医学部専門予備校 YMS
医学部進学予備校 メビオ　医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

東北医科薬科大学　物理

2025年 1月 25日実施

【解答】

［Ⅰ］	1	⑥	2	④	3	③	4	⑦	5	⑧	6	②	7	②	8	⑧
	9	③	10	④	11	⑥	12	①								
［Ⅱ］	13	③	14	④	15	③	16	③	17	②	18	④	19	①	20	①
	21	⑨	22	④	23	③	24	⑤								
［Ⅲ］	25	③	26	⑤	27	③	28	⑤	29	③	30	⑤	31	③	32	③
	33	④	34	④	35	⑥	36	⑤								

【講評】

［Ⅰ］　**非等速円運動，放物運動，単振り子，二物体問題**

典型問題である問 3 (1) までは解答したい。問 3 (2) はいったん飛ばすのが吉。

［Ⅱ］　**定電流電源と回路，電気振動**

短時間で完答したいが，回路に関する理解の程度によって差が付くだろう。

［Ⅲ］　**気体とピストン，ポアソンの式**

難しくはないものの，与えられた文字や状況の把握などに手間がかかる。

【総評】

昨年と比べて易化。［Ⅰ］問 3 (2) を飛ばせば，それ以外は時間内に処理しきれる分量であり，問題の難易度もそれほど高くない。一般枠の正規合格ラインは，［Ⅰ］～［Ⅲ］のそれぞれ 7 割前後の「合計 7 割」と思われる。一般枠の 1 次通過ラインは「合計 6 割」程度か。

【解説】

［Ⅰ］

問１

(1)　エネルギー保存則を立てるだけ。

(2)　水平方向に対して 60°の角度で$\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}r,\ \dfrac{3}{2}r\right)$から飛び出すので，等加速度運動の式を立てればよい。

問２

(1)　エネルギー保存則を立てて，衝突直前の速さを出した後に，運動量保存則と跳ね返り係数の式を連立する。

(2)　単振り子の周期は$T=2\pi\sqrt{\dfrac{r}{g}}$で，求める時間は$\dfrac{T}{2}$に等しい。

最高点の角度は，(1)で求めた衝突後の A の速さを用いてエネルギー保存則を立て，与えられた近似式を用いればよい。

問３

(1)　全体の重心は水平方向には動かず，小球の最下点では台車と小球のx座標が一致することから，

$$\frac{m(-r)+M'\cdot 0}{m+M'}=\frac{mx_1+M'x_1}{m+M'}\qquad \therefore x_1=-\frac{m}{m+M'}r$$

また，水平方向は全運動量が 0 であることから，運動エネルギーの比は質量の逆比になるので，

$$\frac{1}{2}mv^2=mgr\times\frac{M'}{m+M'}\qquad \therefore\quad v=\sqrt{\frac{2M'gr}{m+M'}}$$

(2)　飛び出すときの座標は，(1)同様に考えて，

$$\frac{m(-r)+M'\cdot 0}{m+M'}=\frac{mx_2+M'\left(x_2-\dfrac{\sqrt{3}}{2}r\right)}{m+M'}$$

$$\therefore\quad x_2=\frac{\sqrt{3}M'-2m}{2(m+M')}r$$

また，飛び出すときの小球の速度のx成分をv_x，台車の(左向きの)速さをVとすると，

水平方向の運動量保存則より，$0=mv_x-M'V$　　　$\therefore v_x=\dfrac{M'}{m}V$

台車上から見た飛び出すときの相対速度を$\overrightarrow{v_r}$とすると，相対速度の向きはパイプの接線方向を向くため，水平方向と 60°の角を成す。

相対速度のx成分は(v_x-V)であることから，$v_r\cos 60^\circ=v_x+V$

これに　$v_x=\dfrac{M'}{m}V$　を代入して，$V=\dfrac{m}{2(M'+m)}v_r$

【II】

問1 (1) 13 定常状態では、コンデンサーには電流が流れていないので抵抗に流れる電流は I である。

(2) 14 このときの電源の電圧はRIであるから、電源が供給している電力は$P = RI^2$。

15 $Q = C \times RI = CRI$

(3) 16 コンデンサーに誘電体を挿入した直後ではコンデンサーの極板間の電圧は $\dfrac{Q}{2C} = \dfrac{RI}{2}$ となる。これが電源の電圧に等しいので、電源の供給する電力は$P' = I \times \dfrac{RI}{2} = \dfrac{RI^2}{2}$。よって、減少する。

