

平成 16 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理	1 ページ～ 20 ページ
化 学	21 ページ～ 28 ページ
生 物	29 ページ～ 54 ページ
地 学	55 ページ～ 63 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から解答を始めるよう合図があったら、まず最初に解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入しないでください。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認してください。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してください。
6. 退室の際には、解答用紙は記入の有無にかかわらず机の上に置いておくこと。持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出てください。

物 理

注 意 1. 志望学部・学科別により、以下に示す番号の問題に解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
教育学部 志望者のうち物理を選択する者	3 4 9
理学部 物理学科志望者	2 6 7 10
理学部 地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1 5 9 10
医学部 志望者のうち物理を選択する者	2 4 8
看護学部 志望者のうち物理を選択する者	1 4 8
工学部 志望者のうち物理を必須とされている者および選択する者	1 5 8 10
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	1 4 8

2. 解答は、すべて所定の解答用紙に記入すること。

1 図1のようにレール上を水平方向に滑らかに移動する台座とその先端に取り付けられた単振り子を考える。長さ l の糸の先端には小球が取り付けられており、紙面内で振動する。単振り子の振幅は十分に小さいものとする。台座の質量を M 、小球の質量を m とする。また、 m は M に比べて十分に小さいので、小球が台座の運動に影響を与えることはないものとする。台座は回転することなく移動し、糸は伸び縮みしないものとする。さらに、すべての摩擦抵抗および空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度は g である。

問 1 この台座が速度 v で左から右へ等速度運動をしているときを考える。

- (1) 台座上から観測される単振り子の周期 T を解答欄に記入しなさい。
- (2) 台座上から観測される単振り子の振れ方を図2の(ア)、(イ)、(ウ)から一つ選び解答欄に記入しなさい。ここで、図2は単振り子の振動の様子を模式的に示したものである。

問 2 次に、この台座が一定の大きさの外力 $F (> 0)$ により水平右方向に等加速度運動をしているときを考える。

- (1) レール上に固定した視点から観測した台座の加速度を解答欄に記入しなさい。
- (2) この単振り子のつりあいの方向は、糸の方向が鉛直方向となす角度を θ とすると、

$$\tan \theta = \left(\quad \right)$$

で与えられる。この式中の括弧の中を解答欄に記入しなさい。

- (3) 台座上から観測される単振り子の振動の様子を図2の(ア)、(イ)、(ウ)から一つ選び、解答欄に記入しなさい。
- (4) このときに台座上から観測される単振り子の周期 T' を解答欄に記入しなさい。

