التيار والمقاومة

12

United Arab Emirates
Ministry of Education

الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

الوحدة الخامسة 5

I ❤ PHYSICS

5

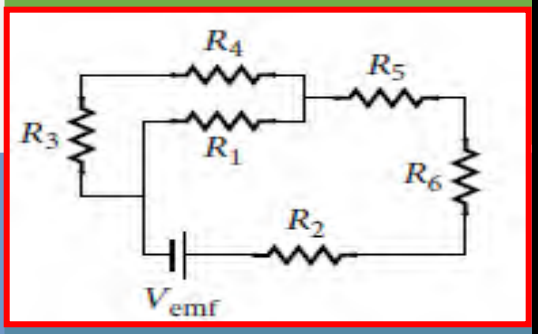
CURRENT AND RESISTANCE

الفيزياء

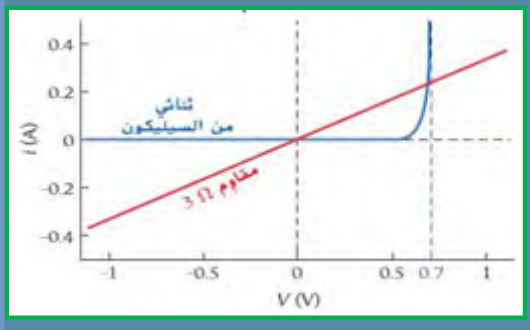
مع أسامة النحوي

الثاني عشر – متقدم

الفصل الدراسي الثاني



الاسم : .....



إعداد الأستاذ

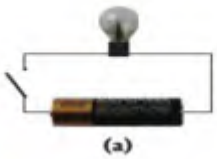
أسامة إبراهيم النحوي

0554543232

العام الدراسي 2018 -2019

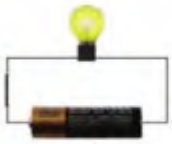
5.1 التيار الكهربائي

أنواع الدوائر الكهربائية حسب مرور التيار :


(a)

دوائر مفتوحة : هي الدوائر التي لا يمر بها التيار الكهربائي

دوائر مغلقة : هي الدوائر التي يمر بها التيار الكهربائي


(b)

(c)

التيار الإصطلاحي : هو حركة الشحنات الموجبة من القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب عبر الأسلاك ومن السالب إلى الموجب داخل البطارية . وهو عكس حركة حاملات الشحنة وهي الالكترونات السالبة . [بنفس إتجاه المجال الكهربائي]

√ توصيل المقاومات (المصابيح) على التوالي : الشكل (d)

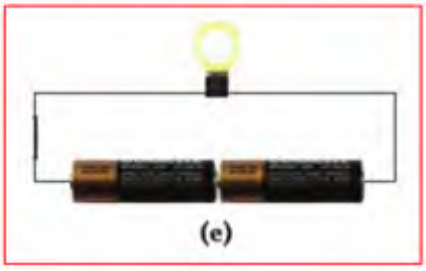
يضيء المصباحان بكثافة أقل بدرجة ملحوظة من إضاءة المصباح الواحد (بسبب نقصان التيار المتدفق من البطارية).

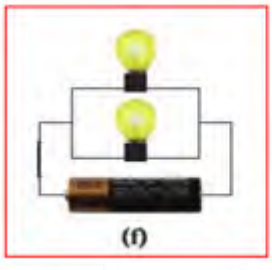
√ عند زيادة عدد البطاريات يزداد فرق الجهد مما يؤدي الى زيادة شدة الاضاءة الشكل (e)

√ توصيل المقاومات (المصابيح) على التوازي : الشكل (f)

استخدام أسلاك منفصلة لتوصيل المصابيح مما يؤدي الى إضائتها بنفس الشدة .(بسبب توزع التيار)

(d)


(e)


(f)

التيار الكهربائي (i)

مقدار الشحنة الكلية المارة عبر نقطة محددة في زمن محدد مقسومة على هذا الزمن

$$i = \frac{dq}{dt}$$

ويجب أن تكون حركة الالكترونات مرتبة باتجاه واحد وليست عشوائية الحركة .

$$q = \int dq = \int_0^t i\,dt$$

MR Osama Alnahawi

قانون حفظ الشحنة (مقدار الشحنة المتدفقة داخل أحد طرفي الموصل يساوي مقدار الشحنة الخارج من نفس الموصل)

وحدة قياس شدة التيار هي كولوم / ثانية ويطلق عليه اسم أمبير $1A=\frac{1C}{1S}$

أمثلة لتيارات كهربائية تتراوح بين 1PA و 10GA

10mA : كافية لانقباض العضلات الى درجة يعجز عندها الإنسان من إفلات السلك .

100mA : كافية لتوقف القلب .

التيار المستمر (DC) هو التيار المتدفق في اتجاه واحد ولا يتغير بتغير الزمن .

التيار المتردد (AC) تيار يغير من اتجاهه باستمرار مع مرور الزمن

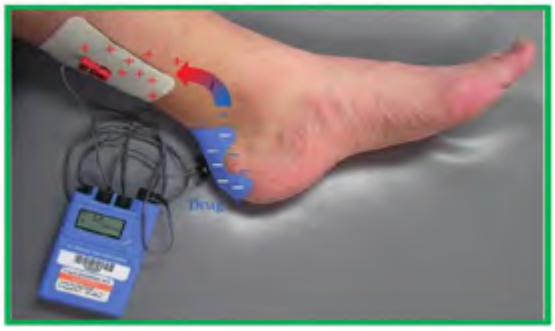
سؤال : تم تصنيف البطارية المثالية AA القابلة للشحن بمقدار 700mAh. ما المدة الزمنية التي يمكن لهذة البطارية خلالها تزويد تيار بمقدار 100μA ؟

MR Osama Alnahawi

مثال 5.1 الإرحال الأيوني

المسألة

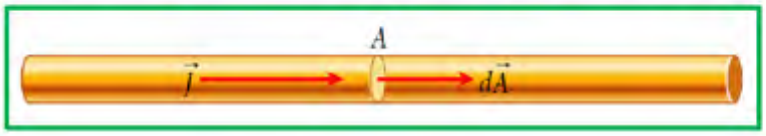
تريد إحدى المرضات إعطاء 80 µg من الديكساميثازون في كعب لاعب كرة القدم المصاب. إذا استخدمت جهاز الإرحال الأيوني الذي يستخدم تيارًا بمقدار 0.14 mA. كما هو موضح في الشكل 5.4. فما المدة التي يستغرقها إعطاء جرعة واحدة؟ افترض أنَّ الأداة لها معدل حقن مقداره 650 µg/C وأنَّ التيار يتدفق بمعدل ثابت.



5.2 كثافة التيار

كثافة التيار: هي التيار المتدفق (i) لكل وحدة مساحة (A) عبر الموصل .

$$J = \frac{i}{A}$$



يُعرف إتجاه $\vec{J}$ بأنه إتجاه السرعة المتجهه للشحنات الموجبة (أو الاتجاه المعاكس للشحنات السالبة) .

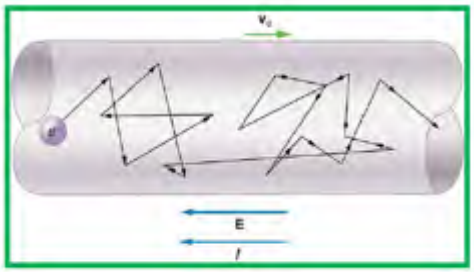
لذلك التيار المتدفق عبر المستوى هو $i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$

حيث تمثل $d\vec{A}$ عنصر المساحة التفاضلية للمستوى المتعامد .

سرعة الإنسياق ($\vec{V}_d$): هي متوسط سرعة الألكترونات بتأثير المجال الكهربائي .

❖ في الموصل الذي لايسري فيه تيار تتحرك الألكترونات بشكل عشوائي بسبب التصادمات بالإتجاه المقابل للمجال الكهربائي .

❖ تقدر سرعة الحركة العشوائية (التصادمات) بحوالي $10^6 m/s$ بينما سرعة الإنسياق بطيئة مقدارها $10^{-4} m/s$ أو أقل .



1. علل مايلي :

❖ سرعة الإنسياق قليلة جداً .

.....

❖ عندما يوصل مصباح مع بطارية يضيء المصباح مباشرة وبسرعة مع أن الإلكترون يتحرك ببطيء شديد.

.....

2. قارن بين حركة إلكترون في الفراغ وحركته داخل سلك فلزي تحت تأثير المجال الكهربائي .

