２０２５年度　私大医学部入試

２０２５年２月４日　実施

埼玉医科大学

医学部　前期　物 理

（制限時間　理科２科９０分）

解答速報

医学部専門予備校 D組

解　答

第１問

1	①	2	③	3	⑦	4	④	5	①
6	⑤	7	⑦	8	⑤	9	⑥		

第２問

10	⑧	11	⑨	12	③	13	⑦	14	⑦
15	⑥	16	③	17	⑧				

第３問

18	④	19	③	20	⑨	21	⑨	22	②
23	①	24	③	25	⑨	26	③	27	③
28	④	29	⑧	30	⑦	31	④		

解　説

第1問

問1　点Pにおける円運動の方程式より，

$$m\frac{v^2}{r} = N - mg\cos\theta \qquad \therefore \quad N = \underbrace{mg\cos\theta + m\frac{v^2}{r}}_{\boxed{1}\ :\ \text{①}}$$

問2

(1)　点Cにおける円運動の方程式より，

$$m\frac{{v_\mathrm{C}}^2}{r} = -mg\cos 120^\circ \qquad \therefore \quad {v_\mathrm{C}}^2 = \underbrace{\frac{\sqrt{2}}{2}}_{\boxed{2}\ :\ \text{③}} \cdot \sqrt{gr}$$

(2)　力学的エネルギー保存の法則より，

$$\frac{1}{2}m{v_1}^2 = \frac{1}{2}m{v_\mathrm{C}}^2 + mg\cdot\frac{3}{2}r \qquad \therefore \quad v_1 = \underbrace{\frac{\sqrt{14}}{2}}_{\boxed{3}\ :\ \text{⑦}} \cdot \sqrt{gr}$$

問3

(1)　点Cにおける鉛直方向の速度成分が$\dfrac{\sqrt{3}}{2}v_\mathrm{C}$であるから，等加速度運動の式より，

$$0^2 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_\mathrm{C}\right)^2 = -2g\left(h - \frac{3}{2}r\right) \qquad \therefore \quad h = \frac{3}{2}r + \frac{3{v_\mathrm{C}}^2}{8g} = \underbrace{\frac{27}{16}}_{\boxed{4}\ :\ \text{④}}\ r$$

(2)　落下までの時間tをとして，等加速度運動の式より，

$$-\frac{\sqrt{3}}{2}v_\mathrm{C}t + \frac{1}{2}gt^2 = \frac{3}{2}r \qquad \therefore \quad t = \sqrt{\frac{6r}{g}}$$

点Bからの落下距離をxとして，

$$x + \frac{\sqrt{3}}{2}r = \frac{1}{2}v_\mathrm{C}t = \frac{1}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{gr}\cdot\sqrt{\frac{6r}{g}} = \frac{\sqrt{3}}{2}r \qquad \therefore \quad x = \underbrace{0}_{\boxed{5}\ :\ \text{①}}$$

※ 点Cで離れるとき点Bに達するのは有名問題である。

問4　初速度をv_0，点Dでの速さをv_D，垂直抗力の大きさをNとすると，

エネルギー保存の法則：$\dfrac{1}{2}m{v_\mathrm{D}}^2 + mg\cdot 2r = \dfrac{1}{2}m{v_0}^2$

点Dでの円運動の方程式：$m\dfrac{{v_\mathrm{D}}^2}{r} = mg + N$

点Dを通過する条件は$N \geqq 0$であり，このとき円運動の方程式より$v_\mathrm{D} \geqq \sqrt{gr}$，エネルギー保存の法則より，

$$v_0 \geqq \underbrace{\sqrt{5}}_{\boxed{6}\ :\ \text{⑤}} \cdot \sqrt{gr}$$

となる。

※ $\sqrt{5gr}$ 以上は有名問題である。

問５

(1) 点Ｄを通過してから床に完全非弾性衝突し，壁に当たって跳ね返るまで，ａの水平方向の「速さ」は変わらない。その後，点Ｃまで達するならば，この速さは v_1 である。点Ｄで速さ v_1 をとることから，初速度を v_0 とすればエネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_1{}^2 + mg \cdot 2r = \frac{1}{2}mv_0{}^2 \qquad \therefore \quad v_0 = \sqrt{v_1{}^2 + 4gr} = \underbrace{\frac{\sqrt{30}}{2}}_{\boxed{7}\,:\,⑦}\sqrt{gr}$$

