

第1回 夕霧塾 本番同レベル模試

第3種

理 論

(第1時限目)

めくったらすぐ問題ですので
気を付けてください

問1 図1のように静電容量Cのコンデンサーを充電した後、図2のようにスイッチを切ってから帯電していない導体をゆっくりとコンデンサーに入れる。導体が長さyだけ挿入されているときのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーとして、もっとも適当なものを(1)～(5)の中から一つ選べ。

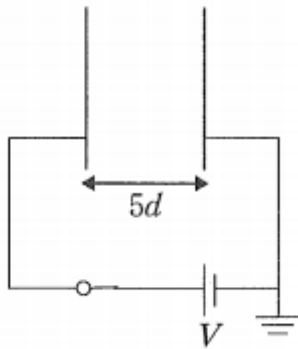


図1

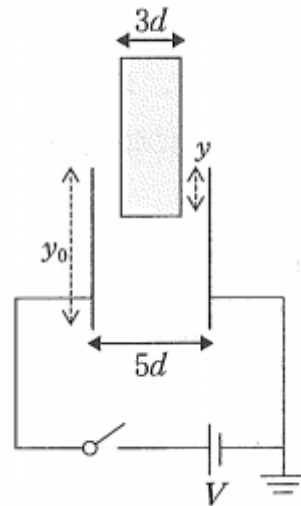


図2

- (1) $\frac{y}{3y_0 + 2y} CV^2$ (2) $\frac{y^2 CV^2}{3y_0 + 2y}$ (3) $\frac{y_0 CV^2}{2y_0 + 3y}$ (4) $\frac{3y_0 + 2y}{y CV^2}$ (5) $\frac{y}{2y_0 + 3y} CV^2$

珠玉の解答

目標：2分 難易度：標準

スイッチを切っているので、合計の電荷量は不変。初めの静電容量をCとする。

$$\text{空気だけの部分は } C_1 = \frac{y_0 - y}{5y} C$$

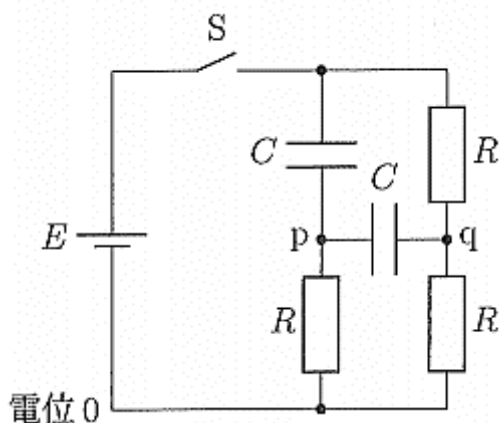
$$\text{導体がある部分は } C_2 = \frac{y_0}{2y} C$$

$$\text{これらが並列だから、合成で } C' = \frac{2y_0 + 3y}{2y_0} C$$

$$\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C'} = \frac{1}{2} \frac{(CV)^2}{C'} = \frac{y_0 CV^2}{2y_0 + 3y}$$

答 (3)

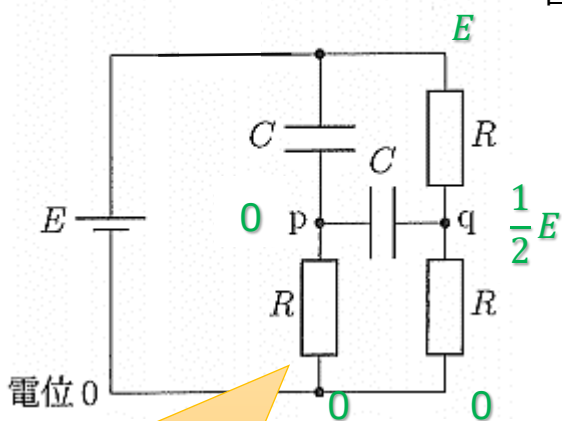
問2 図の2つのコンデンサーはどちらも帯電していない。この状態からスイッチSを閉じて十分に時間を経過させた。pq間のコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーとして最も適当なものを、次の(1)～(5)の中から選べ。



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

珠玉の解答

目標：10秒 難易度：超易しい



$$\frac{1}{2}C \left(\frac{1}{2}E\right)^2 = \frac{1}{8}CE^2$$

答 (5)

ここに電流は流れないので
電圧降下ゼロ→pの電位はゼロ

問3

箔が閉じている箔検電器がある。
この箔検電器に次の A, B, C, D の操作をこの順にしたとき、最終的な箔の状態について最も適当なものを次の (1) ~ (5) の中から選べ。

- A 負の帯電体を円板に近づける。
- B 負の帯電体を近づけたまま、円板に指で触れる。
- C その後に指を離し、さらに負の帯電体を遠ざける。
- D さらにその後、再び円板に指で触れる。

- (1) 箔は負に帯電し、開いている。
- (2) 箔は正に帯電し、開いている。
- (3) 箔は帯電せず、閉じている。
- (4) 箔は負に帯電し、閉じている。
- (5) 箔は正に帯電し、閉じている。