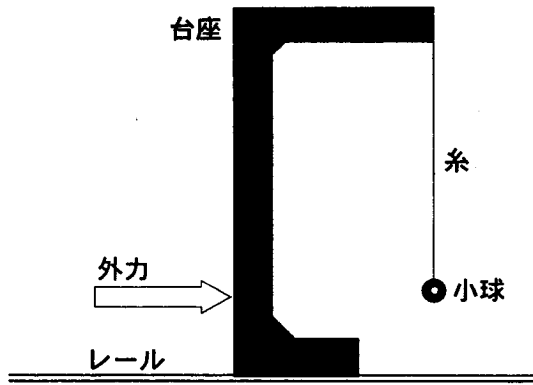


図 1

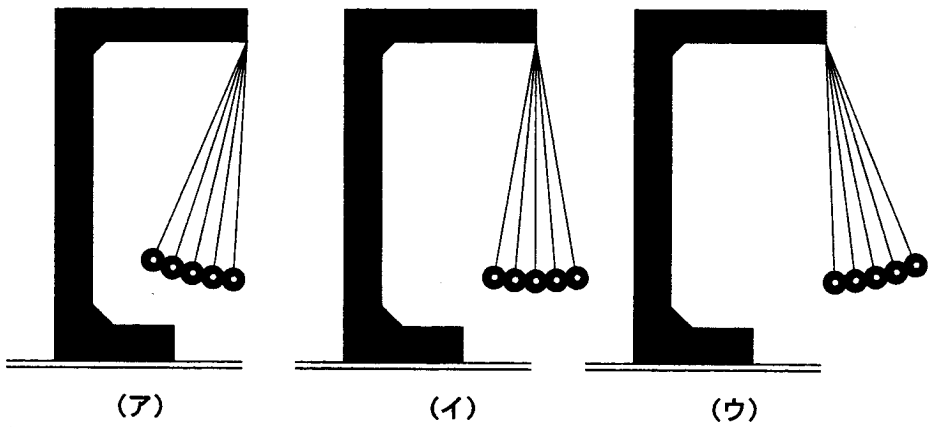


図 2

2 図1に示すように、質量 m の小球を点 A より自由落下させ、小球が点 B の位置で床に衝突した際に、床から受ける力を測定した。床に接触したときの時刻を 0 とすると、小球は時刻 T でいったん静止し、その後、時刻 $3T/2$ で床から跳ね上がった。図2は、小球が床に接触後、再度、床から離れるまでの間、小球が床から受けた鉛直上向きの力の大きさを記録したものである。点 A の床からの高さを h として、以下の間に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさや空気の抵抗は無視できるものとする。

問 1 小球が床に接触したときの鉛直下向きの速さを h, g を用いて表しなさい。

問 2 小球が床に接触した後、時刻 T でいったん静止するまでの間に小球が受ける力積を考える。

- (1) 床から受けた鉛直上向きの力積の大きさを T および(図2中の) F_1 を用いて表しなさい。
- (2) 重力による鉛直下向きの力積の大きさを T, m, g を用いて表しなさい。

問 3 F_1 を T, m, h, g を用いて表しなさい。

問 4 小球が床から離れた直後の鉛直上向きの速さを h, g を用いて表しなさい。また、この衝突における小球と床との反発係数(はねかえり係数)を求めなさい。

問 5 床から跳ね上がった後、小球は点 B の位置で床に再び衝突し、床から、再度、跳ね上がった。図3は、この間に小球が床から受けた鉛直上向きの力の大きさを記録したものである(図3では、小球が2回目に床に接触したときの時刻を 0 とした)。小球が2回目の床との衝突後、再度、床から離れた直後の鉛直上向きの速さを T, m, g および(図3中の) F_2 を用いて表しなさい。なお、小球は(図3中の)時刻 $T/2$ でいったん静止するものとする。

