الفصل السابع
Chapter Seven

التيار الكهربائي والمقاومة
Current And Resistance

obeikandl.com

obeikandl.com

مسألة (7.1) *Problem*

تم لحم نهاية سلك من الألومنيوم قطره ($2.5\ cm$) مع نهاية سلك آخر من النحاس قطره ($1.8\ mm$). إذا كانت قيمة التيار المستقر المار عبر هذه المجموعة تساوي ($1.3\ A$). أوجد كثافة التيار في كل من السلكين ؟

الحل *Solution*

1- الألومنيوم

$$\vec{J}_{Al} = \frac{i}{A_{Al}}$$

$$= \frac{1.3\ A}{4.61 \times 10^{-6}\ m^2} = 2.6 \times 10^5\ A/m^2$$

2- النحاس

$$J_{cu} = \frac{i}{A_{cu}}$$

$$= \frac{1.3\ A}{2.54 \times 10^{-6}\ m^2} = 5.1 \times 10^5\ A/m^2$$

وهذا مثال فقط لتوضيح فكرة كثافة التيار واعتمادها على مساحة المقطع (A) إلا أن حقيقة اختلاف المادتين لم تؤخذ بعين الاعتبار هنا.

مسألة (7.2) *Problem*

سلك من النحاس نصف قطره ($0.9\ mm$) يمر خلاله تيار كهربائي مقداره ($1.3\ A$). أوجد سرعة الانسياق ($\vec{v}_d$) للألكترونات الموصلة ؟

الحل *Solution*

سرعة الانسياق يمكن إيجادها من العلاقة :

$$v_d = \frac{J}{ne}$$

obeikandl.com

في معدن النحاس يوجد تقريباً ألكترزن موصل واحد تساهم به الذرة الواحدة، وعليه فإن (n) في هذه الحالة هو نفس عدد الألكترونات لوحدة الحجوم، أي أن :

$$\frac{n}{N_A} = \frac{\rho}{M}$$

$$OR: \frac{atoms/m^3}{atoms/mol} = \frac{mass/m^3}{mass/mol}$$

حيث : (N_A) هو عدد أفوكادرو، (ρ) كثافة النحاس، (M) الكتلة المولرية للنحاس.

$$n = \frac{N_A \rho}{M} = \frac{(6.02 \times 10^{23} mol^{-1})(9.0 \times 10^3 kg/m^3)}{64 \times 10^{-3} kg/mol}$$

$$= 8.47 \times 10^{28} \ electrons/m^3$$

$$v_d = \frac{5.1 \times 10^5 \ A/m^2}{(8.47 \times 10^{28} \ \frac{electrons}{m^3})(1.6 \times 10^{-19} \ \frac{C}{electrons})}$$

$$= 3.8 \times 10^{-5} \frac{m}{s} = 14 \ cm/s$$

مسألة (7.3) *Problem*

شريحة من السليكون عرضها $(W = 3.2 \ mm)$ وسماكتها $(t = 250 \mu \ m)$ يمر خلالها تيار $(i = 5.2 \ m \ A)$، وكما هو معلوم فإن السيليكون إذا طعم بشوائب من الفوسفور فإننا نحصل على بلورة من النوع السالب *n-type semiconductor*، وقد أدت عملية التطعيم إلى زيادة كبيرة في الشحنات السالبة عند مقارنة البلورة ببلورة السيليكون النقية، حيث كانت $(n = 1.5 \times 10^{23} m^3)$:

1- أوجد كثافة التيار $(\vec{J})$.

2- أوجد سرعة الانسياق $\vec{v}_d$.

obeikandl.com

الحل *Solution*

-1 $$\vec{J} = \frac{i}{Wt}$$

حيث $$A = Wt$$

$$\vec{J} = \frac{5.2 \times 10^{-3}\, A}{(3.2 \times 10^{-3}\, m)(250 \times 10^{-6}\, m)} = 6500 A/m^2$$

-2 $$v_d = \frac{J}{ne}$$

$$= \frac{6500\ A/m^2}{(1.5 \times 10^{23}\, m^3)(1.60 \times 10^{-19} C)}$$

$$= 0.27\ m/s = 27\ cm/s.$$

مسألة (7.4) *Problem*

سلك من النحاس نصف قطره $(0.9\ mm)$، يسري خلاله تيار ثابت قدره $(1.3\ A)$، ما هي شدة المجال الكهربائي داخل الناقل النحاسي ؟

الحل *Solution*

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

ولكن $$J = \frac{i}{A}$$

$$= \frac{1.3\ A}{2.54 \times 10^{-6}\, m^2}\ 5.1 \times 10^5\, A/m^2$$

أما (ρ) مقاومية النحاس فكما هو واضح من الجداول تساوي $(1.69 \times 10^{-8} \Omega.m)$.

obeikandi.com

$$E = (1.69 \times 10^{-8}\,\Omega.m)(5.1 \times 10^{5}\,A/m^2)$$

$$= 8.6 \times 10^{-3}\,V/m.$$

مسألة (7.5) *Problem*

قضيب نحاسي طوله $(2.0\ m)$ وقطره $(8.0\ mm)$، ومقاوميته تساوي $(1.756 \times 10^{-8}\,\Omega.m)$. أوجد مقاومة القضيب.

