普通物理學 4.電流與電路題庫

[1 英] The resistivity of copper is 16.8 nΩ·m while the conductivity is $6.29 \times 10^7\ \Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1}$. The resistance of a 100-m-long copper wire with diameter 2.0 mm is (A) 540 Ω; (B) 0.54 Ω; (C) 1.9 Ω; (D) 190 Ω.

[1 中] 銅的電阻率是 17.1 nΩ·m 而電導率是$5.85 \times 10^7\ \Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1}$. 所以 100 m 長且直徑 2.0 mm 的銅線, 其電阻是 (A) 540 Ω; (B) 0.54 Ω; (C) 1.9 Ω; (D) 190 Ω.

答案: (B)

詳解: 整條銅線的電阻值是

$$R = \rho L/A = \frac{\rho L}{\pi r^2} = \frac{\rho L}{\pi (d/2)^2} = \frac{(17.1 \times 10^{-9}\ \Omega \cdot \mathrm{m})(100\ \mathrm{m})}{(3.14159)(2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2/4} = 0.5443\ \Omega \approx 0.54\ \Omega.$$

手邊沒有計算機時所有數字全部取 3 位有效概算可得

$$\frac{(17 \times 10^{-9}\ \Omega \cdot \mathrm{m})(100\ \mathrm{m})}{(3.1)(2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2/4} = 0.5484\ \Omega \approx 0.55\ \Omega.$$

或者用電導率來計算, 一樣可以得到

$$R = L/(\sigma A) = \frac{L}{\sigma \pi r^2} = \frac{L}{\sigma \pi (d/2)^2} = \frac{(100\ \mathrm{m})}{(5.85 \times 10^7\ \Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1})(3.14159)(2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2/4}$$
$$= 0.5441\ \Omega \approx 0.54\ \Omega.$$

或者所有數字全部取 2 位有效概算得

$$\frac{(100\ \mathrm{m})}{(5.9 \times 10^7\ \Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1})(3.1)(2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2/4} = 0.5467\ \Omega \approx 0.55\ \Omega.$$

[2 英] The carrier concentration in copper is $n = 1.1 \times 10^{29}\ \mathrm{m}^{-3}$. The electron drift speed in a 0.75-mm-diameter copper wire carrying a current of 1.2 A is (A) 0.2 mm/s; (B) 2.0 mm/s; (C) 0.05 mm/s; (D) 5.0 mm/s.

[2 中] 銅的載子濃度是$n = 1.1 \times 10^{29}\ \mathrm{m}^{-3}$. 在 0.75 mm 直徑且帶有 1.2 A 電流的銅線中, 電子的漂移速率是 (A) 0.2 mm/s; (B) 2.0 mm/s; (C) 0.05 mm/s; (D) 5.0 mm/s.

答案: (A)

詳解: 銅中的載子是自由電子, 帶有基本電荷$-q_\mathrm{e}$, 其大小是$q_\mathrm{e} = 1.602 \times 10^{-19}$ C. 電流 $I = nAq_\mathrm{e}v_\mathrm{d}$, 所以漂移速率

$$v_\mathrm{d} = \frac{I}{nAq_\mathrm{e}} = \frac{I}{n\pi r^2 q_\mathrm{e}} = \frac{I}{n\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 q_\mathrm{e}}$$
$$= \frac{(1.2\ \mathrm{A})}{(1.1 \times 10^{29}\ \mathrm{m}^{-3})(3.14159)\frac{(0.75 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2}{4}(1.602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})} = 1.541 \times 10^{-4}\ \mathrm{m/s}$$
$$= 0.1541\ \mathrm{mm/s} \approx 0.2\ \mathrm{mm/s}.$$

所有數字全部取 2 位有效概算得

$$\frac{(1.2\ \mathrm{A})}{(1.1 \times 10^{29}\ \mathrm{m}^{-3})(3.1)\frac{(0.75 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2}{4}(1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})} = 1.564 \times 10^{-4}\ \mathrm{m/s}$$
$$= 0.1564\ \mathrm{mm/s} \approx 0.2\ \mathrm{mm/s}.$$

[3 英] What resistor would have a current of 1.5 mA when connected across a 1.5-V battery? (A) 10 Ω; (B) 15 Ω; (C) 1 kΩ; (D) 190 Ω.
[3 中] 電阻值多大的電阻接在 1.5 V 的電池上會得到 1.5 mA 的電流? (A) 10 Ω; (B) 15 Ω; (C) 1 kΩ; (D) 190 Ω.
答案: (C)
詳解: 忽略電池內電阻的問題, 依 Ohm 定律, 電池的電動勢$\mathcal{E} = IR$, 所以電阻值是
$R = \mathcal{E}/I = (1.5\ \mathrm{V})/(1.5 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}) = 1000\ \Omega = 1\ \mathrm{k\Omega}$.

