２０２５年度　私大医学部入試

２０２５年１月２５日　実施

東北医科薬科大学

医学部　一般　物 理

（制限時間　理科２科１２０分）

解答速報

医学部専門予備校 D組

解　答

第１問

1	⑥	2	④	3	③	4	⑦	5	⑧
6	②	7	②	8	⑧	9	③	10	④
11	⑥	12	①						

第２問

13	③	14	④	15	③	16	③	17	②
18	④	19	①	20	①	21	⑨	22	④
23	③	24	⑤						

第３問

25	③	26	⑤	27	③	28	⑤	29	③
30	⑤	31	③	32	③	33	④	34	④
35	⑥	36	⑤						

解　　説

第１問

問１(1) 求める速さをv_{R}として，力学的エネルギー保存の法則より，

$$\frac{1}{2}m{v_{\mathrm{R}}}^2 = mg\cdot\frac{r}{2} \qquad \therefore \quad v_{\mathrm{R}} = \underbrace{\sqrt{gr}}_{\boxed{1}:⑥}$$

(2) 小球が点Ｒから最高点に達するまでの時間をt_1とすれば，鉛直方向の等加速度運動から，

$$t_1 = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{gr}}{g} = \underbrace{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3r}{g}}}_{\boxed{2}:④}$$

点Ｒから最高点までの鉛直方向の変位hは，鉛直方向の等加速度運動から，

$$h = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{gr}\cdot t_1 = \frac{3}{8}r$$

ゆえに最高点のy座標は，

$$y = \frac{3}{2}r + h = \underbrace{\frac{15}{8}r}_{\boxed{3}:③}$$

最高点から床に落下するまでの時間をt_2とすれば，鉛直方向の等加速度運動から，

$$y = \frac{1}{2}g{t_2}^2 \qquad \therefore \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \underbrace{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{15r}{g}}}_{\boxed{4}:⑦}$$

ゆえに，床に落下した点のx座標は

$$x = \frac{\sqrt{3}}{2}r + \frac{1}{2}\sqrt{gr}\,(t_1 + t_2) = \underbrace{\frac{3\sqrt{3}+\sqrt{15}}{4}r}_{\boxed{5}:⑧}$$

問２(1) 衝突直前の小球Ａの速さv_0は力学的エネルギー保存則より$v_0 = \sqrt{2gr}$である。

衝突直後の小球Ａと小球Ｂの右向きを正とした速度をそれぞれv，Vとすれば，

運動量保存則：$mv + MV = mv_0$

はね返り係数の式：$v - V = -ev_0$

連立して，

$$v = \frac{m - eM}{M + m}v_0 = \frac{m - eM}{M + m}\sqrt{2gr}$$

$$V = \frac{(1+e)m}{M + m}v_0 = \underbrace{\frac{(1+e)m}{M + m}\sqrt{2gr}}_{\boxed{6}:②}$$

(2) 小球Aが衝突してからはじめて点Sに戻る時間t_3は単振り子の周期$T=2\pi\sqrt{\dfrac{r}{g}}$を用いて，

$$t_3=\frac{T}{2}=\underbrace{\pi\sqrt{\frac{r}{g}}}_{\boxed{7}:②}$$

単振り子の振幅は$r\varphi$であり，角振動数ωは$\omega=\sqrt{\dfrac{g}{r}}$であるから，最大速度$|v|$との対応関係より，

$$|v|=r\varphi\omega \qquad \therefore \quad \varphi=\frac{|v|}{r\omega}=\frac{\dfrac{|m-eM|}{M+m}\sqrt{2gr}}{r\sqrt{\dfrac{g}{r}}}=\underbrace{\frac{\sqrt{2}\,|m-Me|}{m+M}}_{\boxed{8}:⑧}$$

問３(1) 小球が最定点Sを通過するときの小球と台の中心（最下点S）のx座標をそれぞれx_1，X_1とすると，重心のx座標がはじめと同じ$-\dfrac{m}{M'+m}r$であり続けることと，最下点に達したことから，

