

令和 6 年度 上期

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

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 図1に示すような、空気を含む二つの誘電体からなる平行平板電極がある。
 この下部電極を接地し、上部電極に電圧を加えたときの電極間の等電位線の分布を示す断面図として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
 ただし、誘電体の導電性及び電極と誘電体の端効果は無視できるものとする。
 参考までに固体誘電体を取り除いた、空気中平行平板電極の場合の等電位線の分布を図2に示す。

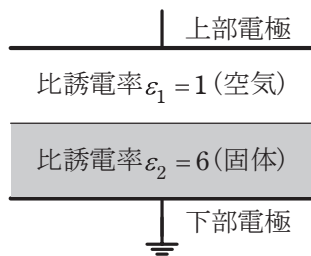


図1 複合誘電体平行平板電極の断面図

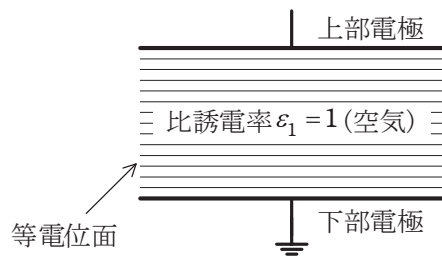
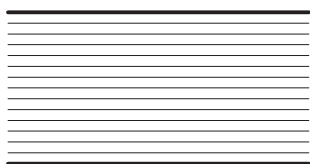
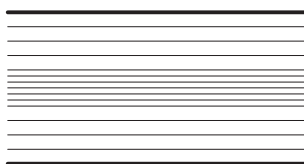


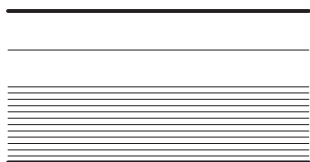
図2 空気中平行平板電極の断面図



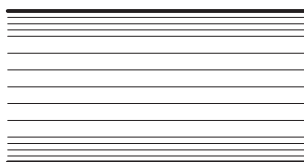
(1)



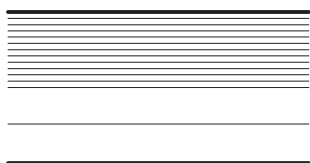
(2)



(3)



(4)



(5)

(注) 図2と同様に下側を接地電極とする。

問2 空気中に孤立した半径 a [m] の導体球に帯電できる最大の電荷の値 [C] 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、空気の絶縁耐力及び誘電率はそれぞれ E_m [V/m] 及び ε_0 [F/m] とする。

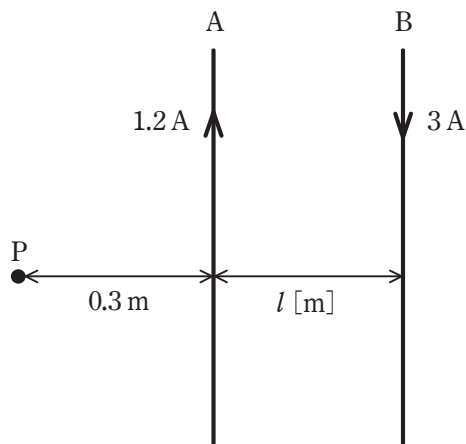
- (1) $\frac{E_m}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$ (2) $\frac{E_m}{4\pi\varepsilon_0 a}$ (3) $4\pi\varepsilon_0 a E_m$ (4) $4\pi\varepsilon_0 a^2 E_m$ (5) $4\pi\varepsilon_0 a^3 E_m$

問3 磁気に関する量とその単位記号(SI 基本単位及び組立単位による表し方)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。

	量	単位記号
(1)	インダクタンス	Wb/A
(2)	磁束	V/s
(3)	磁界の強さ	A/m
(4)	磁気抵抗	H ⁻¹
(5)	透磁率	H/m

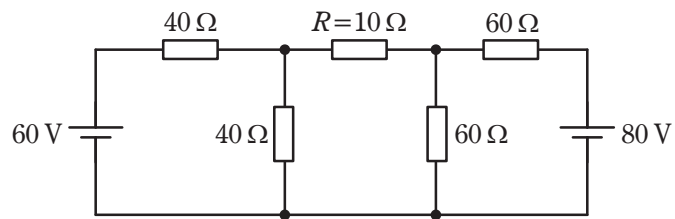
問4 図のように、A、B 2本の平行な直線導体があり、導体 A には 1.2 A の、導体 B にはそれと反対方向に 3 A の電流が流れている。導体 A と B の間隔が $l\text{ [m]}$ のとき、導体 A より 0.3 m 離れた点 P における合成磁界が零になった。 l の値[m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、導体 A、B は無限長とし、点 P は導体 A、B を含む平面上にあるものとする。