問 6 2回目の衝突における小球と床との反発係数を求めなさい。

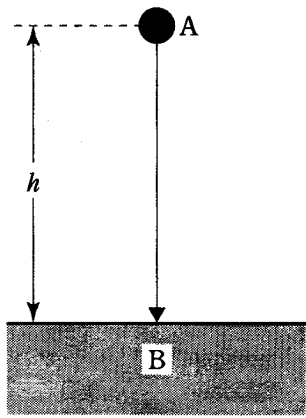


図 1

床から受けた鉛直
上向き
の力

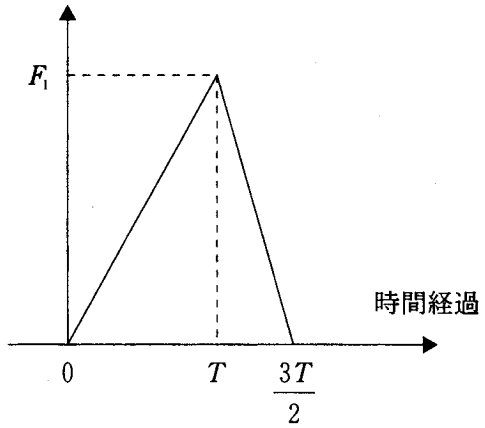


図 2

床から受けた鉛直
上向き
の力

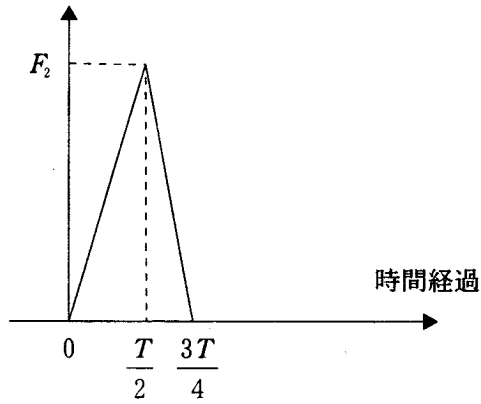


図 3

3 図1に示すように、質量 m の小球を点Aより自由落下させ、小球が点Bの位置で床に衝突した際に、床から受ける力を測定した。床に接触したときの時刻を0とすると、小球は時刻 T でいったん静止し、その後、時刻 $3T/2$ で床から跳ね上がった。図2は、小球が床に接触後、再度、床から離れるまでの間、小球が床から受けた鉛直上向きの力の大きさを記録したものである。点Aの床からの高さを h として、以下の問に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさや空気の抵抗は無視できるものとする。

問1 小球が床に接触したときの鉛直下向きの速さを h , g を用いて表しなさい。

問2 小球が床に接触した後、時刻 T でいったん静止するまでの間に小球が受ける力積を考える。

(1) 床から受けた鉛直上向きの力積の大きさを T および(図2中の) F を用いて表しなさい。

(2) 重力による鉛直下向きの力積の大きさを T , m , g を用いて表しなさい。

問3 F を T , m , h , g を用いて表しなさい。

問4 小球が床から離れた直後の鉛直上向きの速さを h , g を用いて表しなさい。また、この衝突における小球と床との反発係数(はねかえり係数)を求めなさい。

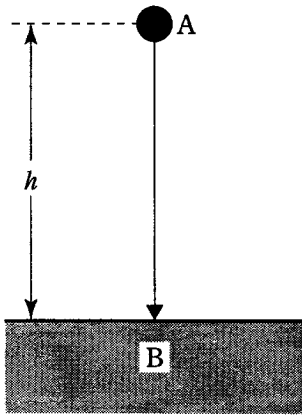


図 1

床から受けた鉛直
上向きの方

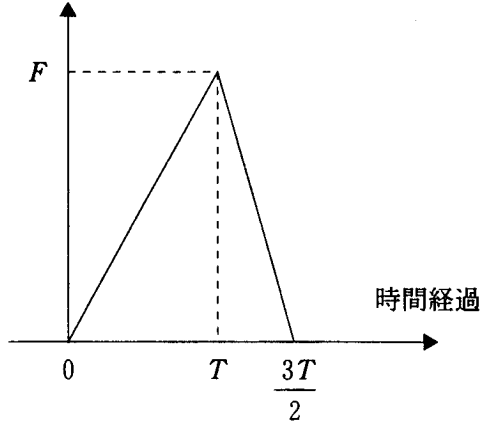


図 2

4 図のように2枚の金属平板A, Bが間隔6.0 mmで水平に置かれている。平板Bは接地され、スイッチSは接続されており、平板Aは+900 Vに保たれている。次の問いに答えなさい。ただし、解答には単位を付けること。

問1 平板AB間の電場(電界)の向きと強さを求めなさい。

問2 平板Aから出ている電気力線の単位面積あたりの本数を求めなさい。

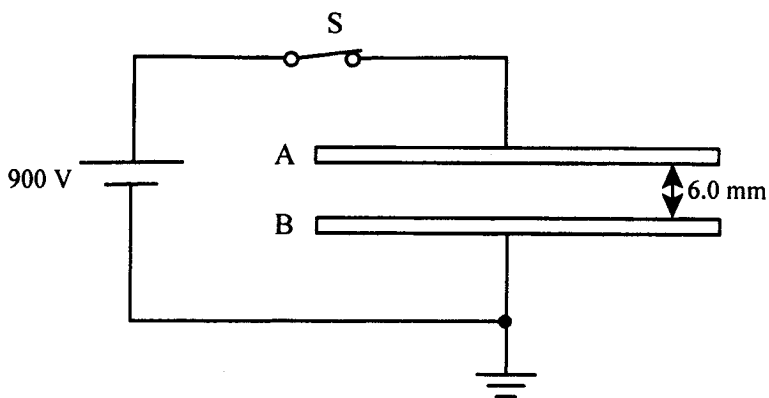
問3 平板AB間で電位が+300 Vとなるのは平板Aから何mmの位置か計算しなさい。

