解答速報

東海大学医学部（1日目） 物理

2025年 2月 2日実施

1

(1) $\dfrac{m}{m+M}v$

(2) $\sqrt{\left(\dfrac{mv}{m+M}\right)^2-\dfrac{k}{m+M}x^2}$

(3) $\dfrac{mv}{\sqrt{k(m+M)}}$

(4) $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m+M}{k}}$

(5) $2\sqrt{\dfrac{m+M}{k}}$

解説

(1) 求める速さを V とおくと，運動量保存則より $mv=(m+M)V$ となるので，$V=\boldsymbol{\dfrac{m}{m+M}v}$

(2) 求める速さを V' とおくと，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}(m+M)V^2=\frac{1}{2}(m+M){V'}^2+\frac{1}{2}kx^2$$

となるので，$V'=\boldsymbol{\sqrt{\left(\dfrac{mv}{m+M}\right)^2-\dfrac{k}{m+M}x^2}}$

(3) (2) において $V'=0$ となるときを考える．

(4) この運動は周期が $2\pi\sqrt{\dfrac{m+M}{k}}$ の単振動の一部とみなすことができる．その周期の $\dfrac{1}{4}$ 倍．

(5) 求める時間を t とおく．v-t グラフを考えることにより，静止するまでに移動する距離は $\dfrac{1}{2}Vt$ とわかる．これと (3) の距離が等しいことを用いる．

＜次頁につづく＞

2

(1) $\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$〔m/s〕　(2) $\dfrac{2}{d}\sqrt{\dfrac{2mV}{q}}$〔T〕　(3) $\dfrac{(BL)^2}{2V}$〔kg/C〕

(4) $d\left(\sqrt{\dfrac{m'}{m}}-1\right)$〔m〕または $\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{2V}{q}}\left(\sqrt{m'}-\sqrt{m}\right)$〔m〕

(5) 24.3

解説

(1) 電圧 V で電気量 q のイオンを加速したので，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \qquad \therefore\ v = \sqrt{\boldsymbol{\frac{2qV}{m}}}\,\text{〔}\mathbf{m/s}\text{〕}$$

(2) イオンは磁場中で等速円運動を行うので，円運動の半径を r として向心方向の運動方程式より

$$m\frac{v^2}{r} = qvB \qquad \therefore\ r = \frac{mv}{qB}\cdots①$$

スリット S と点 P の距離 d は円の直径 $2r$ と等しいので

$$d = \frac{2mv}{qB}$$

$$B = \frac{2m}{qd}\sqrt{\frac{2qV}{m}} \qquad \therefore\ B = \boldsymbol{\frac{2}{d}\sqrt{\frac{2mV}{q}}}\,\text{〔}\mathbf{T}\text{〕}$$

(3) $r < L$ であればよい．①式と (1) の答えを代入して

$$\frac{mv}{qB} < L$$

$$\frac{m}{qB}\sqrt{\frac{2qV}{m}} < L \qquad \therefore\ \frac{m}{q} < \boldsymbol{\frac{(BL)^2}{2V}}\,\text{〔}\mathbf{kg/C}\text{〕}$$

(4) (2) の答えより $d = \dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{2V}{q}}\cdot\sqrt{m}\cdots②$ であり，$\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{2V}{q}}$ は定数なので，d は $\sqrt{m}$ に比例する．したがって，質量 m' のイオンが検出される点とスリット S の距離 d' は

$$d' = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\cdot\sqrt{m'} = \sqrt{\frac{m'}{m}}\,d\cdots③$$

となるので，求める距離は $d'-d = \boldsymbol{d\left(\sqrt{\frac{m'}{m}}-1\right)}$〔**m**〕

補足 解答に使用する文字に指定がないので，上記の答えに②式を代入し d を消去して

$d'-d = d\left(\sqrt{\dfrac{m'}{m}}-1\right) = \dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{2V}{q}}\left(\sqrt{m'}-\sqrt{m}\right)$〔m〕と答えてもよいだろう．

