平成25年度　　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

Ｃ３物　理　　　　Ｃ４化　学

この冊子は，物理と化学の問題を１冊にまとめてあります。

情報科学科と土木工学科は，物理または化学のどちらかを選択

工業化学科は化学指定

機械工学科は物理指定

物理の問題は，１ページより21ページまであります。
化学の問題は，22ページより33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　次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(30点)

図1-1(a) のように，半径 r[m] の円弧からなる曲面を持つ質量 M[kg] の台が，水平な床面に固定されている。この台に，左から質量 m[kg] の小球が，速さ v_0[m/s] で乗り上げた。床面，および台の曲面に摩擦はなく，台の曲面と床面は滑らかにつながっている。水平右向きに x 軸をとる。小球は台に乗り上げた後，曲面上を運動する。このとき，**図1-1(b)** のように，曲面上の小球の位置をPとし，円弧の中心Oと台の左端の点O′を結んだ鉛直線OO′と，直線OPの成す角度を θ[rad] とする。重力加速度は鉛直下向きで，大きさは g[m/s^2] とする。

(1)　小球が曲面上を運動するとき，小球は曲面の円弧の接線方向にのみ速度 v_s[m/s] を持っており，小球が曲面から受ける垂直抗力の大きさは $R=$ $\boxed{(ア)}$ [N] と表される。小球が曲面上を運動し，台の上端 $\left(\theta=\dfrac{\pi}{2}\text{rad}\right)$ から上方へ飛び出さないためには，速さ v_0 は $\boxed{(イ)}$ の条件を満たさなければならない。以下では，小球の運動は $\theta<\dfrac{\pi}{2}$ rad の範囲に限られるものとする。小球が曲面上で到達する最高点の高さは，$h=$ $\boxed{(ウ)}$ [m] となる。

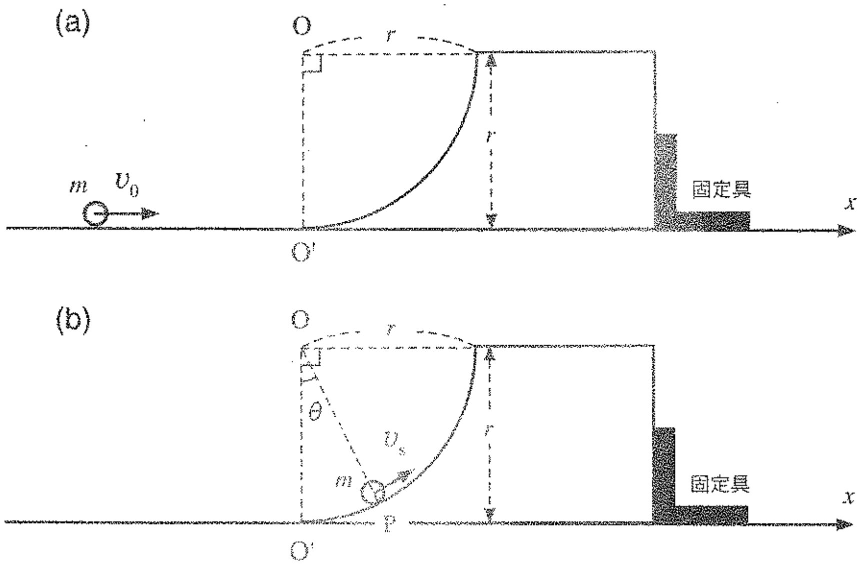

図 1-1

(ア) の解答群

0 $\dfrac{mv_0{}^2}{r} + mg(3\cos\theta + 2)$

1 $\dfrac{mv_0{}^2}{2r} - mg(\cos\theta - 1)$

2 $mg(2\cos\theta - 1) - \dfrac{mv_0{}^2}{2r}$

3 $\dfrac{mv_0{}^2}{r} + mg(2\cos\theta - 1)$

4 $\dfrac{mv_0{}^2}{r} + mg(3\cos\theta - 2)$

5 $\dfrac{mv_0{}^2}{r} - mg(\cos\theta + 1)$

6 $\dfrac{mv_0{}^2}{r} - mg(\cos\theta - 1)$

7 $\dfrac{2mv_0{}^2}{r} - mg(2\cos\theta - 1)$

(イ) の解答群

0 $v_0 \leqq 2\sqrt{gr}$　　1 $v_0 \geqq 2\sqrt{gr}$　　2 $v_0 = \sqrt{2gr}$　　3 $v_0 = \sqrt{gr}$

4 $v_0 \leqq \sqrt{2gr}$　　5 $v_0 \geqq \sqrt{2gr}$　　6 $v_0 \leqq \sqrt{gr}$　　7 $v_0 \geqq \sqrt{gr}$

(ウ) の解答群

0 $\dfrac{v_0{}^2}{g}$　　1 $\dfrac{v_0{}^2}{2g}$　　2 $\dfrac{v_0{}^2}{3g}$　　3 $\dfrac{3v_0{}^2}{2g}$