珠玉の解答

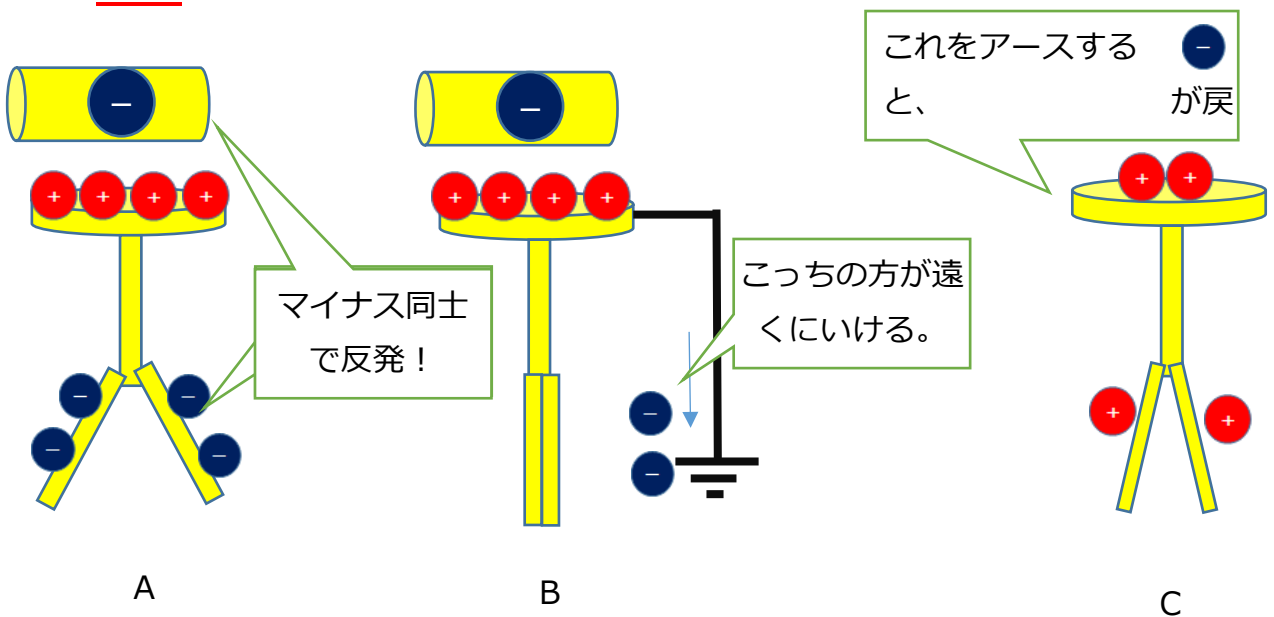
目標：2分 難易度：超易しい

夕霧ポイント

指で触れる = アースする

最終的に帯電体が何も近づいていない状態で指を触れたのだから、それまでの過程がどうであれ、完全にアースされてプラマイゼロになり、箔は閉じる。

答 (3) 念のために、A~Cの動きを載せておくよ！



問4

図1のように、巻数1、半径 r の円形のコイル1が、鉛直上向きで一様な磁束密度 B の磁場中に置かれている。コイルの面は磁場に垂直である。このとき、図2のように、磁束密度 B を時刻 $t=0$ から t_0 までの間に、 $B_0(>0)$ から0まで一定の割合で減少させた。

コイル1に発生する誘導起電力（端子aを基準とした端子bの電位）として適当なものを、次の(1)～(5)の中から選べ。

- (1) $-\frac{\pi r^2 B_0}{t_0}$ (2) $-\frac{B_0}{t_0}$ (3) $\frac{\pi r^2 B_0}{t_0}$ (4) $\frac{B_0}{t_0}$ (5) $\frac{B_0}{2t_0}$

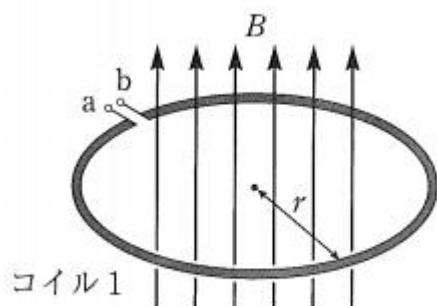


図1

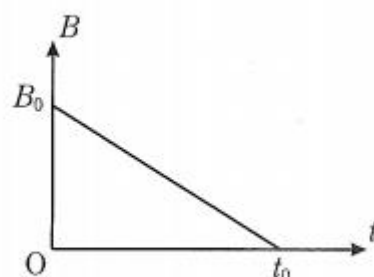
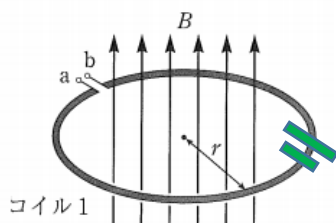


図2

珠玉の解答

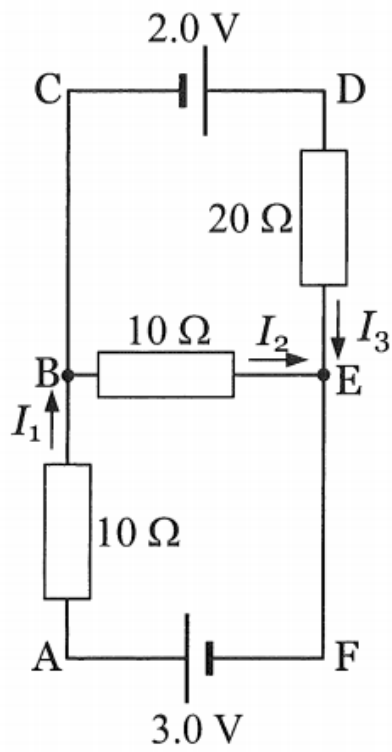
目標：2秒 難易度：超易しい



磁束が減るので、増やしたい。よって上向きに右手の親指を立てる。

くると他の指がくるむ方に電流が流れる向きに起電力が生じる。つまり図のような起電力が生じているということ。大きさは磁束の時間変化率。答 (3)

