

平成 24 年度

前 期 日 程

理 科 問 題

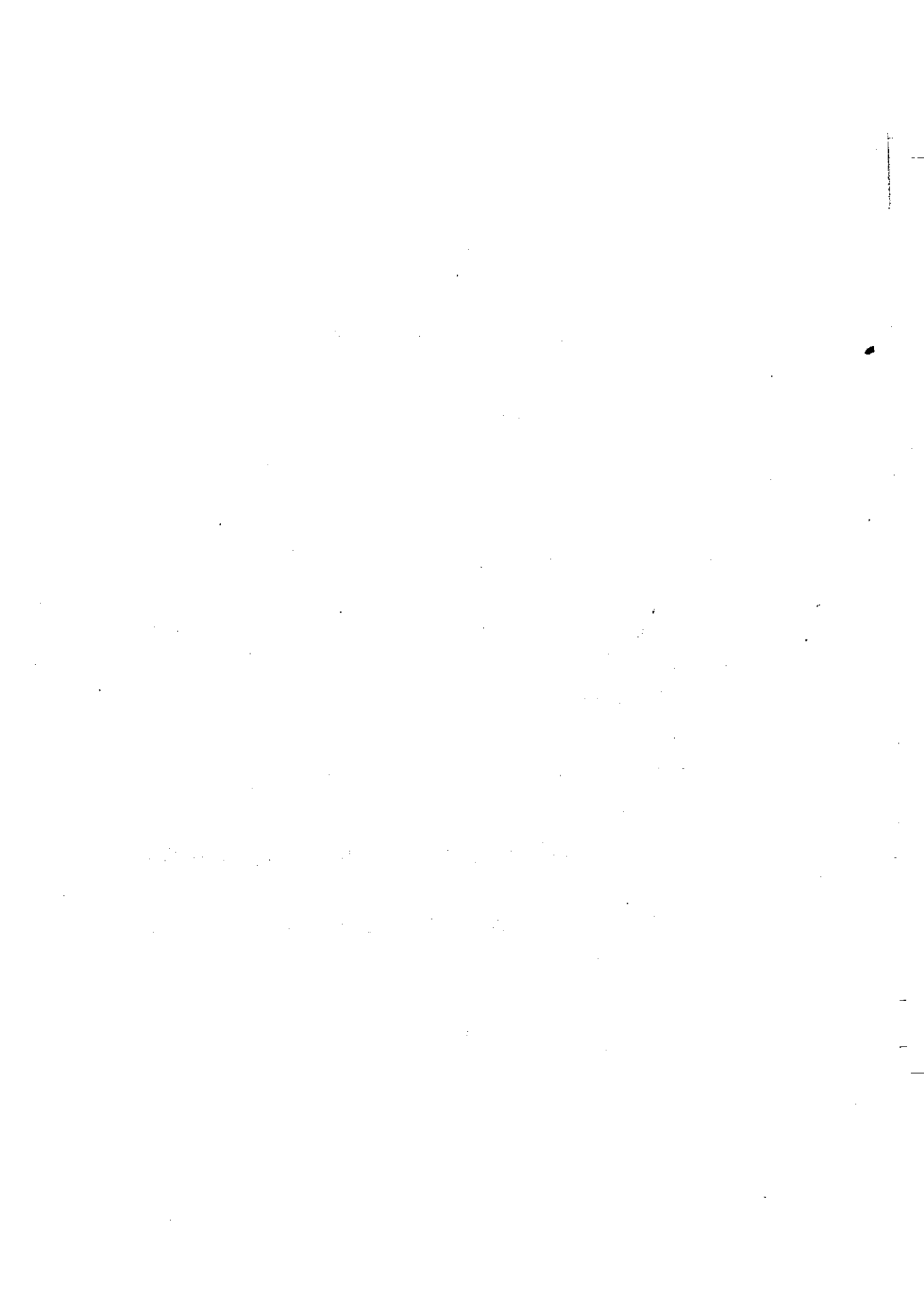
〔注 意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 15 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 16 \text{ ページから } 23 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 24 \text{ ページから } 37 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に 1 枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1 ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。



「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科、化学科、生物科学科生物科学コースを志望する者は、物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は、物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は、物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

物理問題

(解答はすべて物理解答用紙に記入すること)