[4 英] An 18.1-V battery is attached to a 25.4-Ω load, and the resulting current is 678 mA. The battery's internal resistance is (A) 0.013 Ω; (B) 0.77 Ω; (C) 1.3 Ω; (D) 1.7 Ω.
[4 中] 有 1 個 18.1 V 的電池接在 25.4 Ω 的負載上, 結果得到 678 mA 的電流. 則該電池的內電阻是 (A) 0.013 Ω; (B) 0.77 Ω; (C) 1.3 Ω; (D) 1.7 Ω.
答案: (C)
詳解: 電池的電動勢$\mathcal{E} = IR_{\mathrm{total}} = (I)(R + r)$, 總電阻$R_{\mathrm{total}} = R + r = \mathcal{E}/I$, 電池的內電阻

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I} - R = \frac{(18.1\ \mathrm{V})}{(678 \times 10^{-3}\ \mathrm{A})} - (25.4\ \Omega) = 1.296\ \Omega \approx 1.3\ \Omega.$$

*所有數字全部取 2 位有效概算得

$$\frac{(18\ \mathrm{V})}{(680 \times 10^{-3}\ \mathrm{A})} - (25\ \Omega) = 1.471\ \Omega,$$

雖然在第 2 位即發生 4 捨 5 入誤差, 仍然可以看出(C)是最接近的答案. 由於(C)與(D)等 2 個答案彼此相差僅 30%, 爲了更容易判斷是(C)或是(D), 此時以取 3 位有效計算爲宜.

[5 英] A 1.51-V battery with internal resistance 1.25 Ω delivers 0.125 A to its load. The load resistance is (A) 5.4 Ω; (B) 7.9 Ω; (C) 10.8 Ω; (D) 54 Ω.
[5 中] 有 1 個 1.51 V 的電池, 具有 1.25 Ω 的內電阻, 送出 0.125 A 的電流到負載上. 負載的電阻值是 (A) 5.4 Ω; (B) 7.9 Ω; (C) 10.8 Ω; (D) 54 Ω.
答案: (C)
詳解: 電池的電動勢$\mathcal{E} = IR_{\mathrm{total}} = (I)(R + r)$, 總電阻$R_{\mathrm{total}} = R + r = \mathcal{E}/I$, 負載的電阻

$$R = \frac{\mathcal{E}}{I} - r = \frac{(1.51\ \mathrm{V})}{(0.125\ \mathrm{A})} - (1.25\ \Omega) = 10.83\ \Omega \approx 10.8\ \Omega.$$

所有數字全部取 2 位有效概算得

$$\frac{(1.5\ \mathrm{V})}{(0.13\ \mathrm{A})} - (1.3\ \Omega) = 10.24\ \Omega \approx 10.2\ \Omega.$$

第 3 位有效數字即發生 4 捨 5 入誤差, 但仍可看出(C)是較接近的答案.

[6 英] The equivalent resistance of a 120-kΩ resistor and a 140-kΩ resistor in parallel is (A) 260 kΩ; (B) 20 kΩ; (C) 0.15 kΩ; (D) 65 kΩ.
[6 中] 將 120 kΩ 與 140 kΩ 的電阻並聯, 所得的等效電阻是 (A) 260 kΩ; (B) 20 kΩ; (C) 0.15 kΩ; (D) 65 kΩ.
答案: (D)

詳解: 並聯時$R_{\text{par}}^{-1} = \sum_i R_i^{-1}$, 等效電阻

$$R_{\text{par}} = \left(\sum_i \frac{1}{R_i}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \left[\frac{1}{(120\ \text{k}\Omega)} + \frac{1}{(140\ \text{k}\Omega)}\right]^{-1} = \frac{(120\ \text{k}\Omega)(140\ \text{k}\Omega)}{(120\ \text{k}\Omega) + (140\ \text{k}\Omega)}$$
$$= 64.62\ \text{k}\Omega \approx 65\ \text{k}\Omega.$$

[7 英] For any two parallel resistors, (A) the current in each resistor is the same; (B) the power dissipated by each resistor is the same; (C) the potential difference across each resistor is the same; (D) none of the above is necessarily true.
[7 中] 對於任何 2 個並聯的電阻, (A) 通過每個電阻上的電流相同; (B) 每個電阻所消耗的功率相同; (C) 每個電阻 2 端的電位差相同; (D) 以上皆非恆成立.
答案: (C)
詳解: (C) 理想的回路上導線的電阻是被忽略的, 並聯的電阻其 2 端分別共點, 所以分別處於相同的電位上, 因此所有電阻的電位差 (電位降) V皆相同;
(A) 依(C)的討論知並聯的電阻上電位降V皆相同. 再依 Kirchhoff 的節點定理, 將每個電阻上的電流相加可得總電流, 但是並聯的每個電阻值R_i未必相同, 因此通過各別電阻的電流值$I_i = V/R_i$未必相同;
(B) 依(C)的討論知並聯的電阻上電位降V皆相同. 每個電阻的消耗功率是$P_i = V^2/R_i$, 但是並聯的每個電阻值R_i未必相同, 因此各別電阻的消耗功率未必相同;
(D) 由於(C)恆成立, (D)爲僞.

