

令和元年度

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. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141A01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	A	0	1	2	3	4	A	
●				●	●	○	○	○	○	●	A
○	●	○	●		○	●	○	○	○	○	B
○	○	○	○		○	○	●	○	○	○	C
○	○	○	○		○	○	○	●	○	○	K
○	○	●	○		○	○	○	○	●	○	L
○	○		○		○	○	○	○	○	○	M
○	○		○		○	○	○	○	○	○	N
○	○		○		○	○	○	○	○		
○	○		○		○	○	○	○	○		
○	○		○		○	○	○	○	○		

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 $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [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。

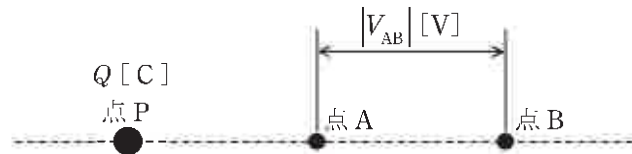
試験問題に関する質問にはお答えできません。

A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 図のように、真空中に点 P, 点 A, 点 B が直線上に配置されている。点 P は Q [C] の点電荷を置いた点とし、A-B 間に生じる電位差の絶対値を $|V_{AB}|$ [V] とする。次の (a) ~ (d) の四つの実験を個別に行ったとき、 $|V_{AB}|$ [V] の値が最小となるものと最大となるものの実験の組合せとして、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

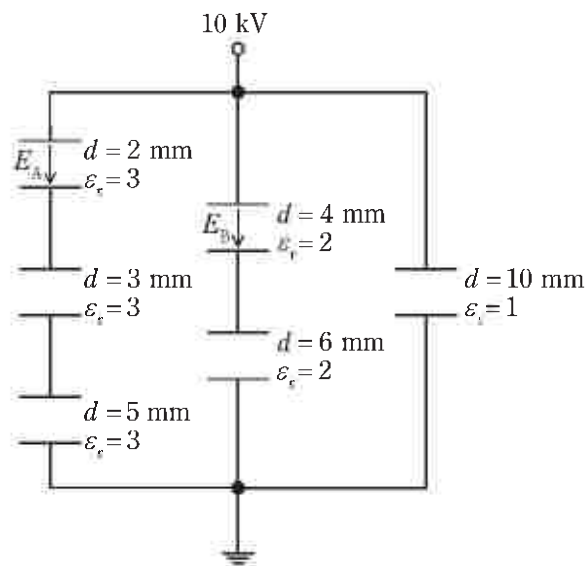
[実験内容]

- (a) P-A 間の距離を 2 m, A-B 間の距離を 1 m とした。
- (b) P-A 間の距離を 1 m, A-B 間の距離を 2 m とした。
- (c) P-A 間の距離を 0.5 m, A-B 間の距離を 1 m とした。
- (d) P-A 間の距離を 1 m, A-B 間の距離を 0.5 m とした。



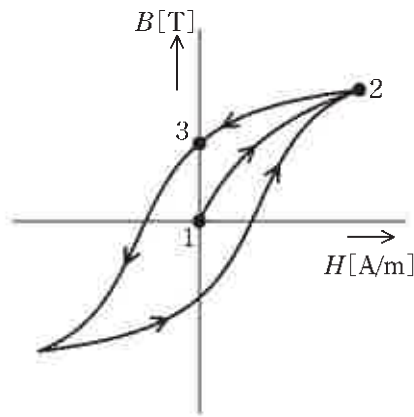
- (1) (a) と (b) (2) (a) と (c) (3) (a) と (d) (4) (b) と (c) (5) (c) と (d)

問2 図のように、極板間距離 d [mm] と比誘電率 ϵ_r が異なる平行板コンデンサが接続されている。極板の形状と大きさは全て同一であり、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。印加電圧を 10 kV とするとき、図中の二つのコンデンサ内部の電界の強さ E_A 及び E_B の値 [kV/mm] 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_A	E_B
(1)	0.25	0.67
(2)	0.25	1.5
(3)	1.0	1.0
(4)	4.0	0.67
(5)	4.0	1.5

問3 図は積層した電磁鋼板の鉄心の磁化特性(ヒステリシスループ)を示す。図中の B [T] 及び H [A/m] はそれぞれ磁束密度及び磁界の強さを表す。この鉄心にコイルを巻きリアクトルを製作し、商用交流電源に接続した。実効値が V [V] の電源電圧を印加すると図中に矢印で示す軌跡が確認された。コイル電流が最大のときの点は (ア) である。次に、電源電圧実効値が一定に保たれたまま、周波数がやや低くしたとき、ヒステリシスループの面積は (イ) 。一方、周波数が一定で、電源電圧実効値が低くしたとき、ヒステリシスループの面積は (ウ) 。最後に、コイル電流実効値が一定で、周波数がやや低くしたとき、ヒステリシスループの面積は (エ) 。

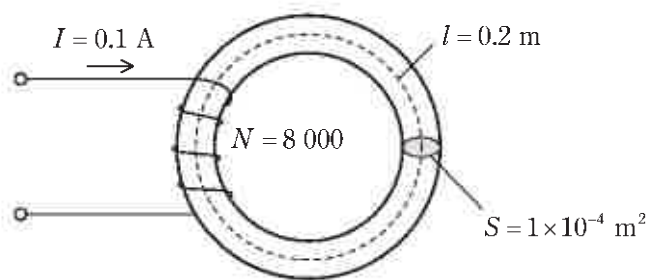


上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1	大きくなる	小さくなる	大きくなる
(2)	2	大きくなる	小さくなる	あまり変わらない
(3)	3	あまり変わらない	あまり変わらない	小さくなる
(4)	2	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない
(5)	1	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない

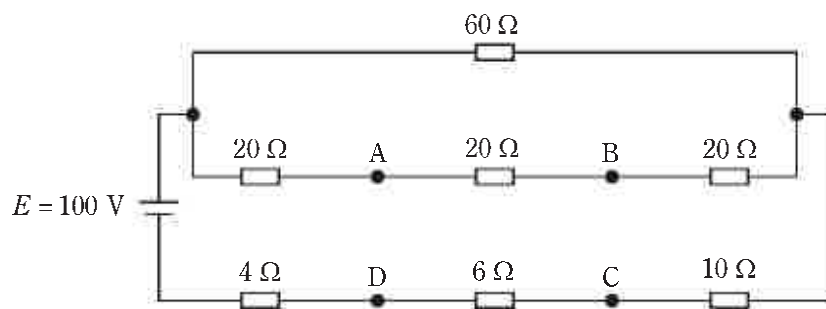
問4 図のように、磁路の長さ $l=0.2\text{ m}$ 、断面積 $S=1\times 10^{-4}\text{ m}^2$ の環状鉄心に巻数 $N=8\,000$ の銅線を巻いたコイルがある。このコイルに直流電流 $I=0.1\text{ A}$ を流したとき、鉄心中の磁束密度は $B=1.28\text{ T}$ であった。このときの鉄心の透磁率 μ の値 $[\text{H/m}]$ として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コイルによって作られる磁束は、鉄心中を一様に通り、鉄心の外部に漏れないものとする。



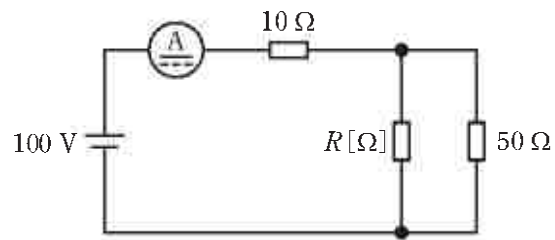
- (1) 1.6×10^{-4} (2) 2.0×10^{-4} (3) 2.4×10^{-4} (4) 2.8×10^{-4} (5) 3.2×10^{-4}

問5 図のように、七つの抵抗及び電圧 $E=100\text{ V}$ の直流電源からなる回路がある。
 この回路において、A-D 間、B-C 間の各電位差を測定した。このとき、A-D 間の電位差の大きさ[V]及び B-C 間の電位差の大きさ[V]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。



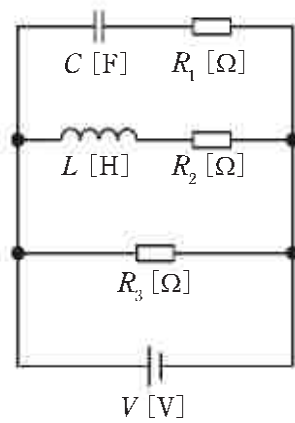
	A-D 間の電位差の大きさ	B-C 間の電位差の大きさ
(1)	28	60
(2)	40	72
(3)	60	28
(4)	68	80
(5)	72	40

問6 図に示す直流回路は、100 V の直流電圧源に直流電流計を介して 10 Ω の抵抗が接続され、50 Ω の抵抗と抵抗 $R[\Omega]$ が接続されている。電流計は 5 A を示している。抵抗 $R[\Omega]$ で消費される電力の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



- (1) 2 (2) 10 (3) 20 (4) 100 (5) 200

問7 図のように、三つの抵抗 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω]、 R_3 [Ω]とインダクタンス L [H]の
 コイルと静電容量 C [F]のコンデンサが接続されている回路に V [V]の直流電源
 が接続されている。定常状態において直流電源を流れる電流の大きさを表す式と
 して、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) $\frac{V}{R_3}$

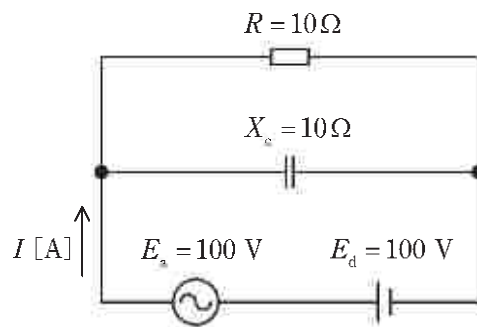
(2) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}$

(3) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}}}$

(4) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}$

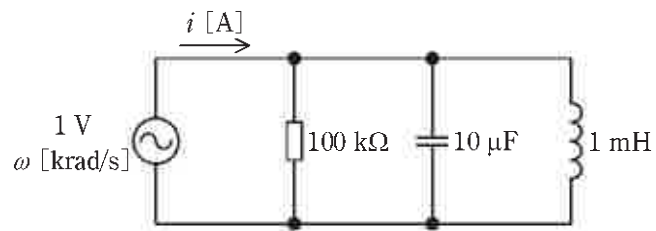
(5) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}$

問8 図の回路において、正弦波交流電源と直流電源を流れる電流 I の実効値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、 E_a は交流電圧の実効値[V]、 E_d は直流電圧の大きさ[V]、 X_c は正弦波交流電源に対するコンデンサの容量性リアクタンスの値[Ω]、 R は抵抗値[Ω]とする。



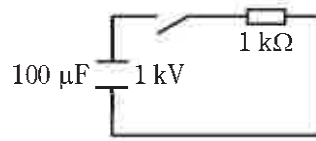
- (1) 10.0 (2) 14.1 (3) 17.3 (4) 20.0 (5) 40.0

問9 図は、実効値が1 Vで角周波数 ω [krad/s]が変化する正弦波交流電源を含む回路である。いま、 ω の値が $\omega_1 = 5$ krad/s, $\omega_2 = 10$ krad/s, $\omega_3 = 30$ krad/sと3通りの場合を考え、 $\omega = \omega_k$ ($k = 1, 2, 3$)のときの電流 i [A]の実効値を I_k と表すとき、 I_1, I_2, I_3 の大小関係として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $I_1 < I_2 < I_3$ (2) $I_1 = I_2 < I_3$ (3) $I_2 < I_1 < I_3$
 (4) $I_2 < I_1 = I_3$ (5) $I_3 < I_2 < I_1$

問 10 図のように、電圧 1kV に充電された静電容量 $100\mu\text{F}$ のコンデンサ、抵抗 $1\text{k}\Omega$ 、スイッチからなる回路がある。スイッチを閉じた直後に過渡的に流れる電流の時定数 τ の値[s]と、スイッチを閉じてから十分に時間が経過するまでに抵抗で消費されるエネルギー W の値[J]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。



	τ	W
(1)	0.1	0.1
(2)	0.1	50
(3)	0.1	1 000
(4)	10	0.1
(5)	10	50

問 11 次の文章は、太陽電池に関する記述である。

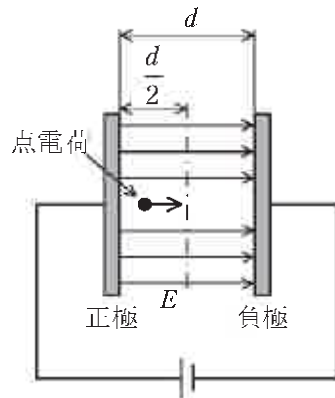
太陽光のエネルギーを電気エネルギーに直接変換するものとして、半導体を用いた太陽電池がある。p 形半導体と n 形半導体による pn 接合を用いているため、構造としては (ア) と同じである。太陽電池に太陽光を照射すると、半導体の中で負の電気をもつ電子と正の電気をもつ (イ) が対になって生成され、電子は n 形半導体の側に、(ウ) は p 形半導体の側に、それぞれ引き寄せられる。その結果、p 形半導体に付けられた電極がプラス極、n 形半導体に付けられた電極がマイナス極となるように起電力が生じる。両電極間に負荷抵抗を接続すると太陽電池から取り出された電力が負荷抵抗で消費される。その結果、負荷抵抗を接続する前に比べて太陽電池の温度は (エ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(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)	ダイオード	正孔	低くなる
(2)	ダイオード	正孔	高くなる
(3)	トランジスタ	陽イオン	低くなる
(4)	トランジスタ	正孔	高くなる
(5)	トランジスタ	陽イオン	高くなる

問 12 図のように，極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ，極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]，電荷量 $q (> 0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから，極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] 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。

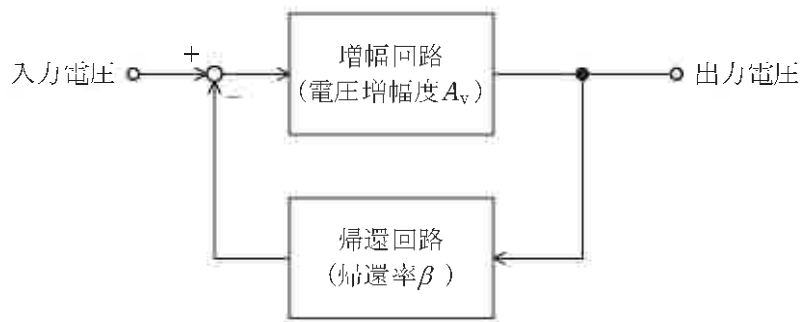
ただし，点電荷の速度は光速より十分小さく，初速度は 0 m/s とする。また，重力の影響は無視できるものとし，平行板導体は十分大きいものとする。








- (1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$ (2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$ (3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ (4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$ (5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

問 13 図のように電圧増幅度 $A_v (>0)$ の増幅回路と帰還率 $\beta (0 < \beta \leq 1)$ の帰還回路からなる負帰還増幅回路がある。この負帰還増幅回路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、帰還率 β は周波数によらず一定であるものとする。

- (1) 負帰還増幅回路の帯域幅は、負帰還をかけない増幅回路の帯域幅よりも狭くなる。
- (2) 電源電圧の変動に対して負帰還増幅回路の利得は、負帰還をかけない増幅回路よりも不安定である。
- (3) 負帰還をかけることによって、増幅回路の内部で発生するひずみや雑音が増加する。
- (4) 負帰還をかけない増幅回路の電圧増幅度 A_v と帰還回路の帰還率 β の積が 1 より十分小さいとき、負帰還増幅回路全体の電圧増幅度は帰還率 β の逆数で近似できる。
- (5) 負帰還増幅回路全体の利得は、負帰還をかけない増幅回路の利得よりも低下する。

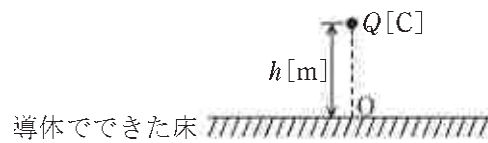


問 14 直動式指示電気計器の種類，JIS で示される記号及び使用回路の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

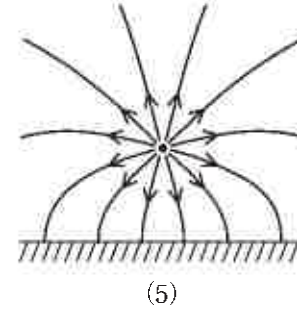
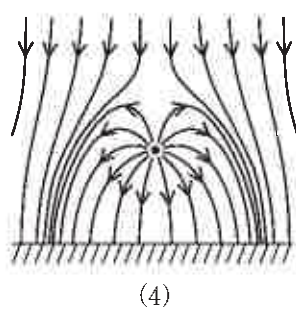
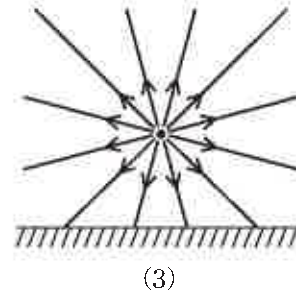
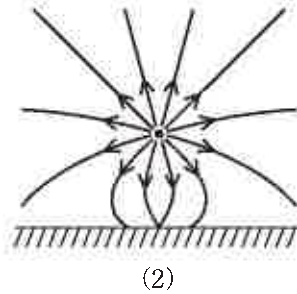
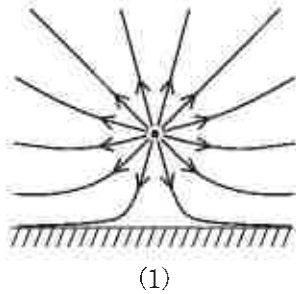
種 類	記 号	使用回路
(1) 永久磁石可動コイル形		直流専用
(2) 空心電流力計形		交流・直流両用
(3) 整流形		交流・直流両用
(4) 誘導形		交流専用
(5) 熱電対形(非絶縁)		直流専用

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, 平らで十分大きい導体でできた床から高さ h [m] の位置に正の電気量 Q [C] をもつ点電荷がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし, 点電荷から床に下ろした垂線の足を点 O , 床より上側の空間は真空とし, 床の導体は接地されている。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



(a) 床より上側の電界は, 点電荷のつくる電界と, 床の表面に静電誘導によって現れた面電荷のつくる電界との和になる。床より上側の電気力線の様子として, 適切なものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