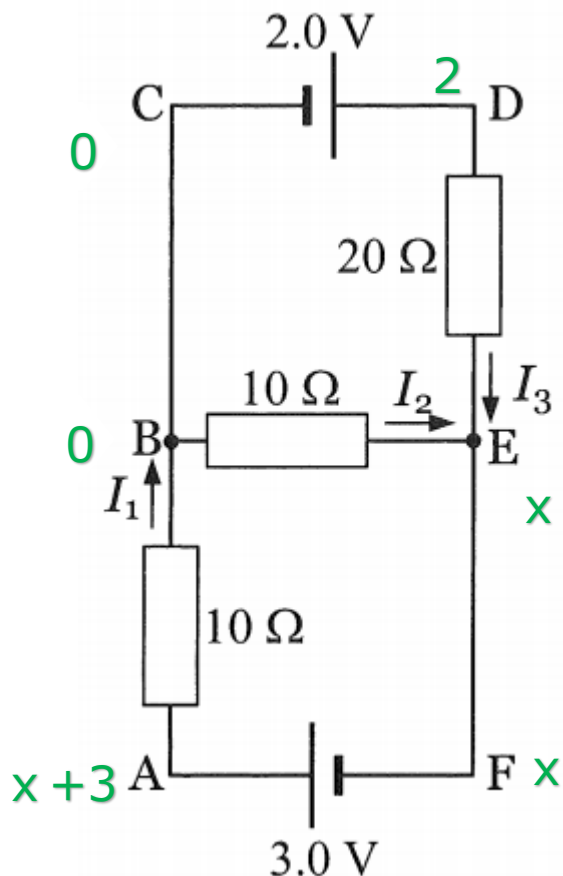
問 5 図の回路において、 I_3 の値[A]として最も近いものを次の (1) ~ (5) の中から選べ。



- (1) 0.14 (2) 0.28 (3) 1.42 (4) -0.15 (5) -0.28

珠玉の解答

目標：2分 難易度：標準



より

$$I_2 + I_3 = I_1$$

$$\frac{-x}{10} + \frac{2-x}{20} = \frac{x+3}{10}$$

分母を同じ数で割る
(両辺 10 倍)

$$2 - x = 4x + 6$$

$$\therefore x = -\frac{4}{5}$$

分子分母を 5 倍する
と暗算でいける

$$I_3 = \frac{2-x}{20} = \frac{2+\frac{4}{5}}{20} = 0.14$$

答 (1)

時間が余ったら I_1 、 I_2 も出して、 $I_2 + I_3 = I_1$ になるかどうか見る。

$$I_1 = \frac{x+3}{10} = \frac{11}{50}, \quad I_2 = \frac{-x}{10} = \frac{4}{50}$$

で大丈夫。

ポイント：EF を流れる電流と 3.0V を流れる電流と I_1 は同じ。

ちなみに、流れる電流が同じって直列のこと。だからもし EF に 10Ω の抵抗があったら、AB の 10Ω との合成抵抗は 5Ω、のようにできる。(直列合成)

問 6

図 1 のように一対の平行極板を y 軸に垂直に配置する。極板の x 軸方向の長さを ℓ とし、質量 m 、電荷 q (ただし q は正) の荷電粒子を x 軸に平行に原点 O から速さ v で入射する。極板間には y 軸の正の方向に一様な強さ E の電場 (電界) を加えることができる。また、極板間の薄く塗りつぶした領域には一様な磁束密度 B の磁場 (磁界) を紙面裏側から表側に向かって垂直に加えることができる。電場、磁場の強さは、荷電粒子が極板に衝突せず、極板間の薄く塗りつぶした領域の右端を通過する程度であるものとする。

(ア)～(エ)に入るものの組み合わせとして正しいものを、次の (1) ～ (5) の中から選べ。

電場のみが加えられている場合、荷電粒子が図 1 の薄く塗りつぶした領域の右端を通過するときの速さは(ア)であり、その軌跡は(イ)である。

磁場のみが加えられている場合、荷電粒子が図 1 の薄く塗りつぶした領域の右端を通過するときの速さは(ウ)であり、その軌跡は(エ)である。

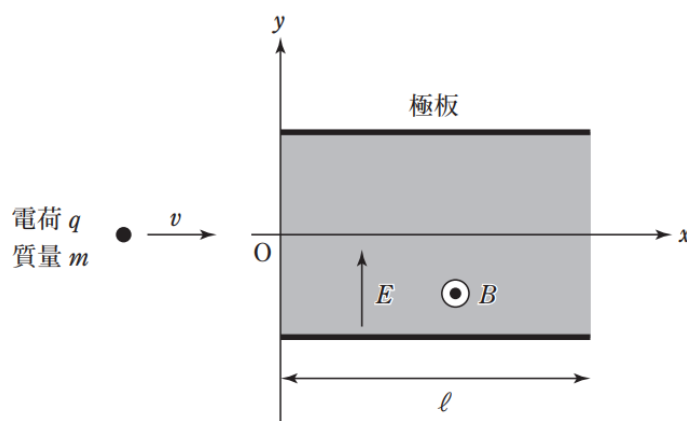
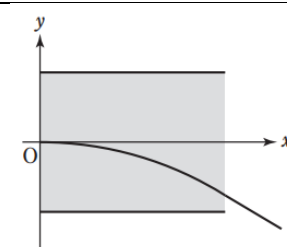
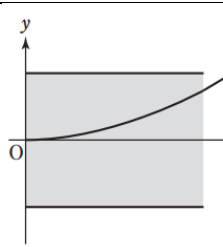
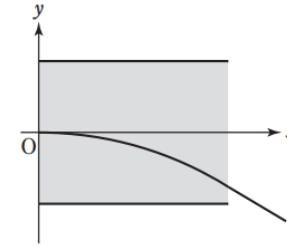
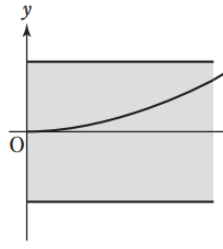
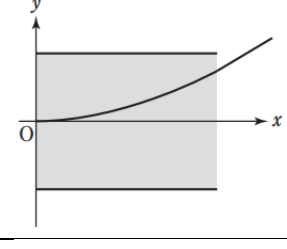
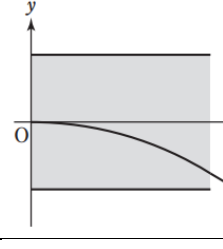
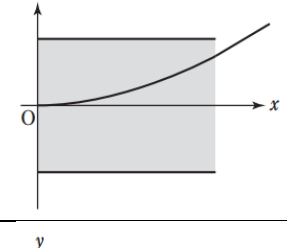
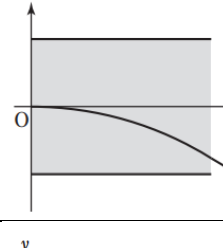
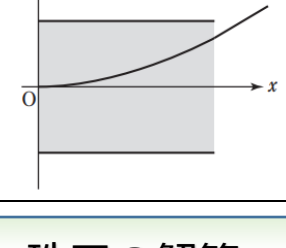
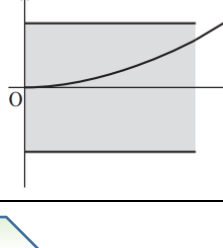