問4 スイッチSを切った後、平板Aを移動して平板AB間の間隔を12.0 mmにした。

(1) 平板AB間の電場の強さを求めなさい。

(2) 平板Aの電位を求めなさい。

(3) このときの静電容量を 1.2×10^{-10} Fとする。平板AがBに及ぼす静電気力の大きさを求め、その力が引き合う力か、反発する力が答えなさい。



図

5 次の問いに答えなさい。

問 1 0 から 20 mA までの目盛りがついた電流計がある。その内部抵抗を 18Ω とする。適当な値を持つ抵抗をこの電流計と直列または並列につなぐと、電流の測定範囲を広めたり、電圧計として用いることができる。次の を埋めなさい。

- (1) 測定電流の範囲を 200 mA までに広げるには a Ω の抵抗を b 列につなげばよい。
- (2) 測定範囲が 0 から 20 V までの電圧計にするには c Ω の抵抗を d 列につなげばよい。

問 2 起電力 E の電池と抵抗 R を直列につないだ回路がある。抵抗 R に流れる電流と抵抗 R の両端の電圧を測定するために、電流計(A)と電圧計(V)を図 1 または図 2 のように接続した。抵抗 R に流れる電流をできるだけ正確に測定するには図 1 と図 2 のどちらの接続がより適切であるか答えなさい。またその理由を簡単に述べなさい。

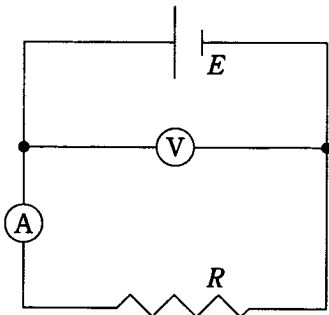


図 1

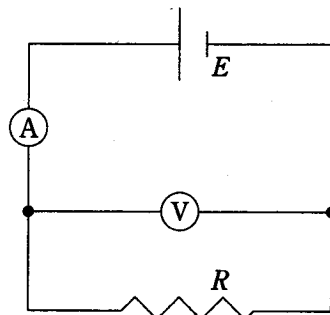


図 2

問 3

- (1) 電気抵抗 R と、インダクタンス L を持ち内部抵抗が無視できるコイルからなる直列回路に直流電圧 V をかけた場合、十分時間がたった後のこの回路に流れる電流 i はいくらか答えなさい。

(2) (1)における回路，すなわち電気抵抗 R とコイル L との直列回路に，さらに電気容量 C をもつコンデンサーを直列につないだ。この R ， L ， C の直列回路に直流電圧 V をかけた場合，十分時間がたった後にこの回路に流れる電流 i はいくらか答えなさい。

問 4 周波数が 50 Hz の交流電圧を電圧計で測定したら実効値が 100 V であった。この交流電圧の時間変動が $v = v_0 \sin(2\pi t/T)$ で与えられるとする。このとき v_0 と T とはどんな値をもつか答えなさい。ただし T の単位は秒とする。

6 電子加速器ベータトロンについて考えてみよう。以下の間に計算過程も含めて答えなさい。

まず、図のように電荷 $-e$ ($e > 0$)、質量 m の電子が、一様な磁束密度 B の磁場(磁界)の中を、速さ v で、原点 O を中心とする半径 R の等速円運動をしている場合を考える。ただし、磁場は円を含む平面に垂直であるものとする。

問 1 電子の運動量 P の大きさを e 、 R および B を用いて表しなさい。

たとえ電子が描く円の内部で磁束密度が一様でなくても、磁場が時間的に変化しない場合には、円周上で磁束密度が B である限り、電子は同じ等速円運動をする。

さて、時間 Δt の間に、円内部の磁束密度の平均値 \bar{B} が $\Delta\bar{B}$ 増加した場合を考えてみよう。ただし、円の内部の磁場の強さは時間と円の中心軸からの距離だけに依存するものとする。このとき電子には、半径 R の円周上の接線方向に力が働く。

