

電験三種
厳選過去問

理論

—夕霧先生編—

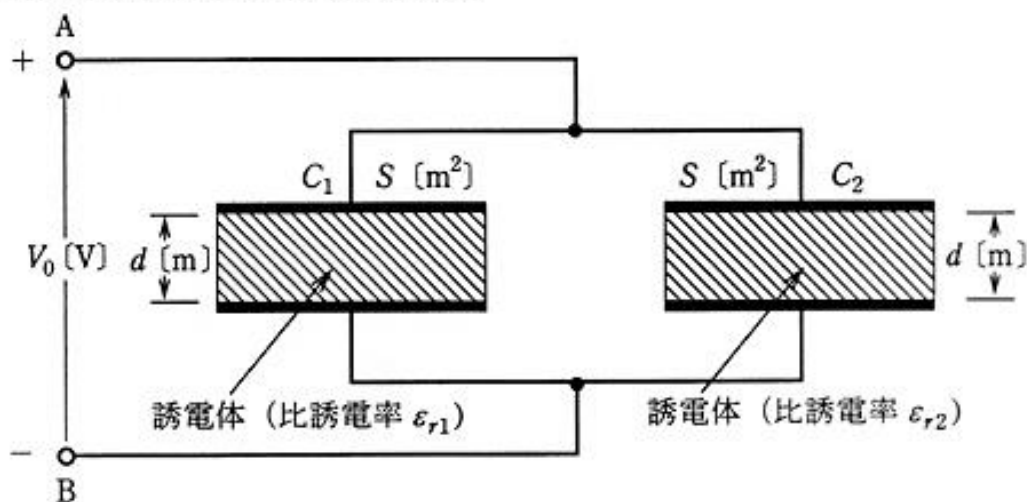
A 問題(配点は 1 問当たり 5 点)

問 1

電極板面積と電極板間隔が共に S [m²] と d [m] で、一方は比誘電率が ϵ_{r1} の誘電体からなる平行平板コンデンサ C_1 と、他方は比誘電率が ϵ_{r2} の誘電体からなる平行平板コンデンサ C_2 がある。いま、これらを図のように並列に接続し、端子 A, B 間に直流電圧 V_0 [V] を加えた。このとき、コンデンサ C_1 の電極板間の電界の強さを E_1 [V/m]、電束密度を D_1 [C/m²]、また、コンデンサ C_2 の電極板間の電界の強さを E_2 [V/m]、電束密度を D_2 [C/m²] とする。両コンデンサの電界の強さ E_1 [V/m] と E_2 [V/m] はそれぞれ であり、電束密度 D_1 [C/m²] と D_2 [C/m²] はそれぞれ である。したがって、コンデンサ C_1 に蓄えられる電荷を Q_1 [C]、コンデンサ C_2 に蓄えられる電荷を Q_2 [C] とすると、それらはそれぞれ となる。

ただし、電極板の厚さ及びコンデンサの端効果は、無視できるものとする。また、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)及び(ウ)に当てはまる式として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$E_1 = \frac{\epsilon_{r1}}{d} V_0$	$D_1 = \frac{\epsilon_{r1}}{d} S V_0$	$Q_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\epsilon_{r2}}{d} V_0$	$D_2 = \frac{\epsilon_{r2}}{d} S V_0$	$Q_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} S V_0$
(2)	$E_1 = \frac{\epsilon_{r1}}{d} V_0$	$D_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\epsilon_{r2}}{d} V_0$	$D_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} S V_0$
(3)	$E_1 = \frac{V_0}{d}$	$D_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} S V_0$	$Q_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} V_0$
	$E_2 = \frac{V_0}{d}$	$D_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} S V_0$	$Q_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} V_0$
(4)	$E_1 = \frac{V_0}{d}$	$D_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{V_0}{d}$	$D_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} S V_0$
(5)	$E_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} S V_0$	$D_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\epsilon_0}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} S V_0$	$D_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\epsilon_0}{d} S V_0$

問 2

静電界に関する記述として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 二つの小さな帯電体の間に働く力の大きさは、それぞれの帯電体の電気量の和に比例し、その距離の2乗に反比例する。
- (2) 点電荷が作る電界は点電荷の電気量に比例し、距離に反比例する。
- (3) 電気力線上の任意の点での接線の方向は、その点の電界の方向に一致する。
- (4) 等電位面上の正電荷には、その面に沿った方向に正のクーロン力が働く。
- (5) コンデンサの電極板間にすき間なく誘電体を入れると、静電容量と電極板間の電界は、誘電体の誘電率に比例して増大する。

問 3

次の文章は、コイルの磁束鎖交数とコイルに蓄えられる磁気エネルギーについて述べたものである。

インダクタンス 1 [mH] のコイルに直流電流 10 [A] が流れているとき、このコイルの磁束鎖交数 Ψ_1 [Wb] は (7) [Wb] である。また、コイルに蓄えられている磁気エネルギー W_1 [J] は (イ) [J] である。

次に、このコイルに流れる直流電流を 30 [A] とすると、磁束鎖交数 Ψ_2 [Wb] と蓄えられる磁気エネルギー W_2 [J] はそれぞれ (ウ) となる。

