

第 3 種

理 論

A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 電圧 V [V] に充電された静電容量 C [F] のコンデンサと全く充電されていない静電容量 $2C$ [F] のコンデンサとがある。これら二つのコンデンサを並列に接続したとき、これらのコンデンサに蓄えられる全静電エネルギー [J] の値として、正しいものは次のうちどれか。

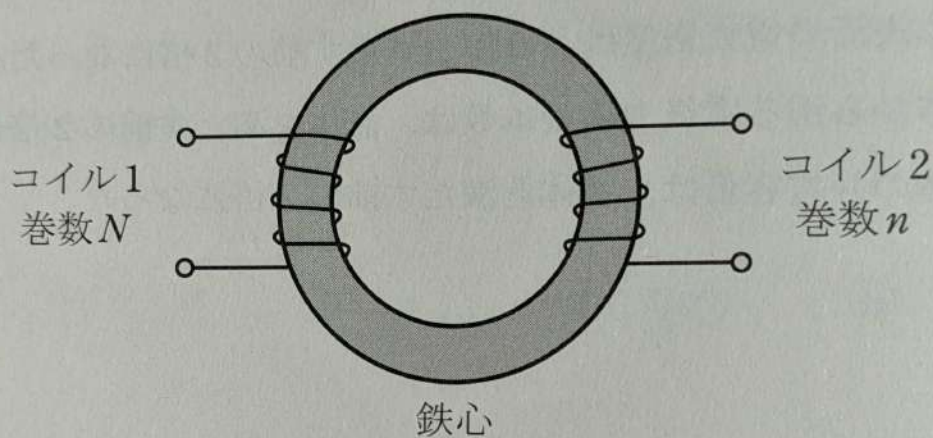
- (1) $\frac{1}{9}CV^2$ (2) $\frac{1}{6}CV^2$ (3) $\frac{2}{9}CV^2$ (4) $\frac{1}{3}CV^2$ (5) $\frac{3}{8}CV^2$

問2 真空中に Q [C] の電荷をもつ半径 r [m] の球状導体がある。ここで、真空の空間を比誘電率 2 の絶縁体の液体で満たしたとすると、静電気に関する記述として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、無限遠点の電位を零電位とする。

- (1) 球状導体表面の電位は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (2) 球状導体表面の電界の強さは、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (3) 球状導体表面の電束密度は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (4) 球状導体から出る電気力線の本数は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (5) 球状導体の静電容量は、液体を満たす前の 2 倍になった。

問3 図のように、環状鉄心に二つのコイルが巻かれている。コイル1の巻数は N であり、その自己インダクタンスは L [H]である。コイル2の巻数は n であり、その自己インダクタンスは $9L$ [H]である。巻数 n の値を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、鉄心は均一で一定断面積をもち、コイル及び鉄心の漏れ磁束はなく、鉄心の磁気飽和もないものとする。



(1) $\frac{N}{9}$

(2) $\frac{N}{3}$

(3) $3N$

(4) $9N$

(5) $81N$

問4 図1のように、無限に長い直線状導体Aに直流電流 I_1 [A]が流れているとき、この導体から a [m]離れた点Pでの磁界の大きさは H_1 [A/m]であった。一方、図2のように半径 a [m]の一巻きの円形コイルBに直流電流 I_2 [A]が流れているとき、この円の中心点Oでの磁界の大きさは H_2 [A/m]であった。 $H_1 = H_2$ であるときの I_1 と I_2 の関係を表す式として正しいものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