3 اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1) سرعة الانسياق لحاملات الشحنة(الإلكترونات) داخل سلك فلزي يمر به تيار كهربائي هي :

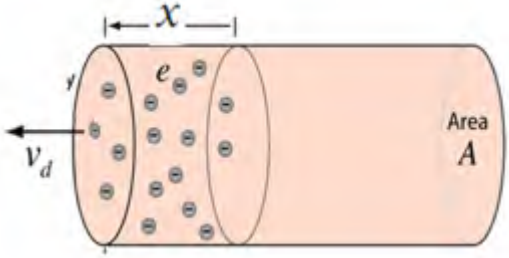
أ) سرعة الالكترونات بين تصادمين متتاليين ب) السرعة المتوسطة للالكترونات الحرة في السلك .

ج) سرعة البروتونات بين تصادمين متتاليين د) السرعة المتوسطة للذرات في السلك .

2) سرعة الانسياق للالكترونات الحرة داخل سلك فلزي يسري به تيار مستمر تكون :

أ) كبيرة جدا وباتجاه المجال الكهربائي ب) صغيرة جداً وبعكس اتجاه المجال الكهربائي

ج) كبيرة جداً وبعكس اتجاه المجال الكهربائي د) صغيرة جداً وباتجاه المجال الكهربائي



إذا كان لدينا موصل مساحة مقطعه العرضي A وتتحرك الالكترونات لمسافة X بزمن dt كما في الشكل .

وبافتراض أن الموصل يحتوي n من الكترونات التوصيل لكل وحدة حجم (V) .

- عدد الإلكترونات الكلي في السلك $n_e=nV=nAX$
- مقدار الشحنة $q=n_e*-e$ لان كل الكترون مشحون بشحنة -e

$$dq = -nev_d A\,dt$$

MR Osama Alnahawi

إذا التيار يساوي $i=\frac{dq}{dt}=-nev_dA$

حيث n هي كثافة الكترونات السلك = $\frac{\text{عدد الإلكترونات}}{\text{الحجم}}$

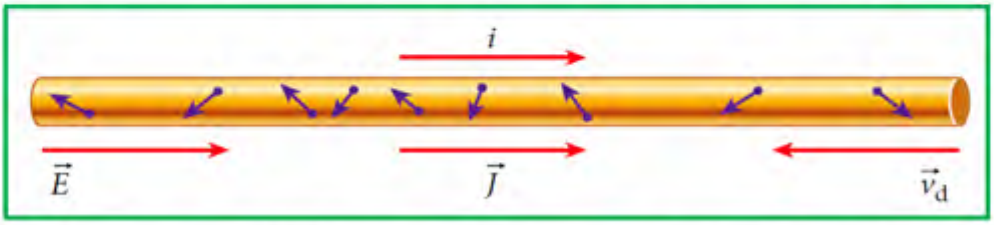
وكثافة التيار تساوي : $J=\frac{i}{A}=-nev_d$

وتحسب من العلاقة $n=\frac{N\rho NA}{M}$

ملاحظات مهمة :

1. متجهه سرعة الإنسياق موازي لمتجه كثافة التيار ومضاد له في الإتجاه.
2. إتجاه كل من **المجال الكهربائي** و**كثافة التيار** و**التيار** معاكس لاتجاه حاملات الشحنة من الالكترونات السالبة

(معاكس لاتجاه V_d)

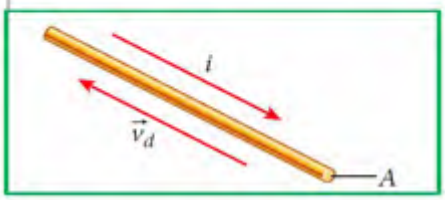


تتحرك الاكترونات في السلك من اليمين الى اليسار مسببةً تياراً من اليسار الى اليمين

مسألة محلولة 5.1 سرعة انسياق الإلكترونات في سلك نحاسي

المسألة

تلعب الآن لعبة "مدمر المجرات" على وحدة تحكم ألعاب الفيديو. تعمل وحدة تحكم الألعاب بجهد 12 V وتتصل بالوحدة الرئيسة عبر سلك نحاسي معيار 18 وطوله 1.5 m. وحينما تخلق بسفينتك الفضائية في المعركة، فإنك توجّه ذراع التحكم إلى الوضع الأمامي لمدة 5.3 s، مرسلاً تيارًا بمقدار 0.78 mA إلى وحدة التحكم. ما مقدار المسافة التي تحركتها الإلكترونات في السلك خلال هذه الثواني القليلة، في الوقت الذي عبرت سفينتك الفضائية على الشاشة نصف النظام النجمي؟



الجدول 5.2 عُدد الأقطار ومساحات المقاطع العرضية حسب المتفق عليه في معيار الأسلاك الأمريكي

المعيار AWG	d (in)	d (mm)	A (mm²)
18	0.0403	1.0237	0.8230

$\rho_{Cu}=8.96\ g/cm^3$

(كتلة المول الواحد)$M=63.5g$

(عدد أفوجادرو) $N_A=6.02\times10^{23}$

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

5.15 ماذا يمكن أن يحدث لسرعة إنسياق الإلكترونات في سلك ما إذا اختفت المقاومة بسبب الإصطدامات بين الإلكترونات والذرات في الشبكة البلورية للفلز ؟

5.16 لماذا تحترق المصابيح الضوئية عادة بمجرد تشغيلها بدلاً من أن يحدث ذلك أثناء إضاءتها ؟

5.28 كم عدد البروتونات في الحزمة التي تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء في معجل تيفاترون في مختبر فيرمبلاب وتحمل 11mA من التيار حول محيط طوله 6.3 Km لحلقة تيفاترون الرئيسة ؟

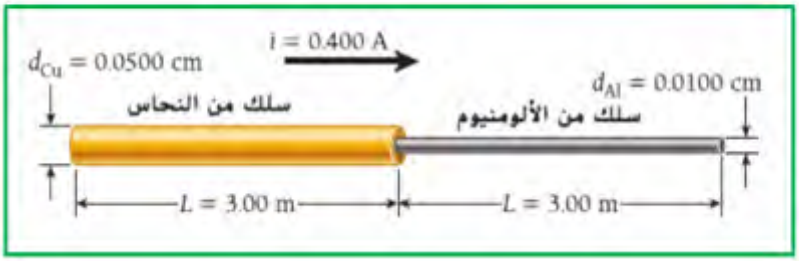
5.29 1. ما كثافة التيار في سلك من الألمنيوم نصف قطره 1.00mm ويحمل تياراً شدته 1.00mA ؟

2. ما سرعة إنسياق الإلكترونات التي تحمل هذا التيار ؟

علماً أن كثافة الألمنيوم $2.70X10^3\ kg/m^3$ ويحتوي المول الواحد من الألمنيوم على كتلة قدرها 26.98 g ويوجد الكترون موصل واحد في كل ذرة ألمنيوم .

MR Osama Alnahawi

5.30 سلك نحاسي قطره $d_{cu} = 0.0500cm$ وطوله 3.00m وله كثافة حامل شحنة تبلغ $8.50X10^{28}$ الكترون لكل متر^3. كما هو مبين في الشكل . تم توصيل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم له الطول نفسه وقطره $d_{Al} = 0.0100cm$ وله كثافة حامل شحنة تبلغ $6.02X10^{28}$ الكترون لكل متر^3. يتدفق تيار قدره 0.400A في السلك النحاسي .



a) ما نسبة كثافتي التيارين في السلكين J_{cu}/J_{Al} ؟

b) ما نسبة سرعتي الأنسياق في السلكين $V_{d\text{-}cu} / V_{d\text{-}Al}$ ؟

5.31 يتدفق تيار شدته 0.123mA في سلك من الفضة تبلغ مساحة مقطعه العرضي $0.923mm^2$.

a) أوجد كثافة الإلكترونات داخل السلك . مفترضاً وجود إلكترون توصيل واحد في كل ذرة فضة .

$P_{Ag}=10.49$ g/cm^3
(كتلة المول الواحد)M= 107.9g
(عند أفوجادرو) $N_A= 6.02x10^{23}$

b) أوجد كثافة التيار في السلك . مفترضاً أن التيار منتظم .

c) أوجد سرعة إنسياق الإلكترونات .

MR Osama Alnahawi

5.3 المقاومة النوعية والمقاومة

المقاومة الكهربائية (R) هي معاوقة الموصل لمرور التيار الكهربائي . بسبب تصادم الألكترونات مع ذرات الموصل .

