平成 24 年度　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80 分〕

Ｑ３　物理　　Ｑ４　化学　　Ｑ５　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 15 ページまであります。
化学の問題は，16 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 71 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・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し，さらに受験番号・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) 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 $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(ケ)}}$ 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。（35 点）

(1) 図 1－1 のように，水平な床の上に質量 M[kg] の台があり，台の上に質量 m[kg] の小物体がある。台の上面は水平で両端は壁になっている。台は床の上をなめらかに動く。小物体は台の上をなめらかに動く。小物体は壁と非弾性衝突をする。反発係数（はねかえり係数）は e で $0 < e < 1$ を満たす。以下，速度は右向きを正とする。

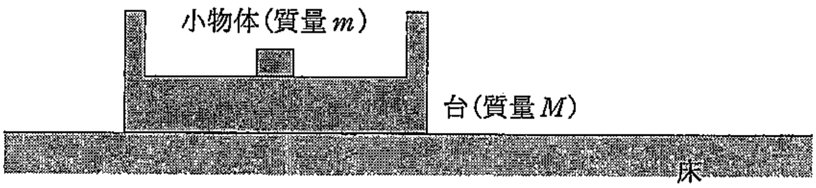


図 1－1

はじめ，台と小物体は静止している。小物体は台の中央にある。この状態で，台に正の速度 V_0[m/s] を与えると，台の左の壁が小物体に接近し，1 回目の衝突が起こる。この衝突のあと，運動方向が右向きになった小物体は，やがて台の右の壁と 2 回目の衝突をする。2 回目の衝突の直後の台の速度を V_2[m/s]，小物体の速度を v_2[m/s] とする。

(a)　次の等式を完成しなさい。

$$v_2 - V_2 = \boxed{\text{(ア)}}$$

$$mv_2 + MV_2 = \boxed{\text{(イ)}}$$

(b)　$M = 2m$ のとき，(a)の等式より，

$$v_2 = \boxed{\text{(ウ)}}$$

$$V_2 = \boxed{\text{(エ)}}$$

が得られる。

(ア)，(イ)の解答群

(11)　$-V_0$	(12)　V_0	(13)　$-eV_0$	(14)　eV_0
(15)　$-e^2V_0$	(16)　e^2V_0	(17)　$-mV_0$	(18)　mV_0
(19)　$-MV_0$	(20)　MV_0	(21)　$-(m+M)V_0$	(22)　$(m+M)V_0$

(ウ)，(エ)の解答群

(1)　$\dfrac{1+2e^2}{3}V_0$	(2)　$\dfrac{2+e^2}{3}V_0$	(3)　$\dfrac{1-2e^2}{3}V_0$
(4)　$\dfrac{2-e^2}{3}V_0$	(5)　$\dfrac{2(1+e^2)}{3}V_0$	(6)　$\dfrac{2(1-e^2)}{3}V_0$

(2) 長さ l[m]の伸び縮みしない軽い糸と，質量 m[kg]のおもりを用意する。重力加速度の大きさを g[m/s^2]とする。

図1－2(a)のように，この糸とおもりで単振り子を作る。糸が鉛直方向となす角を θ とし，それの最大値を α とする。糸がおもりを引く力の大きさは，$\boxed{\text{(オ)}}$ [N]である。

図1－2(b)のように，同じ糸とおもりで半頂角 α の円すい振り子を作り，水平面内で等速円運動をさせる。糸がおもりを引く力の大きさは，$\boxed{\text{(カ)}}$ [N]である。

