令和８年度 入学試験　（後期日程）

物 理　解答用紙

1

【出題意図】摩擦力と剛体のつり合いに関する理解度を問う。

(a)	(i)	$N_2 - F_1 = 0$
	(ii)	$N_1 - (M+m)g = 0$
	(iii)	$(M+m)g\dfrac{L}{2}\cos\theta - N_2 L\sin\theta = 0$
	(iv)	$F_1 = \dfrac{(M+m)g}{2\tan\theta}$
	(v)	$\mu_1 \geqq \dfrac{1}{2\tan\theta}$
	(vi)	$\mu_1 = \dfrac{1}{2}$
(b)		2倍
(c)	(i)	$N_2 = \dfrac{\mu_1}{1+\mu_1\mu_2}(M+m)g$
	(ii)	$F_{2\max} = \dfrac{\mu_1\mu_2}{1+\mu_1\mu_2}(M+m)g$
	(iii)	$\mu_2 = 1$

令和８年度 入学試験　（後期日程）

物 理　解答用紙

2

【出題意図】

定圧変化と定積変化のみからなる冷凍サイクルの性能の定義を問題文で与えた上で，p-V グラフから性能を求める問題。

熱分野において，理想気体の状態方程式，熱量，仕事，比熱が理解出来ていれば平易。

(a)	$W=Q_{\mathrm{out}}-Q_{\mathrm{in}}$	
(b)	$T_{\mathrm{A}}=\dfrac{p_AV_A}{R}$	$T_{\mathrm{B}}=\dfrac{p_AV_C}{R}$
	$T_{\mathrm{C}}=\dfrac{p_CV_C}{R}$	$T_{\mathrm{D}}=\dfrac{p_CV_A}{R}$
(c)	$Q_{\mathrm{in}}=\dfrac{5}{2}p_A\cdot(V_C-V_A)+\dfrac{3}{2}(p_C-p_A)\cdot V_C$	
(d)	$Q_{\mathrm{out}}=\dfrac{5}{2}p_C\cdot(V_C-V_A)+\dfrac{3}{2}(p_C-p_A)\cdot V_A$	
(e)	$W=(p_C-p_A)\cdot(V_C-V_A)$	
(f)	$\dfrac{Q_{\mathrm{in}}}{W}=\dfrac{5}{2}\cdot\dfrac{p_A}{p_C-p_A}+\dfrac{3}{2}\cdot\dfrac{V_C}{V_C-V_A}$	
(g)	$\dfrac{Q_{\mathrm{out}}}{W}=\dfrac{5}{2}\cdot\dfrac{p_C}{p_C-p_A}+\dfrac{3}{2}\cdot\dfrac{V_A}{V_C-V_A}$	

令和８年度 入学試験　（後期日程）

物理　解答用紙

3

【出題意図】

コンデンサーを含む直流回路，交流回路について，基本的な理解を確かめる。

(a)	(i)	$I_{\mathrm{X}}=\frac{E}{r}$ [A]	$I_{\mathrm{Y}}=0$[A]	$I_{\mathrm{Z}}=\frac{E}{r}$ [A]
	(ii)	$I_{\mathrm{X}}=\frac{E}{r+R}$ [A]	$I_{\mathrm{Y}}=\frac{E}{r+R}$ [A]	$I_{\mathrm{Z}}=0$[A]
	(iii)	$\frac{1}{2}CE^2\left(\frac{R}{r+R}\right)^2$ [J]		
	(iv)	$I_{\mathrm{X}}=\frac{E+IR}{r+R}$ [A]	$I_{\mathrm{Y}}=\frac{E-Ir}{r+R}$ [A]	
	(v)	$\frac{CR(E-Ir)}{r+R}$ [C]		

(b)	(i)	$I_{\mathrm{Y}}=\frac{V_0}{R}\sin\omega_0 t$ [A]	$I_{\mathrm{Z}}=\omega_0 C V_0 \cos\omega_0 t$ [A]
	(ii)	$C=\frac{\sqrt{3}}{R\omega_0}$ [F]	$I_0=\frac{2V_0}{R}$ [A]
	(iii)	$\frac{\overline{P_2}}{\overline{P_1}}=\sqrt{3}$	