4 $\dfrac{2v_0{}^2}{3g}$　　5 $\dfrac{g}{v_0{}^2}$

左のページは白紙です。

(2) **図 1-2(a)** のように，小問 **(1)** で扱った台が床面に固定されることなく，静止して置かれている。この台に，左から質量 m [kg] の小球が，速さ v_0 [m/s] で乗り上げた。小球が乗り上げることによって台が倒れることはない。小球が台に乗り上げた後，小球は曲面上を運動する。**図 1-2(b)** のように台から見た小球の円弧の接線方向の速度を v_s [m/s] とする。一方で，台にも右向きに加速度が生じ，x 方向に運動しはじめた。台と床面との間にも摩擦はないものとする。

床面に固定された座標系から見た小球の x 方向の速さは，$v =$ **(エ)** [m/s] であり，台の x 方向の速さは，$V =$ **(オ)** [m/s] となる。また，小球が曲面上で到達する最高点の高さは，$H =$ **(カ)** [m] となる。小球が最高点の高さ H にあるとき，床面に固定された座標系から見た小球の速さは，$v_m = ($ **(キ)** $) \times v_0$ [m/s] であり，小球と台の運動エネルギーの和は，$K_m =$ **(ク)** [J] となる。

小球は，H の高さに到達した後，台の曲面を下り，再び O′ に達した。その後，小球は床面上を速度 $v_f =$ **(ケ)** [m/s] で，台は速度 $V_f =$ **(コ)** [m/s] で等速直線運動を続けた。もし，小球が再び O′ に達した後，小球と台が同じ速さで，逆向きに運動したとすると，台の質量は $M =$ **(サ)** [kg] であり，速度は $V_f =$ **(シ)** [m/s] である。

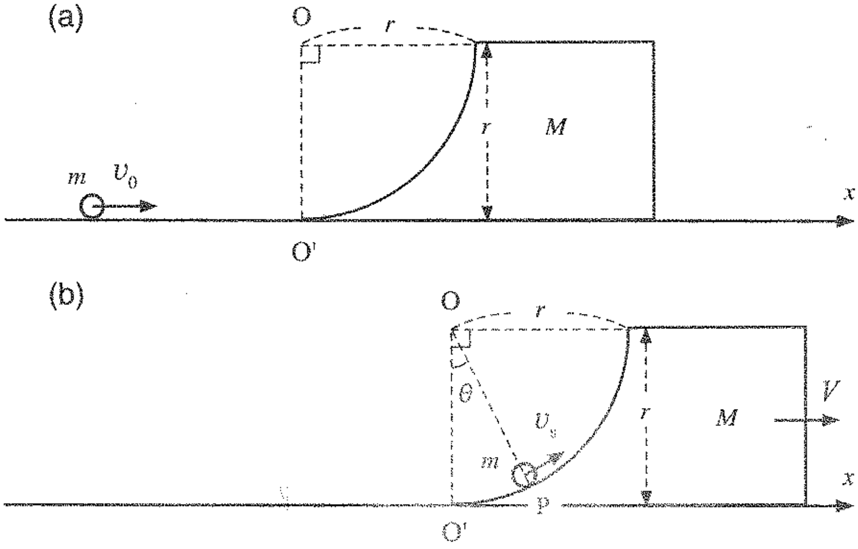

図 1-2

(エ)(オ) の解答群

0 $\dfrac{mv_0 + Mv_s\cos\theta}{m - M}$　　1 $\dfrac{mv_0 + Mv_s\cos\theta}{m + M}$

2 $\dfrac{mv_0 - Mv_s\cos\theta}{m + M}$　　3 $\dfrac{Mv_0 + mv_s\cos\theta}{m - M}$

4 $\dfrac{Mv_0 + mv_s\cos\theta}{m + M}$　　5 $\dfrac{m(v_0 + v_s\cos\theta)}{m + M}$

6 $\dfrac{m(v_0 - v_s\cos\theta)}{m + M}$

(カ) の解答群

0 $\dfrac{{v_0}^2}{2g}\left(\dfrac{M}{m+M}\right)$　　1 $\dfrac{{v_0}^2}{2g}\left(\dfrac{m+M}{m}\right)$　　2 $\dfrac{{v_0}^2}{2g}\left(\dfrac{M-m}{m}\right)$

3 $\dfrac{{v_0}^2}{g}\left(\dfrac{m}{m+M}\right)$　　4 $\dfrac{{v_0}^2}{g}\left(\dfrac{m+M}{m}\right)$　　5 $\dfrac{{v_0}^2}{2g}\left(\dfrac{m}{M-m}\right)$

(キ) の解答群

0 $\dfrac{m+M}{m}$　　1 $\dfrac{m}{M-m}$　　2 $\dfrac{M-m}{m}$　　3 $\dfrac{m}{m+M}$

4 $\dfrac{1}{2}$　　5 $\dfrac{1}{4}$

(ク) の解答群

0 $\dfrac{(m+M)^2 v_0^2}{2m}$　　1 $\dfrac{m^2 v_0^2}{2(M-m)}$　　2 $\dfrac{1}{8}m{v_0}^2$