(5) $\mathrm{P_1}$，$\mathrm{P_2}$，$\mathrm{P_3}$ で検出されたイオンの質量をそれぞれ m_1，m_2，m_3，スリット S と $\mathrm{P_1}$，$\mathrm{P_2}$，$\mathrm{P_3}$ の距離をそれぞれ d_1，d_2，d_3 とする．$m_2 = 25$ u，$d_2 = 60.0$ cm なので (4) の③式に与えられた数値を代入して

$$d_3 = d_2\sqrt{\frac{m_3}{m_2}} = 60.0\cdot\sqrt{\frac{m_3}{25}} = 61.2\text{ cm} \qquad \therefore\ m_3 = \frac{51^2}{100} = 26.01 \fallingdotseq 26\text{ u}$$

$$d_1 = d_2\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = 60.0\cdot\sqrt{\frac{m_1}{25}} = 58.8\text{ cm} \qquad \therefore\ m_1 = \frac{49^2}{100} = 24.01 \fallingdotseq 24\text{ u}$$

と求まる．よってこの元素の原子量は

$$\frac{1975\times24+248\times25+277\times26}{1975+248+277} = \frac{60802}{2500} = 24.32 \fallingdotseq \mathbf{24.3}$$

＜次頁につづく＞

$\boxed{3}$

(1)　ア．$l_3+l_4-l_1-l_2=m\lambda$　　(2)　オ．$l_3+l_4-l_1-l_2=\dfrac{\lambda}{2}(2m+1)$

(3)　ウ．$\dfrac{\lambda}{2\sin\theta}$　　(4)　エ．$\dfrac{m\lambda}{2\sin\theta}$　　(5)　ウ．$1+\dfrac{\delta\lambda}{dt}$

解説

(1)　経路差は $(l_3+l_4)-(l_1+l_2)$ であり，鏡の反射による位相のずれは 0 であるから，スクリーン上で平面波が干渉して強め合う条件は，

$$l_3+l_4-l_1-l_2=\boldsymbol{m\lambda}$$

(2)　経路差は (1) と同様なので，スクリーン上で平面波が干渉して弱め合う条件は，

$$l_3+l_4-l_1-l_2=\boldsymbol{\frac{\lambda}{2}(2m+1)}$$

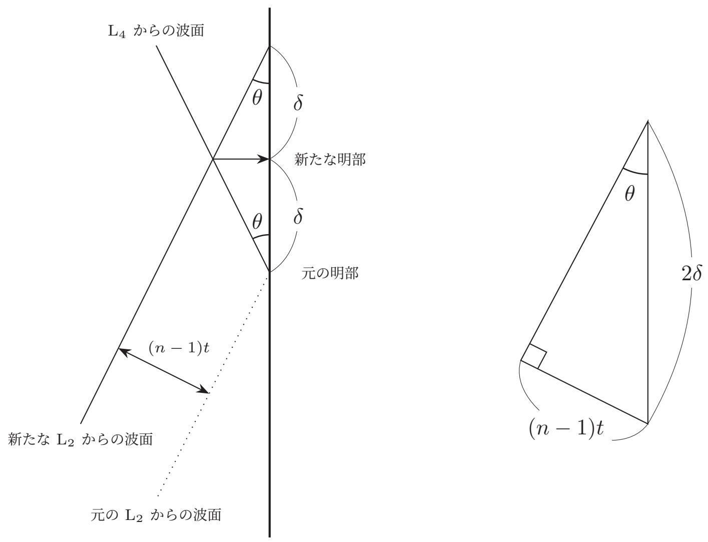
(3)　干渉縞の間隔を d〔m〕とすると，

$$d\sin\theta=\frac{\lambda}{2}\qquad\therefore\ d=\boldsymbol{\frac{\lambda}{2\sin\theta}}$$

(4)　暗部の間隔も (3) と同じであるから，$l=md=\boldsymbol{\dfrac{m\lambda}{2\sin\theta}}$

(5)　下図より，$2\delta\sin\theta=(n-1)t$ が成り立つので，

$$n=1+\frac{2\delta\sin\theta}{t}=\boldsymbol{1+\frac{\lambda\delta}{dt}}$$



＜次頁につづく＞

4

(1)　カ．$\dfrac{15}{2}P_0V_0$　　(2)　オ．5 倍　　(3)　ウ．$2V_0$　　(4)　エ．$\dfrac{7}{2}P_0V_0$　　(5)　ア．$3P_0$

