

令和 4 年度 下期

第 3 種 理 論

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受	験	番	号
印	字	あ	り

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問 1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立 山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題 番号	選 択 肢 番 号
1	(1) (2) ● (4) (5)

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問 17 と問 18 は選択問題です。どちらか 1 問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例： 350 W $f=50\text{ Hz}$ 670 k V・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例： $I[\text{A}]$ 抵抗 $R[\Omega]$ 面積は $S[\text{m}^2]$)

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

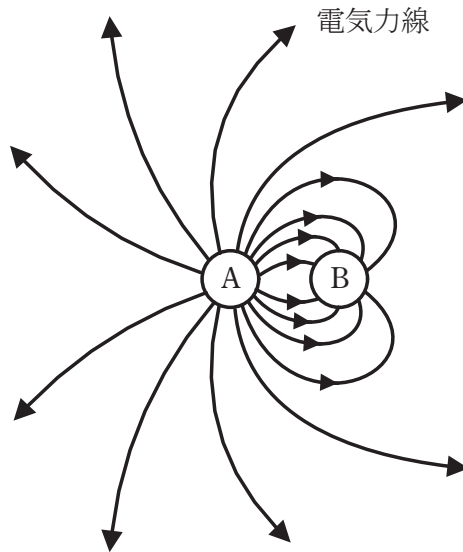
次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり5点)

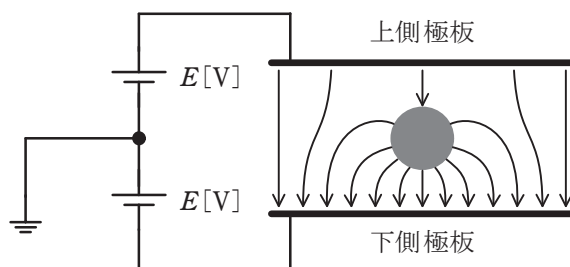
問1 図に示すように、誘電率 ε_0 [F/m]の真空中に置かれた二つの静止導体球A及びBがある。電気量はそれぞれ Q_A [C]及び Q_B [C]とし、図中にその周囲の電気力線が描かれている。

電気量 $Q_A = 16\varepsilon_0$ [C]であるとき、電気量 Q_B [C]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) $16\varepsilon_0$ (2) $8\varepsilon_0$ (3) $-4\varepsilon_0$ (4) $-8\varepsilon_0$ (5) $-16\varepsilon_0$

問2 図のように，平行板コンデンサの上下極板に挟まれた空間の中心に，電荷 $Q[\text{C}]$ を帯びた導体球を保持し，上側極板の電位が $E[\text{V}]$ ，下側極板の電位が $-E[\text{V}]$ となるように電圧源をつないだ。ただし， $E > 0$ とする。同図に，二つの極板と導体球の間の電気力線の様子を示している。



このとき，電荷 $Q[\text{C}]$ の符号と導体球の電位 $U[\text{V}]$ について，正しい記述のものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $Q > 0$ であり， $0 < U < E$ である。
- (2) $Q > 0$ であり， $U = E$ である。
- (3) $Q > 0$ であり， $0 < E < U$ である。
- (4) $Q < 0$ であり， $U < -E$ である。
- (5) $Q < 0$ であり， $-E < U < 0$ である。

問3 無限に長い直線状導体に直流電流を流すと、導体の周りに磁界が生じる。この磁界中に小磁針を置くと、小磁針の (ア) は磁界の向きを指して静止する。そこで、小磁針を磁界の向きに沿って少しずつ動かしていくと、導体を中心とした (イ) の線が得られる。この線に沿って磁界の向きに矢印をつけたものを (ウ) という。

また、磁界の強さを調べてみると、電流の大きさに比例し、導体からの (エ) に反比例している。

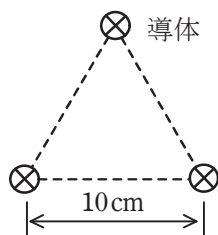
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	N 極	放射状	電気力線	距離の 2 乗
(2)	N 極	同心円状	電気力線	距離の 2 乗
(3)	S 極	放射状	磁力線	距離
(4)	N 極	同心円状	磁力線	距離
(5)	S 極	同心円状	磁力線	距離の 2 乗

問4 図のように、無限に長い3本の直線状導体が真空中に10 cmの間隔で正三角形の頂点の位置に置かれている。3本の導体にそれぞれ7 Aの直流電流を同一方向に流したとき、各導体1 mあたりに働く力の大きさ F_0 の値[N/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