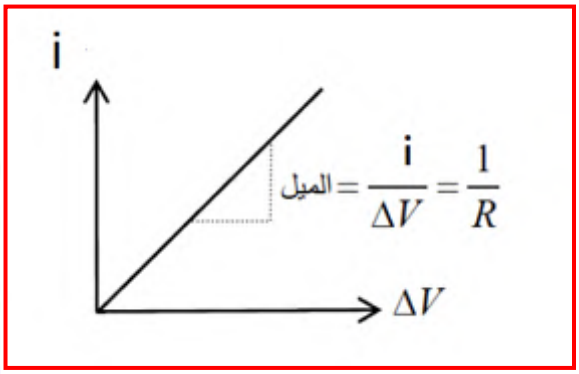
❖ كل الأسلاك والاجهزة الكهربائية مثل المصابيح والسخان والمكواة تعتبر مقاومات ويرمز لها بالرمز ~~~~

❖ يمكن حساب المقاومة من خلال قانون أوم حيث ينص :

((تتناسب شدة التيار تناسباً طردياً مع فرق الجهد وعكسياً مع المقاومة .))

$$i = \frac{\Delta V}{R}$$ أو بصيغة أخرى $$R = \frac{\Delta V}{i}$$

وحدة (R) هي الأوم (Ω) حيث $1\Omega = \frac{1V}{1A}$



المقاومة النوعية (ρ) : هي قياس مدى معاوقة المادة لتدفق التيار الكهربائي .

وتعتمد على المادة المصنوع منها والتصميم الهندسي لها .

ويمكن تعريفها بدلالة المجال الكهربائي E ومقار كثافة التيار الناتج J .

$$\rho = \frac{E}{J}$$

وتقاس بوحدة Ω.m

التوصيل (G)

وهو النسبة بين شدة التيار الكهربائي وفرق الجهد وتقاس بوحدة السيمنز (S) وتكافيء ($\frac{1}{\Omega}$)

$$G = \frac{i}{\Delta V} = \frac{1}{R}$$

الموصلية (σ) قدرة المواد على التوصيل وتقاس بوحدة $1-(\Omega\,m)$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

MR Osama Alnahawi

يمكن إيجاد مقاومة موصل من مقاومته النوعية وتصميمه الهندسي بالنسبة الى موصل من النحاس الذي طوله (L) وله مساحة مقطع عرضي ثابت (A) من المعادلة

$$\rho=\frac{E}{J}=\frac{\Delta V/L}{i/A}=\frac{\Delta V}{i}\frac{A}{L}=\frac{iR}{i}\frac{A}{L}=R\frac{A}{L}.$$

وينتج عن إعادة ترتيب الحدود تعبير المقاومة بدلالة المقاومة النوعية وطول السلك ومساحة المقطع العرضي .

$$R=\rho\frac{L}{A}.$$

سؤال : ما مقدار مقاومة سلك نحاسي **معيار 12** طوله **100.0m** يستخدم في توصيل المقابس الكهربائية في المنازل

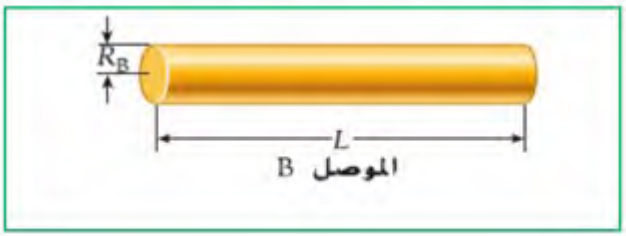
الجدول 5.2 تُحدد الأقطار ومساحات المقاطع العرضية حسب المتفق عليه في معيار الأسلاك الأمريكي

المعيار AWG	d (in)	d (mm)	A (mm²)
12	0.0808	2.0525	3.3088

مراجعة المفاهيم **5.1**

إذا تضاعف قُطر السلك ما الذي يحدث لمقاومته ؟

5.33 موصلان مصنوعان من المادة نفسها ومتساويان في الطول L. الموصل A عبارة عن أنبوب مجوف قطره الداخلي 2.00 mm وقطره الخارجي 3.00 mm؛ الموصل B عبارة عن سلك مصمت نصف قطره R_B. ما قيمة R_B اللازم توافرها للموصلين لتكون لهم المقاومة نفسها المقيسة بين طرفيهما؟



رموز المقاوم :

تصنع المقاومات عادةً من الكربون المغلف بالبلاستيك والمزود بأسلاك بارزة من الطرفين من أجل التوصيل الكهربائي ويتم التعرف على قيمتها من خلال الألوان الموجودة عليها باستخدام جدول الألوان التالي والأمثلة توضح الطريقة .

الأسود	0
البني	1
الأحمر	2
البرتقالي	3
الأصفر	4
الأخضر	5
الأزرق	6
الأرجواني	7
الرمادي	8
الأبيض	9
الذهبي	± 5%
الفضي	± 10%

تدريب 1

تدريب 2

ملاحظة :في حال عدم وجود شريط تكون نسبة الخطأ 20%

تدريب 3

فضي أحمر أرجواني أصفر

Yellow Violet Red Silver

4700 Ω +/- 10 % = 4230 - 5170 Ω

تدريب 4

سؤال 1

سؤال 2

سؤال 3

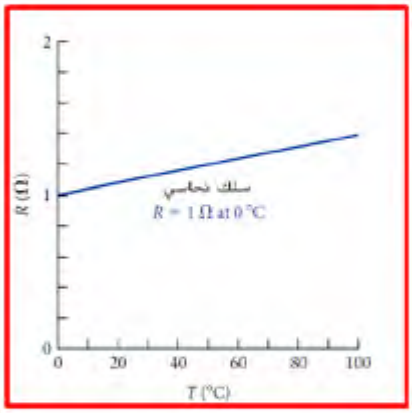
MR Osama Alnahawi

درجة الحرارة والموصلية الفائقة

تختلف قيم المقاومة النوعية (ρ) والمقاومة (R) باختلاف درجة الحرارة حسب المعادلات

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

$$R - R_0 = R_0 \alpha (T - T_0)$$



حيث يكون الإعتماد على درجة الحرارة خطياً في نطاق كبير من درجات الحرارة .

يمثل (α) معامل درجة حرارة المقاومة النوعية الكهربائية للموصل ويقاس بوحدة (C^{-1}) أو (K^{-1}) وهنا نتعامل مع فروق درجات الحرارة بالسيليزي أو الكلفن (لا يجوز استعمال فهرنهايت) .

مراجعة المفاهيم 5.2

إذا زادت درجة حرارة سلك نحاسي ($\alpha = 4 \times 10^{-3} k^{-1}$) مقاومته 100 Ω بمقدار 25K فإن المقاومة

a) ستزيد بمقدار 10Ω تقريباً .
b) ستزيد بمقدار 4m Ω تقريباً .
c) ستقل بمقدار 10Ω تقريباً .
d) ستقل بمقدار 4m Ω تقريباً .
e) ستبقى كما هي .

☺

الموصلات الفائقة : هي ظاهرة تؤول فيها المقاومة الكهربائية لبعض الفلزات الى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة وعندما تؤول المقاومة الى الصفر تصبح هذة الفلزات فائقة الموصلية .

سؤال : أذكر بعض التطبيقات والإستخدامات لظاهرة الموصلية الفائقة ؟

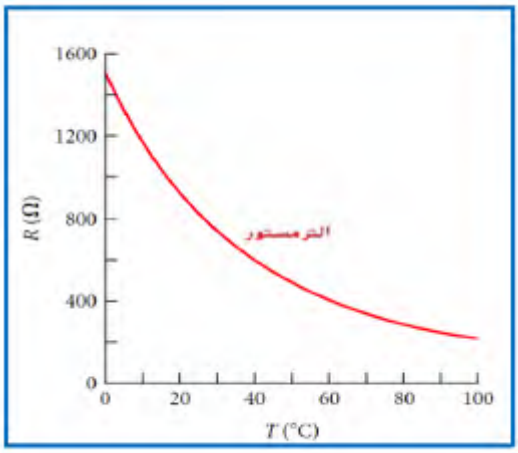
1. نقل الطاقة بدون ضياع أي جزء منها .
2. إنتاج مجالات مغناطيسية قوية تستخدم في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وفي القطارات السريعة جداً .

❖ من معوقات استعمال هذة المواد أنها تحتاج الى تبريد مستمر ويمكن تحقيق هذا الأمر باستعمال المبردات أو النيتروجين السائل .

MR Osama Alnahawi

الثيرموستور: جهاز شبه موصل تعتمد مقاومته بدرجة كبيرة على درجة الحرارة ويستخدم لقياس درجة الحرارة .

من خلال الشكل المقابل نلاحظ أن مقاومة الثيرموستور تنخفض كلما زادت درجة الحرارة وهذا يتناقض مع زيادة مقاومة السلك النحاسي بزيادة درجة الحرارة .



الأساس المجهري للتوصيل في المواد الصلبة

تكوّن ذرات الموصل الفلزي كالنحاس مصفوفة منتظمة تسمى الشبكة البلورية حيث تتمتع الإلكترونات الخارجية للذرات بحرية الحركة وعند تعرضها لمجال كهربائي تنساق الإلكترونات في الإتجاه المضاد لاتجاه المجال الكهربائي يرافقه حدوث تصادمات مع ذرات الموصل ونتيجة التصادمات ترتفع درجة حرارة الموصل ومع إرتفاعها تزداد التصادمات مما يسبب إعاقة لمرور التيار في الموصل فتقل الموصلية وتزداد المقاومية مما يعني زيادة المقاومة .