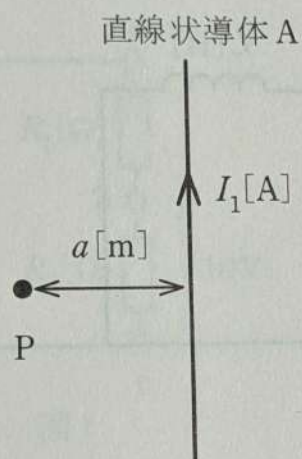


図1

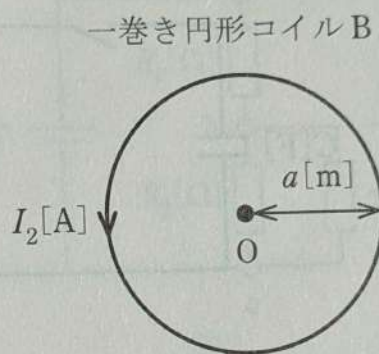
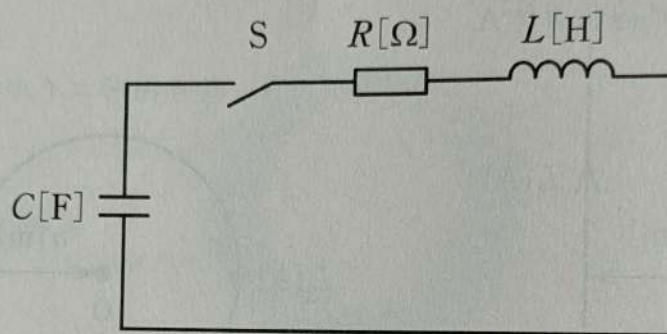


図2

- (1) $I_1 = \pi^2 I_2$ (2) $I_1 = \frac{2}{\pi} I_2$ (3) $I_1 = \frac{I_2}{\pi^2}$ (4) $I_1 = \frac{I_2}{\pi}$ (5) $I_1 = \pi I_2$

問5 図に示す RLC 回路において、静電容量 $C[\text{F}]$ のコンデンサが電圧 $V[\text{V}]$ に充電されている。この状態でスイッチ S を閉じて、それから時間が十分に経過してコンデンサの端子電圧が最終的に零となった。この間に抵抗 $R[\Omega]$ で消費された電気エネルギー $W[\text{J}]$ を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $\frac{1}{2}C^2V$ (2) $\frac{1}{2}LV^2$ (3) $\frac{1}{2}L^2V$ (4) $\frac{1}{2}\frac{V^2}{R}$ (5) $\frac{1}{2}CV^2$

問6 図1の直流回路において、端子a-c間に直流電圧100Vを加えたところ、端子b-c間の電圧は10Vであった。また、図2のように端子b-c間に 15Ω の抵抗を並列に追加したとき、端子b-c間の電圧は4Vであった。今、図3のように端子b-c間を短絡したとき、電流 I の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

