذا الملف يسـبب تولد قوة دافعة مسـتحثة فيه تقاوم هذا التغير ويطلق على هذه الظاهرة **الحث الذاتى لملف**،

ويمكن التحقق منها من خلال إجراء التجربة التالية :

تجربة لدراسة الحث الذاتى لملف

الخطوات والملاحظات :



١ وصـل طرفـى ملف مغناطيس كهربى قوى (عـدد لفاته كبير) مع بطاريـة (6 V) ومفتاح متصلين على التـوازى مع مصباح نيون (يعمل بجهد يصل إلى 180 V).

٢ اغلق الدائرة ليمر تيار كهربى فى الملف.

الملاحظة : عدم توهـج مصباح النيون.

التفسير : لأن القوة الدافعة الكهربية للبطارية أقل من القوة الدافعة الكهربية اللازمة لإضاءة المصباح.

٣ افتح الدائرة.

الملاحظة : مرور شرر كهربى بين طرفى المفتاح وتوهج مصباح النيون لفترة صغيرة جدًا.

التفسير : لأن اضمحـلال التيـار فى الملف يؤدى إلى تولد emf مستحثة طردية كبيرة نسبيًا بين طرفى الملـف بالحـث الذاتى نظرًا لكبر عدد لفات الملف ($emf \propto N$) وكبر المعدل الزمنى للتغير فى شـدة التيار ($emf \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$) فينشـأ تيار مسـتحث طردى فى نفس اتجاه التيار الأصلى فى الملف يسـبب مرور شـرر كهربى بين طرفى المفتاح وتوهج المصباح لفترة صغيرة جدًا.

https://t.me/Eb05

https://t.me/E5_G5

* مما سبق يمكن تعريف الحث الذاتى لملف كالتالى :

الحث الذاتى لملف

التأثير الكهرومغناطيسى الحادث فى نفس الملف عند تغير شدة التيار المار فيه بحيث يقاوم هذا التغير.

* من تطبيقات الحث الذاتى بدء إضاءة مصباح الفلورسنت باستخدام ملف لولبى معامل حثه الذاتى كبير.

حساب معامل الحث الذاتى لملف

* عند تغير شدة التيار المار فى ملف بمعدل $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ يتولد فى الملف بالحث الذاتى **emf** مستحثة تتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى :

$$emf \propto \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$$

∵ المعدل الزمنى للتغير فى الفيض يتناسب طرديًا مع المعدل الزمنى للتغير فى التيار :

$$\frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \propto \frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \therefore emf \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf = constant \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \therefore \mathbf{emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

حيث : (L) معامل الحث الذاتى للملف.

(تدل الإشارة السالبة على أن القوة الدافعة المستحثة تعاكس التغير المسبب لها «قاعدة لنز»).

$$\therefore \mathbf{L = \frac{emf}{\Delta I / \Delta t}}$$

وحدة قياس معامل الحث الذاتى هى **الهنرى**

* مما سبق يمكن تعريف كل من معامل الحث الذاتى لملف والهنرى، كالتالى :

معامل الحث الذاتى لملف (L)

مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة بين طرفى الملف عندما تتغير شدة التيار فيه بمعدل 1 أمبير كل ثانية.

الهنرى

معامل الحث الذاتى لملف إذا تغيرت شدة التيار فيه بمعدل 1 أمبير كل ثانية فيتولد بين طرفيه بالحث emf مستحثة مقدارها 1 فولت.

* يمكن استنتاج معامل الحث الذاتى لملف لولبى كالتالى :

$$\because emf = -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \quad , \quad emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore L \Delta I = N \Delta \phi_m$$

$$\because \Delta \phi_m = A \Delta B = A \frac{\mu N \Delta I}{\ell} \qquad \therefore L \Delta I = \mu \frac{N^2 A \Delta I}{\ell} \qquad \mathbf{L = \frac{\mu A N^2}{\ell}}$$

حيث : (μ) معامل النفاذية المغناطيسية لقلب الملف، (A) مساحة وجه الملف،

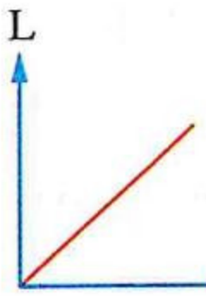
(N) عدد لفات الملف، (ℓ) طول الملف.

العوامل التى يتوقف عليها معامل الحث الذاتى لملف

$$L = \mu \frac{AN^2}{\ell}$$

١ عدد لفات الملف :

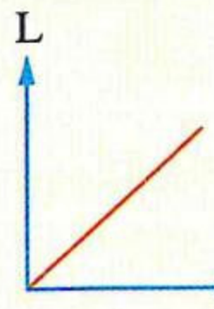
يتناسب معامل الحث الذاتى لملف تناسبًا **طرديًا** مع مربع عدد لفات الملف.



$$slope = \frac{\Delta L}{\Delta N^2} = \frac{\mu A}{\ell}$$

٢ مساحة وجه الملف :

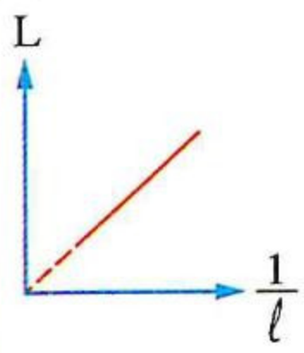
يتناسب معامل الحث الذاتى لملف تناسبًا **طرديًا** مع مساحة وجه الملف.



$$slope = \frac{\Delta L}{\Delta A} = \frac{\mu N^2}{\ell}$$

٣ طول الملف :

يتناسب معامل الحث الذاتى لملف تناسبًا **عكسيًا** مع طول الملف.

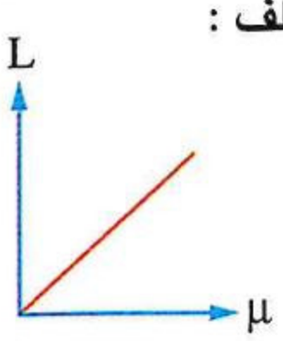


$$slope = \frac{\Delta L}{\Delta(\frac{1}{\ell})} = \mu A N^2$$

٤ معامل النفاذية المغناطيسية لقلب الملف :

يتناسب معامل الحث الذاتى لملف تناسبًا **طرديًا** مع معامل النفاذية المغناطيسية لقلب الملف.

(ثابت للوسط الواحد)



$$slope = \frac{\Delta L}{\Delta \mu} = \frac{AN^2}{\ell}$$

ملاحظات

*** فى تجربة الحث الذاتى السابقة تكون القوة الدافعة الكهربية المستحثة الطردية فى الملف أكبر دائمًا من القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية المتولدة فيه،**

لأن معدل انهيار التيار الأصلى أكبر من معدل نمو التيار فى هذه الحالة.

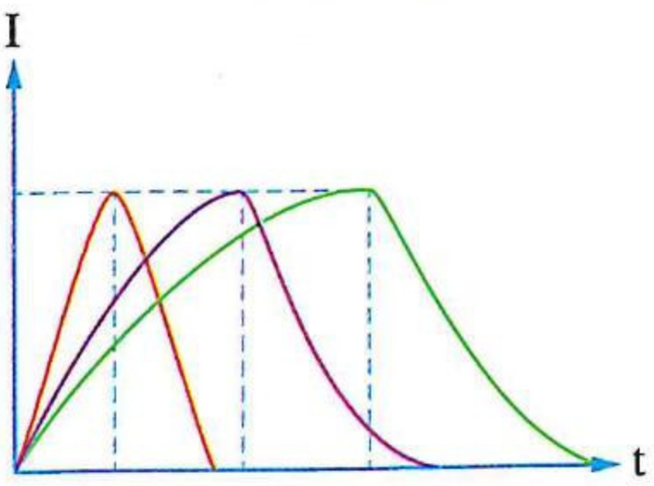
*** لا تصل شدة التيار إلى القيمة العظمى فى الملف لحظة غلق الدائرة كما لا ينعدم التيار لحظة فتح الدائرة،**

لتولد emf مستحثة عكسية لحظة الغلق تؤخر وصول التيار للقيمة العظمى، وتولد emf مستحثة طردية لحظة فتح الدائرة تؤخر وصول التيار للصفر.

*** أثر الحث الذاتى فى نمو واضمحلال التيار :**

– نمو التيار فى سلك مستقيم أسرع من نموه فى ملف أجوف أسرع من نموه فى ملف به قلب حديدى لحظة غلق الدائرة، لأن :

- السلك المستقيم لا يتولد بين طرفيه emf مستحثة لحظة نمو التيار حيث إن المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى السلك لا يقطع السلك نفسه.
- فى حالة الملف الأجوف فإن نمو الفيض القاطع له يولد emf مستحثة عكسية تعمل على إطالة زمن نمو التيار فيه.
- فى حالة الملف ذو القلب الحديدى فإن القوة الدافعة الكهربية العكسية المتولدة به بالحث الذاتى تكون أكبر لزيادة معامل الحث الذاتى له حيث ($L \propto \mu$) مما يعمل على زيادة زمن نمو التيار فيه.

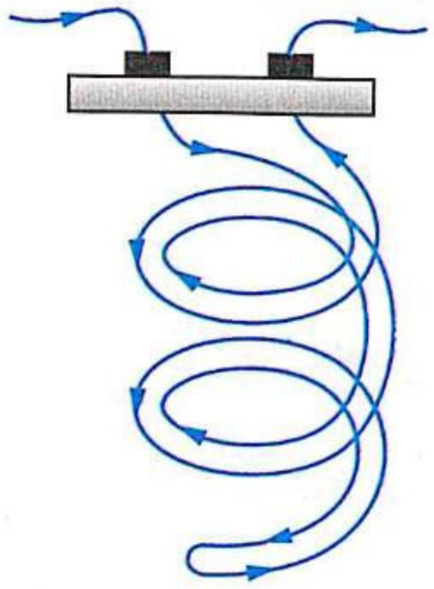


نمو واضمحلال التيار فى :
– سلك مستقيم.
– ملف لولبى أجوف.
– ملف لولبى به قلب حديدى.

https://t.me/E5_G5

- **اضمحلال التيار فى سلك مستقيم أسرع من اضمحلاله فى ملف أجوف أسرع من اضمحلاله فى ملف به قلب حديدى عند فتح الدائرة،**

لأن عند انهيار التيار لا يتولد بين طرفى السلك emf مستحثة لأن السلك لا يقطع المجال المغناطيسى الناشئ عنه، أما فى حالة الملف الأجوف لحظة فتح الدائرة تتولد emf مستحثة طردية تقاوم انهيار التيار وتتوقف على التغير فى الفيض الذى يقطعه الملف فى وحدة الزمن وتزداد أكثر عندما يكون للملف قلب من الحديد لأن الحديد يعمل على زيادة معامل الحث الذاتى للملف.



* **تُلف أسلاك المقاومات القياسية لفًا مزدوجًا،**

لتلافى تأثير الحث الذاتى فى الأسلاك حيث يلغى المجال الناتج عن مرور التيار فى اتجاه معين فى أى لفة المجال الناتج عن مرور التيار فى الاتجاه المضاد فى اللفة المجاورة لها.

مثال ١

اختر: ملف حث عندما تتغير شدة التيار المار فيه بمعدل 40 A/s تتولد فيه قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها 10 V، فإن معامل الحث الذاتى للملف يساوى .....

(أ) 0.15 H (ب) 0.25 H (جـ) 0.52 H (د) 0.75 H

الحل

$\text{emf} = 10\ \text{V}$ | $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 40\ \text{A/s}$ | $L = ?$

$$L = \frac{\text{emf}}{\Delta I/\Delta t} = \frac{10}{40} = 0.25\ \text{H}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثال ٢

اختر: ملف لولبى طوله 31.4 cm وعدد لفاته 1000 لفة ومساحة كل لفة من لفاته $20\ \text{cm}^2$، فإن معامل الحث الذاتى له يساوى ..... (علمًا بأن : معامل النفاذية المغناطيسية للهواء $= 4\pi \times 10^{-7}\ \text{T.m/A}$، $\pi = 3.14$)

(أ) 2×10^{-3} H (ب) 4×10^{-3} H (جـ) 8×10^{-3} H (د) 16×10^{-3} H

الحل

$\ell = 31.4 \times 10^{-2}\ \text{m}$ | $N = 1000$ | $A = 20 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$ | $\mu = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{T.m/A}$ | $L = ?$

$$L = \frac{\mu A N^2}{\ell} = \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 20 \times 10^{-4} \times (1000)^2}{31.4 \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-3}\ \text{H}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

مثـال ❸

ملـف حـث معامـل حثـه الذاتـى 0.02 H ومقاومتـه 12 Ω يتصـل بطرفـى بطارية قوتهـا الدافعـة الكهربية 6 V ومقاومتها الداخلية مهملة، **احسب :**

(أ) معدل نمو التيار فى الملف لحظة غلق الدائرة.

(ب) معدل نمو التيار فى الملف لحظة وصول التيار إلى 75% من قيمته العظمى.

(جـ) شدة التيار المار فى دائرة الملف عندما يكون معدل نمو التيار 120 A/s

الحـــل

$L = 0.02\ H$ | $R = 12\ \Omega$ | $V_B = 6\ V$ | $\frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$ | $I = ?$

(أ) لحظة غلق الدائرة يكون معدل نمو التيار قيمة عظمى حيث يكون مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية المتولدة فى الدائرة قيمة عظمى ويساوى مقدار القوة الدافعة الكهربية للبطارية.

$$(emf)_{مستحثة} = V_B = 6\ V \quad , \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(emf)_{مستحثة}}{L} = \frac{6}{0.02} = 300\ A/s$$

(ب) يتعين التيار المار فى الدائرة من العلاقة :

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_B - (emf)_{مستحثة}}{R}$$

وبالتالى عندما يصل التيار إلى 0.75 من قيمته العظمى تكون V قيمتها 0.75 من قيمتها العظمى :

$$V = 0.75\ V_B = V_B - (emf)_{مستحثة} \quad , \quad (emf)_{مستحثة} = V_B - 0.75\ V_B = 0.25\ V_B$$

$$(emf)_{مستحثة} = \frac{25}{100} V_B = \frac{25}{100} \times 6 = 1.5\ V \quad , \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(emf)_{مستحثة}}{L} = \frac{1.5}{0.02} = 75\ A/s$$

(جـ)

$$(emf)_{مستحثة} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0.02 \times 120 = 2.4\ V$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_B - (emf)_{مستحثة}}{R} = \frac{6 - 2.4}{12} = 0.3\ A$$

إرشـاد :

* عند تغيير شدة التيار المار فى ملف بمقدار (ΔI) خلال فترة زمنية (Δt) يتغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملـف بمقـدار ($\Delta\phi_m$) خلال نفـس الفترة الزمنية (Δt) ويمكن تعيين معامل الحـث الذاتى لهذا الملف فى حالة عدم تحديد زمن التغير كالتالى :

$$\because\ emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

$$\therefore\ L\Delta I = N\Delta\phi_m$$

https://t.me/E5G5

https://t.me/E5_GE

مثـال

ملفان متجاوران A ، B عدد لفاتهما 100 لفة، 200 لفة على الترتيب فـإذا تم غلـق دائرة الملف A ليمر تيار شدته 2 A فيها فنتج عنه فيض فى نفس الملف 3×10^{-4} Wb وفى الملف B فيض 1.5×10^{-5} Wb، **أوجد :**

(أ) معامل الحث الذاتى للملف A **(ب)** معامل الحث المتبادل بين الملفين.

(جـ) متوسط emf المستحثة فى الملف B عندما ينعدم التيار فى الملف A خلال 0.1 s

الحـــل

الملف A	الملف B
$N_A = 100$ ، $\Delta I_A = 2$ A	$N_B = 200$ ، $(\Delta\phi_m)_B = 1.5 \times 10^{-5}$ Wb
$(\Delta\phi_m)_A = 3 \times 10^{-4}$ Wb	$(emf)_B = ?$
$L_A = ?$	

$M = ?$

(أ) $L_A \Delta I_A = N_A (\Delta\phi_m)_A$ ، $L_A = N_A \dfrac{(\Delta\phi_m)_A}{\Delta I_A} = \dfrac{100 \times 3 \times 10^{-4}}{2} = 1.5 \times 10^{-2}$ H

(ب) $M \Delta I_A = N_B (\Delta\phi_m)_B$ ، $M = N_B \dfrac{(\Delta\phi_m)_B}{\Delta I_A} = \dfrac{200 \times 1.5 \times 10^{-5}}{2} = 1.5 \times 10^{-3}$ H

(جـ) $(emf)_B = - M \dfrac{\Delta \grave{I}_A}{\Delta t} = \dfrac{- 1.5 \times 10^{-3} \times (0 - 2)}{0.1} = 0.03$ V

إرشـاد :

* للمقارنة بين معاملى الحث الذاتى لملفين لولبيين عند ثبوت معامل النفاذية : $\dfrac{L_1}{L_2} = \dfrac{A_1 N_1^2 \ell_2}{A_2 N_2^2 \ell_1} = \dfrac{r_1^2 N_1^2 \ell_2}{r_2^2 N_2^2 \ell_1}$

مثـال

اختر : ملفا حث (1) ، (2) لولبيان طولهما 125 cm ، 100 cm وعدد لفاتهما 5 لفات و 8 لفات ونصفا قطر وجهيهما 4 cm ، 2 cm على الترتيب، فإن النسبة بين معاملى الحث الذاتى لهما $\left(\dfrac{L_1}{L_2}\right)$ تساوى .....

(أ) $\dfrac{4}{5}$ (ب) $\dfrac{5}{4}$ (جـ) $\dfrac{64}{125}$ (د) $\dfrac{125}{64}$

الحـــل

$\ell_1 = 125$ cm ، $\ell_2 = 100$ cm ، $N_1 = 5$ ، $N_2 = 8$ ، $r_1 = 4$ cm ، $r_2 = 2$ cm ، $\dfrac{L_1}{L_2} = ?$

$\dfrac{L_1}{L_2} = \dfrac{r_1^2 N_1^2 \ell_2}{r_2^2 N_2^2 \ell_1} = \dfrac{(4)^2 \times (5)^2 \times 100}{(2)^2 \times (8)^2 \times 125} = \dfrac{5}{4}$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

32 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) ملف معامل حثه الذاتى 0.2 H عندما كان قلبه هوائى، فإذا وضع به قلب من الحديد فإن معامل حثه الذاتى .....

(أ) يساوى 0.2 H (ب) يزيد عن 0.2 H (جـ) يقل عن 0.2 H (د) يصبح صفر

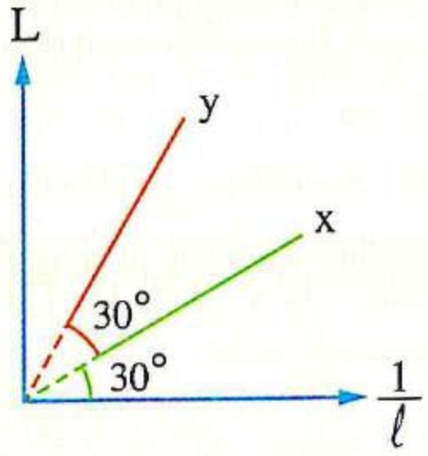
---

(٢) ملفان متجاوران A، B عدد لفاتهما 200 لفة، 800 لفة على الترتيب، إذا تغير التيار المار فى الملف A بمقدار 10 A تغير الفيض المغناطيسى خلال الملف A بمقدار 10^{-3} Wb وخلال الملف B بمقدار 10^{-4} Wb فإن .....

	معامل الحث الذاتى للملف A	معامل الحث المتبادل بين الملفين
(أ)	0.02 H	8×10^{-3} H
(ب)	0.02 H	6×10^{-3} H
(جـ)	0.04 H	8×10^{-3} H
(د)	0.04 H	6×10^{-3} H

---

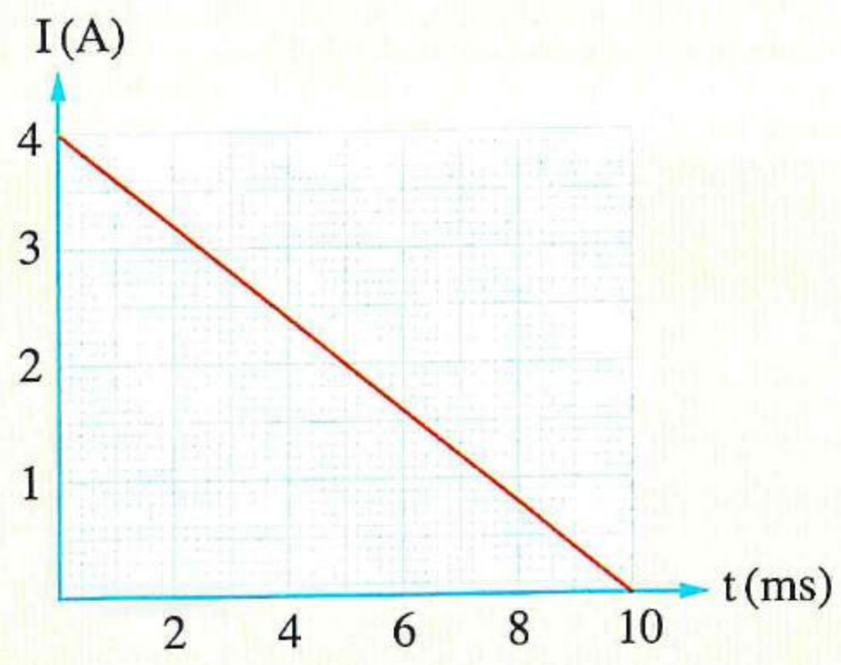
(٣) مجموعتان من الملفات اللولبية x ، y لها نفس عدد اللفات وملفوفة حول قلب من الحديد ومساحة كل ملف بهما A_x ، A_y على الترتيب، والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين معامل الحث الذاتى (L) لكل ملف ومقلوب الطول $\left(\frac{1}{\ell}\right)$ له، فإن النسبة $\left(\frac{A_x}{A_y}\right)$ تساوى .....



(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{3}{1}$ (جـ) $\frac{1}{3}$ (د) $\frac{1}{2}$

---

٢ الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين شدة التيار(I) المار فى ملف لولبى والزمن (t)، فإذا علمت أن معامل الحث الذاتى للملف 60 mH **احسب** القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف.



.....

.....

.....

.....

https://t.me/E5_G5

* يمكن تلخيص ظاهرة الحث الكهرومغناطيسى كما يلى :

(أ) إحداث تغير فى الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف أو الموصل، عن طريق :

١ غلق أو فتح دائرة ملف متصل بمصدر تيار كهربى مستمر فيتسبب ذلك فى تغيير شدة التيار المار بالملف

٢ تغيير شدة التيار المستمر المار فى ملف بواسطة الريوستات

٣ توصيل ملف بمصدر تيار كهربى متغير

٤ الحركة النسبية بين موصل ومصدر فيض ثابت مثل مغناطيس أو تيار مستمر

مما يؤدى إلى

تغير فى الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف أو الموصل
وتولد قوة دافعة كهربية مستحثة بين طرفى الملف أو الموصل

(ب) الحصول على تيار مستحث :

إذا كان الموصل متصل بدائرة كهربية مغلقة يؤدى تولد قوة دافعة كهربية مستحثة إلى مرور تيار مستحث فى **الموصل**،

إذا كان الموصل

- **ملف** ← يتعين اتجاهه باستخدام ← **قاعدة لنز**
- **سلك مستقيم** ← يتعين اتجاهه باستخدام ← **قاعدة اليد اليمنى لفلمنج**



كتاب الامتحان
فكر جديد
و تميـــز
فى مجال التعليم

الفصل 3

الدرس الثالث

المولد الكهربى

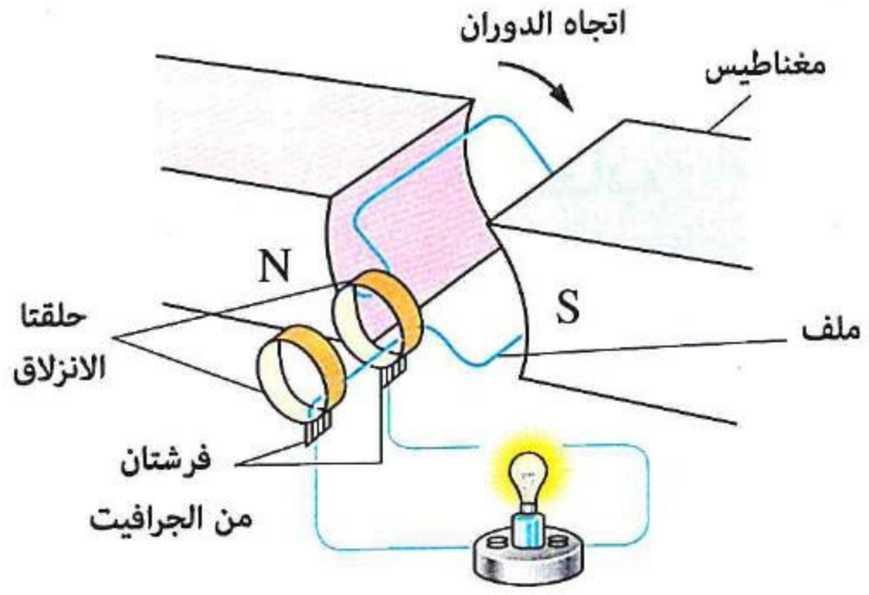


مولد التيار الكهربى المتردد (الدينامو) AC Generator

الاستخدام

تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربية.

التركيب



١ مغناطيس ثابت (دائم أو كهربى).

٢ ملف يتكون من لفة واحدة أو عدة لفات موضوع بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال المغناطيسى.

٣ حلقتا انزلاق معدنيتان تتصل كل منهما بإحدى نهايتى الملف وتدوران مع دوران الملف.

٤ فرشتان من الجرافيت (قطبا الدينامو) تلامس كل منهما إحدى الحلقتين المنزلقتين ليمر التيار الكهربى المستحث فى الملف من خلالهما للدائرة الخارجية.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

الحث الكهرومغناطيسى.

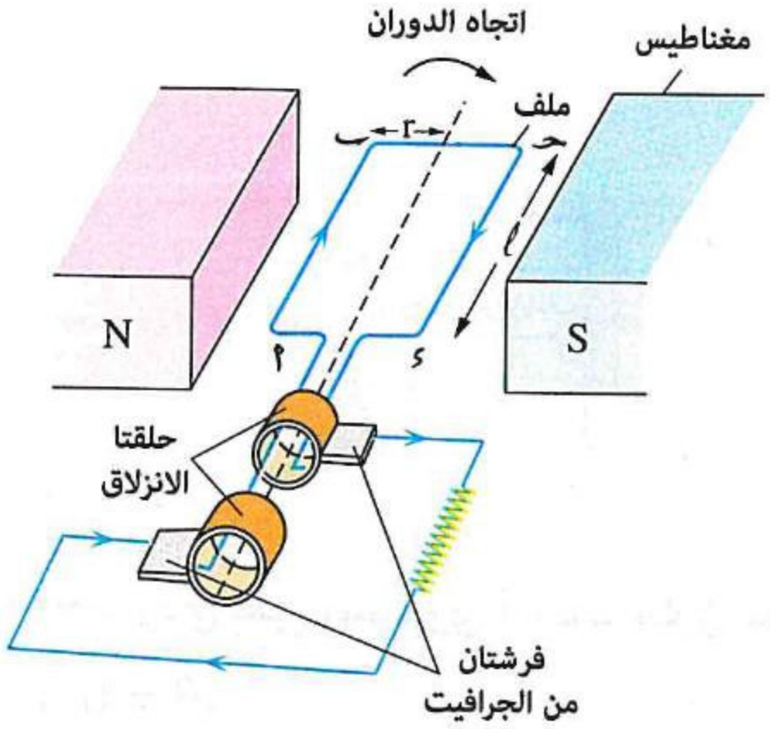
https://t.me/E5_G5

شرح فكرة العمل

عند دوران ملف بين قطبى المغناطيس يتغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف مع الزمن فتتولد بين طرفى الملف قوة دافعة كهربية مستحثة ويمر به تيار كهربى مستحث.

حساب القوة الدافعة الكهربية اللحظية المستحثة فى ملف الدينامو

* عند دوران الملف بسرعة زاوية ω يدور الضلعان أ ب ، ح ء المماثلان لطولى الملف بسرعة خطية v فى فيض مغناطيسى منتظم كثافته B، فإذا كانت الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية وخطوط الفيض هى θ، فإن emf المستحثة فى تلك اللحظة فى كل من الضلعين هى : $emf = B\ell v \sin\theta$



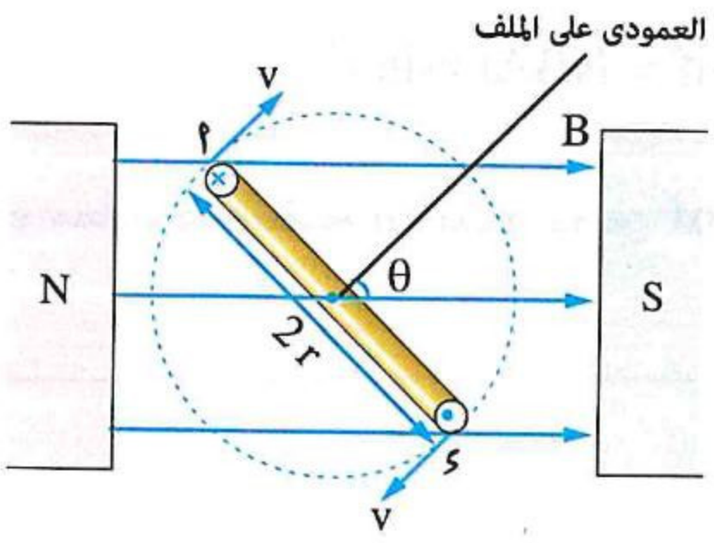
حيث : (ℓ) طول الضلع أ ب أو حـ ء

بينما الضلعان ب حـ ، أ ء لا تتولد عنهما emf مستحثة وبالتالى تصبح emf اللحظية المستحثة فى اللفة الواحدة :

$$emf = 2\,B\ell v \sin\theta$$

$\because\ v = \omega r$

حيث : (ω) السرعة الزاوية وتساوى ($2\pi f$) وتقاس بوحدة (rad/s)، (f) تردد دوران الملف، (r) نصف قطر الدائرة التى يدور فيها الملف حول محوره (نصف طول الضلع أ ء أو ب حـ).



$\therefore\ emf = 2\,B\ell\omega r \sin\theta$

$\because$ A (مساحة وجه الملف) $= \ell \times 2r$

$\therefore\ emf = BA\omega \sin\theta$

وعندما يكون عدد لفات الملف N تكون emf اللحظية :

$$\mathbf{emf = NBA\omega \sin\theta}$$

حيث (θ) هى :

١ الزاوية المحصورة بين اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى والعمودى على مستوى الملف.

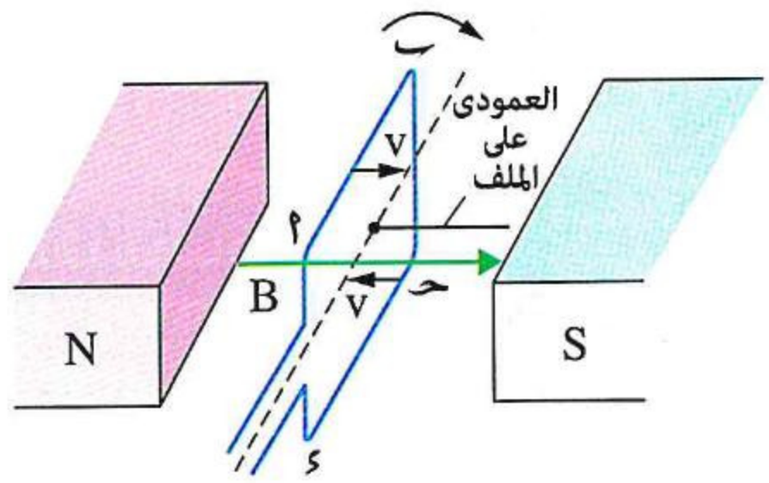
٢ الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة الخطية للضلعين الطوليين للملف واتجاه خطوط الفيض المغناطيسى.

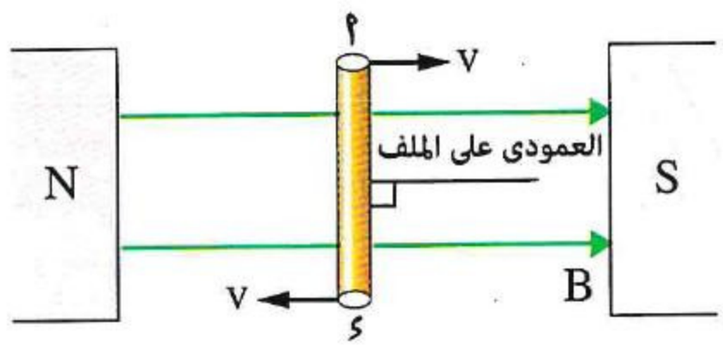
٣ زاوية دوران الملف مبتدءًا من الوضع العمودى على المجال المغناطيسى.

https://t.me/E5_G5

فإذا كان مستوى الملف

عمودى على خطوط الفيض

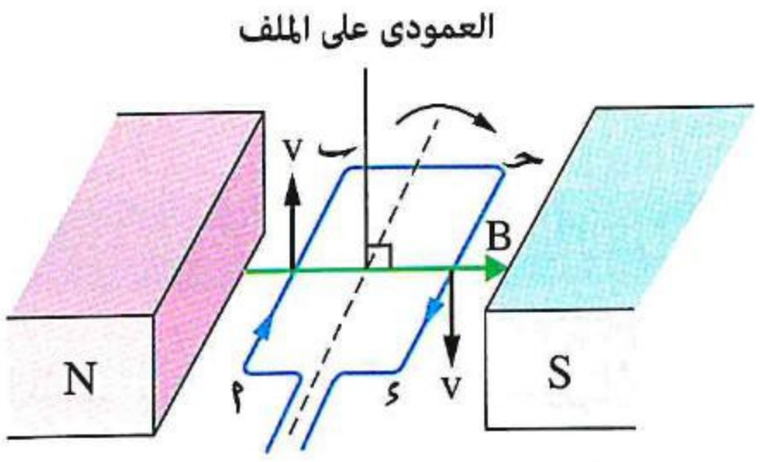


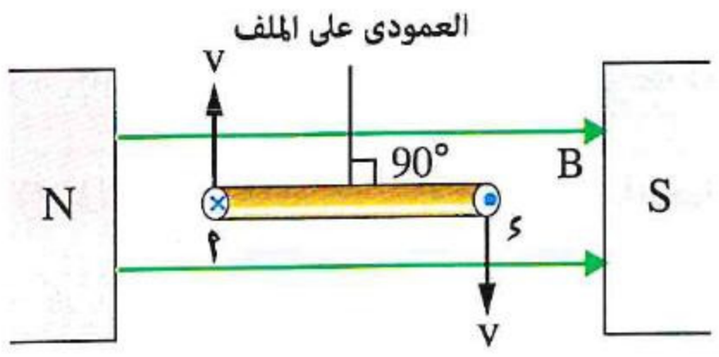


العمـودى على مسـتوى الملـف يكون موازيًـا للمجال ($\theta = 0°$) :

$$emf = NBA\omega \sin 0 = 0$$

موازى لخطوط الفيض





العـمودى على مستوى الملف يكون عموديًا على المجال ($\theta = 90°$) :

$$emf = NBA\omega \sin 90 = NBA\omega$$

فإن

تنعدم القوة الدافعة الكهربية المستحثة

أى

تصبح القـوة الدافـعة الكهربية المستحثة **قيمة عظمى**

إذا دار الملف بزاوية θ من الوضع

العمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى

فإن

$$emf = NBA\omega \sin \theta$$

الموازى لاتجاه الفيض المغناطيسى

$$emf = NBA\omega \sin (90 + \theta)$$

* مما سبق يتضح أنه يمكن تعيين emf المستحثة اللحظية بدلالة $(emf)_{max}$ كالتالى :

$$emf = (emf)_{max} \sin \theta = NBA\omega \sin \theta = NBA\omega \sin \omega t$$

$$= NBA \times 2\ \pi\ f \sin 2\ \pi\ ft$$

$$\frac{22}{7} \qquad 180°$$

$$\therefore \quad emf = (emf)_{max} \sin 2\pi ft$$

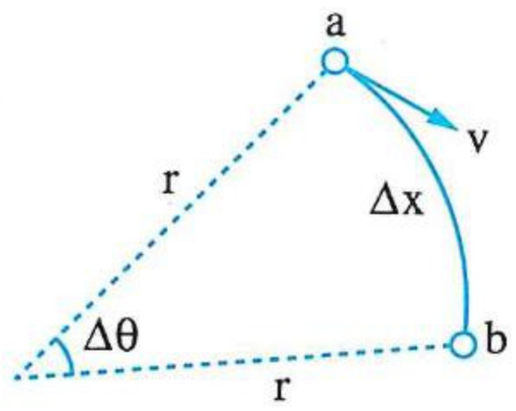
ملاحظـة

* **يمكـن تعيـين القوة الدافعة الكهربية المستحـثة اللحظـية بدلالة السـرعة الخـطية لحـركة الضلعين الطوليين لملف الدينامو من العلاقة :**

$$emf = \underbrace{2\ NB\ell v}_{(emf)_{max}} \sin \theta$$

حيث (ℓ) طول أحد الضلعين الطوليين لملف الدينامو (الضلع الموازى لمحور دوران الملف)، (v) السرعة الخطية لملف الدينامو.

العلاقة بين السرعة الزاوية (ω) والسرعة الخطية (v)



* إذا تحرك جسم فى مسار دائرى من a إلى b كما بالشكل المقابل، يمكن التعبير عن حركته :

(١) بالسرعة الخطية : $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ وتقاس بـ m/s

(٢) بالسرعة الزاوية : $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ وتقاس بـ rad/s

* إذا تحرك الجسم دورة كاملة فى فترة زمنية T، فإن :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (2)$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi r}{v} \qquad (1)$$

من المعادلتين (1) ، (2) :

$$\therefore \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\therefore \boxed{v = \omega r}$$

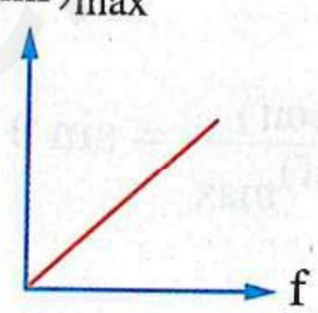
لاحظ أن من المعادلة (2) :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

العوامل التى يتوقف عليها مقدار emf العظمى المستحثة فى ملف دينامو التيار المتردد

١ التردد أو السرعة الزاوية التى يتحرك بها الملف :

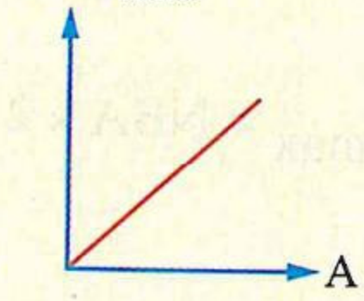
يتناسب مقدار emf العظمى المستحثة تناسبًا طرديًا مع التردد أو السرعة الزاوية التى يتحرك بها الملف.



$$slope = \frac{\Delta(emf)_{max}}{\Delta f} = NBA \times 2\pi$$

٢ مساحة وجه الملف :

يتناسب مقدار emf العظمى المستحثة تناسبًا طرديًا مع مساحة وجه الملف.

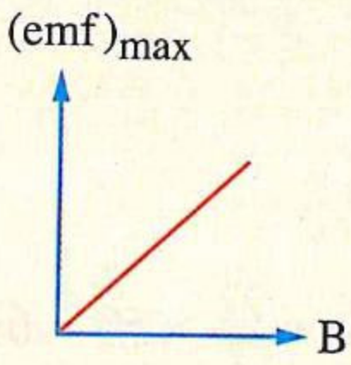


$$slope = \frac{\Delta(emf)_{max}}{\Delta A} = NB \times 2\pi f$$

$$(emf)_{max} = NBA \times 2\pi f$$

٣ كثافة الفيض المغناطيسى للمغناطيس المستخدم :

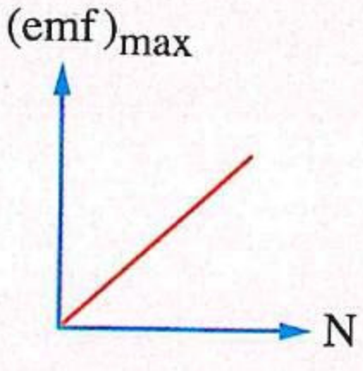
يتناسب مقدار emf العظمى المستحثة تناسبًا طرديًا مع كثافة الفيض المغناطيسى للمغناطيس المستخدم.



$$slope = \frac{\Delta(emf)_{max}}{\Delta B} = NA \times 2\pi f$$

٤ عدد لفات الملف :

يتناسب مقدار emf العظمى المستحثة تناسبًا طرديًا مع عدد لفات الملف.



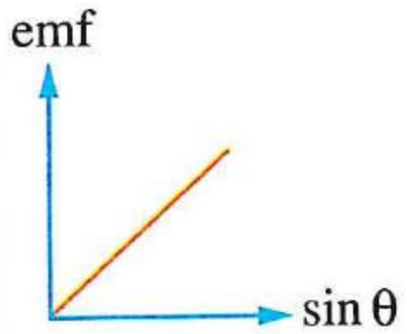
$$slope = \frac{\Delta(emf)_{max}}{\Delta N} = BA \times 2\pi f$$

العوامل التى يتوقف عليها مقدار emf اللحظية المستحثة فى ملف دينامو التيار المتردد

$$emf = (emf)_{max} \sin \theta$$

١ الزاوية بين العمودى على مستوى الملف والفيض المغناطيسى أو الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية واتجاه الفيض :

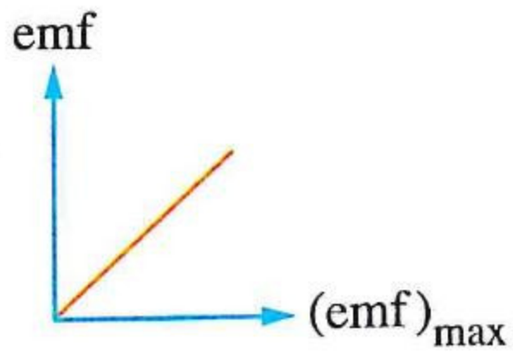
يتناسب مقدار emf اللحظية المستحثة تناسبًا **طرديًا** مع جيب الزاوية بين العمودى على مستوى الملف والفيض المغناطيسى أو جيب الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية اللحظية واتجاه الفيض.



$$slope = \frac{\Delta(emf)}{\Delta \sin \theta} = (emf)_{max} = NBA \times 2\pi f$$

٢ القوة الدافعة الكهربية العظمى المستحثة فى ملف الدينامو :

يتناسب مقدار emf اللحظية المستحثة فى وضع معين للملف تناسبًا **طرديًا** مع مقدار emf العظمى المستحثة.



$$slope = \frac{\Delta(emf)}{\Delta(emf)_{max}} = \sin \theta$$

مثال ١

ملف فى مولد كهربى بسيط للتيار المتردد عدد لفاته 100 لفة مساحة كل منها $0.21\ m^2$ يدور الملف بتردد 50 دورة فى الثانية فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه $10^{-3}\ Weber/m^2$، **احسب** القيمة العظمى للقوة الدافعة المستحثة، **ثم احسب** قيمة القوة الدافعة المستحثة عندما تكون الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية لضلعا الملف الطوليين واتجاه الفيض $30°$

الحل

$N = 100$ | $A = 0.21\ m^2$ | $f = 50\ Hz$ | $B = 10^{-3}\ Weber/m^2$ | $\theta = 30°$

$(emf)_{max} = ?$ | $emf = ?$

$$(emf)_{max} = NBA\omega = NBA \times 2\pi f$$

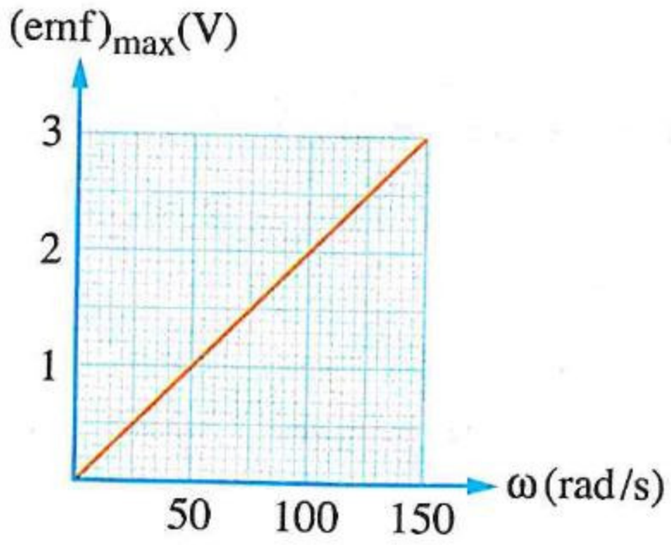
$$= 100 \times 10^{-3} \times 0.21 \times 2 \times \frac{22}{7} \times 50 = \mathbf{6.6\ V}$$

$$emf = (emf)_{max} \sin \theta = 6.6 \times \sin 30 = \mathbf{3.3\ V}$$

https://t.me/ES_G5

مثـال ٢

اختر : ملـف دينامو مسـاحته $20\ cm^2$ وعـدد لفاته 100 لفة، والشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية العظمى $(emf)_{max}$ المستحثة فى ملف الدينامو والسرعة الزاوية (ω) لدوران الملف، فإن كثافة الفيض المغناطيسى المؤثر على الملف تساوى .....



أ) 0.1 T　　ب) 0.3 T

جـ) 0.5 T　　د) 0.6 T

الحـــل

$A = 20\ cm^2$　　$N = 100$　　**B = ?**

$$slope = \frac{\Delta\,(emf)_{max}}{\Delta\,\omega} = \frac{3-0}{150-0} = 0.02\ T.m^2$$

$\because\ (emf)_{max} = NBA\omega$

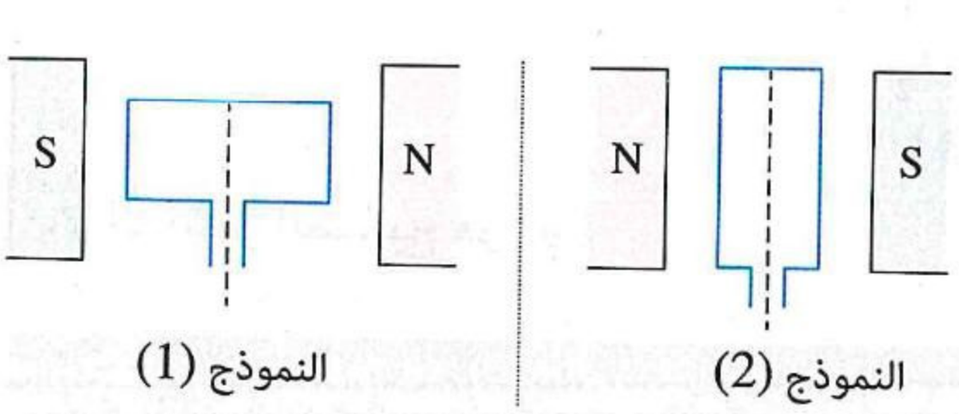
$$\therefore\ \mathbf{B} = \frac{(emf)_{max}}{NA\omega} = \frac{slope}{NA}$$

$$\therefore\ \mathbf{B} = \frac{0.02}{100 \times 20 \times 10^{-4}} = \mathbf{0.1\ T}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٣

اختر : الشـكلان المقابـلان يوضحان نموذجـان (1)، (2) لدينامو تيار متردد عدد لفات ملفيهما N ، 2 N على الترتيب وأبعـاد ملـف كل منهمـا ℓ ، 2ℓ وكل منهمـا يدور بسـرعة خطية (v) وكثافة الفيض المغناطيسـى المؤثر على كل ملف (B)، فإن النسبة بين القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملفين $\left(\frac{(emf)_{max_1}}{(emf)_{max_2}}\right)$ تساوى .....



النموذج (1)　　النموذج (2)

أ) $\frac{1}{4}$　　ب) $\frac{1}{2}$　　جـ) $\frac{1}{1}$　　د) $\frac{4}{1}$

الحـــل

$\because\ (emf)_{max} = NBA\omega$,　$\omega = \frac{v}{r}$

حيث : (r) نصف قطر الدائرة التى يدور فيها الملف حول محوره.

$\therefore\ r_1 = \frac{2\ell}{2} = \ell$,　$r_2 = \frac{\ell}{2}$

$$\therefore\ (emf)_{max} = NBA \times \frac{v}{r}$$

$\because$ قيمة كل من B ، A ، v ثابتة.

$$\therefore\ (emf)_{max} \propto \frac{N}{r}$$

$$\therefore\ \frac{(emf)_{max_1}}{(emf)_{max_2}} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{r_2}{r_1} = \frac{N}{2N} \times \frac{\frac{\ell}{2}}{\ell} = \frac{1}{4}$$

https://t.me/E5_G5

حل آخر:

$\because (emf)_{max} = 2\,NB\ell v$

حيث : (ℓ) طول أحد الضلعين الموازيين لمحور الدوران.

$\because$ قيمة كل من B ، v ثابتة

$$\therefore \frac{(emf)_{max_1}}{(emf)_{max_2}} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{N}{2N} \times \frac{\ell}{2\ell} = \frac{1}{4}$$

$\therefore$ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٤

اختر: إذا كان زمـن وصـول الجهد المتردد الناتج من الدينامو من الصفـر إلى نصف القيمة العظمى للمرة الأولى هو t، فإن زمن وصوله من الصفر إلى القيمة العظمى للمرة الأولى هو .....

(أ) t　(ب) 2 t　(جـ) 3 t　(د) 4 t

الحـــل

$\because emf = (emf)_{max} \sin\theta$

$\therefore \frac{1}{2}(emf)_{max} = (emf)_{max} \sin\theta$

$\therefore \sin\theta = \frac{1}{2}$,　$\theta = 30°$

$\because \theta = 2\pi ft$

$\because$ تردد الدينامو ثابت.

$\therefore \theta \propto t$,　$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{t_1}{t_2}$

$\therefore \frac{30}{90} = \frac{t}{t_2}$,　$t_2 = 3\,t$

$\therefore$ الاختيار الصحيح هو (جـ)

القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى المولد خلال دورة كاملة

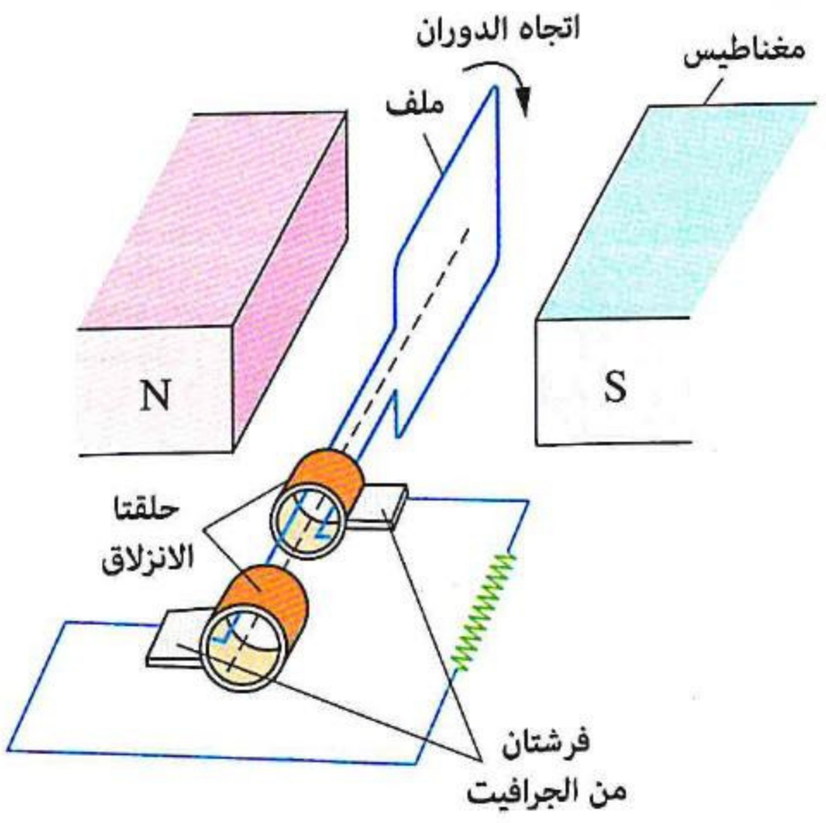
١ إذا اتصـل قطبـا الدينامو بطرفى مقاومة أوميـة، فإنه عندما يـدور الملـف بين قطبى المغناطيـس مبتدءًا مـن الوضع الذى يكـون فيه مسـتواه عمودى علـى خطوط الفيـض ($\theta = 0°$)، كما بالشكل المقابل :

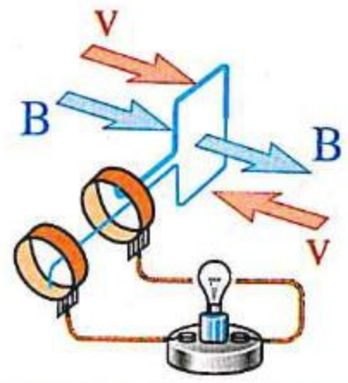
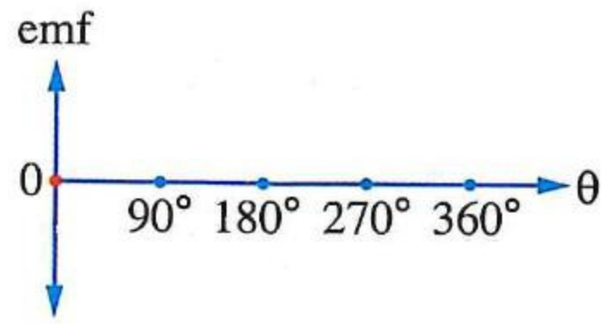
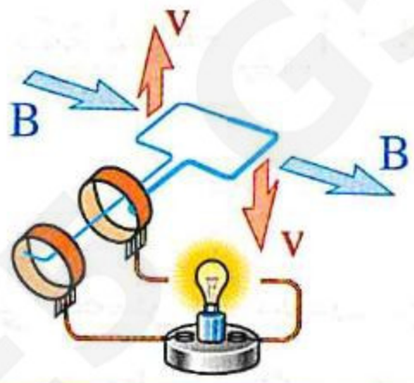
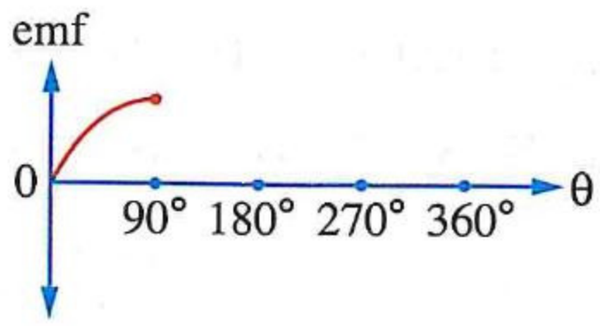
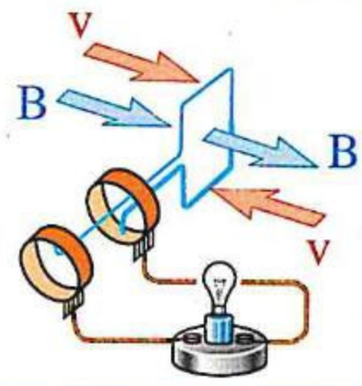
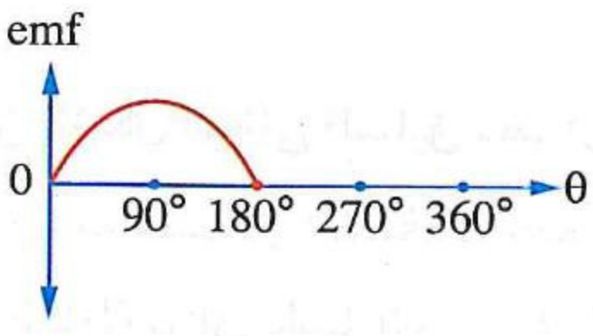
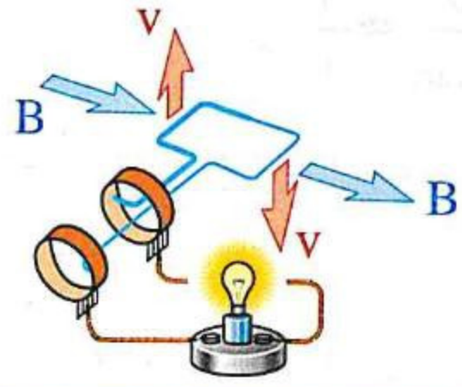
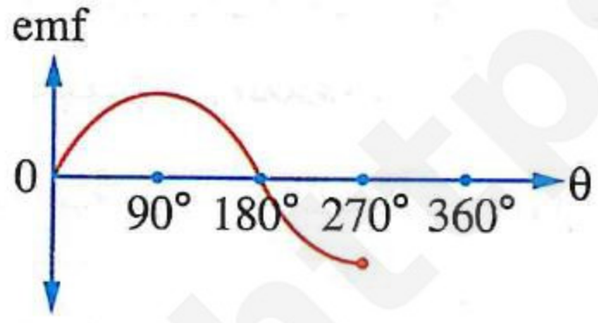
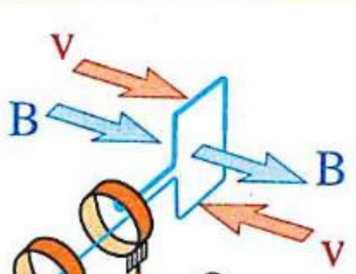
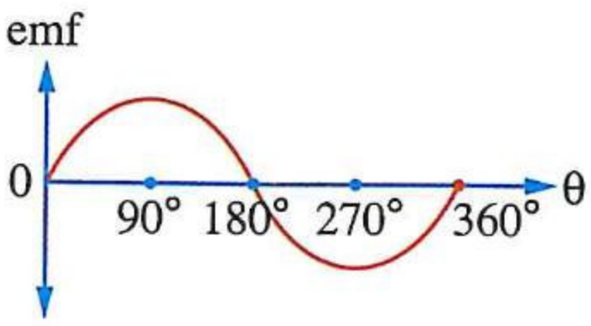
يكـون $emf = (emf)_{max} \sin 0 = 0$ وبالتـالى ينعـدم كل من emf المستحثة وشدة التيار المستحث.

٢ عندمـا يدور الملف تـزداد قيمـة emf تدريجيًا حتى يصبح مسـتوى الملـف موازيًا لخطوط الفيـض فتصبح emf قيمة عظمى وكذلك شدة التيار المستحث.

٣ باستمرار دوران الملف حتى يصبح مستواه عموديًا على خطوط الفيض مرة أخرى تقل قيمة emf تدريجيًا حتى تنعدم وكذلك شدة التيار المستحث.

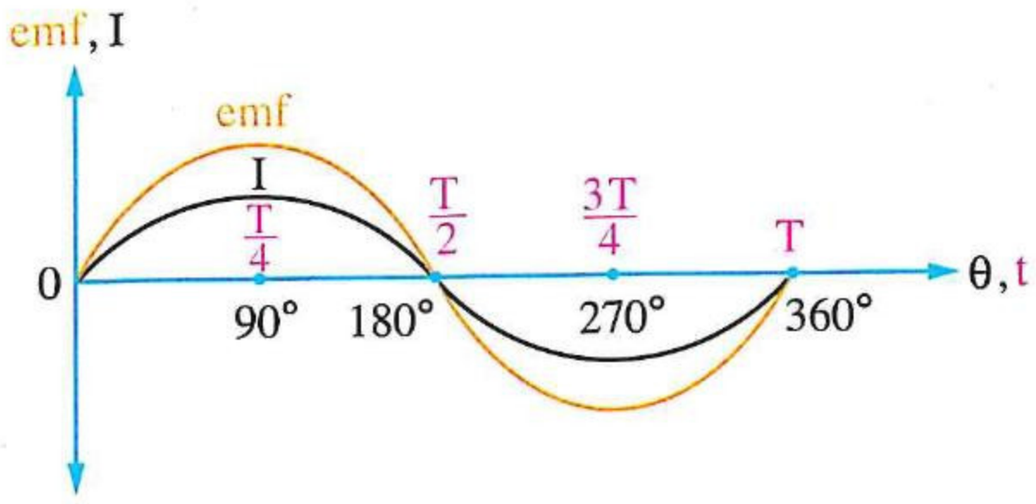
٤ عندمـا يـدور الملـف يتغيـر اتجـاه كل مـن emf المسـتحثة والتيـار المسـتحث ليصبـح عكـس الاتجـاه الأول وتتكـرر الخطـوة ٢ ثـم الخطـوة ٣ حتى يكمـل الملـف دورة كاملة خلال زمـن قدره T ويمكـن تمثيل ذلك بمنحنى جيبى كما يلى :



وضع الملف	emf (اللحظية)	التمثيل البيانى
$t = 0 , \theta = 0° , \sin\theta = 0$ 	صفر	
$t = \frac{T}{4} , \theta = 90° = \frac{\pi}{2} , \sin\theta = 1$ 	$emf = NBA\omega$ (قيمة عظمى)	
$t = \frac{T}{2} , \theta = 180° = \pi , \sin\theta = 0$ 	صفر	
$t = \frac{3T}{4} , \theta = 270° = \frac{3}{2}\pi , \sin\theta = -1$ 	$emf = -NBA\omega$ (قيمة عظمى فى الاتجاه المضاد)	
$t = T , \theta = 360° = 2\pi , \sin\theta = 0$ 	صفر	

مما سبق نستنتج أن :

- **القوة الدافعة المستحثة تتغير جيبيًا مع الزاوية θ (كما بالشكل)، حيث :**
  - تكون قيمة عظمى عند ($\theta = 90° , 270°$).
  - تنعدم عند ($\theta = 0° , 180° , 360°$).



- عنـد اتصال طرفـى ملف الدينامو بمقاومـة أومية تكون قيمـة التيار المسـتحث صفر عندما تكـون ($emf = 0$)، وتكون قيمة عظمى عندما تكون emf قيمة عظمى.
- التيار المسـتحث اللحظى يتناسـب طرديًا مع القوة الدافعة المسـتحثة عند نفس اللحظة طبقًا لقانون أوم، وبالتالى فإن التيار المستحث اللحظى يحسب من العلاقة :

$$I = I_{max} \sin \theta = I_{max} \sin 2\pi ft$$

- التيار المتولد يغير اتجاهه كل نصف دورة، ويعرف **بالتيار المتردد**.

التيار المتردد

التيار الذى تتغير شـدته دوريًا من الصفر إلى نهاية عظمى ثم يعود إلى الصفر فى نصف دورة ثم ينعكس اتجاهه وتزداد شدته إلى نهاية عظمى ثم يعود إلى الصفر فى نصف الدورة الثانى ويتكرر ذلك بنفس الكيفية كل دورة.

*** من الشكل البيانى السابق نجد أن التيار المتردد :**

- يصنع خـــلال الثانية الواحدة عدد من الذبذبات (الدورات) الكاملة يطلق عليها **التردد (f)** ، ويتعين من العلاقة :

$$f = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن الكلى}}$$

وحدة قياس التردد هى **هيرتز (Hz)** ويكافئ **ثانية$^{-1}$**

- يستغرق زمن لعمل ذبذبة كاملة يطلق عليه **الزمن الدورى (T)**، ويتعين من العلاقة :

$$T = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{1}{f}$$

*** من هنا يمكن تعريف كل من تردد التيار المتردد والزمن الدورى له كالتالى :**

التردد (f)

عـدد الذبذبات (الدورات) الكاملة التى يصنعها التيار المتردد فى الثانية الواحدة.

الزمن الدورى (T)

الزمن الذى يسـتغرقه التيـار المتردد فى عمل ذبذبة (دورة) كاملة.

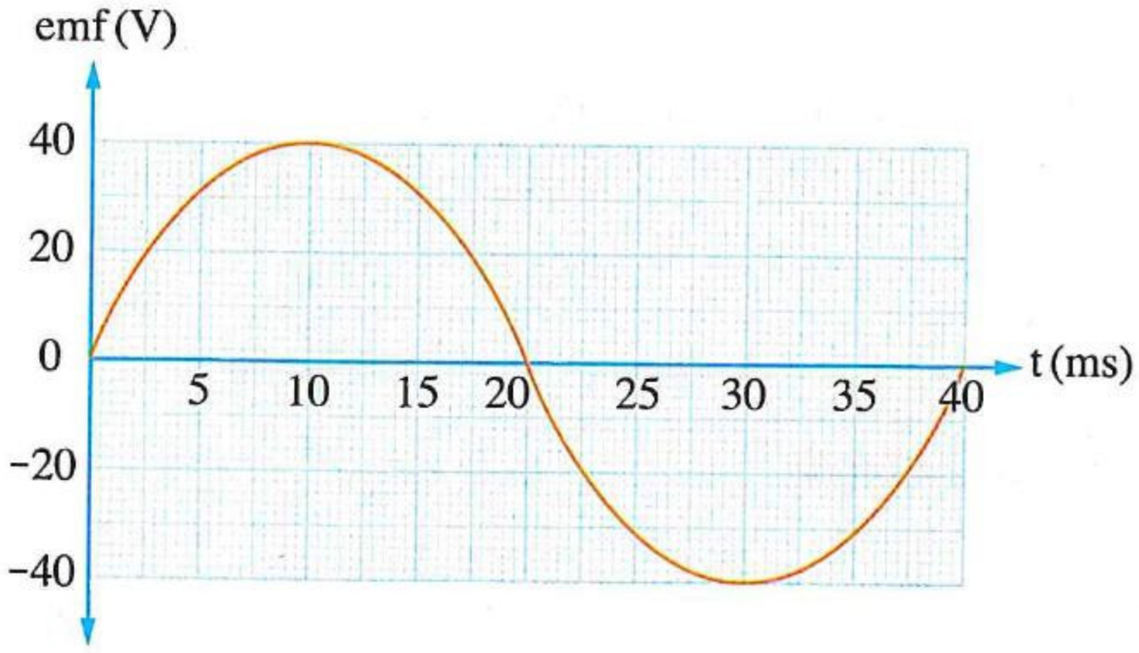
ملاحظات

*** يختلف تـردد التيـار المتولـد مـن محطـات القـوى الكهربيـة مـن بلـد لآخـر، فـتردد التيـار المسـتخدم فـى مصـر هو 50 Hz**

*** عندمـا يكمـل ملف الدينامو دورة كاملة حول محوره تتولد ذبذبة كاملة للتيار المتردد، لذا تردد التيار المتردد يسـاوى تردد دوران ملف الدينامو الذى أنتجه.**

https://t.me/E5_G5

مثـال ١



اختـر : ملـف دينامو تيـار متردد يتكون من 400 لفـة مسـاحة مقطـع كـل منهـا $0.02\ m^2$ ومقـاومته $10\ \Omega$، والشـكل البيانـى المقابل يمثل العلاقـة بـين emf اللحظيـة المسـتحثة فـى ملف الدينامو والزمن (t)، فإن :

(أ) كثافـة الفيض المغناطيسـى الذى يـدور فيه ملف الدينامو تساوى .....

أ) 0.01 T　　ب) 0.02 T

جـ) 0.03 T　　د) 0.04 T

(ب) القيمة اللحظية للتيار بعد 8 ms من وضع الصفر تساوى .....

أ) 1.4 A　　ب) 1.9 A　　جـ) 2.7 A　　د) 3.8 A

الحـــل

$A = 0.02\ m^2$	$N = 400$	$R = 10\ \Omega$	$t = 8\ ms$	**B = ?**	**I = ?**

(أ) من الشكل البيانى نجد أن :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} = 25\ Hz$$

$$(emf)_{max} = NBA \times 2\pi f$$

$$40 = 400 \times B \times 0.02 \times 2 \times \frac{22}{7} \times 25$$

$$B = 0.03\ T$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(ب)

$$I = I_{max} \sin 2\pi ft$$

$$= \frac{(emf)_{max}}{R} \sin 2\pi ft$$

$$I = \frac{40}{10} \sin (2 \times 180 \times 25 \times 8 \times 10^{-3}) = 3.8\ A$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

دينامو تيار متردد ملفه مسـتطيل الشـكل طوله 50 cm وعدد لفاته 400 لفة يدور بمعدل 360 دورة فى الدقيقة داخل مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 0.25 T، فإذا كان ضلعا الملف الطويلان يدوران حول محور موازى لطوله بسرعة خطية 4 m/s ، **احسب :**

(أ) القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة.

(ب) قيمة القوة الدافعة الكهربية اللحظية عند ميل اتجاه السرعة الخطية لضلعا الملف الطوليين بزاوية 45° على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى.

(جـ) قيمة القوة الدافعة الكهربية اللحظية بعد مرور $\frac{1}{720}$ ثانية من وضع الصفر.

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$\ell = 50$ cm | N = 400 | $f = \frac{360}{60}$ Hz | B = 0.25 T | v = 4 m/s | $\theta = 45°$

$t = \frac{1}{720}$ s | $(emf)_{max}$ = ? | emf = ?

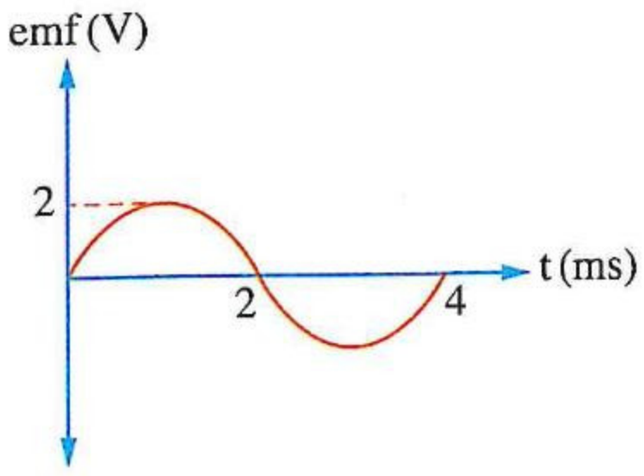
(أ) $(emf)_{max} = 2\,NB\ell v = 2 \times 400 \times 0.25 \times 50 \times 10^{-2} \times 4 =$ **400 V**

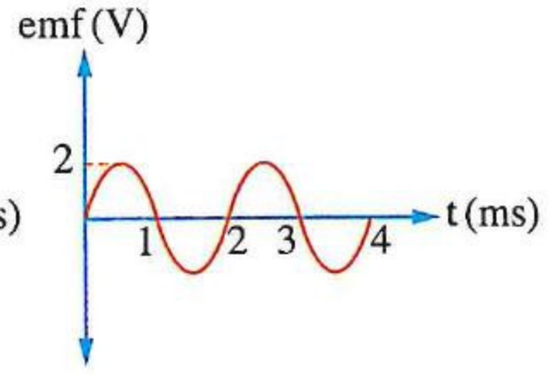
(ب) $emf = (emf)_{max} \sin\theta = 400 \sin 45 =$ **282.84 V**

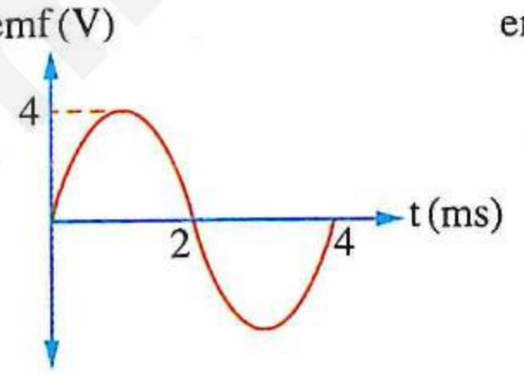
(جـ) $emf = (emf)_{max} \sin 2\pi ft = 400 \sin\left(2 \times 180 \times \frac{360}{60} \times \frac{1}{720}\right) =$ **20.93 V**

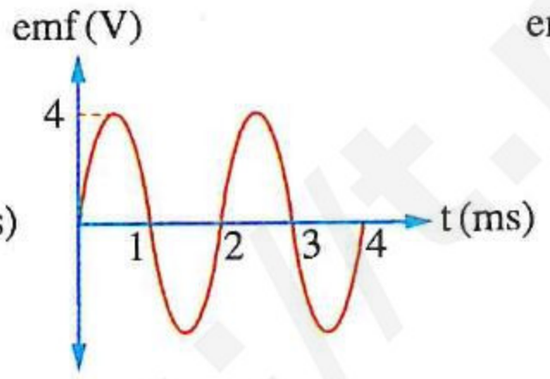
مثـال ٣

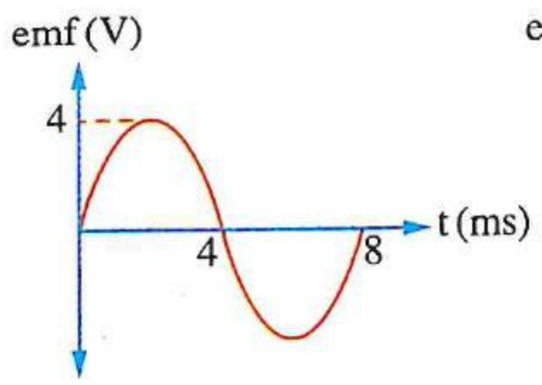
اختر : الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين emf اللحظية المستحثة فى ملف دينامو تردده الزاوى ω والزمن (t)، فإذا زاد التردد الزاوى للدينامو إلى $2\,\omega$، فإن الشكل البيانى المعبر عن نفس العلاقة هو .....



(أ)


(ب)


(جـ)


(د)


الحـــل

$\because (emf)_{max} = NBA\omega$, $\omega = 2\pi f$, $T = \frac{1}{f}$

$\therefore T \propto \frac{1}{\omega}$

∴ بزيادة التردد الزاوى للدينامو من ω إلى $2\,\omega$ تزداد $(emf)_{max}$ للضعف ويقل الزمن الدورى (T) للنصف.

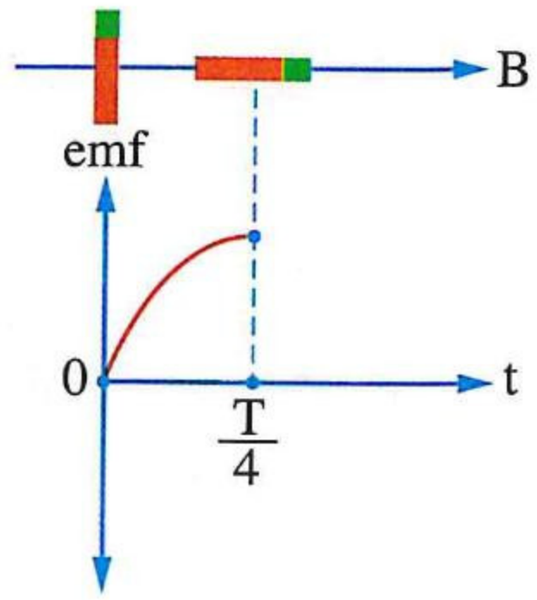
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

حساب القوة الدافعة الكهربية المتوسطة المستحثة فى ملف الدينامو

* بفـرض أن الفيـض المغناطيسى الذى يقطـع الملف فى الوضـع العمودى الابتدائى يسـاوى (+BA)، تتعين القوة الدافعة الكهربية المتوسطة المستحثة فى ملف الدينامو إذا أُدير الملف بزاوية :

$90°\ \left(\frac{1}{4}\text{ دورة} = \frac{\pi}{2}\right)$

من الوضع العمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى



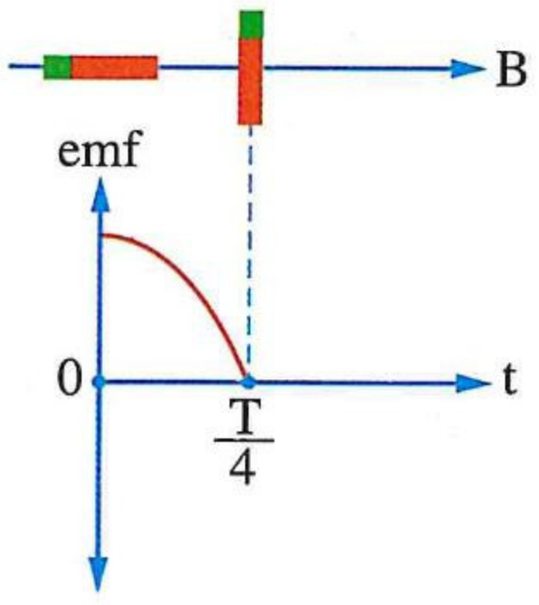
$$(\phi_m)_1 = BA \ , \ (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0 - BA = -BA$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{-BA}{\frac{1}{4f}}$$

$$= NBA \times 4f = \frac{2}{\pi}(emf)_{max}$$

من الوضع الموازى لاتجاه الفيض المغناطيسى



فإن

$$(\phi_m)_1 = 0 \ , \ (\phi_m)_2 = BA$$

$$\Delta\phi_m = BA - 0 = BA$$

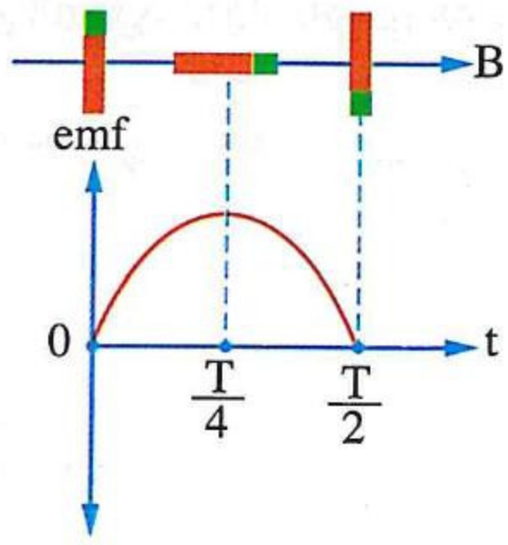
$$\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{BA}{\frac{1}{4f}}$$

$$= -NBA \times 4f = -\frac{2}{\pi}(emf)_{max}$$

$180°\ \left(\frac{1}{2}\text{ دورة} = \pi\right)$

من الوضع العمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى



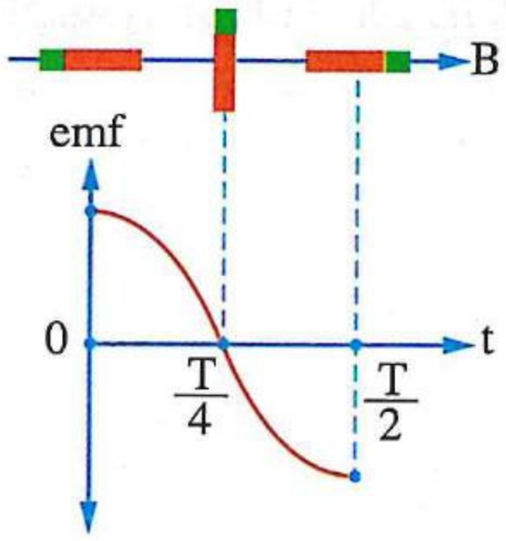
$$(\phi_m)_1 = BA \ , \ (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - BA = -2BA$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{-2BA}{\frac{1}{2f}}$$

$$= NBA \times 4f = \frac{2}{\pi}(emf)_{max}$$

من الوضع الموازى لاتجاه الفيض المغناطيسى



فإن

$$(\phi_m)_1 = 0 \ , \ (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0$$

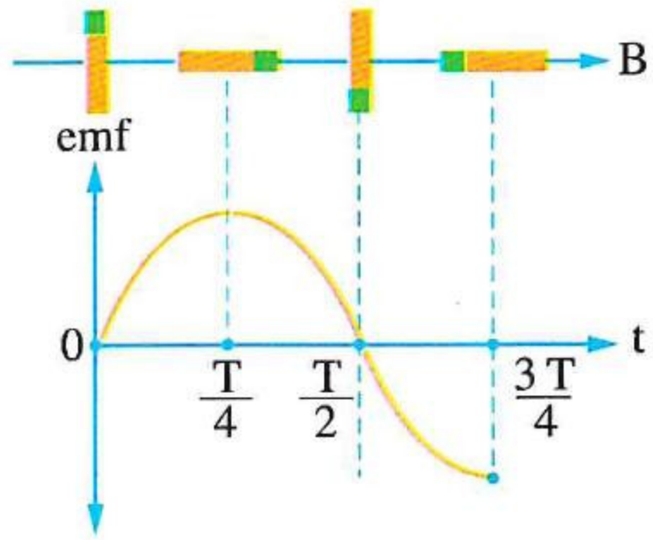
$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{0}{\frac{1}{2f}} = 0$$

https://t.me/E5_G5

$270°$ ($\frac{3}{4}$ دورة $= \frac{3\pi}{2}$)

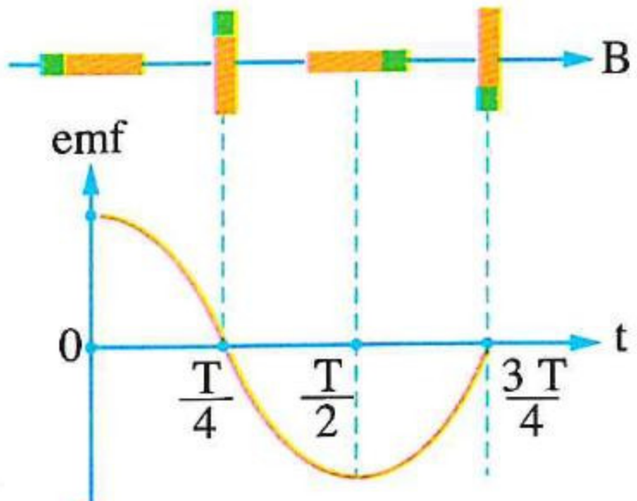
من الوضع العمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى



$$(\phi_m)_1 = BA \ , \ (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0 - BA = -BA$$

من الوضع الموازى لاتجاه الفيض المغناطيسى



فإن

$$(\phi_m)_1 = 0 \ , \ (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - 0 = -BA$$

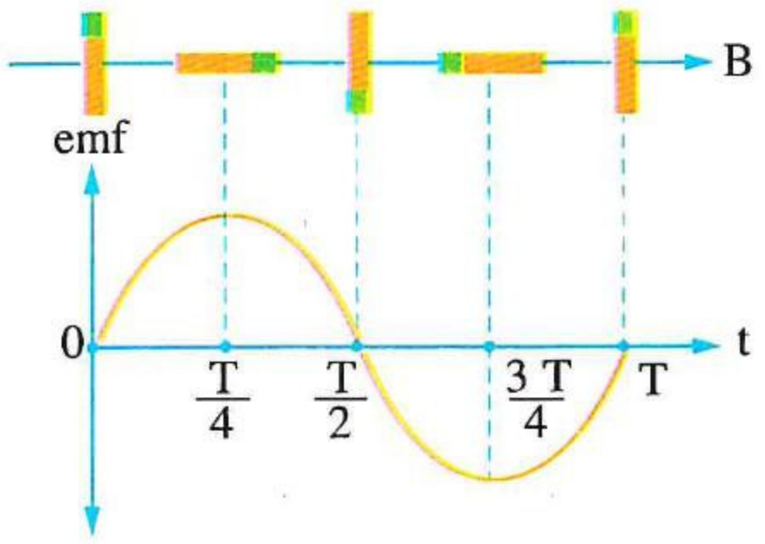
$$\Delta t = \frac{3T}{4} = \frac{3}{4f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{-BA}{\frac{3}{4f}} = NBA \times \frac{4}{3}f$$

$$= \frac{2}{3\pi}(emf)_{max}$$

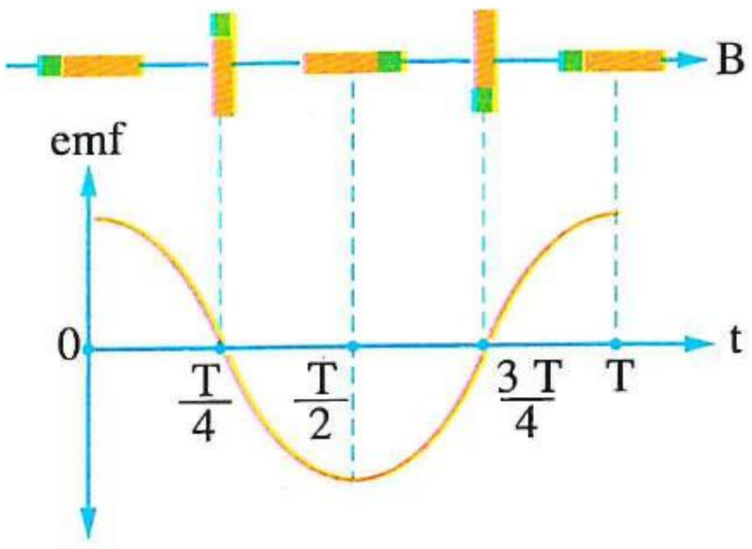
$360°$ (دورة كاملة $= 2\pi$)

من الوضع العمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى



$$(\phi_m)_1 = BA \ , \ (\phi_m)_2 = BA$$

من الوضع الموازى لاتجاه الفيض المغناطيسى



فإن

$$(\phi_m)_1 = 0 \ , \ (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0$$

$$\Delta t = T = \frac{1}{f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N\frac{0}{\frac{1}{f}} = 0$$

https://t.me/E5_G5

ملاحظات

* يمكن بشكل عام إيجاد القيمة المتوسطة للقوة الدافعة الكهربية المستحثة عند دوران ملف الدينامو من وضع ابتدائى (1) إلى وضع نهائى (2) من العلاقة :

$$(emf)_{متوسط} = - N \frac{BA (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t}$$

حيث (θ_1) ، (θ_2) الزاوية بين العمودى على مستوى الملف واتجاه المجال فى الوضعين (1) ، (2) على الترتيب.

* مبتدءًا من وضع الصفر يكون متوسط القوة الدافعة المستحثة خلال $\frac{1}{4}$ دورة = متوسط القوة الدافعة المستحثة خلال $\frac{1}{2}$ دورة، لأن

متوسط القوة الدافعة الكهربية خلال $\frac{1}{4}$ دورة يحسب من العلاقة :

$$emf = - N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = - N \frac{-BA}{\frac{T}{4}} = 4 NBAf \qquad (1)$$

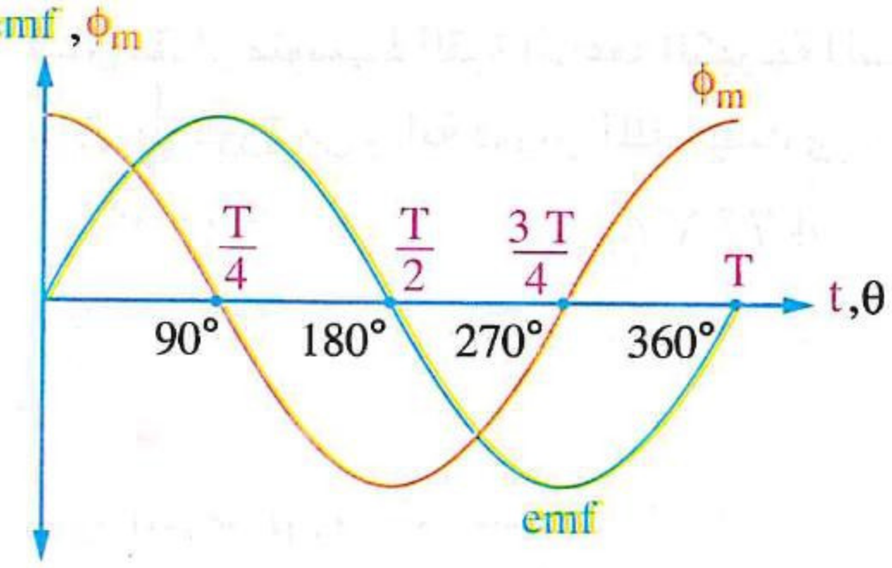
ومتوسط القوة الدافعة الكهربية خلال $\frac{1}{2}$ دورة من وضع الصفر يحسب من العلاقة :

$$emf = - N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = - N \frac{-2 BA}{\frac{T}{2}} = 4 NBAf \qquad (2)$$

من المعادلتين (1)، (2) نلاحظ أن تضاعف التغير فى الفيض المغناطيسى خلال $\frac{1}{2}$ دورة يقابله تضاعف للزمن الحادث فيه، فيظل معدل التغير فى الفيض المغناطيسى ثابت وبالتالى تظل القوة الدافعة المستحثة المتوسطة دون تغيير.

* القيمة المتوسطة للتيار المتردد خلال دورة كاملة للملف = صفر.

* تمثل العلاقة البيانية بين كل من القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف الدينامو (emf) أو الفيض المغناطيسى (ϕ_m) مع الزمن (t) أو الزاوية (θ) خلال دورة كاملة مبتدءًا من الوضع الذى يكون فيه الملف عمودى على المجال بمنحنى جيبى كما بالشكل المقابل.



مثـال ١

ملف مستطيل لدينامو تيار متردد طوله 30 cm وعرضه 20 cm وعدد لفاته 100 لفة يدور فى مجال مغناطيسى منتظم بحيث يكمل 1500 لفة فى الدقيقة، فإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسى 0.07 T، أوجد :

(أ) قيم القوة الدافعة اللحظية المستحثة فى الملف عندما يمر بالأوضاع الآتية :

١- مستوى الملف عموديًا على المجال. ٢- مستوى الملف موازيًا للمجال.

٣- مستوى الملف يميل بزاوية 60° على اتجاه المجال.

٤- مستوى الملف يميل بزاوية 60° على العمودى على اتجاه المجال.

(ب) مقدار متوسط emf المستحثة خلال :

١- ربع دورة عندما يدور الملف من الوضع العمودى على اتجاه المجال.

٢- $\frac{3}{4}$ دورة عندما يدور الملف من الوضع الموازى لاتجاه المجال.

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$A = 20 \times 30 = 600\ cm^2$ | $N = 100$ | $f = \frac{1500}{60}$ Hz | $B = 0.07$ T | **emf = ?** | $(emf)_{متوسط}$ **= ?**

(أ) ١- $emf = NBA\omega \sin\theta = NBA\omega \sin 0 = \mathbf{0}$

٢- $emf = (emf)_{max} = NBA \times 2\pi f = 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{1500}{60} = \mathbf{66\ V}$

٣- $emf = (emf)_{max} \sin\theta = 66 \times \sin 30 = \mathbf{33\ V}$

٤- $emf = (emf)_{max} \sin\theta = 66 \sin 60 = \mathbf{57.16\ V}$

(ب) ١- $(emf)_{متوسط} = NBA \times 4\ f = 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times 4 \times \frac{1500}{60} = \mathbf{42\ V}$

حل آخر:

$(emf)_{متوسط} = \frac{2}{\pi}(emf)_{max} = \frac{2}{\pi} \times 66 = \mathbf{42\ V}$

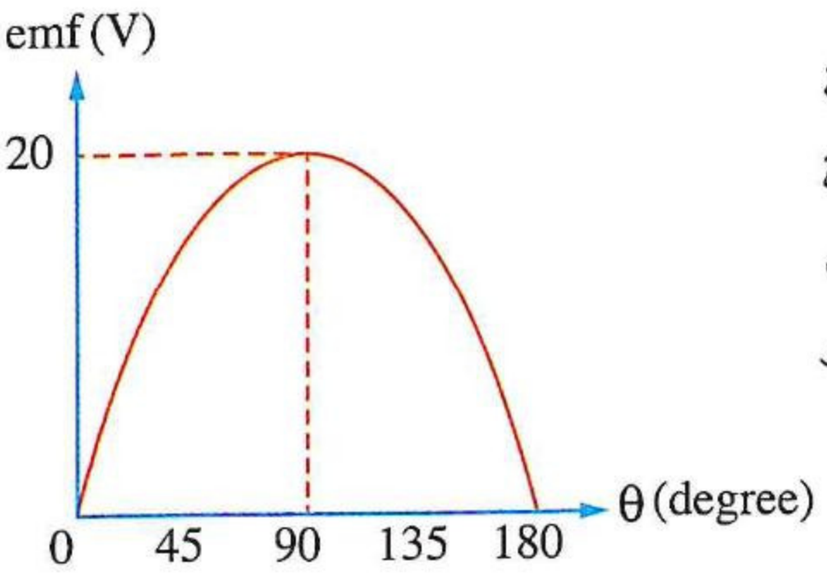
٢- $(emf)_{متوسط} = NBA \times \frac{4}{3} f = 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times \frac{4}{3} \times \frac{1500}{60} = \mathbf{14\ V}$

حل آخر:

$(emf)_{متوسط} = \frac{2}{3\pi}(emf)_{max} = \frac{2}{3\pi} \times 66 = \mathbf{14\ V}$

مثـال ٢

اختر: الشكل البيانى المقابل يمثل تغير قيمة القوة الدافعة الكهربية المستحثة (emf) فى دينامو بتغير الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف واتجاه الفيض المغناطيسى (θ)، فإن مقدار متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة فى ملف الدينامو خلال $\frac{1}{6}$ دورة من بداية دوران الملف يساوى .....



(أ) 3.18 V (ب) 4.77 V

(جـ) 9.55 V (د) 12.73 V

الحـــل

* من الشكل البيانى نستنتج أن :

$(emf)_{max} = 20$ V

$\because (emf)_{max} = NAB \times 2\pi f$

$\therefore 20 = NAB \times 2 \times \frac{22}{7} \times f$, $NABf = \frac{35}{11}$

* من الشكل نجد أن الملف بدأ دورانه من الوضع العمودى.

$\therefore \theta_1 = 0°$

* زاوية دوران الملف خلال $\frac{1}{6}$ دورة من بداية الدوران :

$\theta_2 = \frac{1}{6} \times 360 = 60°$

$(emf)_{متوسط} = \frac{-NBA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t} = \frac{-NBA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\frac{T}{6}}$

$= -6\ NBAf(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = -6 \times \frac{35}{11} \times (\cos 60 - \cos 0) = \mathbf{9.55\ V}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

مجاب عنها

33 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ دينامو تيار متردد يتكون ملفه من 200 لفة مساحة كل منها $0.02\ m^2$ يدور بتردد 50 Hz داخل مجال مغناطيسى كثافة فيضه 0.2 T، فيكون مقدار القوة الدافعة الكهربية المتوسطة المستحثة خلال ربع دورة من الوضع الموازى للمجال هو .....

(أ) 40 V (ب) 80 V (جـ) 160 V (د) 240 V

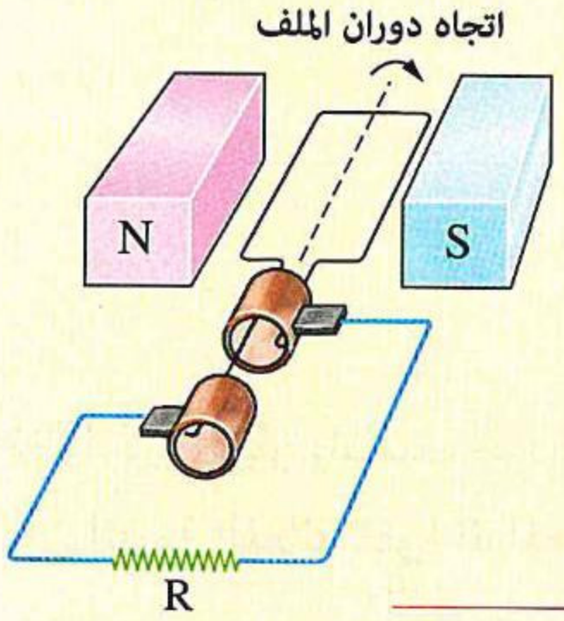
---

٢ إذا كانت القوة الدافعة العظمى المستحثة فى ملف دينامو هى 100 V، فتكون قيمة القوة الدافعة اللحظية المستحثة بعد أن يدور الملف $\frac{1}{6}$ دورة من اللحظة التى تكون فيها emf تساوى صفر هى .....

(أ) 50 V (ب) 100 V (جـ) $50\sqrt{3}$ V (د) $100\sqrt{3}$ V

---

٣ بدءًا من موضع ملف دينامو التيار المتردد الموضح بالشكل، فإنه خلال دورة ونصف للملف يغير التيار I المار خلال المقاومة R اتجاهه .....



(أ) مرتين (ب) ثلاث مرات
(جـ) أربع مرات (د) خمس مرات

---

٤ مولد كهربى بسيط القوة الدافعة الكهربية اللحظية المستحثة فيه تصل للمرة الثانية لنصف قيمتها العظمى بعد مرور $\frac{1}{60}$ s من بداية دورانه من الوضع العمودى على المجال المغناطيسى، فإن تردد التيار الناتج يساوى .....

(أ) 5 Hz (ب) 15 Hz (جـ) 25 Hz (د) 50 Hz

---

٥ ملف دينامو للتيار المتردد يستغرق فترة زمنية t ليدور ربع دورة من الوضع الذى يكون فيه مستواه عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسى المنتظم، فإن النسبة بين متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة خلال تلك الفترة والقوة الدافعة الكهربية اللحظية عند نهاية تلك الفترة $\left(\frac{(emf)_{متوسطة}}{(emf)_{لحظية}}\right)$ هى .....

(أ) π (ب) $\frac{\pi}{2}$ (جـ) $\frac{1}{\pi}$ (د) $\frac{2}{\pi}$

القيمة الفعالة للتيار المتردد Effective Value Of Current

* تتغير قيمة التيار من $+I_{max}$ إلى $-I_{max}$ ، وبالتالى تكون القيمة المتوسطة للتيار المتردد خلال دورة كاملة تساوى صفر $(I_{(متوسط)} = 0)$، بينما القدرة الكهربية المستهلكة خلال دورة كاملة لا تساوى الصفر،

لأن الطاقة الكهربية تُستهلك كطاقة حرارية نتيجة حركة الإلكترونات الحرة داخل الموصل بغض النظر عن اتجاهها، ويمكن التعبير عن **القيمة الفعالة للتيار المتردد** بقيمة التيار المستمر الذى يولد نفس القدرة فى مقاومة معينة، وهذه القيمة تساوى 0.707 من القيمة العظمى للتيار.

