平成28年度　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

Ｊ３ 物理　Ｊ４ 化学　Ｊ５ 生物

この冊子は，物理，化学および生物の問題を１冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は，物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は，物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は，1ページより18ページまであります。
化学の問題は，19ページより34ページまであります。
生物の問題は，35ページより64ページまであります。

〔注　　意〕

(1) 試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

(2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用紙に志望学科と受験番号を記入してください。また，解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し，さらに受験番号と志望学科をマークしてください。

(3) 解答は，所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

(4) 解答用マークシートについて

① 解答用マークシートは，絶対に折り曲げてはいけません。

② マークには黒鉛筆(ＨＢまたはＢ)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③ 誤ってマークした場合は，消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④ 解答欄のマークは，横１行について１箇所に限ります。２箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を，必ず読んでから解答してください。

(5) 試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

(6) 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

物　　理

1 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(セ)}}$ にあてはまる適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(40点)

(1) 質量 m〔kg〕の同じ2つの小球(以下，小球1，小球2とよぶ)を地上の異なる点から同時に斜方投射して衝突させる運動を考えよう。ただし，小球1，小球2は同一面内で運動し，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

(a) 図1－1のように，小球1を投げた点を原点Oとして，水平な地面に沿って x 軸，鉛直方向に y 軸をとる。原点Oから，水平方向に対して角度 θ だけ上向きに，初速度の大きさ v_0〔m/s〕で，小球1を投げた。同時に点Aから，原点方向に対して角度 θ だけ上向きに，初速度の大きさ v_0〔m/s〕で，小球2を投げた。

2つの小球がそれぞれ最高点に到達し，その後，点Pで弾性衝突した。点Pで小球1が受ける力積の大きさは $\boxed{\text{(ア)}}$〔N・s〕である。

次に，小球1は最高到達点と等しい x 座標をもつ点Bで地面と非弾性衝突した。このことから，OA間の距離は $\boxed{\text{(イ)}}$〔m〕である。小球1は点Bで地面と衝突した後，原点Oで地面に再び衝突した。この場合の小球と地面との間の反発係数(はねかえり係数)は $\boxed{\text{(ウ)}}$ である。

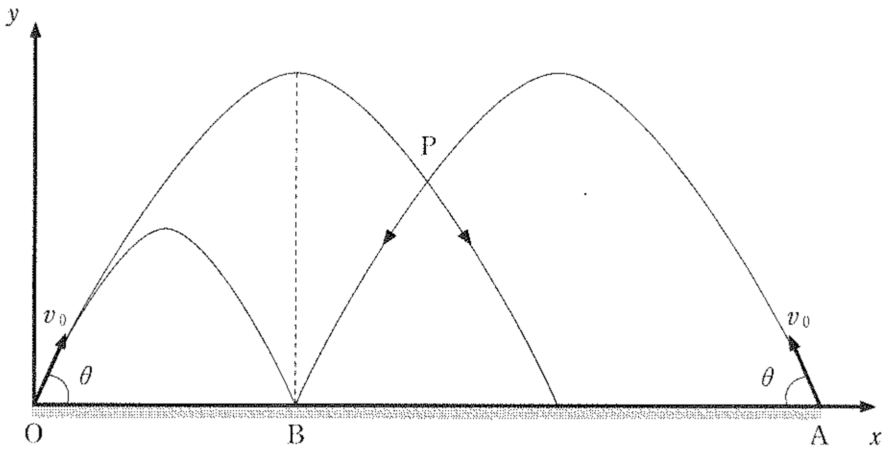


図1－1

(ア)～(ウ)の解答群

(11) mv_0	(12) $mv_0 \cos\theta$	(13) $2mv_0$	(14) $2mv_0 \cos\theta$
(15) $\dfrac{v_0^2 \sin\theta}{g}$	(16) $\dfrac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$	(17) $\dfrac{3v_0^2 \sin\theta}{2g}$	(18) $\dfrac{3v_0^2 \sin 2\theta}{2g}$
(19) 0.2	(20) 0.3	(21) 0.5	(22) 0.8

