２０２３年　神戸大本番レベル模試・物理

解答・解説・採点基準

全３問　６０分　７５点満点

Ⅰ （２５点）

【解答・採点基準】

問 1

（答）台の運動方程式：$M\alpha = \mu' mg$

(答) 小物体の運動方程式：$m\beta = -\mu' mg$

問 2

問 1 より台および小物体の加速度はそれぞれ

$$\alpha = \mu' \frac{m}{M} g$$

$$\beta = -\mu' g$$

求める時間を t とすると，台と小物体の等加速度直線運動の式より

$$V_o = \mu' \frac{m}{M} gt$$

$$V_0 = v_0 - \mu' gt$$

これより，V_0 を消去して

$$t = \frac{M}{M+m}\frac{v_0}{\mu' g}$$

(答) $\dfrac{M}{M+m}\dfrac{v_0}{\mu' g}$

問 3

$V_0 = v_0 - \mu' gt$ に $t = \dfrac{m}{M+m}\dfrac{v_0}{\mu' g}$ を代入して整理すると

問１　6 点

＊答に　各 3 点

問 2　6 点

＊台および小物体の加速度に 2 点

＊台と小物体の等加速度直線運動の式に 2 点

＊答に 2 点

問 3　6 点

＊V_0 の式に t の値を代入する方針に 3 点

＊答に 3 点

$$V_0 = \frac{m}{M+m} v_0$$

(答) $\dfrac{m}{M+m} v_0$

問 4

動摩擦力のする仕事は $-\mu' mgL$ なので，力学的エネルギー変化と仕事の関係より

$$\frac{1}{2}(M+m)V_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\mu' mgL$$

問 3 の結果を代入して整理すると

$$L = \frac{M}{2(M+m)} \frac{v_0^2}{\mu' g}$$

(答) $\dfrac{M}{2(M+m)} \dfrac{v_0^2}{\mu' g}$

問 4　7 点

＊動摩擦力のする仕事に 2 点

＊力学的エネルギー変化と仕事の関係式に 2 点

＊答に 3 点

II（２５点）

【解答・採点基準】

問 1 電極 a，b での加速前後について，力学的エネルギー保存則より $$\frac{1}{2}mv_0^2 = qV$$ よって，$v_0 \geqq 0$ より $$v_0 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$ （答）$\sqrt{\frac{2qV}{m}}$	問 1　5 点 *力学的エネルギー保存則の式に 3 点 *答に 2 点
問 2 粒子の加速度の大きさを α とすると，粒子の運動方程式より $$m\alpha = qE$$ よって，粒子の加速度の大きさは $$\alpha = \frac{qE}{m}$$ $\alpha > 0$ より向きは y 軸正方向 (答) $\frac{qE}{m}$，y 軸正方向	問 2　5 点 *粒子の運動方程式に 2 点 *加速度の大きさに 2 点 *加速度の向きに 1 点
問 3 求める x 軸，y 軸方向の速度を v_x，v_y とすると $$v_x = v_0 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$ 電極 c，d を通過するのにかかる時間を t とすると $$v_x t = l$$ t について解くと	問 3　5 点 *電極 c，d を通過するのにかかる時間に 1 点 *答に各 2 点

$$t = l\sqrt{\frac{m}{2qV}}$$

よって

$$v_y = \alpha t = \frac{qE}{m} l\sqrt{\frac{m}{2qV}} = El\sqrt{\frac{q}{2mV}}$$

（答） $v_x = \sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$ ， $v_y = El\sqrt{\dfrac{q}{2mV}}$

問 4

求める速さを v とすると問 3 より

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{4qV^2 + qE^2l^2}{2mV}}$$

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{El}{2V}$$

（答） $v = \sqrt{\dfrac{4qV^2 + qE^2l^2}{2mV}}$ ， $\tan\theta = \dfrac{El}{2V}$

問 5

粒子が壁に到達した時の y 座標を h とすると

$$h = \frac{1}{2}\alpha t^2 + L\tan\theta = \frac{El^2 + 2ElL}{4V}$$

(答) $\dfrac{El^2 + 2ElL}{4V}$

問 4　5 点

＊v の式に 1 点

＊v に 2 点

＊$\tan\theta$ の式に 1 点

＊$\tan\theta$ に 1 点

問 5　5 点

＊h の式に 2 点

＊答に 3 点

III(２５点)