(2) 求める距離は点Ｄから v_1 で水平投射されたときの水平到達距離である。これを x とする。到達時間を t とすれば鉛直下向きの等加速度運動の式より，

$$2r = \frac{1}{2}gt^2 \qquad \therefore \quad t = \sqrt{\frac{4r}{g}}$$

水平左向きの等速度運動の式より，

$$x = v_1 t = \frac{\sqrt{14gr}}{2} \cdot \sqrt{\frac{4r}{g}} = \underbrace{\sqrt{14}}_{\boxed{8}\,:\,⑤}\,r$$

問６ 点Ｄを通過して点Ｂから距離 $2r$ 離れた床に落下するために要する点Ｄでの速さを v_{D2} とすると，水平左向きの等速度運動の式より，

$$v_{\mathrm{D2}}t = 2r \qquad \therefore \quad v_{\mathrm{D2}} = \frac{2r}{t} = \sqrt{gr}$$

すると，２度目に点Ｂを通過するときの速さ v_{B2} はエネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_{\mathrm{B2}}{}^2 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D2}}{}^2 + mg \cdot 2r \qquad \therefore \quad v_{\mathrm{B2}} = \sqrt{5gr}$$

１度目に点Ｄを通過するときの速さ v_{D1} は v_{B2} に等しい。求める初速度 v_{B1} はエネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_{\mathrm{B1}}{}^2 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D1}}{}^2 + mg \cdot 2r \qquad \therefore \quad v_{\mathrm{B1}} = \sqrt{9gr} = \underbrace{3}_{\boxed{9}\,:\,⑥} \cdot \sqrt{gr}$$

※ 手慣れていれば $\sqrt{1+4+4} = 3$ と簡単に計算できる。

第２問

問１ 状態Ⅱにおける気体の圧力を p_2 とすれば，ピストンとおもりの力のつり合いより，

$$p_2 S = p_{\mathrm{a}} S + Mg \qquad \therefore \quad M = \frac{(p_2 - p_{\mathrm{a}})S}{g}$$

状態Ⅰからは断熱変化であるから，poisson 則より

$$p_2\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\frac{5}{3}} = p_\mathrm{a}V_0^{\frac{5}{3}} \qquad \therefore \quad p_2 = 2^{\frac{5}{3}}p_\mathrm{a}$$

以上より，

$$M = \underbrace{\left(2^{\frac{5}{3}}-1\right)}_{\boxed{10}\ :\ ⑧}\frac{p_\mathrm{a}S}{g}$$

問２ 単原子分子であるから内部エネルギーの変化 $\Delta U_{\mathrm{I}\to\mathrm{II}}$ は，

$$\Delta U_{\mathrm{I}\to\mathrm{II}} = \frac{3}{2}\left(p_2\frac{V_0}{2}-p_\mathrm{a}V_0\right) = \underbrace{\frac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{3}}-1\right)}_{\boxed{11}\ :\ ⑨}p_\mathrm{a}V_0$$

問３ おもりを置く前のことであるから，おもりの位置エネルギーとは何の関係もない。ピストンに質量もない。ゆえにピストンに加えた手のした仕事 $W_{\mathrm{I}\to\mathrm{II}}$ は，気体が外部からされた仕事に等しい。熱力学第１法則より，

$$W_{\mathrm{I}\to\mathrm{II}} = \Delta U_{\mathrm{I}\to\mathrm{II}} = \underbrace{\frac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{3}}-1\right)}_{\boxed{12}\ :\ ③}p_\mathrm{a}V_0$$

問４

(1) 状態Ⅲにおける気体の圧力を p_3 とする。ピストンとおもりの力のつり合いより，

$$p_3S = p_\mathrm{a}S + M'g \quad \therefore \quad p_3 = p_\mathrm{a} + \frac{M'g}{S}$$

理想気体の状態方程式より，

$$nRT_{\mathrm{III}} = p_3\cdot\frac{1}{2}V_0 = \underbrace{\left(p_\mathrm{a}+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}}_{\boxed{13}\ :\ ⑦}$$