[8 英] A 320-Ω resistor and a 530-Ω resistor are in series. When this combination is connected across a 12-V battery, the current is (A) 14 mA; (B) 23 mA; (C) 38 mA; (D) 140 mA.
[8 中] 有 1 個 320 Ω 的電阻與另 1 個 530 Ω 的電阻串聯, 當這個串聯接上 12 V 的電池時, 電流是 (A) 14 mA; (B) 23 mA; (C) 38 mA; (D) 140 mA.
答案: (A)
詳解: 串聯時的等效電阻是$R_{\text{ser}} = \sum_i R_i = R_1 + R_2 = 320\ \Omega + 530\ \Omega = 850\ \Omega$, 忽略電池內電阻時, 依 Ohm 定律, 電池的電動勢是$\mathcal{E} = IR_{\text{ser}}$, 所以電流就是

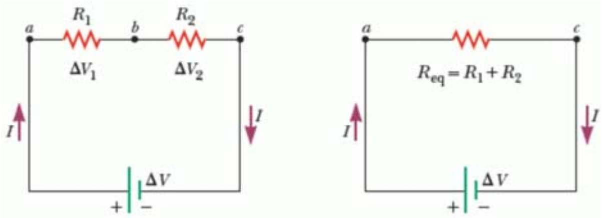
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{ser}}} = \frac{(12\ \text{V})}{(850\ \Omega)} = 0.01412\ \text{A} \approx 14\ \text{mA}.$$

[9 英] You have a 240-Ω resistor and wish to combine it with a second resistor to make an equivalent resistance of 200 Ω. You should
(A) add a 40-Ω resistor in series; (B) add a 40-Ω resistor in parallel;
(C) add a 440-Ω resistor in parallel; (D) add a 1200-Ω resistor in parallel.
[9 中] 你有 1 個 240 Ω 的電阻, 想要組成 200 Ω 的等效電阻. 你應該進行哪個方法?
(A) 串聯 1 個 40 Ω 的電阻; (B) 並聯 1 個 40 Ω 的電阻;
(C) 並聯 1 個 440 Ω 的電阻; (D) 並聯 1 個 1200 Ω 的電阻.
答案: (D)
詳解: (A) $R_{\text{ser}} = \sum_i R_i = R_1 + R_2 = 240\ \Omega + 40\ \Omega = 280\ \Omega$不合;
(B)

$$R_{\text{par}} = \left(\sum_i \frac{1}{R_i}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(240\ \Omega)(40\ \Omega)}{(240\ \Omega + 40\ \Omega)} = 34.29\ \Omega$$

不合;
(C) $R_{\text{par}} = R_1R_2/(R_1 + R_2) = (240\ \Omega)(440\ \Omega)/(240\ \Omega + 440\ \Omega) = 155.3\ \Omega$不合.
(D) $R_{\text{par}} = R_1R_2/(R_1 + R_2) = (240\ \Omega)(1200\ \Omega)/(240\ \Omega + 1200\ \Omega) = 200\ \Omega$合乎所求.

[10 英] A 9.0-V battery, 100-Ω resistor, and 240-Ω resistor are in series. The power delivered by the battery is (A) 0.24 W; (B) 4.2 W; (C) 0.026 W; (D) 0.09 W.
[10 中] 有 1 個 9.0 V 的電池, 100 Ω 與 240 Ω 的電阻, 3 者互相串接成回路. 則電池輸出的功率是 (A) 0.24 W; (B) 4.2 W; (C) 0.026 W; (D) 0.09 W.
答案: (A)
詳解:



(說明用的圖, 不印在試卷上)

由 Kirchhoff 環路定律知, 總電位降即電池的電動勢 (忽略電池內電阻) $\mathcal{E} = V_1 + V_2$, 其中V_1與V_2是 2 個電阻上分別的電位降. 串聯時流經所有元件的電流I相同, 且可以用等效電阻$R_{\text{ser}} = R_1 + R_2 = 100\ \Omega + 240\ \Omega = 340\ \Omega$來推得, $I = \mathcal{E}/R_{\text{ser}}$. 2 個電阻消耗的總功率是

$$W_{\text{ser}} = W_1 + W_2 = I^2R_1 + I^2R_2 = (I)(IR_1 + IR_2) = (I)(V_1 + V_2) = I\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{ser}}}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}^2}{R_{\text{ser}}}$$
$$= \frac{(9.0\ \text{V})^2}{(340\ \Omega)} = 0.2382\ \text{W} \approx 0.24\ \text{W}.$$

從討論中我們發現, 計算串聯的消耗功率與把串聯換成單 1 電阻計算消耗功率的方式相同.

[11 英] In an RC circuit with $R = 350$ kΩ and $C = 200$ μF, the time constant is (A) 1.75 s; (B) 70 s; (C) 700 s; (D) 7000 s.
[11 中] 在$R = 350$ kΩ 且$C = 200$ μF 的RC回路中, 時間常數是 (A) 1.75 s; (B) 70 s; (C) 700 s; (D) 7000 s.
答案: (B)
詳解: 時間常數$\tau = RC = (350 \times 10^3\ \Omega)(200 \times 10^{-6}\ \text{F}) = 70\ \text{s}$.