問 2 (1) 電子が円周上の接線方向に力を受ける原因を 20 字程度で記述しなさい。

(2) その力の大きさを求めなさい。

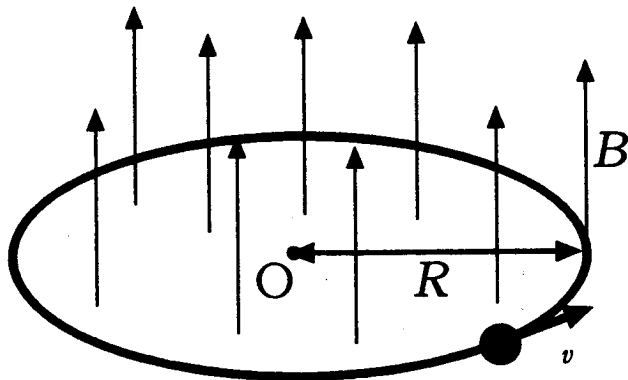
問 3 時間 Δt の間に増加した運動量 ΔP の大きさを求めなさい。

円内部の磁場の増加に加え、電子の軌道上の磁束密度も適当な大きさ ΔB だけ増加させることにより、同じ半径 R の円運動を維持させることができる。

問 4 半径 R の円運動を維持するために必要な円周上の磁束密度の増加 ΔB と、円内部の平均磁束密度の増加 $\Delta\bar{B}$ の間の関係式を求めなさい。

問 5 円の半径 $R = 40 \text{ cm}$ のベータトロンにおいて、 $\Delta t = 1.0 \times 10^{-3}$ 秒の間に平均磁束密度が $\Delta \bar{B} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ T}$ だけ増加したときの電子の速さの増加を求めなさい。

ただし、電子については、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ である。



7 図の S は任意の波長 λ の単色平行光線を取り出せる光源、H は光の半分を通し残り半分を反射する厚さの無視できる半透明鏡、 M_1 、 M_2 は光線に垂直に置かれた平面鏡である。S から出た光は H で 2 つの光線に分かれる。ひとつは H を透過し M_1 で反射されたあと、H で反射し光検出器 D に達する。他方は H で反射されたあと、 M_2 で再び反射されてから、H を透過し D に達する。D ではこの 2 光線の干渉が観測される。装置は真空中に置かれているとして、以下の問に答えなさい。

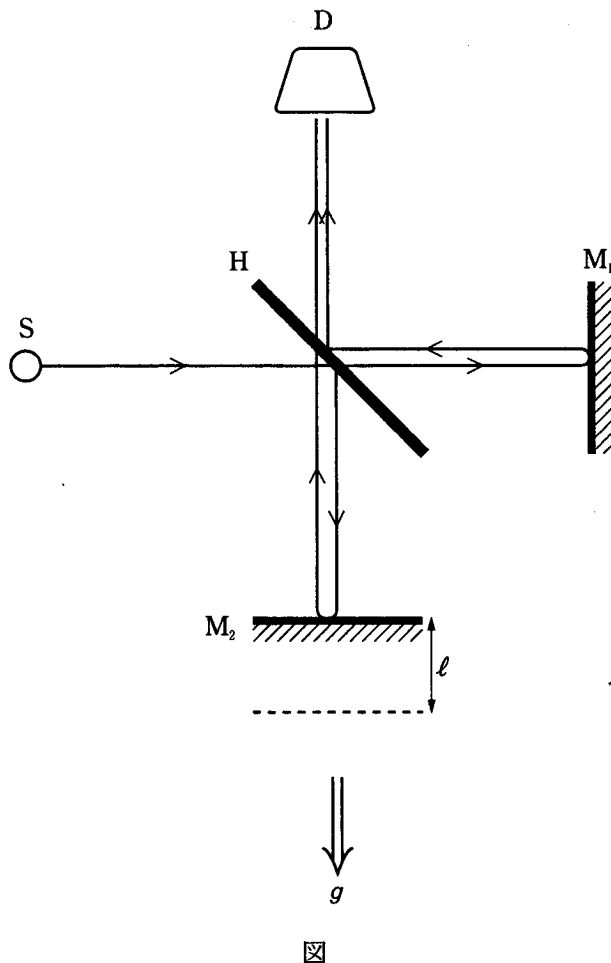
問 1 M_1 、 M_2 が図の位置のとき、光源から D に達する 2 光線の間には光路差 (光学距離の差) はなく、2 光線が強め合っている。この位置から M_2 を鉛直下方に距離 l だけ平行移動すると、やはり強め合うのが観測された。 l を波長 λ および整数 m で表しなさい。