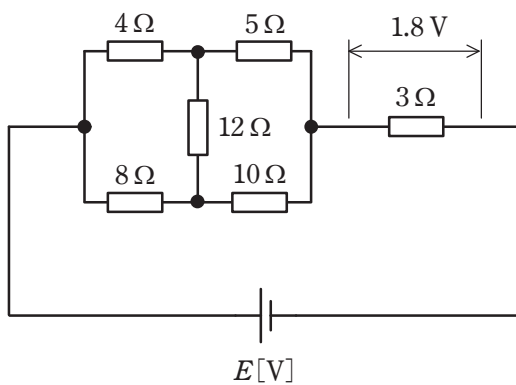
ただし、無限に長い2本の直線状導体を r [m]離して平行に置き、2本の導体にそれぞれ I [A]の直流電流を同一方向に流した場合、各導体1 mあたりに働く力の大きさ F の値[N/m]は、次式で与えられるものとする。

$$F = \frac{2I^2}{r} \times 10^{-7}$$



- (1) 0 (2) 9.80×10^{-5} (3) 1.70×10^{-4} (4) 1.96×10^{-4} (5) 2.94×10^{-4}

問5 図のような直流回路において、抵抗 3Ω の端子間の電圧が 1.8V であった。このとき、電源電圧 $E[\text{V}]$ の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 1.8

(2) 3.6

(3) 5.4

(4) 7.2

(5) 10.4

問6 電圧 E [V] の直流電源と静電容量 C [F] の二つのコンデンサを接続した図1、図2のような二つの回路に関して、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

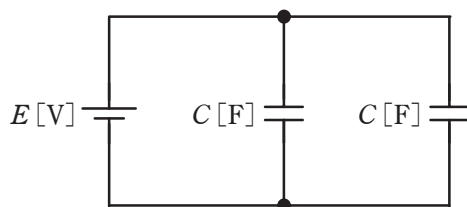


図1

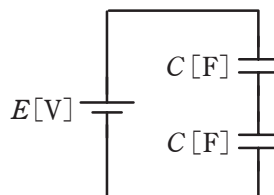


図2

- (1) 図1の回路のコンデンサの合成静電容量は、図2の回路の4倍である。
- (2) コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーは、図1の回路の方が図2の回路より大きい。
- (3) 図2の回路に、さらに静電容量 C [F] のコンデンサを直列に二つ追加して、四つのコンデンサが直列になるようにすると、コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーが図1と等しくなる。
- (4) 図2の回路の電源電圧を2倍にすると、コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーが図1の回路と等しくなる。
- (5) 図1のコンデンサ一つあたりに蓄えられる電荷は、図2のコンデンサ一つあたりに蓄えられる電荷の2倍である。

問 7 20℃における抵抗値が R_1 [Ω], 抵抗温度係数が α_1 [$^{\circ}\text{C}^{-1}$] の抵抗器 A と 20℃における抵抗値が R_2 [Ω], 抵抗温度係数が $\alpha_2 = 0$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ の抵抗器 B が並列に接続されている。その 20℃と 21℃における並列抵抗値をそれぞれ r_{20} [Ω], r_{21} [Ω] とし, $\frac{r_{21}-r_{20}}{r_{20}}$ を変化率とする。この変化率として, 正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$(1) \frac{\alpha_1 R_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1^2 R_1}$$

$$(2) \frac{\alpha_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_1}$$

$$(3) \frac{\alpha_1 R_1}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_1}$$

$$(4) \frac{\alpha_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_2}$$

$$(5) \frac{\alpha_1 R_1}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_2}$$

問8 次の文章は，交流における波形率，波高率に関する記述である。

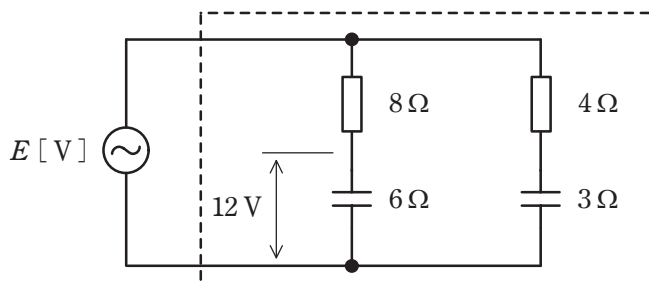
波形率とは，実効値の (ア) に対する比(波形率 = $\frac{\text{実効値}}{\text{(ア)}}$)をいう。波形率の値は波形によって異なり，正弦波と比較して，三角波のようにとがっていれば，波形率の値は (イ) なり，方形波のように平らであれば，波形率の値は (ウ) なる。

