

問 1

Ans. (3)

解説

- (1) 点電荷 $Q$ によって生じる電界は距離の二乗に反比例する。
- (2) 点電荷 $Q$ によって生じる電界はその周辺の誘電率に反比例する。

点電荷が作る電界 $E$ は以下の式で表される。

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \text{ [V/m]}$$

$Q$  : 点電荷の電気量[C],  $\epsilon$  : 誘電率[F/m],  $r$  : 点電荷からの距離[m]

- (3) 無限遠を基準点としたとき, 点電荷 $Q$ に近づくにつれてその電位は小さくなる。

無限遠を基準点としたときの電荷により生じる電位 $V$ は以下の式で表される。

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon r} \text{ [V]}$$

$Q$  : 点電荷の電気量[C],  $\epsilon$  : 誘電率[F/m],  $r$  : 点電荷からの距離[m]

電位は距離 $r$ に反比例することから, 点電荷に近づくにつれて大きくなる。従って, (3)は誤りである。

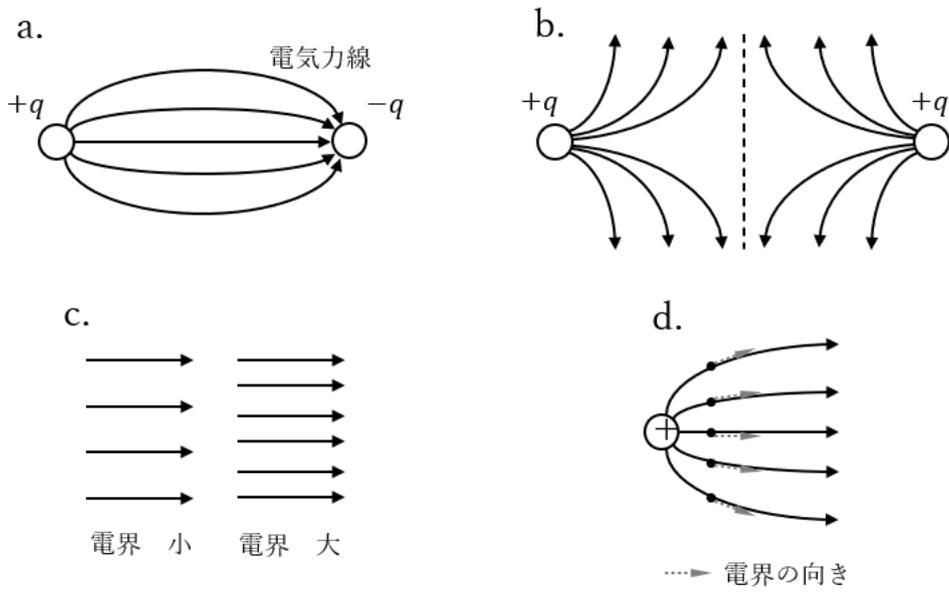
- (4) 電気力線は点電荷 $Q$ から放出される。

電気力線の性質

- a. 電気力線は正の電荷から出て, 負の電荷に入る。その途中で力線の数が増減せず, 他の力線と交差することはない
- b. 同符号の電荷の力線は反発しあう
- c. 電気力線の密度は電界の強さを表す

©電験どうでしょう

d. 電気力線の接点の向きは電界の向きを表す



(5) 点電荷 $Q$ 付近に負電荷を配置すると、この負電荷は引き寄せられる。

2つの電荷 $Q_1$ ,  $Q_2$ の間で生じるクーロン力 $F$  は以下の式で表される。

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} \text{ [N]}$$

$Q_1$ ,  $Q_2$  : 点電荷の電気量[C],  $\epsilon$  : 誘電率[F/m],  $r$  : 点電荷間の距離[m]

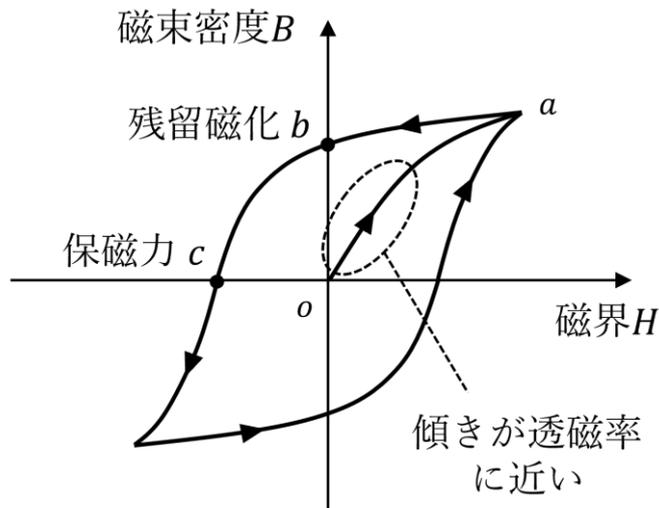
ここで、2つの電荷が同符号の場合は斥力 (互いを引き離す力), 異符号の場合は引力 (互いを引き付ける力) となる。

