平成25年度　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

F3 物理　F4 化学　F5 生物

この冊子は，$\boxed{\text{物理}}$，$\boxed{\text{化学}}$ および $\boxed{\text{生物}}$ 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38ページまであります。
生物の問題は，39ページより70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は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 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを**解答群**から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。

(40 点)

(1) **図 1－1** のように，長さ l[m]の糸に質量 m[kg]のおもりをつるした単振り子がある。振り子の支点 O から $\dfrac{l}{2}$ の点 B にはクギが出ている。振り子の最下点を A とすると，∠AOB = α[rad]である。以下では，重力加速度の大きさを g[m/s^2] とし，糸の質量やおもりの大きさは無視できるとして，この単振り子の運動を調べよう。

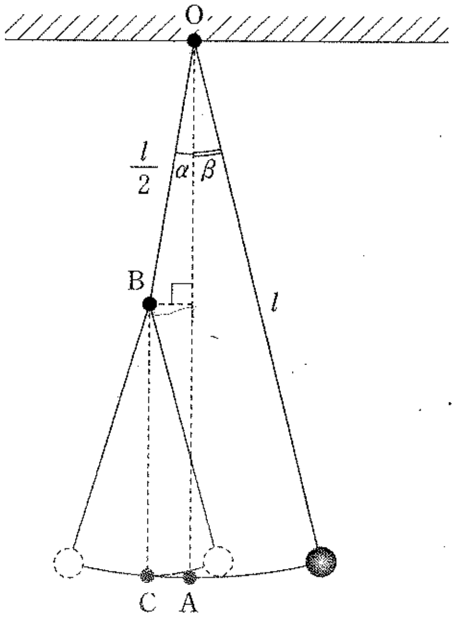


図 1－1

糸とOAのなす角がβ[rad]($> \alpha$)となる位置におもりをもっていき，静かに手を離した。糸とOAのなす角がαになったとき，**図1－1**のように，糸が点Bのクギにくっついて離れなくなってしまい，以後，点Bを支点とする単振り子になった。

点Bが支点の単振り子の最下点Cにおけるおもりの速さは，$v = \boxed{(ア)}$ [m/s]である。

また，点Aにおいておもりが糸から受ける力(張力)の大きさをT_A[N]，点Cにおける張力の大きさをT_C[N]とすれば，$T_C - T_A = \boxed{(イ)}$ [N]である。

(ア)の解答群

(1) $\sqrt{gl(1+\cos\alpha-\cos\beta)}$　(2) $\sqrt{gl(1+\cos\alpha-2\cos\beta)}$

(3) $\sqrt{gl(1-\cos\alpha-\cos\beta)}$　(4) $\sqrt{gl(1-\cos\alpha-2\cos\beta)}$

(イ)の解答群

(1) $mg(\cos\alpha-\cos\beta)$　(2) $mg(\frac{3}{2}\cos\alpha-2\cos\beta)$

(3) $2mg(\cos\alpha-\cos\beta)$　(4) $2mg(\frac{3}{2}\cos\alpha-2\cos\beta)$

(2) 質量 m_1[kg]の小球1と質量 m_2[kg]の小球2が，ばね定数 k[N/m]のばねで結ばれている。はじめ，小球1と小球2は，自然な長さの距離で，なめらかな台の上に静止して置かれていた。

いま，小球1のみに対して，速さ V[m/s]の初速を与えた。その向きは，小球1から小球2に向かう向きである。すると，小球1と小球2は振動しながら運動した。小球1と小球2の速さを，それぞれ，v_1[m/s]，v_2[m/s]とする。ばねが最も縮んだとき，あるいは最も伸びたとき，小球1と小球2の速さは等しく，$v_1 = v_2 = \boxed{\text{(ウ)}}$ [m/s]である。また，そのとき，自然な長さに対するばねの変位の大きさは，$\Delta L = \boxed{\text{(エ)}}$ [m]である。ただし，ばねの質量は無視できるものとする。

(ウ)の解答群

(1) $\dfrac{m_1}{m_1 + m_2}V$　　(2) $\dfrac{m_2}{m_1 + m_2}V$

(3) $\dfrac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}V$　　(4) $\dfrac{|m_1 - m_2|}{m_1 + m_2}V$