波高率とは， (エ) の実効値に対する比(波高率 = $\frac{\text{(エ)}}{\text{実効値}}$)をいう。波高率の値は波形によって異なり，正弦波と比較して，三角波のようにとがっていれば，波高率の値は (オ) なり，方形波のように平らであれば，波高率の値は (カ) なる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
(1)	平均値	大きく	小さく	最大値	大きく	小さく
(2)	最大値	大きく	小さく	平均値	大きく	小さく
(3)	平均値	小さく	大きく	最大値	小さく	大きく
(4)	最大値	小さく	大きく	平均値	小さく	大きく
(5)	最大値	大きく	大きく	平均値	小さく	小さく

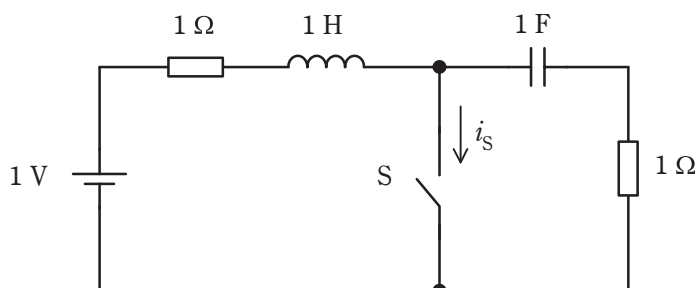
問9 図のような RC 交流回路がある。この回路に正弦波交流電圧 $E[\text{V}]$ を加えたとき、容量性リアクタンス 6Ω のコンデンサの端子間電圧の大きさは 12V であった。このとき、 $E[\text{V}]$ と図の破線で囲んだ回路で消費される電力 $P[\text{W}]$ の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



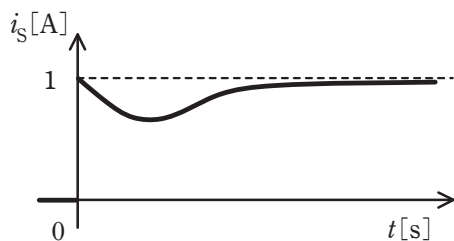
	$E[\text{V}]$	$P[\text{W}]$
(1)	20	32
(2)	20	96
(3)	28	120
(4)	28	168
(5)	40	309

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。

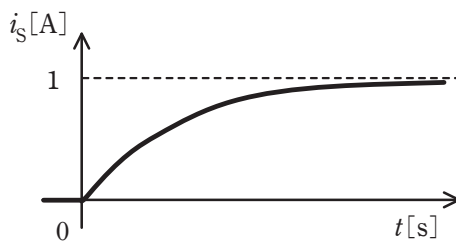
ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



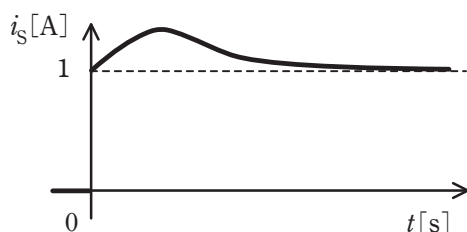
(1)



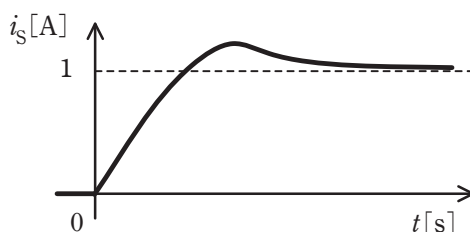
(2)



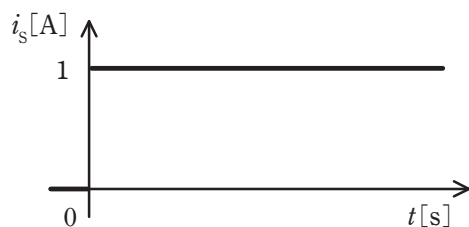
(3)



(4)



(5)