3 $\dfrac{1}{4}m{v_0}^2$　　4 $\dfrac{m^2{v_0}^2}{2(m+M)}$　　5 $\dfrac{1}{2}(m+M){v_0}^2$

左のページは白紙です。

(ケ)(コ) の解答群

0 $\dfrac{mv_0}{m+M}$　1 $\dfrac{2mv_0}{m+M}$　2 $\dfrac{4mv_0}{m+M}$

3 $\dfrac{Mv_0}{m+M}$　4 $\dfrac{2Mv_0}{m+M}$　5 $\dfrac{4Mv_0}{m+M}$

6 $\dfrac{(m-M)v_0}{m+M}$　7 $\dfrac{(M-m)v_0}{m+M}$　8 $\dfrac{(2M-m)v_0}{m+M}$

9 $\dfrac{(2m-M)v_0}{m+M}$

(サ) の解答群

0 $\dfrac{m}{3}$　1 $\dfrac{m}{2}$　2 m　3 $\dfrac{3m}{2}$

4 $2m$　5 $3m$

(シ) の解答群

0 $\dfrac{v_0}{4}$　1 $\dfrac{v_0}{2}$　2 v_0　3 $\dfrac{3v_0}{2}$

4 $2v_0$　5 $3v_0$

左のページは白紙です。

2 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(30 点)

質量 m[kg]，長さ d_0[m] の直線状導体棒を考える。導体棒の両端を P，Q とし，導体棒は十分硬く，太さや電気抵抗は無視できるものとする。ただし重力加速度の大きさを g[m/s^2]，電気素量を e[C] とし，空気の透磁率は真空の透磁率 μ_0[N/A^2] に等しいとする。

(1) **図 2-1** のように，間隔 d[m] (ただし，$d < d_0$ とする。) の 2 本のじゅうぶん長いレールを，水平な床に平行になるように絶縁体で作られた台の上に設置し，導体棒をレールと直角の向きになるようにレールの上に渡して置いた。導体棒の中心から見た向きを**図 2-1** に矢印 1 から 6 で示した。矢印 1，2 は導体棒に平行，矢印 3，5 は床に平行かつ導体棒に垂直，矢印 4，6 は床に鉛直な方向である。導体棒を速さ v[m/s] で**図 2-1** の矢印 3 の向きに等速運動させた。空間には，磁束密度の大きさ B[T] の一様な磁場 (磁界) を，最初，床に垂直下向き (**図 2-1** の矢印 4 の向き) に加えた。レールは導体で電気抵抗はなく，摩擦は無視できるとする。また，各レールの幅も無視できるとする。2 本のレールの端 E，F には静電容量 C[F] のコンデンサーがつないである。最初はコンデンサーに電荷は無いものとする。

この空間の磁場の強さは $\boxed{\text{(ア)}}$ [A/m] である。磁束密度の単位 T を基本単位 (kg，m，s，A) で表すと，$\boxed{\text{(イ)}}$ である。導体棒中の自由電子にはたらくローレンツ力の大きさは，$\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times e$[N] で，向きは**図 2-1** の矢印 $\boxed{\text{(エ)}}$ の向きである。じゅうぶん時間がたったとき，コンデンサーの F 側の電極の電荷は $\boxed{\text{(オ)}}$ [C] で，コンデンサーに蓄えられたエネルギーは $\boxed{\text{(カ)}}$ [J] である。次に，コンデンサーを放電し，電荷を無いものとした。磁場の向きを床に平行で，導体棒に垂直な**図 2-1** の矢印 3 の向きにし，導体棒を速さ v[m/s] で**図 2-1** の矢印 3 の向きに等速運動させた。じゅうぶん時間がたったとき，コンデンサーに蓄えられた電荷量は $\boxed{\text{(キ)}}$ [C] である。

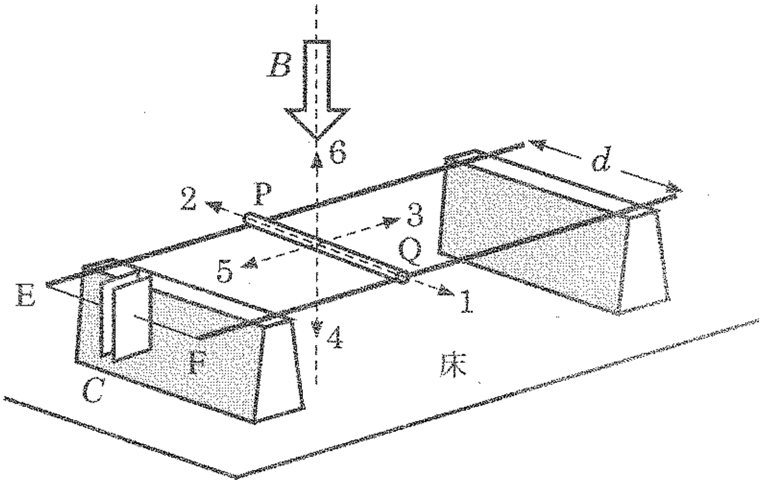

図 2-1

(ア) の解答群

0 $\mu_0 B$　　1 B　　2 $\dfrac{B}{\mu_0}$

(イ) の解答群

0 $\mathrm{kg\,s^{-2}A^{-2}}$　　1 $\mathrm{kg\,s^{-2}A^{-1}}$　　2 $\mathrm{kg\,s^{-2}A}$