図 1

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$\sqrt{v^2 + \left(\frac{qEl}{mv}\right)^2}$		v	
(2)	$\sqrt{v^2 + \frac{1}{2}mv^2}$		$\sqrt{v^2 + \left(\frac{qE}{v}\right)^2}$	
(3)	$\sqrt{\frac{q^2}{v} + \left(\frac{qEl}{mv}\right)^2}$		$\sqrt{v^2 + \frac{1}{2}mv^2}$	
(4)	$\sqrt{v^2 + \left(\frac{qEl}{mv}\right)^2}$		v	
(5)	$\sqrt{v^2 + \frac{1}{2}mv^2}$		$2v$	

珠玉の解答

目標 : 3分 難易度 : 標準

x成分 y成分

(ア) $\sqrt{v^2 + \left(\frac{qE \cdot l}{m \cdot v}\right)^2}$

↑ ↑
 加速度 時間

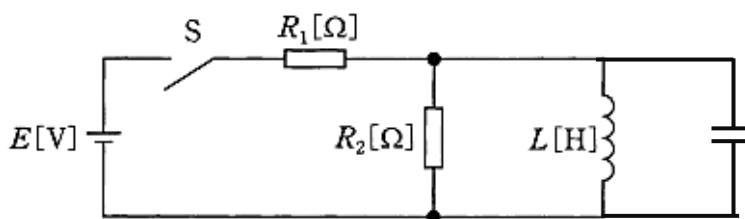
(ウ) は進む向きに力を受けないので v のまま。

答 (4)

問8

- 1 スイッチ S を閉じた瞬間(時刻 $t = 0 \text{ s}$)に $R_1[\Omega]$ 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、 $R_1[\Omega]$ 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。

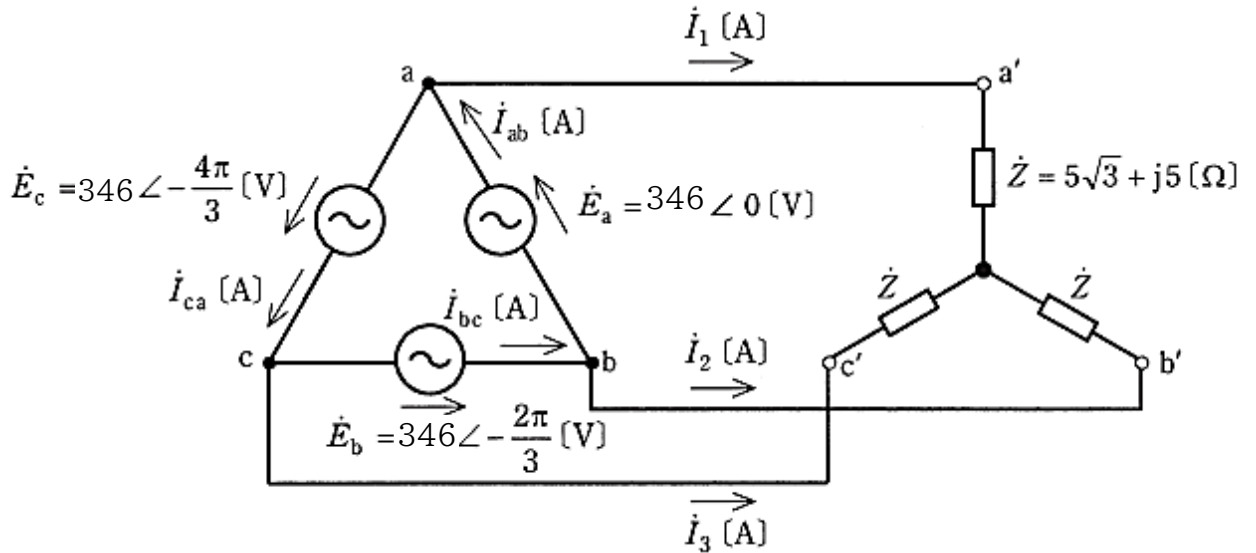


	(ア)	(イ)
(1)	$\frac{E}{R_1 + R_2}$	$\frac{E}{R_1}$
(2)	$\frac{R_2 E}{(R_1 + R_2) R_1}$	$\frac{E}{R_1}$
(3)	$\frac{E}{R_1}$	$\frac{E}{R_1 + R_2}$
(4)	$\frac{E}{R_1}$	$\frac{E}{R_1}$
(5)	$\frac{E}{R_1 + R_2}$	$\frac{E}{R_1 + R_2}$