[12 英] The resistor you should put in series with a 250-pF capacitor to make the time constant 1 ms is (A) 250 kΩ; (B) 2.5 MΩ; (C) 4.0 MΩ; (D) 7.5 MΩ.
[12 中] 若要得到 1 ms 的時間常數, 應該將 250 pF 的電容與電阻值多大的電阻串聯? (A) 250 kΩ; (B) 2.5 MΩ; (C) 4.0 MΩ; (D) 7.5 MΩ.
答案: (C)
詳解: 時間常數$\tau = RC$, 電阻$R = \tau/C = (1 \times 10^{-3}\ \text{s})/(250 \times 10^{-12}\ \text{F}) = 4.0 \times 10^6\ \Omega$.

[13 英] If you discharge a 60-μF capacitor through a 1.5-kΩ resistor, how much time does it take for 99.9% of the charge to leave the capacitor? (A) 0.62 s; (B) 0.09 s; (C) 1.75 s; (D) 150 s. Hint: $\ln 0.001 = \ln 1000 = 3\ln 10 = 3\log_e 10 \approx -6.908$.

[13 中] 如果你將 60 μF 的電容器通過 1.5 kΩ 的電阻器放電, 釋出 99.9%的儲存電荷要多久? (A) 0.62 s; (B) 0.09 s; (C) 1.75 s; (D) 150 s. Hint: $\ln 0.001 = \ln 1000 = 3\ln 10 = 3\log_e 10 \approx -6.908$.

答案: (A)

詳解: Wolfson 等大多數普通物理課本中提到放電過程中的電位差是$V(t) = V_0 \mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 而理想的電容具有$C = Q/V$的關係式, 所以我們有

$Q(t) = C\,V(t) = CV_0 \mathrm{e}^{-t/(RC)} = Q_0 \mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 在此$Q_0 = Q(t=0)$是時間原點 (開始放電的瞬間) $t = 0$時的蓄電量. 釋出 99.9%的電荷意即剩下的電荷占原有比例

$Q(t)/Q_0 = 1 - 99.9\% = 1 - 0.999 = 0.001 = \mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 取自然對數得

$\ln 0.001 = \ln \mathrm{e}^{-t/(RC)} = -t/(RC)$,

$t = -RC \ln 0.001 = -(1.5 \times 10^3\ \Omega)(60 \times 10^{-6}\ \mathrm{F})(-6.908) = 0.6217\ \mathrm{s} \approx 0.62\ \mathrm{s}$.

[14 英] If each lightbulb is designed to operate at 120 V, which has the higher resistance? (A) 60 W; (B) 80 W; (C) 100 W; (D) 120 W.

[14 中] 如果同樣是設計給 120 V 電源使用的白熾燈泡, 以下何者有較大的電阻? (A) 60 W; (B) 80 W; (C) 100 W; (D) 120 W.

答案: (A).

詳解: 消耗功率$P = V^2/R$, 所以燈泡的電阻是$R = V^2/P$, 只要功率愈大電阻就愈小.

參考: 如果改成臺灣家庭的標準交流 rms 電壓 110 V 計算, 則白熾燈泡電阻與消耗功率的關係如下表.

功率P [W]	60	80	100	120
電阻R [Ω]	202	151	121	101

[15 英] Which unit of the following can be expressed as $\mathrm{kg \cdot m^2 s^{-1} C^{-2}}$? (A) ampere or A; (B) volt or V; (C) ohm or Ω; (D) frad or F.

[15 中] 下列哪個單位可以表示成$\mathrm{kg \cdot m^2 s^{-1} C^{-2}}$? (A) ampere or A; (B) volt or V; (C) ohm or Ω; (D) frad or F.

答案: (C).

詳解: (A) ampere (A) 其實是 SI 的基本單位, 但是可以表示成 C/s. 因爲電流是針對某個面的電荷通過率, 所以電流單位 A 就等於電荷單位 C 除以時間單位 s.

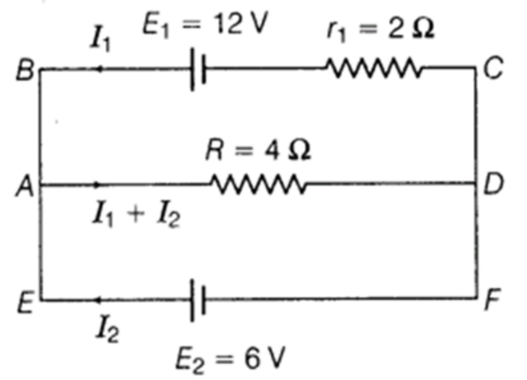
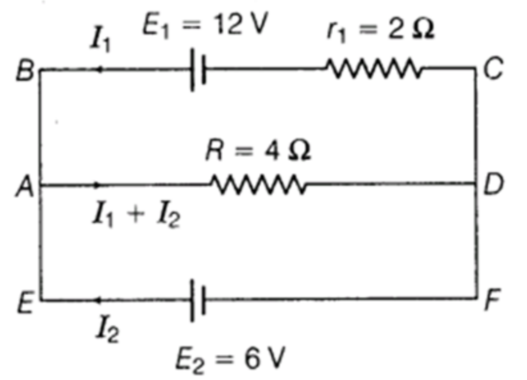
(B) volt (V) 是$\mathrm{kg \cdot m^2 A^{-1} s^{-3}}$或$\mathrm{kg \cdot m^2 C^{-1} s^{-2}}$. 電位差是單位電荷的電位能差, 所以電位差或電位單位 V 就是能量單位 $\mathrm{J = N{\cdot}m = (kg \cdot m/s^2) \cdot m = kg \cdot m^2/s^2}$ 除以電荷單位 C.