3 $\mathrm{kg\,s^{-1}A^{-2}}$　　4 $\mathrm{kg\,s^{-1}A^{-1}}$　　5 $\mathrm{kg\,s^{-1}A}$

6 $\mathrm{kg\,m\,s^{-2}A^{-2}}$　　7 $\mathrm{kg\,m\,s^{-2}A^{-1}}$　　8 $\mathrm{kg\,m\,s^{-2}A}$

(ウ) の解答群

0 $\dfrac{Bv}{2}$　　1 Bv　　2 $2Bv$　　3 $\dfrac{\mu_0 Bv}{2}$

4 $\mu_0 Bv$　　5 $2\mu_0 Bv$

(エ) の解答群

0 1　　1 2　　2 3　　3 4

4 5　　5 6

(オ)(キ) の解答群

0 0　　1 $-\dfrac{CBvd}{2}$　　2 $-CBvd$　　3 $-2CBvd$

4 $\dfrac{CBvd}{2}$　　5 $CBvd$　　6 $2CBvd$

(カ) の解答群

0 $\dfrac{CB^2v^2}{4}$　　1 $\dfrac{CB^2v^2}{2}$　　2 CB^2v^2　　3 $2CB^2v^2$

4 $\dfrac{CB^2v^2d^2}{4}$　　5 $\dfrac{CB^2v^2d^2}{2}$　　6 $CB^2v^2d^2$　　7 $2CB^2v^2d^2$

左のページは白紙です。

(2) **図 2-2** のように，小問 (1) で使われた間隔 d の 2 本の直線状のレールを置いた台のうち，レールの端 E，F から遠い方の台の高さを高くして，レールを含む面が床と 30° の角度になるように傾けた。2 本のレールのそれぞれの端 E，F を，スイッチ S を用いて，R[Ω] の抵抗か，電源に接続できるように配線した。この配線の電気抵抗は無視できる。この空間に，一様な磁束密度 B[T] の磁場を，**図 2-2** のように床に垂直下向きに加えた。導体棒を水平，かつレールに直交するようレールの間に渡した。導体棒の中心から見た導体棒に垂直な面内の向きを**図 2-2** に矢印 1 から 8 で示した。矢印 1，5 は水平，3，7 は鉛直，4，8 はレール面に平行，2，6 はレール面に垂直な方向を示す。電流が流れる回路の自己インダクタンスは無視する。

最初，レールの端をスイッチ S で電源につなぎ，導体棒に電流を流してレール上を動きださないようにした。このとき，電流の向きは，導体棒の $\boxed{\text{(ク)}}$ で，大きさは $\boxed{\text{(ケ)}}$ [A] である。この状態で，素早くスイッチ S を電源から抵抗に切り替えたところ，導体棒はレールを下り始めた。レールに対する速さを v[m/s] とすると，導体棒には電流 $\boxed{\text{(コ)}}$ [A] が $\boxed{\text{(サ)}}$ の向きに流れ，導体棒には磁場から，**図 2-2** の矢印 $\boxed{\text{(シ)}}$ の向きに大きさ $\boxed{\text{(コ)}}$ × $\boxed{\text{(ス)}}$ [N] の力が働く。やがて，導体棒は一定の速度になりレールを下った。このとき，レールから導体棒への抗力の大きさは $\boxed{\text{(セ)}}\times mg$ [N] であり，導体棒の速さは $\boxed{\text{(ソ)}}\times\dfrac{mg}{B^2d^2}$ [m/s] である。このとき，抵抗で単位時間に発生するジュール熱は $\boxed{\text{(タ)}}\times\dfrac{m^2g^2}{B^2d^2}$ [W] で，重力による仕事率は $\boxed{\text{(ソ)}}\times\dfrac{mg}{B^2d^2}\times\boxed{\text{(チ)}}$ [W] である。