الحل *Solution*

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

ولكن (A) هي مساحة المقطع العرضي للقضيب، وهي بطبيعة الحال عبارة عن دائرة، إذن :

$$A = \pi\, r^2$$

حيث $r = 4\ mm$ وهي عبارة عن نصف القطر .

$$A = \left(\frac{22}{7}\right)(4 \times 10^{-3}\,m)^2 = 5.03 \times 10^{-5}\,m^2$$

$$R = 1.765 \times 10^{-8}\,\Omega.m\ \frac{2.0\,m}{5.03 \times 10^{-5}\,m^2}$$

$$= 7.02\ \Omega.$$

مسألة (7.6) *Problem*

ملف نحاسي معزول تبلغ مقاومته $(3.33\ \Omega)$ عند درجة الحرارة $(20^o\ C)$، أوجد مقاومته عند درجة الحرارة $(50^o\ C)$، إذا كانت قيمة معامل المقاومة الحراري : $(\alpha = 4.26 \times 10^{-4}\,K^{-1})$.

obeikandl.com

الحل *Solution*

$$R_t = R_0(1+\alpha\, t)$$

$$R_t = R_{50^o C}$$

حيث :

$R_0 = R_{20^o C} = 3.35\ \Omega$ درجة حرارة الغرفة.

$$\therefore\ t = 50^o C$$

$$\alpha = 4.26 \times 10^{-4} K^{-1}$$

$$R_{50^o C} = 3.35\ \Omega(1 + 4.26 \times 10^{-4} K^{-1}\, 323\ K)$$

$$= 3.811\ \Omega.$$

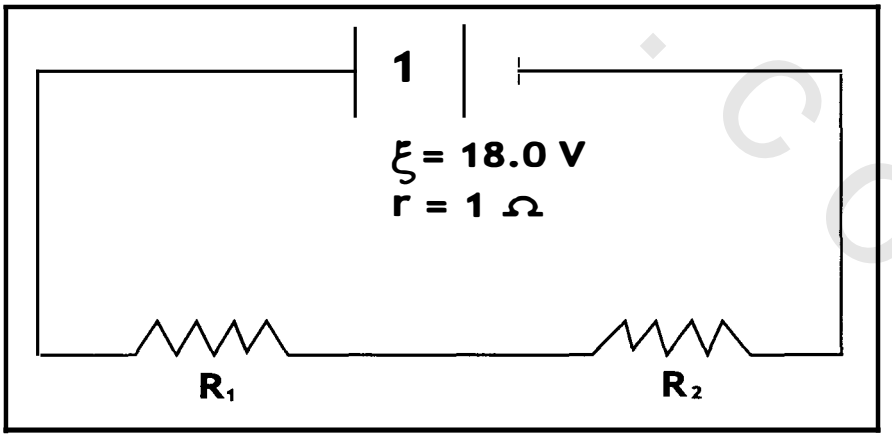
مسألة (7.7) *Problem*

مقاومتان (R_1=12 Ω) و (R_2= 5 Ω) وصلتا على التوالي " انظر الشكل (7.1) "، ببطارية قوتها الدافعة الكهربائية ($\xi = 18\ V$) ومقاومتها الداخلية ($r = 1\ \Omega$).

1- أوجد قيمة التيار المار في الدائرة .

2- أوجد فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

3- أوجد فرق الجهد الطرفي للبطارية عندما تقوم بإرسال التيار الكهربائي .



شكل (7.1)، المسألة (7.7)