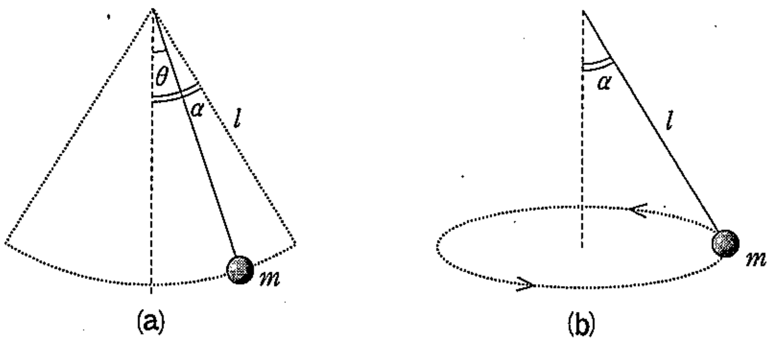


図1－2

(オ)の解答群

(1) $mg(2\cos\theta - 3\cos\alpha)$　　(2) $mg(3\cos\theta - \cos\alpha)$

(3) $mg(3\cos\theta - 2\cos\alpha)$　　(4) $mg(\cos\theta - 3\cos\alpha)$

(カ)の解答群

(1) $mg\sin\alpha$　　(2) $mg\cos\alpha$　　(3) $mg\tan\alpha$

(4) $\dfrac{mg}{\sin\alpha}$　　(5) $\dfrac{mg}{\cos\alpha}$　　(6) $\dfrac{mg}{\tan\alpha}$

(3) 最新の飛行機では，材質の異なる材料を組み合わせて性能を上げた，複合材料が多く使われている。その基礎を考えよう。ここでは図1－3(a)のように，同じ長さで材質の異なる棒AとBを複数用意する。棒はばねのように伸び縮みする。ばね定数をそれぞれk_A[N/m]，k_B[N/m]とする。以下，棒の質量は無視し，重力加速度の大きさをg[m/s^2]とする。

(a) 図1－3(b)のように，棒A，Bを距離a[m]だけ離して天井からつるし，下端を剛体棒でつなぐ。A側からb[m]の位置に質量m[kg]のおもりをつるすと，2本の棒は同じだけ伸びた。このとき，$b=$ $\boxed{(キ)}$ [m]である。また棒の伸びは $\boxed{(ク)}$ [m]である。なお，剛体棒の質量は無視する。

(b) 棒Aと棒Bを3本ずつ図1－3(c)のようにつなぎ，質量m[kg]のおもりをつるす。棒A，Bを十分近づける。このとき，領域1では棒A，Bは同じだけ伸びる。同様に領域2でも，Aを2本つないだものと，Bを2本つないだものは同じだけ伸びる。結局，図1－3(c)の場合，領域1と領域2の伸びの合計は $\boxed{(ケ)}$ [m]となる。なお，棒をつなぐとき，つなぎ部の質量，長さおよび伸びは無視する。

(キ)～(ケ)の解答群

(1) $\dfrac{k_A}{k_A+k_B}a$　(2) $\dfrac{k_B}{k_A+k_B}a$　(3) $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{k_A}{k_B}+\dfrac{k_B}{k_A}\right)a$

(4) $\dfrac{1}{k_A+k_B}mg$　(5) $\dfrac{1}{3(k_A+k_B)}mg$　(6) $\dfrac{3}{k_A+k_B}mg$

(7) $\dfrac{k_A+k_B}{k_Ak_B}mg$　(8) $\dfrac{k_A+k_B}{3k_Ak_B}mg$　(9) $\dfrac{3(k_A+k_B)}{k_Ak_B}mg$