(C) ohm (Ω) 是$\mathrm{kg \cdot m^2 s^{-3} A^{-2}}$或$\mathrm{kg \cdot m^2 s^{-1} C^{-2}}$. 利用 Ohm 定律$R = V/I$可知電阻的單位 Ω 就是電位單位$\mathrm{V = kg \cdot m^2 C^{-1} s^{-2}}$除以電流單位 $\mathrm{A = C/s}$.

(D) farad (F) 是$\mathrm{s^4 A^2 m^{-2} kg^{-1}}$或$\mathrm{s^2 C^2 m^{-2} kg^{-1}}$. 利用電容的定義$C = Q/V$可知電容的單位 F 就是電荷的單位 C 除以電位的單位$\mathrm{V = kg \cdot m^2 C^{-1} s^{-2}}$.

[16 英] Which of the following represents a zero current or zero current density?
(A) a beam of electrons moves from left to right;
(B) a beam of protons moves upward;
(C) in a solution, positive ions move left and negative ions move right;
(D) blood, carrying positive and negative ions at the same speed, moves up through a vein.
[16 中] 下列哪個情況的淨電流或淨電流密度是零?
(A) 一束電子由左向右移動;
(B) 一束質子向上移動;
(C) 在溶液中, 陽離子向左移動, 陰離子向右移動;
(D) 血液中有陽離子與陰離子以相同的速率向上通過靜脈.
答案: (D).
詳解: 電流密度向量的定義是$\vec{\mathbf{J}} = nq\vec{\mathbf{v}}_{\mathrm{d}}$, 其中$n$是載子濃度, q是載子電荷, $\vec{\mathbf{v}}_{\mathrm{d}}$是載子的漂移速度向量. 若有多種載子時, 可將其分別對電流或電流密度的貢獻疊加.
(A) 電子帶負電, 由左向右移動時, 對電流或電流密度的貢獻是由右向左, 淨電流不會是零;
(B) 質子帶正電, 由下往上移動時, 對電流或電流密度的貢獻也是由下往上, 淨電流不會是零;
(C) 陽離子帶正電, 向左移動時, 對電流或電流密度的貢獻也是由右往左; 但是陰離子帶負電, 向右移動時, 對電流或電流密度的貢獻卻也是由右往左; 2 者貢獻的電流方向相同, 並不會相消, 因此淨電流不會是零;
(D) 電中性的血液, 其中所含的陽離子與陰離子皆向上移動, 則分別貢獻的電流在反方向, 疊加後恰好消去, 淨電流是零.

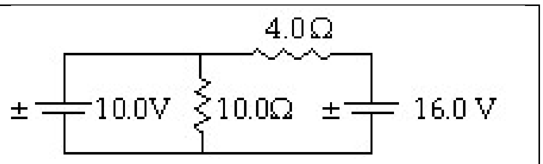
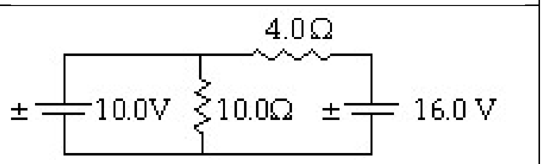
[17 英] Two wires carry the same current I. Wire A has a larger diameter, a higher concentration of current-carrying electrons, and a lower resistivity than wire B. If J, E, v denote the current density, electric field, and drift speed in each wire, which of the following relation is correct? (A) $J_{\mathrm{A}} < J_{\mathrm{B}}$; (B) $J_{\mathrm{A}} > J_{\mathrm{B}}$; (C) $E_{\mathrm{A}} > E_{\mathrm{B}}$; (D) $v_{\mathrm{A}} > v_{\mathrm{B}}$.
[17 中] 有相同的電流I通過不同的 2 條金屬導線. 導線 A 比起導線 B 具有較大的直徑, 較高的自由電子濃度, 較低的電阻率. 如果J, E, v分別表示這 2 條導線上的電流密度大小, 電場大小, 漂移速率, 則以下的關係何者正確? (A) $J_{\mathrm{A}} < J_{\mathrm{B}}$; (B) $J_{\mathrm{A}} > J_{\mathrm{B}}$; (C) $E_{\mathrm{A}} > E_{\mathrm{B}}$; (D) $v_{\mathrm{A}} > v_{\mathrm{B}}$.
答案: (A)
詳解: (A)(B) 電流密度大小與電流的關係是$J = I/A$, 因爲導線 A 的直徑大, 截面積大, $A_{\mathrm{A}} > A_{\mathrm{B}}$, 又題目給定電流$I_{\mathrm{A}} = I_{\mathrm{B}}$相同, 所以 A 的電流密度大小較小, $J_{\mathrm{A}} < J_{\mathrm{B}}$;
(C) 電流密度大小與電場大小的關係是$J = E/\rho$, 所以$E = \rho J$. 因爲題目給定導線 A 的電阻率較小, $\rho_{\mathrm{A}} < \rho_{\mathrm{B}}$, 因此$E_{\mathrm{A}} < E_{\mathrm{B}}$;
(D) 漂移速率v與電流密度的關係是$J = nqv$, 所以$v = J/(nq)$, 又題目給定導線 A 的自由電子濃度n較大, 金屬導線的載子是電子所以$|q| = q_e$皆相同, 因此$v_{\mathrm{A}} < v_{\mathrm{B}}$.