(b) 図1－2のように，小球2を点Aとは異なる点Cから斜方投射したところ，2つの小球はそれぞれ最高点に到達し，ある点Qで弾性衝突した。その後，小球1は地面上の点B_1，B_2，…で地面と非弾性衝突を繰り返したのち，原点Oで鉛直方向の運動をやめ，水平方向のみに運動を続けた。

この運動において，原点Oから小球1が投げられてから再び原点Oに戻ってくる間，小球1の力学的エネルギーの変化量は (エ) 〔J〕である。また，小球と地面との間の反発係数(はねかえり係数)をeとすると，小球1が投げられてから再び原点Oに戻ってくるまでの時間は (オ) 〔s〕であり，OC間の距離は (カ) 〔m〕である。

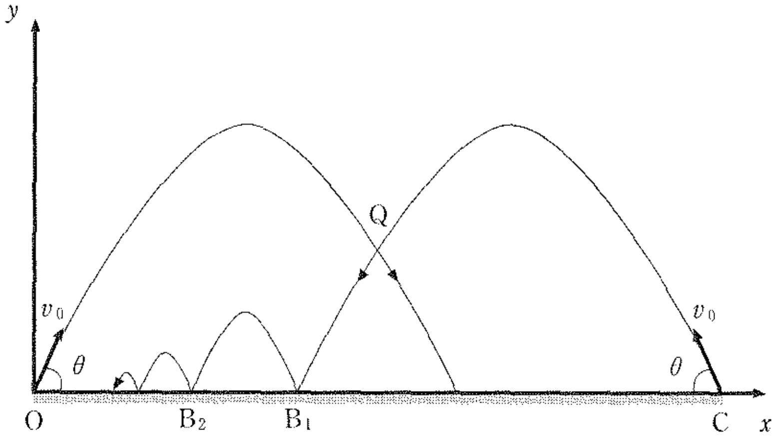


図1－2

(エ)～(カ)の解答群

(0)　0

(1)　$-\dfrac{1}{2}mv_0{}^2$　(2)　$-\dfrac{1}{2}mv_0{}^2\sin^2\theta$　(3)　$-\dfrac{1}{2}mv_0{}^2\cos^2\theta$

(4)　$\dfrac{v_0\sin\theta}{g}\dfrac{1}{1-e}$　(5)　$\dfrac{2v_0\sin\theta}{g}\dfrac{1}{1-e}$　(6)　$\dfrac{v_0\sin 2\theta}{g}\dfrac{1}{1-e}$

(7)　$\dfrac{v_0{}^2\sin 2\theta}{2g}\dfrac{1}{1-e}$　(8)　$\dfrac{v_0{}^2\sin 2\theta}{g}\dfrac{1}{1-e}$　(9)　$\dfrac{2v_0{}^2\sin 2\theta}{g}\dfrac{1}{1-e}$

(2) 図1－3(a)のように，ばね定数k〔N/m〕の軽いばねを鉛直に立て，下端を床に固定した。ばねが自然の長さのとき，上端の位置を原点とし，鉛直上向きにx軸をとる。ばねの上端に質量m_A〔kg〕の板Aを固定し，その上に質量m_B〔kg〕の物体Bをのせた。そして，図1－3(b)のように，ばねの上端の位置を$x = -l$〔m〕($l > 0$)としてから，ばねを静かに放した。重力加速度の大きさをg〔m/s²〕として，その後の板Aと物体Bの運動について考えよう。

