2024 M

理　　科

理科は **物　理** **化　学** **生　物** のうち２科目を選択受験のこと。

物　理 ……１頁　**化　学** ……18頁　**生　物** ……31頁

問題 Ⅰ はマークシート方式，Ⅱ は記述式である。

Ⅰ の解答はマークシートに，Ⅱ の解答は解答用紙に記入すること。

〔注　意　事　項〕

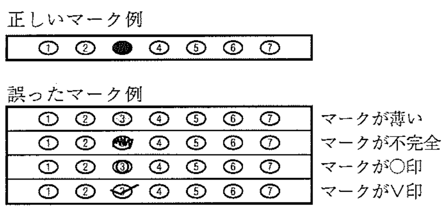
1. 監督者の指示があるまでは，この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは，コンピュータで処理するので，折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに，**氏名・受験番号を記入し，科目選択・受験番号をマークする。**マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例（13015の場合）

受	験	番	号	
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
	⓪	●	⓪	⓪
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは，HB または B の黒鉛筆を用いること。**誤ってマークした場合には，消しゴムで丁寧（ていねい）に消し，消しくずを完全に取り除いたうえで，新たにマークし直す**こと。
5. 下記の例に従い，**正しくマーク**すること。

（例えば３と答えたいとき）



6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが，科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

物　理

I　以下の問題(**第1問～第3問**)の答えをマークシートに記せ。

第1問　次の問い(**問1～問5**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{7}$ 〕

問 1　図1のように断面積が S で長さ L の一様な細い棒ABを水の入った水槽の中に立てかける。棒の端Aと端Bはそれぞれ鉛直な水槽の壁と水平な水槽の底に接している。棒の点Pから下の部分は水中にあり，PBが水平となす角が60°で静止してつり合っている。PBの長さは a である。棒の端Bと水槽の底には摩擦力がはたらくが，水槽の壁はなめらかで棒の端Aと壁の間には摩擦力ははたらかない。また，大気圧は無視する。水の密度を ρ_0，棒の密度を $\rho\,(>\rho_0)$，重力加速度の大きさを g として，下の問い((a)，(b))に答えよ。

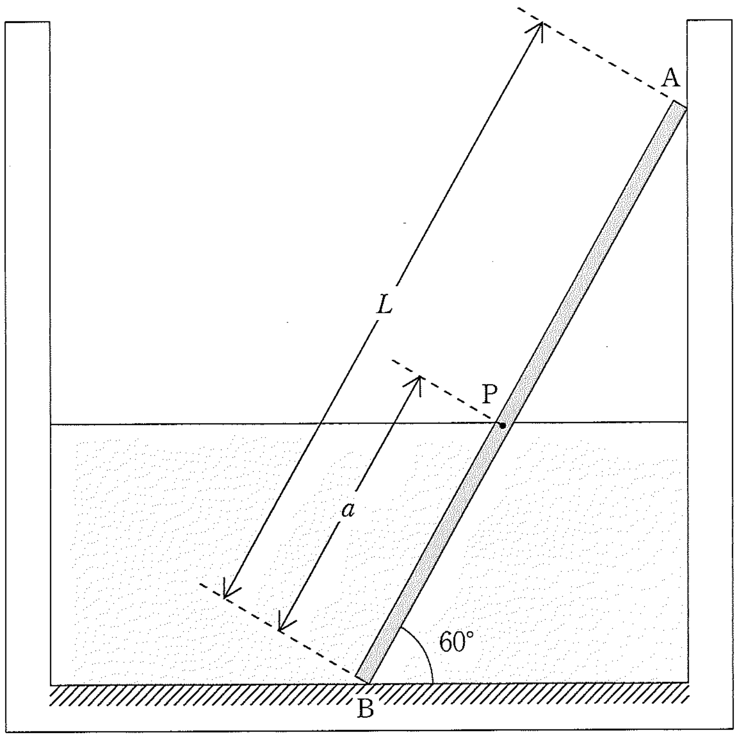


図1

(a) アルキメデスの原理によれば，棒にはたらく浮力は水中にある PB 部分の体積だけで決まり，棒の密度 ρ によらない。このことから，水中にある PB 部分が仮に水と等しい密度 ρ_0 をもつとして，浮力の大きさ，向き，および作用点を求めればよい。PB 部分にはたらく浮力の向きと作用点を表す矢印として最も適当なものを，図 2 の①〜⑨のうちから一つ選べ。 $\boxed{\ 1\ }$

