

2018年度 センター試験 本試験 物理

作成日：2018年1月14日（日）

第2問 RC直列回路／磁場のある領域に入っていくコイル

出題範囲	コンデンサー／ローレンツ力
難易度	★★★☆☆
所要時間	10分
傾向と対策	第2問Aはコンデンサーに関する問題。コンデンサーに充電するときの電流の変化と公式を思い出せば、解くことができる。
	第2問Bは磁場に入っていくコイルの問題。誘導起電力の求め方とローレンツ力の公式を思い出そう。

A

問1 正解は①

難易度 ★★☆☆☆

ポイント

コンデンサーの充電：回路につながれた電荷のたまっていないコンデンサーに電圧をかけた直後は、両極板の電位が等しいため、ただの導線と同じようにみなすことができる。その後極板が帯電していき、両極板の電位差が電池の電圧に等しくなると、回路には電流が流れなくなる。

解説

まず、電源が直流電源であることから、電流が振動することはない。したがって、⑦、⑧は誤りであることがわかる。

時刻 $t = 0$ ではコンデンサーに電荷が蓄えられていないので、この段階ではコンデンサーでの電圧降下は $V = \frac{0C}{C} = 0V$ である。よって、このときは電圧 V の直流電源に抵抗値 R の抵抗のみが接続された回路とみなせる。したがって、 $t = 0$ ではオームの法則より、

$$V = RI$$

$$\therefore I = \frac{V}{R} > 0$$

これを満たすものは①、③である。

また、スイッチを a 側に入れてから十分に時間が経過してコンデンサーへの充電が完了すると、電流は流れなくなるので、 $I = 0$ になる。

以上より、答えは①。

問 2 正解は⑧

難易度 ★★☆☆☆

ポイント

コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー : U [J] をコンデンサーに蓄えられる静電エネルギー、 Q [C] をコンデンサーの電気量、 V [V] を極板間の電位差、 C [F] をコンデンサーの電気容量とすると、静電エネルギーは以下のように表される。

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

解説

スイッチを a 側に入れてから十分に時間が経過したのち、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー U は、直流電源の電圧が V より、 $U = \frac{CV^2}{2}$ である。

そして、スイッチを b 側に入れてから電流が流れなくなるまでの間、つまりコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーが 0 になるまでの間に、静電エネルギーは全て抵抗で発生するジュール熱に変化するから、求めるジュール熱 Q を与える式は $Q = U = \frac{CV^2}{2}$ となる。

以上より、答えは⑧。

B

問3 3 正解は④

難易度 ★★★☆☆

ポイント

ファラデーの電磁誘導の法則 : 1巻きのコイルを貫く磁束（磁場）が、時間 Δt [s] の間に $\Delta\Phi$ [Wb] だけ変化するとき生じる誘導起電力 ε [V] は、磁場の正の方向を定め、その向きに右ねじが進むように右ねじが回る向きを正とすると、

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

となる。負の符号は磁束の変化を妨げる向きに誘導起電力が生じること（レンツの法則という）を示している。コイルが N 回巻きของときには1巻きのコイルが直列につながっていると考えればよい。以上をまとめると、ファラデーの電磁誘導の法則は次の式で表される。

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

なお、 N 回巻きコイルについては、1巻きのコイルの N 倍の強さの磁束の1巻きのコイルが存在すると考えてもよい。

解説

コイルを貫く磁束を Φ とおく。辺 ab が $y = 0$ に到達してから辺 cd が $y = 0$ に達するまでの間のコイルが落下する一定の速さを v 、誘導起電力を ε とおくと、右ねじの法則より、誘導起電力の方向が adcba の向きであることに注意して、

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -vBw$$

キルヒホッフ第2法則より、

$$\varepsilon = RI$$

$$\therefore I = -\frac{vBw}{R} \quad \dots\dots(*)$$

したがって、時刻 $t = 0$ から $t = T$ までの間、電流 I は一定値で負の値をとる。これより、正答は②または④であることがわかる。

また、 $t > T$ においては、磁束の変化について、

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$$

であるから、誘導起電力は0である。

以上より、答えは④。

問4 4 正解は④

難易度 ★★★☆☆

ポイント

電流が磁場から受ける力 : 磁場の大きさ B の領域にある長さ l の導線に電流の大きさ I が流れているとき、導線は磁場から $F = lIB$ の大きさの力を受ける。この力の向きは電流が進む方向から磁束密度の方向に右ねじを回したときに右ねじが進む方向である（右ねじの法則）。

解説

電流が磁場から受ける力を考えると、右図のように（ただし時刻 t における辺 ab の位置を y 、電流の向きは問3と同様に正とする）、 bc 間と da 間にはたらく水平方向の力の和が0であり、 ab 間にはたらく磁場から受ける力は $-wIB$ である。 cd 間は磁場中にないため、磁場からは力を受けない。

辺 ab が $y = 0$ に到達してから辺 cd が $y = 0$ に達するまでの間、落下する速さが一定であるからコイルにはたらく力の和はつり合っている。したがって、

$$0 = -wIB - mg$$

$$\therefore I = -\frac{mg}{Bw}$$

これと、問3の式(※)より、

$$-\frac{vBw}{R} = -\frac{mg}{Bw}$$

$$v = \frac{mgR}{B^2w^2}$$

以上より、答えは④。