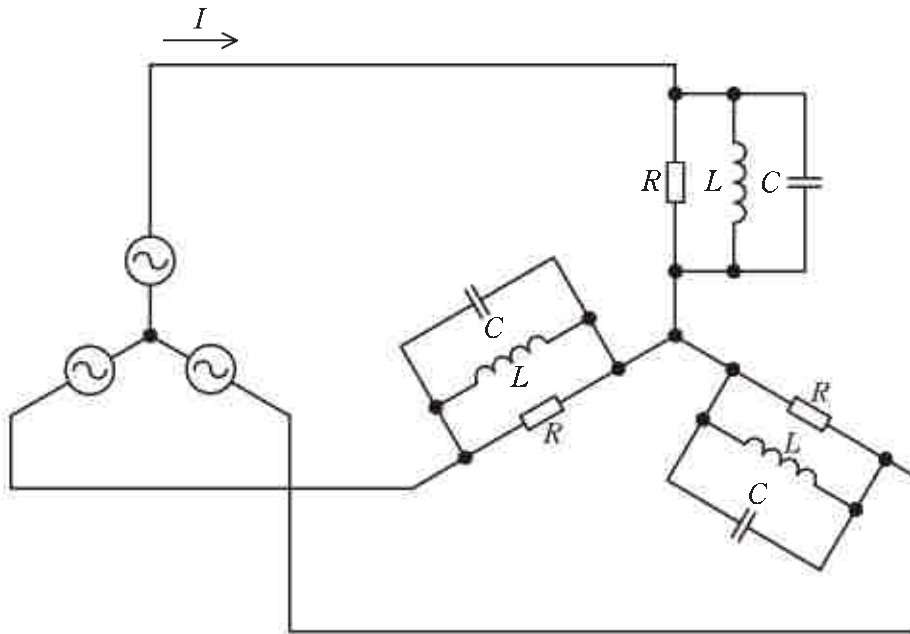


(b) 点電荷は床表面に現れた面電荷から鉛直方向の静電吸引力 $F[\text{N}]$ を受ける。
 その力は床のない状態で点 O に固定した電気量 $-\frac{Q}{4}[\text{C}]$ の点電荷から受ける静電力に等しい。 $F[\text{N}]$ に逆らって、点電荷を高さ $h[\text{m}]$ から $z[\text{m}]$ (ただし $h < z$) まで鉛直方向に引き上げるのに必要な仕事 $W[\text{J}]$ を表す式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

$$(1) \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 z^4} \quad (2) \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{z} \right) \quad (3) \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{z} \right)$$

$$(4) \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2} \quad (5) \frac{Q^2}{\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{z^2} \right)$$

問 16 図のように線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に RLC 負荷が接続されている。 $R=10\ \Omega$ ，電源角周波数を ω [rad/s] として， $\omega L=10\ \Omega$ ， $\frac{1}{\omega C}=20\ \Omega$ である。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) 電源電流 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。

- (1) 7 (2) 10 (3) 13 (4) 17 (5) 22

(b) 三相負荷の有効電力の値[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) 1.3 (2) 2.6 (3) 3.6 (4) 4.0 (5) 12

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 NAND IC を用いたパルス回路について, 次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし, 高電位を「1」, 低電位を「0」と表すことにする。

(a) p チャネル及び n チャネル MOSFET を用いて構成された図 1 の回路と真理値表が同一となるものを, 図 2 の NAND 回路の接続 (i), (ii), (iii) から選び, 全て列挙したものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

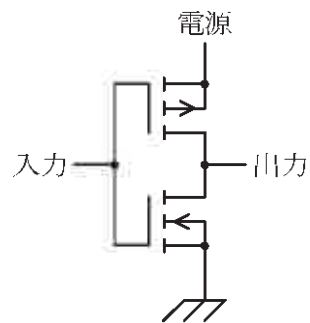


図 1

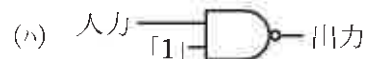
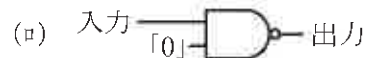
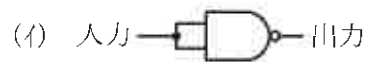


図 2

- (1) (i) (2) (ii) (3) (iii) (4) (i), (ii) (5) (i), (iii)

(b) 図3の三つの回路はいずれもマルチバイブレータの一種であり、これらの回路図において NAND IC の電源及び接地端子は省略している。同図(ニ)、(ホ)、(ハ)の入力の数がそれぞれ0, 1, 2であることを注意して、これら三つの回路と次の二つの性質を正しく対応づけたものの組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

性質Ⅰ：出力端子からパルスが連続的に発生し、デジタル回路の中で発振器として用いることができる。

性質Ⅱ：「0」や「1」を記憶する機能を持ち、フリップフロップの構成にも用いられる。

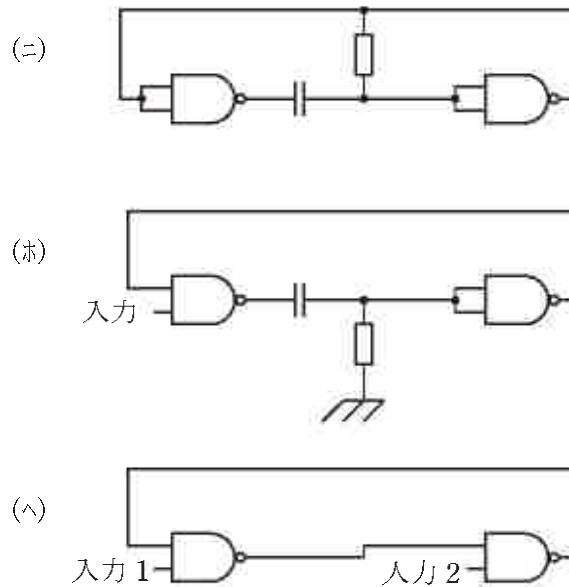


図3

	性質Ⅰ	性質Ⅱ
(1)	(ニ)	(ホ)
(2)	(ニ)	(ハ)
(3)	(ホ)	(ニ)
(4)	(ホ)	(ハ)
(5)	(ハ)	(ホ)

(選択問題)

問 18 図 1 は、二重積分形 A-D 変換器を用いたデジタル直流電圧計の原理図である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 図 1 のように、負の基準電圧 $-V_r$ ($V_r > 0$) [V] と切換スイッチが接続された回路があり、その回路を用いて正の未知電圧 V_x (> 0) [V] を測定する。まず、制御回路によってスイッチが S_1 側へ切り換わると、時刻 $t = 0$ s で測定電圧 V_x [V] が積分器へ入力される。その入力電圧 V_i [V] の時間変化が図 2(a) であり、積分器からの出力電圧 V_o [V] の時間変化が図 2(b) である。ただし、 $t = 0$ s での出力電圧を $V_o = 0$ V とする。時刻 t_1 における V_o [V] は、入力電圧 V_i [V] の期間 $0 \sim t_1$ [s] で囲われる面積 S に比例する。積分器の特性で決まる比例定数を k (> 0) とすると、時刻 $t = T_1$ [s] のときの出力電圧は、 $V_m = \boxed{\text{(ア)}} [V]$ となる。

定められた時刻 $t = T_1$ [s] に達すると、制御回路によってスイッチが S_2 側に切り換わり、積分器には基準電圧 $-V_r$ [V] が入力される。よって、スイッチ S_2 の期間中の時刻 t [s] における積分器の出力電圧の大きさは、 $V_o = V_m - \boxed{\text{(イ)}} [V]$ と表される。

積分器の出力電圧 V_o が 0 V になると、電圧比較器がそれを検出する。 $V_o = 0$ V のときの時刻を $t = T_1 + T_2$ [s] とすると、測定電圧は $V_x = \boxed{\text{(ウ)}} [V]$ と表される。さらに、図 2(c) のようにスイッチ S_1 、 S_2 の各期間 T_1 [s]、 T_2 [s] 中にクロックパルス発振器から出力されるクロックパルス数をそれぞれ N_1 、 N_2 とすると、 N_1 は既知なので N_2 をカウントすれば、測定電圧 V_x がデジタル信号に変換される。ここで、クロックパルスの周期 T_s は、クロックパルス発振器の動作周波数に $\boxed{\text{(エ)}}$ する。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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)	$kV_x T_1$	$kV_r(t - T_1)$	$\frac{T_2}{T_1} V_r$	反比例
(2)	$kV_x T_1$	$kV_r T_2$	$\frac{T_2}{T_1} V_r$	反比例
(3)	$k\frac{V_x}{T_1}$	$k\frac{V_r}{T_2}$	$\frac{T_1}{T_2} V_r$	比例
(4)	$k\frac{V_x}{T_1}$	$k\frac{V_r}{T_2}$	$\frac{T_1}{T_2} V_r$	反比例
(5)	$kV_x T_1$	$kV_r(t - T_1)$	$T_1 T_2 V_r$	比例

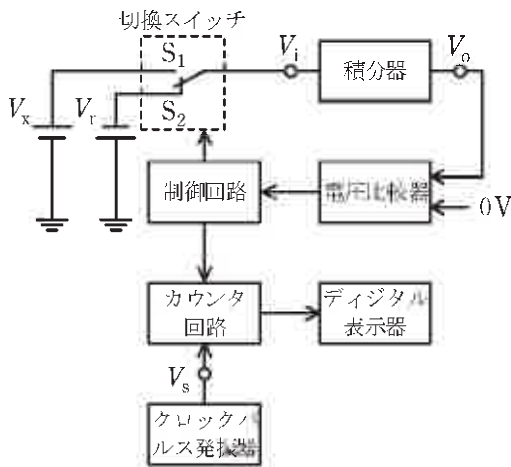


図 1

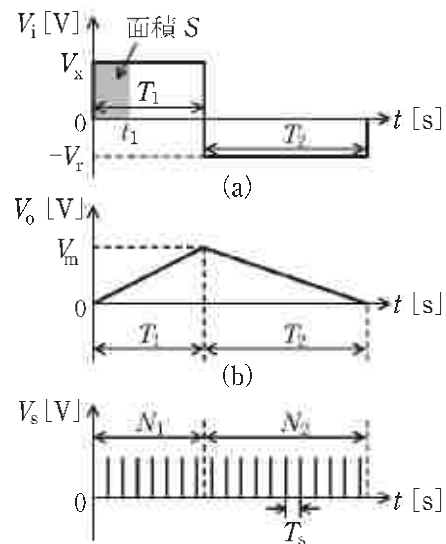


図 2

(b) 基準電圧が $V_r = 2.0 \text{ V}$ 、スイッチ S_1 の期間 T_1 [s] 中のクロックパルス数が $N_1 = 1.0 \times 10^3$ のデジタル直流電圧計がある。この電圧計を用いて未知の電圧 V_x [V] を測定したとき、スイッチ S_2 の期間 T_2 [s] 中のクロックパルス数が $N_2 = 2.0 \times 10^3$ であった。測定された電圧 V_x の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5 (2) 1.0 (3) 2.0 (4) 4.0 (5) 8.0

平成 30 年度

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. マークシートには氏名，生年月日，試験地及び受験番号を記入し，受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い，正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141C01234Aの場合）

受 験 番 号										
数 字			記号	数 字			記号			
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	●
○	●	○	●		○	●	○	○	○	○
○	○	○	○	●	○	○	●	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
○	○	○	○		○	○	○	○	○	○

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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

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 次の文章は、帯電した導体球に関する記述である。

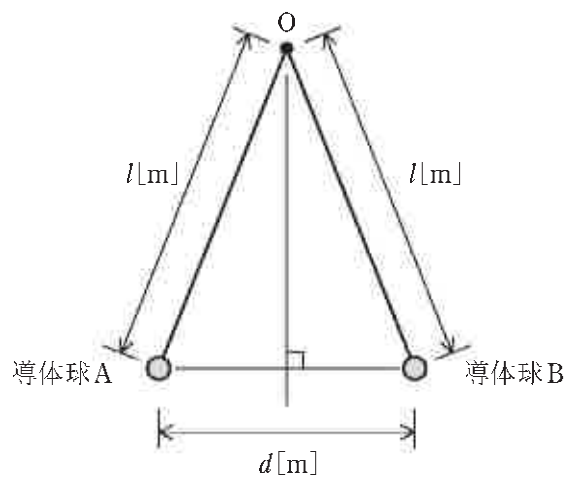
真空中で導体球 A 及び B が軽い絶縁体の糸で固定点 O からつり下げられている。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]、重力加速度を g [m/s²] とする。A 及び B は同じ大きさと質量 m [kg] をもつ。糸の長さは各導体球の中心点が点 O から距離 l [m] となる長さである。

まず、導体球 A 及び B にそれぞれ電荷 Q [C]、 $3Q$ [C] を与えて帯電させたところ、静電力による \square (ア) が生じ、図のように A 及び B の中心点間が d [m] 離れた状態で釣り合った。ただし、導体球の直径は d に比べて十分に小さいとする。このとき、個々の導体球において、静電力 $F = \square$ (イ) [N]、重力 mg [N]、糸の張力 T [N]、の三つの力が釣り合っている。三平方の定理より $F^2 + (mg)^2 = T^2$ が成り立ち、張力の方向を考えると $\frac{F}{T}$ は $\frac{d}{2l}$ に等しい。これらより T を消去し整理すると、 d が満たす式として、

$$k \left(\frac{d}{2l} \right)^3 = \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2l} \right)^2}$$

が導かれる。ただし、係数 $k = \square$ (ウ) である。

次に、A と B とを一旦接触させたところ AB 間で電荷が移動し、同電位となった。そして A と B とが糸の釣合いの位置に戻った。接触前に比べ、距離 d は \square (エ) した。



上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ)及び(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) 反発力	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{16\pi\epsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	増加	
(2) 吸引力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加	
(3) 反発力	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加	
(4) 反発力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{16\pi\epsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	減少	
(5) 吸引力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	減少	

問2 次の文章は、平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離 d_0 [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率 $\epsilon_r > 1$ ，厚さ d_1 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

また、極板と同形同面積の導体（厚さ d_2 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、導体を挿入する前の値と比べて 。

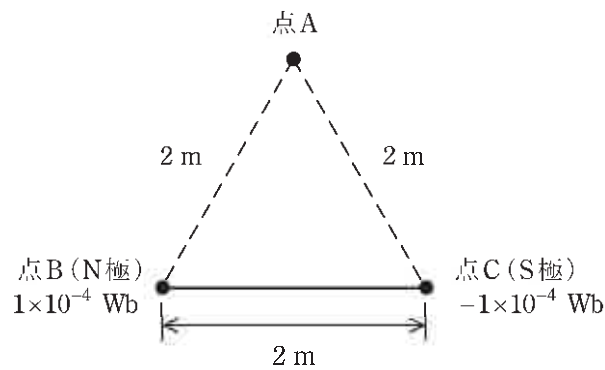
ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)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)
(1)	強くなる	強くなる
(2)	強くなる	弱くなる
(3)	弱くなる	強くなる
(4)	弱くなる	弱くなる
(5)	変わらない	変わらない

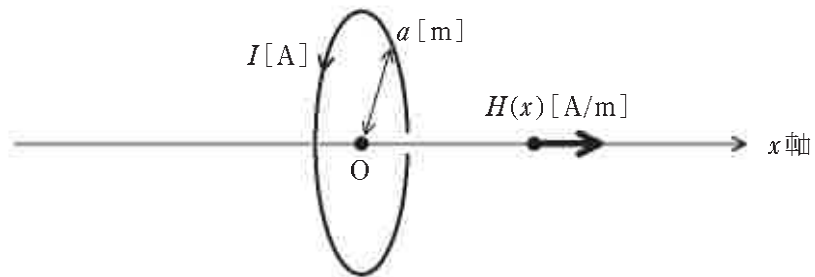
問3 長さ2 mの直線状の棒磁石があり、その両端の磁極は点磁荷とみなすことができ、その強さは、N極が 1×10^{-4} Wb、S極が -1×10^{-4} Wbである。図のように、この棒磁石を点BC間に置いた。このとき、点Aの磁界の大きさの値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

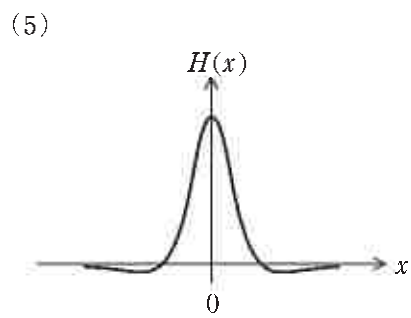
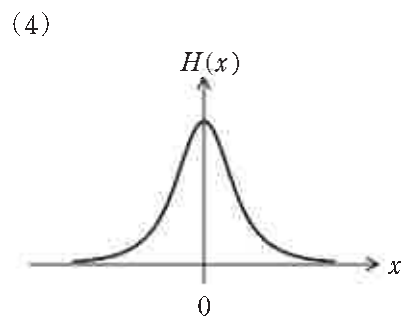
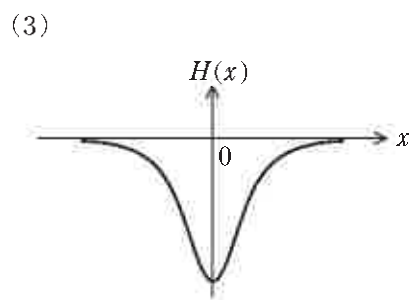
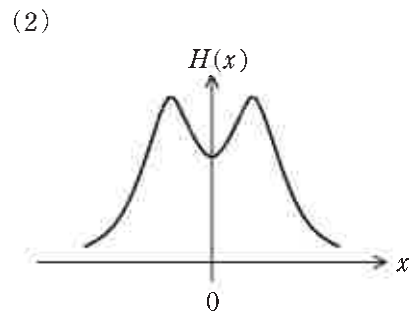
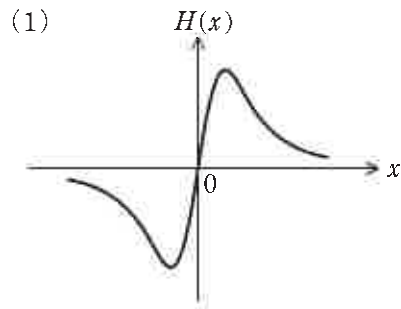
ただし、点A、B、Cは、一辺を2 mとする正三角形の各頂点に位置し、真空中にあるものとする。真空の透磁率は $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/mとする。また、N極、S極の各点磁荷以外の部分から点Aへの影響はないものとする。



- (1) 0 (2) 0.79 (3) 1.05 (4) 1.58 (5) 3.16

問4 図のように, 原点 O を中心とし x 軸を中心軸とする半径 a [m] の円形導体ループに直流電流 I [A] を図の向きに流したとき, x 軸上の点, つまり, $(x, y, z) = (x, 0, 0)$ に生じる磁界の x 方向成分 $H(x)$ [A/m] を表すグラフとして, 最も適切なものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。





問5 次の文章は、抵抗器の許容電力に関する記述である。

許容電力 $\frac{1}{4}$ W、抵抗値 100Ω の抵抗器 A、及び許容電力 $\frac{1}{8}$ W、抵抗値 200Ω の抵抗器 B がある。抵抗器 A と抵抗器 B とを直列に接続したとき、この直列抵抗に流すことのできる許容電流の値は mA である。また、直列抵抗全体に加えることのできる電圧の最大値は、抵抗器 A と抵抗器 B とを並列に接続したときに加えることのできる電圧の最大値の 倍である。

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

	(ア)	(イ)
(1)	25.0	1.5
(2)	25.0	2.0
(3)	37.5	1.5
(4)	50.0	0.5
(5)	50.0	2.0

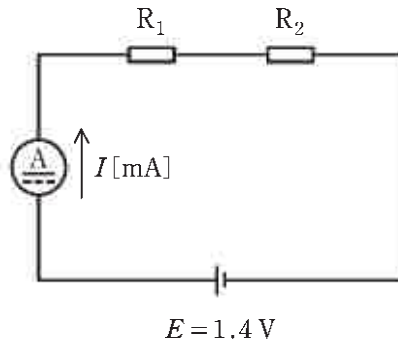
問6 R_a , R_b 及び R_c の三つの抵抗器がある。これら三つの抵抗器から二つの抵抗器 (R_1 及び R_2) を選び、図のように、直流電流計及び電圧 $E = 1.4 \text{ V}$ の直流電源を接続し、次のような実験を行った。