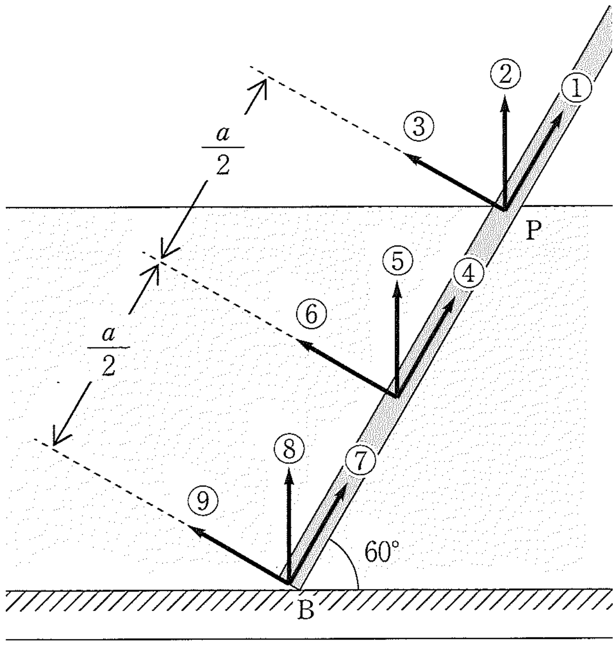


図 2

(b) 棒の端 A が壁からうける垂直抗力の大きさはいくらか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\ 2\ }$

① $\dfrac{\sqrt{3}}{6}SLg\left(\rho - \dfrac{a}{2L}\rho_0\right)$　② $\dfrac{\sqrt{3}}{6}SLg\left(\rho - \dfrac{a}{L}\rho_0\right)$

③ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}SLg\left(\rho - \dfrac{a}{2L}\rho_0\right)$　④ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}SLg\left(\rho - \dfrac{a}{L}\rho_0\right)$

⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{6}SLg\left(\rho - \dfrac{a^2}{2L^2}\rho_0\right)$　⑥ $\dfrac{\sqrt{3}}{6}SLg\left(\rho - \dfrac{a^2}{L^2}\rho_0\right)$

⑦ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}SLg\left(\rho - \dfrac{a^2}{2L^2}\rho_0\right)$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}SLg\left(\rho - \dfrac{a^2}{L^2}\rho_0\right)$

問 2 xy 平面上の原点 O を中心とする半径 a の円周上の，図 3 で示す 3 つの点に電気量が q，$-q$，$2q$ の電荷をそれぞれ固定した（$q>0$）。下の問い（(a)，(b)）に答えよ。ただし，クーロンの法則の比例定数を k とする。

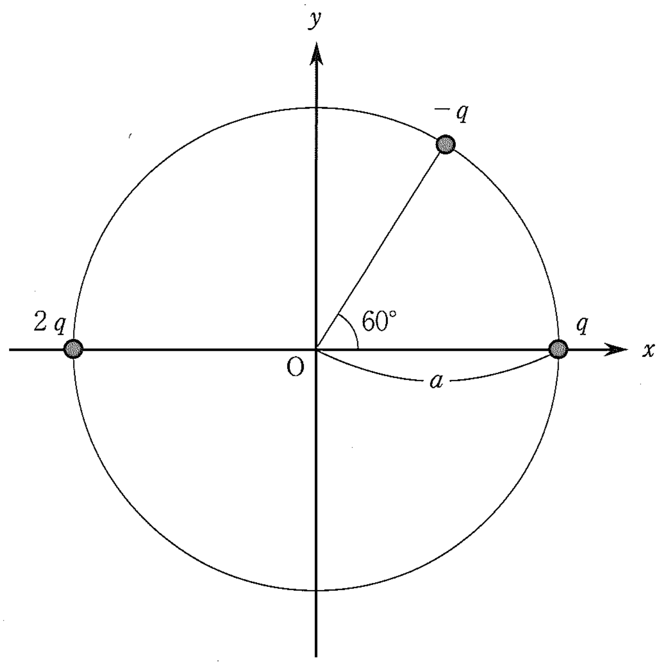


図 3

(a) 原点 O における電場の強さは，$\dfrac{kq}{a^2} \times \boxed{\quad 3 \quad}$ となる。$\boxed{\quad 3 \quad}$ を埋めるのに正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$　② $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　③ $\dfrac{\sqrt{5}}{2}$　④ $\sqrt{2}$

⑤ $\dfrac{\sqrt{10}}{2}$　⑥ $\sqrt{3}$　⑦ $\sqrt{10}$　⑧ $\sqrt{13}$

(b) y 軸上の点$(0,\ y)$における電位を $V(y)$とする。$V(y)$はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，無限遠点を電位の基準点とする。

