２０２５年度　私大医学部入試

２０２５年２月１０日　実施

大阪医科薬科大学

医学部　一般　**物 理**

（制限時間　理科２科１２０分）

解答速報

解　答

第１問

① $\dfrac{3}{4}L$　② $\dfrac{mg}{L}$　③ $2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$

④ $\dfrac{kL}{2m}$　⑤ $\pi\sqrt{\dfrac{m}{5k}}$　⑥ $\dfrac{L}{4}\sqrt{\dfrac{5k}{m}}$

⑦ $\dfrac{L}{8}\sqrt{\dfrac{5k}{m}}$

第２問

① $\dfrac{R}{V_0}$　② 1　③ $\dfrac{1}{6}$

④ $\dfrac{1}{6}\left(\dfrac{6}{5}\right)^{\frac{5}{3}}$　⑤ $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{6}{5}\right)^{\frac{2}{3}}-1\right\}R$　⑥ $T_A < T_B < T_C < T_D$

⑦ T_B

第３問

① $mv_p - \dfrac{h}{\lambda'} = \dfrac{h}{\lambda}$　② $\dfrac{1}{2}mv_p{}^2 + \dfrac{hc}{\lambda'} = \dfrac{hc}{\lambda}$　③ $\dfrac{2M}{m+M}v$

④ $\dfrac{2M}{14m+M}v$　⑤ $\dfrac{14v_N - v_p}{v_p - v_N}$　⑥ ${}^4_2\mathrm{H}$

⑦ ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$

第４問

(1) $m_A : m_B = 16 : 9$　(2)① ロ，　② $\dfrac{E}{8}$　(3) ア，イ，エ

解　説

第１問

(1) Qの単振動は，ばねの長さが自然長Lの状態からはじまり，ばねの長さの最小値が$\dfrac{L}{2}$であったことから，振動中心時のばねの長さは，

$$\frac{1}{2}\left(L+\frac{L}{2}\right)=\underbrace{\frac{3}{4}L}_{①}$$

である。このとき，ばねの弾性力とQの受ける慣性力が等しいことから，

$$k\frac{L}{4}=m\frac{g}{4}\qquad\therefore\quad k=\underbrace{\frac{mg}{L}}_{②}$$

となる。よって単振動の周期は，

$$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{L}}}=\underbrace{2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}_{③}$$

となる。

(2) 床から見た場合，外力を除いた直後に小球Qが受ける力は弾性力のみであり，加速度aは運動方程式より，

$$ma=k\frac{L}{2}\qquad\therefore\quad a=\underbrace{\frac{kL}{2m}}_{④}$$

となる。外力を除いた直後からPが壁から離れるまでは，APは質量$4m$の一つの物体として扱える。APに対するQの換算質量は$\dfrac{4m\cdot m}{4m+m}=\dfrac{4}{5}m$であるから相対単振動の角振動数$\omega$は，

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{\frac{4}{5}m}}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{5k}{m}}$$

周期Tは，

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=4\pi\sqrt{\frac{m}{5k}}$$

と表せる。外力を除いた直後，APに対するQの速度は0，Pが壁から離れる瞬間はばねが自然長に戻ったときであるから，外力を除いてからPが壁から離れるまでの時間は，

$$\frac{T}{4}=\underbrace{\pi\sqrt{\frac{m}{5k}}}_{⑤}$$

である。Pが壁から離れた後の運動におけるPに対するQの速さの最大値$v_{\max}$は，Pが壁から離れた直後のQの速さに等しいため，

$$v_{\max}=\frac{L}{2}\omega=\underbrace{\frac{L}{4}\sqrt{\frac{5k}{m}}}_{⑥}$$

Pが壁から離れた後，Aの運動は等速度運動であり，PとQの重心の運動もまた等速度運動である。Pが壁から離れた後のPの速さは0，Qの速さは$v_{\max}$であるため，Aから見たばねの中心(PとQの重心)の速さは，

$$\frac{m\cdot 0+mv_{\max}}{m+m}=\frac{v_{\max}}{2}=\underbrace{\frac{L}{8}\sqrt{\frac{5k}{m}}}_{⑦}$$