問 2 図の位置から M_2 を一定の重力の中で自由落下させ、D で光の強め合いを検出した。落下し始めの強め合いを 1 回目とし、時間 t 後に N 回目の強め合いが検出された。重力加速度 g を λ 、 t 、 N で表しなさい。なお、落下中 M_2 の面は傾かない。

問 3 M_2 が距離 l だけ鉛直下方に平行移動した状態で、H と M_1 の間に屈折率 n 、厚さ d の薄膜を光線に垂直に入れた。光源から D に達する 2 光線の光路差を l 、 n 、 d で表しなさい。

問 4 問 3 において、 $n = 1.5$ 、 $d = 2.5 \times 10^{-6}$ [m] の薄膜を入れて、 M_2 を図の位置 ($l = 0$) に戻したとき、波長 $\lambda_1 = 0.50 \times 10^{-6}$ [m] で強め合っていた。ここで、光源 S の波長をゆっくりと増やしてゆくと D の干渉光は一度弱くなるが、ある波長 λ_2 になると再び強め合う状態になった。波長が変わっても屈折率は変化しないとして、 λ_2 を求めなさい。

問 5 実際には、この薄膜の屈折率は波長が変わると連続的に変化する。このため、問4で計算した λ_2 は、実際に観測される λ_2 よりわずかに長くなった。薄膜の屈折率は波長が長くなると大きくなるか、それとも小さくなるか。



8

図1のように、なめらかに動くピストンのついた容器に、物質量 n_0 [mol] の単原子分子の理想気体を閉じ込め、大気中におく。大気圧を P_0 [Pa]、気体定数を R [J/mol·K] として、以下の間に答えなさい。ただし、明記されているとき以外は、容器の壁、ピストンを通した熱の出入りはないものとする。また、解答の式には、問題文中に与えられた物理量と、もし必要なら気体の定積モル比熱 C_v [J/mol·K] だけを用いること。

初期状態では、ピストンは静止しており、気体の温度は T_0 [K] であるとする。図2のように、体積比が1：2になるように、薄い断熱壁で容器をA、Bの2室に仕切る。この断熱壁は固定されていて動かない。この状態でピストンを固定して、温度 $T_0 + \Delta T$ [K] の熱源をA室に接触させ、十分時間が経った後で熱源と容器の接触を絶った。