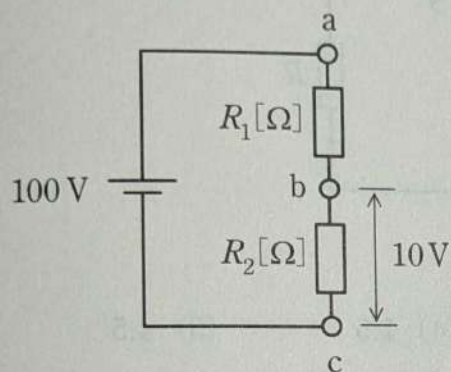


図1

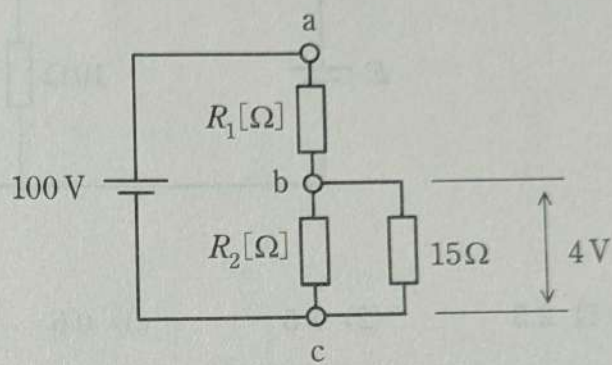


図2

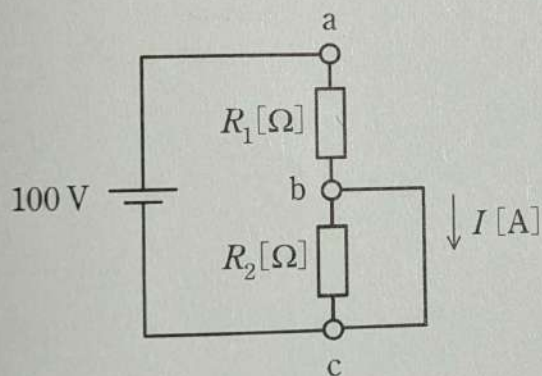


図3

(1) 0.0

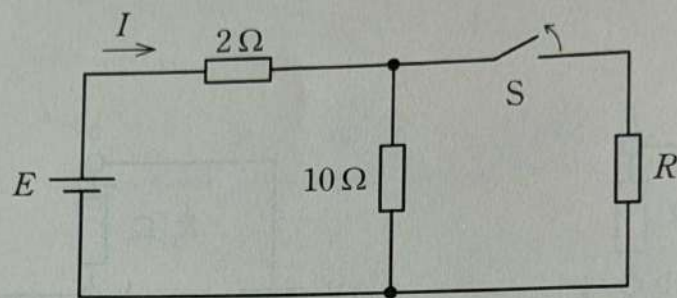
(2) 0.44

(3) 0.32

(4) 0.40

(5) 0.10

問7 図のような直流回路において、スイッチSを閉じているとき、 2Ω の抵抗を流れる電流は、スイッチSを開いたときの電流の3倍であった。 R の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 2.5 (2) 3.5 (3) 0.5 (4) 1.5 (5) 4.5

問 8 ある回路に、 $i = 4\sqrt{2} \sin 120\pi t$ [A] の電流が流れている。この電流の瞬時値が、時刻 $t = 0$ s 以降に初めて 4 A となるのは、時刻 $t = t_1$ [s] である。 t_1 [s] の値として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) $\frac{1}{120}$

(2) $\frac{1}{160}$

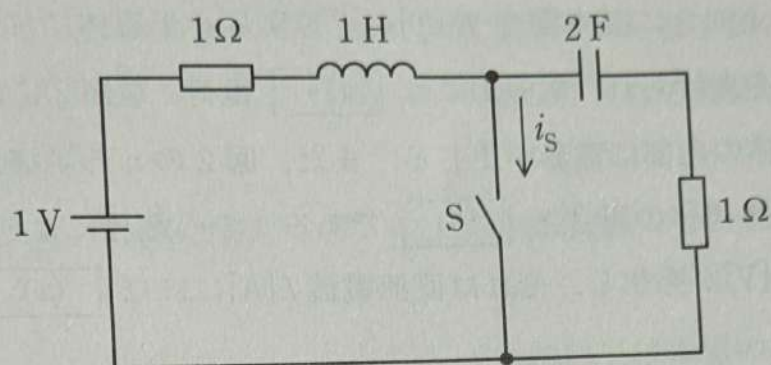
(3) $\frac{1}{240}$

(4) $\frac{1}{360}$

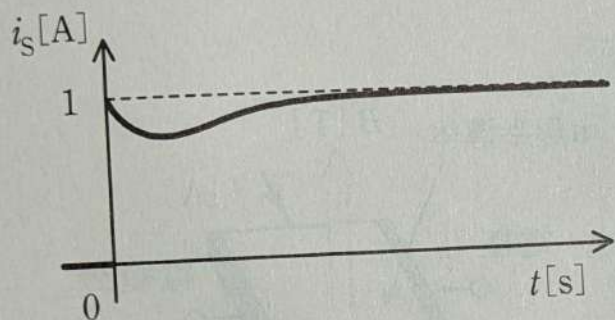
(5) $\frac{1}{480}$

問 10 図の回路のスイッチ S を $t = 0$ s で閉じる。電流 i_s [A] の波形として最も適切に表すものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

