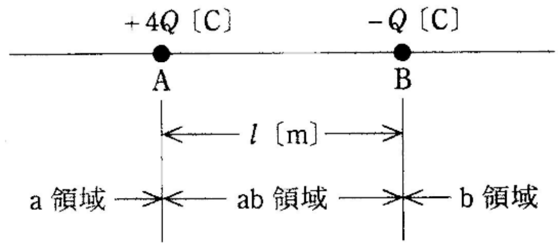
【問題 01】

真空中において，図のように点 A に正電荷＋4Q〔C〕，点 B に負電荷－Q 〔C〕の点電荷が配置されている。この 2 点を通る直線上で電位が 0〔V〕になる点を点 P とする。点 P の位置を示すものとして，正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。なお，無限遠の点は除く。

ただし，点 A と点 B 間の距離を l〔m〕とする。また，点 A より左側の領域を a 領域，点 A と点 B の間の領域を ab 領域, 点 B より右側の領域を b 領域とし, 真空の誘電率を ε_0〔F/m〕とする。



	a 領域	ab 領域	b 領域
(1)	点 A より左$\frac{l}{3}$[m]の点	この領域には存在しない	点 B より右 l[m]の点
(2)	この領域には存在しない	点 A より右$\frac{4l}{5}$[m]の点	点 B より右$\frac{l}{3}$[m]の点
(3)	この領域には存在しない	この領域には存在しない	点 B より右 l[m]の点
(4)	点 A より左$\frac{l}{3}$[m]の点	点 A より右$\frac{4l}{5}$[m]の点	点 B より右$\frac{l}{3}$[m]の点
(5)	この領域には存在しない	点 A より右$\frac{4l}{5}$[m]の点	点 B より右 l[m]の点

【解答】（2）

【解説】

点電荷 Q から距離 r〔m〕における電圧 V〔V〕は、公式

$$V = 9 \times 10^9 \times \frac{Q}{r}$$

で計算できます。

よって、点電荷 Q_A の距離 r_A における電圧 V_A は、公式から

$$V_A = 9 \times 10^9 \times \frac{4Q}{r_A}$$

となります。

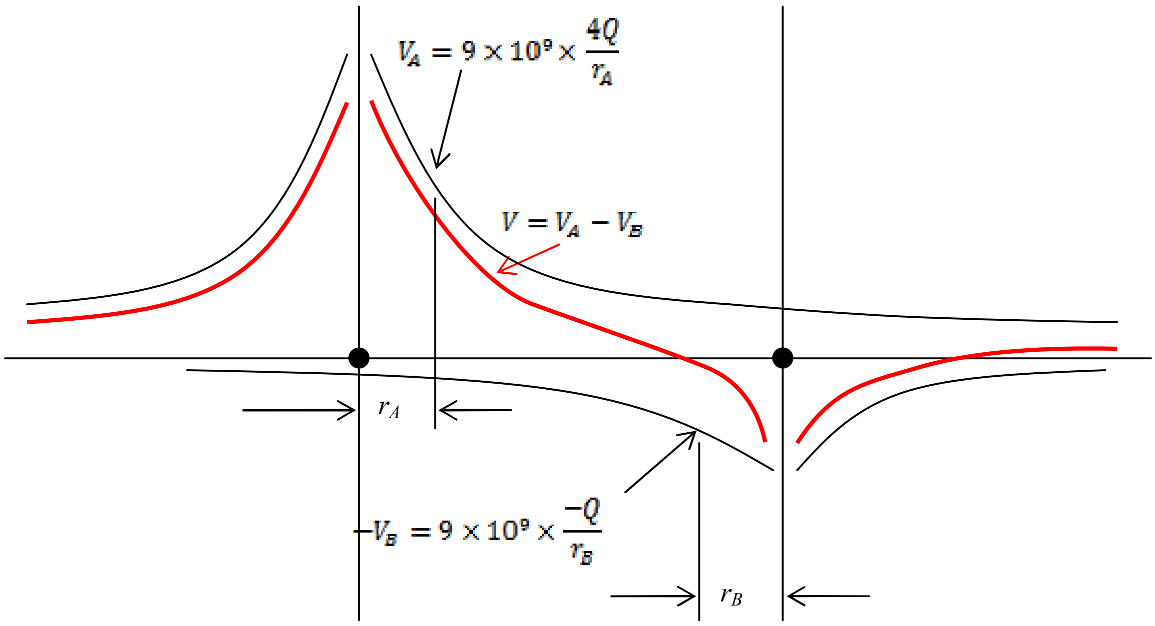
同じく、点電荷 Q_B の距離 r_B における電圧 V_B は、公式から

$$-V_B = 9 \times 10^9 \times \frac{-Q}{r_B}$$

となります。そして合成した電圧 V が計算できます。

$$V = V_A - V_B$$

図で示すと下図となります。

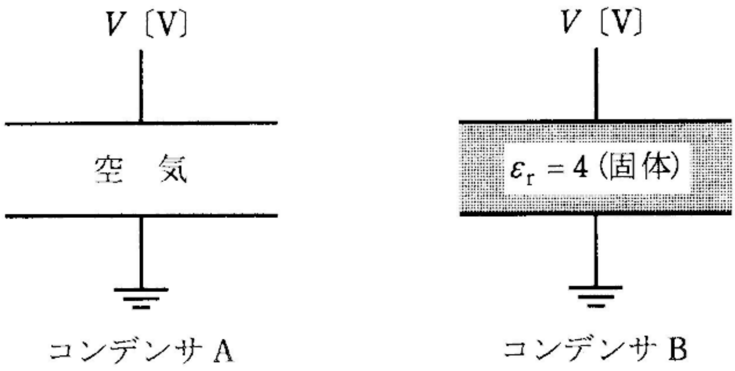


ゆえに、選択肢は、（2）となります。

【問題 02】

図に示すように，電極板面積と電極板間隔がそれぞれ同一の 2 種類の平行平板コンデンサがあり，一方を空気コンデンサ A，他方を固体誘電体（比誘電率 ε_r=4）が満たされたコンデンサ B とする。両コンデンサにおいて，それぞれ一方の電極に直流電圧 V〔V〕を加え，他方の電極を接地したとき，コンデンサ B の内部電界〔V/m〕及び電極板上に蓄えられた電荷〔C〕はコンデンサ A のそれぞれ何倍となるか。その倍率として，正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

ただし，空気の比誘電率を 1 とし，コンデンサの端効果は無視できるものとする。



	内部電界	電　荷
(1)	1	4
(2)	4	4
(3)	$\frac{1}{4}$	4
(4)	4	1
(5)	1	1

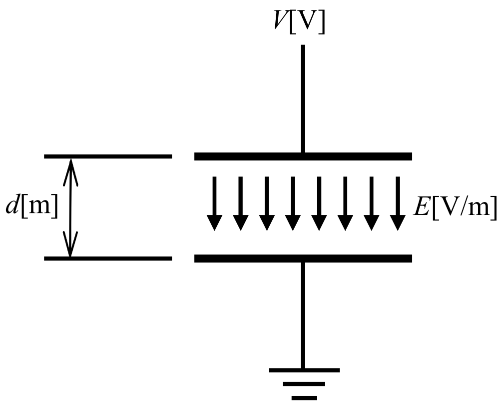
【解答】（1）

【解説】

１．内部電界

平行平板電極（今回の平行平板コンデンサ）の電界は、平等電界になります。

右図のように、空間内のどこでも同じ電界 E[V/m]になります。



またその値は、電極間隔を d[m]とすると、

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{[V/m]}$$

となります。

この値は、固体誘電体（比誘電率 ε_r=4）に影響を受けません。

よって、コンデンサ A と B の内部電界〔V/m〕の倍率は、1 倍となります。

２．電荷

電荷 Q[C]は、電極面積を S[m^2]とすると電荷密度 σ [C/m^2]と

$$Q = \sigma S \quad \text{[C]}$$

の関係にあります。

また、電荷密度 σ [C/m^2]は、電束密度 D[C/m^2]に等しくなります。

また、電束密度 D[C/m^2]と電界 E[V/m]は、ε_0を真空中の誘電率として ε_rを比誘電率とすると次の関係にあります。

$$\sigma = D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{V}{d} \quad \text{[C/m}^2\text{]}$$

よって各コンデンサの電荷は、

$$Q_A = \sigma_A S = D_A S = \varepsilon_0 E S = \varepsilon_0 S \frac{V}{d} \quad \text{[C]}$$

$$Q_B = \sigma_B S = D_B S = \varepsilon_0 \varepsilon_r E S = \varepsilon_0 \varepsilon_r S \frac{V}{d} = 4 \times \varepsilon_0 S \frac{V}{d} = 4 \times Q_A \quad \text{[C]}$$