問1 このときのA室の圧力を求めなさい。

問2 この変化の間に気体に入った熱量を求めなさい。

次に、ピストンを固定したまま、A室とB室を分けている断熱壁を取り除いた。

問3 十分時間が経った後の気体の温度と圧力を求めなさい。

続いて、気体の圧力が大気圧とつり合うまで、ピストンを動かして気体を膨張させた。十分時間が経った後、気体の温度は T_3 [K] であった。

問4 このときの気体の体積を求めなさい。

問5 この変化の間に気体がした仕事を求めなさい。

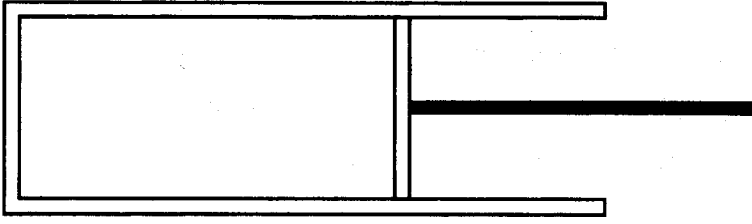


图1

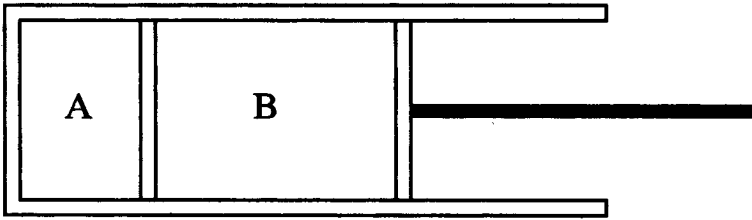


图2

9

なめらかに動くことができるピストンPの付いた円筒容器(図1)の中に理想気体Gを閉じ込めて、その圧力と体積を測定しながら実験を行った。この容器には熱源Rが固定されていて、気体Gへの熱は熱源R以外の部分からは出入りしない。ただし、熱源Rは膨張・収縮しないものとする。また、熱源Rと気体Gの温度は常に等しいとし、温度はすべて絶対温度で表すものとする。

まず、熱源Rの温度を一定の値 T_0 に保ったまま、ゆっくりピストンを引いて気体を膨張させた。このとき気体Gの圧力と体積は図2のように、状態Aから、中間の状態Bを通して状態Cまで変化した。状態Aでの圧力は外部の圧力 p_0 と等しい。状態Aと状態Cでの体積をそれぞれ V_0 と V_1 とするとき、以下の間に答えなさい。

問1 状態Cでの圧力を p_1 として、 p_1 を p_0 、 V_0 、 V_1 を用いて表しなさい。

問2 状態AからCへ変化する間に、気体Gは熱を熱源Rからもらったのか、それとも熱源Rへ放出したのか答えなさい。また、その理由を、状態AからCへの変化では気体Gの内部エネルギーは変化しないものとして、熱力学第一法則を用いて説明しなさい。

次に、図3のようにピストンを固定する金具を取り付け、体積を V_1 で一定に保ったまま熱源Rの温度を T_1 まで変化させたところ、気体Gの圧力は外部の圧力 p_0 と等しくなった。この状態をDとする(図2)。

問3 T_1 を T_0 、 V_0 、 V_1 を用いて表しなさい。

問4 状態Cと状態Dでは、内部エネルギーはどちらが大きいのか答えなさい。また、状態CからDへ変化する間に、気体Gは熱をもらったのか、それとも放出したのか答えなさい。さらに、これらの理由を説明しなさい。

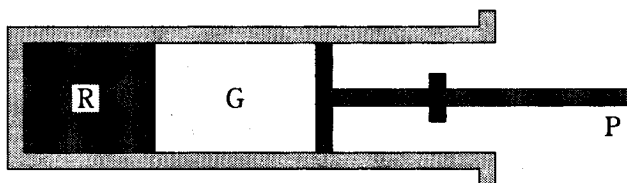


図1

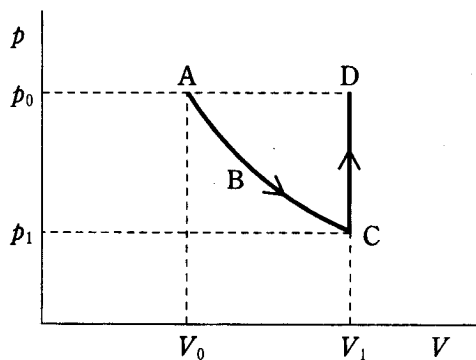


図2

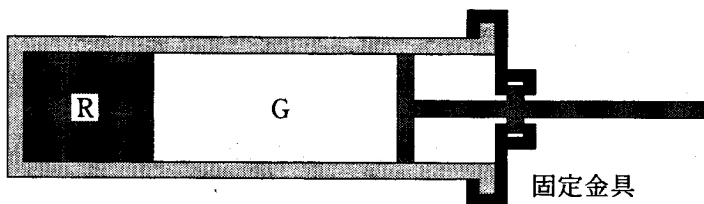


図3

- 10 真空中に間隔 $2d$ 、長さ l の平行平板があり、その平行平板の間には図 1 のような電場(電界) E がかかっている。今、点 O から速度 v_0 を持つ正の荷電粒子(電荷 q 、質量 m)が電場中に垂直に入射した。荷電粒子が受ける重力は無視できる。平行平板の外には電場や磁場(磁界)はもれないとする。