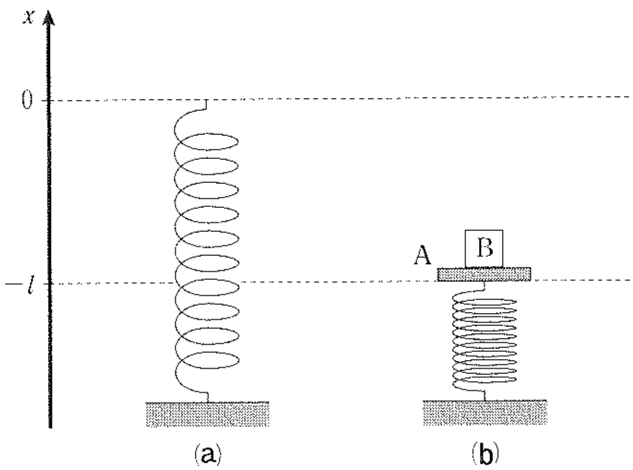


図1－3

lが大きいとき，ばねを放した後，板Aと物体Bは鉛直上方に動き始めた。その後，物体Bはある位置で板Aから離れ，高い位置まで上昇した。ばねの上端の位置をx〔m〕とすると，物体Bが板Aから離れるまでの間，板Aと物体Bの加速度は $\boxed{(キ)}$ 〔m/s²〕であり，板Aが物体Bに及ぼす垂直抗力の大きさは $\boxed{(ク)}$ 〔N〕である。物体Bが離れる瞬間，ばねの上端の位置は$x =$ $\boxed{(ケ)}$ 〔m〕である。このとき，板Aと物体Bの速さv_1は $\boxed{(コ)}$ 〔m/s〕である。物体Bが離れた後，しばらくの間，板Aは単独で単振動をした。この単振動において，板Aの速さの最大値は，v_1を用いて，$\boxed{(サ)}$ 〔m/s〕と表せる。

右のページは白紙です。

(キ)の解答群

(1) $-\dfrac{1}{m_A + m_B}kx$　(2) $-\dfrac{m_A + m_B}{m_A m_B}kx$

(3) $-\dfrac{1}{m_A + m_B}kx - g$　(4) $-\dfrac{1}{m_A + m_B}kx + g$

(ク)の解答群

(0) 0

(1) $-kx - m_A g$　(2) $-kx - m_B g$

(3) $-kx - (m_A + m_B)g$　(4) $-\dfrac{m_B}{m_A + m_B}kx$

(ケ)の解答群

(0) 0

(1) $-\dfrac{m_A}{k}g$　(2) $-\dfrac{m_B}{k}g$

(3) $-\dfrac{m_A + m_B}{2k}g$　(4) $-\dfrac{m_A + m_B}{k}g$

(コ)の解答群

(0) 0

(1) $\sqrt{\dfrac{kl^2}{m_A + m_B} - gl}$　(2) $\sqrt{\dfrac{kl^2}{m_A + m_B} - 2gl}$

(3) $\sqrt{\dfrac{kl^2}{m_A + m_B} + gl}$　(4) $\sqrt{\dfrac{kl^2}{m_A + m_B} + 2gl}$

(サ)の解答群

(1) v_1　(2) $\sqrt{v_1^2 + \dfrac{m_A g^2}{2k}}$

(3) $\sqrt{v_1^2 + \dfrac{m_A g^2}{k}}$　(4) $\sqrt{v_1^2 + \dfrac{2m_A g^2}{k}}$

左のページは白紙です。

(3) 質量 m〔kg〕の人工衛星が地球の周りを等速円運動している。その軌道は赤道を含む面内にあり，地表からの高さは h〔m〕である。地球の半径を R〔m〕，地球の質量を M〔kg〕，万有引力定数を G〔N・m^2/kg^2〕とする。地球の質量は地球の中心(重心)に集まっているとする。このとき人工衛星の速さは $\boxed{\text{(シ)}}$〔m/s〕である。いま，人工衛星の回転周期が地球の自転周期 T〔s〕と等しい場合を考える。このとき地表から見るとその人工衛星は定位置に存在するため，これを静止衛星という。静止衛星の速さは $\boxed{\text{(ス)}}$〔m/s〕であり，その地表からの高さは $h = \boxed{\text{(セ)}}$〔m〕である。

(シ)の解答群

(1) $\sqrt{G\dfrac{m}{2(R+h)}}$　(2) $\sqrt{G\dfrac{M}{2(R+h)}}$　(3) $\sqrt{G\dfrac{m}{R+h}}$