أى أن

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_{max}$$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

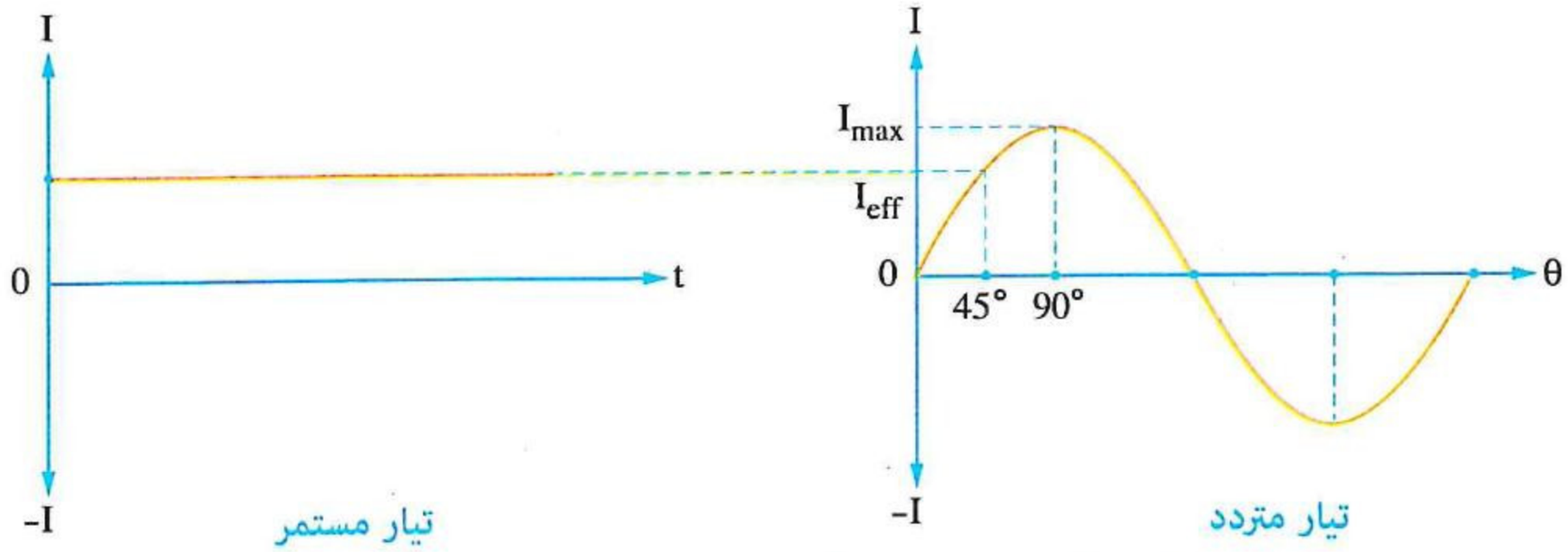
وبالتالى يمكن تعريف القيمة الفعالة للتيار المتردد كالتالى :

القيمة الفعالة للتيار المتردد

شدة التيار المستمر الذى يولد نفس الطاقة الحرارية التى يولدها التيار المتردد فى نفس المقاومة وخلال نفس الزمن.

أو

شدة التيار المستمر الذى يولد نفس القدرة الحرارية التى يولدها التيار المتردد فى نفس المقاومة.



التياران لهما نفس التأثير الحرارى فى موصل معين

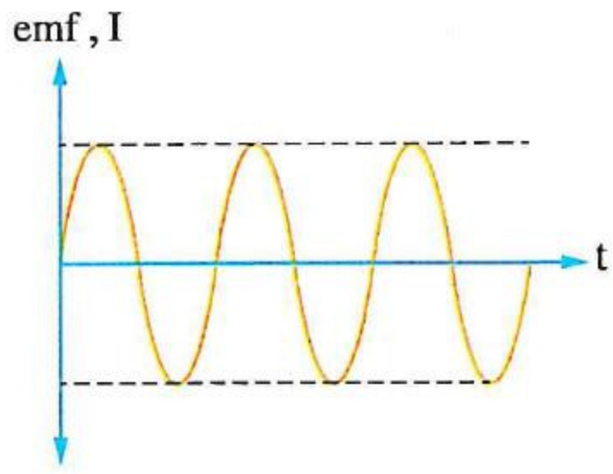
* نظرًا لأن التيار يتناسب طرديًا مع القوة الدافعة الكهربية،
فإن القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية تتعين من العلاقة :

$$(emf)_{eff} = \frac{(emf)_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707\ (emf)_{max}$$

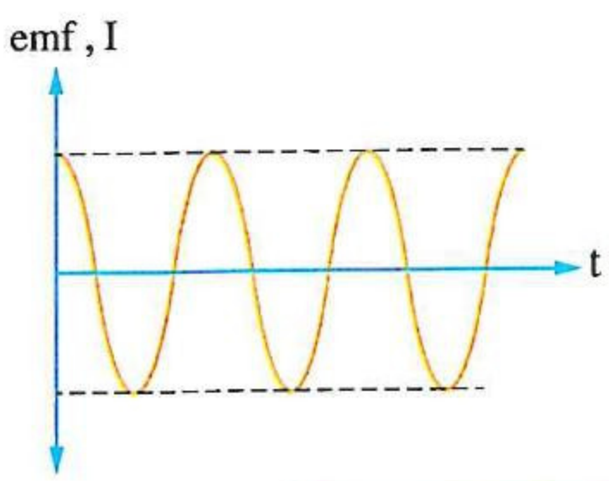
ملاحظة

* **عند دوران ملف الدينامو مبتدءًا من :**

الوضع العمودى



الوضع الموازى



فإن عدد مرات وصول التيار المستحث أو القوة الدافعة الكهربية المستحثة خلال الثانية

للقيمة العظمى	
2 f	2 f + 1
للصفر	
2 f + 1	2 f
لنصف القيمة العظمى	
4 f	4 f
للقيمة الفعالة	
4 f	4 f

عدد مرات انعكاس التيار خلال الثانية

2 f — 2 f – 1

مثـال ❶

اختر : إذا كانـت القيمـة الفعالة لتيـار متردد يمر فى دائرة 10 A عندما تكون القيمـة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية للمصـدر المتـردد 240 V، فـإن القيمة العظمى لكل من التيار المار فى الدائرة والقوة الدافعة الكهربية للمصدر المتردد على الترتيب هما .....

(أ) 212.26 V ، 14.14 A (ب) 339.46 V ، 14.14 A

(جـ) 212.26 V ، 28.28 A (د) 339.46 V ، 28.28 A

الحـــل

$I_{eff} = 10\ A$ | $(emf)_{eff} = 240\ V$ | $I_{max} = ?$ | $(emf)_{max} = ?$

$I_{eff} = 0.707\ I_{max}$ ، $10 = 0.707\ I_{max}$

$I_{max} = \frac{10}{0.707} = 14.14\ A$

$(emf)_{eff} = 0.707\ (emf)_{max}$ ، $240 = 0.707\ (emf)_{max}$

$(emf)_{max} = \frac{240}{0.707} = 339.46\ V$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ❷

اختر : الشـكل المقابل يمثل دينامو تيار متردد يدور بمعدل منتظم، فإذا تم غلق المفتاح K ودار الملف بنفس التردد فإن :

(أ) القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف .....

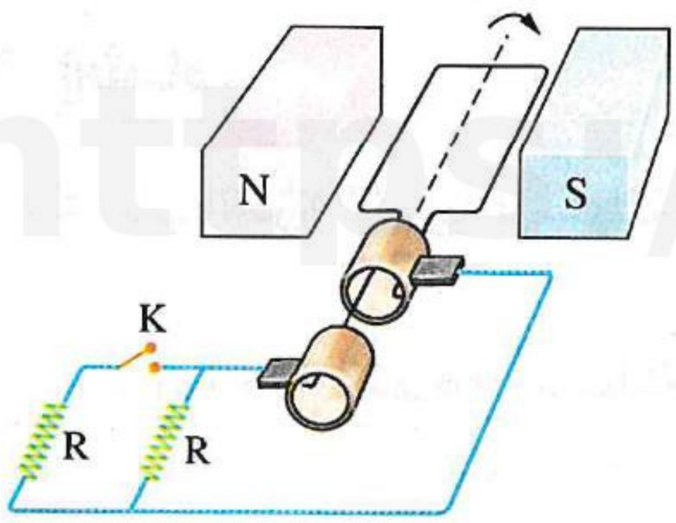
(أ) تزداد (ب) تقل

(جـ) لا تتغير (د) لا يمكن تحديد الإجابة

(ب) القيمة الفعالة للتيار المار بالملف .....

(أ) تزداد (ب) تقل

(جـ) لا تتغير (د) لا يمكن تحديد الإجابة



الحـــل

* عند غلق المفتاح (K) تقل المقاومة الكلية للدائرة الخارجية $(\grave{R})$.

(أ)

∵ $(emf)_{max} = NAB\omega$

∴ القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف لا تعتمد على مقاومة الدائرة الخارجية $(\grave{R})$.

∴ **لا تتغير** القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية المستحثة فى الملف.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(ب)

∵ $I_{eff} = \frac{(emf)_{eff}}{\grave{R}} = \frac{(emf)_{max}}{\sqrt{2}\,\grave{R}}$ ∴ $I_{eff} \propto \frac{1}{\grave{R}}$

∴ **تزداد** القيمة الفعالة للتيار المار بالملف بنقص المقاومة الكلية للدائرة الخارجية $(\grave{R})$.

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/Physics

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣

اختر: دينامـو تيـار متـردد ق.د.ك الفعالة المتولدة منـه 100 فولت، فإن مقدار ق.د.ك المتوسـطة خلال $\frac{1}{2}$ دورة من وضع الصفر يساوى تقريبًا.....

(أ) 141.42 V (ب) 70.7 V (جـ) 90 V (د) 50 V

الحـــل

$(emf)_{eff} = 100\ V$, $(emf)_{متوسط} = ?$

$$\because (emf)_{eff} = \frac{(emf)_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{NBA \times 2\pi f}{\sqrt{2}}$$

$$\because (emf)_{متوسط} = NBA \times 4f$$

$$\therefore \frac{(emf)_{متوسط}}{(emf)_{eff}} = \frac{NBA \times 4f}{\frac{NBA \times 2\pi f}{\sqrt{2}}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

$$\therefore \frac{(emf)_{متوسط}}{100} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \quad , \quad (emf)_{متوسط} \simeq 90\ V$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد:

* لحساب القدرة الكهربية المستهلكة فى مقاومة : $P_w = (emf)_{eff}\, I_{eff} = I^2_{eff}\, R = \frac{(emf)^2_{eff}}{R} = \frac{(emf)_{max}\, I_{max}}{2}$

* لحساب الطاقة الكهربية المستهلكة فى مقاومة خلال دورة كاملة : $W = P_w T = \frac{P_w}{f}$

مثـال

إذا كانـت القـوة الدافعـة الكهربيـة المسـتحثة اللحظيـة الناتجـة مـن دينامـو تيـار متـردد تعطـى مـن العلاقـة $emf = 250 \sin 21600\, t$، **احسب :**

(أ) القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية. (ب) القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية.

(جـ) تردد التيار. (د) السرعة الزاوية.

(هـ) الطاقة الكهربية المستهلكة فى مقاومة 10 Ω متصلة بالدائرة الخارجية للدينامو خلال دورة كاملة للدينامو.

الحـــل

(أ) اكتب معادلة القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية ثم قارنها مع المعادلة المعطاة.

$emf = (emf)_{max} \sin 2\pi f\, t$

$emf = 250 \sin 21600\, t$

∴ $(emf)_{max} = 250\ V$

(ب) $(emf)_{eff} = \frac{(emf)_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{250}{\sqrt{2}} = 176.78\ V$

(جـ) $2\pi f = 21600$, $f = \frac{21600}{2 \times 180} = 60\ Hz$

(د) $\omega = 2\pi f = 2 \times \frac{22}{7} \times 60 = 377.14\ rad/s$

(هـ) $W = \frac{(emf)^2_{eff}\, T}{R} = \frac{(176.78)^2 \times \frac{1}{60}}{10} = 52.09\ J$

34 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) ملف مستطيل الشكل أبعاده 50 cm ، 70 cm وعدد لفاته 100 لفة يدور فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه 0.04 T بمعدل 25 دورة/ث، فتكون قيمة القوة الدافعة الكهربية الفعالة المتولدة فى الملف هى .....

أ) $110\sqrt{2}$ V ب) $55\sqrt{2}$ V جـ) 103.71 V د) 220 V

(٢) فى دينامو التيار المتردد، إذا كان الزمن الذى يستغرقه التيار لتصل قيمته من القيمة العظمى (I_o) إلى نصف القيمة العظمى $\left(\frac{I_o}{2}\right)$ للمرة الأولى هو t_o، فإن الزمن اللازم لوصول قيمة التيار من الصفر إلى قيمة تعادل القيمة الفعالة له لأول مرة هو .....

أ) $\frac{1}{2}\, t_o$ ب) $\frac{1}{3}\, t_o$ جـ) $\frac{2}{3}\, t_o$ د) $\frac{3}{4}\, t_o$

٢ مولد تيار متردد القيمة العظمى لقوته الدافعة الكهربية 300 V وُصل بمصباح كهربى قدرته 60 W، **أحسب** القيمة العظمى للتيار المار فى المصباح.

.....

.....

تقويم التيار الكهربى المتردد فى المولد الكهربى

* تتطلب كثير من التطبيقات الكهربية استخدام تيار مستمر (DC) وليس تيار متردد (AC)، مثل :

١ عملية التحليل الكهربى واستخلاص بعض العناصر من مركباتها.

٢ عملية الطلاء بالكهرباء.

٣ محرك التيار المستمر.

٤ شحن المراكم وبطاريات التليفون المحمول.

لذلك يتم تحويل التيار المتردد متغير الشدة والاتجاه إلى تيار موحد الاتجاه ثم إلى تيار مستمر ويطلق على هذه العملية **تقويم التيار الكهربى المتردد**،

ويتم ذلك بتحويل دينامو التيار المتردد إلى دينامو تيار مستمر على مرحلتين :

١ الحصول على تيار موحد الاتجاه متغير الشدة.

٢ الحصول على تيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريبًا (تيار مستمر تقريبًا).

تقويم التيار الكهربى المتردد

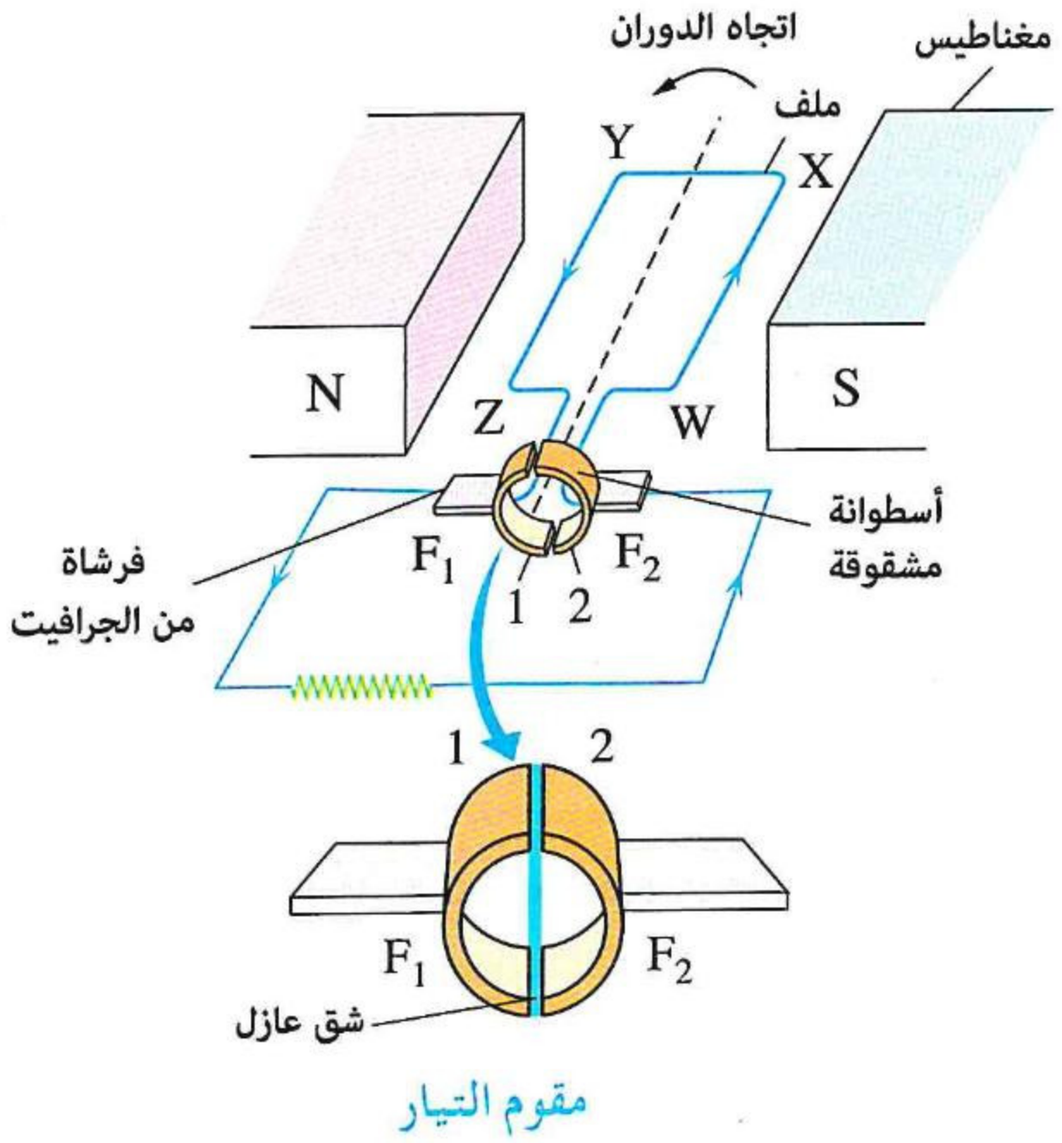
تحويل التيار الكهربى المتردد الناتج من الدينامو إلى تيار موحد الاتجاه ثم إلى تيار مستمر تقريبًا فى الدائرة الخارجية.

https://t.me/EE_G5

١ الحصول على تيار موحد الاتجاه متغير الشدة

عن طريق

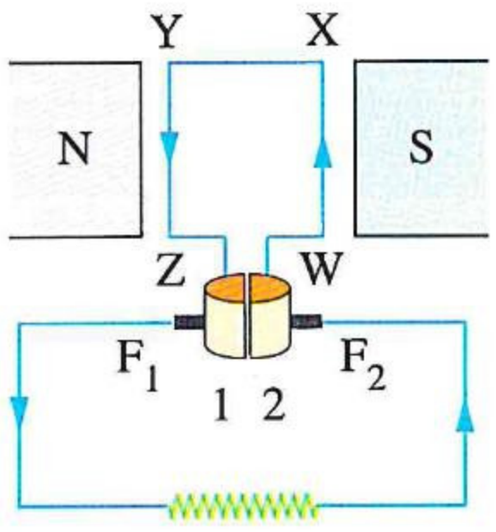
استبدال الحلقتين المعدنيتين فى دينامو التيار المتردد بمقوم تيار عبارة عن أسطوانة معدنية جوفاء مشقوقة طوليًا إلى نصفين (1 , 2) معزولين تمامًا عن بعضهما بواسطة شق عازل، ويلامس نصفى الأسطوانة (1 , 2) أثناء دورانهما فرشتان (F_1 , F_2) ويراعى أن تلامس الفرشتان الشق العازل فى اللحظة التى يكون فيها مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض أى عندما تكون (emf = 0).



شرح العمل

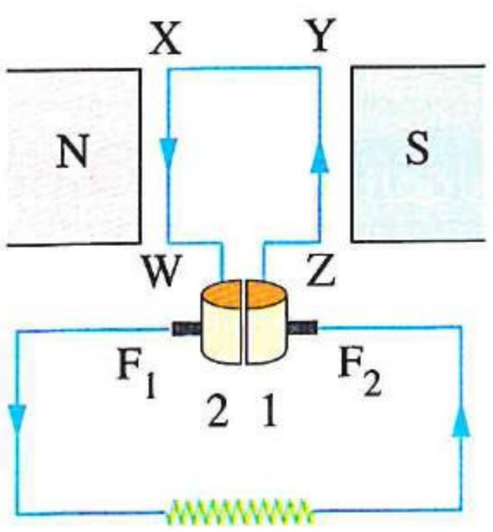
إذا بدأ الملف فى الدوران فى عكس اتجاه دوران عقارب الساعة فإنه :

١ خلال النصف الأول من الدورة



تكون الفرشاة F_1 ملامسة لنصف الأسطوانة (1) فتعمل كقطب موجب، والفرشاة F_2 ملامسة لنصف الأسطوانة (2) فتعمل كقطب سالب.

٢ خلال النصف الثانى من الدورة



تكون الفرشاة F_1 ملامسة لنصف الأسطوانة (2) فتعمل كقطب موجب، والفرشاة F_2 ملامسة لنصف الأسطوانة (1) فتعمل كقطب سالب.

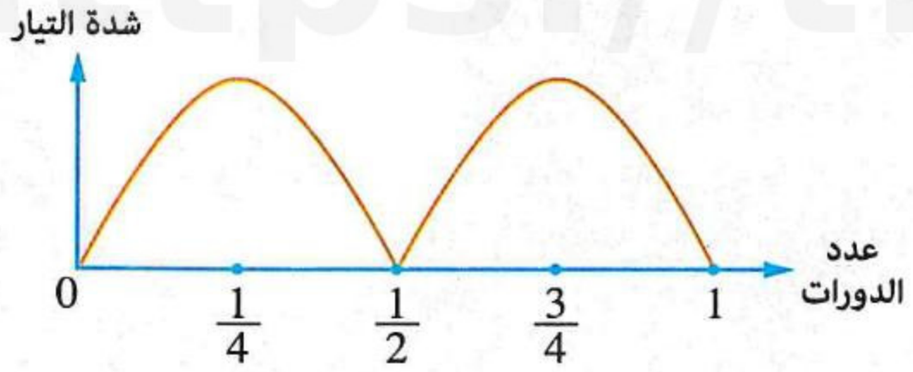
وبالتالى فإن التيار المتولد فى الملف

يمر فى الاتجاه (WXYZ) | يعكس اتجاهه ليمر فى الاتجاه (ZYXW)

فيمر التيار فى الدائرة الخارجية من الفرشاة F_1 إلى الفرشاة F_2

أى فى نفس الاتجاه فى الحالتين

https://t.me/E5_G5



٣ مع استمرار الدوران تظل الفرشاة F_1 موجبة الجهد والفرشاة F_2 سالبة الجهد، لذلك يكون التيار الكهربى والقوة الدافعة الكهربية فى الدائرة الخارجية موحدا الاتجاه ولكن مقدارهما يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر كل نصف دورة من دورات الملف (كما بالشكل)، مما يؤدى إلى تضاعف تردد التيار الناتج فى الدائرة الخارجية.

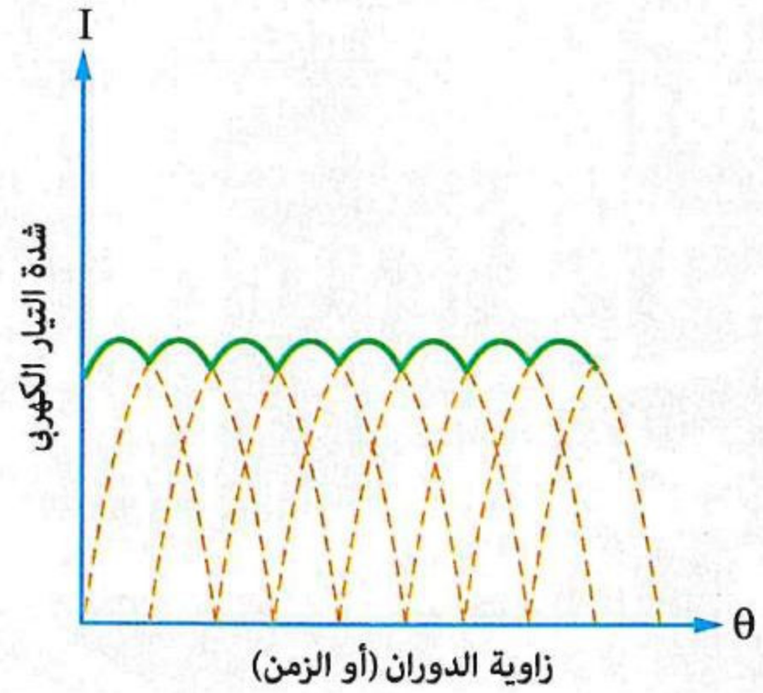
٢ الحصول على تيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريبًا

فى دينامو التيار المتردد يتم استبدال :

١ الملف بعدة ملفات بينها زوايا صغيرة متساوية.

٢ الحلقتين المعدنيتين بأسطوانة معدنية مجوفة مشقوقة إلى عدد من الأجزاء يساوى ضعف عدد الملفات،

حتى تلامس الفرشتان دائمًا جزئى الأسطوانة المتصلين بالملف الموازى لخطوط الفيض المغناطيسى فتصبح قيمة التيار دائمًا نهاية عظمى ويكون ثابت الشدة تقريبًا وبذلك نكون قد حصلنا على تيار مقوم.



اختبر نفسك 35

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ عند استخدام مقوم معدنى بدلًا من الحلقتين المنزلقتين لدينامو تيار متردد يكون .....

	التيار المتولد فى ملف الدينامو	التيار المار فى الدائرة الخارجية
(أ)	تيار متردد	تيار متردد
(ب)	تيار متردد	تيار موحد الاتجاه
(جـ)	تيار موحد الاتجاه	تيار متردد
(د)	تيار موحد الاتجاه	تيار موحد الاتجاه

٢ إذا كان معدل دوران ملف دينامو يتصل طرفاه بمقوم معدنى هو 50 Hz، فإن تردد التيار فى :

(١) ملف الدينامو يساوى .....

(أ) 25 Hz (ب) 50 Hz (جـ) 100 Hz (د) $25\sqrt{2}$ Hz

(٢) الدائرة الخارجية يساوى .....

(أ) 25 Hz (ب) 50 Hz (جـ) 100 Hz (د) $25\sqrt{2}$ Hz

الـدرس
الرابع

- المحول الكهربى.
- المحرك الكهربى.



المحول الكهربى Transformer

الاستخدام

١ رفع أو خفض الجهد الكهربى المتردد.

٢ تقليل الفقد فى الطاقة الكهربية أثناء نقلها عبر أسـلاك معدنية من محطات توليدها إلى أماكن اسـتخدامها على مسافات بعيدة.

٣ يستخدم فى بعض الأجهزة المنزلية كالأجراس والثلاجات.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

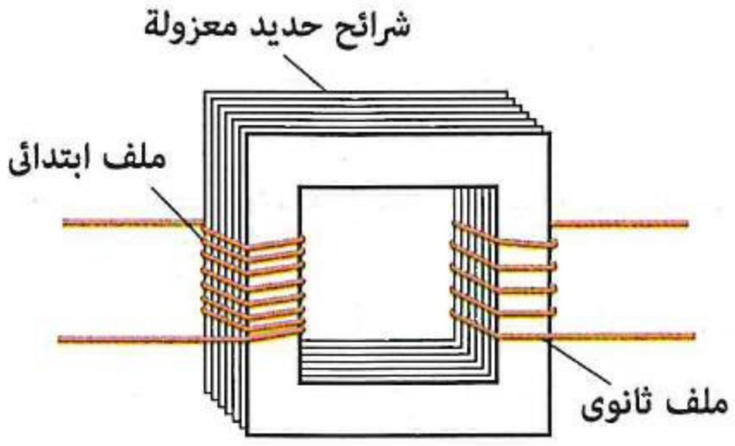
الحث المتبادل بين ملفين.

الأنواع

١ محولات رافعة للجهد تستخدم عند محطات التوليد.

٢ محولات خافضة للجهد تستخدم عند مناطق التوزيع.

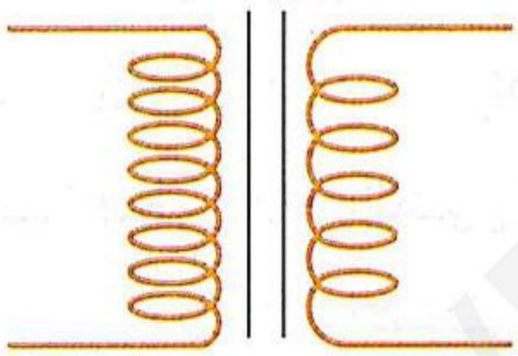
التركيب



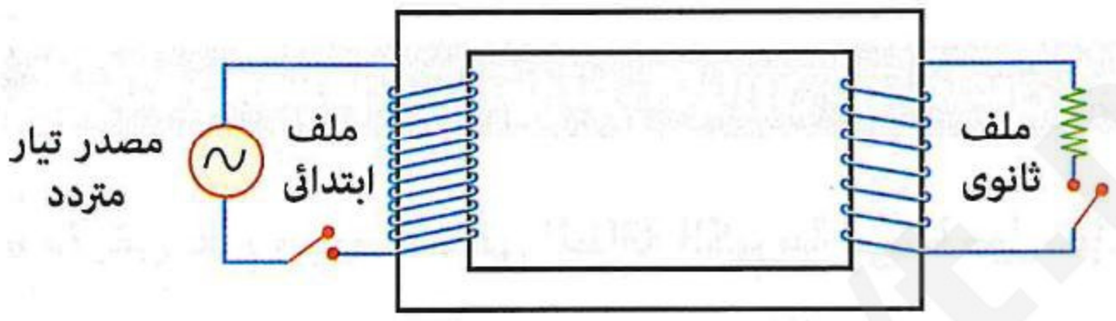
١ قلب من الحديد المطاوع السيليكونى على شكل شرائح رقيقة معزولة عن بعضها، **لأن** معامل النفاذية المغناطيسية للحديد كبير فيعمل على تركيز الفيض المغناطيسى ونظرًا لأن المقاومة النوعية للحديد المطاوع السيليكونى كبيرة والقلب على شكل شرائح معزولة عن بعضها فتزداد مقاومته مما يحد من التيارات الدوامية ويقلل من الطاقة الكهربية المفقودة.

٢ يلف حول القلب الحديدى ملفان (ابتدائى وثانوى) مصنوعان من أسلاك نحاسية، **لصغر** المقاومة النوعية للنحاس فتكون مقاومة الملفات صغيرة وتقل الطاقة المفقودة فيها على شكل حرارة وبالتالى تقل القدرة المفقودة فى الأسلاك.

الرمز



شرح العمل



- يوصل الملف الابتدائى بمصدر التيار المتردد المراد رفع أو خفض جهده، ويوصل الملف الثانوى بالدائرة الكهربية المراد إمدادها بقيمة معينة للجهد.
- عند غلق دائرة كل من الملف الابتدائى والملف الثانوى يمر تيار متردد فى الملف الابتدائى فيتولد حوله وبداخله فيض مغناطيسى متغير يعمل القلب الحديدى على تركيزه ليقطع لفات الملف الثانوى.
- نتيجة التغير فى الفيض المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائى والقاطع للملف الثانوى تتولد emf مستحثة فى الملف الثانوى لها نفس تردد تيار الملف الابتدائى.
- تكون قيمة emf المستحثة أكبر أو أقل من emf للمصدر حسب النسبة بين عدد لفات الملفين الثانوى والابتدائى.

استنتاج العلاقة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين فى ملفى المحول المثالى

*** بفرض وجود محول مثالى لا يحدث فيه فقد فى الطاقة، فإذا كان جهد الملف الابتدائى V_p وعدد لفاته N_p والقوة الدافعة المستحثة فى الملف الثانوى V_s وعدد لفاته N_s، فإنه :**

- عند اتصال دائرة الملف الابتدائى مع مصدر متردد والإبقاء على دائرة الملف الثانوى مفتوحة تتولد بالحث الذاتى فى الملف الابتدائى emf مستحثة عكسية تساوى تقريبًا emf للمصدر، وبالتالى لا تستهلك قدرة كهربية تذكر فى دائرة الملف الابتدائى :

$$V_p = -N_p \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} \qquad (1)$$

حيث : $\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)$ معدل تغير الفيض الذى يقطع الملف الابتدائى.

- عند غلق دائرة الملف الثانوى مع الإبقاء على دائرة الملف الابتدائى مغلقة يتولد بين طرفى الملف الثانوى قوة دافعة كهربية مستحثة (V_s)،

وبفرض عدم وجود فقد فى الفيض المغناطيسى، فإن معدل تغير الفيض الذى يقطع الملف الابتدائى = معدل تغير الفيض الذى يقطع الملف الثانوى.

$$V_s = - N_s \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} \qquad (2)$$

بقسمة المعادلة (1) على المعادلة (2) :

$$\therefore \quad \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

فإذا كان

- $N_p < N_s$ تكون القوة الدافعة الكهربية للملف الثانوى أكبر من القوة الدافعة الكهربية للملف الابتدائى ويكون المحول رافع للجهد.

- $N_p > N_s$ تكون القوة الدافعة الكهربية للملف الثانوى أقل من القوة الدافعة الكهربية للملف الابتدائى ويكون المحول خافض للجهد.

استنتاج العلاقة بين شدتى التيارين فى ملفى المحول المثالى

* بفرض عدم وجود فقد فى الطاقة الكهربية فى المحول، فإنه تبعًا لقانون بقاء الطاقة :

الطاقة الكهربية المستهلكة فى الملف الابتدائى فى زمن معين = الطاقة الكهربية المتولدة فى الملف الثانوى فى نفس الزمن

$$V_p I_p t = V_s I_s t$$

أى أن قدرة الدخل «للملف الابتدائى» = قدرة الخرج «للملف الثانوى»

$$\therefore V_p I_p = V_s I_s$$

$$\therefore \quad \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

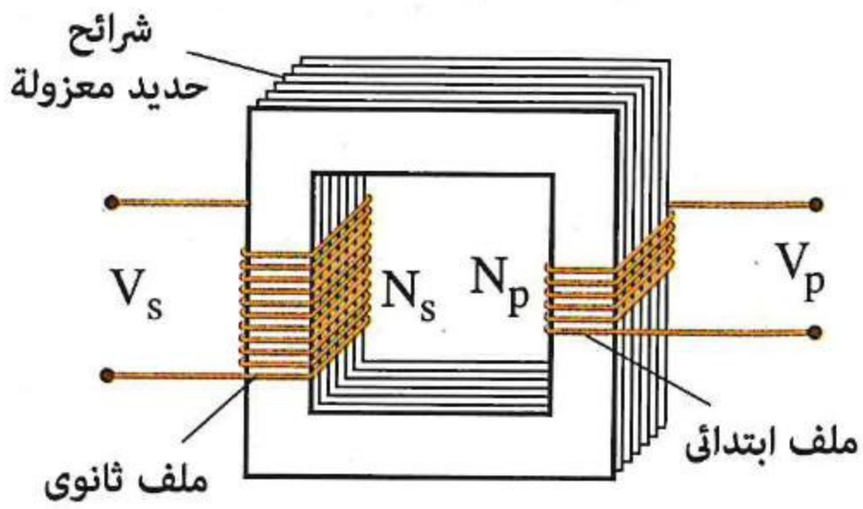
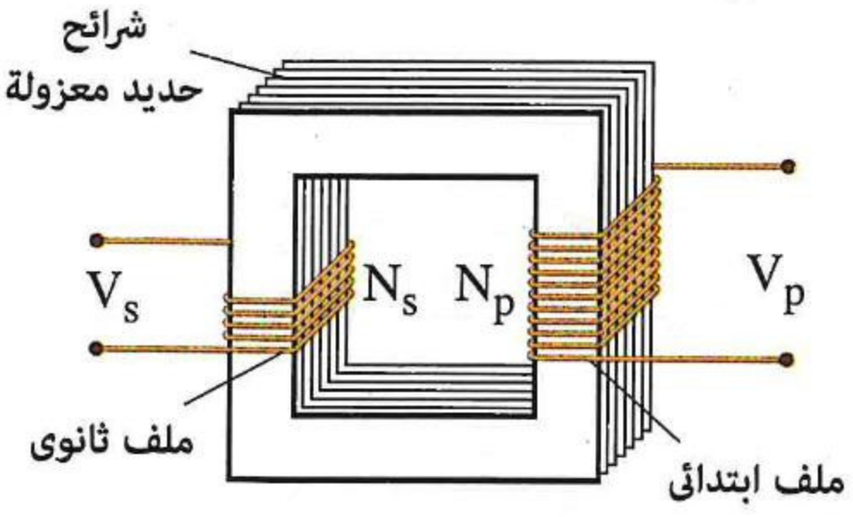
$$\because \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \qquad \therefore \quad \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

أى أن النسبة بين قيمتى التيار فى الملفين تساوى مقلوب النسبة بين عدد اللفات وكذلك مقلوب النسبة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين المتولدتين فى الملفين.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

* مما سبق يمكن المقارنة بين المحولين الرافع للجهد والخافض للجهد كالتالى :

الشكل	المحول الرافع للجهد	المحول الخافض للجهد
		
الاستخدام	رفع الجهد الكهربى عند محطات التوليد	خفض الجهد الكهربى عند مناطق التوزيع
عدد اللفات	$N_s > N_p$	$N_p > N_s$
القوة الدافعة الكهربية	$V_s > V_p$	$V_p > V_s$
شدة التيار	$I_p > I_s$	$I_s > I_p$

ملاحظات

* **يعتبر المحول الخافض للجهد رافعًا للتيار بينما المحول الرافع للجهد خافضًا للتيار،**

لأن القدرة ثابتة، وبالتالى فإن شدة التيار تتناسب عكسيًا مع فرق الجهد تبعًا للعلاقة : $I = \frac{P_w}{V}$

---

* **عند غلق دائرتى الملفين الابتدائى والثانوى لمحول كهربى يمر تيار كهربى فى دائرة الملف الابتدائى وتستهلك قدرة كهربية فيه،**

لتولد emf مستحثة فى الملف الثانوى بالحث المتبادل ينشأ عنها مرور تيار مستحث يولد فيض مغناطيسى يقطع الملف الابتدائى ويقاوم التغير فى الفيض المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائى، وبالتالى تقل emf المستحثة العكسية فى الملف الابتدائى بالحث الذاتى مما يسمح بمرور التيار فيه وبالتالى تستهلك قدرة كهربية فيه.

---

* **لا يصلح المحول الكهربى لرفع أو خفض قوة دافعة كهربية مستمرة،**

لأن أساس عمل المحول الكهربى هو الحث المتبادل، والفيض المغناطيسى الناشئ عن التيار المستمر ثابت فلا تتولد emf مستحثة فى الملف الثانوى إلا لحظة غلق وفتح الدائرة.

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

محول كهربى مثالى يُراد اسـتخدامه لتشـغيل مصباح كهـربى قدرته 24 W ويعمل بفرق جهد 12 V باسـتخدام مصدر كهربى متردد قوته الدافعة الكهربية 240 V فإذا كان عدد لفات الملف الثانوى 480 لفة :

(أ) **ما** نوع المحول الكهربى ؟

(ب) **احسب** قيمة التيار المار فى الملف الثانوى.

(جـ) **احسب** عدد لفات الملف الابتدائى.

الحـــل

$P_w = 24\ W$ | $V_s = 12\ V$ | $V_p = 240\ V$ | $N_s = 480$ | $I_s = ?$ | $N_p = ?$

(أ) $\because V_p > V_s$

∴ المحول خافض للجهد الكهربى.

(ب) $P_w = V_s I_s$ ، $I_s = \frac{P_w}{V_s} = \frac{24}{12} = 2\ A$

(جـ) $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ ، $\frac{12}{240} = \frac{480}{N_p}$

$N_p = \frac{480 \times 240}{12} = 9600$ لفة

مثـال ٢

اختر : محـول كهربـى مثالى عـدد لفات ملفيه N_1 ، N_2 حيث $N_2 > N_1$ ، فإذا اسـتُخدم كمحـول كهربى خافض للجهـد كان فـرق الجهد بين طرفى الملف الثانوى 5 V ، وإذا اسـتُخدم كمحـول كهربى رافع للجهد كان فرق الجهد بين طرفى الملف الثانوى 125 V ، فإن النسبة بين عدد لفات ملفى المحول $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{5}{1}$ (ب) $\frac{25}{1}$ (جـ) $\frac{1}{5}$ (د) $\frac{1}{25}$

الحـــل

$(V_s)_{خافض} = 5\ V$ | $(V_s)_{رافع} = 125\ V$ | $\frac{N_1}{N_2} = ?$

* فى حالة المحول الخافض للجهد :

$N_p = N_2$ ، $N_s = N_1$

$\therefore (V_s)_{خافض} = \frac{N_1}{N_2} V_p$ ①

* فى حالة المحول الرافع للجهد :

$N_p = N_1$ ، $N_s = N_2$

$\therefore (V_s)_{\text{رافع}} = \frac{N_2}{N_1} V_p$ ②

بقسمة المعادلة ① على المعادلة ② :

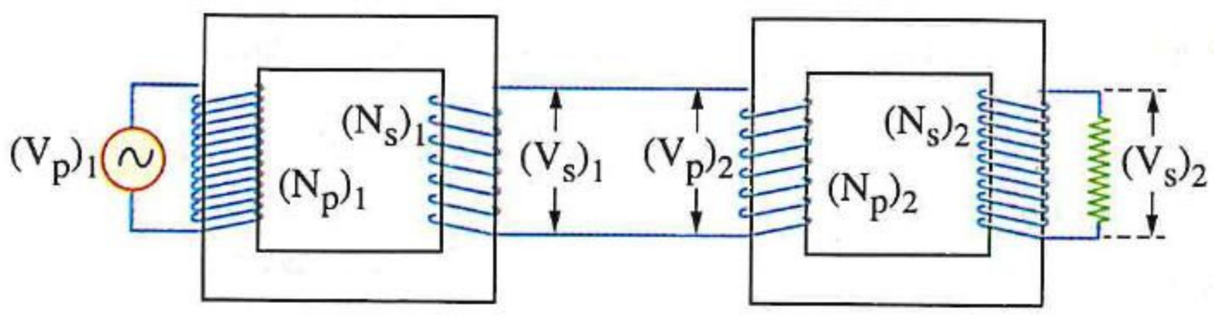
$\therefore \frac{(V_s)_{\text{خافض}}}{(V_s)_{\text{رافع}}} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$ ، $\frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{5}{125} = \frac{1}{25}$

$\therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{5}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

* عند توصيل محولين مثاليين معًا كما بالشكل المقابل، نجد أن :

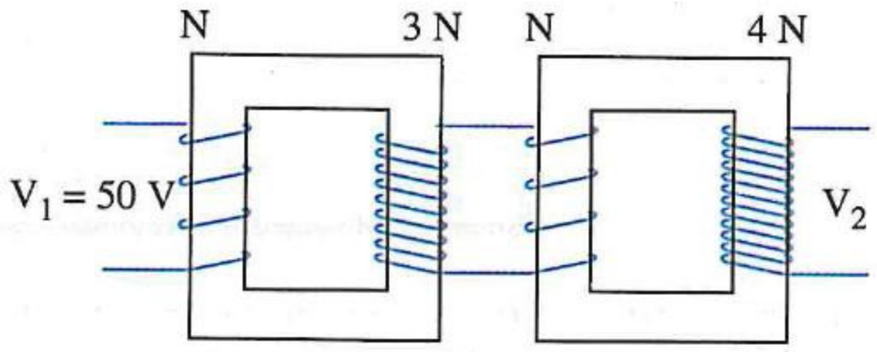


$(V_s)_1 = \frac{(N_s)_1}{(N_p)_1} (V_p)_1$ ، $(V_s)_1 = (V_p)_2$ ، $(V_s)_2 = \frac{(N_s)_2}{(N_p)_2} (V_p)_2$

$\therefore (V_s)_2 = \frac{(N_s)_2}{(N_p)_2} (V_s)_1$ ، $(V_s)_2 = \frac{(N_s)_2 (N_s)_1}{(N_p)_2 (N_p)_1} (V_p)_1$

مثـال

اختر : فى الشـكل المقابل محولان كهربيـان مثاليان متصلان على التوالى، فإن قيمة V_2 تساوى .....



(أ) 300 V (ب) 450 V

(جـ) 600 V (د) 900 V

الحـــل

$V_1 = 50$ V	$(N_p)_1 = N$	$(N_p)_2 = N$	$(N_s)_1 = 3N$	$(N_s)_2 = 4N$	$V_2 = ?$

$(V_s)_1 = \frac{(N_s)_1}{(N_p)_1} (V_p)_1 = \frac{(N_s)_1}{(N_p)_1} V_1 = \frac{3N}{N} \times 50 = 150$ V

$(V_s)_1 = (V_p)_2 = 150$ V

$V_2 = (V_s)_2 = \frac{(N_s)_2}{(N_p)_2} (V_p)_2 = \frac{4N}{N} \times 150 = \mathbf{600\ V}$

حل آخر :

$V_2 = (V_s)_2 = \frac{(N_s)_2 (N_s)_1}{(N_p)_2 (N_p)_1} (V_p)_1 = \frac{4N \times 3N}{N \times N} \times 50 = \mathbf{600\ V}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

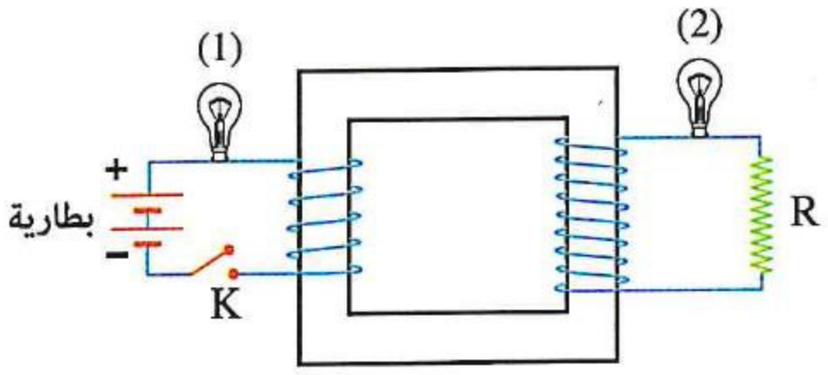
https://t.me/E5_GE

مجاب عنها

36 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

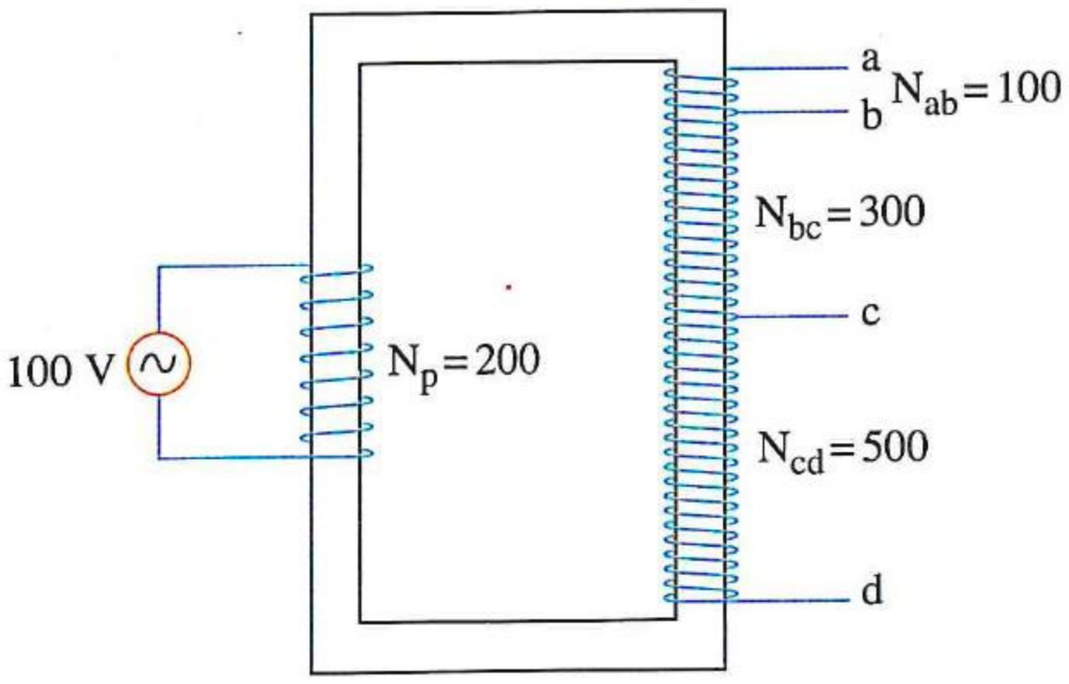
١ أى المصباحين (1) ، (2) تتوهج فتيلته باستمرار عند غلق المفتاح K فى الشكل المقابل ؟



(أ) المصباح (1) (ب) المصباح (2)

(جـ) كلا المصباحين (د) ليس أى منهما

٢ الشكل المقابل يمثل محول كهربى مثالى يُراد استخدامه لتشغيل جهاز كهربى، ما النقطتان اللتان يمكن توصيل الجهاز بهما إذا كان الجهاز يعمل على :



(١) فرق جهد 200 V ؟

(أ) b ، a (ب) c ، a

(جـ) d ، b (د) d ، a

(٢) فرق جهد 250 V ؟

(أ) c ، a (ب) c ، b

(جـ) d ، b (د) d ، c

كفاءة المحول الكهربى

* إذا لم يكن هناك فقد فى القدرة الكهربية خلال المحول،

أى أن القدرة الكهربية المتولدة فى الملف الثانوى تساوى القدرة الكهربية المستهلكة فى الملف الابتدائى وتكون كفاءة المحول 100%، ويطلق على هذا المحول صفة المحول المثالى ومثل هذا المحول غير موجود عمليًا.

كفاءة المحول الكهربى (η)

نسبة قدرة الملف الثانوى (الخرج) إلى قدرة الملف الابتدائى (الدخل).

أو

نسبة الطاقة الكهربية المتولدة فى الملف الثانوى إلى الطاقة الكهربية المستهلكة فى الملف الابتدائى فى نفس الزمن.

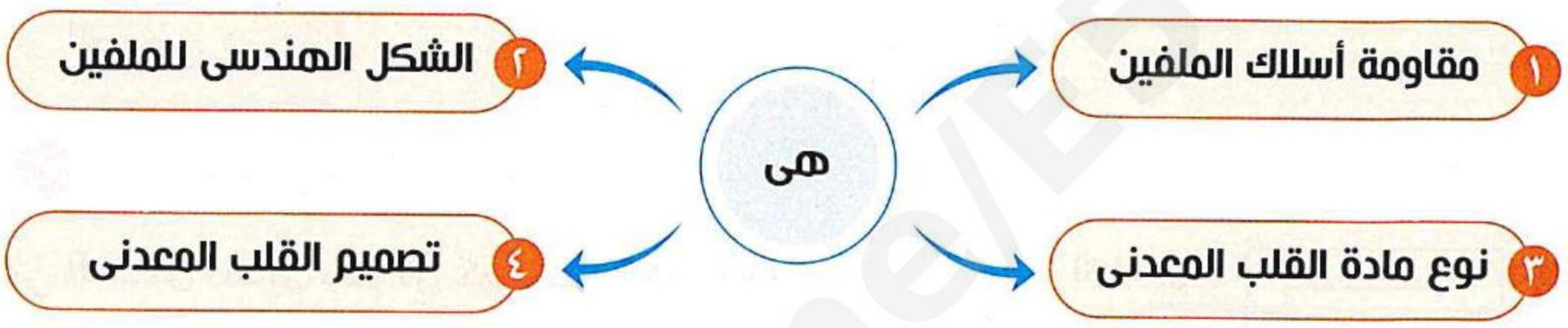
* تتعين كفاءة المحول من العلاقة :

$$\eta = \frac{(P_w)_s}{(P_w)_p} \times 100 = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100 = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

* **أسباب فقد الطاقة الكهربية فى المحول الكهربى وكيفية التقليل منها :**

أسباب فقد الطاقة فى المحول الكهربى	كيفية التقليل منها
١ يتحول جزء من الطاقة الكهربية فى الأسلاك إلى طاقة حرارية.	– صنع الملفات من أسلاك من النحاس حتى تكون مقاومتها أقل ما يمكن.
٢ يتحول جزء من الطاقة الكهربية فى القلب الحديدى إلى طاقة حرارية بسبب التيارات الدوامية.	– صنع القلب الحديدى من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها من الحديد المطاوع السيليكونى لكبر مقاومته النوعية.
٣ يتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية تستهلك فى تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدى.	– صنع القلب الحديدى من الحديد المطاوع السيليكونى لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية.
٤ تسرب بعض خطوط الفيض فلا تقطع الملف الثانوى.	– يلف الملف الثانوى حول الملف الابتدائى مع عزله عنه حول قلب من الحديد المطاوع السيليكونى.

* **العوامل التى تتوقف عليها كفاءة المحول الكهربى :**



مثـال ١

محـول خافـض للجهـد يخفض الجهد الكهربى مـن 2400 V إلـى 120 V وعدد لفات ملفـه الابتدائى 4000 لفة، إذا علمت أن القدرة الناتجة من المحول 13500 W وكفاءة المحول 90%، **أوجد :**

(أ) عدد لفات الملف الثانوى. (ب) قيمتا التيارين فى الملفين.

الحـــل

$V_p = 2400\ V$ $V_s = 120\ V$ $N_p = 4000$ $(P_w)_s = 13500\ W$ $\eta = 90\%$

$N_s = ?$ $I_s = ?$ $I_p = ?$

(أ)

$$\eta = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

$$90 = \frac{120 \times 4000}{2400 \times N_s} \times 100 \quad , \quad N_s = 222.22 \text{ لفة}$$

(ب)

$$(P_w)_s = V_s I_s \quad , \quad I_s = \frac{(P_w)_s}{V_s} = \frac{13500}{120} = 112.5\ A$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} \quad , \quad I_p = \frac{N_s I_s}{N_p} = \frac{222.22 \times 112.5}{4000} = 6.25\ A$$

مثـال ٢

اختر: محول كهربى خافض للجهد كفاءته 80% وجهد ملفه الابتدائى 150 V وجهد ملفه الثانوى 8 V ، فإذا كانت قيمة التيار فى الملف الابتدائى 0.25 A وعدد لفات الملف الثانوى 70 لفة، فإن قيمة التيار فى الملف الثانوى وعدد لفات الملف الابتدائى هما على الترتيب .....

(أ) 1.52 A ، لفة 150
(ب) 1.52 A ، لفة 1050
(جـ) 3.75 A ، لفة 150
(د) 3.75 A ، لفة 1050

الحـــل

$\eta = 80\%$ | $V_p = 150\ V$ | $V_s = 8\ V$ | $I_p = 0.25\ A$ | $N_s = 70$ | $I_s = ?$ | $N_p = ?$

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100 \quad , \quad I_s = \frac{\eta\, V_p\, I_p}{V_s \times 100} = \frac{80 \times 150 \times 0.25}{8 \times 100} = \mathbf{3.75\ A}$$

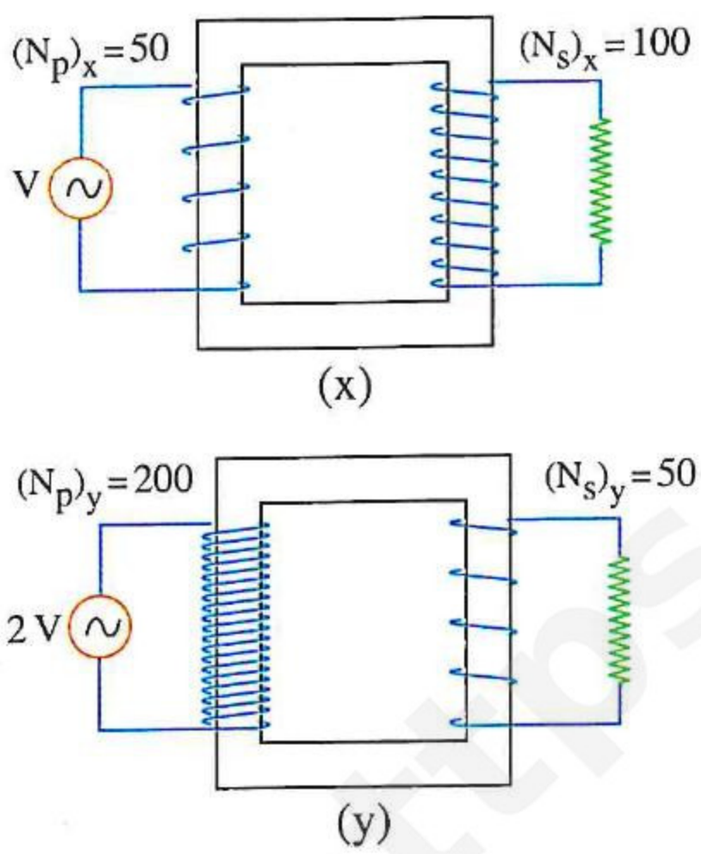
$$\eta = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100 \quad , \quad N_p = \frac{\eta\, V_p\, N_s}{V_s \times 100} = \frac{80 \times 150 \times 70}{8 \times 100} = \mathbf{1050\ لفة}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٣

اختر: فى الشكل المقابل محولان كهربيان (x) ، (y) كفاءتهما 90% ، 75% على الترتيب وُصل كل منهما بمصدر جهد متردد، فإن نسبة فرق الجهد على اللفة الواحدة من الملف الثانوى للمحول (x) إلى نظيرتها فى المحول (y) هى .....

(أ) 0.2
(ب) 0.4
(جـ) 2.4
(د) 4.8



الحـــل

$\eta_x = 90\ \%$ | $\eta_y = 75\ \%$ | $(N_p)_x = 50$ | $(N_p)_y = 200$ | $(N_s)_x = 100$

$(N_s)_y = 50$ | $(V_p)_x = V$ | $(V_p)_y = 2\ V$ | $\frac{(V_s)_{x\text{لفة}}}{(V_s)_{y\text{لفة}}} = ?$

$$\because \eta = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100 \qquad \therefore (V_s)_{\text{لفة}} = \frac{V_s}{N_s} = \frac{\eta V_p}{N_p \times 100}$$

$$\therefore \frac{(V_s)_{x\text{لفة}}}{(V_s)_{y\text{لفة}}} = \frac{\eta_x (V_p)_x (N_p)_y}{\eta_y (V_p)_y (N_p)_x} = \frac{90 \times V \times 200}{75 \times 2\ V \times 50} = \mathbf{2.4}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

إرشـاد :

* **فى حالة محول مثالى له ملفان ثانويان فإن :**

– عند تشغيل كل جهاز على حدة :

$$\frac{V_p}{(V_s)_1} = \frac{N_p}{(N_s)_1}$$

$$\frac{V_p}{(V_s)_2} = \frac{N_p}{(N_s)_2}$$

– عند تشغيل الجهازين معًا فى نفس الوقت :

$$(P_w)_p = (P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}$$

$$V_p\, I_p = (V_s)_1\, (I_s)_1 + (V_s)_2\, (I_s)_2$$

مثـال

محـول كهربـى مثالـى عدد لفات ملفه الابتدائـى 200 لفة ويعمل على مصـدر متردد قوته الدافعـة الكهربية الفعالة 200 V فـإذا كان للمحـول ملفـان ثانويـان لتشـغيل جهازيـن الأول راديـو (12 V , 0.5 A) والثانـى كشـاف (80 V , 1.2 A)، **احسب :**

(أ) عدد لفات الملفين الثانويين.

(ب) قيمة التيار المار فى الملف الابتدائى عند تشغيل الجهازين معًا فى نفس الوقت.

الحـــل

$N_p = 200$ | $V_p = 200\ V$ | $(I_s)_1 = 0.5\ A$ | $(I_s)_2 = 1.2\ A$ | $(V_s)_1 = 12\ V$ | $(V_s)_2 = 80\ V$

$(N_s)_1 = ?$ | $(N_s)_2 = ?$ | $I_p = ?$

(أ)

$$\frac{V_p}{(V_s)_1} = \frac{N_p}{(N_s)_1} \quad , \quad \frac{200}{12} = \frac{200}{(N_s)_1} \quad , \quad (N_s)_1 = \mathbf{12}\ \textbf{لفة}$$

$$\frac{V_p}{(V_s)_2} = \frac{N_p}{(N_s)_2} \quad , \quad \frac{200}{80} = \frac{200}{(N_s)_2} \quad , \quad (N_s)_2 = \mathbf{80}\ \textbf{لفة}$$

(ب)

$$(P_w)_p = (P_w)_{s1} + (P_w)_{s2} \quad , \quad V_p\, I_p = (V_s)_1\, (I_s)_1 + (V_s)_2\, (I_s)_2$$

$$200\ I_p = (12 \times 0.5) + (80 \times 1.2) \quad , \quad I_p = \mathbf{0.51\ A}$$

إرشـاد :

* **إذا كان المحول غير مثالى $\left((P_w)_p > (P_w)_s\right)$ فإنه فى حالة وجود :**

– ملف ثانوى واحد :

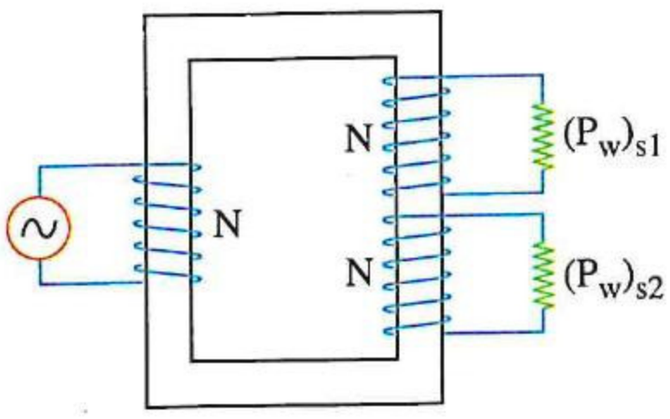
$$\eta\, (P_w)_p = (P_w)_s \times 100$$

$$\eta = \frac{V_s\, I_s}{V_p\, I_p} \times 100 = \frac{V_s\, N_p}{V_p\, N_s} \times 100$$

– ملفين ثانويين :

$$\eta\, (P_w)_p = \left((P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}\right) \times 100$$

مثـال



اختر : فى الشـكل المقابـل محول كهربـى كفاءته 80% له ملفان ثانويان، فإذا كانت قدرة كل ملف من الملفين الثانويين 100 W، فإن قدرة الملف الابتدائى تساوى .....

(أ) 150 W (ب) 200 W

(جـ) 250 W (د) 300 W

الحـــل

$\eta = 80\ \%$ | $(P_w)_{s1} = (P_w)_{s2} = 100\ W$ | $(P_w)_p = ?$

$\because \eta\ (P_w)_p = \left((P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}\right) \times 100$

$\therefore 80\ (P_w)_p = (100 + 100) \times 100$

$\therefore (P_w)_p = 250\ W$

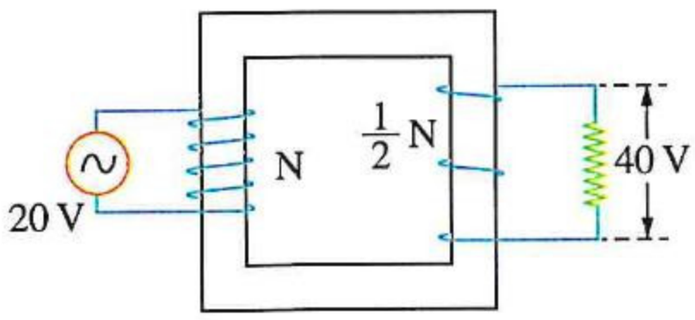
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

37 مجاب عنها

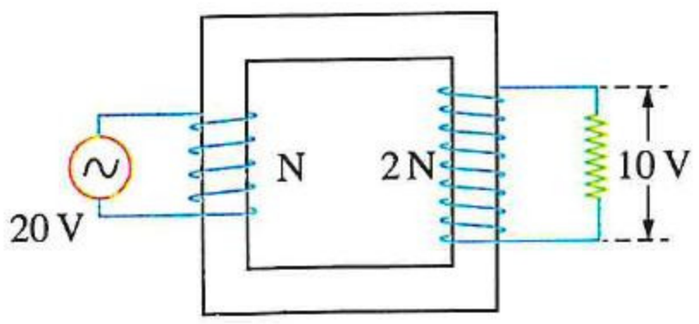
١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) أى من الأشكال التالية يمثل محول مثالى ؟

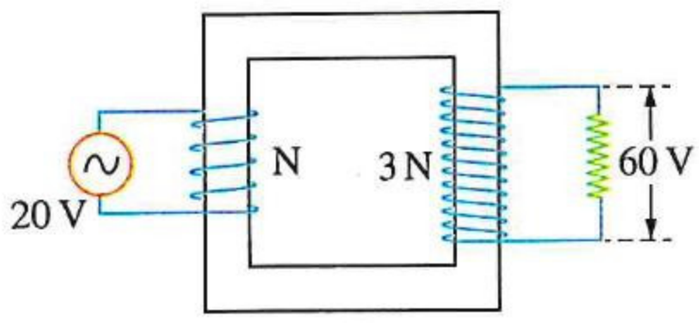
(أ)



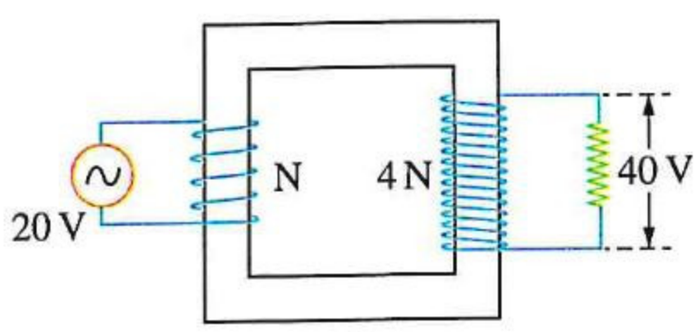
(ب)



(جـ)



(د)

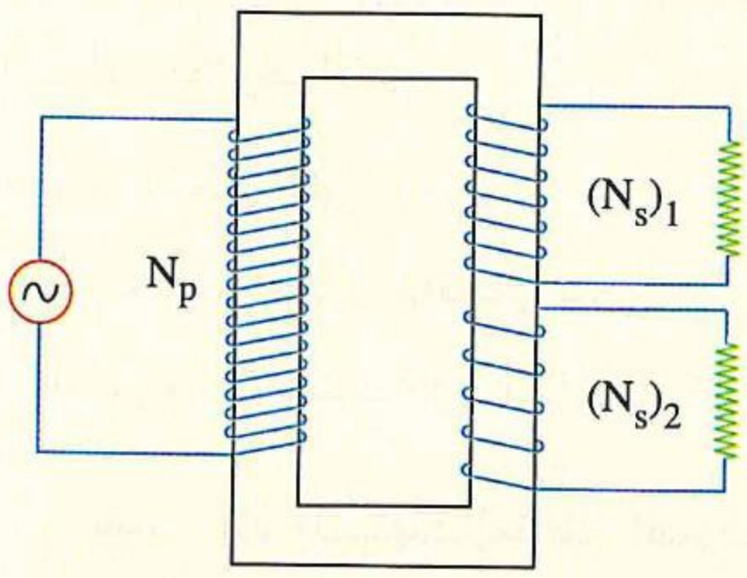


(٢) محول يسـتخدم لرفع الجهد الكهربى من 200 V إلى 430 V والتيار المار فى ملفه الابتدائى 0.5 A والتيار المار فى ملفه الثانوى 0.2 A، فإن كفاءة هذا المحول تساوى .....

(أ) 75% (ب) 80% (جـ) 86% (د) 100%

اختبر نفسك

https://t.me/E5_G5



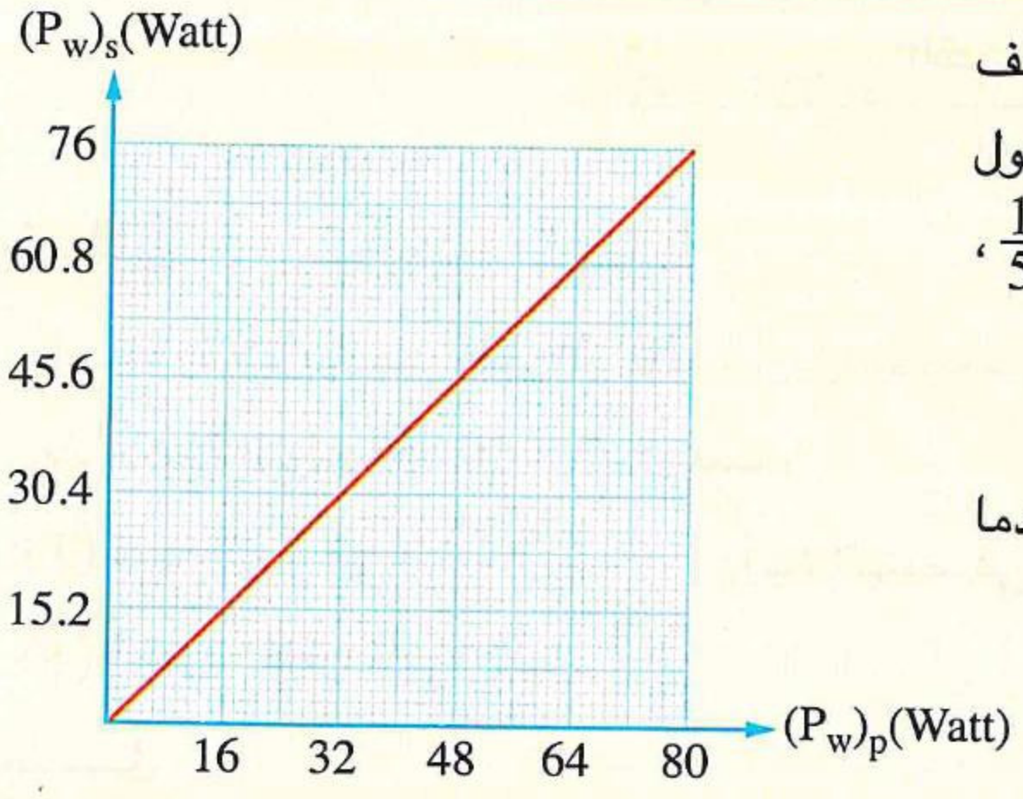
(٣) الشـكل المقابل يعبر عن محول غير مثالى له ملفان ثانويان يعملان معًا، فإذا كان $(P_w)_p = 100\ W$ ، $(P_w)_{s1} = 50\ W$ فإن .....

(أ) $(P_w)_{s2} = 50\ W$

(ب) $100\ W > (P_w)_{s2} > 50\ W$

(جـ) $(P_w)_{s2} < 50\ W$

(د) $(P_w)_{s2} > 100\ W$



٢ **الشـكل البيانـى المقابل** يمثل العلاقـة بين قدرة الملف الثانـوى $(P_w)_s$ وقدرة الملـف الابتدائى $(P_w)_p$ لمحول كهربى خافض للجهد النسبة بين عدد لفات ملفيه $\frac{1}{5}$ ،

احسب :

(١) كفاءة المحول.

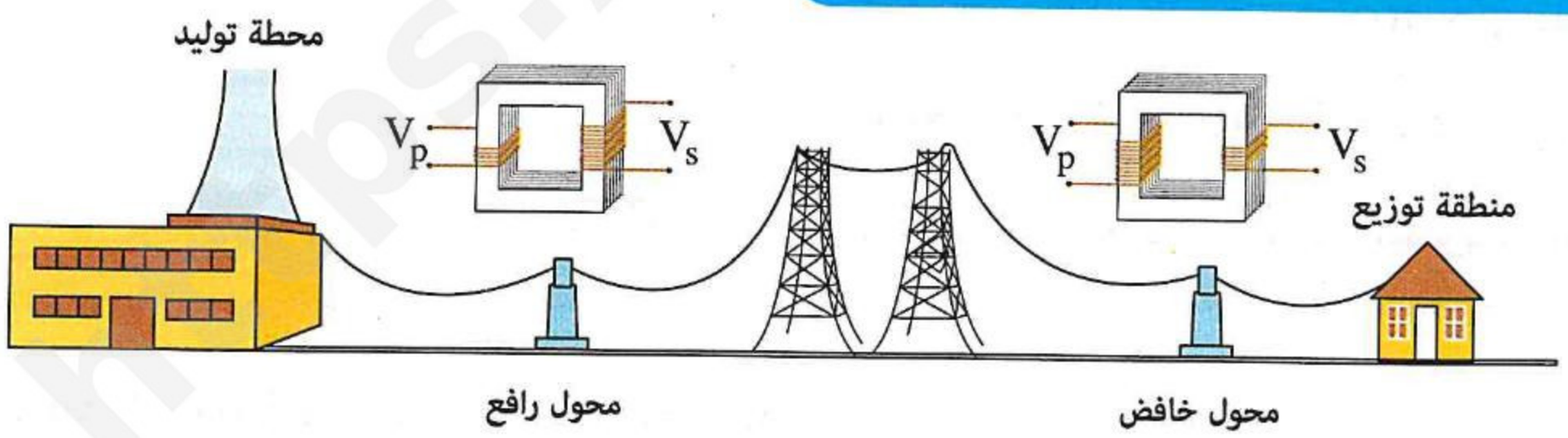
(٢) قيمـة التيـار المار فـى الملـف الابتدائـى عندما تكون قيمة التيار فى الملف الثانوى 2 A

.....

.....

.....

القدرة عند محطة التوليد وعند مناطق التوزيع



* عند محطة التوليد الكهربية :

– يستخدم المحول الرافع للجهد (خافض للتيار) حتى يتم رفـع الجهـد إلى قيمة عالية عند المحطـة، وبالتالى تقـل قيمـة التيـار المار فى أسلاك التوصيل إلى قيمـة منخفضـة جـدًا ممـا يقلل من الفقد فى القدرة المستهلكة عبر الأسلاك، وتكون :

القدرة المفقودة فى الأسلاك $= I^2_{eff}\ R$ ، **الهبوط فى الجهد** $= I_{eff}\ R$

حيث : (R) مقاومة الأسلاك.

أى أن القدرة المستهلكة فى أسلاك التوصيل تتناسب طرديًا مع مربع شدة التيار.

– يساعد انخفاض شدة التيار الخارج من المحطة على نقله عبر أسلاك رفيعة بدلًا من كابلات سميكة وفى ذلك توفير فى تكاليف النقل.

* **عند مناطق التوزيع :**

يستخدم محول خافض للجهد (رافع للتيار) ليصبح فرق الجهد على الملف الثانوى مناسب لتشغيل الأجهزة الكهربية المستخدمة فى المنازل وتكون :

القدرة عند المستهلك (مناطق التوزيع) = القدرة عند محطة التوليد – القدرة المفقودة فى الأسلاك

$$\text{كفاءة النقل} = \frac{\text{القدرة عند منطقة التوزيع}}{\text{قدرة محطة التوليد}} \times 100$$

مثال

نُقلت قدرة كهربية مقدارها 4×10^5 W من محطة توليد إلى مصنع خلال خط نقل مقاومته 0.5 Ω فإذا كان الجهد عند محطة التوليد 2×10^3 V، **احسب :**

(أ) قيمة التيار فى الخط. (ب) الهبوط فى الجهد.

(جـ) القدرة المفقودة فى الخط.

الحل

$(P_w)_{\text{محطة}} = 4 \times 10^5$ W | R = 0.5 Ω | $V_{(\text{محطة})} = 2 \times 10^3$ V | I = ?

القدرة المفقودة فى الخط = ؟ | الهبوط فى الجهد = ؟

(أ) $I = \frac{(P_w)_{\text{محطة}}}{V_{(\text{محطة})}} = \frac{4 \times 10^5}{2 \times 10^3} = \mathbf{2 \times 10^2\ A}$

(ب) الهبوط فى الجهد $= IR = 2 \times 10^2 \times 0.5 = \mathbf{100\ V}$

(جـ) القدرة المفقودة فى الخط $= I^2R = (2 \times 10^2)^2 \times 0.5 = \mathbf{2 \times 10^4\ W}$

اختبر نفسك

38 **اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :** مجاب عنها

عند نقل قدرة كهربية مقدارها 300 kW من محطة توليد إلى أحد المصانع خلال خط نقل مقاومته 0.8 Ω، فإذا كان الجهد عند المحطة 1200 V، فإن .....

	الهبوط فى الجهد	كفاءة النقل
(أ)	200 V	78.67 %
(ب)	200 V	83.33 %
(جـ)	400 V	78.67 %
(د)	400 V	83.33 %

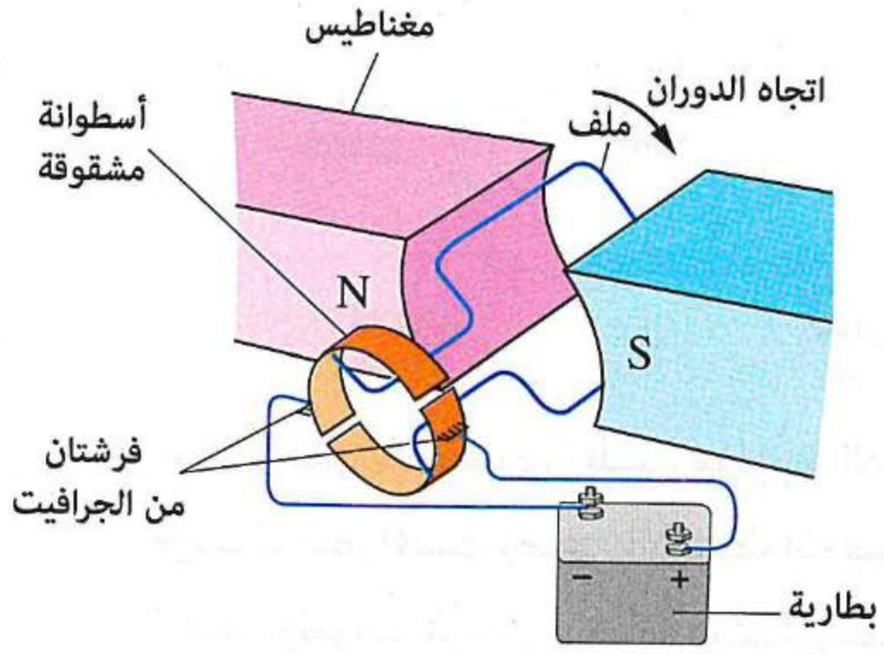
https://t.me/E5_G5

محرك التيار الكهربى المستمر (الموتور) DC Motor

الاستخدام

تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية (حركية).

التركيب



١ قلب من الحديد المطاوع، مكون من أقراص رقيقة معزولة عن بعضها، **للحد** من التيارات الدوامية.

٢ ملف مستطيل، يتكون من عدد كبير من لفات سلك نحاس معزول ملفوف حول القلب الحديدى بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال.

٣ مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس، يدور الملف والقلب الحديدى بين قطبيه.

٤ أسطوانة معدنية مشقوقة بالطول إلى نصفين معزولين عن بعضهما متصلين بطرفى الملف وقابلين للدوران حول نفس محور دوران الملف.

٥ فرشتان من الجرافيت تلامس كل منهما أحد نصفى الأسطوانة المعدنية.

٦ بطارية يوصل قطبيها بالفرشتين عند تشغيل المحرك الكهربى.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

الفكرة

عزم الازدواج الناتج عن مرور تيار كهربى فى ملف قابل للدوران فى مجال مغناطيسى.

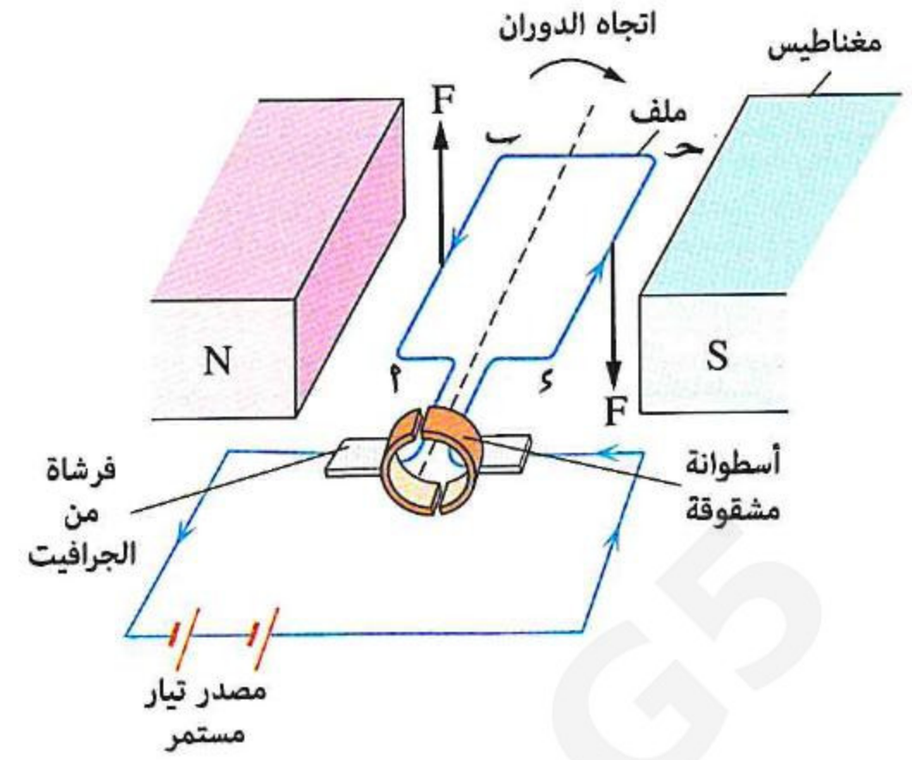
الشرح

عند مرور تيار كهربى فى الملف تتولد على الضلعين الطوليين له قوتان متوازيتان ومتساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه فينشأ عنهما ازدواج كل نصف دورة يدير الملف حول محوره ويغير نصفا الأسطوانة المعدنية موضعيهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دورة، ويترتب على ذلك أن التيار الكهربى المار فى ملف المحرك الكهربى ينعكس اتجاهه فى الملف كل نصف دورة ليصبح عزم الازدواج فى كل لحظة فى اتجاه واحد.

https://t.me/E5_G5

شرح عمل الموتور خلال دورة كاملة

فى النصف الأول من الدورة

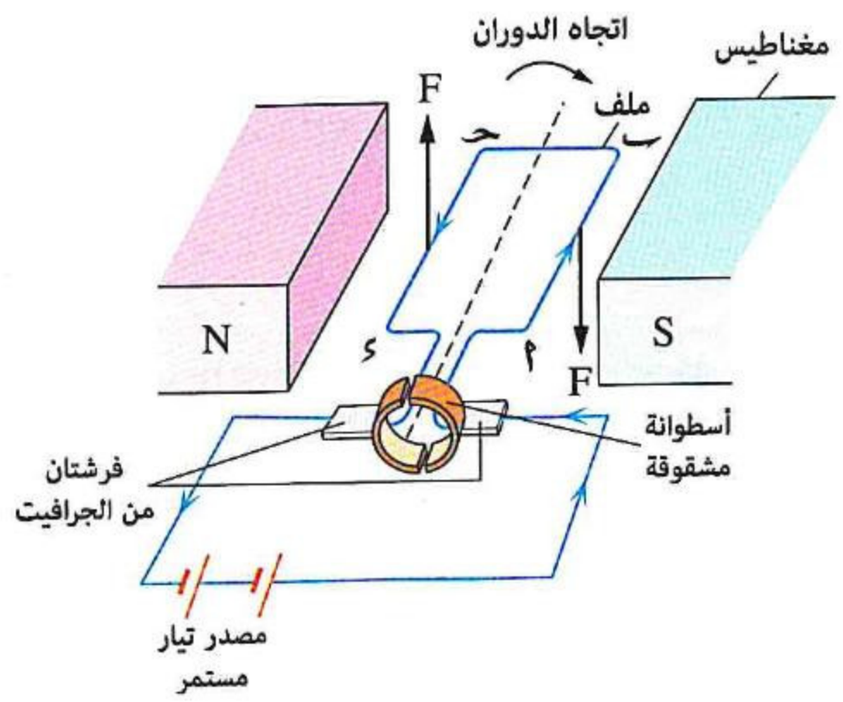


- عندما يكون مستوى الملف موازيًا للفيض تلامس فرشتا الجرافيت نصفى الأسطوانة فيمر تيار فى الملف وتتولد قوتان مغناطيسيتان عموديتان على ضلعى الملف (أ ب ، حـ ء) فى اتجاهين متضادين ينتج عنهما عزم ازدواج يسبب دوران الملف (كما بالشكل).
- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجيًا حتى ينعدم عندما يصبح مستوى الملف عموديًا على الفيض فتلامس الفرشتان المادة العازلة وينقطع التيار إلا أن الملف يستمر فى الدوران.

بسبب

القصور الذاتى ليعبر الوضع العمودى وفى تلك اللحظة يتبدل وضع الأسطوانة بالنسبة للفرشتين وينعكس اتجاه التيار فى الملف ثم يزداد عزم الازدواج تدريجيًا مرة أخرى حتى يصل لقيمته العظمى عندما يصل الملف للوضع الموازى.

فى النصف الثانى من الدورة



- يصبح مستوى الملف موازيًا للفيض مرة أخرى ويكون نصفا الأسطوانة قد تبادلا موضعيهما مع الفرشتين وانعكس اتجاه التيار المار فى الملف ويكون عزم الازدواج قيمة عظمى يعمل على استمرار دوران الملف فى نفس الاتجاه السابق.
- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجيًا حتى ينعدم عندما يكون مستوى الملف عموديًا على خطوط الفيض مرة أخرى ويستمر الملف فى الدوران.

بسبب

القصور الذاتى حتى يكمل دورته ويصبح موازيًا للفيض ويتكرر ذلك كل دورة كاملة للملف.

ملاحظة

*** فكرة عمل المحرك الكهربى هى نفسها فكرة عمل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك، الاختلاف بينهما أن ملف المحرك الكهربى يجب أن يدور باستمرار فى نفس الاتجاه فتصميم المحرك الكهربى يقتضى أن يغير نصفا الأسطوانة المعدنية موضعيهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دورة ويترتب على هذا أن التيار الكهربى المار فى ملف المحرك يعكس اتجاهه فى الملف كل نصف دورة، بينما فى الجلفانومتر يتغير اتجاه عزم الازدواج المؤثر على الملف بتغير اتجاه مرور التيار فى ملفه.**

القوة الدافعة الكهربية العكسية فى الموتور

تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية فى ملف الموتور أثناء دورانه بسبب قطعه لخطوط الفيض المغناطيسى تعمل هذه القوة الدافعة المستحثة على انتظام سرعة دوران الملف.

كيفية زيادة كفاءة دوران المحرك الكهربى

١ استخدام مجموعة من الملفات بينها زوايا صغيرة متساوية مع تقسيم الأسطوانة المعدنية إلى عدد من الأجزاء يساوى ضعف عدد الملفات،
للاحتفاظ بعزم دوران ثابت عند النهاية العظمى حيث يتواجد دائمًا ملف موازيًا للفيض المغناطيسى فيتأثر بأكبر عزم ازدواج وهكذا تدور الملفات بسرعة أكبر.

٢ استخدام مغناطيس على شكل حذاء الفرس مقعر القطبين.

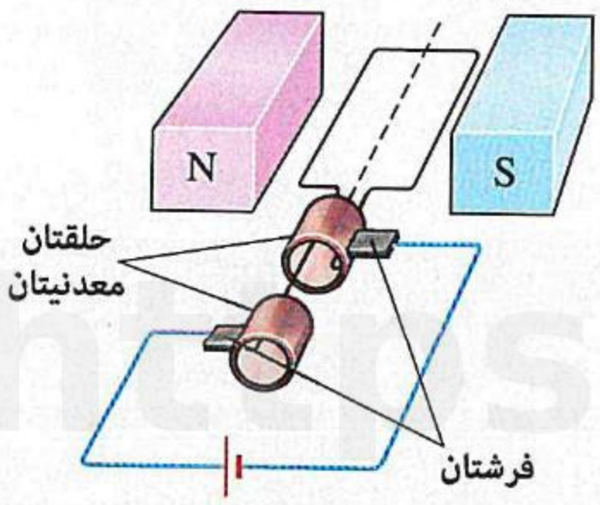
*** العوامل التى تتوقف عليها قدرة الموتور الكهربى :**

هى
١ عدد ملفات الموتور
٢ عدد لفات كل ملف
٣ كثافة الفيض المغناطيسى
٤ شدة التيار المار فى ملف الموتور
٥ مساحة وجه ملف الموتور

ملاحظة

*** فى المحرك الكهربى :**

- إذا وضعت حلقتان معدنيتان بدلًا من الأسطوانة المشقوقة، **فإن** التيار المار فى الملف يظل فى اتجاه واحد **وبالتالى** لا يتغير اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلعين الطويلين، **فيتحرك الملف نصف دورة ثم يعود لموضعه الأول دون إكمال دورة كاملة.**



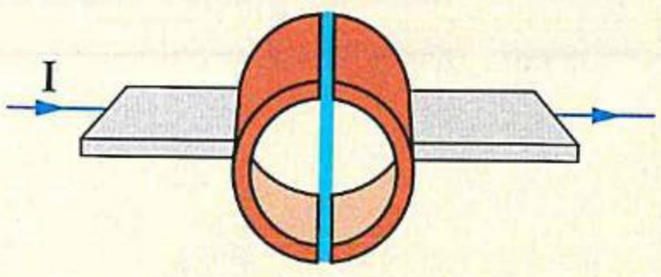
- إذا مُنع ملف المحرك من الدوران قسرًا بالرغم من اتصاله بمصدر جهد مستمر، **فإن** القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية تنعدم **وبالتالى** تكون شدة التيار المار بالملف كبيرة يمكن أن تؤدى إلى تلفه **وذلك لأن** القوة الدافعة الكهربية العكسية المستحثة بالملف تقلل من شدة التيار المار فيه.

اختبر نفسك 39

مجاب عنها

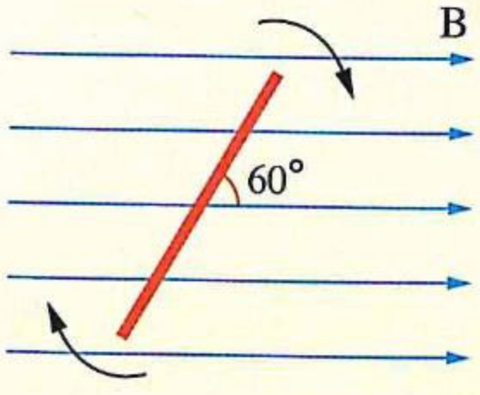
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ الشكل المقابل يمثل أحد أوضاع الأسطوانة المعدنية المشقوقة بالنسبة لفرشتى الجرافيت فى الموتور، فيكون مقدار عزم الازدواج المتولد فى هذا الوضع .....



(أ) قيمة عظمى
(ب) $\frac{1}{2}$ القيمة العظمى
(جـ) $\frac{2}{3}$ القيمة العظمى
(د) صفر

٢ الشكل المقابل يمثل ملف موتور يدور من هذا الوضع مع عقارب الساعة فإن اللحظة التى ينعدم فيها التيار المار فى الملف تكوّن بعد دوران الملف من هذا الوضع زاوية قدرها .....



(أ) 60°
(ب) 90°
(جـ) 120°
(د) 150°

الوحدة الأولى

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل 4

دوائـر التيـار المتـردد

الدرس الأول | دوائـر التيـار المتـردد.

الدرس الثانى | تابع دوائـر التيـار المتـردد.

الدرس الثالث | • الدائـرة المهتـزة. • دائـرة الرنيـن.

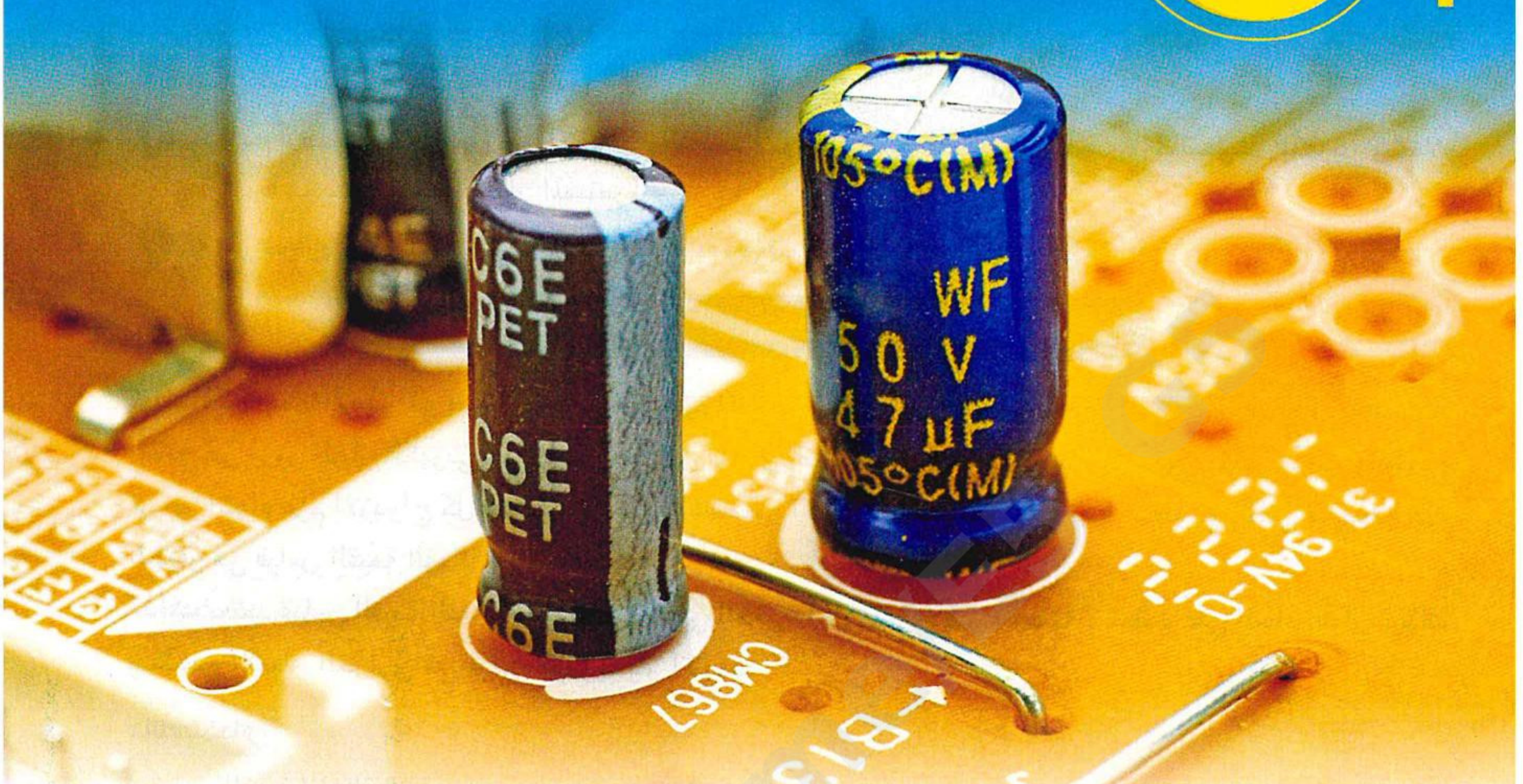


https://t.me/E5_GB

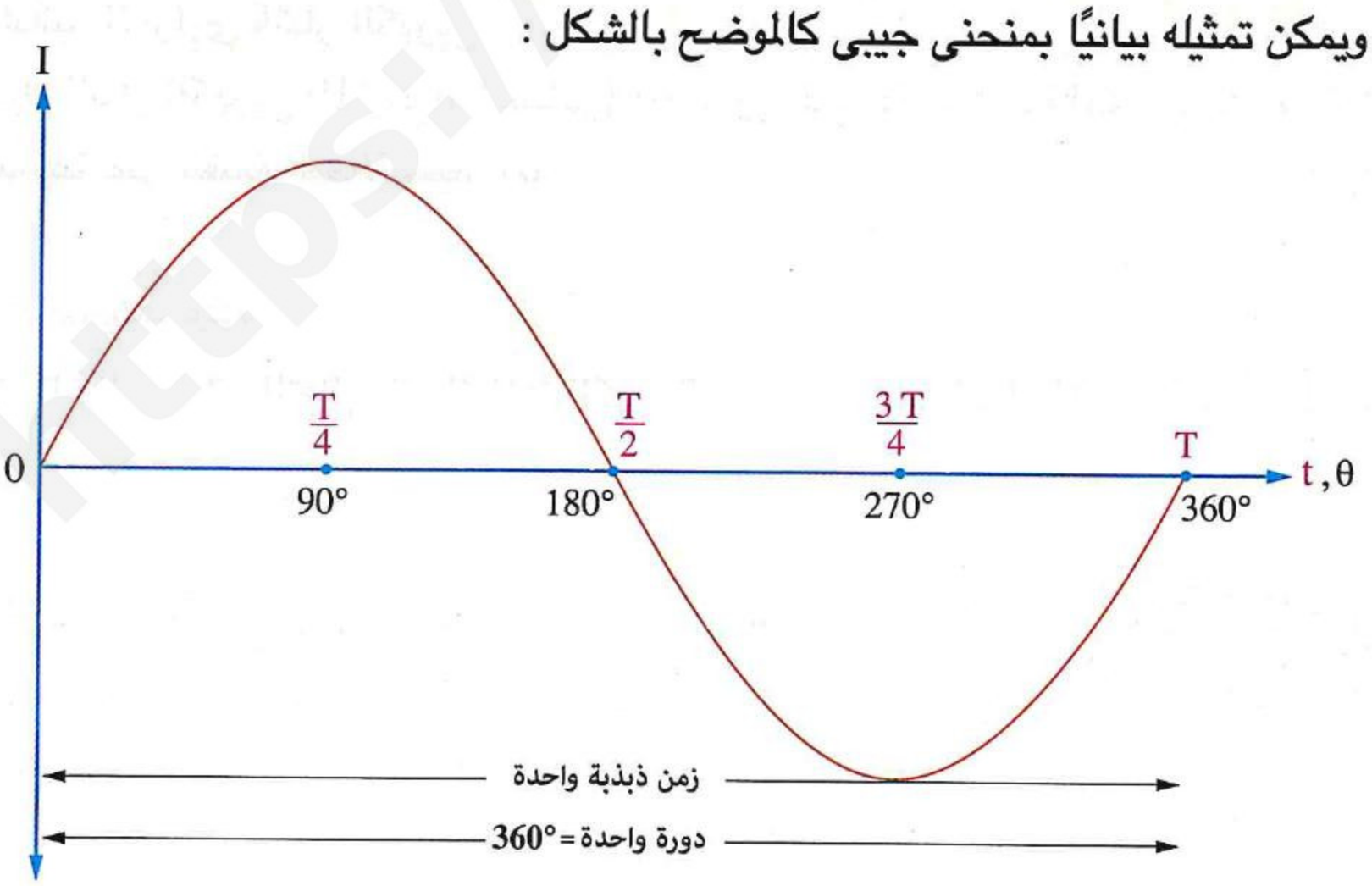
الفصل 4

الدرس الأول

دوائر التيار المتردد



* درسنا فى الفصل السابق كيفية استخدام الدينامو للحصول على تيار متردد يتغير كل من قيمته واتجاهه دوريًا مع مرور الزمن، ويمكن تمثيله بيانيًا بمنحنى جيبى كالموضح بالشكل :



أى أن قيمة واتجاه كل من التيار المتردد والقوة الدافعة الكهربية تتغير تبعًا للعلاقتين :

$$I = I_{max} \sin \theta \quad , \quad V = V_{max} \sin \theta$$

خصائص التيار المتردد

١ يمكن رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربية للتيار المتردد حسب الحاجة وذلك باستخدام المحولات الكهربية.

٢ يمكن نقل الطاقة الكهربية لمسافات بعيدة من مصادر التوليد إلى أماكن الاستهلاك عبر الأسلاك دون فقد يذكر فى الطاقة الكهربية وذلك بعد رفع جهدها باستخدام المحولات.

٣ يمكن تحويله لتيار مستمر (تقويمه).

٤ يصلح لبعض الأغراض مثل الإضاءة والتسخين ولكنه لا يصلح لأغراض أخرى كالتحليل الكهربى والطلاء بالكهرباء حيث يستخدم التيار المستمر.

٥ له أثر حرارى عند مروره فى مقاومة أومية ولا يتوقف هذا الأثر على اتجاه التيار.

الأميتر الحرارى Hot Wire Ammeter

تعتمد فكرة عمل الأميتر ذو الملف المتحرك على عزم الازدواج المؤثر على ملفه والناشئ عن المجال المغناطيسى المنتظم الناتج عن مرور التيار الكهربى فى الملف وحيث إن المجال الناشئ عن مرور التيار المتردد يكون متغير الشدة والاتجاه فيتغير اتجاه عزم الازدواج كل نصف دورة ويمنع القصور الذاتى للملف الاستجابة لهذا التغير، وبالتالى لا يصلح هذا الجهاز فى قياس القيمة الفعالة للتيار المتردد،

لذلك يعتمد قياس القيمة الفعالة للتيار المتردد على التأثير الحرارى له وهى خاصية لا تعتمد على اتجاه التيار، ولذلك يستخدم الأميتر الحرارى فى قياس قيمة التيار المتردد.