令和８年度 入学試験　（後期日程）

物 理　解答用紙

4

【出題意図】物体の衝突とコンプトン効果に関する理解度を問う。

(a)	(i)	$E = E' + \frac{1}{2}mv^2$
	(ii)	$p = p'\cos\theta + mv\cos\phi$
	(iii)	$0 = p'\sin\theta - mv\sin\phi$
	(iv)	$m^2v^2 = p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\theta$
	(v)	$E - E' = \frac{1}{2m}\left(p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\theta\right)$
(b)	(i)	$\lambda' - \lambda = \frac{h}{2mc}\left(\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} - 2\cos\theta\right)$
	(ii)	$\lambda' - \lambda \fallingdotseq \frac{h}{mc}(1-\cos\theta)$
	(iii)	$\lambda' - \lambda \fallingdotseq 1.2\times10^{-12}$ m
(c)	(i)	$r = \frac{mv}{eB}$
	(ii)	$t = \frac{\pi m}{eB}$

令和８年度（後期日程）

問題訂正

「物理」

【問題冊子】

●問題訂正

４ページ $\boxed{1}$ （ａ）（ⅵ） １行目

（誤）　「ゆっくり変えたところ,」

（正）　「徐々に小さくしていったところ,」

後期日程

令和８年度入学試験問題

物　理

注　意　事　項

1．　この問題冊子は，試験開始の合図があるまで開いてはいけません。

2．　解答用紙は問題冊子とは別になっているので，解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入しなさい。また，解答用紙は問題ごとに別になっているので，注意すること。

3．　本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。

4．　この問題冊子は，表紙を含めて16ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，監督者に申し出なさい。

5．　試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

1

(a) 図1のように，一様な細い棒が，摩擦のある水平な床と，なめらかで鉛直な壁に水平方向から角度 θ〔rad〕だけ傾けて立てかけられ安定な状態で静止している。このとき，棒は常に床と壁のいずれに対しても垂直な平面内にある。棒は長さ L〔m〕，質量 M〔kg〕で，棒の重心は棒の中点にある。また，棒の中点には，質量 m〔kg〕の小物体があり，質量が無視できるストッパーにより固定されているとする。小物体とストッパーと棒を含む物体系にはたらく外力は，重力，床からの垂直抗力(大きさ N_1〔N〕)，床との間の静止摩擦力(大きさ F_1〔N〕)および壁からの垂直抗力(大きさ N_2〔N〕)である。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，床と棒の間の静止摩擦係数を μ_1 として，以下の問いに答えよ。

(i) 棒にはたらく力の水平方向のつり合いを表す式を，θ，L，M，m，N_1，F_1，N_2，g，μ_1 の中から必要なものを用いて記せ。

(ii) 棒にはたらく力の鉛直方向のつり合いを表す式を，θ，L，M，m，N_1，F_1，N_2，g，μ_1 の中から必要なものを用いて記せ。

(iii) 棒と床との接点Pのまわりの棒にはたらく力のモーメントのつり合いを表す式を，θ，L，M，m，N_1，F_1，N_2，g，μ_1 の中から必要なものを用いて記せ。

(iv) 問(i)で求めた式と問(iii)で求めた式を使って，F_1 を θ，M，m，g を用いて表せ。

(v) 棒が安定な状態で静止しているための条件を，θ と μ_1 を用いて表せ。

(vi) 角度 θ をゆっくり変えたところ，角度が $\frac{\pi}{4}$ より小さくなったとき，棒が静かにすべり始めた。μ_1 の値を求めよ。

(b) 図2のように，角度 θ を $\tan\theta = \frac{3}{2}$ とした状態で，ストッパーをずらしながら小物体の位置を棒の中点から棒に沿ってゆっくり変えたところ，小物体が棒と床との接点Pから距離 $\frac{7}{8}L$ だけ離れたところを超えたとき，棒が静かにすべり始めた。問(a)(vi)で求めた μ_1 の値を用いて，小物体の質量は棒の質量の何倍であるかを求めよ。

(c) 壁の材質をなめらかのものから粗いものに変えた。図3のように棒を角度 θ だけ傾けて立てかけ直したのち，ストッパーをずらしながら小物体の位置を棒の中点から棒に沿ってゆっくり変えたところ，小物体が棒の最上部にきたとき，棒と床の間にはたらく静止摩擦力および棒と壁の間にはたらく静止摩擦力がそれぞれ最大摩擦力になった。棒は常に床と壁のいずれに対しても垂直な平面内にある。棒と壁の間の静止摩擦係数を μ_2 として，以下の問いに答えよ。ただし，問(i)(ii)については，問(b)で求めた M と m の関係を用いずに答えよ。

