２０２５年度　私大医学部入試

解答速報

２０２５年２月２日　実施

東海大学

医学部　一般①　**物理**

（制限時間　７０分）

医学部専門予備校 D組

解　答

第１問

(1) $\dfrac{m}{M+m}v$　(2) $\sqrt{\left(\dfrac{mv}{M+m}\right)^2-\dfrac{kx^2}{M+m}}$　(3) $\dfrac{mv}{\sqrt{(M+m)k}}$

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

第２問

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

(4) $\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{2V}{q}}\left(\sqrt{m'}-\sqrt{m}\right)$〔m〕　(5) 24.3

第３問

(1) ア　(2) オ　(3) ウ　(4) エ　(5) ウ

第４問

(1) カ　(2) オ　(3) ウ　(4) エ　(5) ア

解　説

第１問

(1) 一体となった直後の速さをVとして，運動量保存則より，

$$(M+m)V = mv \qquad \therefore \quad V = \frac{m}{M+m}v$$

(答) $\dfrac{m}{M+m}v$

(2) 求める速さをv'として，力学的エネルギー保存の法則より，

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

$$\therefore \quad v' = \sqrt{V^2 - \frac{kx^2}{M+m}} = \sqrt{\left(\frac{mv}{M+m}\right)^2 - \frac{kx^2}{M+m}}$$

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

(3) 最も壁に近づいた瞬間は一体となった小物体は静止しているから，このときのばねの縮みをdとして，

$$\frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}(M+m)V^2 \qquad \therefore \quad d = V\sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{mv}{\sqrt{(M+m)k}}$$

(答) $\dfrac{mv}{\sqrt{(M+m)k}}$

(4) 一体となった小物体の単振動の周期Tは$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{M+m}{k}}$である。求める時間は，

$$\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

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

(5) 摩擦力の大きさをF，求める時間をtとすると，

エネルギーと仕事の関係：$-\dfrac{1}{2}(M+m)V^2 = -Fd$

運動量と力積の関係：$-(M+m)V = -Ft$

以上よりFを消去して，

$$t = \frac{2d}{V} = 2\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

(答) $2\sqrt{\dfrac{M+m}{k}}$

第２問

(1) 求める速さをvとすると，イオンの加速におけるエネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \qquad \therefore \quad v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

(答) $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$〔m/s〕

(2) 磁場中のイオンの円運動の半径は$\frac{d}{2}$であるから円運動の方程式より，

$$m\frac{v^2}{\frac{d}{2}} = qvB \qquad \therefore \quad B = \frac{2mv}{qd} = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

(答) $\frac{2}{d}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$〔T〕

(3) 上限におけるイオンの円運動の半径はLである。円運動の方程式より，

$$m\frac{v^2}{L} = qvB \qquad \therefore \quad mv = qBL$$

設問(1)で得たvの表式を代入して，

$$m\sqrt{\frac{2qV}{m}} = qBL \qquad \therefore \quad \frac{m}{q} = \frac{B^2L^2}{2V}$$

(答) $\frac{B^2L^2}{2V}$〔kg/C〕

(4) 設問(2)で得たBの表式をdについて解けば，

$$d = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

質量m'で同じ電気量のイオンが検出される位置とスリットSの距離d'は，

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

ゆえに，

$$d' - d = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m'} - \sqrt{m}\right)$$

(答) $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m'} - \sqrt{m}\right)$〔m〕

(5) 設問(4)の立式より，

$$\frac{d'}{d} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \qquad \therefore \quad m' = \left(\frac{d'}{d}\right)^2 m$$

この式は比例式であるためmとm'はイオンの質量数としても差し支えない。よって，P_1，P_2，P_3で検出したイオンの質量数をそれぞれm_1，m_2，m_3とすると，

$$m_1 = \left(\frac{588}{600}\right)^2 m_2, \qquad m_3 = \left(\frac{612}{600}\right)^2 m_2$$