أما شبه الموصل فالإلكترونات الخارجية ليست حرة الحركة ولكي تتحرك يجب أن تحصل على مقدار كافٍ من الطاقة ومن هنا تكون لشبه الموصل مقاومة أعلى من الموصل الفلزي لاحتوائه على عدد أقل من الكترونات التوصيل وعند تسخينه تكتسب الكثير من الإلكترونات طاقة كافية للتحرك بحرية فكلما زادت درجة حرارة شبة الموصل تقل مقاومته .

5.34 ملف نحاسي مقاومته 0.100 Ω عند درجة حرارة الغرفة (20.0 °C).
ما مقاومته عند تبريد الغرفة إلى 100 °C−؟

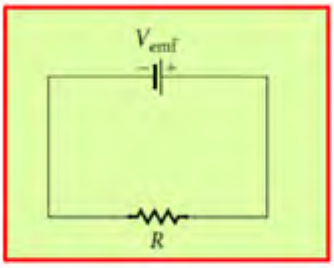
5.36 رقاقة مستطيلة من السيليكون النقي، مقاومتها النوعية $\rho = 2300\ \Omega\ m$ وأبعادها 2.00 cm، 3.00 cm، 0.0100 cm. أوجد أقصى مقاومة لهذه الرقاقة المستطيلة بين أي وجهين.

MR Osama Alnahawi

5.4 القوة الدافعة الكهربائية وقانون أوم

- مقدار الشغل الذي تبذله البطارية (المصدر) في نقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب الى القطب الموجب داخل المصدر . ويرمز له بالرمز emf وتقاس بوحدة (جول / كولوم) وتساوي فولت .
- يرمز لفرق الجهد الناتج عن جهاز القوة الدافعة الكهربائية بالرمز V_{emf} ويطلق عليه أحياناً اسم الفولتية أو فرق الجهد .
- تعرض البطاريات القابلة للشحن تصنيفاً بوحدة mAh (ملي أمبير ساعة) الذي يوفر معلومات عن الشحنة الكلية التي يمكن للبطارية توفيرها

$$1\text{mAh} = (10^{-3}\text{ A})(3600\text{ s}) = 3.6\text{ A.s} = 3.6\text{C}$$



يوفر جهاز القوة الدافعة الكهربائية فرق الجهد الذي يُكون التيار المتدفق عبر المقاوم لذلك يمكن كتابة قانون أوم بالصيغة التالية .

$$V_{emf} = iR.$$

<u>تقسم المقاومات الى قسمين :</u>

1. مقاومات أومية : وهي المقاومات التي يتناسب فيها التيار طردياً مع فرق الجهد مثل الأسلاك التقليدية والأجهزة الكهربائية .
2. مقاومات غير أومية : وهي المقاومات التي لا يتناسب التيار طردياً مع فرق الجهد على الإطلاق مثل الترانزستورات أو الصمام الثنائي

5.40 تم استخدام فرق جهد 12.0 V على سلك مساحة مقطعه العرضي 4.50 mm^2 وطوله 1000 km. يبلغ التيار المتدفق عبر السلك 3.20×10^{-3} A.

a) ما مقاومة السلك؟

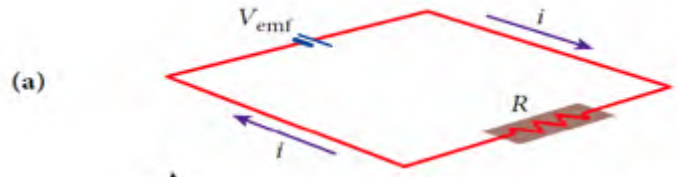
b) ما نوع هذا السلك؟

سؤال الاختبار الذاتي 5.2

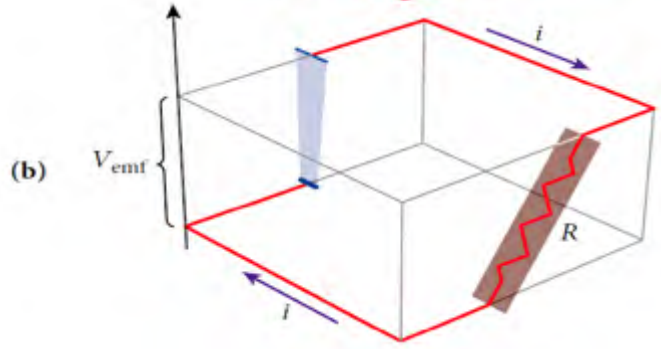
تم توصيل مقاوم مقاومته $R = 10.0\ \Omega$ بمصدر قوة دافعة كهربائية بفرق جهد $V_{emf} = 1.50$ V. ما التيار المتدفق عبر الدائرة؟

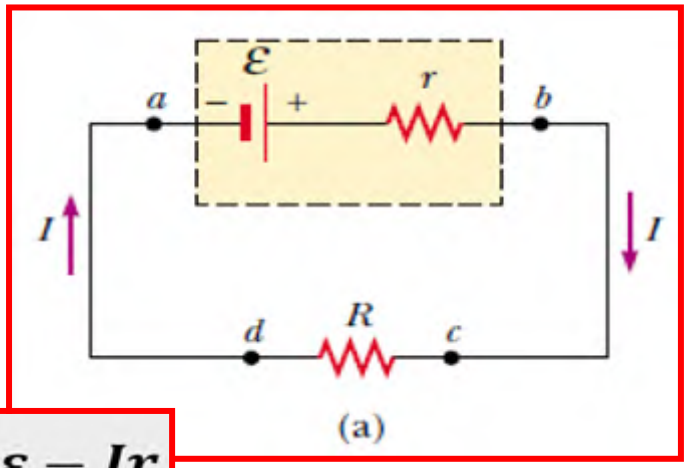
MR Osama Alnahawi

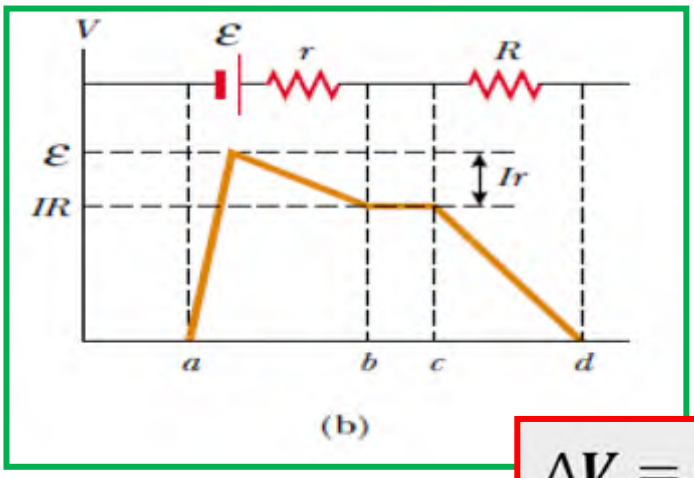
(a) تمثيل تقليدي لدائرة بسيطة بها مقاوم ومصدر قوة دافعة كهربائية .



(b) تمثيل ثلاثي الأبعاد مبيناً الجهد عند كل نقطة في الدائرة حيث يظهر التغير في جهد التيار في المقاوم ويسمى بـ انخفاض الجهد عبر المقاوم .







$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

مقاومة جسم الإنسان

تقاس مقاومة الجسم من اطراف أصابع إحدى اليدين إلى أصابع اليد الأخرى وتبلغ بالمتوسط

$$500\ K\Omega < R_{body} < 2\ M\Omega$$

*مصدر هذة المقاومة طبقات الجلد الخارجية الميتة .

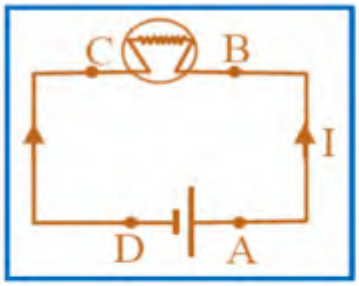
*تقل المقاومة إذا كان الجلد مبتلاً أو رطباً (تزداد القابلية للتوصيل) .

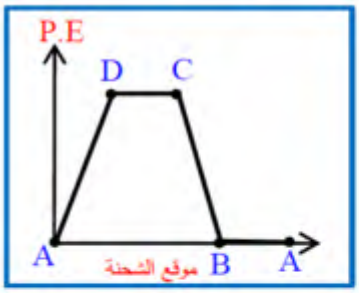
*إذا إخترق سلكاً وعاءً دموياً فستقل مقاومة الجسم لأن الدم ذو ملوحة عالية ومن ثم فإنه موصل جيد للكهرباء وبالتالي سيكون لفروق الجهد الصغيرة تأثير مميت .