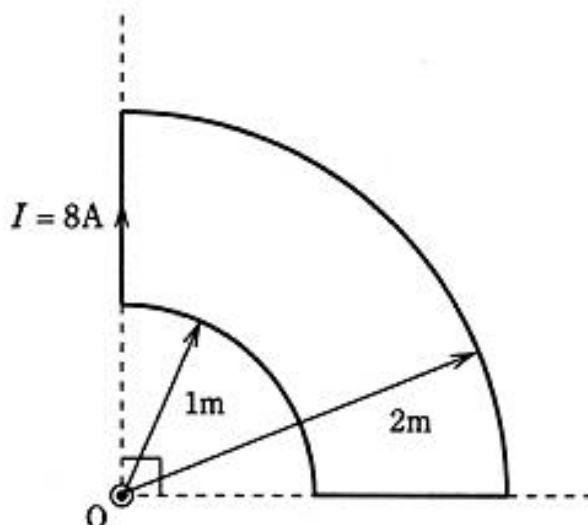
上記の記述中の空白箇所(7)、(イ)及び(ウ)に当てはまる語句又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(7)	(イ)	(ウ)
(1)	5×10^{-3}	5×10^{-2}	Ψ_2 は Ψ_1 の 3 倍, W_2 は W_1 の 9 倍
(2)	1×10^{-2}	5×10^{-2}	Ψ_2 は Ψ_1 の 3 倍, W_2 は W_1 の 9 倍
(3)	1×10^{-2}	1×10^{-2}	Ψ_2 は Ψ_1 の 9 倍, W_2 は W_1 の 3 倍
(4)	1×10^{-2}	5×10^{-1}	Ψ_2 は Ψ_1 の 3 倍, W_2 は W_1 の 9 倍
(5)	5×10^{-2}	5×10^{-1}	Ψ_2 は Ψ_1 の 9 倍, W_2 は W_1 の 27 倍

問 4

図のように、点 O を中心とするそれぞれ半径 1 [m] と半径 2 [m] の円形導線の $\frac{1}{4}$ と、それらを連結する直線状の導線からなる扇形導線がある。この導線に、図に示す向きに直流電流 $I = 8$ [A] を流した場合、点 O における磁界 [A/m] の大きさとして、正しいのは次のうちどれか。

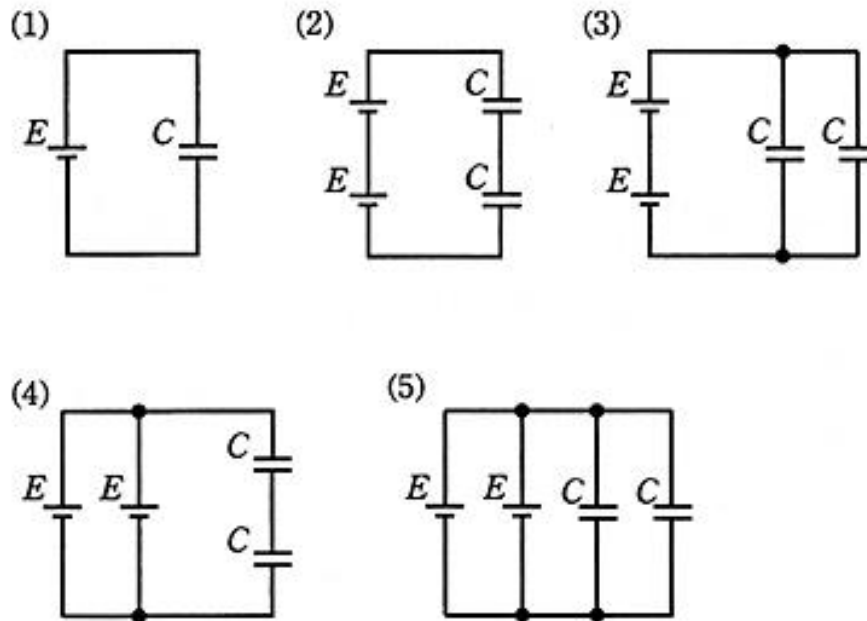
ただし、扇形導線は同一平面上にあり、その巻数は一巻きである。



- (1) 0.25 (2) 0.5 (3) 0.75 (4) 1.0 (5) 2.0

問 5

図に示す 5 種類の回路は、直流電圧 E [V] の電源と静電容量 C [F] のコンデンサの個数と組み合わせを異にしたものである。これらの回路のうちで、コンデンサ全体に蓄えられている電界のエネルギーが最も小さい回路を示す図として、正しいのは次のうちどれか。



問 6

抵抗値が異なる抵抗 R_1 [Ω] と R_2 [Ω] を図 1 のように直列に接続し、30 [V] の直流電圧を加えたところ、回路に流れる電流は 6 [A] であった。次に、この抵抗 R_1 [Ω] と R_2 [Ω] を図 2 のように並列に接続し、30 [V] の直流電圧を加えたところ、回路に流れる電流は 25 [A] であった。このとき、抵抗 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω] のうち小さい方の抵抗 [Ω] の値として、正しいのは次のうちどれか。