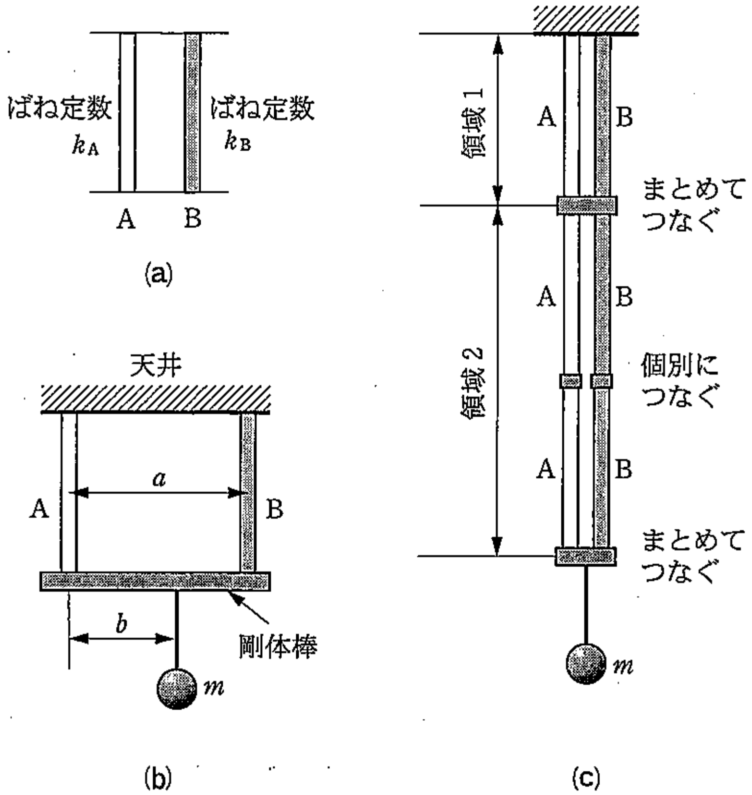
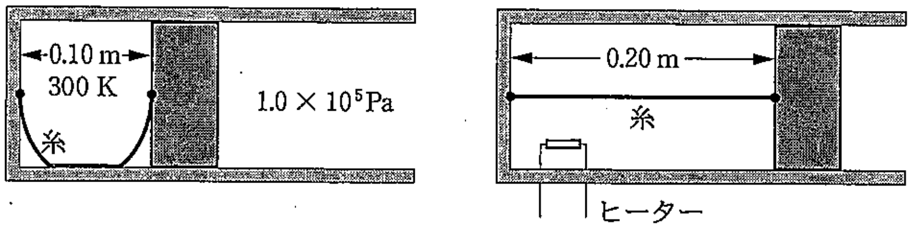

ばね定数
k_A
ばね定数
k_B
A
B
(a)
天井
A
a
B
b
剛体棒
m
(b)
領域 1
A
B
まとめて
つなぐ
A
B
領域 2
個別に
つなぐ
A
B
まとめて
つなぐ
m
(c)

図 1 − 3

2 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(キ)}}$ 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。 (20 点)

図 2－1 のように，一方の底が閉じた断面積 $1.0\times10^{-2}\,\mathrm{m}^2$ の円筒容器が，水平な机の上に横倒しに置かれている。円筒容器の内部には，なめらかに動くことができるピストンがある。円筒容器の底とピストンは，長さ 0.20 m の糸で結ばれている。糸は伸び縮みしない。また，その質量は無視できる。



(a) 状態 1　　(b) 状態 2

図 2－1

円筒容器内には $n=4.0\times10^{-2}\,\mathrm{mol}$ の単原子分子理想気体(以後，単に気体という)が封入されている。気体定数は $R=8.31\,\mathrm{J/(mol\cdot K)}$ なので，$nR \fallingdotseq \dfrac{1}{3.0}$ J/K と近似できる。外気(大気)の圧力は $1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$ である。気体と外気(大気)の間に熱の交換はない。

(1) 図 2－1 (a)は気体の温度が 300 K の場合を示している。円筒容器の底とピストン間の距離は 0.10 m で，糸は垂れ下がっている(以後，状態 1 という)。アボガドロ定数を $6.0\times10^{23}\,1/\mathrm{mol}$ とすれば，状態 1 を構成する気体分子の個数は，$\boxed{\text{(ア)}}$ 個と求められる。状態 1 において，これらの気体分子が持つ運動エネルギーの総和は，$\boxed{\text{(イ)}}$ $\times10^2\,\mathrm{J}$ である。