珠玉の解答

目標：5秒。 難易度：超易しい 答 (4)

問10 図のように、相電圧 346 [V] の対称三相交流電源に、複素インピーダンス $\dot{Z} = 5\sqrt{3} + j5$ [Ω] の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。



電流 \dot{I}_1 [A] 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) $20.00 \angle -\frac{\pi}{3}$
- (2) $20.00 \angle -\frac{\pi}{6}$
- (3) $16.51 \angle -\frac{\pi}{6}$
- (4) $11.55 \angle -\frac{\pi}{3}$
- (5) $11.55 \angle -\frac{\pi}{6}$

珠玉の解答

目標：5秒。 難易度：超易しい ベクトル図を描くまでもない。

Yに変換 $\frac{346}{\sqrt{3}} \angle -\frac{\pi}{6}$

一相のZ $10 \angle \frac{\pi}{6}$

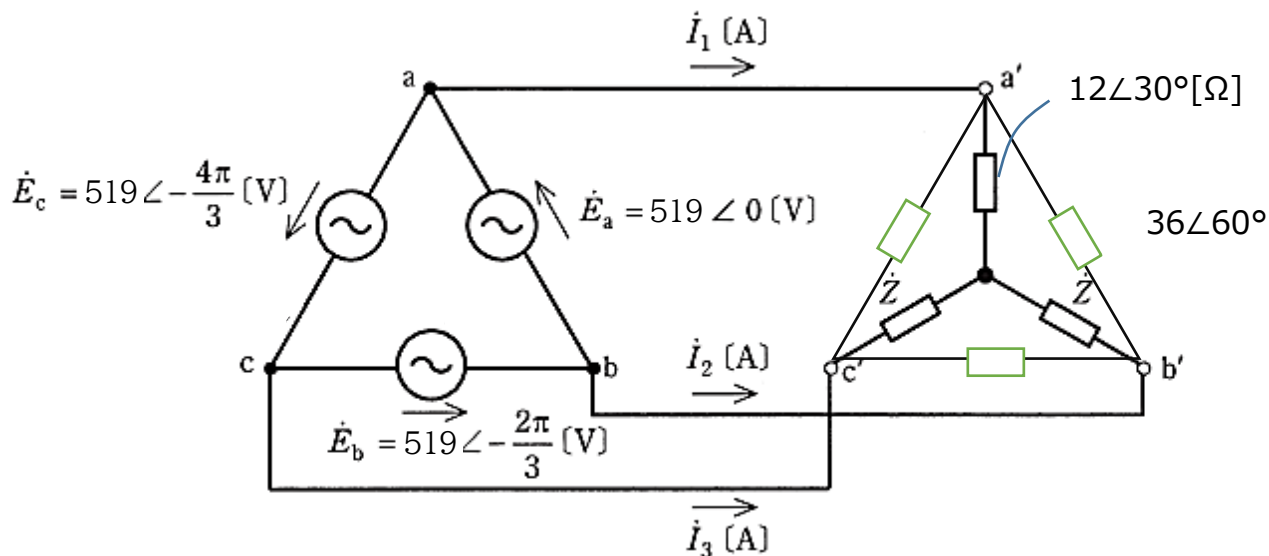
$$\frac{\frac{346}{\sqrt{3}} \angle -\frac{\pi}{6}}{10 \angle \frac{\pi}{6}} = 20.00 \angle -\frac{\pi}{3}$$

答 (1)

大きさは割る

角度は引く

問 12



電流 \dot{I}_1 [A] 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) $52.16 \angle -75^\circ$ (2) $37.24 \angle -75^\circ$
 (3) $48.37 \angle -75^\circ$ (4) $25.00 \angle -15^\circ$
 (5) $25.00 \angle -60^\circ$

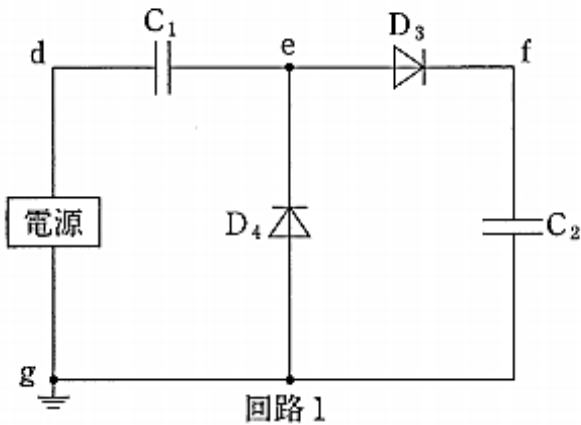
珠玉の解答

目標：2分。 難易度：思いつかなきゃ捨て問
 Δ -Y変換すると問11と全く同じ回路になる。

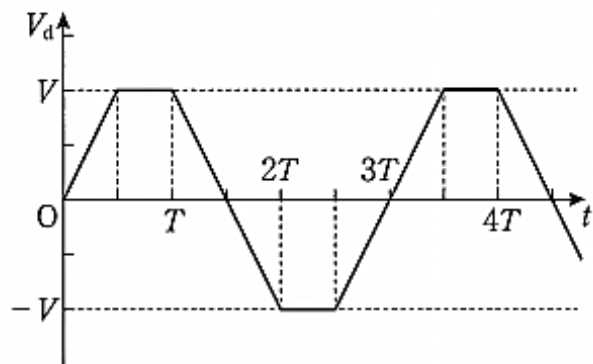
答 (3)