となります。

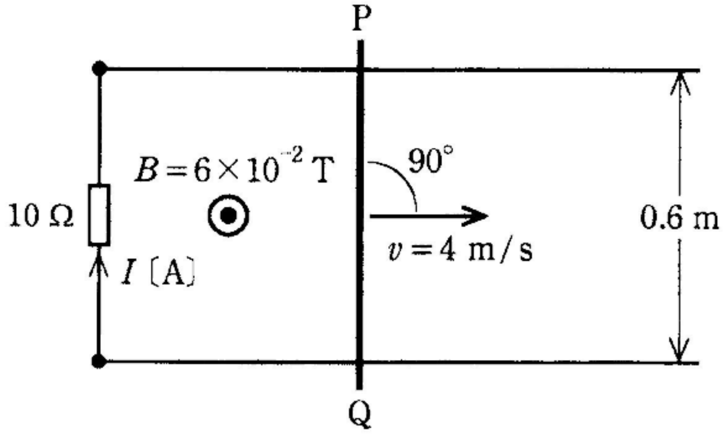
すなわち固体誘電体（比誘電率 ε_r=4）が満たされたコンデンサ B の電荷 Q_Bは、空気コンデンサ A の電荷 Q_Aの 4 倍となります。

ゆえに、選択肢は、（1）となります。

【問題 03】

紙面に平行な水平面内において，0.6〔m〕の間隔で張られた 2 本の直線状の平行導線に 10〔Ω〕の抵抗が接続されている。この平行導線に垂直に，図に示すように，直線状の導体棒 PQ を渡し，紙面の裏側から表側に向かって磁束密度 $B=6\times10^{-2}$〔T〕の一様な磁界をかける。ここで，導体棒 PQ を磁界と導体棒に共に垂直な矢印の方向に一定の速さ $v=4$〔m/s〕で平行導線上を移動させているときに，10〔Ω〕の抵抗に流れる電流 I〔A〕の値として，正しいのは次のうちどれか。

ただし, 電流の向きは図に示す矢印の向きを正とする。また, 導線及び導体棒 PQ の抵抗, 並びに導線と導体棒との接触抵抗は無視できるものとする。



(1)－0.0278　(2)－0.0134　(3)－0.0072　(4)0.0144　0.0288

【解答】（4）

【解説】

導体が磁束 ϕ [Web]を切った場合に電圧 e[V]を発生し、その値は次のようになります。

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{dBS}{dt} = B\frac{dS}{dt} = B \times 0.6v = 6 \times 10^{-2} \times 0.6 \times 4 = 0.144 \quad [\mathrm{V}]$$

となります。

よって流れる電流 I〔A〕の値は、

$$I = \frac{e}{10} = \frac{0.144}{10} = 0.0144 \qquad [\mathrm{A}]$$

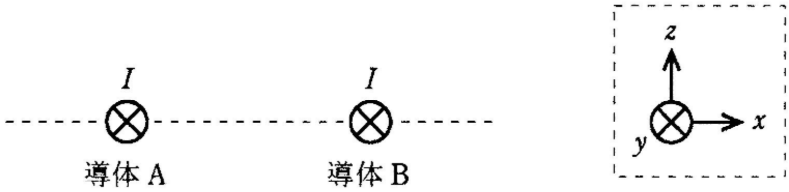
となります。

ゆえに､選択肢は、(4) となります。

【問題 04】

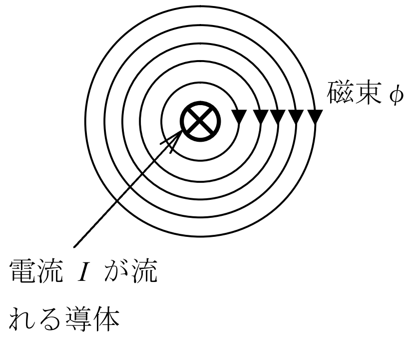
図に示すように，直線導体 A 及び B が y 方向に平行に配置され，両導体に同じ大きさの電流 I が共に $+y$ 方向に流れているとする。このとき，各導体に加わる力の方向について，正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

なお，xyz 座標の定義は，破線の枠内の図で示したとおりとする。

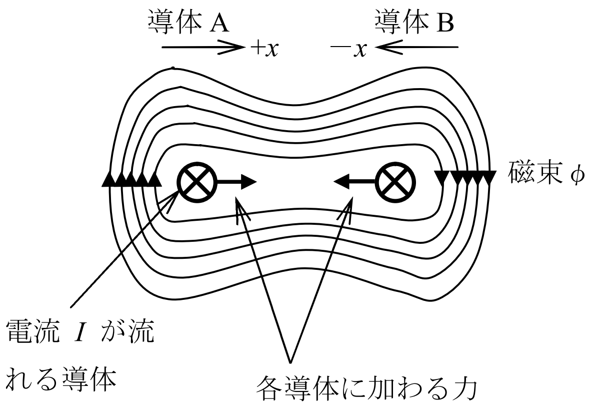


	導体 A	導体 B
(1)	$+x$ 方向	$+x$ 方向
(2)	$+x$ 方向	$-x$ 方向
(3)	$-x$ 方向	$+x$ 方向
(4)	$-x$ 方向	$-x$ 方向
(5)	どちらの導体にも力は働かない。	

【解答】(2)
【解説】
　導体に電流が流れるとその周りに磁束が発生します。磁束の向きは、右ねじの法則で判定します。



さて導体が 2 本あった場合の磁束は、次のようになります。

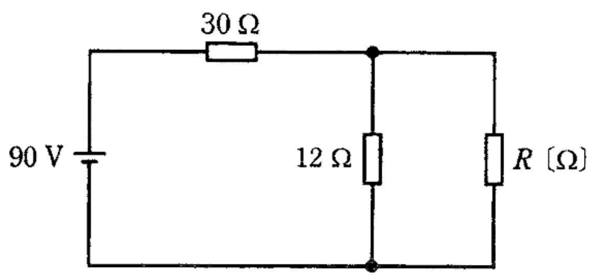


そして、導体に働く力は、磁束が縮まろうとする方向としてお互いに近づく方向に働きます。

　ゆえに、選択肢は、(2) となります。

【問題 05】

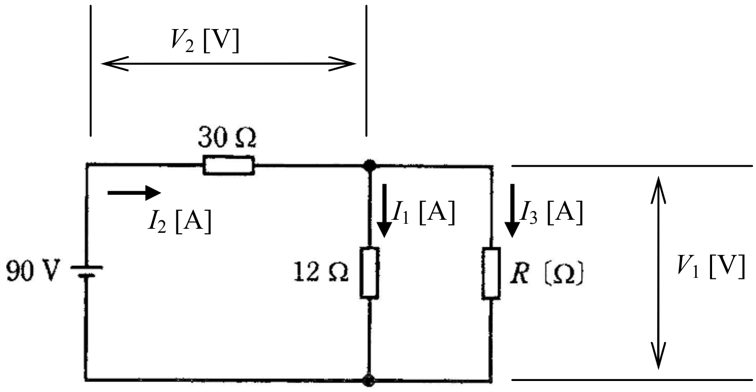
図の直流回路において，12〔Ω〕の抵抗の消費電力が 27〔W〕である。
このとき，抵抗 R〔Ω〕の値として，正しいのは次のうちどれか。



(1)4.5　(2)7.5　(3)8.6　(4)12　(5)20

【解答】(5)

【解説】



抵抗 R_1＝12〔Ω〕の抵抗の消費電力が P_1=27〔W〕であるので式

$$P_1 = 12{I_1}^2 \quad 〔W〕$$

から

$$I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{12}} = \sqrt{\frac{27}{12}} = \sqrt{\frac{9}{4}} = \frac{3}{2} \quad 〔A〕$$

となります。また、

$$P_1 = \frac{{V_1}^2}{12} \quad 〔W〕$$

から

$$V_1 = \sqrt{12P_1} = \sqrt{12\times 27} = 3\times\sqrt{4\times 9} = 3\times 2\times 3 = 18 \quad 〔V〕$$

となります。よって V_2 [V]は、

$$V_2 = 90 - 18 = 72 \quad [V]$$

また、I_2[A]は、

$$I_2 = \frac{V_2}{30} = \frac{72}{30} = \frac{24}{10} \quad [A]$$

となります。また I_3 [A]は、

$$I_3 = I_2 - I_1 = \frac{24}{10} - \frac{3}{2} = \frac{9}{10} \quad [A]$$

となります。

以上より、オームの法則を使って抵抗 R[Ω]を求めると

$$R = \frac{V_1}{I_3} = \frac{18}{\frac{9}{10}} = 20 \quad [Ω]$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。

【問題 06】

図 1 の直流回路において，端子 a－c 間に直流電圧 100〔V〕を加えたところ，端子 b－c 間の電圧は 20〔V〕であった。また，図 2 のように端子 b－c 間に 150〔Ω〕の抵抗を並列に追加したとき，端子 b－c 間の端子電圧は 15〔V〕であった。いま，図 3 のように端子 b－c 間を短絡したとき，電流 I〔A〕の値として，正しいのは次のうちどれか。