[18 英] In the electric network shown in the figure, calculate the power consumed by the resistance $R = 4\ \Omega$. (A) 18 W; (B) 9 W; (C) 6 W; (D) 3 W.	
[18 中] 在右圖所示的電路中, 試計算電阻$R = 4\ \Omega$所消耗的功率. (A) 18 W; (B) 9 W; (C) 6 W; (D) 3 W.	

答案: (B).

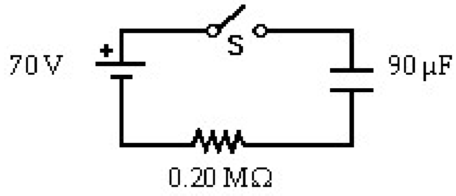
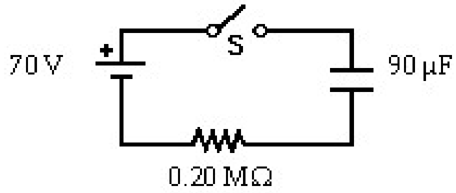
詳解: 利用 Kirchhoff 環路定律, 沿著 FEADF 繞 1 圈, 首先在 FE 處跨過E_2, 因此電位升高$E_2 = 6$ V; EA 沒有任何元件, 電位不變; A 往 D 途中跨過R, 電位下降$(I_1 + I_2)R$, DF 沒有任何元件, 電位不變, 所以$E_2 - (I_1 + I_2)R = 0$, 解出$I_1 + I_2 = E_2/R$. 計算消耗功率得$P_R = (I_1 + I_2)E_2 = E_2^2/R = (6\text{ V})^2/(4\ \Omega) = 9$ W.

另解: B, A, E 等 3 點等電位, 而 C, D, F 等 3 點等電位, 且由 E 至 F 跨過 6 V 電池, 所以 E 比 F 的電位高 6 V; A 的電位亦比 D 高 6 V, 由此知R上的電位降是 6 V, 因此消耗功率是$P_R = E_2^2/R = (6\text{ V})^2/(4\ \Omega) = 9$ W.

[19 英] Refer to the figure shown. What is the current through the 4.0 Ω resistor? (A) 1.5 A; (B) 4.0 A; (C) 0.43 A; (D) 1.1 A.	
[19 中] 在右圖所示的電路中, 試計算電阻$R = 4\ \Omega$上所通過的電流. (A) 1.5 A; (B) 4.0 A; (C) 0.43 A; (D) 1.1 A.	

答案: (A)

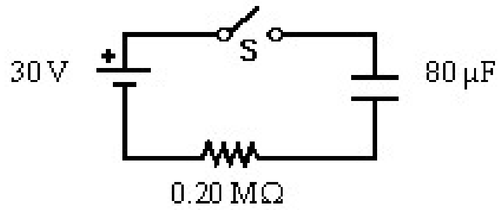
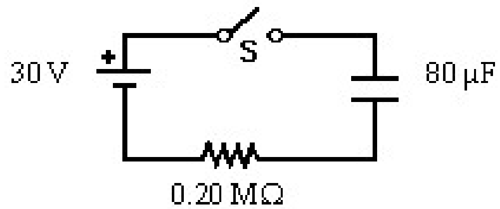
詳解: 利用 Kirchhoff 環路定律, 沿著最外圍繞 1 圈, 知 4.0 Ω 上的電位降是
16.0 V − 10.0 V = 6.0 V, 所以電流是(6.0 V)/(4.0 Ω) = 1.5 A.

<table>
<tr><td>[20 英] Initially, for the circuit shown, the switch S is open and the capacitor is uncharged. The switch S is closed at time $t = 0$. In the figure shown, when the time t is equal to 8.0 s, the charge on the capacitor, is closest to (A) 2.3 mC; (B) 1.8 mC; (C) 2.7 mC; (D) 3.2 mC (e) 3.6 mC. Hint: $\mathrm{e}^{-0.4444} \approx 0.6412$.</td><td>
</td></tr>
<tr><td>[20 中] 如右圖所示, 回路開關 S 本來是斷路的, 而電容器未充電. 在時間$t = 0$時開關 S 接通開始充電, 則在 8.0 s 時, 電容器上的蓄電量最接近以下哪個值? (A) 2.3 mC; (B) 1.8 mC; (C) 2.7 mC; (D) 3.2 mC (e) 3.6 mC. Hint: $\mathrm{e}^{-0.4444} \approx 0.6412$.</td><td>
</td></tr>
</table>