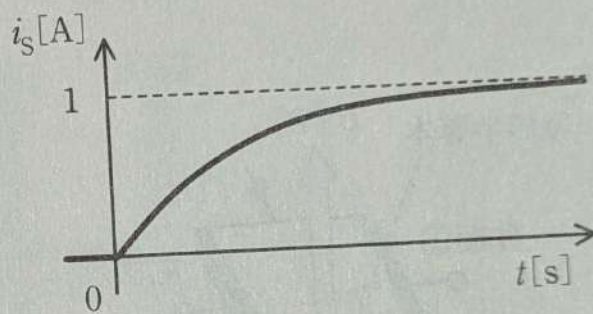
ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



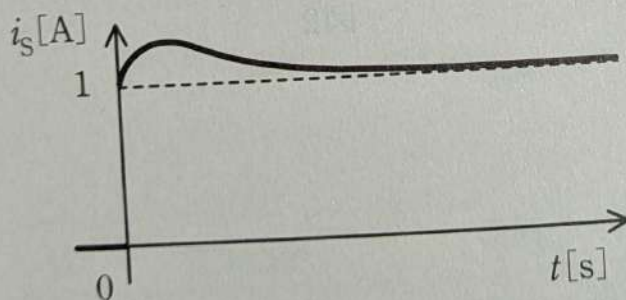
(1)



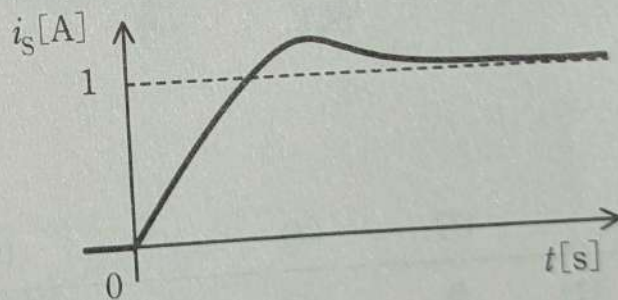
(2)



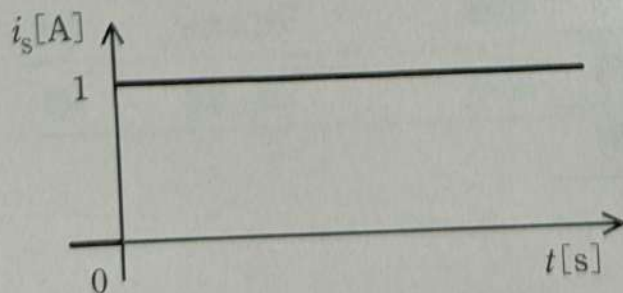
(3)



(4)



(5)



問 11 次の文章は、図 1 及び図 2 に示す原理図を用いてホール素子の動作原理について述べたものである。

図 1 に示すように、p 形半導体に直流電流 I [A] を流し、半導体の表面に対して垂直に下から上向きに磁束密度 B [T] の平等磁界を半導体に加えると、半導体内の正孔は進路を曲げられ、電極①には (ア) 電荷、電極②には (イ) 電荷が分布し、半導体の内部に電界が生じる。また、図 2 の n 形半導体の場合は、電界の向きは p 形半導体の場合と (ウ) である。この電界により、電極①-②間にホール電圧 V_H [V] が発生し、それは直流電流 I [A] にほぼ (エ) する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