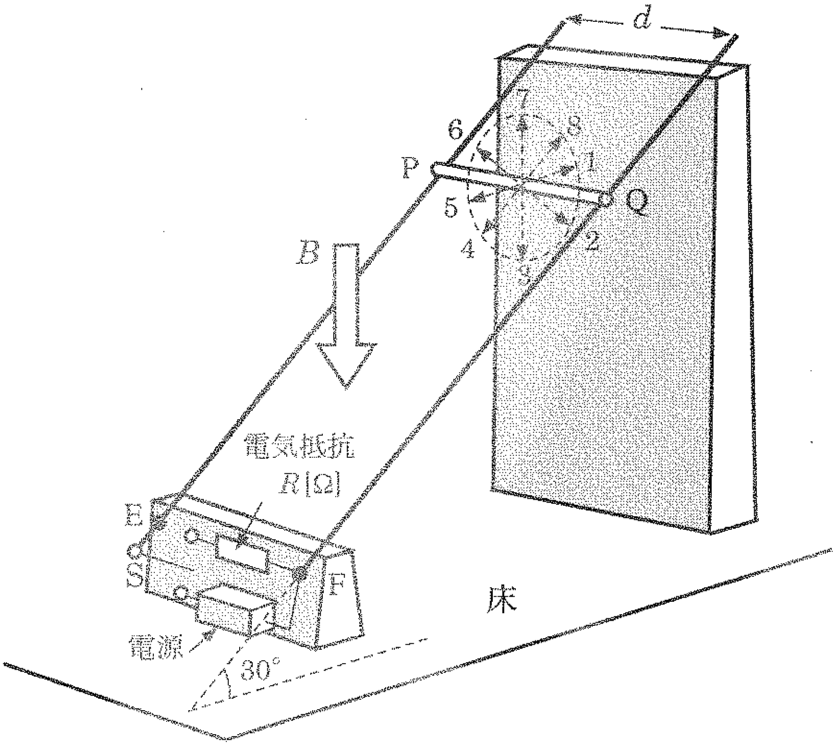

図 2-2

(ク)(サ) の解答群

0　Q から P の向き　　　　1　P から Q の向き

(ケ) の解答群

0　$\dfrac{mg}{2Bd}$　　1　$\dfrac{\sqrt{3}mg}{3Bd}$　　2　$\dfrac{\sqrt{3}mg}{2Bd}$　　3　$\dfrac{mg}{Bd}$

4　$\dfrac{3mg}{2Bd}$　　5　$\dfrac{\sqrt{3}mg}{Bd}$　　6　$\dfrac{2mg}{Bd}$

(コ) の解答群

0 $\dfrac{Bvd}{2R}$　　1 $\dfrac{\sqrt{3}Bvd}{3R}$　　2 $\dfrac{\sqrt{3}Bvd}{2R}$　　3 $\dfrac{Bvd}{R}$

4 $\dfrac{3Bvd}{2R}$　　5 $\dfrac{\sqrt{3}Bvd}{R}$　　6 $\dfrac{2Bvd}{R}$

(シ) の解答群

0 1　　1 2　　2 3　　3 4

4 5　　5 6　　6 7　　7 8

(ス) の解答群

0 $\dfrac{Bd}{2}$　　1 Bd　　2 $\sqrt{3}Bd$　　3 $\dfrac{Bd}{2\mu_0}$

4 $\dfrac{Bd}{\mu_0}$　　5 $\dfrac{\sqrt{3}Bd}{\mu_0}$　　6 $\dfrac{\mu_0 Bd}{2}$　　7 $\mu_0 Bd$

8 $\sqrt{3}\mu_0 Bd$

(セ) の解答群

0 $\dfrac{1}{2}$　　1 $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$　　2 $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　　3 1

4 $\dfrac{2\sqrt{3}}{3}$　　5 $\dfrac{3}{2}$　　6 $\sqrt{3}$　　7 2

(ソ)(タ) の解答群

0 $\dfrac{R}{3}$　　1 $\dfrac{R}{2}$　　2 $\dfrac{\sqrt{3}R}{3}$　　3 $\dfrac{2R}{3}$

4 $\dfrac{\sqrt{3}R}{2}$　　5 R　　6 $\sqrt{3}R$　　7 $2\sqrt{3}R$

8 $2R$

(チ) の解答群

0 $\dfrac{mg}{2}$　　1 $\dfrac{\sqrt{3}}{3}mg$　　2 $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　　3 mg

4 $\dfrac{mgd}{2}$　　5 $\dfrac{\sqrt{3}}{3}mgd$　　6 $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mgd$　　7 mgd

左のページは白紙です。

$\boxed{3}$ 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(15 点)

ガラスで作られた頂角 A が直角の 2 等辺三角形 ABC の断面をしたプリズムが空気中に置かれている。プリズムに赤い色の単色光か青い色の単色光を入射する。赤い色の単色光のガラスの屈折率を n とする。青い色の単色光のガラスの屈折率はわずかに n より大きい。いずれの単色光も空気の屈折率を 1 とする。**図 3-1** はプリズムの断面を示す。図中に書かれた破線は，いずれも辺に垂直な法線である。**図 3-1** のように，辺 BC の B 寄りの点 P に，赤い色の単色光が B に近い側から入射角 θ [rad] $(\theta \geq 0)$ で入射する。プリズム内の屈折角 ϕ [rad] は $\sin\phi =$ $\boxed{(ア)}$ で与えられる。もし青い色の単色光が入射角 θ で入射したとすると ϕ は赤色の単色光の場合と比べて $\boxed{(イ)}$。以下では，赤い色の単色光について考える。屈折光が辺 AB の Q 点に入射して反射する角 α [rad] は $\boxed{(ウ)}$ である。Q 点で，入射光が全反射するためには $\sin\phi + \cos\phi \geq$ $\boxed{(エ)}$ でなければならない。さらに，Q 点で反射した光が，辺 AC の点 R に入射して反射する角 β [rad] は $\boxed{(オ)}$ となる。したがって，仮に $n = \sqrt{2}$ とすると，Q 点かつ R 点で全反射するためには，プリズムへの入射角 θ は $\boxed{(カ)}$ であればよい。入射角 $\theta \geq 0$ で，点 R での反射光が，辺 BC に到達する点を S 点とする。S 点に入射する角 γ [rad] は $\boxed{(キ)}$ となる。これから，S 点での空気中への出射角 δ [rad] は $\boxed{(ク)}$ を満たす。もし P 点に青い色の単色光が同じ入射角 θ で入射した場合，垂直入射 $(\theta = 0\ \mathrm{rad})$ 以外では，ϕ，α，β などの角度の変化から図を考えてみると，S 点の位置は赤い色の単色光の場合より $\boxed{(ケ)}$。