الحل *Solution*

$$i = \frac{\sum \xi}{\sum R} \qquad -1$$

$$= \frac{18.0\,V}{(12+5+1)\,\Omega} = \frac{18.0\,V}{18.0\,\Omega}$$

$$= 1.0\,A$$

$$V_1 = iR_1 = (1.0\,A) \times (120\,\Omega) = 12.0\,Volt \qquad -2$$

$$V_2 = iR_2 = (1.0\,A) \times (5.0\Omega) = 5.0\,Volt$$

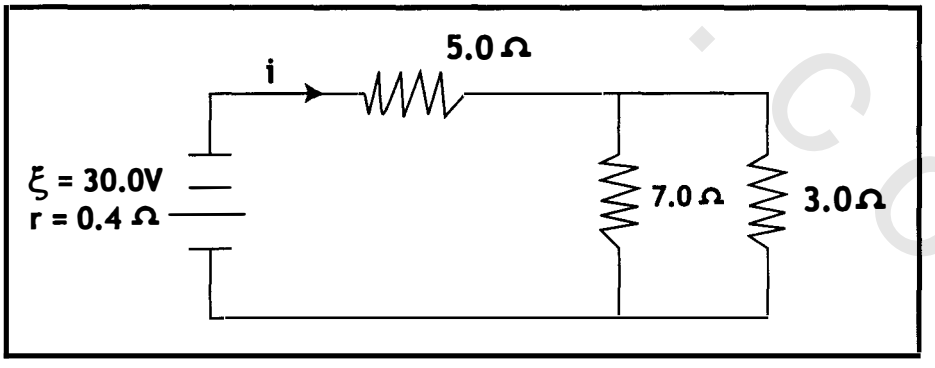
3- فرق الجهد هو القيمة الفعلية لفرق الجهد بين قطبي البطارية في حالة إرسالها للتيار الكهربائي، إذ يتم من الناحية العملية فقدان مقدار من الجهد داخل البطارية عندما ترسل التيار الكهربائي بسبب امتلاكها لمقاومة داخلية، المقاومة الداخلية في هذه المسألة هي (r) وتساوي ($1\,\Omega$) .

V_T = فرق الجهد الطرفي $\Leftarrow$ $V_T = \xi - ir$

$$= 18.0\,V - 1.0\,A\,10\,\Omega = 17\,Volt.$$

مسألة (7.8) *Problem*

لديك الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (7.2) :



شكل (7.2)، المسألة (7.8)

أوجد شدة التيار المار في الدائرة ؟

الحل *Solution*

هذه المسألة تطبيق مباشر على قانون أوم، ولكن في حالة وجود أكثر من مقاومة، وكذلك وجود المقاومة الداخلية (r) للبطارية. بملاحظة المقاومتين ($3.0\,\Omega$ و $7.0\,\Omega$) نجد أنهما موصلتان على التوازي، إذن :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3.0} + \frac{1}{7.0} = \frac{10}{21}$$

يعطي المقاومة المكافئة لهما.

$$R_{eq} = \frac{21}{10} = 2.1\,\Omega$$

هذه المقاومة موصولة مع المقاومة الأخرى ($5.0\ \Omega$) على التوالي، وبملاحظة المقاومة الداخلية للبطارية نجد أن المقاومة الكلية في الدائرة هي :

$$R_{tot} = 2.1\,\Omega + 5.0\,\Omega + 0.4\Omega$$

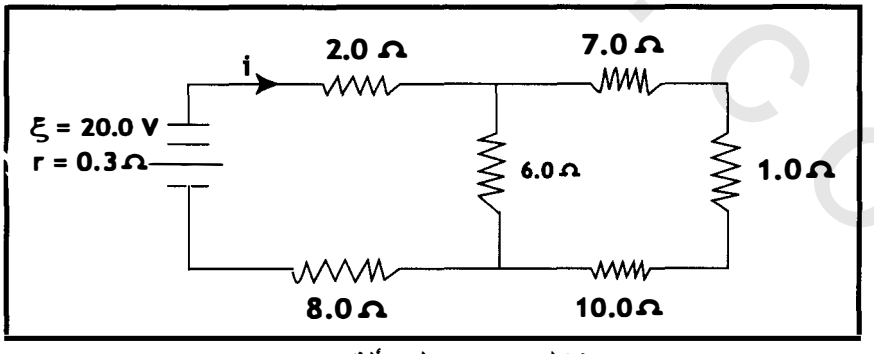
$$= 7.5\,\Omega$$

إذن التيار وفقاً لقانون أوم يساوي :

$$i = \frac{\xi}{R_{tot}} = \frac{30.0\,V}{7.5\,\Omega} = 4.0\,A$$

مسألة (7.9) *Problem*

لديك الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (7.3) :



شكل (7.3)، المسألة (7.9)

أوجد شدة التيار المار في الدائرة ؟

obeikandl.com

الحل *Solution*

كل من : ($7.0\,\Omega$) و ($1.0\,\Omega$) و ($10.0\,\Omega$) موصلة على التوالي، محصلتها :

$$7.0 + 1.0 + 10.0 = 18.0\,\Omega$$

وهي موصولة على التوازي مع المقاومة ($6.0\,\Omega$) ومحصلتها :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{18.0} + \frac{1}{6.0} = \frac{24}{108}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{108}{24} = 4.5\,\Omega$$

وهي أي (Req) موصولة على التوالي مع كل من ($2\,\Omega$ ، $8\,\Omega$ ، $0.3\,\Omega$)

