

الفصل السابع
Chapter Seven

التيار الكهربائي والمقاومة
Current And Resistance

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

$$\vec{J}_{Al} = \frac{i}{A_{Al}} \quad \text{1- الألومنيوم}$$

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

$$J_{cu} = \frac{i}{A_{cu}} \quad \text{2- النحاس}$$

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

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 الانسياب (\bar{v}_d) للالكترونات الموصلة ؟

الحل Solution

سرعة الانسياب يمكن إيجادها من العلاقة :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

مسألة (7.3) Problem

شريحة من السليكون عرضها ($W = 3.2 \text{ mm}$) وسماكتها ($t = 250 \mu m$) يمر خلالها تيار ($i = 5.2 \text{ mA}$)، 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 الشحنت 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 الانسياب \vec{v}_d .

الحل Solution

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

$$A = Wt \quad \text{حيث}$$

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

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

$$\begin{aligned} &= \frac{6500 A/m^2}{(1.5 \times 10^{23} m^3)(1.60 \times 10^{-19} C)} \\ &= 0.27 m/s = 27 cm/s. \end{aligned}$$

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

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

$$J = \frac{i}{A} \quad \text{ولكن}$$

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

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

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

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

مسألة (7.5) Problem

قضيب نحاسي طوله (2.0 m) وقطره (8.0 mm)، ومقاومته تساوي (1.756 × 10⁻⁸ Ω.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 $r = 4 \text{ mm}$ وهي عبارة عن نصف القطر .

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

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

$$= 7.02 \Omega.$$

مسألة (7.6) Problem

ملف نحاسي معزول تبلغ مقاومته (3.33 Ω) عند درجة الحرارة (20° C)، أوجد مقاومته عند درجة الحرارة (50° C)، إذا كانت قيمة معامل المقاومة الحراري : (α = 4.26 × 10⁻⁴ K⁻¹).

Solution الحل

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

$$R_t = R_{50^\circ C}$$

حيث :

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

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

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

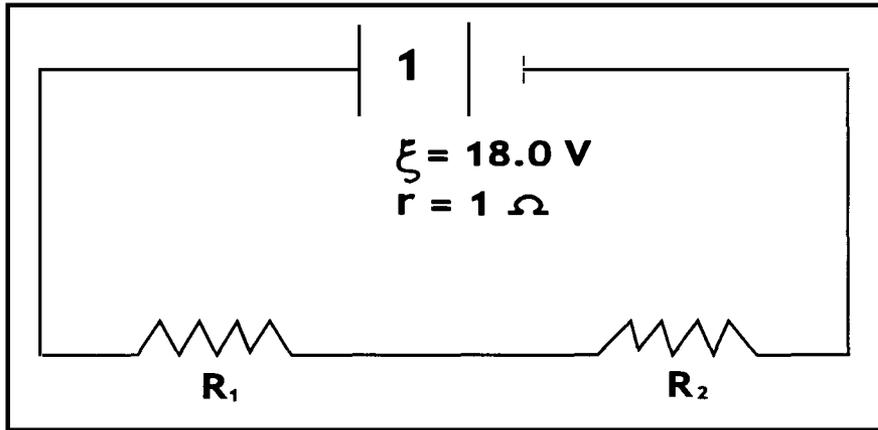
$$R_{50^\circ C} = 3.35 \Omega(1 + 4.26 \times 10^{-4} K^{-1} 323 K)$$

$$= 3.811 \Omega.$$

مسألة (7.7) Problem

مقاومتان ($R_1 = 12 \Omega$) و ($R_2 = 5 \Omega$) 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)