(2) 図2−1(b)のように，熱容量や体積が無視できるヒーターを，円筒容器内に挿入した。そして，状態1の気体に熱量を，ゆっくり加えた。その結果，糸のたるみが，ちょうど無くなった(以後，状態2という)。状態2において，気体の温度は $\boxed{\text{(ウ)}}$ Kである。状態1→状態2の変化で，内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{(エ)}}$ $\times 10^2$ J，気体が外にする仕事は $\boxed{\text{(オ)}}$ $\times 10^2$ Jである。

(3) 状態2の気体に 1.5×10^2 Jの熱量をゆっくり加えたところ，気体の圧力は 1.5×10^5 Paとなり，糸には力が働くようになった(以後，状態3という)。状態2→状態3の変化で，内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{(カ)}}$ $\times 10^2$ Jである。また，状態3において，糸がピストンを引く力の大きさは $\boxed{\text{(キ)}}$ $\times 10^2$ Nである。

(ア)の解答群

(1) 1.2×10^{21}　　(2) 6.7×10^{21}

(3) 2.4×10^{22}　　(4) 8.3×10^{22}

(イ)〜(キ)の解答群

(11) 1.0	(12) 1.5	(13) 2.0	(14) 2.5	(15) 3.0
(16) 3.5	(17) 4.0	(18) 4.5	(19) 5.0	(20) 5.5
(21) 450	(22) 600	(23) 750	(24) 900	

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）

図 3－1 のように，水面を伝わる波が壁で反射して干渉するようすを考える。ただし，この問題で考える波は横波である。壁に垂直に x 軸を取り，壁を原点とする。最初，遠方で発生した波は，x 軸の負の向きに進む平面波であった。その波は壁で自由端反射した後，x 軸の正の向きに進む平面波に変わる。最初の波の変位 y_1[m] と，反射した波の変位 y_2[m] は，それぞれ，

$$y_1 = A\sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}\right),\quad y_2 = A\sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

と表すことができる。ここで，A[m] は正の定数，t[s] は時間，T[s] は周期，x[m] は座標，λ[m] は波長を表す。最初の波と反射した波が干渉してできる波は定常波となる。その定常波の変位 y[m] は $y = y_1 + y_2$ で与えられる。三角関数の加法定理を用いると，$y =$ $\boxed{\text{(ア)}}$ と変形できる。

定常波の節の位置，つまり常に $y = 0$ となる座標 x[m] は，$x =$ $\boxed{\text{(イ)}}$ である。$x > 0$ で，定常波の腹となる座標 x[m] の最小値は，$x =$ $\boxed{\text{(ウ)}}$ である。

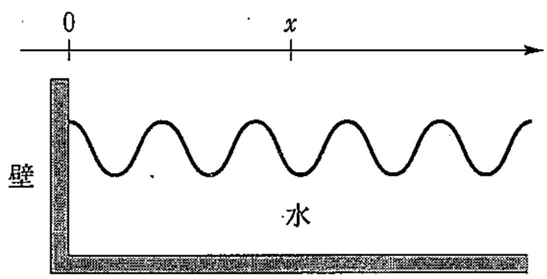


図 3－1

(ア)，(イ)の解答群（この解答群で，m は 0 以上の整数である。）

(1)　$2A\cos\dfrac{2\pi x}{\lambda}\cos\dfrac{2\pi t}{T}$　　(2)　$2A\cos\dfrac{2\pi x}{\lambda}\sin\dfrac{2\pi t}{T}$

(3)　$2A\sin\dfrac{2\pi x}{\lambda}\cos\dfrac{2\pi t}{T}$　　(4)　$2A\sin\dfrac{2\pi x}{\lambda}\sin\dfrac{2\pi t}{T}$

(5)　$\dfrac{1}{2}m\lambda$　　(6)　$\left(\dfrac{1}{2}m+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$

(7)　$\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　　(8)　$(2m+1)\lambda$

(ウ)の解答群

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

4 次の文の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(サ)}$ 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。 (35 点)