(i) 小物体が棒の最上部にきたときに，壁から棒にはたらく垂直抗力の大きさ N_2 を，μ_1，μ_2，M，m，g を用いて表せ。

(ii) 小物体が棒の最上部にきたときに，棒と壁の間にはたらく最大摩擦力の大きさ $F_{2\max}$〔N〕を，μ_1，μ_2，M，m，g を用いて表せ。

(iii) 棒を立てかけ直したときの角度は，$\tan\theta = \dfrac{3}{2}$ であったとする。問(a)(vi)で求めた μ_1 の値と問(b)で求めた答えを用いて，μ_2 の値を求めよ。

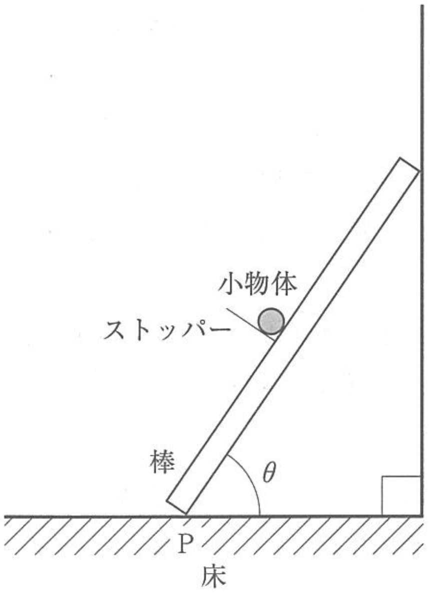

図1

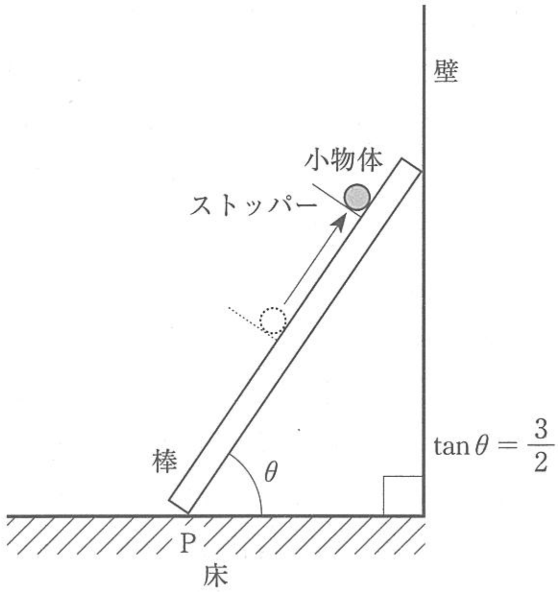

図2

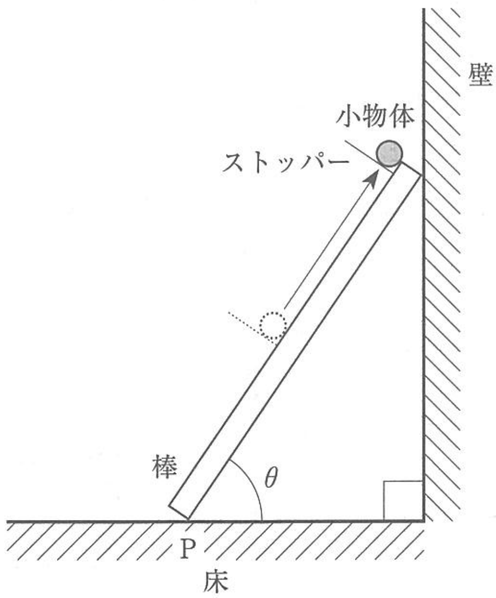

図3

2

「気体が熱の吸収と放出を連続的に行い，外部へ仕事をする」装置を熱機関という。熱機関において，気体の状態がある状態からいろいろな状態を経て元の状態に戻るとき，この状態変化を熱機関のサイクルという。一方，気体の状態を熱機関とは逆の順番に変化させて，図1の概念図のように「外部から仕事をされた気体の状態変化を介して，低温熱源から高温熱源へ熱を移動させる」装置は，冷凍機あるいはヒートポンプといい，この状態変化を冷凍サイクルという。冷凍サイクルは，空調機の冷房運転時のように低温熱源の熱を吸収して利用する場合や，空調機の暖房運転時のように高温熱源に熱を放出して利用する場合に用いられる。