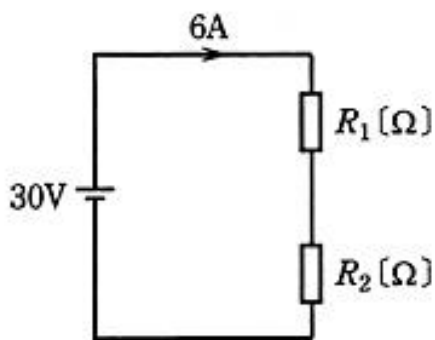


図1

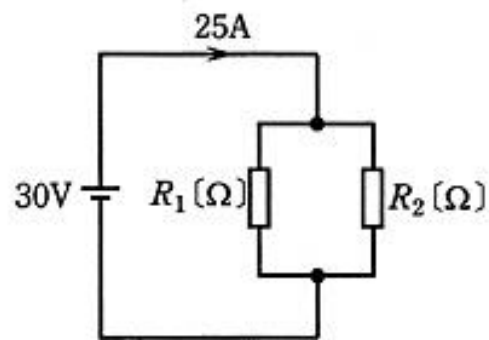


図2

(1) 1

(2) 1.2

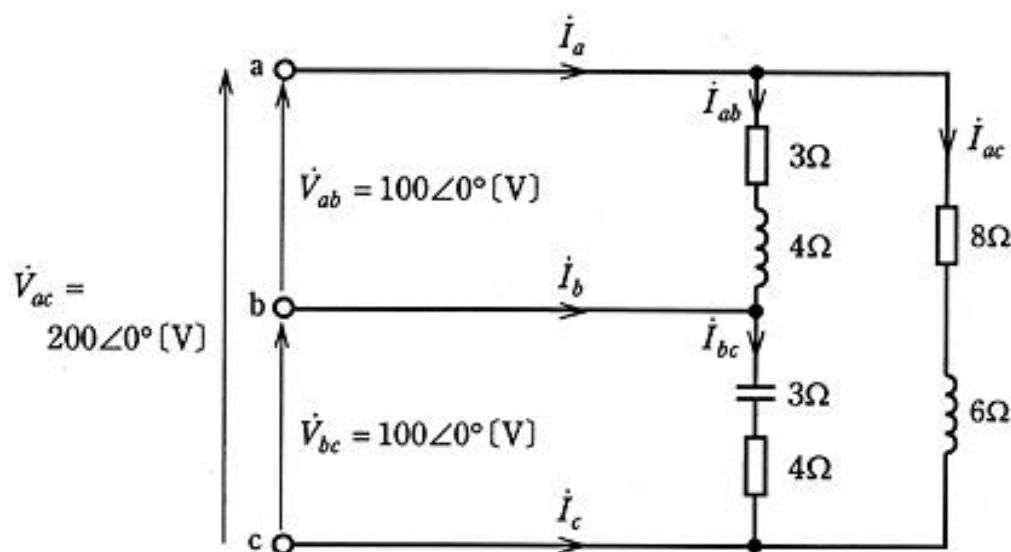
(3) 1.5

(4) 2

(5) 3

問 7

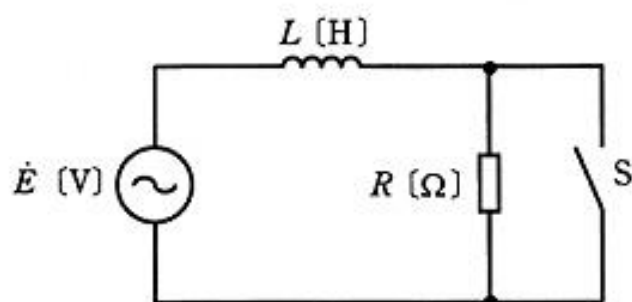
図のように抵抗，コイル，コンデンサからなる負荷がある。この負荷に線間電圧 $\dot{V}_{ab} = 100\angle 0^\circ [\text{V}]$ ， $\dot{V}_{bc} = 100\angle 0^\circ [\text{V}]$ ， $\dot{V}_{ac} = 200\angle 0^\circ [\text{V}]$ の単相3線式交流電源を接続したところ，端子 a，端子 b，端子 c を流れる線電流はそれぞれ $\dot{I}_a [\text{A}]$ ， $\dot{I}_b [\text{A}]$ 及び $\dot{I}_c [\text{A}]$ であった。 $\dot{I}_a [\text{A}]$ ， $\dot{I}_b [\text{A}]$ ， $\dot{I}_c [\text{A}]$ の大きさをそれぞれ $I_a [\text{A}]$ ， $I_b [\text{A}]$ ， $I_c [\text{A}]$ としたとき，これらの大小関係を表す式として，正しいのは次のうちどれか。



- (1) $I_a = I_c > I_b$ (2) $I_a > I_c > I_b$ (3) $I_b > I_c > I_a$
 (4) $I_b > I_a > I_c$ (5) $I_c > I_a > I_b$

問 8

図のように、 $R = \sqrt{3}\omega L$ [Ω] の抵抗、インダクタンス L [H] のコイル、スイッチ S が角周波数 ω [rad/s] の交流電圧 \dot{E} [V] の電源に接続されている。スイッチ S を開いているとき、コイルを流れる電流の大きさを I_1 [A]、電源電圧に対する電流の位相差を θ_1 [°] とする。また、スイッチ S を閉じているとき、コイルを流れる電流の大きさを I_2 [A]、電源電圧に対する電流の位相差を θ_2 [°] とする。このとき、 $\frac{I_1}{I_2}$ 及び $|\theta_1 - \theta_2|$ [°] の値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



	$\frac{I_1}{I_2}$	$ \theta_1 - \theta_2 $
(1)	$\frac{1}{2}$	30
(2)	$\frac{1}{2}$	60
(3)	2	30
(4)	2	60
(5)	2	90

問 9

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、正しいのは次のうちどれか。

- (1) $\frac{1}{480}$ (2) $\frac{1}{360}$ (3) $\frac{1}{240}$ (4) $\frac{1}{160}$ (5) $\frac{1}{120}$

問 10

図1のようなインダクタンス L [H] のコイルと R [Ω] の抵抗からなる直列回路に、図2のような振幅 E [V]、パルス幅 T_0 [s] の方形波電圧 v_i [V] を加えた。このときの抵抗 R [Ω] の端子間電圧 v_R [V] の波形を示す図として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、図1の回路の時定数 $\frac{L}{R}$ [s] は T_0 [s] より十分小さく ($\frac{L}{R} \ll T_0$)、方形波電圧 v_i [V] を発生する電源の内部インピーダンスは 0 [Ω] とし、コイルに流れる初期電流は 0 [A] とする。