Solution الحل

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

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

$$= 1.0 A$$

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

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

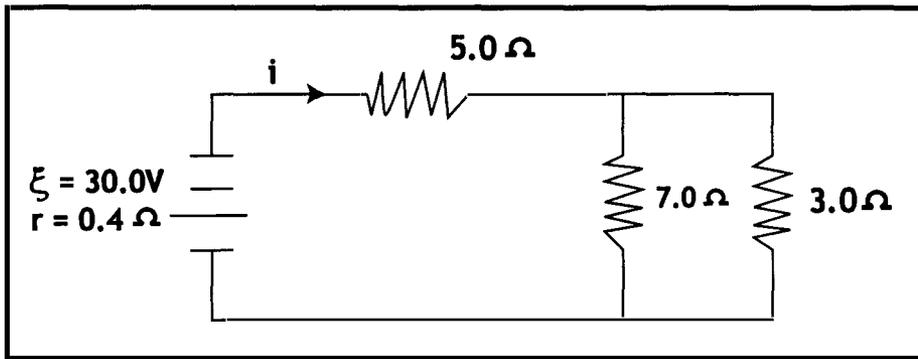
3- فرق الجهد هو القيمة الفعلية لفرق الجهد بين قطبي البطارية في حالة إرسالها للتيار الكهربائي، إذ يتم من الناحية العملية فقدان مقدار من الجهد داخل البطارية عندما ترسل التيار الكهربائي بسبب امتلاكها لمقاومة داخلية، المقاومة الداخلية في هذه المسألة هي (r) وتساوي (1Ω) .

$$V_T = \xi - ir \quad \leftarrow \text{فرق الجهد الطرفي} = V_T$$

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

مسألة (7.8) Problem

لديك الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (7.2) :



شكل (7.2)، المسألة (7.8)

أوجد شدة التيار المار في الدائرة ؟

Solution الحل

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

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

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

يعطي المقاومة المكافئة لهما.

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

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

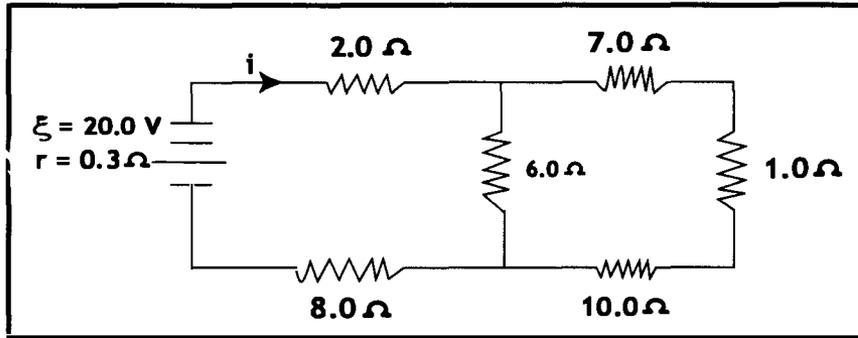
$$= 7.5\Omega$$

إذن التيار وفقاً لقانون أوم يساوي :

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

مسألة (7.9) Problem

لديك الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (7.3) :



شكل (7.3)، المسألة (7.9)

أوجد شدة التيار المار في الدائرة ؟

الحل Solution

كل من : (7.0Ω) و (1.0Ω) و (10.0Ω) موصلة على التوالي، محصلتها :

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

وهي موصولة على التوازي مع المقاومة (6.0Ω) 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 $(0.3 \Omega, 8 \Omega, 2 \Omega)$

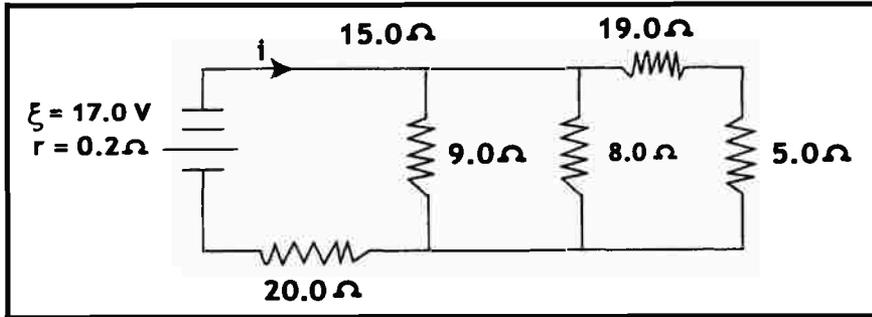
$$R_{tot} = 4.5 \Omega + 2.0 \Omega + 8 \Omega + 0.3 \Omega$$

$$= 14.8 \Omega$$

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

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 ؟

Solution الحل

المقاومتان (19.0Ω) و (5.0Ω) موصولتان على التوالي ومجموعهما هو :