単原子分子理想気体(以下，単に気体とよぶ) 1 mol に対して，図2の圧力 p〔Pa〕と体積 V〔$\mathrm{m^3}$〕に関する p-V 図に示すように，以下の過程①～④を経た状態変化 A → B → C → D → A を1サイクルとする空調機を考える。なお，各過程中の変化はゆっくりと行われる。

【過程①】圧力 p_A〔Pa〕，体積 V_A〔$\mathrm{m^3}$〕の状態 A から，圧力を一定に保ちながら，低温熱源から熱を吸収したところ，体積は増加し，体積 V_C〔$\mathrm{m^3}$〕の状態 B に到達した。

【過程②】状態 B から，体積を一定に保ちながら，低温熱源からさらに熱を吸収したところ，圧力は増加し，圧力 p_C〔Pa〕の状態 C に到達した。

【過程③】状態 C から，圧力を一定に保ちながら，高温熱源へ熱を放出したところ，体積は減少し，体積 V_A の状態 D に到達した。

【過程④】状態 D から，体積を一定に保ちながら，高温熱源へさらに熱を放出したところ，圧力は減少し，圧力 p_A の状態 A に戻った。

気体定数を R〔J/(mol·K)〕，定積モル比熱を $C_V = \dfrac{3}{2}R$〔J/(mol·K)〕，定圧モル比熱を $C_p = \dfrac{5}{2}R$〔J/(mol·K)〕とする。以下の問いに答えよ。

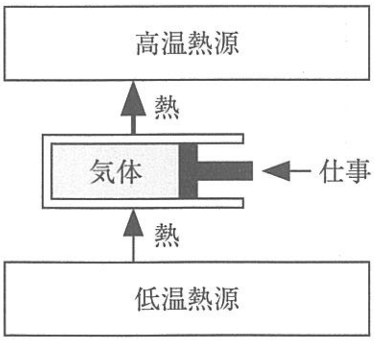

図1

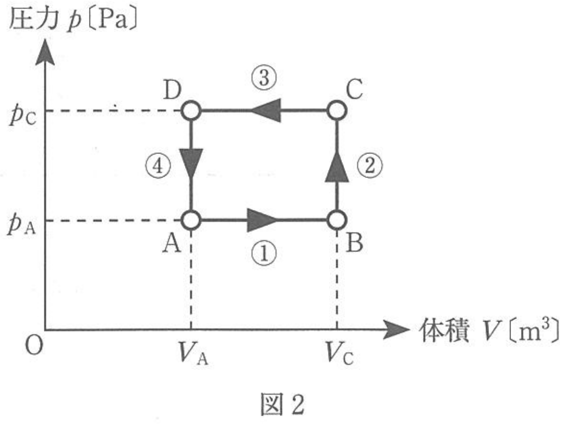

図2

(a)　1サイクルを通じて気体が外部からされた正味の仕事 W〔J〕と，1サイクルを通じて気体が低温熱源から吸収したすべての熱量 Q_{in}〔J〕，および1サイクルを通じて気体が高温熱源へ放出したすべての熱量 Q_{out}〔J〕の間に成り立つ関係式を記せ。ただし，等式の左辺を W とせよ。

(b)　状態A，状態B，状態C，状態Dの温度をそれぞれ T_{A}〔K〕，T_{B}〔K〕，T_{C}〔K〕，T_{D}〔K〕とする。これらの温度を，R，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} のうち必要なものを用いて表せ。

(c)　過程①と過程②において，気体が低温熱源から吸収したすべての熱量 Q_{in}〔J〕を，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} を用いて表せ。

(d)　過程③と過程④において，気体が高温熱源へ放出したすべての熱量 Q_{out}〔J〕を，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} を用いて表せ。

(e)　1サイクルを通じて気体が外部からされた正味の仕事 W〔J〕を，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} を用いて表せ。

(f)　この冷凍サイクルを用いた空調機の冷房運転の性能は，「問(c)で求めた気体が低温熱源から吸収したすべての熱量 Q_{in}」と正味の仕事 W の比である $\dfrac{Q_{\mathrm{in}}}{W}$ と表される。この比 $\dfrac{Q_{\mathrm{in}}}{W}$ を，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} を用いて表せ。

