

平成 23 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1 ～ 3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机の上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

物 理

(注) 医学科および歯学科の受験生は問 1 から問 8 までの全ての問について、保健衛生学科(検査技術学専攻)は問 1 から問 6 までの 6 問について解答せよ。

- 1 紙面内に xy 平面をとり、紙面に垂直で手前方向に z 軸をとる。図 1 のように、質量 m と正電荷 q を持つ粒子を、この座標系の原点から x 軸正方向に速さ v で発射したのちの運動について、以下の問に答えよ。ただし、粒子を発射した時刻を $t = 0$ とし、粒子にかかる重力は無視する。

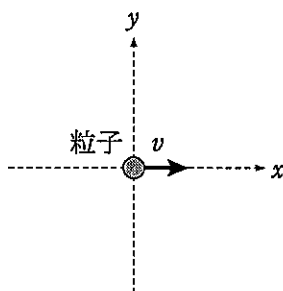


図 1

まず、全空間に一樣な磁場(磁束密度 B , z 軸正方向)が加わっている場合を考える。

- 問 1 時刻 $t = 0$ において、粒子にはたらく力の大きさと向きを答えよ。
問 2 粒子は xy 平面内を円運動する。円の半径 R と円運動の周期 T を求めよ。
問 3 $0 \leq t \leq T/2$ の間に粒子が描く軌跡の概形を、解答用紙中の xy 平面上に点線で描け。また、移動距離(軌跡の長さ) L を求めよ。

つぎに、 z 軸正方向に空間的に一様な磁場が加わっているが、磁束密度が B からごくわずかずつ単調減少していく場合を考える(図 2)。

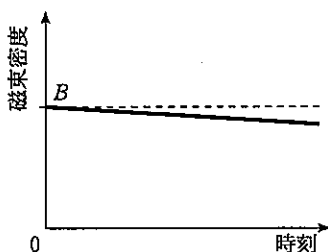


図 2

問 4 $0 \leq t \leq T/2$ の間に粒子が描く軌跡の概形を、問 3 と同じ図に実線で描け。また、今回の移動距離 L' と問 3 の L との大小関係を、理由と共に記せ。

つぎに、図 3 のように、領域 1 ($x > d$) および領域 3 ($x < -d$) では一様な磁場(磁束密度 B , z 軸正方向)のみが、領域 2 ($-d \leq x \leq d$) では一様な電場(大きさ E , x 軸負方向)のみが、それぞれ加わっている場合を考える。この場合も、粒子は xy 平面内を運動する。電場の大きさがある値 E_0 より大きい場合は、粒子の運動は領域 2 および 3 のみでおこり、 E_0 より小さい場合は、粒子の運動は全領域に及ぶ。

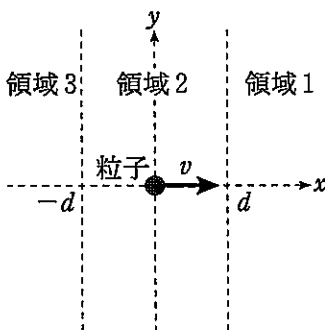


図 3

問 5 E_0 を求めよ。

$E > E_0$ の場合について、次の問に答えよ。

問 6 粒子を発射後、初めて領域 3 に到達する時刻を t_1 とし、その時の速さを v_1 とする。 t_1 および v_1 を求めよ。

問 7 粒子が描く軌跡の概形を解答用紙の xy 平面上に描け。また、粒子を発射後、 y 軸を $2n$ 回目に通過する時刻を t_2 とし、その時の y 座標を y_2 とする。 t_2 および y_2 を求めよ。ただし、 n は自然数とする。解答は m, q, v, B, E, d, n のうち必要なものを用いて示すこと。

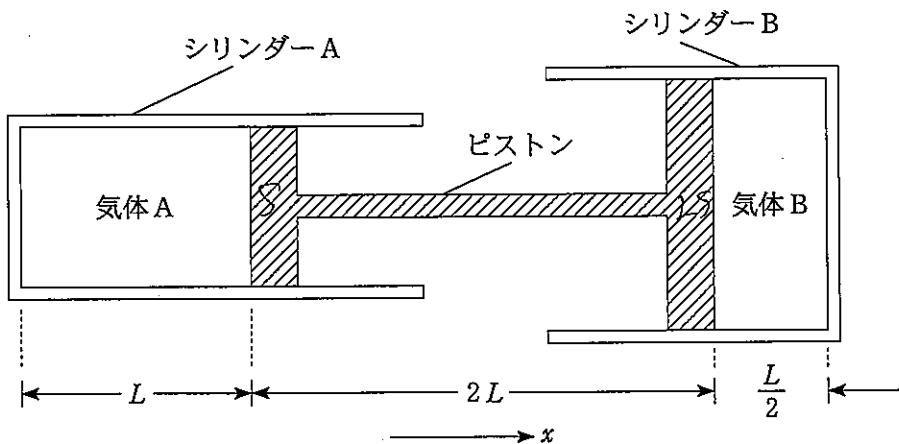
$E < E_0$ の場合について、次の問に答えよ。

問 8 粒子が描く軌跡の概形を解答用紙の xy 平面上に描け。また、粒子を発射後、 y 軸を $2n$ 回目に通過する時刻を t_3 とし、その時の y 座標を y_3 とする。 t_3 および y_3 を求めよ。解答は m, q, v, B, E, d, n のうち必要なものを用いて示すこと。