答案: (A)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在充電過程中, 電容器上的電位差是 $V_C(t) = \mathcal{E}\left[1 - \mathrm{e}^{-t/(RC)}\right]$, 又依電容的定義$C = Q/V_C$, 知蓄電量是 $Q(t) = C\,V_C(t) = C\mathcal{E}\left[1 - \mathrm{e}^{-t/(RC)}\right]$. 所以在$t = 8.0$ s 時,

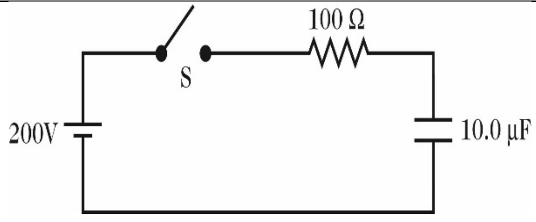
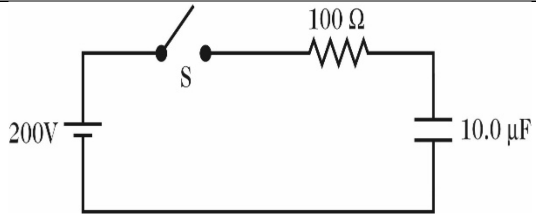
$$Q(t = 8.0\text{ s}) = (90 \times 10^{-6}\text{ F})(70\text{ V})\left\{1 - \mathrm{e}^{-(8.0\text{ s})/[(0.20\times10^{6}\,\Omega)(90\times10^{-6}\text{ F})]}\right\}$$
$$= (0.0063\text{ C})\{1 - \mathrm{e}^{-0.4444}\} = (0.0063\text{ C})\{1 - 0.6412\} = 0.002260\text{ C} \approx 2.3\text{ mC}.$$

<table>
<tr><td>[21 英] Initially, for the circuit shown, the switch S is open and the capacitor is uncharged. The switch S is closed at time $t = 0$. In the figure shown, when the time t is equal to 20.0 s, the potential difference across the resistor is closest to: (A) 8.6 V; (B) 10 V; (C) 12 V; (D) 14 V. Hint: $\mathrm{e}^{-1.25} \approx 0.2865$.</td><td>
</td></tr>
<tr><td>[21 中] 如右圖所示, 回路開關 S 本來是斷路的, 而電容器未充電. 在時間$t = 0$時開關 S 接通開始充電, 則在 20.0 s 時, 電阻器 2 端的電位差最接近以下哪個值? (A) 8.6 V; (B) 10 V; (C) 12 V; (D) 14 V. Hint: $\mathrm{e}^{-1.25} \approx 0.2865$.</td><td>
</td></tr>
</table>

答案: (A)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在充電過程中, 電路上的電流是 $I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}\mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 又依 Ohm 定律知電阻的電位差$V_R(t) = I(t)\,R = \mathcal{E}\mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 所以在$t =$ 20.0 s 時

$$V_R(t = 20.0\text{ s}) = (30\text{ V})\mathrm{e}^{-(20.0\text{ s})/[(0.20\times10^{6}\,\Omega)(80\times10^{-6}\text{ F})]}$$
$$= (30\text{ V})\mathrm{e}^{-1.25} = (30\text{ V})(0.2865) = 8.595\text{ V} \approx 8.6\text{ V}.$$

[22 英] The capacitor shown in the circuit in the figure is initially uncharged when the switch S is suddenly closed. After one time constant, the current through the resistor will be closest to: (A) 0.00 A; (B) 0.74 A; (C) 1.0 A; (D) 1.3 A. Hint: e ≈ 2.718.	
[22 中] 如右圖所示, 回路開關 S 本來是斷路的, 而電容器未充電. 在時間$t = 0$時開關 S 接通開始充電, 則在到達 1 個時間常數時, 電阻器上的電流最接近以下哪個值? (A) 0.00 A; (B) 0.74 A; (C) 1.0 A; (D) 1.3 A. Hint: e ≈ 2.718.	

答案: (B)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在充電過程中, 電路上的電流是 $I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}\mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 所以在$t = RC$時,

$$I(t = RC) = \frac{\mathcal{E}}{R}\mathrm{e}^{-RC/(RC)} = \frac{\mathcal{E}}{R}\mathrm{e}^{-1} = \frac{\mathcal{E}}{\mathrm{e}R} = \frac{(200\ \mathrm{V})}{(2.718)(100\ \Omega)} = 0.7358\ \mathrm{A} \approx 0.74\ \mathrm{A}.$$

[23 英] A 4.0-μF capacitor is connected in series to a resistor. If an emf source is connected in series to this arrangement, and if the voltage drop across the capacitor is one-half the applied emf 8.0 ms after the emf source has been connected, what is the resistance of the circuit? (A) 2.9 kΩ; (B) 1.4 kΩ; (C) 0.35 kΩ; (D) 0.72 kΩ. Hint: ln 2 ≈ 0.6931.

[23 中] 有 1 個 4.0 μF 的電容器串聯在 1 個電阻器上, 然後把 1 個電動勢源的 2 端接在這個串聯組合的 2 端上, 經過 8.0 ms 後電容器 2 端的電位差是電動勢源電位差的一半, 則電阻器的電阻值是多少? (A) 2.9 kΩ; (B) 1.4 kΩ; (C) 0.35 kΩ; (D) 0.72 kΩ. Hint: ln 2 ≈ 0.6931.