問 1 次の文章を読んで①～⑫の空欄に適する式を記入しなさい。

- (A) 電場を通過する間に荷電粒子は電場から大きさ ① の力を受けて加速され、平行平板を点 $P(l, y_0)$ から飛び出す。 y_0 は ② で与えられる。荷電粒子が平行平板にぶつからずに飛び出すには、電場の強さが ③ より小さくなければならないことがわかる。

点 P から飛び出した荷電粒子が図 2 のように角度 θ で L だけ離れた蛍光スクリーンに向かう。荷電粒子が蛍光スクリーンに到達する点 $Q(l+L, y_1)$ における y 座標 y_1 は θ 、 L 、 y_0 を用いると ④ で与えられる。荷電粒子が点 P から飛び出す y 方向の速さは q 、 m 、 v_0 、 l 、 E を用いると ⑤ であるから、 $\tan \theta$ は q 、 m 、 v_0 、 l 、 E を用いて ⑥ と書け、 y_1 は q 、 m 、 v_0 、 l 、 L 、 E を用いて ⑦ になる。

- (B) 図 3 のように平行平板内の電場をなくして紙面の表から裏に向かって磁束密度 B の磁場をかけた。磁場を通過する間に荷電粒子は磁場から大きさ ⑧ の力を受けるので、荷電粒子は半径 r の円軌道上を運動をはじめ、 r は ⑨ で与えられる。その後、荷電粒子は磁場を点 $R(l, y_2)$ から飛び出す。 y_2 は ⑩ で求められる。このとき、 r に比べて l が十分に小さいと考えて $\sqrt{1-x} \cong 1-x/2$ ($|x| \ll 1$) の近似式を使うと、 y_2 は ⑪ のように書ける。したがって、磁場 B の強さが ⑫ であれば、 y_2 が y_0 と等しくなり、点 P と点 R は一致する。結果として、平行平板を飛び出す荷電粒子は、電場 E がかかっていたときと同じ軌跡を描き蛍光スクリーンの点 Q に到達する。

問 2 問 1 の計算に従って実験を行い、平行平板内に電場 E だけ、または磁場 B だけをかけたときに荷電粒子の到達する位置が蛍光スクリーン上で一致するように電場 E と磁場 B を決めた。この結果から、荷電粒子の比電荷 q/m を求めることにする。荷電粒子が蛍光スクリーンに到達した点 Q の座標を $(l+L, y_1)$ とする。 $l+L, y_1$ 、電場 E および 磁場 B の大きさを使って比電荷 q/m を求める式を導きなさい。

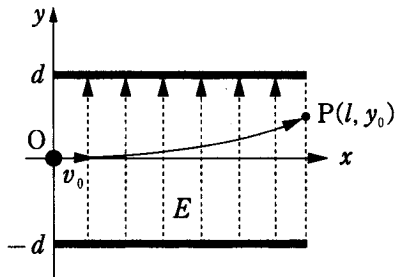


図 1

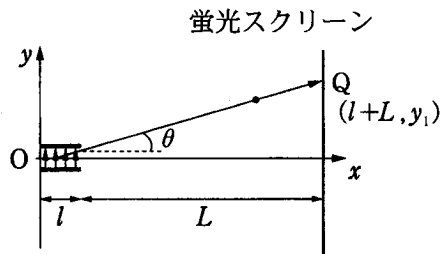


図 2

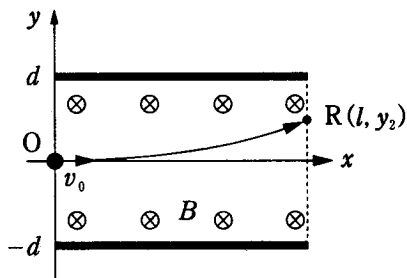


図 3

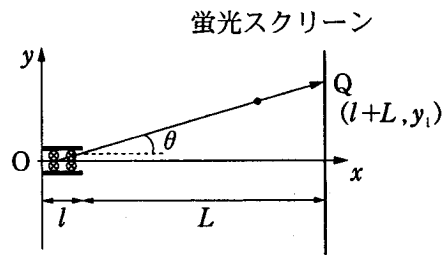


図 4