重心静止：$\dfrac{mx_1+M'X_1}{M'+m}=-\dfrac{m}{M'+m}r$

最下点に達した：$x_1=X_1$

以上より，

$$x_1=X_1=\underbrace{-\frac{m}{M'+m}r}_{\boxed{9}:③}$$

最下点を通過した瞬間の小球と台の速度のx成分をそれぞれv，V'とおくと，

運動量保存則：$mv+M'V'=0$

エネルギー保存則：$\dfrac{1}{2}mv^2+\dfrac{1}{2}M'V'^2=mgr$

以上より，

$$v=\underbrace{\sqrt{\frac{2M'gr}{M'+m}}}_{\boxed{10}:④},\qquad V'=-\frac{m}{M'}\sqrt{\frac{2M'gr}{M'+m}}$$

(2) 小球が点Rを飛び出すときの小球と台の中心のx座標をそれぞれx_2，X_2とすると，重心のx座標がはじめと同じ$-\dfrac{m}{M'+m}r$であり続けることと，点Rに達したことから，

重心静止：$\dfrac{mx_2+M'X_2}{M'+m}=-\dfrac{m}{M'+m}r$

点Rに達した：$x_2 = X_2 + \dfrac{\sqrt{3}}{2}r$

以上より，

$$x_2 = \underbrace{\frac{\sqrt{3}M' - 2m}{2(M'+m)}r}_{\boxed{11}:⑥}$$

小球が点Rを飛び出すときの台車とともに動く観測者から見た小球の速さをuとすると，そのx成分は$\dfrac{1}{2}u$である。台車の速さをV'_{R}とすれば，床から見た小球の速度のx成分は$\dfrac{1}{2}u - V'_{\mathrm{R}}$と表せる。運動量保存則より，

$$m\left(\frac{1}{2}u - V'_{\mathrm{R}}\right) - M'V'_{\mathrm{R}} = 0 \qquad \therefore \quad V'_{\mathrm{R}} = \underbrace{\frac{m}{2(M'+m)}}_{\boxed{12}:①}u$$

第２問

問１ (1) 十分に長い時間が経過するとコンデンサーの充電が完了し，電流はすべて抵抗を流れる。よって，抵抗の両端に生じる電圧Vは，

$$V=\underbrace{RI}_{\boxed{13}:③}$$

(2) コンデンサーのエネルギーは変化しないため，電源の供給電力Pはすべて抵抗で消費される。したがって，

$$P=\underbrace{RI^2}_{\boxed{14}:④}$$

コンデンサーの極板間電圧は$V=RI$となっているため，蓄えられている電荷Qは，

$$Q=\underbrace{CRI}_{\boxed{15}:③}$$

(3) コンデンサーの電気容量が瞬時に$2C$になることで，コンデンサーの極板間電圧が$\dfrac{V}{2}=\dfrac{RI}{2}$に下がる。抵抗の両端の電圧も$\dfrac{RI}{2}$となるため，抵抗を流れる電流は$\dfrac{I}{2}$となる。電流の保存より，コンデンサーには電流$\dfrac{I}{2}$が流れることになる。したがって，誘電体の挿入直後における電源の供給電力P'は，

$$P'=R\left(\frac{I}{2}\right)^2+\frac{RI}{2}\cdot\frac{I}{2}=\frac{RI^2}{2}$$

となり，誘電体挿入の直前から$\underbrace{\text{減少する}}_{\boxed{16}:③}$。その後十分に長い時間が経過するとコンデンサーの充電が完了し，電流Iが抵抗を流れるようになるため，このときの電源の供給電力はRI^2であり，誘電体挿入の直前と比べて$\underbrace{\text{変わっていない}}_{\boxed{17}:②}$。

問２ (1) 十分に長い時間が経過するとコイルを流れる電流は一定となり，コンデンサーの電荷の変動もなくなる。コイルの誘導起電力は0となるため，コンデンサーの極板間電圧も0である。したがって，コンデンサーに蓄えられている電気量Qは$Q=\underbrace{0}_{\boxed{19}:①}$である。コイルには一定の電流$I$が流れているため，コイルに蓄えられているエネルギーEは，$E=\underbrace{\dfrac{1}{2}LI^2}_{\boxed{18}:④}$である。