第２問

状態0での気体の圧力p_0は状態方程式より，

$$p_0V_0=RT_0 \qquad \therefore \quad p_0=\underbrace{\frac{R}{V_0}}_{①}\times T_0$$

である。過程0→1は断熱自由膨張であるから，状態1の気体の温度は$\underbrace{1}_{②}\times T_0$であり，体積は$6V_0$になったから状態方程式より圧力$p_1$は，

$$p_1\cdot 6V_0=RT_0=p_0V_0 \qquad \therefore \quad p_1=\underbrace{\frac{1}{6}}_{③}\times p_0$$

過程1→2は断熱圧縮であるから，状態2の気体の圧力p_2はpoisson則より，

$$p_2(5V_0)^{\frac{5}{3}}=p_1(6V_0)^{\frac{5}{3}} \qquad \therefore \quad p_2=\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{5}{3}}p_1=\underbrace{\frac{1}{6}\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{5}{3}}}_{④}p_0$$

状態2の気体の温度T_2は，状態方程式より，

$$p_2\cdot 5V_0=RT_2 \qquad \therefore \quad T_2=\frac{5p_2V_0}{R}=\frac{5\cdot\frac{1}{6}\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{5}{3}}p_0\cdot V_0}{R}=\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

過程0→1では外部から仕事をされていないから，過程0→2でされた仕事W_{02}は，過程1→2の断熱圧縮においてされた仕事に等しい。熱力学第一法則よりW_{02}は内部エネルギーの変化に等しいから，

$$W_{02}=\frac{3}{2}R(T_2-T_0)=\underbrace{\frac{3}{2}\left\{\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{2}{3}}-1\right\}R}_{⑤}\times T_0$$

となる。

ゆっくりした断熱変化では$TV^{\frac{2}{3}}=\mathrm{Const.}$が成立する。操作Aは体積が$V_0$から$2V_0$となる断熱膨張であるから後の温度は$\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$であり，その後にコック㋐を開いても温度は変わらず，その後の体積$7V_0$から$5V_0$とする断熱圧縮のあとには温度が

$$T_A=\left(\frac{7}{5}\right)^{\frac{2}{3}}\cdot\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}T_0=\left(\frac{7}{10}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

となる。操作Bでは断熱膨張の後，断熱圧縮でもとの体積に戻している。この断熱変化はゆっくりした可逆的な断熱変化であろうから，元の状態に戻っている。すると，操作Bには意味がなく，

$$T_B=T_2=\left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

となる。操作Cはコック㋑を開く断熱自由膨張であり温度は変わらずT_0である。続くコック㋐の開放でも温度は変わらずT_0である。最後に体積$7V_0$から$5V_0$に断熱圧縮するため，

$$T_C=\left(\frac{7}{5}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

となる。操作Dは体積をV_0から$\dfrac{4}{5}V_0$にする断熱圧縮であり，温度は$\left(\dfrac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$となる。続くコックの開放では温度が変わらず，その後の体積を$\dfrac{29}{5}V_0$から$5V_0$にする断熱圧縮で，温度は

$$T_D=\left(\frac{29}{25}\right)^{\frac{2}{3}}\cdot\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}}T_0=\left(\frac{29}{20}\right)^{\frac{2}{3}}T_0$$

となる。したがってこれらの温度を小さい順に不等号を用いて表せば，

$$\underbrace{T_A<T_B<T_C<T_D}_{⑥}$$

となる。状態Ⅱの温度と等しい温度は$\underbrace{T_B}_{⑦}$である。

第３問

粒子Xに衝突された陽子と窒素の原子核の速さは最大値が与えられている。最大のときは直線上に跳ね返される場合である。

粒子Xを光子と仮定し，陽子に衝突した場合の運動量保存則とエネルギー保存則は，

$$\text{運動量保存則：}\ \underbrace{mv_{\mathrm{p}} - \frac{h}{\lambda'} = \frac{h}{\lambda}}_{①},\qquad \text{エネルギー保存則：}\ \underbrace{\frac{1}{2}m{v_{\mathrm{p}}}^2 + \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda}}_{②}$$