الاستخدام

قياس القيمة الفعالة للتيار المتردد وقياس شدة التيار المستمر.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

- **الفكرة** : التأثير الحرارى للتيار الكهربى.
- **الشرح** : يولد التيار الكهربى (المتردد أو المستمر) عند مروره فى مقاومة أومية لفترة زمنية معينة كمية من الحرارة يتوقف مقدارها على القيمة الفعالة للتيار المار.

التوصيل فى الدائرة الكهربية

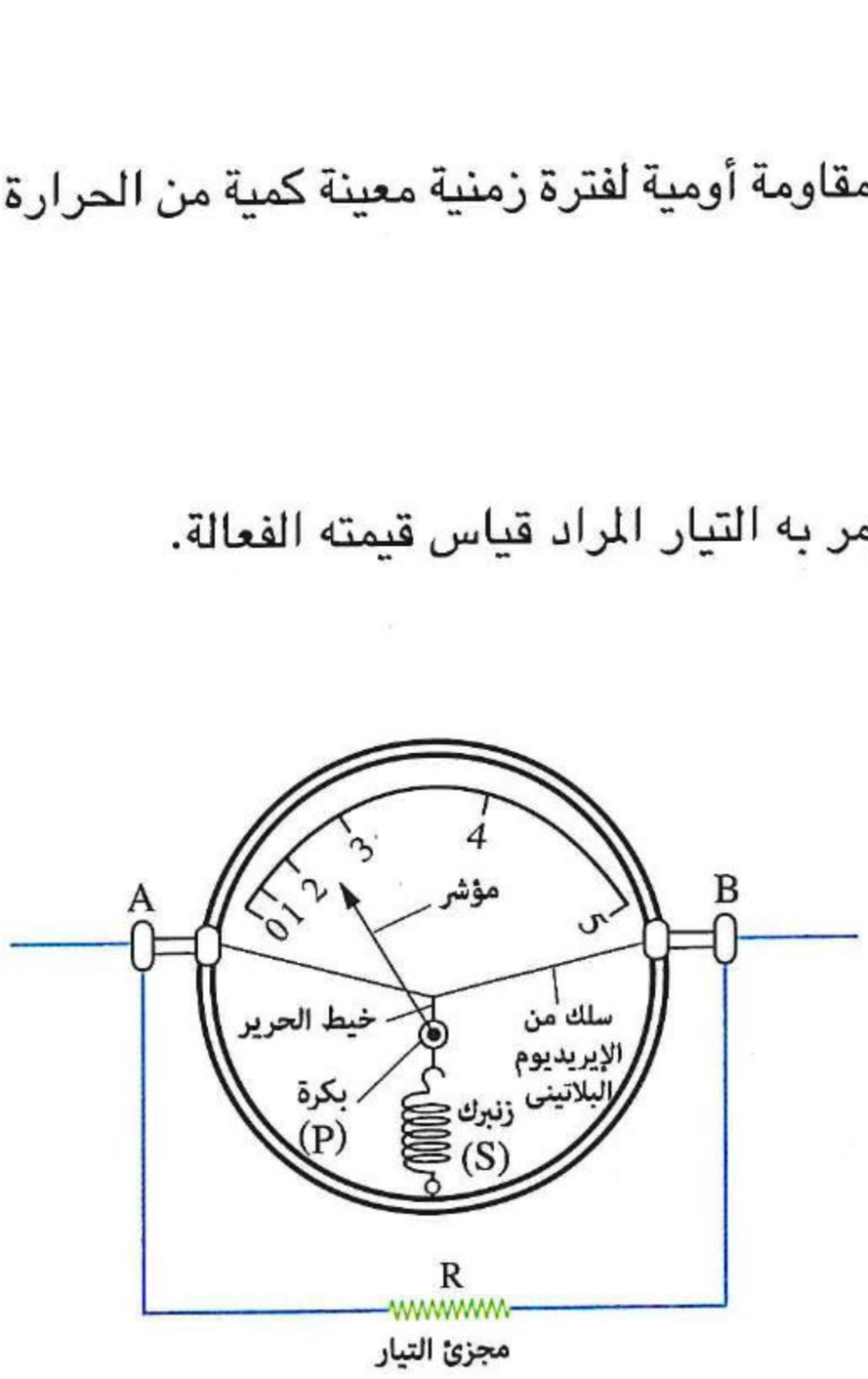
يوصل الأميتر الحرارى على التوالى فى الدائرة الكهربية، **حتى** يمر به التيار المراد قياس قيمته الفعالة.

التركيب

١ مسمارين A ، B يشد بينهما سلك رفيع ويصنع هذا السلك من سبيكة الإيريديوم والبلاتين **حتى** يسخن السلك ويتمدد بمقدار محسوس عند مرور تيار كهربى فيه.

٢ يتصل السلك من منتصفه بطرف خيط حرير يلف لفة واحدة حول بكرة (P).

٣ يشد الخيط الحريرى بواسطة زنبرك (S) مثبت من طرفه الآخر فى جدار الجهاز بحيث يكون الخيط الحريرى مشدود دائمًا.



٤ يثبت على البكرة مؤشر يتحرك طرفه على تدريج غير منتظم لقياس القيمة الفعالة للتيار.

٥ يوصل سلك الإيريديوم البلاتينى على التوازى بمقاومة R صغيرة جدًا، **حتى** تعمل كمجزئ للتيار فيمر بسلك الإيريديوم البلاتينى تيار كهربى مناسب مما يسمح بزيادة مدى الجهاز والتقليل من المقاومة الكلية للأميتر، وبالتالى لا تؤثر على المقاومة الكلية للدائرة أو القيمة الفعالة للتيار المار بها عند توصيل الجهاز فى الدائرة.

شرح العمل

١ عند مرور التيار الكهربى المراد قياس قيمته الفعالة فى سلك الإيريديوم البلاتينى تتولد فيه كمية من الحرارة فيسخن السلك ويتمدد ويرتخى.

٢ يقوم خيط الحرير بشد السلك فتدور البكرة ويتحرك المؤشر على التدريج.

٣ تؤخذ قراءة التدريج عند ثبات المؤشر وذلك عندما تتساوى كمية الحرارة المتولدة فى السلك فى زمن معين مع كمية الحرارة المفقودة منه فى نفس الزمن فتثبت درجة حرارته ويقف تمدده فيثبت المؤشر على قراءة تعبر عن القيمة الفعالة للتيار المتردد.

٤ عند قطع التيار عن الدائرة يبرد السلك تدريجيًا وينكمش فيجذب خيط الحرير ليعود المؤشر ببطء لصفر التدريج.

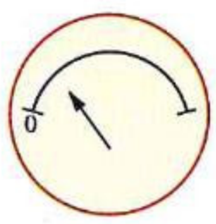
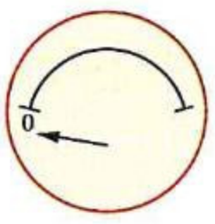
العيوب

١ عند مرور تيار كهربى فى الجهاز يتحرك مؤشره ببطء حتى يثبت وعند قطع التيار عنه يعود إلى الصفر ببطء.

٢ يتأثر سلك الإيريديوم البلاتينى بحرارة الجو ارتفاعًا وانخفاضًا وذلك يسبب خطأ فى دلالة الأميتر يسمى الخطأ الصفرى، فإذا تمت معايرة الأميتر الحرارى عند درجة حرارة t_o ليكون المؤشر عند صفر التدريج، ثم :

ارتفعت درجة الحرارة عن t_o $(t > t_o)$	انخفضت درجة الحرارة عن t_o $(t < t_o)$

فإنه عند عدم مرور تيار كهربى فى الأميتر الحرارى يشير المؤشر إلى

قيمة ما أكبر من الصفر	ما قبل صفر التدريج
	

وللتغلب على هذا العيب

يشد سلك الإيريديوم البلاتينى على لوحة من مادة لها نفس معامل تمدد مادة السلك مع عزله عنها.

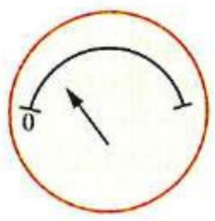
https://t.me/E5_G5

ملاحظة

* إذا تم شد سلك الإيريديوم البلاتينى على لوحة معامل التمدد الحرارى لمادتها :

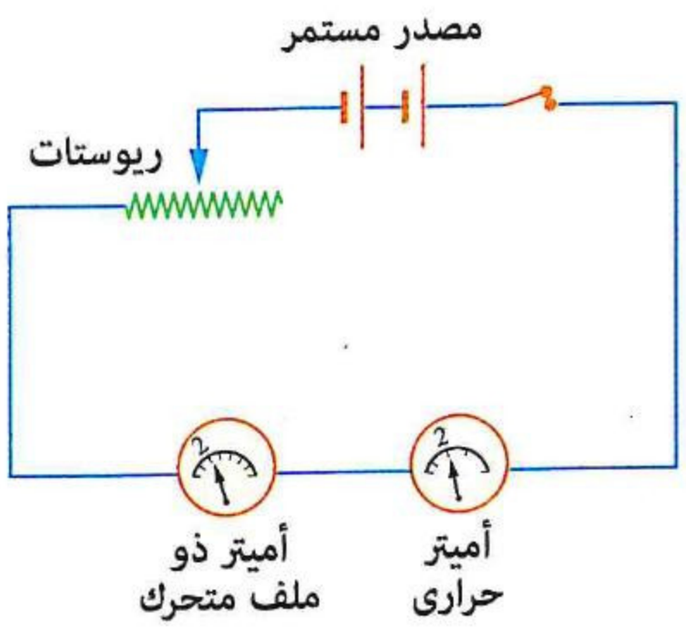
أكبر من معامل التمدد الحرارى لسلك الإيريديوم البلاتينى	أقل من معامل التمدد الحرارى لسلك الإيريديوم البلاتينى

فإنه عند عدم مرور تيار كهربى فى الأميتر الحرارى ومع ارتفاع درجة الحرارة فإن المؤشر يشير إلى

ما قبل صفر التدريج	قيمة ما على التدريج
	

طريقة المعايرة

يمكـن معايرة الأميتر الحرارى عن طريق توصيله بمصدر تيار مسـتمر وريوستات وأميتر ذو ملف متحرك كما بالشكل المقابل، بحيث :



١ عندما يمر تيار معين فى الدائرة فإن مؤشر كل من الأميتر الحرارى والأميتر ذو الملف المتحرك يشـير إلى قيمة هذا التيار، تؤخذ قراءة مؤشـر الأميتر ذو الملف المتحرك وتُسـجل على الموضع الذى يشير إليه مؤشر الأميتر الحرارى.

٢ تكـرر العمليـة السـابقة لقيم مختلفة لشـدة التيـار وذلك من خلال تغييـر المقاومـة المأخـوذة مـن الريوسـتات حتـى يكتمـل تدريـج الأميتر الحرارى.

ملاحظة

* **تدريـج الأميـتر الحـرارى غـير منتظـم وأقسـامه ليسـت متسـاوية بـل يـزداد اتسـاعها كلمـا زادت شـدة التيـار،**

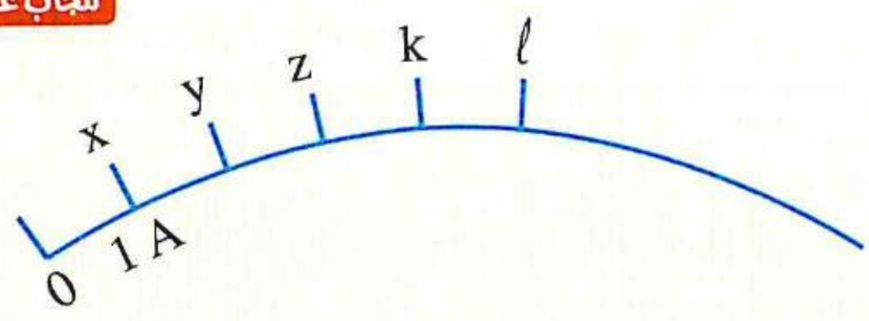
لأن كمية الحرارة المتولدة فى السلك خلال زمن معين تتناسب طرديًا مع مربع شدة التيار المار به (I^2).

اختبر نفسك

40 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

مجاب عنها

الشكـل المقابـل يوضح أقسام متساوية على تدريج أميتر حرارى إذا كانت القيمة 1 A عند الموضع x، أين يتم وضع القيمة 2 A على تدريج الأميتر ؟



(أ) عند الموضع y

(ب) عند الموضع z

(جـ) عند الموضع k

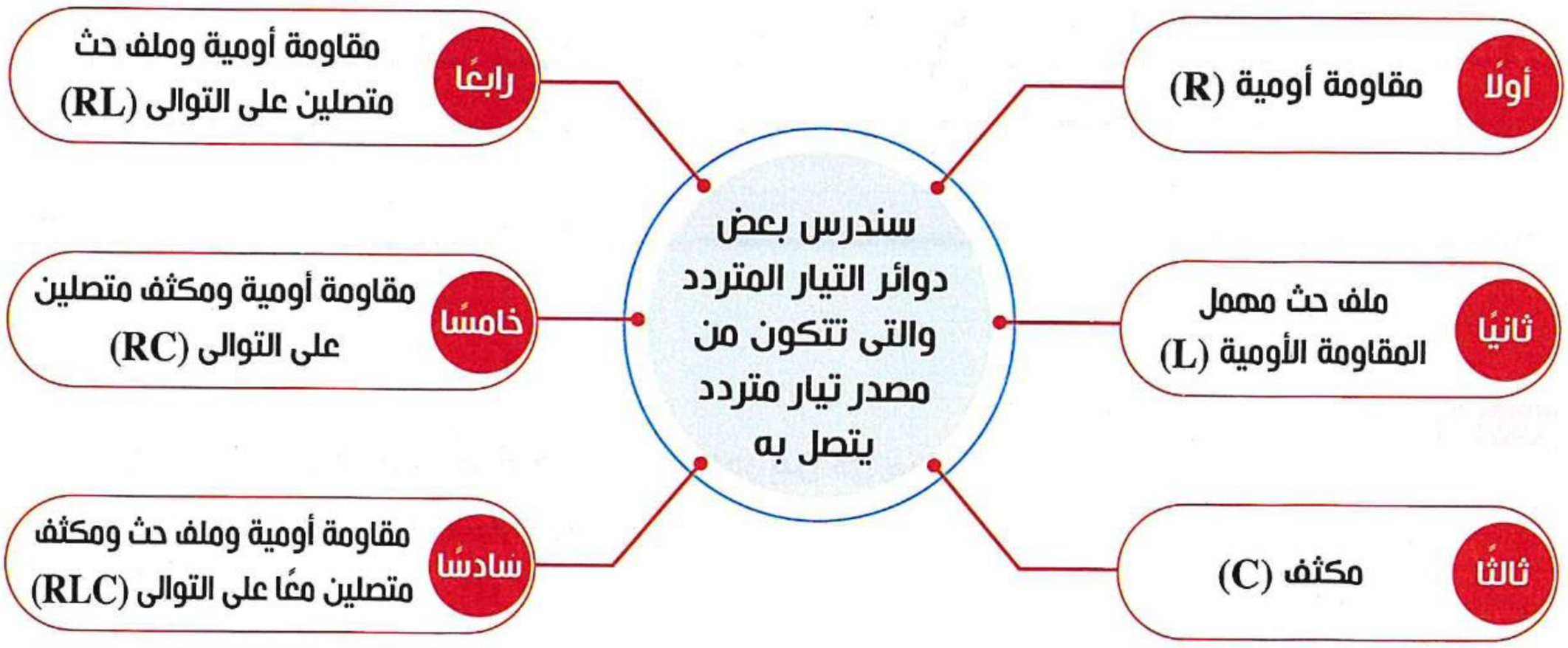
(د) عند الموضع ℓ

https://t.me/E5_G5

* مما سبق يمكن المقارنة بين الأميتر الحرارى والأميتر ذو الملف المتحرك كالتالى :

	الأميتر الحرارى	الأميتر ذو الملف المتحرك
فكرة العمل (سبب حركة المؤشر على التدريج)	التأثير الحرارى للتيار الكهربى (تمدد سلك الإيريديوم البلاتينى نتيجة مرور التيار الكهربى فيه)	التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى (عزم الازدواج المؤثر على ملف موضوع فى مجال مغناطيسى عند مرور تيار كهربى فيه)
الاستخدام	قياس شدة التيار المستمر والقيمة الفعالة للتيار المتردد	قياس شدة التيار المستمر فقط
التدريج	غير منتظم	منتظم
التأثر بدرجة حرارة الجو	تتأثر قراءته بشكل ملحوظ بدرجة حرارة الجو المحيط	لا تتأثر قراءته بشكل ملحوظ بدرجة حرارة الجو المحيط
حركة المؤشر	يتحرك ببطء عند إمرار التيار أو عند انقطاعه	يتحرك بسرعة عند إمرار التيار أو عند انقطاعه
شرط اتزان المؤشر	كمية الحرارة المتولدة فى السلك فى زمن معين = كمية الحرارة المفقودة منه فى نفس الزمن	عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف الجلفانومتر = عزم اللىَّ المتولد على الملفين الزنبركيين

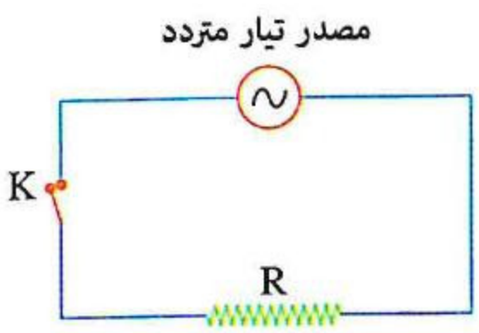
دوائر التيار المتردد (AC Circuits)



https://t.me/E5_G5

أولًا دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية (R)

* عند توصيل مقاومة أومية عديمة الحث ومصدر تيار متردد ومفتاح على التوالى كما بالشكل المقابل فإنه :



– عند غلق الدائرة يكون فرق الجهد بين طرفى المقاومة (R) :

$$V = V_{max} \sin\theta = V_{max} \sin \omega t \quad (1)$$

حيث : (V) القيمة اللحظية لفرق الجهد، (V_{max}) القيمة العظمى لفرق الجهد، (θ) زاوية الطور ($\theta = \omega t$)، (ω) السرعة الزاوية ($\omega = 2\pi f$).

– طبقًا لقانون أوم تتعين القيمة اللحظية للتيار من العلاقة :

$$I = \frac{V}{R}$$

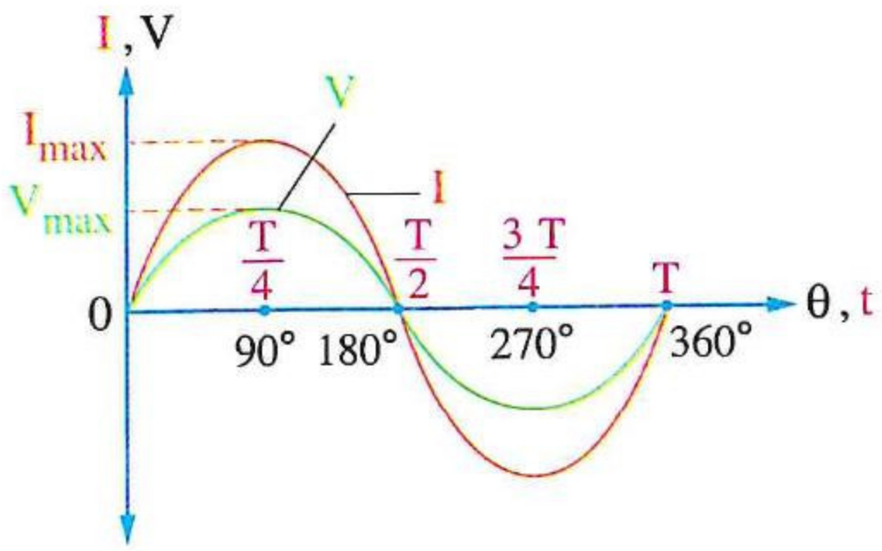
$$\therefore I = \frac{V_{max}}{R} \sin \omega t$$

$$\therefore I = I_{max} \sin \omega t \quad (2)$$

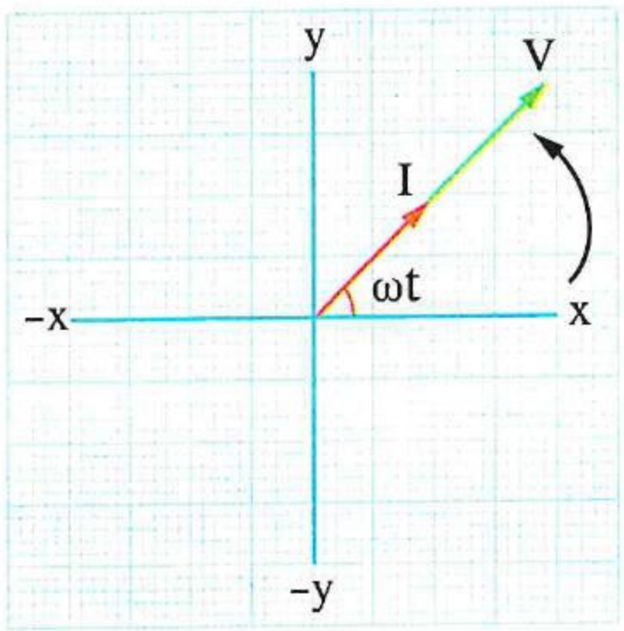
بمقارنة المعادلتين (1) ، (2) نجد أن :

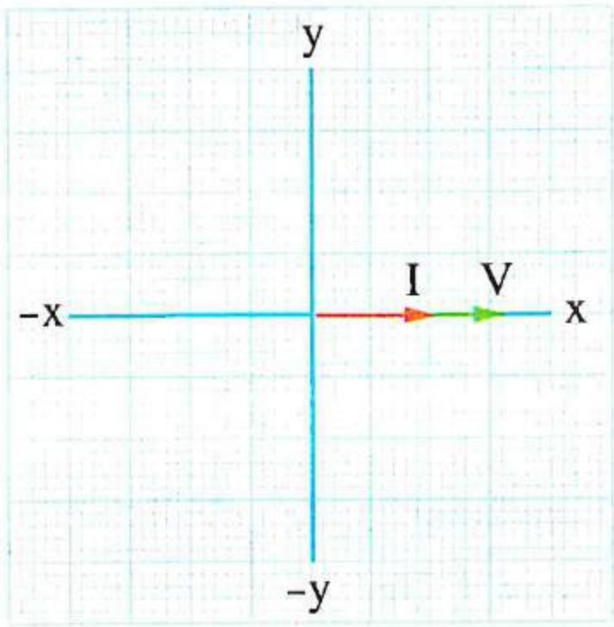
فرق الجهد والتيار فى مقاومة أومية عديمة الحث تزداد قيمتهما معًا حتى يصلا إلى القيمة العظمى ثم يهبطان للصفر معًا،

أى أن الجهد والتيار متفقان فى الطور كما هو موضح بالشكل البيانى المقابل.



* يمكن تمثيل التيار وفرق الجهد فى مقاومة عديمة الحث بمتجهين لهما نفس الاتجاه كما فى الشكلين التاليين :

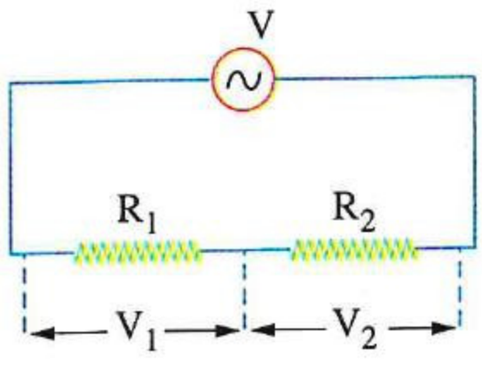




41 اختبر نفسك

مجاب عنها

فى الدائرة الكهربية المقابلة، **ما قيمة زاوية الطور بين كل من :**



١ فرق الجهد الكلى (V) والتيار (I) ؟

٢ فرق الجهد (V_1) والتيار (I) ؟

٣ فرق الجهد (V_2) والتيار (I) ؟

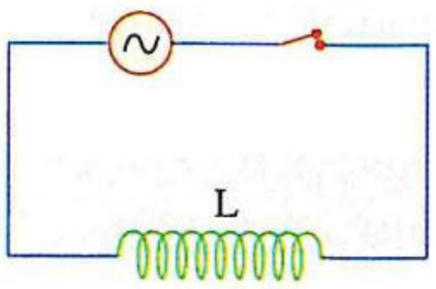
.....

.....

.....

https://t.me/E5_G5

ثانيًا دائرة تيار متردد تحتوى على ملف حث (L) مهمل المقاومة الأومية



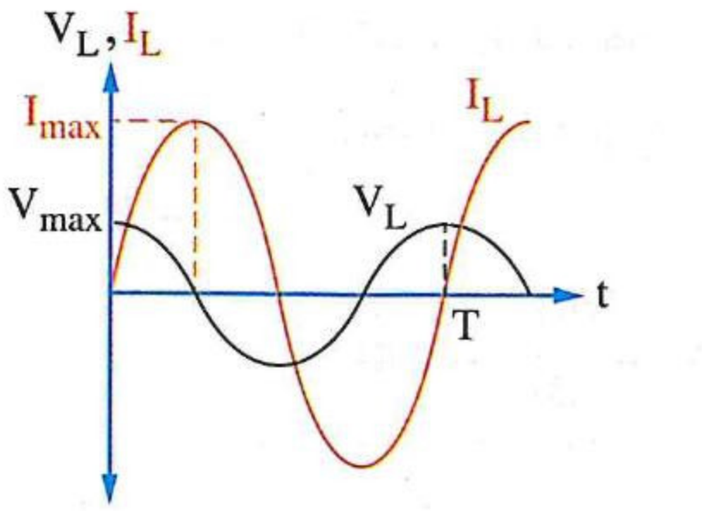
* عند توصيل ملف حث معامل حثه الذاتى L ومصدر تيار متردد ومفتاح على التوالى كما بالشكل، يتولد فى الملف قوة دافعة كهربية عكسية مستحثة مقدارها $\left(L\frac{\Delta I_L}{\Delta t}\right)$ تقاوم التغير فى شدة التيار المسبب لها ويكون ترددها مساو لتردد المصدر واتجاهها معاكس لاتجاه القوة الدافعة الكهربية للمصدر، وبتطبيق قانون كيرشوف الثانى، فإن :

$$V_{(\text{مصدر})} - L\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = IR$$

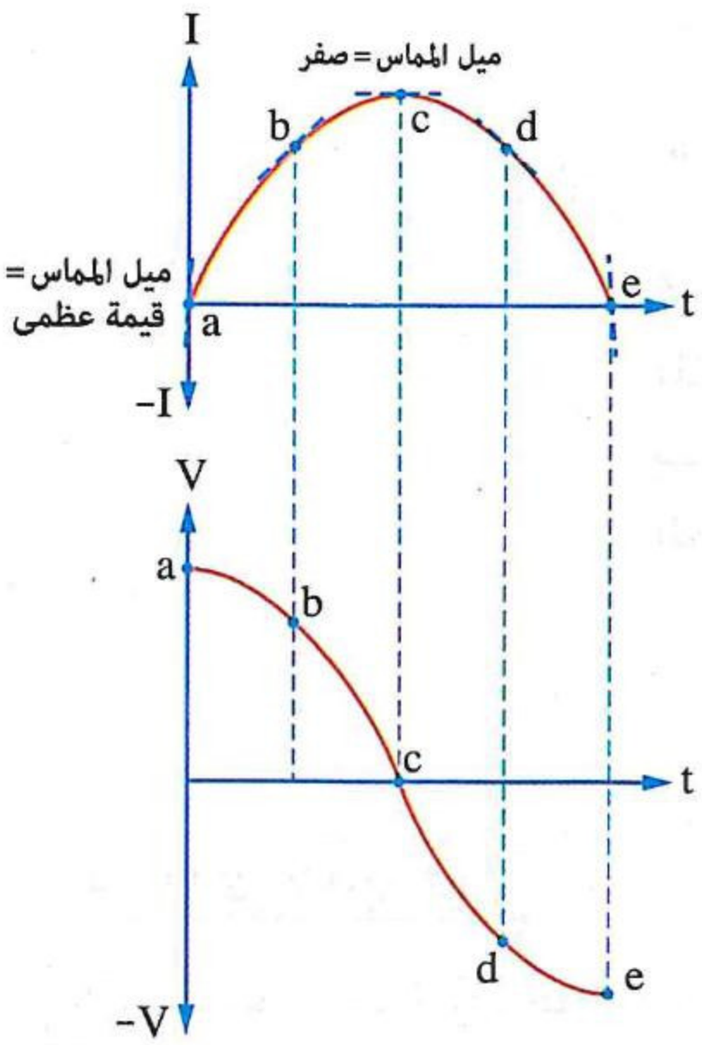
وبإهمال المقاومة الأومية بالدائرة، فإن :

$$V_{(\text{مصدر})} = V_L = L\frac{\Delta I_L}{\Delta t}$$

وتبعًا للعلاقة $(I_L = I_{max}\sin\omega t)$ فإن قيمة التيار تتغير مع الزمن على صورة منحنى جيبى كما بالشكل، ويمثل $\left(\frac{\Delta I_L}{\Delta t}\right)$ ميل المماس لهذا المنحنى عند أى نقطة حيث :



١ عندما تكون قيمة التيار (I_L) مساوية للصفر تكون قيمة هذا الميل نهاية عظمى وبذلك تكون قيمة فرق الجهد (V_L) نهاية عظمى.



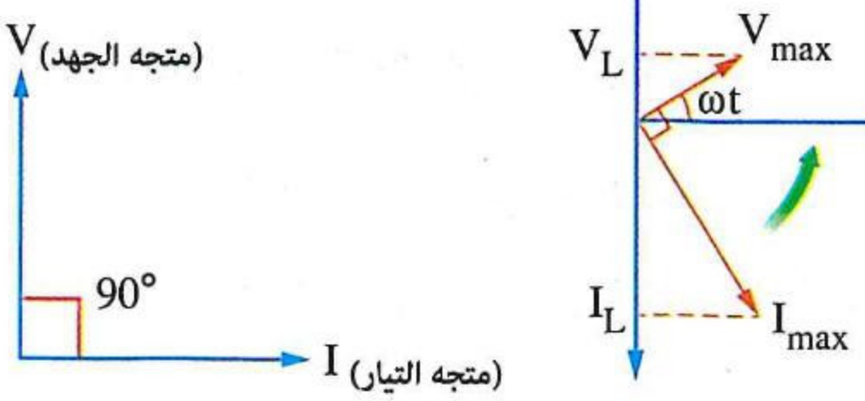
٢ بزيادة قيمة التيار تقل قيمة الميل تدريجيًا وتقل قيمة فرق الجهد حتى تصل قيمة التيار إلى القيمة العظمى فتنعدم قيمة الميل وبذلك تكون قيمة فرق الجهد مساوية للصفر.

٣ عندما تقل قيمة التيار تصبح قيمة الميل مقدارًا سالبًا وتزداد تدريجيًا فتزداد قيمة فرق الجهد فى الاتجاه السالب حتى تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل قيمة التيار للصفر.

* مما سبق يتضح أن التيار يتأخر عن الجهد فى الطور بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة أى بزاوية $90°$ بسبب الحث الذاتى للملف،

أى أن قيمة التيار المار فى الملف عند أى لحظة تتعين من العلاقة : $I = I_{max}\sin\omega t$

ويتعين فرق الجهد بين طرفى الملف فى نفس اللحظة من العلاقة : $V = V_{max}\sin(\omega t + 90)$



المفاعلة الحثية (X_L)

المانعة التى يلقاها التيار المتردد فى الملف بسبب حثه الذاتى.

المفاعلة الحثية

* تُسبب القوة الدافعة الكهربية العكسية المستحثة بالحث الذاتى فى الملف مهمل المقاومة الأومية نوعًا من المانعة لمرور التيار الأصلى تسمى المفاعلة الحثية (X_L).

* تتعين المفاعلة الحثية من العلاقة :

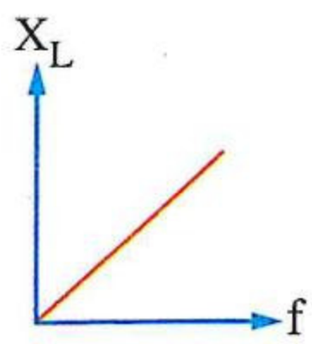
$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

تقاس المفاعلة الحثية بوحدة	الأوم (Ω)

العوامل التى تتوقف عليها المفاعلة الحثية لملف حث

١ تردد التيار :

المفاعلة الحثية لملف حث تتناسب **طرديًا** مع تردد التيار.

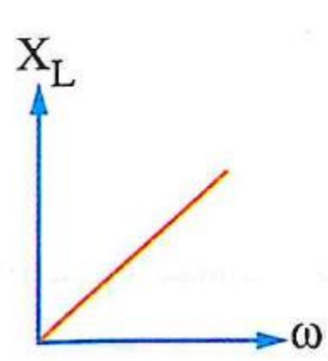


$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta f} = 2\pi L$$

أو

السرعة الزاوية :

المفاعلة الحثية لملف حث تتناسب **طرديًا** مع السرعة الزاوية.

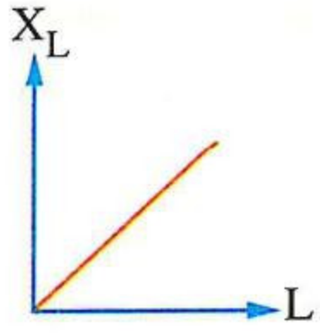


$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta \omega} = L$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

٢ معامل الحث الذاتى للملف :

المفاعلة الحثية لملف حث تتناسب **طرديًا** مع معامل الحث الذاتى للملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta L} = \omega = 2\pi f$$

مما سبق نستنتج أن :

- **قيمة التيار المتردد المار فى ملف حث مهمل المقاومة تتعين من العلاقة :**

$$I = \frac{V_L}{X_L}$$

- **قيمة المفاعلة الحثية (X_L) لا تعتمد على قيمة كل من فرق الجهد بين طرفى الملف (V_L) وقيمة التيار المار به (I).**
- **عند الترددات العالية جدًا يكاد ينعدم مرور التيار المتردد فى ملف الحث ،**

لأن المفاعلة الحثية للملف (X_L) تتناسب طرديًا مع تردد التيار تبعًا للعلاقة ($X_L = 2\pi f L$) ولذلك عند الترددات العالية جدًا تصبح قيمة X_L كبيرة جدًا فتقل قيمة التيار جدًا وتعتبر الدائرة مفتوحة.

- **المفاعلة الحثية لملف يمر به تيار مستمر تساوى صفر ،**

لأن التيار المستمر ثابت الشدة وموحد الاتجاه فيكون تردده مساويًا للصفر ($f = 0$) وتبعًا للعلاقة ($X_L = 2\pi f L$) تصبح قيمة المفاعلة الحثية مساوية للصفر.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GE

ملاحظات

* عنـد توصيـل دينامو تيار متردد مقاومته الأومية مهملة بملف حث عـديم المقاومة الأومية وتغيير تردد ملف الدينامو فإن القيمة العظمى للتيار لا تتغير لأنها لا تعتمد على تردد دوران ملف الدينامو حيث إنها تحسب من العلاقة :

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_L} = \frac{NBA\omega}{\omega L} = \frac{NBA}{L}$$

* تختلف المفاعلة الحثية عن المقاومة الأومية فى الآتى :

– المفاعلة الحثية لملف مهمل المقاومة لا تسبب فقد فى الطاقة الكهربية،

لأن الممانعة لمرور التيار تكون بواسـطة القوة الدافعة الكهربية المسـتحثة العكسـية المتولدة فى الملف ويقوم الملف بتخزين الطاقة الكهربية على صورة مجال مغناطيسى ثم يعيد إعطائها للمصدر دون فقد فى الطاقة.

– المقاومة الأومية لملف تسبب فقد فى الطاقة الكهربية فى صورة طاقة حرارية.

* تتعين قيمة معامل الحث الذاتى (L) لملف لولبى من العلاقة :

$$L = \frac{\mu AN^2}{\ell}$$

مثـال ١

اختر : ملف حثه الذاتى 700 mH مهمل المقاومة الأومية وُصل بمصدر متردد قوته الدافعة 200 V وتردده 50 Hz، فإن قيمة التيار المار فى الملف تساوى .....

أ) 0.33 A　　ب) 0.91 A　　جـ) 1.51 A　　د) 1.81 A

الحـــل

$L = 700 \times 10^{-3}$ H　　V = 200 V　　f = 50 Hz　　**I = ?**

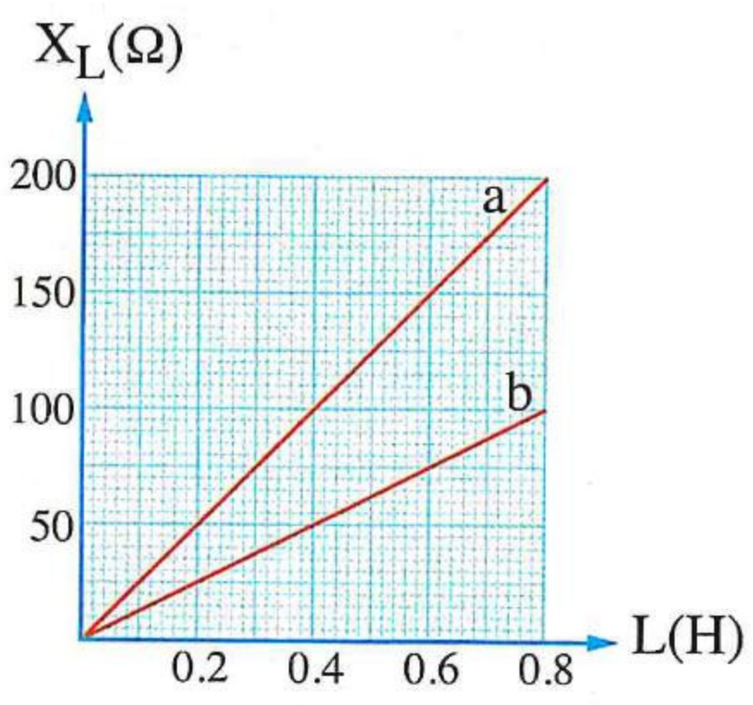
$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 700 \times 10^{-3} = 220\ \Omega$$

$$\mathbf{I = \frac{V}{X_L} = \frac{200}{220} = 0.91\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو ب

مثـال ٢

اختر : ملفـان لولبيـان a ، b يمكن تغيير معامـل الحث الذاتى لهما ويتصـل كل منهمـا علـى حـدة بدينامـو تيار متـردد تـردده الزاوى ω_1 ، ω_2 علـى الترتيـب، والشـكل البيانـى المقابل يمثـل العلاقة بين المفاعلـة الحثية (X_L) لكل من الملفـين ومعامل الحث الذاتى (L) لكل منهما، فإن النسبة $\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)$ تساوى .....



أ) $\frac{1}{2}$　　ب) $\frac{1}{1}$

جـ) $\frac{2}{1}$　　د) $\frac{4}{1}$

الحـــل

$$(slope)_a = \frac{\Delta(X_L)_a}{\Delta L_a} = \frac{200-0}{0.8-0} = 250 \text{ rad/s}$$

$$(slope)_b = \frac{\Delta(X_L)_b}{\Delta L_b} = \frac{100-0}{0.8-0} = 125 \text{ rad/s}$$

$\because X_L = \omega L$ $\quad\quad$ $\therefore \omega = slope$

$$\therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{(slope)_a}{(slope)_b} = \frac{250}{125} = \frac{2}{1}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٣

اختر: ملـف حـث مهمل المقاومة الأوميـة طوله $25\,\pi$ cm يتكون من 5000 لفة مسـاحة مقطع كل منها $10\ cm^2$، متصـل بدينامـو تيار متردد عديم المقاومة الأومية ويدور ملفه بمعدل 50 دورة/ث، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربية العظمى لملف الدينامو $150\sqrt{2}$ V، فإن القيمة الفعالة للتيار المار فى دائرة الملف تساوى .....

(علمًا بأن : $\mu = 4\,\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m)

(أ) 11.93 A $\quad$ (ب) 16.88 A $\quad$ (جـ) 37.5 A $\quad$ (د) 53.03 A

الحـــل

$\ell = 25\,\pi$ cm | N = 5000 | $A = 10\ cm^2$ | f = 50 Hz | $V_{max} = 150\sqrt{2}$ V | $\mu = 4\,\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m | $I_{eff} = ?$

$$L = \frac{\mu A N^2}{\ell} = \frac{4\,\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 10^{-4} \times (5000)^2}{25\,\pi \times 10^{-2}} = 0.04 \text{ H}$$

$$X_L = 2\,\pi f L = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.04 = 12.57\ \Omega$$

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{150\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 150 \text{ V} \quad , \quad I_{eff} = \frac{V_{eff}}{X_L} = \frac{150}{12.57} = \mathbf{11.93\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٤

اختر: ملفـان لولبيـان a ، b طولهما ℓ ، 2ℓ ومسـاحة مقطعيهمـا A ، $\frac{1}{2}$ A وعدد لفاتهما N ، 2 N على الترتيب وقلبهما هوائى، فإن النسبة بين معاملى الحث الذاتى للملفين $\left(\frac{L_a}{L_b}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{1}{4}$ $\quad$ (ب) $\frac{1}{2}$ $\quad$ (جـ) $\frac{1}{1}$ $\quad$ (د) $\frac{2}{1}$

الحـــل

$\ell_a = \ell$ $\ell_b = 2\ell$ $A_a = A$ $A_b = \frac{1}{2}A$

$N_a = N$ $N_b = 2N$ $\frac{L_a}{L_b} = ?$

$\because L = \frac{\mu A N^2}{\ell}$

$\therefore \frac{L_a}{L_b} = \frac{A_a}{A_b} \times \frac{N_a^2}{N_b^2} \times \frac{\ell_b}{\ell_a} = \frac{A}{\frac{1}{2}A} \times \frac{N^2}{(2N)^2} \times \frac{2\ell}{\ell} = \frac{1}{1}$

∵ الملفان قلبهما هوائى.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

42 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) ملف حث عديم المقاومة الأومية وُصل بطرفى مصدر تيار متردد وكان فرق الجهد اللحظى بين طرفى الملف يُعطى من العلاقة $V = 30 \sin(120\pi t)$، فإذا كانت القيمة العظمى للتيار الذى يمر فى الدائرة 5 A ، فإن معامل الحث الذاتى للملف يساوى تقريبًا .....

(أ) 0.016 H (ب) 0.032 H (جـ) 0.043 H (د) 0.064 H

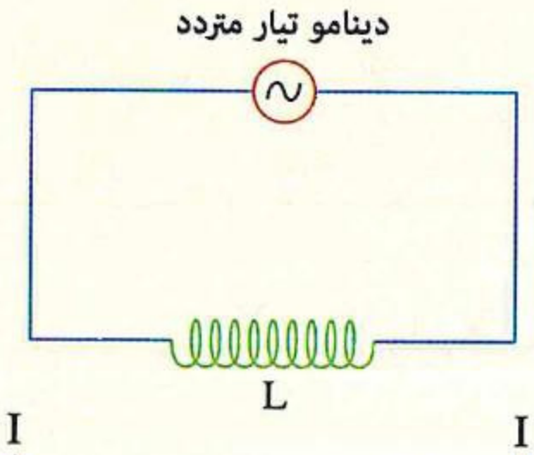
---

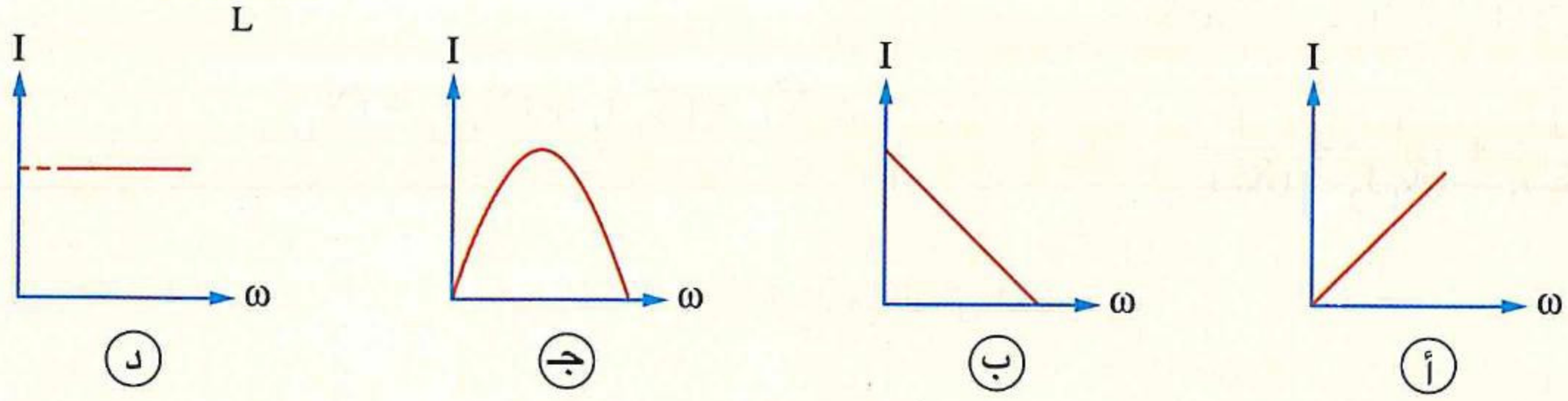
(٢) إذا زاد عدد لفات ملف حث متصل بمصدر تيار متردد مع ثبوت طول الملف ومساحة وجهه فإن مفاعلته الحثية .....

(أ) تزداد (ب) تقل (جـ) تبقى كما هى (د) تنعدم

---

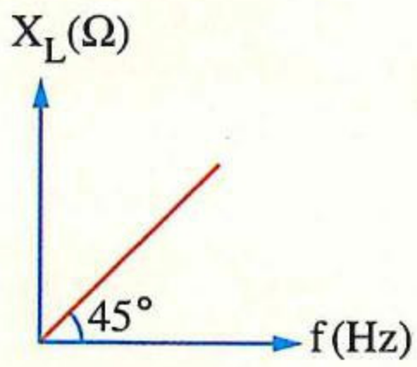
(٣) الشكل المقابل يمثل ملف حث مهمل المقاومة الأومية متصل بدينامو تيار متردد يمكن تغيير سرعة دوران ملفه، أى الأشكال البيانية الآتية يمثل العلاقة بين القيمة الفعالة للتيار المار فى الدائرة (I) وسرعة دوران ملف الدينامو (ω) ؟





---

٢ الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين المفاعلة الحثية (X_L) لملف حث مهمل المقاومة الأومية متصل بمصدر تيار متردد يمكن تغيير تردده وتردد التيار (f) المار بالملف وذلك عند رسمهما بنفس مقياس الرسم، **احسب** معامل الحث الذاتى لهذا الملف.



.....

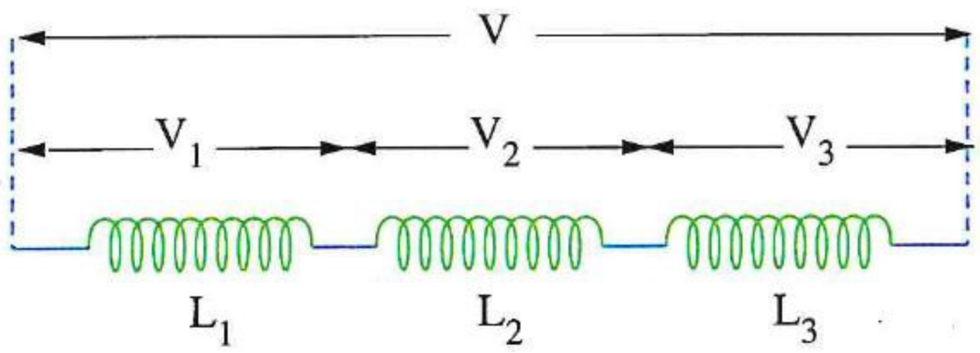
.....

https://t.me/E5_G5

المفاعلة الحثية لعدة ملفات متصلة معًا

* عنـد توصيـل عدة ملفـات حث معًا (بحيث تكون متباعـدة عن بعضها حتى يمكن إهمال الحـث المتبادل بينها) بمصدر تيار متردد، فإذا كان التوصيل :

على التوالى



فرق الجهد بين طرفى كل ملف

يتوزع فرق الجهد الكلى (V) على الملفات

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

قيمة التيار المار فى كل ملف

يمر فى الملفات نفس قيمة التيار

المفاعلة الحثية الكلية

$$\because V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore I\,\grave{X}_L = I\,(X_L)_1 + I\,(X_L)_2 + I\,(X_L)_3$$

$$\therefore \grave{X}_L = (X_L)_1 + (X_L)_2 + (X_L)_3$$

معامل الحث الذاتى الكلى

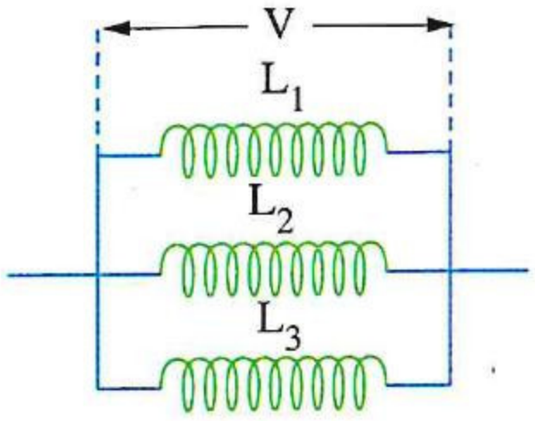
$$\grave{L} = L_1 + L_2 + L_3$$

إذا كان معامل الحث الذاتى للملفات متساوى وعدد الملفات (n)

$$\grave{X}_L = n\,(X_L)_1$$

$$\grave{L} = nL_1$$

على التوازى



فرق الجهد بين طرفى كل ملف

يكون فرق الجهد بين طرفى كل ملف متساوى

قيمة التيار المار فى كل ملف

يتوزع التيار الكلى على الملفات

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

المفاعلة الحثية الكلية

$$\because I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\therefore \frac{V}{\grave{X}_L} = \frac{V}{(X_L)_1} + \frac{V}{(X_L)_2} + \frac{V}{(X_L)_3}$$

$$\therefore \frac{1}{\grave{X}_L} = \frac{1}{(X_L)_1} + \frac{1}{(X_L)_2} + \frac{1}{(X_L)_3}$$

معامل الحث الذاتى الكلى

$$\frac{1}{\grave{L}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

إذا كان معامل الحث الذاتى للملفات متساوى وعدد الملفات (n)

$$\grave{X}_L = \frac{(X_L)_1}{n}$$

$$\grave{L} = \frac{L_1}{n}$$

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

اختر : قيمة التيار الكلى المار فى الدائرة الكهربية الموضحة هى .....

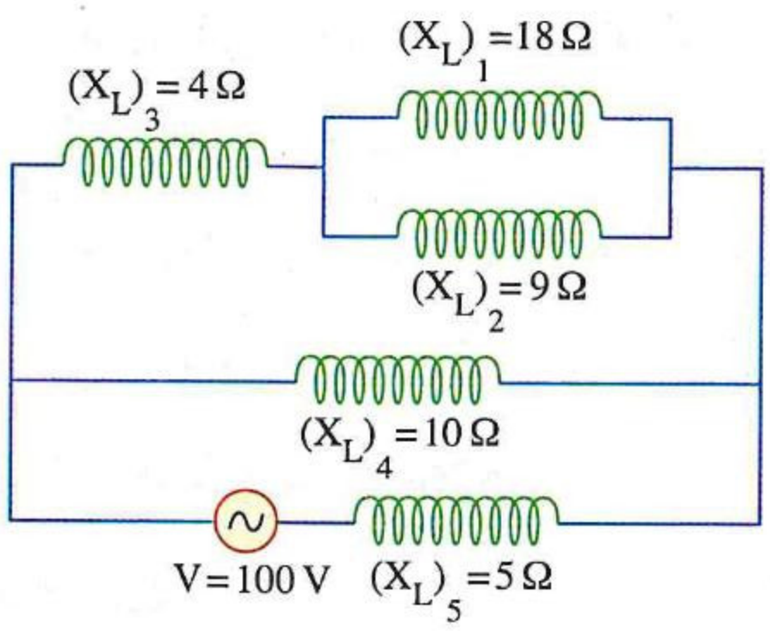
(بفرض إهمال المقاومة الأومية للملفات والحث المتبادل بينها)

(أ) 5 A

(ب) 10 A

(جـ) 15 A

(د) 20 A



الحـــل

$(X_L)_1$ ، $(X_L)_2$ متصلين على التوازى :

$\therefore (\grave{X}_L)_1 = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6\ \Omega$

$(\grave{X}_L)_1$ ، $(X_L)_3$ متصلين على التوالى :

$\therefore (\grave{X}_L)_2 = 6 + 4 = 10\ \Omega$

$(\grave{X}_L)_2$ ، $(X_L)_4$ متصلين على التوازى :

$\therefore (\grave{X}_L)_3 = \frac{10}{2} = 5\ \Omega$

$(\grave{X}_L)_3$ ، $(X_L)_5$ متصلين على التوالى :

$\therefore (X_L)_{\text{كلية}} = 5 + 5 = 10\ \Omega$

$\mathbf{I = \frac{V}{(X_L)_{\text{كلية}}} = \frac{100}{10} = 10\ A}$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢

ثلاثـة ملفـات حـث مهملة المقاومة الأومية كل منها عدد لفاته 100 لفـة وطوله 15 cm ونصف قطره 2.2 cm، ملفوفة حـول قضيـب من الحديد نفاذيته المغناطيسـية 0.002 Wb/A.m فإذا وصلت هذه الملفات بمصدر تيار متردد تردده 50 Hz، **احسب المفاعلة الحثية الكلية إذا وصلت مع بعضها على :** (بفرض إهمال الحث المتبادل بينها)

(أ) التوالى. (ب) التوازى.

الحـــل

$n = 3$ | $N = 100$ | $\ell = 15 \times 10^{-2}\ m$ | $r = 2.2 \times 10^{-2}\ m$ | $\mu = 0.002\ Wb/A.m$

$f = 50\ Hz$ | $\mathbf{\grave{X}_L = ?}$

$$L_1 = \frac{\mu A N^2}{\ell} = \frac{0.002 \times \frac{22}{7} \times (2.2 \times 10^{-2})^2 \times (100)^2}{15 \times 10^{-2}} = 0.2\ H$$

$$(X_L)_1 = 2\ \pi f L_1 = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.2 = 62.86\ \Omega$$

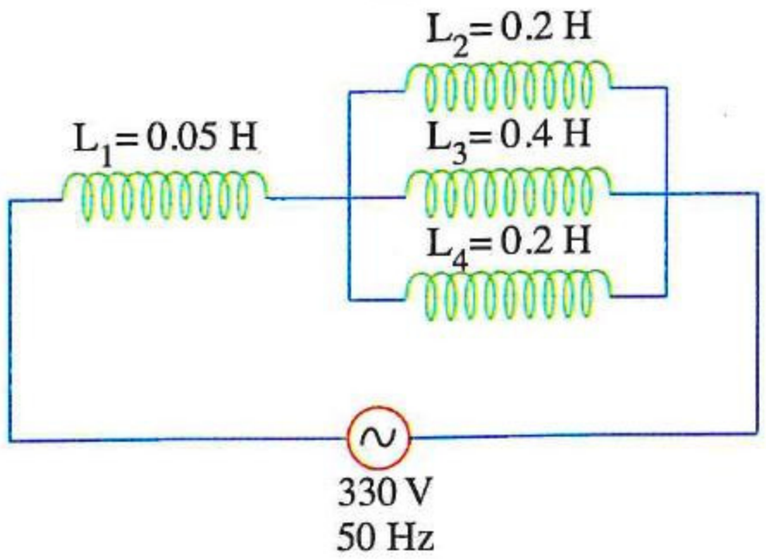
(أ) $\mathbf{\grave{X}_L = n\ (X_L)_1 = 3 \times 62.86 = 188.58\ \Omega}$

(ب) $\mathbf{\grave{X}_L = \frac{(X_L)_1}{n} = \frac{62.86}{3} = 20.95\ \Omega}$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣



اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة أربعة ملفات حث مهملة المقاومة الأوميـة متصلة مع مصدر متردد، فـإن قيمتى التيار المار فى ملفى الحث L_3 ، L_4 على الترتيب هما .....

(أ) 1.526 A ، 1.616 A (ب) 3.232 A ، 1.616 A

(جـ) 1.526 A ، 4.324 A (د) 3.232 A ، 4.324 A

الحـــل

$L_1 = 0.05$ H | $L_2 = 0.2$ H | $L_3 = 0.4$ H | $L_4 = 0.2$ H

V = 330 V | f = 50 Hz | $I_3 = ?$ | $I_4 = ?$

الملفات L_2 ، L_3 ، L_4 متصلة على التوازى :

$$\therefore \frac{1}{\grave{L}_1} = \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4} = \frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.2} \qquad \therefore \grave{L}_1 = 0.08 \text{ H}$$

$$\therefore \grave{L} = L_1 + \grave{L}_1 = 0.05 + 0.08 = 0.13 \text{ H} \qquad \therefore \grave{X}_L = 2\,\pi f \grave{L} = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.13 = 40.86\ \Omega$$

$$\therefore I = \frac{V}{\grave{X}_L} = \frac{330}{40.86} = 8.08 \text{ A}$$

$$\because I \times 2\,\pi f \grave{L}_1 = \mathbf{I_3} \times 2\,\pi f L_3 = \mathbf{I_4} \times 2\,\pi f L_4 \qquad \therefore I\grave{L}_1 = \mathbf{I_3} L_3 = \mathbf{I_4} L_4$$

لحساب I_3

$$\mathbf{I_3} = \frac{I\grave{L}_1}{L_3} = \frac{8.08 \times 0.08}{0.4}$$

$$= \mathbf{1.616\ A}$$

لحساب I_4

$$\mathbf{I_4} = \frac{I\grave{L}_1}{L_4} = \frac{8.08 \times 0.08}{0.2}$$

$$= \mathbf{3.232\ A}$$

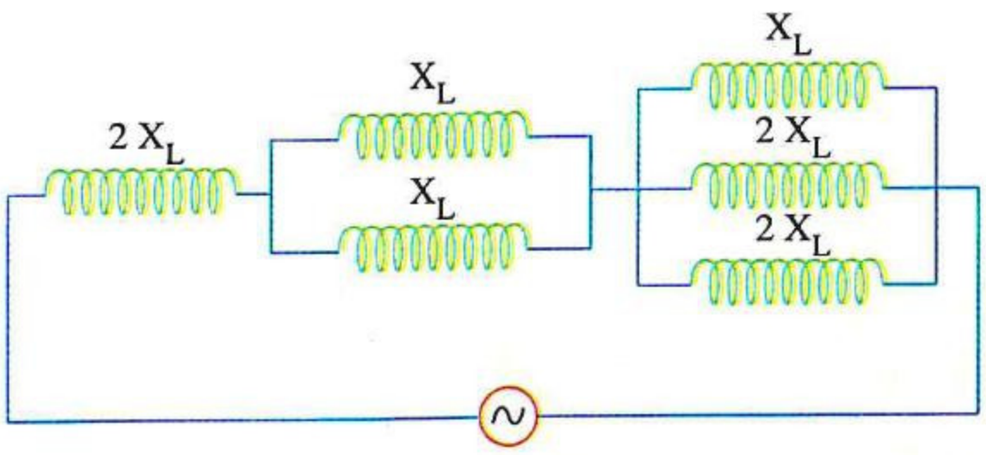
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

اختبر نفسك

43 **اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :**

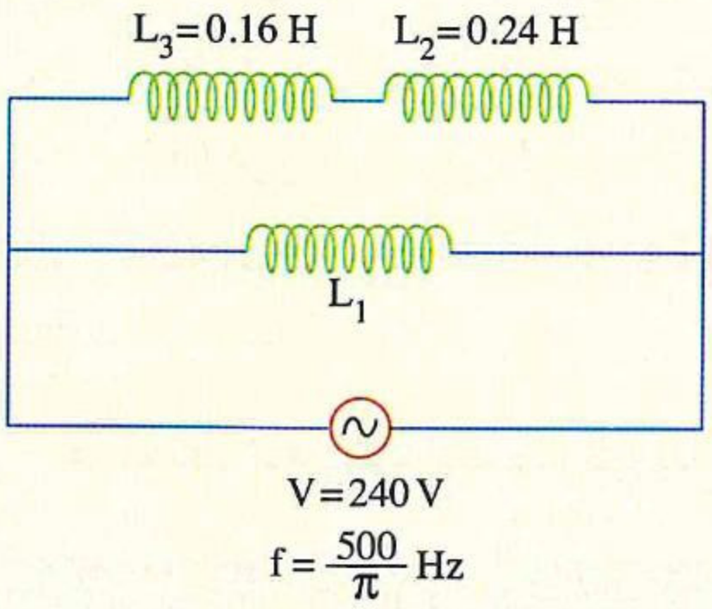
مجاب عنها

(١) فى الدائـرة الكهربية المقابلـة، المفاعلة الحثية الكلية للدائرة تساوى .....



(أ) $2X_L$ (ب) $3X_L$

(جـ) $5X_L$ (د) $6X_L$



٢ فـى الدائـرة الكهربيـة الموضحة، إذا كانـت قيمـة التيـار الكلـى المـار فى الدائرة 1 A، فإن معامل الحث الذاتى (L_1) يساوى .....

(علمًا بأن : الملفات مهملة المقاومة الأومية)

أ) 0.1 H　　ب) 0.2 H

جـ) 0.4 H　　د) 0.6 H

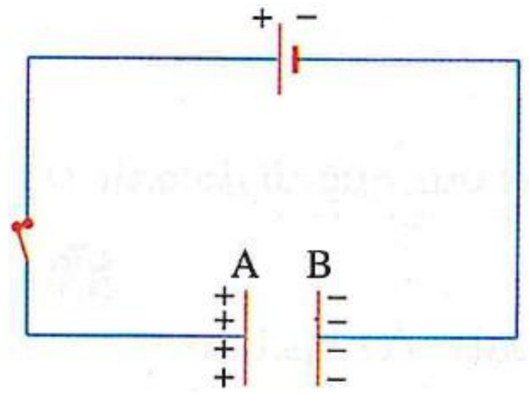
٣ ملـف حـث مقاومتـه الأوميـة مهملة عندما يمر به تيار متـردد تردده f_1 تكون مفاعلته الحثيـة 15 Ω وإذا زاد تردده بمقدار 20 Hz ليصبح f_2 تصبح مفاعلته الحثية 25 Ω، فإن تردد التيار فى الحالة الثانية (f_2) يساوى .....

أ) 30 Hz　　ب) 40 Hz　　جـ) 50 Hz　　د) 60 Hz

المكثف الكهربى

المكثف الكهربى هو عبارة عن لوحين معدنيين متوازيين تفصلهما مادة عازلة ويخزن الطاقة الكهربية على صورة مجال كهربى.

توصيل المكثف مع مصدر تيار مستمر



* **عند توصيل مكثف ببطارية (كما بالشكل المقابل) بحيث يتصل اللوح A بالقطب الموجب واللوح B بالقطب السالب :**

– تنتقل الشـحنة السـالبة (الإلكترونات) من القطب السالب للبطارية إلى اللوح B ويقل جهده تدريجيًا.

– تؤثر شـحنة اللوح B السـالبة على اللوح A فتطرد الشـحنة السـالبة منه إلى القطب الموجب للبطارية ويرتفع جهد اللوح A تدريجيًا حيث تظهر عليه شحنة موجبة فينشأ فرق فى الجهد بين اللوحين.

– يزداد فرق الجهد بين اللوحين بمرور الزمن حتى يتساوى مع فرق الجهد بين قطبى البطارية وعندها يتوقف انتقال الشحنات وبذلك يكون قد تم شحن المكثف.

* مما سبق يتضح أن التيار المار فى هذه الحالة هو تيار لحظى يكون قيمة عظمى فى لحظة التوصيل ويتناقص تدريجيًا حتى يتوقف عند تمام شحن المكثف.

سعة المكثف

* عند شـحن المكثف الكهربى يكون أحد لوحيه موجب الشـحنة والآخر سـالب الشـحنة وينشأ بينهما فرق جهد (V)، **من هنا يمكن تعريف سعة المكثف كالتالى :**

سعة المكثف (C)

تقدر بكمية الشحنة الكهربية المتراكمة على أى من لوحى المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما 1 V

https://t.me/E5_G5

* **تتعين سعة المكثف (C) من العلاقة :**

$$C = \frac{Q}{V}$$

حيث : (Q) كمية الشحنة الكهربية المتراكمة على أى من لوحى المكثف،
(V) فرق الجهد بين لوحيه.

* **تقاس سعة المكثف بوحدة الفاراد (F) ويكافئ (C/V).**

الفاراد

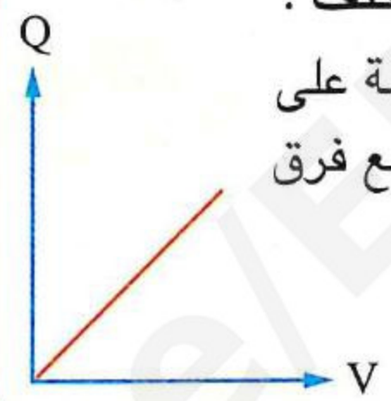
سعة مكثف إذا شُحن بشحنة كهربية مقدارها 1 C يكون فرق الجهد بين لوحيه 1 V

العوامل المؤثرة على كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف (Q)

$$Q = C\,V$$

١ فرق الجهد (V) بين لوحى المكثف :

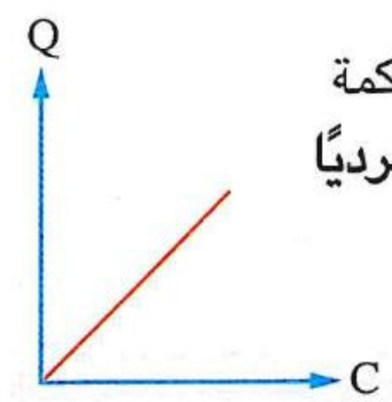
تتناسب كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف تناسبًا **طرديًا** مع فرق الجهد بين لوحى المكثف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = C$$

٢ سعة المكثف (C) :

تتناسب كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف تناسبًا **طرديًا** مع سعة المكثف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta Q}{\Delta C} = V$$

معلومـــة إثرائيـــة

العوامل المؤثرة على سعة مكثف (C)

١ المساحـة (A) المتقابلـة من لوحـى المكـثـف «علاقـة طـرديـة»

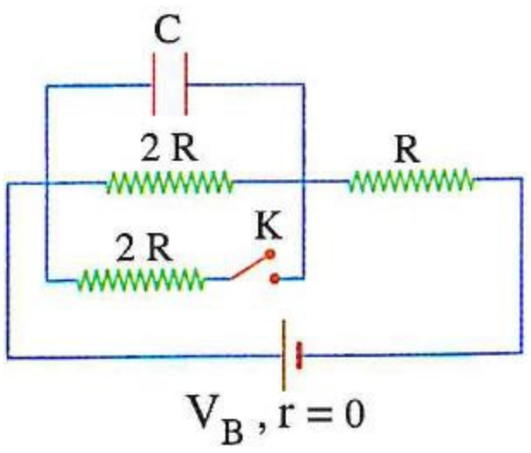
٢ السماحية الكهربية للوسط (ε) والتى تعتمد على نـوع المـادة العازلـة بـين لوحى المكثف «علاقة طردية»

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

٣ المسافة الفاصلة بين لوحى المكثف (d) «علاقة عكسية»

مثـال

اختر : الدائرة الكهربية المقابلة تحتوى على عدة مقاومات ومكثف مشحون سعته C، فإن النسبة بين كمية الشحنة المتراكمة على المكثف قبل وبعد غلق المفتاح K $\left(\frac{Q_{(قبل)}}{Q_{(بعد)}}\right)$ تساوى .....



(أ) $\frac{2}{3}$ (ب) $\frac{3}{4}$ (جـ) $\frac{1}{1}$ (د) $\frac{4}{3}$

الحـــل

* قبل غلق المفتاح (K) :

$$(V_C)_1 = V_{2R} = \frac{2V_B}{3}$$

* بعد غلق المفتاح (K) :

∵ المقاومتان 2R ، 2R تصبحان متصلتان على التوازى.

$$\therefore \grave{R}_1 = \frac{2R}{2} = R \qquad \therefore (V_C)_2 = V_{\grave{R}_1} = \frac{V_B}{2} \qquad \because Q = CV$$

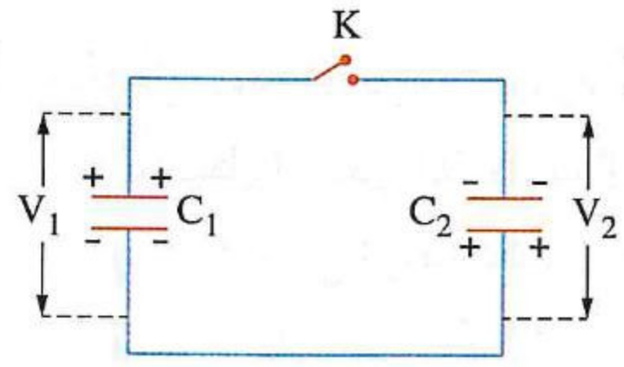
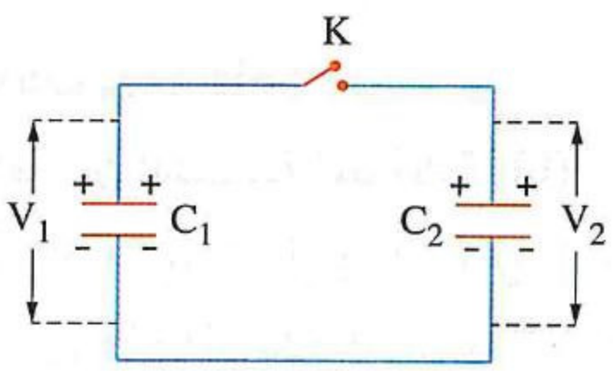
∵ قيمة C ثابتة.

$$\therefore \frac{Q_{(قبل)}}{Q_{(بعد)}} = \frac{(V_C)_1}{(V_C)_2} = \frac{\frac{2V_B}{3}}{\frac{V_B}{2}} = \frac{4}{3}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

إرشـاد :

* عند توصيل مكثف (C_1) بمصدر كهربى مستمر حتى تمام شحن المكثف، ثم إزالة المصدر الكهربى وتوصيل المكثف المشحون بمفتاح (K) مفتوح ومكثف آخر (C_2) :

غير مشحون	مشحون بحيث يتصل اللوحين الموجبين ببعضهما والسالبين ببعضهما	مشحون بحيث يتصل اللوح الموجب لأحدهما باللوح السالب للآخر
		
قبل غلق المفتاح تكون الشحنة على كل مكثف		
$Q_1 = C_1V_1 , Q_2 = C_2V_2$	$Q_1 = C_1V_1 , Q_2 = C_2V_2$	$Q_1 = C_1V_1 , Q_2 = 0$
بعد غلق المفتاح وتوقف انتقال الشحنات فى الدائرة يتساوى فرق الجهد عبر المكثفين وتكون الشحنة الكلية على المكثفين ($\grave{Q}$)		
$\grave{Q} = \lvert Q_1 - Q_2 \rvert = \lvert C_1V_1 - C_2V_2 \rvert$	$\grave{Q} = Q_1 + Q_2 = C_1V_1 + C_2V_2$	$\grave{Q} = Q_1 = C_1V_1$

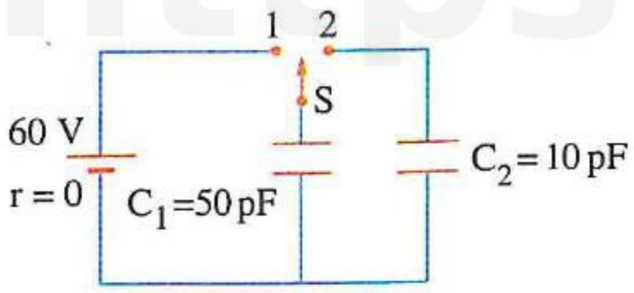
لاحظ أن بعد غلق المفتاح وتوقف انتقال الشحنات تكون $\left(\frac{\grave{Q}_1}{C_1} = \frac{\grave{Q}_2}{C_2}\right)$ لأن $(\grave{V}_1 = \grave{V}_2)$

(حيث : $\grave{Q}_1$ ، $\grave{Q}_2$ شحنتى المكثفين C_1 ، C_2 على الترتيب بعد غلق المفتاح وتوقف انتقال الشحنات فى الدائرة).

وبالتعويض فى هذه العلاقات يمكن حساب الكميات المجهولة.

https://t.me/E5_G5

مثـال



اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة المكثفان C_1 ، C_2 غير مشـحونان، عند توصيل المفتاح (S) فى الوضع (1) حتى تمام شحن المكثف C_1 ثم توصيـل المفتاح فى الوضـع (2)، فإن فرق الجهد بين طرفى المكثف C_1 يصبح .....

(أ) 10 V　(ب) 30 V　(جـ) 50 V　(د) 70 V

الحـــل

$V_B = 60\ V$　$C_1 = 50\ pF$　$C_2 = 10\ pF$　$V_1 = ?$

* بعد شحن المكثف الأول وقبل توصيل المكثفين :

$$Q = CV = 50 \times 10^{-12} \times 60 = 3 \times 10^{-9}\ C$$

حيث : (Q) الشحنة على المكثف (C_1) قبل توصيل المكثفين.

* بعد توصيل المكثفين وتمام شحن المكثف الثانى :

$\therefore V_1 = V_2$ ، $\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$ ، $\because Q = Q_1 + Q_2$ ، $\therefore Q_1 = Q - Q_2$

حيث : (Q_1) ، (Q_2) الشحنة على المكثفين (C_1) ، (C_2) بعد توصيل المكثفين.

$$\therefore \frac{Q - Q_2}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} \quad , \quad \frac{(3 \times 10^{-9}) - Q_2}{50 \times 10^{-12}} = \frac{Q_2}{10 \times 10^{-12}}$$

$$\therefore Q_2 = 5 \times 10^{-10}\ C \qquad \therefore V_1 = V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{5 \times 10^{-10}}{10 \times 10^{-12}} = 50\ V$$

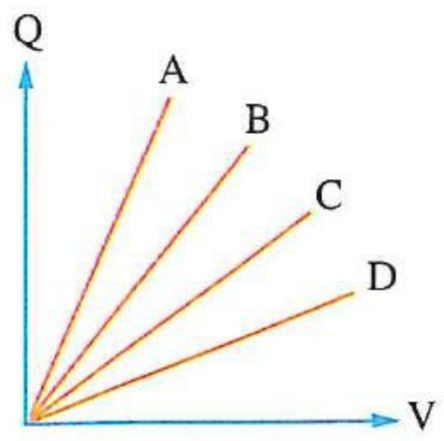
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

44 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

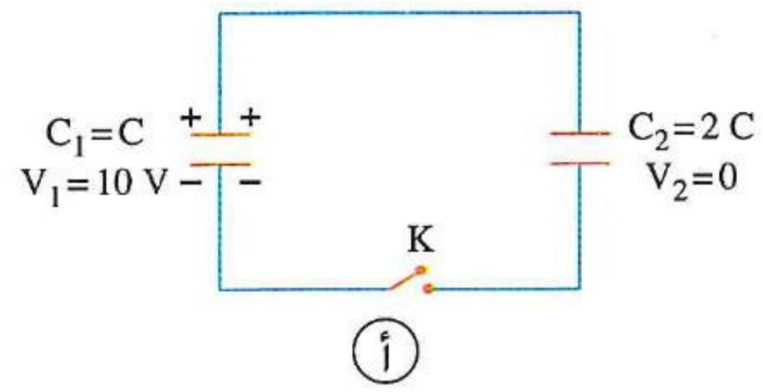
١ الشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين الشـحنة المتراكمة (Q) على أحـد لوحـى أربعة مكثفات A، B، C، D وفرق الجهد (V) بين لوحى كل منها أثناء عملية الشحن، فأى من هذه المكثفات لها سعة أقل ؟



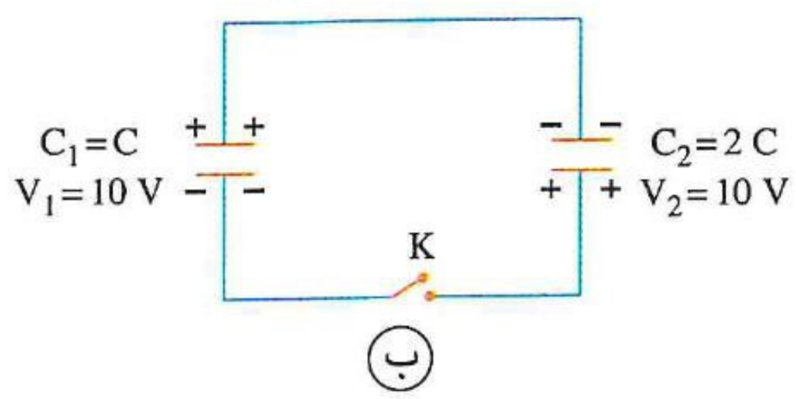
(أ) A　(ب) B　(جـ) C　(د) D

٢ فى أى من الدوائر التالية عند غلق المفتاح K تزداد الشحنة المتراكمة على المكثف C_1 ؟

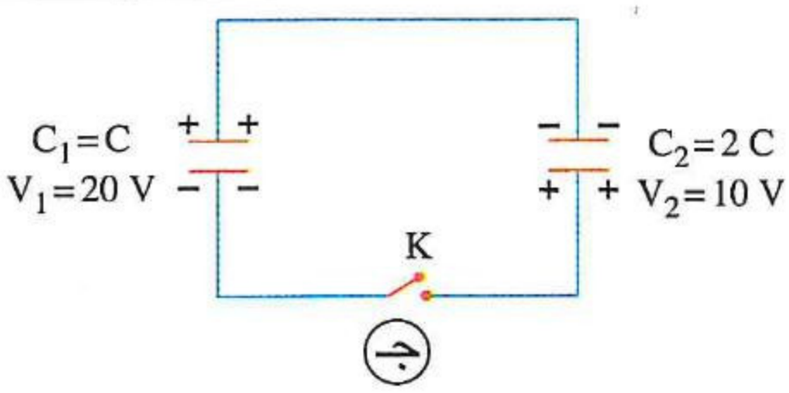
(أ)



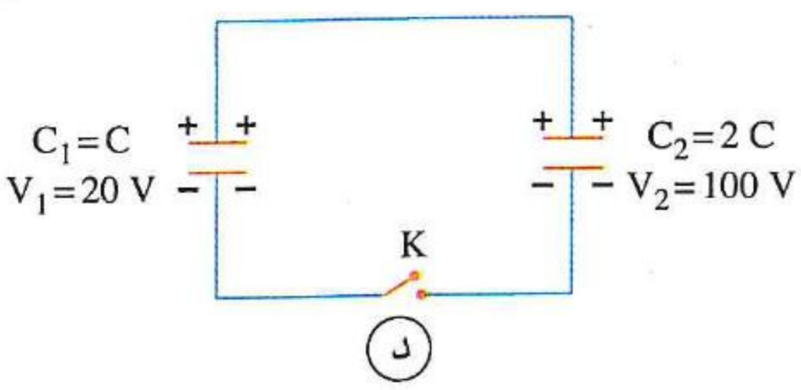
(ب)



(جـ)



(د)



https://t.me/EE_GE

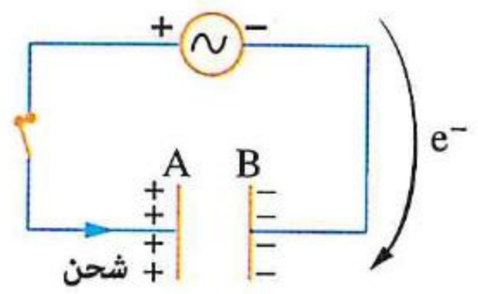
ثالثًا دائرة تيار متردد تحتوى على مكثف (C)

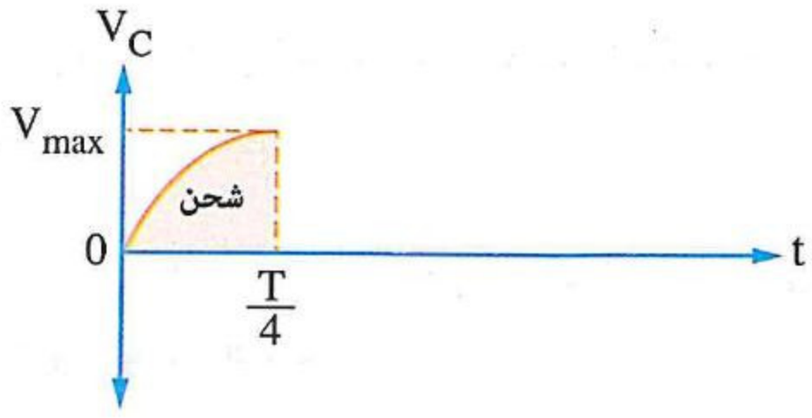
* عند توصيل مكثف غير مشحون بمصدر تيار متردد فإنه :

فى نصف الدورة الأول

١ فى الربع الأول

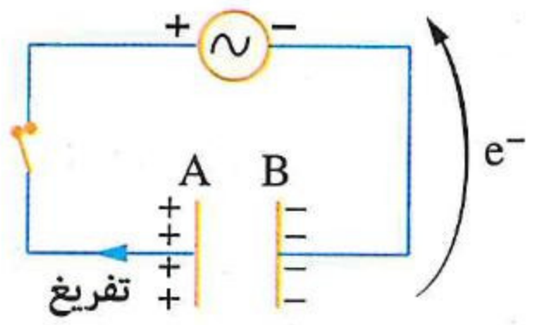
يتم شحن المكثف تدريجيًا حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى نهاية عظمى تساوى النهاية العظمى لـ emf للمصدر

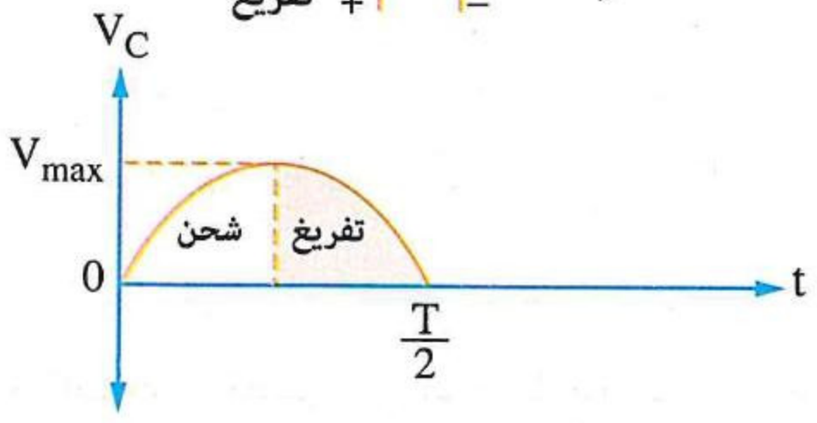




٢ فى الربع الثانى

يبدأ المكثف تفريغ شحنته عندما تبدأ emf للمصدر فى الهبوط حيث يكون جهد المكثف أكبر من جهد المصدر وعندما تصل emf للمصدر إلى الصفر يصل جهد المكثف أيضًا للصفر

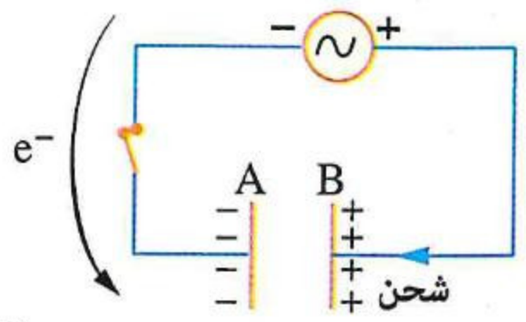


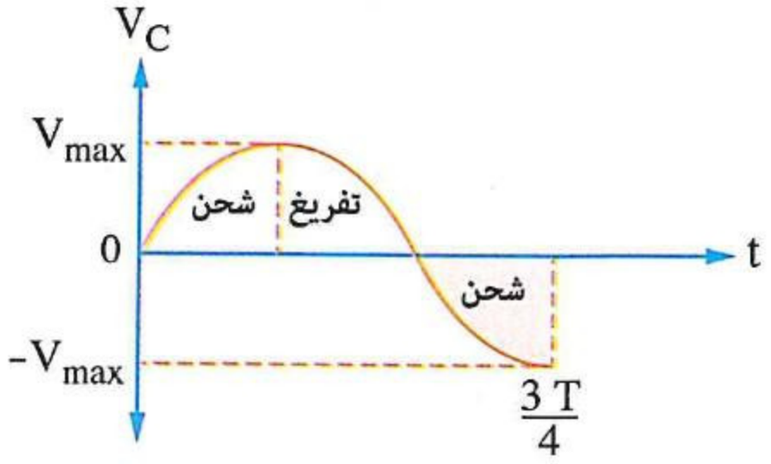


فى نصف الدورة الثانى

٣ فى الربع الثالث

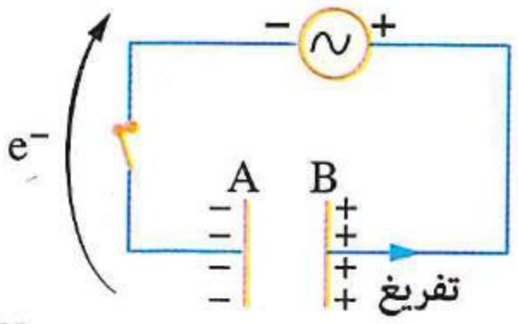
يتم شحن المكثف حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى النهاية العظمى لـ emf للمصدر كما بالربع الأول ولكن بشحنات معكوسة





٤ فى الربع الرابع

يبدأ المكثف تفريغ شحنته كما بالربع الثانى عند هبوط emf للمصدر حتى يصل كل منهما إلى الصفر فى نهاية النصف الثانى للدورة

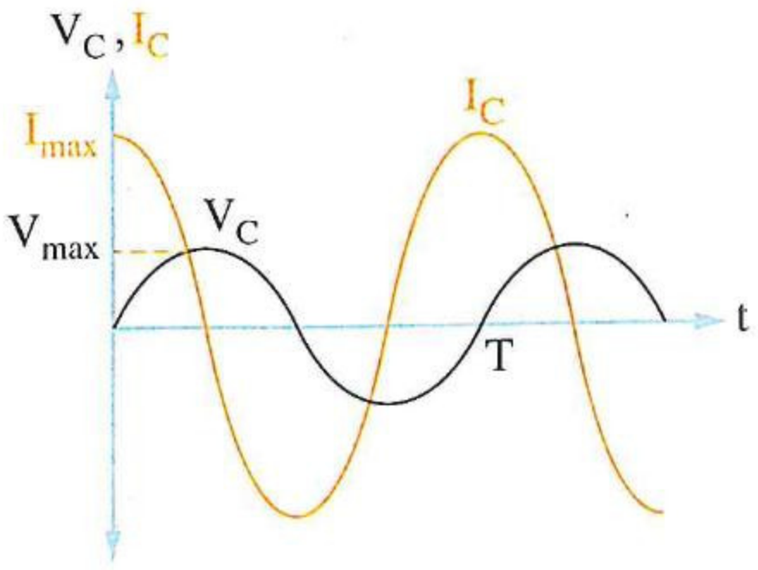


أى أن المكثف يسمح بمرور التيار المتردد فى الدائرة الخارجية عن طريق الشحن والتفريغ، ويمكن حساب القيمة اللحظية للتيار المار فى الدائرة كالتالى :

$$\because I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad , \quad Q = CV_C$$

$$\therefore I_C = \frac{\Delta CV_C}{\Delta t} \qquad \therefore I_C = C\frac{\Delta V_C}{\Delta t} \qquad \therefore I_C \propto \frac{\Delta V_C}{\Delta t}$$

* يتغير فرق الجهد بين لوحى المكثف مع زاوية الطور على صورة منحنى جيبى (كما بالشكل) تبعًا للعلاقة $(V_C = V_{max} \sin \omega t)$، ويمثل $\left(\frac{\Delta V_C}{\Delta t}\right)$ ميل المماس لهذا المنحنى عند أى نقطة حيث :

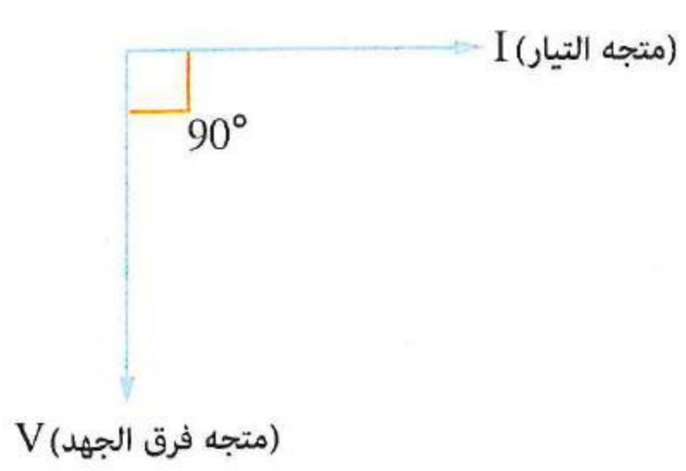


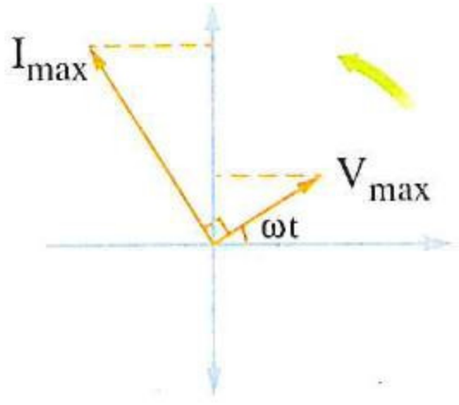
١ يكون هذا الميل نهاية عظمى عندما تكون قيمة فرق الجهد (V_C) مساوية للصفر وبذلك تكون قيمة التيار (I_C) نهاية عظمى.

٢ بزيادة فرق الجهد يقل الميل تدريجيًا وتقل قيمة التيار حتى يصل فرق الجهد إلى القيمة العظمى فتنعدم قيمة الميل وبذلك تصبح قيمة التيار مساوية للصفر عند تلك اللحظة.

٣ عندما يقل فرق الجهد تصبح قيمة الميل مقدارًا سالبًا ويزداد تدريجيًا فتزداد قيمة التيار اللحظى فى الاتجاه السالب حتى تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل قيمة فرق الجهد للصفر.

* مما سبق يتضح أن التيار يتقدم على الجهد فى الطور بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة أى بزاوية $90°$ بسبب سعة المكثف.





أى أن فرق الجهد بين لوحى المكثف فى أى لحظة يتعين من العلاقة : $V = V_{max} \sin \omega t$

وقيمة التيار فى نفس اللحظة تتعين من العلاقة : $I = I_{max} \sin (\omega t + 90)$

المفاعلة السعوية

* يسبب وجود المكثف فى الدائرة الكهربية نوعًا من الممانعة لمرور التيار المتردد تسمى المفاعلة السعوية (X_C).

المفاعلة السعوية (X_C)

الممانعة التى يلقاها التيار المتردد أثناء مروره فى دائرة تحتوى على مكثف بسبب سعته.

* تتعين المفاعلة السعوية (X_C) من العلاقة :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

تقاس المفاعلة السعوية بوحدة	الأوم (Ω)

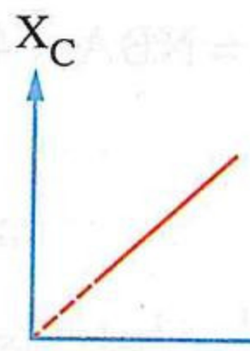
https://t.me/E5_G5

العوامل التى تتوقف عليها المفاعلة السعوية لمكثف

١

تردد التيار :

تتناسب المفاعلة السعوية لمكثف تناسبًا **عكسيًا** مع تردد التيار.

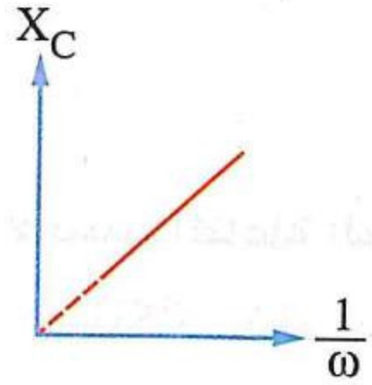


$$slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{f})} = \frac{1}{2\pi C}$$

أو

السرعة الزاوية :

تتناسب المفاعلة السعوية لمكثف تناسبًا **عكسيًا** مع السرعة الزاوية.



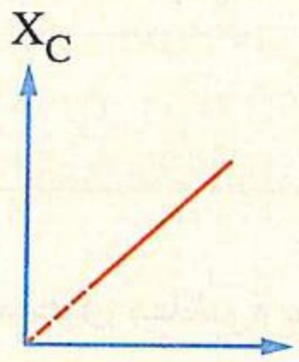
$$slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{\omega})} = \frac{1}{C}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

٢

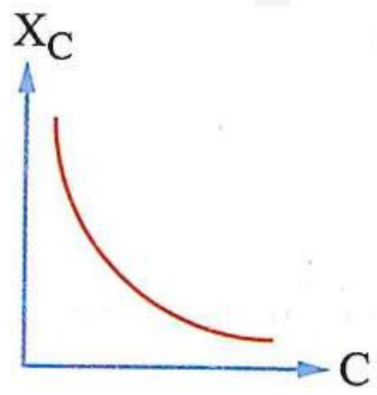
سعة المكثف :

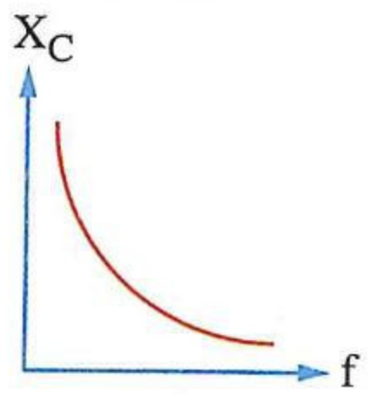
تتناسب المفاعلة السعوية لمكثف تناسبًا **عكسيًا** مع سعة المكثف.



$$slope = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{C})} = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi f}$$

* التمثيل البيانى للعلاقة بين المفاعلة السعوية وكل من سعة المكثف وتردد التيار.





مما سبق نستنتج أن :

قيمة التيار المتردد المار فى دائرة تحتوى على مكثف تتعين من العلاقة : $I = \frac{V_C}{X_C}$

المفاعلة السعوية لمكثف (X_C) لا تعتمد على فرق الجهد بين لوحى المكثف (V_C) أو قيمة التيار (I_C) بالدائرة.

تهمل المفاعلة السعوية للمكثف عند الترددات العالية جدًا،

لأن المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) تتناسب عكسيًا مع تردد المصدر تبعًا للعلاقة $\left(X_C = \frac{1}{2\pi f C}\right)$ ولذلك عند الترددات العالية جدًا تصبح قيمة X_C صغيرة جدًا لدرجة يمكن إهمالها.

ملاحظات

* **عنـد توصيـل دينامو تيار متردد مقاومته الأومية مهملة بمكثف وتغيير تردد ملف الدينامو نجد أن القيمة العظمى للتيار تتناسب طرديًا مع مربع تردد التيار حيث إنها تحسب من العلاقة :**

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C} = \frac{NBA\omega}{\frac{1}{\omega C}} = NBA\omega^2C = NBA \times 4\,\pi^2 f^2 C$$

* **لا تسبب المفاعلة السعوية لمكثف فقدًا فى الطاقة الكهربية،**

لأن المكثف أثناء عملية الشـحن يخزن الطاقة الكهربية على صورة مجال كهربى وأثناء التفريغ يفرغ شـحنته على صورة طاقة كهربية.

* **عند الترددات المنخفضة جدًا فى دائرة المكثف تعتبر الدائرة الكهربية مفتوحة،**

لأن المفاعلـة السـعوية للمكثف (X_C) تتناسـب عكسـيًا مع تردد التيـار تبعًا للعلاقـة $\left(X_C = \frac{1}{2\,\pi f C}\right)$ ولذلك عند الترددات المنخفضة جدًا تصبح قيمة X_C كبيرة جدًا، وبالتالى يمنع المكثف مرور الإشارات الكهربية ذات الترددات المنخفضة فى الدائرة.

مثـال ١

اختر : مكثف ثابت السعة متصل مباشرةً بمصدر متردد تردده f_1 فكانت مفاعلته السعوية $(X_C)_1$ ، فإذا قل تردد التيار إلى النصف، فإن المفاعلة السعوية للمكثف .....

(أ) تزداد للضعف (ب) تقل للنصف (جـ) تزداد لأربعة أمثال (د) تقل للربع

الحـــل

$f_2 = \frac{1}{2}\, f_1$ $(X_C)_2 = ?$

∵ المكثف ثابت السعة.

$$\because X_C = \frac{1}{2\,\pi f C}$$

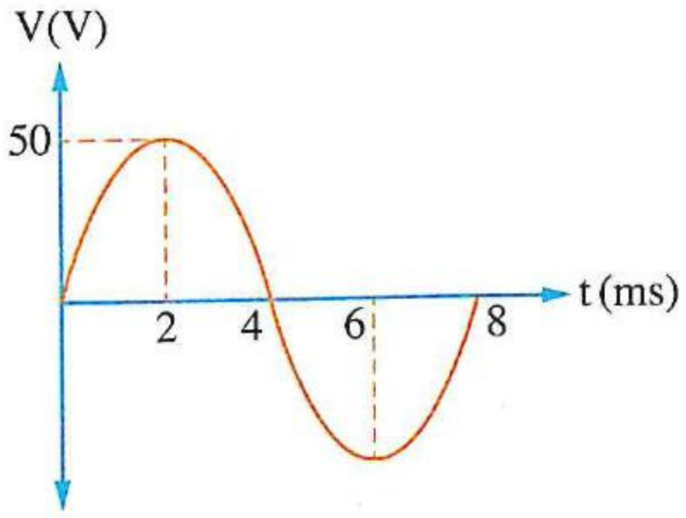
$$\therefore X_C \propto \frac{1}{f} \quad , \quad \frac{(X_C)_1}{(X_C)_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{\frac{1}{2}\, f_1}{f_1} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore (X_C)_2 = 2\,(X_C)_1$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٢

اختر : الشكل البيانى المقابل يوضح تغير القوة الدافعة الكهربية (V) المتولدة فى ملف دينامو مع الزمن (t)، فإذا وُصل طرفى هذا الدينامو مع مكثف سعته 5 μF، فإن القيمة الفعالة للتيار المار فى المصدر هى .....



