

物 理

(解答番号 ~)

第1問 次の問い(問1～5)に答えよ。(配点 25)

問1 図1のように、 x 軸と y 軸をとり、原点 O に焦点距離が 4 cm の凹面鏡(F は焦点、主軸は x 軸)を設置した。 $x = -2\text{ cm}$ の位置に矢印の形をした物体を x 軸に垂直に置く場合、この物体の虚像が生じる位置として最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、図1では誇張して描かれているが、実際の凹面鏡は y 軸に沿った平面に近いものである。 $x =$ cm

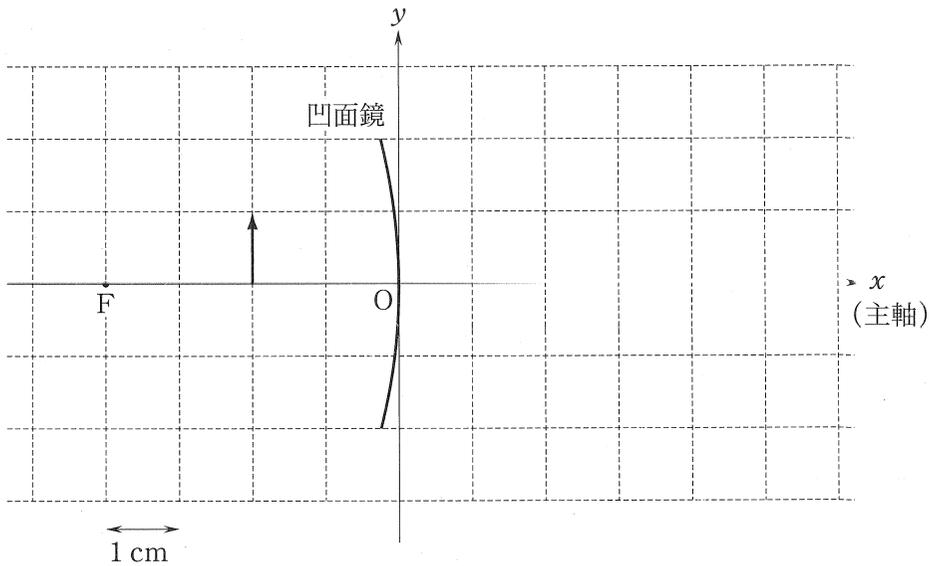


図 1

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 |

物 理

問 2 図2のように、シリンダーとピストンにより気体を密封した装置があり、ピストンを天井に固定する。シリンダーに取りつけられたフックに重い荷物をつり下げると、密封した気体の体積が増加し、シリンダーが抜け落ちることがある。シリンダーが熱を通しやすい場合と、熱を通しにくい場合について、最も適当な記述を、後の①～③のうちから一つ選べ。ただし、はじめの気体の温度はシリンダー周囲の空気の温度と等しいとする。 2

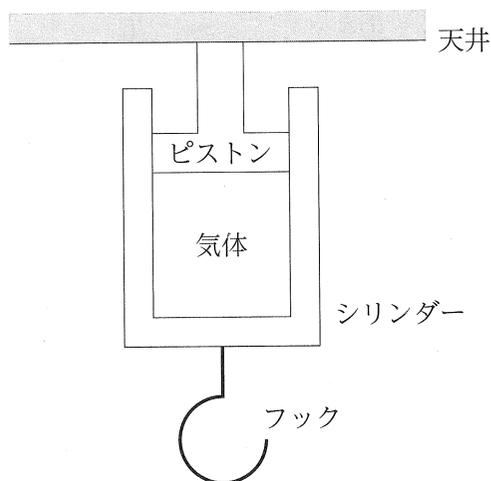


図 2

- ① シリンダーが熱を通しやすいと、熱を通しにくい場合に比べて気体の体積の増加が少ないので、シリンダーが抜け落ちにくい。
- ② シリンダーが熱を通しやすくても、通しにくくても、シリンダーの抜け落ちやすさにはかわりはない。
- ③ シリンダーが熱を通しやすいと、熱を通しにくい場合に比べて気体の体積の増加が大きいため、シリンダーが抜け落ちやすい。