実験Ⅰ : R_1 を R_a , R_2 を R_b としたとき、電流 I の値は 56 mA であった。

実験Ⅱ : R_1 を R_b , R_2 を R_c としたとき、電流 I の値は 35 mA であった。

実験Ⅲ : R_1 を R_a , R_2 を R_c としたとき、電流 I の値は 40 mA であった。

これらのことから、 R_b の抵抗値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし、直流電源及び直流電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



(1) 10

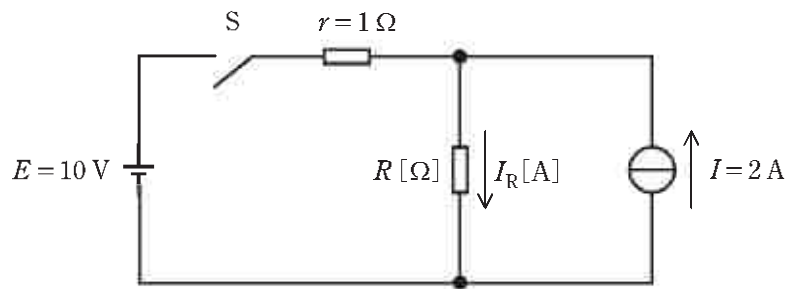
(2) 15

(3) 20

(4) 25

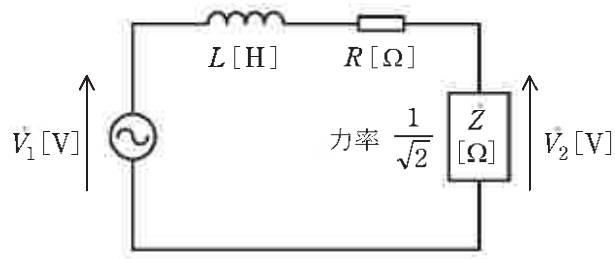
(5) 30

問7 図のように、直流電圧 $E = 10 \text{ V}$ の定電圧源、直流電流 $I = 2 \text{ A}$ の定電流源、スイッチ S 、 $r = 1 \Omega$ と $R [\Omega]$ の抵抗からなる直流回路がある。この回路において、スイッチ S を閉じたとき、 $R [\Omega]$ の抵抗に流れる電流 I_R の値 $[\text{A}]$ が S を閉じる前に比べて 2 倍に増加した。 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 (2) 3 (3) 8 (4) 10 (5) 11

問8 図のように、角周波数 ω [rad/s]の交流電源と力率 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ の誘導性負荷 Z [Ω]との間に、抵抗値 R [Ω]の抵抗器とインダクタンス L [H]のコイルが接続されている。 $R=\omega L$ とするとき、電源電圧 \dot{V}_1 [V]と負荷の端子電圧 \dot{V}_2 [V]との位相差の値[$^\circ$]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



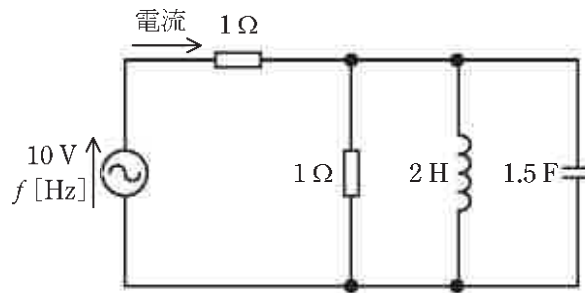
- (1) 0 (2) 30 (3) 45 (4) 60 (5) 90

問9 次の文章は、図の回路に関する記述である。

交流電圧源の出力電圧を 10 V に保ちながら周波数 f [Hz] を変化させるとき、交流電圧源の電流の大きさが最小となる周波数は $\boxed{\text{(ア)}}$ Hz である。このとき、この電流の大きさは $\boxed{\text{(イ)}}$ A であり、その位相は電源電圧を基準として $\boxed{\text{(ウ)}}$ 。

ただし、電流の向きは図に示す矢印のとおりとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(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)	$\frac{1}{\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(2)	$\frac{1}{\sqrt{3}\pi}$	10	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ進む
(3)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(4)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	10	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ遅れる
(5)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ進む

問 10 静電容量が 1 F で初期電荷が 0 C のコンデンサがある。起電力が 10 V で内部抵抗が $0.5\ \Omega$ の直流電源を接続してこのコンデンサを充電するとき、充電電流の時定数の値[s]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5 (2) 1 (3) 2 (4) 5 (5) 10

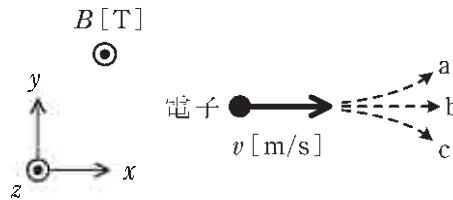
問 11 半導体素子に関する記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) pn 接合ダイオードは、それに順電圧を加えると電子が素子中をアノードからカソードへ移動する 2 端子素子である。
- (2) LED は、pn 接合領域に逆電圧を加えたときに発光する素子である。
- (3) MOSFET は、ゲートに加える電圧によってドレイン電流を制御できる電圧制御形の素子である。
- (4) 可変容量ダイオード(バリキャップ)は、加えた逆電圧の値が大きくなるとその静電容量も大きくなる 2 端子素子である。
- (5) サイリスタは、p 形半導体と n 形半導体の 4 層構造からなる 4 端子素子である。

問 12 次の文章は、磁界中の電子の運動に関する記述である。

図のように、平等磁界の存在する真空かつ無重力の空間に、電子を x 方向に初速度 v [m/s] で放出する。平等磁界は z 方向であり磁束密度の大きさ B [T] をもつとし、電子の質量を m [kg]、素電荷の大きさを e [C] とする。ただし、紙面の裏側から表側への向きを z 方向の正とし、 v は光速に比べて十分小さいとする。このとき、電子の運動は (ア) となり、時間 $T =$ (イ) [s] 後に元の位置に戻ってくる。電子の放出直後の軌跡は破線矢印の (ウ) のようになる。

一方、電子を磁界と平行な z 方向に放出すると、電子の運動は (エ) となる。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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) 単振動	$\frac{m}{eB}$	a	等加速度運動	
(2) 単振動	$\frac{m}{2\pi eB}$	b	らせん運動	
(3) 等速円運動	$\frac{m}{eB}$	c	等速直線運動	
(4) 等速円運動	$\frac{2\pi m}{eB}$	c	らせん運動	
(5) 等速円運動	$\frac{2\pi m}{eB}$	a	等速直線運動	

問 13 図 1 は、ダイオード D、抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗器、及び電圧 $E[V]$ の直流電源からなるクリップ回路に、正弦波電圧 $v_i = V_m \sin \omega t [V]$ (ただし、 $V_m > E > 0$) を入力したときの出力電圧 $v_o [V]$ の波形である。図 2(a)～(e) のうち図 1 の出力波形が得られる回路として、正しいものの組合せを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、 ω [rad/s] は角周波数、 t [s] は時間を表す。また、順電流が流れているときのダイオードの端子間電圧は $0 V$ とし、逆電圧が与えられているときのダイオードに流れる電流は $0 A$ とする。

- (1) (a), (e) (2) (b), (d) (3) (a), (d)
 (4) (b), (c) (5) (c), (e)

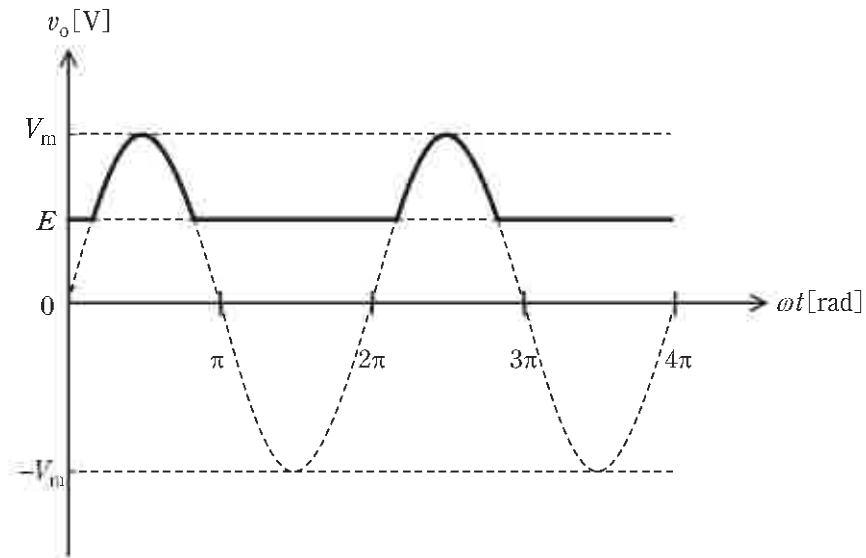


図 1

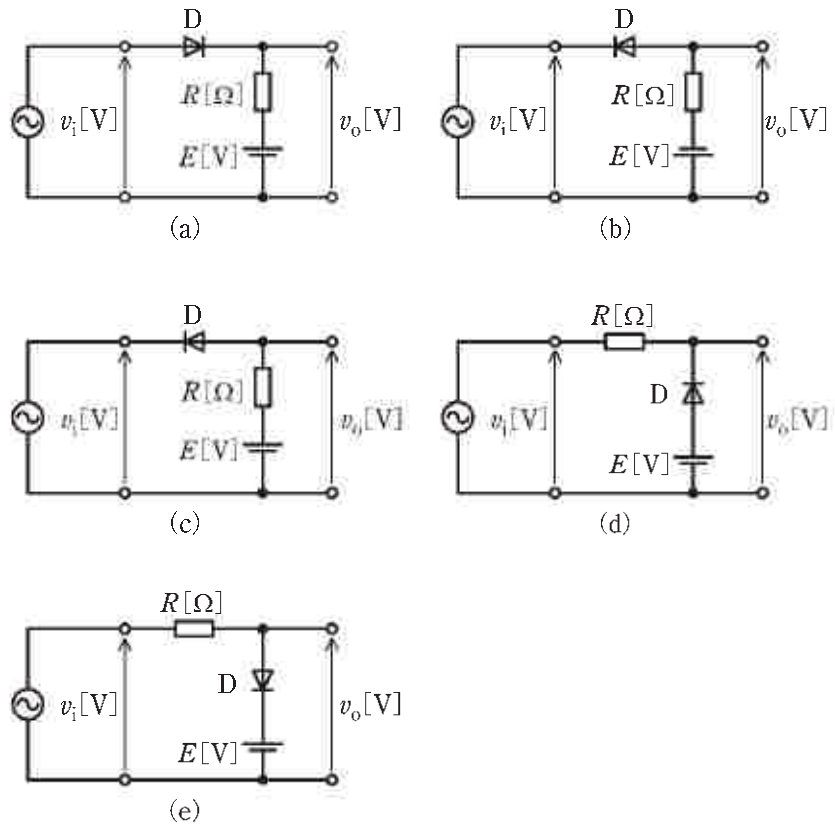


图 2

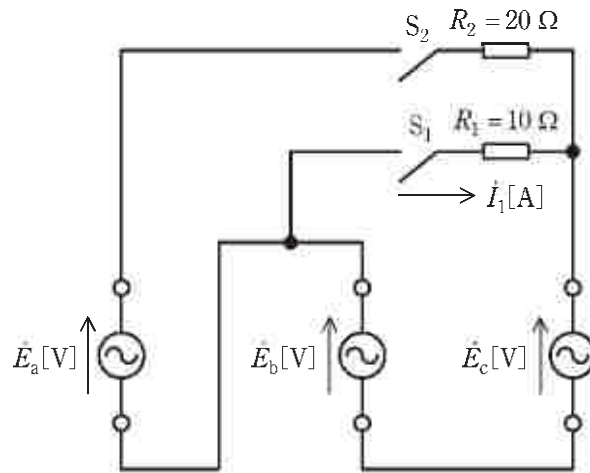
問 14 固有の名称をもつ SI 組立単位の記号と、これと同じ内容を表す他の表し方の組合せとして、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	SI 組立単位の記号	SI 基本単位及び SI 組立単位 による他の表し方
(1)	F	C/V
(2)	W	J/s
(3)	S	A/V
(4)	T	Wb/m ²
(5)	Wb	V/s

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, 起電力 \dot{E}_a [V], \dot{E}_b [V], \dot{E}_c [V] をもつ三つの定電圧源に, スイッチ S_1 , S_2 , $R_1 = 10 \Omega$ 及び $R_2 = 20 \Omega$ の抵抗を接続した交流回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, \dot{E}_a [V], \dot{E}_b [V], \dot{E}_c [V] の正の向きはそれぞれ図の矢印のようにとり, これらの実効値は 100 V, 位相は \dot{E}_a [V], \dot{E}_b [V], \dot{E}_c [V] の順に $\frac{2}{3}\pi$ [rad] ずつ遅れているものとする。



(a) スイッチ S_2 を開いた状態でスイッチ S_1 を閉じたとき, R_1 [Ω] の抵抗に流れる電流 \dot{I}_1 の実効値 [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) 0 (2) 5.77 (3) 10.0 (4) 17.3 (5) 20.0

(b) スイッチ S_1 を開いた状態でスイッチ S_2 を閉じたとき, R_2 [Ω] の抵抗で消費される電力の値 [W] 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 (2) 500 (3) 1500 (4) 2000 (5) 4500

問 16 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 $V_{CC}=10\text{ V}$, $R_1=18\text{ k}\Omega$, $R_2=82\text{ k}\Omega$ とする。動作点におけるエミッタ電流を 1 mA 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 0.7 V とする。

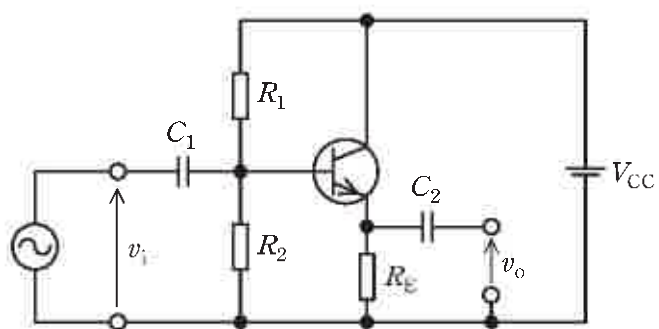


図 1

- (1) 1.3 (2) 3.0 (3) 7.5 (4) 13 (5) 75

(b) 図2は、エミッタホロワ回路の交流等価回路である。ただし、使用する周波数において図1の二つのコンデンサのインピーダンスが十分に小さい場合を考えている。ここで、 $h_{ie}=2.5\text{ k}\Omega$ 、 $h_{fe}=100$ であり、 R_E は小問(a)で求めた値とする。入力インピーダンス $\frac{v_i}{i_i}$ の値[k Ω]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、 v_i と i_i はそれぞれ図2に示す入力電圧と入力電流である。

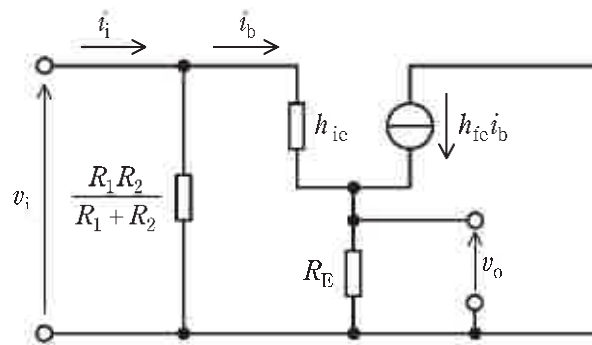


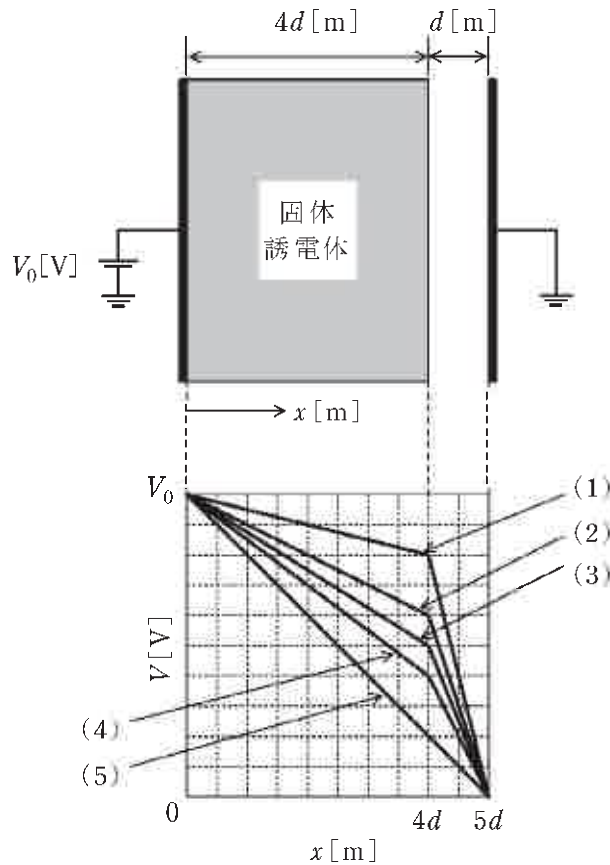
図2

- (1) 2.5 (2) 15 (3) 80 (4) 300 (5) 750

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 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように, 一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し, 極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体を極板と接するように挿入し, 他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。
ただし, コンデンサの端効果は無視できるものとする。



(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸: 電位 V [V], 横軸: 電源が接続された極板からの距離 x [m])として, 最も近いものを図中の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(b) $V_0 = 10 \text{ kV}$, $d = 1 \text{ mm}$ とし, 比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え, 空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき, ϵ_r 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) 0.75 (2) 1.00 (3) 1.33 (4) 1.67 (5) 2.00

(選択問題)

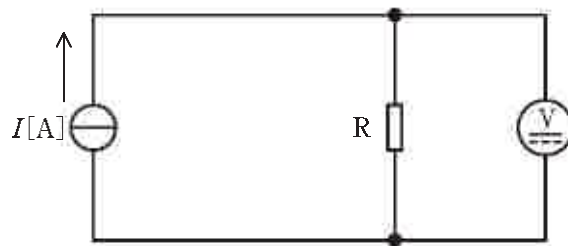
問 18 内部抵抗が $15\text{ k}\Omega$ の 150 V 測定端子と内部抵抗が $10\text{ k}\Omega$ の 100 V 測定端子をもつ永久磁石可動コイル形直流電圧計がある。この直流電圧計を使用して、図のように、電流 $I[\text{A}]$ の定電流源で電流を流して抵抗 R の両端の電圧を測定した。

測定 I : 150 V の測定端子で測定したところ、直流電圧計の指示値は 101.0 V であった。

測定 II : 100 V の測定端子で測定したところ、直流電圧計の指示値は 99.00 V であった。

次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、測定に用いた機器の指示値に誤差はないものとする。



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

- (1) 241 (2) 303 (3) 362 (4) 486 (5) 632

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

- (1) 0.08 (2) 0.17 (3) 0.25 (4) 0.36 (5) 0.49

平成 29 年度

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. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141B01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	B	0	1	2	3	4	A	
●					●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●	●	①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧	⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