問13

図2(a)のような、電源、コンデンサー C_1 、 C_2 、ダイオード D_3 、 D_4 からなる回路を考える(回路1とする)。コンデンサー C_1 、 C_2 の電気容量は、ともに C である。以下では、ダイオード D_3 、 D_4 は順方向には電圧降下が無視でき、逆方向には全く電流が流れない理想化されたものとする。図2(b)のように、点 g を基準とした点 d での電位 V_d が振幅 V となるような、周期 $3T$ の電位差を電源で発生させた。また、点 g を基準とした点 e 、点 f での電位をそれぞれ V_e 、 V_f とする。時刻 $t = 0$ において、コンデンサー C_1 、 C_2 には電荷は蓄えられていなかったものとする。



(a)



(b)

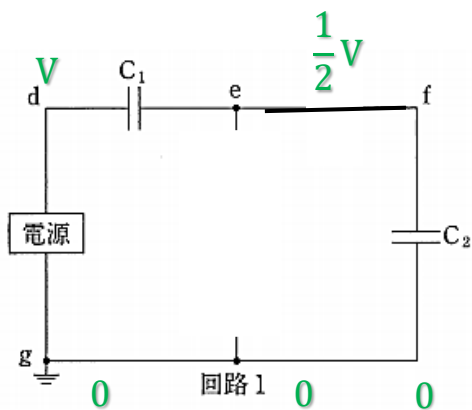
時刻 $t = T$ における V_f の値を V_1 とする。

V_1 の値として、正しいものを次の(1)~(5)の中から選べ

- (1) 0 (2) $-\frac{V}{2}$ (3) $\frac{V}{2}$ (4) V (5) $\frac{3V}{2}$

珠玉の解答

目標 : 5 秒 難易度 : 超易しい

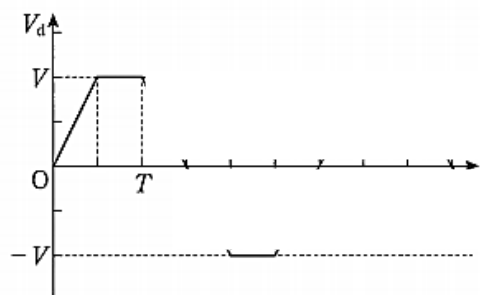


理想的なダイオード

- ・ONの向きに電圧がかかっていれば**ただの導線**
- ・逆の電圧なら**断線**

夕霧ポイント

ダイオードが導線か断線かをまず考える。
回路に電位を書き込んでいけば余裕。



夕霧ポイント

周期 T がミリ秒だと思つと分かりにくい。
指定されていなかったら、10日ぐらいと考えると分かりやすい。
5日間電圧をあげて、5日そのまま放置したときの V_f を考えればよい。

静電容量が同じなので、電圧は半分ずつかかる。

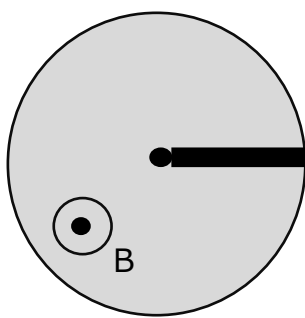
答 (3)

問 14

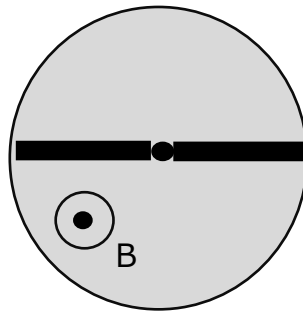
金属円筒の中に磁場が発生している。円筒の中心には軸があり、角速度 ω で回転する。

この回転する軸に導体棒を取り付けて、中心軸と金属円筒の壁の間に起電力が生じるようにしたい。①～③は上から見た図である。

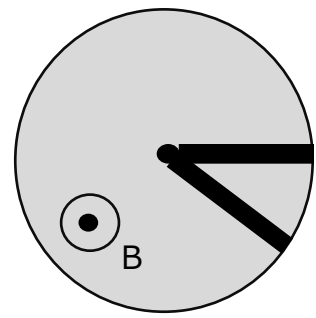
①～③の、中心軸と円筒間の起電力の大小関係として最も適当なものを次の(1)～(5)の中から選べ。



①



②



③

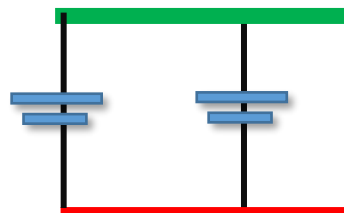
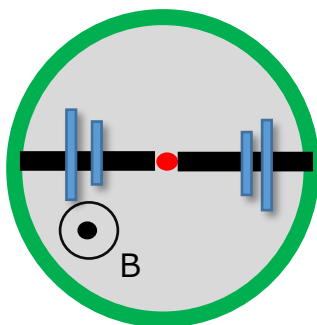
- (1) ①>②>③ (2) ③>①>② (3) ②>③>①
 (4) ①=③>② (5) ①=②=③

珠玉の解答

目標：5秒 難易度：超易しい

つながっている導体は等電位。②と③は起電力「緑-赤」の並列になる。

どっち回転と仮定してもよい。ここでは反時計回りに回転とする。



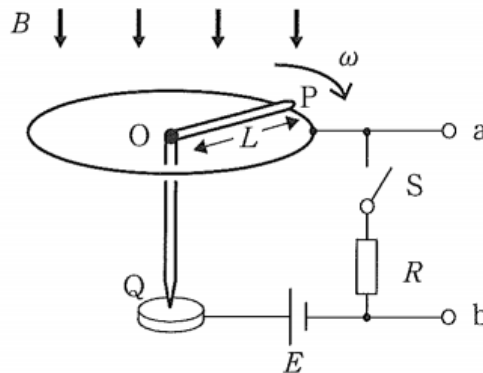
答 (5)