物 理

問 3 断面積 S の金属棒に強さ I の電流が流れており、金属棒に垂直に磁束密度 B の磁場(磁界)がかけられている。このとき、金属棒の中のすべての自由電子が同じ速さで電流と逆向きに運動しているものとする。金属棒中を運動している自由電子 1 個が磁場から受けているローレンツ力の大きさを表す式として正しいものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。ただし、この金属棒の単位体積当たりの自由電子の数を n とする。 3

- ① $IBnS$ ② $\frac{IBn}{S}$ ③ $\frac{IB}{nS}$ ④ $\frac{I}{BnS}$
⑤ $\frac{1}{IBnS}$ ⑥ $\frac{S}{IBn}$ ⑦ $\frac{nS}{IB}$ ⑧ $\frac{BnS}{I}$

物 理

問 4 図3のように、長さ L の3本の軽い棒 a , b , c と3個の小球 A , B , C を組み合わせて正三角形をつくる。棒 c に糸を取りつけ天井からつるしたところ、棒 a が鉛直になる位置で静止した。糸を取りつけた点から小球 A までの距離 d を表す式として正しいものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、小球 A の質量を M とし、小球 B と C の質量を m とする。 $d =$ 4

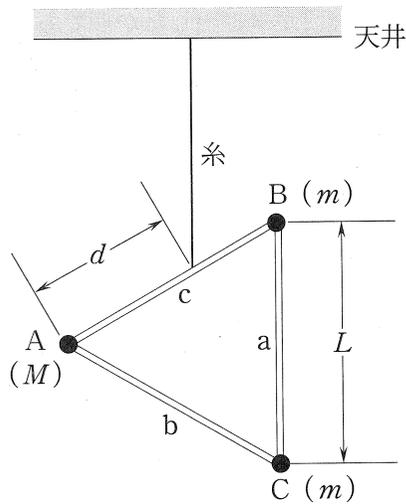


図 3

- ① $\frac{2mL}{M-2m}$ ② $\frac{2mL}{M+2m}$ ③ $\frac{ML}{M-2m}$ ④ $\frac{ML}{M+2m}$

物 理

問 5 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる語句と式の組合せとして最も適当なものを、次ページの①~⑧のうちから一つ選べ。 **5**

図4のように、箔検電器の金属円板上にアルミニウム板を置き、全体を負に帯電させると箔検電器の金属箔は開く。この状態で、アルミニウム板にある振動数の光を当てたところ、箔は閉じていった。この現象は、光を当てたことによって、アルミニウム板から **ア** が飛び出したからである。アルミニウムの仕事関数を W 、プランク定数を h とする。このとき当てた光に限らず、電磁波をアルミニウム板に当てたとき、箔が閉じていくのは、当てた電磁波の振動数が **イ** より **ウ** 場合である。

箔検電器

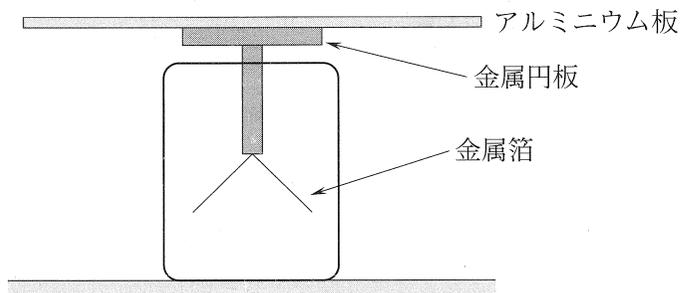


図 4

物 理

	ア	イ	ウ
①	陽 子	$\frac{h}{W}$	大きい
②	陽 子	$\frac{h}{W}$	小さい
③	陽 子	$\frac{W}{h}$	大きい
④	陽 子	$\frac{W}{h}$	小さい
⑤	電 子	$\frac{h}{W}$	大きい
⑥	電 子	$\frac{h}{W}$	小さい
⑦	電 子	$\frac{W}{h}$	大きい
⑧	電 子	$\frac{W}{h}$	小さい