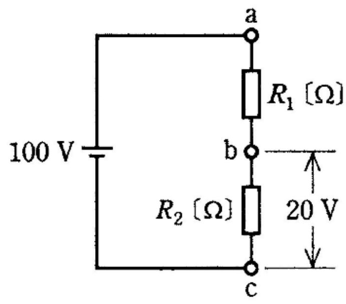


図 1

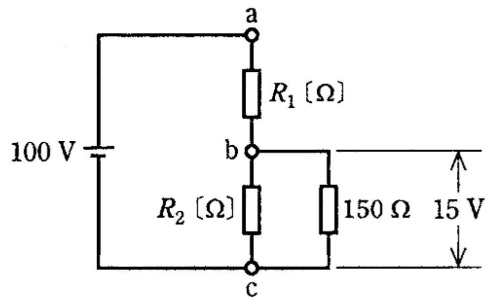


図 2

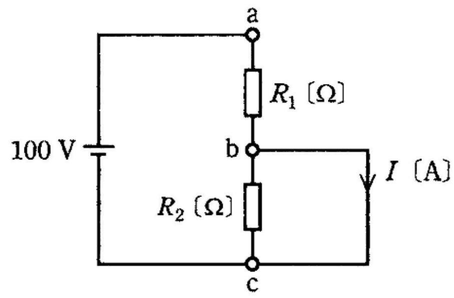


図 3

（1） 0　（2） 0.10　（3） 0.32　（4） 0.40　（5） 0.67

【解答】(4)

【解説】

図 1 から次の関係式が成り立ちます。

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{20}{100-20}$$

$R_2=\frac{R_1}{4}$ -- (a)

次に図 2 から次式が成り立ちます。

$$\frac{R_1}{\frac{150\times R_2}{150+R_2}}=\frac{100-15}{15}$$

$$R_1=\frac{100-15}{15}\times\frac{150\times R_2}{150+R_2}$$

$$R_1=\frac{85}{15}\times\frac{150\times R_2}{150+R_2}$$

$R_1=\frac{850\times R_2}{150+R_2}$ -- (b)

(a)式を(b)式に代入して

$$R_1=\frac{850\times\frac{R_1}{4}}{150+\frac{R_1}{4}}$$

$$1=\frac{850}{600+R_1}$$

$600+R_1=850$

$R_1=250$ [Ω]

よって、求める電流 I[A]は、

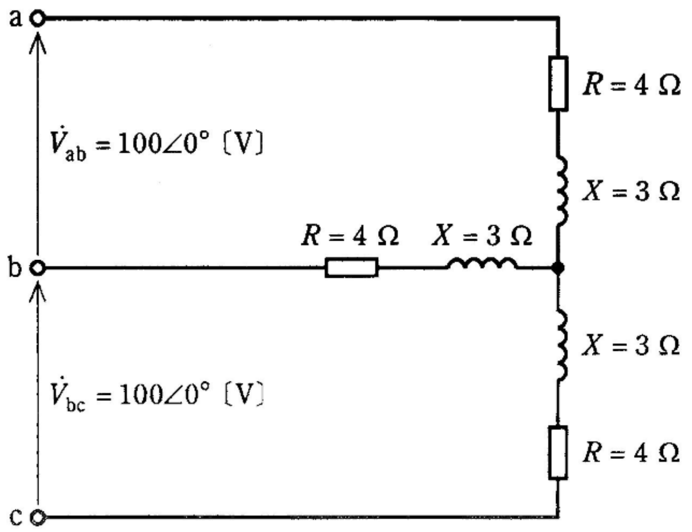
$I=\frac{100}{R_1}=\frac{100}{250}=0.40$ [A]

となります。

ゆえに、選択肢は、(4) となります。

【問題 07】

抵抗 R＝4〔Ω〕と誘導性リアクタンス X＝3〔Ω〕が直列に接続された負荷を，図のように線間電圧 $\dot{V}_{ab}=100\angle 0°$〔V〕，$\dot{V}_{bc}=100\angle 0°$〔V〕の単相 3 線式電源に接続した。このとき，これらの負荷で消費される総電力 P〔W〕の値として，正しいのは次のうちどれか。



(1) 800　(2) 1200　(3) 3200　(4) 3600　(5) 4800

【解答】（3）

【解説】

負荷が上下ともに $R+jX=4+j3$ であるからバランスしているので、中線に電流が流れない。

よって、中線での電圧降下が無いので、負荷には、100〚V]がそのまま加わります。

負荷に流れる電流 I[A]は、

$$I=\frac{100}{\sqrt{4^2+3^2}}=\frac{100}{5}=20 \qquad \text{[A]}$$

となります。

以上から抵抗 $R=4$〔Ω〕２個で消費される総電力 P〔W〕の値は、

$$P=2\times I^2R=2\times 20^2\times 4=3200 \qquad \text{〔W〕}$$

となります。

ゆえに､選択肢は､(3) となります。

【問題 08】

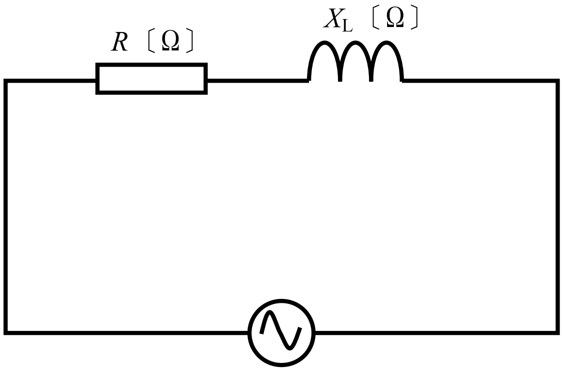
抵抗 R〔Ω〕と誘導性リアクタンス X_L〔Ω〕を直列に接続した回路の力率(cos ϕ)は，$\frac{1}{2}$であった。いま，この回路に容量性リアクタンス X_C〔Ω〕を直列に接続したところ，R〔Ω〕，X_L〔Ω〕，X_C〔Ω〕直列回路の力率は，$\frac{\sqrt{3}}{2}$（遅れ）になった。容量性リアクタンス X_C〔Ω〕の値を表す式として，正しいのは次のうちどれか。

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

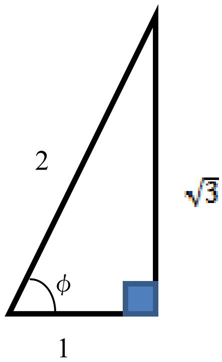
【解答】(4)

【解説】

抵抗 R〔Ω〕と誘導性リアクタンス X_L〔Ω〕を直列に接続した力率$(\cos\phi)=\frac{1}{2}$の回路は、下図となります。



力率$(\cos\phi)=\frac{1}{2}$から次式が成り立ちます。



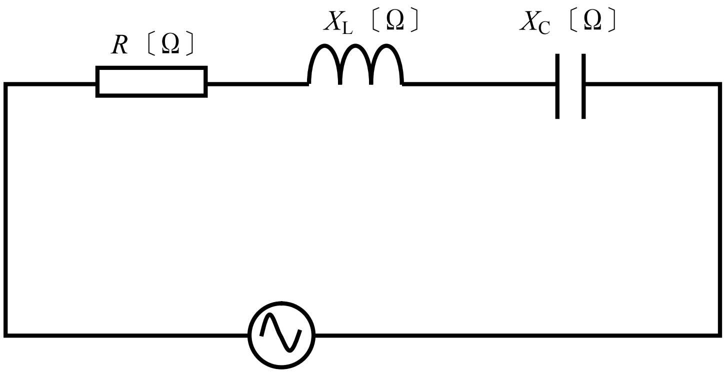
$$\cos\phi=\frac{R}{\sqrt{R^2+X_L{}^2}}=\frac{1}{2}$$

または、

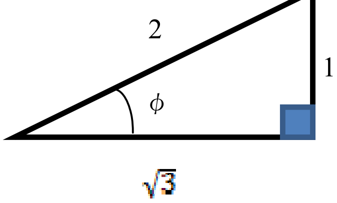
$$\tan\phi=\frac{R}{X_L}=\sqrt{3}\text{ --(a)}$$

となります。

容量性リアクタンス X_C〔Ω〕を直列に接続すると下図となります。



R〔Ω〕, X_L〔Ω〕, X_C〔Ω〕直列回路の力率が, $\frac{\sqrt{3}}{2}$(遅れ)であることから、



$$\cos\phi=\frac{R}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

または、

$$\tan\phi=\left|\frac{R}{X_L-X_C}\right|=\frac{1}{\sqrt{3}}\text{--(b)}$$

となります。

(a)式から

$$X_L=\frac{R}{\sqrt{3}}$$

この式を(b)式に代入して X_C〔Ω〕について解くと

$$|X_L-X_C|=\sqrt{3}R$$

$$X_C=X_L-\sqrt{3}R$$

$$X_C=\frac{R}{\sqrt{3}}-\sqrt{3}R$$

$$X_C=\frac{R-3R}{\sqrt{3}}=\frac{-2R}{\sqrt{3}}$$

よって、容量性リアクタンス X_C〔Ω〕の値を表す式は、絶対値を取って

$$|X_C|=\left|\frac{-2R}{\sqrt{3}}\right|=\frac{2R}{\sqrt{3}}\quad〔Ω〕$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(4) となります。