(エ)の解答群

(1) $\dfrac{m_1}{\sqrt{k(m_1 + m_2)}}V$　　(2) $\dfrac{m_2}{\sqrt{k(m_1 + m_2)}}V$

(3) $\sqrt{\dfrac{m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}V$　　(4) $\dfrac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{k(m_1 + m_2)}}V$

右のページは白紙です。

(3)　**図 1－2(a)**のように，質量が無視できる棒 1，棒 2，棒 3 を天井から A，B，C でつるし，先端を D でつないだ。接続部の摩擦は無く，棒はそのまわりを自由に回転できる。棒 2，棒 3 は同一の長さである。すべての棒はばねのように伸び縮みでき，そのばね定数は棒 1 が k_1[N/m]，棒 2 と棒 3 はともに k_2[N/m]である。図のように，先端の角度は θ[rad]である。

点 D に鉛直下向きの力 P[N]を作用させると破線のように伸びる。点 D 付近を拡大すると**図 1－2(b)**のようである。

各棒には長さ方向に力が働き，棒 1 は Δl_1[m]，棒 2 と棒 3 はともに Δl_2[m]伸びる。このとき，Δl_1 と Δl_2 は非常に小さい量だから，先端の角度は変形後も θ[rad]とみなせるとする。したがって，伸び Δl_1[m]と Δl_2[m]の関係が $\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos\theta$ となる。釣合いの式 $P =$ $\boxed{(オ)}$ [N]を考慮すると，$\Delta l_1 =$ $\boxed{(カ)}$ [m]，$\Delta l_2 =$ $\boxed{(キ)}$ [m]と求められる。

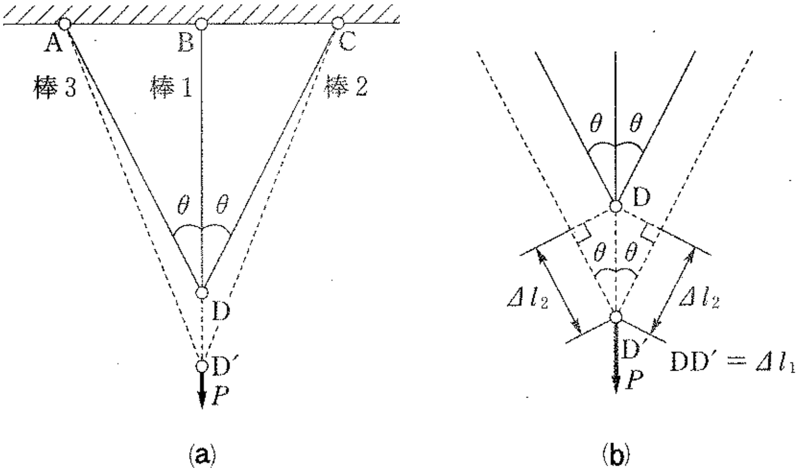


図 1 − 2

(オ)〜(キ)の解答群

(1) $k_1\Delta l_1 + 2k_2\Delta l_2$

(2) $k_1\Delta l_1\cos\theta + 2k_2\Delta l_2$

(3) $k_1\Delta l_1 + 2k_2\Delta l_2\sin\theta$

(4) $k_1\Delta l_1 + 2k_2\Delta l_2\cos\theta$

(5) $\dfrac{P}{k_1 + 2k_2\sin\theta}$

(6) $\dfrac{P}{k_1 + 2k_2\cos\theta}$

(7) $\dfrac{P}{k_1 + 2k_2\cos^2\theta}$

(8) $\dfrac{P\cos\theta}{k_1 + 2k_2\cos^2\theta}$

(9) $\dfrac{P}{k_1 + 2k_2\sin\theta\cos\theta}$

(4) ゴムひもを水平でなめらかな面上に横たえ，一定間隔で質量 M[kg] のおもりをとりつけた。おもりで区切られた各部分に，1，2，3，…と番号をつける。各部分のばね定数はすべて k[N/m] とする。ゴムひもの質量は無視できるものとし，重力加速度の大きさを g[m/s^2] とする。