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。

第 3 種

理 論

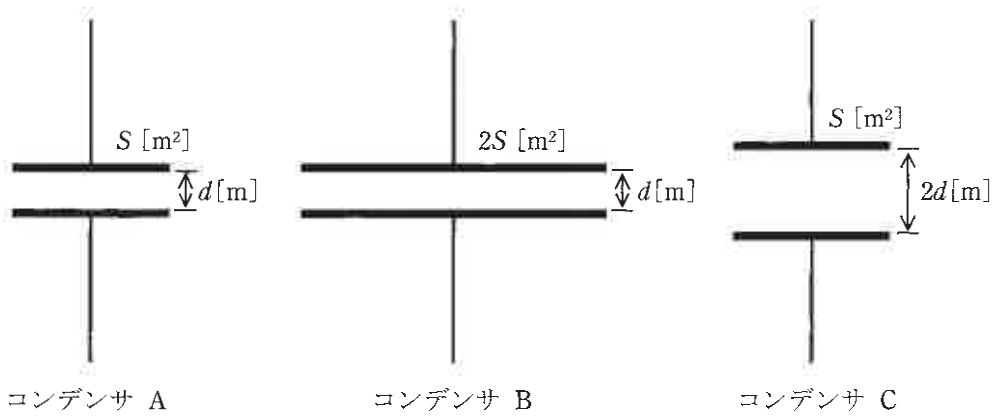
A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 電界の状態を仮想的な線で表したものを電気力線という。この電気力線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) 同じ向き of 電気力線同士は反発し合う。
- (2) 電気力線は負の電荷から出て、正の電荷へ入る。
- (3) 電気力線は途中で分岐したり、他の電気力線と交差したりしない。
- (4) 任意の点における電気力線の密度は、その点の電界の強さを表す。
- (5) 任意の点における電界の向きは、電気力線の接線の向きと一致する。

問2 極板の面積 S [m²], 極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ A, 極板の面積 $2S$ [m²], 極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ B 及び極板の面積 S [m²], 極板間の距離 $2d$ [m] の平行板コンデンサ C がある。各コンデンサは, 極板間の電界の強さが同じ値となるようにそれぞれ直流電源で充電されている。各コンデンサをそれぞれの直流電源から切り離れた後, 全コンデンサを同じ極性で並列に接続し, 十分時間が経ったとき, 各コンデンサに蓄えられる静電エネルギーの総和の値 [J] は, 並列に接続する前の総和の値 [J] の何倍になるか。その倍率として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし, 各コンデンサの極板間の誘電率は同一であり, 端効果は無視できるものとする。



- (1) 0.77 (2) 0.91 (3) 1.00 (4) 1.09 (5) 1.31

問3 環状鉄心に、コイル1及びコイル2が巻かれている。二つのコイルを図1のように接続したとき、端子A-B間の合成インダクタンスの値は1.2Hであった。次に、図2のように接続したとき、端子C-D間の合成インダクタンスの値は2.0Hであった。このことから、コイル1の自己インダクタンス L の値[H]、コイル1及びコイル2の相互インダクタンス M の値[H]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、コイル1及びコイル2の自己インダクタンスはともに L [H]、その巻数を N とし、また、鉄心は等断面、等質であるとする。

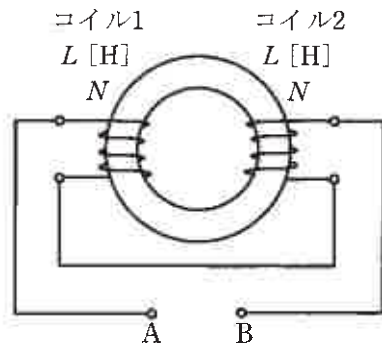


図1

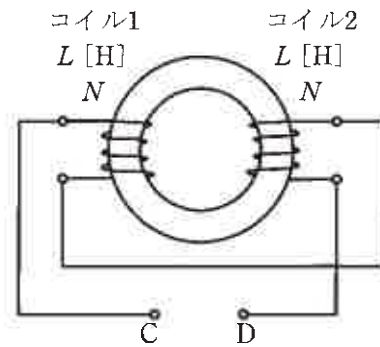


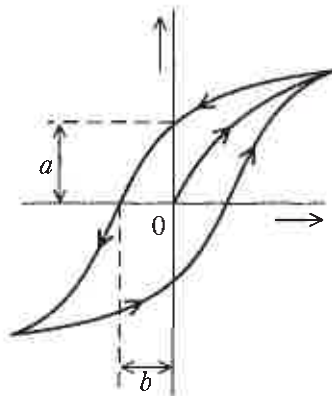
図2

	自己インダクタンス L	相互インダクタンス M
(1)	0.4	0.2
(2)	0.8	0.2
(3)	0.8	0.4
(4)	1.6	0.2
(5)	1.6	0.4

問4 図は、磁性体の磁化曲線(BH曲線)を示す。次の文章は、これに関する記述である。

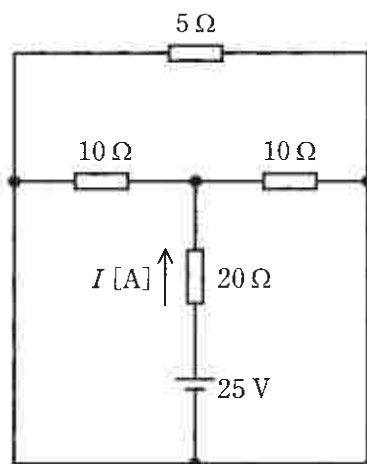
- 1 直交座標の横軸は、(ア) である。
- 2 a は、(イ) の大きさを表す。
- 3 鉄心入りコイルに交流電流を流すと、ヒステリシス曲線内の面積に(ウ)した電気エネルギーが鉄心の中で熱として失われる。
- 4 永久磁石材料としては、ヒステリシス曲線の a と b がともに(エ)磁性体が適している。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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)	磁界の強さ[A/m]	保磁力	反比例	大きい
(2)	磁束密度[T]	保磁力	反比例	小さい
(3)	磁界の強さ[A/m]	残留磁気	反比例	小さい
(4)	磁束密度[T]	保磁力	比例	大きい
(5)	磁界の強さ[A/m]	残留磁気	比例	大きい

問5 図のように直流電源と4個の抵抗からなる回路がある。この回路において20 Ωの抵抗に流れる電流 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。



(1) 0.5

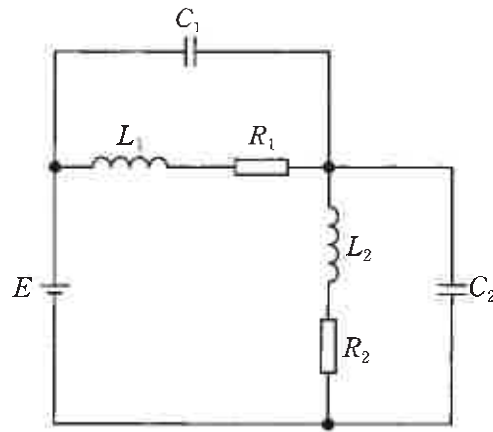
(2) 0.8

(3) 1.0

(4) 1.2

(5) 1.5

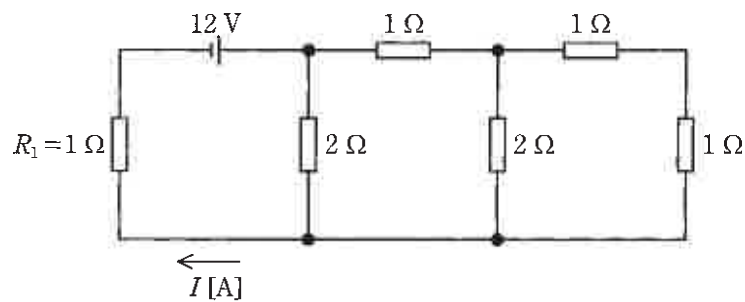
問6 $R_1=20\ \Omega$, $R_2=30\ \Omega$ の抵抗, インダクタンス $L_1=20\ \text{mH}$, $L_2=40\ \text{mH}$ のコイル及び静電容量 $C_1=400\ \mu\text{F}$, $C_2=600\ \mu\text{F}$ のコンデンサからなる図のような直並列回路がある。直流電圧 $E=100\ \text{V}$ を加えたとき, 定常状態において L_1 , L_2 , C_1 及び C_2 に蓄えられるエネルギーの総和の値[J]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 0.12 (2) 1.20 (3) 1.32 (4) 1.40 (5) 1.52

問7 次の文章は、直流回路に関する記述である。

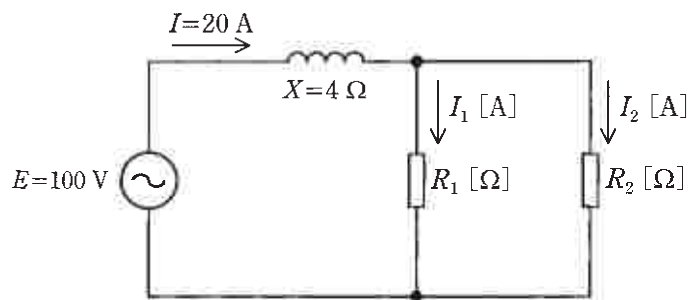
図の回路において、電流の値 $I[\text{A}]$ は 4A よりも (ア)。このとき、抵抗 R_1 の中で動く電子の流れる向きは図の (イ) であり、電界の向きを併せて考えると、電気エネルギーが失われることになる。また、 0.25 s の間に電源が供給する電力量に対し、同じ時間に抵抗 R_1 が消費する電力量の比は (ウ) である。抵抗は、消費した電力量だけの熱を発生することで温度が上昇するが、一方で、周囲との温度差に (エ) する熱を放出する。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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)	大きい	上から下	0.5	ほぼ比例
(2)	小さい	上から下	0.25	ほぼ反比例
(3)	大きい	上から下	0.25	ほぼ比例
(4)	小さい	下から上	0.25	ほぼ反比例
(5)	大きい	下から上	0.5	ほぼ反比例

問8 図のように、交流電圧 $E=100\text{ V}$ の電源、誘導性リアクタンス $X=4\ \Omega$ のコイル、 $R_1[\Omega]$ 、 $R_2[\Omega]$ の抵抗からなる回路がある。いま、回路を流れる電流の値が $I=20\text{ A}$ であり、また、抵抗 R_1 に流れる電流 $I_1[\text{A}]$ と抵抗 R_2 に流れる電流 $I_2[\text{A}]$ との比が、 $I_1:I_2=1:3$ であった。このとき、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) 1.0

(2) 3.0

(3) 4.0

(4) 9.0

(5) 12

問9 $R=5\ \Omega$ の抵抗に、ひずみ波交流電流

$$i=6\sin\omega t+2\sin3\omega t\ [\text{A}]$$

が流れた。

このとき、抵抗 $R=5\ \Omega$ で消費される平均電力 P の値 [W] 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、 ω は角周波数 [rad/s]、 t は時刻 [s] とする。

(1) 40

(2) 90

(3) 100

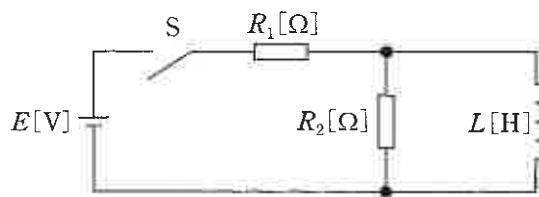
(4) 180

(5) 200

問 10 図のように、電圧 E [V] の直流電源に、開いた状態のスイッチ S 、 R_1 [Ω] の抵抗、 R_2 [Ω] の抵抗及び電流が 0 A のコイル (インダクタンス L [H]) を接続した回路がある。次の文章は、この回路に関する記述である。

- 1 スイッチ S を閉じた瞬間 (時刻 $t = 0$ s) に R_1 [Ω] の抵抗に流れる電流は、
 [A] となる。
- 2 スイッチ S を閉じて回路が定常状態とみなせるとき、 R_1 [Ω] の抵抗に流れる電流は、
 [A] となる。

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



	(ア)	(イ)
(1)	$\frac{E}{R_1 + R_2}$	$\frac{E}{R_1}$
(2)	$\frac{R_2 E}{(R_1 + R_2) R_1}$	$\frac{E}{R_1}$
(3)	$\frac{E}{R_1}$	$\frac{E}{R_1 + R_2}$
(4)	$\frac{E}{R_1}$	$\frac{E}{R_1}$
(5)	$\frac{E}{R_1 + R_2}$	$\frac{E}{R_1 + R_2}$

問 11 半導体の pn 接合の性質によって生じる現象若しくは効果，又はそれを利用したものとして，全て正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 表皮効果，ホール効果，整流作用
- (2) 整流作用，太陽電池，発光ダイオード
- (3) ホール効果，太陽電池，超伝導現象
- (4) 整流作用，発光ダイオード，圧電効果
- (5) 超伝導現象，圧電効果，表皮効果

問 12 次の文章は、紫外線ランプの構造と動作に関する記述である。

紫外線ランプは、紫外線を透過させる石英ガラス管と、その両端に設けられた
 (ア) からなり、ガラス管内には数百パスカルの (イ) 及び微量の水
 銀が封入されている。両極間に高電圧を印加すると、 (ウ) から出た電子
 が電界で加速され、 (イ) 原子に衝突してイオン化する。ここで生じた正
 イオンは電界で加速され、 (ウ) に衝突して電子をたたき出す結果、放電
 が安定に持続する。管内を走行する電子が水銀原子に衝突すると、電子からエネ
 ルギーを得た水銀原子は励起され、特定の波長の紫外線の光子を放出して安定な
 状態に戻る。さらに (エ) はガラス管の内側の面にある種の物質を塗り、
 紫外線を (オ) に変換するようにしたものである。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)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)
(1)	磁極	酸素	陰極	マグネトロン	マイクロ波
(2)	電極	酸素	陽極	蛍光ランプ	可視光
(3)	磁極	希ガス	陰極	進行波管	マイクロ波
(4)	電極	窒素	陽極	赤外線ヒータ	赤外光
(5)	電極	希ガス	陰極	蛍光ランプ	可視光

問 13 図 1 は、固定バイアス回路を用いたエミッタ接地トランジスタ増幅回路である。図 2 は、トランジスタの五つのベース電流 I_B に対するコレクタ-エミッタ間電圧 V_{CE} とコレクタ電流 I_C との静特性を示している。この V_{CE} - I_C 特性と直流負荷線との交点を動作点という。図 1 の回路の直流負荷線は図 2 のように与えられる。動作点が $V_{CE}=4.5\text{ V}$ のとき、バイアス抵抗 R_B の値 [$\text{M}\Omega$] 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、ベース-エミッタ間電圧 V_{BE} は、直流電源電圧 V_{CC} に比べて十分小さく無視できるものとする。なお、 R_L は負荷抵抗であり、 C_1 、 C_2 は結合コンデンサである。

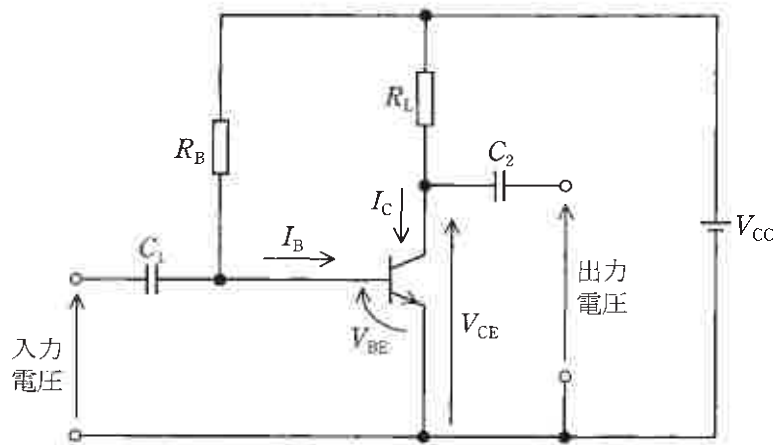


図 1

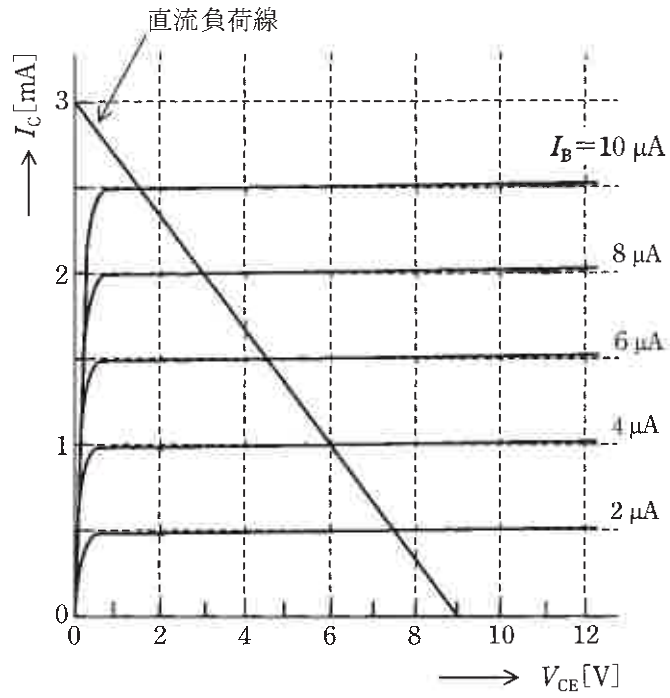


図 2

(1) 0.5

(2) 1.0

(3) 1.5

(4) 3.0

(5) 6.0

問 14 次の(1)～(5)は、計測の結果、得られた測定値を用いた計算である。これらのうち、有効数字と単位の取り扱い方がともに正しいものを一つ選べ。

(1) $0.51 \text{ V} + 2.2 \text{ V} = 2.71 \text{ V}$

(2) $0.670 \text{ V} \div 1.2 \text{ A} = 0.558 \Omega$

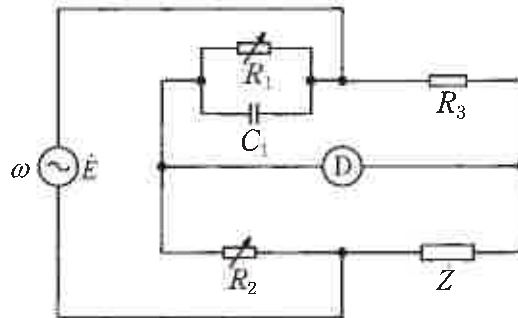
(3) $1.4 \text{ A} \times 3.9 \text{ ms} = 5.5 \times 10^{-6} \text{ C}$

(4) $0.12 \text{ A} - 10 \text{ mA} = 0.11 \text{ m}$

(5) $0.5 \times 2.4 \text{ F} \times 0.5 \text{ V} \times 0.5 \text{ V} = 0.3 \text{ J}$

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図は未知のインピーダンス $Z[\Omega]$ を測定するための交流ブリッジである。電源の電圧を \dot{E} [V], 角周波数を ω [rad/s] とする。ただし ω , 静電容量 C_1 [F], 抵抗 $R_1[\Omega]$, $R_2[\Omega]$, $R_3[\Omega]$ は零でないとする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 交流検出器 D による検出電圧が零となる平衡条件を Z , R_1 , R_2 , R_3 , ω 及び C_1 を用いて表すと,

$$\left(\quad \quad \quad \right) \dot{Z} = R_2 R_3$$

となる。

上式の空白に入る式として適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}$ (2) $R_1 - \frac{1}{j\omega C_1}$ (3) $\frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1}$