** إذا مر تيار يزيد عن 100mA عبر عضلة القلب في الإنسان يمكن أن تسبب الوفاة .

MR Osama Alnahawi

تغيرات طاقة الوضع الكهربائية للشحنة السالبة أثناء حركتها خلال الدائرة الكهربائية



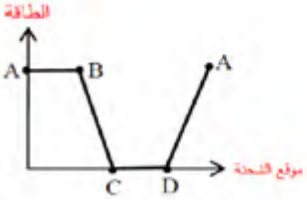


تدريب

سؤال 1

دائرة كهربائية مغلقة مكونة من العناصر (بطارية ، أسلاك توصيل مهملة المقاومة ، مصباح كهربائي)

مثلت تغيرات طاقة الوضع الكهربائية لشحنة موجبة أثناء حركتها خلال الدائرة فكانت كما يظهره الشكل المجاور معتمداً على الشكل أكمل الجدول التالي بما يناسب :

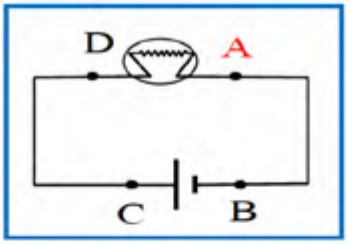


نقطتا التوصيل	B , A	C , B	D , C	A ,D
اسم العنصر				

سؤال 2

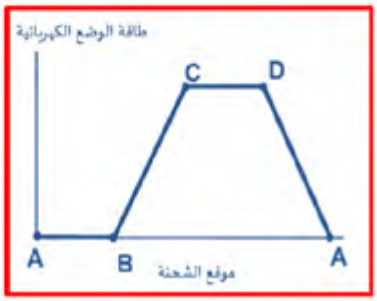
دائرة كهربائية مغلقة مكونة من العناصر (بطارية وأسلاك توصيل مهملة المقاومة ومصباح كهربائي)

ارسم تغيرات طاقة الوضع الكهربائية لإلكترون أثناء حركته خلال الدائرة مبتدءاً من النقطة A



يُظهر الشكل أدناه تمثيلاً لتغيرات طاقة الوضع الكهربائية لشحنة موجبة بدلالة موقعها أثناء انتقالها عبر دائرة كهربائية. مُتتبعاً التغيرات، أرسم الدائرة الكهربائية مُستخدماً رسوم العناصر المكونة لها.

سؤال 3



MR Osama Alnahawi

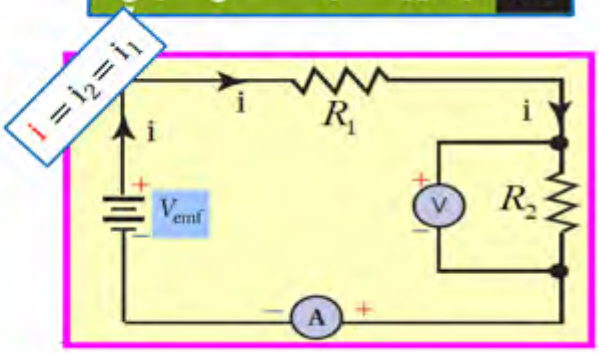
5.42 سلك نحاسي نصف قطره $r = 0.0250\ \text{cm}$، وطوله $3.00\ \text{m}$.
ومقاوميّته $\rho = 1.72\times10^{-8}\ \Omega\ \text{m}$، ويحمل تيارًا شدته $0.400\ \text{A}$، تبلغ كثافة حامل الشحنة للسلك 8.50×10^{28} إلكترون لكل متر^3.

a) ما المقاومة، R، للسلك؟

b) ما فرق الجهد الكهربائي، ΔV، عبر السلك؟

a) ما المجال الكهربائي، E، داخل السلك؟

5.5 توصيل المقاومات على التوالي



الجهد يتوزع $V_{emf} = \Delta V_1 + \Delta V_2$.

$$V_{emf} = iR_1 + iR_2.$$

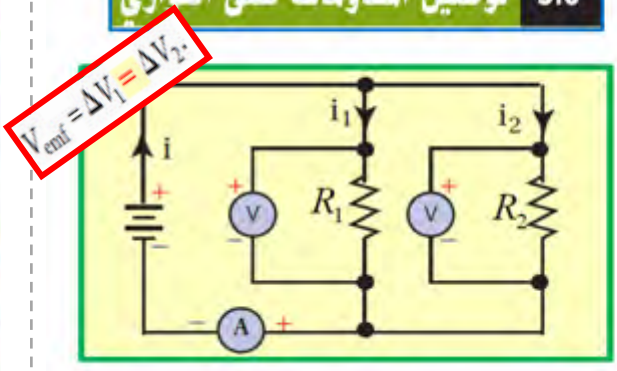
$$V_{emf} = iR_1 + iR_2 = iR_{eq},$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2.$$

المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة في الدائرة

المقاومات متساوية فإن : $R = nR_1$

5.6 توصيل المقاومات على التوازي



التيار يتوزع $i = i_1 + i_2$.

$$\frac{V_{emf}}{R_1} + \frac{V_{emf}}{R_2}$$

$$V_{emf}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right). = V_{emf}\left(\frac{1}{R_{eq}}\right).$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \qquad R_{eq} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\right)^{-1}$$

المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة في الدائرة

المقاومات متساوية فإن $R_{eq} = \frac{R_1}{n}$

MR Osama Alnahawi

مراجعة المفاهيم 5.3

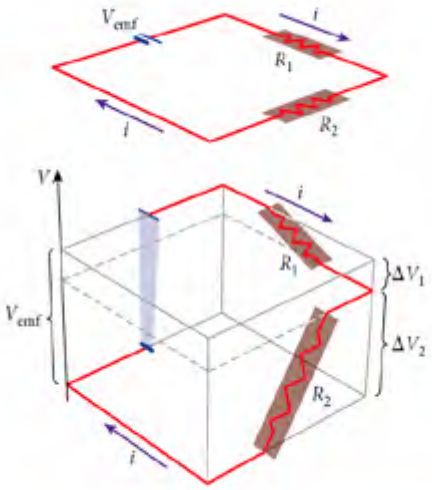
أي الآتية صحيح للمقاومتين في الشكل 5.13؟

a) $R_1 < R_2$

b) $R_1 = R_2$

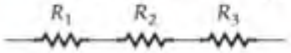
c) $R_1 > R_2$

d) المعلومات المعطاة في الشكل غير كافية لمقارنة المقاومتين.



مراجعة المفاهيم 5.4

تم توصيل ثلاث مقاومات متماثلة، R_1 و R_2 و R_3، معًا كما هو مبين في الشكل. تيار كهربائي يتدفق خلال ثلاث مقاومات. يساوي التيار المتدفق خلال R_2



a) التيار نفسه المتدفق خلال R_1 و R_3.

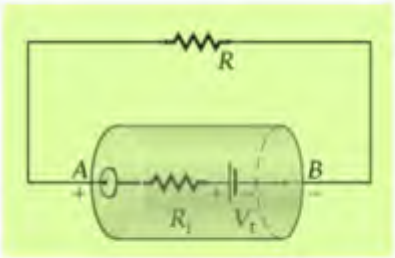
b) ثلث التيار المتدفق خلال R_1 و R_3.

c) ضعف التيار المتدفق خلال R_1 و R_3.

d) ثلاثة أضعاف التيار المتدفق خلال R_1 و R_3.

e) لا يمكن تحديده.

مثال 5.3 المقاومة الداخلية للبطارية



عند عدم اتصال البطارية في دائرة ما، يكون فرق الجهد عبر طرفيها V_t. عند توصيل البطارية على التوالي مع مقاوم له مقاومة R، يمر التيار i عبر الدائرة. عند تدفق التيار، تكون قيمة فرق الجهد، V_{emf}، عبر طرفي البطارية أقل من V_t. يحدث هذا الانخفاض لأنَّ البطارية لها مقاومة داخلية، R_i، والتي يمكن التفكير فيها كمقاومة متصلة على التوالي مع المقاوم الخارجي (الشكل 5.14). أي أنَّ:

$$V_t = iR_{eq} = i(R + R_i)$$

تمثل الأسطوانة الرمادية البطارية في الشكل 5.14. وتمثل النقطتين A وB طرفي البطارية.