(2) ピストンに外から働く力の大きさは一定 $p_\mathrm{a}S+M'g$ であり，ピストンが静止するまでの正味の下降距離は $\dfrac{V_0}{2S}$ であるため，気体が外からされた仕事 $W_{\mathrm{I}\to\mathrm{III}}$ は，

$$W_{\mathrm{I}\to\mathrm{III}} = (p_\mathrm{a}S+M'g)\frac{V_0}{2S} = \underbrace{\left(p_\mathrm{a}+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}}_{\boxed{14}\ :\ ⑦}$$

問５ 外部と熱のやり取りはないため，熱力学第一法則より，

$$\frac{3}{2}\left\{\left(p_\mathrm{a}+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2}-p_\mathrm{a}V_0\right\} = \left(p_\mathrm{a}+\frac{M'g}{S}\right)\frac{V_0}{2} \qquad \therefore \quad M' = \underbrace{5}_{\boxed{15}\ :\ ⑥}\cdot\frac{p_\mathrm{a}S}{g}$$

問６ 状態方程式より，

$$nRT_{\mathrm{III}} = 3p_\mathrm{a}V_0 = 3nRT_0 \qquad \therefore \quad T_{\mathrm{III}} = \underbrace{3}_{\boxed{16}\ :\ ③}\cdot T_0$$

問７ 過程Ⅲ→Ⅳは断熱膨張であるから poisson 則より，

$$T_{\text{IV}}V_0^{\frac{2}{3}} = T_{\text{III}}\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad T_{\text{IV}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} T_{\text{III}} = \underbrace{3\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}}_{\boxed{17}\,:\,⑧} T_0$$

第３問

問１　このとき，$E_x = -3.0\,\text{V/m}$，$E_y = 0$ であるため，

$$\vec{E}_{\text{A}} = \underbrace{(-3.0,\ 0)}_{\boxed{18}\,:\,④}\ \text{V/m}$$

である。電場 $\vec{E}_{\text{A}}$ は x 軸に沿った方向を向いているため，等電位線は y 軸に平行である。よって，電位は y 座標によらず，x 軸上の電位を計算すればよい。位置 $(x,\ y)$〔m〕における電位 V_{A}〔V〕は，位置 $(x,\ 0)$〔m〕における電位として計算すれば，

$$V_{\text{A}} = -E_x x = 3.0\,x\,〔\text{V}〕$$

となる。$x = 0$ における電位が0となるように，定数項は0とした。解答形式に合わせると，

$$V_{\text{A}} = \underbrace{3.0}_{\boxed{19}\,:\,③}\ x + \underbrace{0}_{\boxed{20}\,:\,⑨}\ y + \underbrace{0}_{\boxed{21}\,:\,⑨}\ 〔\text{V}〕$$

問２　このとき，$E_x = -3.0\,\text{V/m}$，$E_y = -4.0\,\text{V/m}$ であるため，

$$\vec{E}_{\text{AB}} = \underbrace{(-3.0,\ -4.0)}_{\boxed{22}\,:\,②}\ \text{V/m}$$

である。

　B単独で閉じたときの電場 $\vec{E}_{\text{B}}$ は y 軸に沿った方向を向いているため，問１と同様に考えて，位置 $(x,\ y)$〔m〕における電位 V_{B}〔V〕は，位置 $(0,\ y)$〔m〕における電位として計算すればよい。よって，

$$V_{\text{B}} = -E_y y = 4.0\,y\,〔\text{V}〕$$

である。電位には重ねあわせの原理が成立するため，A，Bをともに閉じたときの電位 V_{AB}〔V〕は，

$$V_{\text{AB}} = V_{\text{A}} + V_{\text{B}} = \underbrace{3.0}_{\boxed{23}\,:\,①}\ x + \underbrace{4.0}_{\boxed{24}\,:\,③}\ y + \underbrace{0}_{\boxed{25}\,:\,⑨}\ 〔\text{V}〕$$