【問題 09】

Y 結線の対称三相交流電源に Y 結線の平衡三相抵抗負荷を接続した場合を考える。負荷側における線間電圧を V_l〔V〕，線電流を I_l〔A〕，相電圧を V_{p}〔V〕，相電流を I_{p}〔A〕，各相の抵抗を R〔Ω〕，三相負荷の消費電力を P〔W〕とする。

このとき，誤っているのは次のうちどれか。

(1) $V_l = \sqrt{3} V_{\mathrm{p}}$ が成り立つ。

(2) $I_l = I_{\mathrm{p}}$ が成り立つ。

(3) $I_l = \frac{V_{\mathrm{p}}}{R}$ が成り立つ。

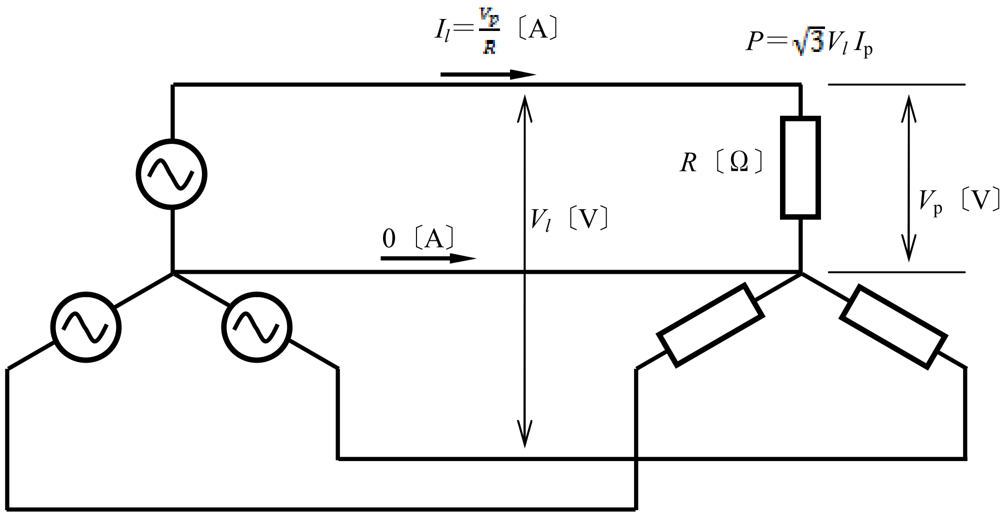
(4) $P = \sqrt{3} V_{\mathrm{p}} I_{\mathrm{p}}$ が成り立つ。

(5) 電源と負荷の中性点を中性線で接続しても，中性線に電流は流れない。

【解答】（4）

【解説】

問題を回路図にすると下記となります。



（1）$V_l = \sqrt{3} V_p$ が成り立ちます。

（2）$I_l = I_p$ が成り立ちます。

（3）$I_l = \frac{V_p}{R}$ が成り立ちます。

（4）$P = \sqrt{3} V_p I_p$ は間違いです。正しくは、$P = \sqrt{3} V_l I_p$ となります。

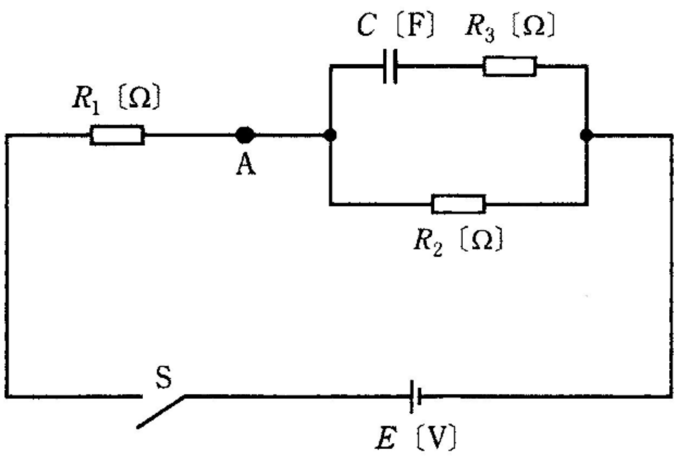
（5）電源と負荷の中性点を中性線で接続しても，中性線に電流は流れません。

ゆえに、選択肢は、（4）となります。

【問題 10】

図に示す回路において，スイッチ S を閉じた瞬間（時刻 $t=0$）に点 A を流れる電流を I_0〔A〕とし，十分に時間が経ち，定常状態に達したのちに点 A を流れる電流を I〔A〕とする。電流比$\frac{I_0}{I}$の値を 2 とするために必要な抵抗 R_3〔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，コンデンサの初期電荷は零とする。



(1) $\frac{R_1}{R_1+R_2}\left(\frac{R_1}{2}+R_2\right)$　(2) $\frac{R_1}{R_1+R_2}\left(\frac{R_2}{2}-R_1\right)$

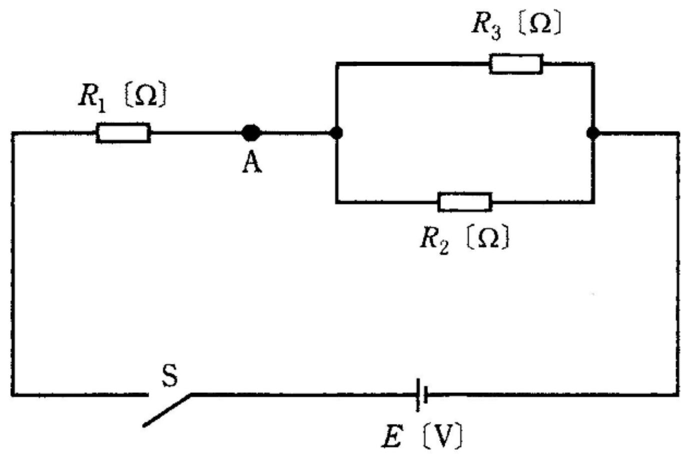
(3) $\frac{R_1}{R_1+R_2}(R_1-R_2)$　(4) $\frac{R_2}{R_1+R_2}(R_1+R_2)$

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

【解答】(5)

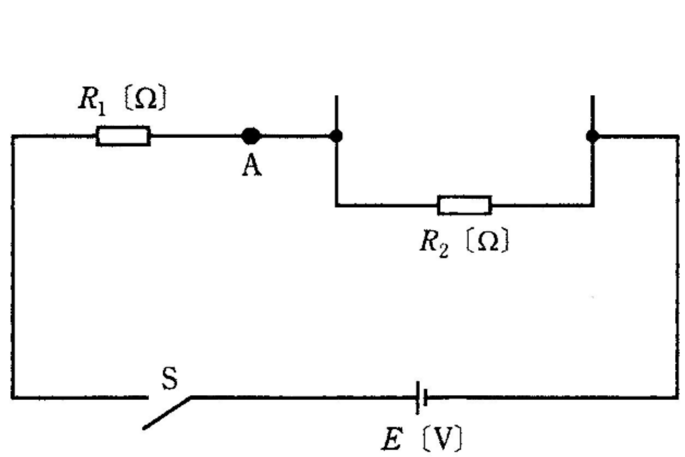
【解説】

まず図に示す回路において，スイッチ S を閉じた瞬間（時刻 $t=0$）は、コンデンサに電荷が充電されてないのでコンデンサを短絡状態とし、下図の回路で点 A を流れる電流 I_0〔A〕を計算できます。



$$I_0=\frac{E}{R_1+\dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3}}=\frac{(R_2+R_3)\times E}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}$$

つぎに十分に時間が経ち，定常状態に達したのちは、コンデンサに十分電荷が充電されているのでコンデンサを絶縁状態とし、下図の回路で点 A を流れる電流 I〔A〕を計算できます。



$$I=\frac{E}{R_1+R_2}$$

そして電流比$\frac{I_0}{I}$の値を 2 とすると

$$\frac{I_0}{I}=\frac{\frac{(R_2+R_3)\times E}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}}{\frac{E}{R_1+R_2}}=2 \text{ --------------------------------------(a)}$$

となります。

(a)式を整理すると

$$\frac{\frac{(R_2+R_3)\times E}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}}{\frac{E}{R_1+R_2}}=2$$

$$\frac{\frac{(R_2+R_3)}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}}{\frac{1}{R_1+R_2}}=2$$

$$\frac{(R_2+R_3)(R_1+R_2)}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}=2$$

$$R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1+R_2{}^2=2R_1R_2+2R_2R_3+2R_3R_1$$

$$R_2{}^2=R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1$$

$$R_3=\frac{R_2{}^2-R_1R_2}{R_1+R_2}$$

$$R_3=\frac{R_2}{R_1+R_2}(R_2-R_1)$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。