問2

Ans. (3)

解説

ヒステリシスループとは以下の図の要に横軸を磁界、縦軸を磁束密度とし、磁性体の磁界の変化に対する磁束密度の変化を示す。



- (1) 磁界の値が小さい領域でのグラフの傾きは透磁率に近い値となる。
- (2) 磁界の値を大きい領域では、グラフの傾きは小さくなる。

グラフに示すように、磁界の値が小さい領域ではグラフは直線的に変化しており、この部分の傾きは透磁率に近い値となる。さらに磁界の値を大きくするとグラフの傾きは小さくなる。

- (3) 残留磁気とは、磁束密度が零となる磁界の値である。

残留磁化：磁界が零となったときの磁束密度の値

保磁力：磁束密度が零となる磁界の値

従って、(3) は誤りである。

- (4) 磁性体中で生じる損失はヒステリシスループの面積に比例する。
- (5) ヒステリシスループの大きい磁性体は、永久磁石の材料に適している。

ヒステリシスループの形状が磁性体の特性を表しており、その面積は磁性体中で生じる損失を示す。変圧器の鉄心として利用する場合、損失が少ないことが望ましく、ヒステリシスループの面積は小さいほうがよい。一方、ヒステリシスループの面積が大きいということは、磁性体周辺の磁界の変化に対して残留磁化が変化しにくいということを意味している。従って、ヒステリシスループの面積が大きい磁性体は永久磁石の材料に適している。

問3

Ans. 4 V/mm

解説

2つの平板コンデンサの静電容量 $C_1$ ,  $C_2$ は以下のように表せる。

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{S}{d_1} = \varepsilon_0 \frac{S}{2}$$
$$C_2 = \varepsilon_0 \frac{S}{d_2} = \varepsilon_0 \frac{S}{1} = 2C_1$$

直列接続された平板コンデンサに印加される電圧 $V_1$ ,  $V_2$ は、静電容量の逆比となることから、

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{2C_1} = 2 : 1$$

$$V_1 = \frac{2}{3}V = \frac{2}{3} \times 12 = 8 \text{ V}$$

従って、平板コンデンサ1の電界 $E$ は

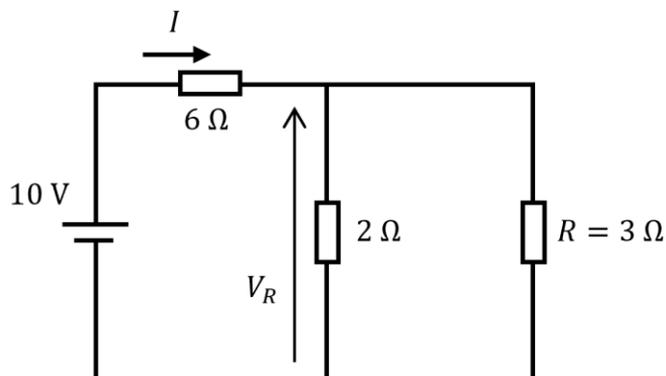
$$E = \frac{V_1}{d_1} = \frac{8}{2} = 4 \text{ V/mm}$$

となる。

問 4

Ans. 0.926 W

解説



回路全体の抵抗 $R_{all}$ は以下となる。

$$R_{all} = 6 + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 6 + \frac{6}{5} = \frac{36}{5} \Omega$$

回路に流れる電流 $I$ は以下となる。

$$I = \frac{10}{R_{all}} = 10 \times \frac{5}{36} = \frac{50}{36} = \frac{25}{18} \text{ A}$$

抵抗 $R$ に印加される電圧 $V_R$ は以下となる。

$$V_R = 10 - 6 \times I = 10 - 6 \times \frac{25}{18} = 10 - \frac{25}{3} = \frac{5}{3} \text{ V}$$

従って、負荷抵抗 $R$ の消費電力  $P$ は、

$$P = \frac{V_R^2}{R} = \left(\frac{5}{3}\right)^2 \times \frac{1}{3} = \frac{25}{27} = 0.926 \text{ W}$$

となる。

問 5

Ans. (4)

解説

並列接続では各素子に印加される電圧は全て同一となるため、

$$\dot{V} = \dot{V}_R = \dot{V}_L = \dot{V}_C$$

となる。各素子の電流は電源電圧  $\dot{V}$  を含む式で表現すると、

$$\begin{aligned} \dot{I}_R &= \frac{\dot{V}}{R} \\ \dot{I}_L &= -j \frac{\dot{V}}{\omega L} \\ \dot{I}_C &= j\omega C \dot{V} \end{aligned}$$

となり、抵抗に流れる電流  $\dot{I}_R$  は電源電圧  $\dot{V}$  と同相、コイルに流れる電流  $\dot{I}_L$  は電源電圧  $\dot{V}$  より  $90^\circ$  遅れ、コンデンサに流れる電流  $\dot{I}_C$  は電源電圧  $\dot{V}$  より  $90^\circ$  進みとなる。