$V(y) =$ $\boxed{\quad 4 \quad}$

① $\dfrac{kq}{\sqrt{a^2+y^2}} + \dfrac{kq}{\sqrt{\dfrac{1}{4}a^2 + \left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}a - y\right)^2}}$

② $\dfrac{kq}{\sqrt{a^2+y^2}} + \dfrac{kq}{\sqrt{\dfrac{3}{4}a^2 + \left(\dfrac{1}{2}a - y\right)^2}}$

③ $\dfrac{3\,kq}{\sqrt{a^2+y^2}} - \dfrac{kq}{\sqrt{\dfrac{1}{4}a^2 + \left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}a - y\right)^2}}$

④ $\dfrac{3\,kq}{\sqrt{a^2+y^2}} - \dfrac{kq}{\sqrt{\dfrac{3}{4}a^2 + \left(\dfrac{1}{2}a - y\right)^2}}$

⑤ $\dfrac{kq}{a^2+y^2} + \dfrac{kq}{\dfrac{1}{4}a^2 + \left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}a - y\right)^2}$

⑥ $\dfrac{kq}{a^2+y^2} + \dfrac{kq}{\dfrac{3}{4}a^2 + \left(\dfrac{1}{2}a - y\right)^2}$

⑦ $\dfrac{3\,kq}{a^2+y^2} - \dfrac{kq}{\dfrac{1}{4}a^2 + \left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}a - y\right)^2}$

⑧ $\dfrac{3\,kq}{a^2+y^2} - \dfrac{kq}{\dfrac{3}{4}a^2 + \left(\dfrac{1}{2}a - y\right)^2}$

問 3 ある一定の振動数の音を出す音源がある。静止している観測者にこの音源が速さ u で近づいてくるときに，観測者には振動数 f_1 の音に聞こえた。次に，音源を静止させて，静止している音源から観測者が速さ u で遠ざかるときには，観測者には振動数 f_2 の音に聞こえた。音速を V とするとき，$\dfrac{u}{V}$ はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし，$u < V$ とする。

$\dfrac{u}{V} = \boxed{\quad 5 \quad}$

① $\dfrac{\sqrt{f_1}-\sqrt{f_2}}{\sqrt{f_1}}$　② $\dfrac{\sqrt{f_1}-\sqrt{f_2}}{\sqrt{f_2}}$　③ $\dfrac{\sqrt{f_1}-\sqrt{f_2}}{\sqrt{f_1}+\sqrt{f_2}}$　④ $\sqrt{\dfrac{f_1-f_2}{f_1}}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{f_1-f_2}{f_2}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{f_1-f_2}{f_1+f_2}}$　⑦ $\dfrac{f_1-f_2}{f_1}$　⑧ $\dfrac{f_1-f_2}{f_2}$

⑨ $\dfrac{f_1-f_2}{f_1+f_2}$

問 4　図4は，金属板をみがいた表面に，多数の平行な細い溝を等間隔 d で刻んだ反射型の回折格子の断面を示している。溝の部分は光を反射しないものとすると，この回折格子の格子定数は d となる。この反射型回折格子に入射角 ϕ で単色光を入射させる。単色光の波長を λ，回折した光が強め合って明線をつくるときの角度を θ とするとき，どのような式が成り立つか。正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，$m = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$ とする。また，ϕ および θ は，金属板の表面に垂直に立てた法線の方向と，入射方向および回折光の方向とのなす角を図4のように測ったものを表し，$0° \leqq \phi < 90°$，$0° \leqq \theta < 90°$ の場合を考えるものとする。 $\boxed{\ 6\ }$

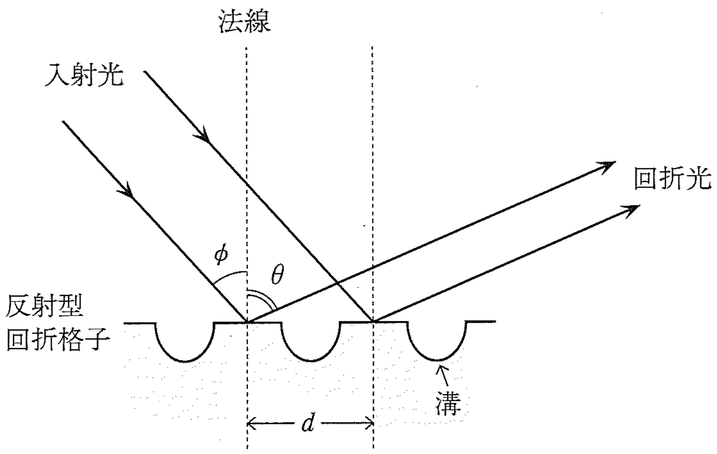


図4

① $\cos\theta + \cos\phi = \dfrac{md}{\lambda}$　② $\cos\theta - \cos\phi = \dfrac{md}{\lambda}$　③ $\sin\theta + \sin\phi = \dfrac{md}{\lambda}$