【問題 11】

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

図 1 に示すように，p 形半導体に直流電流 I〔A〕を流し，半導体の表面に対して垂直に下から上向きに磁束密度 B〔T〕の平等磁界を半導体にかけると，半導体内の正孔は進路を曲げられ，電極①には（ア）電荷，電極②には（イ）電荷が分布し，半導体の内部に電界が生じる。また，図 2 の n 形半導体の場合は，電界の方向は p 形半導体の方向と（ウ）である。この電界により，電極①－②間にホール電圧 $V_H = R_H \times$（エ）〔V〕が発生する。

ただし，d〔m〕は半導体の厚さを示し，R_H は比例定数〔m^3／C〕である。

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

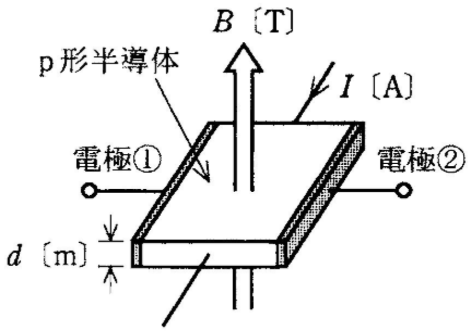


図 1

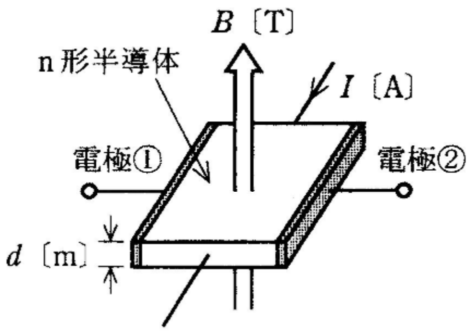


図 2

	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
(1)	負	正	同じ	$\frac{B}{Id}$
(2)	負	正	同じ	$\frac{Id}{B}$
(3)	正	負	同じ	$\frac{d}{BI}$
(4)	負	正	反対	$\frac{BI}{d}$
(5)	正	負	反対	$\frac{BI}{d}$

【解答】(5)

【解説】

設問は、

図 1 に示すように，p 形半導体に直流電流 I〔A〕を流し，半導体の表面に対して垂直に下から上向きに磁束密度 B〔T〕の平等磁界を半導体にかけると，半導体内の正孔は進路を曲げられ，電極①には（ア）正電荷，電極②には（イ）負電荷が分布し，半導体の内部に電界が生じる。また，図 2 の n 形半導体の場合は，電界の方向は p 形半導体の方向と（ウ）反対である。この電界により，電極①－②間にホール電圧 $V_H = R_H \times$（エ）$\dfrac{BI}{d}$〔V〕が発生する。

ただし，d〔m〕は半導体の厚さを示し，R_H は比例定数〔m^3／C〕である。

となります。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。

【問題 12】

次の文章は，金属などの表面から真空中に電子が放出される現象に関する記述である。

a. タンタル（Ta）などの金属を熱すると，電子がその表面から放出される。この現象は $\boxed{\text{（ア）}}$ 放出と呼ばれる。

b. タングステン（W）などの金属表面の電界強度を十分に大きくすると，常温でもその表面から電子が放出される。この現象は $\boxed{\text{（イ）}}$ 放出と呼ばれる。

c. 電子を金属又はその酸化物・ハロゲン化物などに衝突させると，その表面から新たな電子が放出される。この現象は $\boxed{\text{（ウ）}}$ 放出と呼ばれる。

上記の記述中の空白箇所（ア），（イ）及び（ウ）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）	（イ）	（ウ）
(1)	熱電子	電界	二次電子
(2)	二次電子	冷陰極	熱電子
(3)	電界	熱電子	二次電子
(4)	熱電子	電界	光電子
(5)	光電子	二次電子	冷陰極

【解答】(1)

【解説】

設問は、

a. タンタル(Ta)などの金属を熱すると，電子がその表面から放出される。この現象は(ア)熱電子放出と呼ばれる。

b. タングステン(W)などの金属表面の電界強度を十分に大きくすると，常温でもその表面から電子が放出される。この現象は(イ)電界放出と呼ばれる。

c. 電子を金属又はその酸化物・ハロゲン化物などに衝突させると，その表面から新たな電子が放出される。この現象は(ウ)二次電子放出と呼ばれる。

となります。

ゆえに、選択肢は、(1)となります。

【問題 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と，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。

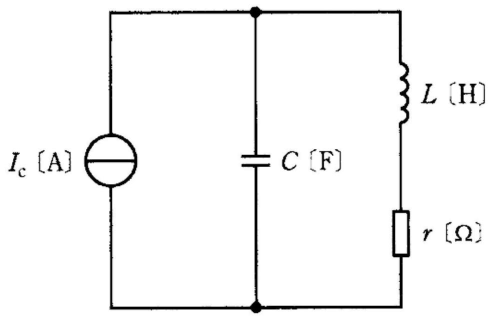


図 1

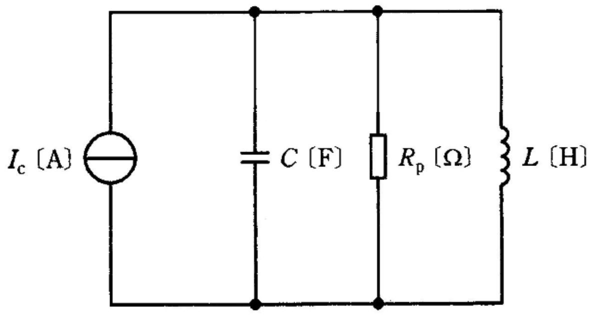


図 2

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

【解答】（4）

【解説】

図２で等価抵抗 R_P〔Ω〕とインダクタンス L〔H〕の並列回路のアドミタンス Y は、

$$Y=\frac{1}{R_P}+\frac{1}{j\omega L}$$ --(a)

同じく図１でインダクタンス L〔H〕と抵抗 r〔Ω〕の直列回路は、

$$Y=\frac{1}{r+j\omega L}$$ ---(b)

となります。

さて(a)＝(b)なので

$$\frac{1}{R_P}+\frac{1}{j\omega L}=\frac{1}{r+j\omega L}$$

$$=\frac{1}{r+j\omega L}\times\frac{r-j\omega L}{r-j\omega L}$$

$$=\frac{r}{r^2+(\omega L)^2}-\frac{j\omega L}{r^2+(\omega L)^2}$$

ここでコイルの抵抗 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ので $r^2\ll(\omega L)^2$ から

$$\frac{1}{R_P}+\frac{1}{j\omega L}=\frac{r}{(\omega L)^2}-\frac{j\omega L}{(\omega L)^2}$$

$$\frac{1}{R_P}-j\frac{1}{\omega L}=\frac{r}{(\omega L)^2}-j\frac{1}{\omega L}$$

よって、

$$\frac{1}{R_P}=\frac{r}{(\omega L)^2}$$

$$R_P=\frac{(\omega L)^2}{r}$$

となります。

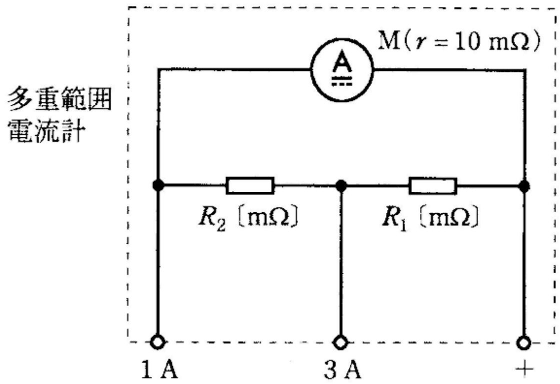
ゆえに､選択肢は、（4）となります。

【問題 14】

次の文章は，直流電流計の測定範囲拡大について述べたものである。

内部抵抗 r＝10〔mm〕，最大目盛 0.5〔A〕の直流電流計 M がある。この電流計と抵抗 R_1〔mΩ〕及び R_2〔mΩ〕を図のように結線し，最大目盛が 1〔A〕と 3〔A〕からなる多重範囲電流計を作った。この多重範囲電流計において，端子 3A と端子＋を使用する場合，抵抗 （ア） 〔mΩ〕が分流器となる。端子 1A と端子＋を使用する場合には，抵抗 （イ） 〔mΩ〕が倍率 （ウ） 倍の分流器となる。また，3〔A〕を最大目盛とする多重範囲電流計の内部抵抗は （エ） 〔mΩ〕となる。

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



	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
(1)	R_2	R_1	$\dfrac{10+R_2}{R_1}+1$	$\dfrac{20}{3}$
(2)	R_1	R_1+R_2	$\dfrac{10+R_2}{R_1}$	$\dfrac{25}{9}$
(3)	R_2	R_1+R_2	$\dfrac{10}{R_1+R_2}+1$	5
(4)	R_1	R_2	$\dfrac{10}{R_1+R_2}$	$\dfrac{10}{3}$
(5)	R_1	R_1+R_2	$\dfrac{10}{R_1+R_2}+1$	$\dfrac{25}{9}$