と表せる。ゆえにこの元素の原子量は,

$$\overline{m} = \frac{1975m_1 + 248m_2 + 277m_3}{1975 + 248 + 277} = \frac{1975\left(\frac{588}{600}\right)^2 + 248 + 277\left(\frac{612}{600}\right)^2}{1975 + 248 + 277} m_2$$
$$= 24.32 \cdots \fallingdotseq 24.3$$

（答）24.3

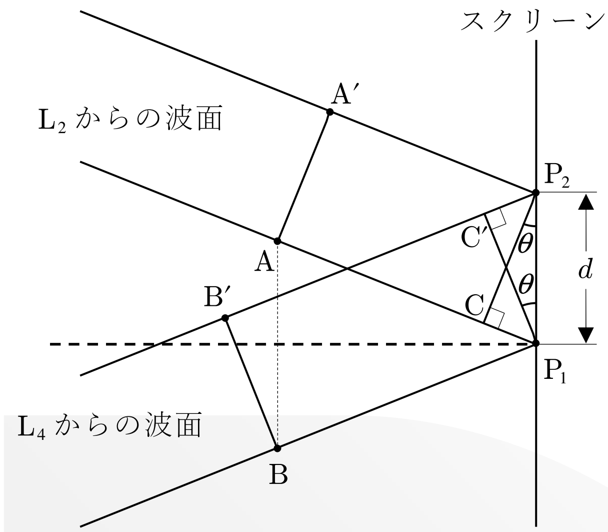
第３問

(1)，(2) 2 つの経路において，鏡での反射，ハーフミラーでの透過は同じ回数だけ起こるため，ここで何らかの位相変化が起きていたとしても 2 つの経路における位相差には影響しない。よって，経路差が波長の整数倍であればスクリーンで強め合い，経路が波長の半整数倍であればスクリーン上で弱め合う。したがって，

強め合いの条件：$\underbrace{l_3+l_4-l_1-l_2=m\dfrac{\lambda}{2}}_{ア}$

弱め合いの条件：$\underbrace{l_3+l_4-l_1-l_2=\dfrac{\lambda}{2}(2m+1)}_{オ}$

(3) 図のように, スクリーン上の隣り合う明部をP_1，P_2とする。2 本の光線が点P_1で強め合っていることから, 図のようにスクリーンから等しい距離の点 A と点 B の光の位相は等しい。L_2から点P_2に届く光線上において点 A と位相の等しい点は点A'であり, L_4から点P_2に届く光線上において点 B と位相の等しい点は点B'である。点P_2でも 2 本の光線が強め合うためには，点B'の光線の位相が点A'の光線の位相と等しくなければならない。点A'と点B'の光の経路差Δlは，$\Delta l=\overline{B'P_2}-\overline{A'P_2}$であるが，$\overline{A'P_2}=\overline{AP_1}-\overline{CP_1}$，$\overline{B'P_2}=\overline{BP_1}+\overline{C'P_2}$であるから,



$$\Delta l=\left(\overline{BP_1}+\overline{C'P_2}\right)-\left(\overline{AP_1}-\overline{CP_1}\right)$$

である。$\overline{AP_1}=\overline{BP_1}$であるから,

$$\Delta l=\overline{CP_1}+\overline{C'P_2}$$

である。図より，$\overline{CP_1}=\overline{C'P_2}=d\sin\theta$が成立するため,

$$\Delta l=2d\sin\theta$$

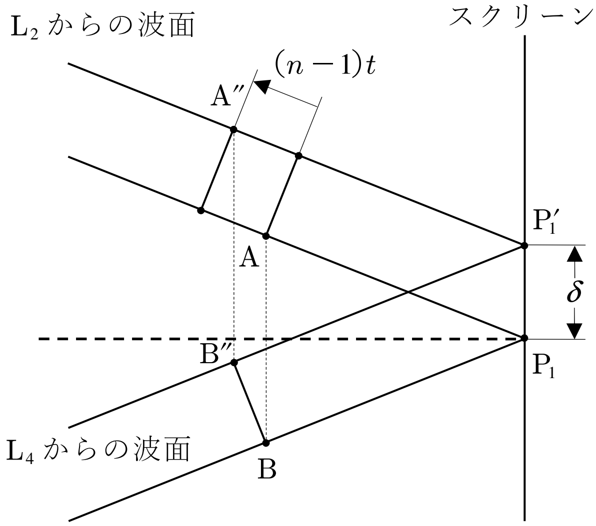
である。隣り合う明部では経路差が波長λに等しくなることから,

$$\lambda=2d\sin\theta \qquad \therefore \quad d=\underbrace{\frac{\lambda}{2\sin\theta}}_{ウ}$$