(g)　この冷凍サイクルを用いた空調機の暖房運転の性能は，「問(d)で求めた気体が高温熱源へ放出したすべての熱量 Q_{out}」と正味の仕事 W の比である $\dfrac{Q_{\mathrm{out}}}{W}$ と表される。この比 $\dfrac{Q_{\mathrm{out}}}{W}$ を，p_{A}，p_{C}，V_{A}，V_{C} を用いて表せ。

3

(a) 図1のように，起電力 E〔V〕で内部抵抗 r〔Ω〕の電池と，抵抗値 R〔Ω〕の抵抗R，電気容量 C〔F〕のコンデンサーCからなる回路がある。回路の点X，点Y，点Zを流れる電流の大きさをそれぞれ I_X〔A〕，I_Y〔A〕，I_Z〔A〕とする。最初，スイッチSは開いており，コンデンサーCには電荷が蓄えられていない。以下の問いに答えよ。

(i) スイッチSを閉じた直後の I_X，I_Y，I_Z を，E，r，R，C のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(ii) スイッチSを閉じてじゅうぶんに時間が経過した後の I_X，I_Y，I_Z を，E，r，R，C のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(iii) じゅうぶんに時間が経過した後のコンデンサーCに蓄えられた静電エネルギーを，E，r，R，C のうち必要なものを用いて表せ。

(iv) スイッチSを閉じた直後からじゅうぶんに時間が経過するまでの間のある瞬間の I_Z の値が I〔A〕であった。この瞬間の I_X，I_Y を，E，r，R，C，I のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(v) 問(iv)のとき，コンデンサーCの正に帯電した極板に蓄えられた電気量を，E，r，R，C，I のうち必要なものを用いて表せ。

(b) 図2のように，問(a)と同じ抵抗とコンデンサーから構成された交流回路を考える。以下の問いに答えよ。参考として三角関数の公式を示す。

$$a\sin\theta + b\cos\theta = \sqrt{a^2+b^2}\sin(\theta+\alpha), \qquad \tan\alpha = \frac{b}{a}$$

(i) 角周波数 ω_0〔rad/s〕の交流電源の出力電圧(点Bに対する点Aの電位)が，時刻 t〔s〕において $V_0 \sin\omega_0 t$〔V〕となるとき，点Y，点Zを流れる電流の値 I_Y，I_Z を，t，ω_0，V_0，C，R のうち必要なものを用いて表せ。ただし，I_Y は，点Yから抵抗Rに流れる向きを正，I_Z は，点Zからコンデンサ－Cに流れる向きを正とする。

(ii) 問(i)のとき，点Xでは図3に示すように交流電流の位相が交流電圧の位相よりも $\frac{\pi}{3}$ 進んでいた。コンデンサーCの電気容量 C を，V_0，ω_0，R のうち必要なものを用いて表せ。また，点Xに流れる電流の最大値 I_0〔A〕を，V_0，ω_0，R のうち必要なものを用いて表せ。

(iii) 同じ角周波数 ω_0 で，交流電流の位相が交流電圧の位相よりも $\frac{\pi}{4}$ 進むように，抵抗Rを異なる抵抗値の抵抗と取り替えた。取り替える前の回路の消費電力の時間平均 $\overline{P}_1$〔W〕と，取り替えた後の回路の消費電力の時間平均 $\overline{P}_2$〔W〕との比 $\dfrac{\overline{P}_2}{\overline{P}_1}$ を求めよ。