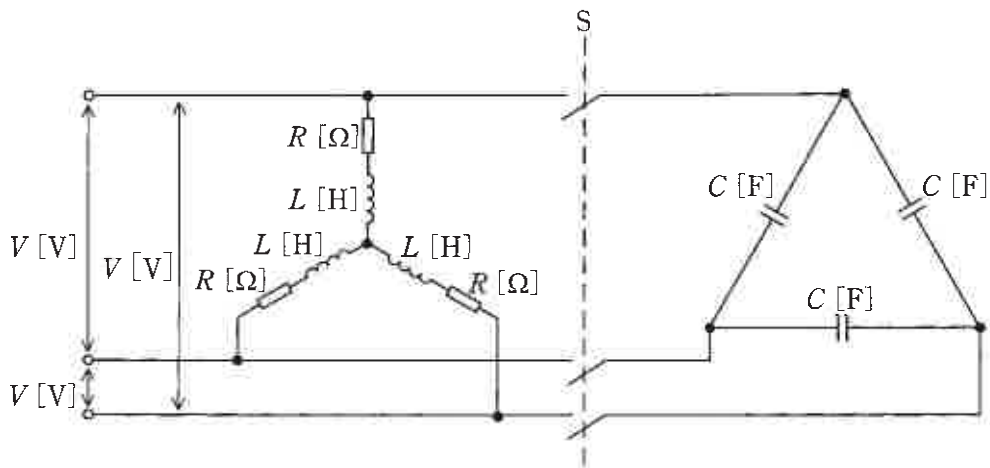
(4) $\frac{R_1}{1 - j\omega C_1 R_1}$ (5) $\sqrt{\frac{R_1}{j\omega C_1}}$

(b) $Z = R + jX$ としたとき, この交流ブリッジで測定できる $R[\Omega]$ と $X[\Omega]$ の満たす条件として, 正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $R \geq 0, X \leq 0$ (2) $R > 0, X < 0$ (3) $R = 0, X > 0$

(4) $R > 0, X > 0$ (5) $R = 0, X \leq 0$

問 16 図のように、線間電圧 V [V]、周波数 f [Hz] の対称三相交流電源に、 R [Ω] の抵抗とインダクタンス L [H] のコイルからなる三相平衡負荷を接続した交流回路がある。この回路には、スイッチ S を介して、負荷に静電容量 C [F] の三相平衡コンデンサを接続することができる。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



(a) スイッチ S を開いた状態において、 $V=200$ V、 $f=50$ Hz、 $R=5$ Ω 、 $L=5$ mH のとき、三相負荷全体の有効電力の値 [W] と力率の値の組合せとして、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

	有効電力	力率
(1)	2.29×10^3	0.50
(2)	7.28×10^3	0.71
(3)	7.28×10^3	0.95
(4)	2.18×10^4	0.71
(5)	2.18×10^4	0.95

(b) スイッチ S を閉じてコンデンサを接続したとき、電源からみた負荷側の力率が 1 になった。

このとき、静電容量 C の値[F]を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、角周波数を ω [rad/s]とする。

$$(1) C = \frac{L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$(2) C = \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$(3) C = \frac{L}{\sqrt{3}(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

$$(4) C = \frac{L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

$$(5) C = \frac{\omega L}{3(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

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 巻数 N のコイルを巻いた鉄心 1 と，空隙(エアギャップ)を隔てて置かれた鉄心 2 からなる図 1 のような磁気回路がある。この二つの鉄心の比透磁率はそれぞれ $\mu_{r1}=2\,000$ ， $\mu_{r2}=1\,000$ であり，それらの磁路の平均の長さはそれぞれ $l_1=200\text{ mm}$ ， $l_2=98\text{ mm}$ ，空隙長は $\delta=1\text{ mm}$ である。ただし，鉄心 1 及び鉄心 2 のいずれの断面も同じ形状とし，磁束は断面内で一様で，漏れ磁束や空隙における磁束の広がりはないものとする。このとき，次の(a)及び(b)の間に答えよ。

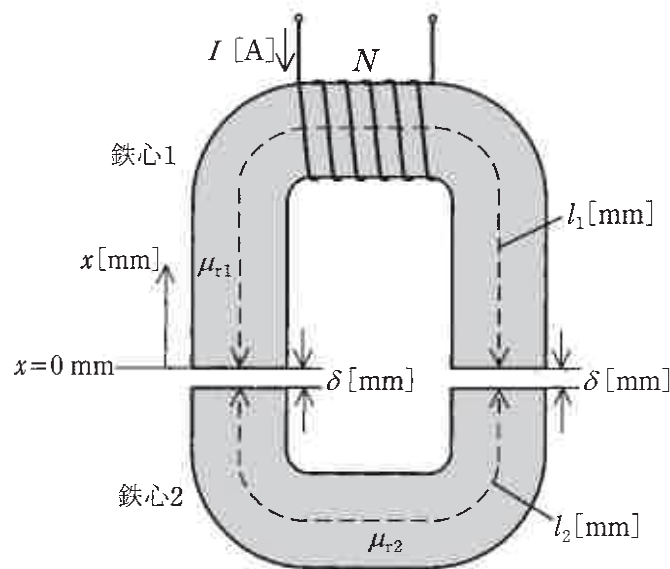


図1

(a) 空隙における磁界の強さ H_0 に対する磁路に沿った磁界の強さ H の比 $\frac{H}{H_0}$ を表

すおおよその図として，最も近いものを図2の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
ただし，図1に示す $x=0\text{ mm}$ から時計回りに磁路を進む距離を x [mm] とする。
また，図2は片対数グラフであり，空隙長 δ [mm] は実際より大きく表示している。

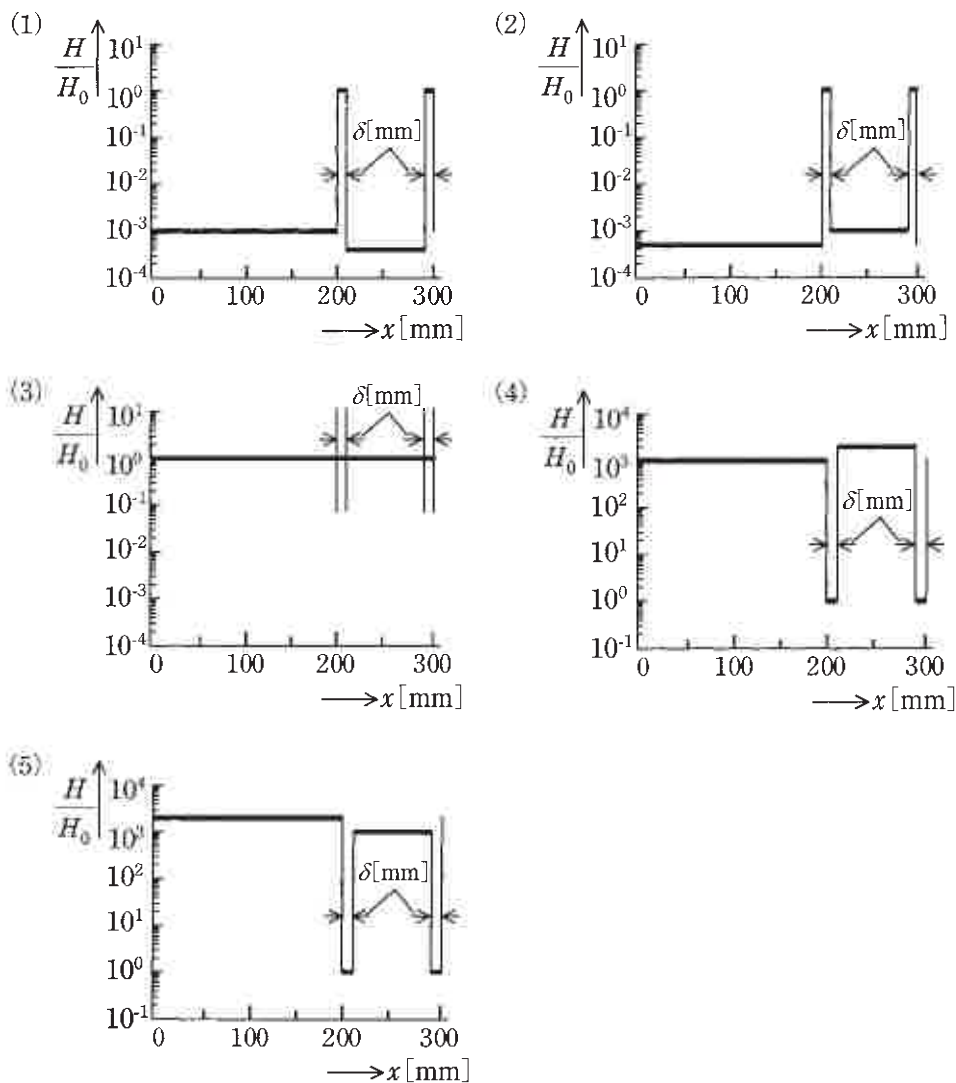


図 2

(b) コイルに電流 $I=1$ A を流すとき、空隙における磁界の強さ H_0 を 2×10^4 A/m 以上とするのに必要なコイルの最小巻数 N 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) 24 (2) 44 (3) 240 (4) 4400 (5) 40400

(選択問題)

問 18 演算増幅器を用いた回路について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 図 1 の回路の電圧増幅度 $\frac{v_o}{v_i}$ を 3 とするためには、 α をいくらにする必要があるか。

α 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。

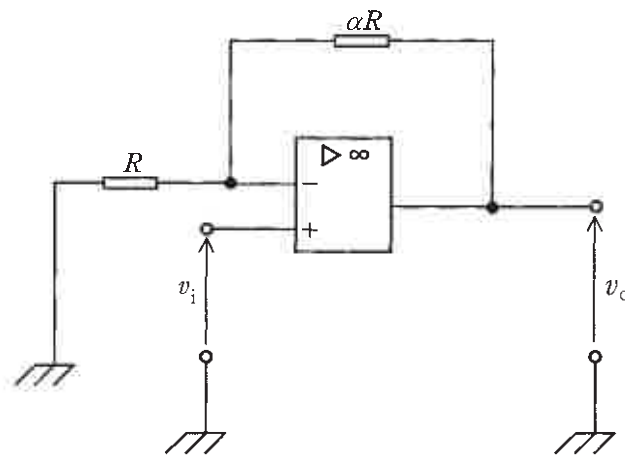


図 1

(1) 0.3

(2) 0.5

(3) 1

(4) 2

(5) 3

(b) 図2の回路は、図1の回路に、帰還回路として2個の $5\text{ k}\Omega$ の抵抗と2個の $0.1\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサを追加した発振回路である。発振の条件を用いて発振周波数の値 f [kHz]を求め、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

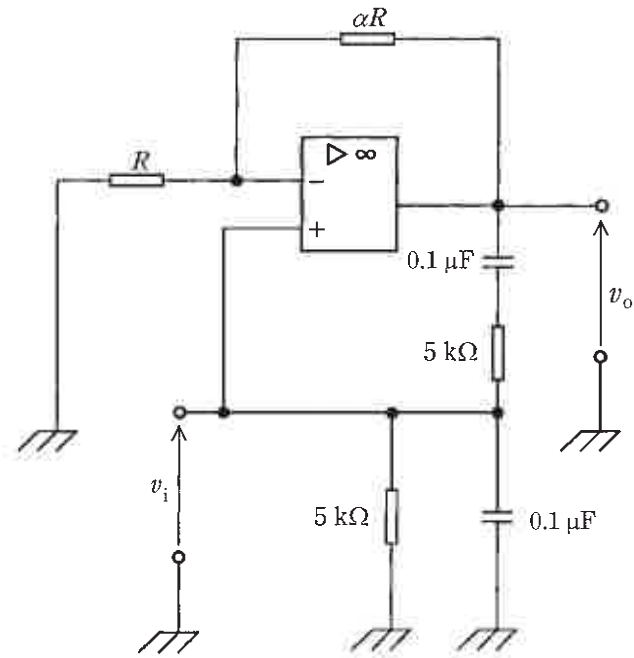


図2

- (1) 0.2 (2) 0.3 (3) 0.5 (4) 2 (5) 3

平成 28 年度

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. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141A1234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字				記号	数 字				記号		
0	1	4	1	A	0	1	2	3	4	A	
●				●	●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

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 $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [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。

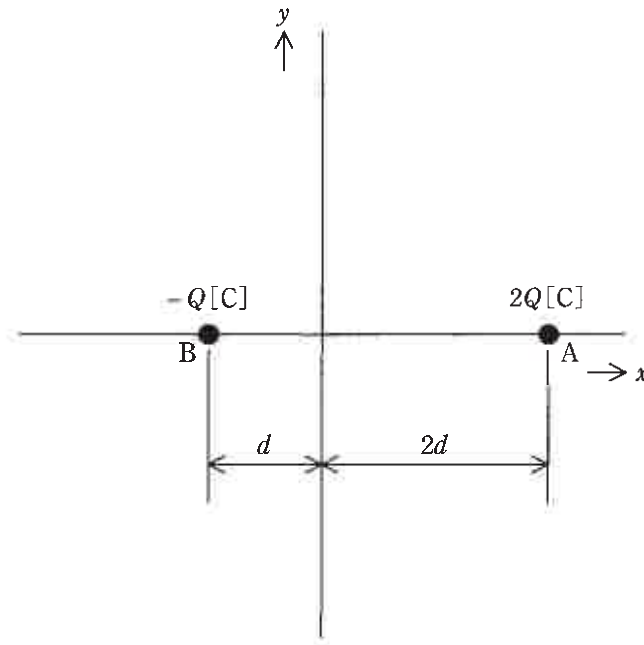
試験問題に関する質問にはお答えできません。

第 3 種

理 論

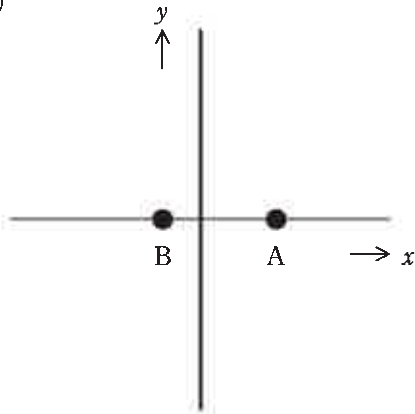
A 問題 (配点は1問題当たり5点)

問 1 真空中において、図のように x 軸上で距離 $3d$ [m] 隔てた点 $A(2d, 0)$ 、点 $B(-d, 0)$ にそれぞれ $2Q$ [C]、 $-Q$ [C] の点電荷が置かれている。 xy 平面上で電位が $0V$ となる等電位線を表す図として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

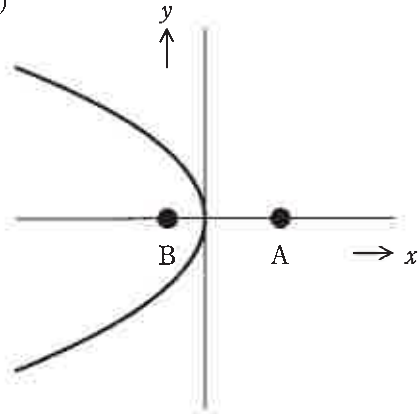


(選択肢は右側に記載)

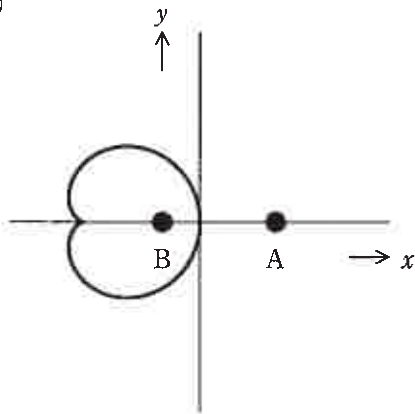
(1)



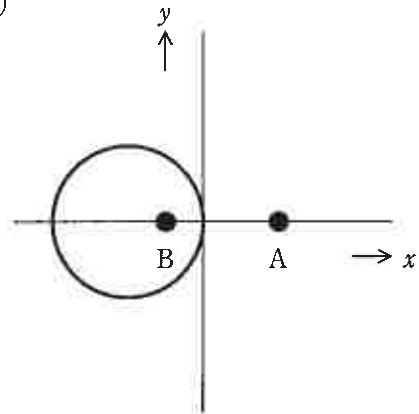
(2)



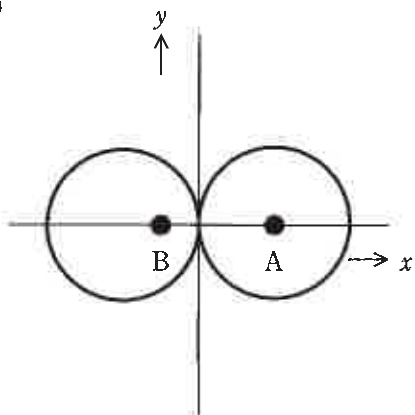
(3)



(4)



(5)



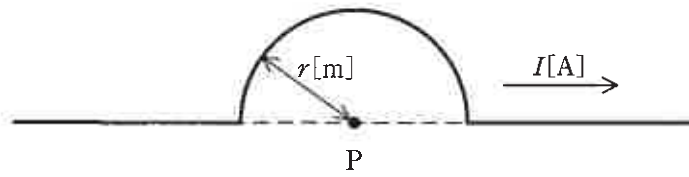
問2 極板Aと極板Bとの間に一定の直流電圧を加え、極板Bを接地した平行板コンデンサに関する記述a～dとして、正しいものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- a 極板間の電位は、極板Aからの距離に対して反比例の関係で変化する。
- b 極板間の電界の強さは、極板Aからの距離に対して一定である。
- c 極板間の等電位線は、極板に対して平行である。
- d 極板間の電気力線は、極板に対して垂直である。

- (1) a
- (2) b
- (3) a, c, d
- (4) b, c, d
- (5) a, b, c, d

問3 図のように、長い線状導体の一部が点Pを中心とする半径 r [m]の半円形になっている。この導体に電流 I [A]を流すとき、点Pに生じる磁界の大きさ H [A/m]はビオ・サバルの法則より求めることができる。 H 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。

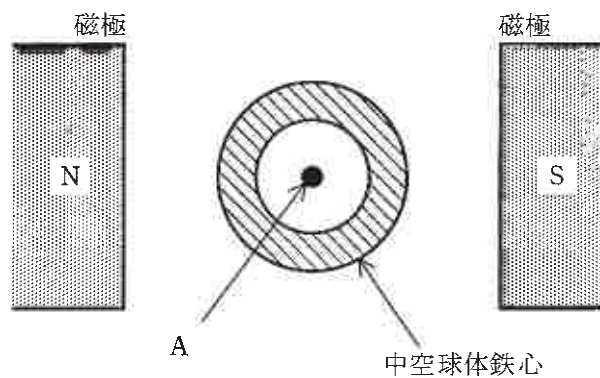


- (1) $\frac{I}{2\pi r}$ (2) $\frac{I}{4r}$ (3) $\frac{I}{\pi r}$ (4) $\frac{I}{2r}$ (5) $\frac{I}{r}$