17 定常状態では、抵抗に流れる電流が I となり、14と同じ状態となる。

問2 (1) 18 定常状態では、コンデンサーに流れる電流は0で、コイルに流れる電流は I である。

19 定常状態ではコイルにかかる電圧は0であるため、コンデンサーにかかる電圧も0である。

(2) 20 スイッチを開いた直後では、コンデンサーの電荷が0であり、電圧も0となる。

(3) 21 エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}LI^2 = \frac{Q_{\max}^2}{2C} \quad \therefore \ Q_{\max} = I\sqrt{LC}$$

22 $V_{\max} = \dfrac{Q_{\max}}{C} = I\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

(4) 23，24 電気振動の周期は $2\pi\sqrt{LC}$ と表されるので、電流の大きさには依存せず、容量を2倍にすると$\sqrt{2}$倍になる。

［Ⅲ］

問 1　ピストンについて力のつりあい　$0 = p_0 S + mg - p_A S \iff p_A = \boxed{p_0 + \dfrac{mg}{S}}$

状態 A について状態方程式　$p_A Sh = nRT_A \iff T_A = \boxed{\dfrac{p_A Sh}{nR}}$

問 2　状態 A→B において圧力一定であり温度は体積に比例するので　$T_B = 2T_A$

$$\Delta U^{AB} = \frac{3}{2}nR\left(T_B - T_A\right) = \boxed{\frac{3}{2}nRT_A}$$

$$Q_{in}^{AB} = nC_p \Delta T^{AB} = \frac{5}{2}nR\left(T_B - T_A\right) = \boxed{\frac{5}{2}nRT_A}$$

問 3　状態 B→C についてポアソンの式　$p_B\left(2Sh\right)^\gamma = p_C\left(Sh\right)^\gamma \iff p_C = 2^\gamma p_B = 2^\gamma p_A = 2^\gamma\left(p_0 + \dfrac{mg}{S}\right)$

ピストンとおもりからなる系について力のつりあい　$0 = p_0 S + \left(m + M\right)g - p_C S$

上式に p_C を代入して $M = \boxed{\left(2^\gamma - 1\right)\left(\dfrac{p_0 S}{g} + m\right)}$。

状態 C について状態方程式　$p_C Sh = nRT_C \iff T_C = \dfrac{p_C Sh}{nR} = \dfrac{2^\gamma p_A Sh}{nR} = \boxed{2^\gamma T_A}$

状態 B→C について熱力学第一法則　$0 = \Delta U^{BC} + W_{out}^{BC}$

$$= \Delta U^{BC} - W_{in}^{BC}$$

$$\iff W_{in}^{BC} = \Delta U^{BC} = \frac{3}{2}nR\left(T_C - T_B\right) = \frac{3}{2}nR\left(2^\gamma T_A - 2T_A\right) = \boxed{3\left(2^{\gamma-1} - 1\right)nRT_A}$$

問 4　状態 D→A についてポアソンの式　$p_D\left(Sh_D\right)^\gamma = p_A\left(Sh\right)^\gamma \iff 2^\gamma p_A\left(Sh_D\right)^\gamma = p_A\left(Sh\right)^\gamma \quad \therefore h_D = \boxed{\dfrac{h}{2}}$

状態 C→D において圧力一定であり温度は体積に比例するので　$T_D = \dfrac{1}{2}T_C = \boxed{2^{\gamma-1}T_A}$

$$\Delta U^{CD} = \frac{3}{2}nR\left(T_D - T_C\right) = \frac{3}{2}nR\left(2^{\gamma-1}T_A - 2^\gamma T_A\right) = -\boxed{\frac{3}{2}2^{\gamma-1}nRT_A}$$

$$Q_{in}^{CD} = nC_p \Delta T^{CD} = \frac{5}{2}nR\left(T_D - T_C\right) = -\boxed{\frac{5}{2}2^{\gamma-1}nRT_A}$$

問 5　1 サイクルについて熱力学第一法則　$Q_{in}^{1周} = \Delta U^{1周} + W_{out}^{1周}$

$$= 0 + W_{out}^{一周}$$

$$\iff W_{out}^{1周} = Q_{in}^{1周} = Q_{in}^{AB} + Q_{in}^{CD} = \frac{5}{2}nRT_A - \frac{5}{2}2^{\gamma-1}nRT_A = \boxed{-\frac{5}{2}\left(2^{\gamma-1} - 1\right)nRT_A}$$