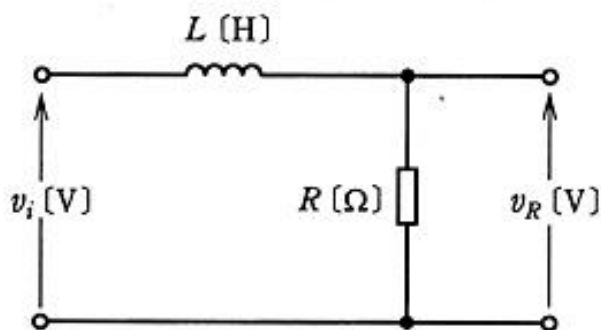


図 1

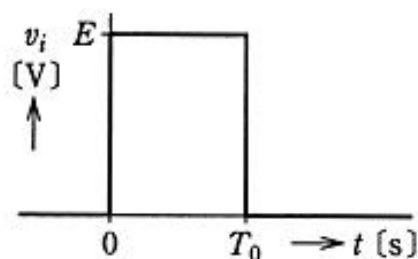
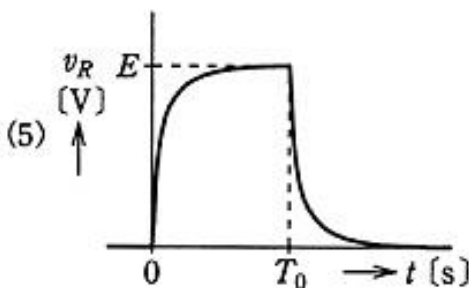
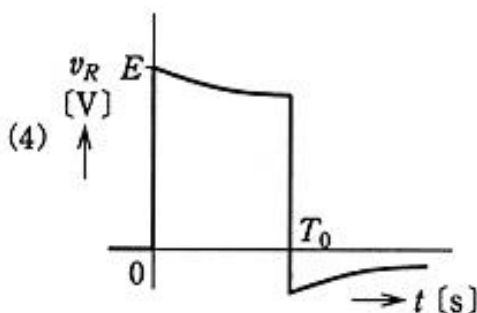
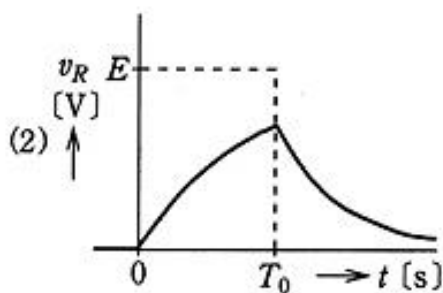
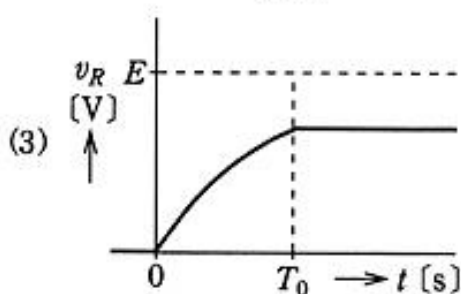
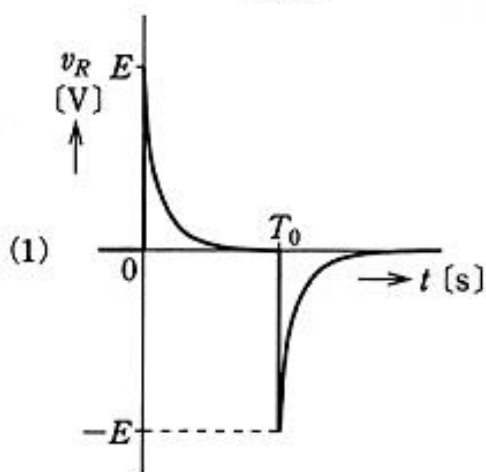


図 2



問 11

半導体に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) シリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)の真性半導体においては、キャリアの電子と正孔の数は同じである。
- (2) 真性半導体に微量のⅢ族又はⅤ族の元素を不純物として加えた半導体を不純物半導体といい、電気伝導度が真性半導体に比べて大きくなる。
- (3) シリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)の真性半導体にⅤ族の元素を不純物として微量だけ加えたものをp形半導体という。
- (4) n形半導体の少数キャリアは正孔である。
- (5) 半導体の電気伝導度は温度が下がると小さくなる。

問 12

図1のように、真空中において強さが一定で一様な磁界中に、速さ v [m/s] の電子が磁界の向きに対して θ [°] の角度 (0 [°] $< \theta$ [°] < 90 [°]) で突入した。この場合、電子は進行方向にも磁界の向きにも 方向の電磁力を常に受けて、その軌跡は、 を描く。

次に、電界中に電子を置くと、電子は電界の向きと 方向の静電力を受ける。また、図2のように、強さが一定で一様な電界中に、速さ v [m/s] の電子が電界の向きに対して θ [°] の角度 (0 [°] $< \theta$ [°] < 90 [°]) で突入したとき、その軌跡は、 を描く。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

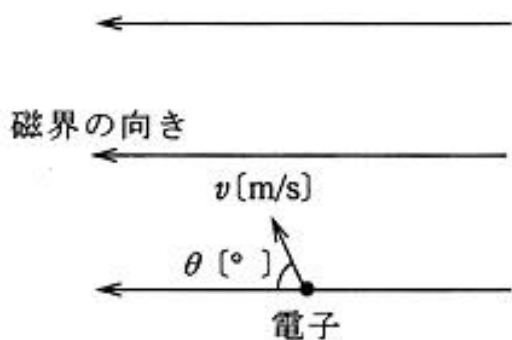


図 1

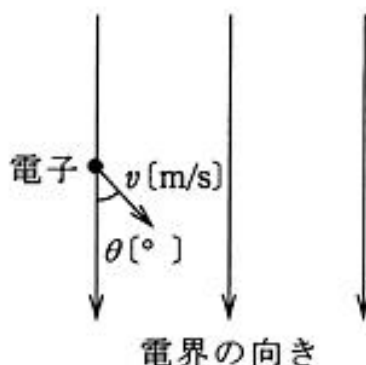


図 2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	反対	らせん	反対	放物線
(2)	直角	円	同じ	円
(3)	同じ	円	直角	放物線
(4)	反対	らせん	同じ	円
(5)	直角	らせん	反対	放物線

問 13

図 1 にソース接地の FET 増幅器の静特性に注目した回路を示す。この回路の FET のドレーン-ソース間電圧 V_{DS} とドレーン電流 I_D の特性は、図 2 に示す。図 1 の回路において、ゲート-ソース間電圧 $V_{GS} = -0.1$ [V] のとき、ドレーン-ソース間電圧 V_{DS} [V]、ドレーン電流 I_D [mA] の値として、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。