問4 図のように、磁極N,Sの間に中空球体鉄心を置くと、NからSに向かう磁束は、
 (ア) ようになる。このとき、球体鉄心の中空部分(内部の空間)の点Aでは、
 磁束密度は極めて (イ) なる。これを (ウ) という。

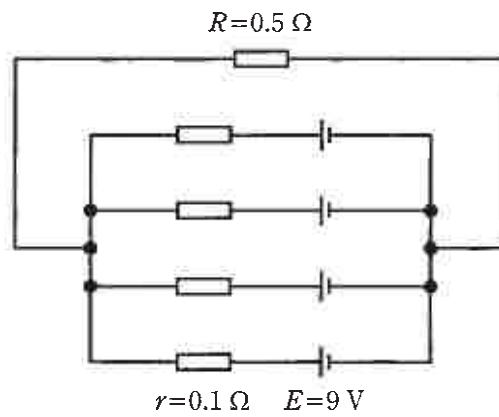
ただし、磁極N,Sの間を通る磁束は、中空球体鉄心を置く前と置いた後とで変化
 しないものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(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。



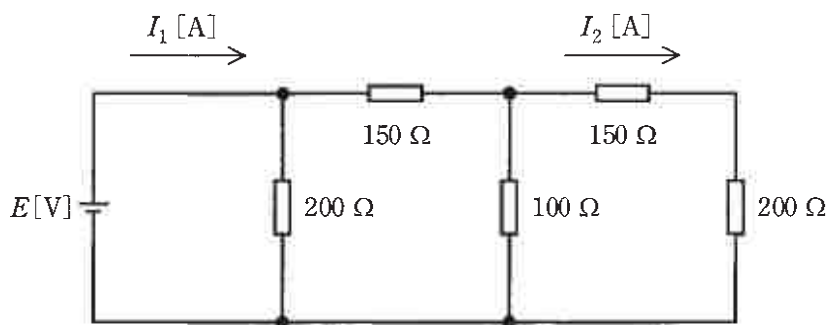
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	鉄心を避けて通る	低く	磁気誘導
(2)	鉄心中を通る	低く	磁気遮へい
(3)	鉄心を避けて通る	高く	磁気遮へい
(4)	鉄心中を通る	低く	磁気誘導
(5)	鉄心中を通る	高く	磁気誘導

問5 図のように、内部抵抗 $r=0.1\Omega$ 、起電力 $E=9\text{V}$ の電池4個を並列に接続した電源に抵抗 $R=0.5\Omega$ の負荷を接続した回路がある。この回路において、抵抗 $R=0.5\Omega$ で消費される電力の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



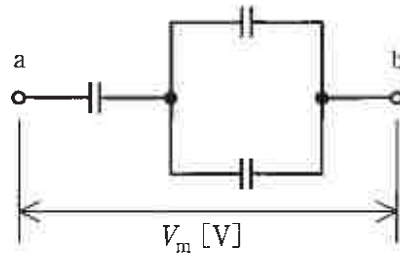
- (1) 50 (2) 147 (3) 253 (4) 820 (5) 4050

問6 図のような抵抗の直並列回路に直流電圧 $E=5\text{V}$ を加えたとき、電流比 $\frac{I_2}{I_1}$ 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) 0.1 (2) 0.2 (3) 0.3 (4) 0.4 (5) 0.5

問7 静電容量が $1\mu\text{F}$ のコンデンサ3個を下図のように接続した回路を考える。
 全てのコンデンサの電圧を 500V 以下にするために、a-b間に加えることができる
 最大の電圧 V_m の値[V]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、各コンデンサの初期電荷は零とする。

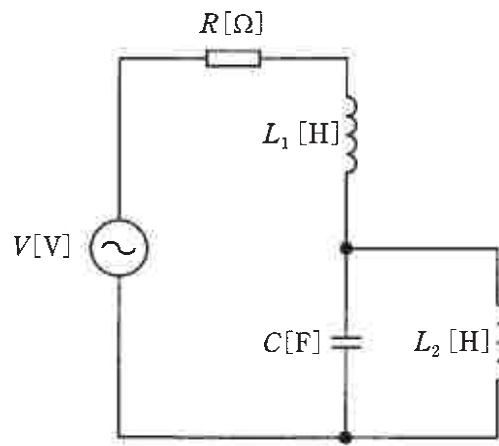


- (1) 500 (2) 625 (3) 750 (4) 875 (5) 1000

問 8 電気に関する法則の記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) オームの法則は、「均一の物質から成る導線の両端の電位差を V とするとき、これに流れる定常電流 I は V に反比例する」という法則である。
- (2) クーロンの法則は、「二つの点電荷の間に働く静電力の大きさは、両電荷の積に反比例し、電荷間の距離の2乗に比例する」という法則である。
- (3) ジュールの法則は「導体内に流れる定常電流によって単位時間中に発生する熱量は、電流の値の2乗と導体の抵抗に反比例する」という法則である。
- (4) フレミングの右手の法則は、「右手の親指・人差し指・中指をそれぞれ直交するように開き、親指を磁界の向き、人差し指を導体が移動する向きに向けると、中指の向きは誘導起電力の向きと一致する」という法則である。
- (5) レンツの法則は、「電磁誘導によってコイルに生じる起電力は、誘導起電力によって生じる電流がコイル内の磁束の変化を妨げる向きとなるように発生する」という法則である。

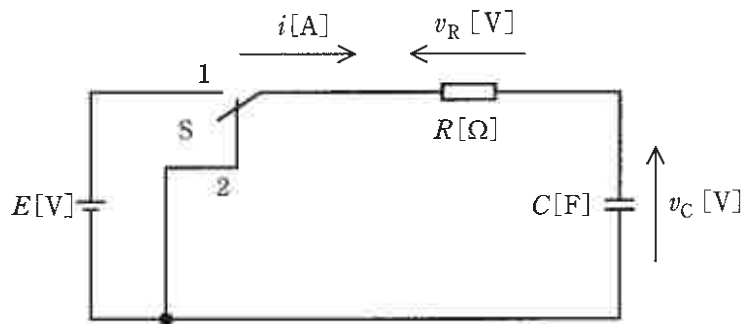
問9 図のように、 $R=1\Omega$ の抵抗、インダクタンス $L_1=0.4\text{ mH}$ 、 $L_2=0.2\text{ mH}$ のコイル、及び静電容量 $C=8\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサからなる直並列回路がある。この回路に交流電圧 $V=100\text{ V}$ を加えたとき、回路のインピーダンスが極めて小さくなる直列共振角周波数 ω_1 の値[rad/s]及び回路のインピーダンスが極めて大きくなる並列共振角周波数 ω_2 の値[rad/s]の組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	ω_1	ω_2
(1)	2.5×10^4	3.5×10^3
(2)	2.5×10^4	3.1×10^4
(3)	3.5×10^3	2.5×10^4
(4)	3.1×10^4	3.5×10^3
(5)	3.1×10^4	2.5×10^4

問10 図のように、電圧 E [V] の直流電源、スイッチ S 、 R [Ω] の抵抗及び静電容量 C [F] のコンデンサからなる回路がある。この回路において、スイッチ S を1側に接続してコンデンサを十分に充電した後、時刻 $t=0$ s でスイッチ S を1側から2側に切り換えた。2側に切り換えた以降の記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、自然対数の底は、2.718とする。



- (1) 回路の時定数は、 C の値[F]に比例する。
- (2) コンデンサの端子電圧 v_C [V]は、 R の値[Ω]が大きいほど緩やかに減少する。
- (3) 時刻 $t=0$ s から回路の時定数だけ時間が経過すると、コンデンサの端子電圧 v_C [V]は直流電源の電圧 E [V]の0.368倍に減少する。
- (4) 抵抗の端子電圧 v_R [V]の極性は、切り換え前(コンデンサ充電中)と逆になる。
- (5) 時刻 $t=0$ s における回路の電流 i [A]は、 C の値[F]に関係する。

問11 半導体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) 極めて高い純度に精製されたシリコン(Si)の真性半導体に、価電子の数が3個の原子、例えばホウ素(B)を加えるとp形半導体になる。
- (2) 真性半導体に外部から熱を与えると、その抵抗率は温度の上昇とともに増加する。
- (3) n形半導体のキャリアは正孔より自由電子の方が多い。
- (4) 不純物半導体の導電率は金属よりも小さいが、真性半導体よりも大きい。
- (5) 真性半導体に外部から熱や光などのエネルギーを加えると電流が流れ、その向きは正孔の移動する向きと同じである。

問12 電荷 q [C] をもつ荷電粒子が磁束密度 B [T] の中を速度 v [m/s] で運動するとき受ける電磁力はローレンツ力と呼ばれ、次のように導出できる。まず、荷電粒子を微小な長さ Δl [m] をもつ線分とみなせると仮定すれば、単位長さ当たりの電荷（線電荷密度という。）は $\frac{q}{\Delta l}$ [C/m] となる。次に、この線分が長さ方向に速度 v で動くとき、線分には電流 $I = \frac{vq}{\Delta l}$ [A] が流れていると考えられる。そして、この微小な線電流が受ける電磁力は $F = BI\Delta l \sin\theta$ [N] であるから、ローレンツ力の式 $F = \boxed{\text{(ア)}} \text{ [N]}$ が得られる。ただし、 θ は v と B との方向がなす角である。 F は v と B の両方に直交し、 F の向きはフレミングの $\boxed{\text{(イ)}} \text{ の法則に従う。}$ では、真空中でローレンツ力を受ける電子の運動はどうなるだろうか。鉛直下向きの平等な磁束密度 B が存在する空間に、負の電荷をもつ電子を速度 v で水平方向に放つと、電子はその進行方向を前方とすれば $\boxed{\text{(ウ)}} \text{ のローレンツ力を受けて}$ $\boxed{\text{(エ)}} \text{ をする。}$

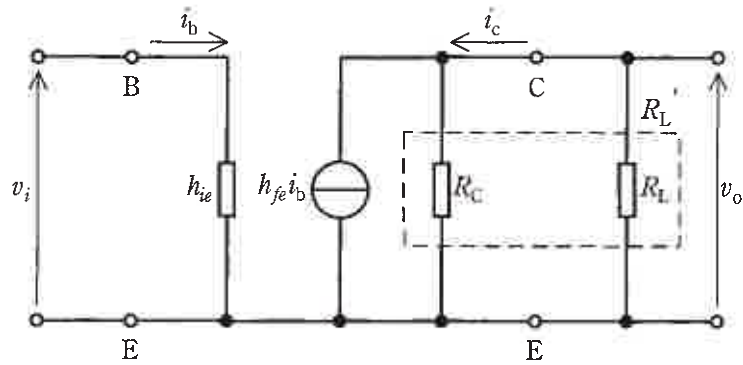
ただし、重力の影響は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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)	$qvB \sin\theta$	右手	右方向	放物線運動
(2)	$qvB \sin\theta$	左手	右方向	円運動
(3)	$qvB \Delta l \sin\theta$	右手	左方向	放物線運動
(4)	$qvB \Delta l \sin\theta$	左手	左方向	円運動
(5)	$qvB \Delta l \sin\theta$	左手	右方向	ブラウン運動

問13 図は、エミッタ (E) を接地したトランジスタ増幅回路の簡易小信号等価回路である。この回路においてコレクタ抵抗 R_C と負荷抵抗 R_L の合成抵抗が $R_L' = 1\text{ k}\Omega$ のとき、電圧利得は 40 dB であった。入力電圧 $v_i = 10\text{ mV}$ を加えたときにベース (B) に流れる入力電流 i_b の値 [μA] 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、 v_o は合成抵抗 R_L' の両端における出力電圧、 i_c はコレクタ (C) に流れる出力電流、 h_{ie} はトランジスタの入力インピーダンスであり、小信号電流増幅率 $h_{fe} = 100$ とする。



- (1) 0.1 (2) 1 (3) 10 (4) 100 (5) 1000

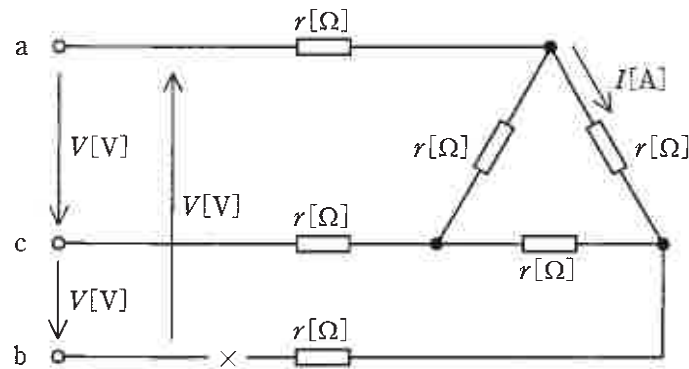
問14 デジタル計器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) デジタル計器用のA-D変換器には、二重積分形が用いられることがある。
- (2) デジタルオシロスコープでは、周期性のない信号波形を測定することはできない。
- (3) 量子化とは、連続的な値を何段階かの値で近似することである。
- (4) デジタル計器は、測定値が数字で表示されるので、読み取りの間違いが少ない。
- (5) 測定可能な範囲(レンジ)を切り換える必要がない機能(オートレンジ)は、測定値のおよその値が分からない場合にも便利な機能である。

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、 $r[\Omega]$ の抵抗6個が線間電圧の大きさ $V[V]$ の対称三相電源に接続されている。b相の×印の位置で断線し、c-a相間が単相状態になったとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、電源の線間電圧の大きさ及び位相は、断線によって変化しないものとする。



(a) 図中の電流 I の大きさ[A]は、断線前の何倍となるか。その倍率として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

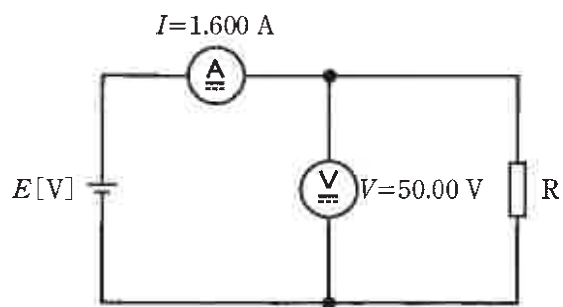
- (1) 0.50 (2) 0.58 (3) 0.87 (4) 1.15 (5) 1.73

(b) ×印の両側に現れる電圧の大きさ[V]は、電源の線間電圧の大きさ $V[V]$ の何倍となるか。その倍率として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0 (2) 0.58 (3) 0.87 (4) 1.00 (5) 1.15

問16 図のような回路において、抵抗Rの値[Ω]を電圧降下法によって測定した。この測定で得られた値は、電流計 $I=1.600\text{ A}$ 、電圧計 $V=50.00\text{ V}$ であった。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、抵抗Rの真の値は $31.21\text{ }\Omega$ とし、直流電源、電圧計及び電流計の内部抵抗の影響は無視できるものである。また、抵抗Rの測定値は有効数字4桁で計算せよ。



(a) 抵抗 R の絶対誤差 [Ω] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.004 (2) 0.04 (3) 0.14 (4) 0.4 (5) 1.4

(b) 絶対誤差の真の値に対する比率を相対誤差という。これを百分率で示した, 抵抗 R の百分率誤差 (誤差率) [%] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

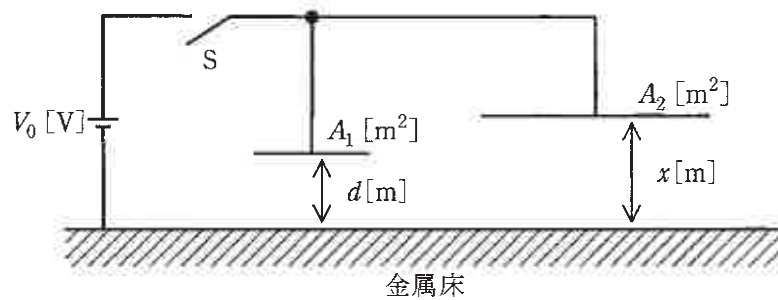
- (1) 0.0013 (2) 0.03 (3) 0.13 (4) 0.3 (5) 1.3

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 図のように、十分大きい平らな金属板で覆われた床と平板電極とで作られる空気コンデンサが二つ並列接続されている。二つの電極は床と平行であり、それらの面積は左側が $A_1 = 10^{-3} \text{ m}^2$ 、右側が $A_2 = 10^{-2} \text{ m}^2$ である。床と各電極の間隔は左側が $d = 10^{-3} \text{ m}$ で固定、右側が $x \text{ [m]}$ で可変、直流電源電圧は $V_0 = 1000 \text{ V}$ である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、空気の誘電率を $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とし、静電容量を考える際にコンデンサの端効果は無視できるものとする。



(a) まず, 右側の x [m] を d [m] と設定し, スイッチ S を一旦閉じてから開いた。このとき, 二枚の電極に蓄えられる合計電荷 Q の値 [C] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 8.0×10^{-9} (2) 1.6×10^{-8} (3) 9.7×10^{-8} (4) 1.9×10^{-7} (5) 1.6×10^{-6}

(b) 上記(a)の操作の後, 徐々に x を増していったところ, $x = 3.0 \times 10^{-3}$ m のときに左側の電極と床との間に火花放電が生じた。左側のコンデンサの空隙の絶縁破壊電圧 V の値 [V] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 3.3×10^2 (2) 2.5×10^3 (3) 3.0×10^3 (4) 5.1×10^3 (5) 3.0×10^4

(選択問題)

問18 振幅変調について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 図1の波形は、正弦波である信号波によって搬送波の振幅を変化させて得られた変調波を表している。この変調波の変調度の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

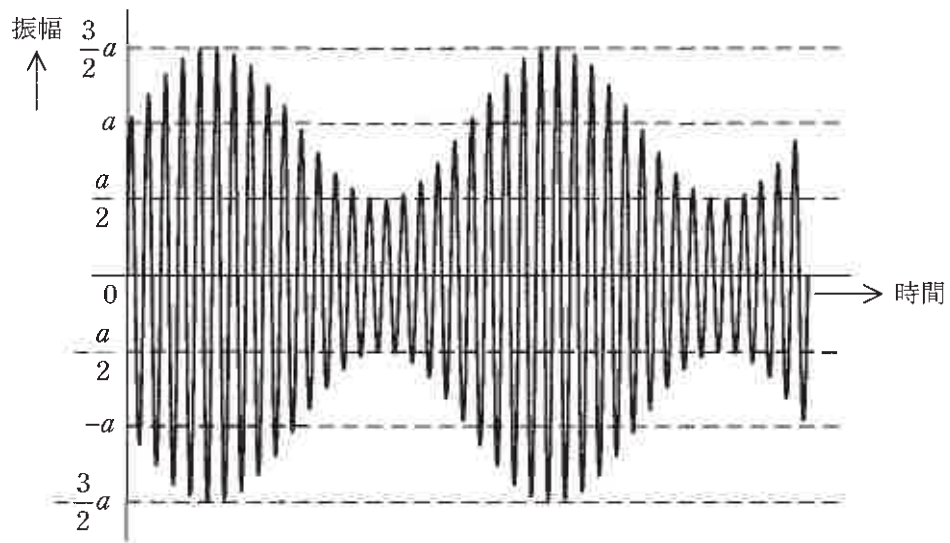


図1

- (1) 0.33 (2) 0.5 (3) 1.0 (4) 2.0 (5) 3.0

(b) 次の文章は、直線検波回路に関する記述である。

振幅変調した変調波の電圧を、図2の復調回路に入力して復調したい。コンデンサ C [F] と抵抗 R [Ω] を並列接続した合成インピーダンスの両端電圧に求められることは、信号波の成分が (ア) ことと、搬送波の成分が (イ) ことである。そこで、合成インピーダンスの大きさは、信号波の周波数に対してほぼ抵抗 R [Ω] となり、搬送波の周波数に対して十分に (ウ) なくてはならない。