物 理

第 2 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 6)に答えよ。(配点 25)

図 1 のように、距離 L だけ離れた水平面上の 2 点から小球 1, 2 を投げ上げる場合を考える。小球 1 を鉛直上向きに速さ v_1 で投げ上げ、小球 1 が最高点に達した瞬間に小球 2 を水平面に対する角度が θ の斜め上向きに速さ v_2 で投げ上げる。ただし、小球 1 と小球 2 の速度は同一鉛直面内にある。重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗を無視する。

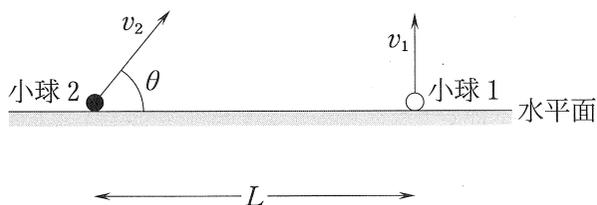


図 1

問 1 小球 1 が達する最高点の水平面からの高さ H を表す式として正しいものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 $H =$

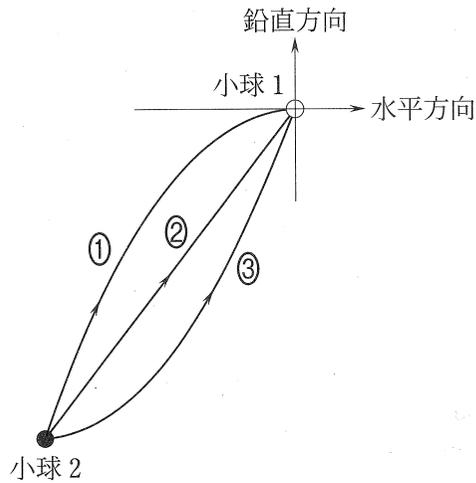
① $\frac{v_1^2}{2g}$

② $\frac{v_1^2}{g}$

③ $\frac{2v_1^2}{g}$

④ $\frac{4v_1^2}{g}$

問 2 v_1 , v_2 と θ の値を適切に選ぶと, 小球 1 と 2 が空中で衝突する。その場合に, 小球 1 から見た小球 2 の運動の軌跡として最も適当なものを, 次の①~③のうちから一つ選べ。 7



問 3 問 2 の場合, 小球 2 が小球 1 に衝突したのは, 小球 1 が水平面に落下する直前であった。 v_2 を表す式として正しいものを, 次の①~⑧のうちから一つ選べ。

$v_2 =$ 8

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{v_1}{2 \sin \theta}$ | ② $\frac{v_1}{2 \cos \theta}$ | ③ $\frac{v_1}{\sin \theta}$ | ④ $\frac{v_1}{\cos \theta}$ |
| ⑤ $\frac{2v_1}{\sin \theta}$ | ⑥ $\frac{2v_1}{\cos \theta}$ | ⑦ $\frac{4v_1}{\sin \theta}$ | ⑧ $\frac{4v_1}{\cos \theta}$ |

物 理

図2のように、水平面からの高さが h の台があり、台上面の右端を点 O とし、点 O に小球1を置く。台の上面から天井までの高さは a であり、点 O の真上の天井の点 P に長さ a の軽くて伸びない糸の上端を固定し、下端に小球2をつける。糸をたるませず、点 O から水平左向きに d だけ変位させ、その位置から小球2を静かにはなす。その後、小球2は小球1に水平方向から衝突し、衝突後、小球1は点 O から水平右向きに飛び出して水平面に落下した。小球1の質量は m で小球2の質量は M とし、小球1と小球2の衝突における反発係数(はね返り係数)を e ($0 < e < 1$) とする。また、 d は a に比べて十分に小さく、小球1に衝突するまでの小球2の運動は振幅 d の単振動(単振り子)の一部とみなせるものとする。