[1] 1つあるいは複数の小球を高さ h から床に落とし、はね上がってくる様子を観察する。小球は、鉛直方向にのみ運動するものとし、速度は鉛直上向きを正にとる。床と小球の衝突の反発係数(はね返り係数)は e 、小球同士の衝突の反発係数は1である。重力加速度の大きさを g とし、以下の問に答えよ。小球の大きさは、高さ h に比べて十分小さいので無視してよい。

I. まず、図1のように、質量 M_A の小球 A を高さ h から静かに落とした。

問 1 この小球が床に衝突し、はね上がった直後の速度を g , e , h , M_A のうち必要なものを使って表せ。

問 2 小球がはね上がった後、到達する最高の高さを g , e , h , M_A のうち必要なものを使って表せ。

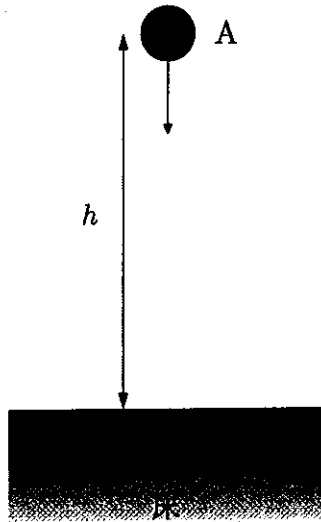


図1

II. 次に、図 2a のように、質量 M_B の小球 B を A の上に中心が鉛直線上にそろえるように置き、この 2 つを高さ h から同時に静かに落とした。A と B の間には、わずかに隙間があり、小球 A は先に床に到達し、はね上がった直後に、図 2b のように、落ちてきた小球 B と正面衝突する。

問 3 小球 A と B が正面衝突する直前の速度をそれぞれ v_A , v_B 、衝突直後の速度を v'_A , v'_B としたとき、 v'_A , v'_B をそれぞれ、 v_A , v_B , M_A , M_B を使って表せ。ただし、反発係数が 1 であることから、 $1 = -\frac{v'_A - v'_B}{v_A - v_B}$ が成り立つ。

問 4 M_B が M_A より十分小さい場合 ($\frac{M_B}{M_A} \cong 0$)、問 3 の答えはどのように近似できるか。 v'_A , v'_B をそれぞれ、 v_A , v_B のうち必要なものを使って表せ。

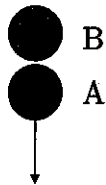


図 2a

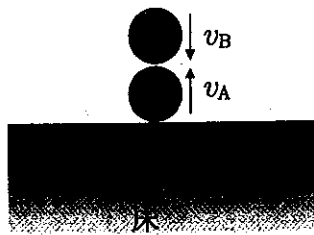


図 2b

質量が極端に異なる小球同士の衝突問題は、“動いている床”と小球とが弾性衝突する問題とみなせる。そこで、 M_B が M_A より十分小さい場合について、図2での小球Bの速度やはね上がり高さを、小球Aを“動いている床”とみなす考え方で求めてみよう。

問 5 小球Aと衝突してはね上がった直後の小球Bの速度は、Aと一緒に動く観測者から、どう見えるか。 g , e , h のうち必要なものを使って表せ。衝突前のAとBの相対速度に注意すること。

問 6 前問の小球Bのはね上がり直後の速度は、床にいる観測者からは、どう見えるか。 g , e , h のうち必要なものを使って表せ。

問 7 小球Bがはね上がった後、到達する最高の高さを、 e , h を使って表せ。

Ⅲ. さらに図3のように、小球A, Bの上に、もう1つの小球C(質量 M_C)を、中心が鉛直線上にそろえるように置いて、3つの小球を高さ h から同時に静かに落とした。ただし、 M_B は M_A より十分に小さく、 M_C は M_B より十分に小さいとする。 $\left(\frac{M_B}{M_A} \equiv 0, \frac{M_C}{M_B} \equiv 0\right)$

問 8 床から見た小球Cのはね上がり直後の速度を、 g , e , h のうち必要なものを使って表せ。

問 9 小球Cは、 h の36倍の高さにまではね上がった。このとき、床と小球Aの反発係数 e の値を求めよ。

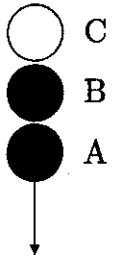


图 3

〔2〕電磁場(界)中における単一の荷電粒子の運動に関する以下の問に答えよ。
 ただし、荷電粒子の質量と電荷を問1から問8では m, q ($q > 0$)、問9では $m', -q$ ($q > 0$) として、空欄(1)~(11)には適切な式を、(ア)~(ウ)には選択した数字を解答欄に記入せよ。