【解答】（5）

【解説】

設問は、

内部抵抗 r＝10〔mm〕，最大目盛 0.5〔A〕の直流電流計 M がある。この電流計と抵抗 R_1〔mΩ〕及び R_2〔mΩ〕を図のように結線し，最大目盛が 1〔A〕と 3〔A〕からなる多重範囲電流計を作った。この多重範囲電流計において，端子 3A と端子＋を使用する場合，抵抗 $\boxed{（ア）R_1}$〔mΩ〕が分流器となる。端子 1A と端子＋を使用する場合には，抵抗 $\boxed{（イ）R_1+R_2}$〔mΩ〕が倍率 $\boxed{（ウ）\frac{10}{R_1+R_2}+1}$ 倍の分流器となる。また，3〔A〕を最大目盛とする多重範囲電流計の内部抵抗は $\boxed{（エ）\frac{25}{9}}$〔mΩ〕となる。

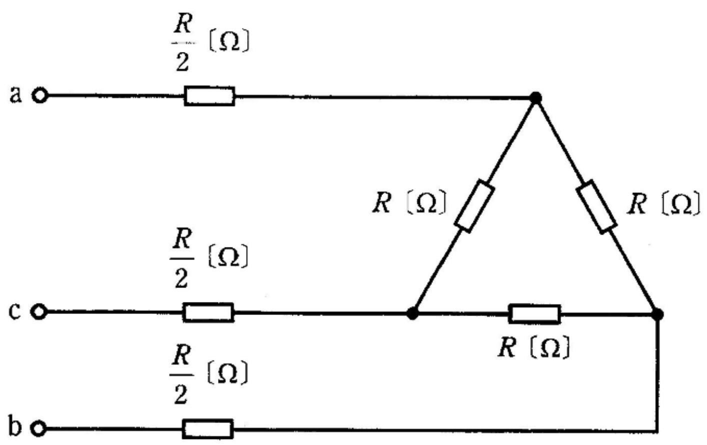
となります。

ゆえに、選択肢は、（5）となります。

【問題 15】

B 問題（配点は 1 問題当たり（a）5 点，（b）5 点，計 10 点）

問 15　図の平衡三相回路について，次の（a）及び（b）に答えよ。



（a）端子 a，c に 100〔V〕の単相交流電源を接続したところ，回路の消費電力は 200〔W〕であった。抵抗 R〔Ω〕の値として，正しいのは次のうちどれか。

（1）0.30　（2）30　（3）33　（4）50　（5）83

（b）端子 a, b, c に線間電圧 200〔V〕の対称三相交流電源を接続したときの全消費電力〔kW〕の値として，正しいのは次のうちどれか。

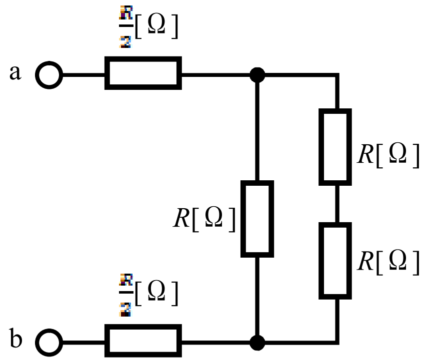
（1）0.48　（2）0.80　（3）1.2　（4）1.6　（5）4.0

【解答】(a) ― (2)、(b) ― (4)

【解説】

(a)

端子 a, c 間の抵抗値 R_{ab} は、



$$R_{ab}=\frac{R}{2}+\frac{2R^2}{3R}+\frac{R}{2}=\frac{2R}{3}+R=\frac{5R}{3}$$

となります。

よって、端子 a, c に 100〔V〕の単相交流電源を接続すると回路の消費電力 P[W]は、

$$P=\frac{100^2}{R_{ab}}=\frac{10000}{\frac{5R}{3}}=\frac{6000}{R}$$

P=200〔W〕なので

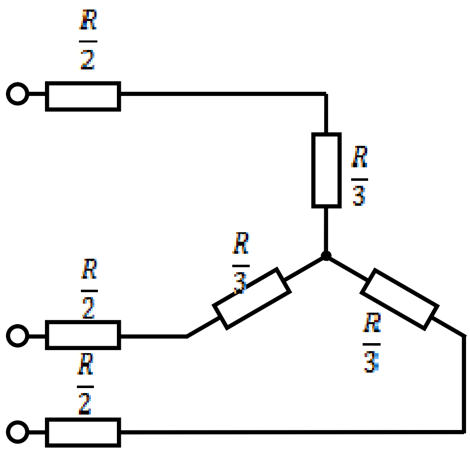
$$R=\frac{6000}{200}=30$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(2) となります。

(b)

負荷抵抗をΔ—Y 変換して、1 相当たりの抵抗値を求めると



$$\frac{R}{2}+\frac{R}{3}=\frac{5R}{6}=\frac{5\times30}{6}=25 \quad〔\Omega〕$$

となるので、1 相当たりの消費電力 p[W]は、

$$p=\frac{\left(\frac{200}{\sqrt{3}}\right)^2}{25}=\frac{1600}{3} \quad [\mathrm{W}]$$

よって 3 相の消費電力 P [W]は、

$$P=3p=\frac{1600}{3}=1600[\mathrm{W}]=1.6[\mathrm{kW}]$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(4) となります。

【問題 16】

電力量計について，次の（a）及び（b）に答えよ。

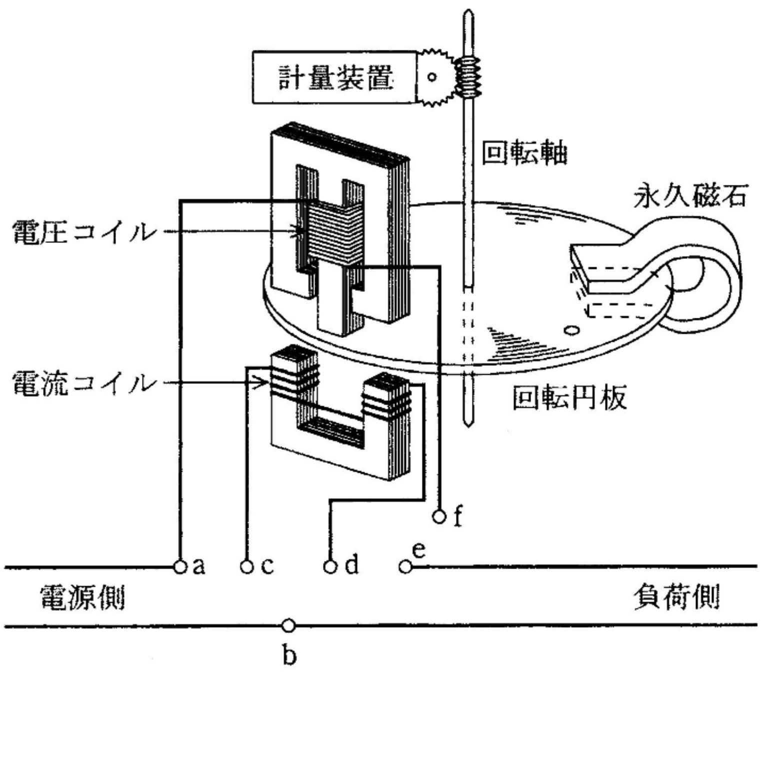
（a）次の文章は，交流の電力量計の原理について述べたものである。

計器の指針等を駆動するトルクを発生する動作原理により計器を分類すると，図に示した構造の電力量計の場合は，（ア）に分類される。

この計器の回転円板が負荷の電力に比例するトルクで回転するように，図中の端子 a から f を（イ）のように接続して，負荷電圧を電圧コイルに加え，負荷電流を電流コイルに流す。その結果，コイルに生じる磁束による移動磁界と，回転円板上に生じる渦電流との電磁力の作用で回転円板は回転する。

一方，永久磁石により回転円板には速度に比例する（ウ）が生じ，負荷の電力に比例する速度で回転円板は回転を続ける。したがって，計量装置でその回転数をある時間計量すると，その値は同時間中に消費された電力量を表す。

上記の記述中の空白箇所（ア），（イ）及び（ウ）に当てはまる語句又は記号として，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)	誘導形	ac,de,bf	駆動トルク
(2)	電流力計形	ad,bc,ef	制動トルク
(3)	誘導形	ac,de,bf	制動トルク
(4)	電流力計形	ad,bc,ef	駆動トルク
(5)	電力計形	ac,de,bf	駆動トルク

(b) 上記（a）の原理の電力量計の使用の可否を検討するために，電力量計の計量の誤差率を求める実験を行った。実験では，3〔kW〕の電力を消費している抵抗負荷の交流回路に，この電力量計を接続した。このとき，電力量計はこの抵抗負荷の消費電力量を計量しているので，計器の回転円板の回転数を測定することから計量の誤差率を計算できる。