問 11 次の文章は、それぞれのダイオードについて述べたものである。

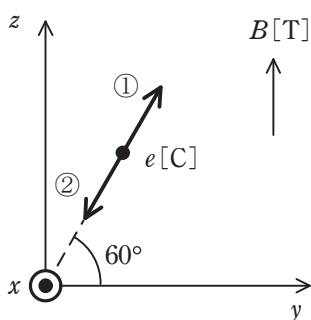
- a. 可変容量ダイオードは、通信機器の同調回路などに用いられる。このダイオードは、pn 接合に (ア) 電圧を加えて使用するものである。
- b. pn 接合に (イ) 電圧を加え、その値を大きくしていくと、降伏現象が起きる。この降伏電圧付近では、流れる電流が変化しても接合両端の電圧はほぼ一定に保たれる。定電圧ダイオードは、この性質を利用して所定の定電圧を得るようにつくられたダイオードである。
- c. レーザダイオードは光通信や光情報機器の光源として利用され、pn 接合に (ウ) 電圧を加えて使用するものである。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(ウ)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。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	逆方向	順方向	逆方向
(2)	順方向	逆方向	順方向
(3)	逆方向	逆方向	逆方向
(4)	順方向	順方向	逆方向
(5)	逆方向	逆方向	順方向

問 12 図のように、 z 軸の正の向きに磁束密度 $B = 1.0 \times 10^{-3}$ T の平等磁界が存在する真空の空間において、電気量 $e = -4.0 \times 10^{-6}$ C の荷電粒子が yz 平面上を y 軸から 60° の角度で①又は②の向きに速さ v [m/s] で発射された。この瞬間、荷電粒子に働くローレンツ力 F の大きさは 1.0×10^{-8} N , その向きは x 軸の正の向きであった。荷電粒子の速さ v に最も近い値 [m/s] とその向きの組合せとして、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、重力の影響は無視できるものとする。図中の \odot は、紙面に対して垂直かつ手前の向きを表す。



	速さ v	向き
(1)	2.5	①
(2)	2.9	①
(3)	5.0	①
(4)	2.9	②
(5)	5.0	②

問 13 図 1 は、正弦波を出力しているある発振回路の構造を示している。この発振回路の帰還回路の出力端子と増幅回路の入力端子との接続を切り離し、図 2 のように適当な周波数の正弦波 V_i を増幅回路に入力すると、次の二つの条件が同時に満たされている。

1. 増幅回路の入力電圧 V_i と帰還回路の出力電圧 V_f が (ア) である。

2. 増幅回路の増幅度 $\left| \frac{V_o}{V_i} \right|$ を A 、帰還回路の帰還率 $\left| \frac{V_f}{V_o} \right|$ を β と表すとき、 (イ)