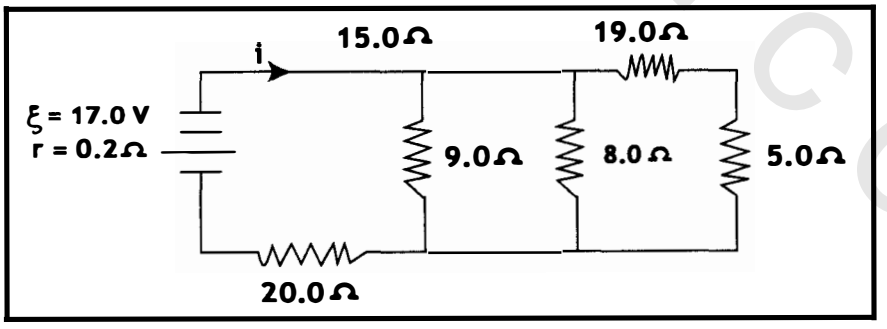
$$R_{tot} = 4.5\,\Omega + 2.0\,\Omega + 8\,\Omega + 0.3\,\Omega$$

$$= 14.8\,\Omega$$

$$i = \frac{\xi}{R_{tot}} = \frac{20.0\,V}{14.8\,\Omega} = 1.35\,A\,.$$

مسألة (7.10) *Problem*

لديك الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (7.4) :



شكل (7.4)، المسألة (7.10)

أوجد شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة ؟

obeikandl.com

الحل *Solution*

المقاومتان ($19.0\ \Omega$) و ($5.0\ \Omega$) موصولتان على التوالي ومجموعهما هو :

$$19.0\ \Omega + 5.0\ \Omega = 24\ \Omega$$

المقاومة المكافئة ($24\ \Omega$) موصولة على التوازي مع المقاومة ($8.0\ \Omega$) ومجموعهما :

$$\frac{1}{R_{1eq}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8}$$

$$= \frac{8 + 24}{192} = \frac{32}{192}$$

$$R_{1eq} = \frac{192}{32} = 6.0\ \Omega$$

هذه المقاومة($6.0\ \Omega$) موصولة على التوالي مع المقاومة ($15.0\ \Omega$) ومجموعهما هو:

$$R_{1eq} + 15.0\ \Omega = 6.0\ \Omega + 15.0\ \Omega = 21.0\ \Omega\ .$$

وهذه المقاومة ($21.0\ \Omega$) موصولة على التوازي مع المعادلة ($9.0\ \Omega$) ومجموعهما هو :

$$\frac{1}{R_{2eq}} = \frac{1}{21} + \frac{1}{9}$$

$$= \frac{9 + 21}{189} = \frac{30}{189}$$

$$R_{2eq} = \frac{189}{30} = 6.3\ \Omega\ .$$

هذه المقاومة ($R_{2eq}=6.3\ \Omega$) موصولة على التوالي مع المقاومة ($20.0\ \Omega$) ومجموعهما هو :

obeikandi.com

$$R_{tot} = r \neq R_{2eq} + 20.0\ \Omega = 6.3\ \Omega + 20.0\ \Omega + 0.2\ \Omega$$

$$= 26.5\ \Omega$$

أما التيار المار في الدائرة فهو :

$$i = \frac{\xi}{R_{tot}} = \frac{17.0\,V}{26.5\ \Omega}$$

$$= 0.64\,A\,.$$

مسألة (7.11) *Problem*

مقاومتان ($12.0\ \Omega$) و ($2.4\ \Omega$) موصولتان على التوالي بطرفي مولد كهربائي، مقاومته الداخلية ($r = 0.6\ \Omega$) ويعطي قوة دافعة كهربائية مقدارها ($\xi = 75.0\,V$)

أوجد :

1- التيار الكهربائي المار في الدائرة.

2- الهبوط في الجهد عبر المقاومة $2.4\ \Omega$.

3- الهبوط في الجهد عبر المقاومة $12.0\ V$.

4- قراءة فولتميتر موصول عبر طرفي المولد إذا كانت الدائرة مفتوحة.

الحل *Solution*

1- التيار الكهربائي المار في الدائرة هو :

$$i = \frac{\xi}{R_{tot}}$$

$$= \frac{75.0\ V}{(12.0 + 2.4 + 0.6)\ \Omega} = \frac{75.0\,V}{15.0\ \Omega}$$

$$= 5.0\,A$$

2- الهبوط في الجهد عبر المقاومة ($2.4\ \Omega$) هو:

$$V_{drope.1} = i\,(2.4\ \Omega)$$

$$= (5.0A)(2.4\ \Omega) = 12.0\,V$$

obeikandl.com

$V_{drope.2} = i\,(12.0\,\Omega)$ -3

$= (5.0A)(12.4\,\Omega) = 60V$

4- قراءة الفولتميتر عندما تكون الدائرة مفتوحة هي:

$\xi = 75.0\,V$

مسألة (7.12) *Problem*

يبلغ فرق الجهد الطرفي لبطارية جافة ($1.41\ V$) ، ترسل تياراً قدره ($2.0\ A$)، أوجد قيمة مقاومتها الداخلية إذا كان فرق الجهد يساوي ($1.59\ V$) عندما تكون الدائرة مفتوحة ؟