図1－3のように，ゴムひもの先端をゆっくり鉛直上方に持ち上げる。いま，n 個のおもりを持ち上げた。このとき，1番目の部分の伸びは $\boxed{\text{(ク)}}$ [m] である。また，1番目の部分から n 番目の部分までの伸びの和は $\boxed{\text{(ケ)}}$ [m] である。

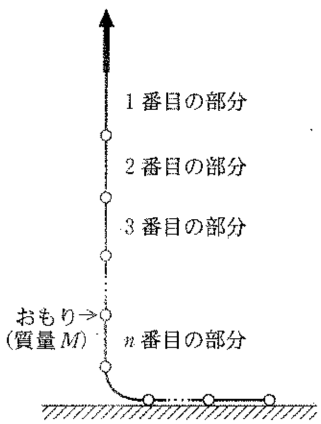


図1－3

(ク)，(ケ)の解答群

(1) $nMgk$　(2) $\dfrac{Mg}{nk}$　(3) $\dfrac{nMg}{k}$

(4) $\dfrac{n(n+1)}{2}Mgk$　(5) $\dfrac{n(n+1)}{2}\dfrac{Mg}{k}$

(5) 質量 M[kg]で太さが一様な剛体棒と，質量の無視できるばねを天井からつるし，先端をつないだ。接続部の摩擦は無く，棒とばねはそのまわりを自由に回転できる。ばねのばね定数は k[N/m]であり，重力加速度の大きさを g[m/s^2]とする。

いま，剛体棒とばねは図 1－4 のようにつり合った。剛体棒とばねの鉛直上向きとのなす角度はともに θ[rad]である。このとき，ばねの自然の長さからの伸びは，$\boxed{\quad(コ)\quad}$ [m]である。

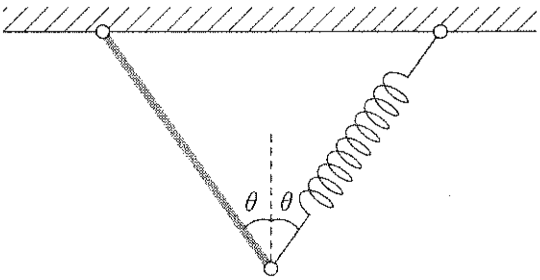


図 1－4

(コ)の解答群

(1) $\dfrac{Mg}{2k}$　　(2) $\dfrac{Mg}{4k\cos\theta}$　　(3) $\dfrac{Mg}{k\sin 2\theta}$　　(4) $\dfrac{Mg}{k\cos 2\theta}$

2 次の文の $\boxed{\quad(ア)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(キ)\quad}$ の中に入れるべき最も適当な答えを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。答えが数値となる場合は，最も近い数値を選ぶこと。　　　　(20 点)

図 2－1 のように，断面積 $0.10\,\mathrm{m}^2$ のピストン付き円筒容器が水平な台の上に置かれている。2 つの容器 A，B は同じ構造で，内部にヒーターがある。容器の底から測ったピストン下面の高さを $h\,[\mathrm{m}]$ とする。ピストンは滑らかに動くが，突起があるため $h = 0.20\,\mathrm{m}$ より下へは動かない。容器 B のピストンの上にだけおもりがのせてある。