I. 図1のように、真空中に原点を O とする直交座標系 x, y, z をとる。 xy 平面は紙面に一致しており、 z 軸は紙面の裏から表の方向に向いている。十分な広さを持つ金属平板 P_1, P_2 は $y = 0, y = d$ で y 軸と直交しており、導線で等電位に保たれている。また、 z 軸正の方向に磁束密度 B の一様な磁場(磁界)がかかっており、荷電粒子の運動は xy 平面に限定される。

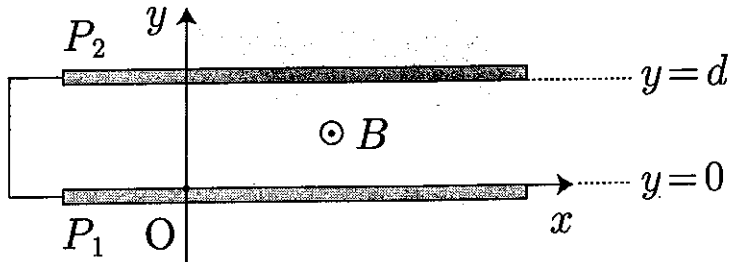


図1

問1 原点 O から $y \geq 0$ の領域に v_0 の速さで飛び出した荷電粒子が $0 \leq y \leq d$ の空間で円運動の軌跡(の一部)を描いた。回転の向きは、紙面に向かって(ア) {①時計回り, ②反時計回り} である。円運動の半径を表す式を m, v_0, q, B を用いて示せ。

問2 原点 O からどの向きに速さ v_0 で荷電粒子が飛び出しても金属平板 P_2 に衝突しないためには、磁束密度の大きさが $B \geq$ を満たす必要がある。(1)を m, v_0, q, d を用いて表せ。

問3 xy 平面における荷電粒子の速度と加速度の成分をそれぞれ $(v_x, v_y), (a_x, a_y)$ と表記する。荷電粒子が磁場から受ける力の成分を考えると、 q, B, v_x, v_y のうち必要なものを用いて運動方程式は $ma_x =$, $ma_y =$ と表せる。

II. 次に、図2のように導線の間起電力 V の電池を挿入した。すると、原点 O から初速度 0 の荷電粒子が動き始め、金属平板に衝突することなく xy 平面内で運動を続けた。

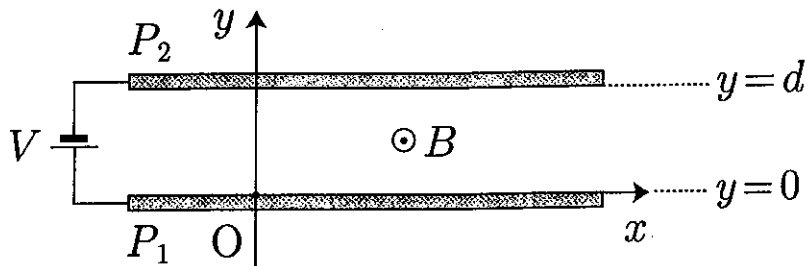


図2

問 4 荷電粒子が電場(電界)から受ける力は $(0, \boxed{(4)})$ である。一方、磁場から受ける力は前問のとおり $(\boxed{(2)}, \boxed{(3)})$ であることから、図2の場合における荷電粒子の運動方程式は、 $ma_x = \boxed{(2)}$ 、 $ma_y = \boxed{(5)}$ と表せる。(4)と(5)を q, d, V, B, v_x, v_y のうち必要なものを用いて示せ。

(i) x 軸の正方向に一定の速さで移動する観測者の視点で図2の場合における荷電粒子の動きを調べた。その結果、観測者の移動する速さが v_1 になると円運動に見えることがわかった。

問 5 速さ v_1 で移動する観測者から見た荷電粒子の速度と加速度を (v'_x, v'_y) 、 (a'_x, a'_y) とすると、 v_1 と速度 (v_x, v_y) を用いて $v'_x = \boxed{(6)}$ 、 $v'_y = v_y$ と表せる。また、観測者が一定の速度で動いているので、 $a'_x = a_x$ 、 $a'_y = a_y$ が成立する。これらを問4で求めた運動方程式に代入し、電場の寄与がない問3の場合と比較することにより、円運動になる条件 $v_1 = \boxed{(7)}$ を求めることができる。(7)を d, V, B を用いて示せ。