答案: (A)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在充電過程中, 電容器上的電位差是 $V_C(t) = \mathcal{E}\left[1 - \mathrm{e}^{-t/(RC)}\right]$, 又知在$t = t_{0.5} = 8.0\ \mathrm{ms}$ 時,

$V_C(t = t_{0.5}) = \mathcal{E}\left[1 - \mathrm{e}^{-t_{0.5}/(RC)}\right] = \mathcal{E}/2$, 所以$1 - \mathrm{e}^{-t_{0.5}/(RC)} = 1/2$,

$\mathrm{e}^{-t_{0.5}/(RC)} = 1 - \frac{1}{2} = 1/2$, 兩邊取自然對數得$\ln \mathrm{e}^{-t_{0.5}/(RC)} = \ln(1/2)$,

$-t_{0.5}/(RC) = -\ln 2$, $RC = t_{0.5}/(\ln 2)$, 所以電阻值是

$$R = \frac{t_{0.5}}{(C \ln 2)} = \frac{(8.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{s})}{(4.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{F})(0.6931)} = 2886\ \Omega \approx 2.9\ \mathrm{k\Omega}.$$

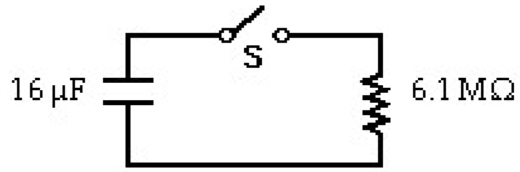
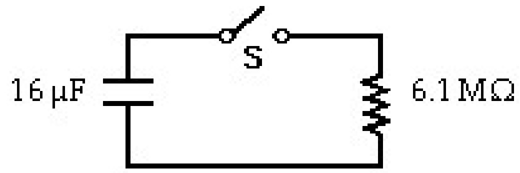
[24 英] A 1.0-μF capacitor is charged until it acquires a potential difference of 700.0 V across its plates, then the emf source is removed. If the capacitor is then discharged through a 200.0-kΩ resistance of a circuit, what is the voltage drop across the capacitor 7.0 ms later? (A) 680 V; (B) 720 V; (C) 24 V; (D) −25 V. Hint: $\mathrm{e}^{-0.035} \approx 0.9656$.

[24 中] 先把 1 個 1.0 μF 的電容器, 以 700.0 V 的電動勢源對其平行板充電, 再移去電源, 將該電容器的 2 端接上 200.0 kΩ 的電阻器進行放電, 則在放電 7.0 ms 後電位差是多少? (A) 680 V; (B) 720 V; (C) 24 V; (D) −25 V. Hint: $\mathrm{e}^{-0.035} \approx 0.9656$.

答案: (A)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在放電過程中, 電容器或電阻器上的電位差是$V(t) = V_0\mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 放電之前電容器以$V_0 = 700.0$ V充電完成, 所以在$t = 7.0$ ms 時, 電位差是

$$V(t = 7.0\ \mathrm{ms}) = (700.0\ \mathrm{V})\mathrm{e}^{-(7.0\times10^{-3}\ \mathrm{s})/[(200.0\times10^{3}\ \Omega)(1.0\times10^{-6}\ \mathrm{F})]} = (700.0\ \mathrm{V})\mathrm{e}^{-0.035}$$
$$= (700.0\ \mathrm{V})(0.9656) = 675.9\ \mathrm{V} \approx 680\ \mathrm{V}.$$

[25 英] Initially, for the circuit shown, the switch S is open and the capacitor voltage is 80 V. The switch S is closed at time $t = 0$. In the figure shown, the capacitor voltage when the time t is equal to 40.0 s is closest to: (A) 53 V; (B) 60 V; (C) 66 V; (D) 73 V. Hint: $\mathrm{e}^{-0.4098} \approx 0.6638$.	
[25 中] 如右圖所示, 回路開關 S 本來是斷路的, 而電容器未充電. 在時間$t = 0$時開關 S 接通開始充電, 則在到達$t = 40.0$ s時, 電阻器或者電容器上的電位差最接近以下哪個值? (A) 53 V; (B) 60 V; (C) 66 V; (D) 73 V. Hint: $\mathrm{e}^{-0.4098} \approx 0.6638$.	

答案: (A)

詳解: 在 Wolfson 等普通物理的書中介紹, RC電路在放電過程中, 電容器或電阻器上的電位差是$V(t) = V_0\mathrm{e}^{-t/(RC)}$, 放電之前電容器以$V_0 = 80$ V充電完成, 所以在$t = 40.0$ s 時, 電位差是

$$V(t = 40.0\ \mathrm{s}) = (80\ \mathrm{V})\mathrm{e}^{-(40.0\ \mathrm{s})/[(6.1\times10^{6}\ \Omega)(16\times10^{-6}\ \mathrm{F})]} = (80\ \mathrm{V})\mathrm{e}^{-0.4098} = (80\ \mathrm{V})(0.6638)$$
$$= 53.10\ \mathrm{V} \approx 53\ \mathrm{V}.$$