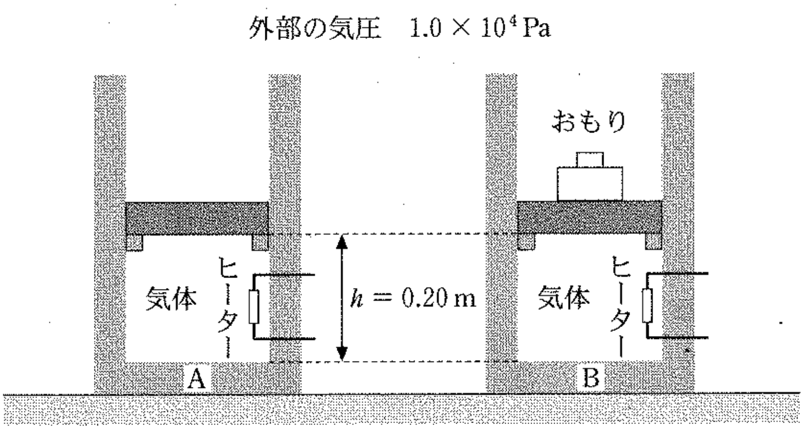


図 2－1

容器 A，B の中には，同じ $n = 0.12\,\mathrm{mol}$ の単原子分子理想気体(以後，単に気体という)が封入してある。気体定数 R は $R = 8.31\,\mathrm{J/(mol\cdot K)}$ なので，$nR \fallingdotseq 1.0\,\mathrm{J/K}$ と近似できる。外部の気圧は $1.0 \times 10^4\,\mathrm{Pa}$ である。容器とピストンは熱容量の無視できる断熱材でできている。突起とヒーターの体積，熱容量は無視する。ピストンの質量も無視する。

(1) 容器Aの中の気体について考える。最初，気体の温度は100 K，圧力は 5.0×10^3 Pa，ピストンの高さは $h = 0.20$ m であった。この状態を状態1という。

状態1からヒーターで気体にゆっくりと熱を加えていった。しばらくすると，ピストンが動き始めた。この瞬間を状態2という。状態2のとき，気体の圧力は $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times 10^4$ Pa，気体の温度は $\boxed{\text{(イ)}}$ K である。状態1から状態2の間に，気体に加えられた熱量は $\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times 10^2$ J である。

状態2から気体の温度が100 Kだけ上昇すると，ピストンの高さは $h = 0.30$ m となった(状態3)。状態2から状態3の間に，気体に加えられた熱量は $\boxed{\text{(エ)}}$ $\times 10^2$ J である。

(2) 容器Bの中の気体について考える。おもりに働く重力の大きさは 1.0×10^2 N である。最初，気体の温度は100 K，ピストンの高さは $h = 0.20$ m であった。ヒーターで気体にゆっくりと熱を加えると，ピストンが動き始めた。この瞬間，気体の圧力は $\boxed{\text{(オ)}}$ $\times 10^4$ Pa，気体の温度は $\boxed{\text{(カ)}}$ K である。

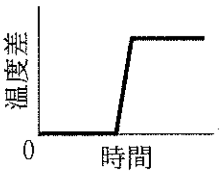
(3) 容器A，B両方の中の気体について考える。最初，容器A，Bの中の気体の温度はいずれも100 K，容器A，Bのピストンの高さはいずれも $h = 0.20$ m であった。この状態から，容器A，Bの中の気体に同じ熱量をヒーターでゆっくりと加えていった。ただし，単位時間当たり加える熱量を一定にする。熱を加え始めてから容器A，Bの中の気体の温度差(容器Bの中の気体の温度から容器Aの中の気体の温度を引いた値)を測定した。測定した温度差を表すグラフは $\boxed{\text{(キ)}}$ である。ただし，グラフの横軸は熱を加え始めてからの経過時間を表す。

(ア)～(カ)の解答群

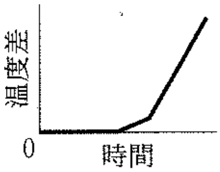
(10)	1.0	(11)	1.1	(12)	1.2	(13)	1.3	(14)	1.4
(15)	1.5	(16)	2.0	(17)	2.5	(18)	3.0	(19)	3.5
(20)	120	(21)	150	(22)	180	(23)	200	(24)	210
(25)	220	(26)	230	(27)	240	(28)	250	(29)	260

(キ)の解答群

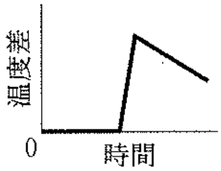
(1)



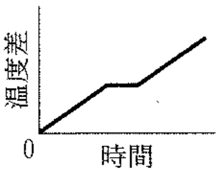
(2)



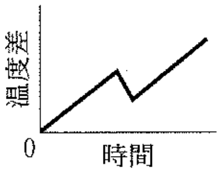
(3)



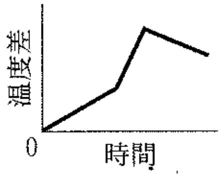
(4)



(5)



(6)



左のページは白紙です。

$\boxed{3}$ 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(ウ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。 (10点)