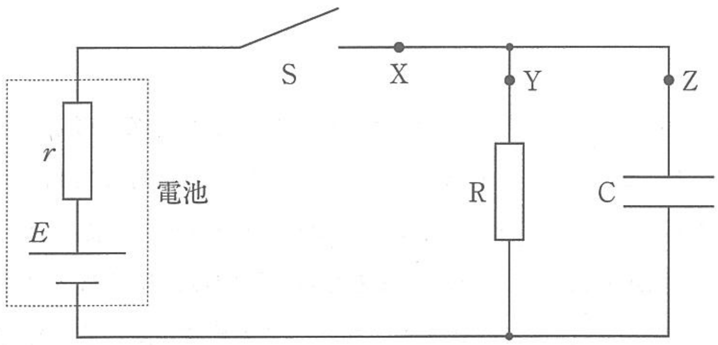
S
X
Y
Z
r
電池
E
R
C

図 1

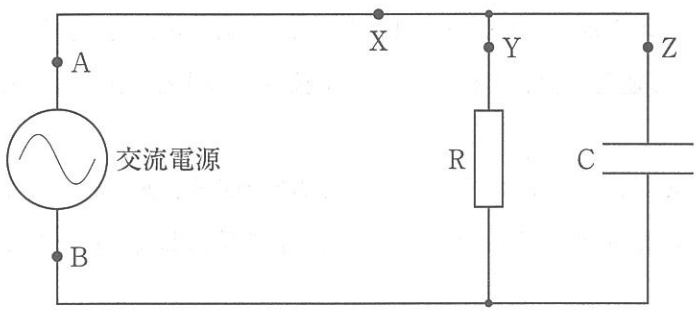
X
Y
Z
A
交流電源
R
C
B

図 2

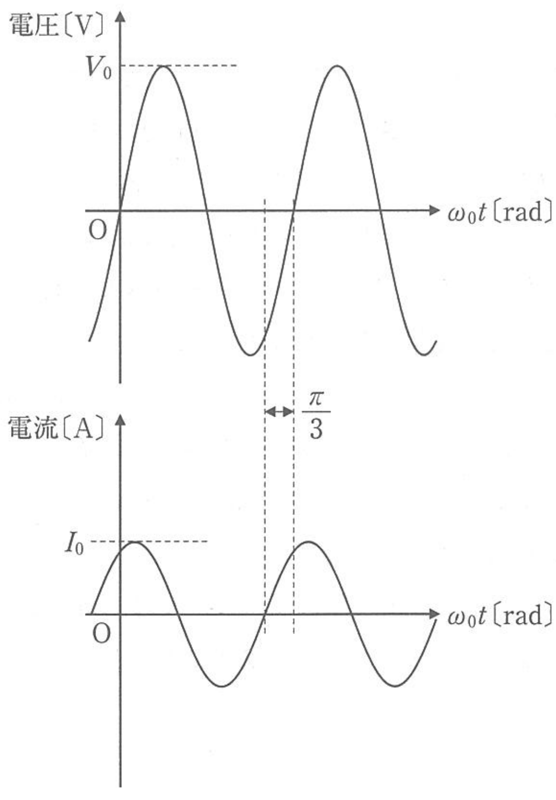
電圧〔V〕
V_0
O
$\omega_0 t$〔rad〕
$\frac{\pi}{3}$
電流〔A〕
I_0
O
$\omega_0 t$〔rad〕

図 3

4

(a) 図1のように，粒子Bがx軸に沿って進行し，原点Oに静止している粒子A(質量m〔kg〕)にxy平面内で弾性衝突した。衝突後，粒子Aは粒子Bの入射方向に対して角度ϕ〔rad〕の方向に速さv〔m/s〕ではね飛ばされ，粒子Bは角度θ〔rad〕の方向に運動の向きを変えた。衝突前に粒子BはエネルギーE〔J〕と大きさがp〔kg·m/s〕の運動量をもち，衝突後は粒子BのエネルギーがE'〔J〕に，運動量の大きさがp'〔kg·m/s〕になったとする。また，この衝突現象は真空中で起こっていて，衝突のときに粒子Aと粒子Bの間に力がはたらき，それ以外のときには，粒子Aおよび粒子Bにいかなる力もはたらいていないとする。以下の問いに答えよ。

(i) この衝突におけるエネルギー保存の法則を表す式を，E，E'，m，vを用いて記せ。

(ii) この衝突における運動量保存の法則を表すx軸方向の式を，p，p'，m，v，θ，ϕを用いて記せ。

(iii) この衝突における運動量保存の法則を表すy軸方向の式を，p'，m，v，θ，ϕを用いて記せ。

(iv) 問(ii)で求めた式と問(iii)で求めた式を使って，ϕを消去して，p，p'，m，v，θの間に成り立つ等式を求めよ。

(v) 問(i)で求めた式と問(iv)で求めた式を使って，vを消去して，E，E'，p，p'，m，θの間に成り立つ等式を求めよ。ただし，等式の左辺は$E - E'$とし，右辺はp，p'，m，θを用いて表せ。