解説

(1)　単原子分子理想気体の定圧モル比熱は $\dfrac{5}{2}R$（R は気体定数）なので，$\left|\dfrac{5}{2}nR\varDelta T\right| = \left|\dfrac{5}{2}\varDelta(PV)\right| =$ **カ．**$\boldsymbol{\dfrac{15}{2}P_0V_0}$

(2)　状態 B に対して C は，圧力 5 倍，体積 1 倍なので，ボイル・シャルルの法則より $\dfrac{T_\mathrm{C}}{T_\mathrm{B}} =$ **オ．5 倍**

(3)　状態 A と状態 D の温度は等しいので，ボイルの法則より，$4P_0V_0 = \left(-\dfrac{3P_0}{V_0}V_\mathrm{D} + 8P_0\right)V_\mathrm{D}$ が成立する．これを V_D についての 2 次方程式として解く．$V_\mathrm{D} > V_0$ であるので，$V_\mathrm{D} =$ **ウ．**$\boldsymbol{2V_0}$

(4)　前問の答えと与式より，状態 D の圧力 $P_\mathrm{D} = 2P_0$ である．$P-V$ 図上の台形の面積を考えて，$W_\mathrm{CD} =$ **エ．**$\boldsymbol{\dfrac{7}{2}P_0V_0}$

(5)　状態 X での気体の体積 $V_\mathrm{X} = (1+x)V_0$ とする．ただし，$0 < x < 1$ である．x を用いると過程 C → X における気体が外部にする仕事，および，気体の内部エネルギーの変化はそれぞれ，

$$W_\mathrm{CX} = \frac{1}{2}\left(-3x^2 + 10x\right) \times P_0V_0, \qquad \varDelta U_\mathrm{CX} = \frac{3}{2}\left(-3x^2 + 2x\right) \times P_0V_0$$

となる．

熱力学第一法則より $Q_\mathrm{CX} = \varDelta U_\mathrm{CX} + W_\mathrm{CX} = -6\left\{\left(x - \dfrac{2}{3}\right)^2 - \dfrac{4}{9}\right\} \times P_0V_0$.

状態 X において Q_CX は極大となることから $x = \dfrac{2}{3}$ であることがわかる．

$$P_\mathrm{X} = -\frac{3P_0}{V_0}(1+x)V_0 + 8P_0 = \text{ア．}\boldsymbol{3P_0}$$

＜次頁につづく＞

講評

$\boxed{1}$ ［力学：弾性力や摩擦力による運動］（易～標準）

弾性力や摩擦力による運動についての基本的な問題である．(4) までは易しく，取りこぼしてしまうと苦しい．(5) は動摩擦係数が与えられていないことなどが原因で少し戸惑うかもしれないが，やや遠回りをしたとしても正答にはたどり着けるだろう．

$\boxed{2}$ ［原子：質量分析器］（標準）

質量分析器の典型的な問題．(1)～(4) は確実に正解したい．(5) は数値計算がやや煩雑なため，試験時間の配分を考慮しつつ，後回しにする判断も必要である．

$\boxed{3}$ ［波動：平面波の干渉］（標準～やや難）

(2) までは易しいので，確実に得点したい．(3) は，スクリーン上の 2 つの平面波の波面を考えればよい．ここから難易度が上がるが，選択肢の式をヒントとして上手く活用したい．

$\boxed{4}$ ［熱：気体の状態変化］（やや易～やや難）

$P-V$ 図上で直線的に変化する過程を含む気体の状態変化の問題．(3) では状態 D と状態 A に注目することに気づきたい．(5) は直線 CD と接する断熱曲線を考えると計算量を減らせるが，深追いは禁物だろう．

総評

2025 年度は昨年度よりやや難化．大問は 4 問とも馴染みのあるテーマばかりだが，どの問題も最後の 1 問の計算がやや時間がかかるため，時間内に全てを解ききるのは難しい．目標得点率は 65 ％