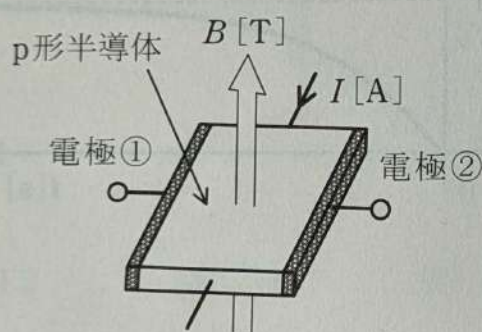


図1

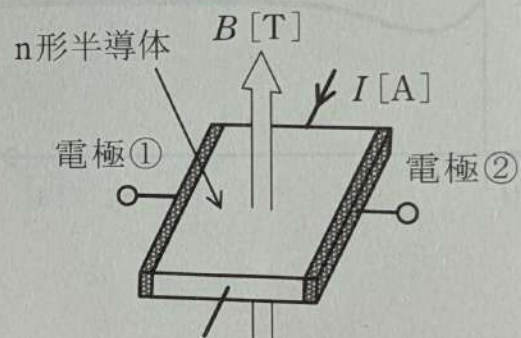


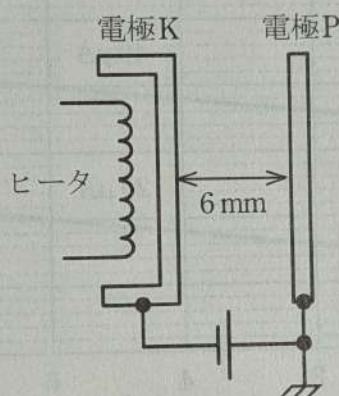
図2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	負	正	同じ	反比例
(2)	正	負	同じ	反比例
(3)	負	正	同じ	比例
(4)	正	負	反対	比例
(5)	負	正	反対	比例

問 12 真空中において、図のように電極板の間隔が 6 mm 、電極板の面積が十分広い平行平板電極があり、電極 K、P 間には 2000 V の直流電圧が加えられている。このとき、電極 K、P 間の電界の強さは約 (ア) V/m である。電極 K をヒータで加熱すると表面から (イ) が放出される。ある 1 個の電子に着目してその初速度を零とすれば、電子が電極 P に達したときの運動エネルギー W は (ウ) J となる。

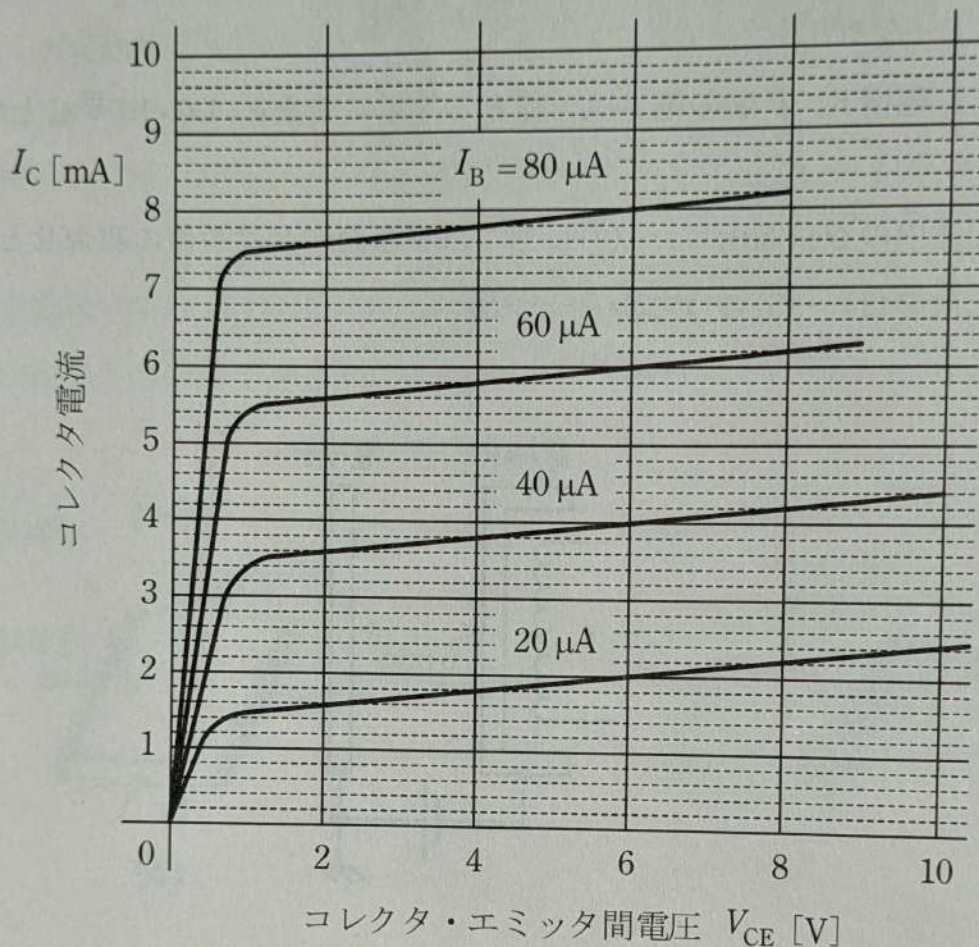
ただし、電極 K、P 間の電界は一様とし、電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ とする。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(ウ)に当てはまる語句又は数値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	3.3×10^2	光電子	1.6×10^{-16}
(2)	3.3×10^5	熱電子	1.6×10^{-16}
(3)	3.3×10^2	光電子	3.2×10^{-16}
(4)	3.3×10^2	熱電子	1.6×10^{-16}
(5)	3.3×10^5	熱電子	3.2×10^{-16}