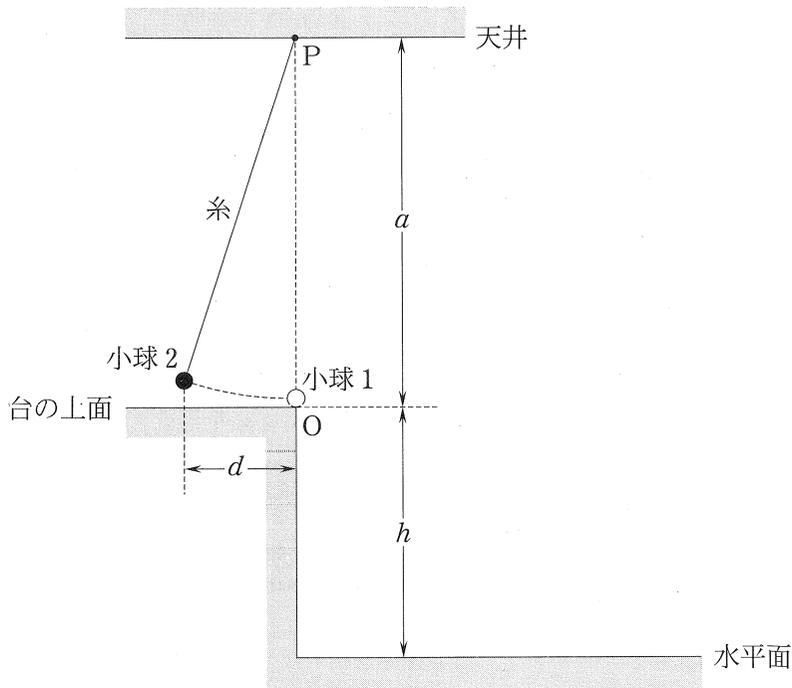


図 2

物 理

問 4 小球 2 が動きだしてから小球 1 に衝突するまでの時間 t を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $t =$ 9

① $2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$

② $\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$

③ $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{a}{g}}$

④ $2\pi\sqrt{\frac{g}{a}}$

⑤ $\pi\sqrt{\frac{g}{a}}$

⑥ $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{g}{a}}$

問 5 衝突後の小球 2 の運動を説明する文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 10

① $M > em$ の場合、衝突直後の小球 2 の速度の向きは右向きで、その後、振幅が d より大きい単振動をする。

② $M > em$ の場合、衝突直後の小球 2 の速度の向きは左向きで、その後、振幅が d より小さい単振動をする。

③ $M < em$ の場合、衝突直後の小球 2 の速度の向きは右向きで、その後、振幅が d より大きい単振動をする。

④ $M < em$ の場合、衝突直後の小球 2 の速度の向きは左向きで、その後、振幅が d より小さい単振動をする。

物 理

問 6 点 O から空中に飛び出した小球 1 は水平面と衝突する。水平面と衝突する直前の小球 1 の速度の向きと水平面がなす角度は 60° であった。点 O から空中に飛び出すときの小球 1 の速さを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 11

① $\sqrt{6gh}$

② $\sqrt{3gh}$

③ $\sqrt{2gh}$

④ \sqrt{gh}

⑤ $\sqrt{\frac{2gh}{3}}$

⑥ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$

物 理

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

物 理

第3問 次の文章を読み、後の問い(問1～6)に答えよ。(配点 25)

図1のように、一直線上に音源とマイク1, 2を一行に配置する。音源とマイク1の距離は D である。マイク1, 2は、達した音波による空気の振動を電圧の振動に置き換える。マイク1, 2とつながっている測定器(オシロスコープ)1, 2はその電圧を測定することができる。図2は、音源が時刻 $t=0$ の瞬間から短時間 Δt の間だけ振動数 f の音を出したときの測定結果である。音速を V とし、風は吹いていないものとする。また、音源とマイク1, 2の大きさはともに無視できるものとする。