(4) 暗部についても(3)と同様に考えれば, 暗部の間隔は(3)のdに一致することがわかる。点 P と点 Q の間に暗部が何か所あるかは不明であるから，距離lは,

$$l = md = \underbrace{\frac{m\lambda}{2\sin\theta}}_{エ} \quad (m = 1,\ 2,\ \cdots)$$

(5) 経路 L_1 上に屈折率 n，厚さ t の透明な膜を挿入したことで，経路 $L_1 \to L_2 \to L_5$ の光路長は $(n-1)t$ だけ伸びる。その結果，同位相の光が届いていた点A，点Bの光の位相はずれ，図の点A″，点B″の光が同位相となって，スクリーン上の点 P_1' で強め合う。(3)と同様に考えることで，経路差のずれ $\Delta l'$ は，$\Delta l' = 2\delta\sin\theta$ と書くことができる。$\Delta l'$ が $(n-1)t$ に一致することから，



$$2\delta\sin\theta = (n-1)t$$

である。(3)の結果から，$\sin\theta = \dfrac{\lambda}{2d}$ であることを用いて，

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

第４問

(1) 過程A→Bは定圧変化であるから，気体が放出する熱量Q_{AB}は，

$$Q_{\mathrm{AB}}=\frac{5}{2}P_0\left(4V_0-V_0\right)=\underbrace{\frac{15}{2}P_0V_0}_{\text{カ}}$$

(2) 状態B，状態Cの絶対温度をそれぞれT_{B}，T_{C}として，ボイル・シャルルの法則を適用すれば，

$$\frac{P_0V_0}{T_{\mathrm{B}}}=\frac{5P_0V_0}{T_{\mathrm{C}}}\qquad\therefore\quad\frac{T_{\mathrm{C}}}{T_{\mathrm{B}}}=\underbrace{5(\text{倍})}_{\text{オ}}$$

(3) 状態Dにおける気体の体積をV_{D}，圧力をP_{D}とする。過程D→Aは等温変化であるから，ボイルの法則より，

$$P_{\mathrm{D}}V_{\mathrm{D}}=4P_0V_0$$

が成り立つ。また，状態Dは，

$$P_{\mathrm{D}}=-\frac{3P_0}{V_0}V_{\mathrm{D}}+8P_0$$

も満たすことから，これらを連立して解けば，

$$\left(V_{\mathrm{D}},\ P_{\mathrm{D}}\right)=\left(\frac{2}{3}V_0,\ 6P_0\right),\ \left(2V_0,\ 2P_0\right)$$

を得るが，図より明らかに$V_{\mathrm{D}}>2V_0$，$P_{\mathrm{D}}<5P_0$であるから，

$$V_{\mathrm{D}}=\underbrace{2V_0}_{\text{ウ}},\quad P_{\mathrm{D}}=2P_0$$

が適する。

(4) 過程C→Dにおいて気体が外部にする仕事W_{CD}は，$P-V$図で台形の面積で表され，

$$W_{\mathrm{CD}}=\frac{1}{2}\left(5P_0+2P_0\right)\left(2V_0-V_0\right)=\underbrace{\frac{7}{2}P_0V_0}_{\text{エ}}$$