【解答・採点基準】

問 1

状態 B の気体の温度を T_B とすると，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{4P_0V_0}{T_B}$$

よって

$$T_B=4T_0$$

また，気体の物質量を n，気体定数を R とすると，状態 A における理想気体の状態方程式より

$$P_0V_0=nRT_0$$

気体の内部エネルギー変化 ΔU_{AB} は

$$\Delta U_{AB}=\frac{3}{2}nR(T_B-T_0)=\frac{9}{2}nRT_0$$

よって

$$\Delta U_{AB}=\frac{9}{2}P_0V_0$$

（答） $T_B=4T_0$， $\Delta U_{AB}=\frac{9}{2}P_0V_0$

問 1　5 点
＊ボイル・シャルルの法則の式に 1 点
＊理想気体の状態方程式に 2 点
＊答に各 1 点

問 2

状態 B と状態 C の気体の温度は等しいので，状態 C の気体の体積を V_C とすると，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{4P_0V_0}{T_B}=\frac{P_0V_C}{T_B}$$

よって

$$V_C=4V_0$$

（答） $4V_0$

問 2　5 点
＊ボイル・シャルルの法則の式に 2 点
＊答えに 3 点

問 3

過程 B→C で気体が外部にした仕事 W_{BC}，気体に出入りした熱量の和を Q_{BC} とする。

問 3　5 点
＊気体が外部にした仕事に 2 点

気体が外部にした仕事 W_{BC} は $$W_{BC}=\frac{1}{2}(4P_0+P_0)(4V_0-V_0)=\frac{15}{2}P_0V_0$$ また，内部エネルギーの変化は 0 なので，熱力学第 1 法則より $$Q_{BC}=0+W_{BC}=\frac{15}{2}P_0V_0$$ （答）$\frac{15}{2}P_0V_0$	*内部エネルギーの変化が 0 であることに 1 点 *答に 2 点
問 4 A→B→C→A の 1 サイクルで気体が外部にした仕事 W_{tot} は，P-V 図のグラフで囲まれた面積に等しい。よって $$W_{tot}=\frac{1}{2}(4P_0-P_0)(4V_0-V_0)=\frac{9}{2}P_0V_0$$ （答）$\frac{9}{2}P_0V_0$	**問 4　5 点** *求める仕事が P-V 図のグラフで囲まれた面積に等しいことに 3 点 *答に 2 点
(別解) 過程 A→B は定積変化であるから，問 1 の結果より，過程 A→B での吸熱量 Q_{AB} は $$Q_{AB}=\Delta U_{AB}=\frac{9}{2}P_0V_0$$ 過程 C→A は定圧変化であるから，過程 C→A での吸熱量 Q_{CA} は $$Q_{CA}=\frac{5}{2}nR(T_0-T_B)=\frac{5}{2}(P_0V_0-P_0\cdot 4V_0)=-\frac{15}{2}P_0V_0$$ 内部エネルギー変化は 0 なので，以上と問 3 の結果を用いると $$W_{tot}=Q_{tot}=Q_{AB}+Q_{BC}+Q_{CA}=\frac{9}{2}P_0V_0$$ (答) $\frac{9}{2}P_0V_0$	*過程 A→B の吸熱量に 1 点 *過程 C→A の吸熱量に 1 点 *1 サイクルの内部エネルギーの変化が 0 であることに 1 点 *答に 2 点
問 5 この系の気体の圧力 P，体積 V，温度 T はボイル･シャルルの法則より	**問 5　5 点** *過程 B→C の T と V の関係式に 3 点

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$ 過程 B→C の直線の式は $$P = P_0(5 - \frac{V}{V_0})$$ 2 式より $$T = \frac{V}{V_0}(5 - \frac{V}{V_0})T_0$$ V の範囲 $V_0 \leqq V \leqq 4V_0$ に注意して，この式の最大値 $T_{\max}$ を考えて $$T_{\max} = \frac{25}{4}T_0$$ (答) $\frac{25}{4}T_0$		*答に 2 点