問 13 図はあるエミッタ接地トランジスタの静特性を示す。この特性より、ベース電流 $I_B = 40 \mu\text{A}$ 、コレクタ・エミッタ間の電圧 $V_{CE} = 6 \text{ V}$ における電流増幅率 h_{fe} (又は β) の値及び出力インピーダンス $\frac{1}{h_{oe}}$ (又は r_o) の値 $[\Omega]$ の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



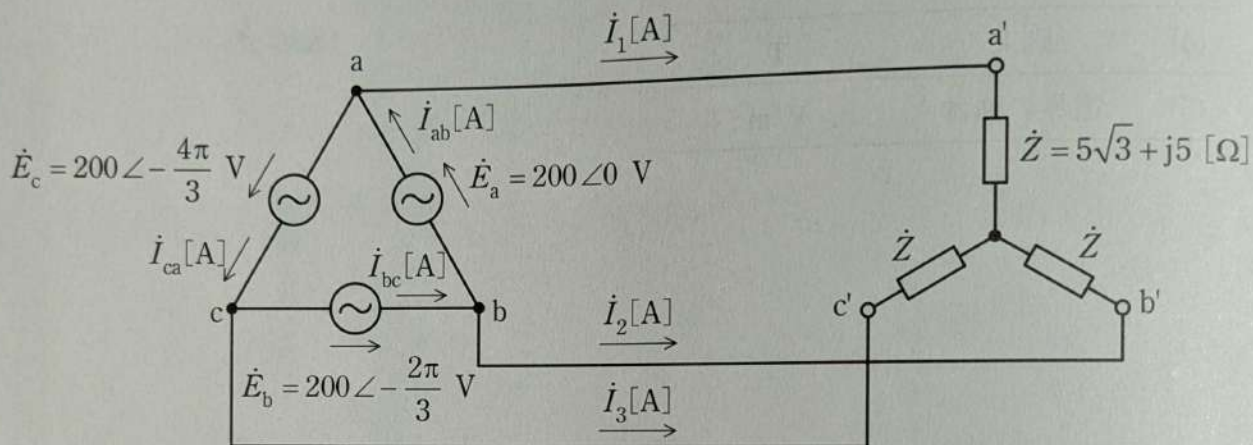
	h_{fe}	$\frac{1}{h_{oe}}$
(1)	80	30 000
(2)	100	10 000
(3)	100	20 000
(4)	200	10 000
(5)	200	20 000