問３　点電荷Qの初期位置を $(x_0,\ y_0) = (3.0\times10^{-3}\,\text{m},\ -1.0\times10^{-3}\,\text{m})$ とし，質量を $m = 1.0\times10^{-10}\,\text{kg}$，電気量を $q = 4.0\times10^{-8}\,\text{C}$ とする。初期位置においてQがもつ位置エネルギー U_0 は，電気量 q と初期位置における電位 V_{AB} の値の積として，

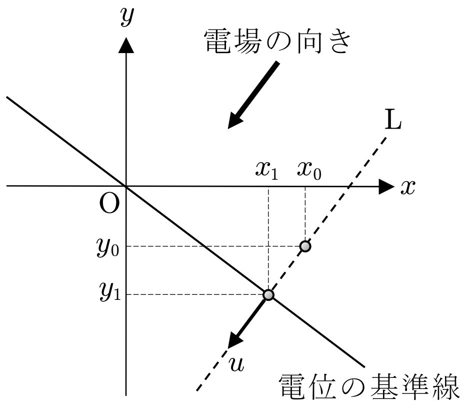
$$\begin{aligned} U_0 &= q\cdot(3.0x_0 + 4.0y_0)\,〔\text{J}〕 \\ &= 4.0\times10^{-8}\cdot\left\{3.0\cdot3.0\times10^{-3} + 4.0\cdot(-1.0\times10^{-3})\right\}\,\text{J} \\ &= \underbrace{2.0}_{\boxed{26}\,:\,③}\times10^{-10}\,\text{J} \end{aligned}$$

と表せる。$V_{\mathrm{AB}}=0$となる位置$(x_1,\ y_1)$に達したときのQの速さをuとすれば，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mu^2=U_0$$

が成り立つ。よって，

$$u=\sqrt{\frac{2U_0}{m}}=\sqrt{\frac{2\cdot 2.0\times 10^{-10}\ \mathrm{J}}{1.0\times 10^{-10}\ \mathrm{kg}}}=\underbrace{2.0}_{\boxed{27}\,:\,③}\ \mathrm{m/s}$$



である。右図のように，Qは電場に沿った向きに加速されることで，$(x_1,\ y_1)$において電場に沿った向きの速度を持つ。よって，この点におけるQのx成分u_x，y成分u_yは，それぞれ

$$u_x=-\frac{3}{5}u,\quad u_y=-\frac{4}{5}u$$

と書ける。運動量変化と力積の関係より，$(x_1,\ y_1)$に達するまでにQが受けた力積のx成分I_xおよびy成分I_yは，それぞれ

$$I_x=mu_x=-\frac{3}{5}mu=-\frac{3}{5}\cdot 1.0\times 10^{-10}\ \mathrm{kg}\cdot 2.0\ \mathrm{m/s}=\underbrace{-1.2}_{\boxed{28}\,:\,④}\times 10^{-10}\ \mathrm{N\cdot s}$$

$$I_y=mu_y=-\frac{4}{5}mu=-\frac{4}{5}\cdot 1.0\times 10^{-10}\ \mathrm{kg}\cdot 2.0\ \mathrm{m/s}=\underbrace{-1.6}_{\boxed{29}\,:\,⑧}\times 10^{-10}\ \mathrm{N\cdot s}$$

である。

電位の基準線（原点Oを通る等電位線）は，問 2 で求めたV_{AB}を用いて$V_{\mathrm{AB}}=0$，すなわち，

$$3x+4y=0$$

で表される直線である。一方，Qの軌跡を表す直線Lの方程式は，等電位線に直交してかつ初期位置$(x_0,\ y_0)$を通る直線として，

$$4(x-x_0)-3(y-y_0)=0$$

と表される。これら2直線の交点が$(x_1,\ y_1)$であるから，2式を連立して解けば，

$$x_1=\frac{4}{25}(4x_0-3y_0)=\frac{4}{25}\left\{4\cdot 3.0\times 10^{-3}-3\cdot\left(-1.0\times 10^{-3}\right)\right\}\ \mathrm{m}$$

$$=\underbrace{2.4}_{\boxed{30}\,:\,⑦}\times 10^{-3}\ \mathrm{m}$$

$$y_1=-\frac{3}{4}x_1=\underbrace{-1.8}_{\boxed{31}\,:\,④}\times 10^{-3}\ \mathrm{m}$$