الحل *Solution*

$V = \xi - i\,r$

حيث إن :

(r) هي المقاومة الداخلية للبطارية، (ξ) هو فرق الجهد عندما تكون البطارية مفتوحة، (i) التيار المار خلال الدائرة، (V) هو فرق الجهد الطرفي. إذاً :

$1.41\ V = 1.59\ V - (2.0\ i\ r)$

$(1.59 - 1.41)V = 2.0\ i\ r$

$0.18\ V = 2.0\ i\ r$

$$r = \frac{0.18\,V}{2.0\,A} = 0.09\,\Omega.$$

مسألة (7.13) *Problem*

تبلغ قيمة مقاومة ملف موصول على التوالي مع مصباح كهربائي ($5.0\ \Omega$)، أوجد مقاومة المصباح الكهربائي إذا كانت شدة التيار المار فيه (4.0 A)، وذلك عندما توصل المجموعة بمصدر فولتية مقدارها ($100\ V$) .

obeikandl.com

الحل *Solution*

$V = (r + R)i$

حيث إن : (V) فولتية المصدر .

(R) مقاومة المصباح الكهربائي .

(r) مقاومة الملف .

(i) التيار الكهربائي المار في الدائرة ، إذاً :

$100\ V = (5.0\ \Omega)(4.0\ A) + (R)(4.0\ A)$

$100\ V - 20\ V = R\ (4.0\ A)$

$80\ V = R\ (4.0\ A)$

$$R = \frac{80\ V}{4.0\ A} = 20\ \Omega .$$

مسألة (7.14) *Problem*

مولد قوته الدافعة الكهربائية تساوي ($120.0\ V$)، وفرق جهده الطرفي ($110.0\ V$) عندما يرسل تياراً قدره ($20.0\ A$)، كم هي قيمة مقاومته الداخلية ؟

الحل *Solution*

حيث إن : $V = 120.0\ V$ فولتية المصدر.

$\xi = 110.0\ V$ فرق الجهد الطرفي.

$i = 20.0\ A$ التيار الكهربائي المار.

$r = ?$ مقاومة المولد الداخلية.

إذاً :

$V = \xi - i\ r$

$120.0\ V = 110.0\ V - (20.0\ A)(r)$

$10.0\ V = (20.0\ A)(r)$

$$r = \frac{10.0\ V}{20.0\ A} = 0.5\ \Omega$$

obeikandl.com

مسألة (7.15) *Problem*

حزمة من الأيونات الموجبة، مضاعفة الشحنة الكهربائية، تحتوي على (2×10^{8}) من الشحنات لكل واحد سنتيمتر مكعب، جميعها تتحرك باتجاه الشمال بسرعة قدرها $(1.0\times10^{5}\,m/s)$، أوجد كثافة التيار الكهربائي (J).

الحل *Solution*

1- كمية كثافة التيار المار تعطى بالعلاقة الرياضية :

$$J = n\,q\,v_d$$

حيث إن :

(n) عدد الجزيئات لوحدة الحجم.

(q) شحنة كل جزيئة.

(v_d) سرعة انسياق الجزيئات.

إن تركيب الجزيئات لوحدة الحجم هو :

$$n = 2.0\times10^{8}\,cm^{-3} = 2.0\times10^{14}\,m^{-3}$$

أما الشحنة فهي :

$$q = 2e = 2(1.6\times10^{-19}\,C) = 3.2\times10^{-19}\,C\,.$$

وأما سرعة الانسياق فهي :

$$v_d = 1.0\times10^{5}\,m/s$$

إذاً :

$$J = (2\times10^{14}\,m^{-3})(3.2\times10^{-19}\,C)(1.0\times10^{5}\,m/s)$$

$$= 6.4\,A/m^{2}$$

2- أما التيار المار فهو :

$$i = J\,A$$

obeikandl.com

وحيث إن نصف قطر الحزمة لم يعط في هذه المسألة، فعلى سبيل المثال، افرض أن نصف قطر الحزمة هو $(r = 1.0\ mm)$، فعليه يكون مقدار مساحة المقطع مساوياً للآتي :

$$A = \pi r^2 = (3.14)(1.0 \times 10^{-3}\ m)$$

$$= 3.14 \times 10^{-5}\ A$$

وفي هذه الحالة تكون شدة التيار الكهربائي عبارة عن :

$$i = (6.4\ A/m^2)(3.14 \times 10^{-6}\ m^2)$$

$$= 2.01 \times 10^{-5}\ A.$$

مسألة (7.16) *Problem*

سلك من النحاس يبلغ نصف قطره $(1.5\ mm)$، يمر خلاله تيار مقداره $(2.4 \times 10^{-8}\ A)$، أوجد :

1- كثافة التيار الكهربائي (J).

2- سرعة الإنجراف للإلكترون داخل السلك.