ただし、直流電源電圧 $E_2 = 12$ [V]、負荷抵抗 $R = 1.2$ [k Ω] とする。

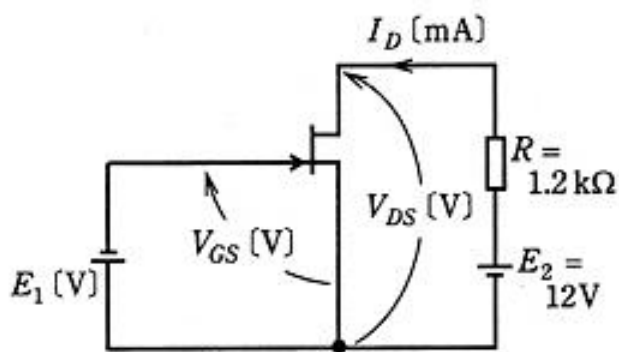


図 1

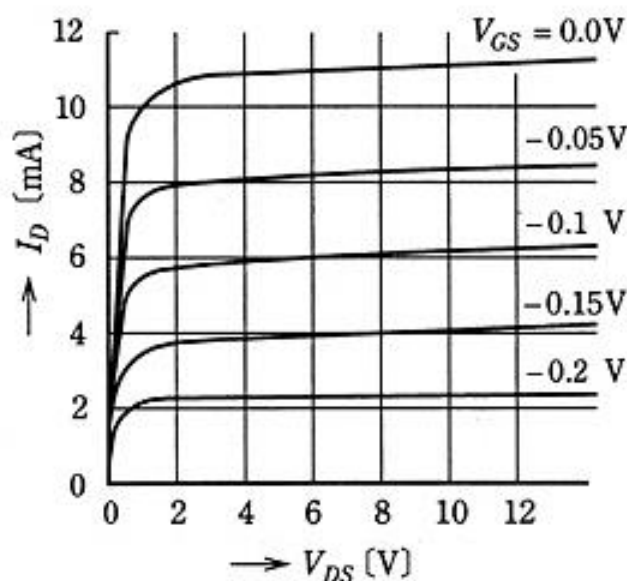


図 2

	V_{DS}	I_D
(1)	0.8	5.0
(2)	3.0	5.8
(3)	4.2	6.5
(4)	4.8	6.0
(5)	12	8.4

問 14

可動コイル形直流電流計 A_1 と可動鉄片形交流電流計 A_2 の 2 台の電流計がある。それぞれの電流計の性質を比較するために次のような実験を行った。

図 1 のように A_1 と A_2 を抵抗 $100 [\Omega]$ と電圧 $10 [\text{V}]$ の直流電源の回路に接続したとき、 A_1 の指示は $100 [\text{mA}]$ 、 A_2 の指示は $\boxed{\text{(7)}}$ $[\text{mA}]$ であった。

また、図 2 のように、周波数 $50 [\text{Hz}]$ 、電圧 $100 [\text{V}]$ の交流電源と抵抗 $500 [\Omega]$ に A_1 と A_2 を接続したとき、 A_1 の指示は $\boxed{\text{(i)}}$ $[\text{mA}]$ 、 A_2 の指示は $200 [\text{mA}]$ であった。

ただし、 A_1 と A_2 の内部抵抗はどちらも無視できるものであった。

上記の記述中の空白箇所 (7) 及び (i) に当てはまる最も近い値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

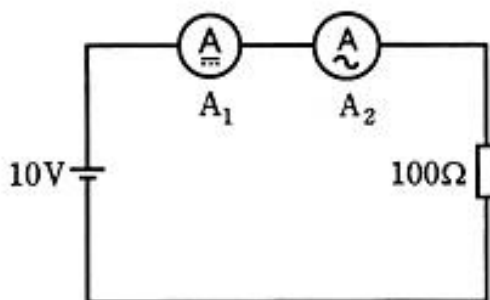


図 1

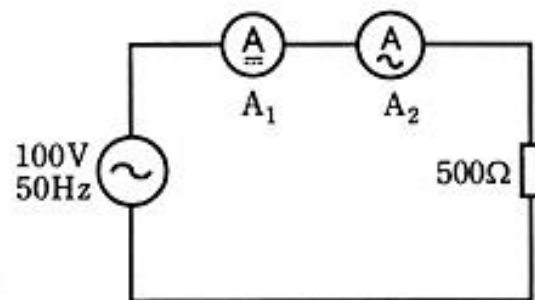


図 2

	(7)	(i)
(1)	0	0
(2)	141	282
(3)	100	0
(4)	0	141
(5)	100	141

B 問題(配点は 1 問当たり (a)5 点, (b)5 点, 計 10 点)

問 15

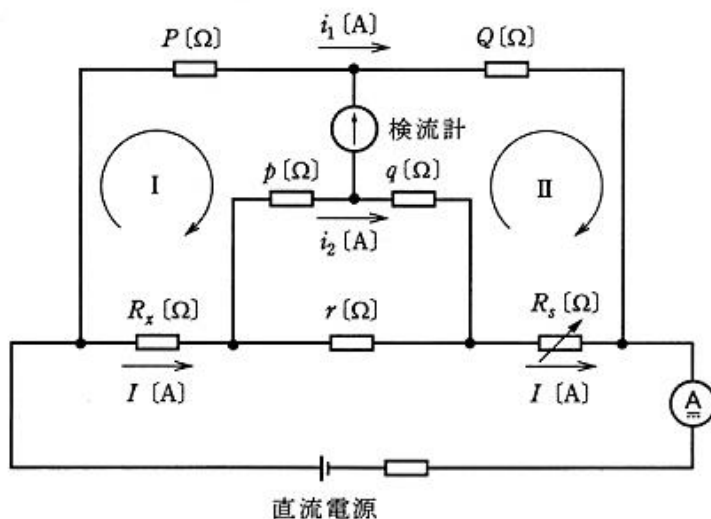
電気計測に関する記述について, 次の(a)及び(b)に答えよ。

- (a) ある量の測定に用いる方法には各種あるが, 指示計器のように測定量を指針の振れの大きさに変えて, その指示から測定量を知る方法を (7) 法という。これに比較して精密な測定を行う場合に用いられている (4) 法は, 測定量と同種類で大きさを調整できる既知量を別に用意し, 既知量を測定量に平衡させて, そのときの既知量の大きさから測定量を知る方法である。
 (4) 法を用いた測定器の例としては, ブリッジや (9) がある。