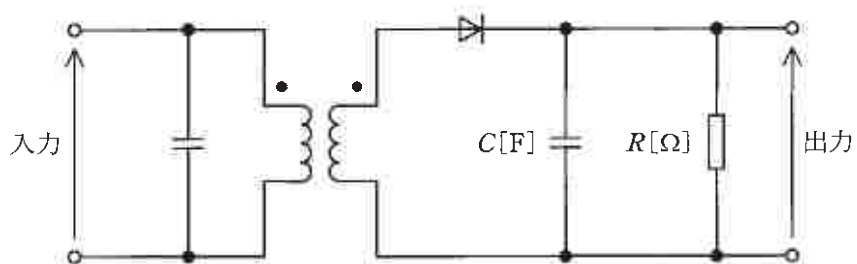


図2

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(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)	ある	なくなる	大きく
(2)	ある	なくなる	小さく
(3)	なくなる	ある	小さく
(4)	なくなる	なくなる	小さく
(5)	なくなる	ある	大きく

平成 27 年度

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. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141C01234Nの場合）

受 験 番 号										
数 字				記号	数 字				記号	
0	1	4	1	C	0	1	2	3	4	N
●					●	○	○	○	○	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	B
②	②	②	②	●	②	②	●	②	②	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	

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 $f=50$ Hz 670 k V·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [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。

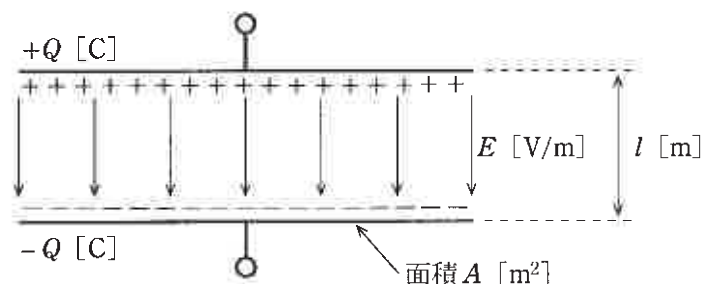
A問題（配点は1問題当たり5点）

問1 平行平板コンデンサにおいて、極板間の距離、静電容量、電圧、電界をそれぞれ d [m]、 C [F]、 V [V]、 E [V/m]、極板上の電荷を Q [C] とするとき、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、極板の面積及び極板間の誘電率は一定であり、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- (1) Q を一定として d を大きくすると、 C は減少する。
- (2) Q を一定として d を大きくすると、 E は上昇する。
- (3) Q を一定として d を大きくすると、 V は上昇する。
- (4) V を一定として d を大きくすると、 E は減少する。
- (5) V を一定として d を大きくすると、 Q は減少する。

問2 図のように、真空中で2枚の電極を平行に向かい合せたコンデンサを考える。各電極の面積を A [m²]、電極の間隔を l [m] とし、端効果を見捨てる、静電容量は \square (ア) [F] である。このコンデンサに直流電圧源を接続し、電荷 Q [C] を充電してから電圧源を外した。このとき、電極間の電界 $E = \square$ (イ) [V/m] によって静電エネルギー $W = \square$ (ウ) [J] が蓄えられている。この状態で電極間隔を増大させると静電エネルギーも増大することから、二つの電極間には静電力の \square (エ) が働くことが分かる。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



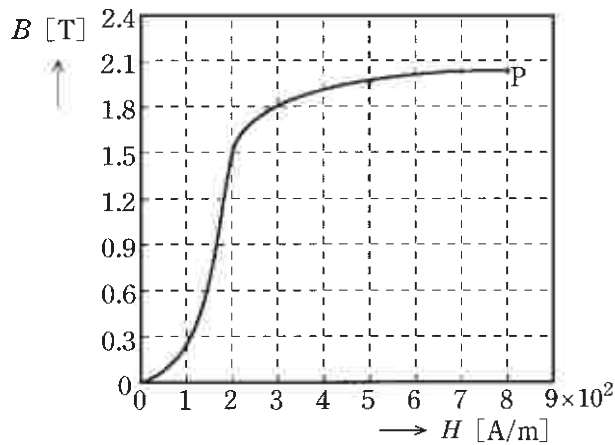
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	引 力
(2)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	引 力
(3)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Ql}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力
(4)	$\frac{A}{\epsilon_0 l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{\epsilon_0 A}$	斥 力
(5)	$\epsilon_0 \frac{A}{l}$	$\frac{Q}{\epsilon_0 A}$	$\frac{Q^2 l}{2\epsilon_0 A}$	斥 力

問3 次の文章は、ある強磁性体の初期磁化特性について述べたものである。

磁界の向きに強く磁化され、比透磁率 μ_r が 1 よりも非常に (ア) 物質を強磁性体という。まだ磁化されていない強磁性体に磁界 H [A/m] を加えて磁化していくと、磁束密度 B [T] は図のように変化する。よって、透磁率 μ [H/m] ($\mu = \frac{B}{H}$) も磁界の強さによって変化する。図から、この強磁性体の透磁率 μ の最大値はおよそ $\mu_{\max} =$ (イ) H/m であることが分かる。このとき、強磁性体の比透磁率はほぼ $\mu_r =$ (ウ) である。点 P 以降は磁界に対する磁束密度の増加が次第に緩くなり、磁束密度はほぼ一定の値となる。この現象を (エ) という。

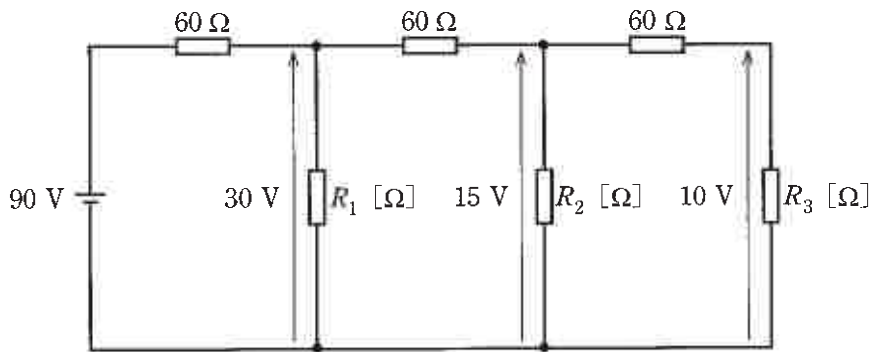
ただし、真空の透磁率を $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] とする。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(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) 大きい	7.5×10^{-3}	6.0×10^3	磁気飽和	
(2) 小さい	7.5×10^{-3}	9.4×10^{-9}	残留磁気	
(3) 小さい	1.5×10^{-2}	9.4×10^{-9}	磁気遮へい	
(4) 大きい	7.5×10^{-3}	1.2×10^4	磁気飽和	
(5) 大きい	1.5×10^{-2}	1.2×10^4	残留磁気	

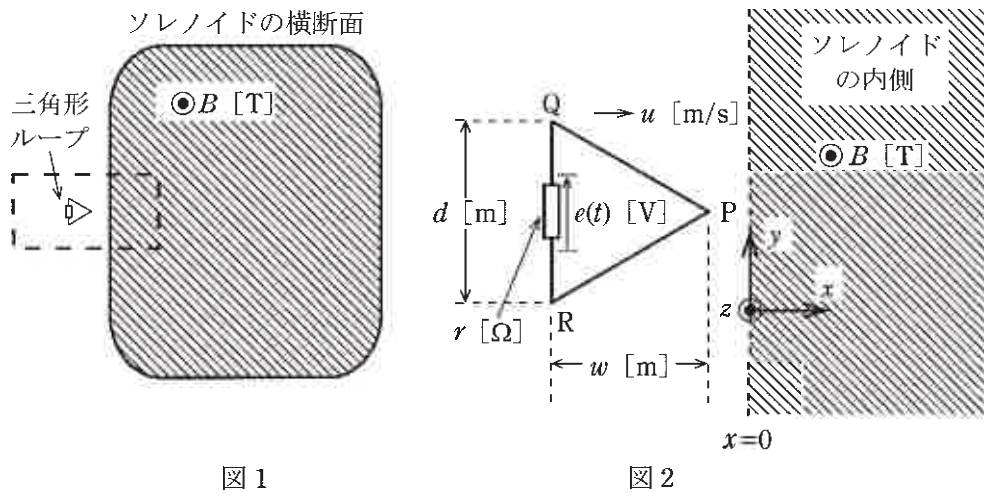
問4 図のような直流回路において，直流電源の電圧が 90 V であるとき，抵抗 R_1 [Ω]， R_2 [Ω]， R_3 [Ω] の両端電圧はそれぞれ 30 V ， 15 V ， 10 V であった。抵抗 R_1 ， R_2 ， R_3 のそれぞれの値 [Ω] の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	R_1	R_2	R_3
(1)	30	90	120
(2)	80	60	120
(3)	30	90	30
(4)	60	60	30
(5)	40	90	120

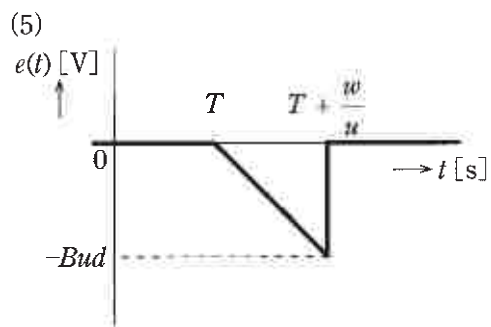
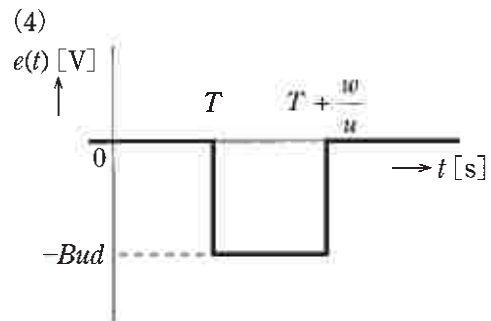
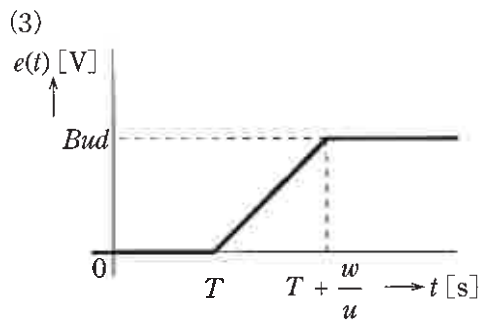
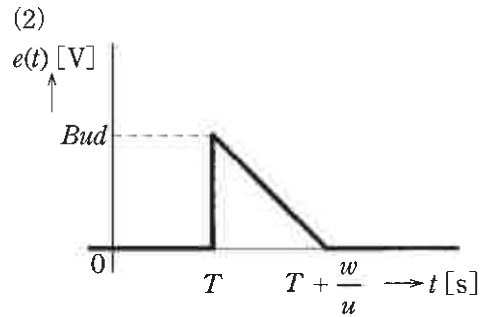
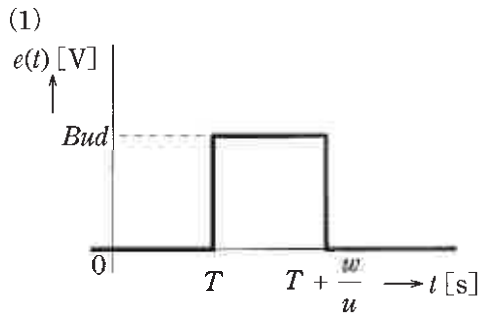
問5 十分長いソレノイド及び小さい三角形のループがある。図1はソレノイドの横断面を示しており、三角形ループも同じ面内にある。図2はその破線部分の拡大図である。面 $x=0$ から右側の領域 ($x > 0$ の領域) は直流電流を流したソレノイドの内側であり、そこには $+z$ 方向の平等磁界が存在するとする。その磁束密度を B [T] ($B > 0$) とする。

一方、左側領域 ($x < 0$) はソレノイドの外側であり磁界は零であるとする。ここで、三角形 PQR の抵抗器付き導体ループが xy 平面内を等速度 u [m/s] で $+x$ 方向に進み、ソレノイドの巻線の隙間から内側に侵入していく。その際、導体ループの辺 QR は y 軸と平行を保っている。頂点 P が面 $x=0$ を通過する時刻を T [s] とする。また、抵抗器の抵抗 r [Ω] は十分大きいものとする。

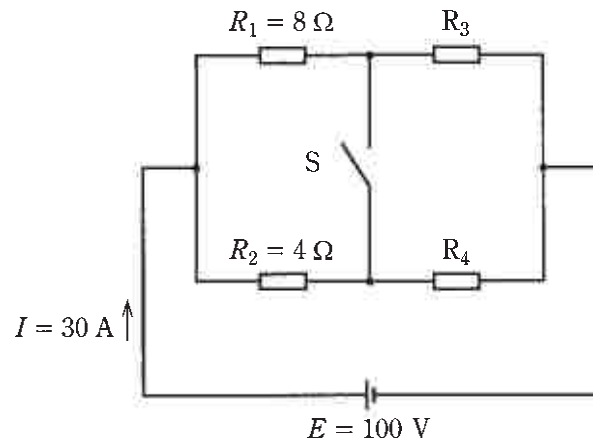


辺 QR の中央の抵抗器に時刻 t [s] に加わる誘導電圧を $e(t)$ [V] とし、その符号は図中の矢印の向きを正と定義する。三角形ループがソレノイドの外側から内側に入り込むときの $e(t)$ を示す図として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(選択肢は右側に記載)



問6 図のように、抵抗とスイッチSを接続した直流回路がある。いま、スイッチSを開閉しても回路を流れる電流 I [A] は、 $I = 30$ Aで一定であった。このとき、抵抗 R_4 の値 [Ω]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 0.5 (2) 1.0 (3) 1.5 (4) 2.0 (5) 2.5

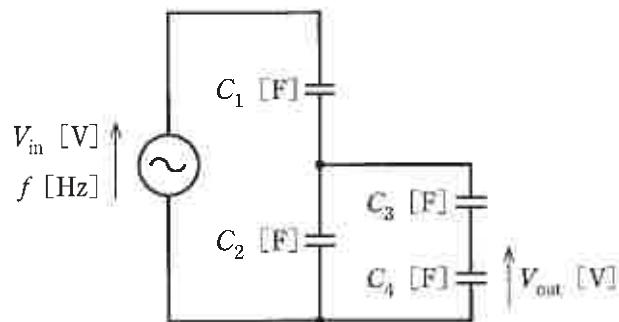
問7 以下の記述で、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 直流電圧源と抵抗器、コンデンサが直列に接続された回路のコンデンサには、定常状態では電流が流れない。
- (2) 直流電圧源と抵抗器、コイルが直列に接続された回路のコイルの両端の電位差は、定常状態では零である。
- (3) 電線の抵抗値は、長さに比例し、断面積に反比例する。
- (4) 並列に接続した二つの抵抗器 R_1 , R_2 を一つの抵抗器に置き換えて考えると、合成抵抗の値は R_1 , R_2 の抵抗値の逆数の和である。
- (5) 並列に接続した二つのコンデンサ C_1 , C_2 を一つのコンデンサに置き換えて考えると、合成静電容量は C_1 , C_2 の静電容量の和である。

問8 $R = 10 \Omega$ の抵抗と誘導性リアクタンス $X [\Omega]$ のコイルとを直列に接続し、
100 V の交流電源に接続した交流回路がある。いま、回路に流れる電流の値は
 $I = 5 \text{ A}$ であった。このとき、回路の有効電力 P の値 [W] として、最も近いもの
を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 250 (2) 289 (3) 425 (4) 500 (5) 577

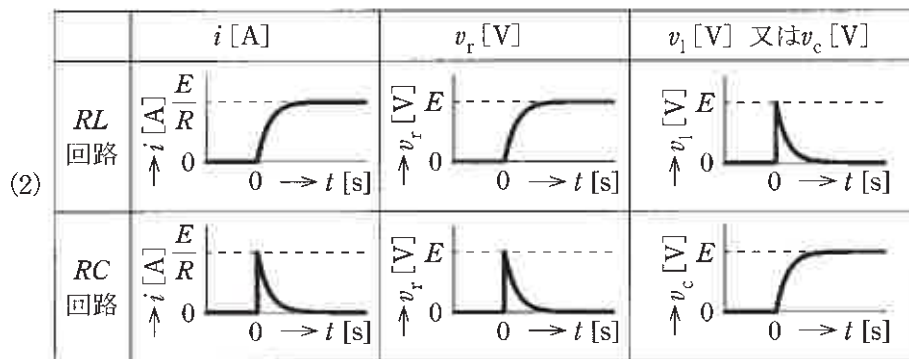
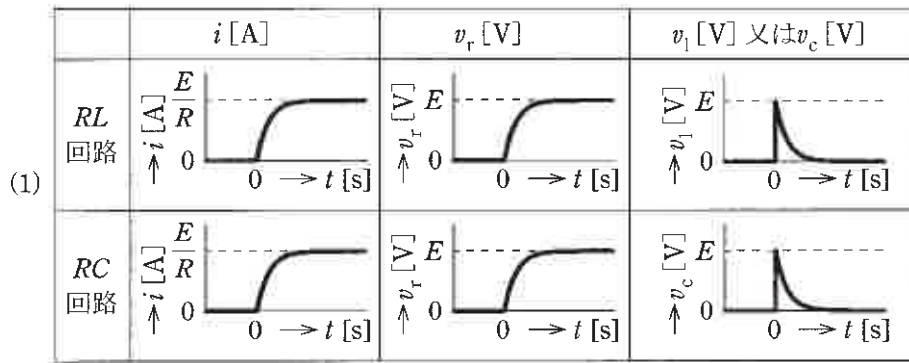
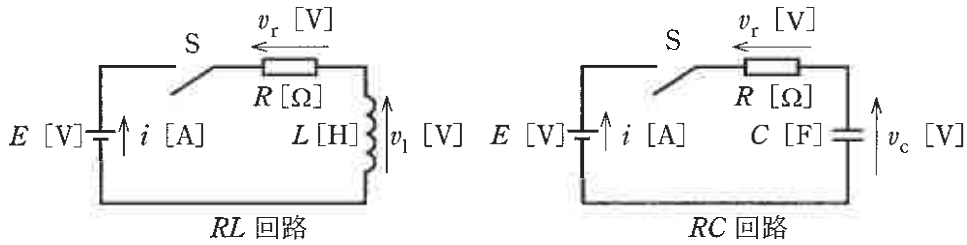
問9 図のように、静電容量 $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 900 \mu\text{F}$, $C_3 = 100 \mu\text{F}$, $C_4 = 900 \mu\text{F}$ のコンデンサからなる直並列回路がある。この回路に周波数 $f = 50 \text{ Hz}$ の交流電圧 $V_{\text{in}} [\text{V}]$ を加えたところ、 C_4 の両端の交流電圧は $V_{\text{out}} [\text{V}]$ であった。このとき、 $\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}$ の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