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図のような装置がある。はじめ、端子 a,b には何も接続せず、磁界も加えない状態でスイッチ S を閉じた。この時回路には一定の電流が流れ、単位時間当たり (ア) のジュール熱が発生した。

次に、導体棒 OP を固定し、鉛直下向きに磁束密度 B の一様な磁界を加えた。この時、導体棒 OP には磁界から (イ) の大きさの力が働いている。

続いて、スイッチ S を開き、鉛直下向きに磁束密度 B の一様な磁界を加えた。さらに、外部の力で導体棒を図の向きに角速度 ω で回転させた。導体棒が単位時間あたりに磁界を横切る面積は $\frac{1}{2}L\omega^2$ なので、この時 O に対して P に生じる誘導起電力は (ウ) である。



(a) (ア)~(ウ)に入る式の組み合わせとして最も適当なものを次の(1)~(5)の中から選べ。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ア	$\frac{E^2}{R}$	$\frac{E^2}{R}$	$\frac{E^2}{R}$	0	0
イ	$\frac{EBL}{R}$	$\frac{EBL}{R}$	0	$\frac{EBL}{R}$	0
ウ	$BL\omega^2$	$\frac{BL\omega^2}{2}$	0	$\frac{BL\omega^2}{2}$	0

(b) 最後の状態で導体棒が ω で回転しているのは、 ω で回転している水車のような外部動力に取り付けられているからである。この状態で端子 a,b 間に洗濯機をつなぐと、洗濯機に電流が流れて洗濯をすることができる。a,b 間に洗濯機をつないだ直後に起こることとして最も適当なものを、次の(1)～(5)の中から選べ。

- (1) 回転角速度が ω より遅くなる。
- (2) 回転角速度が ω より早くなる。
- (3) 回転角速度は変わらない。
- (4) 回転が止まる。
- (5) 逆回転する。

珠玉の解答

(a) 目標：1分 難易度：標準

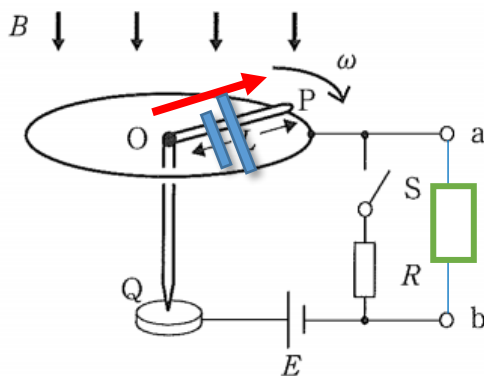
(ア) つながっている導体は等電位なので、ただの E と R の直流回路。

(イ) IBL を求めればよい。

(ウ) ファラデーの法則通り。単位時間に掃く面積は文中に書いてくれている。

答 (2)

(b) 目標：2秒 難易度：標準



- ・電流が流れる。
- ・電流は磁場から力をうける。
- ・この場合、回転と逆向きに力を受ける。
- ・もしも逆回転するのであれば、その前に遅くなる→0になる→逆回転になるの段階を踏むであろう。

答 (1)

問16 図のように、水平な床の上に2本のなめらかな金属レールが間隔 L で平行に設置され、レールに垂直に導体棒が置かれている。レールには電圧 V の直流電源、および抵抗値 R の抵抗が接続され、全体に磁束密度 B の一様な磁場が鉛直上向きにかけられている。また、導体棒は手から、レールに平行な大きさ F の力を受けている。ただし、レールと導体棒およびその間の電気抵抗は無視できるものとする。

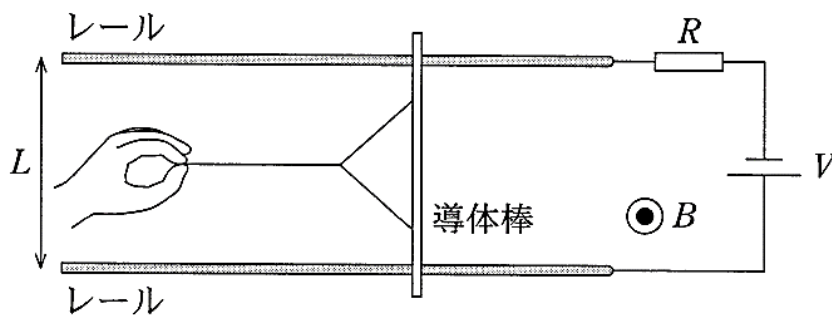


図 3

(a) 導体棒が静止しているとき、 F を表す式として正しいものを次の(1)~(5)の中から選べ。

(1) 0 (2) $\frac{VBL}{R}$ (3) $\frac{VBL}{2R}$ (4) $\frac{(VBL)^2}{2R}$ (5) $\frac{V(BL)^2}{2}$

(b) 力の大きさ F を変えて、導体棒を左向きに一定の速さ v で運動させた。このとき、導体棒に流れる電流 I を表す式として正しいものを、次の(1)~(5)の中から選べ。

(1) 0 (2) $\frac{V - vBL}{R}$ (3) $\frac{V + vBL}{R}$ (4) $\frac{V - vBL}{2R}$ (5) $\frac{V(BL)^2}{2}$