المسألة

افترض أنَّ بطارية لها $V_t = 12.0\ V$ عند عدم اتصالها بالدائرة. عند اتصال مقاوم $10.0\text{-}\Omega$ بالبطارية، تنخفض قيمة فرق الجهد عبر طرفي البطارية إلى $10.9\ V$. ما قيمة المقاومة الداخلية للبطارية؟

MR Osama Alnahawi

مُقاوِم ذو مقطع عرضي غير ثابت

يمكن إيجاد مقاومة مقاوم طوله L و مساحة مقطعه العرضي تمثل دالة للموقع . A(X) أو مقاومته النوعية تتغير كدالة للموقع أيضاً ρ(X) . نُقسم المقاوم الى قطع صغيرة $\Delta\chi$ ونوجد مجموعها باستخدام التكامل

$$R=\int_0^L \frac{\rho(x)}{A(x)}dx.$$

مسألة محلولة 5.2 مِجس كهربائية الدماغ

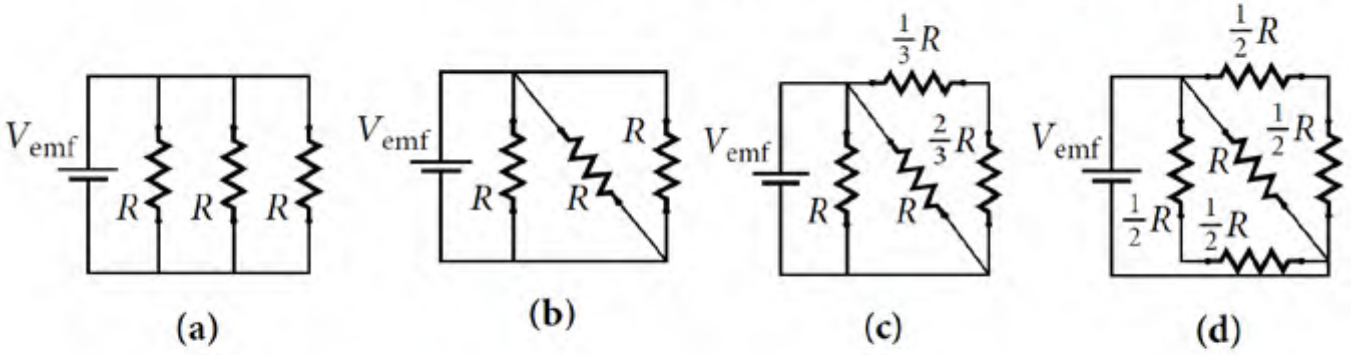
المسألة

إذا كان السلك المستخدم لإجراء تخطيط كهربائية قشرة الدماغ مصنوعًا من التنجستن بقطر 0.74 mm ويبلغ طول الطرف 2.0 mm وتم سحب الطرف ليبلغ قطره 2.4 µm. فما مقاومة الطرف؟ (وردت مقاومة التنجستن في الجدول 5.1 بقيمة $5.51 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$).

MR Osama Alnahawi

مراجعة المفاهيم 5.6

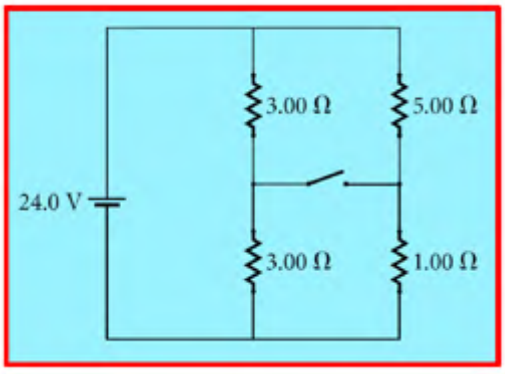
أي مجموعة من المقاومات لها المقاومة المكافئة الاعلى ؟



a) المجموعة (a)　　b) المجموعة (b)　　c) المجموعة (c)

d) المجموعة (d)　　e) المجموعات الأربع لها المقاومة المكافئة نفسها .

5.50 ما قيمة التيار في الدائرة الموضحة في الشكل عندما يكون



a) المفتاح مفتوحاً

b) المفتاح مغلقاً

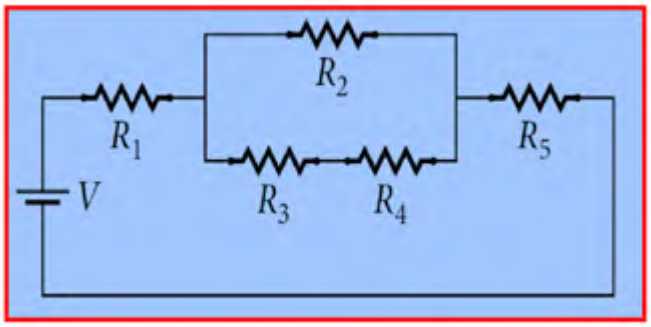
MR Osama Alnahawi

5.51 بالنسبة إلى الدائرة الموضحة في الشكل، $R_1 = 6.00\ \Omega$، $R_2 = 6.00\ \Omega$، $R_3 = 2.00\ \Omega$، $R_4 = 4.00\ \Omega$، $R_5 = 3.00\ \Omega$. وفرق الجهد يبلغ 12.0 V.

a) ما المقاومة المكافئة للدائرة؟

b) ما التيار المتدفق خلال R_5؟

c) ما انخفاض الجهد عبر R_3؟

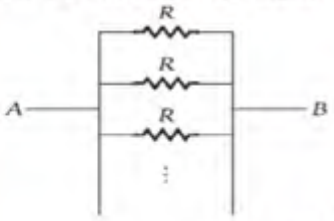


	التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
إضافة مقاومات أو أجهزة	إضافة مقاومة يؤدي إلى * زيادة المقاومة المكافئة . * نقصان شدة التيار . * نقصان فرق الجهد بين طرفي كل مقاوم	إضافة مقاومة يؤدي إلى * نقصان المقاومة المكافئة . * زيادة شدة التيار الكلي . * لا تتغير شدة التيار في كل مقاومة
ازالة مقاومات أو أجهزة	ازالة مقاومة يؤدي إلى * نقصان المقاومة المكافئة . * زيادة شدة التيار . * زيادة فرق الجهد بين طرفي كل مقاوم	إزالة مقاومة يؤدي إلى * زيادة المقاومة المكافئة . * نقصان شدة التيار الكلي . * لا تتغير شدة التيار في كل مقاومة

MR Osama Alnahawi

مراجعة المفاهيم 5.7

كلما أضيف المزيد من المقاومات المتطابقة، R، إلى الدائرة المبينة في الشكل، فإنّ المقاومة بين النقطتين A و B سوف



a) تزيد.

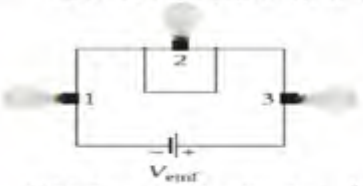
b) تظل كما هي.

c) تقل.

d) تتغير بشكل لا يمكن التنبؤ به.

مراجعة المفاهيم 5.8

تم توصيل ثلاثة مصابيح متوهجة على التوالي ببطارية تنتج فرق جهد ثابتًا، V_{emf}. عندما يتم توصيل سلك بالمصباح الكهربائي 2 كما هو مبين في الشكل، فإنّ المصباحين الكهربائيين 1 و3 سوف



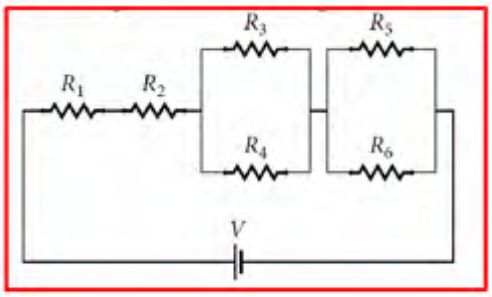
a) يضيئان بالسطوع نفسه كما كانا قبل توصيل السلك.

b) يضيئان بسطوع أكبر من سطوعهما قبل توصيل السلك.

c) يضيئان بسطوع أقل من سطوعهما قبل توصيل السلك.

d) ينطفئان.

5.53• تتكون دائرة كهربائية من مصدر قوة دافعة كهربائية يبلغ جهده $V = 20.0\ V$ وست مقاومات، كما هو مبين في الشكل، تم توصيل المقاومين $R_1 = 5.00\ \Omega$ و $R_2 = 10.00\ \Omega$ على التوالي. وتوصيل المقاومين $R_3 = 5.00\ \Omega$ و $R_4 = 5.00\ \Omega$ على التوازي معًا وعلى التوالي مع R_1 وR_2. وتوصيل المقاومين $R_5 = 2.00\ \Omega$ و $R_6 = 2.00\ \Omega$ على التوازي معًا وأيضًا على التوالي مع R_1 وR_2.



a) ماانخفاض الجهد عبر كل مقاوم؟

b) ما التيار المتدفق خلال كل مقاوم ؟

MR Osama Alnahawi

5.7 الطاقة والقدرة في الدوائر الكهربائية

القدرة الكهربائية (P) ناتج ضرب التيار في فرق الجهد

القدرة التي يوفرها مصدر القوة الدافعة الكهربائية يساوي القدرة المبددة في الدائرة الكهربائية

ويوجد صيغ مختلفة لقانون القدرة نوضحها تباعاً .

$$P = \begin{cases} i.V \\ i^2R & \text{التوالي} \\ V^2/R & \text{التوازي} \end{cases}$$

- وحدة قياس القدرة هي الواط (W) .
- أما وحدة قياس الطاقة الكهربائية المستهلكة في الاجهزة الكهربائية وفاتورة الكهرباء فهي كيلواواط ساعة (kWh) .
- تتحول الطاقة المبددة في المقاومات الى حرارة . وخصوصاً في المصابيح المتوهجة .