問 6 問5で求めた条件のもとで円運動する荷電粒子の速さが $\boxed{(7)}$ に等しいことに注意して、円運動の半径を m, q, d, B, V 、周期 T を m, q, B を用いて表せ。

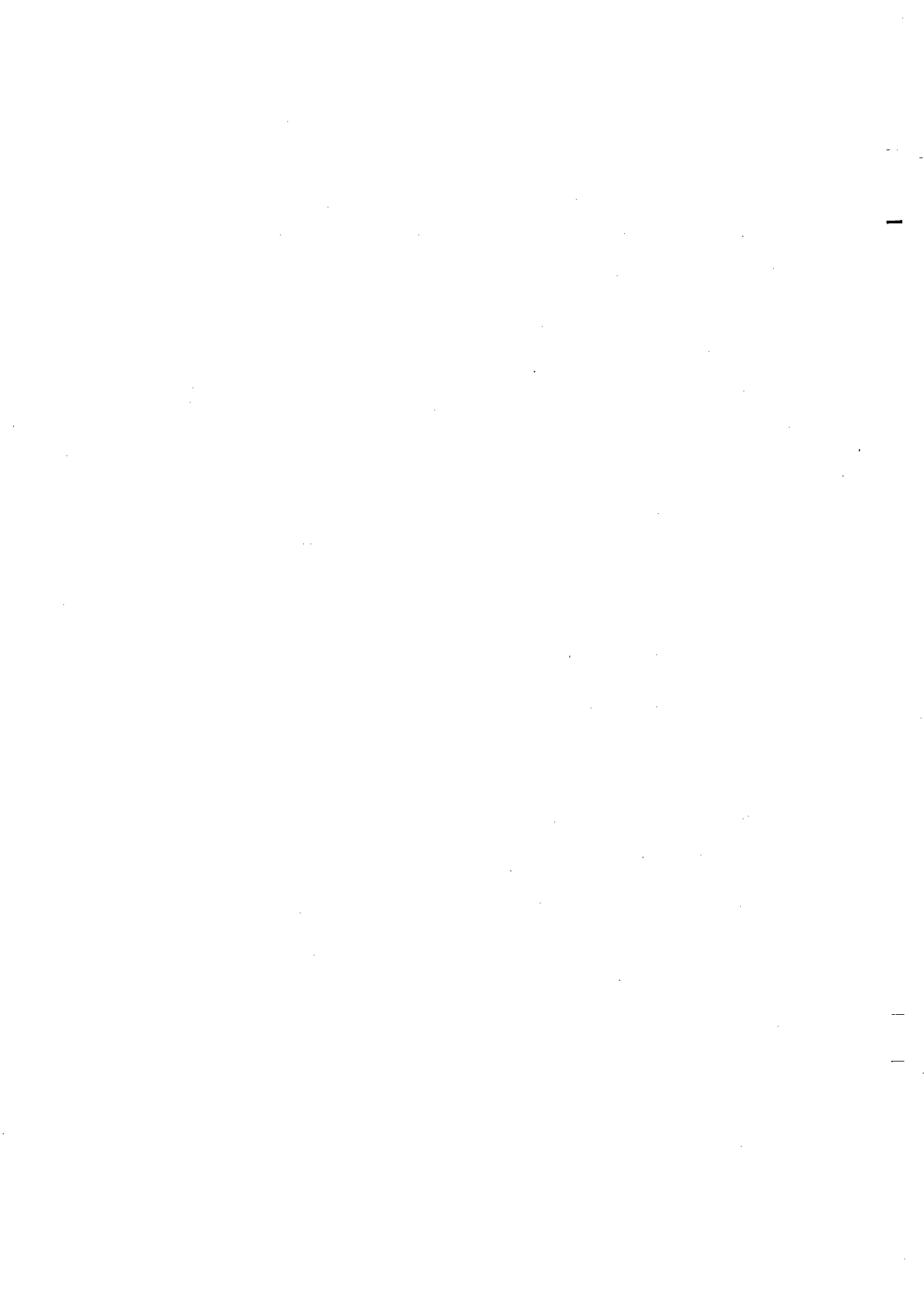
(ii) 以上の考察を踏まえ、静止した観測者から見た荷電粒子の軌跡と力学的エネルギーを考える。

問 7 原点 O から出発した荷電粒子が再び x 軸上に戻ってくる点の座標 x_1 は , y 軸正方向の最大到達距離 y_1 は である。(8)と(9)を m, q, d, V, B を用いて表せ。また、 xy 座標上で荷電粒子が描く軌跡の概形を解答欄に示せ。