④ $\sin\theta - \sin\phi = \dfrac{md}{\lambda}$　⑤ $\cos\theta + \cos\phi = \dfrac{m\lambda}{d}$　⑥ $\cos\theta - \cos\phi = \dfrac{m\lambda}{d}$

⑦ $\sin\theta + \sin\phi = \dfrac{m\lambda}{d}$　⑧ $\sin\theta - \sin\phi = \dfrac{m\lambda}{d}$

問 5　2個の重陽子の原子核($^{2}_{1}H$)が衝突して

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

となる核反応が起こった。この核反応で失われる質量から発生するエネルギーは何 MeV か。$^{2}_{1}H$, $^{3}_{2}He$ の原子核の質量をそれぞれ 2.0136 u, 3.0150 u とし，$^{1}_{0}n$ の質量を 1.0087 u として，最も近い値を，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，真空中の光の速さは 3.0×10^{8} m/s，電気素量は 1.6×10^{-19} C であり，$1\ u = 1.7 \times 10^{-27}$ kg，$1\ MeV = 10^{6}$ eV である。 $\boxed{\ 7\ }$ MeV

① 1.9　② 3.3　③ 5.6　④ 8.7

⑤ 1.9×10　⑥ 3.3×10　⑦ 5.6×10　⑧ 8.7×10

第2問　真空中で図1のように，鉛直上向き(紙面に垂直に裏から表への向き)で磁束密度B_0の一様な磁場がある。この磁場の中を，質量m，電気量$q(>0)$の荷電粒子が，磁場に垂直に速さvで等速円運動をしている。荷電粒子の円軌道を図1の半径Rの円周とする。荷電粒子がこの円周をまわる向きは，紙面の表から見て時計回りである。荷電粒子の運動と磁場の関係について，下の問い(**問1**～**問3**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ 〕

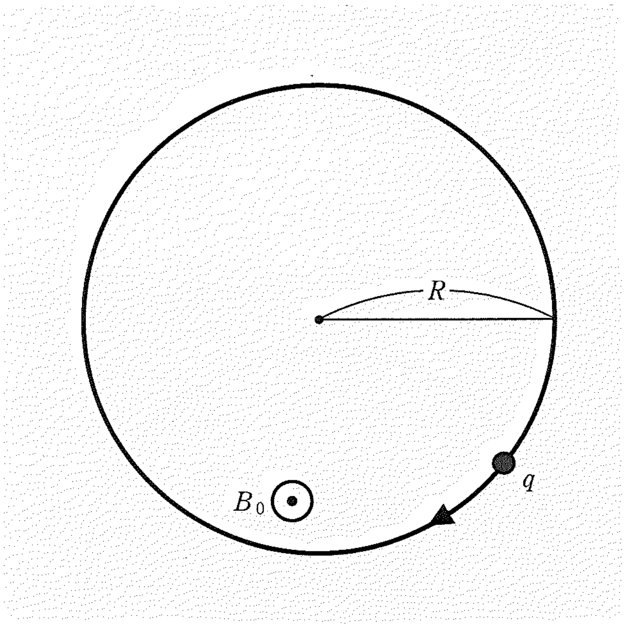


図1

問1　図1の荷電粒子の速さvはどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$v = \boxed{\ 1\ }$

① $\sqrt{\dfrac{qRB_0}{2m}}$　② $\sqrt{\dfrac{qRB_0}{m}}$　③ $\sqrt{\dfrac{qRB_0}{2\pi m}}$　④ $\sqrt{\dfrac{qRB_0}{\pi m}}$

⑤ $\dfrac{qRB_0}{2m}$　⑥ $\dfrac{qRB_0}{m}$　⑦ $\dfrac{qRB_0}{2\pi m}$　⑧ $\dfrac{qRB_0}{\pi m}$

問 2 図1の荷電粒子の円軌道と同じ水平面内に半径 $r\,(r < R)$ の同心円をとり，この半径 r の同心円の内側を領域1，外側を領域2とする。**問 1** の状態から磁場を変化させ，領域1，領域2の一様な磁束密度をそれぞれ B_1，B_2 で表すことにする(図2参照)。**問 1** の状態を時刻 $t = 0$ とし，これらの磁束密度を時間 t の関数として次のようにとる。

$$\text{領域1}：B_1 = \begin{cases} B_0 + b_1 t & (0 \leqq t < T) \\ B_0 + b_1 T & (t \geqq T) \end{cases}$$

$$\text{領域2}：B_2 = \begin{cases} B_0 + b_2 t & (0 \leqq t < T) \\ B_0 + b_2 T & (t \geqq T) \end{cases}$$