(1) 図4－1のように，7個のスイッチ S_0～S_6，6個の抵抗 R_1～R_6，そして電池からなる回路がある。R_1，R_2，R_4，R_5 は，すべて R[Ω]である。また，R_3，R_6 は，両方とも $2R$[Ω]である。電池の電圧は E [V]である。すべてのスイッチは開いている。

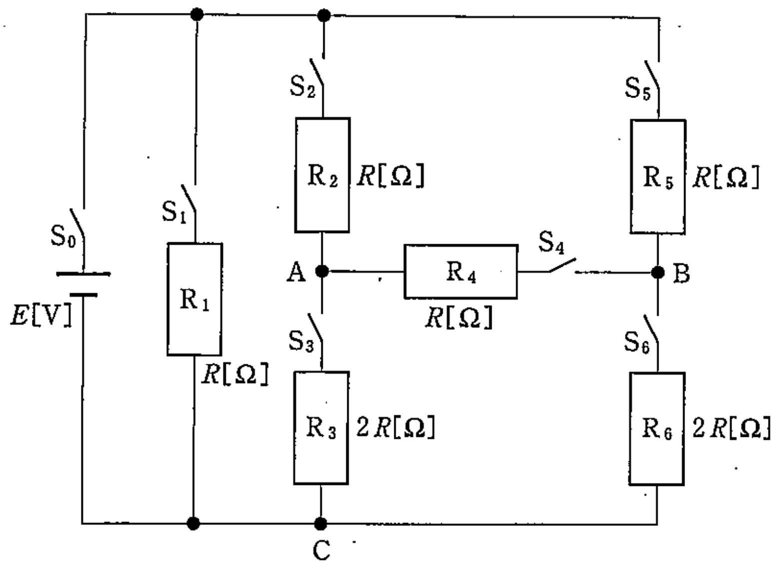


図4－1

(a) S_0, S_2, S_3, S_4, S_5を閉じたとき，電池から流れ出る電流は，$\boxed{\text{(ア)}}$ [A]である。

(b) S_4を開き，それ以外のスイッチを全部閉じたとき，C点を基準として，A点の電位は $\boxed{\text{(イ)}}$ [V]，B点の電位は $\boxed{\text{(ウ)}}$ [V]である。

(c) 前問(b)の状態からS_4も閉じた。すなわち，すべてのスイッチを閉じたとき，すべての抵抗で消費される電力の総和は $\boxed{\text{(エ)}}$ [W]である。

(ア)〜(エ)の解答群

(10) 0

(11) $\dfrac{E}{2R}$	(12) $\dfrac{4E}{11R}$	(13) $\dfrac{3E}{8R}$	(14) $\dfrac{3E}{5R}$
(15) $\dfrac{E}{4}$	(16) $\dfrac{E}{3}$	(17) $\dfrac{E}{2}$	(18) $\dfrac{2E}{3}$
(19) $\dfrac{E^2}{R}$	(20) $\dfrac{5E^2}{3R}$	(21) $\dfrac{2E^2}{R}$	(22) $\dfrac{6E^2}{R}$

(2) 次に図4－1の回路の3個の抵抗R_1, R_2, R_6を，それぞれコンデンサーC_1, C_2, C_6で置き換えた，図4－2のような回路を考える。最初すべてのコンデンサーには電荷がなく，スイッチはすべて開いている。これを「初期状態」とよぶ。それぞれのコンデンサーの電気容量はすべて等しく，C[F]である。