電力量計の回転円板の回転数を測定したところ，回転数は 1 分間に 61 であった。この場合，電力量計の計量の誤差率〔%〕の大きさの値として，最も近いのは次のうちどれか。

ただし，電力量計の計器定数（1〔kW･h〕当たりの回転円板の回転数）は，1200〔rev/kW･h〕であり，回転円板の回転数と計量装置の計量値の関係は正しいものとし，電力損失は無視できるものとする。

（1）0.2　　（2）0.4　　（3）1.0　　（4）1.7　　（5）2.1

【解答】(a) ― (3)、(b) ― (4)
【解説】
(a)
設問は、

計器の指針等を駆動するトルクを発生する動作原理により計器を分類すると，図に示した構造の電力量計の場合は, $\boxed{\text{（ア）誘導形}}$に分類される。

この計器の回転円板が負荷の電力に比例するトルクで回転するように，図中の端子 a から f を$\boxed{\text{（イ） ac,de,bf}}$のように接続して，負荷電圧を電圧コイルに加え，負荷電流を電流コイルに流す。その結果，コイルに生じる磁束による移動磁界と，回転円板上に生じる渦電流との電磁力の作用で回転円板は回転する。

一方，永久磁石により回転円板には速度に比例する$\boxed{\text{（ウ）制動トルク}}$が生じ，負荷の電力に比例する速度で回転円板は回転を続ける。したがって，計量装置でその回転数をある時間計量すると，その値は同時間中に消費された電力量を表す。

となります。
ゆえに、選択肢は、(3) となります。

(b)
まず回転数が 1 分間に 61 である計器の 1 時間へ換算した指示値 W_1〔kW・h〕は、

W_1＝61〔rev〕×60〔分〕÷1200〔rev/kW・h〕＝3.05〔kW・h〕

となります。
実際に接続したのは、3〔kW〕なので 1 時間へ換算した電力量 W_0〔kW・h〕は、

W_0＝3〔kW・h〕

となります。
よって、誤差率 η〔%〕は、

$$\eta = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 = \frac{3.05-3}{3} \times 100 = 1.7 \quad 〔\%〕$$

となります。

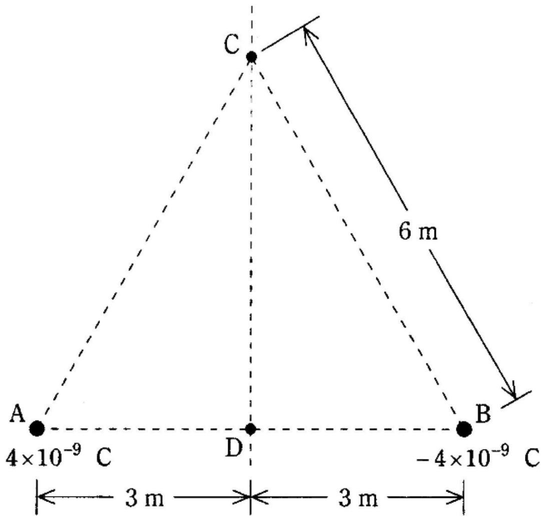
ゆえに、選択肢は、() となります。

問 17 及び問 18 は選択問題です。問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答してください。(両方解答すると採点されませんので注意してください。)

(選択問題)

【問題 17】　真空中において，図に示すように，一辺の長さが 6〔m〕の正三角形の頂点 A に 4×10^{-9}〔C〕の正の点電荷が置かれ，頂点 B に-4×10^{-9}〔C〕の負の点電荷が置かれている。正三角形の残る頂点を点 C とし，点 C より下した垂線と正三角形の辺 AB との交点を点 D として，次の（a）及び（b）に答えよ。

ただし，クーロンの法則の比例定数を 9×10^{9}〔N・m^2／C^2〕とする。



(a) まず，q_0〔C〕の正の点電荷を点 C に置いたときに，この正の点電荷に働く力の大きさは F_C〔N〕であった。次に，この正の点電荷を点 D に移動したときに，この正の点電荷に働く力の大きさは F_D〔N〕であった。力の大きさの比$\frac{F_C}{F_D}$の値として，正しいのは次のうちどれか。

(1) $\frac{1}{8}$　(2) $\frac{1}{4}$　(3) 2　(4) 4　(5) 8

(b) 次に，q_0〔C〕の正の点電荷を点 D から点 C の位置に戻し，強さが 0.5〔V／m〕の一様な電界を辺 AB に平行に点 B から点 A の向きに加えた。このとき，q_0〔C〕の正の点電荷に電界の向きと逆の向きに 2×10^{-9}〔N〕の大きさの力が働いた。正の点電荷 q_0〔C〕の値として，正しいのは次のうちどれか。

(1) $\frac{4}{3}\times10^{-9}$　(2) 2×10^{-9}　(3) 4×10^{-9}

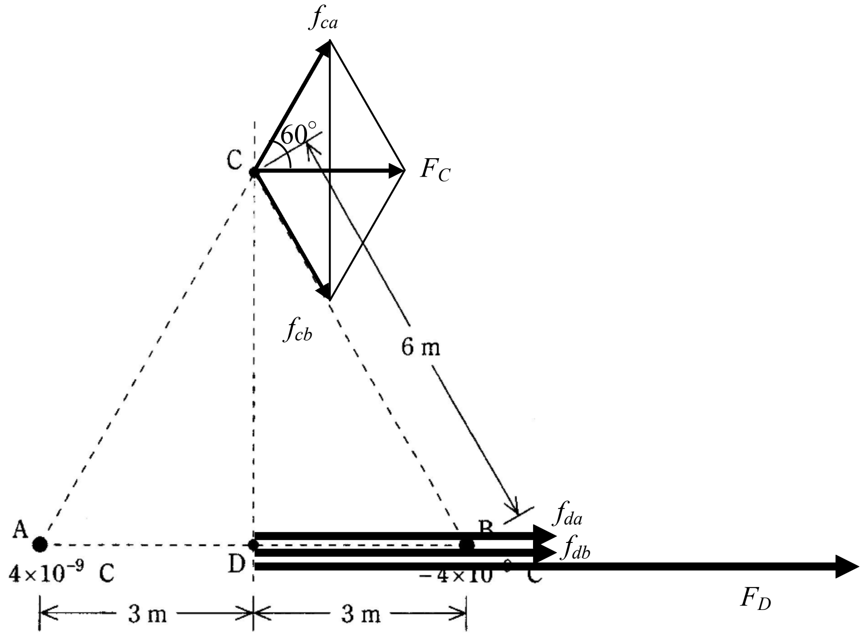
(4) $\frac{4}{3}\times10^{-8}$　(5) 2×10^{-8}

【解答】(a) ― (1)、(b) ― (3)

【解説】

(a)

設問を図にすると下図となります。



クーロンの法則から距離 6[m]の点 A による点 C に働く力 f_{ca} [N]と点 B による点 C に働く力 f_{cb} [N]を計算すると下記となります。

$$f_{ca} = 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2}$$

$$f_{cb} = 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2}$$

その合成力 F_C[N]は、

$$F_C = f_{ca}\cos 60° + f_{cb}\cos 60°$$

$$= 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2}\times\frac{1}{2} + 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2}\times\frac{1}{2}$$

$$= 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2}$$

となります。

同じく点 D に働く力は、

$$f_{da} = 9\times10^{9}\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{3^2}$$

$$f_{db} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} q_0}{3^2}$$

その合成力 F_D[N]は、

$$F_D = f_{da} + f_{db}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} q_0}{3^2} + 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} q_0}{3^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} q_0}{3^2} \times 2$$

となります。

よって

$$\frac{F_C}{F_D} = \frac{9 \times 10^9 \times \dfrac{4 \times 10^{-9} q_0}{6^2}}{9 \times 10^9 \times \dfrac{4 \times 10^{-9} q_0}{3^2} \times 2}$$

$$= \frac{1 \times \dfrac{1}{6^2}}{1 \times \dfrac{1}{3^2} \times 2}$$

$$= \frac{3^2}{6^2 \times 2}$$

$$= \frac{1^2}{2^2 \times 2}$$

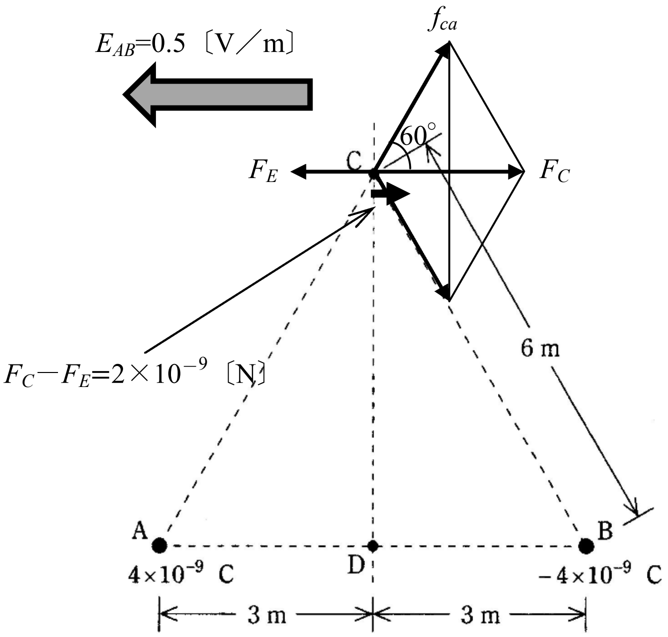
$$= \frac{1}{8}$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(1) となります。