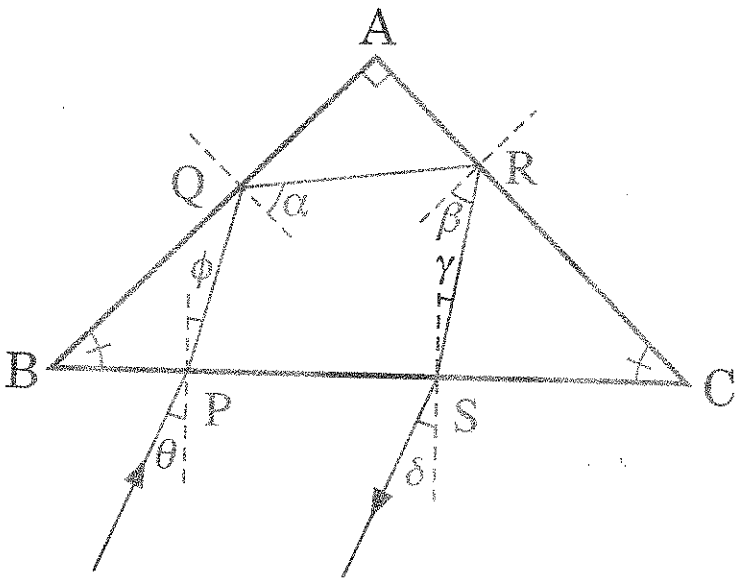

図 3-1

(ア) の解答群

0 $\sin\theta$　　1 $n\sin\theta$　　2 $\frac{1}{n}\sin\theta$　　3 $\cos\theta$

4 $n\cos\theta$　　5 $\frac{1}{n}\cos\theta$

(イ) の解答群

0 小さくなる　　1 変わらない　　2 大きくなる

(ウ)(オ)(キ) の解答群

0 ϕ　　1 $\frac{\pi}{6}+\phi$　　2 $\frac{\pi}{4}+\phi$　　3 $\frac{\pi}{3}-\phi$

4 $\frac{\pi}{2}-\phi$　　5 $\frac{\pi}{4}-\phi$

(エ) の解答群

0 0　　1 1　　2 $\sqrt{2}$　　3 $\dfrac{1}{n}$

4 $\dfrac{\sqrt{2}}{n}$　　5 n　　6 $\sqrt{2}n$

(カ) の解答群

0 0　　1 $\dfrac{\pi}{12}$ 以下　　2 $\dfrac{\pi}{6}$ 以下　　3 $\dfrac{\pi}{3}$ 以下

4 $\dfrac{\pi}{4}$ 以下

(ク) の解答群

0 $\delta=0$　　1 $\delta<\phi$　　2 $\delta=\phi$　　3 $\delta<\theta$

4 $\delta=\theta$　　5 $\delta>\theta$

(ケ) の解答群

0 P点方向にずれる　　1 変わらない　　2 C点方向にずれる

左のページは白紙です。

4 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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。(同じ番号を何回用いてもよい。) (25点)

図 4-1(a) のように，台の上の円筒状のシリンダー内に，なめらかに動く断面積 $A\,[\mathrm{m^2}]$ のピストンが置かれており，内部に単原子分子の理想気体が封入されている。ピストンの質量は無視することができる。シリンダーは内部の温度を調整できるように，底部が透熱壁でできており，熱源と接している。外部の大気の温度と圧力はそれぞれ，$T_0\,[\mathrm{K}]$，$P_0\,[\mathrm{Pa}]$ である。はじめ，封入されている理想気体の温度は，外部と同じ温度の熱源によって T_0 に保たれており，圧力も外部の大気と同じ P_0 に保たれている。また，理想気体の体積は $V_0\,[\mathrm{m^3}]$ であり，物質量は $n\,[\mathrm{mol}]$ である。気体定数を $R\,[\mathrm{J/(mol\cdot K)}]$ とし，重力加速度は鉛直下向きで，大きさは $g\,[\mathrm{m/s^2}]$ とする。また，以下の問では，状態 X から Y に至る過程で，気体がされる仕事を $W_{\mathrm{XY}}\,[\mathrm{J}]$ と表し，気体の吸収する熱量を $Q_{\mathrm{XY}}\,[\mathrm{J}]$ と表す。