(4) $\sqrt{G\dfrac{M}{R+h}}$　(5) $\sqrt{G\dfrac{2m}{R+h}}$　(6) $\sqrt{G\dfrac{2M}{R+h}}$

(ス)の解答群

(1) $\left(\dfrac{\pi Gm}{2T}\right)^{\frac{1}{3}}$　(2) $\left(\dfrac{\pi GM}{2T}\right)^{\frac{1}{3}}$　(3) $\left(\dfrac{\pi Gm}{T}\right)^{\frac{1}{3}}$

(4) $\left(\dfrac{\pi GM}{T}\right)^{\frac{1}{3}}$　(5) $\left(\dfrac{2\pi Gm}{T}\right)^{\frac{1}{3}}$　(6) $\left(\dfrac{2\pi GM}{T}\right)^{\frac{1}{3}}$

(セ)の解答群

(1) $\left(\dfrac{GmT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$　(2) $\left(\dfrac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$　(3) $\left(\dfrac{GmT^2}{2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$

(4) $\left(\dfrac{GMT^2}{2\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$　(5) $\left(\dfrac{GmT^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$　(6) $\left(\dfrac{GMT^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$

右のページは白紙です。

2 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(オ)}}$ にあてはまる適当なものを**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。　(15 点)

図 2－1 に示すように，シリンダーと質量を無視できるピストンからなる容器を水平な台に鉛直に置き，シリンダー内部に 1 mol の単原子分子の理想気体を封入した。ピストンの断面積は S〔m^2〕であり，ピストンはシリンダーの中をなめらかに動くことができる。次に，質量が無視できるばねを天井に固定し，その先にピストンを取り付けたところ，ばねは自然の長さであり，シリンダーの底面から測ったピストンの高さは h〔m〕であった。このときの気体の状態を状態 A とよぶ。また，シリンダー内には，この気体を熱するため，体積が無視できるヒーターが取り付けられている。シリンダーとピストンは断熱材でできており，それらを通して熱の出入りはない。ばね定数を k〔N/m〕，気体定数を R〔J/(mol·K)〕，大気圧を P_0〔N/m^2〕とする。

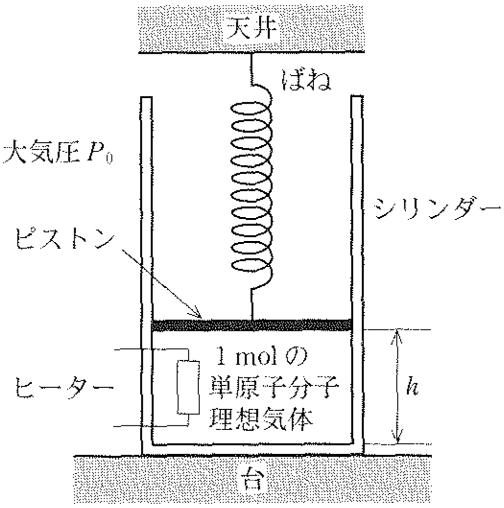


図 2－1

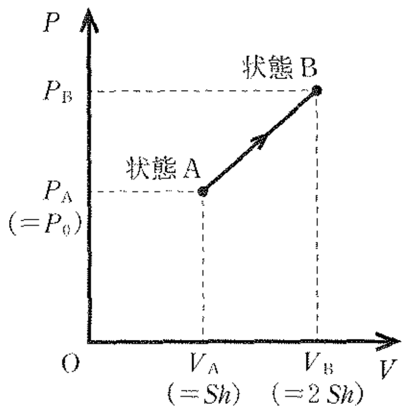


図 2－2

状態Aではばねは自然の長さであるので，状態Aにおける気体の圧力は$P_A = P_0$〔N/m^2〕である。ヒーターで気体を加熱したところ，ピストンはゆっくりと上昇して，高さは$2h$〔m〕になった。このときの気体の状態を状態Bとよぶ。状態Bにおける気体の圧力は$P_B =$ $\boxed{(ア)}$ 〔N/m^2〕であり，気体の温度は $\boxed{(イ)}$ 〔K〕である。