水面上の1点を周期的に振動させると，その点を波源とする水面波が広がる。複数の点を同時に振動させたとき，水面波の重ね合わせ(合成波)について考える。この問題で考える波は波長 λ[m] の横波で，一定の速度で伝わる。波源で発生する波の振幅はすべて等しい。波が広がるときの振幅の減衰は無視する。

図3－1のように，広い水面上に原点Oと xy 平面を設定する。x 軸上の点A，B，y 軸上の点C，Dは，すべて原点Oから等距離 d[m] にある。距離 d[m] は波長 λ[m] に比べて十分に長い。点A，Bから x 軸の正の向きに Δx[m] ($0 < \Delta x < d$) だけ離れた位置を，それぞれ，P，Qとする。

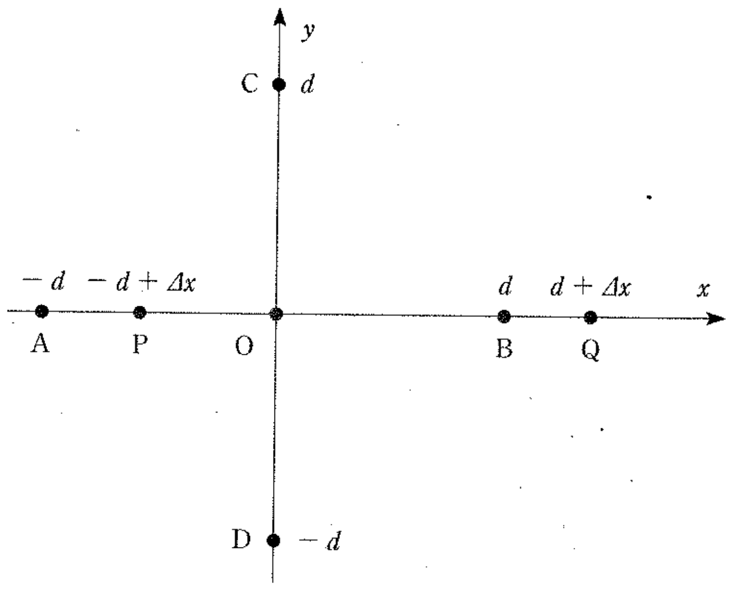


図3－1

(1) P, Qから同じ振動状態(同位相)の波を発生させる。原点OにおいてP, Qを波源とする2つの波が打ち消し合い，原点Oが合成波の節となる条件を考える。この条件を満たすΔxの最小値は $\boxed{\text{(ア)}}$ [m]である。

原点OにおいてP, Qを波源とする2つの波が強め合い，原点Oが合成波の腹となる条件を考える。この条件を満たすΔxの最小値は $\boxed{\text{(イ)}}$ [m]である。

(2) C, D, P, Qから同じ振動状態(同位相)の波を発生させる。原点Oにおいて合成波の振幅が0となる条件を考える。この条件を満たすΔxの最小値は $\boxed{\text{(ウ)}}$ [m]である。ただし，波の重ね合わせの原理や波の独立性は，3つ以上の波の場合でも成り立つ。

(ア)〜(ウ)の解答群

(1) $\frac{1}{4}\lambda$	(2) $\frac{1}{2}\lambda$	(3) $\frac{3}{4}\lambda$	(4) λ
(5) $\frac{3}{2}\lambda$	(6) 2λ	(7) 3λ	(8) 4λ

4 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ の中に入れるべき最も適当な答えを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。答えが数値となる場合は，最も近い数値を選ぶこと。 (30点)

(1) 起電力 10 V の電池に抵抗 1 と抵抗 2 を**図 4－1**(a)のように並列接続した回路と，(b)のように直列接続した回路がある。抵抗 1 で消費される電力は並列接続回路では 0.25 W，直列接続回路では 0.16 W である。このとき，抵抗 2 の抵抗値は $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times 10^2\,\Omega$ である。