問 14 電気及び磁気に関する量とその単位記号(これと同じ内容を表す単位記号を含む。)の組み合わせとして、誤っているのは次のうちどれか。

	量	単位記号
(1)	電流	C/s
(2)	磁気抵抗	H ⁻¹
(3)	電力量	W・s
(4)	磁束	T
(5)	電界の強さ	V/m

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 図のように, 相電圧 200 V の対称三相交流電源に, 複素インピーダンス $\dot{Z} = 5\sqrt{3} + j5 [\Omega]$ の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 電流 $\dot{I}_1$ の値[A]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (1) $20.00\angle-\frac{\pi}{3}$ | (2) $11.55\angle-\frac{\pi}{3}$ | (3) $16.51\angle-\frac{\pi}{6}$ |
| (4) $20.00\angle-\frac{\pi}{6}$ | (5) $11.55\angle-\frac{\pi}{6}$ | |

(b) 電流 $\dot{I}_{ab}$ の値[A]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

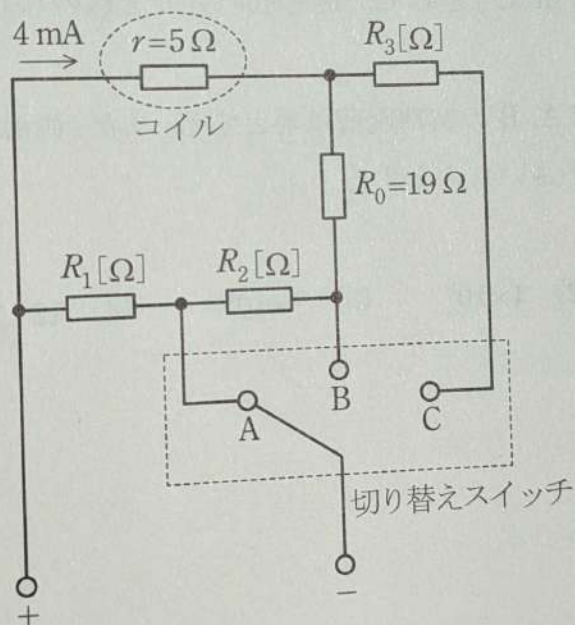
- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (1) $20.00\angle-\frac{\pi}{6}$ | (2) $6.67\angle-\frac{\pi}{6}$ | (3) $11.55\angle-\frac{\pi}{6}$ |
| (4) $6.67\angle-\frac{\pi}{3}$ | (5) $11.55\angle-\frac{\pi}{3}$ | |

問 16 次に示す条件Ⅰ～Ⅲを満たす永久磁石可動コイル形電流電圧計を製作したい。永久磁石可動コイル形電流電圧計内部の接続の一部が図に示すようであるとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、コイルは内部抵抗 $r=5\Omega$ であり、最大 4mA まで直流電流を流すことができるものとする。

条件Ⅰ：切り替えスイッチを A にしたときは、最大 1A の直流電流を測定できるものとする。

条件Ⅱ：切り替えスイッチを B にしたときは、最大 100mA の直流電流を測定できるものとする。

条件Ⅲ：切り替えスイッチを C にしたときは、最大 1.2V の直流電圧を測定できるものとする。



(a) 抵抗 R_1 の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 0.1

(2) 0.9

(3) 4

(4) 9.6

(5) 9.96

(b) 抵抗 R_3 の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 2.36

(2) 23.6

(3) 25

(4) 236

(5) 2360

問 17 及び 問 18 は選択問題であり、問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問 17 大きさが等しい二つの導体球 A, B がある。両導体球に電荷が蓄えられている場合、両導体球の間に働く力は、導体球に蓄えられている電荷の積に比例し、導体球の中心間距離の 2 乗に反比例する。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