気体の圧力をP，気体の体積をVとして，気体が状態Aから状態Bに変化する間のPとVの関係を表すグラフは**図2-2**のようになる。状態Aから状態Bに移ったときに，気体が外部にした仕事は， $\boxed{(ウ)}$ 〔J〕，気体の内部エネルギーの変化は， $\boxed{(エ)}$ 〔J〕，ヒーターから気体に与えた熱量は $\boxed{(オ)}$ 〔J〕である。

(ア)の解答群

(1) $P_0 + \frac{3}{2}\frac{kh}{S}$　　(2) P_0

(3) $P_0 + \frac{kh}{S}$　　(4) $P_0 + \frac{1}{2}\frac{kh}{S}$

(イ)の解答群

(1) $\frac{2P_0Sh}{R}$　　(2) $\frac{2P_0Sh + 2kh^2}{R}$

(3) $\frac{2P_0Sh + 3kh^2}{R}$　　(4) $\frac{2P_0Sh + kh^2}{R}$

(ウ)の解答群

(1) $P_0Sh + \frac{3}{4}kh^2$　(2) P_0Sh

(3) $\frac{1}{2}kh^2$　(4) $P_0Sh + \frac{1}{2}kh^2$

(5) $P_0Sh + \frac{1}{4}kh^2$　(6) $2P_0Sh + 2kh^2$

(エ), (オ)の解答群

(1) $\frac{5}{2}P_0Sh + \frac{7}{2}kh^2$　(2) $\frac{3}{2}P_0Sh + \frac{7}{2}kh^2$

(3) $\frac{1}{2}P_0Sh + \frac{5}{2}kh^2$　(4) $\frac{3}{2}P_0Sh + \frac{3}{2}kh^2$

(5) $\frac{3}{2}P_0Sh + 3kh^2$　(6) $\frac{5}{2}P_0Sh + \frac{5}{2}kh^2$

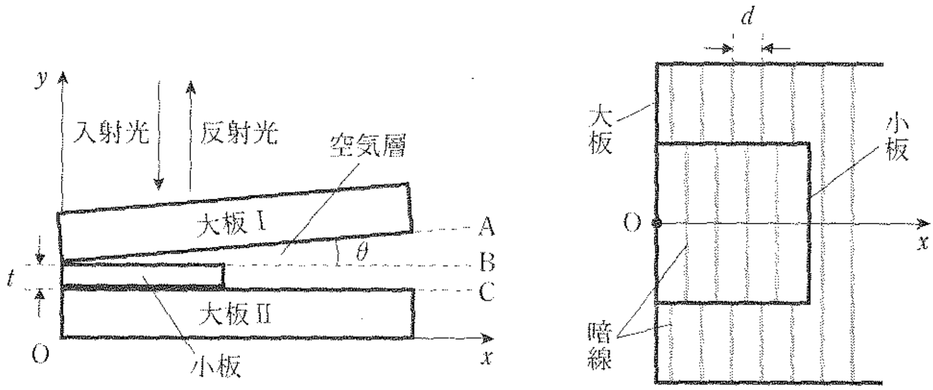
(7) $\frac{5}{2}P_0Sh + 3kh^2$　(8) $\frac{7}{2}P_0Sh + 5kh^2$

左のページは白紙です。

3 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(カ)}}$ にあてはまる適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(15 点)

図 3－1 (a)のように，2 枚の大きな平行平面ガラス板 I，II (以下，大板 I，II とよぶ) の間に，それよりひとまわり小さいガラス板 (以下，小板とよぶ) をはさみ，大板 I を微小な角度 θ 傾けた。小板の厚さは t〔μm〕である。**図 3－1 (a)**のように，原点 O と x 軸，y 軸をとる。空気中で波長 λ〔μm〕の単色光を y 軸に平行に当て，反射光を見た。このとき，**図 3－1 (b)**のように等間隔の干渉じまが観測された。