(1) ピストンに，シリンダーの中心軸を通り，重さが無視できる伸びない糸を取り付け，滑車を介して，他端に質量 $m\,[\mathrm{kg}]$ のおもりを結んだ。おもりは水平面上に置いてあり，糸はたるまないように長さを調整してある。このとき，糸の張力は $F=0\,\mathrm{N}$ である。シリンダー内の理想気体を徐々に $T_{\mathrm{b}}\,[\mathrm{K}]$ まで冷却したところ，**図 4-1(b)** のように，おもりは $h_{\mathrm{b}}\,[\mathrm{m}]$ だけ持ち上げられた。冷却する過程で，おもりが持ち上げられ始めたときの理想気体の温度は $T_{\mathrm{a}}' = \boxed{\text{(ア)}}\,[\mathrm{K}]$ である ($T_{\mathrm{b}} < T_{\mathrm{a}}' < T_0$)。理想気体の温度が T_{b} まで変化する間に，理想気体がされた仕事は，$W_{\mathrm{ab}} = \boxed{\text{(イ)}}\,[\mathrm{J}]$ であり，そのうち理想気体が大気からされた仕事は，$W_{\mathrm{ab}}^0 = \boxed{\text{(ウ)}}\,[\mathrm{J}]$ となる。また，理想気体の内部エネルギー $U\,[\mathrm{J}]$ の変化量 ΔU_{ab} は，$\Delta U_{\mathrm{ab}} = \boxed{\text{(エ)}}\,[\mathrm{J}]$ であり，理想気体から外部へ流失した熱量は W_{ab}，ΔU_{ab} を用いて $-Q_{\mathrm{ab}} = \boxed{\text{(オ)}}\,[\mathrm{J}]$ と表される。

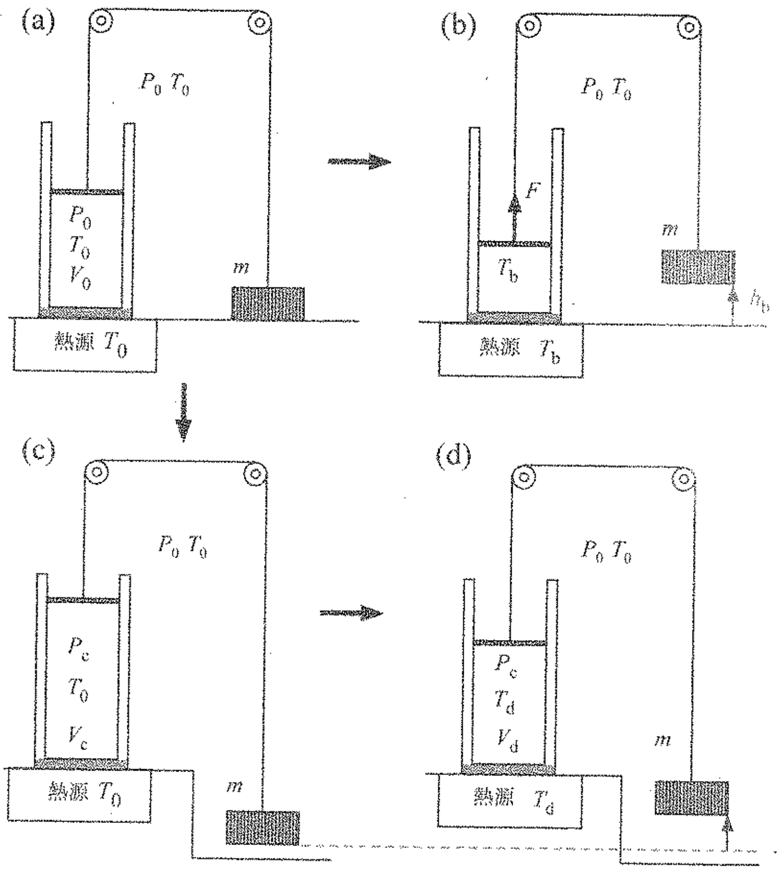

図 4-1

(2) 次に，理想気体を**図 4-1(a)** に戻した後，おもりを宙づりにしたところ，おもりは**図 4-1(c)** のように降下して釣り合った。おもりが降下する間，気体の温度は T_0 に保たれているものとする。おもりが釣り合ったとき，理想気体の圧力は $P_c=$ **(カ)** [Pa] であり，体積は $V_c=$ **(キ)** $\times V_0\,[\mathrm{m}^3]$ となる。

その後，**図 4-1(c)** の状態から，理想気体を徐々に $T_d\,[\mathrm{K}]$ まで冷却したところ，**図 4-1(d)** のように，おもりが持ち上げられて，新たな釣り合いの位置に達した。このとき，理想気体の体積は，$V_d=P_0V_0A\times\{$ **(ク)** $\}\,[\mathrm{m}^3]$ となる。また，

理想気体の温度が T_d まで変化する間に，理想気体がされた仕事は，$W_{cd} = P_0V_0 \times$ ($\boxed{\text{(ケ)}}$)[J] となる。また，理想気体の内部エネルギー U [J] の変化量 ΔU_{cd} は，$\Delta U_{cd} = P_0V_0 \times \{$ $\boxed{\text{(コ)}}$ $\}$ [J] であり，理想気体から外部へ流失した熱量は $-Q_{cd} = P_0V_0 \times \{$ $\boxed{\text{(サ)}}$ $\}$ [J] となる。