(أ) 0.04 A (ب) 0.14 A

(جـ) 0.22 A (د) 0.34 A

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$C = 5\ \mu F$ ، $I_{eff} = ?$

* من الشكل البيانى :

$T = 8 \times 10^{-3}\ s$ ، $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \times 10^{-3}} = 125\ Hz$

$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2}\ V$ ، $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 125 \times 5 \times 10^{-6}} = 254.55\ \Omega$

$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{X_C} = \frac{25\sqrt{2}}{254.55} = \mathbf{0.14\ A}$

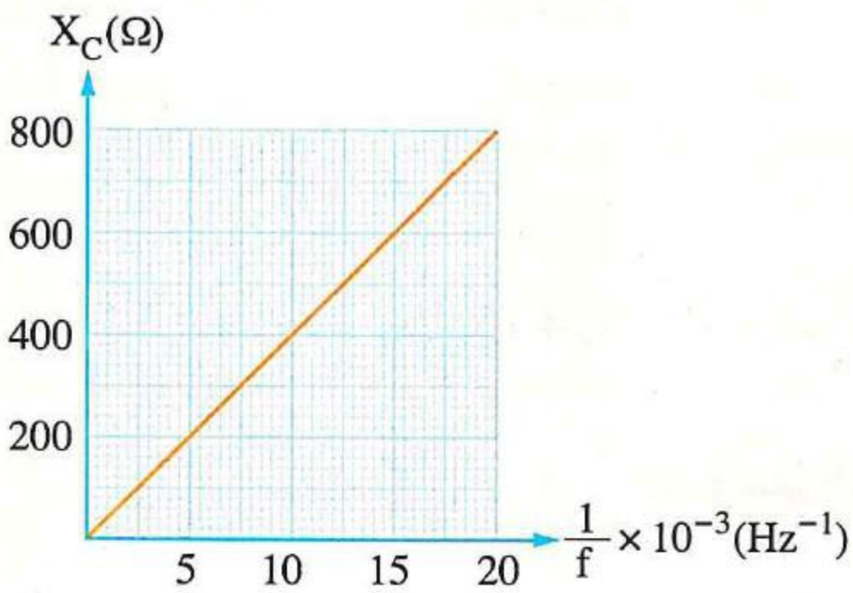
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

45 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

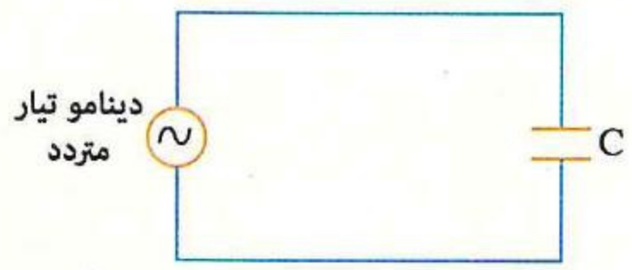
(١) الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين المفاعلة السعوية لمكثف (X_C) ثابت السعة متصل بمصدر جهد متردد يمكن تغيير تردده ومقلوب التردد $\left(\frac{1}{f}\right)$ للمصدر، فإن سعة المكثف (C) تساوى تقريباً .....

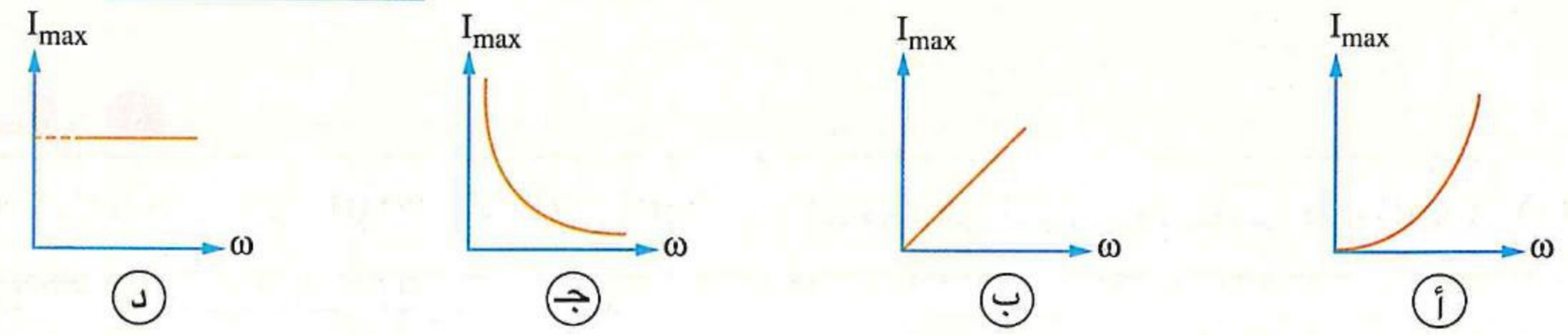


(أ) $2\ \mu F$ (ب) $4\ \mu F$

(جـ) $6\ \mu F$ (د) $8\ \mu F$

(٢) فى الشكل المقابل مكثف متصل بدينامو للتيار المتردد يمكن تغيير سرعة دوران ملفه، أى الأشكال البيانية الآتية يمثل العلاقة بين القيمة العظمى للتيار المتردد فى الدائرة (I_{max})، وسرعة دوران ملف الدينامو (ω) ؟

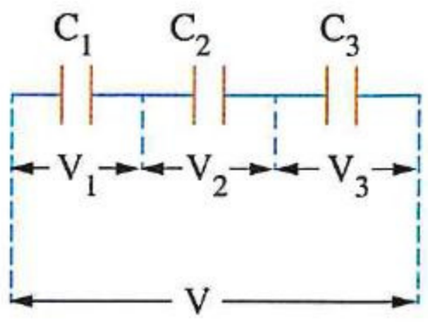




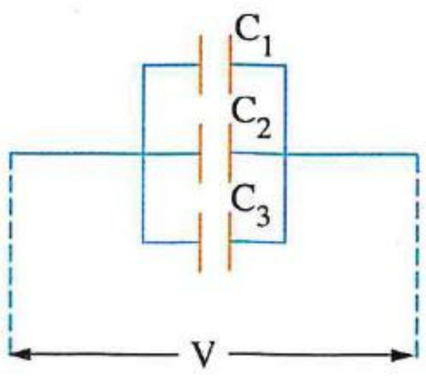
المفاعلة السعوية لعدة مكثفات متصلة معًا

* عند توصيل عدة مكثفات معًا :

على التوالى



على التوازى



الشحنة

يتم شحن كل مكثف بنفس الشحنة الكهربية (Q)

تتوزع الشحنة الكهربية على المكثفات

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

https://t.me/E5_G5

فرق الجهد بين لوحى كل مكثف

يتوزع فرق الجهد (V) على المكثفات

$$\grave{V} = V_1 + V_2 + V_3$$

يكون فرق الجهد بين طرفى كل مكثف (V) متساوى

السعة المكافئة

$$\because \grave{V} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore \frac{Q}{\grave{C}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\therefore \frac{1}{\grave{C}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\because \grave{Q} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\therefore V\grave{C} = VC_1 + VC_2 + VC_3$$

$$\therefore \grave{C} = C_1 + C_2 + C_3$$

المفاعلة السعوية الكلية

$$\grave{X}_C = (X_C)_1 + (X_C)_2 + (X_C)_3$$

$$\frac{1}{\grave{X}_C} = \frac{1}{(X_C)_1} + \frac{1}{(X_C)_2} + \frac{1}{(X_C)_3}$$

إذا كانت المكثفات متساوية السعة وعددها n

$$\grave{C} = \frac{C_1}{n}$$

$$\grave{X}_C = n\,(X_C)_1$$

$$\grave{C} = nC_1$$

$$\grave{X}_C = \frac{(X_C)_1}{n}$$

مثـال ١

ثلاثة مكثفات سـعتها 20 μF ، 80 μF ، 40 μF وصلت معًا على التوازى مع مصدر قوته الدافعة 100 V وتردده 50 Hz، **أوجد** قيمة التيار المار فى الدائرة.

الحـــل

$C_1 = 20 \times 10^{-6}\ F$ $C_2 = 80 \times 10^{-6}\ F$ $C_3 = 40 \times 10^{-6}\ F$

$V = 100\ V$ $f = 50\ Hz$ **I = ?**

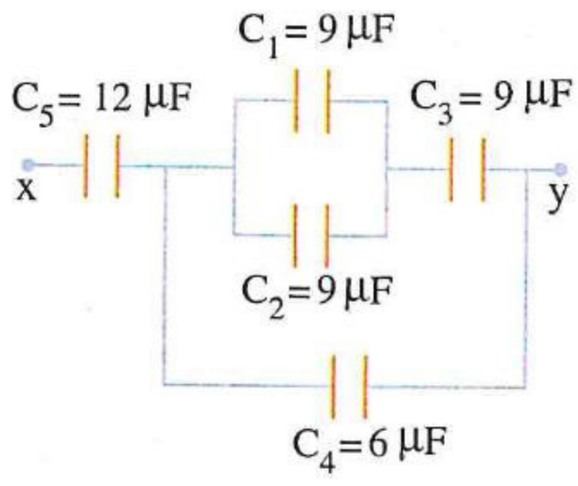
∵ المكثفات متصلة معًا على التوازى.

$$\grave{C} = C_1 + C_2 + C_3 = (20 \times 10^{-6}) + (80 \times 10^{-6}) + (40 \times 10^{-6}) = 140 \times 10^{-6}\ F$$

$$\grave{X}_C = \frac{1}{2\,\pi f \grave{C}} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 140 \times 10^{-6}} = 22.73\ \Omega \quad , \quad I = \frac{V}{\grave{X}_C} = \frac{100}{22.73} = \mathbf{4.4\ A}$$

مثـال ٢

اختر : من الشكل المقابل، السعة الكلية لمجموعة المكثفات بين النقطتين y ، x تساوى .....



(أ) 3 μF (ب) 6 μF

(جـ) 18 μF (د) 24 μF

الحـــل

C_1 ، C_2 متصلين على التوازى :

$$\grave{C}_1 = 9 + 9 = 18\ \mu F$$

$\grave{C}_1$ ، C_3 متصلين على التوالى :

$$\grave{C}_2 = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6\ \mu F$$

$\grave{C}_2$ ، C_4 متصلين على التوازى :

$$\grave{C}_3 = 6 + 6 = 12\ \mu F$$

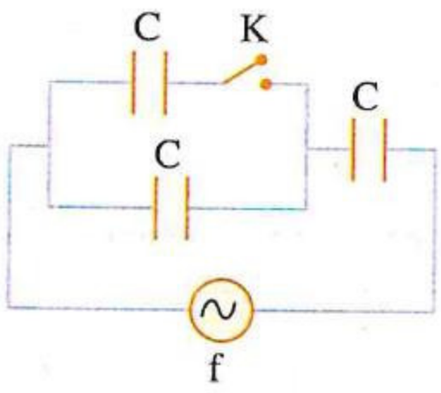
$\grave{C}_3$ ، C_5 متصلين على التوالى :

$$C_{(\text{كلية})} = \frac{12}{2} = \mathbf{6\ \mu F}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٣

اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، عند غلق المفتاح (K) فإن المفاعلة السعوية الكلية لمجموعة المكثفات .....



(أ) تزداد (ب) تقل ولا تنعدم

(جـ) تنعدم (د) لا تتغير

الحـــل

* قبل غلق المفتاح (K) :

$$\grave{C}_1 = \frac{C}{2}$$

$$\grave{C}_2 = \frac{(C + C) \times C}{C + C + C} = \frac{2}{3} C$$

* بعد غلق المفتاح (K) :

∴ تزداد السعة الكلية لمجموعة المكثفات.

$$\because X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

∵ قيمة f ثابتة.

$$\therefore X_C \propto \frac{1}{C} \qquad \because \grave{C}_2 > \grave{C}_1$$

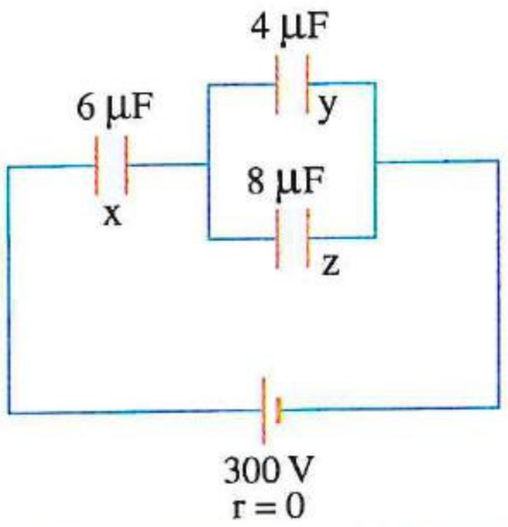
∴ المفاعلة السعوية الكلية لمجموعة المكثفات **تقل ولا تنعدم**.

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٤

فى الدائرة الكهربية الموضحة، مصدر مستمر جهده 300 V يتصل بثلاثة مكثفات x ، y ، z، **احسب** الشـحنة الكهربية المتراكمة على المكثفين x ، y



الحـــل

$V = 300\ V$ | $C_x = 6\ \mu F$ | $C_y = 4\ \mu F$ | $C_z = 8\ \mu F$ | $Q_x = ?$ | $Q_y = ?$

∵ المكثفان y ، z متصلان على التوازى :

$$\therefore \grave{C}_1 = C_y + C_z = 4 + 8 = 12\ \mu F$$

∵ $\grave{C}_1$ والمكثف x متصلان على التوالى :

$$\therefore \grave{C} = \frac{\grave{C}_1 C_x}{\grave{C}_1 + C_x} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\ \mu F$$

$$Q_x = \grave{C}V = 4 \times 300 = 1200\ \mu C$$

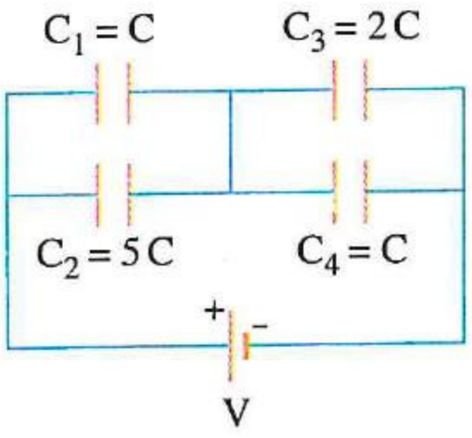
$$V_x = \frac{Q_x}{C_x} = \frac{1200}{6} = 200\ V$$

$$V_y = V_z = V - V_x = 300 - 200 = 100\ V$$

$$Q_y = C_y V_y = 4 \times 100 = 400\ \mu C$$

مثـال ٥

اختر : دائـرة كهربية تتكون من عدة مكثفـات متصلة مع مصدر كهربى مهمل المقاومة الداخلية كما موضح بالشكل، أى من هذه المكثفات يكون مشحونًا بأقل كمية شحنة ؟



أ) C_1 ب) C_2 جـ) C_3 د) C_4

الحـــل

* المكثفان C_1 ، C_2 متصلان على التوازى :

$$\therefore \grave{C}_1 = C + 5\ C = 6\ C$$

* المكثفان C_3 ، C_4 متصلان على التوازى :

$$\therefore \grave{C}_2 = C + 2\ C = 3\ C$$

* $\grave{C}_1$ ، $\grave{C}_2$ متصلان على التوالى :

$$\therefore \grave{C} = \frac{\grave{C}_1 \grave{C}_2}{\grave{C}_1 + \grave{C}_2} = \frac{6\ C \times 3\ C}{6\ C + 3\ C} = 2\ C$$

$$\grave{Q} = \grave{C}V = 2\ CV$$

$$V_1 = V_2 = \frac{\grave{Q}}{\grave{C}_1} = \frac{2\ CV}{6\ C} = \frac{V}{3} \quad , \quad V_3 = V_4 = \frac{\grave{Q}}{\grave{C}_2} = \frac{2\ CV}{3\ C} = \frac{2\ V}{3}$$

$$Q_1 = C_1 V_1 = C \times \frac{V}{3} = \frac{CV}{3} \quad , \quad Q_2 = C_2 V_2 = 5\ C \times \frac{V}{3} = \frac{5\ CV}{3}$$

$$Q_3 = C_3 V_3 = 2\ C \times \frac{2\ V}{3} = \frac{4\ CV}{3} \quad , \quad Q_4 = C_4 V_4 = C \times \frac{2\ V}{3} = \frac{2\ CV}{3}$$

∴ المكثف C_1 مشحون بأقل كمية شحنة.

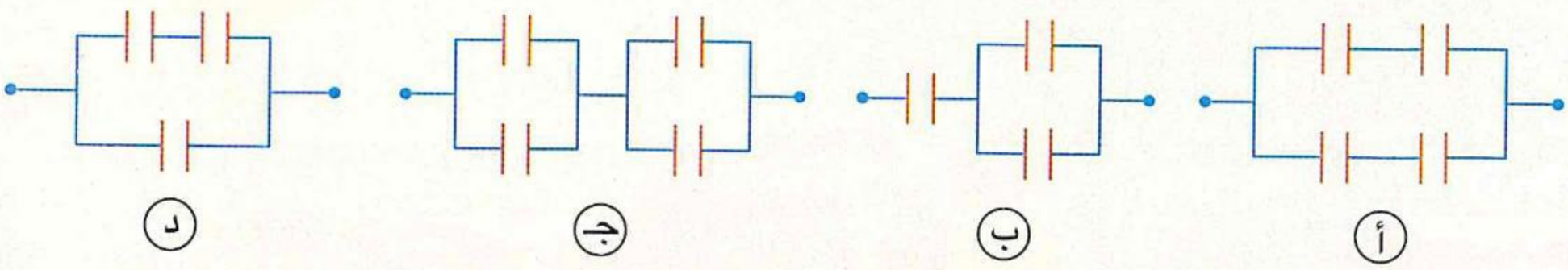
∴ الاختيار الصحيح هو أ)

مجاب عنها

46 اختبر نفسك

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

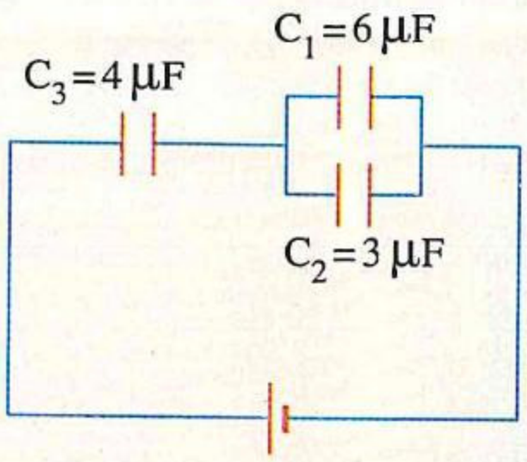
(١) لديك مجموعة من المكثفات المتماثلة سعة كل منها 6 μF، فإن طريقة التوصيل التى تكون فيها السعة المكافئة لهذه المجموعة 9 μF هى .....



(أ) (ب) (جـ) (د)

---

(٢) فـى الشـكل المقابـل، إذا كانت الشـحنة الكهربيـة المتراكمة على أحد لوحى المكثف C_1 تسـاوى 180 μC، فإن الشـحنة المتراكمة على أحد لوحى المكثف C_2 تساوى .....

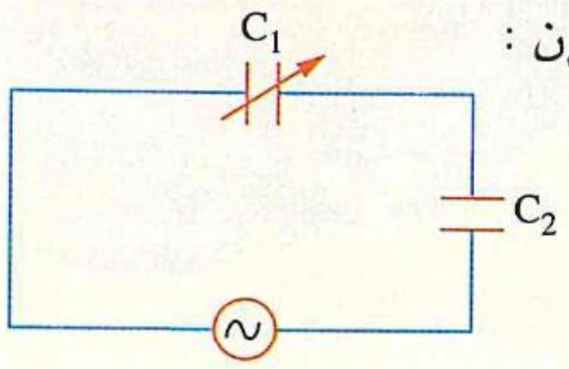


(أ) 360 μC (ب) 240 μC

(جـ) 150 μC (د) 90 μC

---

(٣) فى الدائرة الكهربية المقابلة، عند زيادة سعة المكثف C_1 للضعف، فإن :



١- فرق الطور بين الجهد الكلى والتيار فى الدائرة .....

(أ) يزداد بمقدار 90° (ب) يزداد بمقدار 180°

(جـ) يزداد بمقدار 270° (د) لا يتغير

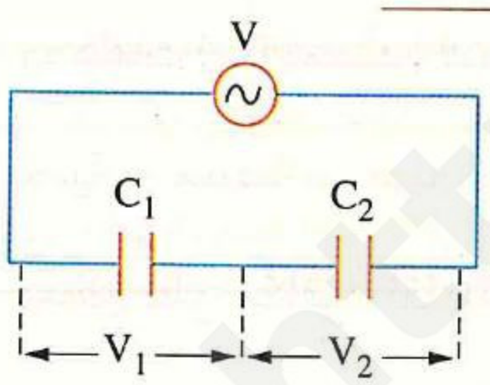
٢- قيمة التيار المار فى المصدر .....

(أ) تزداد (ب) تقل

(جـ) لا تتغير (د) لا يمكن تحديد الإجابة

---

٢ فى الدائرة الكهربية المقابلة، ما قيمة زاوية الطور بين كل من :



(١) فرق الجهد الكلى (V) والتيار (I) ؟

(٢) فرق الجهد (V_1) وفرق الجهد (V_2) ؟

.....

.....

.....

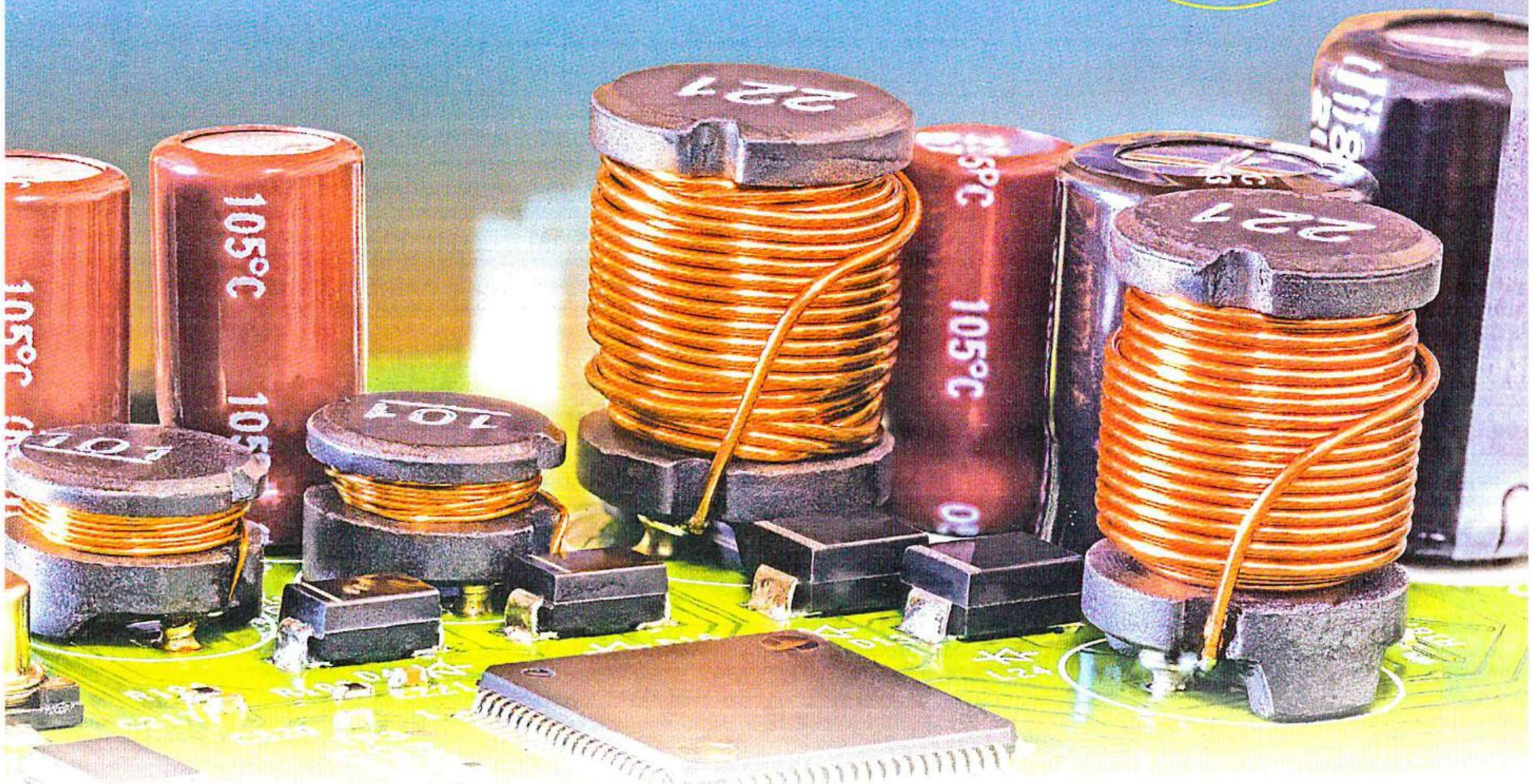
.....

.....

الفصل 4

الدرس الثانى

تابع دوائر التيار المتردد



المعاوقة Impedance

* الدوائر الكهربية التى تحتوى على مقاومات أومية (R) وملفات حث (L) ومكثفات (C) ومصدر للتيار المتردد توجد بها مفاعلة للتيار المتردد (مفاعلة حثية أو مفاعلة سعوية) بالإضافة إلى المقاومات الأومية ومقاومة الأسلاك ويطلق على مكافئ المفاعلة والمقاومة معًا اسم المعاوقة (Z).

المعاوقة (Z)

ممانعة لمرور التيار المتردد سببها المقاومة الأومية والمفاعلة فى دائرة تيار متردد.

تقاس المعاوقة بوحدة الأوم (Ω)

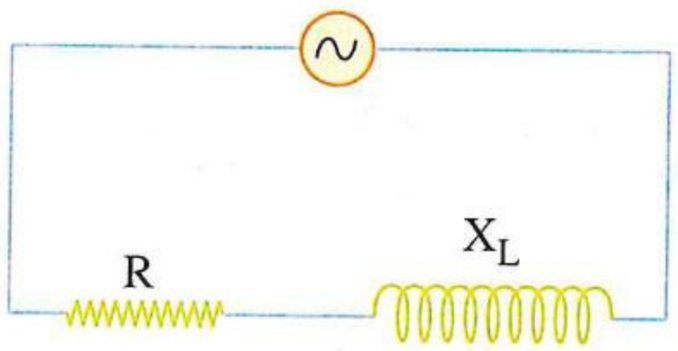
رابعًا دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية وملف حث متصلين على التوالى (RL)

* من المستحيل عمليًا وجود ملف حث عديم المقاومة لأن أى ملف يمتلك قدر ولو ضئيل من المقاومة الأومية الناتجة عن مقاومة الأسلاك المستخدمة فى صناعته.

ملاحظة

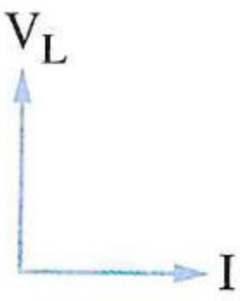
* **يمكن تمثيل ملف الحث الذى له مقاومة أومية فى الدائرة الكهربية بعنصرين متصلين على التوالى أحدهما ملف حث والآخر مقاومة أومية.**

* عنـد وجـود دائـرة كهربية تحتـوى على مصدر تيار متـردد متصل على التوالـى مع ملف حث نقـى ومقاومة أومية كما بالشكل، فإنه :



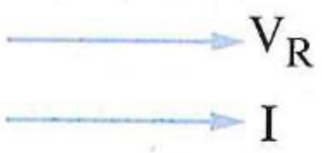
فى ملف الحث

يتقدم فرق الجهد (V_L) علـى التيـار (I) بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة (زاوية طور°90)



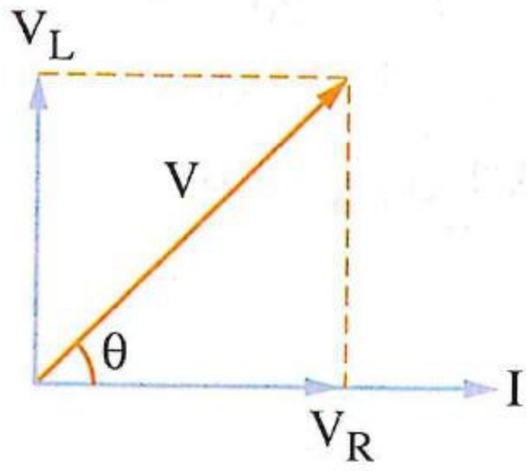
فى المقاومة الأومية

يتفق فرق الجهـد (V_R) والتيـار (I) فى الطور



ويتساوى التيار فى المقاومة مع التيار فى ملف الحث فى القيمة ويتفقا فى الطور لأنهما متصلان معًا على التوالى

وبالتالى :



- يتقـدم الجهد عبر الملف (V_L) على الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاويـة طـور °90 ويتعين فرق الجهد الكـلى (V) باستخدام المتجهات من العلاقة :

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

- يتقـدم الجهد الكـلى (V) فـى الطور على التيـار (I) (أو الجهـد عبـر المقاومـة V_R) بزاوية θ تتعين من العلاقة :

$$\tan\theta = \frac{V_L}{V_R} = \frac{IX_L}{IR} = \frac{X_L}{R}$$

حيث : (θ) دائمًا موجبة ($90° > \theta > 0°$)

$$\because V = IZ \quad , \quad V_R = IR \quad , \quad V_L = IX_L$$

$$\therefore IZ = \sqrt{I^2 R^2 + I^2 X_L^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

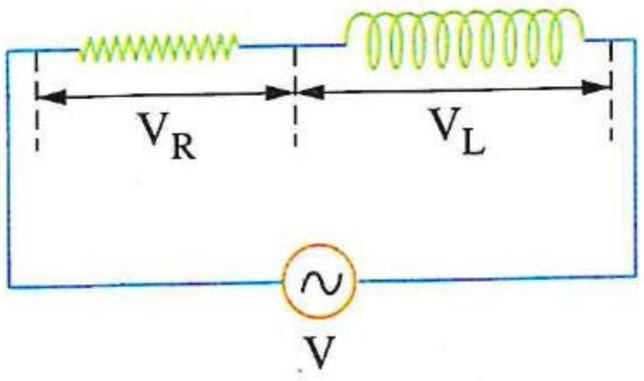
بالقسمة على I

$$\therefore Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

- يمكن تعيين قيمة التيار (I) من العلاقة :

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L}$$

ملاحظات



* **لا تجمع فروق الجهد عبر ملف الحث والمقاومة الأومية جمعًا جبريًا بل جمعًا اتجاهيًا.**

$$V \neq V_R + V_L$$

لكن

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

وبالمثل لا تجمع المفاعلة الحثية والمقاومة الأومية جمعًا جبريًا بل جمعًا اتجاهيًا.

* **فى دوائر التيار المتردد بشكل عام تكون القدرة (P_w) المستهلكة فى الدائرة هى القدرة المستهلكة عبر المقاومة الأومية فى صورة طاقة حرارية تبعًا للعلاقة :**

$$\left(P_w = I^2R = \frac{V_R^2}{R}\right)$$

حيث I ، V_R هى القيم الفعالة للتيار والجهد المتردد على الترتيب.

مثال ١

مصدر تيار متردد قوته الدافعة الفعالة 80 V وتردده 50 Hz موصل على التوالى مع مقاومة 40 Ω وملف حثه الذاتى $\frac{21}{220}$ H مهمل المقاومة الأومية، **احسب :**

(أ) المعاوقة الكلية. (ب) فرق الجهد عبر كل من المقاومة والملف، **وهل** يمكن جمع هذه الجهود جبريًا ؟

(جـ) زاوية الطور بين التيار والجهد الكلى.

الحل

$V = 80$ V	$f = 50$ Hz	$L = \frac{21}{220}$ H	$R = 40$ Ω	$Z = ?$	$V_R = ?$	$V_L = ?$	$\theta = ?$

(أ)

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{21}{220} = 30\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(40)^2 + (30)^2} = 50\ \Omega$$

(ب)

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{80}{50} = 1.6\ A$$

$$V_R = IR = 1.6 \times 40 = 64\ V \quad , \quad V_L = IX_L = 1.6 \times 30 = 48\ V$$

المجموع الجبرى لفروق الجهد :

$$\grave{V} = 64 + 48 = 112\ V$$

وهو أكبر من القوة الدافعة للمصدر، أما إذا جُمعت فروق الجهد جمعًا اتجاهيًا فإن :

$$\grave{V} = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(64)^2 + (48)^2} = 80\ V$$

وهذه القيمة (80 V) تساوى القوة الدافعة الكهربية للمصدر الكهربى **لذلك لا تجمع الجهود جبريًا.**

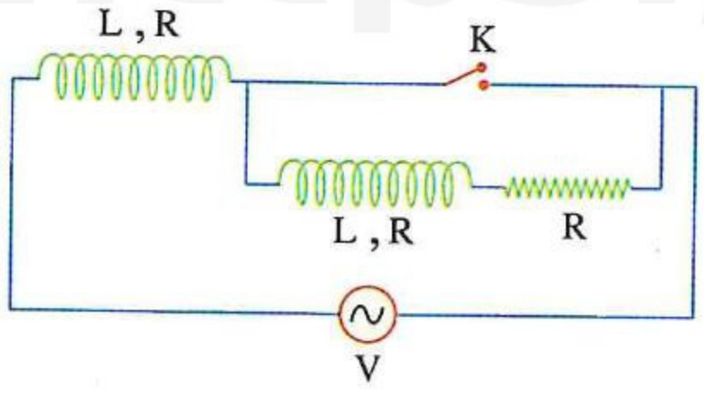
(جـ)

$$\tan\theta = \frac{X_L}{R} = \frac{30}{40} = 0.75 \quad , \quad \theta = 36.87°$$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢



اختر: ملفان متماثلان لكل منهما حث ذاتى L ومقاومة أومية R، متصـلان معًـا ومـع مصـدر متـردد جهـده V ومفتـاح K ومقاومـة أومية R كمـا بالدائرة المقابلة، عنـد غلق المفتاح K فـإن القيمـة الفعالـة للتيـار وزاوية الطـور بين الجهـد الكلى والتيار على الترتيب .....

(أ) تزداد ، تزداد (ب) تزداد ، تقل (جـ) تقل ، تزداد (د) تقل ، تقل

الحـــل

* قبل غلق المفتاح K :

$$Z_1 = \sqrt{(\grave{X}_L)^2 + (\grave{R})^2} = \sqrt{(2\,X_L)^2 + (3\,R)^2} = \sqrt{4\,X_L^2 + 9\,R^2} \quad (1)$$

$$\tan\theta_1 = \frac{\grave{X}_L}{\grave{R}} = \frac{2\,X_L}{3\,R} \quad (2)$$

* بعد غلق المفتاح K :

$$Z_2 = \sqrt{X_L^2 + R^2} \quad (3)$$

$$\tan\theta_2 = \frac{X_L}{R} \quad (4)$$

من المعادلتين (1) ، (3) :

$$\because Z_1 > Z_2 \qquad \therefore I_1 < I_2$$

من المعادلتين (2) ، (4) :

$$\therefore \tan\theta_1 < \tan\theta_2 \quad , \quad \theta_1 < \theta_2$$

∴ **تزداد كل من القيمة الفعالة للتيار وزاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار.**

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثـال ٣

اختر: ملـف حـث معامـل حثـه الذاتـى L ومقاومتـه الأوميـة 25 Ω وُصـل مـع مصـدر متـردد جهـده 220 V وتردده 60 Hz ، فإذا كانت القدرة المستهلكة فى الدائرة 400 W فإن معامل الحث الذاتـى (L) للملف يساوى .....

(أ) 0.05 H (ب) 0.08 H (جـ) 0.13 H (د) 0.18 H

الحـــل

$R_L = 25\ \Omega$ | $f = 60$ Hz | $V = 220$ V | $P_w = 400$ W | **L = ?**

$$\because P_w = I^2 R_L \qquad \therefore I = \sqrt{\frac{P_w}{R_L}} = \sqrt{\frac{400}{25}} = 4\ A \qquad \therefore Z = \frac{V}{I} = \frac{220}{4} = 55\ \Omega$$

$$\because Z = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \qquad \therefore X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2} = \sqrt{(55)^2 - (25)^2} = 20\sqrt{6}\ \Omega$$

$$\because X_L = 2\,\pi f L \qquad \therefore \mathbf{L} = \frac{X_L}{2\,\pi f} = \frac{20\sqrt{6}}{2 \times \frac{22}{7} \times 60} = \mathbf{0.13\ H}$$

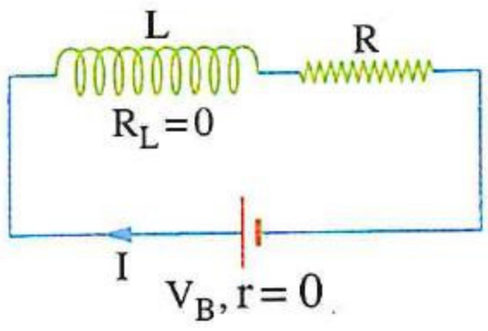
∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

إرشـاد :

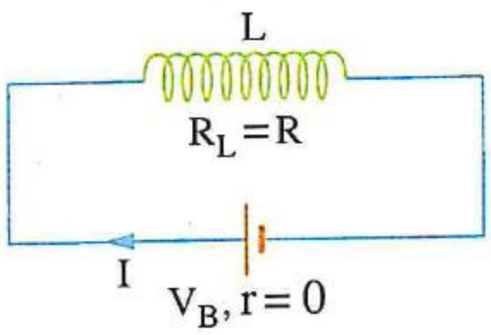
* عنـد اتصـال مقاومة أومية وملف حـث مهمل المقاومة الأوميـة (دائـرة (١)) أو ملـف حـث له مقاومـة أومية (دائرة (٢)) بمصدر تيار مستمر، فإن :

$$X_L = 0$$

$$I = \frac{V_B}{R}$$



دائرة (١)



دائرة (٢)

من العلاقة السابقة يتم حساب قيمة المقاومة الأومية المتصلة بالدائرة أو المقاومة الأومية لملف الحث.

* إذا تم توصيل مصدر متردد بدلًا من المصدر المستمر يمكن استخدام قيمة المقاومة الأومية التى تم حسابها لتعيين الكميات الأخرى المجهولة.

مثـال ١

اختر : إذا وُصل ملف حث بمصدر تيار مسـتمر قوته الدافعة الكهربية 20 V ومقاومته الداخلية مهملة كانت شـدة التيار المار فيه 2 A وعند توصيل الملف بمصـدر تيـار متردد تردده 50 Hz وقوته الدافعـة الكهربية 200 V أصبحت قيمة التيار فى الملف 5 A، فإن معامل الحث الذاتى للملف هو .....

(أ) 0.08 H (ب) 0.12 H (جـ) 0.24 H (د) 0.36 H

الحـــل

$V_B = 20\ V$ | $I_1 = 2\ A$ | $f = 50\ Hz$ | $V = 200\ V$ | $I_2 = 5\ A$ | **L = ?**

* فى حالة التيار المستمر :

$$R = \frac{V_B}{I_1} = \frac{20}{2} = 10\ \Omega$$

* فى حالة التيار المتردد :

$$Z = \frac{V}{I_2} = \frac{200}{5} = 40\ \Omega$$

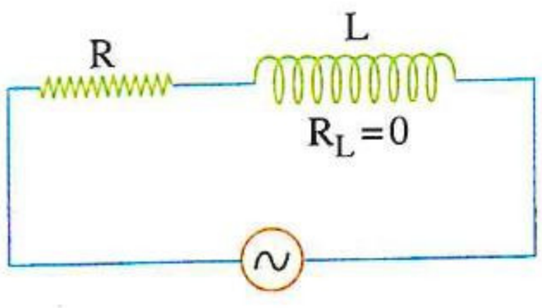
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad , \quad X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(40)^2 - (10)^2} = 38.73\ \Omega$$

$$X_L = 2\pi fL \quad , \quad \mathbf{L} = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{38.73}{2 \times \frac{22}{7} \times 50} = \mathbf{0.12\ H}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢

اختر : فـى الدائرة الكهربية المبينة بالشـكل، إذا تم تغييـر مصدر التيار المتردد بآخر مسـتمر جهده مسـاوى للقيمة الفعالة لجهد المصدر المتردد، تكون النسـبة بين القيمة الفعالة للتيار المار فى الدائرة فى الحالة الأولى وشـدة التيار المار فى الدائرة فى الحالة الثانية $\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$ .....



(أ) تساوى صفر (ب) أقل من الواحد (جـ) تساوى واحد (د) أكبر من الواحد

https://t.me/E5_G5

الحـــل

* فى حالة المصدر المتردد :

$$I_1 = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \quad , \quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

* فى حالة المصدر المستمر :

لا توجد مفاعلة حثية للملف لأن $(f = 0)$

∵ المصدر المستمر جهده مساوى للقيمة الفعالة لجهد المصدر المتردد.

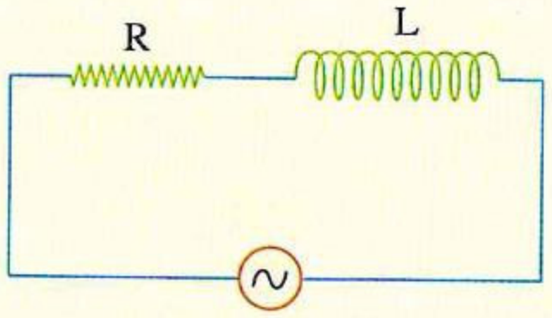
$$\therefore I_2 = \frac{V}{R} \qquad \therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \qquad \therefore \frac{I_1}{I_2} < 1$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

47 اختبر نفسك

مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



(١) مصـدر متـردد جهده 20 V متصـل بمقاومة أوميـة وملف حث مهمل المقاومة الأومية، فإذا كان فرق الجهد بين طرفى ملف الحث 12 V، فإن فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأومية .....

(أ) 4 V (ب) 8 V (جـ) 16 V (د) 32 V

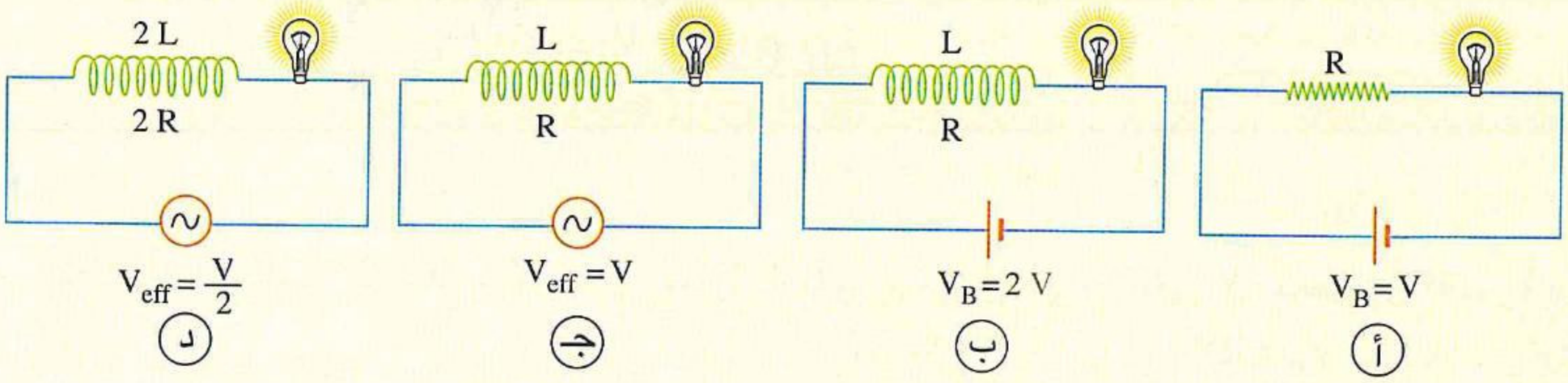
(٢) دائـرة تيـار متردد تتكون من مقاومـة أومية قدرها X وملف حث مفاعلته الحثية قدرها 2 X ومقاومته الأومية مهملة متصلين على التوالى، فإن زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار تساوى .....

(أ) 26.57° (ب) 30° (جـ) 60° (د) 63.43°

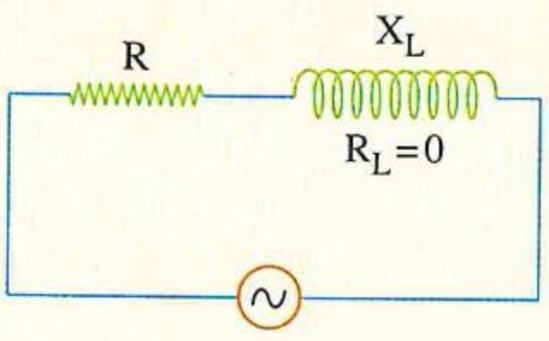
(٣) ملـف حـث مقاومتـه الأومية 30 Ω وُصل مع مصـدر جهد متردد قيمته الفعالـة 10 V فكانت المفاعلة الحثية للملف 40 Ω، فإن القدرة المستهلكة فى الدائرة تساوى .....

(أ) 0.8 W (ب) 1.2 W (جـ) 2 W (د) 2.8 W

(٤) مصباح كهربى مقاومته R وُصل فى دوائر كهربية مختلفة مع مصادر كهربية مهملة المقاومة الداخلية، فى أى من الدوائر التالية تكون شدة إضاءة المصباح أقل ؟



٢ فى الدائرة الموضحة عند مرور تيار تردده f تكون $X_L = R$، فـإذا زاد التردد إلى 2 f **احسـب** النسـبة بـين المعاوقة قبل وبعد زيادة التردد.



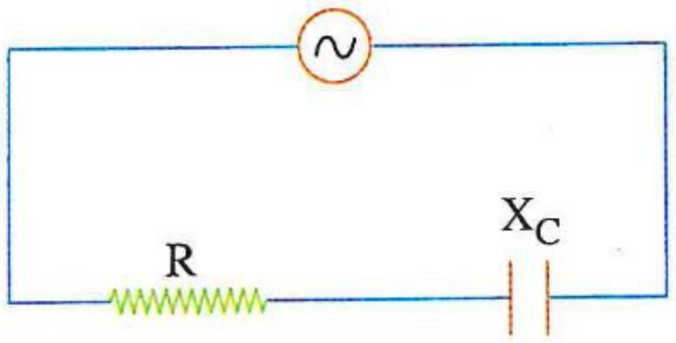
.....

.....

.....

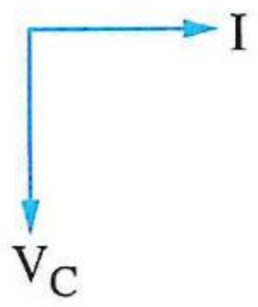
خامسًا دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية ومكثف متصلين على التوالى (RC)

* عند وجود دائرة كهربية تحتوى على مكثف ومقاومة أومية ومصدر تيار متردد متصلين على التوالى كما بالشكل، فإنه :



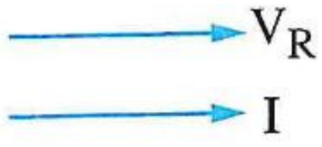
فى المكثف

يتأخر فرق الجهد (V_C) عن التيار (I) بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة (زاوية طور 90°)



فى المقاومة الأومية

يتفق فرق الجهد (V_R) والتيار (I) فى الطور



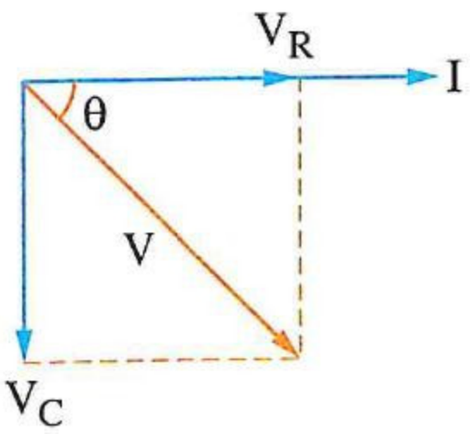
ويمر نفس التيار فى المقاومة وفى دائرة المكثف أى أن التيار له نفس الطور لكل منهما لأنهما متصلان معًا على التوالى

وبالتالى :

- يتأخر الجهد عبر المكثف (V_C) عن الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاوية طور 90°
  ويتعين فرق الجهد الكلى (V) باستخدام المتجهات من العلاقة :

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

- يتأخر الجهد الكلى (V) فى الطور عن التيار (I) (أو الجهد عبر المقاومة V_R) بزاوية θ تتعين من العلاقة :



$$\tan\theta = \frac{-V_C}{V_R} = \frac{-IX_C}{IR} = \frac{-X_C}{R}$$

حيث : (θ) دائمًا سالبة ($0° > \theta > 90°$)، والإشارة السالبة تعنى أن الجهد الكلى V متأخر عن التيار I بزاوية θ

$$\because V = IZ \quad , \quad V_R = IR \quad , \quad V_C = IX_C$$

$$\therefore IZ = \sqrt{I^2 R^2 + I^2 X_C^2} = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

بالقسمة على I

$$\therefore \quad Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

- يمكن تعيين قيمة التيار (I) من العلاقة :

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_C}{X_C}$$

https://t.me/E5_G5

ملاحظة

* فى دائرة تيار متردد تتكون من مصدر متردد ومكونين أحدهما مقاومة أومية والآخر :

معاوقة الدائرة

ملف حث

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$= \sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}$$

$$Z^2 = R^2 + \omega^2 L^2 = R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2$$

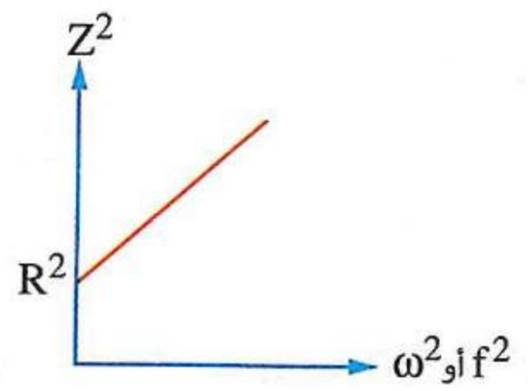
مكثف

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

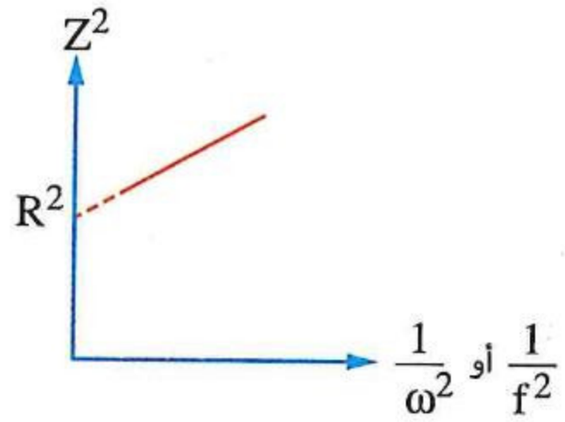
$$= \sqrt{R^2 + \frac{1}{(2\pi f C)^2}}$$

$$Z^2 = R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2} = R^2 + \frac{1}{4\pi^2 f^2 C^2}$$

التمثيل البيانى



- فى العلاقة $(Z^2 - \omega^2)$: $slope = L^2$
- فى العلاقة $(Z^2 - f^2)$: $slope = 4\pi^2 L^2$



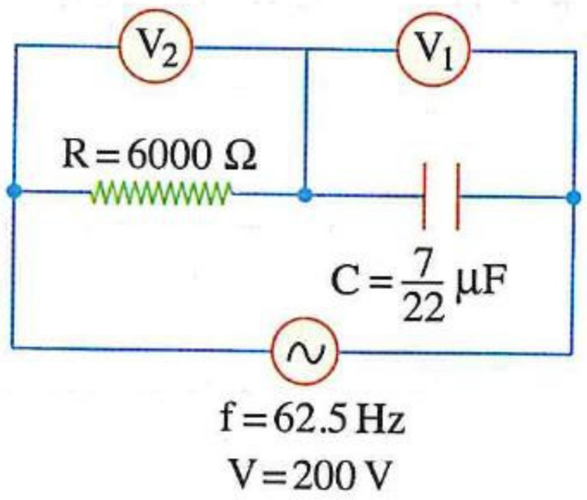
- فى العلاقة $\left(Z^2 - \frac{1}{\omega^2}\right)$: $slope = \frac{1}{C^2}$
- فى العلاقة $\left(Z^2 - \frac{1}{f^2}\right)$: $slope = \frac{1}{4\pi^2 C^2}$

مثال ١

اختر : فى الدائرة الموضحة، قراءتى V_1 ، V_2 على الترتيب هما .....

(أ) 120 V ، 80 V (ب) 40 V ، 80 V

(جـ) 120 V ، 160 V (د) 40 V ، 160 V



الحل

$R = 6000\ \Omega$ | $C = \frac{7}{22}\ \mu F$ | $f = 62.5\ Hz$ | $V = 200\ V$ | $V_1 = ?$ | $V_2 = ?$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 62.5 \times \frac{7}{22} \times 10^{-6}} = 8000\ \Omega$$

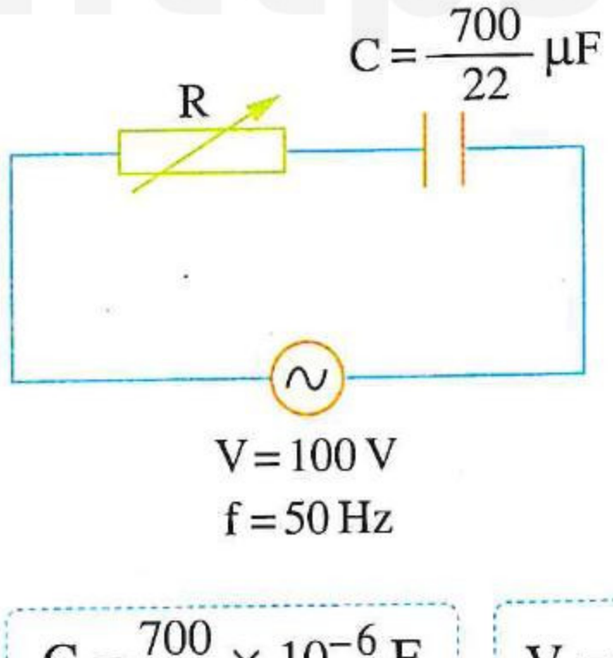
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(6000)^2 + (8000)^2} = 10000\ \Omega \quad , \quad I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{10000} = 0.02\ A$$

$\therefore V_1 = V_C = IX_C = 0.02 \times 8000 = \mathbf{160\ V}$, $\therefore V_2 = V_R = IR = 0.02 \times 6000 = \mathbf{120\ V}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢



اختر : فـى الدائـرة الكهربيـة الموضحـة، قيمـة المقاومة R التى تجعل التيار المار فى الدائرة 0.2 A تساوى تقريبًا .....

(أ) 100 Ω (ب) 290 Ω

(جـ) 490 Ω (د) 500 Ω

الحـــل

$C = \frac{700}{22} \times 10^{-6}$ F | V = 100 V | f = 50 Hz | I = 0.2 A | **R = ?**

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{0.2} = 500\ \Omega$$

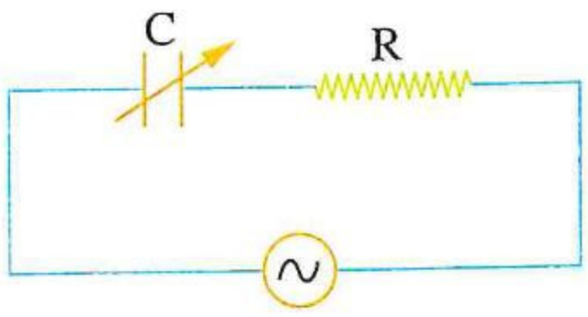
$$X_C = \frac{1}{2\,\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{700}{22} \times 10^{-6}} = 100\ \Omega$$

$\because Z^2 = X_C^2 + \mathbf{R}^2$

$\therefore \mathbf{R} = \sqrt{Z^2 - X_C^2} = \sqrt{(500)^2 - (100)^2} \simeq \mathbf{490\ \Omega}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثـال ٣



اختر : فـى الدائرة الكهربية المقابلة، إذا كانت سـعة المكثف C_1 تكون زاوية الطور بين التيار والجهد الكلى 45°، وإذا تم تغيير سعة المكثف إلى C_2 تصبح زاوية الطور 30° فإن .....

(أ) $C_2 = \frac{C_1}{\sqrt{3}}$ (ب) $C_2 = \frac{2\,C_1}{\sqrt{3}}$

(جـ) $C_2 = \sqrt{3}\,C_1$ (د) $C_2 = \frac{\sqrt{3}\,C_1}{2}$

الحـــل

$\theta_1 = -45°$ | $\theta_2 = -30°$

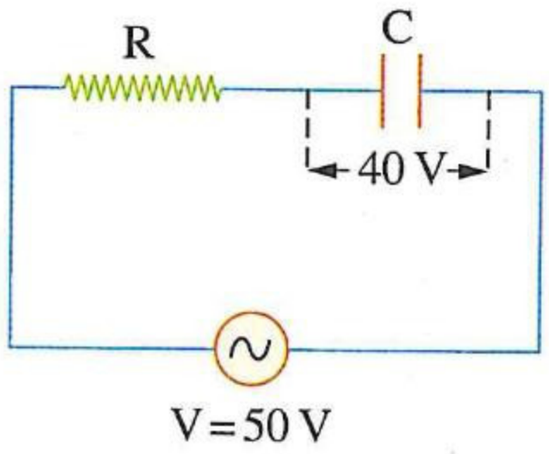
$$\tan\theta = \frac{-X_C}{R} = \frac{-1}{2\,\pi fCR}$$

$\therefore \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{C_2}{C_1}$ ، $\frac{\tan(-45)}{\tan(-30)} = \frac{C_2}{C_1}$

$\therefore \frac{C_2}{C_1} = \frac{\sqrt{3}}{1}$ ، $\mathbf{C_2 = \sqrt{3}\,C_1}$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مثال ٤



اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، إذا كانت القيمة الفعالة للتيار المار فى الدائرة A 3، فإن قيمة المقاومة R تساوى .....

(أ) 10 Ω (ب) 20 Ω

(جـ) 30 Ω (د) 40 Ω

الحل

$I = 3\ A$ | $V = 50\ V$ | $V_C = 40\ V$ | $R = ?$

$\because V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

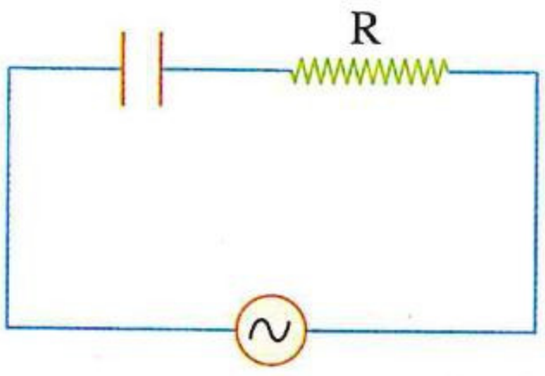
$\therefore V_R = \sqrt{V^2 - V_C^2} = \sqrt{(50)^2 - (40)^2} = 30\ V$

$\because V_R = IR$

$\therefore R = \frac{V_R}{I} = \frac{30}{3} = 10\ \Omega$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

مثال ٥



اختر : فى الدائرة الكهربية الموضحة، عند مرور تيار تردده f تكون $((X_C)_1 = R)$، فإذا قل التردد إلى $\frac{f}{2}$ فإن المعاوقة تصبح .....

(أ) 2 R (ب) $\frac{R}{2}$

(جـ) $\sqrt{5}$ R (د) $\sqrt{3}$ R

الحل

$f_1 = f$ | $f_2 = \frac{f}{2}$ | $(X_C)_1 = R$ | $Z_2 = ?$

$\because X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $\quad \therefore X_C \propto \frac{1}{f}$

∵ التردد قل للنصف.

$\therefore (X_C)_2 = 2\,(X_C)_1 = 2R$, $\therefore Z_2 = \sqrt{R^2 + (X_C)_2^2} = \sqrt{R^2 + (2R)^2} = \sqrt{5}R$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

مجاب عنها

48 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) مكثف سعته 12 μF يتصل على التوالى بمقاومة أومية عديمة الحث 500 Ω، فإذا مر بالدائرة تيار متردد تردده 60 Hz، فإن :

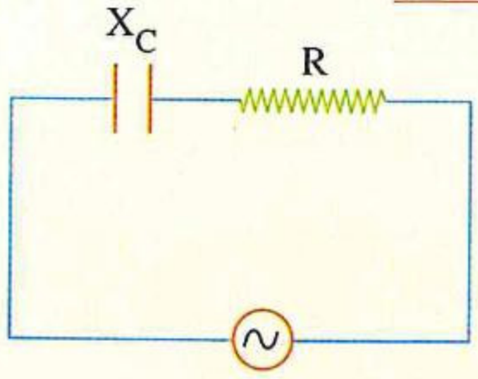
(١) المعاوقة الكلية للدائرة تساوى تقريبًا .....

(أ) 224 Ω (ب) 332 Ω (جـ) 426 Ω (د) 547 Ω

(٢) الجهد الكلى يتأخر عن التيار بزاوية طور .....

(أ) 14.5° (ب) 23.8° (جـ) 33.3° (د) 42.3°

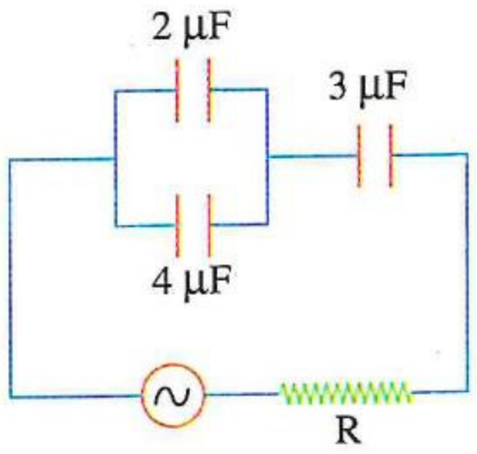
(٢) فى الدائرة الكهربية المقابلة إذا كانت المفاعلة السعوية X_C ضعف المقاومة الأومية R، فإن المعاوقة Z تساوى .....



(أ) $\sqrt{2}$ R (ب) R

(جـ) $\sqrt{5}$ R (د) 3 R

https://t.me/E5_G5



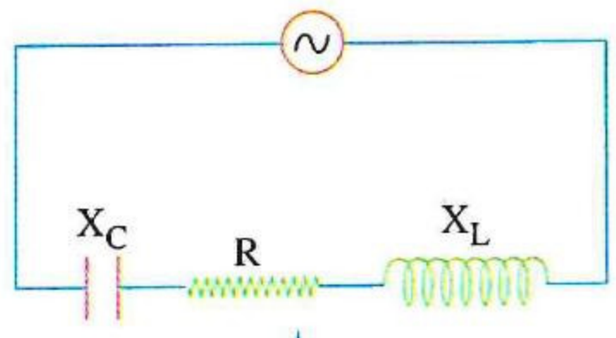
٣ فـى الدائرة الموضحـة مصدر متـردد تـردده 159 Hz والقيمة العظمى لجهده $220\sqrt{2}$ V فإذا كانت زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار الكلى 60°، فإن قيمة المقاومة R تساوى تقريبًا .....

(أ) 242 Ω (ب) 289 Ω

(جـ) 312 Ω (د) 326 Ω

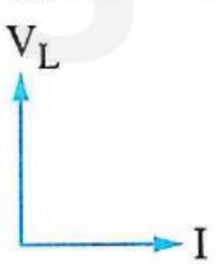
سادسًا دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية وملف حث ومكثف متصلين معًا على التوالى (RLC)

* عنـد وجـود دائرة كهربية تحتوى على مكثف ومقاومة أومية وملف حث ومصدر تيار متردد متصلة جميعًا على التوالى كما بالشكل، فإنه :



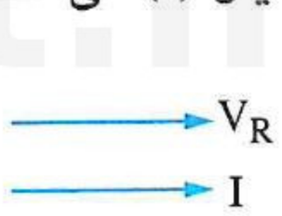
فى ملف الحث

يتقدم فـرق الجهـد (V_L) علـى التيار (I) بزاوية 90°



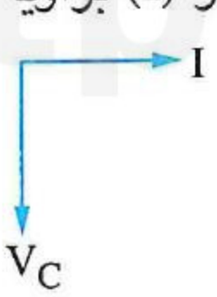
فى المقاومة الأومية

يتفق فـرق الجهـد (V_R) والتيار (I) فى الطور



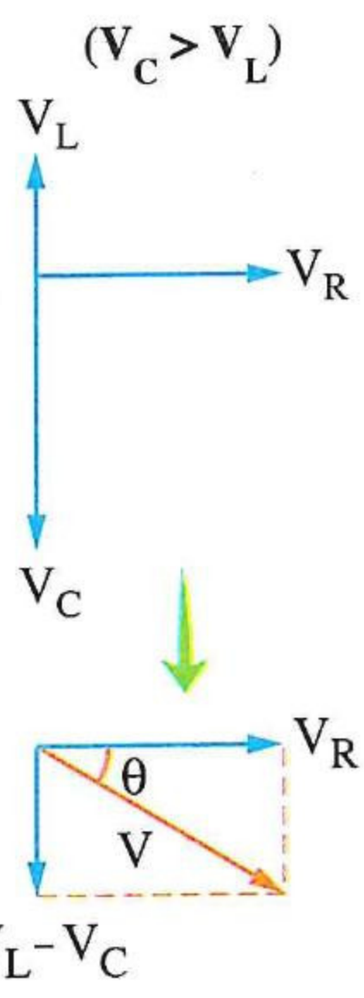
فى المكثف

يتأخر فرق الجهـد (V_C) عن التيار (I) بزاوية طور 90°

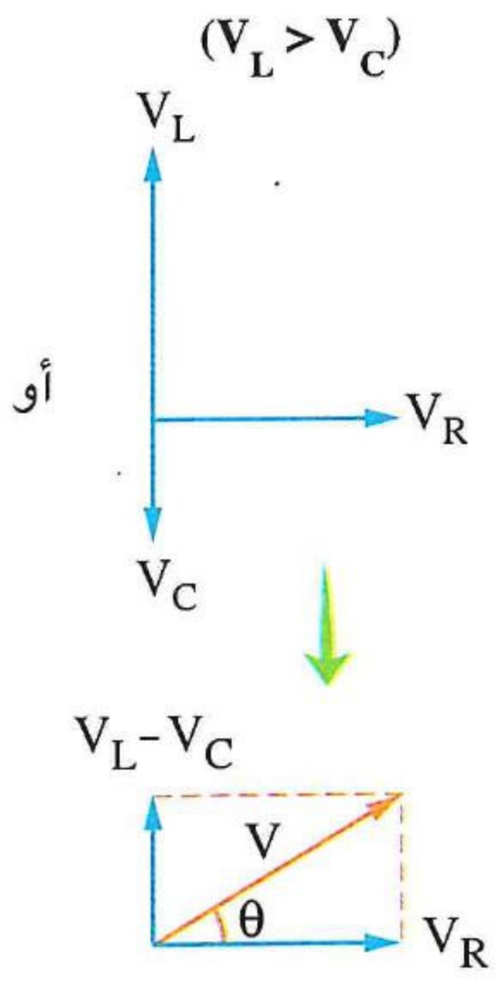


ويمر نفس التيار فى كل من المقاومة وملف الحث ودائرة المكثف أى أن التيار له نفس الطور فى كل منها لأنهم متصلين معًا على التوالى

وبالتالى :



أو



- يتقـدم الجهد عبر الملـف (V_L) عن الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاويـة 90° ويتأخر الجهد عبر المكثف (V_C) عن الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاوية 90° وبـذلك يكـون فـرق الطـور بـين V_L و V_C يساوى 180°

- يتعين فـرق الجهـد الكلـى (V) باستخدام المتجهات من العلاقة :

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$\because V = IZ \quad , \quad V_R = IR \quad , \quad V_L = IX_L \quad , \quad V_C = IX_C$

$\therefore IZ = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

بالقسمة على I

$$\therefore \quad \mathbf{Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

– يمكن تعيين زاوية الطور (θ) بين الجهد الكلى (V) والتيار (I) من العلاقة :

$$\mathbf{\tan\theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}}$$

– يمكن تعيين قيمة التيار الكلى (I) من العلاقة :

$$\mathbf{I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}}$$

*** وبالتالى تتأثر زاوية الطور (θ) بتغير قيم المفاعلات الحثية والسعوية فعندما تكون :**

	$V_L > V_C$ $X_L > X_C$	$V_L = V_C$ $X_L = X_C$	$V_L < V_C$ $X_L < X_C$
تكون زاوية الطور (θ)	موجبة أى أن الجهد الكلى (V) يتقدم على التيار (I) بزاوية (θ)	مساوية للصفر أى أن الجهد الكلى (V) يتفق مع التيار (I) فى الطور (فرق الطور بينهما = صفر)	سالبة أى أن الجهد الكلى (V) يتأخر عن التيار (I) بزاوية (θ)
تكون للدائرة خواص	حثية	أومية	سعوية

ملاحظة

*** لا يمكن جمع الجهود جبريًا فى حالة استخدام تيار متردد يمر فى دائرة RLC،**

لأنه فى ملف الحث يتقدم فرق الجهد (V_L) على التيار (I) بزاوية 90°، وعبر المكثف يتخلف فرق الجهد (V_C) عن التيار (I) بزاوية 90°، أما فى حالة مقاومة أومية عديمة الحث يكون فرق الجهد والتيار لهما نفس الطور، وبالتالى لا يمكن جمع الجهود جبريًا وتعامل كمتجهات فيتم جمعها جمع اتجاهى $\left(V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}\right)$.

مثال ١

دائـرة تيـار متردد تحتوى على ملف حث مهمل المقاومة الأومية ومكثف ومقاومة أومية يتصلون معًا على التوالى فـإذا كـان فـرق الجهد عبر الملف 80 V وعـبر المقاومـة 40 V وعبر المكثف 50 V وكان التيار فى الدائرة 2 A،

احسب :

(أ) فرق الجهد الكلى.

(ب) زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار، **وما** خواص الدائرة ؟

(جـ) القدرة الحرارية المستهلكة.

(د) معاوقة الدائرة.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$V_L = 80\ V$ | $V_R = 40\ V$ | $V_C = 50\ V$ | $I = 2\ A$ | $V = ?$ | $\theta = ?$ | $P_w = ?$ | $Z = ?$

(أ) $V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{(40)^2 + (80 - 50)^2} = \mathbf{50\ V}$

(ب) $\tan\theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{80 - 50}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$ ، $\theta = \mathbf{36.87°}$

للدائرة خواص حثية لأن $V_L > V_C$

(جـ) $R = \frac{V_R}{I} = \frac{40}{2} = 20\ \Omega$ ، $P_w = I^2R = 4 \times 20 = \mathbf{80\ W}$

(د) $Z = \frac{V}{I} = \frac{50}{2} = \mathbf{25\ \Omega}$

مثـال ٣

مولـد تيـار متـردد تـرددە 400 Hz يعطـى فرقًـا فـى الجهد عند طرفـى مخرجـه 30 V وصل بملف حثـه الذاتى 0.06 H ومكثف سعته 5 μF على التوالى فإذا كانت المقاومة الأومية للدائرة 90 Ω، **أوجد :**

(أ) المفاعلة الحثية للملف والمفاعلة السعوية للمكثف.

(ب) معاوقة الدائرة.

(جـ) قيمة التيار.

(د) زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار.

الحـــل

$f = 400\ Hz$ | $V = 30\ V$ | $L = 0.06\ H$ | $C = 5 \times 10^{-6}\ F$ | $R = 90\ \Omega$

$X_L = ?$ | $X_C = ?$ | $Z = ?$ | $I = ?$ | $\theta = ?$

(أ) $X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 400 \times 0.06 = \mathbf{150.86\ \Omega}$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 400 \times 5 \times 10^{-6}} = \mathbf{79.55\ \Omega}$

(ب) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(90)^2 + (150.86 - 79.55)^2} = \mathbf{114.83\ \Omega}$

(جـ) $I = \frac{V}{Z} = \frac{30}{114.83} = \mathbf{0.26\ A}$

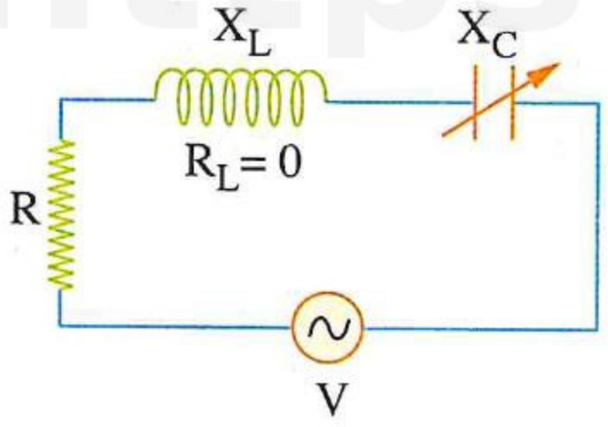
(د) $\tan\theta = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{150.86 - 79.55}{90}$

$\theta = \mathbf{38.39°}$

أى أن الجهد الكلى يتقدم على التيار بزاوية قدرها **38.39°**

https://t.me/E5_G5

مثـال ٣



اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، ضبطت سعة المكثف حتى أصبحت $(X_C)_1 = \frac{3}{2} X_L$ فكانت قيمة التيار المار فى الدائرة I، فإذا زادت سعة المكثف تدريجيًا حتى أصبحت $(X_C)_2 = \frac{1}{2} X_L$، فإن قيمة التيار المار فى الدائرة .....

(أ) تقل حتى تنعدم
(ب) تقل حتى تنعدم ثم تزداد
(جـ) تزداد
(د) تزداد ثم تقل حتى تصل إلى نفس القيمة الأولى

الحـــل

$(X_C)_1 = \frac{3}{2} X_L$ | $(X_C)_2 = \frac{1}{2} X_L$ | $I_1 = I$ | $I_2 = ?$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + (X_L - (X_C)_1)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - \tfrac{3}{2}X_L)^2} = \sqrt{R^2 + \tfrac{1}{4}X_L^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + (X_L - (X_C)_2)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - \tfrac{1}{2}X_L)^2} = \sqrt{R^2 + \tfrac{1}{4}X_L^2}$$

$\because Z_1 = Z_2 \qquad \therefore I_1 = I_2$

أى أن بزيادة سعة المكثف تقل المفاعلة السعوية له فيقل المقدار $(X_L - X_C)$ فتقل معاوقة الدائرة فتزداد قيمة التيار حتى تصل قيمة التيار لأقصى قيمة لها عندما تكون $(X_L = X_C)$، باستمرار زيادة سعة المكثف تقل المفاعلة السعوية له فيزداد المقدار $(X_L - X_C)$ فتزداد معاوقة الدائرة **فتقل قيمة التيار حتى تصل لنفس القيمة الأولى.**

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٤

اختر : دائرة تيار متردد تحتوى على مصدر تردده $\frac{200}{\pi}$ Hz والقيمة الفعالة لجهده 300 V وملف حث معامل حثه الذاتى 0.1 H ومقاومته الأومية 40 Ω ومكثف جميعها متصل على التوالى، فإذا كانت المعاوقة الكلية للدائرة 50 Ω، فإن زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار تساوى .....

(أ) 18.88°
(ب) 36.87°
(جـ) 45.52°
(د) 63.42°

الحـــل

$f = \frac{200}{\pi}$ Hz | $V = 300$ V | $L = 0.1$ H | $R_L = 40\ \Omega$ | $Z = 50\ \Omega$ | $\theta = ?$

$$\because Z = \sqrt{R_L^2 + (X_L - X_C)^2}$$

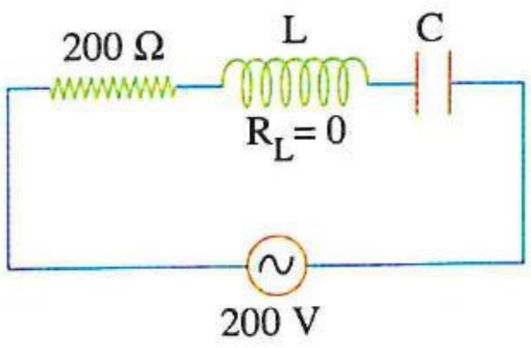
$$\therefore X_L - X_C = \sqrt{Z^2 - R_L^2} = \sqrt{(50)^2 - (40)^2} = 30\ \Omega$$

$$\therefore \tan\theta = \frac{X_L - X_C}{R_L} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4} \quad , \quad \theta = 36.87°$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٥

اختر : فـى الدائرة الكهربية المقابلة، عند إزالة المكثف فقط يتقدم الجهد الكلى علـى التيار فى الطـور بزاوية 45°، وعند إزالة الملف فقط يتخلف الجهد الكلى عـن التيـار فى الطور بزاوية 30°، فإن قيمة التيـار المار فى الدائرة الموضحة بالشكل تساوى .....



(أ) 0.54 A (ب) 0.92 A (جـ) 1.09 A (د) 2.01 A

الحـــل

* عند إزالة المكثف فقط (تصبح دائرة RL) :

$$\tan\theta = \frac{X_L}{R} \quad , \quad \tan 45 = \frac{X_L}{200} \quad , \quad X_L = 200\ \Omega$$

* عند إزالة الملف فقط (تصبح دائرة RC) :

$$\tan\theta = \frac{-X_C}{R} \quad , \quad \tan(-30) = \frac{-X_C}{200} \quad , \quad X_C = 115.47\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(200)^2 + (200 - 115.47)^2} = 217.13\ \Omega$$

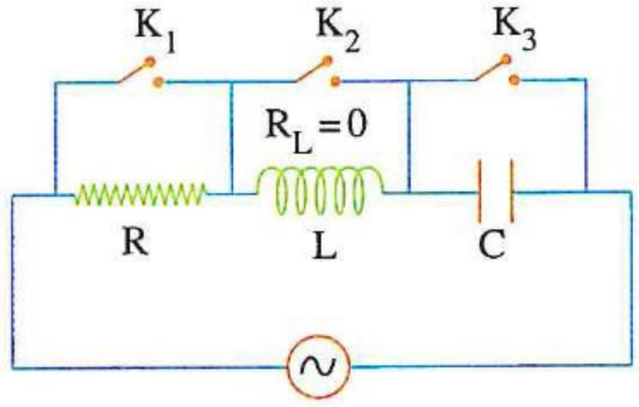
$$\mathbf{I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{217.13} = 0.92\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٦

اختر : فى الدائرة الكهربية التالية، تكون معاوقة الدائرة عند غلق المفاتيح الثلاثة كل على حدة كما موضح بالجدول :

عند غلق المفتاح	المعاوقة
K_1	Z_1
K_2	Z_2
K_3	Z_3



فإذا علمت أن $X_C = 2\,X_L = 2\,R$ ، فإن .....

(أ) $Z_3 > Z_2 > Z_1$ (ب) $Z_2 > Z_1 > Z_3$ (جـ) $Z_1 > Z_2 > Z_3$ (د) $Z_2 > Z_3 > Z_1$

الحـــل

* عند غلق المفتاح (K_1) فقط ← يمر التيار فى سلك التوصيل ولا يمر فى المقاومة أى تصبح دائرة (LC).

$$Z_1 = |X_L - X_C| = |X_L - 2\,X_L| = X_L = R$$

* عند غلق المفتاح (K_2) فقط ← يمر التيار فى سلك التوصيل ولا يمر فى الملف أى تصبح دائرة (RC).

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + (2\,R)^2} = \sqrt{5}\,R$$

* عند غلق المفتاح (K_3) فقط ← يمر التيار فى سلك التوصيل ولا يمر فى فرع المكثف أى تصبح دائرة (RL).

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}\,R$$

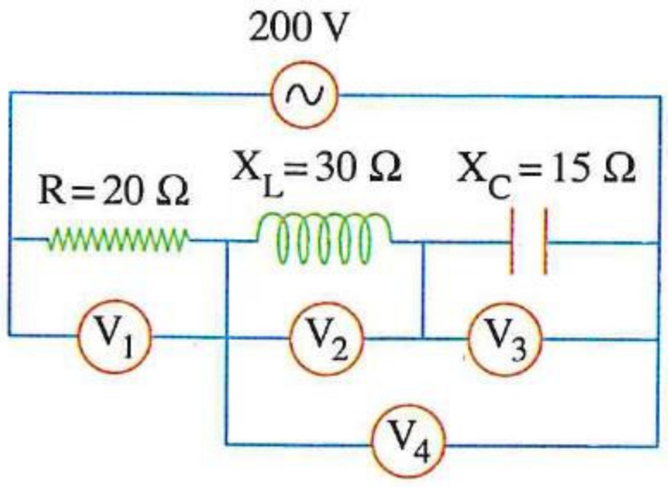
$$\therefore \mathbf{Z_2 > Z_3 > Z_1}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

* يتضح مما سبق أنه يمكن تحويل دائرة RLC إلى دائرة RL أو RC أو LC من خلال إزالة أحد المكونات منها.

https://t.me/E5_G5

مثـال ٧



الشـكل المقابل يوضح دائرة تيار متردد تحتـوى على مقاومة أومية وملف حث مهمل المقاومة الأومية ومكثف، **احسب :**

(أ) قيمة التيار المار بالدائرة.

(ب) قراءة كل من الڤولتميترات الأربعة.

الحـــل

$V = 200\ V$ | $R = 20\ \Omega$ | $X_L = 30\ \Omega$ | $X_C = 15\ \Omega$

$I = ?$ | **$V_1 = ?$** | **$V_2 = ?$** | **$V_3 = ?$** | **$V_4 = ?$**

(أ)

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(20)^2 + (30 - 15)^2} = 25\ \Omega$$

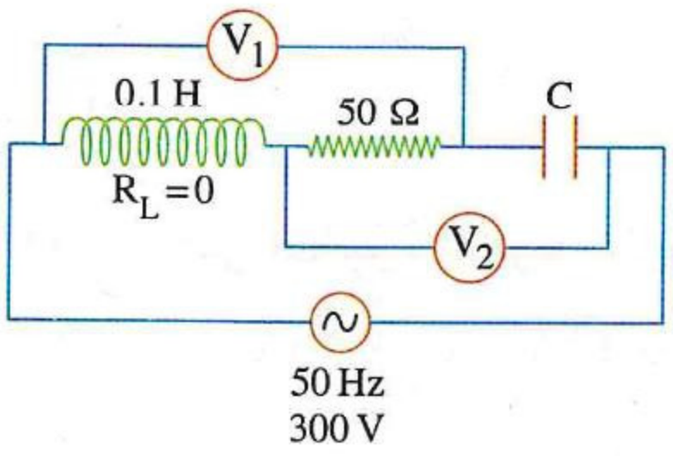
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{25} = \mathbf{8\ A}$$

(ب)

$V_1 = IR = 8 \times 20 = \mathbf{160\ V}$ ، $V_2 = IX_L = 8 \times 30 = \mathbf{240\ V}$

$V_3 = IX_C = 8 \times 15 = \mathbf{120\ V}$ ، $V_4 = V_2 - V_3 = 240 - 120 = \mathbf{120\ V}$

مثـال ٨



اختر : فى الدائرة الكهربية المقابلة، إذا كانت النسـبة بين قراءة كل من الڤولتميترين $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ هى $\frac{1}{2}$ ، فإن سعة المكثف (C) تساوى تقريباً .....

(أ) $60\ \mu F$ (ب) $30\ \mu F$

(جـ) $15\ \mu F$ (د) $7.5\ \mu F$

الحـــل

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.1 = 31.43\ \Omega$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{IZ_1}{IZ_2} = \frac{\sqrt{R^2 + X_L^2}}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad , \quad \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{R^2 + X_L^2}{R^2 + X_C^2}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{(50)^2 + (31.43)^2}{(50)^2 + X_C^2}$$

$$X_C = 107.01\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

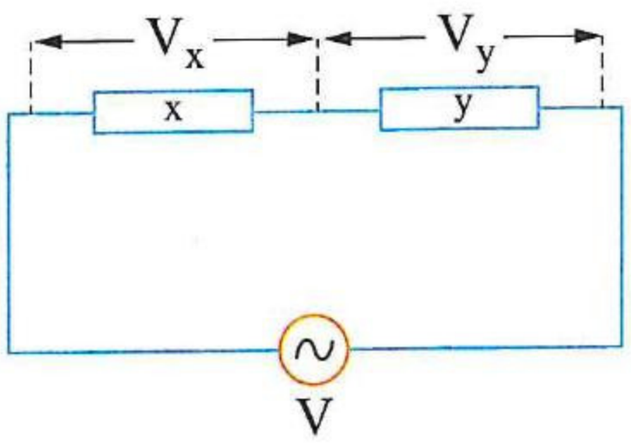
$$C = \frac{1}{2\pi fX_C} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 107.01} = 2.97 \times 10^{-5}\ F \simeq \mathbf{30\ \mu F}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

https://t.me/E5_G5

إرشاد :

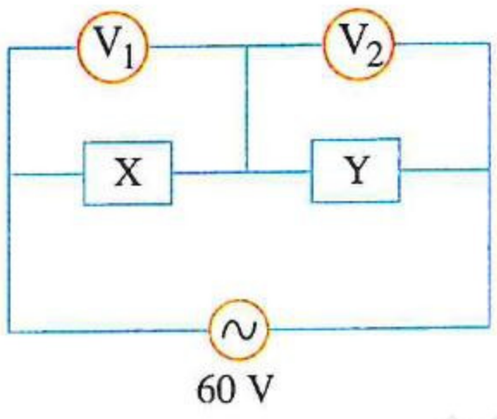
* فـى حالة مكونين مجهولين نقيين (x ، y) متصلـين على التوالى مـع مصدر متردد كمـا بالدائـرة المقابلة، فـإذا كان الجهد الكلى (V) :



يساوى مجموع فرقى الجهد عبر المكونين	يساوى الفرق بين فرقى الجهد عبر المكونين	أقل من مجموع فرقى الجهد عبر المكونين وأكبر من الفرق بينهما
أى أن		
$V = V_x + V_y$	$V = V_x - V_y$	$(V_x + V_y) > V > (V_x - V_y)$
فإن		
المكونان يكونا من نفس النوع أى يكونا مقاومتان أو ملفا حث أو مكثفان	المكونان يكونا ملف حث ومكثف	المكونان أحدهما يكون مقاومة والآخر ملف حث أو مكثف

مثـال

اختر : فـى الدائـرة الكهربية الموضحـة بالشـكل المقابل، إذا كانـت ($V_1 = 20\ V$ ، $V_2 = 40\ V$) ، فمـن الممكـن أن يكون العنصران النقيان (X ، Y) .....



(أ) مكثف ومقاومة أومية
(ب) مقاومة أومية وأميتر حرارى
(جـ) مكثف وملف حث
(د) مقاومة أومية وملف حث

الحـــل

$V = 60\ V$ | $V_1 = 20\ V$ | $V_2 = 40\ V$

$\because V_1 + V_2 = 20 + 40 = 60\ V$, $V_1 + V_2 = V$

$\therefore$ العنصران يكونا من نفس النوع (مقاومتان أو ملفا حث أو مكثفان)

$\therefore$ الاختيار الصحيح هو (ب)

مجاب عنها

49 اختبر نفسك

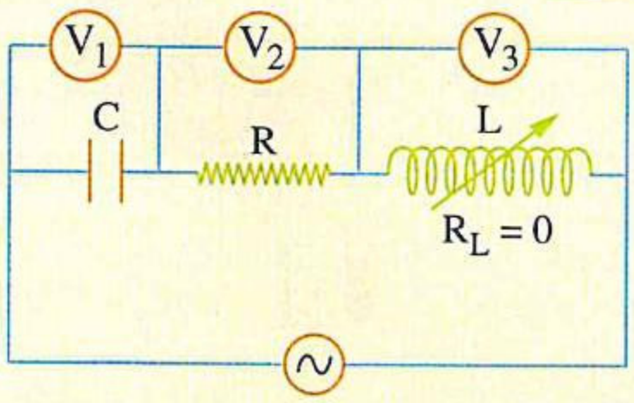
١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) ملف دينامو يتكون من 200 لفة مساحة مقطع كل منها $\frac{2}{11}\ m^2$ ويدور الملف بتردد 50 دورة/ث موضوع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضه $2 \times 10^{-2}\ T$، فإذا تم توصيل طرفاه بمكثف وملف حث مهمل المقاومة الأومية على التوالى كانت المفاعلة السعوية للمكثف 140 Ω والمفاعلة الحثية للملف 110 Ω، فإذا كانت المقاومة الأومية فى الدائرة 40 Ω فإن القيمة الفعالة للتيار المار فى الدائرة تساوى .....

أ) 2.42 A　　ب) 2.64 A　　جـ) 3.23 A　　د) 4.45 A

---

(٢) فى الدائرة المقابلة، إذا كانت العلاقة بين قراءات أجهزة الفولتميتر $V_2 = V_3 = 2\ V_1$، عند زيادة معامل الحث الذاتى للملف، فإن قراءتى الفولتميترين V_1 ، V_2 على الترتيب .....

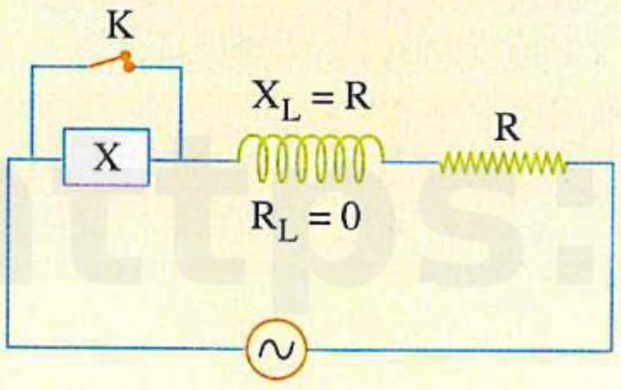


أ) تقل ، تقل　　ب) تقل ، تزداد

جـ) تزداد ، تقل　　د) تزداد ، تزداد

---

(٣) الشكل المقابل يمثل دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية (R) وملف حث مهمل المقاومة الأومية ومكون مجهول نقى (X)، أى من المكونات التالية يمكن أن يمثل المكون (X) إذا :



١- زادت قيمة التيار عند فتح المفتاح K؟

أ) مكثف مفاعلته السعوية تساوى 3 R

ب) مكثف مفاعلته السعوية تساوى $\frac{1}{2}$ R

جـ) ملف حث مفاعلته الحثية تساوى $\frac{1}{2}$ R

د) ملف حث مفاعلته الحثية تساوى 3 R

٢- لم تتغير قيمة التيار عند فتح المفتاح K؟

أ) مكثف مفاعلته السعوية تساوى 2 R

ب) مكثف مفاعلته السعوية تساوى 3 R

جـ) ملف حث مفاعلته الحثية تساوى $\frac{1}{3}$ R

د) ملف حث مفاعلته الحثية تساوى 3 R

---

٢ دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة أومية قيمتها R وملف حث نقى مفاعلته الحثية تساوى 3 R ومكثف مفاعلته السعوية تساوى 2 R متصلة على التوالى، **احسب** زاوية الطور بين الجهد الكلى والتيار.

.....

.....

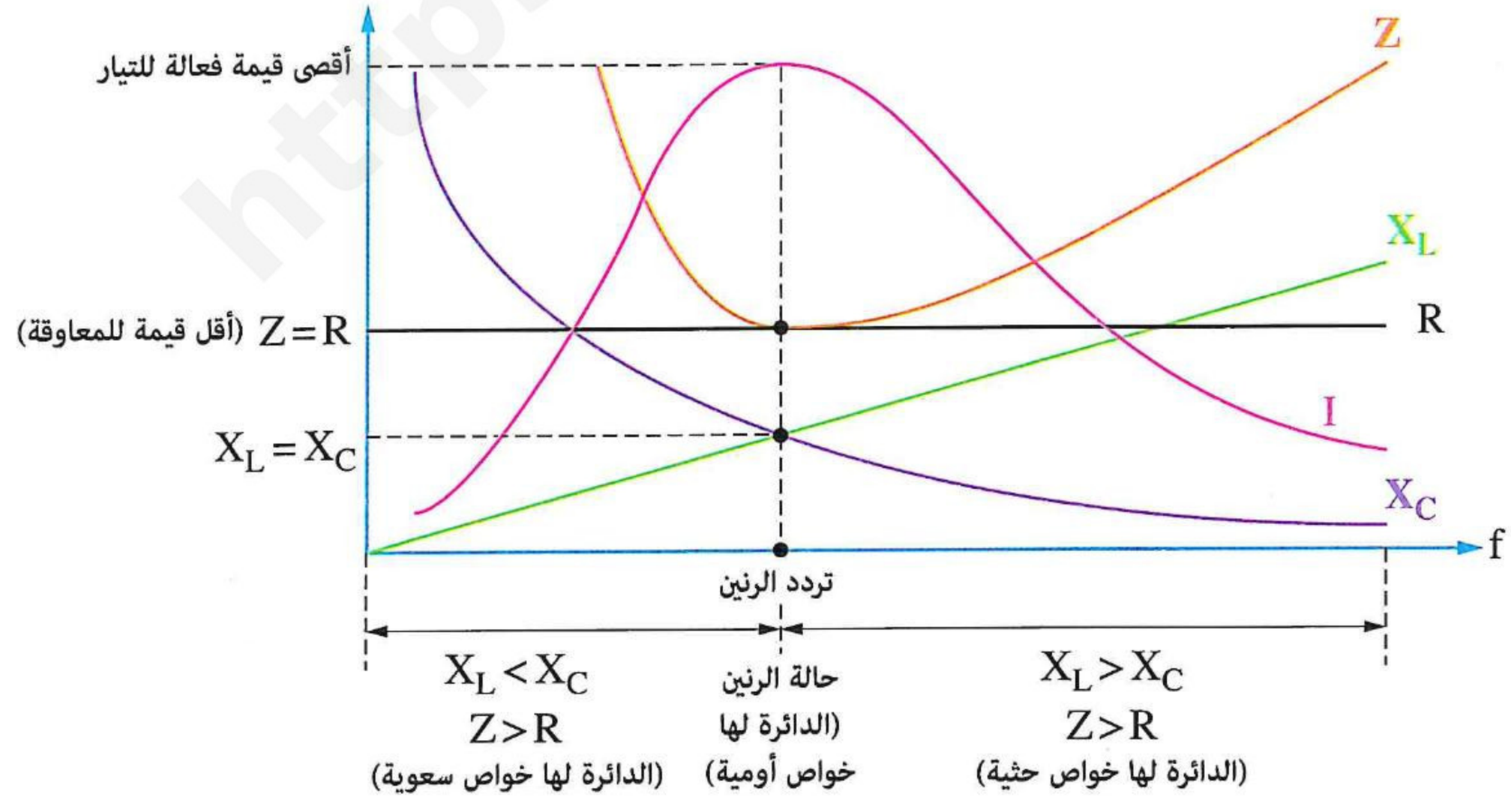
الفصل 4

الـدرس الثالث

- الدائرة المهتزة.
- دائـرة الرنيــن.



درســت خــلال هــذا الفصل العلاقة بيــن كل مــن R و X_L و X_C و Z و I وتردد التيار والتى يمكــن تمثيلها بيانيًا بالشكل التالى، ومنه :



https://t.me/E5_C5

- تظل قيمة **المقاومة الأومية (R)** ثابتة بتغير تردد التيار.
- تزداد **المفاعلة الحثية للملف (X_L)** بزيادة تردد التيار ($X_L \propto f$).
- تقل **المفاعلة السعوية للمكثف (X_C)** بزيادة تردد التيار ($X_C \propto \frac{1}{f}$).
- مبتدءًا من التردد = صفر، بزيادة تردد التيار :

– تقل **معاوقة الدائرة (Z)** حتى تصل إلى نهاية صغرى تساوى (R) عندما تكون $X_L = X_C$ وهو ما يطلق عليه **حالة الرنين**، ثم تزداد **معاوقة الدائرة (Z)** بعد ذلك بزيادة تردد التيار :

– تـزداد **القيمـة الفعالـة للتيار (I)** المار بالدائرة حتـى تصل إلى نهاية عظمـى (I_{max}) عندما تكون $X_L = X_C$ ثم تقل بعد ذلك بزيادة التردد، ويرجع ذلك إلى أن القيمة الفعالة للتيار تتناسب عكسيًا مع معاوقة الدائرة.

حالـة الرنيـن

*** عندما تكون دائرة RLC فى حالة رنين، فإن :**

١ المفاعلة الحثية للملف (X_L) = المفاعلة السعوية للمكثف (X_C).

٢ فرق الجهد بين طرفى الملف (V_L) = فرق الجهد بين طرفى المكثف (V_C).

٣ فرق الجهد بين طرفى المقاومة (V_R) = فرق الجهد الكلى بين طرفى المصدر المتردد (V).

٤ الدائرة يكون لها أقل معاوقة وتساوى المقاومة الأومية ($Z = R$).

٥ الدائرة يمر فيها أكبر قيمة فعالة للتيار وتحسب من العلاقة $\left(I = \frac{V}{R}\right)$.

٦ التيار يتفق مع فرق الجهد الكلى فى الطور أى أن زاوية الطور بينهما (θ) = صفر.

٧ تردد الدائرة (تردد الرنين) مساوى لتردد المصدر.

إذا تحقق أحد هذه الشروط تتحقق باقى الشروط.

استنتاج تردد الرنين

*** فى حالة الرنين تتساوى المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية :**

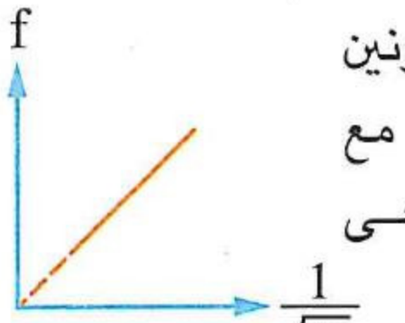
$\because X_L = X_C$ $\quad\quad$ $\therefore 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$

$\therefore f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$ $\quad\quad$ $\therefore \mathbf{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$

العوامل التى يتوقف عليها تردد الرنين

١ سعة المكثف :

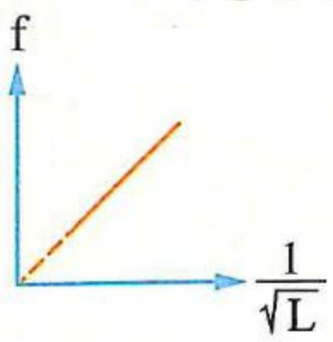
يتناسب تردد الرنين تناسبًا **عكسيًا** مع الجذر التربيعى لسعة المكثف.



$$slope = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L}}$$

٢ معامل الحث الذاتى للملف :

يتناسب تردد الرنين تناسبًا **عكسيًا** مع الجذر التربيعى لمعامل الحث الذاتى للملف.



$$slope = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{L}}\right)} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

مثال ١

اختر : دائرة RLC فى حالة رنين، إذا كان معامل الحث الذاتى للملف 16 mH وسعة المكثف 4.9 μF، فإن تردد التيار المار فى الدائرة يساوى .....

(أ) 202.92 Hz (ب) 568.18 Hz (جـ) 620.52 Hz (د) 840.43 Hz

الحل

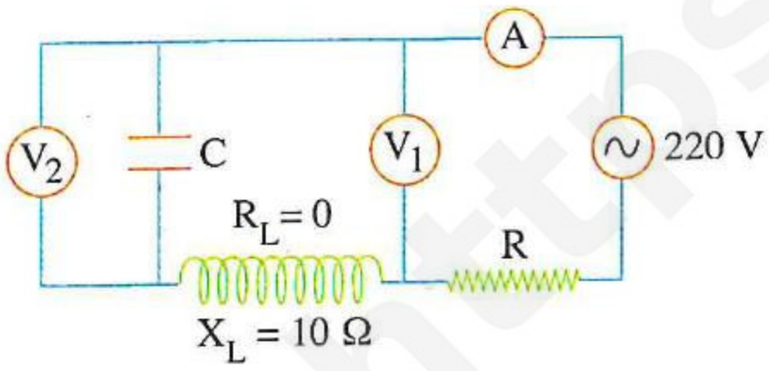
$L = 16\ mH$ $C = 4.9\ \mu F$ $f = ?$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\times\frac{22}{7}\times\sqrt{16\times10^{-3}\times4.9\times10^{-6}}} = 568.18\ Hz$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثال ٢

اختر : فى دائرة التيار المتردد الموضحة بالشكل المقابل، إذا كانت قراءة الأميتر الحرارى 5 A وقراءة الڤولتميتر V_1 تساوى صفر، فإن قيمة المقاومة R وقراءة الڤولتميتر V_2 على الترتيب هما .....



