

電流と抵抗 (演習問題)

v3.0 Sep.2020

番号: _____ 氏名: _____

1. ◇ 1 A の電流が流れているとき、0.01 秒間に銅線断面を通る電子の数を求めよ。ただし、電子の素電荷を $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C とする。^{*1}
2. ◇ 断面積 1 mm² の銅線に 5 A の電流が流れている。銅の自由電子密度を 8.46×10^{28} 個/m³ とするとき、自由電子の平均速度を求めよ。^{*2}
3. ◇ 起電力 e [V]、内部抵抗 r [Ω] の電源を抵抗 R [Ω] の負荷に接続する。負荷に供給される電力が最大となる負荷抵抗 R [Ω] の値と、そのときの最大電力を求めよ。^{*3}
4. ◇ 長さ 1 m、断面積 2 mm² の銅線を均一に引き延ばし、長さを 2 m にしたとき、抵抗はもとの何倍になるか。^{*4}
5. ◇ 0°C で 10 Ω の銅線コイルがある。30°C のときコイル抵抗はいくらか。ただし、抵抗率の温度係数は $\alpha_{t_0} = 4.3 \times 10^{-3}$ 1/°C とする。^{*5}
6. ◇ 面積 S [m²]、間隔 d [m] の平行平板コンデンサが、起電力 V [V] の電源に接続されている。極板間の媒質の誘電率を ϵ [F/m]、導電率を σ [S/m] とするとき、極板間に流れる漏れ電流 I および漏れコンダクタンス G を求めよ。また、このコンデンサの静電容量 C と G の関係を求めよ。^{*6}
7. ♡ 自由電子密度が 10^{28} 個/m³ の金属導体に 20 V/m の電界を加えたとき、電子の平均速度と移動度を求めよ。ただし、金属導体の抵抗率は 10^{-7} $\Omega \cdot m$ である。^{*7}
8. ♡ 静電容量が 20 μ F の平行平板コンデンサがある。500 V の電圧を加えると 5.14 mA の漏れ電流を生じた。コンデンサに充填されている誘電体の比誘電率が 2.2 のとき、この誘電体の導電率はいくらか。^{*8}
9. ♡ 内導体の半径 a [m]、外導体の内半径 b [m] の非常に長い同心円筒状の電極の間に抵抗率 ρ の媒質が満たされているとき、単位長さ当たりの漏れコンダクタンスを求めよ。^{*9}
10. カーボン抵抗のリード線の長さが抵抗体を挟んで左右に 5 mm ずつあるとき、リード部分のみの抵抗値を求めよ。ただし、リード線は銅線であるとし、その導電率は $\sigma = 5.9 \times 10^7$ S/m とする。^{*10}
11. AED の電気ショックで与える電圧は 1.6 kV、電流は 40 A 程度である。電極パッドに挟まれた人体（胸から心臓を通過して脇腹に抜ける 30 cm 程度の経路）の電気抵抗と人体内部に加わる電界を求めよ。^{*11}
12. 抵抗率 $\rho = 1.6 \times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ の銅を用いて長さ 20 m の銅線を作り、1.5 V の電圧を加えたとき流れる電流を 3.0 A にしたい。断面を円形にすると半径は幾らにすればよいか。^{*12}
13. 20°C で 100 Ω の抵抗をもつタングステン製の導線の抵抗が温度上昇により 102 Ω になった。温度の上昇はいくらか。ただし、抵抗率の 0-100°C 間の平均温度係数は $\alpha_{avg} = 4.9 \times 10^{-3}$ 1/K とする。^{*13}
14. ♠ オームの法則 $I = V/R$ から $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ を導出せよ。^{*14}
15. ♠ $S = 1$ mm²、 $I = 1$ A の銅線の電子ドリフト速度 \bar{v} を求めよ。ただし、 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C、アボガドロ数 6.0×10^{23} 1/mol、銅の原子量 64、密度 9.0 g/cm³ とし、銅原子 1 つ当たり 1 個の自由電子があるものとする。^{*15}
16. ♠ 抵抗率 ρ [$\Omega \cdot m$] の媒質で満たされた同軸円筒電極がある。同軸円筒の内半径が a [m]、外半径が b [m]、長さが L [m] のとき、電極間の抵抗を求めよ。^{*16} (Serway, 科学者と技術者のための物理学電磁気学, p.772, ex.27.4, 学術図書)

*1 答え : 6.25×10^{16} 個

*2 答え : 3.69×10^{-4} m/s

*3 答え : $R = r$ [Ω], $P_{\max} = \frac{e^2}{4r}$ [W]

*4 答え : 4 倍

*5 答え : 11 Ω

*6 答え : $I = \sigma \frac{V}{d} S$ [A], $G = \sigma \frac{S}{d}$ [S], $\frac{C}{G} = \frac{\epsilon}{\sigma}$

*7 答え : 12.5 cm/s, 6.25×10^{-3} m²/V⁻¹s⁻¹

*8 答え : 1.0×10^{-11} S/m

*9 答え : $\frac{2\pi}{\rho \ln(b/a)}$ [S/m]

*10 答え : 86 m Ω

*11 答え : 40 Ω , 5.3 kV

*12 答え : 4.5×10^{-4} m

*13 答え : 4.4°C

*14 ヒント : 断面積 S , 長さ l , 抵抗率 ρ の抵抗体において成立する次の関係を代入する。 $R = \rho \frac{l}{S}$, $E = \frac{V}{l}$, $J = \frac{I}{S}$

*15 答え : 7.4×10^{-5} m/s

*16 答え : $\frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$ [Ω]