(ア) の解答群

0 $\left(1-\dfrac{mg}{P_0A}\right)T_0$　　1 $\left(1+\dfrac{mg}{P_0A}\right)T_0$　　2 $\left(\dfrac{mg}{P_0A}-1\right)T_0$

3 $\left(1-\dfrac{P_0A}{mg}\right)\dfrac{1}{T_0}$　　4 $1+\dfrac{P_0A}{mg}$　　5 $1-\dfrac{mg}{nRT_0}$

(イ) の解答群

0 $\dfrac{3h_b}{2}(P_0A-mg)$　　1 $-(P_0A+mg)h_b$　　2 $\dfrac{h_b}{2}(P_0A-mg)$

3 $\dfrac{h_b}{3}(P_0A-mg)$　　4 $(P_0A-mg)h_b$　　5 $\dfrac{h_b}{2}(P_0A+mg)$

(ウ) の解答群

0 $(mg-P_0A)h_b$　　1 $(P_0A-mg)h_b$　　2 $\dfrac{1}{2}P_0Ah_b$

3 P_0Ah_b　　4 $-(P_0A+mg)h_b$　　5 $(P_0A+mg)h_b$

6 mgh_b　　7 $P_0(Ah_b-V_0)$

(エ) の解答群

0 $\dfrac{3}{2}nR(T_b-T_0)$　　1 $\dfrac{5}{2}nR(T_b-T_0)$　　2 $\dfrac{1}{2}nR(T_b-T_0)$

3 $nR(T_b-T_0)$　　4 $\dfrac{5}{3}nR(T_b-T_0)$　　5 $2nR(T_b-T_0)$

(オ) の解答群

0 $-(W_{ab}+\Delta U_{ab})$　　1 $\dfrac{1}{3}(\Delta U_{ab}-W_{ab})$　　2 $\dfrac{3}{2}(\Delta U_{ab}-W_{ab})$

3 $\dfrac{5}{2}(\Delta U_{ab}-W_{ab})$　　4 $W_{ab}-\Delta U_{ab}$　　5 $W_{ab}+\Delta U_{ab}$

(カ) の解答群

0 $P_0+\dfrac{mg}{A}$　　1 $\dfrac{mg}{A}-P_0$　　2 $P_0+\dfrac{A}{mg}$　　3 $P_0-\dfrac{mg}{A}$

4 $-\dfrac{mg}{A}$　　5 $\dfrac{mg}{A}$

(キ) の解答群

0 $\dfrac{P_0A}{P_0A+mg}$　　1 $\dfrac{2P_0A}{P_0A-mg}$　　2 $\dfrac{P_0A}{2(P_0A-mg)}$　　3 $\dfrac{P_0A}{P_0A-mg}$

4 $\dfrac{2P_0A}{P_0A+mg}$　　5 $1+\dfrac{mg}{P_0A}$

(ク) の解答群

0 $\dfrac{T_d}{T_0}\left(\dfrac{1}{P_0A+mg}\right)$　　1 $\dfrac{T_0}{T_d}\left(\dfrac{1}{P_0A-mg}\right)$　　2 $\dfrac{T_0}{T_d}\left(\dfrac{1}{P_0A+mg}\right)$

3 $\dfrac{T_d}{T_0}\left(\dfrac{1}{mg-P_0A}\right)$　　4 $\dfrac{T_0}{T_d}\left(\dfrac{1}{mg-P_0A}\right)$　　5 $\dfrac{T_d}{T_0}\left(\dfrac{1}{P_0A-mg}\right)$

(ケ) の解答群

0 $1+\dfrac{T_d}{T_0}$　　1 $1-\dfrac{T_d}{T_0}$　　2 $1-\dfrac{T_0}{T_d}$

3 $\dfrac{T_0}{T_0+T_d}$　　4 $\dfrac{T_d}{T_0}$　　5 $\dfrac{T_0}{T_d}$

(コ) の解答群

0 $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{T_d}{T_0}-1\right)$　　1 $\dfrac{5}{2}\left(\dfrac{T_0}{T_d}-1\right)$　　2 $\dfrac{5}{2}\left(\dfrac{T_d}{T_0}-1\right)$

3 $\dfrac{3T_d}{2T_0}$　　4 $\dfrac{5T_d}{2T_0}$　　5 $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{T_0}{T_d}-1\right)$

(サ) の解答群

0 $\dfrac{1}{2}\left(1-\dfrac{T_d}{T_0}\right)$　　1 $1-\dfrac{T_d}{T_0}$　　2 $\dfrac{3}{2}\left(1-\dfrac{T_d}{T_0}\right)$

3 $2\left(1-\dfrac{T_d}{T_0}\right)$　　4 $\dfrac{5}{2}\left(1-\dfrac{T_d}{T_0}\right)$　　5 $3\left(1-\dfrac{T_d}{T_0}\right)$

左のページは白紙です。