(أ) 50 V ، 10 Ω (ب) 100 V ، 10 Ω

(جـ) 50 V ، 44 Ω (د) 100 V ، 44 Ω

الحل

$I = 5\ A$ $V = 220\ V$ $X_L = 10\ \Omega$ $V_1 = 0$ $R = ?$ $V_2 = ?$

$\because V_1 = V_L - V_C = 0$ $\therefore X_L = X_C$

$$\therefore Z = R = \frac{V}{I} = \frac{220}{5} = 44\ \Omega$$

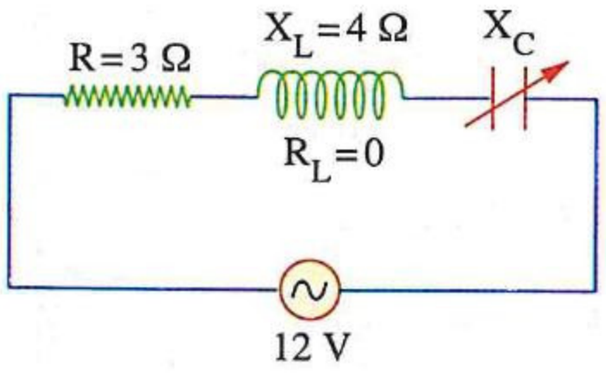
$$\therefore V_2 = V_C = V_L = IX_L = 5\times10 = 50\ V$$

∴ الدائرة فى حالة رنين.

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5G5

مثـال ٣



اختر: دائرة RLC تحتوى على مكثف يمكن تغيير سـعته كما بالدائرة المقابلة، فإن أكبر قيمة فعالة لتيار يمكن أن يمر فى الدائرة تساوى .....

(أ) 3 A (ب) 4 A

(جـ) 5 A (د) 6 A

الحـــل

$R = 3\,\Omega$ | $X_L = 4\,\Omega$ | $V = 12\,V$ | **$I = ?$**

* يمر فى الدائرة أكبر قيمة فعالة للتيار عندما تكون الدائرة فى حالة رنين.

$\therefore Z = R = 3\,\Omega$

$\therefore \mathbf{I} = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R} = \frac{12}{3} = \mathbf{4\,A}$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

إرشـاد:

* فى حالة المقارنة بين ترددى دائرتى رنين فإن :

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$$

مثـال

اختر: دائرة RLC فى حالة رنين بها مكثف C_1 سعته $18\,\mu F$ وتردد الرنين لها $2 \times 10^4\,Hz$ فإذا تم تغيير المكثف بآخر C_2 أصبح تردد الرنين للدائرة $3 \times 10^4\,Hz$ ، فإن سعة المكثف الثانى (C_2) تساوى .....

(أ) 8 μF (ب) 12 μF (جـ) 18 μF (د) 24 μF

الحـــل

$C_1 = 18\,\mu F$ | $f_1 = 2 \times 10^4\,Hz$ | $f_2 = 3 \times 10^4\,Hz$ | **$C_2 = ?$**

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

$$\frac{2 \times 10^4}{3 \times 10^4} = \sqrt{\frac{C_2}{18}}$$

$$\frac{4}{9} = \frac{C_2}{18} \quad , \quad \mathbf{C_2 = 8\,\mu F}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (أ)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

50 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ فـى دائـرة الرنين إذا زاد تردد التيار لأربعة أمثاله، فأى من التغييرات الآتية يؤدى للاحتفاظ بحالة الرنين فى الدائرة ؟

(أ) زيادة سعة المكثف للضعف وزيادة معامل الحث الذاتى لأربعة أمثال

(ب) زيادة سعة المكثف للضعف ونقص معامل الحث الذاتى للنصف

(جـ) زيادة سعة المكثف للضعف وزيادة معامل الحث الذاتى للضعف

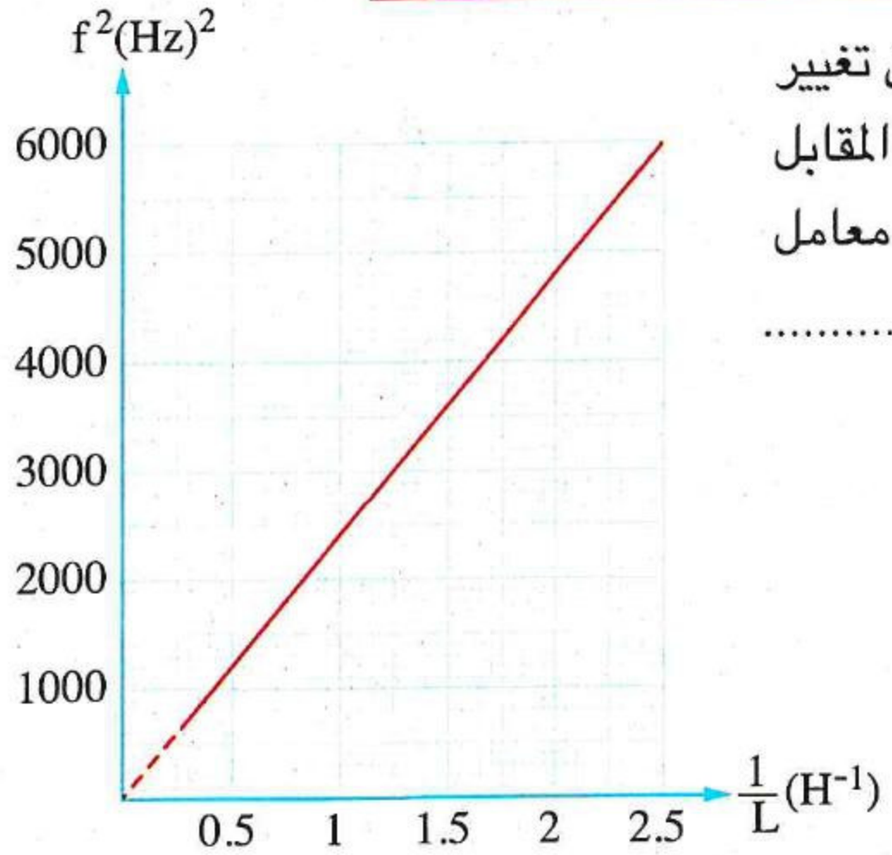
(د) نقص سعة المكثف للربع ونقص معامل الحث الذاتى للربع

٢ دائرة RLC فى حالة رنين تتكون من دينامو للتيار المتردد ومكثف ومقاومة أومية وملف حث مهمل المقاومة الأومية جميعها متصلة على التوالى، فإن الدائرة تظل فى حالة رنين بالرغم من تغيير مقدار .....

(أ) سرعة دوران ملف الدينامو (ب) سعة المكثف

(جـ) المقاومة الأومية (د) معامل الحث الذاتى للملف

٣ وُصل مكثف ثابت السـعة علـى التوالى بملف حث يمكن تغيير معامل حثه الذاتى ومصدر تيار متردد والشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين مربع تردد الرنين (f^2) للدائرة ومقلوب معامل الحث الذاتى للملف $\left(\frac{1}{L}\right)$، فتكون سعة المكثف هى .....



(أ) 0.85×10^{-5} F

(ب) 1.05×10^{-5} F

(جـ) 2.02×10^{-5} F

(د) 3.06×10^{-5} F

الدائرة المهتزة Oscillator Circuit

الدائرة المهتزة

دائـرة كهربيـة يحدث بها تبـادل للطاقة المخزونة فى ملف حث على هيئة مجال مغناطيسـى مع الطاقة المخزونة فى مكثف على هيئة مجال كهربى.

الاستخدام

تستخدم فى أجهزة إرسال الموجات اللاسلكية.

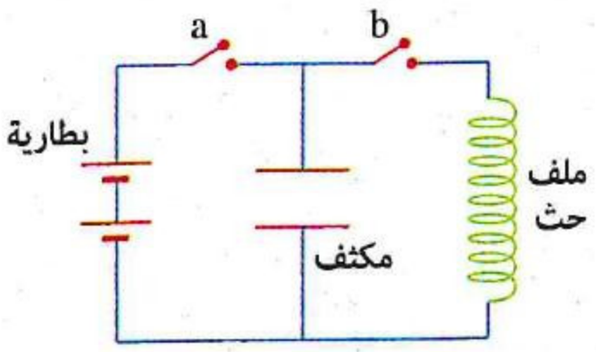
التركيب

١ ملف حث له مقاومة صغيرة جداً.

٢ مكثف.

٣ مصدر تيار مستمر (بطارية).

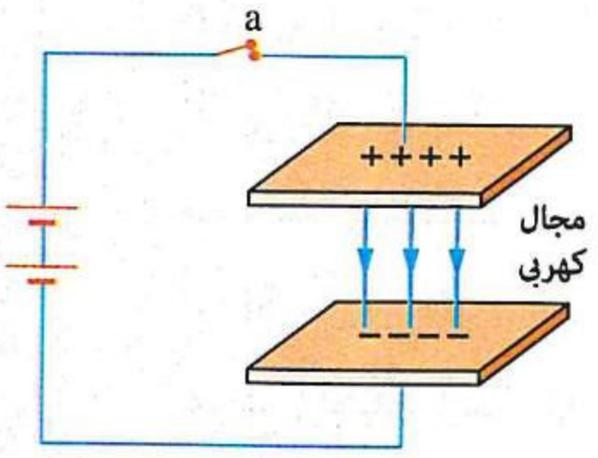
٤ مفتاحين a ، b



https://t.me/E5_G5

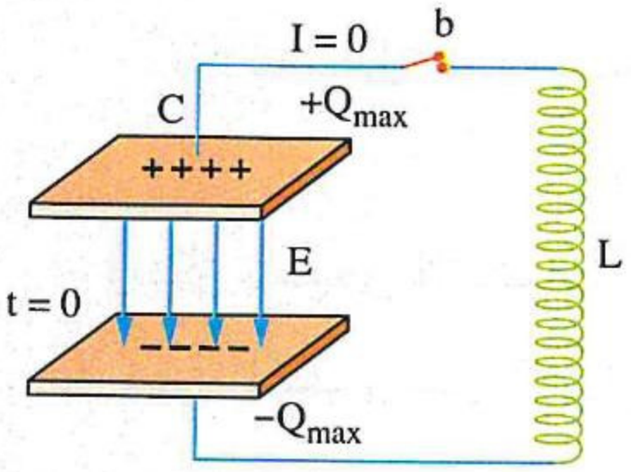
شرح العمل

١ عند غلق المفتاح a وترك المفتاح b مفتوحًا :



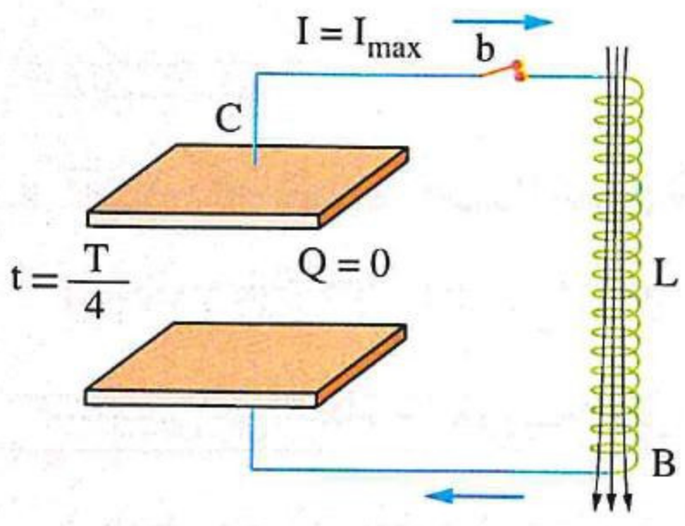
- يمر تيار لحظى من البطارية إلى المكثف يسبب شحن لوح المكثف المتصل بالقطب الموجب للبطارية بشحنة موجبة وشحن لوح المكثف المتصل بالقطب السالب للبطارية بشحنة سالبة.
- يتوقف مرور التيار الكهربى عندما يتساوى فرق الجهد بين لوحى المكثف مع فرق جهد البطارية.
- نتيجة وجود فرق جهد بين لوحى المكثف يتولد مجال كهربى بينهما وتختزن الطاقة على هيئة مجال كهربى.
- عند فتح المفتاح a يبقى المكثف مشحونًا.

٢ عند غلق المفتاح b والإبقاء على المفتاح a مفتوح :



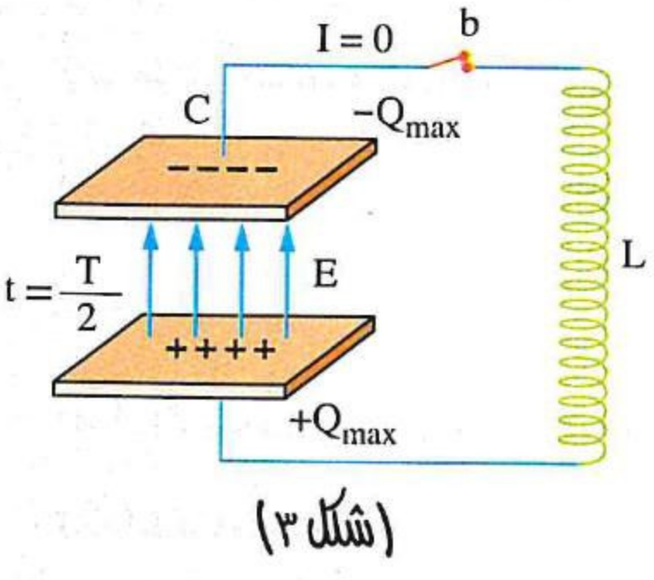
(شكل ١)

- فى الشكل (١) يبدأ المكثف تفريغ شحنته من اللوح الموجب إلى اللوح السالب خلال الدائرة الخارجية (عبر الملف)، وأثناء تناقص الشحنة المتراكمة على المكثف يقل فرق الجهد تدريجيًا بين لوحيه وتقل الطاقة المختزنة فيه على هيئة مجال كهربى.
- بزيادة المعدل الزمنى للتغير فى الشحنة التى يفرغها المكثف تزداد قيمة التيار المار فى الملف مما يؤدى إلى زيادة شدة المجال المغناطيسى حول الملف وزيادة الطاقة المختزنة فيه على هيئة مجال مغناطيسى.



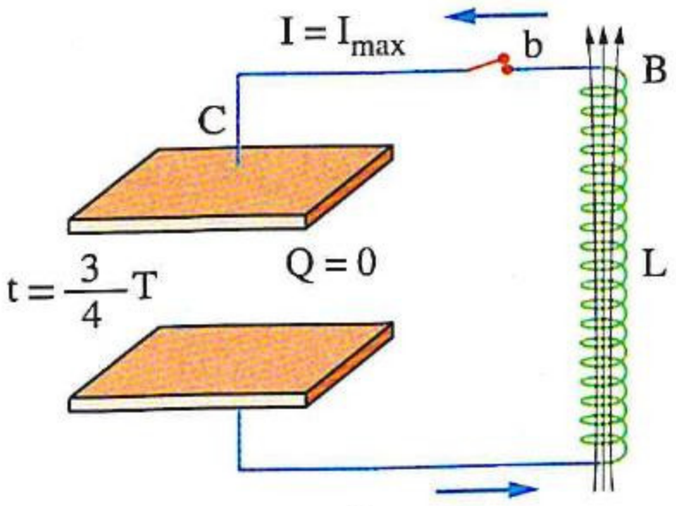
(شكل ٢)

- عندما يفرغ المكثف شحنته بالكامل ينعدم فرق الجهد بين لوحيه وتصبح قيمة التيار المار فى الملف قيمة عظمى وتكون الطاقة الكهربية التى كانت مختزنة فى المكثف قد تحولت بالكامل إلى طاقة مغناطيسية مختزنة بالملف (شكل ٢).



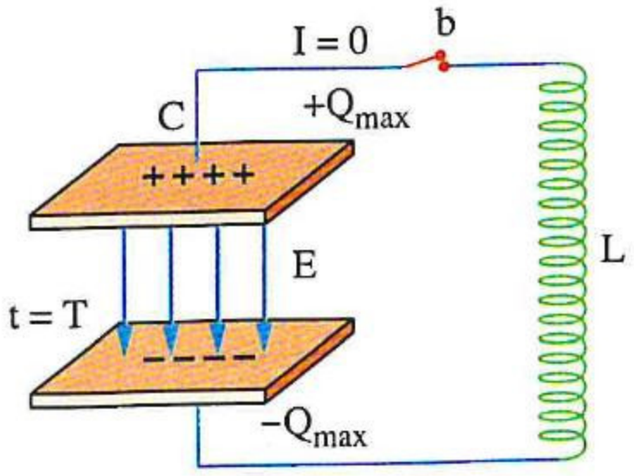
(شكل ٣)

- تبدأ قيمة التيار خلال الملف فى التناقص لعدم وجود فرق جهد بين لوحى المكثف مما يؤدى إلى تولد قوة دافعة كهربية مستحثة طردية بالحث الذاتى تؤدى إلى سحب المزيد من الشحنة الكهربية من اللوح الذى كان موجبًا فى اتجاه اللوح الآخر.
- يُشحن لوح المكثف تدريجيًا بشحنة معاكسة لما كانت عليه شحنته ويزداد فرق الجهد بين لوحيه وتتحول الطاقة المغناطيسية المختزنة فى الملف تدريجيًا إلى طاقة كهربية فى المكثف.



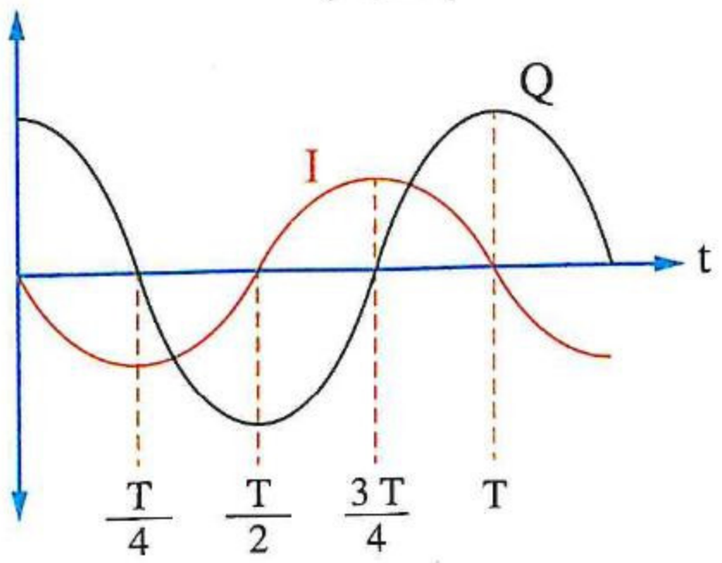
(شكل ٤)

- عندما يكتمل شحن المكثف يصل كل من فرق الجهد وشدة المجال الكهربى بين لوحيه إلى قيمة عظمى وتكون الطاقة المغناطيسية التى كانت مختزنة بالملف قد تحولت بالكامل إلى طاقة كهربية مختزنة بالمكثف (شكل ٣)، ثم يبدأ التيار فى المرور فى الاتجاه المعاكس وتزداد قيمته حتى تصل إلى القيمة العظمى عند تمام تفريغ المكثف (شكل ٤).



(شكل ٥)

- تبدأ قيمة التيار فى التناقص حتى تنعدم عند تمام شحن المكثف (شكل ٥)، وهكذا تتكرر عمليتى التفريغ والشحن وتحدث اهتزازات كهربية سريعة جدًا فى الدائرة (أى يمر بها تيار متردد تردده f) يحدث خلالها تبادل الطاقة باستمرار بين المجالين الكهربى والمغناطيسى.

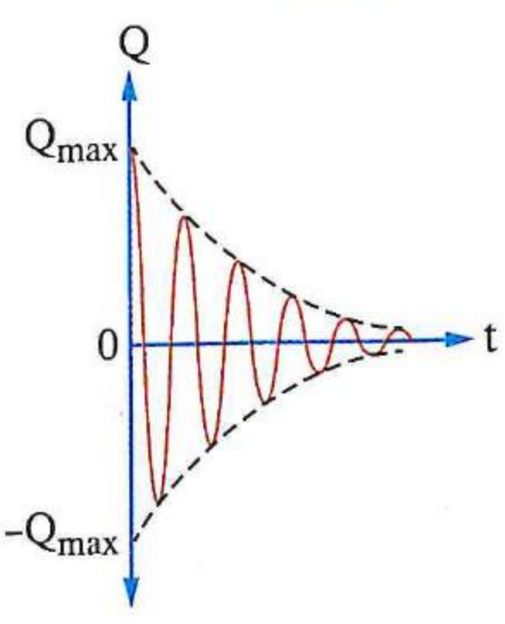


* ويمكن تلخيص التغيرات الحادثة فى الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف والتيار المار فى الملف فى الشكل البيانى المقابل.

ملاحظات

* **تتوقف عمليتى الشحن والتفريغ فى الدائرة المهتزة بعد فترة،**

لوجود مقاومة فى الملف وأسلاك التوصيل فيتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية مما يؤدى إلى فقد تدريجى فى الطاقة الكهربية فتقل قيمة التيار المتردد فى الدائرة تدريجيًا ويقل أقصى فرق جهد بين لوحى المكثف تدريجيًا إلى أن ينعدم وتتوقف عمليتى الشحن والتفريغ وينعدم التيار.



* **لكى تستمر عمليتى الشحن والتفريغ فى الدائرة المهتزة يجب تغذية المكثف بشحنات إضافية كل فترة،**

لتعويض الفقد المستمر فى الطاقة الكهربية الناتج عن مقاومة الملف والأسلاك الأخرى.

* **يمثل الشكل البيانى المقابل اضمحلال الشحنة على لوحى المكثف بمرور الزمن (ذبذبة مضمحلة).**

https://t.me/E5_G5

دائرة الرنين (التوليف) Resonant (Tuning)

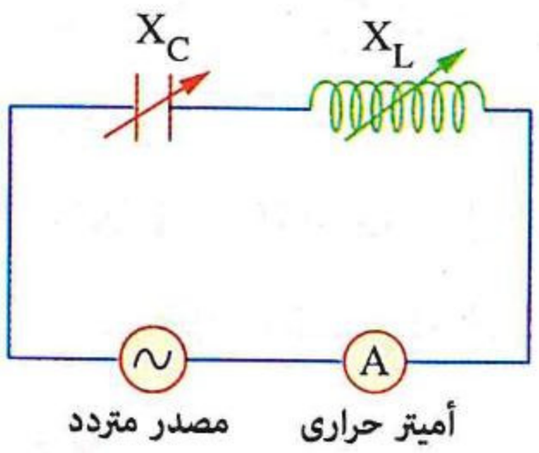
دائرة الرنين

دائرة تحتوى على مقاومة وملف حث ومكثف ومصدر متردد ولا تسمح إلا بمرور التيار الذى يتفق تردده مع ترددها أو يكون قريبًا جدًا منه.

الاستخدام

تستخدم فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى لاختيار موجة البث المراد استقبالها.

التركيب



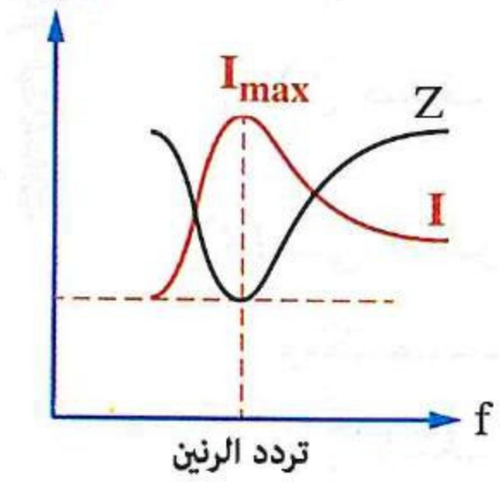
١ مكثف متغير السعة.

٢ ملف حث مقاومته صغيرة ويمكن تغيير معامل حثه الذاتى.

٣ مصدر تيار متردد يمكن تغيير تردده.

شرح العمل

عند تغيير تردد المصدر الكهربى المتردد فإن القيمة الفعالة للتيار تتغير حيث :



- تقل كلما زاد الفرق بين تردد المصدر وتردد الدائرة.
- تزيد كلما قل الفرق بين تردد المصدر وتردد الدائرة.
- تكون أكبر ما يمكن إذا أصبح تردد المصدر مساوى لتردد الدائرة (أى عندما تتساوى المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية) وتكون الدائرة فى حالة رنين.

* **مما سبق نستنتج أنه :** إذا أثر فى دائرة توليف مصادر كهربية مختلفة التردد فى وقت واحد فإن الدائرة لا تسمح إلا بمرور التيار الذى يتفق تردده مع تردد الدائرة أو يكون قريبًا جدًا منه وتكون الدائرة فى تلك اللحظة فى حالة رنين.

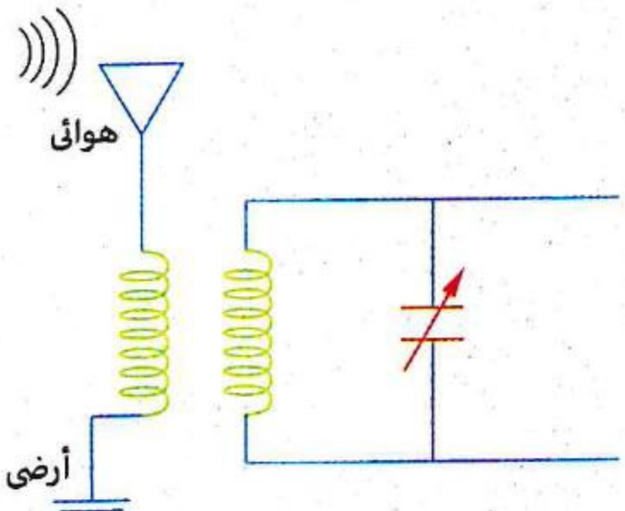
ملاحظات

* يمكن تغيير تردد المصدر أو سعة المكثف أو معامل الحث الذاتى للملف حتى يتفق تردد الدائرة مع تردد المصدر (الموجة الكهرومغناطيسية).

---

* يمكن تشبيه ما يحدث فى دائرة الرنين بالرنين فى الصوت فمثلًا عندما يتساوى تردد شوكتين رنانتين مهتزتين تقوى شدة الصوت وعند اختلاف ترددهما تضعف شدة الصوت.

عمل دائرة الرنين فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى (دائرة التوليف)



* تتصل دائرة التوليف (الرنين) فى جهاز الاستقبال اللاسلكى بهوائى جهاز الاستقبال (الإيريال).
* تصل إلى الهوائى موجات محطات الإذاعة المختلفة ولكل منها تردد معين.
* تؤثر هذه الترددات على الهوائى وتولد فى ملفه تيارات مختلفة لها نفس تردد المحطات الإذاعية.
* تضبط دائرة الرنين فى جهاز الاستقبال حتى تسمح فقط بمرور التيار المعبر عن الموجة اللاسلكية الذى يتفق تردده مع تردد الدائرة وعندما تريد الاستماع إلى إذاعة معينة فإنك تغير من تردد الدائرة بتغيير سعة المكثف (C) أو معامل الحث الذاتى للملف (L) فيمر التيار الذى يتفق تردده مع تردد الدائرة ثم يمر فى جهاز الاستقبال ليخضع لعمليات معينة مثل التكبير والتقويم وفصل التيار المعبر عن الصوت الذى يمر فى السماعة.

51 اختبر نفسك

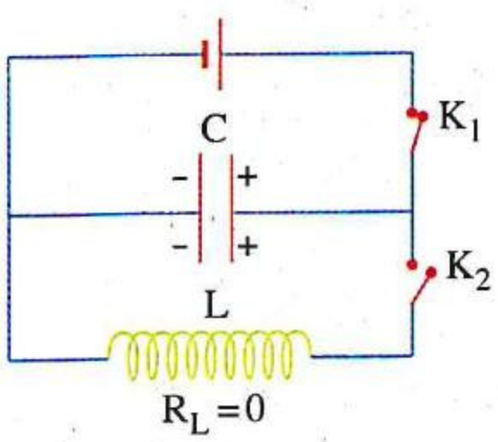
مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) فى دائرة الاستقبال اللاسلكى يمر فى الدائرة أقصى تيار إذا كان تردد الموجة الكهرومغناطيسية ..... تردد الدائرة.

أ ضعف　ب نصف　جـ يساوى　د ثلاثة أمثال

(٢) فى الدائرة الكهربية المقابلة، ملف معامل حثه الذاتى 0.25 mH ومكثف سعته 1 μF ويحمل شحنة Q، إذا تم فتح المفتاح K_1 فإن المكثف يفرغ شحنته تمامًا لأول مرة بعد غلق المفتاح K_2 خلال زمن قدره تقريبًا .....



أ 10 μs　ب 20 μs

جـ 25 μs　د 100 μs

٢ احسب النسبة بين معاوقة دائرة استقبال فى حالة رنين عند استقبالها إشارة لاسلكية بتردد f ومعاوقتها فى حالة رنين أخرى عند استقبالها لإشارة لاسلكية أخرى بتردد 2 f

.....

.....

الوحدة الثانية

مقدمة فى الفيزياء الحديثة

الفصل 5

ازدواجية الموجة والجسيم

الدرس الأول

- إشعاع الجسم الأسود.
- الانبعاث الحرارى والتأثير الكهروضوئى.

الدرس الثانى

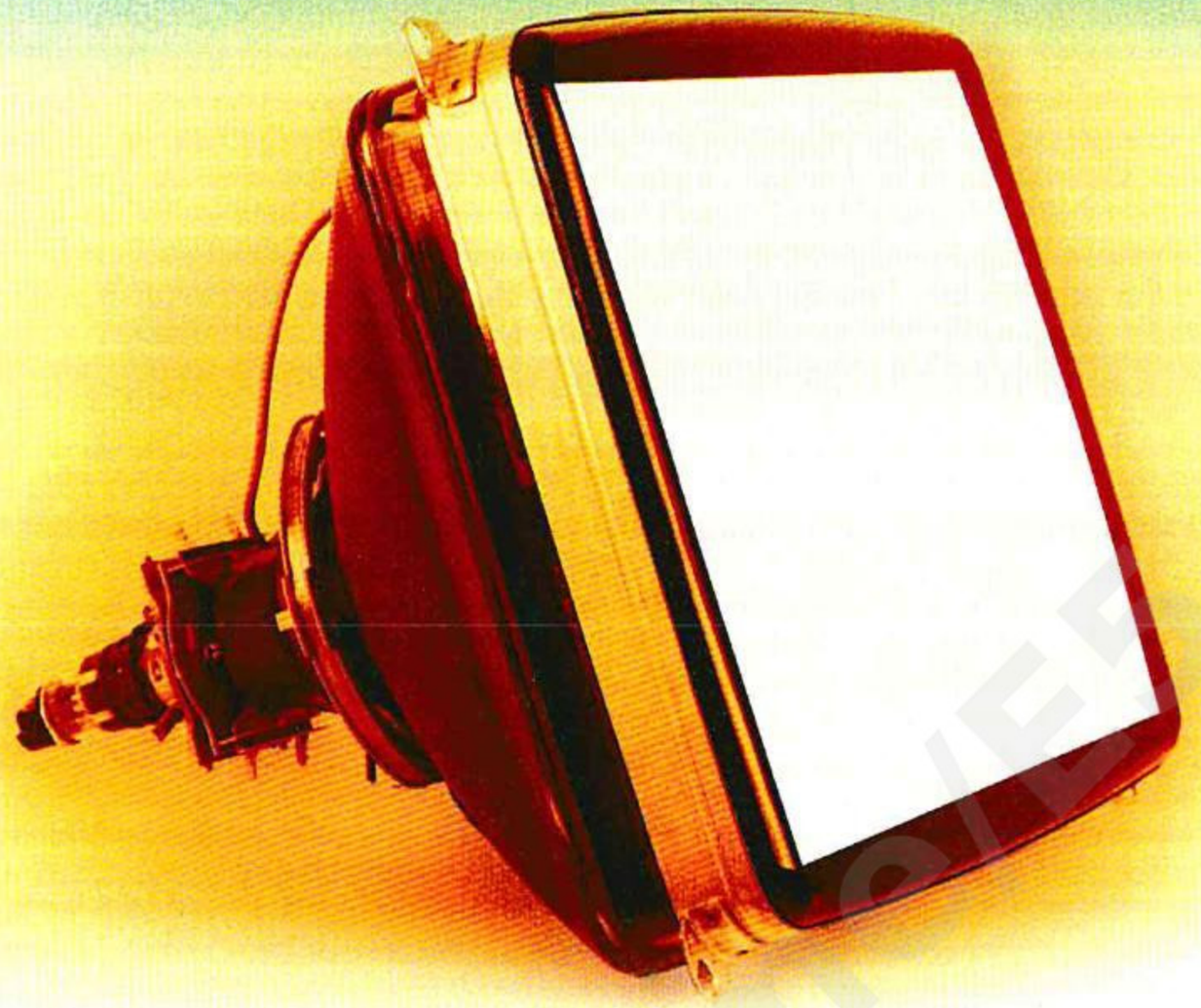
- ظاهرة كومتون.
- الطبيعة الموجية للجسيم.
- المجهر الإلكترونى.



الفصل 5

الـدرس الأول

- إشعـاع الجسـم الأسود.
- الانبعاث الحرارى والتأثير الكهروضوئى.



* يندرج كل ما درسناه فى الفصول السابقة تحت ما يسمى **الفيزياء الكلاسيكية**، وهى الفيزياء التى تفسر المشاهدات اليومية والتجارب المعتادة مثل : ميكانيكا نيوتن، والحرارة والكهرومغناطيسية والموجات والبصريات.

* فى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين أفضت العديد من التجارب والظواهر المكتشفة حديثًا إلى نتائج لا تخضع لتفسيرات قوانين الفيزياء الكلاسيكية، **مثل** :

- الظواهـر الإلكترونية التى هى أسـاس نظـم الإلكترونيات والاتصالات الحديثة.
- دراسة الأطياف الذرية.
- التفاعلات الكيميائية على مستوى الجزىء.

هل تعلم ؟

تمكـن العالـم أحمـد زويـل مـن تصويـر بعـض التفاعـلات بين الجزيئات فى أزمنة صغيرة جدًا تقدر بالفيمتوثانية باسـتخدام كاميرا الليزر فائقة السـرعة بما أهله للفوز بجائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٩٩م

* فى محاولة لتفسير هذه المشاهدات نشأ فرع جديد يطلق عليه **فيزياء الكم**، وهو فرع يتعامل مع الظواهر العلمية على المستوى الذرى أو دون الذرى والتى قد لا نراها فى حياتنا اليومية بصورة مباشرة ولكن ندرك أثرها.

* **مما سبق يمكن تعريف كل من الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء الكم كالتالى :**

الفيزياء الكلاسيكية

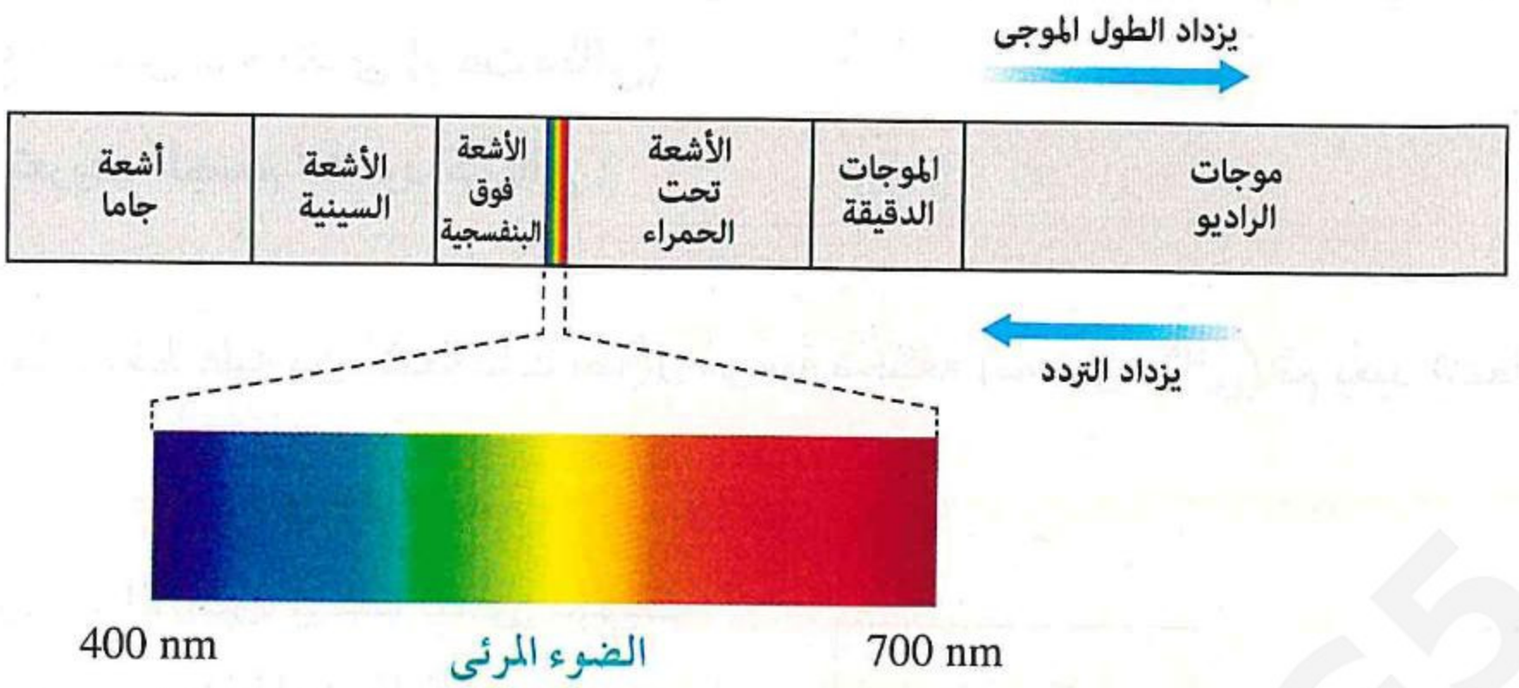
الفيزياء التى تمكننا من تفسير المشاهدات اليومية والتجارب المعتادة مثل دراستنا للحرارة والكهرباء والموجات كالصوت والضوء وخصائصها.

فيزياء الكم

الفيزياء التى تمكننا من دراسة وتفسير ظواهر على المستوى الذرى مثل دراسـة الأطياف الذرية والظواهر الإلكترونية أو على مستوى الجزىء مثل دراسة التفاعلات الكيميائية.

الطيف الكهرومغناطيسى

* درست فيما سبق أن الموجات الكهرومغناطيسية تختلف فى التردد (الطاقة) والطول الموجى كما بالشكل :



* نلاحظ من الشكل السابق أن الطيف الكهرومغناطيسى يتضمن الضوء المرئى كأحد مكوناته.

الخصائص الموجية للطيف الكهرومغناطيسى

١ الانتشار فى خطوط مستقيمة.

٢ الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

٣ لا يحتاج وسط مادى لانتشاره.

٤ ينتشر فى الفراغ بسرعة ثابتة قدرها $(3 \times 10^8\ m/s)$.

٥ يتناسب الطول الموجى (λ) للإشعاع الكهرومغناطيسى المنتشر فى وسط ما تناسبًا عكسيًا مع تردده (υ).

* سندرس فى هذا الفصل بعض الظواهر التى لم تتمكن الفيزياء الكلاسيكية من تفسيرها ولكن تم تفسيرها عن طريق فيزياء الكم، ومنها :



أولًا إشعاع الجسم الأسود Blackbody Radiation

* عندما يسقط إشعاع على جسم ما، ينعكس جزء منه ويمتص الباقى بحيث :
  - تمتص الأجسام الداكنة معظم الإشعاع الساقط عليها.
  - تعكس الأجسام ذات الألوان الفاتحة معظم الإشعاع الساقط عليها.
* تعيد الأجسام إشعاع جزء من الإشعاع الممتص إلى الوسط المحيط بحيث يكون الامتصاص والانبعاث بصورة مستمرة، وعندما يتساوى معدل الامتصاص مع معدل الانبعاث تصبح درجة حرارة الجسم ثابتة، ويكون الجسم الممتص الجيد للإشعاع هو أيضًا باعث جيد.

* يحاول العلماء دراسة أبسط الحالات أو الحالات المثالية أولًا للحصول على الرؤية اللازمة لتحليل الحالات الأكثر تعقيدًا، وبالنسبة لدراسة الإشعاع المنبعث من الأجسام فإن أبسط حالة هى **الجسم الأسود** الذى يتميز بالخاصية المثالية حيث إنه جسم افتراضى يمتص كل الإشعاع الساقط عليه **(ممتص مثالى)** ولا يعكس أى شىء ثم يعيد إشعاع الإشعاع الممتص مرة أخرى **(باعث مثالى)**.

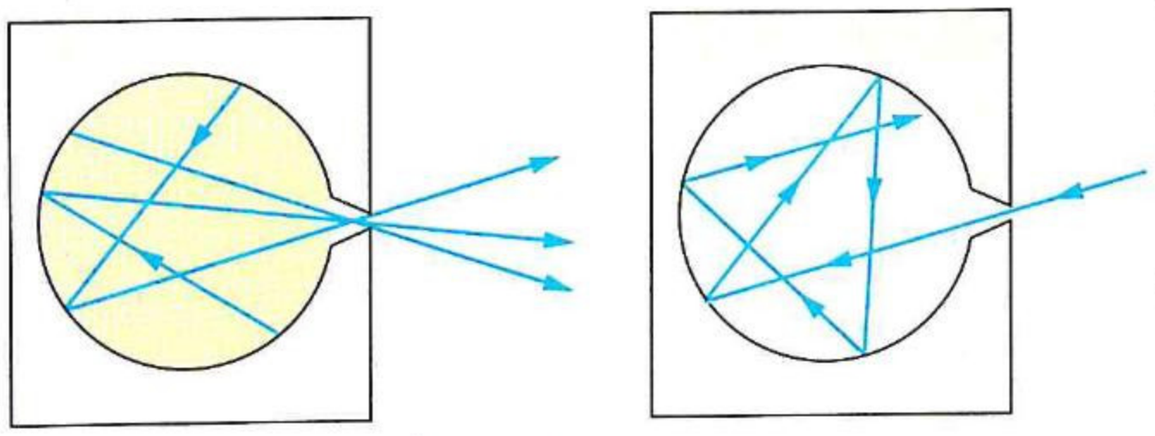
* **مما سبق يمكن تعريف الجسم الأسود كالتالى :**

الجسم الأسود

جسم يمتص كل ما يسقط عليه من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة (ممتص مثالى) ثم يعيد إشعاعها مرة أخرى (باعث مثالى).

* لفهم إشعاع الجسم الأسود يمكننا تصور تجويف مغلق به ثقب صغير وما بداخل هذا التجويف يبدو أسود، وذلك لأن :

- الشعاع الذى يدخل الثقب سينعكس عدة مرات داخل التجويف ويمتص فى النهاية.
- لا يخرج من هذا الإشعاع إلا جزء صغير (حسب درجة حرارة التجويف) يمكن اعتباره إشعاع صادر عن جسم أسود.



تصور للجسم الأسود

* لاحظ العلماء أن مدى الإشعاع الكهرومغناطيسى المنبعث من الجسم (إشعاع الجسم الأسود) وكذلك شدته (المعدل الزمنى للطاقة التى يشعها الجسم لوحدة المساحة) يعتمدا على درجة حرارة الجسم الأسود، وبالتالى يمكن تقسيم الأجسام التى ينبعث منها إشعاع كهرومغناطيسى إلى :

	أجسام متوهجة	أجسام غير متوهجة
	أجسام يكون معظم الإشعاع الصادر منها فى مدى الإشعاع الضوئى والإشعاع الحرارى	أجسام يكون معظم الإشعاع الصادر منها فى مدى الإشعاع الحرارى (الغير مرئى)
مثل	الشمس ، فتيلة مصباح متوهج ، النجوم ، قطعة الفحم المتقدة	الأرض ، الكائنات الحية

منحنى بلانك Planck's Distribution

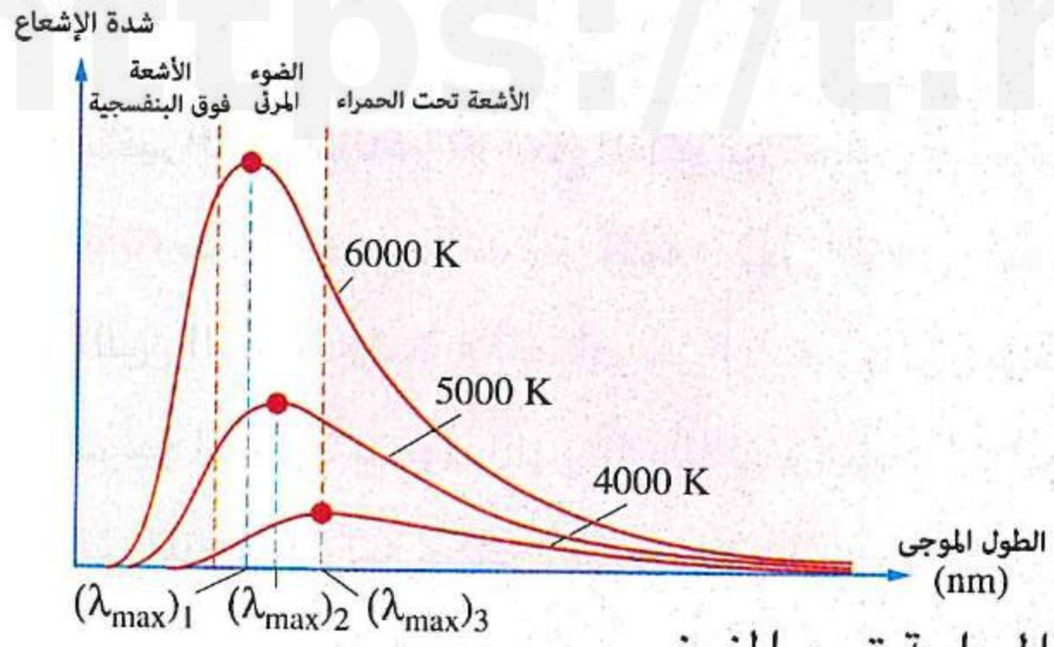
* يتم دراسة الإشعاع الصادر من أجسام مختلفة عند درجات حرارة مختلفة عن طريق تمثيل العلاقة بيانيًا بين شدة الإشعاع والطول الموجى له وسميت هذه العلاقة بـ **منحنى بلانك**.

منحنى بلانك

منحنى يوضح العلاقة البيانية بين شدة الإشعاع الصادر من الجسم المشع والطول الموجى للطيف المنبعث عند درجة حرارة معينة.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5G5



* **من الشكل المقابل يمكن وصف منحنى بلانك كالتالى :**

١ عنـد الأطوال الموجية الطويلة جدًا والقصيرة جدًا تقترب شدة الإشعاع من الصفر.

٢ عند قيمة معينة للطول الموجى (λ_{max}) تكون شدة الإشعاع قيمة عظمى (قمة المنحنى).

٣ بارتفاع درجة حرارة الجسم :

– تزداد الشدة الكلية للإشعاع الصادر عنه أى تزداد المساحة تحت المنحنى.

– يقل الطول الموجى (λ_{max}) الذى يقابل أقصى شدة إشعاع أى تزاح قمة المنحنى جهة أطوال موجية أقصر.

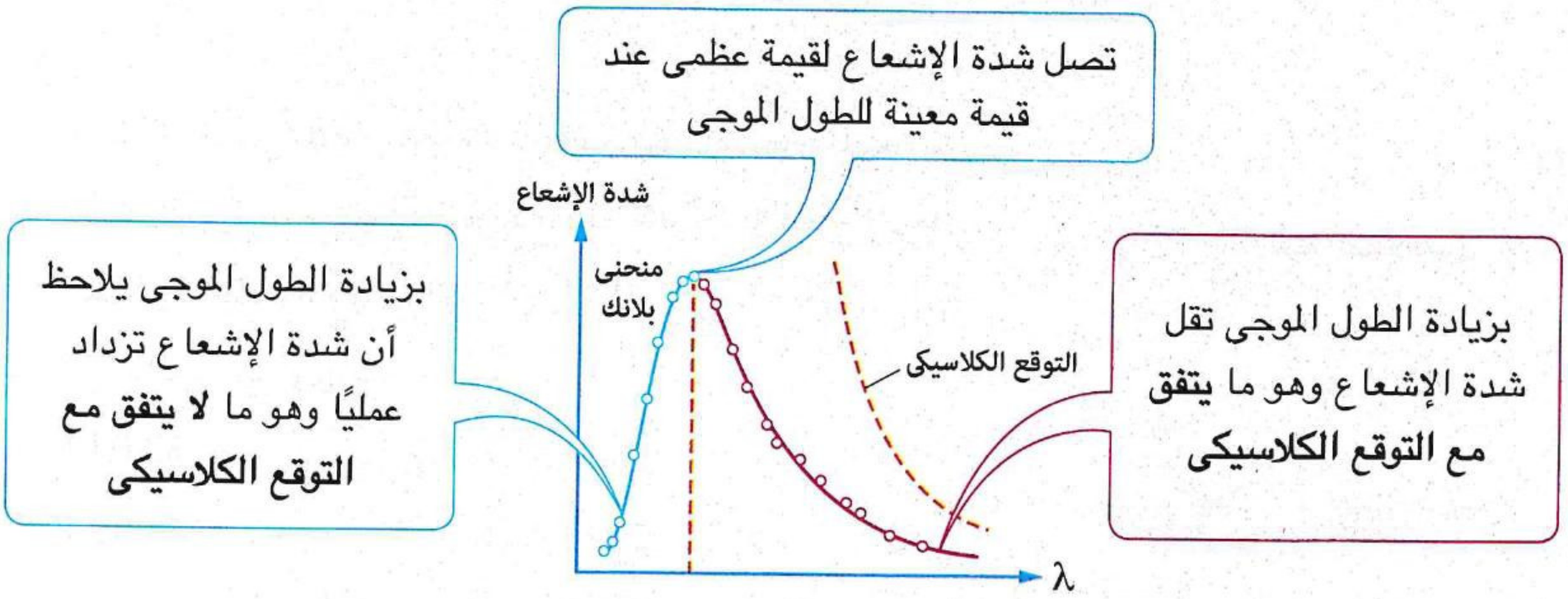
٤ يتكرر هذا المنحنى مع كل الأجسام الساخنة التى تشع طيفًا متصلًا.

فمثلًا الإشعاع الصادر من :

سطح الشمس	فتيلة مصباح متوهج	سطح الأرض
	درجـــة حـــرارة الجـــسم	
6000 K تقريبًا	3000 K	300 K تقريبًا
	الطول الموجى الذى عنده أقصى شدة إشعاع يقع فى منطقة	
الضوء المرئى ($\lambda_{max} \simeq 0.5\ \mu m = 500\ nm$)	الأشعة تحت الحمراء ($\lambda_{max} \simeq 1\ \mu m = 1000\ nm$)	الأشعة تحت الحمراء ($\lambda_{max} \simeq 10\ \mu m = 10000\ nm$)
	نسبة توزيع الإشعاع الصادر	
50% أشعة تحت حمراء 40% ضوء مرئى 10% باقى مناطق الطيف	80% أشعة تحت حمراء 20% ضوء مرئى	معظمه أشعة تحت حمراء

* لـم تتمكـن الفيزيـاء الكلاسـيكية من تفسـير هذه المشاهدات،

لأنها تعتبر أن الإشـعاع موجات كهرومغناطيسـية متصلة وبالتالى فإنه من المتوقع زيادة شدة الإشعاع كلما نقص الطول الموجى (زاد التردد) بينما وجد عمليًا أن شدة الإشعاع تقل عند الأطوال الموجية القصيرة (الترددات العالية) كما بالشكل.



https://t.me/E5_G5

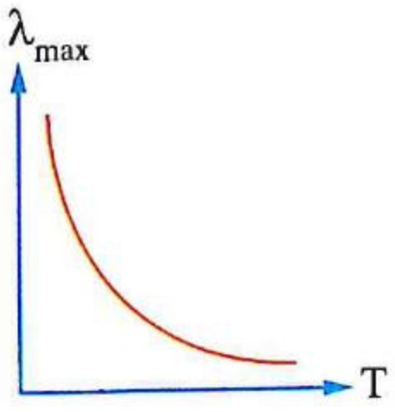
ملاحظة

* **يتغير اللون الظاهر للإشعاع الناتج عن تسخين جسم من الأحمر إلى الأصفر ثم إلى الأبيض كلما زادت درجة الحرارة،**
لأنه طبقًا لمنحنى بلانك تقل قيمة الطول الموجى المصاحب لأقصى شدة إشعاع بزيادة درجة حرارة الجسم فيتحول اللون الغالب للإشعاع الصادر من الأحمر (طول موجى كبير) إلى الأصفر (طول موجى صغير) تدريجيًا ومع زيادة درجة الحرارة يتحول اللون إلى الأبيض حيث إن الجسم قد سُخن بدرجة كافية لإنتاج مزيج من الأطوال الموجية فى المنطقة المرئية لتكوين الضوء الأبيض.

قانون ڤين

* قام العالم ڤين بوضع قانون ينص على أن **الطول الموجى الذى تصاحبه أقصى شدة إشعاع يتناسب عكسيًا مع درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع** ($\lambda_{max} \propto \frac{1}{T}$)، وهو ما يطلق عليه **قانون ڤين،**

أى أنه إذا تغيرت درجة الحرارة المطلقة للجسم من T_1 إلى T_2 يتغير الطول الموجى المصاحب لأقصى شدة إشعاع من $(\lambda_{max})_1$ إلى $(\lambda_{max})_2$، **بحيث يكون :**



$$\frac{(\lambda_{max})_1}{(\lambda_{max})_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

فمثلًا الشكل البيانى المقابل يمثل منحنى بلانك لإشعاع سطح الشمس والأرض، فنجد أن :



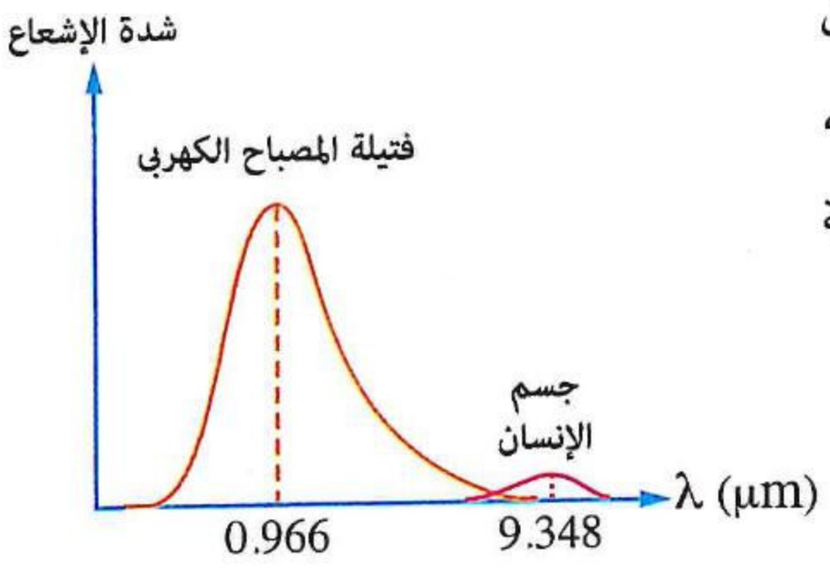
$$\frac{T_{(أرض)}}{T_{(شمس)}} = \frac{300}{5971} = 0.05$$

$$\frac{(\lambda_{max})_{شمس}}{(\lambda_{max})_{أرض}} = \frac{0.499}{9.63} = 0.05$$

أى أن $\frac{(\lambda_{max})_{شمس}}{(\lambda_{max})_{أرض}} = \frac{T_{(أرض)}}{T_{(شمس)}}$

مثال

اختر : الشكل البيانى المقابل يوضح العلاقة بين شدة الإشعاع المنبعث من جسم الإنسان وفتيلة مصباح كهربى مع الطول الموجى للإشعاع المنبعث، فإذا علمت أن درجة حرارة جسم الإنسان 310 K، فإن درجة حرارة فتيلة المصباح الكهربى تساوى .....



(أ) 32.04 K (ب) 350.51 K

(جـ) 1251.42 K (د) 2999.88 K

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$(\lambda_{max})_1 = 9.348\ \mu m$ $(\lambda_{max})_2 = 0.966\ \mu m$ $T_1 = 310\ K$ $T_2 = ?$

$\frac{(\lambda_{max})_1}{(\lambda_{max})_2} = \frac{T_2}{T_1}$ ، $\frac{9.348}{0.966} = \frac{T_2}{310}$ ، $T_2 = 2999.88\ K$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

52 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ سُـخن قضيب من الحديد تدريجيًا فلوحظ ظهور ألوان مختلفة للإشـعاع الصادر عنه عند درجات حرارة معينة، فما لون الإشعاع السائد الذى يظهر أولًا أثناء تسخينه ؟

(أ) البرتقالى (ب) الأحمر (جـ) الأبيض (د) الأزرق

---

٢ جسـم أسـود درجة حرارته 1500 K والطول الموجى الذى له أقصى شدة إشعاع λ، فإذا تم تبريده إلى درجـة حـرارة مطلقة T أصبح الطول الموجى الذى له أقصى شـدة إشـعاع 5λ، فـإن درجة الحرارة T تساوى .....

(أ) 200 K (ب) 300 K (جـ) 500 K (د) 700 K

تفسير بلانك (عام ١٩٠٠م) لإشعاع الجسم الأسود

* استطاع بلانك أن يفسر ظاهرة إشعاع الجسم الأسود بفرض عدة فروض هى :

١ يتكـون الإشـعاع مـن عـدد كبيـر من وحـدات أو دفقات صغيـرة مـن الطاقة تسـمى كل منها كوانتـم أو كم (أُطلق عليه فيما بعد فوتون) لا نلاحظها منفصلة ولكن نلاحظ خواص الإشـعاع الصادر ككل، وهذه الخواص هى الخواص الكلاسيكية للموجات.



فوتون

٢ تصدر الفوتونات نتيجة تذبذب ذرات الجسم الذى يصدر الإشعاع.

٣ طاقة الذرات المتذبذبة ليست متصلة كما افترض التصور الكلاسيكى ولكنها منفصلة ومكماة وتأخذ مستويات الطاقة قيم $E = nh\upsilon$

حيث : (h) ثابت بلانك ويساوى $6.625 \times 10^{-34}\ J.s$، ($\upsilon$) التردد.

٤ عند انتقال الذرة المتذبذبة من مسـتوى أعلى للطاقة إلى مسـتوى الطاقة الأدنى الذى يليه يصدر فوتون طاقته $E = h\upsilon$

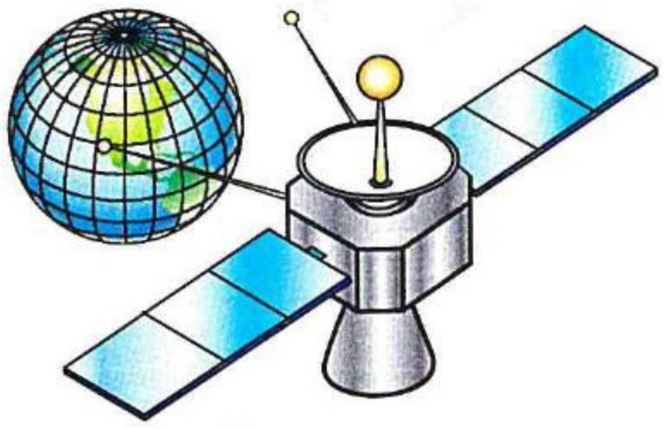
٥ لا يصـدر إشعـاع مـن الـذرات طالمـا كانت مستقـرة فى مستوى طاقتها الأصلى (المستوى الأرضى).

٦ إذا امتص الجسم الأسود فوتون عالى الطاقة فإن احتمالية أن يطلق تلك الطاقة من خلال انبعاث فوتون عالى الطاقة منخفضة، ولكنه من المرجح أن يقوم بإصدار العديد من الفوتونات منخفضة الطاقة،

مما يؤدى إلى أنه عند الأطوال الموجية القصيرة جدًا (الترددات العالية جدًا) تقل شدة الإشعاع وتقترب من الصفر.

تطبيقات على الإشعاع الصادر من الأجسام المختلفة

١ تحديد مصادر الثروة الطبيعية حيث يمكن تصوير سطح الأرض باستخدام مناطق الطيف المختلفة (الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض – الضوء المرئى المنعكس عن سطح الأرض – الموجات الميكرومترية «موجات الميكروويف» المستخدمة فى الرادار) عن طريق أقمار صناعية وأجهزة قياس محمولة جوًا وأجهزة أرضية وتسمى هذه التقنية **الاستشعار عن بُعد**.

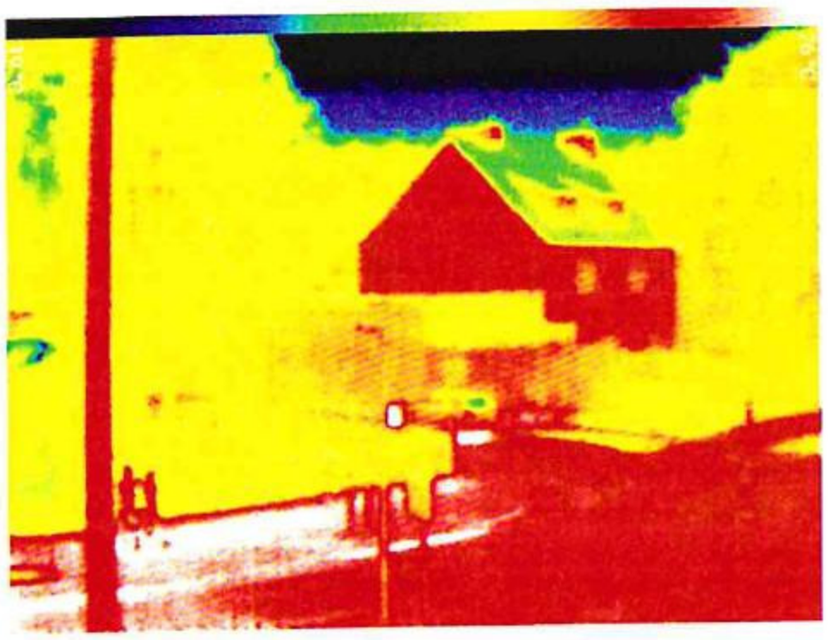


تصوير سطح الأرض

٢ التطبيقات العسكرية مثل أجهزة الرؤية الليلية لرؤية الأجسام المتحركة فى الظلام بفعل ما تشعه من إشعاع حرارى.

٣ يستخدم التصوير الحرارى فى الطب خاصةً فى مجال اكتشاف الأورام وعلم الأجنة.

٤ يستخدم التصوير الحرارى فى علم البحث الجنائى والأدلة الجنائية حيث يبقى الإشعاع الحرارى للجسم فترة حتى بعد تركه المكان.



التصوير الحرارى

ثانيًا الانبعاث الحرارى والتأثير الكهروضوئى Thermionic Emission and Photoelectric Effect

* يحتوى أى فلز على أيونات موجبة محاطة بسحابة من الإلكترونات الحرة التى لا تستطيع أن تغادر سطح الفلز بسبب قوى التجاذب التى تجذبها دائمًا للداخل، وتسمى هذه القوى **حاجز جهد السطح**.

حاجز جهد السطح

قوى التجاذب التى تجذب الإلكترونات الحرة إلى داخل الفلز وتمنع تحررها من سطحه.

* إذا اكتسبت هذه الإلكترونات طاقة حرارية أو ضوئية يمكن أن تتحرر من الفلز فقط إذا كانت هذه الطاقة كافية للتغلب على حاجز جهد السطح وهذه هى فكرة عمل أنبوبة شعاع الكاثود والخلية الكهروضوئية :

١ أنبوبة شعاع الكاثود Cathode Ray Tube

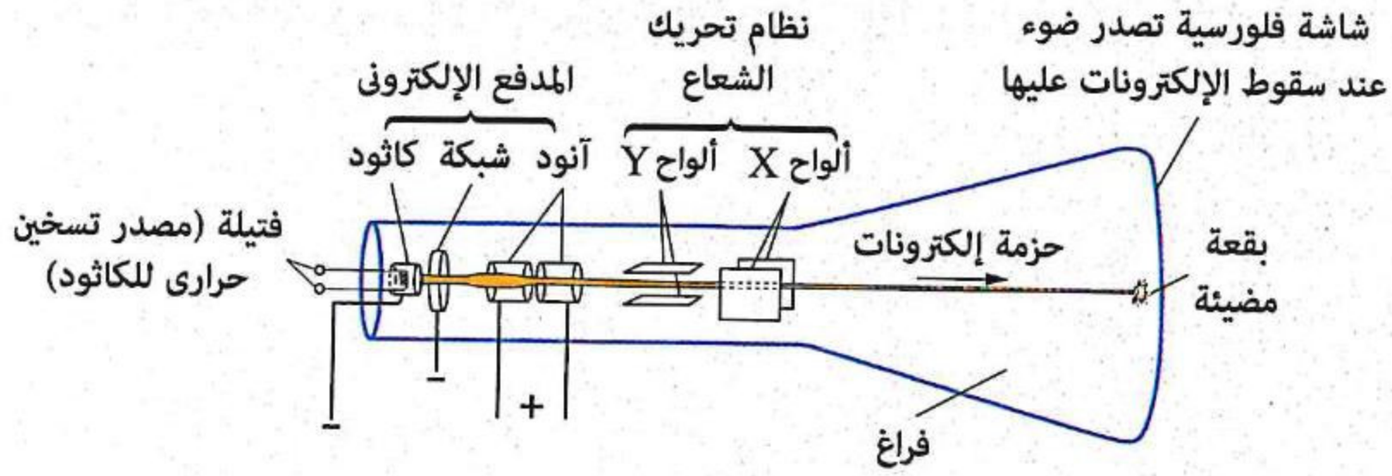
الاستخدام

تستخدم فى شاشة التليفزيون والكمبيوتر القديمة.

الأساس العلمى

انطلاق إلكترونات من سطح فلز عند تسخينه إلى درجة حرارة مناسبة (الانبعاث الأيونى الحرارى أو الظاهرة الكهروحرارية).

التركيب وطريقة العمل



١ أنبوبة زجاجية تم تفريغها من الهواء لتسهيل حركة الإلكترونات دون تصادم مع جزيئات الهواء.

٢ سطح معدنى متصل بجهد سالب يسمى المهبط أو الكاثود يتم تسخينه بواسطة فتيلة تسخين فتنطلق بعض الإلكترونات من الكاثود بفعل الحرارة متغلبة على حاجز جهد سطح معدن الكاثود.

٣ شبكة متصلة بجهد سالب يتم بواسطتها التحكم فى شدة الشعاع الإلكترونى حسب شدة الإشارة الكهربية المستقبلة وبالتالى تتحكم فى شدة إضاءة الشاشة الفلورسية عند اصطدام الشعاع الإلكترونى بها، فبزيادة سالبية الشبكة فإنها تمنع مرور المزيد من الإلكترونات فتقل شدة إضاءة الشاشة والعكس صحيح.

٤ مصعد موجب الجهد مجوف (آنود) مواجه للمهبط ويوجد بين المهبط والمصعد فرق جهد مستمر عالى يعمل على تعجيل الإلكترونات وتنظيمها للحصول على شعاع إلكترونى.

لاحظ أن الكاثود والشبكة والآنود يكوّنوا نظامًا يسمى المدفع الإلكترونى وهو المسئول عن توليد حزمة (شعاع) الإلكترونات وتعجيلها وتوجيهها نحو الشاشة.

٥ شاشة فلورسية تعطى وميضًا عند اصطدام الشعاع الإلكترونى بها وتتصل بالمصعد (الآنود) موجب الجهد فيمر تيار فى الدائرة الخارجية.

٦ مجالان كهربيان أو مغناطيسيان أو كلاهما متعامدان بين الألواح X ، Y يعملان على توجيه مسار حزمة الإلكترونات، **لمسح** الشاشة نقطة بنقطة حتى تكتمل الصورة.

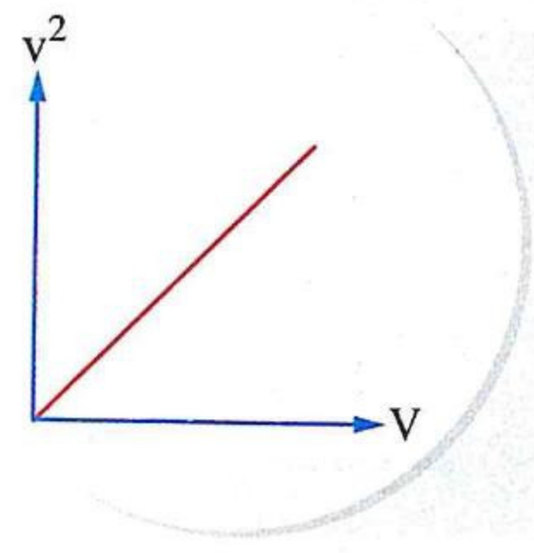
٧ تصطدم الإلكترونات بالشاشة محدثة ضوءًا تختلف شدته من نقطة لأخرى حسب شدة الشعاع الإلكترونى.

٨ أقصى طاقة حركة للإلكترون $(KE)_{max}$ عند وصوله للمصعد تتعين من العلاقة :

$$(KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2 = eV$$

حيث : (m_e) كتلة الإلكترون ، (v) أقصى سرعة للإلكترون،
(e) شحنة الإلكترون ، (V) فرق الجهد بين الكاثود والآنود.

* تبعًا للعلاقة $\left(\frac{1}{2} m_e v^2 = eV\right)$ تكون العلاقة البيانية بين مربع أقصى سرعة للإلكترونات المنبعثة من المهبط (v^2) وفرق الجهد بين المصعد والمهبط (V) كما بالشكل :



$$slope = \frac{\Delta v^2}{\Delta V} = \frac{2\,e}{m_e}$$

https://t.me/E5_G5

ملاحظة

* الطاقة بوحدة الجول = الطاقة بوحدة الإلكترون فولت × 1.6×10^{-19}

$$E_{(J)} = E_{(eV)} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

مثال ١

اختر : أنبوبة أشعة الكاثود تعمل على فرق جهد 10 kV، فإن أقصى سرعة للإلكترونات المنبعثة من الكاثود عند وصولها للمصعد تساوى ..... (علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

(أ) 3.52×10^{7} m/s
(ب) 5.93×10^{7} m/s
(جـ) 7.82×10^{7} m/s
(د) 9.42×10^{7} m/s

الحل

$V = 10^{4}$ V | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg | $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C | **v = ?**

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eV \quad , \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{4}}{9.1 \times 10^{-31}}} = \mathbf{5.93 \times 10^{7}\ m/s}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثال ٢

اختر : فى أنبوبة أشعة الكاثود تصل أقصى سرعة للإلكترون إلى v عند تعجيله بفرق جهد مقداره V، فإذا زاد فرق الجهد المؤثر على الإلكترون إلى 2 V، فإن أقصى سرعة للإلكترون تصبح .....

(أ) 2 v
(ب) $\sqrt{2}$ v
(جـ) 4 v
(د) $\frac{1}{2}$ v

الحل

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

$$\because eV = \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$\therefore v \propto \sqrt{V}$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{V_1}{V_2}} \quad , \quad \frac{v}{v_2} = \sqrt{\frac{V}{2V}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{2}\, v$$

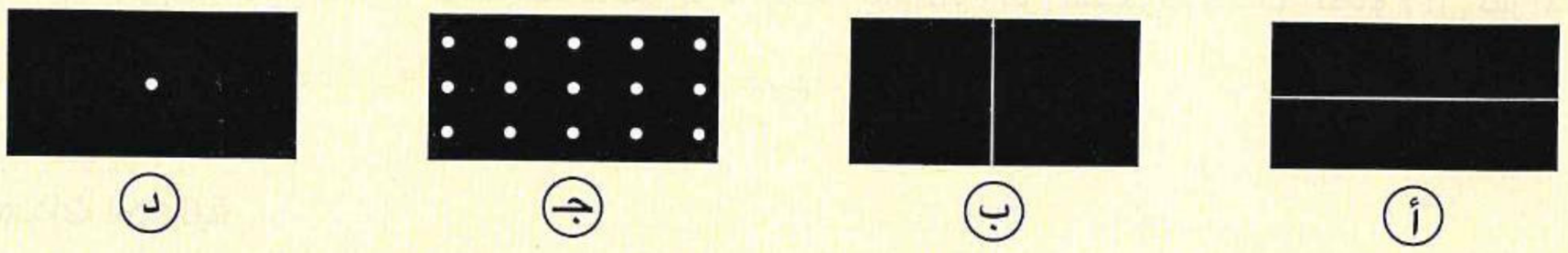
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مجاب عنها

53 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ أى من الاختيارات التالية يعبر عن الشكل الظاهر على شاشة أنبوبة أشعة الكاثود عند عدم عمل نظام تحريك الشعاع ؟



٢ إذا كان فرق الجهد بين المصعد والمهبط فى أنبوبة أشعة الكاثود 1000 V، فإن :

(علمًا بأن : $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

(١) طاقة الحركة العظمى للإلكترونات هى .....

أ) $1.6 \times 10^{-15}\ J$ ب) $1.6 \times 10^{-16}\ J$

جـ) $1.6 \times 10^{-17}\ J$ د) $32 \times 10^{-18}\ J$

(٢) أقصى سرعة للإلكترونات المنبعثة من الكاثود عند وصوله للآنود تساوى .....

أ) $1.88 \times 10^{6}\ m/s$ ب) $1.88 \times 10^{7}\ m/s$

جـ) $3.52 \times 10^{5}\ m/s$ د) $3.52 \times 10^{4}\ m/s$

٢ الخلية الكهروضوئية

الاستخدام

تستخدم فى دوائر فتح وغلق الأبواب آليًا.

الرمز

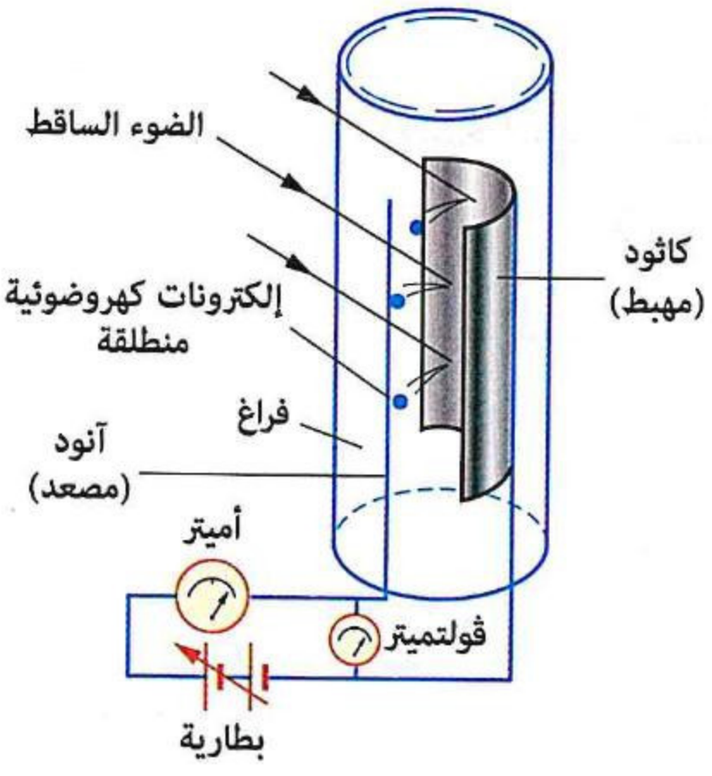


الأساس العلمى (فكرة العمل)

انطلاق إلكترونات من سطح معدن عند سقوط ضوء عليه (التأثير الكهروضوئى).

التركيب وطريقة العمل

تتكون الخلية الكهروضوئية من أنبوبة من مادة شفافة للضوء مفرغة من الهواء تحتوى على :



١ كاثود وهو عبارة عن سطح معدنى مقعر تنبعث منه إلكترونات عندما يسقط عليه ضوء.

٢ آنود وهو عبارة عن سلك رفيع حتى لا يحجب الضوء الساقط على الكاثود ويلتقط الإلكترونات المنبعثة من الكاثود مما يسبب تيارًا فى الدائرة الخارجية.

https://t.me/E5_65

التصور الكلاسيكى

يَعتبر التصور الكلاسيكى الضوء موجات كهرومغناطيسية بزيادة شدتها تزداد طاقتها، ويفترض الآتى :

- تنطلق **الإلكترونات الكهروضوئية** وتزداد طاقة حركتها عند جميع الترددات بزيادة شدة الضوء الساقط.
- إذا لـم تكـن شـدة الضوء السـاقط كافية فإنه يمكن بزيادة زمن سـقوط ذلـك الضوء أن تتراكـم الطاقة وتتحرر الإلكترونات بعد فترة كافية من سقوط الضوء عليها.

المشاهدات العملية

١ يتوقـف انبعاث **الإلكترونات الكهروضوئية** على تردد الضوء السـاقط وليس على شدته، إذ لا تتحرر هذه الإلكترونات إلا إذا كان تـردد الضـوء السـاقط أعلى من أو يسـاوى قيمة معينة تسمى **التردد الحرج** (υ_c) مهما كانت الشدة.

الإلكترونات الكهروضوئية

الإلكترونـات المنبعثـة مـن أسـطح المعادن عندما يسـقط عليها ضوء ذو تردد أكبر من أو يساوى التردد الحرج.

٢ إذا كان تـردد الضوء السـاقط يسـاوى أو أكبر من التردد الحـرج (υ_c) فإن شـدة التيار الكهروضوئـى تزداد بزيادة شدة الضوء الساقط.

التردد الحرج لسطح (υ_c)

أقـل تردد للضوء السـاقط يكفـى لتحرير إلكتـرون من سـطح معدن دون إكسـابه طاقة حركة.

٣ تتوقف طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنطلقة على نوع مادة السـطح وتردد الضوء السـاقط وليس شـدته، وبالتالى عند زيادة تردد الضوء السـاقط مع ثبات شـدته تزداد طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة أما معدل انبعاث الإلكترونات يظل ثابتًا لأن معدل سقوط فوتونات الضوء ثابت.

٤ انبعـاث الإلكترونـات يحدث لحظيًا (فور سـقوط الضـوء على الفلز ولا تكون هناك فتـرة انتظار لتجميع الطاقة اللازمـة لتحريـر الإلكترونـات) حتـى إذا كانت شـدة الإضاءة ضعيفة بشـرط أن يكون تردد الضوء السـاقط يساوى أو أكبر من التردد الحرج.

لم تتمكن النظرية الكلاسيكية من تفسير هذه المشاهدات العملية حيث إنه :

فى التصور الكلاسيكى	فى التجربة العملية
يعتمد انبعاث الإلكترونات على	
شدة الضوء الساقط	تردد الضوء الساقط
تعتمد طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة على	
شدة الضوء الساقط	نوع مادة السطح وتردد الضوء الساقط
إذا كانت شدة الإضاءة ضعيفة فإن انبعاث الإلكترونات	
يحتاج لفترة تعرض أطول للضوء	يحدث لحظيًا (فور سقوط الضوء) شرط أن يكون تردد الضوء الساقط مساويًا أو أكبر من التردد الحرج

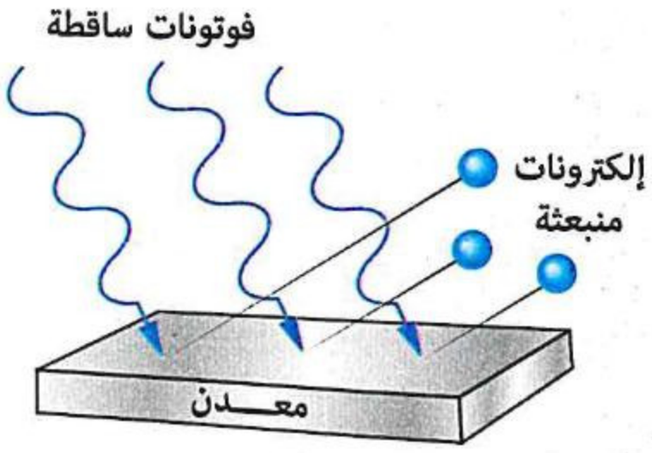
تفسير أينشتين للظاهرة الكهروضوئية

* تمكن أينشتين عام ١٩٠٥م من تفسير المشاهدات العملية للظاهرة الكهروضوئية وفاز عام ١٩٢١م بجائزة نوبل فى الفيزياء عن هذا التفسير وقد اعتمد فى تفسيره على أن :

- الإشعاع يتكون من وحدات صغيرة من الطاقة تسمى كل منها كوانتم أو فوتون (فرض بلانك).
- أقل طاقة لازمة لتحرر إلكترون من سطح معدن تسمى دالة الشغل للسطح (E_w) وتتعين من العلاقة :

$$E_w = h\upsilon_c = \frac{hc}{\lambda_c}$$

حيث : (λ_c) الطول الموجى الحرج.



دالة الشغل لسطح (E_w)

الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من سطح المعدن دون إكسابه طاقة حركة.

الطول الموجى الحرج (λ_c)

أكبر طول موجى للضوء الساقط على سطح معدن يكفى لتحرير إلكترونات منه دون إكسابها طاقة حركة.

- إذا كان تردد الفوتون الساقط :

أقل من التردد الحرج ($\upsilon < \upsilon_c$)	يساوى التردد الحرج ($\upsilon = \upsilon_c$)	أكبر من التردد الحرج ($\upsilon > \upsilon_c$)
تكون طاقة الفوتون الساقط على سطح المعدن		
أقل من دالة شغل السطح ($E < E_w$)	مساوية لدالة شغل السطح ($E = E_w$)	أكبر من دالة شغل السطح ($E > E_w$)
وبالتالى		
لا يستطيع الفوتون تحرير أى إلكترون من إلكترونات السطح مهما زادت شدة الضوء الساقط أو فترة تسليطه على السطح	يستطيع الفوتون بالكاد تحرير إلكترون من سطح المعدن دون إكسابه طاقة حركة	يستطيع الفوتون تحرير إلكترون من سطح المعدن ويظهر فرق الطاقة على شكل طاقة حركة يكتسبها الإلكترون

* مما سبق يمكن تعريف الظاهرة الكهروضوئية كالتالى :

الظاهرة الكهروضوئية

ظاهرة انبعاث إلكترونات من سطح معدن عندما يسقط عليه ضوء ذو تردد يساوى أو أكبر من التردد الحرج لهذا المعدن.

العلاقة بين طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز وتردد الضوء الساقط

∵ طاقة الفوتون الساقط = دالة الشغل للسطح + طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة.

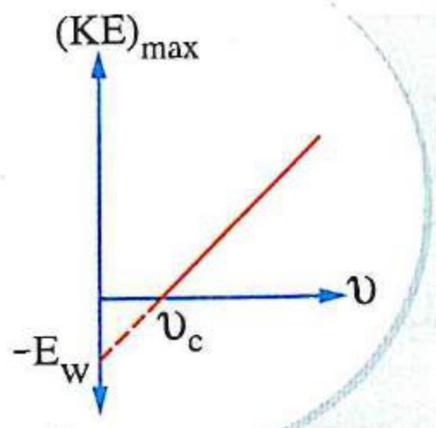
$$\therefore E = E_w + (KE)_{max}$$

https://t.me/E5_G5

(معادلة أينشتين للظاهرة الكهروضوئية)

$$\therefore h\upsilon = h\upsilon_c + \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_c} + \frac{1}{2} m_e v^2$$



* التمثيل البيانى للعلاقة بين طاقة الحركة العظمى $(KE)_{max}$ للإلكترونات المتحررة وتردد الضوء الساقط (υ) :

$$(KE)_{max} = h\upsilon - E_w = h\upsilon - h\upsilon_c$$

$$\text{slope} = \frac{\Delta(KE)_{max}}{\Delta\upsilon} = h$$

العلاقة بين شدة التيار الكهروضوئى وشدة الضوء

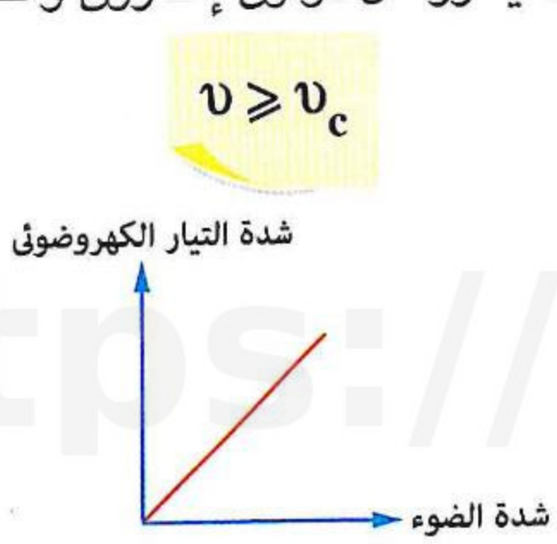
* إذا كان تـردد الفوتـون (الضـوء) السـاقط **أقل** من التردد الحرج للسـطح لا يمر تيار كهروضوئى مهما زادت شدة الضوء أو زمن تعرض السطح للضوء.

$\upsilon < \upsilon_c$



* إذا كان تردد الفوتون (الضوء) السـاقط **يسـاوى** أو **أكبر** من التردد الحرج للسـطح تزداد شدة التيار الكهروضوئى بزيادة شدة الضوء الساقط (زيادة معدل سقوط الفوتونات) على السطح مما يؤدى إلى زيادة معدل انبعاث الإلكترونات الحرة حيث يحرر كل فوتون إلكترون واحد.

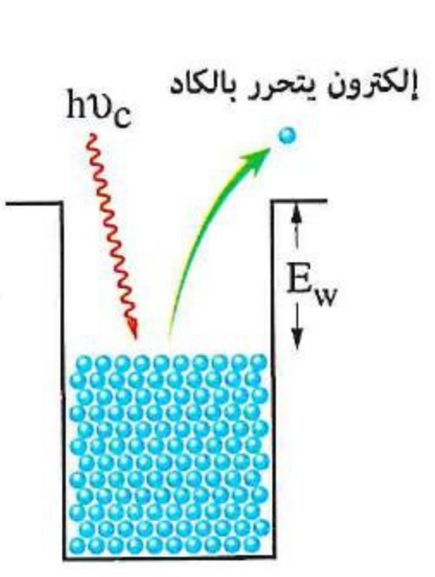
$\upsilon \geqslant \upsilon_c$



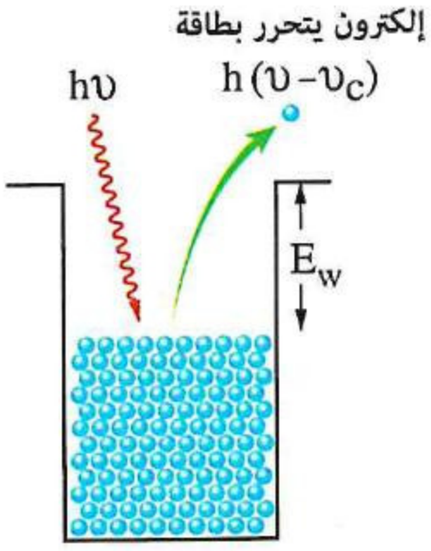
ملاحظات

* **تتوقف دالة الشغل لسطح معدن على نوع مادة السطح فقط ولا تتوقف على شدة الضوء الساقط أو زمن التعرض له أو فرق الجهد بين المصعد والمهبط.**

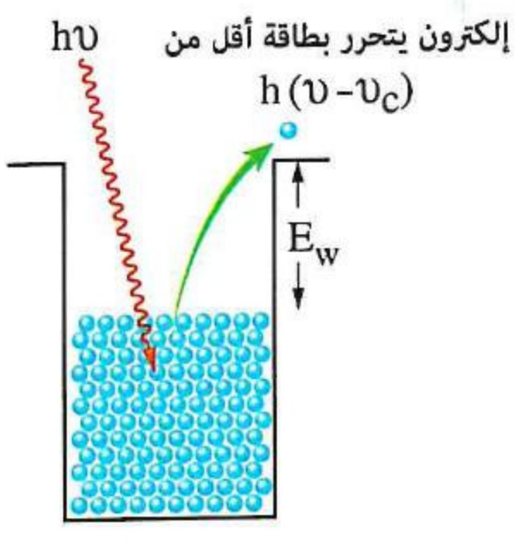
* **الإلكترون الأكثر ارتباطًا يحتاج إلى طاقة أكبر من دالة الشغل لتحرره بعكس إلكترون السطح الذى يحتاج طاقة تساوى دالة الشغل ليتحرر، لذا تنبعث الإلكترونات من الفلز بطاقات حركة مختلفة.**



إلكترون السطح يحتاج إلى طاقة تساوى دالة الشغل ليتحرر بالكاد من السطح



إلكترون السطح يتحرر بطاقة تساوى الفرق بين طاقة الفوتون الساقط ودالة الشغل



الإلكترون الأكثر ارتباطًا يحتاج إلى طاقة أكبر من دالة الشغل ليتحرر

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

اختر : إذا كان الطول الموجى الحرج لفلز 2700 Å، فإن دالة الشغل لهذا الفلز تساوى .....

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

(أ) 1.36×10^{-19} J　　(ب) 3.42×10^{-19} J

(جـ) 5.23×10^{-19} J　　(د) 7.36×10^{-19} J

الحـــل

$\lambda_c = 2700$ Å　|　$c = 3 \times 10^{8}$ m/s　|　$h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s　|　$E_w = ?$

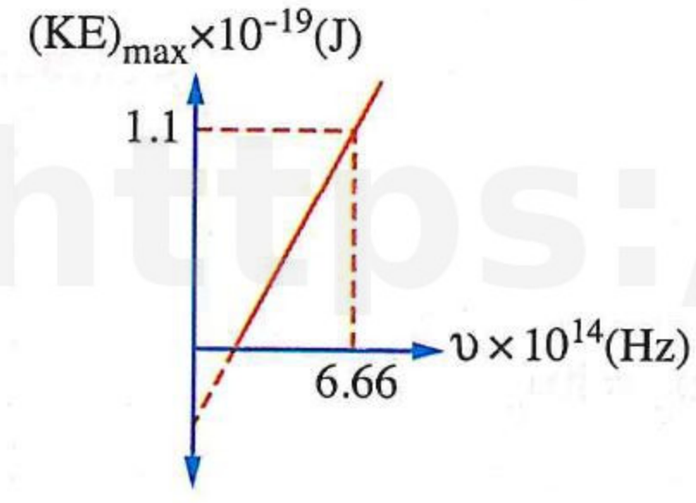
$$E_w = \frac{hc}{\lambda_c} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{2700 \times 10^{-10}}$$

$$= 7.36 \times 10^{-19} \text{ J}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

الشـكل البيانـى المقابل يوضح العلاقـة بين طاقة الحركة العظمـى $(KE)_{max}$ للإلكترونـات المنبعثـة من سـطح معدن عنـد سـقوط ضـوء عليه وتـردد هذا الضوء (υ)، **احسب :** (علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)



(أ) دالة الشغل لسطح المعدن.

(ب) التردد الحرج لسطح المعدن.

الحـــل

$\upsilon = 6.66 \times 10^{14}$ Hz　|　$(KE_{max})_1 = 1.1 \times 10^{-19}$ J　|　$h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s　|　$E_w = ?$　|　$\upsilon_c = ?$

(أ) $E_w = h\upsilon - (KE_{max})_1 = (6.625 \times 10^{-34} \times 6.66 \times 10^{14}) - (1.1 \times 10^{-19}) = 3.31 \times 10^{-19}$ J

(ب) $E_w = h\upsilon_c$ ، $\upsilon_c = \frac{E_w}{h} = \frac{3.31 \times 10^{-19}}{6.625 \times 10^{-34}} = 5 \times 10^{14}$ Hz

مثـال ٣

سـقط إشـعاع كهرومغناطيسـى طوله الموجى 1000 Å على سـطح فلز فكانت أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة 10.32 eV، ثم سقط على سطح الفلز إشعاع كهرومغناطيسى آخر طوله الموجى 3000 Å فكانت أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة 2.04 eV، **احسب :** (علمًا بأن : $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

(أ) قيمة ثابت بلانك (h).　　(ب) دالة الشغل لسطح الفلز.

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$\lambda_1 = 1000\ \text{Å}$ | $(KE_{max})_1 = 10.32\ eV$ | $\lambda_2 = 3000\ \text{Å}$ | $(KE_{max})_2 = 2.04\ eV$

$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$ | $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$ | **h = ?** | $\mathbf{E_w = ?}$

$\because E_w = \frac{hc}{\lambda} - (KE)_{max}$ (أ)

$\therefore \frac{hc}{\lambda_1} - (KE_{max})_1 = \frac{hc}{\lambda_2} - (KE_{max})_2$, $hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = (KE_{max})_1 - (KE_{max})_2$

$\therefore h \times 3 \times 10^{8} \times \left(\frac{1}{1000 \times 10^{-10}} - \frac{1}{3000 \times 10^{-10}}\right) = (10.32 - 2.04) \times 1.6 \times 10^{-19}$

$\therefore 2 \times 10^{15}\ h = 1.325 \times 10^{-18}$, $\mathbf{h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s}$

(ب) $\mathbf{E_w = \frac{hc}{\lambda_1} - (KE_{max})_1 = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1000 \times 10^{-10}} - (10.32 \times 1.6 \times 10^{-19}) = 3.363 \times 10^{-19}\ J}$

مثـال ٤

اختر : سطح معدن التردد الحرج له υ_c سقط عليه شعاع ضوئى تردده $2\ \upsilon_c$ فانبعثت منه إلكترونات كهروضوئية بسرعة قصوى $1.3 \times 10^{6}\ m/s$، فإذا أصبح تردد شعاع الضوء الساقط $10\ \upsilon_c$ فإن السرعة القصوى للإلكترونات المنبعثة تصبح تقريبًا .....

(أ) $1.4 \times 10^{6}\ m/s$ (ب) $3.9 \times 10^{6}\ m/s$ (جـ) $6.2 \times 10^{6}\ m/s$ (د) $8.3 \times 10^{6}\ m/s$

الحـــل

$\upsilon_1 = 2\ \upsilon_c$ | $\upsilon_2 = 10\ \upsilon_c$ | $v_1 = 1.3 \times 10^{6}\ m/s$ | $\mathbf{v_2 = ?}$

$\because KE = E - E_w$

$\therefore \frac{1}{2} m_e v^2 = h\upsilon - h\upsilon_c$

$\therefore \frac{1}{2} m_e \mathbf{v_2^2} = 10\ h\upsilon_c - h\upsilon_c = 9\ h\upsilon_c$

$\therefore \mathbf{v_2 = 3.9 \times 10^{6}\ m/s}$

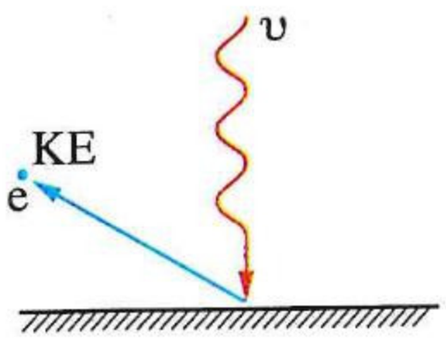
$\therefore \frac{1}{2} m_e v_1^2 = 2\ h\upsilon_c - h\upsilon_c = h\upsilon_c$

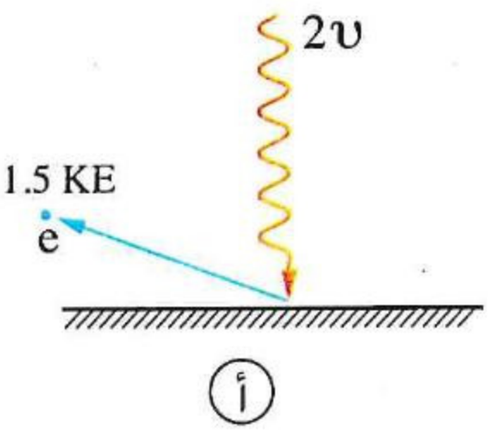
$\therefore \frac{v_1^2}{\mathbf{v_2^2}} = \frac{h\upsilon_c}{9\ h\upsilon_c}$, $\frac{(1.3 \times 10^{6})^2}{\mathbf{v_2^2}} = \frac{1}{9}$

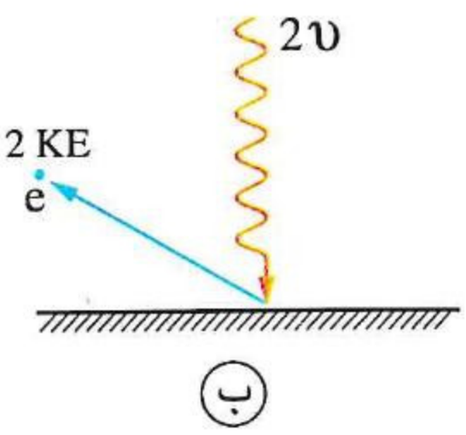
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

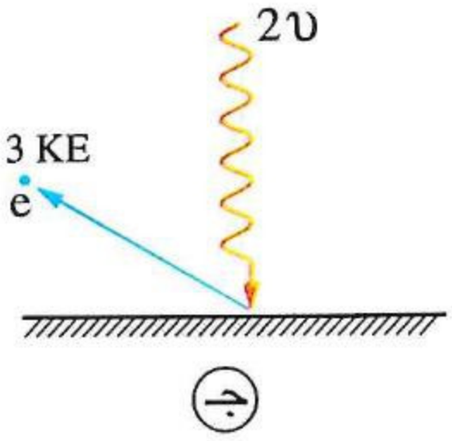
مثـال ٥

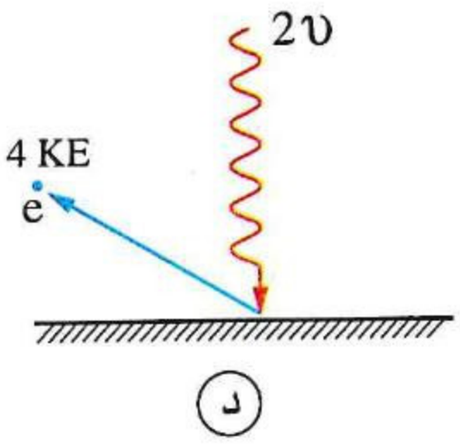
اختر : الشـكل المقابل يوضح حـدوث الظاهرة الكهروضوئية لسـطح معـدن معين دالة الشـغل لـه $\frac{2}{3}\ h\upsilon$ ، أى من الأشـكال التالية يعبر عن سطح من نفس المعدن ؟



(أ)


(ب)


(جـ)


(د)


الحـــل

$E_w = \frac{2}{3} h\upsilon$ | $\upsilon_1 = \upsilon$ | $(KE)_1 = KE$ | $\upsilon_2 = 2\upsilon$

$\because KE = E - E_w = h(\upsilon - \upsilon_c)$

$\therefore \frac{KE}{(KE)_2} = \frac{\upsilon - \frac{2}{3}\upsilon}{2\upsilon - \frac{2}{3}\upsilon} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{4}{3}}$ $\quad \therefore \frac{KE}{(KE)_2} = \frac{1}{4}$, $(KE)_2 = 4\,KE$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

اختبر نفسك

54 مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) سقط ضوء طوله الموجى 400 nm على سطح كاثود خلية كهروضوئية فانبعثت منه إلكترونات كهروضوئية مكتسبة طاقة حركة عظمى قدرها 0.8525 eV ، فإذا سقط ضوء آخر طوله الموجى 410 nm على سطح نفس الكاثود فإن الإلكترونات الكهروضوئية .....