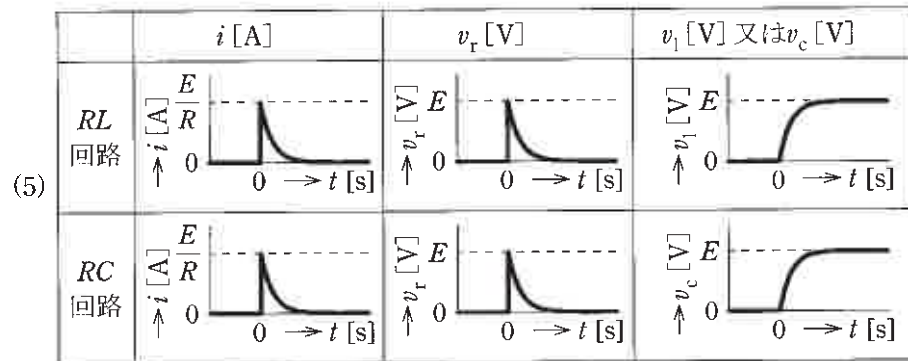
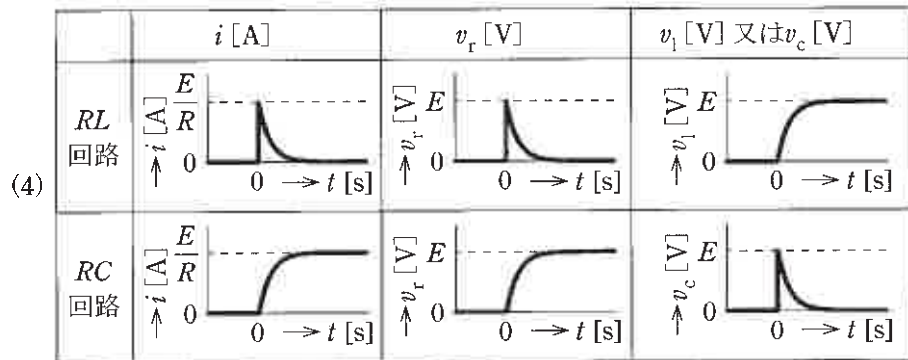
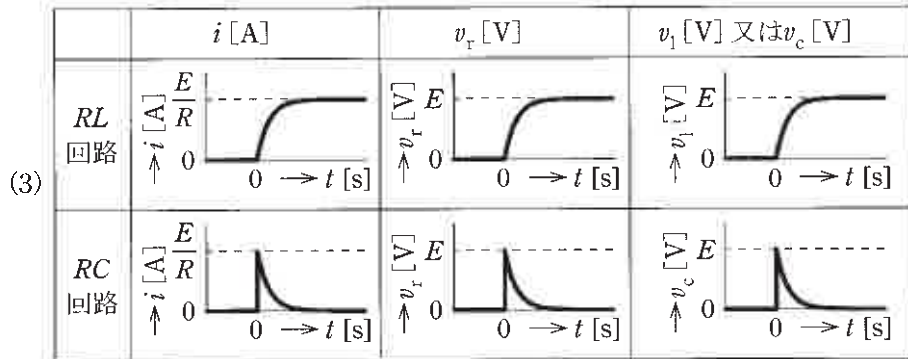


- (1) $\frac{1}{1000}$ (2) $\frac{9}{1000}$ (3) $\frac{1}{100}$ (4) $\frac{99}{1000}$ (5) $\frac{891}{1000}$

問10 図のように、直流電圧 E [V] の電源、抵抗 R [Ω] の抵抗器、インダクタンス L [H] のコイルまたは静電容量 C [F] のコンデンサ、スイッチ S からなる2種類の回路 (RL 回路, RC 回路) がある。各回路において、時刻 $t=0$ s でスイッチ S を閉じたとき、回路を流れる電流 i [A], 抵抗の端子電圧 v_r [V], コイルの端子電圧 v_l [V], コンデンサの端子電圧 v_c [V] の波形の組合せを示す図として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、電源の内部インピーダンス及びコンデンサの初期電荷は零とする。



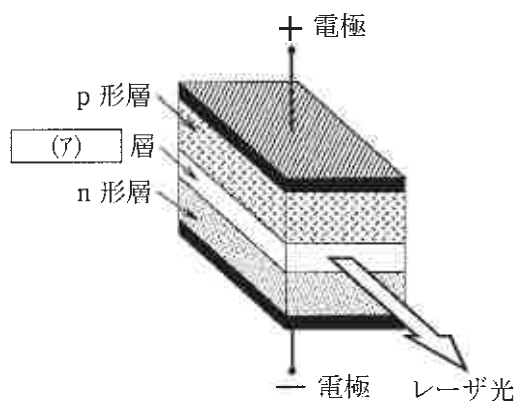


問11 次の文章は、半導体レーザー（レーザーダイオード）に関する記述である。

レーザーダイオードは、図のような3層構造を成している。p形層とn形層に挟まれた層を (ア) 層といい、この層は上部のp形層及び下部のn形層とは性質の異なる材料で作られている。前後の面は半導体結晶による自然な反射鏡になっている。

レーザーダイオードに (イ) を流すと、(ア) 層の自由電子が正孔と再結合して消滅するとき光を放出する。

この光が二つの反射鏡の間に閉じ込められることによって、(ウ) 放出が起き、同じ波長の光が多量に生じ、外部にその一部が出力される。光の特別な波長だけが共振状態となって (ウ) 放出が誘起されるので、強い同位相のコヒーレントな光が得られる。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(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。

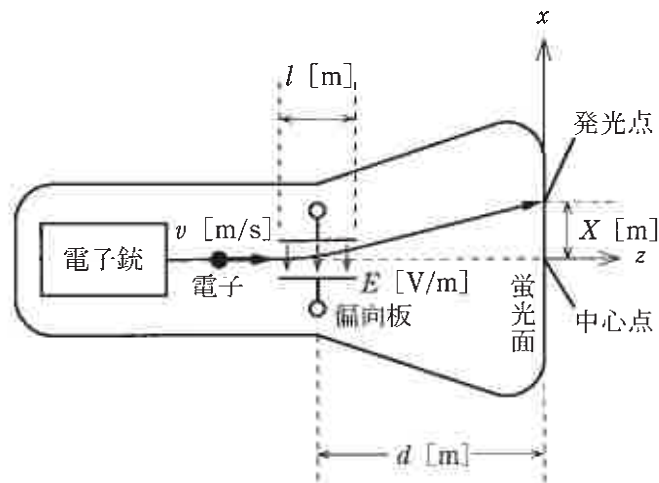
(選択肢は右側に記載)

	(7)	(4)	(5)
(1)	空 乏	逆電流	二 次
(2)	活 性	逆電流	誘 導
(3)	活 性	順電流	二 次
(4)	活 性	順電流	誘 導
(5)	空 乏	順電流	二 次

問12 ブラウン管は電子銃，偏向板，蛍光面などから構成される真空管であり，オシロスコープの表示装置として用いられる。図のように，電荷 $-e$ [C]をもつ電子が電子銃から一定の速度 v [m/s]で z 軸に沿って発射される。電子は偏向板の中を通過する間， x 軸に平行な平等電界 E [V/m]から静電力 $-eE$ [N]を受け， x 方向の速度成分 u [m/s]を与えられ進路を曲げられる。偏向板を通過後の電子は z 軸と $\tan\theta = \frac{u}{v}$ なる角度 θ をなす方向に直進して蛍光面に当たり，その点を発光させる。このとき発光する点は蛍光面の中心点から x 方向に距離 X [m]だけシフトした点となる。

u と X を表す式の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし，電子の静止質量を m [kg]，偏向板の z 方向の大きさを l [m]，偏向板の中心から蛍光面までの距離を d [m]とし， $l \ll d$ と仮定してよい。また，速度 v は光速に比べて十分小さいものとする。



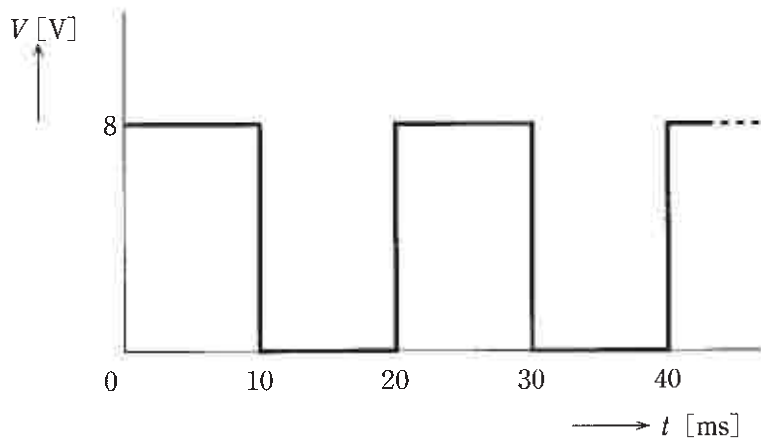
(選択肢は右側に記載)

	u	X
(1)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$
(2)	$\frac{eE^2}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$
(3)	$\frac{eE}{mv^2}$	$\frac{eldE^2}{mv}$
(4)	$\frac{eE^2}{mv^2}$	$\frac{eldE}{mv}$
(5)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{eldE}{mv^2}$

問13 バイポーラトランジスタを用いた電力増幅回路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) コレクタ損失とは、コレクタ電流とコレクタ・ベース間電圧との積である。
- (2) コレクタ損失が大きいと、発熱のためトランジスタが破壊されることがある。
- (3) A級電力増幅回路の電源効率は、50%以下である。
- (4) B級電力増幅回路では、無信号時にコレクタ電流が流れず、電力の無駄を少なくすることができる。
- (5) C級電力増幅回路は、高周波の電力増幅に使用される。

問14 日盛が正弦波交流に対する実効値になる整流形の電圧計（全波整流形）がある。この電圧計で図のような周期 20 ms の繰り返し波形電圧を測定した。このとき、電圧計の指示の値[V]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 4.00 (2) 4.44 (3) 4.62 (4) 5.14 (5) 5.66

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, a-b間の長さが15 cm, 最大値が $30\ \Omega$ のすべり抵抗器 R, 電流計, 検流計, 電池 E_0 [V], 電池 E_x [V] が接続された回路がある。この回路において次のような実験を行った。

実験Ⅰ: 図1でスイッチ S を開いたとき, 電流計は 200 mA を示した。

実験Ⅱ: 図1でスイッチ S を閉じ, すべり抵抗器 R の端子 c を b の方向へ移動させて行き, 検流計が零を指したとき移動を停止した。このとき, a-c間の距離は 4.5 cm であった。

実験Ⅲ: 図2に配線を変更したら, 電流計の値は 50 mA であった。

次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 各計測器の内部抵抗及び接触抵抗は無視できるものとし, また, すべり抵抗器 R の長さ [cm] と抵抗値 [Ω] とは比例するものであるとする。

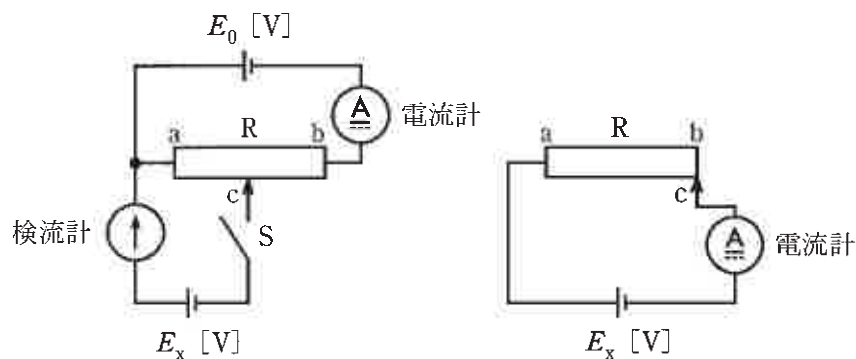


図1

図2

(a) 電池 E_x の起電力の値 [V] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.0 (2) 1.2 (3) 1.5 (4) 1.8 (5) 2.0

(b) 電池 E_x の内部抵抗の値 [Ω] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5 (2) 2.0 (3) 3.5 (4) 4.2 (5) 6.0

問16 図1の端子a-d間の合成静電容量について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

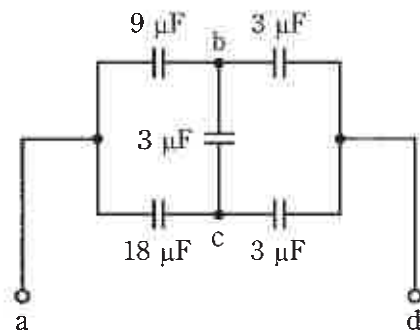


図1

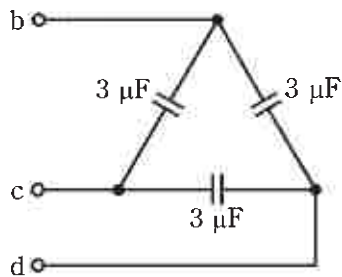


図2

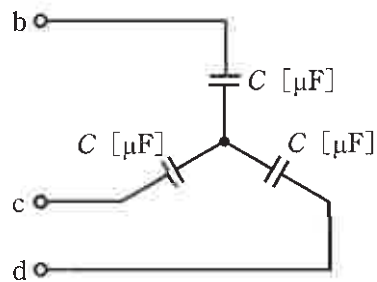


図3

(a) 端子b-c-d間は図2のようにΔ結線で接続されている。これを図3のようにY結線に変換したとき、電氣的に等価となるコンデンサCの値[μF]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.0 (2) 2.0 (3) 4.5 (4) 6.0 (5) 9.0

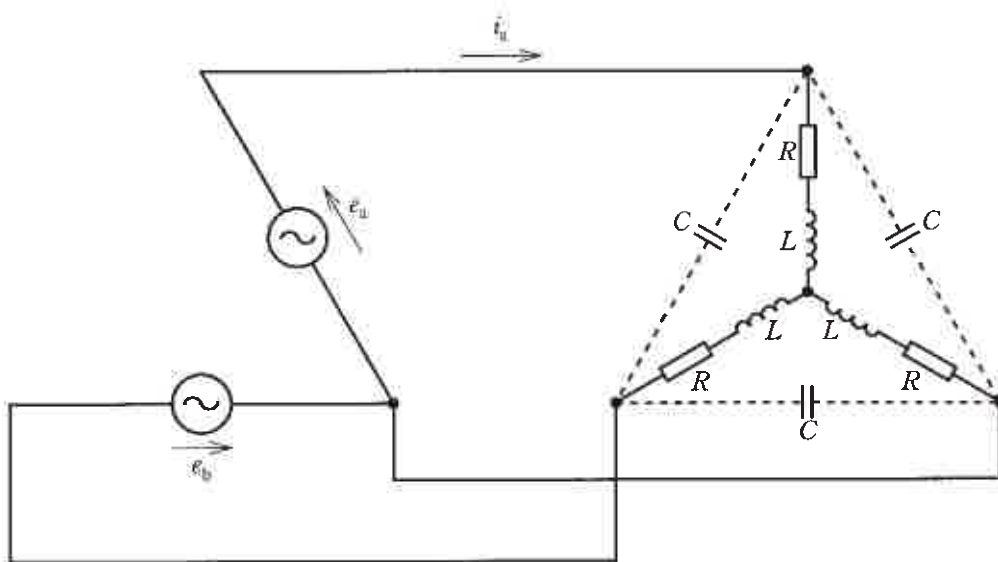
(b) 図 3 を用いて，図 1 の端子 b-c-d 間を Y 結線回路に変換したとき，図 1 の端子 a-d 間の合成静電容量 C_0 の値 [μF] として，最も近いものを次の (1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.0 (2) 4.5 (3) 4.8 (4) 6.0 (5) 9.0

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 図のような V 結線電源と三相平衡負荷とからなる平衡三相回路において、
 $R = 5 \Omega$, $L = 16 \text{ mH}$ である。また、電源の線間電圧 e_a [V] は、時刻 t [s] に
おいて $e_a = 100\sqrt{6} \sin(100\pi t)$ [V] と表され、線間電圧 e_b [V] は e_a [V] に対して
振幅が等しく、位相が 120° 遅れている。ただし、電源の内部インピーダンス
は零である。このとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 図の点線で示された配線を切断し、3個のコンデンサを三相回路から切り離したとき、三相電力 P の値 [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) 1 (2) 3 (3) 6 (4) 9 (5) 18

(b) 点線部を接続することによって同じ特性の3個のコンデンサを接続したところ、 i_a の波形は e_a の波形に対して位相が 30° 遅れていた。このときのコンデンサ C の静電容量の値 [F]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.6×10^{-5} (2) 1.1×10^{-4} (3) 3.2×10^{-4}
(4) 9.6×10^{-4} (5) 2.3×10^{-3}

(選択問題)

問18 演算増幅器 (オペアンプ) について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

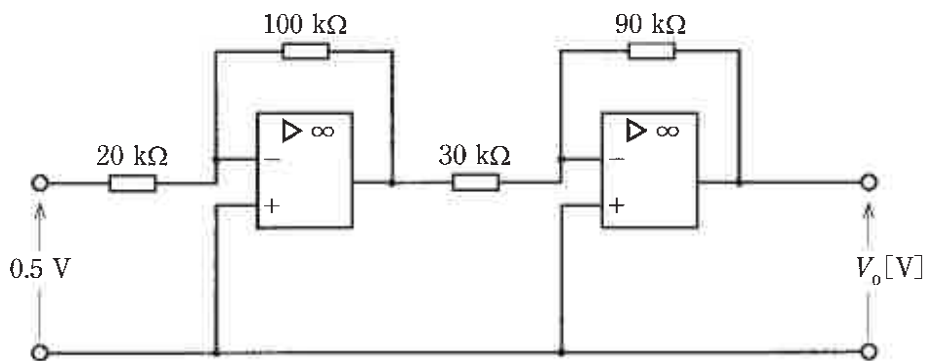
(a) 演算増幅器は、その二つの入力端子に加えられた信号の を高い利得で増幅する回路である。演算増幅器の入力インピーダンスは極めて ため、入力端子電流は とみなしてよい。一方、演算増幅器の出力インピーダンスは非常に ため、その出力端子電圧は負荷による影響を 。さらに、演算増幅器は利得が非常に大きいため、抵抗などの部品を用いて負帰還をかけたときに安定した有限の電圧利得が得られる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)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)
(1)	差動成分	大きい	ほぼ零	小さい	受けにくい
(2)	差動成分	小さい	ほぼ零	大きい	受けやすい
(3)	差動成分	大きい	極めて大きな値	大きい	受けやすい
(4)	同相成分	大きい	ほぼ零	小さい	受けやすい
(5)	同相成分	小さい	極めて大きな値	大きい	受けにくい

(b) 図のような直流増幅回路がある。この回路に入力電圧 0.5 V を加えたとき、出力電圧 V_o の値 [V] と電圧利得 A_v の値 [dB] の組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、演算増幅器は理想的なものとし、 $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$ とする。



	V_o	A_v
(1)	7.5	12
(2)	-15	12
(3)	-7.5	24
(4)	15	24
(5)	7.5	24