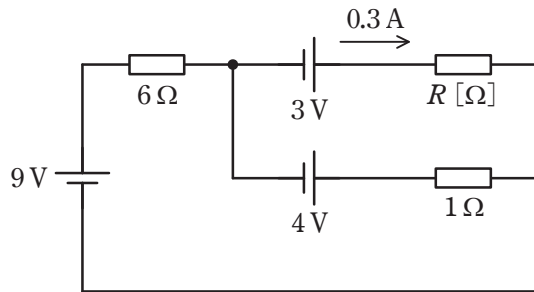
- (1) 0.24 (2) 0.45 (3) 0.54 (4) 0.75 (5) 1.05

問5 図の直流回路において、抵抗 $R = 10\ \Omega$ 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) 0.28 (2) 1.89 (3) 3.79 (4) 5.36 (5) 7.62

問6 図の回路において、抵抗 R [Ω] には電流 0.3 A が流れている。抵抗 R 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) 2.0

(2) 2.8

(3) 3.7

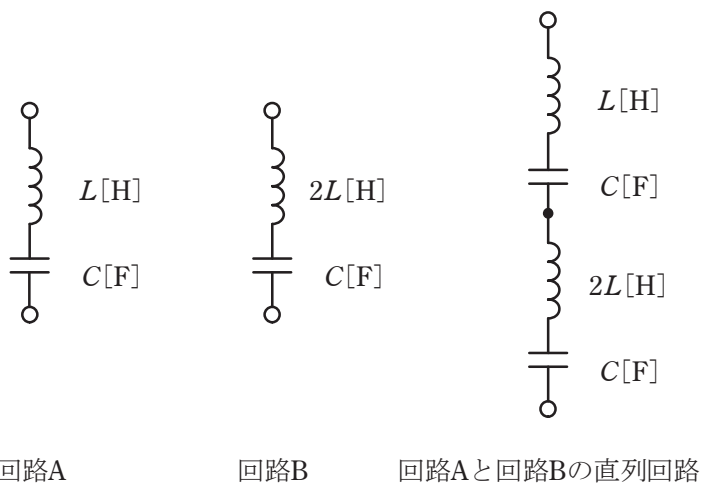
(4) 4.9

(5) 25

問 7 起電力が E [V] で内部抵抗が r [Ω] の電池がある。この電池に抵抗 R_1 [Ω] と可変抵抗 R_2 [Ω] を並列につないだとき、抵抗 R_2 [Ω] から発生するジュール熱が最大となるときの抵抗 R_2 の値 [Ω] 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) $R_2 = r$ (2) $R_2 = R_1$ (3) $R_2 = \frac{rR_1}{r + R_1}$
- (4) $R_2 = \frac{rR_1}{R_1 - r}$ (5) $R_2 = \frac{rR_1}{r - R_1}$

問8 図のように、二つの LC 直列共振回路 A, B があり、それぞれの共振周波数が $f_A[\text{Hz}]$, $f_B[\text{Hz}]$ である。これら A, B をさらに直列に接続した場合、全体としての共振周波数が $f_{AB}[\text{Hz}]$ になった。 f_A , f_B 及び f_{AB} 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) $f_A < f_B < f_{AB}$ (2) $f_A < f_{AB} < f_B$ (3) $f_B < f_{AB} < f_A$
 (4) $f_{AB} < f_A < f_B$ (5) $f_{AB} < f_B < f_A$

問 9 次式に示す電圧 e [V] 及び電流 i [A] による電力の値[kW]として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

$$e = 100 \sin \omega t + 50 \sin \left(3\omega t - \frac{\pi}{6} \right) \text{ [V]}$$

$$i = 20 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{6} \right) + 10\sqrt{3} \sin \left(3\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ [A]}$$