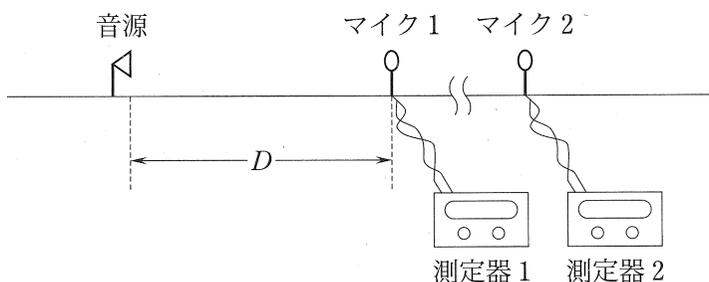


図 1

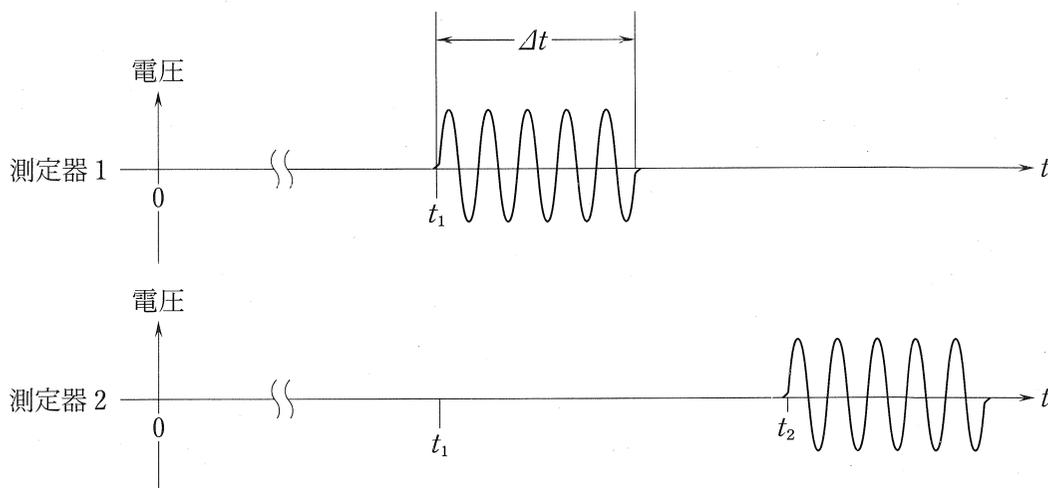


図 2

物 理

問 1 音源が出した音の振動数 f を表す式として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $f = \boxed{12}$

- ① $\frac{1}{\Delta t}$ ② $\frac{2}{\Delta t}$ ③ $\frac{3}{\Delta t}$ ④ $\frac{4}{\Delta t}$ ⑤ $\frac{5}{\Delta t}$

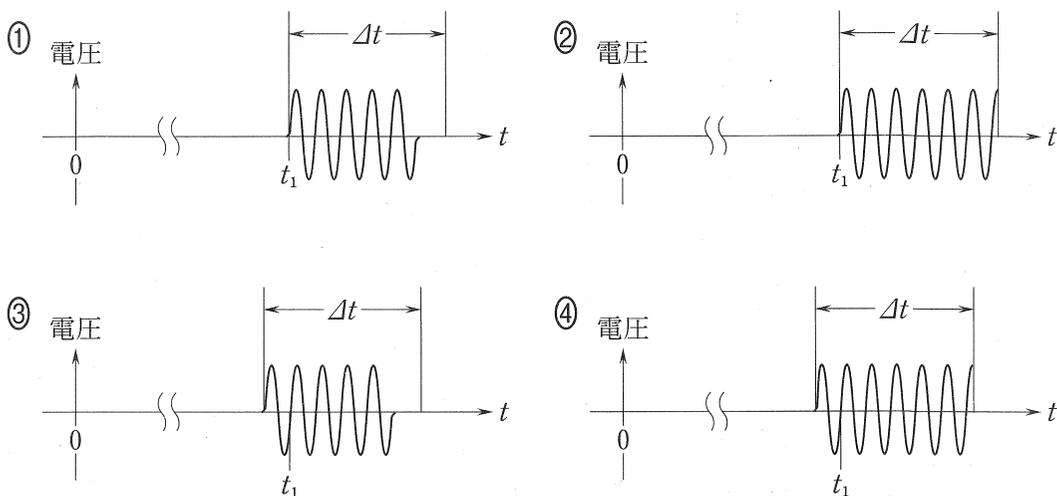
問 2 図 2 の時刻 t_1 , t_2 は、音源からの音をマイク 1, 2 がそれぞれはじめて受け取った時刻である。マイク 1 とマイク 2 の距離 D' を表す式として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $D' = \boxed{13}$