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، $c = 3 \times 10^8$ m/s)

(أ) لا تتحرر من سطح المعدن

(ب) تتحرر بطاقة حركة عظمى أقل من 0.8525 eV

(جـ) تتحرر بطاقة حركة عظمى أكبر من 0.8525 eV

(د) تتحرر بطاقة حركة عظمى تساوى 0.8525 eV

---

(٢) فى تجربة الخلية الكهروضوئية عند استخدام إشعاع كهرومغناطيسى طوله الموجى λ كانت أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة هى KE، فإذا استخدم إشعاع آخر طوله الموجى $\frac{\lambda}{2}$ فإن أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة تصبح .....

(أ) مساوية للصفر

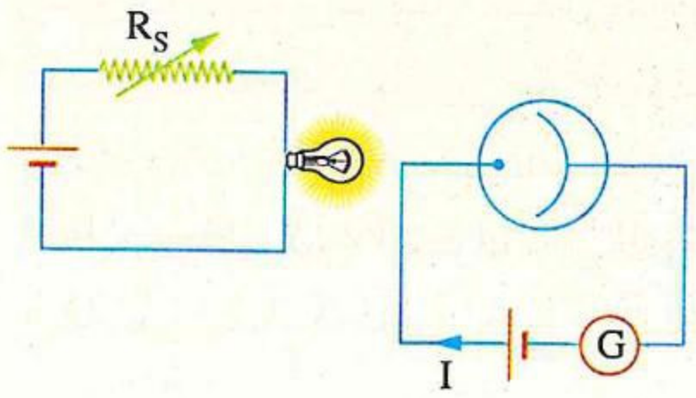
(ب) أقل من 2 KE وأكبر من KE

(جـ) 2 KE

(د) أكبر من 2 KE

---

(٣) الشكل المقابل يوضح ضوء صادر عن مصباح كهربى يسقط على خلية كهروضوئية فيسبب مرور تيار كهروضوئى، فإذا زادت شدة إضاءة المصباح، فإن شدة التيار الكهروضوئى .....



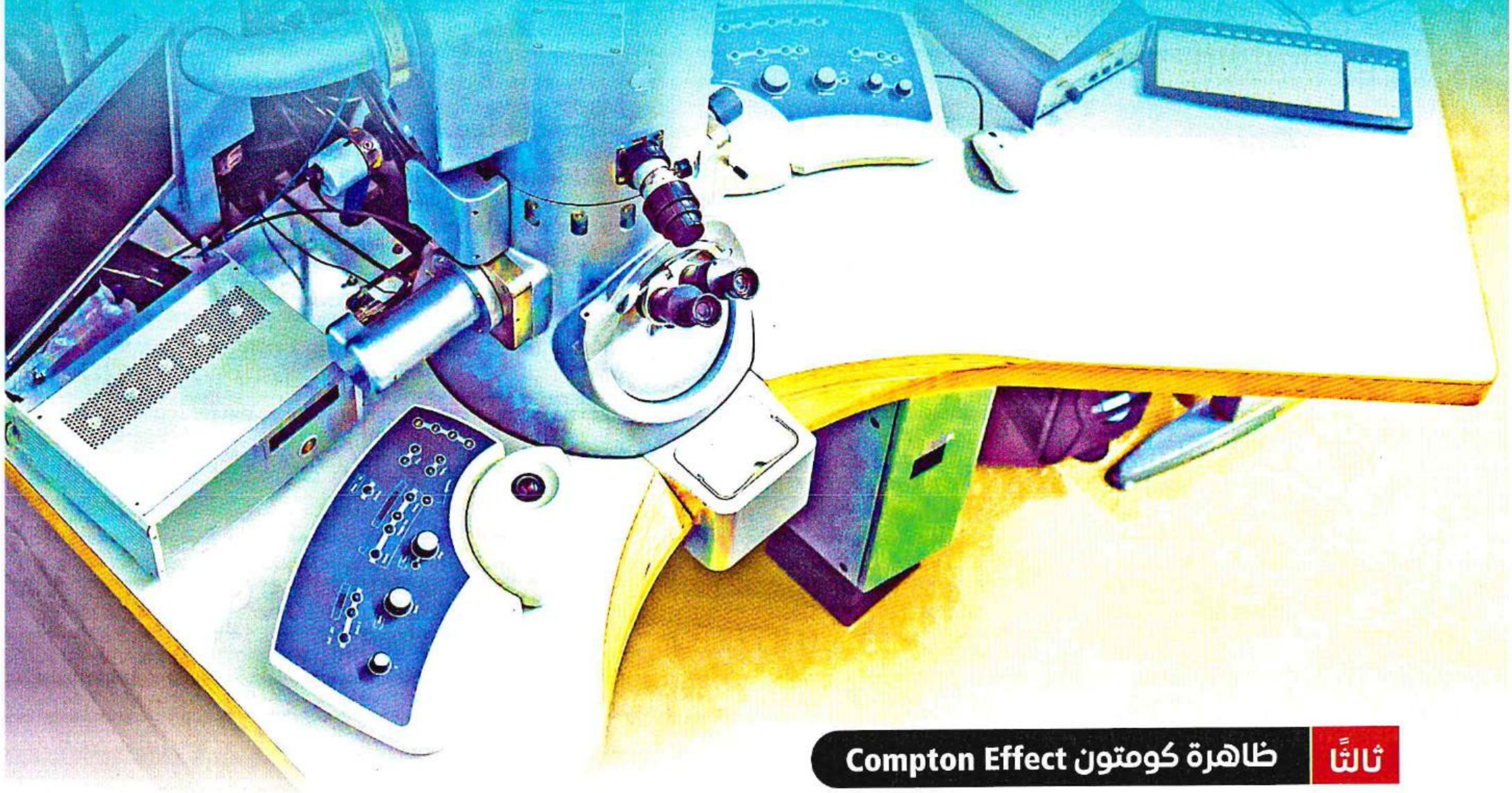
(أ) تزداد

(ب) تقل ولا تنعدم

(جـ) لا تتغير

(د) تنعدم

- ظاهرة كومتون.
- الطبيعة الموجية للجسيم.
- المجهر الإلكترونى.

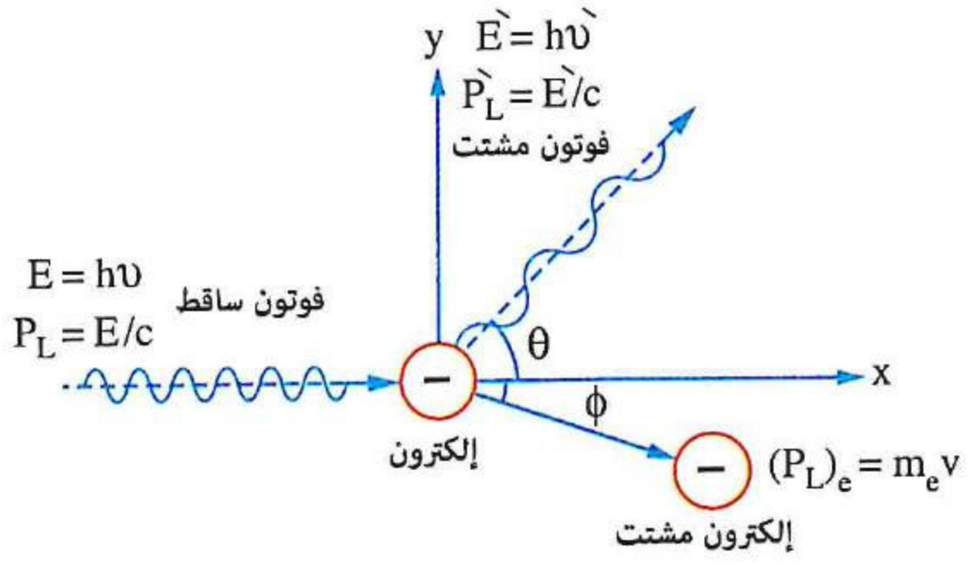


ثالثًا ظاهرة كومتون Compton Effect

* عند سقوط فوتون له طاقة عالية (مثل فوتون أشعة إكس أو جاما) على إلكترون حر :
- يقل تردد الفوتون ويغير اتجاهه.
- تزداد سرعة الإلكترون ويغير اتجاهه.

وتسمى هذه الظاهرة **بظاهرة كومتون**.

* لـم تتمكن النظرية الكلاسـيكية من تفسـير ظاهـرة كومتون ولكـن تم تفسـيرها مـن خـلال فـرض بلانـك بأن الإشـعاع الكهرومغناطيسـى مكـون مـن فوتونـات يمكـن أن تصطـدم بالإلكترونات وأثبت كومتون أنه يمكن تطبيق :
- **قانون بقاء كمية التحرك على الفوتون والإلكترون.**
- **قانـون بقـاء الطاقة** : حيث مجمـوع طاقتى الفوتون والإلكترون قبل التصادم مباشـرةً = مجموع طاقتى الفوتون والإلكترون بعد التصادم مباشرةً.



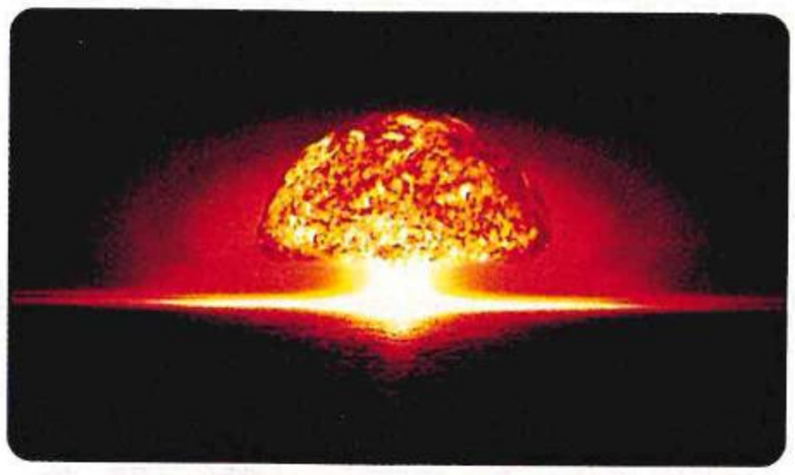
أى أن الإلكترون يكتسـب جزء من طاقة الفوتون السـاقط فتزداد سـرعة الإلكترون ويتشتت ويقل تردد الفوتون نتيجة نقص طاقته.

* **مما سبق نجد أن** ظاهرة كومتون تثبت الخاصية الجسيمية للضوء،
لأنها توضح أن الفوتون يتصادم مع الإلكترون كجسيم له سرعة وكمية حركة مثل الإلكترون.

https://t.me/E5_G5

ملاحظة

*** يرتبط تحول الكتلة (m) إلى طاقة (E) بعلاقة أينشتين ($E = mc^2$) وتسمى قانون بقاء الكتلة والطاقة والتى تعتبر أساس عمل القنبلة الذرية، حيث وجد أن انشطار النواة ينتج كمية هائلة من الطاقة،**



القنبلة الذرية

لأن انشطار النواة يصحبه نقص فى الكتلة يتحول إلى طاقة تبعًا لعلاقة أينشتين، وقد وجد أن النقص فى الكتلة صغير جدًا ولكنه يتحول إلى طاقة هائلة لأنه مضروب فى مقدار كبير جدًا هو مربع سرعة الضوء ($c^2 = 9 \times 10^{16}\ m^2/s^2$).

55 اختبر نفسك مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

فى ظاهرة كومتون بعد التصادم لا يحدث نقص فى .....

(أ) كمية حركة الفوتون　　(ب) طاقة الفوتون

(جـ) تردد الفوتون　　(د) سرعة الفوتون

خواص الفوتون

١ هو كمّ من الطاقة مركز فى حيز صغير جدًا وتحسب طاقته من العلاقة : $E = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

٢ سرعته فى الفراغ $3 \times 10^8\ m/s$

٣ له كتلة أثناء حركته تكافئ m : $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\upsilon}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$

٤ ليس له كتلة سكون بل تتحول كتلته المكافئة بالكامل إلى طاقة عند امتصاصه.

٥ له كمية حركة : $P_L = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\upsilon}{c} = \frac{h}{\lambda}$

٦ له خاصية جسيمية وخاصية موجية.

مثال ١

اختر : فوتون طوله الموجى 380 nm، فإن كتلته المكافئة وكمية تحركه على الترتيب هما .....

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^8\ m/s$ ، $h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$)

(أ) $1.74 \times 10^{-36}\ kg$ ، $1.74 \times 10^{-27}\ kg.\ m/s$

(ب) $5.81 \times 10^{-36}\ kg$ ، $1.74 \times 10^{-27}\ kg.\ m/s$

(جـ) $1.74 \times 10^{-36}\ kg$ ، $2.81 \times 10^{-27}\ kg.\ m/s$

(د) $5.81 \times 10^{-36}\ kg$ ، $2.81 \times 10^{-27}\ kg.\ m/s$

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$\lambda = 380 \times 10^{-9}$ m | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s | $c = 3 \times 10^{8}$ m/s | **m = ?** | **P_L = ?**

$$\mathbf{m = \frac{h}{\lambda c} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{380 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{8}} = 5.81 \times 10^{-36}\ kg}$$

$$\mathbf{P_L = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{380 \times 10^{-9}} = 1.74 \times 10^{-27}\ kg.m/s}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٢

اختر: اصطدم فوتون أشعة X طوله الموجى 5 Å بإلكترون حر فزادت طاقة حركة الإلكترون بمقدار 1.853×10^{-18} J، فإن الطول الموجى لفوتون أشعة X المشتت يساوى .....

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^{8}$ m/s)

(أ) 2.45 Å (ب) 3.33 Å (جـ) 4.98 Å (د) 5.02 Å

الحـــل

$\lambda_1 = 5$ Å | $\Delta KE = 1.853 \times 10^{-18}$ J | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s

$c = 3 \times 10^{8}$ m/s | **λ_2 = ?**

$$\Delta KE = E_1 - E_2 = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$1.853 \times 10^{-18} = 6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} \times \left(\frac{1}{5 \times 10^{-10}} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$\lambda_2 = 5.02 \times 10^{-10}\ m = \mathbf{5.02\ Å}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

العلاقة بين الطول الموجى للفوتون وكمية الحركة الخطية له

$$\lambda = \frac{c}{\upsilon}$$

بضرب البسط والمقام فى ثابت بلانك (h) :

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{h\upsilon} = \frac{h}{h\upsilon/c}$$

$$\because P_L = \frac{h\upsilon}{c} \qquad \therefore \boxed{\lambda = \frac{h}{P_L}}$$

أى أن الطول الموجى للفوتون يساوى خارج قسمة ثابت بلانك على كمية حركة الفوتون.

مجاب عنها

56 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ كلما زاد طول موجة الفوتونات فإن كمية حركتها .....

(أ) تزداد (ب) تقل (جـ) تظل ثابتة (د) تتعدم

٢ فوتون من طيف طوله الموجى 550 nm، فإن :

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^{8}$ m/s)

(١) طاقته تساوى .....

(أ) 2.49×10^{-19} J (ب) 3.61×10^{-19} J

(جـ) 4.02×10^{-19} J (د) 5.32×10^{-19} J

(٢) كتلته المكافئة وهو متحرك تساوى .....

(أ) 2.49×10^{-36} kg (ب) 3.21×10^{-36} kg

(جـ) 4.02×10^{-36} kg (د) 6.04×10^{-36} kg

(٣) كمية حركته تساوى .....

(أ) 1.2×10^{-27} kg.m/s (ب) 3.5×10^{-27} kg.m/s

(جـ) 6.4×10^{-27} kg.m/s (د) 8.3×10^{-27} kg.m/s

الطبيعة المزدوجة للفوتونات

* ظاهرة إشعاع الجسم الأسود والظاهرة الكهروضوئية وظاهرة كومتون من الدلائل على أن الضوء يسلك سلوك الجسيمات، كما أن هناك ظواهر أخرى مثل التداخل والحيود تبين أن الضوء يسلك سلوك الموجات،

فأى منهما الصحيح : السلوك الجسيمى أم السلوك الموجى ؟

* يعتمد سلوك الضوء على الظاهرة قيد الدراسة حيث إن بعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الموجات أى أن الضوء يُظهر صفة موجية، وبعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الجسيمات أى أن الضوء يُظهر صفة جسيمية.

وعلى هذا الأساس فإن النظرة الحديثة لطبيعة الضوء تأخذ السلوك الثنائى أو المزدوج للضوء،

أى أن طاقة الإشعاع تنتقل على هيئة فوتونات يصحب حركتها موجة.

النموذج الماكروسكوبى والنموذج الميكروسكوبى

* **إذا سقطت فوتونات على جسم أبعاده :**

١ **أكبر بكثير من الطول الموجى للفوتونات الساقطة** بحيث كان الطول الموجى للفوتونات :

- **أكبر بكثير من المسافات البينية** : فإن الفوتونات تعامل هذا الجسم كسطح عاكس متصل وتنعكس عنه.
- **مقارب للمسافات البينية** : فإن الفوتونات تنفذ من خلال المسافات البينية ويحدث حيود وتداخل وهذا ما يحدث فى حالة حيود الضوء والأشعة السينية.

https://t.me/E5_G5

وفى كلتا الحالتين السابقتين نتعامل مع الضوء على أنه موجات كهرومغناطيسية متصلة تنعكس وتنكسر وتتداخل وتحيد، وهو ما يعرف بالنموذج الموجى للضوء (الماكروسكوبى أو الكبير).

٢ **مقاربة للطول الموجى للفوتونات الساقطة** مثل ذرة أو إلكترون، فإننا نطبق النموذج الجسيمى للضوء (الميكروسكوبى أو المجهرى) لتفسير بعض الظواهر مثل تأثير كومتون والظاهرة الكهروضوئية.

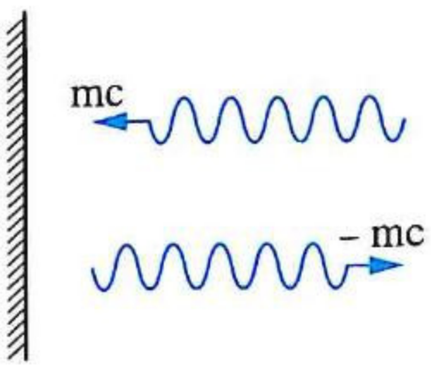
أى أن النموذجين الماكروسكوبى والميكروسكوبى مرتبطان ببعضهما البعض، وبالتالى فإن الخاصية الموجية والخاصية الجسيمية للفوتونات متلازمتان، المهم أن نفهم كيف نطبق كل منهما فى مكانه.

*** من هنا يمكن التفريق بين النموذج الماكروسكوبى والنموذج الميكروسكوبى للضوء كالتالى :**

النموذج الموجى للضوء (الماكروسكوبى أو الكبير)	النموذج الجسيمى للضوء (الميكروسكوبى أو المجهرى)
– يُطبق إذا اعترض فوتونات الضوء عائق أبعاده أكبر بكثير من الطول الموجى للضوء. – يفسر بعض الظواهر مثل الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود. – يدرس الفوتونات كحزمة بما لها من مجال مغناطيسى وكهربى متعامدان على بعضهما وعلى اتجاه انتشار حزمة الفوتونات. – تمثل شدة الموجة بسعتها حيث تتناسب تناسبًا طرديًا مع مربع السعة.	– يُطبق إذا اعترض فوتونات الضوء عائق فى حجم الذرة أو الإلكترون. – يفسر بعض الظواهر مثل إشعاع الجسم الأسود والانبعاث الكهروضوئى وتأثير كومتون. – يدرس الفوتون منفردًا ويتصوره كم من الطاقة مركز فى حيز صغير. – تمثل شدة الموجة المصاحبة للفوتونات تركيز هذه الفوتونات.

استنتاج القوة التى تؤثر بها حزمة من الفوتونات على سطح عاكس

*** عند سقوط شعاع ضوئى تردده υ عموديًا على سطح ما ثم انعكاسه فإن :**



– كمية حركة الفوتون الساقط = mc

– كمية حركة الفوتون المنعكس = – mc

– مقدار التغير فى كمية حركة الفوتون نتيجة انعكاسه : $\Delta P_L = 2\,mc = \frac{2\,h\upsilon}{c}$

* بفرض أن (ϕ_L) معدل سقوط الفوتونات عن السطح ويتعين من العلاقة ($\phi_L = \frac{N}{t}$) ويقاس بوحدة photon/s، فإن كل فوتون يسقط على السطح وينعكس عنه يعانى تغير فى كمية الحركة فيكون معدل التغير فى كمية حركة شعاع الفوتونات :

$$\frac{\Delta P_L}{\Delta t} = 2\,mc\phi_L = 2\,\frac{h\upsilon}{c}\,\phi_L$$

وتبعًا لقانون نيوتن الثانى تكون القوة التى يؤثر بها شعاع الفوتونات على السطح (F) مساوية لمعدل التغير فى كمية حركة شعاع الفوتونات :

$$F = \frac{\Delta P_L}{\Delta t} = 2\,\frac{h\upsilon}{c}\,\phi_L$$

* تتعين القدرة الضوئية (P_w) لحزمة الضوء الساقطة على السطح من العلاقة :

$$P_w = \frac{E_{(الكلية)}}{\Delta t} = \frac{h\upsilon N}{\Delta t} = h\upsilon\phi_L \qquad \therefore \quad \mathbf{F = 2\,\frac{P_w}{c}}$$

https://t.me/E5_G5

مثـال ١

شعاع قدرته 1 W يسقط عموديًا على سطح حائط بمعدل 10^{14} photon/s، **احسب :**

(أ) القوة التى يؤثر بها الشعاع على سطح الحائط عند انعكاسه عنه، **وهل** يظهر تأثير هذه القوة على الحائط ؟

(ب) تردد الشعاع.

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

الحـــل

$P_w = 1$ W | $\phi_L = 10^{14}$ photon/s | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s

$c = 3 \times 10^{8}$ m/s | **F = ?** | **υ = ?**

(أ)

$$F = \frac{2\,P_w}{c} = \frac{2 \times 1}{3 \times 10^{8}} = \mathbf{6.67 \times 10^{-9}\ N}$$

* هذه القوة صغيرة جدًا **فلا يظهر تأثيرها على سطح الحائط.**

(ب)

$$\upsilon = \frac{P_w}{h\phi_L} = \frac{1}{6.625 \times 10^{-34} \times 10^{14}}$$

$$= \mathbf{1.51 \times 10^{19}\ Hz}$$

مثـال ٢

اختر : سـقط ضوء طوله الموجى 5000 Å على سـطح فلز وكـانت القدرة الساقطـة 50 W، فإذا علمـت أن 5% فقط من الفوتونات السـاقطة تحرر إلكترونات، فإن عدد الإلكترونات التى تتحرر من سـطح الفلز فى الثانية الواحدة يساوى .....

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

(أ) 1.26×10^{15} electrons

(ب) 6.29×10^{15} electrons

(جـ) 1.26×10^{18} electrons

(د) 6.29×10^{18} electrons

الحـــل

$\lambda = 5000$ Å | $P_w = 50$ W | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s | $c = 3 \times 10^{8}$ m/s | $N_{(\text{إلكترون})}$ = ?

$$P_w = h\upsilon\phi_L = \frac{hc\phi_L}{\lambda} = \frac{hcN_{(\text{فوتون})}}{\lambda t}$$

$$N_{(\text{فوتون})} = \frac{P_w \lambda t}{hc}$$

$$N_{(\text{إلكترون})} = 0.05\ N_{(\text{فوتون})} = \frac{0.05\,P_w \lambda t}{hc} = \frac{0.05 \times 50 \times 5000 \times 10^{-10} \times 1}{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}$$

$$= \mathbf{6.29 \times 10^{18}\ electrons}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

57 اختبر نفسك

مجاب عنها

جهاز يصدر عنه إشعاع كهرومغناطيسى قدرته 200 W وطوله الموجى 3500 Å ، **احسب** معدل انبعاث الفوتونات منه. (علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^{8}$ m/s)

.....

.....

.....

الطبيعة الموجية للجسيم

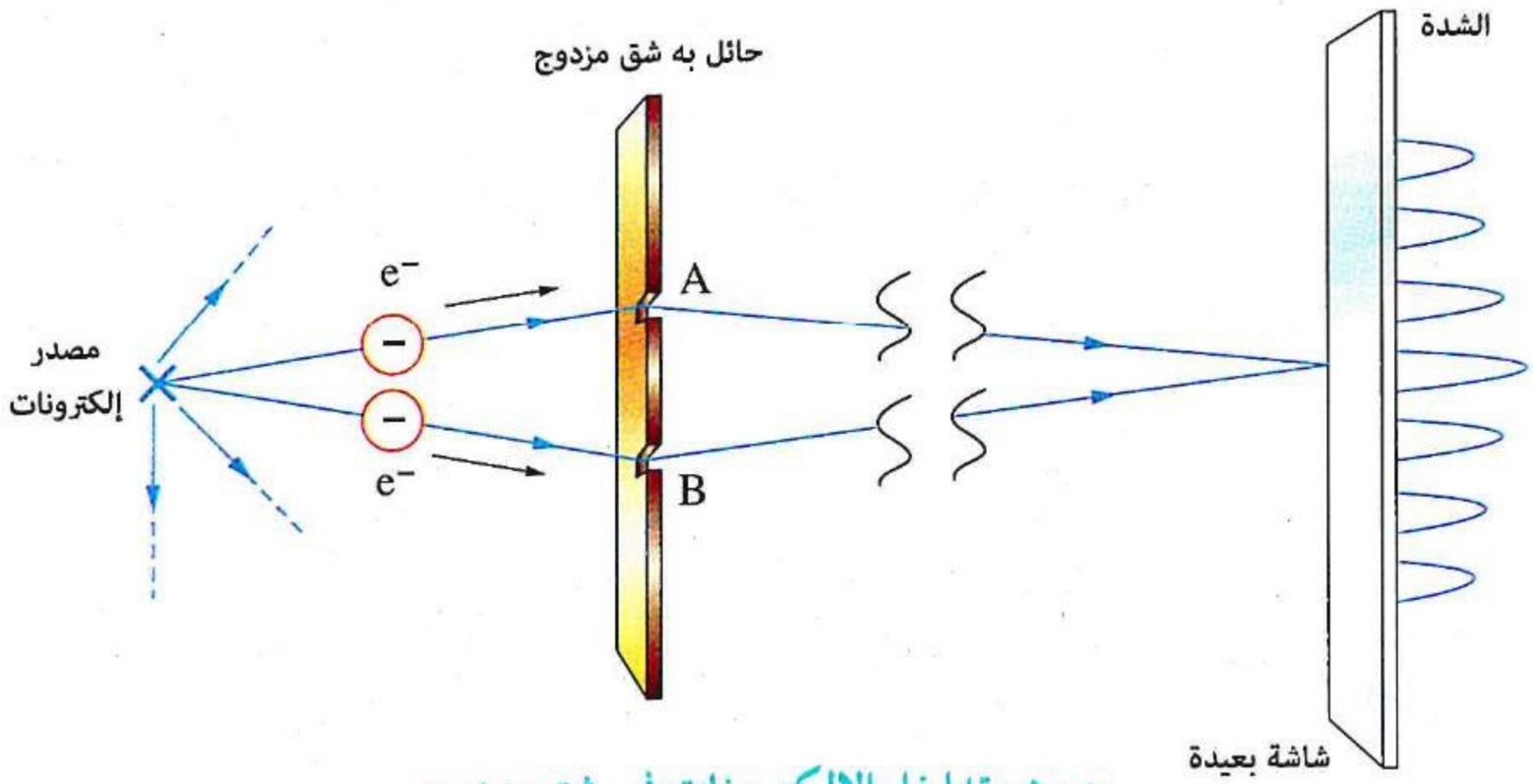
* نظرًا للتماثل الموجود فى الكون افترض دى برولى أنه مثلما للموجات طبيعة جسيمية، فإن للجسيم طبيعة موجية، حيث يصاحب الجسيم أثناء حركته موجة طولها الموجى يحسب من العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{P_L} = \frac{h}{mv}$$

معادلة دى برولى للجسيمات

الطول الموجى لموجة مصاحبة لجسيم متحرك يساوى خارج قسمة ثابت بلانك على كمية حركة الجسيم.

* **الشكل التالى يوضح الطبيعة الموجية للإلكترون (خاصيتى الحيود والتداخل) :**

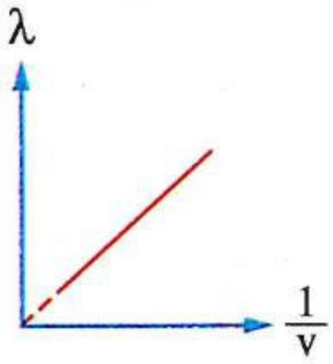


حيود وتداخل الإلكترونات فى شق مزدوج

العوامل التى يتوقف عليها الطول الموجى للموجة المصاحبة لجسيم متحرك

١ سرعة الجسيم :

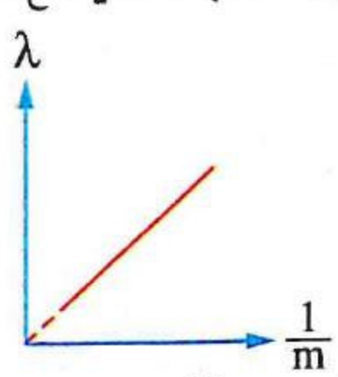
يتناسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لجسيم متحرك تناسبًا **عكسيًا** مع سرعة الجسيم.



$$\text{slope} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\left(\frac{1}{v}\right)} = \frac{h}{m}$$

٢ كتلة الجسيم :

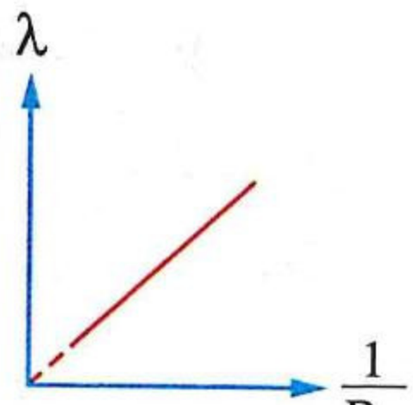
يتناسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لجسيم متحرك تناسبًا **عكسيًا** مع كتلة الجسيم.



$$\text{slope} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\left(\frac{1}{m}\right)} = \frac{h}{v}$$

$$\lambda = \frac{h}{P_L} = \frac{h}{mv}$$

https://t.me/E5_G5



* العلاقة البيانية بين الطول الموجى للموجة المصاحبة لجسيم متحرك ومقلوب كمية تحرك الجسيم :

$$\text{slope} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\left(\frac{1}{P_L}\right)} = h$$

*** وبالتالى فإننا ننظر إلى الطبيعة الموجية لكل من الضوء والإلكترونات كما يلى :**

الطبيعة الموجية للضوء	الطبيعة الموجية للإلكترونات
– الضوء هو مجموعة هائلة من الفوتونات لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعى.	– شعاع الإلكترونات هو مجموعة هائلة من الإلكترونات لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعى.
– الفوتون بمفرده يحمل صفات الموجة (نفس خصائص مجموعة الفوتونات) من حيث التردد والسرعة والطول الموجى.	– الإلكترون بمفرده يحمل صفات الكل (نفس خصائص مجموعة الإلكترونات) من حيث الكتلة والشحنة والدوران حول نفسه (اللف المغزلى) وكمية الحركة.
– يكون للموجة المصاحبة لحركة الفوتونات تردد وسرعة وطول موجى وخصائص الانتشار والانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.	– يكون للموجة المصاحبة لحركة الإلكترونات تردد وسرعة وطول موجى وخصائص الانتشار والانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

*** مما سبق يمكن المقارنة بين الإلكترون والفوتون كالتالى :**

	الإلكترون	الفوتون
الطبيعة	جسيم مادى شحنته سالبة وله طبيعة موجية	كمّ من الطاقة ($h\upsilon$) غير مشحون وله طبيعة موجية وجسيمية
التعجيل (زيادة سرعته)	يمكن تعجيله بالمجال الكهربى	لا يمكن تعجيله وسرعته ثابتة فى الفراغ $(3 \times 10^8\ m/s)$
كمية التحرك	له كمية تحرك $P_L = \frac{h}{\lambda} = m_e v$	له كمية تحرك $P_L = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\upsilon}{c} = \frac{h}{\lambda}$
الكتلة	– له كتلة سكون ثابتة $(m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg)$	– له كتلة أثناء حركته فقط تكافئ m $\left(m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\upsilon}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}\right)$ – إذا تم امتصاصه تتلاشى كتلته وتتحول إلى طاقة.

https://t.me/E5 G5

https://t.me/E5_G5

مثـال ❶

احسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة جسم كتلته 140 kg يتحرك بسرعة 40 m/s،

ثم احسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة إلكترون إذا تخيلنا أن الإلكترون يتحرك بنفس السرعة.

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

الحـــل

$m_b = 140$ kg | $v = 40$ m/s | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s | $\lambda_b = ?$ | $\lambda_e = ?$

$$\lambda_b = \frac{h}{m_b v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{140 \times 40} = \mathbf{1.18 \times 10^{-37}\ m}$$

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 40} = \mathbf{1.82 \times 10^{-5}\ m}$$

مثـال ❷

اختر : سقط ضوء طول موجته 5000 Å على سطح فلز دالة الشغل له 3.36×10^{-19} J فإن :

(علمًا بأن : $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^8$ m/s)

(أ) أقصى سرعة للإلكترونات المنبعثة تساوى .....

(أ) 1.22×10^5 m/s (ب) 2.34×10^5 m/s

(جـ) 3.68×10^5 m/s (د) 4.82×10^5 m/s

(ب) الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة أسرع الإلكترونات الكهروضوئية المنبعثة من سطح الفلز يساوى .....

(أ) 1.18 nm (ب) 1.98 nm (جـ) 2.12 nm (د) 3.22 nm

الحـــل

$\lambda_{ph} = 5000$ Å | $E_w = 3.36 \times 10^{-19}$ J | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s

$c = 3 \times 10^8$ m/s | $v_{max} = ?$ | $\lambda_e = ?$

(أ)

$$(KE)_{max} = E - E_w$$

$$\frac{1}{2} m_e v_{max}^2 = \frac{hc}{\lambda_{ph}} - E_w$$

$$\frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} v_{max}^2 = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} - (3.36 \times 10^{-19})$$

$$v_{max} = \mathbf{3.68 \times 10^5\ m/s}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

(ب)

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v_{max}} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3.68 \times 10^5} = 1.98 \times 10^{-9}\ m = \mathbf{1.98\ nm}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

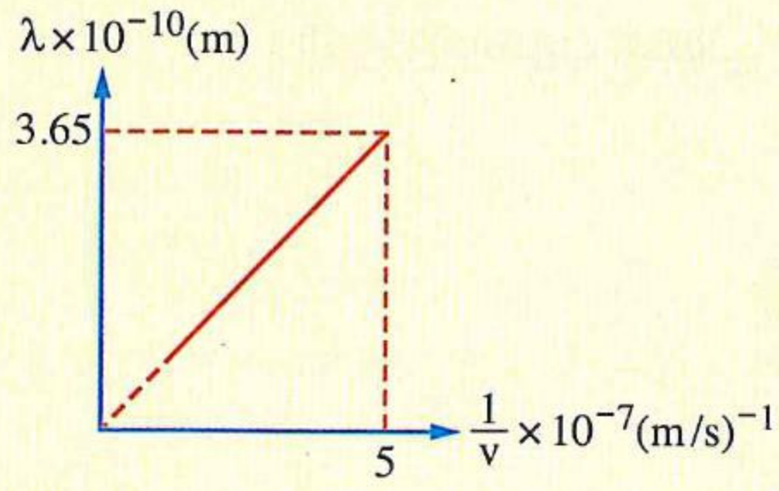
مجاب عنها

58 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

اختبر نفسك

١ الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين الطول الموجى (λ) للموجة المصاحبة لحركة جسيم ومقلوب سرعة الجسيم $\left(\frac{1}{v}\right)$، فإن كتلة الجسيم تساوى .....

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$)



أ $9.1 \times 10^{-31}\ kg$ ب $7.8 \times 10^{-25}\ kg$

جـ $2.4 \times 10^{-24}\ kg$ د $1.6 \times 10^{-22}\ kg$

---

٢ جسمان x ، y كتلتيهما m ، 2 m وسرعتيهما v ، 4 v على الترتيب، فإذا كان الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة الجسم x هو λ، فإن الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة الجسم y يساوى .....

أ 8λ ب 6λ جـ $\frac{\lambda}{6}$ د $\frac{\lambda}{8}$

المجهر (الميكروسكوب) الإلكترونى

* لتكوين صورة مكبرة للأجسام الصغيرة **يلزم** سقوط موجة على الجسم بحيث يكون طولها الموجى أقل من أبعاد الجسم المراد تكوين صورة مكبرة له لذلك لا يصلح الميكروسكوب الضوئى لرؤية الأجسام الصغيرة جدًا مثل الڤيروسات حيث إن مدى الأطوال الموجية للضوء المرئى أكبر من أبعاد الڤيروس لذلك يتم استخدام شعاع من الإلكترونات فى الميكروسكوب الإلكترونى.



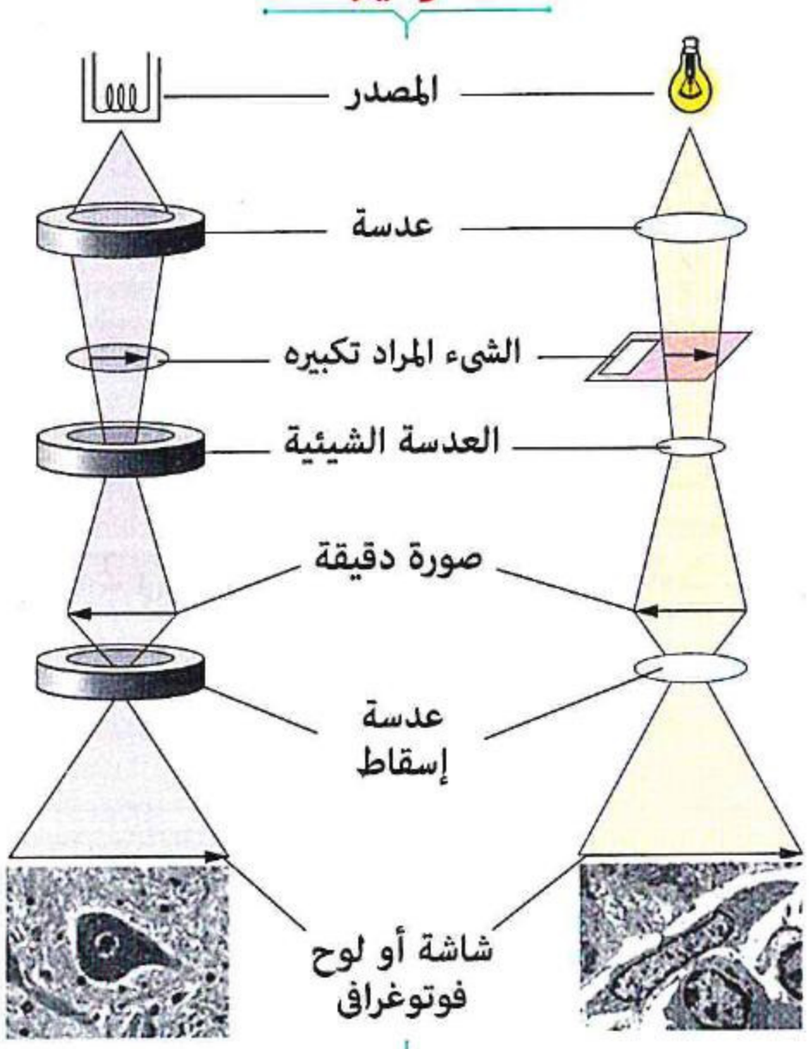
صورة للڤيروسات باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى

* **فكرة عمل الميكروسكوب الإلكترونى :**

– **الفكرة** : الطبيعة الموجية للإلكترون.

– **الشرح** : بزيادة فرق الجهد بين الكاثود والآنود فى المجهر الإلكترونى تزداد طاقة حركة الإلكترون وبالتالى تزداد سرعته (v) تبعًا للعلاقة $\left(KE = \frac{1}{2} m_e v^2 = eV\right)$، ومن معادلة دى برولى $\left(\lambda = \frac{h}{m_e v}\right)$ نجد أنه بزيادة سرعة الإلكترون يقل الطول الموجى المصاحب لحركته حتى يصبح أقل من أبعاد الجسم وبذلك يمكن استخدامها فى تكوين صورة مكبرة له.

* يتشابه الميكروسكوب الإلكترونى مع الميكروسكوب الضوئى فى نواح عديدة ويختلف عنه فى نواح أخرى، كالتالى :

	الميكروسكوب الضوئى	الميكروسكوب الإلكترونى
التركيب		
الشعاع المستخدم	شعاع ضوئى	شعاع من الإلكترونات يصحب حركتها أمواج مادية طولها الموجى أقصر حوالى ألف مرة من الطول الموجى للشعاع الضوئى
العدسات المستخدمة	عدسات ضوئية (زجاجية) تعمل على تركيز الضوء على الجسم المراد تكبيره	عدسات إلكترونية (مغناطيسية) تعمل على تركيز شعاع الإلكترونات على الجسم المراد تكبيره
القدرة التحليلية	صغيرة نسبيًا وبذلك لا يستطيع أن يميز التفاصيل الدقيقة	كبيرة نسبيًا وبذلك يكون له القدرة على تمييز التفاصيل الدقيقة
معامل التكبير	محدود نسبيًا	كبير نسبيًا
الصورة النهائية	تقديرية، يمكن أن تُرى بالعين المجردة	تتكون على شاشة فلورسية

https://t.me/E5_G5

ملاحظات

* **القدرة التحليلية للميكروسكوب الإلكترونى كبيرة جدًا،**

لأن الإلكترونـات يمكـن أن تمتلـك طاقة حركة عاليـة جدًا ومن ثم تصحبهـا أطوال موجية قصيرة جـدًا وبالتالى تستطيع أن ترصد أجسام صغيرة لا يستطيع الضوء العادى أن يرصدها.

---

* **يمكن حساب الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة إلكترون فى الميكروسكوب الإلكترونى كالتالى :**

$\because \lambda = \frac{h}{m_e v}$ ①

$\because KE = \frac{1}{2} m_e v^2$, $v = \sqrt{\frac{2\,KE}{m_e}}$ ②

بالتعويض من المعادلة ② فى المعادلة ① :

$\therefore \lambda = \frac{h}{m_e \sqrt{\frac{2\,KE}{m_e}}}$, $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_e KE}}$

$\because KE = eV$

$\therefore \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_e eV}}$

مثـال ١

إذا استخدم فرق جهد 400 V بين الآنود والكاثود لميكروسكوب إلكترونى :

(أ) **احسب :** ١- أقصى طاقة حركة للإلكترون. ٢- أقصى سرعة للإلكترون.

٣- الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة الإلكترون.

(ب) **هل** يمكن رؤية جسيم طوله 5 Å ؟ **ولماذا ؟**

(علمًا بأن : $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

الحـــل

$V = 400$ V | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C | $(KE)_{max} = ?$ | $v = ?$ | $\lambda = ?$

(أ) ١- $(KE)_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 400 = \mathbf{6.4 \times 10^{-17}}$ J

٢- $(KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2$

$6.4 \times 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2$, $v = \mathbf{1.19 \times 10^{7}}$ m/s

٣- $\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 1.19 \times 10^{7}} = \mathbf{6.12 \times 10^{-11}}$ m $= \mathbf{0.612}$ Å

(ب) نعم، لأن الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة الإلكترون أقل من طول الجسيم.

https://t.me/E5_G5

مثـال ٢

اختر : إذا زادت طاقة حركة جسيم إلى 25 مرة، تكون نسبة التغير فى الطول الموجى لدى برولى هى .....

(أ) 20 %　(ب) 40 %　(جـ) 60 %　(د) 80 %

الحـــل

$\because KE = \frac{1}{2}mv^2$ ، $\lambda = \frac{h}{mv}$

∵ كتلة الجسيم ثابتة.

$\therefore \frac{(KE)_1}{(KE)_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}$ ، $\frac{KE}{25\,KE} = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}$

$\therefore \lambda_1 = 5\,\lambda_2$

$\therefore \Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = 5\,\lambda_2 - \lambda_2 = 4\,\lambda_2$

$\therefore \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1} = \frac{4\,\lambda_2}{5\,\lambda_2} = 0.8$

أى تكون نسبة التغير هى **80 %**

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

اختبر نفسك

مجاب عنها

59 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) أى من الاختيارات التالية يعبر عما يحدث فى الميكروسكوب الإلكترونى عند زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط ؟

	طاقة حركة الإلكترون	الطول الموجى المصاحب للإلكترون
(أ)	تزداد	يزداد
(ب)	تزداد	يقل
(جـ)	تقل	يزداد
(د)	تقل	يقل

(٢) إذا استُخدم ميكروسكوب إلكترونى لفحص جسيم مرتين، فى المرة الأولى استُخدم فرق جهد 15 kV وفى المرة الثانية 30 kV، فإن النسبة بين أقصى سرعة للإلكترونات فى المرتين $\left(\frac{(v_{max})_1}{(v_{max})_2}\right)$ تساوى .....

(أ) $\frac{1}{2}$　(ب) $\frac{\sqrt{2}}{1}$　(جـ) $\frac{1}{\sqrt{2}}$　(د) $\frac{2}{1}$

https://t.me/E5G5

الوحدة الثانية

مقدمة فى الفيزياء الحديثة

الفصل 6

الأطيـــاف الـذريـــة



الفصل 6

الأطياف الذرية



* كلمة ذرة (Atom) تعود إلى اللغة الإغريقية، وتعنى الوحدة التى لا تنقسم،

وقد وضع العلماء تصورات مختلفة متعاقبة لتركيب الذرة، سندرس منها تصور العالم بور لتركيب الذرة.

نموذج بـور Bohr's Model

* قام بور بدراسة تصورات العلماء السابقين له للذرة، وتوصل إلى نموذج لذرة الهيدروچين مستخدمًا **بعض تصورات العالم رذرفورد، وهى :**

١ توجد عند مركز الذرة نواة موجبة الشحنة.

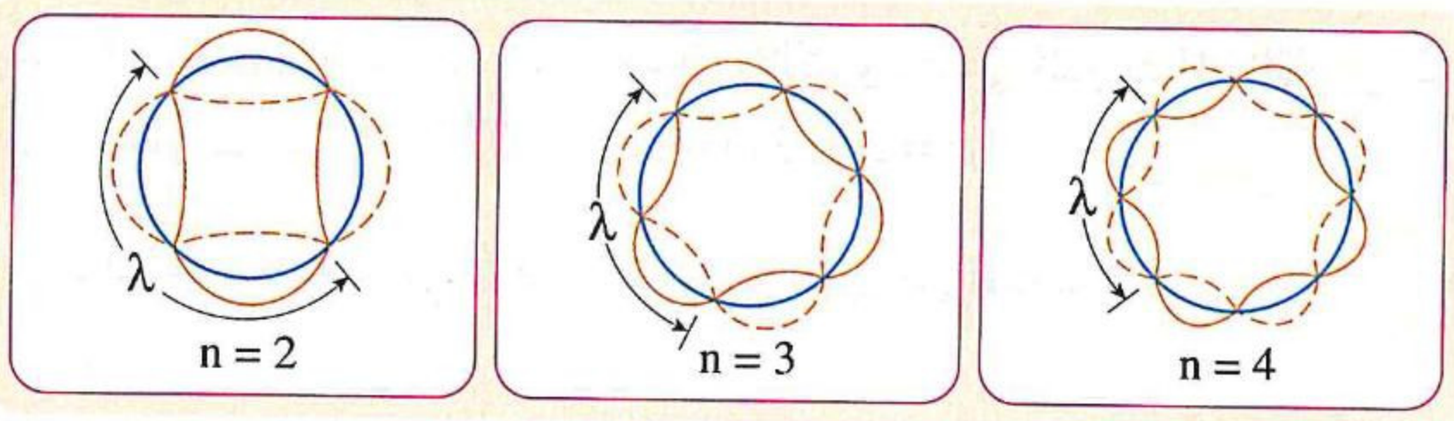
٢ تدور الإلكترونات سالبة الشحنة حول النواة فى مستويات طاقة محددة تعرف بالأغلفة ولا يصدر من الذرة إشعاعًا طالما كان الإلكترون متحركًا فى مستوى الطاقة الخاص به.

٣ الذرة متعادلة كهربيًا حيث إن عدد الشحنات السالبة (الإلكترونات) حول النواة يساوى عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة (البروتونات).

ثم أضاف بور الفروض الثلاثة الهامة التالية :

١ القوى الكهربية (قانون كولوم) والقوى الميكانيكية (قانون نيوتن) قابلة للتطبيق فى مجال الذرة.

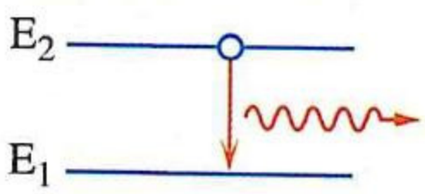
٢ باعتبار أن الموجة المصاحبة لحركة الإلكترون فى ذرة الهيدروچين تمثل موجة موقوفة (حسب فرض دى برولى) بحيث يكون عدد الموجات الموقوفة (الأطوال الموجية) مساويًا لرقم المستوى (n) كما بالشكل التالى :



وبالتالى يمكن حساب نصف قطر مستوى الإلكترون تقديريًا من العلاقة :

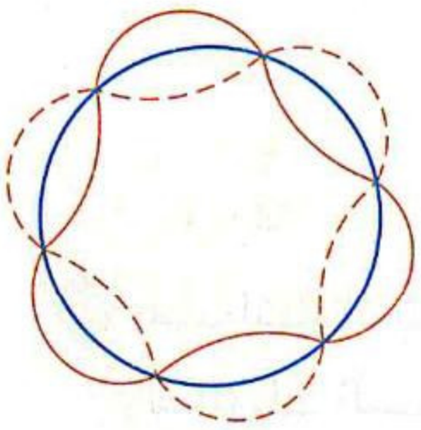
$$2\pi r = n\lambda$$

حيث : (r) نصف قطر المستوى، (n) عدد الأمواج الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون (عدد صحيح أكبر من الصفر)، (λ) الطول الموجى للموجة الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون.



٣ عندما ينتقل إلكترون من مستوى أعلى للطاقة (E_2) إلى مستوى أدنى للطاقة (E_1)، ينطلق نتيجة لذلك فوتون طاقته تساوى الفرق بين طاقتى المستويين ($h\upsilon = \Delta E = E_2 - E_1$).

مثـال



الشكل المقابل يوضح الموجة الموقوفة المصاحبة لحركة إلكترون ذرة الهيدروچين فى أحد مستويات الطاقة، فإذا علمت أن سرعة الإلكترون فى هذا المستوى 7.3×10^5 m/s،

احسب :

(أ) الطول الموجى للموجة الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون فى هذا المستوى.

(ب) نصف قطر مستوى الطاقة الذى يتحرك فيه الإلكترون.

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

الحـــل

$v_n = 7.3 \times 10^5$ m/s | $n = 3$ | $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg | $\lambda_n = ?$ | $r_n = ?$

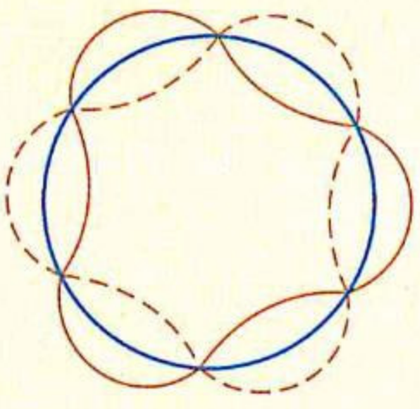
(أ)
$$\lambda_n = \frac{h}{m_e v_n} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 7.3 \times 10^5} = 9.97 \times 10^{-10} \text{ m} = 9.97 \text{ Å}$$

(ب)
$$2\pi r_n = n\lambda_n \quad , \quad 2 \times \frac{22}{7} r_n = 3 \times 9.97 \times 10^{-10} \quad , \quad r_n = 4.76 \times 10^{-10} \text{ m} = 4.76 \text{ Å}$$

مجاب عنها

60 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



يعبر الشكل المقابل عن الموجة الموقوفة المصاحبة لحركة إلكترون فى أحد مستويات الطاقة بذرة الهيدروچين، فإذا كان نصف قطر المستوى r فإن الطول الموجى للموجة الموقوفة (λ) يساوى .....

(أ) $\frac{\pi r}{3}$ (ب) $\frac{2\pi r}{5}$

(جـ) $\frac{\pi r}{2}$ (د) $\frac{2\pi r}{3}$

تفسير بور لانبعاث الطيف الخطى لغاز الهيدروچين

* **عندما تكتسب ذرات الهيدروچين طاقة فإنها تثار، ويلاحظ التالى :**

١ لا تثار الذرات كلها لنفس المستوى، ولذلك تنتقل الإلكترونات فى الذرات المختلفة من المستوى الأول K (n = 1) إلى مستويات مختلفة أعلى منه L، M، N، ... (.... n = 2 or 3 or 4).

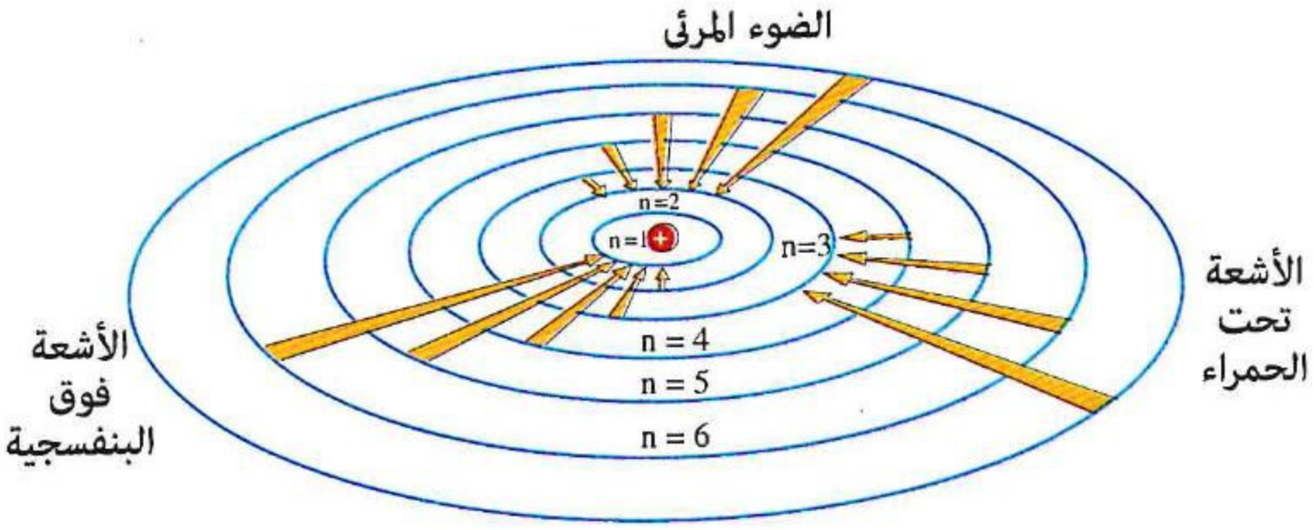
٢ يمكن حساب طاقة أى مستوى (E_n) فى ذرة الهيدروچين من العلاقة :

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ (eV)}$$

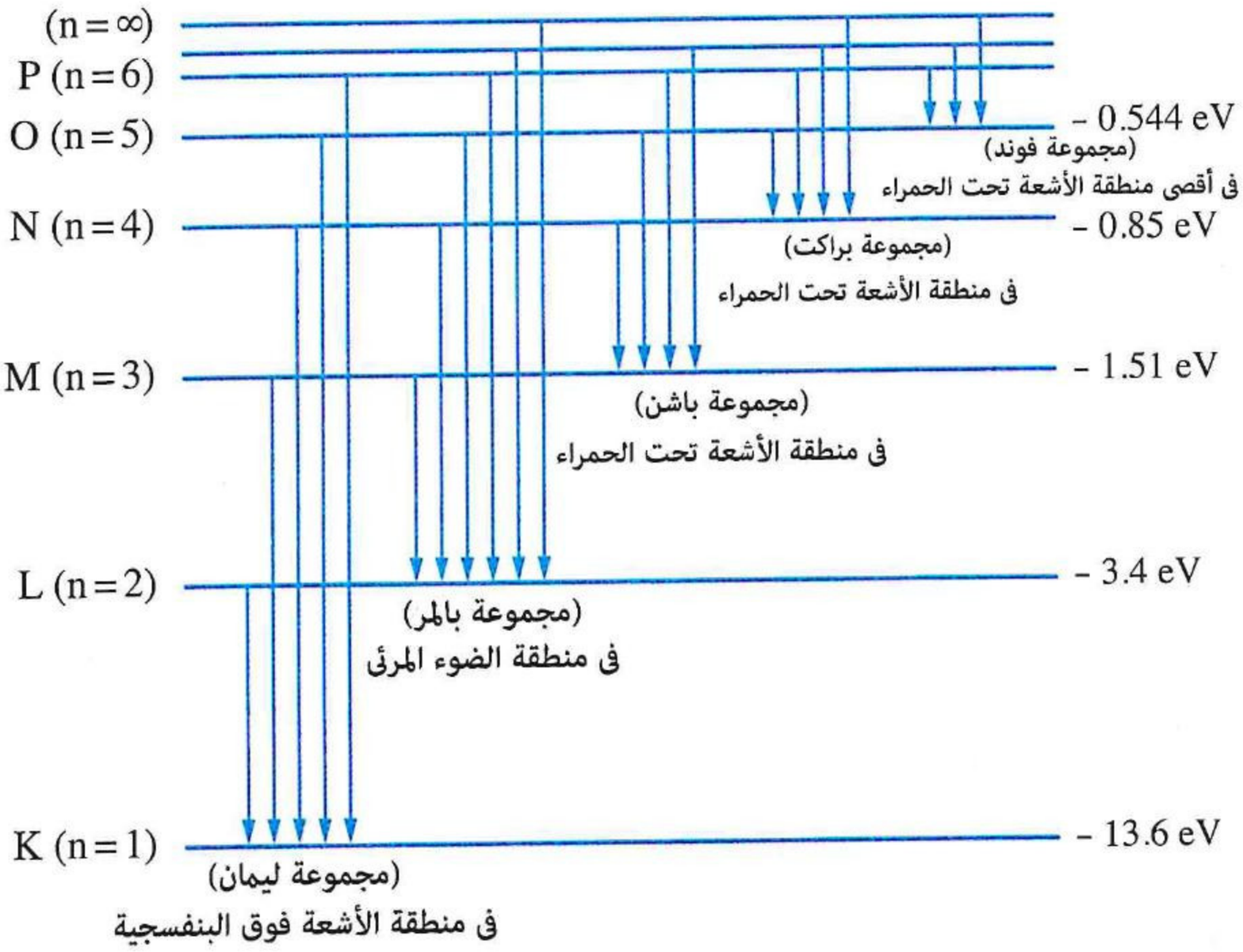
٣ تبقى الإلكترونات فى مستويات الطاقة العالية لفترة قصيرة جدًا (حوالى 10^{-8}s) ثم تهبط إلى مستويات أدنى.

٤ عندما يهبط الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فإنه يفقد فرق الطاقة بين المستويين على شكل فوتون تردده υ وطاقته $h\upsilon$ وطوله الموجى λ

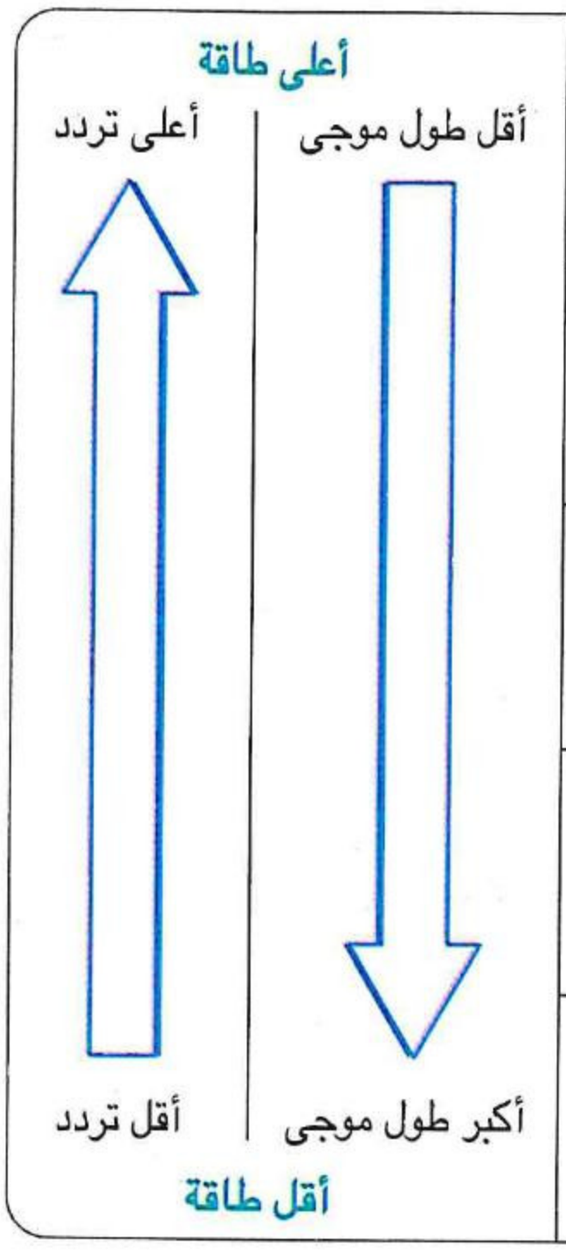
حيث : $\lambda = \frac{c}{\upsilon}$ ، $h\upsilon = E_2 - E_1$



٥ عند إثارة عينة تحتوى على عدد كبير من ذرات الهيدروچين ينشأ عن عودة الإلكترون داخل كل ذرة من المستويات العليا إلى المستويات الأدنى انبعاث طيف خطى يتكون من خمس مجموعات أو متسلسلات، وتترتب هذه المتسلسلات **كالتالى** :



١ متسلسلة **ليمان**	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الأول $(n = 1)$ K	تقع فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية
٢ متسلسلة **بالمر**	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الثانى $(n = 2)$ L	تقع فى منطقة الضوء المرئى
٣ متسلسلة **باشن**	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الثالث $(n = 3)$ M	تقع فى منطقة الأشعة تحت الحمراء
٤ متسلسلة **براكت**	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الرابع $(n = 4)$ N	تقع فى منطقة الأشعة تحت الحمراء
٥ متسلسلة **فوند**	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الخامس $(n = 5)$ O	تقع فى أقصى منطقة الأشعة تحت الحمراء



* حساب طاقة الإشعاع فى المتسلسلة الواحدة :

ينبعث فوتون له أكبر طاقة (أقصر طول موجى)

عند انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة فى مالانهاية (E_∞) إلى مستوى الطاقة الأدنى فى المتسلسلة (E_n) :

$$E_\infty - E_n = \frac{hc}{\lambda_{min}} \quad , \quad E_\infty = 0$$

ينبعث فوتون له أقل طاقة (أكبر طول موجى)

عند انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة (E_{n+1}) إلى مستوى الطاقة الأدنى الذى يليه (E_n) :

$$E_{n+1} - E_n = \frac{hc}{\lambda_{max}}$$

ملاحظة

*** بدءًا من متسلسلة ليمان يؤدى انتقال الإلكترون بين أى مستويين متتاليين فى نفس المتسلسلة الطيفية إلى انبعاث طيف (فوتون) له أقل تردد فى المتسلسلة ولكنه يظل أعلى من تردد أى فوتون فى أى متسلسلة تالية.**

مثال ١

تبعًا لنموذج بور لطيف ذرة الهيدروچين، **احسب :**

(أ) فرق الطاقة بوحدة الچول عند انتقال الإلكترون من المستوى الخامس إلى المستوى الأول.

(ب) تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون من المستوى الرابع إلى المستوى الأول.

(جـ) الطول الموجى للفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون من المستوى الخامس إلى المستوى الثانى.

(علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^{8}$ m/s)

https://t.me/E5_G5

الحـــل

(أ) $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ ، $E_5 = -\frac{13.6}{(5)^2} = -0.544$ eV ، $E_1 = -13.6$ eV

$\Delta E = E_5 - E_1 = -0.544 - (-13.6) = 13.056$ eV

$\Delta E = 13.056 \times 1.6 \times 10^{-19} = \mathbf{2.09 \times 10^{-18}\ J}$

(ب) $E_4 = -\frac{13.6}{(4)^2} = -0.85$ eV ، $\Delta E = E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6) = 12.75$ eV

$\Delta E = 12.75 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.04 \times 10^{-18}$ J ، $\Delta E = h\upsilon$

$\upsilon = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2.04 \times 10^{-18}}{6.625 \times 10^{-34}} = \mathbf{3.08 \times 10^{15}\ Hz}$

(جـ) $E_2 = -\frac{13.6}{(2)^2} = -3.4$ eV ، $\Delta E = E_5 - E_2 = -0.544 - (-3.4) = 2.856$ eV

$\Delta E = 2.856 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.57 \times 10^{-19}$ J ، $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$

$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4.57 \times 10^{-19}} = \mathbf{4.35 \times 10^{-7}\ m}$

مثـال ❷

اختر: إذا علمت أن طاقة المستوى الأول فى ذرة الهيدروچين -13.6 eV ، فإن أكبر وأقل طاقة للفوتون المنبعث عند عودة الإلكترون المثار للمستوى الأول على الترتيب هما ..... (علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

(أ) 2.04×10^{-19} J ، 18.02×10^{-19} J

(ب) 16.32×10^{-19} J ، 18.02×10^{-19} J

(جـ) 2.04×10^{-19} J ، 21.76×10^{-19} J

(د) 16.32×10^{-19} J ، 21.76×10^{-19} J

الحـــل

$E_1 = -13.6$ eV ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، $\Delta E = ?$

* أكبر طاقة للفوتون المنبعث : $\Delta E = E_\infty - E_1 = 0 - (-13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}) = \mathbf{21.76 \times 10^{-19}\ J}$

* أقل طاقة للفوتون المنبعث :

$\Delta E = E_2 - E_1 = \left(\frac{-13.6}{(2)^2} \times 1.6 \times 10^{-19}\right) - (-21.76 \times 10^{-19}) = \mathbf{16.32 \times 10^{-19}\ J}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ❸

اختر: عنـد سـقوط الفوتون الناتج من عودة إلكتـرون ذرة الهيدروچين من المدار الرابع إلى المدار الأول على كاثود خلية كهروضوئية، انبعث إلكـترون من كـاثود الخلية بطاقة حركة قدرها 7.5 eV ، فإن دالة الشغل لسطح كاثود الخلية تساوى .....

(أ) 3.5 eV (ب) 5.25 eV (جـ) 7.5 eV (د) 12.75 eV

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$KE = 7.5\ eV$ $\quad$ $\mathbf{E_w = ?}$

$$\Delta E = E_4 - E_1 = \frac{-13.6}{(4)^2} - (-13.6) = 12.75\ eV$$

$$\mathbf{E_w} = \Delta E - KE = 12.75 - 7.5 = \mathbf{5.25\ eV}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٤

اختر: يهبط إلكترون مثار فى ذرة الهيدروچين من أحد مستويات الطاقة العليا (x) إلى مستوى الطاقة الأرضى على خطوتين متتاليتين فانبعثت فوتونات طولها الموجى 1284.43 nm ، 102.75 nm على الترتيب، فتكون رتبة مستوى الطاقة (x) الذى هبط منه الإلكترون المثار هى .....

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ ، $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

(أ) 2 $\quad$ (ب) 3 $\quad$ (جـ) 5 $\quad$ (د) 6

الحـــل

$\lambda_1 = 1284.43\ nm$ $\quad$ $\lambda_2 = 102.75\ nm$ $\quad$ $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$ $\quad$ $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$

$h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ $\quad$ $\mathbf{x = ?}$

$$E_x - E_n = \frac{hc}{\lambda_1} \quad (1)$$

$$E_n - E_1 = \frac{hc}{\lambda_2} \quad (2)$$

بجمع المعادلتين (1) ، (2) :

$$E_x - E_n + E_n - E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$E_x - E_1 = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$(E_x - (-13.6)) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} \times \left(\frac{1}{1284.43 \times 10^{-9}} + \frac{1}{102.75 \times 10^{-9}}\right)$$

$$E_x = -0.54\ eV$$

$$E_x = \frac{-13.6}{x^2}$$

$$-0.54 = \frac{-13.6}{x^2}$$

$$\mathbf{x = 5}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

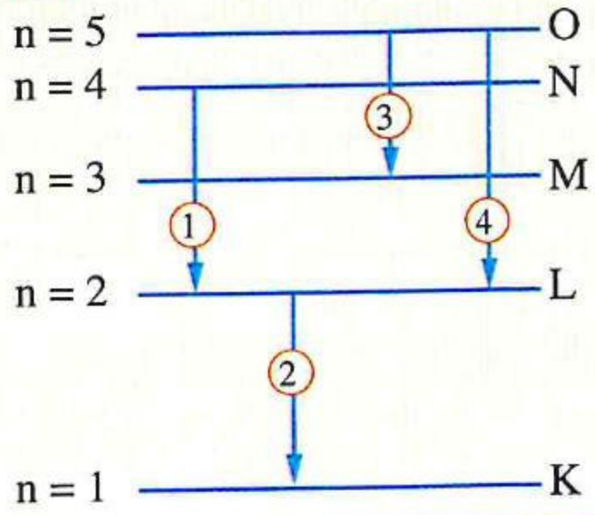
https://t.me/E5_G5

61 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ أى الانتقالات الموضحة للإلكترون فى الشكل تؤدى إلى انبعاث طيف خطى له أكبر تردد ؟

مجاب عنها

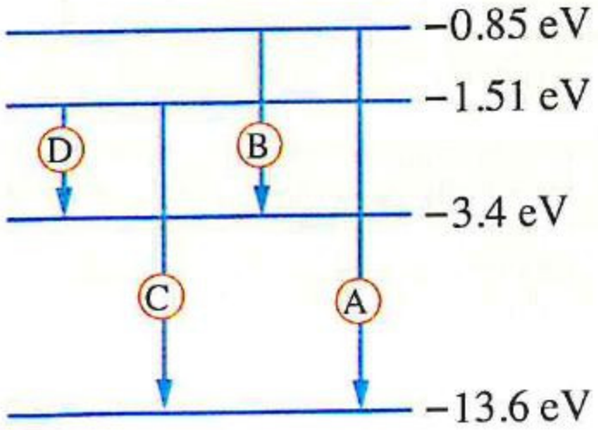


(أ) الانتقال (1)　(ب) الانتقال (2)

(جـ) الانتقال (3)　(د) الانتقال (4)

٢ الشكل المقابل يبين أربعة مستويات طاقة فى ذرة الهيدروچين، فإن الانتقال الذى ينتج عنه انبعاث فوتون طوله الموجى 974 Å هو .....

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s ، $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ، $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)



(أ) A　(ب) B　(جـ) C　(د) D

الأطيـاف

* عند مرور الطيف الشمسى خلال منشور ثلاثى فإنه يتحلل إلى مكوناته من الأشعة المرئية (الضوء المرئى) والأشعة غير المرئية (الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية).
* تُعد دراسة وتفسير الطيف الذرى للعناصر من أهم الدراسات التى أدت إلى معرفة التركيب الذرى والجزيئى لها، ويتم ذلك باستخدام جهاز **المطياف**.

المطياف Spectrometer

الوظيفة

تحليل الضوء إلى مكوناته المرئية وغير المرئية والحصول منها على طيف نقى.

الطيف النقى

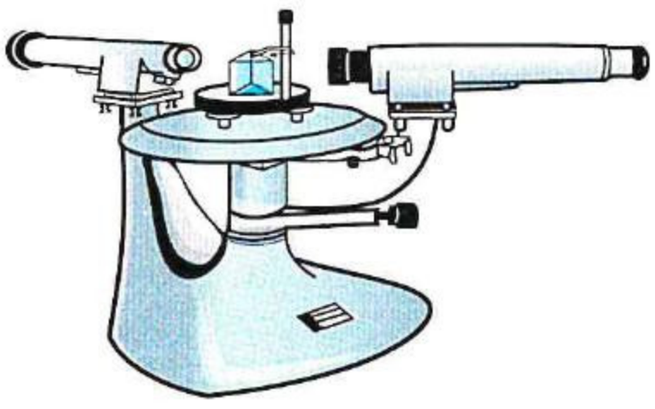
طيف لا يكون فيه تداخل بين الأطوال الموجية حيث يكون فيه التفريق بين الألوان شديد التمايز بحيث يكون الضوء عمليًا عند كل نقطة أحادى اللون تقريبًا.

الاستخدام

١ التعرف على مصادر الطيف المختلفة.

٢ تقدير درجة حرارة النجوم وما بها من غازات.

التركيب

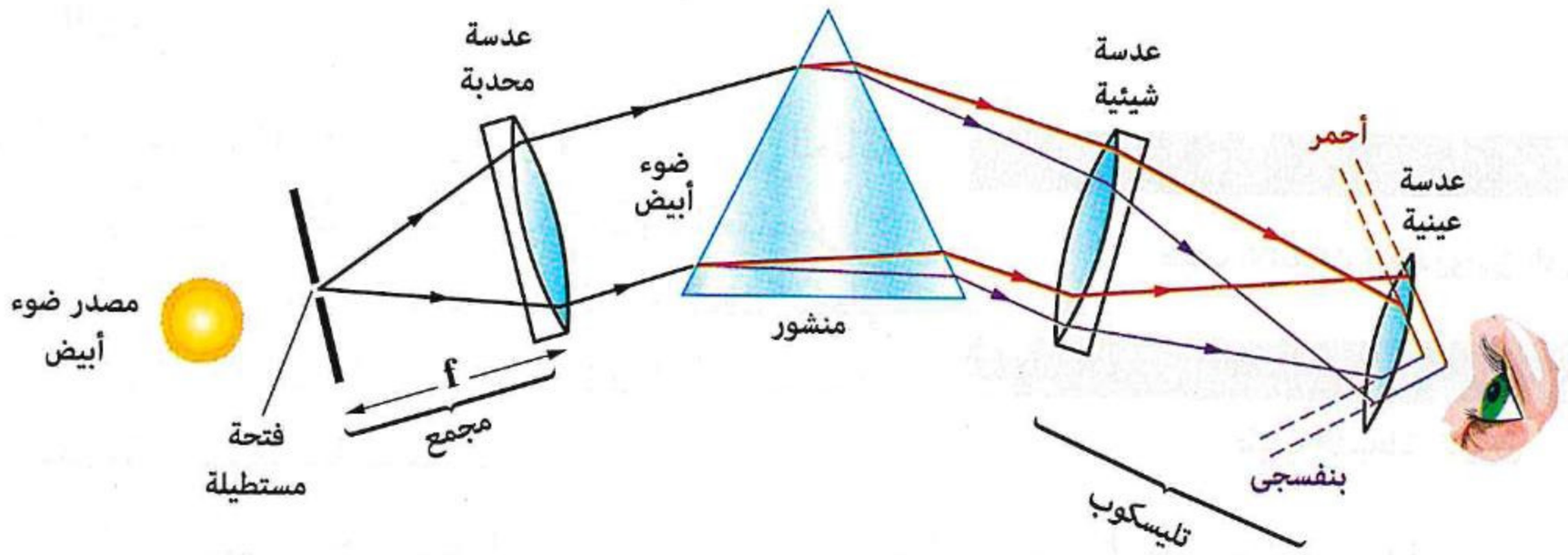


١ **المجمع** وهو عبارة عن أنبوبة يوجد عند طرفها فتحة مستطيلة ضيقة يمكن التحكم فى اتساعها بواسطة مسمار محورى وتوجد هذه الفتحة عند بؤرة عدسة محدبة عند الطرف الآخر للأنبوبة.

٢ **منشور ثلاثى** من الزجاج موضوع على **منضدة قابلة للدوران** لضبط المنشور عند وضع النهاية الصغرى للانحراف.

https://t.me/E5_G5

٣ **تليسكوب** مكون من عدستين محدبتين هما الشيئية والعينية.



طريقة العمل

١ يتم وضع مصدر الطيف أمام الفتحة المستطيلة للمجمع فتعمل عدسته المحدبة على خروج حزمة متوازية من الطيف الذى يسقط على أحد أوجه المنشور.

٢ يتم ضبط المنشـور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف، ويعمل المنشـور على تحليل أشعة الضوء إلى مكوناته الأولية بحيث تخرج أشعة كل لون متوازية مع بعضها وغير موازية لأشعة الألوان الأخرى لأن لكل لون من ألوان الطيف زاوية انحراف خاصة به.

٣ يوجه التليسكوب لاستقبال الأشعة المارة خلال المنشور.

٤ تعمل العدسة الشيئية للتليسكوب على تجميع أشعة كل لون فى بؤرة خاصة على المستوى البؤرى لهذه العدسة بحيث يمكن رؤيتها محددة بواسطة العدسة العينية أو تتكون صورة لها على لوح فوتوغرافى.

شروط الحصول على طيف نقى بواسطة المطياف (الأسبكترومتر)

أن يكون المنشـور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف وتجمع الأشـعة المتوازية لكل لون فى بؤرة خاصة بواسـطة العدسة الشيئية.

أنواع الأطياف

* **بعد إتمام عملية التحليل الطيفى يمكن تمييز نوعين من الأطياف :**

طيف مستمر (متصل)	طيف خطى
طيف يتضمن توزيعًا مسـتمرًا أو متصلًا للترددات أو الأطوال الموجية.	طيـف يتضمـن توزيعًـا غير مسـتمرًا للتـرددات أو الأطوال الموجية.
يمكن الحصول عليه عن طريق	
تحليـل الإشـعاعات المنبعثة من الأجسـام السـاخنة كالفحم المتقد وفتيل المصباح الكهربى.	تحليـل الإشـعاع المنبعـث من عنصر غـازى أو بخار عنصـر تحـت ضغط منخفـض فـى أنابيـب التفريغ الكهربى، ويعتبر خاصية مميزة للعنصر.

https://t.me/E5_G5

* ينقسم الطيف الخطى للعناصر إلى :

١ طيف الانبعاث

* هو الطيف الناتج عن انتقال ذرة مثارة من مستوى أعلى للطاقة إلى مستوى أدنى للطاقة ونظرًا لأنه لا يمكن إثارة العناصر إلا إذا كانت فى صورة ذرية وليست جزيئية، فإن الطيف الخطى لا يصدر من المادة إلا إذا كانت فى صورة ذرات منفصلة أو فى الحالة الغازية تحت ضغط منخفض.



طيف الانبعاث للهيدروچين الذرى



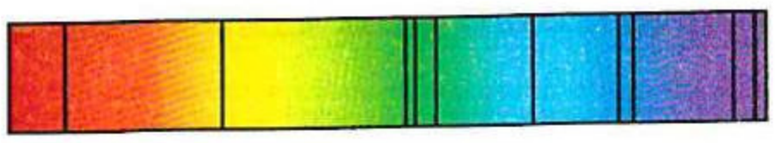
طيف الانبعاث للزئبق

* يظهر طيف الانبعاث على لوح فوتوغرافى حساس على هيئة **خطوط مضيئة على خلفية سوداء.**

٢ طيف الامتصاص

* إذا مر طيف مستمر (مثل ضوء أبيض) خلال غاز ما أو بخار عنصر، فإنه يلاحظ :

اختفاء بعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر للضوء الأبيض بعد تحليله بالمطياف، هذه الأطوال الموجية هى نفسها الأطوال الموجية لأطياف الانبعاث الخطية لهذا الغاز أو العنصر لذلك فهى تعتبر خاصية مميزة لهذا الغاز أو العنصر، ويطلق عليها طيف الامتصاص الخطى.



طيف الامتصاص الخطى

خطوط معتمة لبعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر، وهذه الخطوط ناتجة عن امتصاص غاز أو بخار عنصر لخطوط الطيف المميزة له.

* يظهر طيف الامتصاص على لوح فوتوغرافى حساس على هيئة **خطوط معتمة على خلفية مضيئة.**

* وقد أثبت هذا وجود عنصرى الهيليوم والهيدروچين فى الغلاف الشمسى، حيث إن طيف الشمس بعد تحليله وجد أنه يحتوى على أطياف الامتصاص الخطية للهيليوم والهيدروچين ويطلق عليها خطوط فرونهوفر.

خطوط فرونهوفر

أطياف امتصاص خطية للعناصر الموجودة فى الغلاف الشمسى وقد وجد أنها خاصة بعنصرى الهيليوم والهيدروچين.

اختبر نفسك 62

مجاب عنها

اختر : عند مرور ضوء أبيض خلال بخار الصوديوم وتحليل الضوء الخارج من بخار الصوديوم، فإننا نحصل على .....

(أ) خطوط ملونة منفصلة على خلفية معتمة
(ب) خطوط ملونة منفصلة على خلفية بيضاء
(جـ) خطوط معتمة منفصلة على خلفية ملونة
(د) منطقة ملونة متصلة

الأشعة السينية X-Rays

* اكتشف العالم رونتجن أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية طولها الموجى قصير يتراوح بين 10^{-11} m و 10^{-8} m أى بين الأطوال الموجية لأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية وهى ذات طاقة عالية، وأطلق عليها **الأشعة المجهولة** أو **الأشعة السينية** لأنه لم يكن يعرف ماهيتها.

خصائص الأشعة السينية

١ ذات قدرة كبيرة على اختراق الأوساط حيث إن طولها الموجى قصير جدًا.

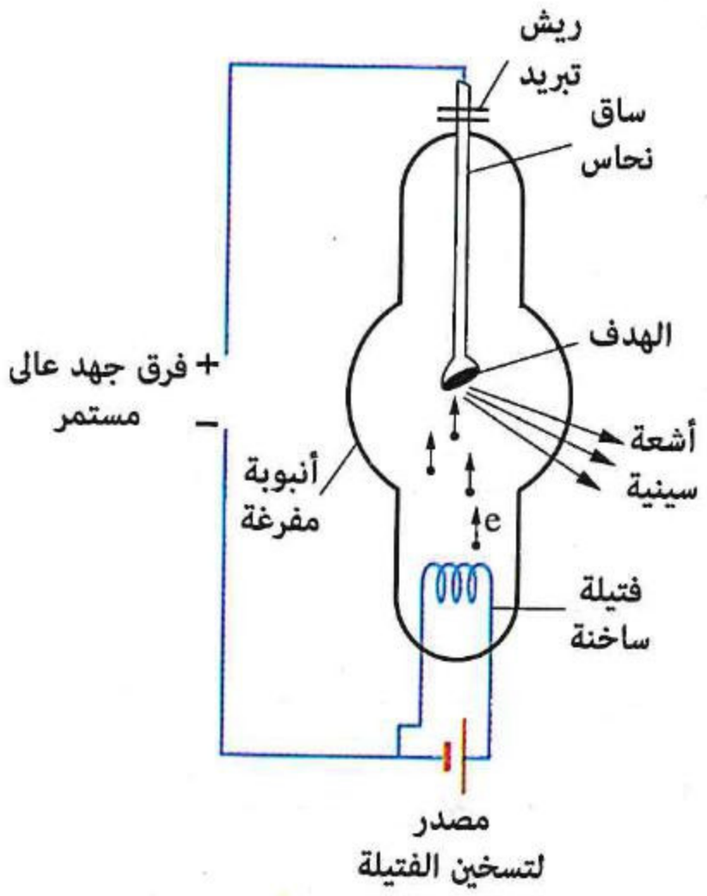
٢ ذات قدرة كبيرة على تأيين الغازات حيث إن طاقتها عالية جدًا.

٣ يحدث لها حيود عند مرورها خلال البلورات حيث إن طولها الموجى مقارب للمسافات البينية بين الذرات فى البلورات.

٤ تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة حيث إن لها تأثير كيميائى.

الحصول على الأشعة السينية باستخدام أنبوبة كولدج

التركيب



أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تحتوى على :

١ فتيلة تعمل كمصدر للإلكترونات عند تسخينها (الكاثود).

٢ مصدر كهربى مستمر أو متردد لتسخين الفتيلة.

٣ هدف من عنصر عدده الذرى كبير ودرجة انصهاره عالية مثل التنجستين.

٤ ريش تبريد مثبتة على ساق نحاسية تتصل بالهدف (الآنود) لتبريده.

٥ مصدر فرق جهد عالى مستمر بين الفتيلة (الكاثود) والهدف (الآنود)، **لتعجيل** الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة.

شرح العمل

١ عند تسخين الفتيلة (المهبط) تنطلق الإلكترونات منها نحو الهدف تحت تأثير المجال الكهربى.

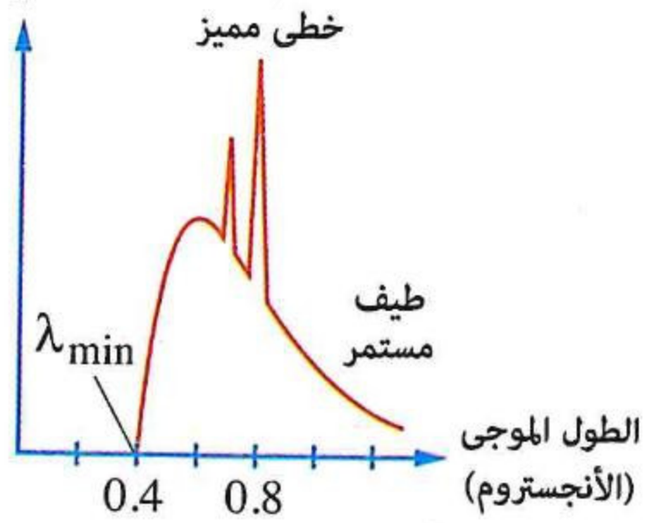
٢ تكتسب الإلكترونات طاقة حركة كبيرة يتوقف مقدارها على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف وتحسب طاقة الحركة العظمى للإلكترونات من العلاقة :

$$eV = (KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2_{max}$$

٣ عند اصطدام الإلكترونات بالهدف ينطلق من الهدف الأشعة السينية بالإضافة إلى كمية كبيرة من الطاقة الحرارية.

طيف الأشعة السينية

* بتحليل حزمة من الأشعة السينية الصادرة من هدف ما إلى مكوناتها من الأطوال الموجية المختلفة نحصل على طيف يتكون من نوعين كما بالشكل :



١ طيف مستمر يحتوى على جميع الأطوال الموجية فى مدى معين، **ولا يتوقف على نوع مادة الهدف بل يعتمد على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف.**

٢ طيف خطى يقابل أطوالًا موجية محددة **تميز العنصر المكون لمادة الهدف ويكون متراكب على الطيف المستمر.**

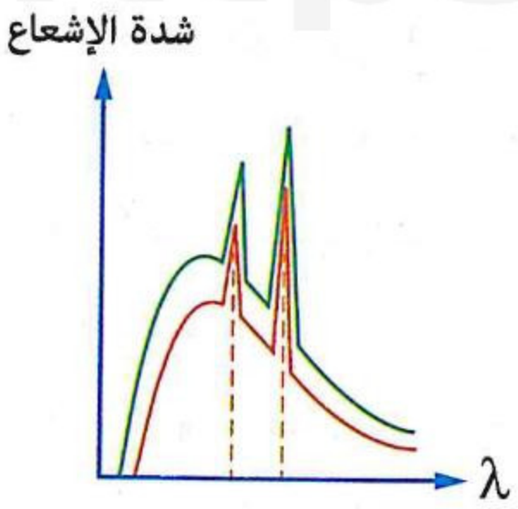
ويمكن التمييز بينهما كما يلى :

	الطيف المستمر (المتصل) للأشعة السينية	الطيف الخطى (المميز) للأشعة السينية
يطلق عليه	أشعة الكابح (الفرملة) أو الإشعاع اللين أو الإشعاع الناعم	الإشعاع الشديد أو الحاد
كيفية التولد	– عند مرور الإلكترونات المُعجلة المنبعثة من الكاثود (الفتيلة) قرب إلكترونات ذرات مادة الهدف تتناقص سرعتها وتقل طاقتها نتيجة التصادمات والتشتت. – طبقًا لنظرية ماكسويل هيرتز يظهر الفقد فى طاقة الإلكترونات على شكل إشعاعًا كهرومغناطيسيًا يحتوى على جميع الأطوال الموجية الممكنة لأن الإلكترونات تفقد طاقتها على دفعات وبدرجات متفاوتة.	– عند تصادم أحد الإلكترونات المُعجلة المنبعثة من الكاثود (الفتيلة) بأحد الإلكترونات القريبة من نواة إحدى ذرات مادة الهدف يكتسب الأخير طاقة تجعله ينتقل إلى مستوى طاقة أعلى أو يغادر الذرة ويحل محله إلكترون آخر من مستوى طاقة أعلى. – يظهر الفرق بين طاقتى المستويين على شكل إشعاع له طول موجى محدد، يمكن تعيينه من العلاقة : $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$
العوامل التى يتوقف عليها الطول الموجى	– يتوقف أقصر طول موجى (λ_{min}) للطيف المستمر على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف حيث $(\lambda_{min} \propto \frac{1}{V})$. – لا يتوقف على نوع مادة الهدف.	– يتوقف الطول الموجى للطيف المميز على نوع مادة الهدف حيث يقل بزيادة العدد الذرى لعنصر مادة الهدف. – لا يتوقف على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف إلا أن الأشعة المميزة قد لا تظهر عند فروق الجهد المنخفضة.
مما سبق يمكن أن نستنتج أن	$eV = (KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 = h\upsilon_{max} = \frac{hc}{\lambda_{min}}$ للإلكترون — لفوتون أشعة X	$\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

ملاحظات



* **عند زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود :**

تزداد طاقة حركة الإلكترونات المصطدمة بمادة الهدف، فيزداد مدى وشدة الأشعة السينية الناتجة، ويقل أقصر طول موجى للطيف المستمر حيث ($\lambda_{min} \propto \frac{1}{V}$) ويمثل المنحنيان المشار لهما باللونين البرتقالى والأخضر طيف الأشعة السينية المنبعثة من أنبوبة كولدج قبل وبعد زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود على الترتيب.

* **يمكن زيادة شدة الأشعة السينية عن طريق :**

(١) زيادة شدة تيار الفتيلة، مما يؤدى إلى زيادة معدل انبعاث الإلكترونات من الفتيلة والتى تصطدم بالهدف فيزداد معدل انبعاث فوتونات أشعة إكس من الهدف.

(٢) زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود.

* **يمكن زيادة نفاذية أشعة إكس عن طريق زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود.**

مثال ١

فى أنبوبة كولدج إذا كان التيار الناتج عن حركة الإلكترونات فى الأنبوبة شدته 10 mA وفرق الجهد بين الفتيلة والهدف 15 kV، **احسب :**

(أ) الطاقة العظمى للإلكترونات.

(ب) أقصى سرعة للإلكترونات.

(جـ) أقصر طول موجى للأشعة السينية الصادرة.

(د) عدد الإلكترونات التى تصل للهدف فى الثانية.

(علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$ ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$ ، $h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ ، $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$)

الحل

$I = 10 \times 10^{-3}\ A$ | $V = 15 \times 10^{3}\ V$ | $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$ | $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$

$h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ | $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$ | $(KE)_{max} = ?$ | $v = ?$ | $\lambda_{min} = ?$ | $N = ?$

(أ) $(KE)_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 15 \times 10^{3} = \mathbf{2.4 \times 10^{-15}\ J}$

(ب) $(KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2$

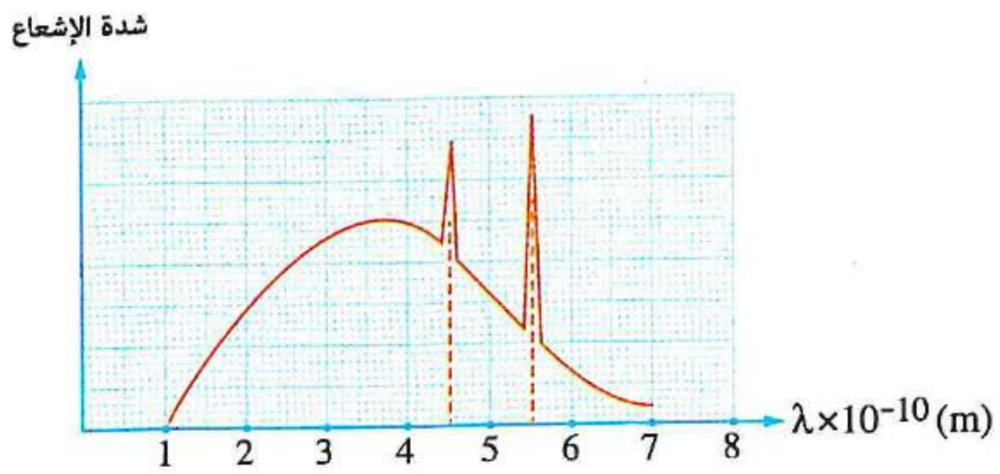
$$v = \sqrt{\frac{2\,(KE)_{max}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.4 \times 10^{-15}}{9.1 \times 10^{-31}}} = \mathbf{72.63 \times 10^{6}\ m/s}$$

(جـ) $$\lambda_{min} = \frac{hc}{(KE)_{max}} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{2.4 \times 10^{-15}} = \mathbf{8.28 \times 10^{-11}\ m = 0.828\ \mathring{A}}$$

(د) $$N = \frac{Q}{e} = \frac{It}{e} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = \mathbf{6.25 \times 10^{16}\ electron}$$

مثـال ٢

الشـكل البيانـى المقابـل يوضـح العلاقـة بـين شـدة الإشـعاع والطـول الموجـى لطيـف الأشـعة السـينية المنبعثـة مـن أنبوبـة كولـدج،



احسـب :

(أ) فرق الجهد بين الفتيلة والهدف.

(ب) أعلى تردد للطيف الخطى للأشعة السينية.

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$ ، $h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

الحـــل

$\lambda_{min} = 1 \times 10^{-10}\ m$ | $\lambda_1 = 4.5 \times 10^{-10}\ m$ | $\lambda_2 = 5.5 \times 10^{-10}\ m$ | $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

$h = 6.625 \times 10^{-34}\ J.s$ | $c = 3 \times 10^{8}\ m/s$ | $V = ?$ | $\upsilon_{max} = ?$

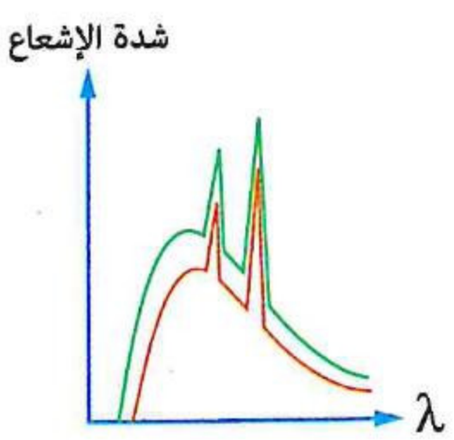
(أ) $eV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$ ، $V = \frac{hc}{e\lambda_{min}} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{-10}} = \mathbf{1.24 \times 10^{4}\ V}$

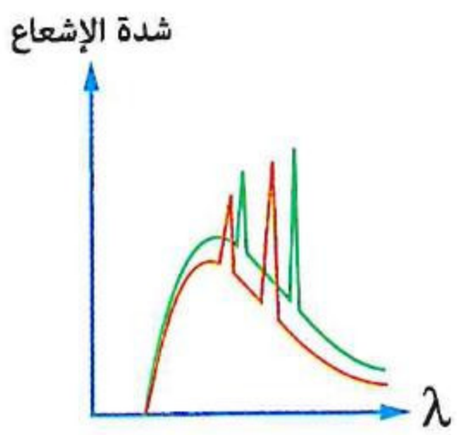
(ب) $\upsilon_{max} = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \times 10^{8}}{4.5 \times 10^{-10}} = \mathbf{6.67 \times 10^{17}\ Hz}$

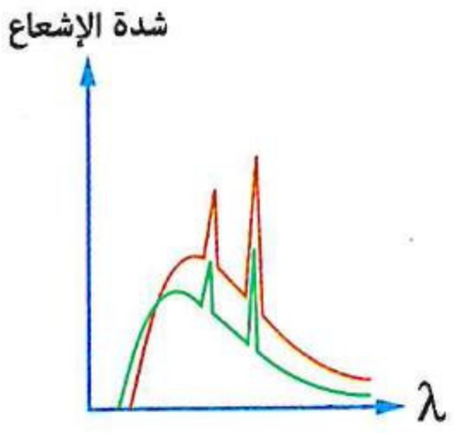
مثـال ٣

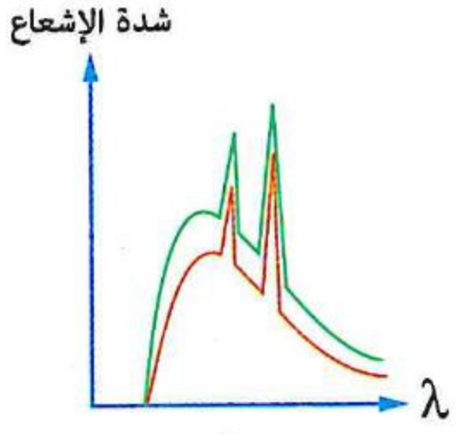
اختر : الشكل البيانى المقابل يمثل طيف الأشعة السينية المنبعث من أنبوبة كولدج، أى من الأشـكال البيانية التالية يمثل مقارنة بين هذا الطيف والطيف الصادر عن الأنبوبة بعد زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود ؟











الحـــل

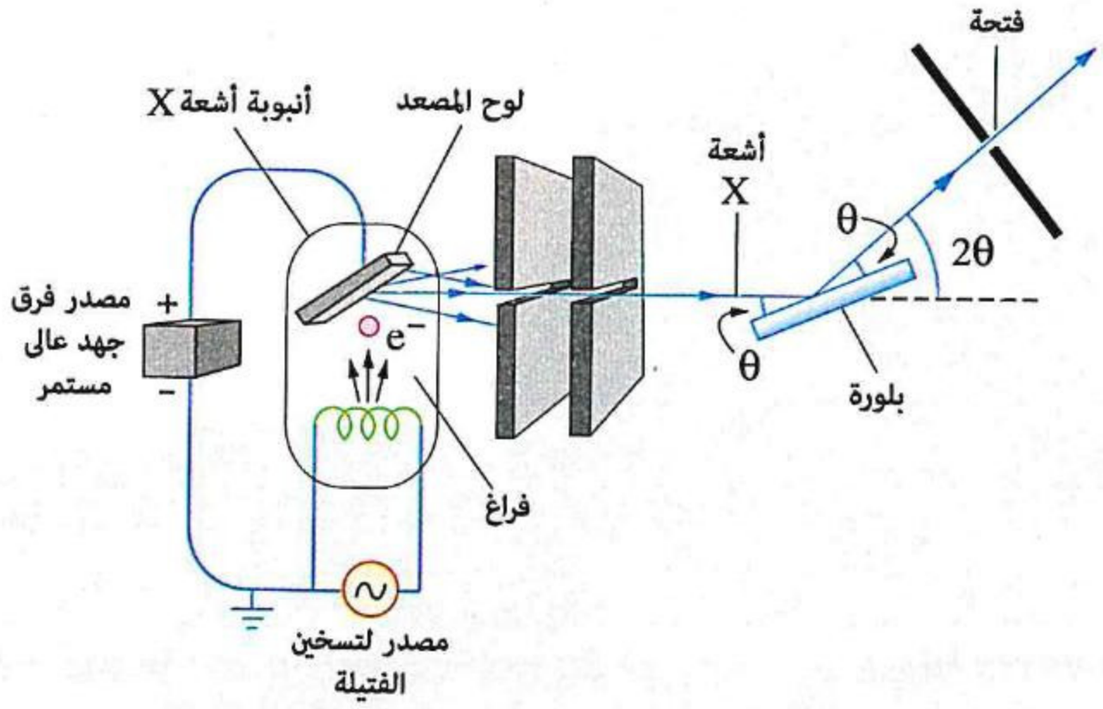
عند زيادة فرق الجهد بين الآنود والكاثود تزداد طاقة حركة الإلكترونات المنبعثة من الكاثود فيقل أقصر طول موجى للطيف المستمر حيث $\left(\lambda_{min} \propto \frac{1}{V}\right)$ وتزداد شدة الإشعاع.