(1) 0.95

(2) 1.08

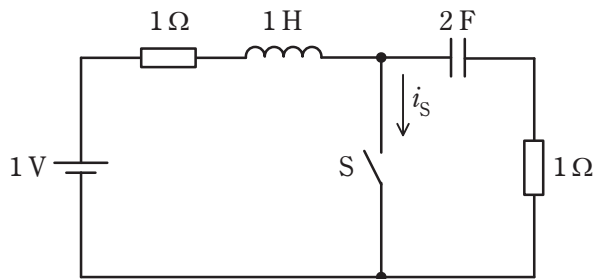
(3) 1.16

(4) 1.29

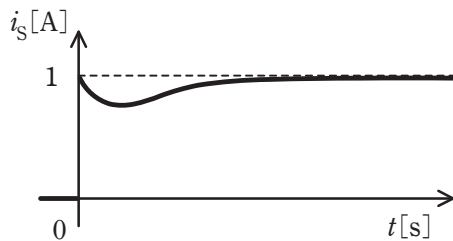
(5) 1.34

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。

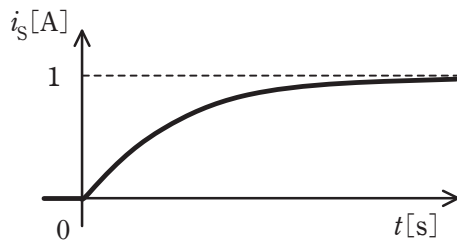
ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



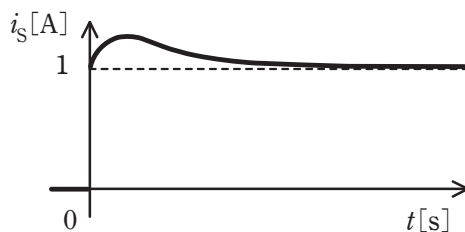
(1)



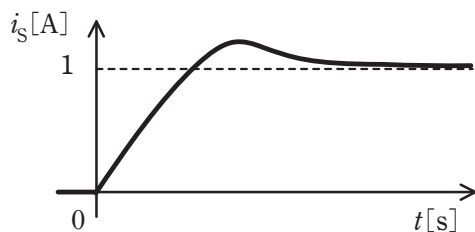
(2)



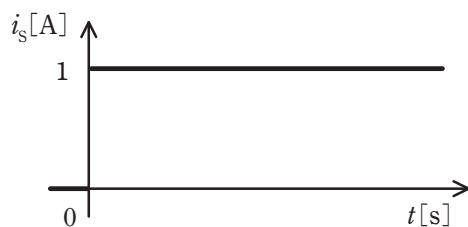
(3)



(4)



(5)



問 11 バイポーラトランジスタと電界効果トランジスタ(FET)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) バイポーラトランジスタは、消費電力が FET より大きい。
- (2) バイポーラトランジスタは、静電気に対して FET より破壊されにくい。
- (3) バイポーラトランジスタの入力インピーダンスは、FET のそれよりも低い。
- (4) バイポーラトランジスタは電圧制御素子、FET は電流制御素子といわれる。
- (5) バイポーラトランジスタのコレクタ電流は自由電子及び正孔の両方が関与し、FET のドレイン電流は自由電子又は正孔のどちらかが関与する。

問12 真空中に置かれた平行電極板間に、直流電圧 V [V] を加えて平等電界 E [V/m] を作り、この陰極板に電子を置いた場合、初速零で出発した電子が陽極板に到達したときの速さは、 v [m/s] となった。このときの電子の運動エネルギーは、電子が陽極板に到達するまでに得るエネルギーに等しいと考えられ、次の式が成立する。

$$\frac{1}{2}mv^2 = \boxed{\text{(ア)}} \quad (1)$$

ただし、電子の電気素量を e [C]、電子の質量を m [kg] とする。

したがって、この式から電子の速さ v [m/s] は、 $\boxed{\text{(イ)}}$ で表される。

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)	eV	$\sqrt{\frac{4eV}{m}}$
(2)	eV	$\sqrt{\frac{2eV}{m}}$
(3)	$2eV$	$\sqrt{\frac{4eV}{m}}$
(4)	eE	$\sqrt{\frac{2eE}{m}}$
(5)	eE	$\sqrt{\frac{4eE}{m}}$

問 13 図 1 は、静電容量 C [F] のコンデンサとコイルからなる共振回路の等価回路である。このようにコイルに内部抵抗 r [Ω] が存在する場合は、インダクタンス L [H] と抵抗 r [Ω] の直列回路として表すことができる。この直列回路は、コイルの抵抗 r [Ω] が、誘導性リアクタンス ωL [Ω] に比べて十分小さいものとする、図 2 のように、等価抵抗 R_p [Ω] とインダクタンス L [H] の並列回路に変換することができる。このときの等価抵抗 R_p [Ω] の値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、 I_c [A] は電流源の電流を表す。