- ① $\frac{t_2 - t_1}{t_2} D$ ② $\frac{t_2}{t_2 - t_1} D$ ③ $\frac{t_2 - t_1}{t_1} D$ ④ $\frac{t_1}{t_2 - t_1} D$
 ⑤ $\frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_1} D$ ⑥ $\frac{t_2 + t_1}{t_2 - t_1} D$ ⑦ $\frac{t_2}{t_1} D$ ⑧ $\frac{t_1}{t_2} D$

物 理

音源が一定の速さ v ($v < V$) で右向きに動き、音源とマイク 1 との距離が図 1 の D になった瞬間を時刻 $t=0$ とする。音源は $t=0$ から $t=\Delta t$ の間だけ振動数 f の音を出す。また、 Δt は短時間で、その間に音源がマイク 1 に達することはないものとする。

問 3 このとき、測定器 1 の測定結果として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 14



問 4 音を出すときと音を出さないときを逆にする場合を考える。音源が振動数 f の音を出しながら一定の速さ v で右向きに動き、音源とマイク 1 との距離が D になった瞬間から時間 Δt の間だけ音を出すのをやめる。その後、音源は再び音を出すものとする。マイク 1 に達する音が途絶える時間間隔 $\Delta t'$ を表す式として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $\Delta t' =$ 15

- ① $\frac{V}{V+v}\Delta t$ ② $\frac{V}{V-v}\Delta t$ ③ $\frac{V+v}{V}\Delta t$ ④ $\frac{V-v}{V}\Delta t$ ⑤ Δt

物 理

図3のように、音源が振動数 f の音を出しながら、一直線上で D より小さい振幅の単振動をしている。単振動の周期は T で、単振動の中心からマイク1までの距離は D である。単振動の周期 T は音の周期に比べて十分に大きく、マイク1に達する音の振動数は最大値 f_{\max} から最小値 f_{\min} まで連続的に変化した。

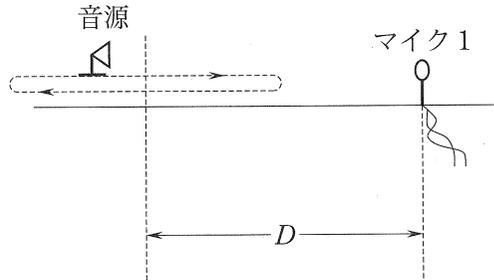


図 3

問 5 $V = 340 \text{ m/s}$, $f = 440 \text{ Hz}$ とし、単振動による音源の速さの最大値を 10 m/s とする。 f_{\min} の値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $f_{\min} = \boxed{16} \text{ Hz}$

① 353

② 393

③ 410

④ 427

問 6 マイク1に達する音の振動数が $f \rightarrow f_{\max} \rightarrow f$ と変化する時間間隔を ΔT_1 とし、 $f \rightarrow f_{\min} \rightarrow f$ と変化する時間間隔を ΔT_2 とする。 ΔT_1 と ΔT_2 の大小関係について最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 $\boxed{17}$

① $\Delta T_1 < \Delta T_2$

② $\Delta T_1 = \Delta T_2$

③ $\Delta T_1 > \Delta T_2$

物 理

第 4 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。(配点 25)

図 1 のように、磁束密度の大きさが B_0 の一様な磁場(磁界)の中で電気量 q 、質量 m の荷電粒子 a を装置 X から磁場に垂直に速さ v で発射する。その後、荷電粒子 a は磁場の中で周期 T_0 の等速円運動をする。荷電粒子 a が等速円運動をする平面を $x-y$ 平面とし、それに垂直で、紙面の裏から表の向きを z 軸とする。このとき、磁場の向きは z 軸の正方向であり、 z 軸の正方向から見た円運動は時計回りである。装置 X は飛び出した荷電粒子 a のその後の運動に影響を及ぼさないものとする。また、全体は真空中にあり、重力の影響は無視できる。