(2) スイッチSを開いた直後に，コンデンサーの極板間電圧は0であるため，コイルの両端に生じる電圧Vも$V=\underbrace{0}_{\boxed{20}:①}$である。

(3) その後，コイルとコンデンサーからなる回路には電気振動が生じる。コンデンサーの電気量，極板間電圧が最大となるとき，コイルを流れる電流は0となるため，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}LI^2 = \frac{{Q_{\max}}^2}{2C} = \frac{1}{2}C{V_{\max}}^2 \qquad \therefore \quad Q_{\max} = \underbrace{I\sqrt{CL}}_{\boxed{21}:⑨}, \quad V_{\max} = \underbrace{I\sqrt{\frac{L}{C}}}_{\boxed{22}:④}$$

(3) 電気容量Cのコンデンサーと自己インダクタンスLのコイルからなる回路における電気振動の周期は$2\pi\sqrt{LC}$で表される。(2)の操作の後にコイルを流れる電流が初めてゼロになるまでの時間は電気振動の周期の$\dfrac{1}{4}$，すなわち$\dfrac{\pi}{2}\sqrt{LC}$である。この値は電流の初期値には$\underbrace{\text{依存せず}}_{\boxed{23}:③}$，電気容量を2倍にすると$\underbrace{\sqrt{2}}_{\boxed{24}:⑤}$倍になる。

第３問

問１ 状態Aにおいてピストンにはたらく鉛直方向の力のつり合いより，

$$p_{\mathrm{A}}S = p_0 S + mg \qquad \therefore \quad p_{\mathrm{A}} = \underbrace{p_0 + \frac{mg}{S}}_{\boxed{25}:③}$$

状態Aの状態方程式より，

$$p_{\mathrm{A}}Sh = nRT_{\mathrm{A}} \qquad \therefore \quad T_{\mathrm{A}} = \underbrace{\frac{p_{\mathrm{A}}Sh}{nR}}_{\boxed{26}:⑤}$$

問２ 状態Aと状態Bについて，シャルルの法則より，$T_{\mathrm{B}} = \dfrac{2Sh}{Sh}T_{\mathrm{A}} = 2T_{\mathrm{A}}$ であるから，

定圧過程A→Bにおける内部エネルギーの増加 ΔU_{AB} は，

$$\Delta U_{\mathrm{AB}} = \frac{3}{2}nR\left(T_{\mathrm{B}} - T_{\mathrm{A}}\right) = \underbrace{\frac{3}{2}nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{27}:③}$$

定圧過程A→Bにおいて気体が外部にした仕事 W_{AB} は，

$$W_{\mathrm{AB}} = p_{\mathrm{A}}(2Sh - Sh) = p_{\mathrm{A}}Sh = nRT_{\mathrm{A}}$$

であるから，熱力学第一法則より，気体が吸収した熱量 Q_{AB} は，

$$Q_{\mathrm{AB}} = \Delta U_{\mathrm{AB}} + W_{\mathrm{AB}} = \underbrace{\frac{5}{2}nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{28}:⑤}$$

問３ 状態Cにおいてピストンにはたらく鉛直方向の力のつり合いより，

$$p_{\mathrm{C}}S = p_0 S + (m + M)g$$

断熱過程B→Cに，与えられたポアソンの式を適用して，

$$p_{\mathrm{C}}(Sh)^{\gamma} = p_{\mathrm{B}}(2Sh)^{\gamma} \qquad \therefore \quad p_{\mathrm{C}} = 2^{\gamma}p_{\mathrm{B}} = 2^{\gamma}p_{\mathrm{A}} = 2^{\gamma}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)$$

これら２式より，

$$M = \underbrace{\left(2^{\gamma} - 1\right)\left(\frac{p_0 S}{g} + m\right)}_{\boxed{29}:③}$$

断熱変化において，温度 T と体積 V の間には $TV^{\gamma-1} = $（一定）の関係が成立するから，

$$T_{\mathrm{C}}(Sh)^{\gamma-1} = T_{\mathrm{B}}(2Sh)^{\gamma-1} \qquad \therefore \quad T_{\mathrm{C}} = 2^{\gamma-1}T_{\mathrm{B}} = 2^{\gamma-1}\cdot 2T_{\mathrm{A}} = \underbrace{2^{\gamma}T_{\mathrm{A}}}_{\boxed{30}:⑤}$$