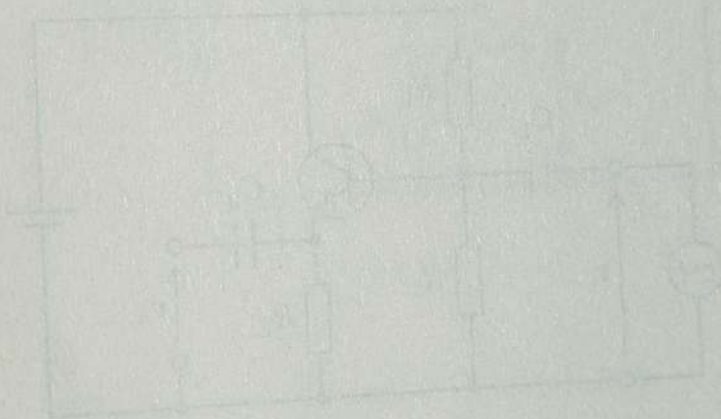
(a) この場合の比例定数を求める目的で、導体球 A に $+4 \times 10^{-8}$ C、導体球 B に $+6 \times 10^{-8}$ C の電荷を与えて、導体球の中心間距離で 0.3 m 隔てて両導体球を置いたところ、両導体球間に 2.4×10^{-4} N の反発力が働いた。この結果から求められる比例定数 $[N \cdot m^2 / C^2]$ として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、導体球 A, B の初期電荷は零とする。また、両導体球の大きさは 0.3 m に比べて極めて小さいものとする。

- (1) 3×10^9 (2) 4×10^9 (3) 9×10^9 (4) 12×10^9 (5) 15×10^9

(b) 上記(a)の導体球 A, B を, 電荷を保持したままで 0.3 m の中心間距離を隔てて固定した。ここで, 導体球 A, B と大きさが等しく電荷を持たない導体球 C を用意し, 導体球 C をまず導体球 A に接触させ, 次に導体球 B に接触させた。この導体球 C を導体球 A と導体球 B の間の直線上に置くとき, 導体球 C が受ける力が釣り合う位置を導体球 A との中心間距離で表したとき, その距離の値 $[\text{m}]$ として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.062 (2) 0.095 (3) 0.105 (4) 0.115 (5) 0.124



問 17 及び 問 18 は選択問題であり、問 17 又は 問 18 のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問 18 エミッタホロワ回路について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

- (a) 図 1 の回路で $V_{CC}=9\text{V}$, $R_1=3\text{k}\Omega$, $R_2=6\text{k}\Omega$ とする。動作点におけるエミッタ電流を 2mA としたい。抵抗 R_E の値 [$\text{k}\Omega$] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、動作点において、ベース電流は R_2 を流れる直流電流より十分小さく無視できるものとし、ベース-エミッタ間電圧は 0.7V とする。

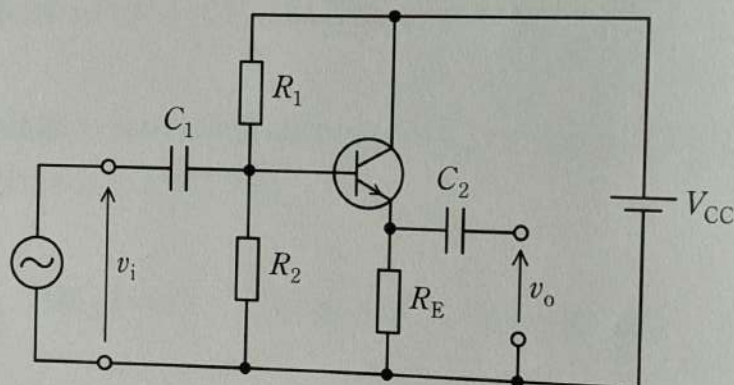


図 1

- (1) 0.36 (2) 1.5 (3) 2.7 (4) 4.7 (5) 7.5