珠玉の解答

(a) 目標 : 5 秒 難易度 : 標準

静止しているのだから、導体棒が手から受ける力 F と、導体棒が磁場から受ける力が釣り合っている。

釣り合っているということは、この 2 つの力は

- ・大きさが同じで
- ・逆向き

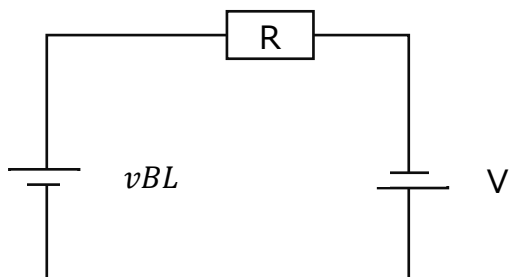
ということだ。

ということは、 F の大きさは電磁力の大きさと同じだから、 $\frac{V}{R}BL$ となるね！

答 (2)

(b) 目標 : 5 秒 難易度 : 標準

導体棒は起電力 vBL の電池となるね！起電力の向きは右ねじで考えて、図のような向きだ。



流れる電流はもちろん

$$I = \frac{V + vBL}{R}$$

となるね！

答 (3)

夕霧ポイント

(b) のとき、**抵抗で消費される電力**は $IV + Fv$, つまり

「電源が供給する電力」と「手のした仕事率」の和だ。

エネルギー保存則だね！

(選択問題)

問 17 図のように、水平な床の上に 2 本のなめらかな金属レールが間隔 L で平行に設置され、レールに垂直に導体棒が置かれている。レールには電圧 V の直流電源、および抵抗値 R の抵抗が接続され、全体に磁束密度 B の一様な磁場が鉛直上向きにかけられている。

スイッチ S を閉じると、導体棒に電流が流れ、導体棒は磁場から力を受けて動きだした。

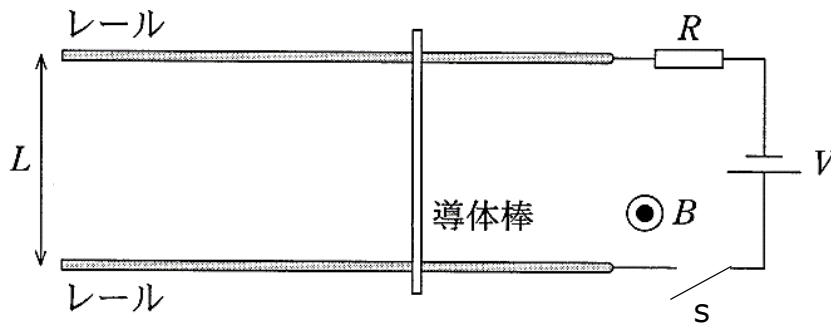


図 3

(a) 導体棒の速さが v であるとき、導体棒に流れる電流の大きさとして正しいものを次の(1)~(5)の中から選べ。

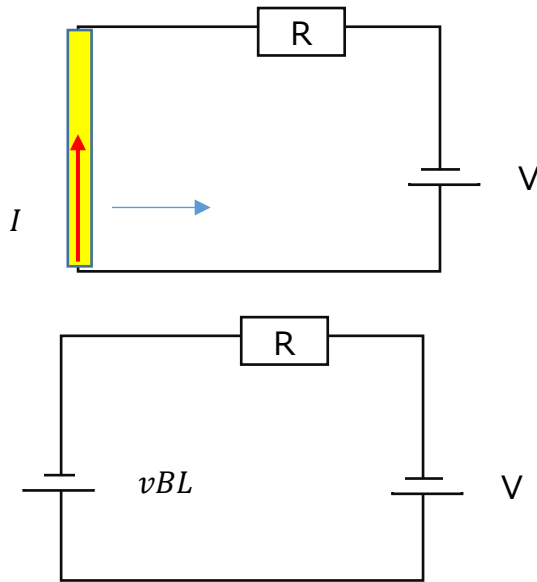
(1) 0 (2) $\frac{V - vBL}{R}$ (3) $\frac{V + vBL}{R}$ (4) $\frac{V - vBL}{2R}$ (5) $\frac{V(BL)^2}{2}$

(b) 導体棒の速さは一定値 v_0 に近づく。この速さの値として正しいものを次の(1)~(5)の中から選べ。

(1) 0 (2) $\frac{V}{BL}$ (3) $\left(\frac{V + vBL}{R}\right)B$ (4) $\left(\frac{V - vBL}{2R}\right)\frac{B}{2}$ (5) $\frac{BL}{V}$

珠玉の解答

(a) 目標：5秒 難易度：標準



導体棒に電流が流れる



電流が磁場から**電磁力 IBL** を受けて棒が右に動く。



磁場中を導体棒が動くので、導体内の自由電子が**ローレンツ力**を受けて**誘導起電力 vBL** となる。

誘導起電力の向きに注意して等価回路を描く。 **答 (2)**

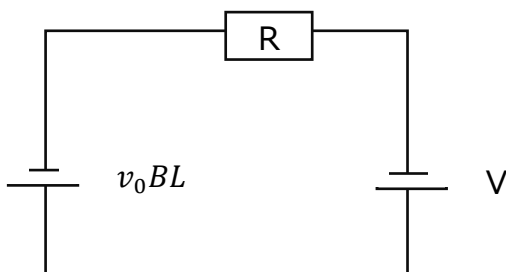
(b) 目標：5秒 難易度：標準

速さが一定値に近づく → 等速で動いている → 加速度が0 → 力の合力が0

導体棒が磁場中を動いている限り、誘導起電力は必ず発生している。

もしも電流が流れていたら、電流は必ず磁場から電磁力を受ける。

今、導体棒が受ける力は電磁力しかなく、それが0だというのだから、
ということは、流れている電流がゼロなんだ。



この状態で電流が0なので、

$$v_0BL = V$$

$$v_0 = \frac{V}{BL}$$

答 (2)