である。

図 1 で示される発振回路は、条件 1 より (ウ) 回路である。

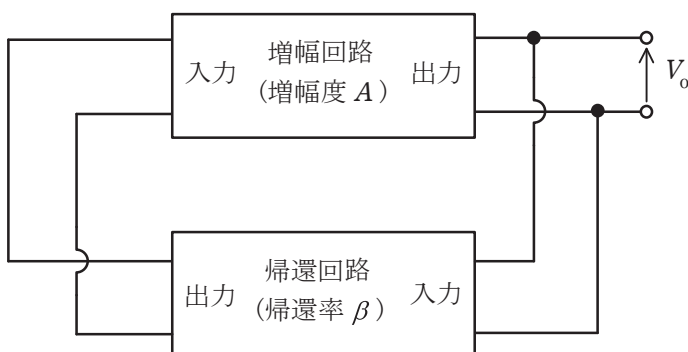


図 1

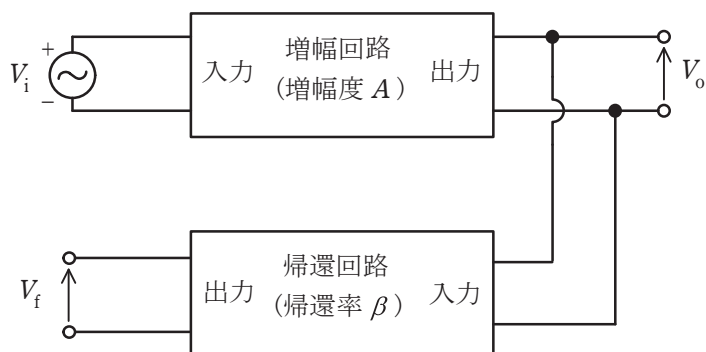


図 2

上記の記述中の空白箇所(ア)～(ウ)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。

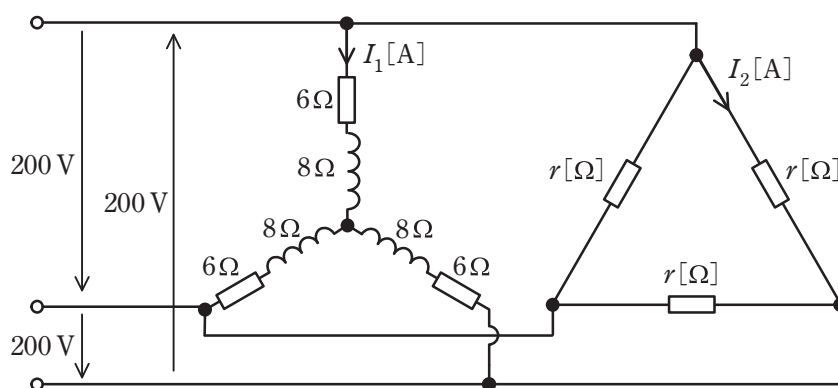
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	同相	$A\beta \geq 1$	正帰還
(2)	逆相	$A\beta \leq 1$	負帰還
(3)	同相	$A\beta < 1$	負帰還
(4)	逆相	$A\beta \geq 1$	正帰還
(5)	同相	$A\beta < 1$	正帰還

問 14 データ変換に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) アナログ量を忠実に再現するために必要な標本化の周期の上限は、再現したいアナログ量の最高周波数により決まる。
- (2) 量子化において、一般には数値に誤差が生じる。
- (3) 符号化では、量子化された数値が2進符号などのデジタル信号に変換される。
- (4) デジタル量は、伝送路の環境変化や伝送路で混入する雑音に強い。
- (5) デジタルオシロスコープで変化する電圧の波形を表示するには、その電圧をアナログーデジタル変換してからコンピュータでFFT演算を行い、その結果を出力する。

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, 抵抗 6Ω と誘導性リアクタンス 8Ω を Y 結線し, 抵抗 $r[\Omega]$ を Δ 結線した平衡三相負荷に, 200 V の対称三相交流電源を接続した回路がある。抵抗 6Ω と誘導性リアクタンス 8Ω に流れる電流の大きさを $I_1[\text{A}]$, 抵抗 $r[\Omega]$ に流れる電流の大きさを $I_2[\text{A}]$ とする。電流 $I_1[\text{A}]$ と $I_2[\text{A}]$ の大きさが等しいとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 抵抗 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) 6.0 (2) 10.0 (3) 11.5 (4) 17.3 (5) 19.2

(b) 図中の回路が消費する電力の値 $[\text{kW}]$ として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 2.4 (2) 3.1 (3) 4.0 (4) 9.3 (5) 10.9

問 16 最大目盛 50 A 、内部抵抗 $0.8 \times 10^{-3}\ \Omega$ の直流電流計 A_1 と最大目盛 100 A 、内部抵抗 $0.32 \times 10^{-3}\ \Omega$ の直流電流計 A_2 の二つの直流電流計がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、二つの直流電流計は直読式指示電気計器であるとし、固有誤差はないものとする。

(a) 二つの直流電流計を並列に接続して使用したとき、測定できる電流の最大の値[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) 40 (2) 50 (3) 100 (4) 132 (5) 140

(b) 小問(a)での接続を基にして、直流電流 150 A の電流を測定するために、二つの直流電流計の指示を最大目盛にして測定したい。そのためには、直流電流計 A_2 に抵抗 $R[\Omega]$ を直列に接続することで、各直流電流計の指示を最大目盛にして測定することができる。抵抗 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) 3.2×10^{-5} (2) 5.6×10^{-5} (3) 8×10^{-5} (4) 11.2×10^{-5} (5) 13.6×10^{-5}

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、導体球間の距離の 2 乗に反比例する。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

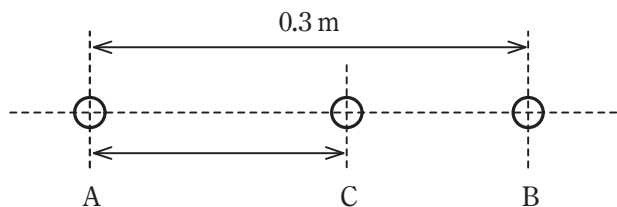
ただし、両導体球の大きさは 0.3 m に比べて極めて小さいものとする。

(a) この場合の比例定数を求める目的で、導体球 A に $+2 \times 10^{-8} \text{ C}$ 、導体球 B に $+3 \times 10^{-8} \text{ C}$ 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 $6 \times 10^{-5} \text{ N}$ の反発力が働いた。この結果から求められる比例定数 $[\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2]$ 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。