上記の記述中の空白箇所(7), (4)及び(9)に当てはまる語句として, 正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

(7)	(4)	(9)
(1) 偏位	零位	直流電位差計
(2) 偏位	差動	誘導形電力量計
(3) 間接	零位	直流電位差計
(4) 間接	差動	誘導形電力量計
(5) 偏位	零位	誘導形電力量計

- (b) 図は, ケルビンダブルブリッジの原理図である。図において $R_x [\Omega]$ が未知の抵抗, $R_s [\Omega]$ は可変抵抗, $P [\Omega]$, $Q [\Omega]$, $p [\Omega]$, $q [\Omega]$ は固定抵抗である。このブリッジは, 抵抗 $R_x [\Omega]$ のリード線の抵抗が, 固定抵抗 $r [\Omega]$ 及び直流電源側の接続線に含まれる回路構成となっており, 低い抵抗の測定に適している。



図の回路において、固定抵抗 P [Ω]、 Q [Ω]、 p [Ω]、 q [Ω] の抵抗値が $\boxed{(7)} = 0$ の条件を満たして、可変抵抗 R_s [Ω]、固定抵抗 r [Ω] においてブリッジが平衡している。この場合は、次式から抵抗 R_x [Ω] が求まる。

$$R_x = (\boxed{(1)}) R_s$$

この式が求まることを次の手順で証明してみよう。

〔証明〕

回路に流れる電流を図に示すように I [A]、 i_1 [A]、 i_2 [A] とし、閉回路 I 及び II にキルヒホッフの第 2 法則を適用すると式①、②が得られる。

$$P i_1 = R_x I + p i_2 \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

$$Q i_1 = R_s I + q i_2 \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

式①、②から

$$\frac{P}{Q} = \frac{R_x I + p i_2}{R_s I + q i_2} = \frac{R_x + p \frac{i_2}{I}}{R_s + q \frac{i_2}{I}} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

また、 I は $(p+q)$ と r の回路に分流するので、 $(p+q) i_2 = r (I - i_2)$

の関係から式④が得られる。

$$\frac{i_2}{I} = \boxed{(7)} \quad \dots\dots\dots \text{④}$$

ここで、 $K = \boxed{(7)}$ とし、式③を整理すると式⑤が得られ、抵抗 R_x [Ω] が求まる。

$$R_x = (\boxed{(1)}) R_s + (\boxed{(7)}) q K \quad \dots\dots \text{⑤}$$

上記の記述中の空白箇所(7)、(1)及び(7)に当てはまる式として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(7)	(1)	(7)
(1)	$\frac{P}{Q} - \frac{p}{q}$	$\frac{P}{Q}$	$\frac{r}{p+q+r}$
(2)	$\frac{p}{q} - \frac{P}{Q}$	$\frac{P}{q}$	$\frac{p}{p+r}$
(3)	$\frac{p}{q} - \frac{P}{Q}$	$\frac{Q}{p}$	$\frac{q}{q+r}$
(4)	$\frac{Q}{P} - \frac{q}{p}$	$\frac{Q}{P}$	$\frac{r}{p+q+r}$
(5)	$\frac{P}{Q} - \frac{p}{q}$	$\frac{P}{Q}$	$\frac{p}{p+q+r}$

問 16

平衡三相回路について、次の(a)及び(b)に答えよ。

- (a) 図1のように、抵抗 R [Ω] が接続された平衡三相負荷に線間電圧 E [V] の対称三相交流電源を接続した。このとき、図1に示す電流 I_1 [A] の大きさの値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

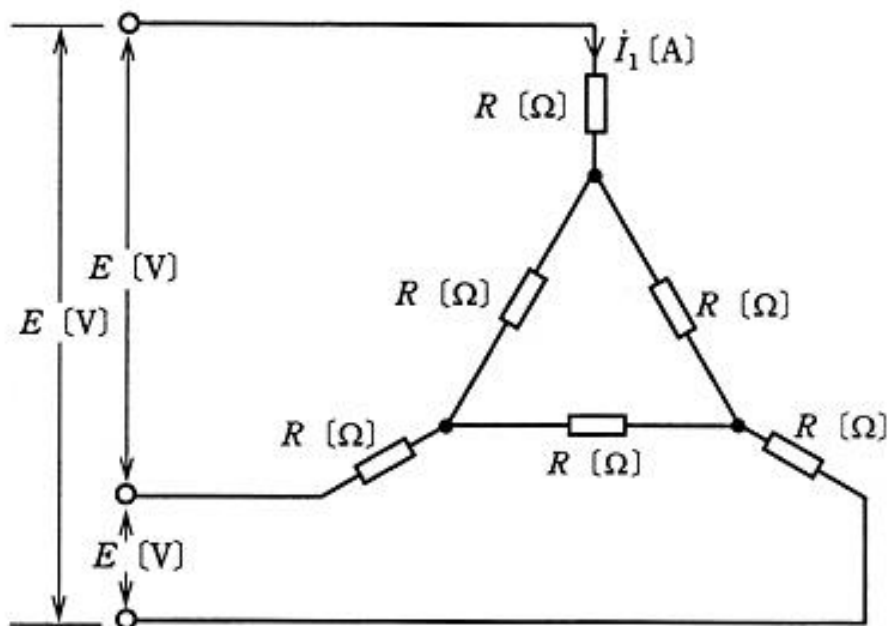


図 1

- (1) $\frac{E}{4\sqrt{3}R}$ (2) $\frac{E}{4R}$ (3) $\frac{\sqrt{3}E}{4R}$ (4) $\frac{\sqrt{3}E}{R}$ (5) $\frac{4E}{\sqrt{3}R}$