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

المقاومة المكافئة (24Ω) موصولة على التوازي مع المقاومة (8.0Ω) ومجموعهما :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{1eq}} &= \frac{1}{24} + \frac{1}{8} \\ &= \frac{8 + 24}{192} = \frac{32}{192} \end{aligned}$$

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

هذه المقاومة (6.0Ω) موصولة على التوالي مع المقاومة (15.0Ω) ومجموعهما هو :

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

وهذه المقاومة (21.0Ω) موصولة على التوازي مع المعادلة (9.0Ω) ومجموعهما هو :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{2eq}} &= \frac{1}{21} + \frac{1}{9} \\ &= \frac{9 + 21}{189} = \frac{30}{189} \end{aligned}$$

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

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

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

$$= 26.5 \Omega$$

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 (12.0Ω) و (2.4Ω) 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 2.4Ω .
- 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 (2.4Ω) هو :

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

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

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

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

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. إذا :

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

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

$$0.18 V = 2.0 i r$$

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

مسألة (7.13) Problem

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

الحل Solution

$$V = (r + R)i$$

حيث إن : (V) فولتية المصدر .

(R) مقاومة المصباح الكهربائي .

(r) مقاومة الملف .

(i) التيار الكهربائي المار في الدائرة ، إذا :

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

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

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

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

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.

التيار الكهربائي المار. $i = 20.0 A$

مقاومة المولد الداخلية. $r = ?$

إذا :

$$V = \xi - i r$$

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

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

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

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 $(1.0 \times 10^5 \text{ m/s})$ ، 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 :

$$n = 2.0 \times 10^8 \text{ cm}^{-3} = 2.0 \times 10^{14} \text{ m}^{-3}$$

أما الشحنة فهي :

$$q = 2e = 2(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C} .$$

وأما سرعة الانسياق فهي :

$$v_d = 1.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

إذا :

$$J = (2 \times 10^{14} \text{ m}^{-3})(3.2 \times 10^{-19} \text{ C})(1.0 \times 10^5 \text{ m/s})$$

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

2- أما التيار المار فهو :

$$i = J A$$

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

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

$$= 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

وفي هذه الحالة تكون شدة التيار الكهربائي عبارة عن :

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

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

مسألة (7.16) Problem

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

- 1- كثافة التيار الكهربائي (J).
- 2- سرعة الإنجراف للإلكترون داخل السلك.

الحل Solution

1- يمكننا إيجاد كثافة التيار الكهربائي من المعادلة المعروفة :

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

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

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

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

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

2- سرعة الإنجراف للالكترونات داخل السلك هي :

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

إن عدد الشحنات لوحدة الحجم لعنصر النحاس تساوي $(8.47 \times 10^{28} m^{-3})$ إذن :

$$v_d = \frac{3.4 \times 10^{-3} (A/m^2)}{(8.47 \times 10^{28} m^{-3})(1.6 \times 10^{-19} C)}$$
$$= 2.51 \times 10^{-13} (m/s).$$

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 إيعادها والتخلص من التيار الكهربائي الذي تسببه، أوجد محصلة التيار الكهربائي الذي ستتلقاه الأرض. (نصف قطر الأرض يساوي $6.37 \times 10^6 m$) ؟

الحل Solution

1- كثافة التيار يمكن إيجادها على النحو التالي :

$$J = n_p e v_d$$
$$= (8.70 \times 10^6 m^{-3})(1.60 \times 10^{-19} C)(470 \times 10^5 m/s)$$
$$= 6.54 \times 10^{-5} (A/m^2)$$

2- محصلة التيار الكهربائي هي :

$$i = J A$$

$$A = \pi R^2$$

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 مقاومة 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 (4.0 m) ، أما مقاومته *resistance* فتساوي $(25 \text{ m } \Omega)$. أوجد المقاومة لهذه المادة ؟

