２０２２年３月　高２レベル記述模試・物理

解答・採点基準

全３問　６０分　１００点満点

Ⅰ　斜面上での物体の運動（３５点）

【解答・採点基準】

問 1　$Mg\cos\theta$

問 1　4 点

問 2　$\dfrac{Mg\sin\theta}{k}$

問 2　4 点

問 3　板： $Ma = -kx - N - Mg\sin\theta$，小球： $ma = N - mg\sin\theta$

問 3　6 点（各 3 点）

問 4　（ア） $-\dfrac{kx}{M+m} - g\sin\theta$　（イ） $-\dfrac{m}{M+m}kx$　（ウ） $2\pi\sqrt{\dfrac{M+m}{k}}$

問 4　6 点（各 2 点）

問 5

力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}k\ell^2 - (M+m)g\ell\sin\theta = \frac{1}{2}(M+m)v_1^2$$

$$\therefore v_1 = \sqrt{\frac{k\ell^2}{M+m} - 2g\ell\sin\theta}$$

(答)　$v_1 = \sqrt{\dfrac{k\ell^2}{M+m} - 2g\ell\sin\theta}$

問 5　5 点

＊力学的エネルギー保存則の式に 2 点

＊答に 3 点

問 6

求める速さを v_2 とおくと，力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mg\cdot\frac{h}{2}$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{v_1^2 - gh}$$

(答)　$\sqrt{v_1^2 - gh}$

問 6　5 点

＊力学的エネルギー保存則の式に 2 点

＊答に 3 点

【別解】

小球の x 軸方向の加速度は $-g\sin\theta$ であるから，求める速さを v_2 とおくと，等加速度直線運動の公式より，

【別解】　5 点

＊等加速度直線運動の式に 2 点

＊答に 3 点

$$v_2^2 - v_1^2 = 2(-g\sin\theta)\frac{h}{2\sin\theta}$$
$$\therefore v_2 = \sqrt{v_1^2 - gh}$$

(答) $\sqrt{v_1^2 - gh}$

問 7

最高点の高さを y とすると，等加速度直線運動の公式より，

$$0^2 - (v_2\sin\theta)^2 = -2g(y-h)$$
$$\therefore y = h + \frac{v_2^2\sin^2\theta}{2g}$$
$$= \left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\theta\right)h + \frac{v_1^2\sin^2\theta}{2g}$$

(答) $\left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\theta\right)h + \frac{v_1^2\sin^2\theta}{2g}$

【別解】

最高点における小球の速さは $v_2\cos\theta$ であるから，最高点の高さを y とすると，力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m(v_2\cos\theta)^2 + mg(y-h)$$
$$\therefore y = h + \frac{v_2^2\sin^2\theta}{2g}$$
$$= \left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\theta\right)h + \frac{v_1^2\sin^2\theta}{2g}$$

(答) $\left(1 - \frac{1}{2}\sin^2\theta\right)h + \frac{v_1^2\sin^2\theta}{2g}$

問 7　5 点

***等加速度直線運動の式に 2 点**

***答に 3 点**

【別解】　5 点

***力学的エネルギー保存則の式に 2 点**

***答に 3 点**

$\boxed{2}$ 定積変化と定圧変化（３５点）

【解答・採点基準】

問 1　$n_A = \dfrac{pSh}{RT}$

問 2　$\dfrac{n_B}{n_A} = \dfrac{1}{2}$

問 3

求める温度を T_1 とおくと，部屋 A, B の気体の内部エネルギーの和は変化しないから，

$$\frac{3}{2}n_A RT + \frac{3}{2}n_B R \cdot 2T = \frac{3}{2}n_A RT_1 + \frac{3}{2}n_B RT_1$$

これと問 2 より，

$$T_1 = \frac{4}{3}T$$

また，求める圧力を p_A とすると，理想気体の状態方程式より $p_A Sh = n_A RT_1$ となる。これらと問 1 より，

$$p_A Sh = \frac{pSh}{RT} \cdot R \cdot \frac{4}{3}T$$
$$\therefore p_A = \frac{4}{3}p$$

(答)　温度：$\dfrac{4}{3}T$，圧力：$\dfrac{4}{3}p$

問 4　温度：$\dfrac{4}{3}T$，体積：$\dfrac{4}{3}Sh$

問 5　$\dfrac{1}{3}pSh$

問 6

部屋 A の気体の内部エネルギーの増加量は，

$$\frac{3}{2}n_A R\left(\frac{4}{3}T - T\right) = \frac{1}{2}pSh$$

よって，熱力学第一法則より求める熱量は，

採点基準

問 1　5 点

問 2　5 点

問 3　10 点

*答に各 5 点

問 4　5 点(完答)

問 5　5 点

問 6　5 点

*内部エネルギーの増加量に 2 点

*答に 3 点

$$\frac{1}{2}pSh+\frac{1}{3}pSh=\frac{5}{6}pSh$$

(答) $\frac{5}{6}pSh$

3 コンデンサーを含んだ回路（３０点）

【解答・採点基準】

解答	採点
問 1　$I_1 = 0$	問 1　3 点
問 2　$I_4 = \dfrac{E}{3R}$	問 2　3 点
問 3　$V_1 = \dfrac{2}{3}\dfrac{C_2}{C_1+C_2}E,\ V_2 = \dfrac{2}{3}\dfrac{C_1}{C_1+C_2}E$	問 3　6 点(各 3 点)
問 4　$V_1 = RI_1 - RI_3$	問 4　4 点
問 5　$V_2 = RI_2 + RI_3$	問 5　4 点
問 6	問 6　6 点 *3 元連立方程式を立てて 2 点 *答に 4 点

問 3 より，

$$V_1 = \frac{2}{3}\frac{C_2}{C_1+C_2}E = \frac{4}{9}E = 3.2\,[\mathrm{V}]$$

$$V_2 = \frac{2}{3}\frac{C_1}{C_1+C_2}E = \frac{2}{9}E = 1.6\,[\mathrm{V}]$$

また，問 4，問 5 及びキルヒホッフの第一法則より，

$$\begin{cases} I_1 - I_3 = 3.2\,[\mathrm{A}] \\ I_2 + I_3 = 1.6\,[\mathrm{A}] \\ I_2 = I_1 + I_3 \end{cases}$$

この 3 式から I_1, I_2 を消去して，

$$I_3 = -0.533\ldots\,[\mathrm{A}] \fallingdotseq -0.53\,[\mathrm{A}]$$

(答)　$-0.53\,[\mathrm{A}]$

問 7

エネルギー保存則より,

$$\frac{1}{2}C_1V_1^2+\frac{1}{2}C_2V_2^2$$
$$=\frac{1}{2}\cdot 1.0\times 10^{-6}\ [\mathrm{F}]\cdot(3.2\ [\mathrm{V}])^2+\frac{1}{2}\cdot 2.0\times 10^{-6}\ [\mathrm{F}]\cdot(1.6\ [\mathrm{V}])^2$$
$$=7.68\times 10^{-6}\ [\mathrm{J}]$$
$$\fallingdotseq 7.7\times 10^{-6}\ [\mathrm{J}]$$

(答) 7.7×10^{-6} [J]

問 7　4 点

* $\frac{1}{2}C_1V_1^2+\frac{1}{2}C_2V_2^2$ を用いる方針に 1 点

*答に 3 点