(b) 次に、図1を図2のように、抵抗 R $[\Omega]$ をインピーダンス $Z = 12 + j9$ $[\Omega]$ の負荷に置き換え、線間電圧 $E = 200$ $[\text{V}]$ とした。このとき、図2に示す電流 I_2 $[\text{A}]$ の大きさの値として、最も近いのは次のうちどれか。

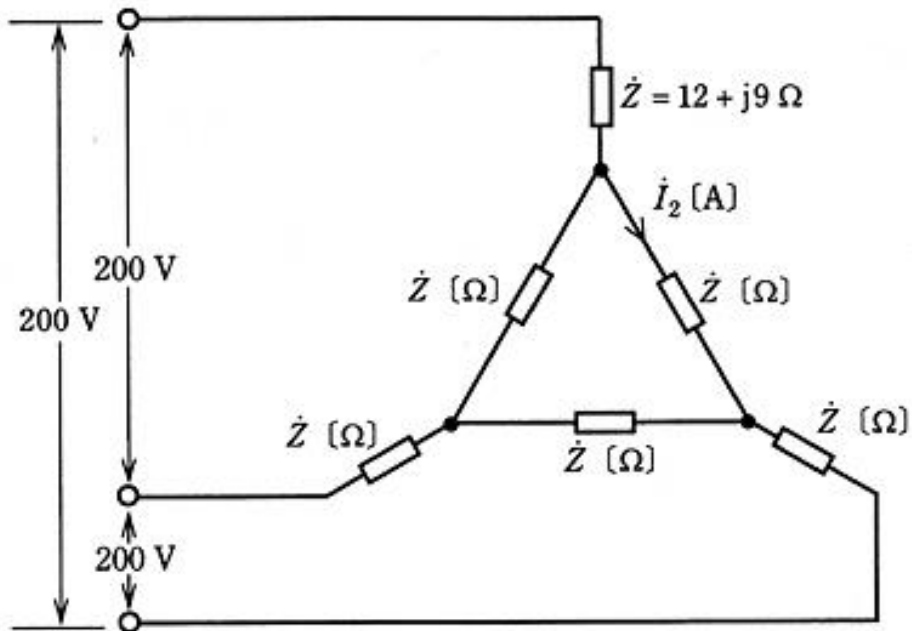


図 2

- (1) 2.5 (2) 3.3 (3) 4.4 (4) 5.8 (5) 7.7

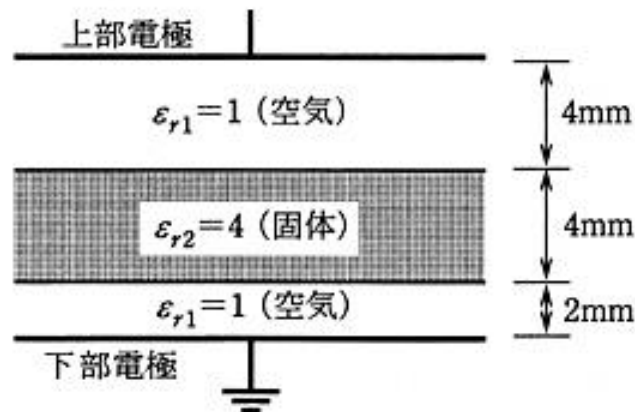
問 17 及び問 18 は選択問題であり，問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答すること。

両方解答すると採点されません。

問 17

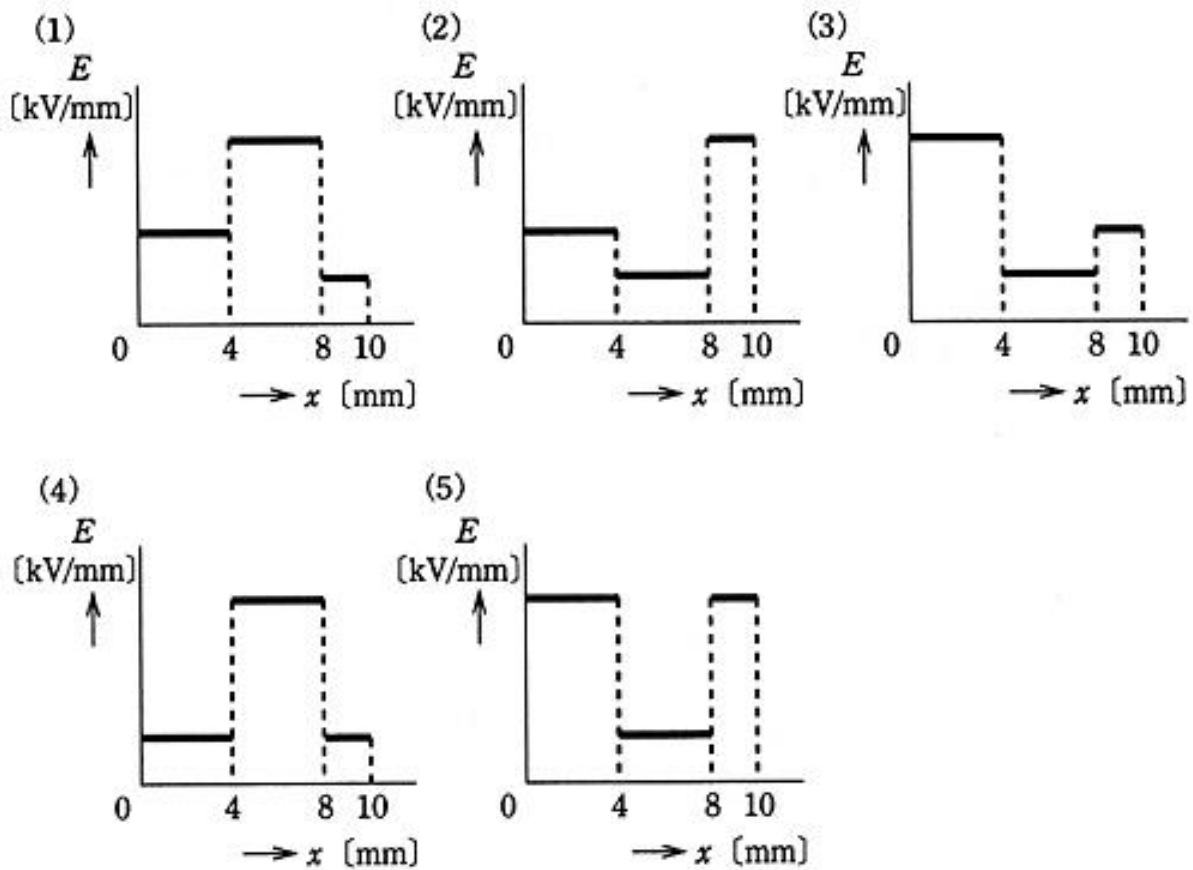
図に示すように，面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と，電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し，上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし，固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。