الحل *Solution*

1- يمكننا إيجاد كثافة التيار الكهربائي من المعادلة المعروفة :

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

$$A = \pi r^2 = \pi\ (1.5 \times 10^{-3}\ m)^2$$

$$i = 2.4 \times 10^{-8}\ A$$

$$J = \frac{2.4 \times 10^{-8}\ A}{\pi\ (1.5 \times 10^{-3}\ m)^2}$$

$$= 3.4 \times 10^{-3} (A/m^2)$$

openkanal.com

2- سرعة الإنجراف للألكترون داخل السلك هي :

$$v_d = \frac{J}{n\,e}$$

إن عدد الشحنات لوحدة الحجم لعنصر النحاس تساوي $(8.47\times10^{28}\,m^{-3})$ إذن :

$$v_d = \frac{3.4\times10^{-3}(A/m^2)}{(8.47\times10^{28}\,m^{-3})(1.6\times10^{-19}C)}$$

$$= 2.51\times10^{-13}(m/s).$$

مسألة (7.17) *Problem*

قريباً من سطح الأرض، تبلغ كثافة البروتونات في الرياح الناشئة عن الشمس $(8.70\ cm^{-3})$ وسرعتها $(470\ Km/s)$:

1- أوجد كثافة التيار (J) لهذه البروتونات.

2- افرض أن المجال المغناطيسي للأرض لا يقوم بعملية إبعادها والتخلص من التيار الكهربائي الذي تسببه، أوجد محصلة التيار الكهربائي الذي ستتلقاه الأرض. (نصف قطر الأرض يساوي $6.37\times10^6\ m$) ؟

الحل *Solution*

1- كثافة التيار يمكن إيجادها على النحو التالي :

$$J = n_p\, e\, v_d$$

$$= (8.70\times10^6\,m^{-3})(1.60\times10^{-19}C)(470\times10^5\,m/s)$$

$$= 6.54\times10^{-5}(A/m^2)$$

2- محصلة التيار الكهربائي هي :

$$i = J\ A$$

$$A = \pi\ R^2$$

obeikandl.com

حيث (R) هو نصف قطر الأرض ، إذن :

$$i = 6.54 \times 10^{-5} (A/m^2) \pi (6.37 \times 10^6 m)^2$$

$$= 8.34 \times 10^9 A.$$

مسألة (7.18) *Problem*

سكة عربة مصنوعة من الفولاذ، يبلغ مساحة مقطعها ($56.0\ cm^2$). أوجد قيمة مقاومة مسافة قدرها ($10\ Km$) من هذه السكة إذا كانت مقاومية الفولاذ النوعية *receptivity* تساوي : ($3.0 \times 10^{-7}\ \Omega.m$) ؟

الحل *Solution*

من المعلوم لدينا أن العلاقة الرياضية بين المقاومة (R) والمقاومية (ρ) هي :

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

$$= (3.0 \times 10 - 7\ \Omega.m)\ \frac{(10.0 \times 10^3 m)}{(56.0 \times 10^{-4} m^2)}$$

$$= 0.537\ \Omega.$$

مسألة (7.19) *Problem*

سلك مصنوع من مادة موصلة للتيار الكهربائي، نصف قطره ($0.5\ mm$)، وطوله ($4.0m$)، أما مقاومته *resistance* فتساوي ($25\ m\ \Omega$).

أوجد المقاومية لهذه المادة ؟

الحل *Solution*

نصف قطر السلك : $r = 0.5\ mm$

$$= 0.5 \times 10^{-3} m$$

obeikandl.com

طول السلك : $L = 4.0\ m$

مقاومته : $R = 25m\,\Omega = 25 \times 10^{-3}\ \Omega$

يمكننا إيجاد المقاومة من المعادلة المعروفة :

$$R = \rho\left(\frac{L}{A}\right)$$

$$\rho = R\left(\frac{A}{L}\right)$$

$$A = \pi\, r^2 = \pi\,(0.5 \times 10^{-3} m)^2 = 7.85 \times 10^{-7}\, m^2$$

$$\rho = (25 \times 10^{-3}\,\Omega)$$

$$\rho = (25 \times 10^{-3}\,\Omega)\frac{(7.85 \times 10^{-7}\, m^2)}{(4.0\, m)}$$

$$= 4.9 \times 10^{-9}\,\Omega.m\,.$$

مسألة (7.20) *Problem*

تبلغ مقاومة ملفات آلة مصنوعة من النحاس عندما تكون متوقفة عن العمل $(50.0\ \Omega)$ عند درجة الحرارة $(20^o\ C)$، بلغت هذه المقاومة $(58\ \Omega)$ بعدما عمل الموتور لعدة ساعات، أوجد درجة الحرارة عند هذه المقاومة إذا كانت مقاومية النحاس ومعامل المقاومية الحراري عند $(20^o\ C)$ تساوي $(1.69 \times 10^{-8}\ \Omega m)$، $(4.3 \times 10^{-3} K^{-1})$ على التوالي.