問 8 原点 O を出発した荷電粒子が半周期 $\left(= \frac{T}{2} \right)$ 後に到達する点 $\left(\frac{x_1}{2}, y_1 \right)$ における速度は、 v_1 を用いて $(v_x, v_y) = \left(\text{input type="text" value="(10)", } 0 \right)$ と表せる。この点における荷電粒子の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーを m, v_1 を用いて表せ。ただし、 $y = 0$ を静電気力による位置エネルギーの基準とする。

これより、出発点と比較して点 $\left(\frac{x_1}{2}, y_1 \right)$ における力学的エネルギーは (イ) ①大きい, ②小さい, ③等しい ことがわかる。

問 9 質量 m' 、電荷 $-q$ ($q > 0$) の荷電粒子が問 7 の場合と同じ軌跡を描くようにするには磁場の方向と電池の向きを図 2 と (ウ) ①同じ, ②逆 にし、磁束密度と電圧の大きさを 倍にする必要がある。(11)を m と m' を用いて示せ。



[3] 熱現象に関する以下の問に答えよ。1気圧のもとで水1 molあたりの蒸発熱は 4.1×10^4 J/mol, 水のモル比熱は 76 J/(mol·K) とする。選択問題に対しては適切な語句を選びその番号で答え、数値を求める問に対しては有効数字2桁で答えよ。ただし、問7の (i) には「気体が」で始まるもっとも適切な語句を10字以内で解答欄に記入せよ。

I. はじめに氷 \rightarrow 水 \rightarrow 水蒸気の状態の変化について考えよう。 1.0×10^2 J/s で発熱するヒーターで氷5 molを加熱したとき、温度の時間変化は図1のようになった。ここで、aからeでは圧力を1気圧に保つ。ヒーターが発する熱はすべて状態の変化に使用される。

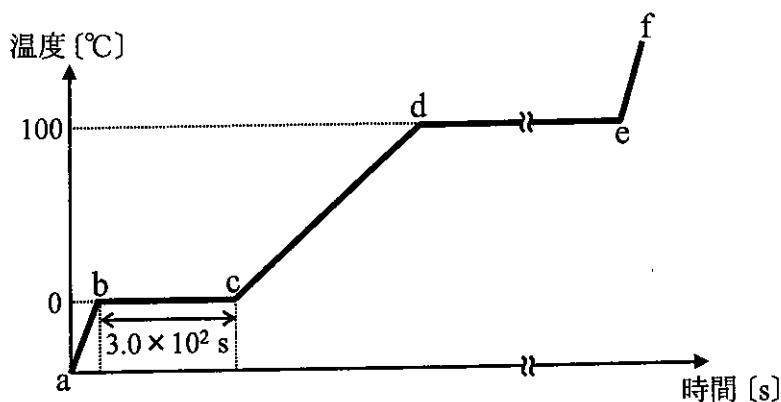


図1

問1 氷1 molあたりの融解熱、およびdからeまでの時間を、それぞれ解答欄に記入せよ。

問2 eからfにおいて、水蒸気の体積を一定に保ちながら加熱した。このとき、eからfの勾配は、圧力を一定に保ったときと比べて(ア){①急になる、②変わらない、③緩やかになる}。

II. 2種類の気体X, Yがあり、一方は単原子分子理想気体、もう一方は二原子分子理想気体である。これに対し、まったく同じ容器AおよびBを用意する。これらの容器は受け皿が付属し、変形することはない。まず、 0°C , 10 molの気体Xを 0°C の容器Aに封入し、 0°C の容器Bは真空にする。図2に示

すように、これらの容器を十分大きな箱の中につるし、箱には $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水蒸気を流し続ける。箱内は $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 1 気圧が保たれる。両容器の表面にできた露（水滴）を受け皿で集め、天秤で両容器に付着した水滴の重量差を測定できる。容器をつるすひもをとおして熱の出入りはない。また、二原子分子理想気体の定積モル比熱は単原子分子理想気体のそれに対して $\frac{5}{3}$ 倍である。