ただし，b_1，b_2 および T は正の定数であり，磁場の方向は常に鉛直方向に保たれるとする。下の問い((a)，(b))に答えよ。

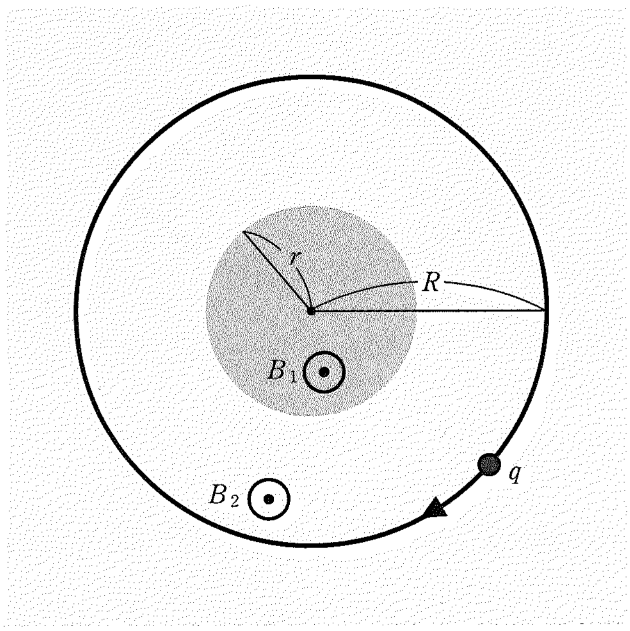


図2

(a)　磁場が変化すると，コイル等の導体が何も存在しない真空中でも，荷電粒子の円軌道を円形コイルとみなしたときと同じ誘導起電力が生じる。磁場が変化している間($0 \leqq t < T$)に，図2の半径Rの円周上に生じる誘導起電力の大きさVはいくらか。正しいものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。

$V = \boxed{\ 2\ }$

① $r^2b_1 + R^2b_2$
② $r^2b_1 + (R - r)^2b_2$
③ $r^2b_1 + (R^2 - r^2)b_2$
④ $\pi r^2b_1 + \pi R^2b_2$
⑤ $\pi r^2b_1 + \pi(R - r)^2b_2$
⑥ $\pi r^2b_1 + \pi(R^2 - r^2)b_2$
⑦ $2\pi r^2b_1 + 2\pi R^2b_2$
⑧ $2\pi r^2b_1 + 2\pi(R - r)^2b_2$
⑨ $2\pi r^2b_1 + 2\pi(R^2 - r^2)b_2$

(b)　この誘導起電力Vが生じているとき，半径Rの円周上のすべての点で接線方向に電場があると考えてよい。図2の半径Rの円周上にある荷電粒子がこの電場から受ける力の大きさをFとすると，FはVを用いてどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$F = \boxed{\ 3\ }$

① $\dfrac{qV}{2R}$
② $\dfrac{qV}{R}$
③ $\dfrac{qV}{2R^2}$
④ $\dfrac{qV}{R^2}$
⑤ $\dfrac{qV}{2\pi R}$
⑥ $\dfrac{qV}{\pi R}$
⑦ $\dfrac{qV}{2\pi R^2}$
⑧ $\dfrac{qV}{\pi R^2}$

問 3　図２の円軌道上にある荷電粒子は，**問２**(b)の力 F を受け加速される。このとき，**問２**の b_1，b_2 をうまく調節し，円軌道の半径 R を一定に保ったまま荷電粒子を加速したとしよう。次の問い((a)，(b))に答えよ。

(a)　**問２**(b)の力 F によって荷電粒子が加速され，短い時間 Δt の間に，速さが円軌道の接線方向に Δv だけ変化したとすると，円軌道の接線方向の運動方程式は

$$m\frac{\Delta v}{\Delta t} = F$$

と表される。このとき，時刻 $t = 0$ から $t = T$ までの荷電粒子の速さの増加はいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\ 4\ }$

① $\dfrac{TF}{2m}$　② $\dfrac{TF}{m}$　③ $\dfrac{T^2F}{2m}$　④ $\dfrac{T^2F}{m}$

⑤ $\dfrac{TF^2}{2m^2}$　⑥ $\dfrac{TF^2}{m^2}$　⑦ $\dfrac{T^2F^2}{2m^2}$　⑧ $\dfrac{T^2F^2}{m^2}$