(5) 過程C→Dの途中の状態Xの体積をV_{X}，圧力をP_{X}とすると，

$$P_{\mathrm{X}}=-\frac{3P_0}{V_0}V_{\mathrm{X}}+8P_0$$

を満たす。過程C→Xにおいて気体が外部にする仕事をW_{CX}，内部エネルギー変化をΔU_{CX}，気体が吸収する熱量をQ_{CX}とすると，W_{CX}，ΔU_{CX}は，それぞれ

$$W_{\mathrm{CX}}=\frac{1}{2}\left(5P_0+P_{\mathrm{X}}\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)=\frac{1}{2}\left(5P_0-\frac{3P_0}{V_0}V_{\mathrm{X}}+8P_0\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)$$
$$=\frac{P_0}{2V_0}\left(13V_0-3V_{\mathrm{X}}\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)$$

$$\varDelta U_{\mathrm{CX}}=\frac{3}{2}\left(P_{\mathrm{X}}V_{\mathrm{X}}-5P_0V_0\right)=\frac{3}{2}\left\{\left(-\frac{3P_0}{V_0}V_{\mathrm{X}}+8P_0\right)V_{\mathrm{X}}-5P_0V_0\right\}$$

$$=-\frac{3P_0}{2V_0}\left(3V_{\mathrm{X}}-5V_0\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)$$

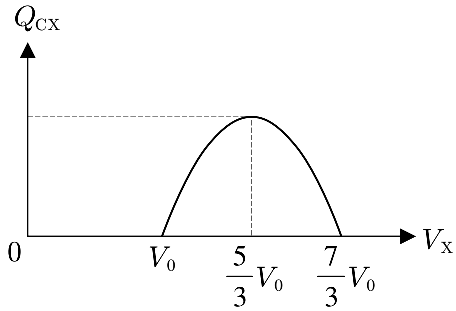
と計算できる。したがって，熱力学第一法則より，

$$Q_{\mathrm{CX}}=W_{\mathrm{CX}}+\varDelta U_{\mathrm{CX}}$$

$$=\frac{P_0}{2V_0}\left(13V_0-3V_{\mathrm{X}}\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)-\frac{3P_0}{2V_0}\left(3V_{\mathrm{X}}-5V_0\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)$$

$$=\frac{2P_0}{V_0}\left(7V_0-3V_{\mathrm{X}}\right)\left(V_{\mathrm{X}}-V_0\right)$$

を得る。Q_{CX} を V_{X} の関数としてグラフに描くと右図のようになり，Q_{CX} は $V_{\mathrm{X}}=\frac{5}{3}V_0$ で最大となる。これは，$V_{\mathrm{X}}=\frac{5}{3}V_0$ を超えたときに吸熱から放熱に転じることを表しており，これが求める状態Xの体積である。よって，状態Xの圧力 P_{X} は，



$$P_{\mathrm{X}}=-\frac{3P_0}{V_0}\cdot\frac{5}{3}V_0+8P_0=\underbrace{3P_0}_{ア}$$

【別解】

吸熱量 Q_{CX} を計算するのは大変なので，$P-V$ 図上の点 $\left(V_{\mathrm{X}},\ P_{\mathrm{X}}\right)$ において，直線 $P=-\frac{3P_0}{V_0}V+8P_0$ と断熱曲線が接することから考えるとよい。

単原子分子理想気体の断熱曲線は $PV^{\frac{5}{3}}=$ 一定 で表されるため，断熱曲線の接線の傾き $\frac{dP}{dV}$ は，

$$\frac{dP}{dV}=-\frac{5}{3}\frac{P}{V}$$

である。点 $\left(V_{\mathrm{X}},\ P_{\mathrm{X}}\right)$ における直線の傾き $-\frac{3P_0}{V_0}$ が断熱曲線の接線の傾きに一致することから，

$$-\frac{3P_0}{V_0}=-\frac{5}{3}\frac{P_{\mathrm{X}}}{V_{\mathrm{X}}}$$

が成り立つ。一方，点 $\left(V_{\mathrm{X}},\ P_{\mathrm{X}}\right)$ は直線 $P=-\frac{3P_0}{V_0}V+8P_0$ 上の点であることから，

$$P_{\mathrm{X}}=-\frac{3P_0}{V_0}V_{\mathrm{X}}+8P_0$$

が成り立つ。これらを連立して解けば,

$$P_{\mathrm{X}} = \underbrace{3P_0}_{ア}, \quad V_{\mathrm{X}} = \frac{5}{3}V_0$$

を得る。