الحل Solution

نصف قطر السلك :

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

$$L = 4.0 \text{ m}$$

طول السلك :

$$R = 25 \text{ m } \Omega = 25 \times 10^{-3} \Omega$$

مقاومته :

يمكننا إيجاد المقاومة من المعادلة المعروفة :

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

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

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

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

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

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

مسألة (7.20) Problem

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

الحل Solution

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

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

حيث (ρ_o) هي مقاومة المادة عند درجة حرارة الغرفة (T_o) .
 أما (ρ) فهي المقاومة عند درجة الحرارة المطلوبة (T) ، إذا :

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

حيث (α) هو معامل المقاومة 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 :

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

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

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

لنجد أن :

مسألة (7.21) Problem

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

1- إذا كانت الحزمة متوجهة إلى سطح مستو 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) .

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

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

Solution الحل

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 :

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

حيث إن :

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

(L) هو طول الحزمة، (v) هي سرعة الجزيئة الواحدة. إذن عدد جزيئات أشعة ألفا

هو (N_1) ويساوي :

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

نحتاج الآن معرفة سرعة الجزيئة الواحدة، وبما أننا نعرف مقدار الطاقة الحركية

وكذلك كتلة جزيئة ألفا إذن :

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

$$v = \sqrt{\frac{2K.E}{m}} = \sqrt{\frac{2(3.2 \times 10^{-12} \text{ J})}{(6.68 \times 10^{-27} \text{ kg})}} = 3.1 \times 10^7 \text{ (m/s)}.$$

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

$$N_1 = \frac{iL}{2e v} = \frac{(0.25 \times 10^{-6})(20 \times 10^{-2} \text{ m})}{2(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(3.1 \times 10^7 \text{ m/s})}$$

$$= 5.0 \times 10^3.$$

$$K.E = P.E = qV = 2eV \quad -3$$

$$V = \frac{K.E}{2e} = \frac{3.2 \times 10^{-12} \text{ J}}{2(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})} = 10 \times 10^6 \text{ V}$$

مسألة (7.22) Problem

سلك مقاومته (6.0Ω) ، 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 .

$$R_1 = \rho \left(\frac{L_1}{A_1} \right) \quad \dots (1)$$

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

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

إذا :

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

من المعادلة (1) نجد أن :

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

ومن المعادلة (2) نجد أن :

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

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 طويلاً 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 :

$$q = i t$$

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

$$i = \frac{P}{V}$$
$$= \frac{7.0 \text{ Watt}}{9.0 \text{ Volt}} = 0.77 \text{ Amp.}$$

$$q = (0.77)(4 \text{ hr})(3600 \text{ s})$$

$$= 1.12 \times 10^4 \text{ C.}$$

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 :

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

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.

ملاحظة : مقاومة النحاس عند درجة حرارة الغرفة تساوي $(1.69 \times 10^{-8} \Omega.m)$

Solution الحل

فرق الجهد يساوي : (1.2 V) .

طول السلك النحاسي : (33.0 m) .

قطر السلك النحاسي : (0.1 cm) ، أي أن نصف قطره $(0.05cm=0.05 \times 10^{-2} m)$

$$i = \frac{V}{R} = \frac{V}{(\rho L / A)} = \frac{VA}{\rho L} \quad -1$$

$$A = \pi r^2 = \pi (0.05 \times 10^{-2} m)^2 = 7.85 \times 10^{-7} m^2$$

$$i = \frac{(1.2V)(7.85 \times 10^{-7} m^2)}{(1.69 \times 10^{-8} \Omega.m)(33.0 m)} = 1.69 A.$$

$$J = \frac{i}{A} = \frac{(1.69 A)}{(7.85 \times 10^{-7} m^2)} \quad -2$$
$$= 2.15 \times 10^5 (A/m^2)$$

$$E = \frac{V}{L} = \frac{1.2 Volt}{33.0 m} = 3.6 \times 10^{-2} (V/m) \quad -3$$

$$P = Vi = (1.2V)(1.69 A) \quad -4$$
$$= 2.02 Watt.$$