(b)　時刻 $t = 0$ の図１の状態から $t = T$ までの間に，図２の円軌道上の磁場は磁束密度が $B_0 \rightarrow B_0 + b_2T$ と増加する一方，この間の荷電粒子の速さの増加は**問３**(a)で求めた結果となる。このとき円軌道の半径 R が一定に保たれることから，b_1 と b_2 の関係が決まる。b_1 と b_2 の比はいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$\dfrac{b_1}{b_2} = \boxed{\ 5\ }$

① $\dfrac{R^2}{r^2}$　② $\dfrac{R^2}{r^2} - 1$　③ $\dfrac{R^2}{r^2} + 1$　④ $\dfrac{R^2}{r^2} + 2$

⑤ $\dfrac{2R^2}{r^2}$　⑥ $\dfrac{2R^2}{r^2} - 1$　⑦ $\dfrac{2R^2}{r^2} + 1$　⑧ $\dfrac{2R^2}{r^2} + 2$

第3問 図1は，なめらかに動くピストンを備えた容器に1 molの理想気体を入れ，状態Aから出発して，A→B→C→Aと1サイクル変化させたときの体積と圧力の関係を示したものである。aを1より大きい定数($a > 1$)として，体積aV_0，圧力ap_0の状態Aから，A→Bで断熱膨張させると気体は状態B(体積bV_0，圧力p_0)になり，bはaより大きい定数である($b > a$)。次に，B→Cで定圧で圧縮すると状態C(体積V_0，圧力p_0)になり，C→Aでは図1の直線で示す経路にそって変化させて，はじめの状態Aにもどす。この理想気体の定積モル比熱をC_Vとし，気体定数をRとして，下の問い(**問1～問6**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{6}$ 〕

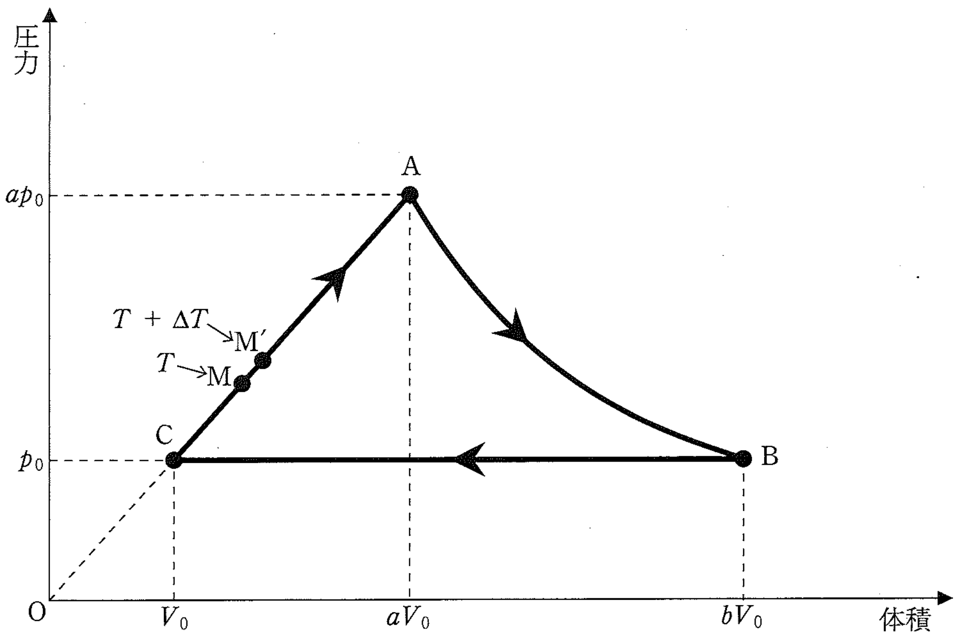


図1

問 1　A→Bの過程で気体の内部エネルギーの増加は，p_0V_0 の何倍か。正しいものを，下の解答群①～⑫のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 1 \quad}$ 倍

問 2　B→Cの過程で気体が吸収した熱量は，p_0V_0 の何倍か。正しいものを，下の解答群①～⑫のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 2 \quad}$ 倍

問 3　C→Aの過程で気体が外部にした仕事は，p_0V_0 の何倍か。正しいものを，下の解答群①～⑫のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 3 \quad}$ 倍