الحل *Solution*

يمكننا إيجاد درجة الحرارة عند قيمة المقاومة المعطاة في هذه المسألة على النحو الآتي :

$$\rho - \rho_o = \rho\,\alpha\,(T - T_o)$$

obeikandl.com

حيث (ρ_o) هي مقاومية المادة عند درجة حرارة الغرفة (T_o) .

أما (ρ) فهي المقاومية عند درجة الحرارة المطلوبة (T) ، إذاً :

$$T = T_o + \frac{1}{\alpha}\left(\frac{\rho}{\rho_o} - 1\right)$$

حيث (α) هو معامل المقاومية الحراري للنحاس ، وهكذا :

$$T = 20^\circ C + \frac{1}{4.3 \times 10^{-3} K^{-1}}\left(\frac{58\,\Omega}{50\,\Omega} - 1\right)$$

$$= 57^\circ C.$$

نلاحظ هنا أننا عوضنا عن المقدار (ρ / ρ_o) بالمقدار (R/R_o) وهذا ما يمكن التأكد منه ببساطة شديدة عندما نقسم المعادلتين الآتيتين على بعضهما :

$$\rho = R\left(\frac{A}{L}\right)$$

$$\rho_o = R_o\left(\frac{A}{L}\right)$$

لنجد أن :

$$\frac{\rho}{\rho_o} = \frac{R}{R_o}$$

مسألة (7.21) *Problem*

حزمة ثابتة من أشعة ألفا *Alpha Particles* شحنة الواحدة منها ($q = 2\ e$)، تسير بطاقة حركية ثابتة مقدارها ($20\ MeV$)، وتيار كهربائي ثابت مقداره ($0.25\ A$) :

1- إذا كانت الحزمة متوجهة إلى سطح مستوٍ وبشكل عمودي عليه، كم عدد جزيئات ألفا التي سوف تصطدم بهذا السطح خلال زمن قدره ($3.0\ s$) ؟

2- أوجد عدد جزيئات ألفا في مسار طوله ($20\ cm$) عند أي لحظة .

3- أوجد مقدار فرق الجهد الذي يجب توفيره لتعجيل جزيئات أشعة ألفا حتى تستطيع امتلاك طاقة حركية مقدارها ($20\ MeV$) .

obeikandl.com

ملاحظة : $1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$

(كتلة البروتون $\times 4$) = كتلة جزيئة أشعة ألفا

الحل *Solution*

1- إن الشحنة الكهربائية التي تصيب سطح الأرض خلال زمن مقداره (Δt) هي:

$$\Delta q = i \Delta t$$

أما عدد الجزيئات التي تصيب سطح الأرض فهي :

$$N = \frac{\Delta q}{2e} = \frac{i \Delta t}{2e} = \frac{(0.25 \times 10^{-6} A)(3.0 s)}{2(1.6 \times 10^{-19} C)}$$

$$= 2.3 \times 10^{12}$$

2- إن التيار هو عبارة عن الشحنات العابرة للمقطع العرضي لوحدة الزمن ، أي إنه :

$$i = \frac{2 e N_1}{t} = \frac{2 e N_1 v}{L}$$

حيث إن :

$$t = \frac{L}{v}$$

(L) هو طول الحزمة، (v) هي سرعة الجزيئة الواحدة. إذن عدد جزيئات أشعة الفا هو (N_1) ويساوي :

$$N_1 = \frac{i L}{2 e v}$$

نحتاج الآن معرفة سرعة الجزيئة الواحدة، وبما أننا نعرف مقدار الطاقة الحركية وكذلك كتلة جزيئة إلفا إذن :

$$K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

obeikandl.com

$$v = \sqrt{\frac{2K.E}{m}} = \sqrt{\frac{2(3.2\times10^{-12}J)}{(6.68\times10^{-27}kg)}} = 3.1\times10^{7}(m/s).$$

حيث تبلغ كتلة أشعة الفا أربع أضعاف كتلة البروتون الواحد. إذن :

$$N_1 = \frac{iL}{2e\,v} = \frac{(0.25\times10^{-6})(20\times10^{-2}m)}{2(1.6\times10^{-19}C)(3.1\times10^{7}m/s)}$$

$$= 5.0\times10^{3}.$$

-3

$$K.E = P.E = qV = 2eV$$

$$V = \frac{K.E}{2e} = \frac{3.2\times10^{-12}J}{2(1.6\times10^{-9}C)} = 10\times10^{6}\ V$$

مسألة (7.22) *Problem*

سلك مقاومته ($6.0\ \Omega$)، أجريت عليه عملية سحب بحيث ازداد طوله إلى ثلاثة أضعاف طوله الأصلي حيث لم يتغير كل من مقاومتيه وكثافته.