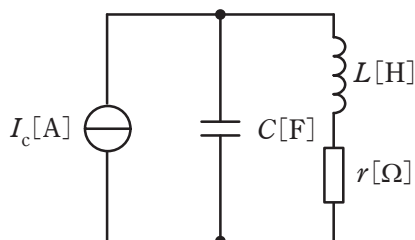


図 1

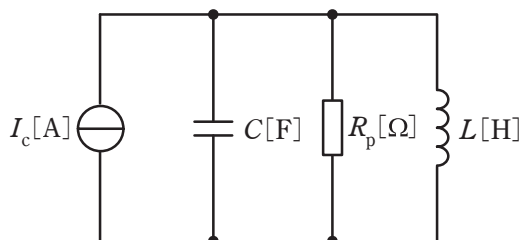


図 2

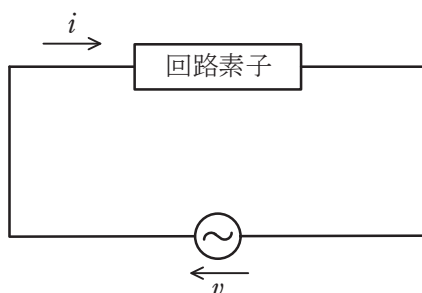
- (1) $\frac{\omega L}{r}$ (2) $\frac{r}{(\omega L)^2}$ (3) $\frac{(\omega L)^2}{r}$ (4) $\frac{r^2}{\omega L}$ (5) $r(\omega L)^2$

問 14 電気計器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) クランプメータは、電線に流れる電流による磁界をはかることで電流が測定できるため、磁界が打ち消し合うように電線 1 本のみをクランプする。
- (2) 電子電圧計は、増幅器と可動コイル形計器を組み合わせたもので、内部抵抗が小さく、電圧の測定範囲が数 μV から 100 V 程度である。
- (3) ホイートストンブリッジは抵抗を精密に測定できる。
- (4) 接地抵抗計は、屋内配線や機器などの絶縁抵抗を測定する。
- (5) 絶縁抵抗計は、接地電極と大地との間の抵抗を測定する。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図の交流回路において, 回路素子は, インダクタンス L のコイル又は静電容量 C のコンデンサである。この回路に正弦波交流電圧 $v = 500 \sin(1000t)$ [V] を加えたとき, 回路に流れる電流は, $i = -50 \cos(1000t)$ [A] であった。このとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 回路素子の値として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| (1) $C = 10 \text{ nF}$ | (2) $C = 100 \text{ nF}$ | (3) $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| (4) $L = 10 \text{ mH}$ | (5) $L = 100 \text{ mH}$ | |

(b) この回路素子に蓄えられるエネルギーの最大値 W_{max} 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。

ただし, インダクタンスの場合には $\frac{1}{2}Li^2$ の, 静電容量の場合には $\frac{1}{2}Cv^2$ のエネルギーが蓄えられるものとする。

- | | | | | |
|---------|----------|----------|--------|---------|
| (1) 2.5 | (2) 6.25 | (3) 12.5 | (4) 25 | (5) 125 |
|---------|----------|----------|--------|---------|

問 16 直流電流の測定範囲の拡大について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 直流電流計Ⅰの最大目盛は 100 A，直流電流計Ⅱの最大目盛は 50 A，直流電流計Ⅲの最大目盛は 50 A である。この 3 台の直流電流計を並列に接続し，ある回路に接続したところ，直流電流計Ⅰの指示値は 90 A，直流電流計Ⅱの指示値は 40 A，直流電流計Ⅲの指示値は 35 A であった。この接続において計測できる最大電流の値[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) 100 (2) 144 (3) 165 (4) 183 (5) 200

(b) 次に，直流電流計Ⅰ，直流電流計Ⅱ，直流電流計Ⅲの3台を並列に接続した状態で，別の回路に接続した。この回路を流れる電流の値は150 Aであった。このとき，各電流計が指示した値は，直流電流計Ⅰ＝(ア) A，直流電流計Ⅱ＝(イ) A，直流電流計Ⅲ＝(ウ) Aであった。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(ウ)に当てはまる最も近い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)	31.8	36.4	81.8
(2)	31.8	81.8	36.4
(3)	36.4	31.8	81.8
(4)	81.8	31.8	36.4
(5)	81.8	36.4	31.8

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 1 の端子 a-d 間の合成静電容量について、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