(a) 実験のようす　(b) 干渉じまの暗線のようす

図 3－1

小板上に見える干渉じま (以下，小板の干渉じまとよぶ) は，ガラス面 A，B で反射する光の干渉によって生じる。小板上以外の部分に見える干渉じま (以下，大板の干渉じまとよぶ) は，ガラス面 A，C で反射する光の干渉によって生じる。

(1)　小板の干渉じまが暗線となる位置x〔μm〕は，$2x\tan\theta = m_1\lambda$（$m_1$は整数）を満たす。大板の干渉じまが暗線となる位置$x$〔μm〕は，$\boxed{\quad(ア)\quad}$を満たす。小板の干渉じまの暗線の間隔と大板の干渉じまの暗線の間隔は等しく，その間隔dは$\boxed{\quad(イ)\quad}$〔μm〕である。

(ア)の解答群（この解答群で，m_2は整数を表す。）

(1)　$2x\tan\theta + 2t = \left(\frac{1}{4}m_2 + \frac{1}{8}\right)\lambda$

(2)　$2x\tan\theta + 2t = \left(\frac{1}{2}m_2 + \frac{1}{4}\right)\lambda$

(3)　$2x\tan\theta + 2t = \left(m_2 + \frac{1}{2}\right)\lambda$

(4)　$2x\tan\theta + 2t = m_2\lambda$

(イ)の解答群

(1)　$\frac{\lambda}{4}$　　(2)　$\frac{\lambda}{2}$　　(3)　λ

(4)　$\frac{\lambda}{4\tan\theta}$　　(5)　$\frac{\lambda}{2\tan\theta}$　　(6)　$\frac{\lambda}{\tan\theta}$

(2) いま，小板の厚さtは100.00 μm～100.25 μmの範囲内にある。単色光の波長は$\lambda = 0.60000$ μmである。図3－1(b)において，小板の干渉じまと大板の干渉じまの位置は，$\frac{d}{2}$だけずれている。このとき，小板の厚さは$t =$ $\boxed{\text{(ウ)}}$ μmである。次に，小板を厚さの異なる別の小板にとりかえたところ，小板の干渉じまと大板の干渉じまの位置が一致した。このとき，小板の厚さは$t =$ $\boxed{\text{(エ)}}$ μmである。

(ウ)，(エ)の解答群

(1) 100.00　　(2) 100.05　　(3) 100.10

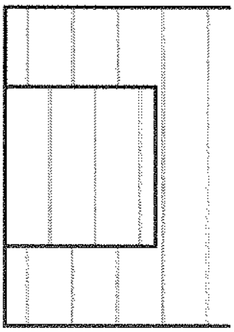
(4) 100.15　　(5) 100.20　　(6) 100.25

(3)　図 3 − 1 (b)の干渉じまが観測された状態を初期状態とする。

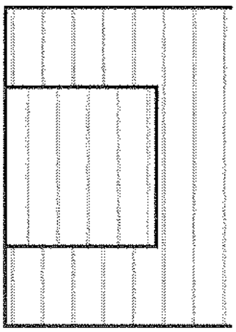
初期状態から，大板 I のみをさらに傾け，角度 θ を大きくした。このとき，観測される干渉じまを表す適切な図は $\boxed{\text{(オ)}}$ である。

初期状態から，大板 I のみを y 軸の正の向きに平行移動した。このとき，観測される干渉じまを表す適切な図は $\boxed{\text{(カ)}}$ である。

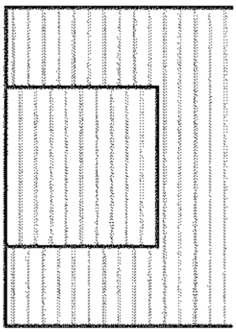
(オ)，(カ)の解答群（干渉じまの暗線のようすを表す図）



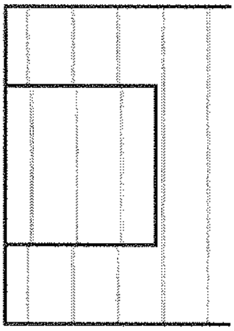
(1)