(b) 粒子BはX線の光子で波動性をもつとする。さらに，図2のように，衝突前の粒子Bは波長がλ〔m〕でエネルギー$E = \dfrac{hc}{\lambda}$〔J〕と大きさが$p = \dfrac{h}{\lambda}$〔kg·m/s〕の運動量をもち，衝突後の粒子Bは波長がλ'〔m〕でエネルギー$E' = \dfrac{hc}{\lambda'}$〔J〕と大きさが$p' = \dfrac{h}{\lambda'}$〔kg·m/s〕の運動量をもつとする。ここで，$h$〔J·s〕はプランク定数で，$c$〔m/s〕は真空中の光の速さである。以下の問いに答えよ。

(i) 問(a)(v)で求めた式の左辺に$E = \dfrac{hc}{\lambda}$と$E' = \dfrac{hc}{\lambda'}$を代入し，右辺に$p = \dfrac{h}{\lambda}$と$p' = \dfrac{h}{\lambda'}$を代入し，得られた等式の両辺に$\dfrac{\lambda\lambda'}{hc}$を掛けることにより，$\lambda$，$\lambda'$，$m$，$h$，$c$，$\theta$の間に成り立つ等式を求めよ。ただし，等式の左辺は$\lambda' - \lambda$とし，右辺は$\dfrac{\lambda'}{\lambda} + \dfrac{\lambda}{\lambda'}$，$m$，$h$，$c$，$\theta$を用いて表せ。

(ii) $\lambda \fallingdotseq \lambda'$とする。このとき，$\dfrac{\lambda'}{\lambda} + \dfrac{\lambda}{\lambda'} \fallingdotseq 2$のように近似できる。このことを用いて，問(i)で求めた式を使って，λ，λ'，m，h，c，θの間に近似的に成り立つ式を求めよ。ただし，式の左辺は$\lambda' - \lambda$とし，右辺はm，h，c，θを用いて表せ。

(iii) $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg，$h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·s，$c = 3.0 \times 10^{8}$ m/sとする。問(ii)で求めた式を使って，$\theta = \dfrac{\pi}{3}$のときの$\lambda' - \lambda$の値を有効数字2桁で求めよ。

(c) 粒子 A は電気量 $-e$〔C〕$(e > 0)$をもつとする。図 2 のように，紙面に垂直で裏から表に向かう向きをもつ，磁束密度の大きさが B〔T〕の一様な磁場が存在する領域(図 2 の灰色の領域)がある。その領域に粒子 A が垂直に入射し，その領域内で半径 r〔m〕の半円の軌道を描いた。以下の問いに答えよ。

(i) 粒子 A が描いた半円の半径 r を，m，v，e，B を用いて表せ。

(ii) 粒子 A が半円を移動するのに要する時間 t〔s〕を，m，e，B を用いて表せ。ただし，円周率は π とする。

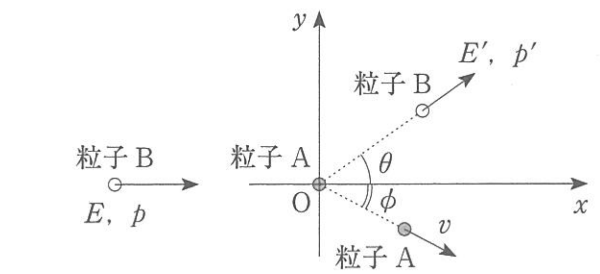

図 1

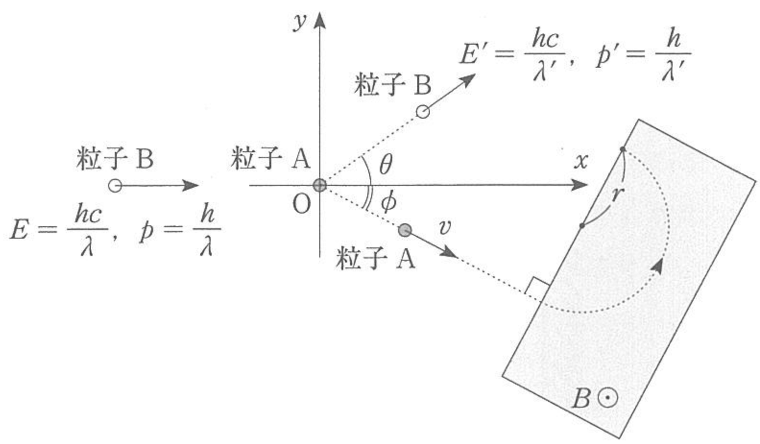

図 2