(a) 電極間の電界の強さ E [kV/mm] のおおよその分布を示す図として，正しいのは次のうちどれか。

ただし，このときの電界の強さでは，放電は発生しないものとする。また，各図において，上部電極から下部電極に向かう距離を x [mm] とする。



(b) 上部電極に加える電圧 V [kV] を徐々に増加し、下部電極側の空気中の電界の強さが 2 [kV/mm] に達したときの電圧 V [kV] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 11 (2) 14 (3) 20 (4) 44 (5) 56

問 18

図 1 の回路は、エミッタ接地のトランジスタ増幅器の交流小信号に注目した回路である。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、 R_L [Ω] は抵抗、 i_b [A] は入力信号電流、 $i_c = 6 \times 10^{-3}$ [A] は出力信号電流、 v_b [V] は入力信号電圧、 $v_c = 6$ [V] は出力信号電圧である。

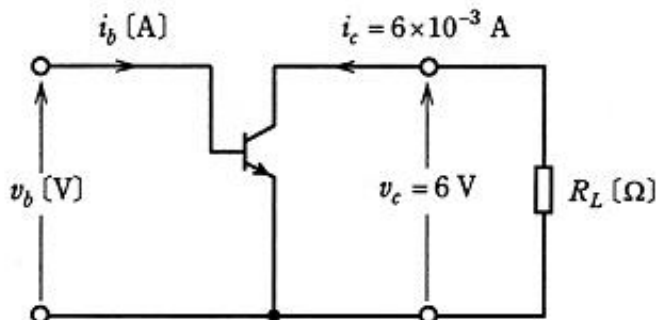


図 1

(a) 図 1 の回路において、入出力信号の関係を表 1 に示す h パラメータを用いて表すと次の式①、②になる。

$$v_b = h_{ie} i_b + h_{re} v_c \quad \dots\dots\dots ①$$

$$i_c = h_{fe} i_b + h_{oe} v_c \quad \dots\dots\dots ②$$

表 1 h パラメータの数値例

名 称	記 号	値の例
(ア)	h_{ie}	3.5×10^3 [Ω]
電圧帰還率	(イ)	1.3×10^{-4}
電流増幅率	(エ)	140
(カ)	h_{oe}	9×10^{-6} [S]

上記表中の空白箇所(ア)、(イ)、(イ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(カ)	(イ)	(エ)
(1)	入力インピーダンス	出力アドミタンス	h_{fe}	h_{re}
(2)	入力コンダクタンス	出力インピーダンス	h_{fe}	h_{re}
(3)	出力コンダクタンス	入力インピーダンス	h_{re}	h_{fe}
(4)	出力インピーダンス	入力コンダクタンス	h_{re}	h_{fe}
(5)	入力インピーダンス	出力アドミタンス	h_{re}	h_{fe}

- (b) 図1の回路の計算は、図2の簡易小信号等価回路を用いて行うことが多い。
 この場合、上記(a)の式①、②から求めた v_b [V] 及び i_b [A] の値をそれぞれ
 真の値としたとき、図2の回路から求めた v_b [V] 及び i_b [A] の誤差 Δv_b [mV]、
 Δi_b [μ A] の大きさとして、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。
 ただし、 h パラメータの値は表1に示された値とする。

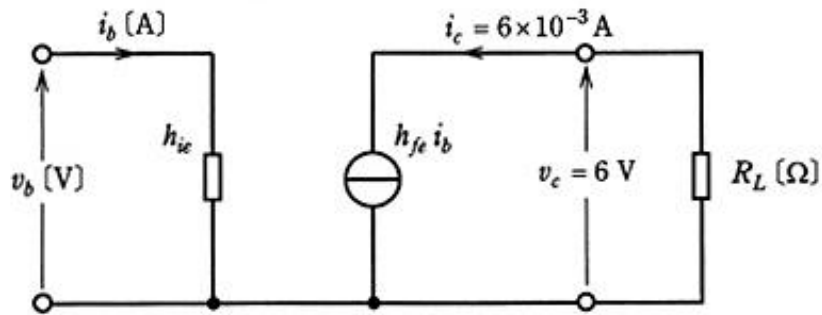


図 2

	Δv_b	Δi_b
(1)	0.78	54
(2)	0.78	6.5
(3)	0.57	6.5
(4)	0.57	0.39
(5)	0.35	0.39