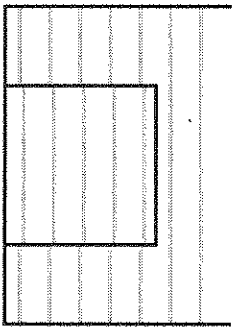
(2)



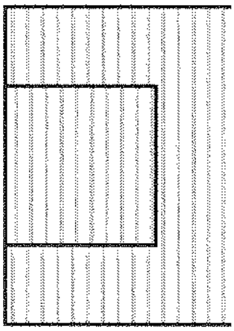
(3)



(4)



(5)



(6)

4 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(30 点)

(1) **図 4－1** のように，鉛直上向きに磁束密度 B〔T〕の一様な磁場があり，そこに水平に置かれた，半径 L〔m〕の円形導線と，その中心を点 O として，水平面内で回転できる長さ L〔m〕の導体棒 OP がある。円形導線と導体棒の間の摩擦は無視できるものとする。円形導線および導体棒の電気抵抗は無視できる。さらに，円形導線と導体棒は，それぞれ点 Q と O において R〔Ω〕の抵抗で結ばれている。抵抗とその配線は，導体棒の回転を妨げることはなく，配線の電気抵抗は無視できる。

いま，導体棒を一定の角速度 ω〔rad/s〕で上から見て反時計回りに回転させる。このとき，導体棒 OP に生じる誘導起電力の大きさは $\boxed{\text{(ア)}}$〔V〕である。また，抵抗には大きさ $\boxed{\text{(イ)}}$〔A〕の電流が流れ，その向きは $\boxed{\text{(ウ)}}$ の向きである。導体棒を 1 回転させるのに必要なエネルギーは $\boxed{\text{(エ)}}$〔J〕である。

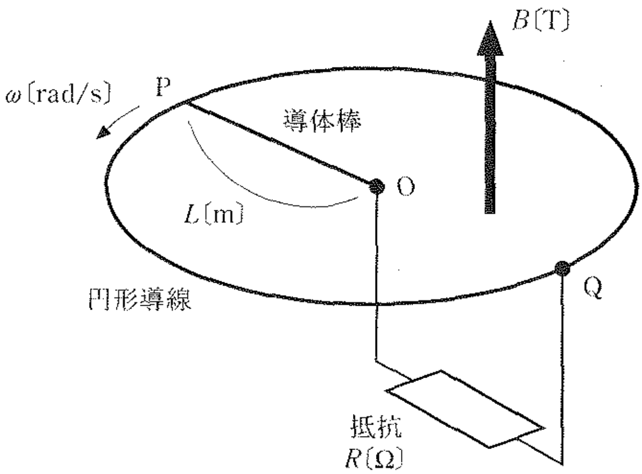


図 4－1

(ア)～(エ)の解答群

(11) ωBL^2　　(12) $\pi\omega BL^2$　　(13) $\dfrac{\omega BL^2}{\pi}$

(14) $\dfrac{\omega BL^2}{2}$　　(15) $\dfrac{\pi\omega BL^2}{2}$　　(16) $\dfrac{\omega BL^2}{2\pi}$

(17) $\dfrac{\omega BL^2}{R}$　　(18) $\dfrac{\pi\omega BL^2}{R}$　　(19) $\dfrac{\omega BL^2}{\pi R}$

(20) $\dfrac{\omega BL^2}{2R}$　　(21) $\dfrac{\pi\omega BL^2}{2R}$　　(22) $\dfrac{\omega BL^2}{2\pi R}$

(23) $\dfrac{\omega B^2L^4}{R}$　　(24) $\dfrac{\pi\omega B^2L^4}{R}$　　(25) $\dfrac{\omega B^2L^4}{\pi R}$

(26) $\dfrac{\omega B^2L^4}{2R}$　　(27) $\dfrac{\pi\omega B^2L^4}{2R}$　　(28) $\dfrac{\omega B^2L^4}{2\pi R}$