（b）

設問を図にすると下図となります。



強さが E_{AB}=0.5〔V／m〕の一様な電界による力 F_E[N]を計算すると

$F_E = E_{AB}\,q_0 = 0.5\,q_0$

となります。よって、

$$F_C - F_E = 9\times10^9\times\frac{4\times10^{-9}q_0}{6^2} - 0.5q_0 = 2\times10^{-9}$$

$$\frac{9\times4\times q_0}{36} - 0.5q_0 = 2\times10^{-9}$$

$$q_0 - 0.5q_0 = 2\times10^{-9}$$

$$q_0 = 4\times10^{-9}$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(3) となります。

（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）に答えよ。

（a）演算増幅器の特徴に関する記述として，誤っているのは次のうちどれか。

（1）反転増幅と非反転増幅の二つの入力端子と一つの出力端子がある。

（2）直流を増幅できる。

（3）入出力インピーダンスが大きい。

（4）入力端子間の電圧のみを増幅して出力する一種の差動増幅器である。

（5）増幅度が非常に大きい。

（b）図 1 及び図 2 のような直流増幅回路がある。それぞれの出力電圧 V_{o1}〔V〕，V_{o2}〔V〕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。

　ただし，演算増幅器は理想的なものとし，V_{i1}＝0.6〔V〕及び V_{i2}＝0.45〔V〕は入力電圧である。

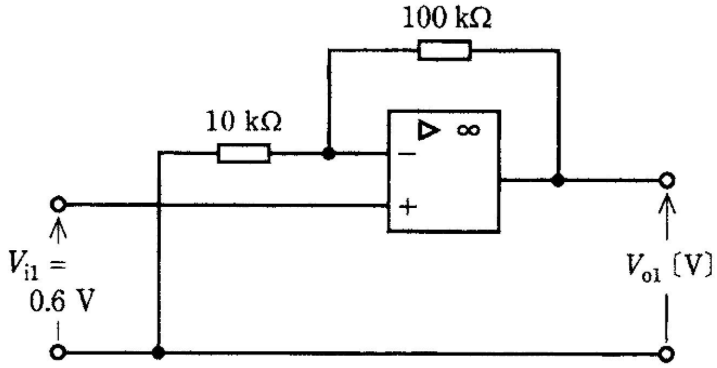


図 1

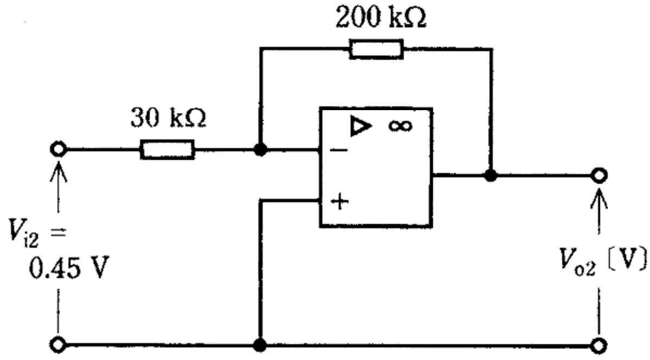


図 2

	V_{o1}	V_{o2}
(1)	6.6	3.0
(2)	6.6	−3.0
(3)	−6.6	3.0
(4)	−4.5	9.0
(5)	4.5	−9.0

【解答】(a) ― (3)、(b) ― (2)

【解説】

(a)

(3) が間違っています。正しくは、「入力インピーダンスが大きく、出力インピーダンスは、小さい。」となります。その他は、正しいです。

ゆえに、選択肢は、(3) となります。

(b)

図 1 について検討します。

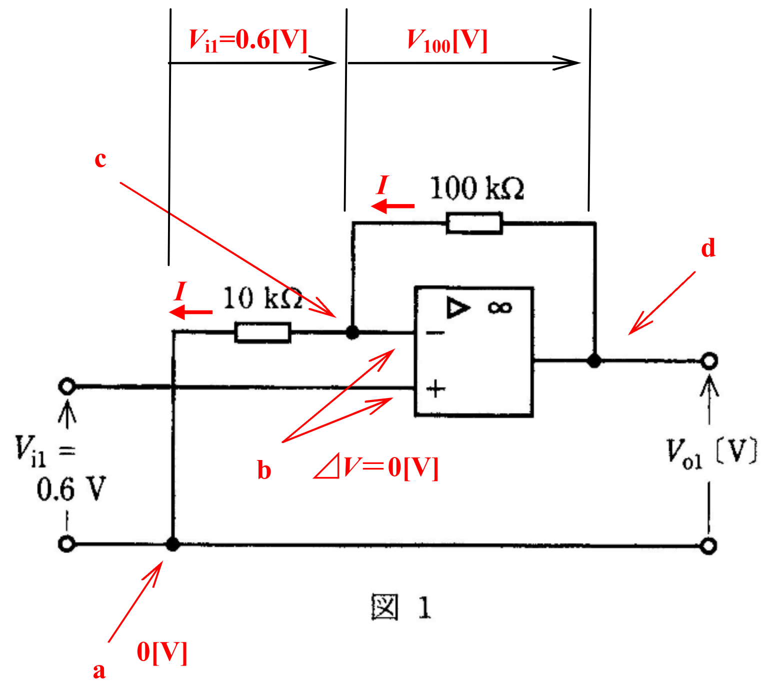


図 1

回路図で反転入力端子と非反転入力端子の電位差は、0[V]になりますので、b 点は、電位差⊿V=0[V]です。

次に a 点を基準電圧の 0[V]とすると c 点は、V_{i1}=0.6[V]になります。

よって、c 点から a 点へ流れる電流 I[A]は、

$$I=\frac{V_{i1}}{10\mathrm{k}\Omega}=\frac{0.6}{10\mathrm{k}\Omega}=0.06\ [\mathrm{mA}]$$

となります。

この電流が、抵抗 100[kΩ]にも流れるので、電圧 V_{100}[V]は、

$$V_{100}=100\mathrm{k}\Omega\times0.06\mathrm{mA}=6[\mathrm{V}]$$

となります。

よって、出力電圧 V_{o1}[V]は、

$$V_{o1}=V_{i1}+V_{100}=0.6+6=6.6\quad[\mathrm{V}]$$

となります。

次に、図２について検討します。

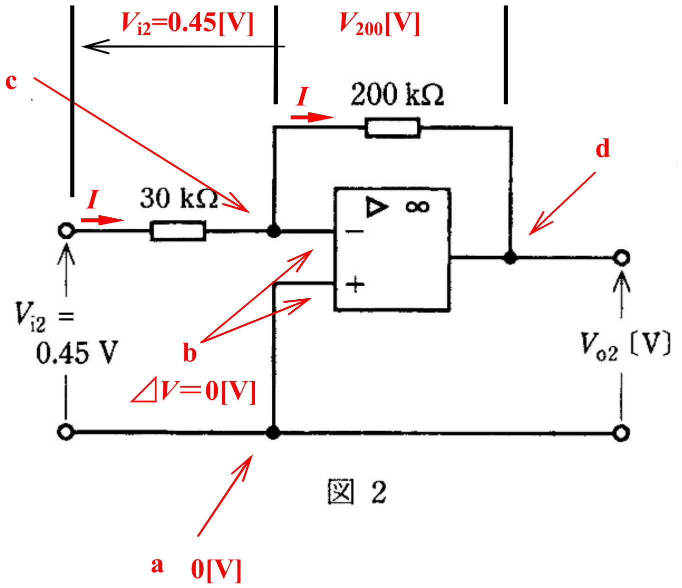


図 2

まず回路図で反転入力端子と非反転入力端子の電位差は、0[V]になりますので、b 点は、電位差⊿V＝0[V]です。

次に a 点を基準電圧の 0[V]とすると c 点は、**0[V]**になります。

よって c 点に流れ込む電流 I[A]は、

$$I=\frac{V_{i2}}{30k\Omega}=\frac{0.45}{30k\Omega}=0.015[\mathrm{mA}]$$

となります。

この電流が、抵抗 200[kΩ]にも流れるので、電圧 V_{200}[V]は、

$$V_{200}=200\mathrm{k}\Omega\times0.015\mathrm{mA}=3[\mathrm{V}]$$

となります。

よって、出力電圧 V_{o2}[V]は、

$$V_{o2}=0-V_{200}=-3 \qquad [\mathrm{V}]$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(2) となります。