となる。

粒子Xを質量Mの粒子と仮定し, 陽子に衝突した場合の衝突後の粒子Xの速度をv'として,

$$\text{運動量保存則：}\ mv_{\mathrm{p}} + Mv' = Mv,\qquad \text{はね返り係数の式：}\ v_{\mathrm{p}} - v' = v$$

$$\therefore\quad v_{\mathrm{p}} = \underbrace{\frac{2M}{m+M}}_{③}v$$

窒素の質量は$14m$とみなせるから$v_{\mathrm{N}} = \underbrace{\dfrac{2M}{14m+M}}_{④}v$である。これらの式を両辺それぞれ割ることで,

$$\frac{v_{\mathrm{p}}}{v_{\mathrm{N}}} = \frac{14m+M}{m+M}\qquad \therefore\quad M = \underbrace{\frac{14v_{\mathrm{N}} - v_{\mathrm{p}}}{v_{\mathrm{p}} - v_{\mathrm{N}}}}_{⑤}\times m$$

アルファ線${}^{4}_{2}\mathrm{H}$をベリリウム原子核${}^{9}_{4}\mathrm{Be}$に照射して中性子${}^{1}_{0}\mathrm{n}$が飛び出すときの核反応式は,

$${}^{9}_{4}\mathrm{Be} + \underbrace{{}^{4}_{2}\mathrm{H}}_{⑥} \rightarrow \underbrace{{}^{12}_{6}\mathrm{C}}_{⑦} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

と表せる。⑦は両辺の質量数と原子番号の比較によって定まる。

第４問

(1) AC，BCの水平距離はそれぞれ$3\,\mathrm{cm}\times\dfrac{3}{5} = \dfrac{9}{5}\,\mathrm{cm}$，$4\,\mathrm{cm}\times\dfrac{4}{5} = \dfrac{16}{5}\,\mathrm{cm}$であるからCまわりの力のモーメントのつり合いより,

$$\frac{9}{5}\,\mathrm{cm}\times m_{\mathrm{A}}g = \frac{16}{5}\,\mathrm{cm}\times m_{\mathrm{B}}g\qquad \therefore\quad \underbrace{m_{\mathrm{A}} : m_{\mathrm{B}} = 16:9}_{\text{答}}$$

(2) 電圧降下が小さいのは電流が小さいとき。黒で塗りつぶした抵抗を流れる電流をIとすると，それぞれの回路におけるキルヒホッフの第二法則は,

$$\text{回路(イ)：}\ RI + 3R\cdot 2I = E\qquad \therefore\quad I = \frac{E}{7R}$$

$$\text{回路(ロ)：}\ 2RI + 2R\cdot 3I = E\qquad \therefore\quad I = \frac{E}{8R}$$

$$\text{回路(ハ)：}\ RI + 2R\cdot 3I = E\qquad \therefore\quad I = \frac{E}{7R}$$

よって黒で塗りつぶした抵抗での電圧降下が最も小さいのは回路$(\underbrace{\text{ロ}}_{①})$であり，その電圧降下は$RI=\underbrace{\dfrac{E}{8}}_{②}$である。

(3) $Q=CV$， $V=RI$ より，

$$CR=\frac{CV}{\dfrac{V}{R}}=\frac{Q}{I}$$

よって選択肢アのCRは時間の次元である。

$U=\dfrac{1}{2}LI^2$， $P=RI^2$ より，

$$\frac{L}{R}=\frac{LI^2}{RI^2}=\frac{2U}{P}$$

よって選択肢イの$\dfrac{L}{R}$は時間の次元である。

仮に選択肢ウの$\sqrt{\dfrac{C}{R}}$が時間の次元であるとすれば，

$$CR\cdot\left(\sqrt{\frac{C}{R}}\right)^2=C^2$$

が時間の3乗の次元になるという矛盾が生じる。よって時間の次元ではない。

LC電気振動回路の固有周期は$2\pi\sqrt{LC}$であるから，選択肢エの$\sqrt{CL}$の次元は時間である。

仮に選択肢オの$\dfrac{\sqrt{L}}{C}$が時間の次元であるとすれば，

$$\left(\sqrt{CL}\right)^2\cdot\frac{\sqrt{L}}{C}=L^{\frac{3}{2}}$$

が時間の3乗の次元になるという矛盾が生じる。よって時間の次元ではない。

以上より，時間の次元になる解答選択肢は$\underbrace{\text{ア，イ，エ}}_{\text{答}}$である。