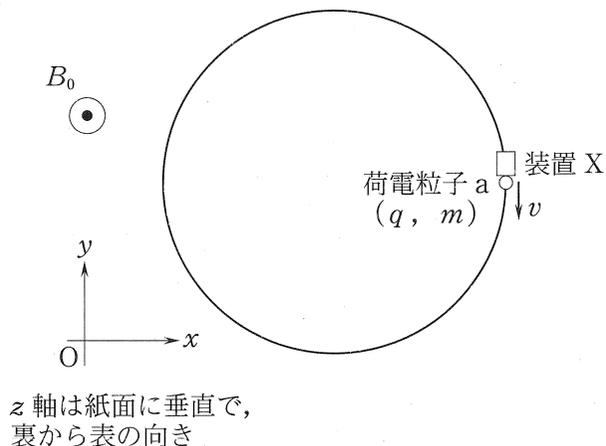


図 1

問 1 この荷電粒子 a の運動に関して述べた次の文章中の空欄 18 ~ 20 に

入れる語句および式として最も適当なものを、それぞれの直後の $\left\{ \quad \right\}$ で囲ん

だ選択肢のうちから一つずつ選べ。

荷電粒子 a は常に 18 $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } z \text{ 軸の正の} \\ \text{② } z \text{ 軸の負の} \\ \text{③ 進行方向に平行な} \\ \text{④ 進行方向に垂直な} \end{array} \right\}$ 向きのローレンツ力を受

ける。磁場の中での荷電粒子 a の円運動の半径は 19 $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } |q|vB_0 \\ \text{② } vB_0m \\ \text{③ } \frac{mv}{|q|B_0} \\ \text{④ } \frac{|q|B_0}{mv} \end{array} \right\}$ であり、

荷電粒子 a の電気量の符号は 20 $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } q > 0 \text{ である。} \\ \text{② } q < 0 \text{ である。} \\ \text{③ 特定できない。} \end{array} \right\}$

物 理

問 2 一様な磁場の向きはそのまま磁束密度の大きさを変え、荷電粒子 a の円運動の周期と磁束密度の大きさの関係をグラフに描くと、図 2 のようになる。次に、荷電粒子 a の発射を止め、荷電粒子 a と同じ電気量 q の荷電粒子 b を装置 X から発射する。この場合についても、装置 X は飛び出した荷電粒子 b のその後の運動に影響を及ぼさないものとする。荷電粒子 b について、円運動の周期と磁束密度の大きさの関係をグラフに描くと、図 3 のようになる。荷電粒子 b に関する文として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 21