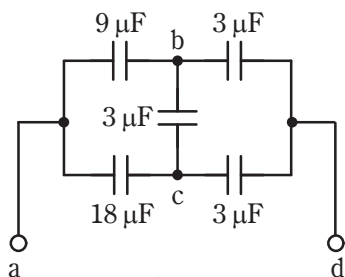


図 1

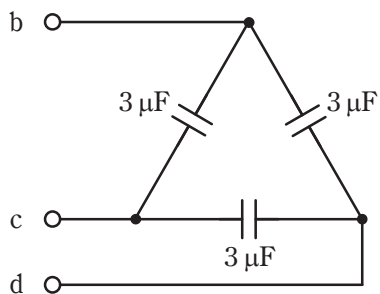


図 2

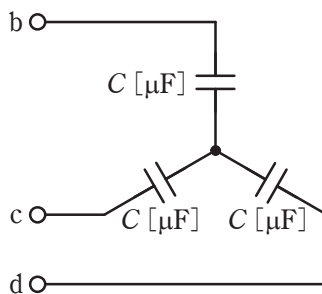


図 3

(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 18 無線通信で行われるアナログ変調・復調に関する記述について、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) 無線通信で音声や画像などの情報を送る場合、送信側においては、情報を電気信号(信号波)に変換する。次に信号波より 周波数の搬送波に信号波を含ませて得られる信号を送信する。受信側では、搬送波と信号波の二つの成分を含むこの信号から の成分だけを取り出すことによって、音声や画像などの情報を得る。

搬送波に信号波を含ませる操作を変調という。 の搬送波を用いる基本的な変調方式として、振幅変調(AM)、周波数変調(FM)、位相変調(PM)がある。

搬送波を変調して得られる信号からもとの信号波を取り出す操作を復調又は という。

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)	高い	信号波	三角波	検波
(2)	高い	信号波	正弦波	検波
(3)	高い	搬送波	三角波	増幅
(4)	低い	信号波	三角波	増幅
(5)	低い	搬送波	正弦波	検波

(b) 図 1 は、トランジスタの に信号波の電圧を加えて振幅変調を行う回路の原理図である。電圧 v_1 、 v_2 、 v_3 の波形を同時に計測したところ図 2 のいずれかであった。このとき、電圧 v_1 の波形は 、 v_2 の波形は 、 v_3 の波形は である。図 2 のグラフより振幅変調の変調率を計算すると約 %となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。

ただし、図2のそれぞれの電圧波形間の位相関係は無視するものとする。

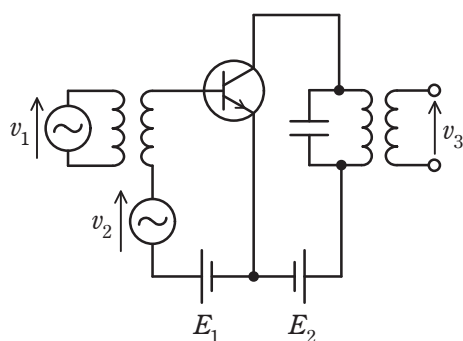


図1 振幅変調回路の原理図

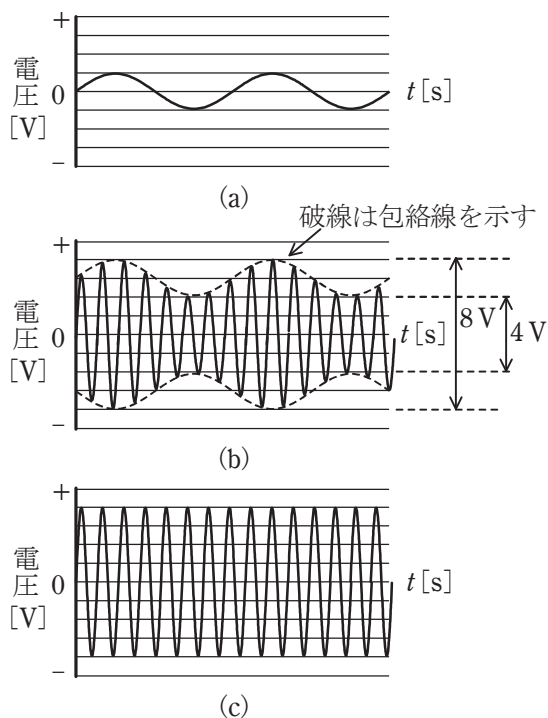


図2 電圧 v_1 , v_2 , v_3 の波形(時間軸は同一)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	コレクタ	図2(c)	図2(a)	図2(b)	33
(2)	コレクタ	図2(c)	図2(b)	図2(a)	67
(3)	ベース	図2(b)	図2(a)	図2(c)	50
(4)	エミッタ	図2(b)	図2(c)	図2(a)	67
(5)	ベース	図2(c)	図2(a)	図2(b)	33