مثال 5.5 التأثير الحراري لمقاومة المصباح الكهربائي

مصباح كهربائي قدرته 100 W متصل على التوالي بمصدر قوة دافعة كهربائية $V_{emf} = 100$ V .
عند إضاءة المصباح الكهربائي، تبلغ درجة حرارة فتيل التنجستن 2520 °C.

المسألة

ما قيمة مقاومة فتيل التنجستن في المصباح في درجة حرارة الغرفة (20 °C)؟

MR Osama Alnahawi

نقل الطاقة عبر التيار المستمر عالي الجهد

يمكن حساب القدرة المبددة في خط نقل الطاقة الكهربائية من خلال المعادلة $P_{loss} = i^2R$

وبما أن مقاومة أسلاك النقل مصنوعة من النحاس تكون مقاومتها R ثابتة ومن ثم فإن خفض القدرة المبددة أو المفقودة أثناء النقل تعتمد على خفض التيار المنقول عن طريق نقل القدرة بفرق جهد عالٍ للغاية

$i = \frac{P}{\Delta V}$

يمكن الجمع بين تعبيري $i = \frac{P}{\Delta V}$ والقدرة المبددة $P_{loss} = i^2R$ للحصول على

$$P_{loss} = (P/\Delta V)^2 R = P^2R/(\Delta V)^2$$

تتناسب القدرة المبددة تناسباً عكسياً مع مربع فرق الجهد المستخدم لنقل الطاقة .

ملاحظة : 1. يجب تحويل التيار المتناوب (المتردد) الى تيار مستمر من أجل عملية نقل الطاقة ومن ثم تحويل التيار المستمر الى متناوب عند الوجهة المقصودة.

2. في العادة تستخدم محطات توليد الطاقة ونقلها تيارات مترددة لسهولة زيادة أو خفض فرق الجهد عبر المحولات ولكن من أهم عيوبها الفقدان الكبير للطاقة .

مسألة محلولة 5.4 أبعاد سلك نقل الطاقة

المسألة

تخيّل أنّك تصمم خط نقل الطاقة عبر التيار المستمر عالي الجهد من سد إيتايبو على نهر البارانا في البرازيل وباراجواي إلى مدينة ساو باولو في البرازيل. يبلغ طول خط الطاقة 800 km وينقل طاقة 6300 MW بفرق جهد يبلغ 1.20 MV. (يوضّح الشكل 5.22 خط تيار مستمر عالي الجهد).

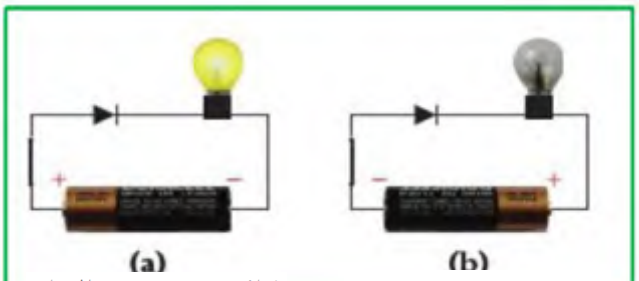
تتطلب شركة الطاقة الكهربائية ألا يُفقد أكثر من 25% من الطاقة أثناء نقلها. إذا كان الخط يتكون من سلك واحد مصنوع من النحاس وله مقطع عرضي دائري، فما أصغر قطر للسلك؟

MR Osama Alnahawi

5.8 الثنائي أحادي الاتجاه في الدوائر الكهربائية

الثنائي أحادي الإتجاه : عبارة عن جهاز الكتروني مصمم لتوصيل التيار في إتجاه واحد دون الإتجاه الآخر .

ويرمز له بالرمز

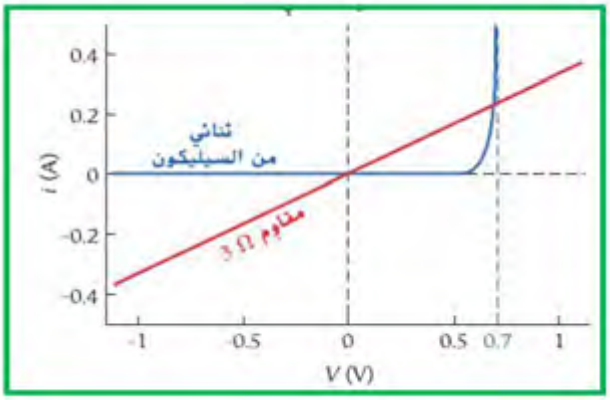


ثنائي **لا يسمح** بمرور التيار — ثنائي **يسمح** بمرور التيار

سؤال الاختبار الذاتي 5.4

افترض أن البطارية في الشكل المجاور لها فرق جهد 1.5V بين طرفيها وأن الثنائي مصنوع من السيلكون (0.7V) ما قيم انخفاض الجهد عبر الثنائي ومصباح الإضاءة في الجزأين (a) و (b).

رسم بياني يوضح العلاقة بين فرق الجهد والتيار



1. لمقاوم أومي (علاقة طردية مقاومته 3Ω) .عندما يكون فرق الجهد سالب يتدفق التيار بالإتجاه المعاكس .
2. ثنائي سيلكون أحادي الإتجاه لا يوصل أي تيار إذا كان الجهد سالب .وإذا كان أكبر من 0.7V سيوصل تيار

ومن الوصلات الثنائية المفيدة الثنائي الباعث للضوء (LED) الذي يعمل على تنظيم التيار في الدائرة ويبعث الضوء بطول موجي واحد . حيث تبعث الضوء بفعالية أكثر من المصابيح المتوهجة وتتراوح شدة الضوء فيها من 170 lm/W و 130 lm/W ولكن لا تزال اسعار هذة المصابيح عالية نسبياً .

MR Osama Alnahawi

شدة سطوع المصابيح تزداد شدة سطوع المصباح بزيادة القدرة التي يبددها	
التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
يفضل استخدام العلاقة $P = I^2 R$ حيث التيار ثابت يزداد السطوع بزيادة المقاومة	يفضل استخدام العلاقة $P = \frac{V^2}{R}$ حيث فرق الجهد ثابت يقل السطوع بزيادة المقاومة
إضافة مصباح آخر تزداد المقاومة الكلية للدائرة و تقل شدة التيار و يقل السطوع	إضافة مصباح آخر لا يتغير السطوع لعدم تغير فرق الجهد و التيار في المصباح
عند احتراق أحد المصابيح أو إزالة احدهما من مكانه فإن بقية المصابيح تنطفئ	عند احتراق أحد المصابيح أو إزالة احدهما من مكانه لا يتأثر سطوع بقية المصابيح

أسئلة الاختيار من متعدد

5.1 إذا زاد التيار خلال المقاوم بمعامل 2. فإلى أي مدى سيؤثر ذلك على القدرة المبددة؟

e) تظل بمعامل 4.
b) تزيد بمعامل 2.
c) تظل بمعامل 8.
d) تزيد بمعامل 4.

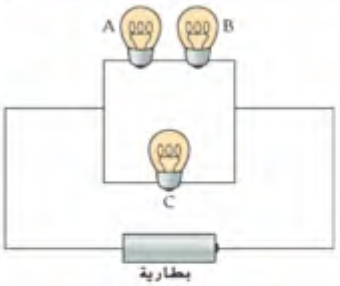
5.2 تقوم بتوصيل مقاومين على التوازي. المقاوم A له مقاومة كبيرة جدًا والمقاوم B له مقاومة صغيرة جدًا. ستكون المقاومة المكافئة لهذه المجموعة

a) أكبر بقليل من مقاومة المقاوم A.
b) أقل بقليل من مقاومة المقاوم A.
c) أكبر بقليل من مقاومة المقاوم B.
d) أقل بقليل من مقاومة المقاوم B.

5.3 سلكان أسطوانيان 1 و2 مصنوعان من المادة نفسها. ولهما المقاومة نفسها. إذا كان طول السلك 2 ضعف طول السلك 1. فما نسبة مساحة المقطع العرضي لكل منهما. A_1 و A_2؟

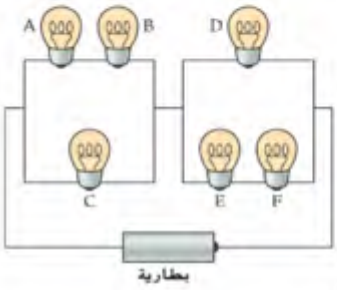
a) $A_1/A_2 = 2$
b) $A_1/A_2 = 4$
c) $A_1/A_2 = 0.5$
d) $A_1/A_2 = 0.25$

5.4 المصابيح الضوئية الثلاثة في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل كلها متطابقة. أي المصابيح الثلاثة يضيء بشكل أكثر سطوعًا؟



A (a
B (b
C (c
A و B (d
e) يتساوى الثلاثة في السطوع.