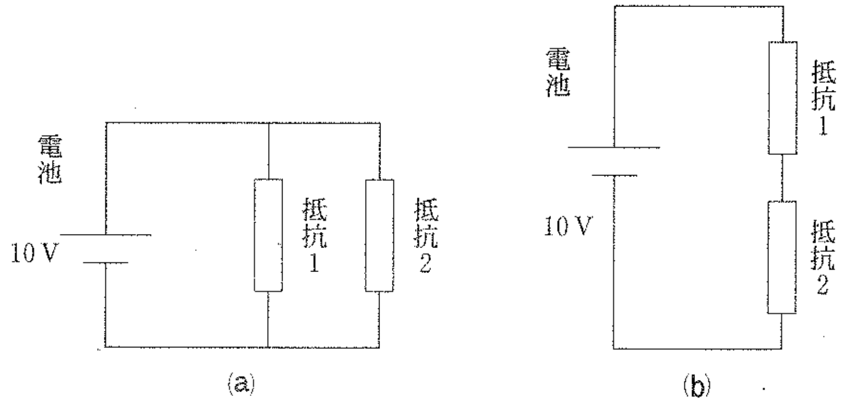


図 4－1

(ア)の解答群

(1) 1.0　(2) 2.0　(3) 3.0　(4) 4.0　(5) 5.0
(6) 6.0　(7) 7.0　(8) 8.0　(9) 9.0

(2) 長さ5.0×10^{-2} m，巻き数2000回，断面積2.0×10^{-4} m^{2}のソレノイドコイルを真空中においた。コイルに2.0×10^{-3} Aの電流を流すと，コイル内部に生じる磁場の強さは $\boxed{\text{(イ)}}$ A/mである。

コイルに流れる電流を1.0×10^{-5}秒間に，2.0×10^{-3} Aから0 Aまで，一定の割合で減少させる。このとき，コイルに生じる誘導起電力の大きさは $\boxed{\text{(ウ)}}$ Vである。計算においては，真空の透磁率を$\mu = \frac{5}{4} \times 10^{-6}$ H/mとしなさい。

(イ)，(ウ)の解答群

(1) 1.0	(2) 2.0	(3) 3.0	(4) 4.0	(5) 5.0
(6) 60	(7) 70	(8) 80	(9) 90	

(3) 容量2.0×10^{-4} Fのコンデンサーに，電池と可変抵抗とスイッチを**図4－2**のように接続する。スイッチを閉じて，コンデンサーに蓄えられる電気量が2.0×10^{-2} Cになるまで充電する。そのとき，電池の起電力の最低値は $\boxed{\text{(エ)}}$ $\times10^{2}$ Vである。

この最低値の起電力を持つ電池を使い，コンデンサーに蓄えられる電気量を0 Cから2.0×10^{-2} Cまで，毎秒5.0×10^{-3} Cの割合で増加させる。そのためには，スイッチを閉じてからt秒後の可変抵抗の抵抗値Rは，$R=$ $\boxed{\text{(オ)}}$ Ωにする。

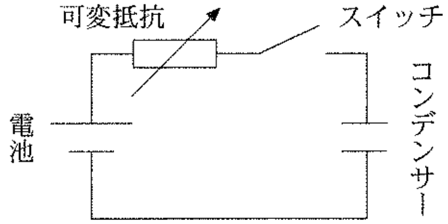


図4－2

(エ)の解答群

(1) 1.0　(2) 2.0　(3) 3.0　(4) 4.0　(5) 5.0

(6) 6.0　(7) 7.0　(8) 8.0　(9) 9.0

(オ)の解答群

(1) $8.0 \times 10^3 t$

(2) $4.0 \times 10^3 - 8.0 \times 10^3 t$

(3) $2.0 \times 10^4 - 5.0 \times 10^3 t$

(4) $4.0 \times 10^4 - 5.0 \times 10^3 t$

(5) $4.0 \times 10^4 + 8.0 \times 10^3 t$

(4) **図4－3**のように，水平な面内に原点Oとx，y軸をとる。また，棒状の磁石を2本用意して，一方を磁石1，他方を磁石2と名づける。磁石1，2は同一の磁石で，長さはl[m]，磁極の磁気量は$m>0$として$\pm m$[Wb]である。この問いでは，次の4組の磁極間に働く磁気力に対して，クーロンの法則を適用する。