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

تطبيقات الأشعة السينية

* تستخدم الأشعة السينية فى :

١ دراسة التركيب البلورى للمواد، **لأن** الأشعة السينية تتميز بقابليتها للحيود عند مرورها فى البلورات فيحدث تداخل بين الموجات التى تنفذ من بين الذرات كما لو كانت فتحات متعددة (مثل محزوز الحيود) حيث تتكون هُدب مضيئة وهُدب مظلمة تبعًا لفرق المسار بين الموجات المتداخلة.



استخدام أشعة إكس فى دراسة التركيب البلورى للمواد

٢ الكشف عن العيوب التركيبية فى المواد المستخدمة فى الصناعات المعدنية، **نظرًا** لقدرتها الكبيرة على النفاذ خلال المسافات متناهية الصغر والتى لا ينفذ منها الضوء المنظور حيث إن الطول الموجى للأشعة السينية أقل من المسافات البينية بين الذرات.



٣ تصوير العظام وتحديد أماكن الكسور أو الشروخ وبعض التشخيصات الطبية، **نظرًا** لقدرتها على اختراق الأجسام بدرجات متفاوتة حيث تنفذ من أماكن الكسور بدرجة أكبر من نفاذها خلال العظام وأيضًا تأثيرها على الألواح الفوتوغرافية الحساسة وبذلك يتم تحديد أماكن الكسور أو الشروخ.

مجاب عنها

63 اختبر نفسك

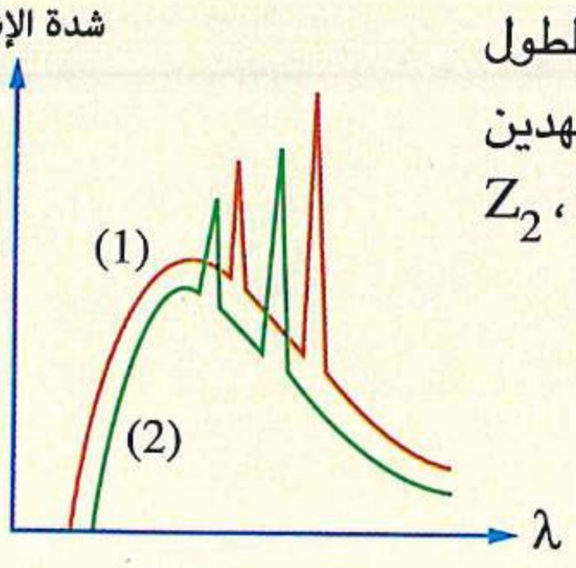
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ إذا كان فرق الجهد بين المصعد والمهبط فى أنبوبة كولدج 1.4×10^4 V ، فإن أقل طول موجى للطيف المستمر للأشعة السينية المنبعثة يساوى .....

(علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ، $c = 3 \times 10^8$ m/s ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

(أ) 8.87×10^{-11} m (ب) 5.96×10^{-10} m (جـ) 9.78×10^{-10} m (د) 2.63×10^{-9} m

٢ الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين شدة الأشعة السينية والطول الموجى لها (λ) لطيفين ناتجين من أنبوبتى كولدج يعملان على فرقى جهدين مختلفين V_1 ، V_2 وهدفين من مادتين مختلفتين عددهما الذرى Z_1 ، Z_2 لذلك فإن .....



	العلاقة بين V_1 ، V_2	العلاقة بين Z_1 ، Z_2
(أ)	$V_1 > V_2$	$Z_1 > Z_2$
(ب)	$V_1 > V_2$	$Z_1 < Z_2$
(جـ)	$V_1 < V_2$	$Z_1 = Z_2$
(د)	$V_1 < V_2$	$Z_1 < Z_2$

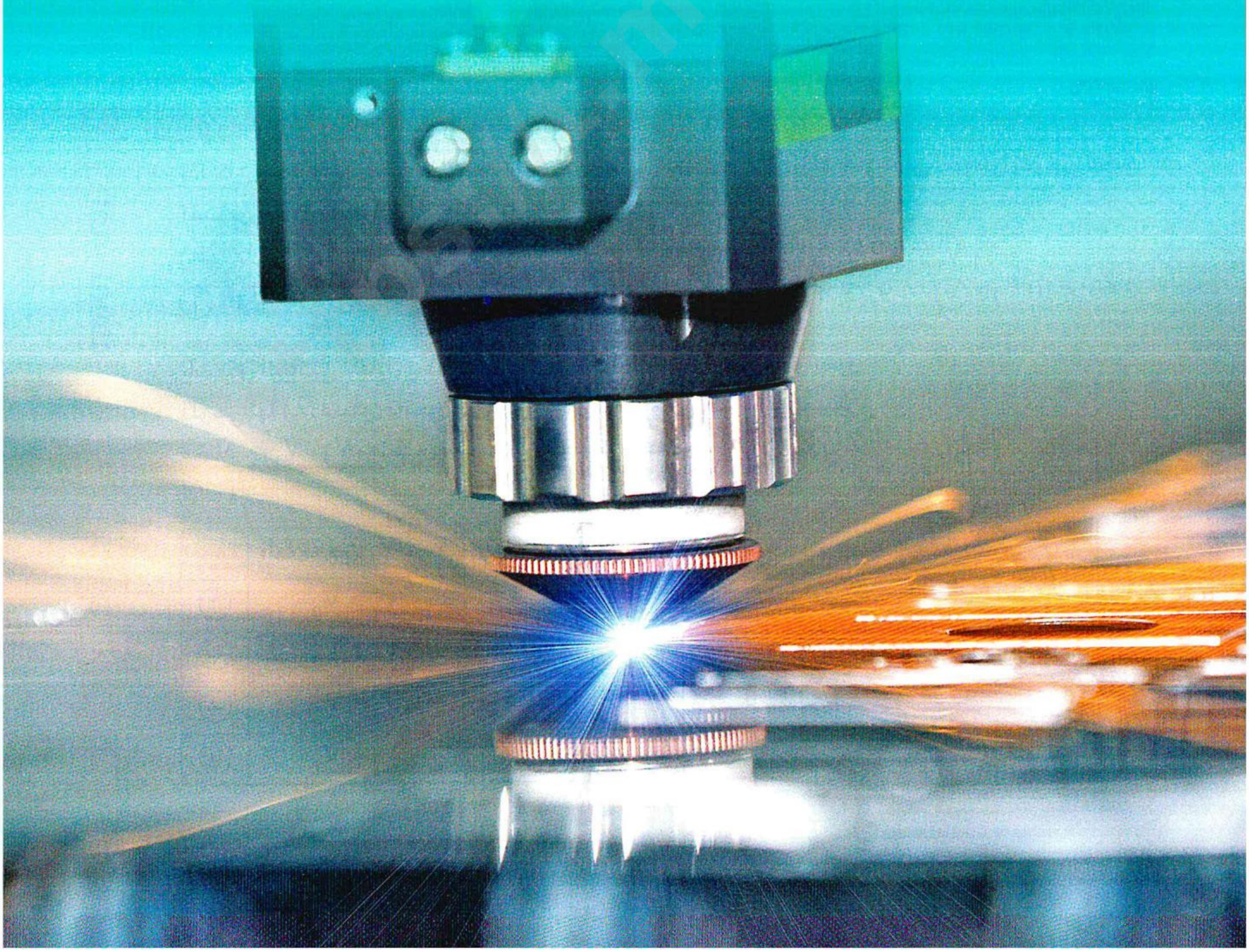
https://t.me/E5_G5

الوحدة الثانية

مقدمة فى الفيزياء الحديثة

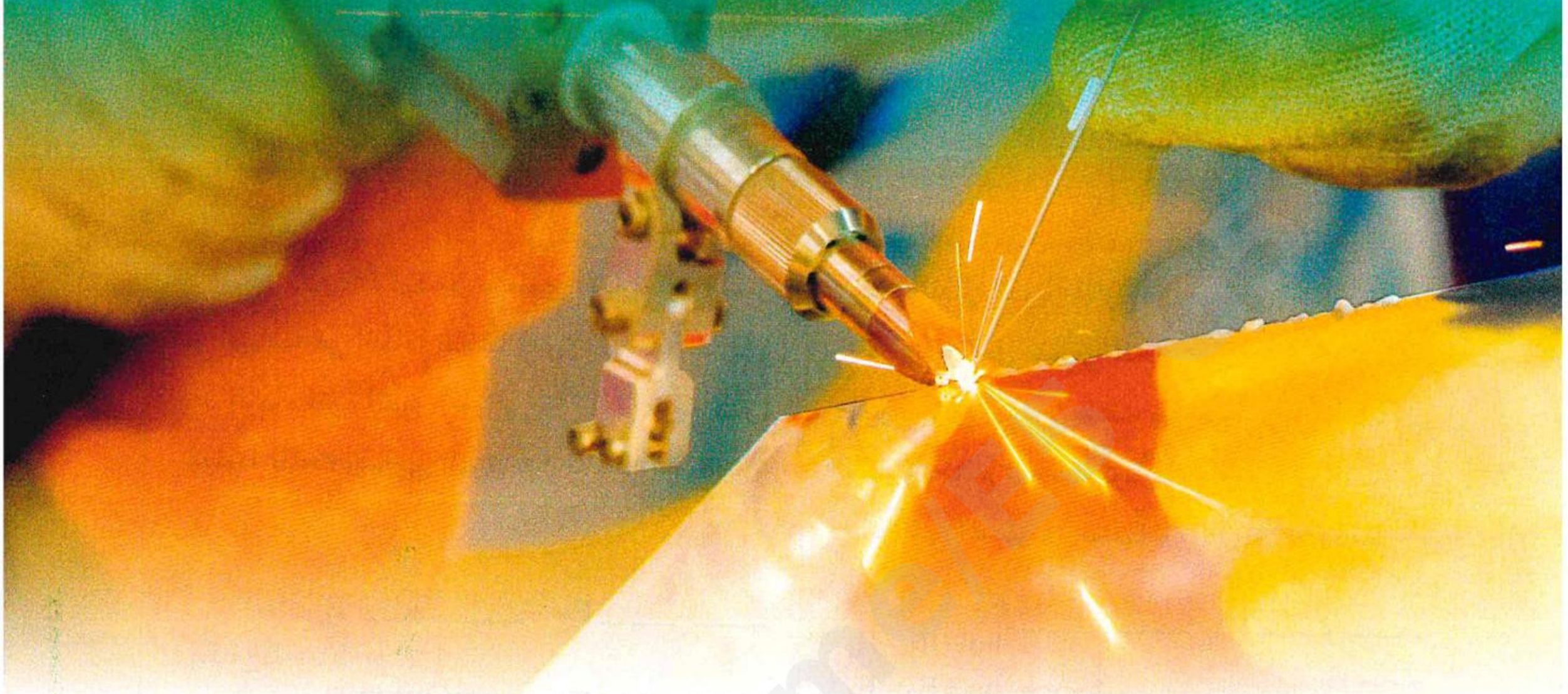
الفصل 7

الليـــــزر



الفصل 7

الليـــــزر



* قـام العالـم الأمريكـى ميمان عـام ١٩٦٠م باختراع أول جهاز ليزر باسـتخدام بلورة من الياقـوت المطعم بالكروم، ثم توالى ابتكـار الأنـواع المختلفـة من أجهزة الليزر حتى أصبح الليزر يغطـى مناطـق عديـدة من الطيـف الكهرومغناطيسى منها المنطقة المرئية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء وغيرها مما أدى إلى انتشار استخدامه سواء فى أفرع العلوم التطبيقية كالطب والهندسـة والاتصالات أو أفرع العلوم الأساسـية كالكيمياء والفيزياء والبيولوچيا والچيولوچيا.

* جاءت تسمية كلمة **ليزر** (**LASER**) من الحروف الأولى للعبارة :

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

وتعنى تكبير شدة الضوء بواسطة الانبعاث المستحث للإشعاع وهى تعبر عن فكرة عمل الليزر.

الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث Spontaneous Emission and Stimulated Emission

* تكون الذرة فى الحالة العادية (مستقرة) عندما تكون فى المستوى الأرضى (طاقتـه E_0)، وعندما تكتسـب الذرة فوتـون طاقته $h\upsilon = E_n - E_0$ حيث ($E_n = E_1$ أو E_2 أو E_3 أو ...) فإنهـا تنتقـل مـن المسـتوى الأرضـى إلى أحد مسـتويات الطاقة الأعلى (E_n) والتى تسـمى مستويات الإثارة، وتعرف هذه العملية بعملية **إثارة الذرة**.

إثارة الذرة

عملية امتصاص الذرة لكَّم من الطاقة وانتقالهـا من المسـتوى الأرضى إلى أحد مستويات الإثارة.

* تفقد الذرة المثارة طاقة الإثارة وتعود إلى مستواها الأرضى، **وذلك بإحدى الطريقتين :**

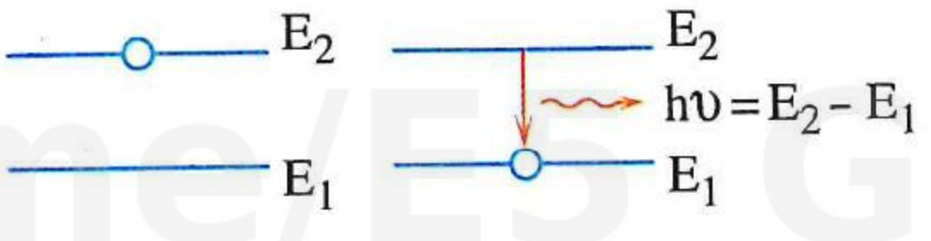
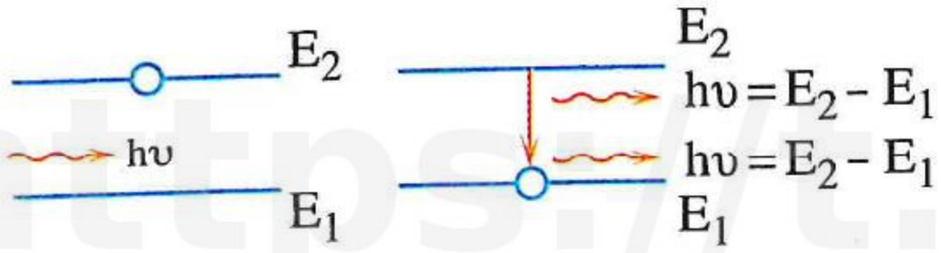
١ **الانبعاث التلقائى** ويحدث بعد انتهاء **فترة العمر** للذرة فى حالة الإثارة بدون مؤثر خارجى.

٢ **الانبعاث المستحث** ويحدث قبل انتهاء فترة العمر للذرة فى حالة الإثارة بتأثير سقوط فوتون آخر له نفس طاقة الإثارة عليها.

فترة العمر

الفترة الزمنية التى تتخلص بعدها الذرة من طاقة الإثارة بإشعاعها على شكل فوتون وتعود إلى حالتها العادية تلقائيًا.

ويمكن توضيح الفرق بينهما كما يلى :

الانبعاث التلقائى	الانبعاث المستحث
كيفية الحدوث	
عند انتقال الذرة المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة تلقائيًا (دون أى مؤثر خارجى) بعد انتهاء فترة العمر (حوالى 10^{-8} s) تشع الذرة فوتونًا طاقته تساوى الفرق بين طاقتى المستويين	عند انتقال الذرة المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة قبل انتهاء فترة العمر بتأثير سقوط فوتون طاقته تساوى فرق الطاقة بين المستويين تشع الذرة فوتونًا طاقته تساوى الفرق بين طاقتى المستويين منبعثًا مع الفوتون الساقط
 انبعاث تلقائى — ذرة مثارة	 انبعاث مستحث — ذرة مثارة
خصائص الفوتونات المنبعثة من الذرة	
– ينبعث فوتون طاقته تساوى فرق الطاقة بين المستويين. – الفوتونات المنبعثة من ذرات الوسط تغطى مدى كبير من الأطوال الموجية فى الطيف الكهرومغناطيسى. – تنتشر الفوتونات بصورة عشوائية فى جميع الاتجاهات. – يقل تركيز الفوتونات أثناء الانتشار، بحيث تتناسب شدة الإشعاع عكسيًا مع مربع البُعد عن المصدر **(تخضع لقانون التربيع العكسى).**	– ينبعث فوتونان متساويان فى التردد يتحركان فى نفس الاتجاه بنفس الطور (أى مترابطان). – للفوتونات المنبعثة من ذرات الوسط طول موجى واحد أى أنها تكون طيفًا أحادى اللون. – تنتشر الفوتونات فى اتجاه واحد على هيئة أشعة متوازية. – تظل شدة الإشعاع ثابتة أثناء انتشارها لمسافات طويلة **(لا تخضع لقانون التربيع العكسى).**
أمثلة	
مصادر الضوء العادية مثل مصباح التنجستين	مصادر الليزر

https://t.me/E5_G5

* مما سبق يمكن تعريف كل من الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث وقانون التربيع العكسى كالتالى :

الانبعاث التلقائى

انطـلاق فوتون مـن الذرة المثـارة عنـد انتقالها من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل بعد انتهاء فترة العمر تلقائيًا (بدون أى مؤثر خارجى).

الانبعاث المستحث

انطـلاق فوتون من الذرة المثارة نتيجة سـقوط فوتون آخر خارجى له نفس طاقة الفوتون المسـبب لإثارتها قبل انتهاء فترة العمر ليخرج فوتونان فى حالة ترابط (لها نفس الطور والاتجاه والتردد).

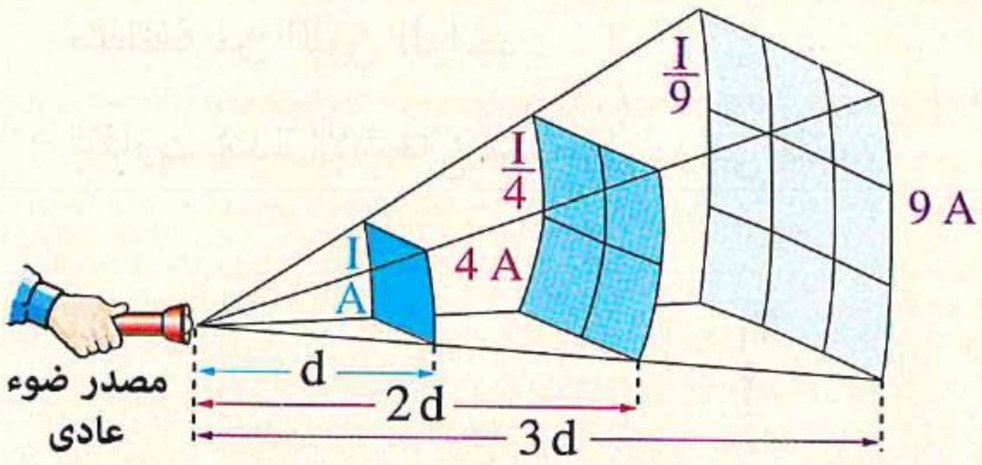
قانون التربيع العكسى

تتناسـب الشـدة الضوئية (I) عكسـيًا مع مربع المسـافة (d^2) من المصدر الضوئى.

أى أن

$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$



(حيث (A) تمثل المساحة)

ملاحظـة

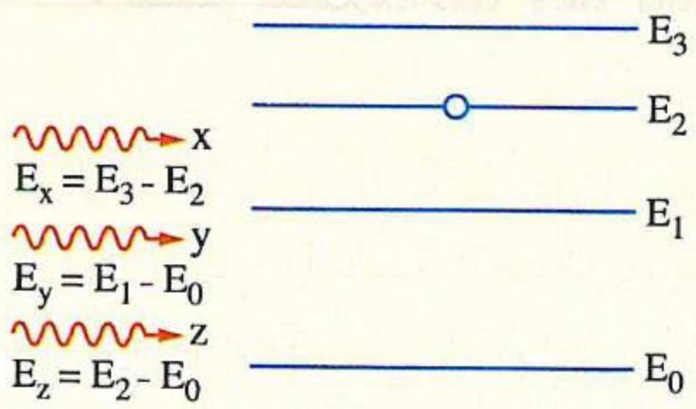
* **بالرغم من انبعاث فوتونين بتأثيرفوتون واحد فى عملية الانبعاث المستحث، فإن ذلك لا يُعد خرقًا لقانون بقاء الطاقة،**

لأن أحـد الفوتونـين هو الفوتون السـاقط على الـذرة المثارة والآخر ناتج عن عودة الذرة من مسـتوى الإثارة إلى مستوى طاقة أقل.

64 اختبر نفسك

الشكل المقابل يمثل ثلاثة فوتونات x ، y ، z تسقط على ذرة مثـارة قبل انتهاء فتـرة العُمر لها، **أى** من هـذه الفوتونات يمكن أن يسبب انبعاث مستحث للذرة ؟ **فسر إجابتك.**

مجاب عنها



.....

.....

.....

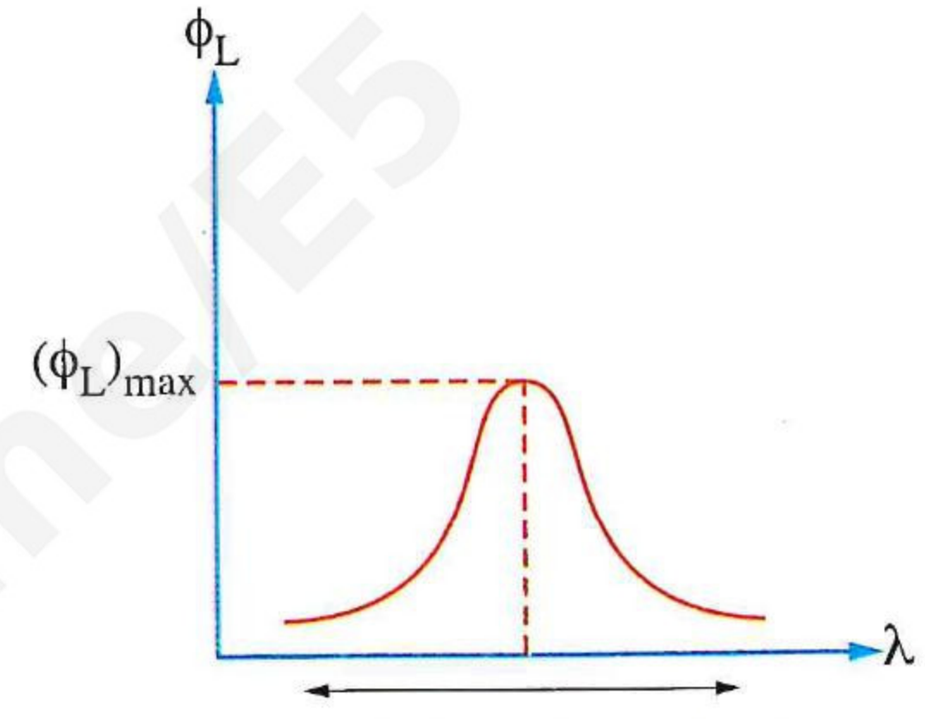
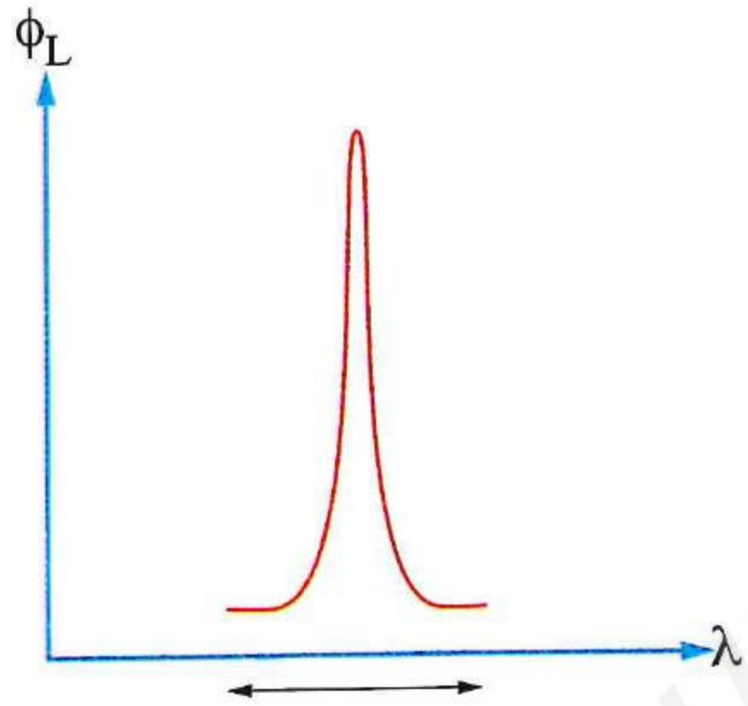
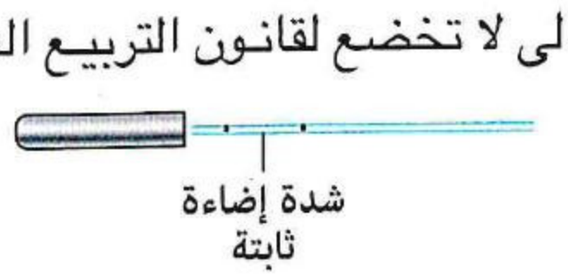
.....

.....

https://t.me/E5_G5

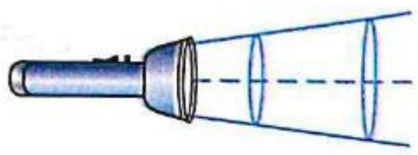
خصائص أشعة الليزر

* تتميز أشعة الليزر عن أشعة الضوء العادى فى أنها ناتجة عن انبعاث مستحث للذرات أما أشعة الضوء العادى يكون الانبعاث السائد فيها هو الانبعاث التلقائى، وهذا الاختلاف ينعكس على خصائص كل منهما كما يلى :

الضوء العادى	الليـــزر
النقاء الطيفى	
– الفوتونات المنبعثة لها مدى كبير من الأطوال الموجية (أى يتميز باتســاع طيفــى كبير) لذا توجد درجات مختلفة من اللون الواحد. – تتفاوت شدة الإشعاع من طول موجى لآخر.	– الفوتونات المنبعثة لها مدى ضئيل جدًا من الأطوال الموجية (أى يتميز باتساع طيفى صغير). – تتركــز الشــدة عند طول موجى معــين لذلك يعتبر ضوء أحادى الطول الموجى.
	
المدى الطيفى لأحد ألوان الضوء العادى	المدى الطيفى لضوء الليزر
الترابــط	
– فوتونات الضوء العادى غير مترابطة زمانيًا ومكانيًا لأنها : • تنطلق من المصدر فى لحظات مختلفة. • تنتشر باختلاف كبير وغير ثابت فى الطور.	– فوتونات الليزر مترابطة زمانيًا ومكانيًا لأنها : • تنطلق من المصدر فى نفس اللحظة. • تحتفــظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشــار لمسافات طويلة مما يجعلها أكثر شدة وأكثر تركيزًا.
الشــدة	
تقل شدة الضوء الساقط على السطح بزيادة المسافة بين السطح والمصدر الضوئى ويرجع ذلك إلى عدم ترابط الفوتونات وكذلك انفراج وتشتت الأشعة الضوئية وبالتالى تخضع لقانون التربيع العكسى أثناء انتشارها	تظل شدة الضوء الساقط على السطح ثابتة تقريبًا مهمــا كانت المسافــة بين السطـــح والمصـــدر الضوئى ويرجع ذلك إلى ترابط الفوتونات وصغر انفراج ومحدودية تشتت أشعتها فتكون الأشعة أكثر شدة وتركيز فتنتشر لمسافات بعيدة دون تشتت يذكر وبالتالى لا تخضع لقانون التربيع العكسى
	

تـوازى الحزمـة الضـوئية

يزداد قطر الحزمة الضوئية أثناء انتشارها نتيجة التشتت (زاوية الانفراج كبيرة نسبيًا)



يظل قطر الحزمة الضوئية ثابت تقريبًا أثناء الانتشار لمسافات طويلة، حيث تتحرك حزمة الليزر بصورة متوازية (زاوية الانفراج ضئيلة جدًا) ولا تعانى تشتت يذكر لأن فوتونات الليزر مترابطة زمانيًا ومكانيًا ومن ثم يمكن نقل الطاقة الضوئية لمسافات طويلة دون فقد ملحوظ



مجاب عنها

اختبر نفسك 65

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

لا تتبع أشعة الليزر قانون التربيع العكسى فى الضوء لأنها .....

(أ) متوازية وقليلة التشتت

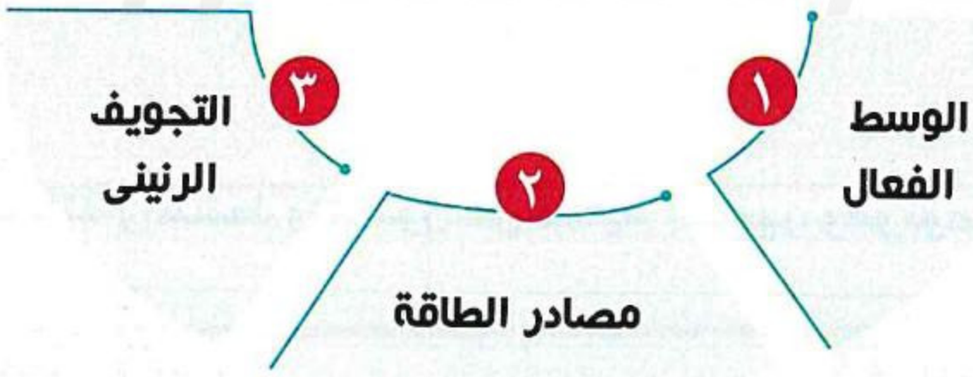
(ب) ذات شدة منخفضة

(جـ) ذات مدى واسع من الأطوال الموجية

(د) قصيرة الطول الموجى

العناصر الأساسية لليزر

* بالرغم من وجود أنواع مختلفة من الليزر إلا أن أى جهاز ليزر يتضمن ثلاثة عناصر أساسية، هى :



وسنتناول فيما يلى كل منها على حدة بشىء من التفصيل.

١ الوسـط الفعـال

* هو المادة الفعالة التى تنبعث من ذراتها فوتونات الليزر، وقد يكون فى صورة :

١ بلورات صلبة — مثل — الياقوت الصناعى.

٢ مواد صلبة شبه موصلة — مثل — بلورات السيليكون.

٣ صبغات سائلة — مثل — الصبغات العضوية المذابة فى الماء.

٤ ذرات غازية — مثل — خليط غازى الهيليوم والنيون.

٥ غازات متأينة — مثل — غاز الأرجون المتأين.

٦ جزيئات غازية — مثل — غاز ثانى أكسيد الكربون.

https://t.me/EE_G5

٢ مصادر الطاقة

* هى المسئولة عن إكساب ذرات أو جزيئات أو أيونات الوسط الفعال الطاقة اللازمة لإثارتها، **ومنها** :

١ الإثارة بالطاقة الكهربية :

وتتم عن طريق :

- التفريغ الكهربى باستخدام فرق جهد عالى مستمر وغالبًا ما تستخدم هذه الطريقة فى أجهزة الليزر الغازية مثل ليزر (الهيليوم – نيون) وليزر ثانى أكسيد الكربون وليزر الأرجون.
- استخدام مصادر الترددات الراديوية.

٢ الإثارة بالطاقة الضوئية :

وتعرف **بالضخ الضوئى** وتتم عن طريق استخدام :

- المصابيح الوهاجة ذات الطاقات العالية كما فى ليزر الياقوت.
- شعاع ليزر كما فى ليزر الصبغات السائلة.

عملية الضخ الضوئى

إثارة ذرات الوسط الفعال بالطاقة الضوئية لتوليد الليزر.

٣ الإثارة بالطاقة الحرارية : حيث يستخدم التأثير الحرارى الناتج عن الضغط الحركى للغازات فى إثارة ذرات المواد التى تبعث أشعة الليزر.

٤ الإثارة بالطاقة الكيميائية : حيث تستخدم الطاقة الناتجة عن بعض التفاعلات الكيميائية لإنتاج شعاع الليزر مثل الطاقة الناتجة عن تفاعل مزيج من الهيدروچين والفلور أو فلوريد الديوتيريوم وثانى أكسيد الكربون.

٣ التجويف الرنينى

* **هو الوعاء الحاوى للمادة الفعالة والمنشط والمسئول عن عملية التكبير، وهو نوعان :**

١ تجويف رنينى خارجى

عبارة عن مرآتين متوازيتين وعموديتين على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبه منفذة تحصران بينهما المادة الفعالة بحيث تكون الانعكاسات المتعددة بينهما هى الأساس فى عملية التكبير الضوئى وهو نوع التجويف المستخدم فى ليزر الغازات، **مثل** ليزر (الهيليوم – نيون).



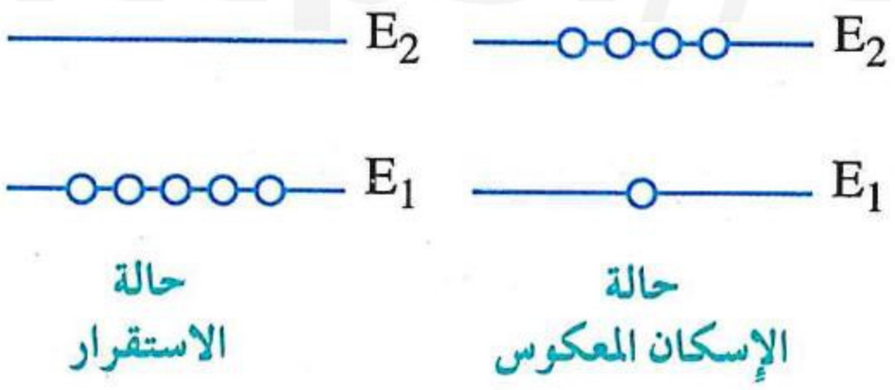
٢ تجويف رنينى داخلى

حيث يتم طلاء نهايتى المادة الفعالة لتعملا كمرآتين متوازيتين ومتعامدتين على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبه منفذة لتسمح بمرور بعض أشعة الليزر المتولدة وهو نوع التجويف المستخدم فى ليزر الجوامد، **مثل** ليزر الياقوت.



https://t.me/EE_GE

نظرية عمل الليزر (الفعل الليزرى)

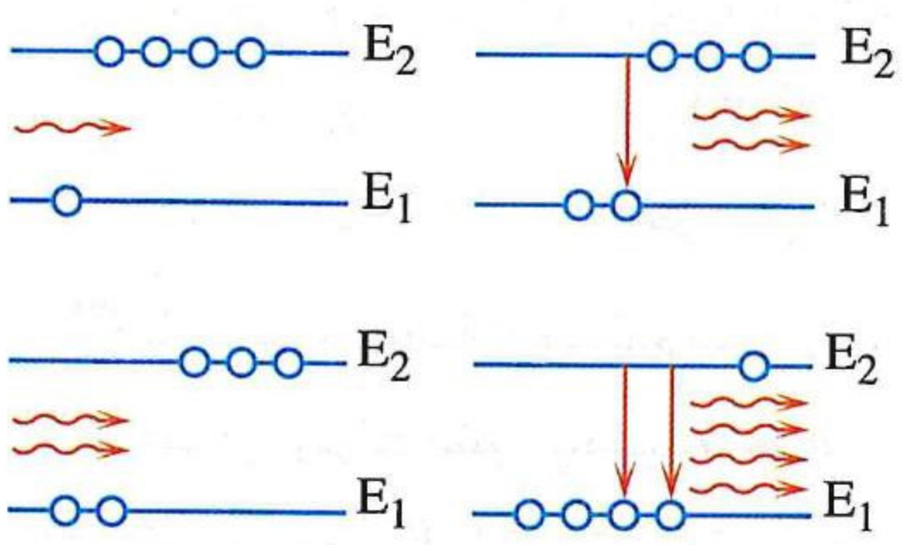


* **يعتمد الفعل الليزرى على :**

١ الوصول بذرات أو جزيئات الوسط الفعال إلى حالة الإسكان المعكوس.

حالة الإسكان المعكوس

الحالة التى يكون فيها عدد الذرات فى مستويات الإثارة العليا أكبر من عددها فى المستويات الأدنى.



٢ انطلاق فوتونات من الذرات المثارة بالانبعاث المستحث.

٣ تضخيم الإشعاع المنطلق بالانبعاث المستحث داخل التجويف الرنينى حيث تحدث انعكاسات متتالية للشعاع بين سطحى مرآتى التجويف فيحث ذرات أخرى على طول مساره لتولد فوتونات جديدة.

أنـواع الليـزر

* **هناك أنواع مختلفة من الليزر فهناك :**

- ليزرات صلبة **مثل** ليزر الياقوت.
- ليزرات سائلة **مثل** ليزر الصبغات السائلة.
- ليزرات غازية **مثل** ليزر (الهيليوم – نيون) وليزر الأرجون.

وسوف نتناول بشىء من التفصيل دراسة أحد الليزرات الغازية وهو ليزر (الهيليوم – نيون).

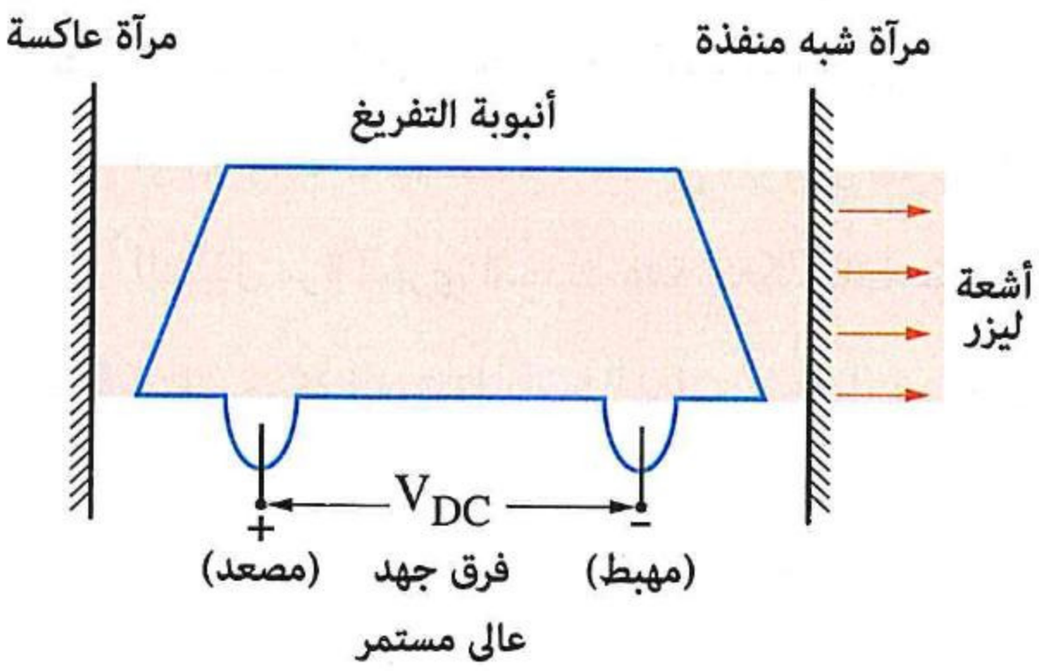
ليزر (الهيليوم - نيون) Helium-Neon Laser

تركيب الجهاز

١ أنبوبـة من زجاج الكوارتز بها خليط من ذرات غـازى الهيليـوم والنيون بنسـبة 10 : 1 تحت ضغط منخفض حوالى 0.6 mm Hg

٢ مرآتـان مسـتويتان متوازيتـان ومتعامدتان على محور الأنبوبة إحداهما عاكسـة (معامل انعكاسـها 99.5 %) والأخـرى شـبه منفذة (معامل انعكاسها 98 %).

٣ مجـال كهربى عالى التردد أو فرق جهد كهربى عالى مسـتمر يسـلط على الغاز داخل الأنبوبة لإحداث تفريغ كهربى وإثارة ذرات الغاز.



شـرح العمـل

١ يعمـل فـرق الجهـد الكهربـى على حـدوث تفريغ كهربى خلال الأنبوبة والذى يؤدى إلى إثارة ذرات الهيليوم من المستوى E_0 إلى المستوى E_3

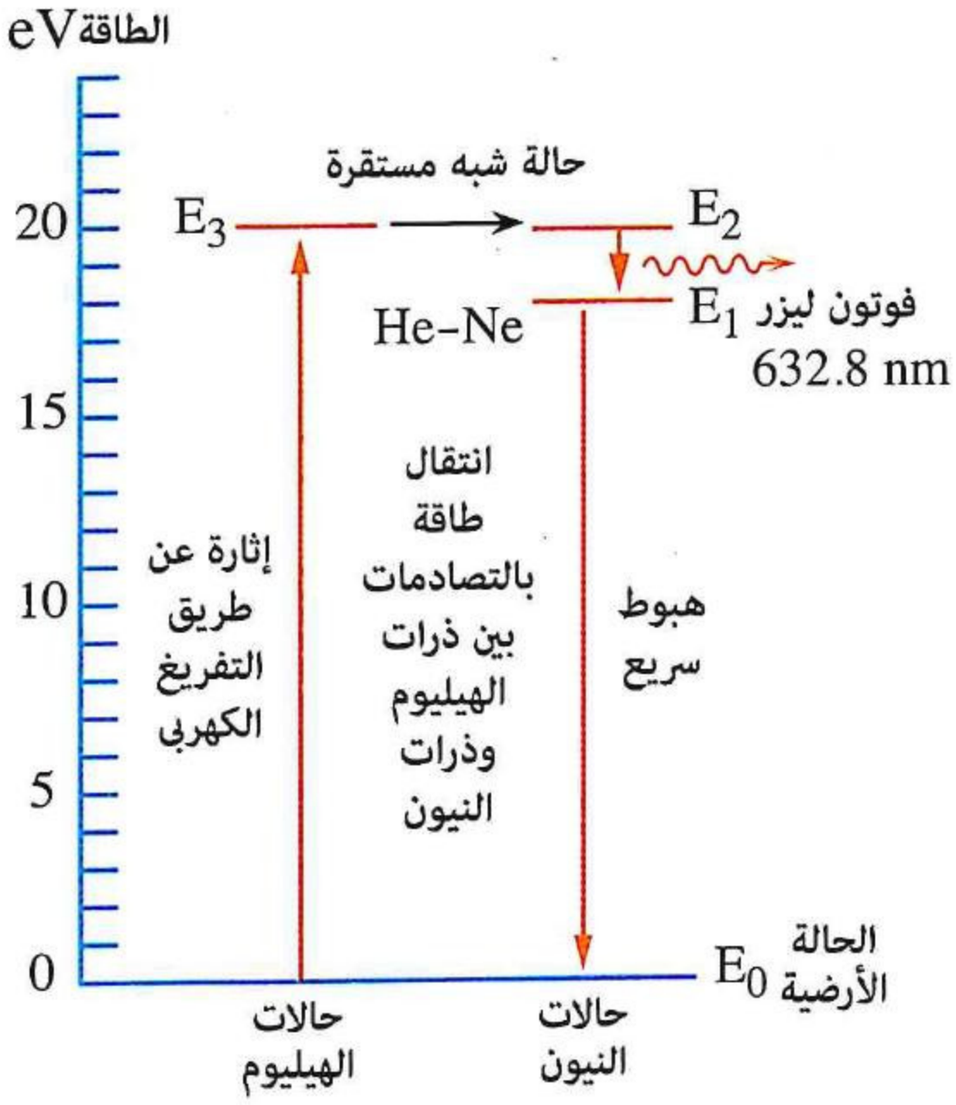
٢ تصطدم ذرات الهيليـوم المثارة تصادمًا غير مرنًا مع ذرات نيون غير مثارة ونظرًا لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة فيهما تنتقل طاقة الإثـارة من ذرات الهيليوم إلى ذرات النيون فتثار ذرات النيون من المسـتوى E_0 إلى المسـتوى E_2، وتعود ذرات الهيليوم مرة أخرى إلى المستوى E_0

٣ باسـتمرار عمليـة التصـادم بـين ذرات الهيليـوم المثـارة وذرات النيون يحـدث تراكم لذرات النيون فى المستوى E_2 والذى يتميز بكـبر فتـرة العمر له (حوالى 10^{-3} s) يعرف **بمسـتوى الطاقة شـبه المسـتقر**، وبذلك يتحقق وضع الإسـكان المعكوس لغاز النيون.

٤ تهبـط بعـض ذرات النيـون **تلقائيًا** من المسـتوى E_2 إلى المسـتوى E_1 وينطلق منها فوتونات طاقة كل منهـا تسـاوى الفـرق بين طاقتى المسـتويين، تنتشـر هذه الفوتونات بصورة عشوائية فى جميع الاتجاهات داخل الأنبوبة.

٥ الفوتونـات التى تتحرك فى اتجـاه محور الأنبوبة أو موازيـة له تصطدم بإحـدى المرآتين فترتد إلى الداخل مرة أخرى لتحدث عدة انعكاسات متتالية.

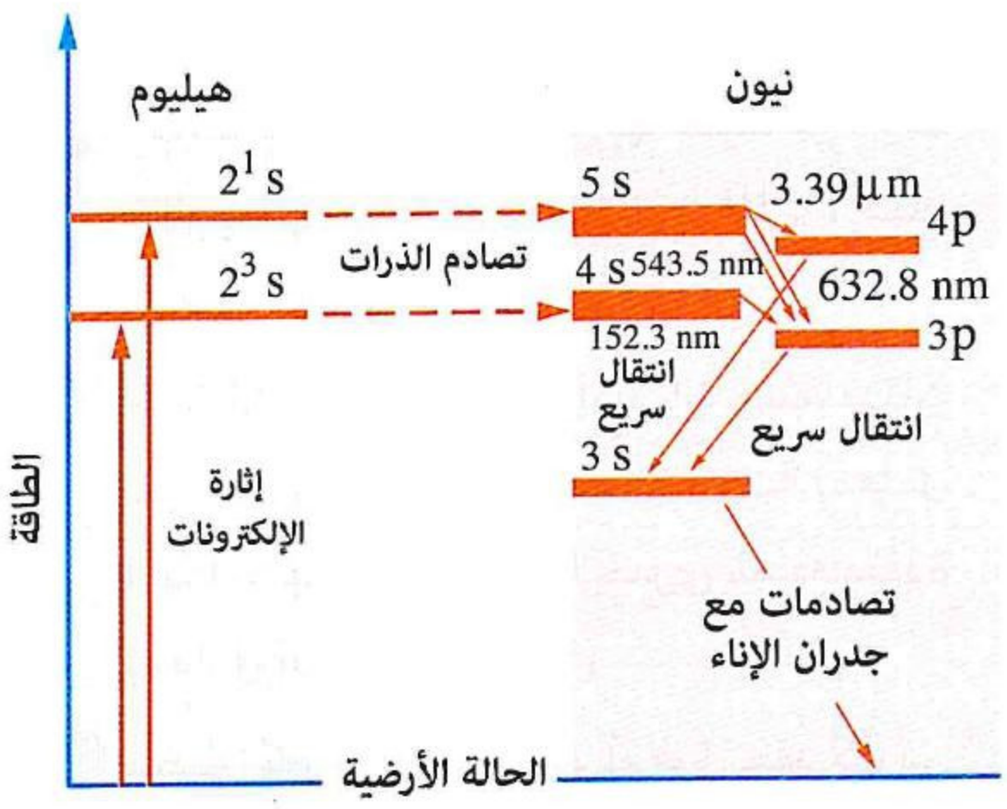
٦ أثناء حركة الفوتونات بين المرآتين تصطدم ببعض ذرات النيـون التى لم تنتهى فـترة العُمـر لها فـى المستوى شبه المستقر (E_2)، فيحـدث لها **انبعـاث مسـتحث** وينطلـق من كل ذرة فوتونان لهما نفس التردد والطور والاتجاه.



مخطط مستويات الطاقة فى ليزر (الهيليوم - نيون)

مستوى الطاقة شبه المستقر

مسـتوى طاقـة يتميـز بفتـرة عُمـر طويلة نسـبيًا (حوالى 10^{-3} s) وهى أكبر بحوالى 10^5 مرة من فترة العُمر لمستويات الإثارة المعتادة.



الانتقالات الفعلية بين مستويات الطاقة فى ليزر (الهيليوم - نيون)

https://t.me/E5_G5

٧ تتكرر الخطوة السابقة مرات عديدة وفى كل مرة يتضاعف عدد الفوتونات الناتج بالانبعاث المستحث فى الاتجاه الموازى لمحور الأنبوبة حتى تتم عملية تضخيم الإشعاع.

٨ عندما تصل شدة الإشعاع إلى حد معين يخرج جزء منه من خلال المرآة شبه المنفذة على شكل شعاع ليزر ويبقى باقى الإشعاع داخل الأنبوبة لتستمر عملية الانبعاث المستحث وتضخيم شعاع الفوتونات وانطلاق الليزر.

٩ ذرات النيون التى هبطت إلى مستوى الإثارة الأقل تفقد ما بقى بها من طاقة إثارة بطرق متعددة مثل التصادم أو الانبعاث التلقائى كإشعاع حرارى وتهبط إلى المستوى الأرضى (E_0) ثم تعود لتثار بالتصادم مع ذرات هيليوم مثارة أخرى.

١٠ ذرات الهيليوم التى فقدت طاقة إثارتها بالتصادم بذرات النيون تثار بدورها مرة أخرى بفعل التفريغ الكهربى داخل الأنبوبة وهكذا.

ملاحظات

* **خليط غازى الهيليوم والنيون مناسب كوسط فعال لإنتاج ليزر غازى،**

لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة فيهما.

---

* **يشترط فى مصادر الليزر أثناء التشغيل أن يصل الوسط الفعال لوضع الإسكان المعكوس فى حين لا يتطلب ذلك فى مصادر الضوء العادية،**

لأن أساس عمل الليزر تواجد أكبر عدد من الذرات فى مستوى إثارة شبه مستقر حتى يكون الانبعاث المستحث هو الانبعاث السائد أما فى مصادر الضوء العادية يكون الانبعاث التلقائى هو الانبعاث السائد.

66 اختبر نفسك

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ فى ليزر (الهيليوم – نيون) من خطوات إنتاج شعاع الليزر فقد ذرة الهيليوم المثارة لطاقة إثارتها عن طريق تصادمها مع .....

(أ) ذرة هيليوم أخرى مستقرة
(ب) جدران أنبوبة التفريغ الكهربى
(جـ) ذرة نيون غير مثارة
(د) ذرة هيليوم أخرى مثارة

---

٢ من خطوات إنتاج ليزر (الهيليوم – نيون) تحقق وضع الإسكان المعكوس لذرات .....

(أ) الهيليوم فقط
(ب) النيون فقط
(جـ) كل من الهيليوم والنيون
(د) أحيانًا الهيليوم وأحيانًا أخرى النيون

https://t.me/E5_G5

تطبيقات على الليزر

* تستخدم أشعة الليزر فى مجالات متعددة منها :

١ التصوير المجسم (الهولوجرافى).
٢ مجال الطب.
٣ مجال الاتصالات.
٤ المجالات العسكرية.
٥ مجال الصناعة.
٦ مجال الحاسبات.
٧ أعمال المساحة لتحديد المساحات والأبعاد بدقة.
٨ الفنون والعروض الضوئية.
٩ أبحاث الفضاء.

* وفيما يلى سنتناول بعضها بشىء من التفصيل :

١ التصوير المجسم (الهولوجرافى)

* تتكون صور الأجسام بتجميع الأشعة المنعكسة عن الجسم المراد تصويره على اللوح الفوتوغرافى حيث يتم تسجيل المعلومات التى تحملها الأشعة :

١ فى الصورة المستوية :

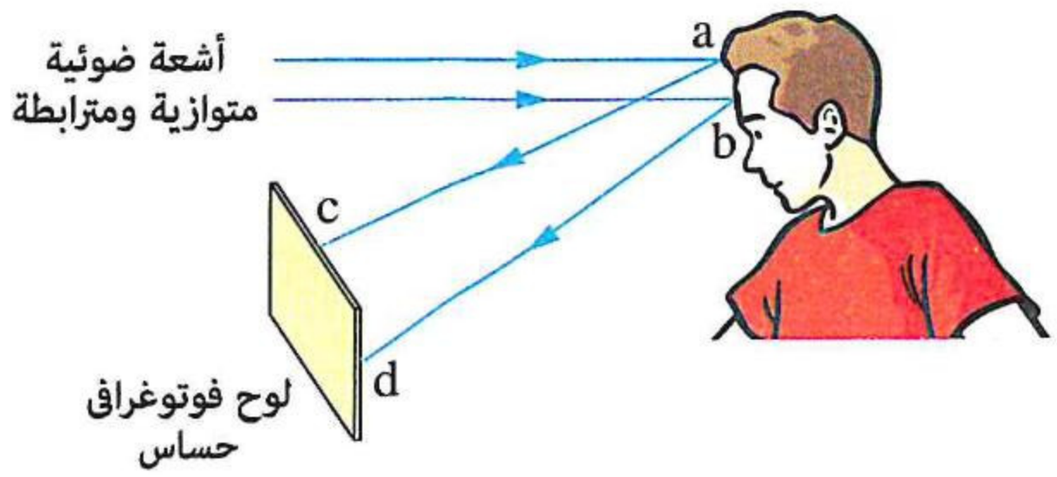
يسجل اللوح الفوتوغرافى الحساس **جزء فقط من المعلومات** التى تحملها الأشعة المنعكسة عن سطح الجسم وهو **الاختلاف فى الشدة الضوئية فقط**، والتى تتناسب طرديًا مع مربع سعة الموجة الضوئية.

٢ فى الصورة المجسمة :

يسجل اللوح الفوتوغرافى الحساس **كل المعلومات** التى تحملها الأشعة المنعكسة عن سطح الجسم **مثل الاختلاف فى الشدة الضوئية والاختلاف فى الطور نتيجة اختلاف طول مسار الأشعة** (والذى ينتج عن اختلاف تضاريس الجسم) ويمكن التعبير عن علاقة فرق الطور بين الأشعة المنعكسة وفرق المسار بينها بالعلاقة :

$$\text{فرق الطور} = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{فرق المسار}$$

مثال : فى الشكل المقابل تسقط أشعة ضوئية متوازية ومترابطة على وجه شخص حيث :



- **النقطة a قاتمة وبارزة :**

فيكون الشعاع الضوئى المنعكس عنها شدته صغيرة ويرتحل مسافة أصغر.

- **النقطة b فاتحة اللون ومنخفضة :**

فيكون الشعاع الضوئى المنعكس عنها شدته أكبر ويرتحل مسافة أكبر.

وبالتالى فإن الشعاعين ac ، bd مختلفين فى الشدة والطور نتيجة اختلاف خصائص السطح (تباين اللون والتضاريس).

https://t.me/E5_G5

آلية التصوير المجسم

* اقـترح العالم جابـور فى عام ١٩٤٨م طريقة لتسجيل ما لا يمكن تسجيله من معلومـات أثناء تكـوين الصـورة المستويـة واستخراجهـا من الأشعة التى تترك الجسم المضاء ولكنها لم تُطبق عمليًا بكفاءة إلا بعد ظهور الليزر، **ويتم ذلك كالآتى :**

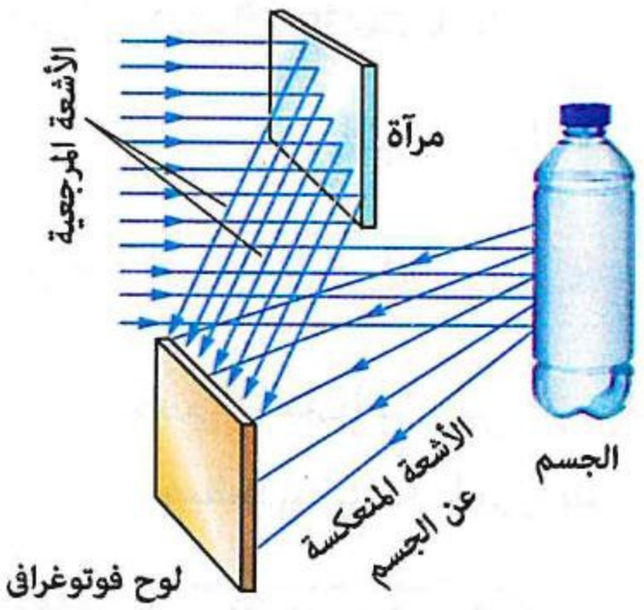
١ تقسـم حزمة من أشـعة الليزر (أشـعة متوازيـة ومترابطة وأحادية الطول الموجى) إلى قسمين :

١ حزمة يتم توجيهها بواسـطة المرآة المستوية إلى اللوح الفوتوغرافى تسمى **الأشعة المرجعية**.

٢ حزمة تسـقط على الجسـم المراد تصويره وتنعكس وفيما بينها اختلاف فى الشـدة والطور من نقطة إلى أخرى معبرة عن خصائص سطح الجسم.

الأشعة المرجعية

أشـعة متوازيـة تسـتخدم فـى التصويـر المجسـم لها نفـس الطول الموجى للأشـعة المنعكسة عن الجسم.

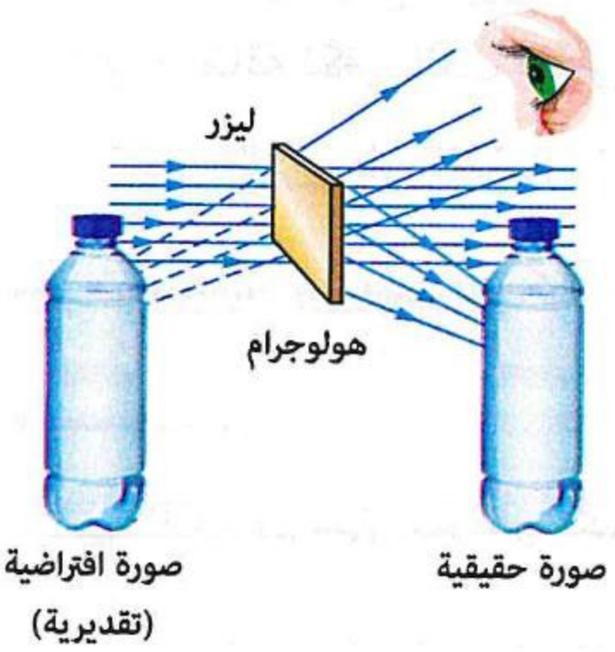


٢ تلتقـى الأشـعة المرجعيـة مع الأشـعة التى تنعكس عن الجسـم المضاء حاملة المعلومات عند اللوح الفوتوغرافى.

٣ يحـدث تداخل ضوئى بين حزمتى الأشـعة، وعند تحميض اللوح الفوتوغرافـى تظهر هُـدب التداخل والتى يعتمد تكونها على فرق الطور بين الأشعة على هيئة صورة مشفرة تسمى **الهولوجرام**.

٤ بإنارة الهولوجرام بأشـعة ليزر لها نفس الطول الموجى للأشـعة المرجعيـة وبالنظـر خلالـه بالعين المجـردة نرى صـورة تقديرية مماثلة للجسم تمامًا بأبعاده الثلاثة دون استخدام عدسات.

تكوين الهولوجرام



* **مما سبق يمكن تعريف الهولوجرام كالتالى :**

الهولوجرام

صورة مشفرة تتكون نتيجة تداخل الأشعة المرجعية مع الأشعة المنعكسـة عن الجسـم المـراد تصويره وتظهر على شـكل هُدب تداخل بعد تحميض اللوح الفوتوغرافى.

ملاحظات

* **لا يمكن تكوين صور واضحة بأبعادها الثلاثية إلا باستخدام أشعة الليزر،**

لأن شـرط الحصول على الصور ثلاثية الأبعاد اسـتخدام فوتونات مترابطة توضح اختلاف كل من شـدة الإضاءة وفرق الطور لهُدب التداخل الناتجة عنها وهذا لا يتوافر إلا فى أشعة الليزر.

* **باستخدام أشـعة الليزر يمكن تخزين عشـرات الصور على الهولوجرام الواحد كما يمكن الحصول على صور مجسـمة لأجسام متحركة.**

https://t.me/E5_G5

٢ مجال الطب

* تستخدم أشعة الليزر مع الألياف الضوئية فى التشخيص والعلاج بالمناظير.
* كما تستخدم أيضًا فى طب العيون :

١ لعلاج انفصال شبكية العين :

- عندما تنفصل بعض أجزاء من الشبكية عن الطبقة التى تحتها، يؤدى ذلك إلى فقد الأجزاء المصابة بالانفصال لوظيفتها، وإذا لم يتم علاجها بسرعة قد تتعرض العين لانفصال تام للشبكية وتفقد قدرتها على الإبصار.
- بتصويب حزمة رفيعة من الليزر إلى الأجزاء المصابة بالانفصال أو التمزق تعمل الطاقة الحرارية لأشعة الليزر على إتمام عملية الالتحام فى أجزاء من الثانية.

٢ لعلاج حالات قصر النظر وطول النظر فيستغنى المريض عن النظارة.

٣ مجال الاتصالات

* تستخدم أشعة الليزر والألياف الضوئية كبديل لكابلات التليفونات.

٤ المجالات العسكرية

* تستخدم أشعة الليزر فى توجيه الصواريخ بدقة عالية وفى القنابل الذكية ورادار الليزر، وفيما يُعرف بحرب النجوم حيث تستخدم أشعة الليزر لتدمير الصواريخ والطائرات بعد إطلاقها مباشرةً.

٥ مجال الصناعة

* تولد بعض أنواع الليزر طاقة تكفى لصهر المعادن (فمثلًا يمكن تركيز ضوء الليزر لإسالة الحديد وتبخيره) ومنها ما يولد طاقة تكفى لثقب الماس.
* يستخدم الليزر على الأخص فى الصناعات الدقيقة.

٦ مجال الحاسبات

* **يستخدم فى :**

١ التسجيل على الأقراص المدمجة (CDs).

٢ طابعة الليزر حيث يستخدم شعاع الليزر فى نقل المعلومات من الكمبيوتر إلى أسطوانة عليها مادة حساسة للضوء ثم يتم الطبع على الورق باستخدام الحبر.

اختبر نفسك 67

مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

استخدم شعاع ليزر طوله الموجى λ فى التصوير المجسم فكان فرق الطور بين الأشعة المنعكسة $\frac{\pi}{2}$، فإن فرق المسار بينها .....

(أ) $\frac{\lambda}{4}$ (ب) $\frac{\lambda}{2}$

(جـ) 2λ (د) 4λ

https://t.me/E5_G5

https://t.me/Ebsg5

الوحدة الثانية

مقدمة فى الفيزياء الحديثة

الفصل 8

الإلكترونيـات الحديثـة

الدرس الأول
- أشباه الموصلات.
- الوصلـة الثنائيـة.

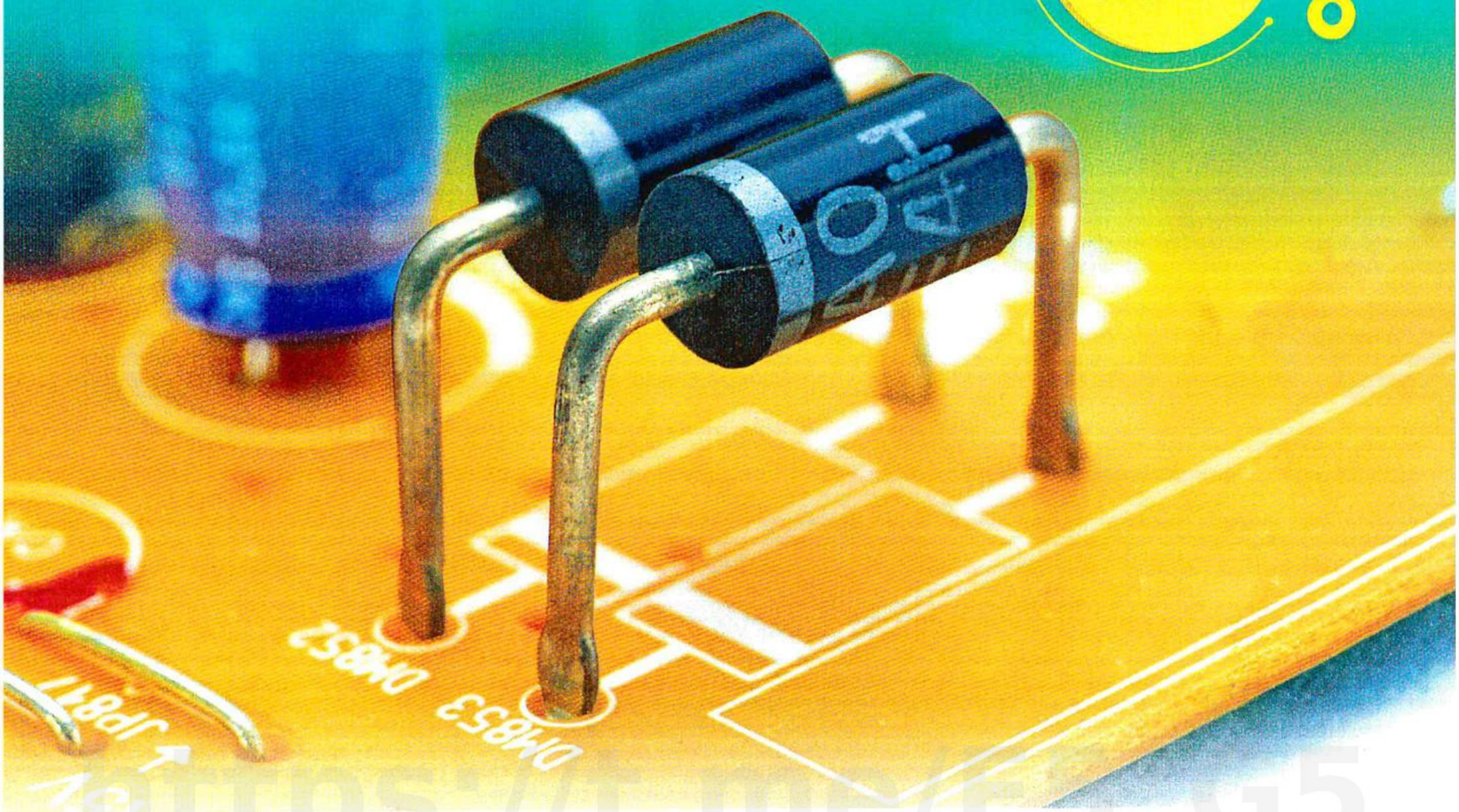
الدرس الثانى
- الترانزستور.
- الإلكترونيات التناظرية والرقمية.



الفصل 8

الـدرس الأول

- أشباه الموصلات.
- الوصلـة الثنائيـة.



* أصبحت الأجهزة الإلكترونية تلعب دورًا أساسيًا فى حياتنا فى نقل المعلومات والترفيه والثقافة وفى مجال الطب سواء فى التشخيص أو المتابعـة أو العمليـات الجراحيـة وكذلك فى الحرب، وسـنتناول خـلال هذا الفصل قدرًا مبسـطًا من المعلومات عـن الإلكترونيات والتى يدخل فى تركيبها **أشباه الموصلات**.

أشباه الموصلات

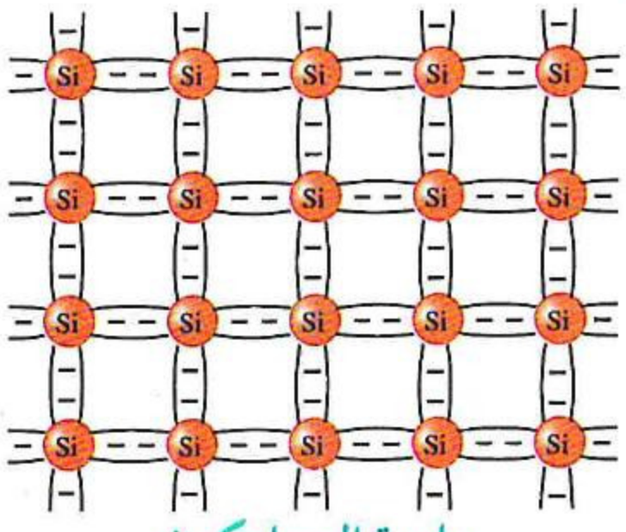
مـواد توصيليتهـا الكهربيـة متوسـطة بين الموصلات والعوازل، وتتميز بأن التوصيلية الكـهربية لها تزداد بارتفاع درجة الحرارة مثل السيليكون والچرمانيوم.

بلورة شبه الموصل النقى

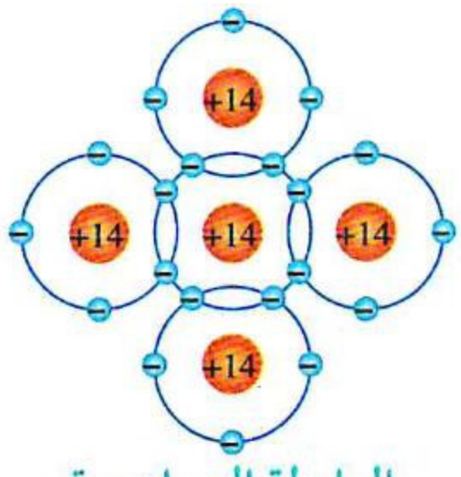
* تحتوى كل ذرة من ذرات السيليكون (Si) أو الچرمانيوم (Ge) على 4 إلكترونات فى مدارها الأخير لذلك ترتبط كل ذرة داخل **البلورة** مع أربع ذرات مجاورة بروابط تساهمية ليكتمل المدار الأخير لها بـ 8 إلكترونات وتصل إلى حالة الاستقرار.

البلورة

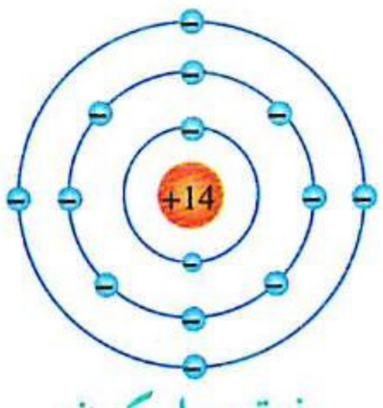
ترتيب هندسـى منتظـم للـذرات فـى الحالـة الصلبـة.



بلورة السيليكون



الرابطة التساهمية



ذرة سيليكون

* وهنا يمكن التمييز بين ثلاث حالات للإلكترونات فى بلورة شبه الموصل :

١ **إلكترونات المستويات الداخلية فى الذرة** : ترتبط بشدة بالنواة.

٢ **إلكترونات التكافؤ** : تشارك فى عمل روابط تساهمية بين الذرات.

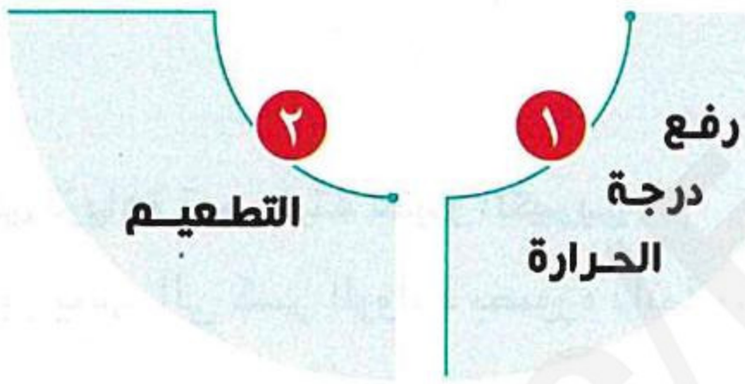
٣ **الإلكترونات الحرة المنطلقة من كسر الروابط التساهمية** : تتحرك حركة عشوائية محدودة بحيز أكبر هو البلورة.

* يمكن استخدام الطاقة الحرارية أو الضوئية فى كسر روابط البلورة، وتكون :

الطاقة اللازمة لكسر الرابطة = الطاقة الناتجة عن التئام (إعادة تكوين) الرابطة.

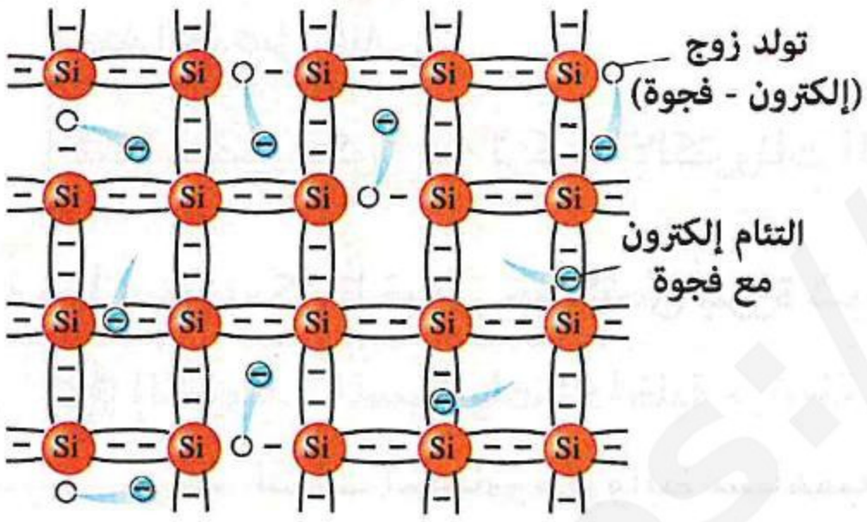
طرق زيادة التوصيلية الكهربية لبلورة شبه موصل

* تتميز أشباه الموصلات بحساسيتها الشديدة للحرارة، وكذلك للشوائب لذلك يمكن زيادة التوصيل الكهربى لبلورة شبه الموصل بإحدى طريقتين :



١ رفع درجة الحرارة Raising the Temperature

* فى درجات الحرارة المنخفضة تكون التوصيلية الكهربية لبلورة شبه الموصل النقى ضعيفة جدًا وتنعدم تمامًا عند الصفر كلفن، **لأن** جميع الروابط بين ذرات البلورة تكون سليمة، ولا توجد إلكترونات حرة وتعمل البلورة كعازل مثالى.



* عند ارتفاع درجة حرارة البلورة تزداد توصيليتها الكهربية، **نتيجة** كسر بعض الروابط التساهمية فتتحرر منها بعض الإلكترونات وتصبح إلكترونات حرة تتحرك حركة عشوائية داخل البلورة.

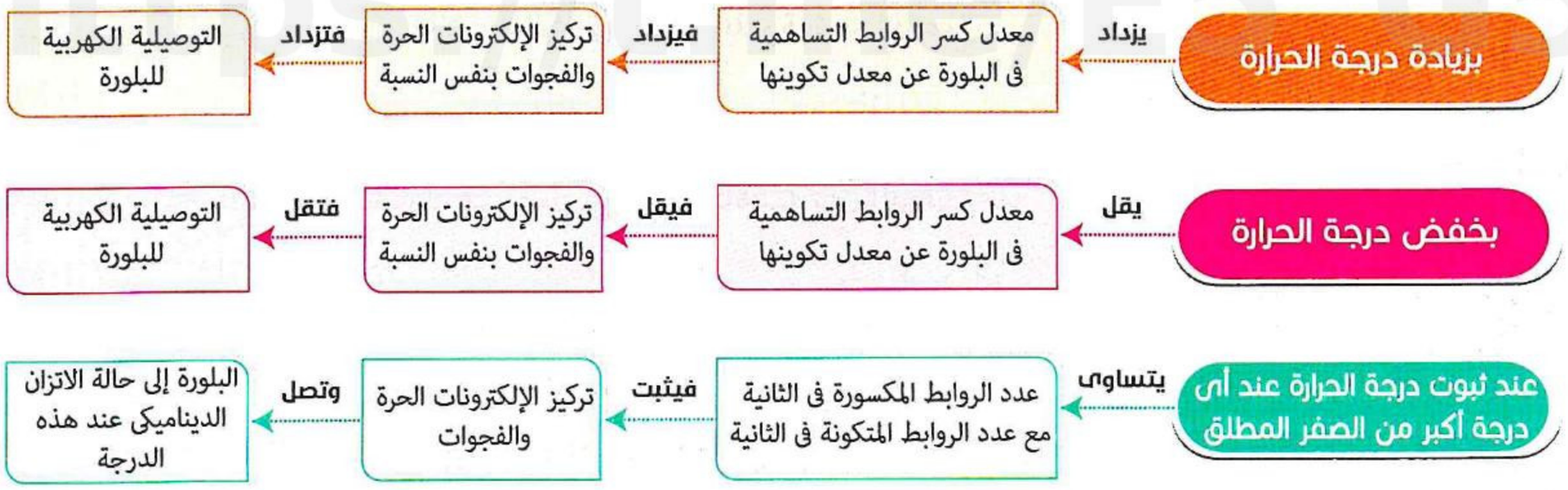
* كل إلكترون يتحرر يترك مكانه فارغًا فى الرابطة المكسورة فيما يُعرف **بالفجوة** وبالتالى يتساوى تركيز الإلكترونات الحرة وتركيز الفجوات.

الفجوة

مكان فارغ يتركه الإلكترون فى رابطة مكسورة فى بلورة شبه الموصل ويعتبر شحنة موجبة.

* لا يعتبر تحرر الإلكترون وتكون الفجوة تأين للذرة، **لأنه** سريعًا ما تقتنص الفجوة إلكترونًا من رابطة مجاورة أو من الإلكترونات الحرة فتعود الذرة متعادلة وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى ويكون اتجاه حركة الفجوات عكس اتجاه حركة الإلكترونات.

* عندما يتساوى عدد الروابط المكسورة فى الثانية مع عدد الروابط المتكونة فى الثانية يصبح تركيز الإلكترونات والفجوات ثابت وهو ما يطلق عليه **حالة الاتزان الديناميكى (الاتزان الحرارى) فى شبه الموصل**،



لذلك يمكن تعريف حالة الاتزان الديناميكى لبلورة شبه موصل نقى كالتالى :

الاتزان الديناميكى (الحرارى) لبلورة شبه موصل نقى

الحالة التى يكون عندها عدد الروابط المكسورة فى الثانية يساوى عدد الروابط المتكونة فى الثانية فى بلورة شبه الموصل ويكون تركيز الإلكترونات الحرة والفجوات ثابتًا لكل درجة حرارة.

ملاحظة

* **لا يفضل تسخين شبه الموصل النقى لزيادة توصيليته للتيار الكهربى ،**

لأن زيادة درجة الحرارة بمقدار كبير يؤدى إلى كسر الروابط بصورة دائمة وبالتالى تفكك الشبكة البلورية وتلف البلورة.

* **مما سبق يمكن تعريف شبه الموصل النقى كالتالى :**

شبه الموصل النقى

شبه موصل يكون فيه تركيز الإلكترونات الحرة = تركيز الفجوات عند أى درجة حرارة.

* **مما سبق يمكن تلخيص خصائص بلورة شبه الموصل النقى كالتالى :**

١ إلكترونات **المستويات الداخلية** مرتبطة بقوة جذب كبيرة مع النواة أما إلكترونات **التكافؤ** فى الغلاف الخارجى تربط الذرات المتجاورة بروابط تساهمية يمكن كسر نسبة منها وتحرر إلكترونات وفجوات داخل البلورة.

٢ عند الصفر كلفن تكون الروابط بين الذرات سليمة ولا توجد إلكترونات حرة داخل البلورة فتنعدم التوصيلية الكهربية، وبالتالى فإن المستوى الأخير لكل ذرة يكون مكتمل بالإلكترونات.

٣ بارتفاع درجة الحرارة تنكسر بعض الروابط وتتحرر بعض **الإلكترونات** وعندما يترك أى إلكترون مكانه يتواجد فى هذا المكان **فجوة** ولا يُعتبر ذلك تأين للذرة حيث تقتنص الذرة إلكترونًا وتعود إلى حالة التعادل وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى.

٤ بارتفاع درجة الحرارة أكثر يزداد تركيز الإلكترونات الحرة وتركيز الفجوات بنفس النسبة فتزداد التوصيلية الكهربية.

٥ تتحرك الإلكترونات حركة عشوائية داخل البلورة وتملأ الفجوات التى تنشأ عن كسر الروابط.

٦ فى البلورة الواحدة تكون الطاقة اللازمة لكسر أى رابطة = الطاقة الناتجة عن التئام (تكوُّن) الرابطة سواء كانت هذه الطاقة حرارية أو ضوئية.

٧ عندما تصل البلورة إلى حالة الاتزان الديناميكى يتساوى عدد الروابط المكسورة فى الثانية مع عدد الروابط المتكونة فى الثانية فيصبح تركيز الإلكترونات الحرة والفجوات ثابت لكل درجة حرارة.

* بعد أن تعرفنا على خصائص أشباه الموصلات يمكننا المقارنة بين الموصلات وأشباه الموصلات، كالتالى :

	الموصلات (المعادن)	أشباه الموصلات
البنية التركيبية	تتكون من أيونات موجبة وسحابة من الإلكترونات الحرة التى تتحرك عشوائيًا فى الموصل، وتوجد قوة تجاذب بين الأيونات والإلكترونات	تتكون من ذرات تربطها روابط تساهمية ضمن شبكة بلورية
حاملات الشحنة	الإلكترونات الحرة	الإلكترونات الحرة والفجوات
أثر ارتفاع درجة الحرارة على المقاومة الكهربية	تزداد	تقل
أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوصيلية الكهربية	تقل	تزداد

اختبر نفسك

68 مجاب عنها

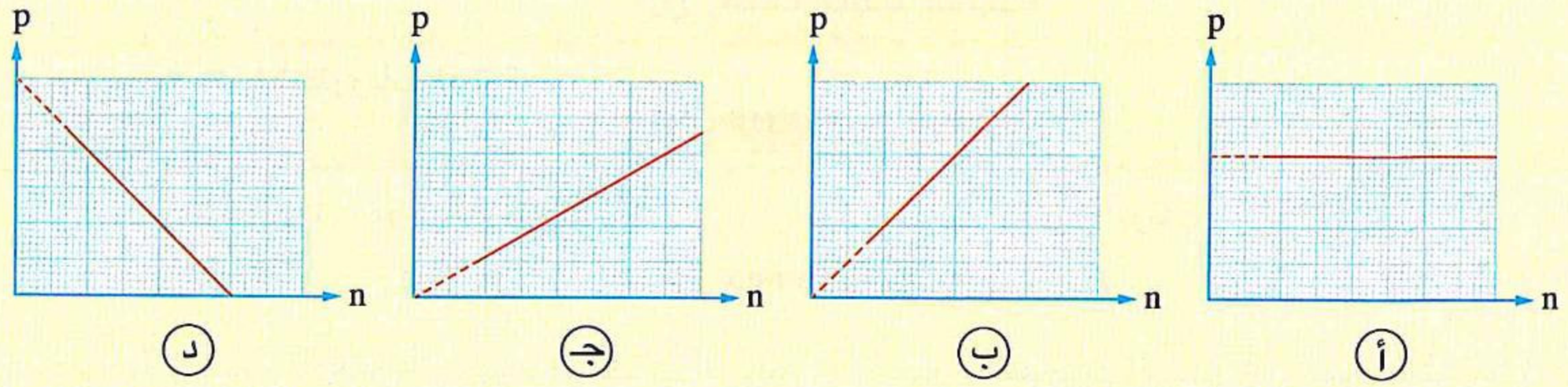
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ بلورة السيليكون أو الجرمانيوم النقية تصبح عازلة تمامًا عند .....

أ) 0°C　　ب) 273°C

جـ) −273°C　　د) 273 K

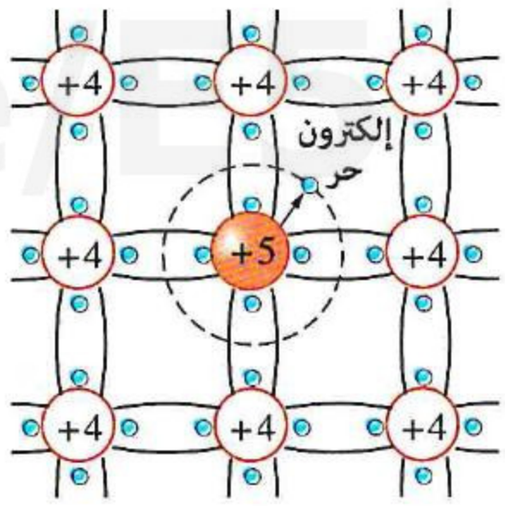
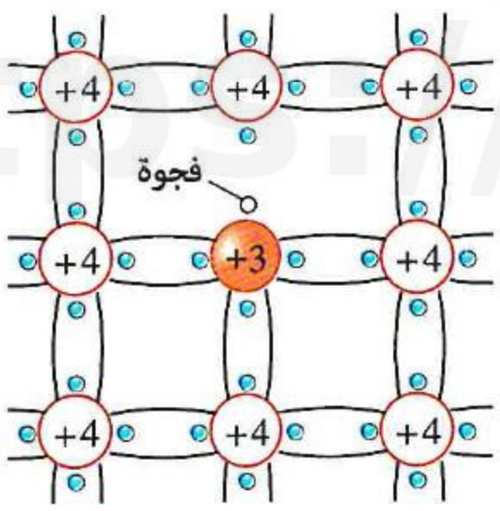
٢ الشكل البيانى الذى يمثل العلاقة بين تركيز الإلكترونات الحرة (n) وتركيز الفجوات (p) فى بلورة السيليكون النقية عند درجات حرارة معينة أعلى من 0 K عند تمثيلهما بنفس مقياس الرسم هو .....



٢ التطعيم Doping

* يمكن زيادة التوصيلية الكهربية لشبه الموصل من خلال إضافة ذرات عناصر خماسية التكافؤ أو ثلاثية التكافؤ تسمى الشوائب، ويطلق على هذه العملية **التطعيم**، وتفضل هذه الطريقة لزيادة التوصيلية الكهربية لشبه الموصل عن رفع درجة الحرارة،

وبالتالى يمكن الحصول على نوعين من أشباه الموصلات غير النقية، هما :

شبه موصل من النوع n (n-type)	شبه موصل من النوع p (p-type)
نوع الذرة الشائبة	
شوائب معطية (مانحة) وهى عبارة عن ذرات من عنصر خماسى التكافؤ (تحتوى على 5 إلكترونات فى المستوى الأخير) مثل الفوسفور (P) والأنتيمون (Sb) والزرنيخ (As) وهى تنتمى لعناصر المجموعة الخامسة بالجدول الدورى	شوائب مستقبلة (مكتسبة) وهى عبارة عن ذرات من عنصر ثلاثى التكافؤ (تحتوى على 3 إلكترونات فى المستوى الأخير) مثل الألومنيوم (A1) والبورون (B) والجاليوم (Ga) وهى تنتمى لعناصر المجموعة الثالثة بالجدول الدورى
عمل الذرة الشائبة	
تشارك ذرة الشائبة بـ 4 إلكترونات فى تكوين أربع روابط مع ذرات السيليكون المجاورة لها، ويبقى إلكترون واحد من إلكترونات التكافؤ يكون ضعيف الارتباط بالنواة فسرعان ما تفقده ويصبح إلكترون حر وتتحول ذرة الشائبة إلى أيون موجب لا يشارك فى عملية التوصيل الكهربى	تشارك ذرة الشائبة بـ 3 إلكترونات فى تكوين ثلاث روابط وبالتالى تصبح هناك رابطة تساهمية غير مكتملة ونتيجة لذلك تتكون فجوة ولكى تصل لحالة الاستقرار (التركيب الثمانى) تكتسب إلكترون من إحدى روابط السيليكون فتظهر فجوة فى رابطة السيليكون وتتحول ذرة الشائبة إلى أيون سالب لا يشارك فى عملية التوصيل الكهربى
شكل البلورة المُطعمة	
	
نوع حاملات الشحنة السائدة	
الإلكترونات الحرة	الفجوات
ذرات الشائبة بعد التطعيم	
تصبح أيونات موجبة تركيزها N_D^+	تصبح أيونات سالبة تركيزها N_A^-
فى حالة الاتزان الحرارى	
مجموع الشحنات الموجبة = مجموع الشحنات السالبة $n = p + N_D^+$ **أى أن :** البلورة متعادلة الشحنة	مجموع الشحنات السالبة = مجموع الشحنات الموجبة $p = n + N_A^-$ **أى أن :** البلورة متعادلة الشحنة
(**حيث :** (n) تركيز الإلكترونات الحرة، (p) تركيز الفجوات، (N_D^+) تركيز أيونات الشائبة المعطية، (N_A^-) تركيز أيونات الشائبة المستقبلة)	
العلاقة بين n , p	
$n > p$	$p > n$

https://t.me/EEG5

* مما سبق يمكن تعريف شبه الموصل من النوع n (n-type) وشبه الموصل من النوع p (p-type) كالتالى :

شبه موصل من النوع n (n-type)

شبه موصل مُطعم بشوائب من عنصر خماسى التكافؤ، ويكون فيه تركيز الإلكترونات الحرة أكبر من تركيز الفجوات.

شبه موصل من النوع p (p-type)

شبه موصل مُطعم بشوائب من عنصر ثلاثى التكافؤ، ويكون فيه تركيز الفجوات أكبر من تركيز الإلكترونات الحرة.

ملاحظة

* **تظل بلورة شبه الموصل المطعمة متعادلة كهربيًا،**

لأن عند تطعيم بلورة شبه الموصل بشوائب ثلاثية أو خماسية التكافؤ فإن مجموع عدد الشحنات السالبة يساوى مجموع عدد الشحنات الموجبة دائمًا، حيث إن جميع الذرات سواء ذرات شبه الموصل أو ذرات الشوائب متعادلة.

قانون فعل الكتلة فى أشباه الموصلات

* إذا كان n_i هو تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات فى بلورة السيليكون النقى، فإن : $np = n_i^2$

قانون فعل الكتلة

حاصل ضرب تركيز الإلكترونات الحرة × تركيز الفجوات = مقدار ثابت لكل درجة حرارة لا يتوقف على نوع الشائبة ويساوى مربع تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات فى بلورة شبه الموصل النقى عند نفس درجة الحرارة.

* **من قانون فعل الكتلة يتضح أنه فى حالة :**

بلورة n-type		بلورة p-type	
$\because n = p + N_D^+$		$\because p = n + N_A^-$	
$\because p << N_D^+$		$\because n << N_A^-$	
$\therefore n \simeq N_D^+$	(تركيز الإلكترونات الحرة)	$\therefore p \simeq N_A^-$	(تركيز الفجوات)
$\because np = n_i^2$		$\because np = n_i^2$	
$\therefore p = \frac{n_i^2}{N_D^+}$	(تركيز الفجوات)	$\therefore n = \frac{n_i^2}{N_A^-}$	(تركيز الإلكترونات الحرة)

مثال

بلورة سيليكون نقية تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات بها $10^{10}\ cm^{-3}$ أضيف إليها ألومنيوم بتركيز $10^{12}\ cm^{-3}$:

(أ) **ما** نوع بلورة السيليكون الناتجة ؟

(ب) **احسب** تركيز الإلكترونات الحرة والفجوات فى هذه الحالة.

(جـ) **احسب** تركيز الأنتيمون اللازم إضافته إلى السيليكون حتى تعود البلورة إلى حالتها الأولى مرة أخرى (كما لو كانت نقية).

https://t.me/E5_G5

الحـــل

$n_i = 10^{10}\ cm^{-3}$ | $N_A^- = 10^{12}\ cm^{-3}$ | **n = ?** | **p = ?** | $N_D^+ = ?$

(أ) **بلورة p-type** لأن الشائبة المضافة ثلاثية التكافؤ.

(ب) $n = \frac{n_i^2}{N_A^-} = \frac{(10^{10})^2}{10^{12}} = 10^8\ cm^{-3}$ ، $p = N_A^- = 10^{12}\ cm^{-3}$

(جـ) يضاف أنتيمون بنفس تركيز الألومنيوم لتعود البلورة إلى حالتها الأولى مرة أخرى (كما لو كانت نقية).

$N_D^+ = 10^{12}\ cm^{-3}$

69 اختبر نفسك — مجاب عنها

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

إذا كان تركيز الإلكترونات الحرة فى بلورة الجرمانيوم النقية هو $10^{10}\ cm^{-3}$ وتركيزها فى البلورة بعد إضافة شوائب من ذرات مانحة هو $10^{12}\ cm^{-3}$، فإن تركيز الفجوات فى البلورة المطعمة .....

(أ) $10^8\ cm^{-3}$ والبلورة من النوع n-type

(ب) $10^8\ cm^{-3}$ والبلورة من النوع p-type

(جـ) $10^{12}\ cm^{-3}$ والبلورة من النوع p-type

(د) $10^{12}\ cm^{-3}$ والبلورة من النوع n-type

المكونات والنبائط الإلكترونية Electronic Components and Devices

المكونات والنبائط الإلكترونية

وحدات بناء الأنظمة الإلكترونية.

* تصنع أغلب **النبائط الإلكترونية** من أشباه الموصلات غير النقية والتى تتميز بحساسيتها لعوامل البيئة المحيطة مثل : الضوء، الحرارة، الضغط، التلوث بالإشعاع الذرى والتلوث الكيميائى، لذلك تستخدم هذه النبائط كحساسات (مستشعرات) sensors (وسائل قياس) لهذه العوامل.

* **أنواع النبائط (المكونات) الإلكترونية :**

١ **مكونات بسيطة :** مثل المقاومة (R) وملف الحث (L) والمكثف الكهربى (C).

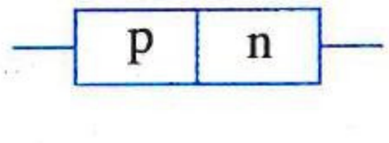
٢ **مكونات أكثر تعقيدًا :** مثل الوصلة الثنائية (الدايود) والترانزستور.

٣ **مكونات متخصصة :** مثل النبائط الكهروضوئية ونبائط التحكم فى شدة التيار.

الوصلة الثنائية (الدايود) pn Junction

التركيب

بلورة شبه موصل تحتوى على جزئين أحدهما من النوع n والآخر من النوع p



الرمز فى الدائرة الكهربية

شـرح العمـل

١ فـى المنطقـة p يكـون تركيز الفجوات (p) أكبر بكثير من تركيـز الإلكترونات الحرة (n) أما فى المنطقة n يكون تركيز الإلكترونات الحرة (n) أكبر بكثير من تركيز الفجوات (p).

٢ عند تكوُّن الوصلة الثنائية يحدث انتشـار لكل من الفجوات (p) والإلكترونات الحرة (n) من المنطقة الأعلى فى التركيز إلى المنطقة الأقل فى التركيز على جانبى موضع تماس المنطقتين بحيث تنتشـر الفجوات من المنطقة p إلى المنطقة n كما تنتشر الإلكترونات الحرة من المنطقة n إلى المنطقة p وينتج عن ذلك ما يسمى **بتيار الانتشار**.

تيار الانتشار

التيار الناتج عن انتشار الفجوات من المنطقـة p إلـى المنطقـة n وانتشار الإلكترونات الحرة من المنطقة n إلى المنطقة p

٣ هجرة الإلكترونات الحرة من منطقة n-type من شأنه أن يكشف جزءًا من الأيونات الموجبة دون غطاء يعادلها من الإلكترونات، وكذلك فإن هجرة الفجوات من منطقة p-type من شأنه كشف جزء من الأيونات السالبة دون غطاء يعادلها من الفجوات، فينشأ على جانبى موضع تماس المنطقتين منطقة خالية من الفجوات والإلكترونات الحـرة ويتواجـد بهـا أيونات موجبة جهة المنطقة n وأيونات سـالبة جهة المنطقة p وتسـمى المنطقة على جانبى موضع التماس **بالمنطقة القاحلة**.

المنطقة القاحلة (الفاصلة)

منطقـة خاليـة مـن حامـلات الشـحنة توجـد علـى جانبـى موضـع تمـاس المنطقـة n والمنطقـة p فـى الوصلة الثنائية.

٤ تكتسـب المنطقة n جهدًا موجبًا بسـبب فقدهـا بعـض إلكتروناتهـا كمـا تكتسـب المنطقة p جهدًا سـالبًا بسـبب انتقـال الإلكترونـات إليهـا، ويتولد مجال كهربـى داخلـى يكـون اتجاهـه مـن المنطقة n (الجهد الموجب) إلى المنطقة p (الجهد السـالب) يتسـبب فـى تولد تيـار يسـمى **بتيـار الانسـياب** (الـذى يعتبـر تيـار خلفـى) ويكـون عكس اتجـاه تيـار الانتشـار (الـذى يعتبـر تيـار أمامـى).

تيار الانسياب

التيار الناتج عن المجال الكهربى الداخلى المتكون بين الأيونات الموجبة جهة n والأيونات السـالبة جهة p على جانبى موضع التماس وهو عكس تيار الانتشار.