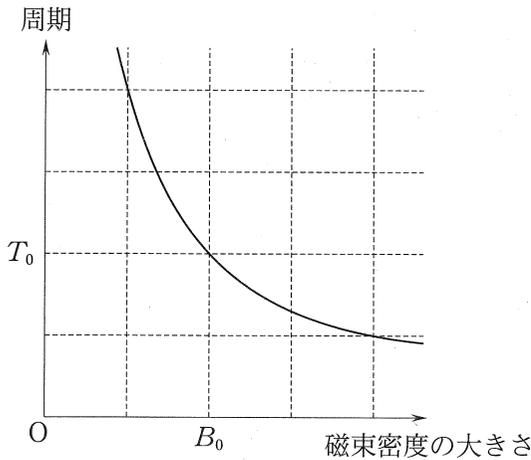


図 2

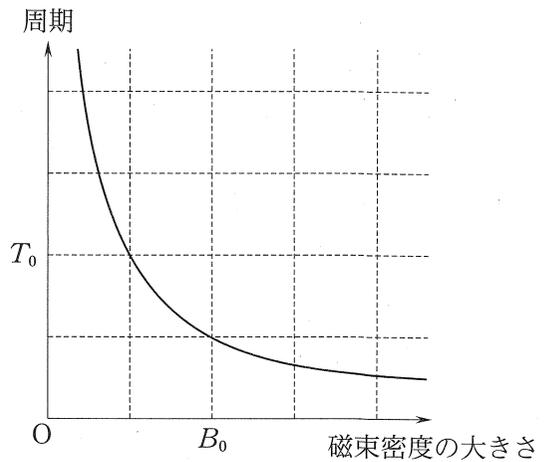


図 3

- ① 荷電粒子 b は質量が m で、速さが $\frac{1}{2}v$ である。
- ② 荷電粒子 b は質量が m で、速さが $\sqrt{2}v$ である。
- ③ 荷電粒子 b は質量が m で、速さが $2v$ である。
- ④ 荷電粒子 b は質量が $\frac{1}{2}m$ で、速さが v である。
- ⑤ 荷電粒子 b は質量が $\sqrt{2}m$ で、速さが v である。
- ⑥ 荷電粒子 b は質量が $2m$ で、速さが v である。

物 理

問 3 図 4 は装置 X の構造を示している。質量 9.0×10^{-10} kg, 電気量 2.5×10^{-5} C の静止した荷電粒子 c を電圧 5.0 kV で加速したとする。このとき、装置 X から発射される荷電粒子 c の速さ v_c を有効数字 2 桁で求めるといくらになるか。次の式中の空欄 ~ に入れる数字として最も適当なものを、後の①~⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

$$v_c = \text{} . \text{} \times 10^{\text{}} \text{ m/s}$$

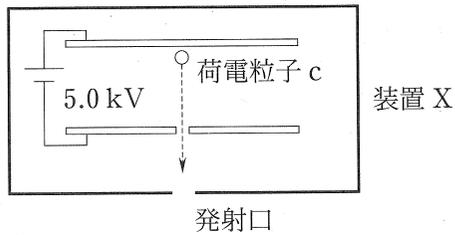


図 4

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

物 理

次に、磁束密度の大きさを B_0 に戻し、装置 X を装置 Y に変える。装置 Y には少量の放射性物質が入っており、そこからある放射線が飛び出す。この放射線は、図 5 のように、磁場内で等速円運動をする。この場合についても、装置 Y は飛び出した放射線のその後の運動に影響を及ぼさないものとする。

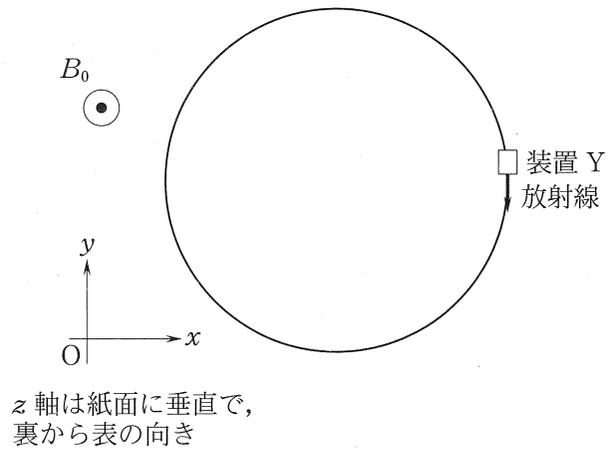


図 5

物 理

問 4 この放射線に関して述べた次の文章中の空欄 ・ に入れる語句および式として最も適当なものを，それぞれの直後の { } で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

等速円運動をした放射線の様子から，この放射線が $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } \alpha \text{ 線} \\ \text{② } \beta \text{ 線} \\ \text{③ } \gamma \text{ 線} \end{array} \right\}$ であ

ることがわかる。また，この放射線 1 個の電気量の大きさを Q ，質量を M ，円運動の周期を T' とする。この放射線 1 個が繰り返し円運動を続けているとすると，円軌道上の一点を時間間隔 T' ごとに通過する電気量の大きさが Q なので，

円周上に流れているとみなせる電流の強さは $\left\{ \begin{array}{l} \text{① } QT' \\ \text{② } \frac{Q}{T'} \\ \text{③ } QMT' \\ \text{④ } \frac{Q}{MT'} \end{array} \right\}$ である。