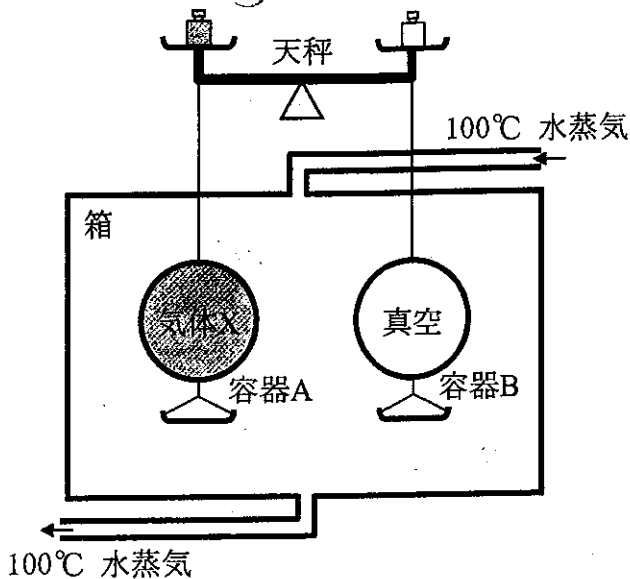


図 2

- 問 3 しばらくすると容器および内部の気体の温度は $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ となるが、このとき、気体 X の圧力は最初の状態 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) の圧力の何倍か。
- 問 4 この間に、両容器の表面に水滴が付着する。これは水蒸気が水滴に変わるときに(ア) {①放出, ②吸収} される熱を、容器 A においては(イ) {①気体のみ, ②容器のみ, ③気体と容器} が、容器 B においては(ウ) {①気体のみ, ②容器のみ, ③気体と容器} が、(エ) {①放出, ②吸収} することに起因する。
- 問 5 容器および内部の気体の温度が $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ になったとき、容器 A 側の水滴の量が容器 B 側の水滴の量より 0.30 mol だけ多かった。この実験結果から、気体 X が受け取った熱量および気体 X の定積モル比熱を求めよ。

Ⅲ. 新たに容器Aには10 molの気体Xを、容器Bには10 molの気体Yを封入する。両容器および内部の気体を 0°C にした後、図3に示すように、これらの容器を箱の中につるし、天秤で両容器に付着した水滴の重量差を測定できるようにする。

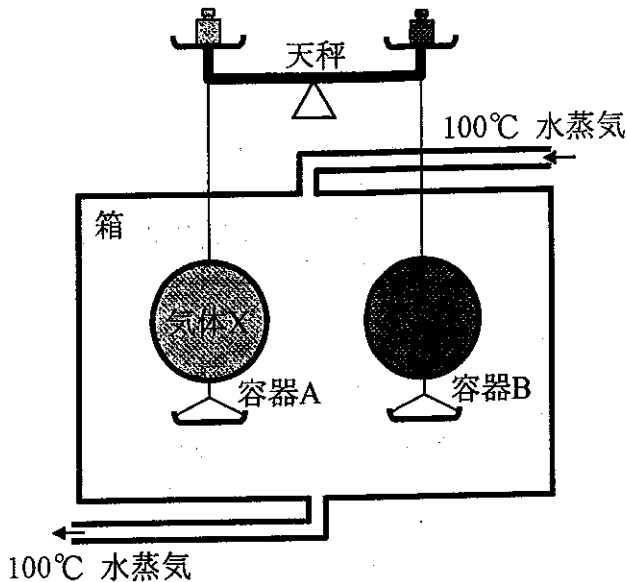


図3

問6 しばらくすると両容器および内部の気体が 100°C となり、容器表面に水滴が付着していた。そのとき、付着していた水滴の量は容器B側の方が多かった。したがって、容器Bに入れた気体Yは(ア) {①単原子分子理想気体, ②二原子分子理想気体} である。また、両容器に付着した水滴の量の差は何 mol か、解答欄に記入せよ。

問7 問6の実験で、両容器が内部の圧力を外部の圧力と同じに保つように、なめらかに膨張収縮する容器であった場合、容器に付着する水滴の重量は問6の場合と比べて、両容器ともに(ア) {①大きくなる, ②変わらない, ③小さくなる}。これは、定圧変化が定積変化に比べて (i) と等価な熱量を余分に必要とするためである。

また、両容器に付着した水滴の重量差は問6の場合と比べて、(イ) {①大きくなる, ②変わらない, ③小さくなる}。これは、一定量の理想気

体を定圧で加熱したとき、(i) の量は (ウ) {① 1 分子中の原子数, ② 温度変化, ③ 1 分子中の原子数および温度変化} に比例して, その比例係数は (エ) {① 単原子分子理想気体の方が大きい, ② 二原子分子理想気体の方が大きい, ③ 理想気体の種類によらず一定である} ことによる。

(下書き用紙)