磁石1の$-m$極と磁石2のm極間，磁石1の$-m$極と磁石2の$-m$極間，磁石1のm極と磁石2のm極間，磁石1のm極と磁石2の$-m$極間。

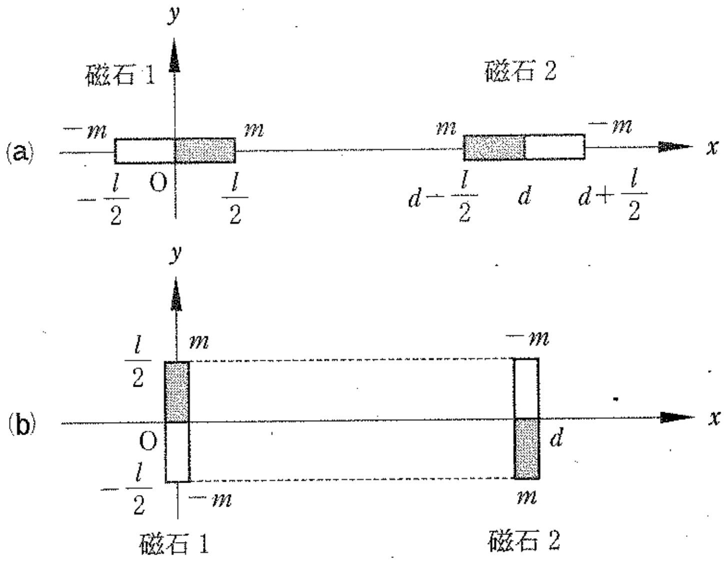


図4－3

(a) 磁石1，2をd[m]だけ隔てて，**図4－3(a)**のように配置する。そして，磁石2に働く4つの磁気力の合力を$\vec{F}_{\mathrm{a}}$とする。$\vec{F}_{\mathrm{a}}$のx成分は

$$F_{\mathrm{a}x}=k_{\mathrm{m}}\frac{m^2}{(d+l)^2}+k_{\mathrm{m}}\frac{m^2}{(d-l)^2}-2\,k_{\mathrm{m}}\frac{m^2}{d^2}\quad[\mathrm{N}],$$

y成分は$F_{\mathrm{a}y}=0$ Nである。ただし，$k_{\mathrm{m}}(>0)$は磁気力に関するクーロンの法則の比例定数で，その単位は$\mathrm{N\cdot m^2/Wb^2}$である。

ある種の物質内部では，原子サイズの磁石が，規則正しく配列している。そのとき，l は d よりはるかに小さくて，近似式

$$\left(1 \pm \frac{l}{d}\right)^{-2} \fallingdotseq 1 \mp 2\frac{l}{d} + 3\frac{l^2}{d^2} \quad (複号同順)$$

が成り立つ。この近似式を考慮して前のページの F_{ax} を変形すれば，$F_{ax} = \boxed{(カ)}$ [N]が得られる。$\vec{F}_a$ の向きは $\boxed{(キ)}$ である。

(b) 磁石1，2を d[m]だけ隔てて図4-3(b)のように配置し，磁石2に働く4つの磁気力の合力を $\vec{F}_b$ とする。$\vec{F}_b$ の x 成分は $F_{bx} = \boxed{(ク)}$ [N]，y 成分は $F_{by} = 0$ N である。近似式 $\left(1 + \frac{l^2}{d^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \fallingdotseq 1 - \frac{3}{2}\frac{l^2}{d^2}$ を考慮すれば，$F_{bx} = \boxed{(ケ)}$ [N]となる。$\vec{F}_b$ の向きは $\boxed{(コ)}$ である。

(カ)，(キ)，(ケ)，(コ)の解答群

(1) x 軸の負の向き　　(2) x 軸の正の向き

(3) $-3k_m\frac{(ml)^2}{d^4}$　　(4) $3k_m\frac{(ml)^2}{d^4}$

(5) $-6k_m\frac{(ml)^2}{d^4}$　　(6) $6k_m\frac{(ml)^2}{d^4}$

(ク)の解答群

(1) $2k_m\frac{m^2 d}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} - 2k_m\frac{m^2}{d^2}$　　(2) $2k_m\frac{m^2 l}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} - 2k_m\frac{m^2}{d^2}$

(3) $2k_m\frac{m^2 d^3}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} - 2k_m\frac{m^2}{d^2}$　　(4) $2k_m\frac{m^2 l^3}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} - 2k_m\frac{m^2}{d^2}$