- (1) 3×10^9 (2) 6×10^9 (3) 8×10^9 (4) 9×10^9 (5) 15×10^9

(b) 小問 (a) の導体球 A, B を、電荷を保持したままで 0.3 m の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 を図のように導体球 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 $[\text{m}]$ で表したとき、その距離に最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



- (1) 0.095 (2) 0.105 (3) 0.115 (4) 0.124 (5) 0.135

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 図 1 の回路は、電流帰還バイアス回路に結合容量を介して、微小な振幅の交流電圧を加えている。この入力電圧の振幅が $A_i = 100 \text{ mV}$ ，角周波数が $\omega = 10\,000 \text{ rad/s}$ で、時刻 $t[\text{s}]$ に対して $v_i(t)[\text{mV}]$ が $v_i(t) = A_i \sin \omega t$ と表されるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

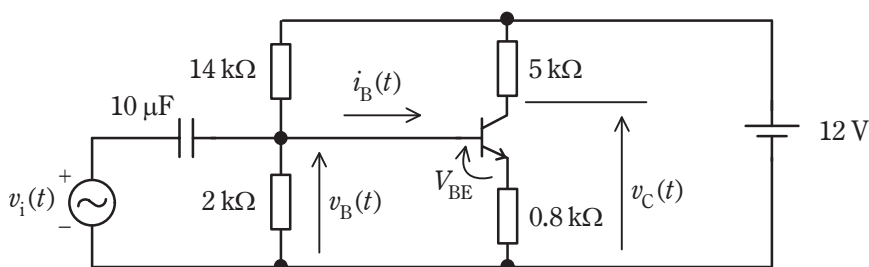


図 1

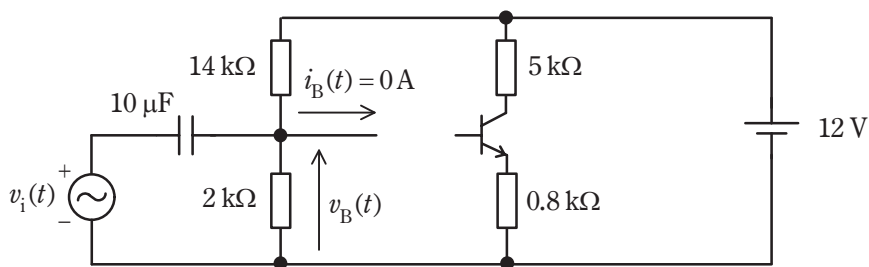


図 2

(a) 次の文章は、電圧 $v_B(t)$ に関する記述である。

トランジスタのベース端子に流れ込む電流 $i_B(t)$ が十分に小さいとき、ベース端子を切り離しても $2 \text{ k}\Omega$ の抵抗の電圧は変化しない。そこで、図 2 の回路で考え、さらに重ね合わせの理を用いることで、電圧 $v_B(t)$ を求める。まず、 $v_i(t) = 0 \text{ V}$ とすることで、直流電圧 $V_B = \boxed{\text{(7)}}$ V が求められる。次に、直流電圧源の値

を 0 V とし、コンデンサのインピーダンスが $2\text{ k}\Omega$ より十分に小さいと考えると、交流電圧 $v_B(t)$ の振幅 $A_B = \boxed{\text{(イ)}}\text{ mV}$ と初期位相 $\theta_B = \boxed{\text{(ウ)}}\text{ rad}$ が求められる。以上より、 $v_B(t) = V_B + A_B \sin(\omega t + \theta_B)$ と表すことができる。

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

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	0.8	71	0
(2)	0.8	100	$\frac{\pi}{4}$
(3)	1.5	71	$\frac{\pi}{4}$
(4)	1.5	100	0
(5)	1.5	71	0

- (b) 図 1 の回路の電圧 $v_C(t)$ を求め、適当な定数 V_C , A_C , θ_C を用いて $v_C(t) = V_C + A_C \sin(\omega t + \theta_C)$ と表す。 V_C , A_C , θ_C に最も近い値の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ベース・エミッタ間電圧は常に 0.7 V であると近似して考えてよい。

	$V_C[\text{V}]$	$A_C[\text{V}]$	$\theta_C[\text{rad}]$
(1)	5	0.6	0
(2)	5	6	0
(3)	5	6	π
(4)	7	0.6	π
(5)	7	6	π