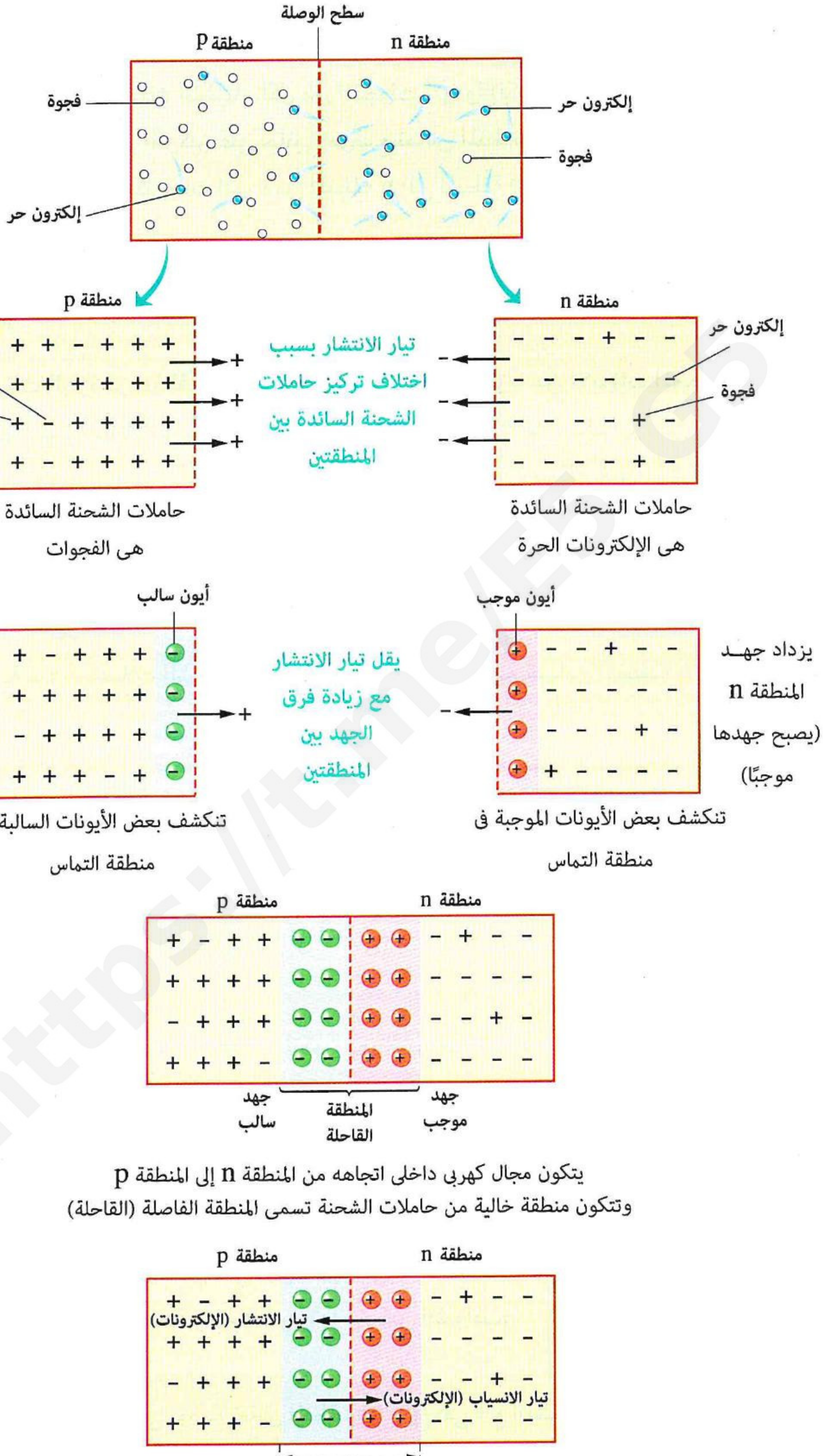
٥ باسـتمرار انتقال الإلكترونات الحرة والفجوات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل يقل تيار الانتشـار لزيادة فـرق الجهـد بين المنطقتين حتى يصل لقيمة تمنع انتقال مزيد مـن الإلكترونات الحرة من n إلى p ويصبح تيار الانتشـار = تيار الانسـياب، ويطلق على فرق الجهد فى هذه الحالة **الجهد الحاجز للوصلة الثنائية**، ويعتمد على نوع مادة شبه الموصل المستخدمة ودرجة حرارتها وتركيز الشوائب.

الجهد الحاجز للوصلة الثنائية

أقل فرق جهد داخلى على جانبى موضع تماس المنطقتين n ، p يكفى لمنع انتشـار مزيد من الفجوات والإلكترونات الحرة إلى المنطقة الأقل تركيز لهما.

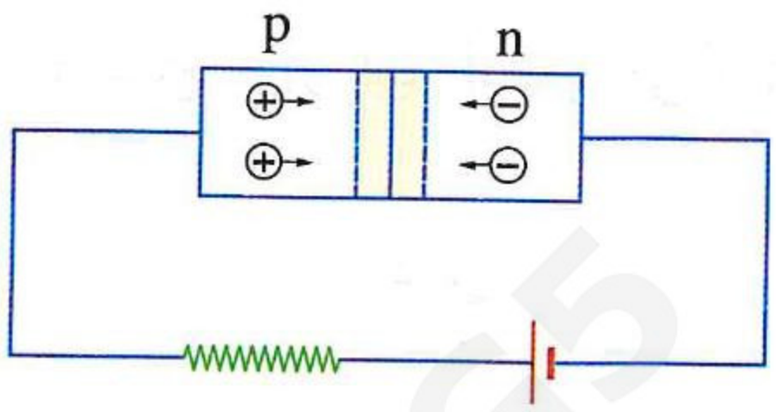
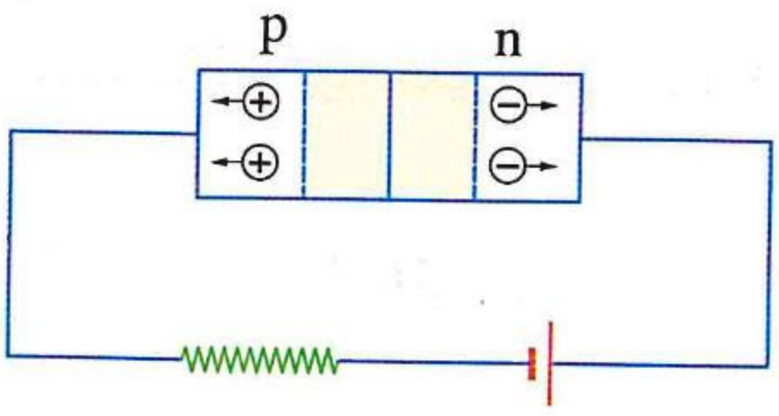
https://t.me/E5_G5

* يمكن تلخيص شرح عمل الوصلة الثنائية بالرسم التالى :



توصيل الوصلة الثنائية

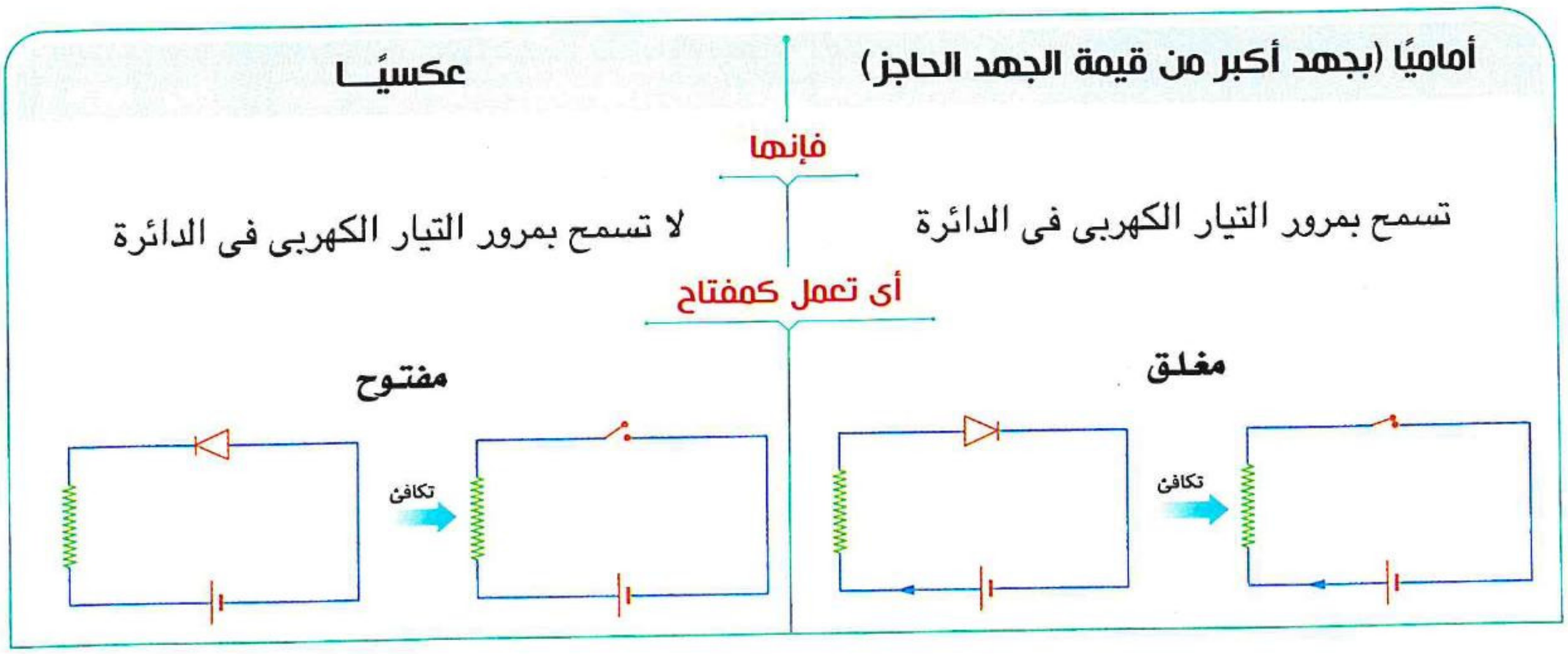
* توصل الوصلة الثنائية فى الدائرة الكهربية بطريقتين :

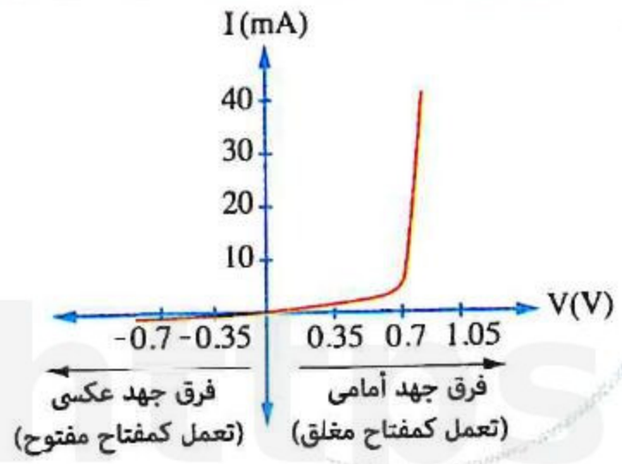
	التوصيل (الانحياز) الأمامى	التوصيل (الانحياز) العكسى (الخلفى)
طريقة التوصيل	 توصل المنطقة (p-type) بالقطب الموجب للبطارية والمنطقة (n-type) بالقطب السالب للبطارية	 توصل المنطقة (p-type) بالقطب السالب للبطارية والمنطقة (n-type) بالقطب الموجب للبطارية
سُمك المنطقة الفاصلة	يقل (حيث تتنافر الفجوات والإلكترونات الحرة مع قطبى البطارية وتقترب من السطح الفاصل)	يزداد (حيث تتجاذب الفجوات والإلكترونات الحرة مع قطبى البطارية وتبتعد عن السطح الفاصل)
أثر فرق الجهد الخارجى على الوصلة	يكون اتجاه المجال الخارجى (الناشئ عن البطارية) عكس اتجاه المجال الداخلى فى المنطقة الفاصلة فيضعفه	يكون اتجاه المجال الخارجى (الناشئ عن البطارية) فى نفس اتجاه المجال الداخلى فى المنطقة الفاصلة فيقويه
جهد الوصلة الثنائية	يقل عن الجهد الحاجز	يزداد عن الجهد الحاجز
مقاومة الوصلة (R)	صغيرة	كبيرة
شدة التيار المار (I)	كبيرة إذا كان الجهد الخارجى أكبر من الجهد الحاجز	ضعيفة جدًا تكاد تكون منعدمة

استخدام الوصلة الثنائية

١ كمفتاح مع الجهد المستمر

* عند توصيل وصلة ثنائية مثالية توصيلًا :

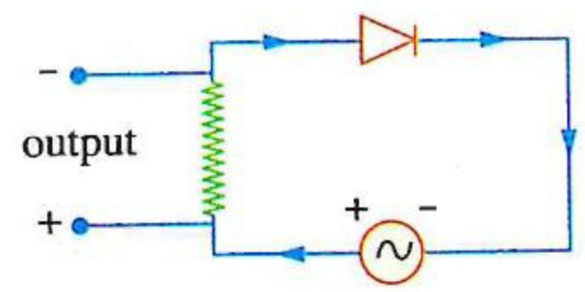




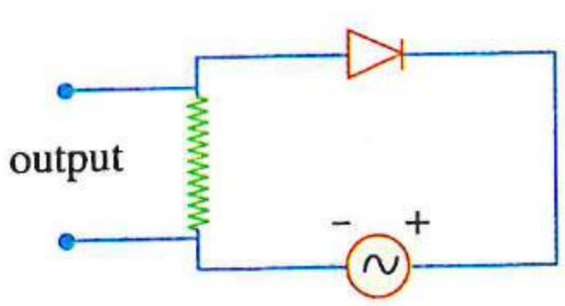
* التمثيل البيانى للعلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد فى الوصلة الثنائية فى حالتى التوصيل الأمامى والخلفى :

٢ تقويم التيار المتردد

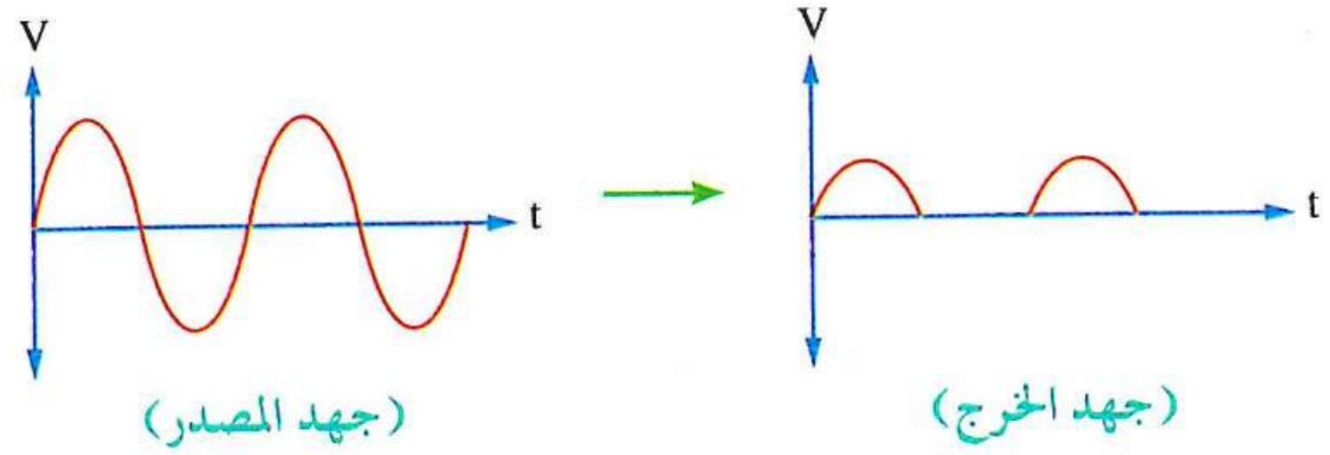
* تستخدم الوصلة الثنائية فى تقويم التيار المتردد تقويم نصف موجى،
لأن الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار فى نصف ذبذبة الجهد المتردد (فى حالة التوصيل الأمامى) ولا تسمح بمروره فى النصف الآخر (فى حالة التوصيل العكسى) وبذلك يكون الجهد الناتج موحد الاتجاه (مقوم تقويم نصف موجى).



نصف الذبذبة الأول من جهد المصدر



نصف الذبذبة الثانى من جهد المصدر



(جهد المصدر)

(جهد الخرج)

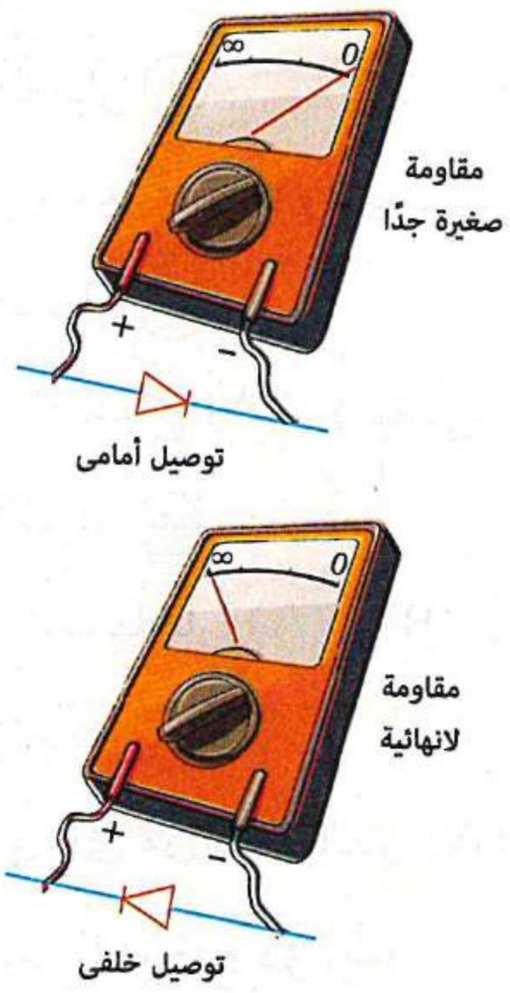
* يمكن تقويم التيار المتردد (AC) وتحويله إلى تيار مستمر (DC) باستخدام عدة وصلات ثنائية.

ملاحظة

* **يمكن استخدام الأوميتر :**

(١) للتأكد من سلامة الوصلة الثنائية ،

حيث تكـون مقاومتها صغيـرة جدًا فى اتجاه وكبيـرة جدًا فى الاتجاه العكسى إذا كانت سليمة.



مقاومة صغيرة جدًا

توصيل أمامى

مقاومة لانهائية

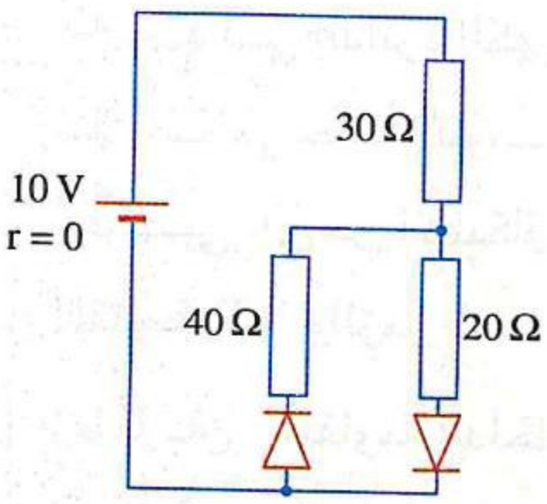
توصيل خلفى

(٢) للتمييز بين الوصلة الثنائية والمقاومة الأومية :

- **فـى حالـة الوصلـة الثنائيـة** : قـراءة الأوميتر كبيـرة جدًا فى اتجاه معين (توصيل عكسـى) وصغيرة جدًا فى الاتجاه الآخر (توصيل أمامى).
- **فـى حالة المقاومة الأومية** : قراءة الأوميتر لا تتغير إذا انعكس اتجاه التيار.

مثـال ١

اختـر : فـى الدائرة الكهربية المقابلـة، إذا كانت المقاومة الداخليـة للمصدر مهملة وبفرض أن مقاومة الوصلتين الثنائيتين فى حالة التوصيل الأمامى مهملة وفى حالة التوصيل العكسى مالانهاية، تكون شدة التيار المار فى المقاومة 30 Ω هى .....



(أ) 0 (ب) 0.06 A

(جـ) 0.1 A (د) 0.2 A

الحـــل

لا يمر تيار فى المقاومة 40 Ω لأن الوصلة الثنائية فى فرع هذه المقاومة فى حالة توصيل عكسى :

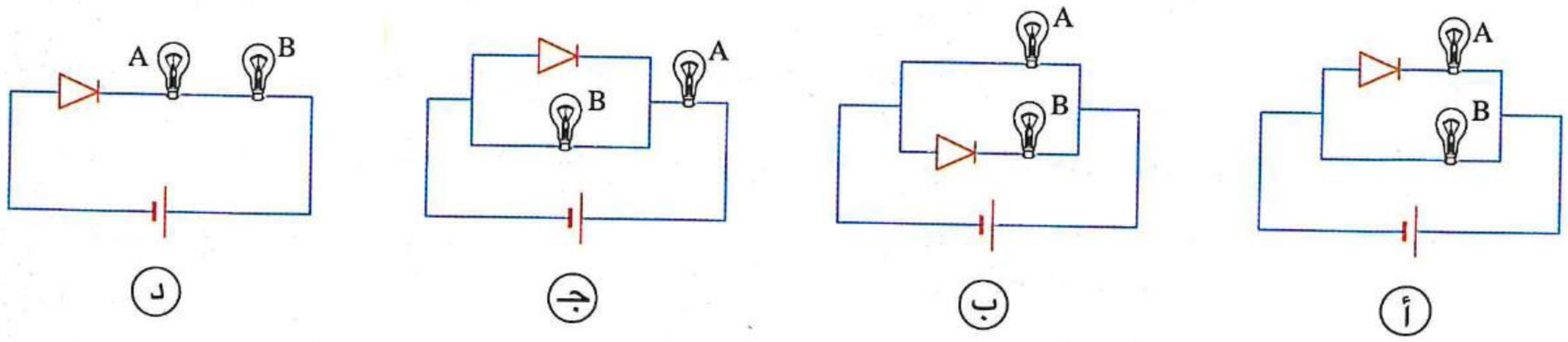
$\therefore \grave{R} = 20 + 30 = 50\ \Omega$

$\therefore \mathbf{I} = \frac{V}{\grave{R}} = \frac{10}{50} = \mathbf{0.2\ A}$

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

مثـال ٢

اختـر : مصباحـان A ، B متماثـلان تم توصيلهمـا مع وصلة ثنائيـة وبطارية بعدة طرق، فى أى الأشـكال التالية يضىء المصباح A ولا يضىء المصباح B ؟



(أ) (ب) (جـ) (د)

الحـــل

* فى الاختيار (أ) :

يضىء المصباح (B) ولا يضىء المصباح (A)، لأن المصباح (A) متصل بوصلة ثنائية فى حالة توصيل عكسى.

* فى الاختيار (ب) :

يضىء المصباح (A) ولا يضىء المصباح (B)، لأن المصباح (B) متصل بوصلة ثنائية فى حالة توصيل عكسى.

* فى الاختيار (جـ) :

يضىء المصباحان (A) ، (B)، حيث أنهما يمثلان مسار مغلق مع البطارية.

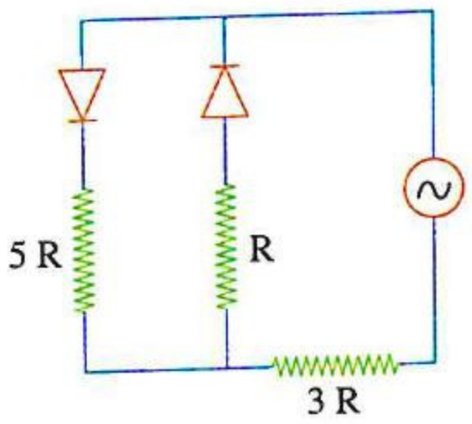
* فى الاختيار (د) :

لا يضىء أى من المصباحين (A) ، (B)، لأنهما متصلان مع وصلة ثنائية فى حالة توصيل عكسى.

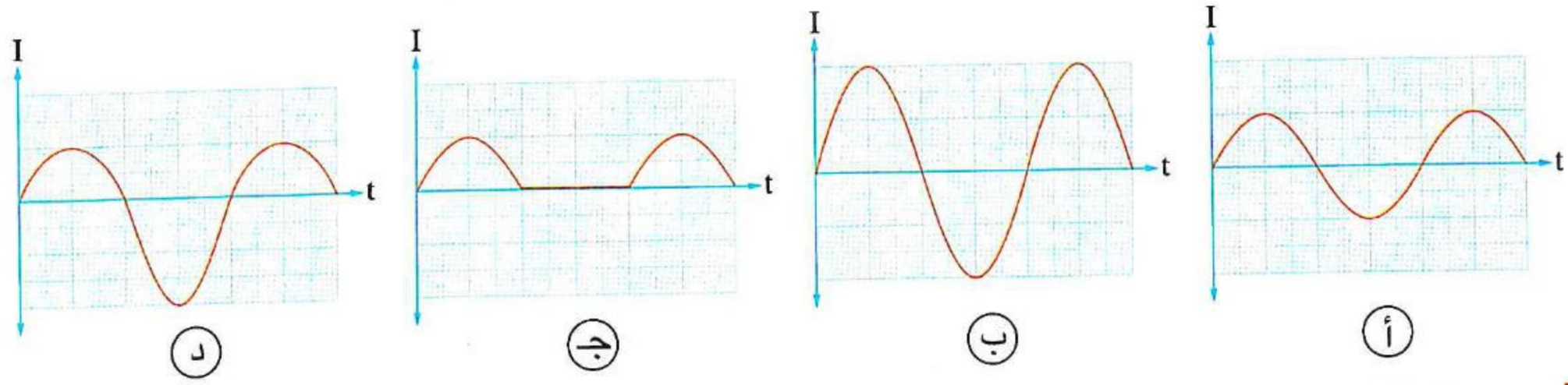
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ٣

اختر : فـى الدائرة الكهربية المقابلـة، إذا كانت الوصلتـين الثنائيتين مهملتى المقاومـة فى حالـة التوصيل الأمامـى ومقاومتهما لانهائية فـى حالة التوصيل العكسـى، أى من الأشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين قيمة التيار المار فى المقاومة 3 R والزمن (t) ؟

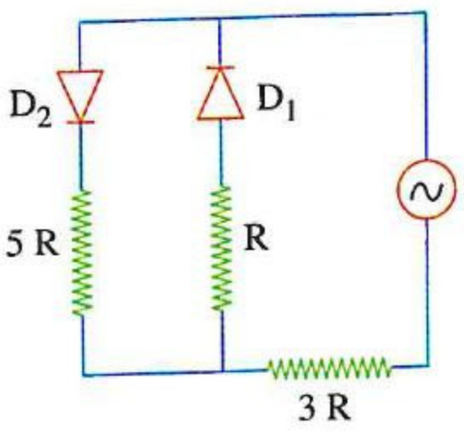


(علمًا بأن : المقاومة الداخلية للمصدر مهملة).



الحـــل

* فـى أحـد نصفى ذبذبـة الجهد المتـردد تكـون الوصلة الثنائية D_1 متصلة عكسيًا والوصلة الثنائية D_2 متصلة أماميًا فيمر التيار فى الوصلة D_2 والمقاومة 5 R وتكون قيمته $\left(I = \frac{V}{8\,R}\right)$.



* فى النصف الآخر من الذبذبة تكون الوصلة الثنائية D_1 متصلة أماميًا والوصلة الثنائية D_2 متصلة عكسـيًا فيمر التيار فى الوصلة D_1 والمقاومة R وتكون قيمته $\left(I = \frac{V}{4\,R}\right)$ واتجاهه معاكس لنصف الذبذبة الأولى.

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

https://t.me/E5_G5

* مما سبق يمكن المقارنة بين الوصلة الثنائية والمقاومة الأومية كالتالى :

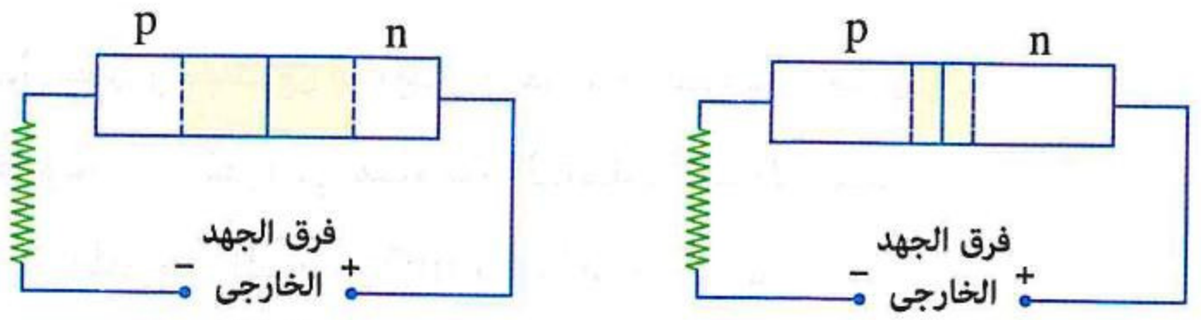
	الوصلة الثنائية	المقاومة الأومية (العادية)
التكوين	بلورة شبه موصل تحتوى على جزئين أحدهما من النوع n والآخر من النوع p	ملف من سلك لمادة ذات مقاومة نوعية مناسبة
حاملات الشحنة	الإلكترونات الحرة والفجوات	الإلكترونات الحرة
اتجاه التيار المار	يمكن أن يمر التيار فى اتجاه واحد ولا يمر فى الاتجاه العكسى	يمكن أن يمر التيار خلالها فى الاتجاهين
أثر ارتفاع درجة الحرارة	تزداد التوصيلية الكهربية وتقل المقاومة الكهربية	تقل التوصيلية الكهربية وتزداد المقاومة الكهربية
التوصيل بأوميتر	تكون قراءته كبيرة جدًا عند توصيلها فى اتجاه معين (التوصيل الخلفى) وصغيرة جدًا عند توصيلها فى الاتجاه الآخر (التوصيل الأمامى)	لا تتغير قراءته عند عكس طريقة توصيلها مع الأوميتر

معلومة إثرائية

التوليف الإلكترونى Electronic Tuning

* لضبط جهاز الراديو أو التليفزيون على محطة معينة نحتاج ضبط قيمة سعة مكثف أو معامل الحث الذاتى لملف حث لتعطى الدائرة تردد يساوى تردد المحطة المطلوب الاستماع إليها أو مشاهدتها، وهو ما يسمى بالرنين.

* فى الأجهزة الحديثة يتم تغيير سعة المكثف باستخدام خواص الدايود فى حالة وجود جهد عكسى، إذ يزداد عرض المنطقة الفاصلة كلما زاد الجهد العكسى ولأن زيادة هذا العرض تعنى زيادة الشحنات أى الأيونات فيشبه هذا التغير فى الشحنة مع فرق الجهد ما يحدث على طرفى المكثف.



$(V_B)_2$ $(V_B)_1$

(حيث : $(V_B)_1 < (V_B)_2$)

أى أن الدايود فى الاتجاه العكسى يكافئ مكثفًا يمكن تغيير سعته حسب فرق الجهد العكسى عليه وهذا ما يطلق عليه **التوليف الإلكترونى**.

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_GE

70 اختبر نفسك

مجاب عنها

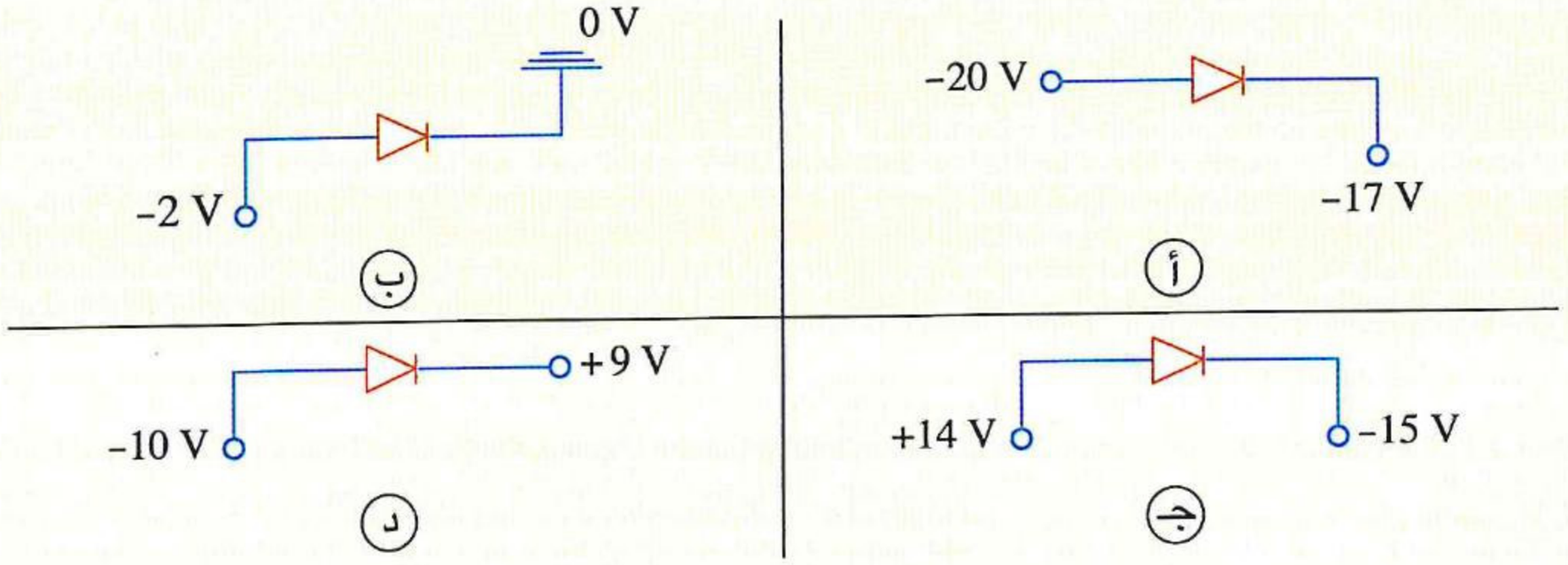
١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) يرجع وجود مقاومة كهربية كبيرة للمنطقة القاحلة فى الوصلة الثنائية إلى .....

(أ) عدم احتوائها على حاملات شحنة حرة الحركة (ب) احتوائها على عدد كبير من حاملات الشحنة

(جـ) احتوائها على إلكترونات حرة فقط (د) احتوائها على فجوات فقط

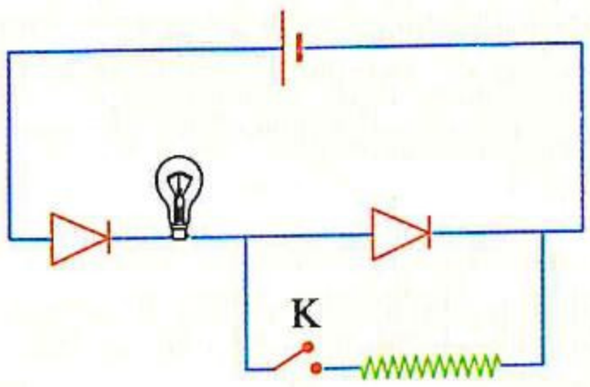
(٢) الشكل الذى يوضح دايود موصل أماميًا هو .....



(٣) وصلة ثنائية يمكن تمثيلها بمقاومة قدرها 200 Ω فى حالة التوصيل الأمامى ومقاومة قدرها مالانهاية فى حالة التوصيل العكسى، وُصلت الوصلة الثنائية بفرق جهد 20 V بحيث تتصل المنطقة p بالجهد الموجب مرة ثم تم عكسه لتتصل المنطقة p بالجهد السالب مرة أخرى، فإن شدة التيار المار فى الوصلة الثنائية فى الحالتين على الترتيب هما .....

(أ) 0 ، 0 (ب) 0 ، 0.1 A (جـ) 0.1 A ، 0 (د) 0.1 A ، 0.1 A

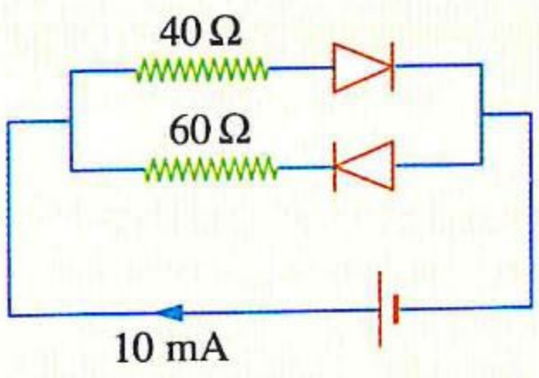
(٤) إذا كانت مقاومة الوصلة الثنائية مهملة فى حالة التوصيل الأمامى ومالانهاية فى حالة التوصيل العكسى، فإنه فى الدائرة المقابلة عند غلق المفتاح K فإن إضاءة المصباح .....



(أ) تزداد (ب) تقل

(جـ) لا تتغير (د) لا يمكن تحديد الإجابة

٢ الشكل المقابل يبين وصلتين ثنائيتين متصلتين مع مقاومتين 40 Ω ، 60 Ω وعمود كهربى مقاومته الداخلية مهملة، فإذا كانت شدة التيار المار فى الدائرة 10 mA، **احسب** شدة التيار المار فى المقاومتين 40 Ω ، 60 Ω



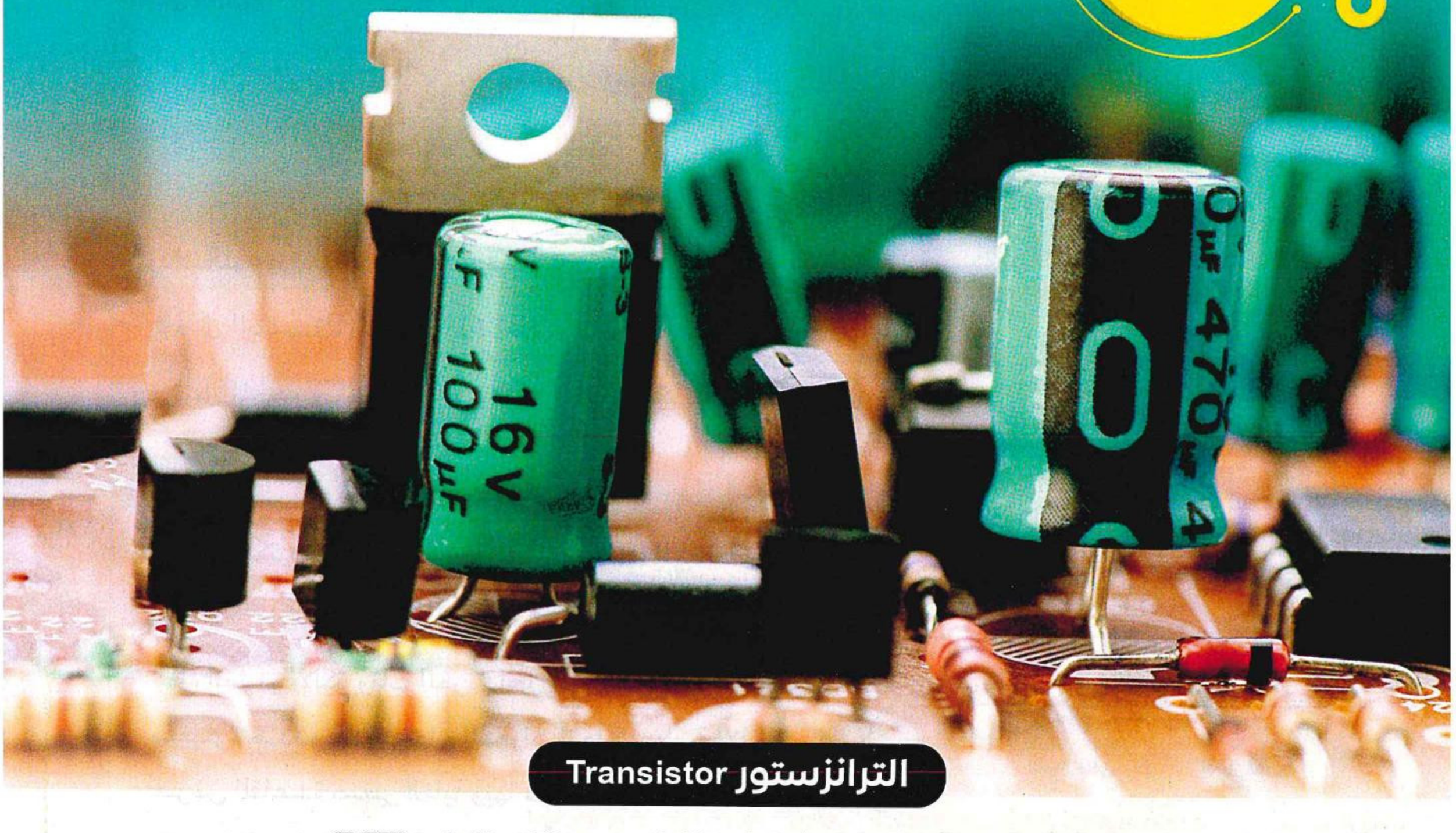
(علمًا بأن : مقاومة الوصلة الثنائية مهملة فى حالة التوصيل الأمامى ولانهائية فى حالة التوصيل العكسى).

.....

.....

الدرس الثانى

- الترانزستور.
- الإلكترونيات التناظرية والرقمية.



الترانزستور Transistor

*** يوجد أنواع مختلفة من الترانزستور وسنكتفى هنا بدراسة الترانزستور ثنائى القطب (BJT).**

التركيب بلورة شبه موصل تتكون من ثلاث مناطق متجاورة مُطعمة (غير نقية)، هى :

- المنطقة الأولى تسمى **الباعث (E)** : عبارة عن منطقة متوسطة الحجم بها نسبة عالية من الشوائب.
- المنطقة الوسطى تسمى **القاعدة (B)** : عبارة عن منطقة سُمكها صغير للغاية (رقيقة جدًا) بها نسبة قليلة من الشوائب.
- المنطقة الأخيرة تسمى **المجمع (C)** : عبارة عن منطقة كبيرة الحجم نسبيًا بها نسبة شوائب أقل من الباعث.

الأنواع **يوجد نوعان أساسيان من الترانزستور (BJT)، هما :**

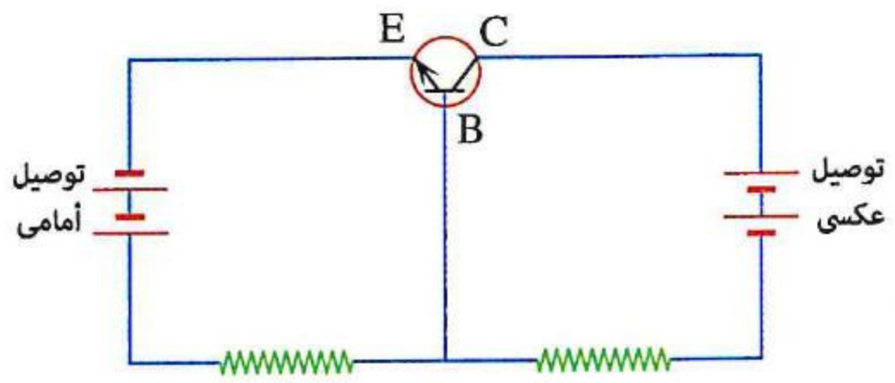
١ ترانزستور (pnp)	٢ ترانزستور (npn)
التركيب	
تكون فيه القاعدة من النوع (n)، بينما الباعث والمجمع من النوع (p)	تكون فيه القاعدة من النوع (p)، بينما الباعث والمجمع من النوع (n)
الرمز فى الدائرة الكهربية	

https://t.me/E5_C5

* يوجد طريقتان لتوصيل الترانزستور فى الدائرة الكهربية :

١ توصيل الترانزستور (npn) والقاعدة مشتركة

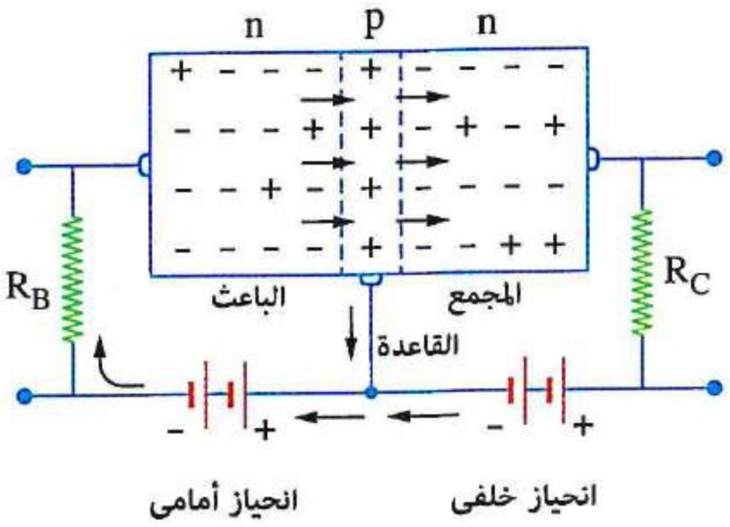
شكل الدائرة



طريقة التوصيل فى الدائرة الكهربية

- يوصل الباعث (E) مع القاعدة (B) توصيلًا أماميًا.
- يوصل المجمع (C) مع القاعدة (B) توصيلًا عكسيًا.

شرح العمل



- تنطلق الإلكترونات الحرة من الباعث (n-type) إلى القاعدة (p-type) حيث تنتشر فيها بعض الوقت إلى أن يقتنصها المجمع (n-type).
- أثناء انتشار الإلكترونات الحرة داخل القاعدة (p-type) تُستهلك نسبة صغيرة جدًا منها فى ملء الفجوات لتحدث عملية الالتئام نظرًا لأن عرض القاعدة صغير للغاية وبها نسبة قليلة من الشوائب وبالتالى يكون دائمًا تيار المجمع (I_C) أقل قليلًا من تيار الباعث (I_E)، **حيث** :

$$I_E = I_C + I_B$$

الاستخدام

يستخدم الترانزستور عند توصيله فى دائرة القاعدة المشتركة فى تكبير القدرة الكهربية ولا يمكن استخدامه لتكبير التيار الكهربى نظرًا لأن تيار المجمع يكون أقل قليلًا من تيار الباعث.

نسبة التوزيع (α_e)

- يطلق على النسبة بين تيار المجمع وتيار الباعث **نسبة التوزيع** وتعطى من العلاقة :

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$$

- تقترب قيمة α_e من الواحد الصحيح،

لأن $I_C \simeq I_E$ حيث إن قيمة I_B صغيرة جدًا فتصبح قيمة α_e قريبة من الواحد الصحيح،

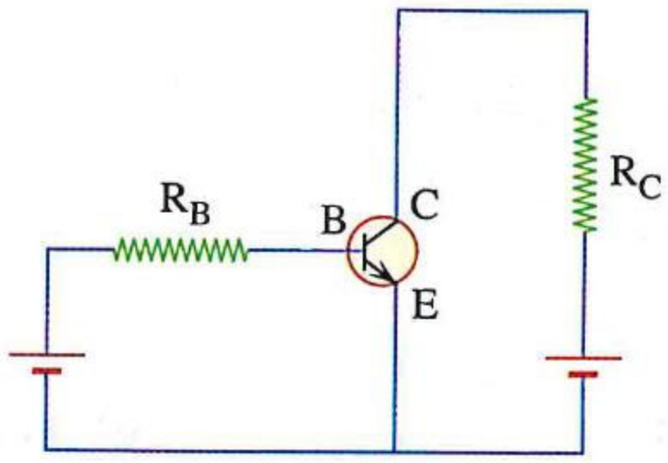
وبالتالى يمكن تعريف نسبة التوزيع كما يلى :

نسبة (ثابت) التوزيع (α_e)

نسبة تيار المجمع إلى تيار الباعث عند ثبوت فرق الجهد بين القاعدة والمجمع.

٢ توصيل الترانزستور (npn) والباعث مشترك

شكل الدائرة



طريقة التوصيل فى الدائرة الكهربية

- يوصل الباعث (E) مع القاعدة (B) توصيلًا أماميًا.
- يوصل الباعث (E) مع المجمع (C) بحيث يوصل الباعث بالقطب السالب والمجمع بالقطب الموجب.

شرح العمل

- تتنافر إلكترونات الباعث (n-type) مع القطب السالب للبطاريتين ليتجمع تيارى الإلكترونات عند الباعث ويتحرك تجاه المجمع.
- إذا وضعت إشارة كهربية صغيرة فى تيار القاعدة فإن تأثيرها يظهر مكبرًا فى تيار المجمع.

نسبة التكبير (β_e)

يطلق على نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة **نسبة التكبير** وتعطى من العلاقة :

$$\beta_e = \frac{I_C}{I_B}$$

وبالتالى يمكن تعريف نسبة التكبير كالتالى :

نسبة التكبير (β_e)

نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة عند ثبوت فرق الجهد بين الباعث والمجمع.

حساب نسبة التكبير بدلالة ثابت التوزيع

$$\because \alpha_e = \frac{I_C}{I_E} \qquad \therefore I_C = \alpha_e I_E \quad (1)$$

$$\because I_B = I_E - I_C \qquad \therefore I_B = I_E - \alpha_e I_E \quad (2)$$

$$\because \beta_e = \frac{I_C}{I_B}$$

بالتعويض بقيمة I_C ، I_B من المعادلتين (1) ، (2) :

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e I_E}{I_E - \alpha_e I_E} = \frac{\alpha_e I_E}{I_E (1 - \alpha_e)}$$

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e}$$

ملاحظة

* **يمكن حساب نسبة التوزيع بدلالة نسبة التكبير من العلاقة :**

$$\alpha_e = \frac{\beta_e}{1 + \beta_e}$$

https://t.me/ES_GS

https://t.me/E5_G5

الاستخدام

١ **يستخدم كمكبر :**

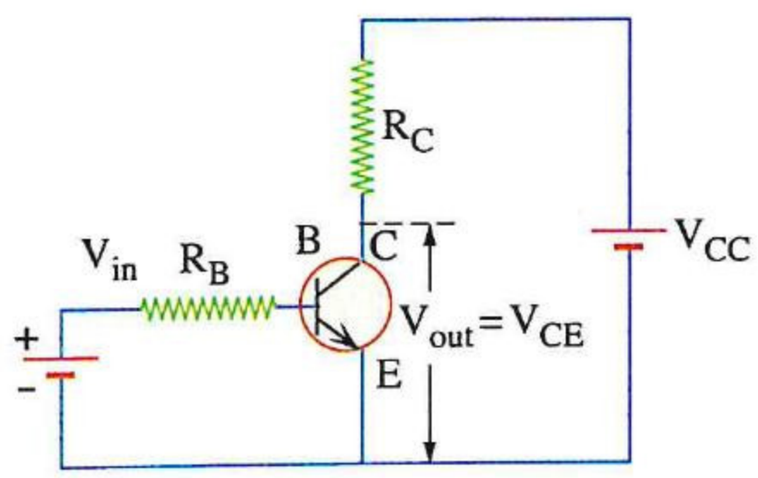
تعتمد فكرة عمل الترانزستور فى دائرة الباعث المشترك كمكبر على أنه إذا وضعت إشارة كهربية صغيرة فى تيار القاعدة الصغير يظهر تأثيرها مكبرًا فى تيار المجمع وهذا ما يسمى فعل الترانزستور.

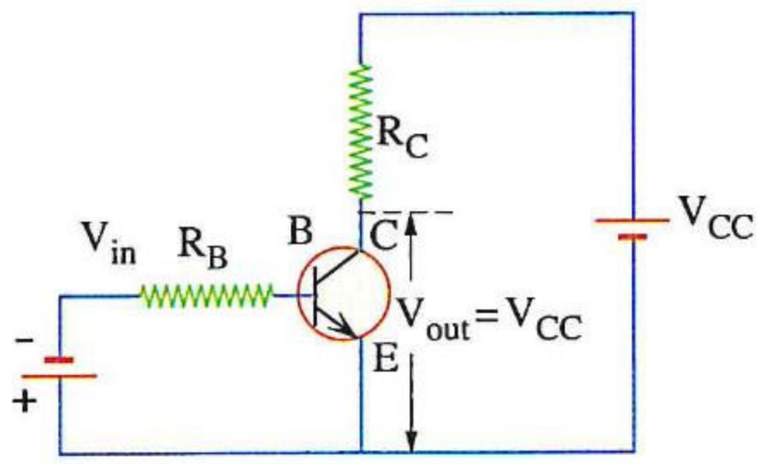
٢ **يستخدم كمفتاح :**

الترانزستور فى حالة off (مفتاح مفتوح)	الترانزستور فى حالة on (مفتاح مغلق)

طريقة التوصيل

يتم توصيل الترانزستور فى الدائرة الكهربية بحيث يكون الباعث مشترك





الأساس العلمى

يكون : $V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$

(حيث : V_{CC}) جهد البطارية، (V_{CE}) فرق الجهد بين المجمع والباعث،

(I_C) تيار المجمع، (R_C) مقاومة دائرة المجمع)

فإذا اعتبرنا أن جهد القاعدة هو الدخل (input) وفرق الجهد بين المجمع والباعث هو الخرج (output)، فإنه

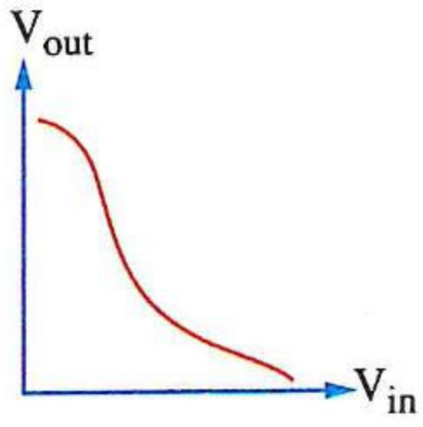
عند توصيل القاعدة (B) بجهد دخل (V_{in}) صفرى أو سالب أو موجب لا يتعدى الجهد الحاجز :

- لا يمر تيار كهربى فى قاعدة الترانزستور.
- لا يمر تيار فى مجمع الترانزستور أى تكون ($I_C R_C = 0$).
- يكون جهد الخرج كبير يقترب من قيمة V_{CC} ($V_{CE} \simeq V_{CC}$) فيعمل الترانزستور كمفتاح مفتوح.

عند توصيل القاعدة (B) بجهد دخل (V_{in}) موجب أكبر من الجهد الحاجز :

- يمر تيار فى قاعدة الترانزستور.
- يمر تيار كبير فى مجمع الترانزستور أى تكون قيمة $I_C R_C$ كبيرة.
- يحدث نقص كبير فى جهد الخرج (V_{CE}) ليقترب من الصفر فيعمل الترانزستور كمفتاح مغلق.

* **مما سبق نجد أن** الترانزستور يعمل كعاكس أى أنه عندما يكون جهد الدخل (جهد القاعدة) V_{in} للترانزستور صغيرًا يصبح جهد الخرج (V_{out}) كبيرًا والعكس.



https://t.me/E5_GE

ملاحظة

* **يمكن الاستدلال على قطبية الترانزستور باستخدام الأوميتر.**

مثال ١

إذا كان تيار المجمع فى الترانزستور 100 mA عندما كان تيار القاعدة 1 mA، **احسب :**

(أ) نسبة التكبير (β_e). (ب) نسبة التوزيع (α_e). (جـ) تيار الباعث (I_E).

الحل

$I_C = 100\ mA$ | $I_B = 1\ mA$ | $\beta_e = ?$ | $\alpha_e = ?$ | $I_E = ?$

(أ) $\beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{100}{1} = \mathbf{100}$

(ب) $\alpha_e = \frac{\beta_e}{1+\beta_e} = \frac{100}{1+100} = \mathbf{0.99}$

(جـ) $I_E = I_C + I_B = 100 + 1 = \mathbf{101\ mA}$

حل آخر: $\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$ ، $I_E = \frac{I_C}{\alpha_e} = \frac{100}{0.99} = \mathbf{101\ mA}$

مثال ٢

اختر : فى دائرة الترانزستور كمفتاح فى حالة التوصيل on عندما يكون جهد المصدر 1.5 V وفرق الجهد بين المجمع والباعث 0.5 V وقيمة المقاومة المتصلة بالمجمع 500 Ω، فإن قيمة تيار المجمع (I_C) تساوى .....

(أ) 0.001 A (ب) 0.002 A (جـ) 0.01 A (د) 0.02 A

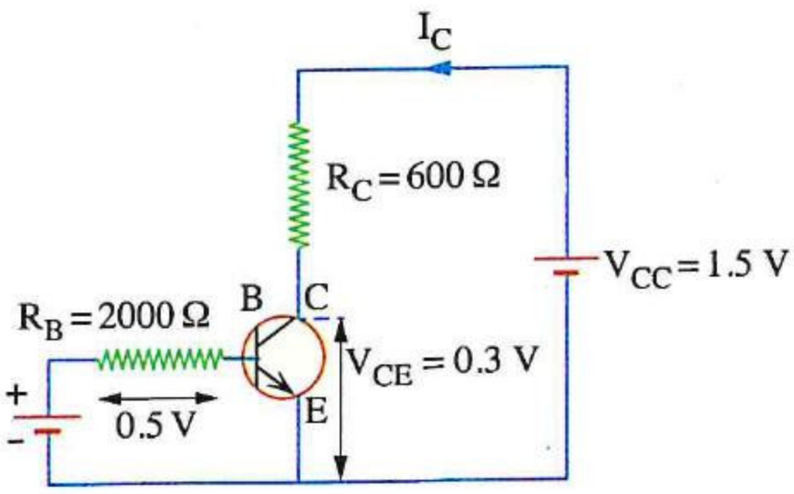
الحل

$V_{CC} = 1.5\ V$ | $V_{CE} = 0.5\ V$ | $R_C = 500\ \Omega$ | $I_C = ?$

$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$ ، $1.5 = 0.5 + (I_C \times 500)$ ، $I_C = \mathbf{0.002\ A}$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

مثـال ❸



اختر : من الدائرة الكهربية المقابلة، تكون قيمة I_E هى .....

(أ) $2 \times 10^{-3}\ A$

(ب) $2.25 \times 10^{-3}\ A$

(جـ) $2 \times 10^{-4}\ A$

(د) $2.5 \times 10^{-4}\ A$

الحـــل

$V_{CC} = 1.5\ V$ ، $R_C = 600\ \Omega$ ، $V_{CE} = 0.3\ V$ ، $V_{(قاعدة)} = 0.5\ V$

$R_B = 2000\ \Omega$ ، $I_E = ?$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$$

$$1.5 = 0.3 + (I_C \times 600) \quad , \quad I_C = 2 \times 10^{-3}\ A$$

$$I_B = \frac{V_{(قاعدة)}}{R_B} = \frac{0.5}{2000} = 2.5 \times 10^{-4}\ A$$

$$I_E = I_C + I_B = (2 \times 10^{-3}) + (2.5 \times 10^{-4}) = \mathbf{2.25 \times 10^{-3}\ A}$$

∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

اختبر نفسك 71

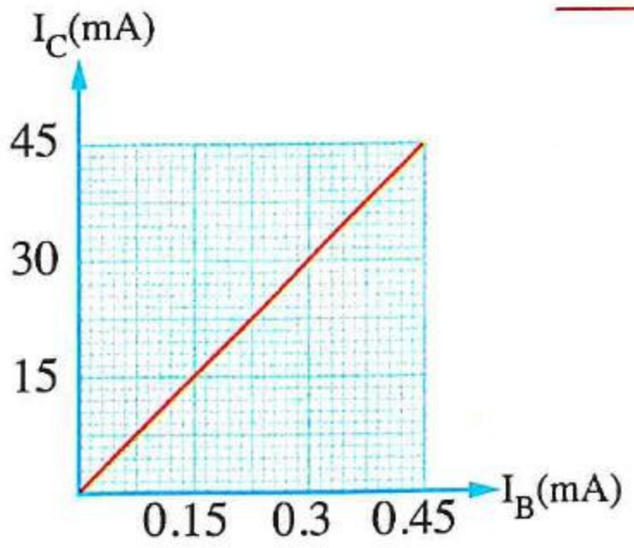
مجاب عنها

١ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

(١) فى ترانزستور pnp تكون حاملات الشحنة السائدة فى كل من الباعث والمجمع عبارة عن .....

(أ) أيونات سالبة (ب) أيونات موجبة (جـ) إلكترونات حرة (د) فجوات

(٢) الشـكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين تيار المجمع (I_C) وتيار القاعدة (I_B) لترانزستور pnp، فتكون :



١- قيمة α_e هى .....

(أ) 0.96 (ب) 0.98

(جـ) 0.99 (د) 1

٢- شدة تيار الباعث عندما يكون $I_C = 45\ mA$ هى .....

(أ) 20.12 mA (ب) 30.15 mA

(جـ) 40.25 mA (د) 45.45 mA

٢ إذا كانت نسبة التكبير فى ترانزستور 24 وتيار الباعث 0.01 A، **احسب** تيار القاعدة.

.....

.....

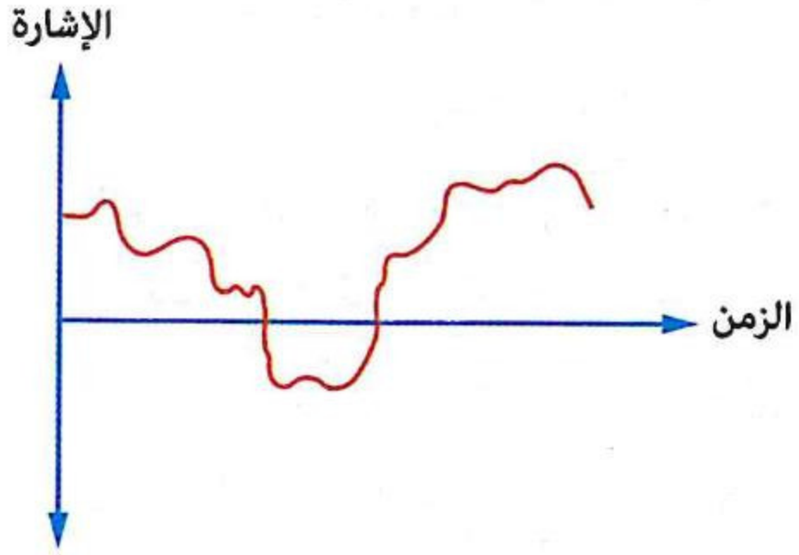
https://t.me/E5_G5

الإلكترونيات التناظرية والرقمية Analog and Digital Electronics

* توجد طريقتان للتعامل مع الجهد الداخل والخارج من الدائرة الكهربية، هما :

أولًا الإلكترونيات التناظرية

* هـى إلكترونيـات تتعامل مـع الكميات الطبيعيـة كما هى حيث تحولها إلى إشارات كهربية متصلة.



إشارة تناظرية

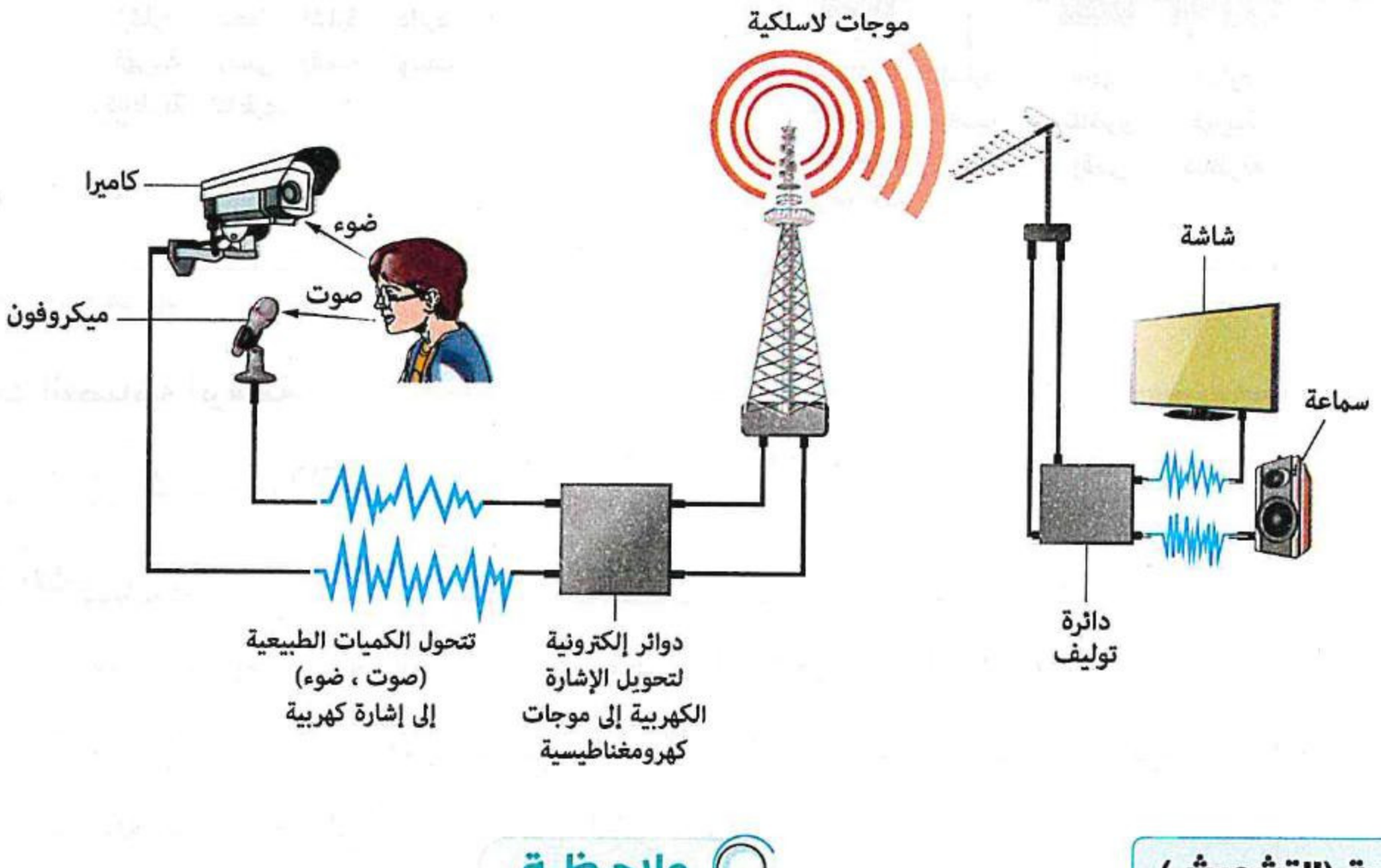
تطبيقـات

١ **الميكروفون** : يقوم بتحويل الصوت إلى إشارة كهربية.

٢ **كاميرا الڤيديو** : تقوم بتحويل الصورة إلى إشارة كهربية.

٣ **التليفزيون** :

- **عنـد الإرسـال مـن المحطات** : يتـم تحويل الصوت والصورة (كميـات طبيعية) إلى إشـارات كهربية متصلة ومتغيرة السعة ثم إلى إشارات كهرومغناطيسية.
- **عنـد الاستقبـال فى التليفزيون** : يتـم تحـويـل الإشارات الكهرومغناطيسية إلى إشارات كهربية (تناظرية) فى الهوائى «الإيريال» ثم يعمل جهاز الاستقبال على تحويلها إلى صوت وصورة.



الضوضاء الكهربية (التشويش)

تؤثـر علـى الإشـارة التناظريـة حيـث تتداخـل الضوضـاء الكهربيـة مع الإشـارة التناظرية التى تحمـل المعلومات وتشوشـها لذلك نجـد عيوب فى الصوت والصورة فى أجهزة الاستقبال التناظرية.

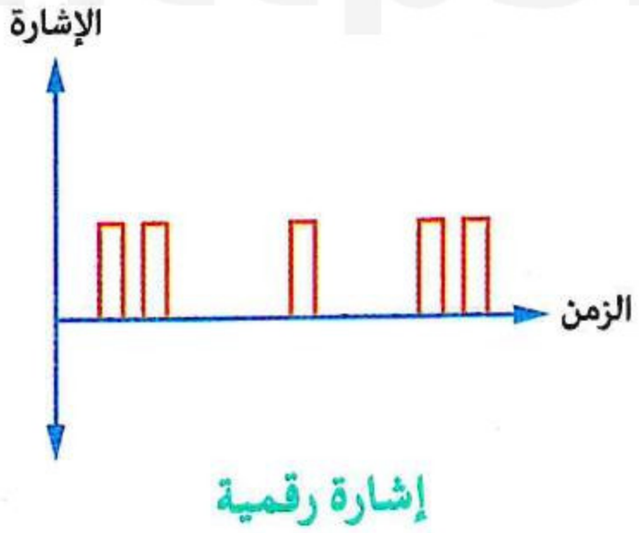
ملاحظـة

* **الضوضاء الكهربية (التشويش)** :

هـى إشـارات كهربية غير منتظمـة مصدرها الحركة العشـوائية للإلكترونـات الحـرة والتـى تسـبب تيارًا عشـوائيًا عند التقاطها بهوائى الاستقبال مما يسبب تشويشًا للصوت والصورة.

https://t.me/EE_GE

ثانيًا الإلكترونيات الرقمية

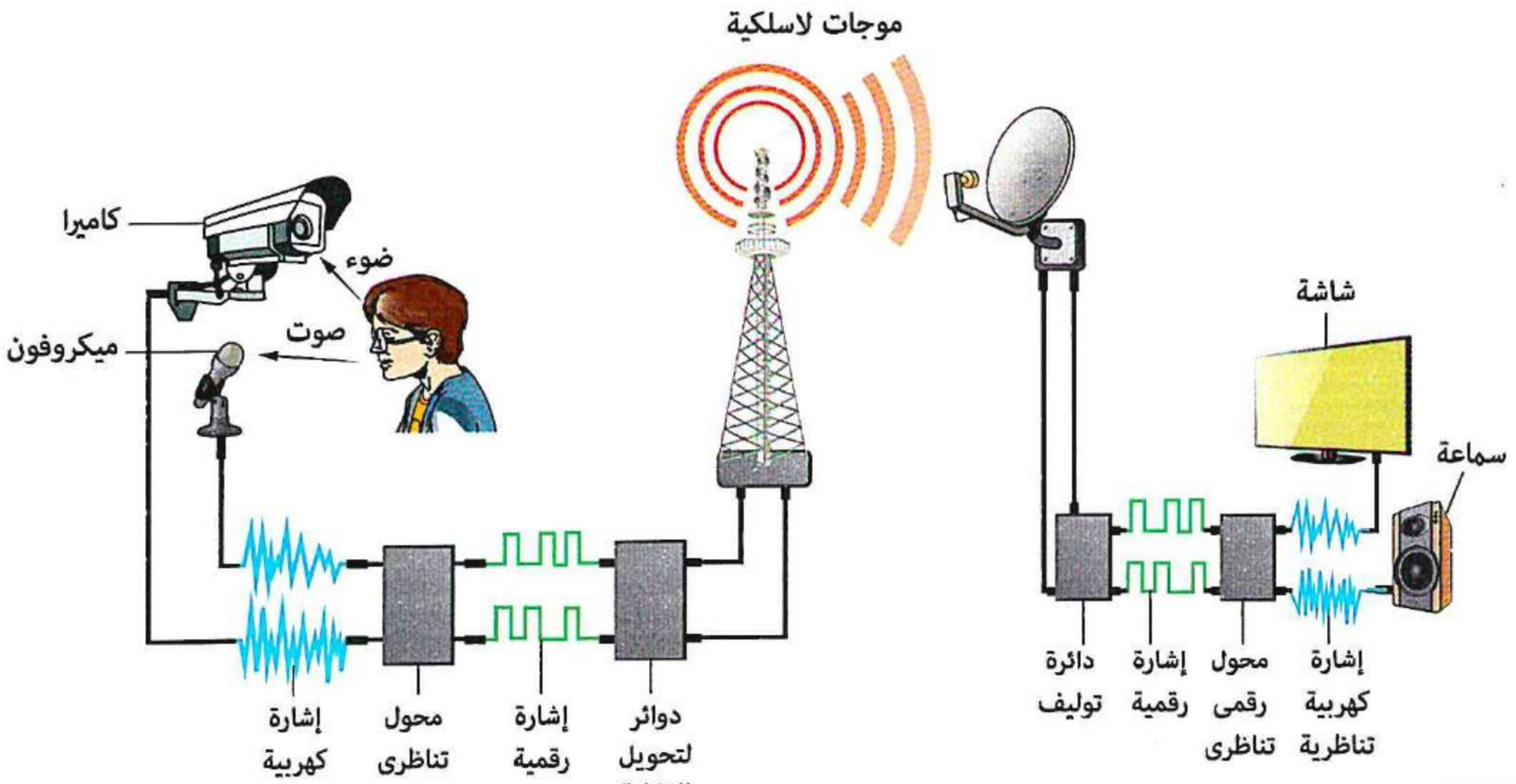


إشارة رقمية

* هى إلكترونيات تتعامل مع الكميات الطبيعية بعد تحويلها إلى شفرة غير متصلة أساسها قيمتان فقط هما (0 ، 1).

– **عند الإرسال :** بعد تحويل الكميات الطبيعية (الصوت أو الصورة) إلى إشارة كهربية تناظرية يتم تحويل كل الإشارات الكهربية المتصلة (التناظرية) إلى إشارات رقمية عن طريق محول تناظرى رقمى.

– **عند الاستقبال :** يتم تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات كهربية تناظرية عن طريق محول رقمى تناظرى ثم يعمل جهاز الاستقبال على تحويلها إلى صوت وصورة.



تطبيقـات

١ التليفون المحمول.

٢ القنوات الفضائية الرقمية.

٣ أقراص الليزر المدمجة (CDs).

٤ **أجهزة الكمبيوتر :**

– كل ما يدخل للكمبيوتر من حروف أو أرقام يتحول إلى شفرة ثنائية (1 , 0).

– تتجزأ الصور إلى عناصر صغيرة تسمى Pixels ثم تحول أيضًا إلى شفرة ثنائية (0 , 1).

– تتم جميع العمليات الحسابية على أساس الجبر الثنائى.

– يتم تخزين المعلومات فى الذاكرة المؤقتة (RAM) أو الذاكرة المستديمة (Hard Disk) على شكل مغنطة فى اتجاه معين مما يعنى 0 أو مغنطة فى الاتجاه المضاد مما يعنى 1

الضوضاء الكهربية (التشويش)

لا تؤثر على الإشارة الرقمية الحاملة للمعلومات حيث إن المعلومة تكمن فى الكود 0 أو 1 وليس فى قيمة الإشارة التى قد تتداخل معها الضوضاء وتشوشها لذلك نجد أن الصورة والصوت نقيان عند استخدام أجهزة الاستقبال الرقمية.

* مما سبق نستنتج أنه يفضل استخدام الإلكترونيات الرقمية عن الإلكترونيات التناظرية فى الأجهزة الإلكترونية أو فى الإرسال والاستقبال الإذاعى والتلفزيونى.

التحويل بين النظام العشرى والنظام الثنائى

١ تحويل العدد العشرى إلى كود رقمى (عدد ثنائى)

* **لتحويل العدد العشرى إلى كود رقمى (عدد ثنائى) :**

١ اقسم العدد العشرى على 2، فإذا :
- كان للعدد الصحيح الناتج باقى ضع 1 فى خانة الباقى.
- لم يكن للعدد الصحيح الناتج باقى ضع 0 فى خانة الباقى.

٢ اقسم الناتج على 2 وهكذا حتى يصبح الناتج أقل من 1 فنضع :
- 0 فى خانة الناتج.
- 1 فى خانة الباقى.

٣ اكتب الأرقام الموجودة فى خانة الباقى بالترتيب داخل القوسين : $(\quad)_2$

مثال

اختر : الكود الرقمى للعدد العشرى 19 هو .....

(أ) $(10001)_2$ (ب) $(10010)_2$ (جـ) $(01001)_2$ (د) $(10011)_2$

الحل

العدد العشرى / 2	$\frac{19}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$
الناتج	9	4	2	1	0
الباقى	1	1	0	0	1

∴ الاختيار الصحيح هو (د)

الكود الرقمى هو : $(10011)_2$

٢ تحويل الكود الرقمى (العدد الثنائى) إلى عدد عشرى

* **لتحويل الكود الرقمى (العدد الثنائى) إلى عدد عشرى :**

١ اكتب الكود (المكون من 0 ، 1) كل رقم على حدة بالترتيب وأسفل كل رقم بداية من اليمين نكتب الرقم 2 مرفوع للأس (0 ، 1 ، 2 ، ...) على الترتيب.

٢ اكتب حاصل ضرب الكود (0 أو 1) فى الرقم 2 مرفوع للأس (0 ، 1 ، 2 ، ...).

٣ اجمع الأعداد الناتجة لتحصل على العدد العشرى المطلوب.

مثـال

اختر: العدد بالنظام العشرى المناظر للعدد بالنظام الثنائى $(10001)_2$ هو .....

(أ) 15 (ب) 17 (جـ) 27 (د) 32

الحـــل

الكود	1	0	0	0	1
	×	×	×	×	×
النظام الثنائى	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4
الناتج	1	+ 0	+ 0	+ 0	+ 16

= 17

مجموع النواتج = 17 وهو العدد العشرى المطلوب.

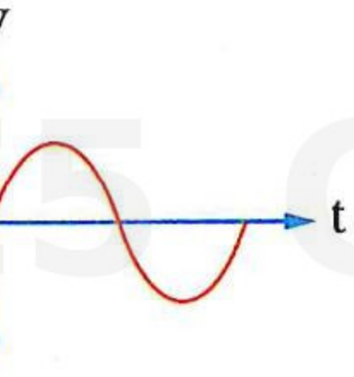
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)

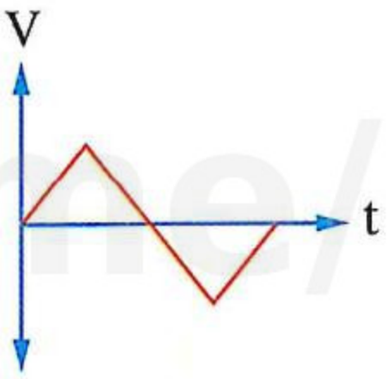
اختبر نفسك

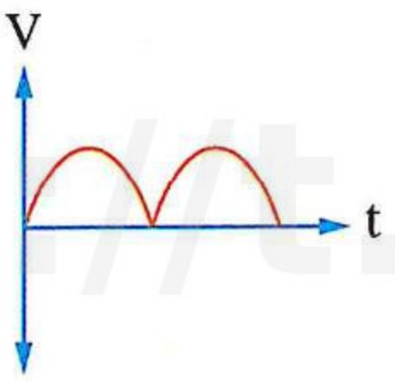
72 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

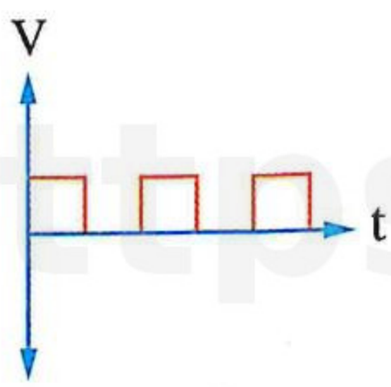
مجاب عنها

١ أى من المنحنيات الآتية يمثل تغير الجهد (V) لإشارة كهربية بجهاز إلكترونى رقمى بمرور الزمن (t) ؟

(أ) 

(ب) 

(جـ) 

(د) 

٢ العدد العشرى الذى يكافئ العدد الثنائى $(1010)_2$ هو .....

(أ) 4 (ب) 8 (جـ) 10 (د) 14

* تعتبر الإلكترونيات الرقمية هى أساس عمل العديد من الأجهزة والمكونات الإلكترونية مثل البوابات المنطقية، **وفيما يلى سنتناول شرحها بشىء من التفصيل.**

البوابات المنطقية Logic Gates

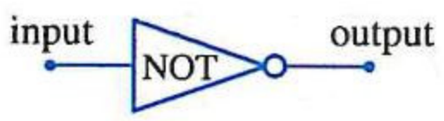
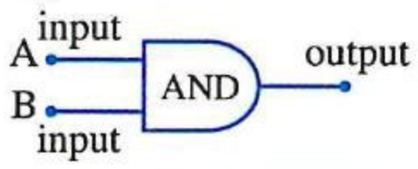
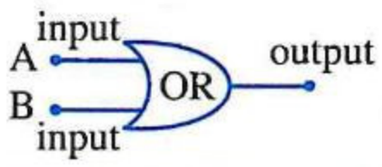
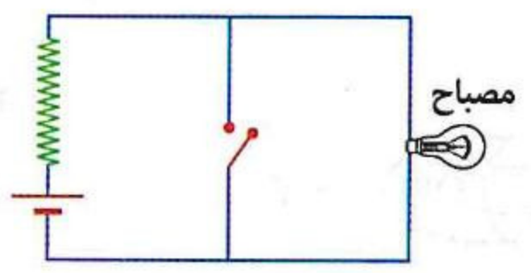
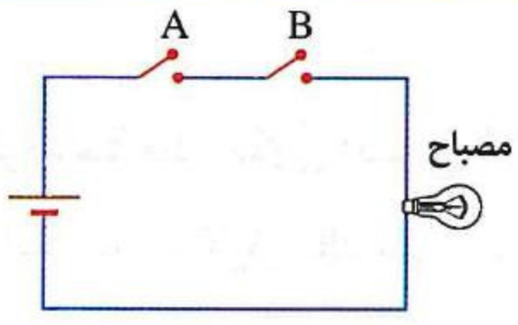
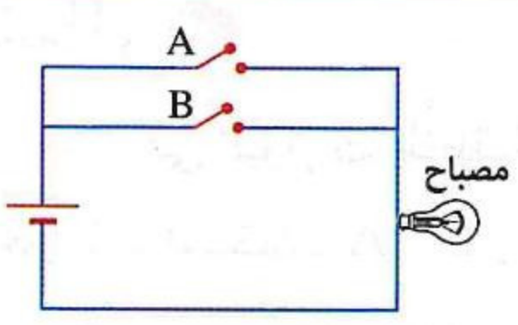
* تعتمد كثير من التطبيقات الحديثة للإلكترونيات مثل دوائر الحاسب ووسائل الاتصالات الحديثة على عناصر رقمية من دوائر إلكترونية يطلق عليها **البوابات المنطقية**.

البوابات المنطقية

أجزاء من الدوائر الإلكترونية للأجهزة الحديثة تقوم بالعمليات المنطقية على الإشارات الرقمية (المبنية على الجبر الثنائى).

https://t.me/E5_G5

* يوجد عدة أنواع للبوابات المنطقية، منها :

عدد المداخل والمخارج	بوابة العاكس (NOT)	بوابة التوافق (AND)	بوابة الاختيار (OR)
	مدخل واحد ومخرج واحد	مدخلان أو أكثر ومخرج واحد	مدخلان أو أكثر ومخرج واحد
جدول التحقق	input | output 0 | 1 1 | 0	input (A, B) | output 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1	input (A, B) | output 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 1
العملية المنطقية التى تقوم بها	العكس (الخرج يكون عكس الدخل)	التوافق (الخرج لا يكون (1) إلا إذا اتفق الدخلان على (1))	الاختيار (الخرج يكون (1) إذا توفر (1) على أحد الدخلين)
الرمز			
الدائرة الكهربية المكافئة (المفتاح يمثل الدخل والمصباح يمثل الخرج)	 – مفتاح موصل على التوازى مع المصباح فى الدائرة. – عند فتح المفتاح يضىء المصباح وعند غلقه لا يضىء.	 – مفتاحان أو أكثر متصلان على التوالى مع المصباح فى الدائرة. – لا يضىء المصباح إلا إذا أُغلقت كل المفاتيح معًا.	 – مفتاحان أو أكثر متصلان على التوازى مع بعضهما فى الدائرة. – يضىء المصباح إذا أُغلق أى من المفاتيح أو كلها.

ملاحظة

* يمكن حساب عدد الاحتمالات (N) فى جدول التحقق من العلاقة :

$$N = 2^n$$

حيث (n) هى عدد المدخلات.

فمثلًا : – إذا كان للبوابة دخلان فإن عدد احتمالات الخرج = $2^2 = 4$

– إذا كان للبوابة ثلاثة مداخل فإن عدد احتمالات الخرج = $2^3 = 8$

مثال ١

استنتج جدول التحقق للدائرة المنطقية الآتية :



الحل

حدد أولًا خرج دائرة NOT ليكون

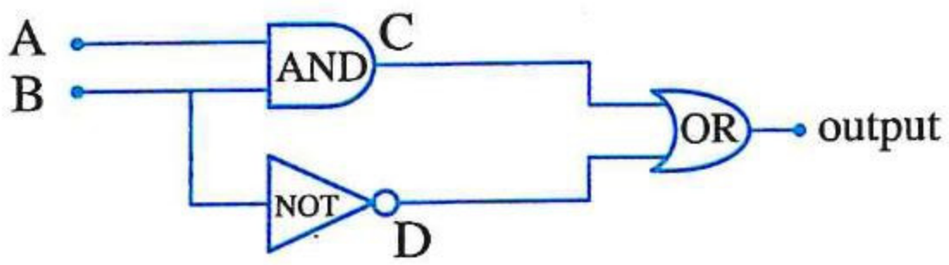
أحد دخلى دائرة OR

ثم أوجد خرج دائرة OR كما مبين بالجدول المقابل.

A	B	C (NOT)	output (OR)
0	0	1	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	1

مثـال ٢

أكمل جدول التحقق للدائرة المنطقية الآتية :



A	B	output
0	0	.....
0	1	.....
1	0	.....
1	1	.....

الحـــل

حدد أولًا خرجى الدائرتين AND ، NOT

ليكونا دخل لدائرة OR

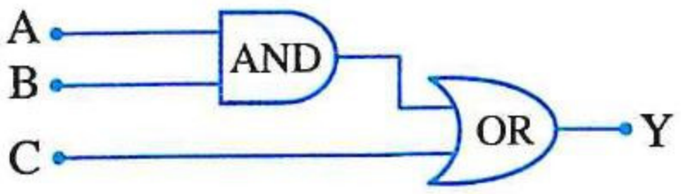
ثم أوجد خرج OR كما مبين بالجدول المقابل.

A	B	C (AND)	D (NOT)	output (OR)
0	0	0	1	**1**
0	1	0	0	**0**
1	0	0	1	**1**
1	1	1	0	**1**

مثـال ٣

اختر : فى البوابات المنطقية الموضحة لكى يكون الخرج Y = 1 ،

فإن قيم المدخلات A ، B ، C اللازمة لتحقيق ذلك هى .....

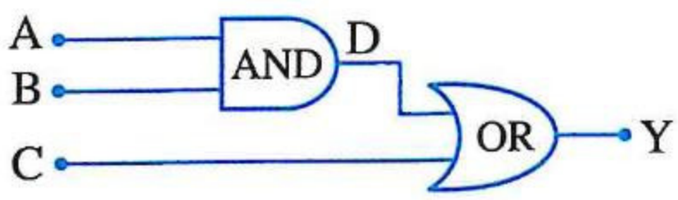


	A	B	C
(أ)	0	1	0
(ب)	0	0	0
(جـ)	1	0	1
(د)	1	1	0

الحـــل

حـدد أولًا خرج دائرة AND، ليكـون أحد دخلى دائرة OR

ثم أوجد خرج دائرة OR كما مبين بالجدول التالى :



	A	B	C	D	Y
(أ)	0	1	0	0	0
(ب)	0	0	0	0	0
(جـ)	1	0	1	0	1
(د)	1	0	0	0	0

∴ الاختيار الصحيح هو (جـ)

https://t.me/E5_G5

مثـال ٤

اختر : الشـكل المقابل يوضح دائرة منطقية، فإذا كان الخرج لهـا هـو (0) عندما يكون الدخـل على A ، B هو (0 ، 0) فإن البوابتين X ، Y هما على الترتيب .....



(أ) AND ، OR　　(ب) AND ، NOT　　(جـ) NOT ، NOT　　(د) OR ، NOT

الحـــل

من الشكل :

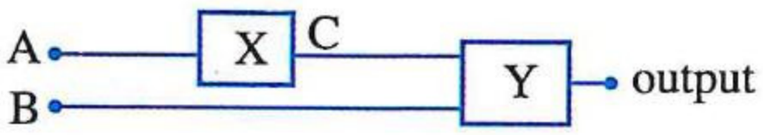
∵ البوابة (X) لها دخل واحد فقط.

∴ البوابة X هى بوابة NOT

∵ مدخلات البوابة Y هى (1 ، 0) والخرج هو (0).

∴ البوابة (Y) هى بوابة AND

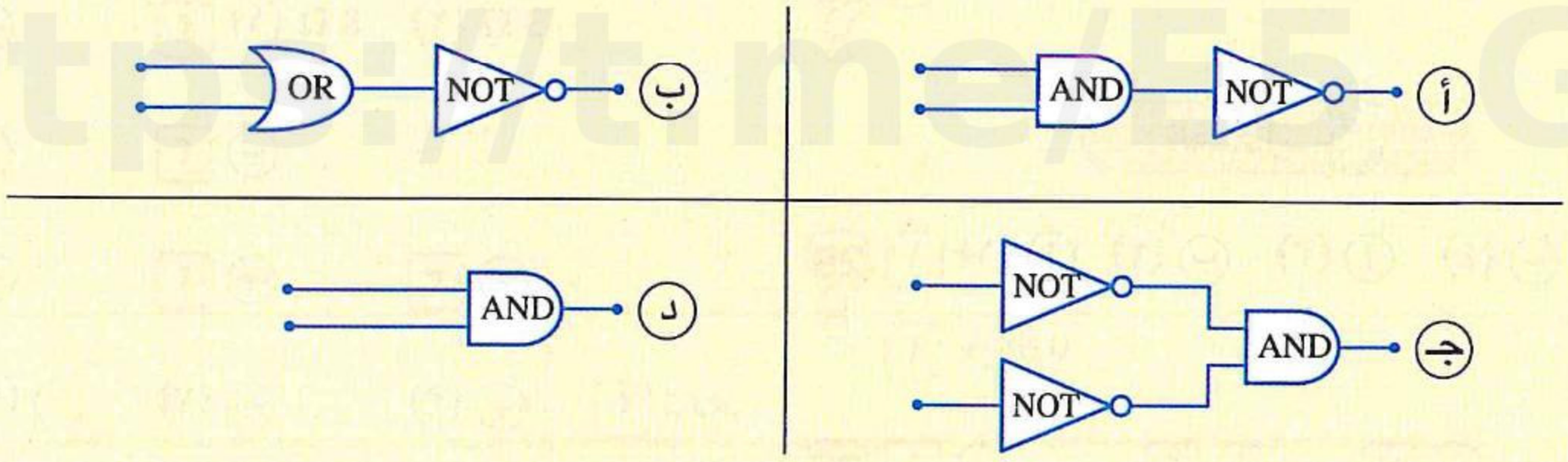
∴ الاختيار الصحيح هو (ب)



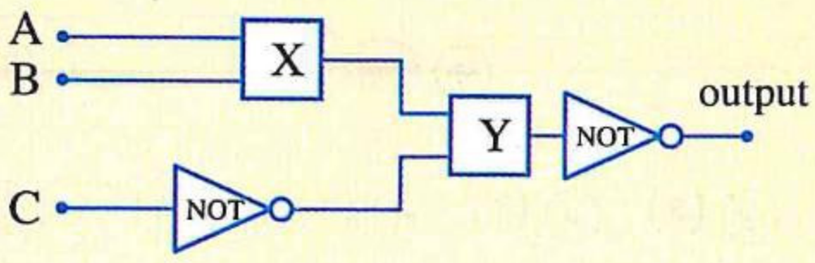
مجاب عنها

73 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ أى مما يأتى يعطى خرج High عندما يكون أحد الدخلين Low ؟



٢ يعطـى جـدول التحقق الذى أمامك بعـض قيم الدخل والخرج لدائرة البوابات الموضحة بالشكل، فإن البوابة X والبوابة Y هما .....



A	B	C	output
1	1	1	0
0	1	1	1

	البوابة X	البوابة Y
(أ)	AND	AND
(ب)	AND	OR
(جـ)	OR	AND
(د)	OR	OR

اختبر نفسك

https://t.me/ESG

إجابات أسئلة اختبر نفسك

إجابات الوحدة الأولى

الفصل 1

1 ١ جـ ٢ جـ ٣ ب

2 ١ أ ٢ −7 V

3 ١ د ٢ ب

4 ١ ب ٢ د

5 ١ أ ٢ جـ

6 ١ ب ٢ أ

7 ١ أ ٢ (١) ب (٢) جـ

8 ١ ب ٢ أ

9 ١ جـ ٢ (١) 8 Ω (٢) 3 Ω

10 ١ د ٢ ب

11 ١ جـ ٢ جـ ٣ جـ

12 ١ (١) د (٢) جـ (٣) ب ٢ تزداد

13 ١ أ ٢ جـ

14 د

15 جـ

16 ١ (١) د (٢) جـ (٣) د (٤) ب

٢ 22.35 V ٣ $I_1 = 2\ A$ ، $I_2 = 8\ A$

الفصل 2

17 ١ جـ ٢ جـ

18 ١ ب ٢ أ

19 ١ (١) أ (٢) ب (٣) ب ٢ $\frac{1}{2}$

20 ١ ب ٢ د ٣ د ٤ د

٥ د ٦ أ

21 ١ (١) جـ (٢) ب (٣) د ٢ 0.08 T

22 ١ (١) ب (٢) جـ ٢ 0.2 N

23 ١ جـ ٢ ب ٣ جـ ٤ جـ

24 ١ (١) د (٢) أ

٢ $40\ A.m^2$

25 $3\ deg/\mu A$

26 ١ جـ ٢ د ٣ د ٤ جـ

27 ١ ب ٢ ب ٣ جـ ٤ جـ

28 د

الفصل 3

29 ١ (١) أ (٢) ب (٣) أ (٤) ب (٥) جـ

٢ 0.88 V

30 ١ د ٢ أ ٣ أ ٤ ب

31 ١ أ ٢ جـ ٣ د

32 ١ (١) ب (٢) أ (٣) جـ ٢ 24 V

33 ١ جـ ٢ جـ ٣ ب

٤ جـ ٥ د

34 ١ (١) أ (٢) د ٢ 0.4 A

35 ١ ب ٢ (١) ب (٢) جـ

36 ١ أ ٢ (١) ب (٢) د

https://t.me/E5_GS

https://t.me/E5_C5

37 ١ (١) جـ (٢) جـ (٣) جـ

٢ (١) 95 % (٢) 0.4 A

38 ب

39 ١ أ ٢ د

الفصل 4

40 جـ

41 ١ 0° ٢ 0° ٣ 0°

42 ١ (١) أ (٢) أ (٣) د

٢ 0.159 H

43 ١ ب ٢ د ٣ جـ

44 ١ د ٢ د

45 ١ ب ٢ أ

46 ١ (١) د (٢) د (٣) ١- د ٢- أ

٢ (١) 90° (٢) 0°

47 ١ (١) جـ (٢) د (٣) ب (٤) د

٢ $\frac{\sqrt{10}}{5}$

48 ١ (١) د (٢) ب ٢ جـ ٣ ب

49 ١ (١) جـ (٢) أ (٣) ١- ب ٢- أ

٢ 45°

50 ١ د ٢ جـ ٣ ب

51 ١ (١) جـ (٢) جـ ٢ $\frac{1}{1}$

إجابات الوحدة الثانية

الفصل 5

52 ١ ب ٢ ب

53 ١ د ٢ (١) ب (٢) ب

54 ١ ب ٢ د ٣ أ

55 د

56 ١ ب

٢ (١) ب (٢) جـ (٣) أ

57 3.5×10^{20} photon/s

58 ١ أ ٢ د

59 ١ ب ٢ جـ

الفصل 6

60 د

61 ١ ب ٢ أ

62 جـ

63 ١ أ ٢ ب

الفصل 7

64 الفوتون z ، لأن طاقته تساوى الفرق بين طاقة المستوى المثار إليه الإلكترون (E_2) وطاقة أحد المستويات الأدنى من المستوى E_2

65 أ

66 ١ جـ ٢ ب

67 أ

الفصل 8

68 ١ جـ ٢ ب

69 أ

70 ١ (١) أ (٢) جـ (٣) ب (٤) جـ

٢ $I_{40\ \Omega} = 10\ mA$ ، $I_{60\ \Omega} = 0$

71 ١ (١) د (٢) ١- جـ ٢- د

٢ $4 \times 10^{-4}\ A$

72 ١ د ٢ جـ

73 ١ أ ٢ ب

هامد

سلسلة
الامتحان



للاطلاع على
امتحان شهادة إتمام الدراسة الثانوية العامة
" الشعبة العلمية - الفيزياء "

يمكنك مسح
"QR code"
المقابل :

تصريح وزارة التربية والتعليم رقم (١٠٤ - ١٤ - ١ - ٢٤)

https://t.me/E5_G5

https://t.me/E5_G5

2027

الفيزياء

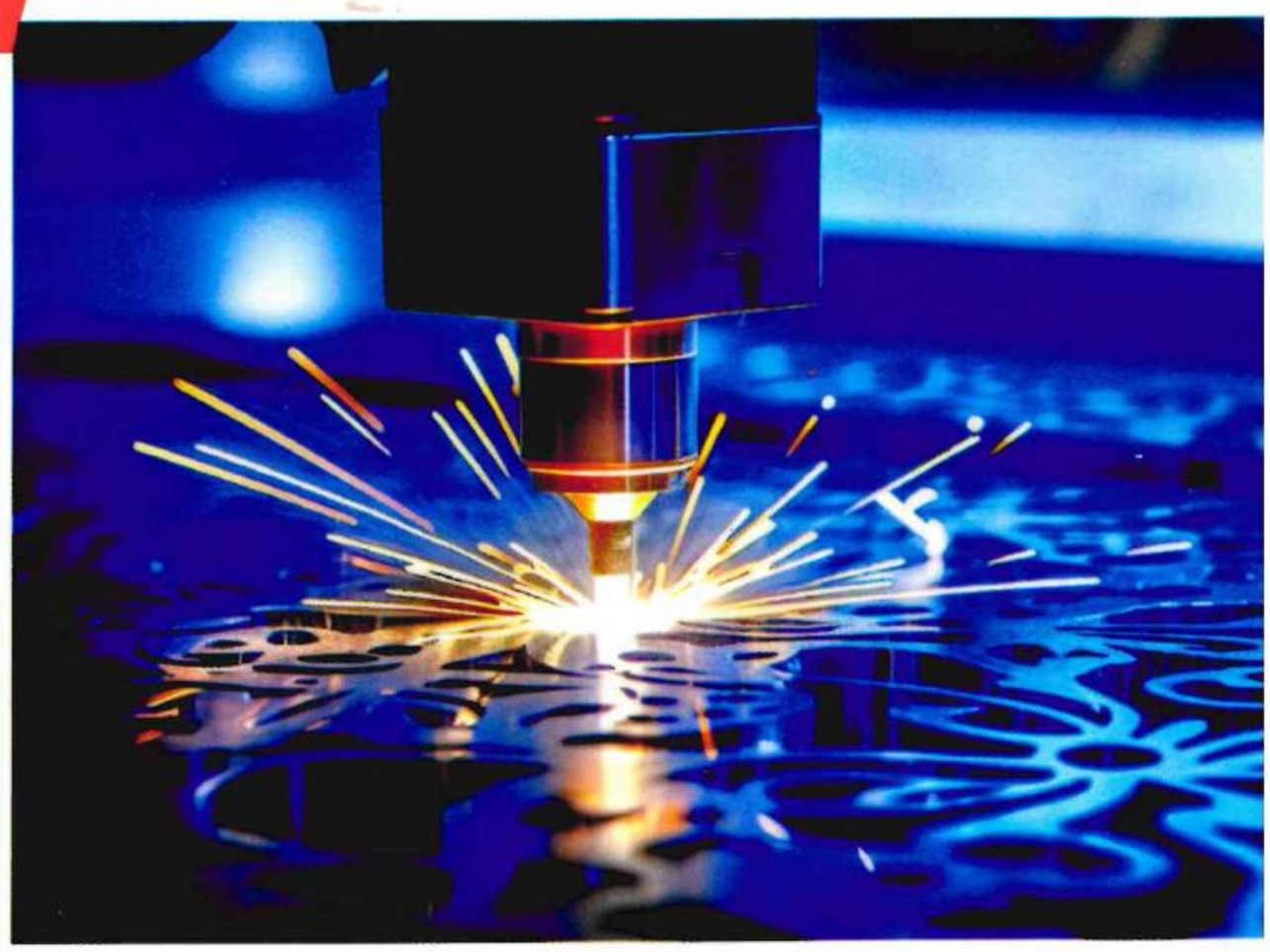
• أدخل كودك الشخصي الموجود على ظهر الغلاف
• لمزيد من المعلومات انظر صفحة ٣

الآن بجميع المكتبات

كتب الامتحان في

- الكيمياء • الأحياء
- التاريخ • الجغرافيا
- اللغة العربية

قريباً



كتاب بنك الأسئلة
والامتحانات التدريبية
للمراجعة النهائية

الآن بالمكتبات

كتب الامتحان
لا يخرج عنها أي امتحان

كتاب
الأسئلة والمسائل

GPS

الدولية للطبع والنشر والتوزيع
الفجالة - القاهرة
تليفون: ٢٥٨٨٥٥٨٥ - ٢٥٩٠٤٣٢٣ - ٠٢/ ٢٥٨٨٨٨٨٦
الخط الساخن ١٥٠١٤
www.gpseducation.com

6 223007 300322