問 6

Ans. (3)

解説

p 形半導体と n 形半導体の特徴を以下にまとめる。

	p 型半導体	n 型半導体
注入する不純物	III族の元素 (アクセプタ) ホウ素 (B) アルミニウム (Al) ガリウム (Ga) インジウム (In) など	V族の元素 (ドナー) リン (P) ヒ素 (As) アンチモン (Sb) など
多数キャリア	正孔 (+の電荷) (電子の穴ができる)	自由電子 (-の電荷) (電子が余る)

正孔は電子の欠損であるため、(3)が誤りとなる。

問 7

Ans. 12 V

解説

非反転増幅回路の入力電圧 $V_{in}$ と出力電圧 $V_{out}$ の関係は以下となる。

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in}$$

従って、出力電圧 $V_{out}$ は、

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} = \left(1 + \frac{6\text{ k}}{2\text{ k}}\right) \times 3 = 12\text{ V}$$

となる。

問 8

Ans. (3)

解説

コンデンサの電圧 $v_c$ は時刻 $t = t_1$  [s]でスイッチ $S_1$ を閉じると零から徐々に増加し、電源電圧 $E$ と一致するように変化する。時定数 $CR$  [s]に比べて十分に時間が経過しているため、時刻 $t = t_2$ ではコンデンサの電圧 $v_c$ はすでに電源電圧 $E$ と一致しその変化は止まっている。時刻 $t = t_2$ で再びスイッチ $S_1$ を開いてもコンデンサの電荷を放電する経路がないため、コンデンサの電圧 $v_c$ は変化せず一定となる。

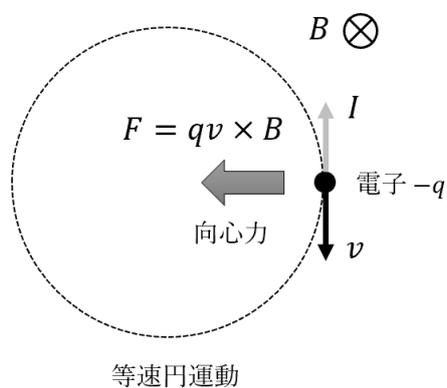
問9

Ans. (1)

解説

(ア)上向き、(イ)左手、(ウ)左向き、(エ)向心力、(オ)等速円運動

磁界中を電子が速さ $v$ で運動するとき、電子には電磁力が働く。電磁力の向きはフレミング左手の法則（左手の中指が電流，人差し指が磁界，親指が力の向き）に従う。この力は電子に対して向心力として働き，電子は等速円運動する。

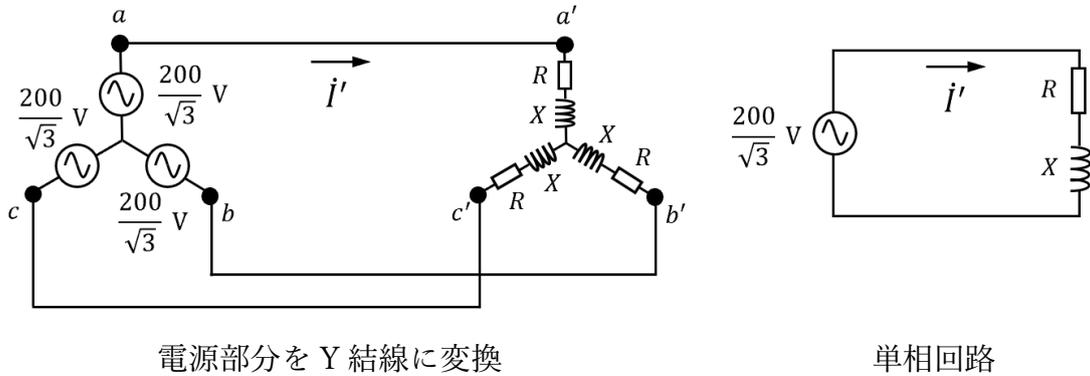


問 10

Ans. 13.3 A

解説

まず電源部分を $\Delta$ 結線からY結線に変換し、線電流 $I'$ を単相回路から導出する。



電源部分をY結線に変換

単相回路

$$I' = \frac{200/\sqrt{3}}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{200/\sqrt{3}}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \frac{200}{\sqrt{3} \times \sqrt{25}} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 5} = \frac{40}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

$\Delta$ 結線の線電流と相電流の関係は以下の2つの特徴がある。

- ・相電流の大きさは線電流の $1/\sqrt{3}$ 倍となる
- ・相電流の位相は線電流より $30^\circ$ 進みとなる

この回路の電源部分は $\Delta$ 結線になっており、電源電流 $I$ は相電流を意味するので、電源電流 $I$ の大きさは線電流 $I'$ の $1/\sqrt{3}$ 倍となる。従って、

$$I = \frac{1}{\sqrt{3}} I' = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{40}{\sqrt{3}} = \frac{40}{3} = 13.3 \text{ A}$$