$\boxed{\quad 1 \quad}$ ～ $\boxed{\quad 3 \quad}$ の解答群

① $1-b$　　② $\dfrac{a^2-1}{2}$　　③ $\dfrac{a^2-b}{2}$

④ $b-a^2$　　⑤ $(1-b)\dfrac{C_V}{R}$　　⑥ $(a^2-1)\dfrac{C_V}{2R}$

⑦ $(a^2-b)\dfrac{C_V}{2R}$　　⑧ $(b-a^2)\dfrac{C_V}{R}$　　⑨ $(1-b)\left(1+\dfrac{C_V}{R}\right)$

⑩ $\dfrac{a^2-1}{2}\left(1+\dfrac{C_V}{R}\right)$　　⑪ $\dfrac{a^2-b}{2}\left(1+\dfrac{C_V}{R}\right)$　　⑫ $(b-a^2)\left(1+\dfrac{C_V}{R}\right)$

問 4　図1のC→Aの過程において，ある途中の状態Mの絶対温度を T で表そう。この温度 T の状態Mから，C→Aの直線で示す経路にそって温度 $T+\Delta T$ の状態M′に変化するときに，気体が外部にする仕事は ΔT に比例することがわかる。このことから，C→Aの過程での気体のモル比熱はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 4 \quad}$

① $C_V+\dfrac{R}{2}$　　② C_V+R　　③ $C_V+\dfrac{3R}{2}$　　④ C_V+2R

⑤ $2C_V+\dfrac{R}{2}$　　⑥ $2C_V+R$　　⑦ $2C_V+\dfrac{3R}{2}$　　⑧ $2C_V+2R$

問 5　A→B→C→Aを1サイクルとする熱機関の効率 e は，

$$e = 1 + \frac{\boxed{2} \times R}{\boxed{4} \times \boxed{5}}$$

を計算して求めることができる。$\boxed{5}$ を埋めるのに正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{b-1}{2}$　② $\dfrac{a^2-1}{2}$　③ $b-1$　④ a^2-1

⑤ $\dfrac{1-b}{2}$　⑥ $\dfrac{1-a^2}{2}$　⑦ $1-b$　⑧ $1-a^2$

問 6　定数 a および b を，$a = 1 + \Delta a$，$b = 1 + \Delta b$ と表し，ここでは，Δa および Δb は1に比べてじゅうぶん小さい場合を考えよう。A→Bの断熱過程に対する熱力学第1法則において，$(\Delta a)^2$，$(\Delta b)^2$，および $\Delta a \times \Delta b$ は無視できるとすると，

$$\Delta b = \boxed{6} \times \Delta a$$

となる。$\boxed{6}$ を埋めるのに正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

① $\dfrac{C_V+2R}{C_V}$　② $\dfrac{C_V+3R}{C_V}$　③ $\dfrac{2C_V+R}{C_V}$　④ $\dfrac{3C_V+R}{C_V}$

⑤ $\dfrac{C_V+2R}{C_V+R}$　⑥ $\dfrac{C_V+3R}{C_V+R}$　⑦ $\dfrac{2C_V+R}{C_V+R}$　⑧ $\dfrac{3C_V+R}{C_V+R}$

II 次の問いに答えよ。解答用紙の所定の欄には，結果だけでなく考え方と途中の式も記せ。

図１のように，質量 m の小球Ｐを長さ L の軽いひもの端に付け，他端を質量 M の車の天井の点Ｑに取り付けて振り子とする。Ｑの鉛直真下に距離 L の位置を点Ｏとする。車も小球も静止した状態で，振り子のひもがたるまないようにして，$\angle \mathrm{OQP} = \theta_0 (> 0)$ の位置で小球を手で支える。この状態から静かに小球を放すと，小球と車は同時に動き始める。図２は小球と車が動き出し，Ｑの真下の点Ｏから測った角度が $\angle \mathrm{OQP} = \theta$ となった瞬間を示している。ＰがＯより右側にあるときに $\theta > 0$ とし，左側にあるときに $\theta < 0$ とする。図２の瞬間のひもの張力を T，この瞬間の小球Ｐの加速度の水平成分を a，車の水平方向の加速度を A とする。ただし，a，A は地面に対する小球と車の加速度の水平成分で，右方向を a，A の正の方向とする。車は水平な地面の上をなめらかに動くことができるものとし，空気抵抗や摩擦は考えない。また，車内の人の質量は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として，下の問い(**問１**～**問５**)に答えよ。