断熱過程B→Cにおいて気体が外部からされた仕事 $\left|W_{\mathrm{BC}}\right|$ は内部エネルギーの増加 ΔU_{BC} に等しく，

$$\left|W_{\mathrm{BC}}\right| = \Delta U_{\mathrm{BC}} = \frac{3}{2}nR\left(T_{\mathrm{C}} - T_{\mathrm{B}}\right) = \frac{3}{2}nR\left(2^{\gamma}T_{\mathrm{A}} - 2T_{\mathrm{A}}\right) = \underbrace{3\left(2^{\gamma-1} - 1\right)nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{31}:③}$$

問４ 状態Dにおけるピストンの高さを h_{D} とする。断熱過程B→C，D→Aに，ポアソンの式を適用して，

$$p_{\mathrm{C}}(Sh)^{\gamma} = p_{\mathrm{B}}(2Sh)^{\gamma},\quad p_{\mathrm{D}}(Sh_{\mathrm{D}})^{\gamma} = p_{\mathrm{A}}(Sh)^{\gamma}$$

辺々割って，$p_{\mathrm{B}} = p_{\mathrm{A}}$，$p_{\mathrm{D}} = p_{\mathrm{C}}$ を考慮すると，

$$\frac{p_{\mathrm{D}}(Sh_{\mathrm{D}})^{\gamma}}{p_{\mathrm{C}}(Sh)^{\gamma}} = \frac{p_{\mathrm{A}}(Sh)^{\gamma}}{p_{\mathrm{B}}(2Sh)^{\gamma}} \qquad \therefore\quad h_{\mathrm{D}} = \underbrace{\frac{h}{2}}_{\boxed{32}:③}$$

状態Cと状態Dについて，シャルルの法則より，

$$T_{\mathrm{D}} = \frac{S\dfrac{h}{2}}{Sh}T_{\mathrm{C}} = \frac{T_{\mathrm{C}}}{2} = \frac{2^{\gamma}}{2}T_{\mathrm{A}} = \underbrace{2^{\gamma-1}T_{\mathrm{A}}}_{\boxed{33}:④}$$

定圧過程C→Dにおける内部エネルギーの減少量$\left|\Delta U_{\mathrm{CD}}\right|$は，

$$\left|\Delta U_{\mathrm{CD}}\right| = \frac{3}{2}nR\left(T_{\mathrm{C}} - T_{\mathrm{D}}\right) = \frac{3}{2}nR\left(2^{\gamma}T_{\mathrm{A}} - 2^{\gamma-1}T_{\mathrm{A}}\right) = \underbrace{\frac{3}{2}2^{\gamma-1}nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{34}:④}$$

定圧過程C→Dにおいて気体が外部からされた仕事$\left|W_{\mathrm{CD}}\right|$は，

$$\left|W_{\mathrm{CD}}\right| = p_{\mathrm{C}}\left(Sh - S\frac{h}{2}\right) = \frac{1}{2}p_{\mathrm{C}}Sh = \frac{1}{2}nRT_{\mathrm{C}} = 2^{\gamma-1}nRT_{\mathrm{A}}$$

であるから，熱力学第一法則より，気体が放出した熱量$\left|Q_{\mathrm{CD}}\right|$は，

$$\left|Q_{\mathrm{CD}}\right| = \left|\Delta U_{\mathrm{AB}}\right| + \left|W_{\mathrm{AB}}\right| = \underbrace{\frac{5}{2}2^{\gamma-1}nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{35}:⑥}$$

問5　求める仕事はサイクル全体で気体が外部にした正味の仕事Wである。Wは，サイクル全体の吸熱量と放熱量の差で求められ，

$$W = Q_{\mathrm{AB}} - \left|Q_{\mathrm{CD}}\right| = \frac{5}{2}nRT_{\mathrm{A}} - \frac{5}{2}2^{\gamma-1}nRT_{\mathrm{A}} = \underbrace{-\frac{5}{2}\left(2^{\gamma-1} - 1\right)nRT_{\mathrm{A}}}_{\boxed{36}:⑤}$$