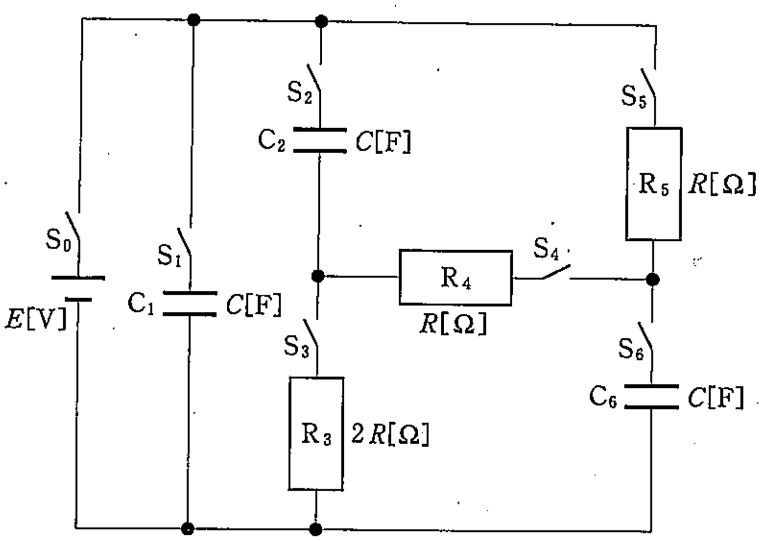


図4－2

(a) 初期状態からS_0とS_1を閉じ，C_1を充電した。次にS_0を開いてからS_2, S_4, S_6を閉じ，十分に時間が経過した。このとき，C_1に蓄えられた電気量は，$\boxed{\text{(オ)}}$ [C]である。

この間にR_4で消費されたエネルギーは $\boxed{\text{(カ)}}$ [J]である。

この後，さらにS_5を閉じ，十分に時間が経過した。このとき，C_2に蓄えられた電気量は $\boxed{\text{(キ)}}$ [C]である。

(b) 初期状態からS_0, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6を閉じ，十分に時間が経過した。このとき，C_6に蓄えられた電気量は，$\boxed{\text{(ク)}}$ [C]である。

(オ)〜(ク)の解答群

(10) 0

(11) $\frac{1}{6}CE$　(12) $\frac{1}{4}CE$　(13) $\frac{1}{3}CE$　(14) $\frac{1}{2}CE$

(15) $\frac{2}{3}CE$　(16) $\frac{3}{4}CE$　(17) $\frac{5}{6}CE$　(18) CE

(19) $\frac{1}{6}CE^2$　(20) $\frac{1}{4}CE^2$　(21) $\frac{1}{3}CE^2$　(22) $\frac{1}{2}CE^2$

(23) $\frac{2}{3}CE^2$　(24) $\frac{3}{4}CE^2$　(25) $\frac{5}{6}CE^2$　(26) CE^2

(3)　図4－3のように，無限に長い銅製の導線P，Qが，$x = \pm a$[m]に置かれている。導線P，Qには，y軸の正の向きに，強さI[A]の電流が流れている。

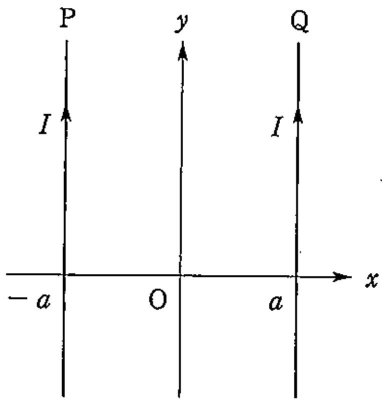


図4－3

導線PおよびQの中の自由電子は，同じ向きに移動している。その向きは，$\boxed{\text{(ケ)}}$ である。

導線Pに流れる電流I[A]が，$x = a$[m]につくる磁場H[A/m]の向きは，$\boxed{\text{(コ)}}$ である。

導線Qの中の自由電子が，磁場H[A/m]から受けるローレンツ力の向きは，$\boxed{\text{(サ)}}$ である。

(ケ)～(サ)の解答群

(1)　x軸の正の向き　　(2)　x軸の負の向き

(3)　y軸の正の向き　　(4)　y軸の負の向き

(5)　紙面裏から表へ向かう向き　　(6)　紙面表から裏へ向かう向き

右のページは白紙です。