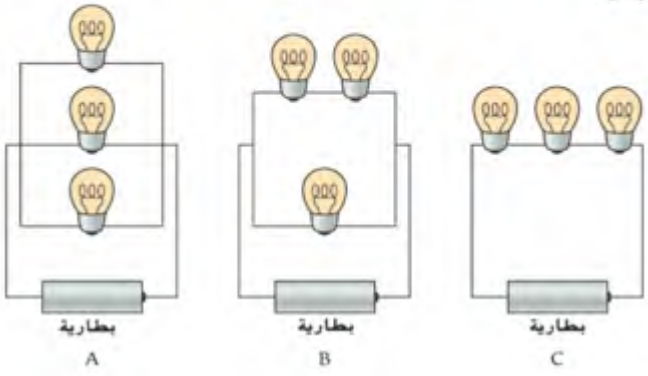
5.5 المصابيح الضوئية الستة في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل كلها متطابقة. ما الترتيب الذي يعبر بشكل صحيح عن السطوع النسبي للمصابيح؟ (ملاحظة: كلما زاد التيار المتدفق خلال المصباح الضوئي. زاد سطوعه!)



a) A = B > C = D > E = F
b) A = B = E = F > C = D
c) C = D > A = B = E = F
d) A = B = C = D = E = F

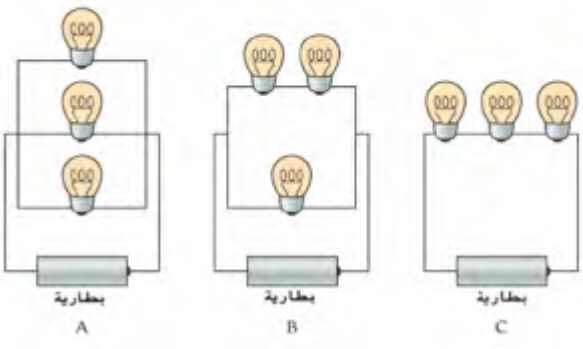
5.6 أي من ترتيبات المصابيح الضوئية الثلاثة المتطابقة الموضحة في الشكل يسحب مقدار التيار الأكبر من البطارية؟

A (a
B (b
C (c
d) يسحب الثلاثة تيارًا متساويًا.
e) يتعادل A و C في سحب أكبر تيار.



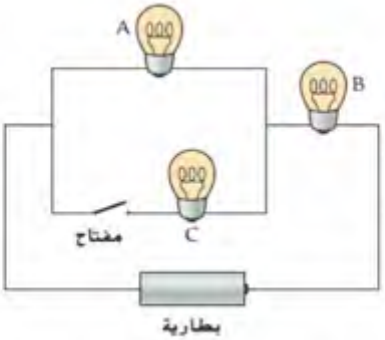
5.7 أي من ترتيبات المصابيح الضوئية الثلاثة المتطابقة الموضحة في الشكل له المقاومة الأعلى؟

A (a
B (b
C (c
d) الثلاثة لهم المقاومة نفسها.
e) يتعادل A و C في أن لهما أعلى مقاومة.



MR Osama Alnahawi

5.8 ثلاثة مصابيح ضوئية متطابقة متصلة كما هو موضح في الشكل. في البداية يكون المفتاح مغلقًا. عندما يكون المفتاح مفتوحًا (كما هو مبين في الشكل)، ينطفئ المصباح C. ماذا يحدث للمصباحين A و B؟



a) يصبح المصباح A أكثر سطوعًا، ويصبح المصباح B أقل سطوعًا.
b) يصبح كلا المصباحين A و B أكثر سطوعًا.
c) يصبح كلا المصباحين A و B أقل سطوعًا.
d) يصبح المصباح A أقل سطوعًا، ويصبح المصباح B أكثر سطوعًا.

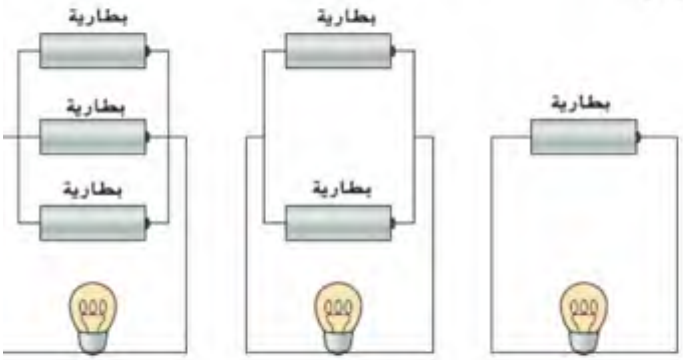
5.9 أي الأسلاك التالية يتدفق عبره تيار أكبر؟
a) سلك نحاسي طوله 1 m وقطره 1 mm متصل ببطارية 10 V
b) سلك نحاسي طوله 0.5 m وقطره 0.5 mm متصل ببطارية 5 V
c) سلك نحاسي طوله 2 m وقطره 2 mm متصل ببطارية 20 V
d) سلك نحاسي طوله 1 m وقطره 0.5 mm متصل ببطارية 5 V
e) يتدفق التيار نفسه عبر كل الأسلاك.

5.10 ينص قانون أوم على أنّ فرق الجهد عبر جهاز ما يساوي
a) التيار المتدفق عبر الجهاز مضروبًا في مقاومة الجهاز.
b) التيار المتدفق عبر الجهاز مقسومًا على مقاومة الجهاز.
c) مقاومة الجهاز مقسومة على التيار المتدفق عبر الجهاز.
d) التيار المتدفق عبر الجهاز مضروبًا في مساحة المقطع العرضي للجهاز.
e) التيار المتدفق عبر الجهاز مضروبًا في طول الجهاز.

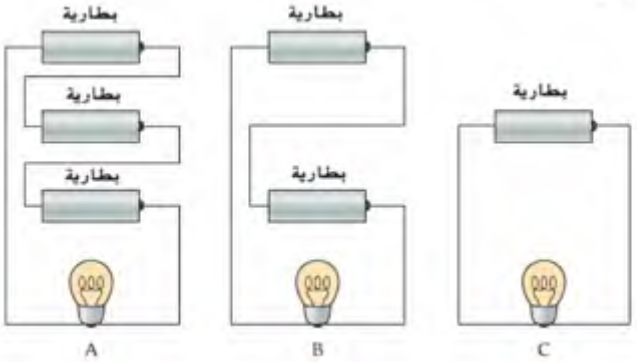
5.11 مجال كهربائي ثابت محفوظ داخل شبه موصل ما. كلما انخفضت درجة الحرارة، فإنّ مقدار كثافة التيار داخل شبه الموصل
a) تزيد.
b) تظل كما هي.
c) تقل.
d) ربما تقل أو تزيد.

5.12 أي العبارات التالية غير صحيحة؟
a) يكون التيار المتدفق عبر أجهزة إلكترونية متصلة على التوالي متساويًا.
b) يكون التيار المتدفق عبر أجهزة إلكترونية متصلة على التوازي متساويًا.
c) يتدفق المزيد من التيار عبر المقاومة الأصغر عند توصيل مقاومان على التوازي.
d) يتدفق المزيد من التيار عبر المقاومة الأصغر عند توصيل مقاومان على التوالي.

5.13 تم توصيل بطاريات متطابقة بالمصباح الضوئي نفسه بثلاثة ترتيبات مختلفة كما هو مبين في الشكل. افترض أنّ البطاريات ليست لها مقاومة داخلية. بأي ترتيب سيكون المصباح الكهربائي أكثر سطوعًا؟
a) A
b) B
c) C
d) سيكون للمصباح السطوع نفسه في الترتيبات الثلاثة.
e) لن يضيئ المصباح في أي من الترتيبات.



5.14 تم توصيل بطاريات متطابقة بالمصباح الضوئي نفسه بثلاثة ترتيبات مختلفة كما هو مبين في الشكل. افترض أنّ البطاريات ليست لها مقاومة داخلية. بأي ترتيب سيكون المصباح الكهربائي أكثر سطوعًا؟
a) A
b) B
c) C
d) سيكون للمصباح السطوع نفسه في الترتيبات الثلاثة.
e) لن يضيئ المصباح في أي من الترتيبات.



إجابات مراجعة المفاهيم – الوحدة 5 – التيار والمقاومة – 12 متقدم							
5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
e	a	a	a	a	e	c	b

إجابات الإختيار من متعدد (139-140) الوحدة 5 – التيار والمقاومة – 12 متقدم													
5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14
d	d	c	c	c	a	c	a	c	a	c	d	d	a

MR Osama Alnahawi