(注) 医学科および歯学科の受験生は問 1 から問 10 までの全ての問について、保健衛生学科(検査技術専攻)の受験生は問 1 から問 7 までの 7 問について解答せよ。

2 下図のような断熱材で作られたシリンダー A, B と連結したピストンがある。シリンダー A, B は固定され動かないが、ピストンは、 x 軸方向になめらかに動かすことができ、その断面は紙面に垂直な yz 平面に平行である。シリンダー A 内には、 n モルの単原子分子(1 分子あたりの質量 m_A)の理想気体 A が、シリンダー B 内には A とは異なる単原子分子(1 分子あたりの質量 m_B)の理想気体 B が封入されている。気体分子の速度をそれぞれ気体 A は $\vec{v}_A = (v_{Ax}, v_{Ay}, v_{Az})$, 気体 B は $\vec{v}_B = (v_{Bx}, v_{By}, v_{Bz})$ であるとする。ピストンの断面積は、シリンダー A 側を S , シリンダー B 側を $2S$, アボガドロ数を N_A , 気体定数を R とし、温度は絶対温度で表すものとする。シリンダーの内壁やピストンの表面はなめらかであり、気体分子がこれらと衝突しても運動エネルギーは失われない。また、気体分子同士の衝突は無視できるものとする。

[1] 気体 A, B の温度がともに T であり、ピストンがシリンダー A の底から L , シリンダー B の底から $\frac{L}{2}$ の位置で静止しているとき、以下の問に答えよ。



問 1 シリンダー B 内の気体 B の分子数を求めよ。

問 2 気体 A の 1 分子がピストンと衝突したとき、ピストンから受ける x 方向の力積 I_{Ax} を求めよ。

問 3 ピストンが n モルの気体 A 全体から受ける平均の力の大きさ $\overline{F_A}$ を求めよ。ただし、すべての気体 A 分子の x 軸方向の速度の 2 乗平均を $\overline{v_{Ax}^2}$ とする。

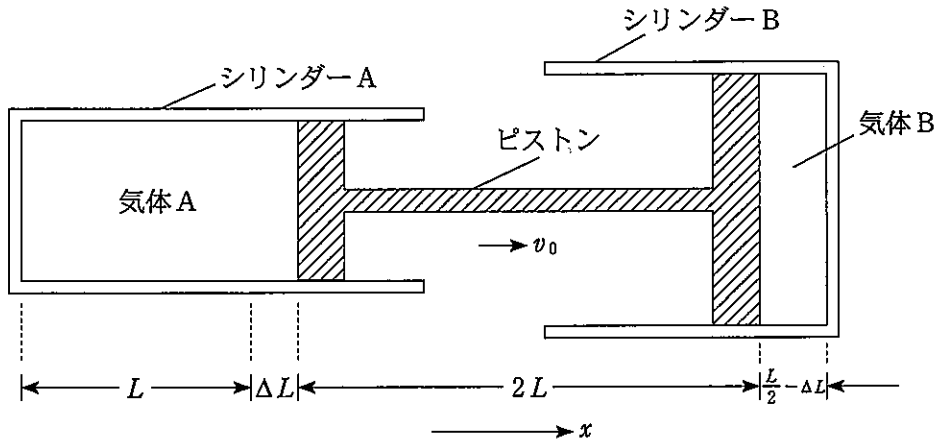
問 4 気体分子の運動は、分子の数がきわめて多く不規則に運動しているので、平均すると x, y, z いずれの方向にも同程度に起こると考えることができ、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ が成り立つものとする。気体 A の 1 分子あたりの平均の運動エネルギー $\overline{K_A}$ を気体の温度 T の関数として求めよ。

問 5 気体 A 分子の平均の速さを $V_A = \sqrt{\overline{v_{Ax}^2} + \overline{v_{Ay}^2} + \overline{v_{Az}^2}}$ と考え、 V_A と気体の温度 T との関係を図示せよ。

問 6 気体の温度が T のとき、気体 B 分子の平均の速さ $V_B = \sqrt{\overline{v_{Bx}^2} + \overline{v_{By}^2} + \overline{v_{Bz}^2}}$ と V_A の比の値 $\frac{V_B}{V_A}$ を求めよ。

問 7 気体 B の内部エネルギー U_B を温度 T の関数として求めよ。

- [2] ピストンを x 軸正の向きに非常にゆっくりと速さ v_0 で動かす。 v_0 は、 v_{Ax} や v_{Bx} の大きさに比べて非常に小さいものとする。このとき、以下の間に答えよ。



- 問 8 気体 A の分子(衝突直前の x 方向の速度を v_{Ax} とする)がピストンに衝突した直後の x 軸方向の速度 v'_{Ax} を求めよ。ただし、気体分子の衝突によってピストンの速度は変わらないものとする。

- 問 9 ピストンが動き出す前、ともに T であった気体の温度が、ピストンが時間 t の間に ΔL だけ動いたとき、気体 A の温度は T_A 、気体 B の温度は T_B となった。 $T_B - T_A$ を T の関数として求めよ。ただし、時間 t の間にピストンに衝突する気体分子の数は、ピストンが静止しているときと同じであったとする。また、 α が 1 に比べて非常に小さいとき、 $(1 + \alpha)^2 \approx 1 + 2\alpha$ と近似できる。

[3] ピストンは断熱材のまま，シリンダー A, B をそれぞれ別の材質にかえ，
[2]と同様にピストンを ΔL だけ動かしたとき気体の温度が $T_A = T_B = T$
であった。

問10 [2]と異なり，どのようにしてこのようなことが起こるのかを簡潔に
説明せよ。