كم هي مقاومة السلك الجديد ؟ أوجد ذلك.

الحل *Solution*

طول السلك قبل السحب : L

طول السلك بعد السحب : $3L$

مقاومية السلك قبل وبعد السحب هي ρ .

$$R_1 = \rho\left(\frac{L_1}{A_1}\right) \qquad \ldots(1)$$

بما أن كثافة السلك لم تتغير إذن فإن مساحة مقطعه قد نقصت إلى الثلث، أي أن :

$$A_2 = \frac{1}{3}A_1$$

obeikandl.com

إذاً :

$$R_2 = \rho\left(\frac{3L_1}{(1/3)A_1}\right) \quad \ldots (2)$$

من المعادلة (1) نجد أن :

$$\rho = R_1\left(\frac{A_1}{L_1}\right) \quad \ldots (3)$$

ومن المعادلة (2) نجد أن :

$$\rho = R_2\left(\frac{A_1}{9L_1}\right) \quad \ldots (4)$$

بمساواة المعادلتين (3) و(4) نجد أن :

$$R_1 = \left(\frac{A_1}{L_1}\right) = R_2\left(\frac{A_1}{9L_1}\right)$$

$$R_1 = \frac{R_2}{9}$$

$$R_2 = 9R_1 = (9)(6.0\,\Omega) = 54.0\,\Omega.$$

وهذه هي مقاومة السلك الجديد، حيث نلاحظ أنها تتناسب تناسباً طولياً مع طول السلك، وعكسياً مع مساحة المقطع.

مسألة (7.23) *Problem*

راديو ترانزستور صغير يعمل بفولتية ($9.0\ V$) وتبلغ قدرته ($7.0\ W$)، بقي يعمل لمدة ($4.0\ h$). كم هو مقدار الشحنة الكهربائية التي استهلكها ؟ أوجد ذلك.

الحل *Solution*

من المعروف أن العلاقة الرياضية بين كل من الشحنة والتيار هي : $i = \frac{q}{t}$

إذن الشحنة هي : $q = i\,t$

obeikandl.com

ولكن العلاقة بين التيار والقدرة (P) وفرق الجهد (V) هي :

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

$$= \frac{7.0\,Watt}{9.0\,Volt} = 0.77\,Amp.$$

$$q = (0.77)(4\,hr)(3600\,s)$$

$$= 1.12 \times 10^4\,C.$$

مسألة (7.24) *Problem*

عند مرور تيار كهربائي مقداره ($3.0\ A$) تتولد طاقة حرارية في المقاوم الناقل لهذا التيار مقدارها ($100\ W$) أوجد مقدار المقاومة ؟

الحل *Solution*

هذه المسألة لبيان العلاقة بين كل من الطاقة الحرارية المفقودة والمقاومة وشدة التيار الكهربائي ، أي أن :

$$P = i^2 R$$

لدينا الطاقة تساوي ($100\ Watt$) والتيار ($3.0\ A$) ، إذن :

$$R = \frac{P}{i^2} = \frac{100\,Watt}{(3.0\,A)^2} = 11.1\,\Omega.$$

مسألة (7.25) *Problem*

استخدم فرق جهد مقداره ($1.2\ V$) بين طرفي سلك نحاسي طوله ($33.0\ m$) وقطره ($0.1\ cm$) أوجد :

1- قيمة التيار المار في السلك.

2- كثافة التيار المار في السلك.

3- شدة المجال الكهربائي.

4- مقدار القدرة الحرارية المهدورة نتيجة لمرور التيار الكهربائي.

obeikandi.com

ملاحظة : مقاومية النحاس عند درجة حرارة الغرفة تساوي $(1.69\times10^{-8}\,\Omega.m)$

الحل *Solution*

فرق الجهد يساوي : (1.2 V) .

طول السلك النحاسي : (33.0 m) .

قطر السلك النحاسي : (0.1 cm) ، أي أن نصف قطره $(0.05cm=0.05\times10^{-2}\,m)$

-1

$$i=\frac{V}{R}=\frac{V}{(\rho L/A)}=\frac{VA}{\rho L}$$

$$A=\pi r^2=\pi(0.05\times10^{-2}\,m)^2=7.85\times10^{-7}\,m^2$$

$$i=\frac{(1.2\,V)(7.85\times10^{-7}\,m^2)}{(1.69\times10^{-8}\,\Omega.m)(33.0\,m)}=1.69\,A.$$

-2

$$J=\frac{i}{A}=\frac{(1.69A)}{(7.85\times10^{-7}\,m^2)}$$

$$=2.15\times10^{5}\,(A/m^2)$$

-3

$$E=\frac{V}{L}=\frac{1.2\,Volt}{33.0\,m}=3.6\times10^{-2}(V/m)$$

-4

$$P=Vi=(1.2\,V)(1.69\,A)$$

$$=2.02\,Watt.$$

obeikandl.com