(29) O→Q　　(30) Q→O

(2) 図4−2のように電池E_1，E_2，抵抗R_1，R_2，R_3，R_4，コンデンサーC_1，C_2，スイッチS_1，S_2，S_3からなる回路がある。AB間の電圧をV_{AB}〔V〕とする。はじめにスイッチはすべて開いていて，コンデンサーC_1，C_2に電荷はないものとする。電池E_1，E_2の起電力は，それぞれ$2E$，E〔V〕，抵抗R_1，R_2，R_3，R_4の抵抗値は，それぞれ$2R$，R，R，$2R$〔Ω〕，コンデンサーC_1，C_2の電気容量は，それぞれ$3C$，C〔F〕である。電池の内部抵抗は考えないものとする。以下の問いに答えなさい。

(a) S_1を閉じた。V_{AB}は $\boxed{\text{(オ)}}$ 〔V〕となる。

(b) 次にS_1を開いてS_2を閉じた。直後のV_{AB}は $\boxed{\text{(カ)}}$ 〔V〕，R_1に流れる電流の大きさは $\boxed{\text{(キ)}}$ 〔A〕である。

(c) 十分に時間が経過した後，C_1に蓄えられた電気量は $\boxed{\text{(ク)}}$ 〔C〕である。

(d) 次にS_2を開いた後，S_3を閉じた。十分に時間が経過したとき，C_1に蓄えられた電気量は $\boxed{\text{(ケ)}}$ 〔C〕である。この間，R_4が消費したエネルギーは $\boxed{\text{(コ)}}$ 〔J〕である。

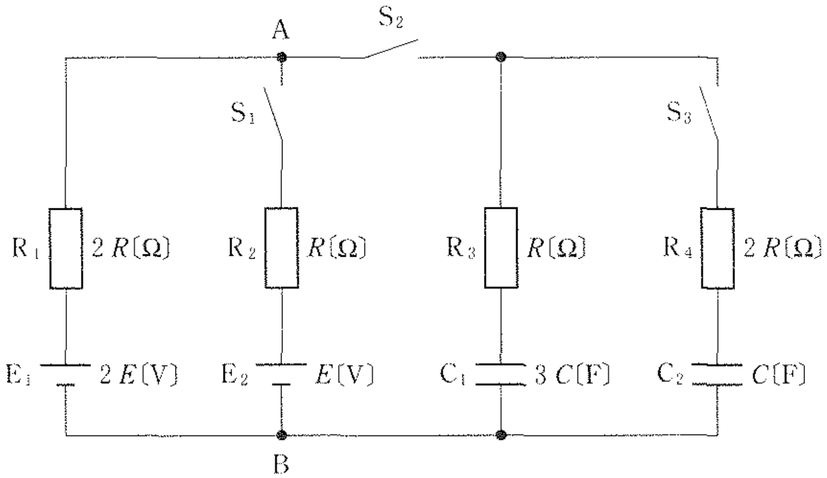


図4−2

(オ)〜(コ)の解答群

(10) 0			
(11) $\dfrac{E}{3}$	(12) $\dfrac{E}{2}$	(13) $\dfrac{3}{5}E$	(14) $\dfrac{2}{3}E$
(15) $\dfrac{3}{4}E$	(16) E	(17) $\dfrac{5}{4}E$	(18) $\dfrac{4}{3}E$
(19) $\dfrac{5}{3}E$	(20) $2E$	(21) $\dfrac{9}{4}E$	(22) $\dfrac{E}{3R}$
(23) $\dfrac{2E}{3R}$	(24) $\dfrac{E}{R}$	(25) $\dfrac{4E}{3R}$	(26) $\dfrac{3CE}{2}$
(27) $\dfrac{7CE}{2}$	(28) $4CE$	(29) $\dfrac{9CE}{2}$	(30) $6CE$
(31) $\dfrac{CE^2}{2}$	(32) CE^2	(33) $\dfrac{3CE^2}{2}$	