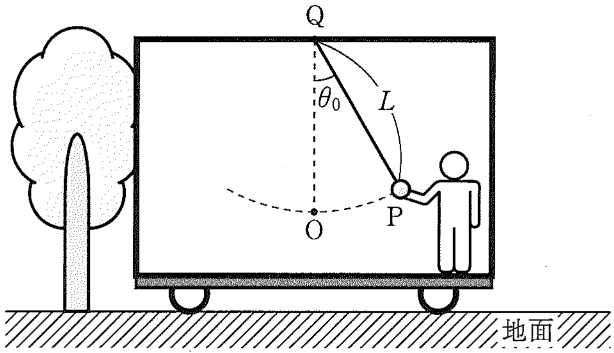


図１

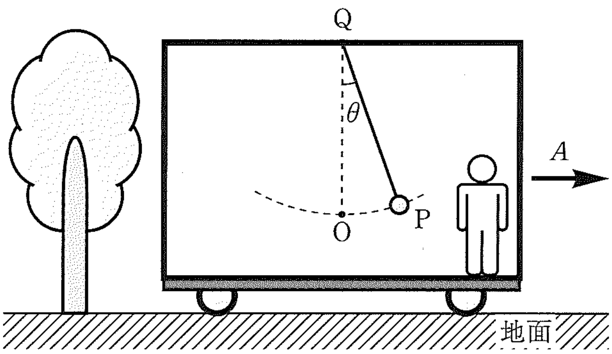


図２

問 1　図2の瞬間の，小球および車の水平方向の運動方程式を書け。

問 2　小球が $\theta = 0$ の位置を通過する瞬間の，小球と車の水平方向の速度をそれぞれ v，V とする。ただし，v，V は地面に対する小球と車の速度で，右方向を v，V の正の方向とする。車の速度 V を m，M，v を用いて表す式を，運動量保存則を用いて求めよ。

問 3　前問の小球の速度 v の値は，図1の角度 θ_0 で決まる。v の大きさを m，M，L，g，θ_0 を用いて表せ。

問 4　図2のように加速度 A をもつ車の車内を図3に示す。車とともに運動する人は，非慣性系の観測者である。O を原点として水平方向と鉛直方向にそれぞれ x 軸と y 軸をとり，小球 P の位置を $(x,\ y)$ と表す。図3の瞬間の車内の観測者から見て，小球にはたらく力を $\vec{F} = (F_x,\ F_y)$ と表そう。ただし，F_x，F_y は小球にはたらく力の x 成分と y 成分で，x 軸，y 軸の正の方向を力の正の方向とする。小球にはたらく力の成分 F_x，F_y を m，g，A，T，θ を用いて表せ。

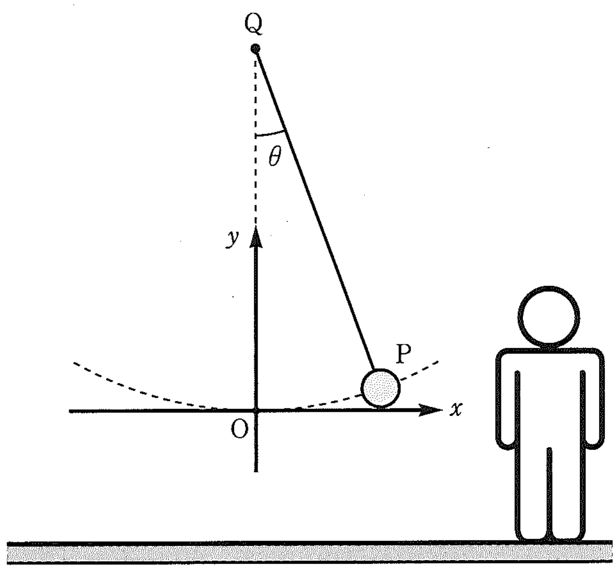


図3

問 5　図1のθ_0がじゅうぶん小さい場合を考える($\theta_0 \ll 1$)。このとき，図3のθもじゅうぶん小さく，円弧OPはx軸に一致するとみなせる。小球はx軸に沿って運動しているとみなすことができ，y軸方向の変位は0とみなせるので，**問4**の力のy成分に対して$F_y \fallingdotseq 0$が成り立つ。次の問い((a)，(b))に答えよ。ただし，$\theta \ll 1$のときに成立する$\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$の近似式を使って計算すること。

(a)　**問1**の結果から加速度Aはθで表されるので，小球Pのx座標の値がx($x \ll L$)のとき，**問4**の力のx成分を$F_x \fallingdotseq -kx$と表すことができる。ただし，kはm，M，g，Lで決まる定数である。この係数kを求めよ。

(b)　$M = m$の場合を考える。前問(a)の結果から小球の位置xを時間の関数として求めることができ，地面に対する車の加速度Aも時間の関数として決まる。時刻tにおける，地面に対する車の速度をL，g，t，θ_0を用いて表せ。ただし，小球を手から放した瞬間を$t = 0$として，右方向を地面に対する車の速度の正の方向とする。