PT

直前講習

解答

Ｚ会東大進学教室

直前難関大物理

【3 回目】

問題

【1】

《解答》

I (1) 図 1 で，斜面方向の加速度を a，垂直抗力を N_0 とする．運動方程式より，

$$\text{斜面に平行：} ma = mg\sin 30^\circ$$

$$\text{垂直：} 0 = N_0 - mg\cos 30^\circ$$

$$\therefore\quad a = \frac{1}{2}g \qquad \cdots\cdots ①$$

$$N_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg \qquad \cdots\cdots ②$$

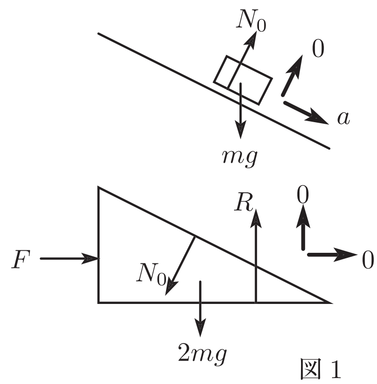

図 1

Q 点に達するまでの時間を t とすると，

$$l = \frac{1}{2}at^2 \qquad \therefore\quad t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \underline{2\sqrt{\frac{l}{g}}} \qquad (\because ①)$$

(2) 外から加えた力を F とする (図 1).
運動方程式の水平成分は，

$$0 = F - N_0\sin 30^\circ$$

$$\therefore\quad F = \underline{\frac{\sqrt{3}}{4}mg} \qquad (\because ②)$$

(3) S 点を通過するときの速さを v とする．エネルギー保存則より，

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

$$\therefore\quad v = \underline{\sqrt{2gh}}$$

(4) 図 2 で，運動方程式の水平成分は，

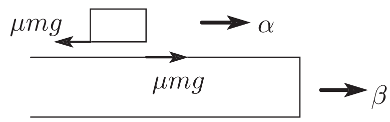

図 2

$$\text{小物体}:\ m\alpha = -\mu mg$$

$$\text{台}:\ 2m\beta = \mu mg$$

$$\therefore\quad \alpha = -\mu g, \qquad \beta = \frac{1}{2}\mu g$$

台に対する小物体の相対加速度は，

$$\alpha - \beta = -\frac{3}{2}\mu g$$

台に対して静止した位置と S 点との距離を L とすると，

$$0^2 - v^2 = 2(\alpha - \beta)L$$

$$\therefore\quad L = \frac{-v^2}{2(\alpha - \beta)}$$

$$= \underline{\frac{2h}{3\mu}}$$

ST 間の距離がこの値より大きければよい.

II (1)，(2) 床から台を見ると，運動方程式の水平成分は

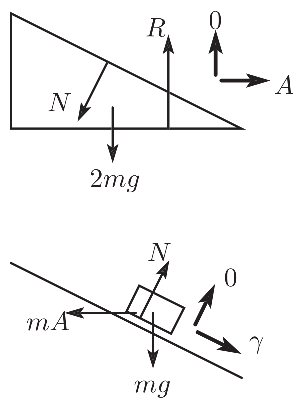

図 3

$$\underline{2mA} = -N\sin 30^\circ$$

$$\underline{= -\frac{N}{2}} \qquad \cdots\cdots③$$

台から小物体を見ると，斜面に垂直な方向について，

$$\underline{0} = N - mA\sin 30^\circ - mg\cos 30^\circ$$

$$\underline{= N - \frac{1}{2}mA - \frac{\sqrt{3}}{2}mg} \qquad \cdots\cdots④$$

③，④より，

$$N = \underline{\frac{4\sqrt{3}}{9}mg}$$

配点

I(1) 6 点　(2) 5 点　(3) 4 点　(4) 6 点　II(1) 4 点　(2) 各 4 点

【2】

《解答》

I (1) AB，AC 両端電位差が一致するので，求める電荷を $-q$ とすると，

$$\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{q}{S}x = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{2Q-q}{S}(d-x)(=V)$$
$$\therefore \quad -q = \underline{-\frac{2(d-x)}{d}Q}$$

(2) B に面した側

$$\frac{V}{x} = \underline{\frac{2Q(d-x)}{\varepsilon_0 dS}}$$

C に面した側

$$\frac{V}{d-x} = \underline{\frac{2Qx}{\varepsilon_0 dS}}$$

(3) $\underline{\varepsilon_0\frac{S}{x}}$

II (1) A の電荷 $2Q$ と C の電荷 $-(2Q-q)$ の和となるから，それを q' とおいて，

$$q' = \underline{\frac{2(d-x)}{d}Q}$$

(2) D→B 向きを正として，

$$F = \frac{1}{2\varepsilon_0}\frac{q}{S} \times \frac{2(d-x)}{d}Q = \underline{\frac{2(d-x)^2Q^2}{\varepsilon_0 Sd^2}}$$

(3)

$$\varDelta U = 0 - \frac{q'^2}{2\varepsilon_0\dfrac{S}{d}} = \underline{-\frac{2(d-x)^2Q^2}{\varepsilon_0 Sd}}$$

III (1) 両端電位差の値が両コンデンサーで等しくなり，電荷の移動が完了したとき抵抗でのジュール熱によるエネルギー消費が最大となる．このとき，

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$$

電荷保存より，

$$q_1 + q_2 = Q_1 + Q_2$$

q_2 消去で，

$$q_1 = \underline{\frac{C_1}{C_1 + C_2}(Q_1 + Q_2)}$$

(2) (1) と同様に，

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}, \qquad q_1 + q_2 = |Q_1 - Q_2|$$

$$\therefore \quad q_1 = \underline{\frac{C_1}{C_1 + C_2}|Q_1 - Q_2|}$$

(3) (2) で，

$$q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2}|Q_1 - Q_2|$$

よって減少したエネルギーは，

$$\left(\frac{{Q_1}^2}{2C_1} + \frac{{Q_2}^2}{2C_2}\right) - \left(\frac{{q_1}^2}{2C_1} + \frac{{q_2}^2}{2C_2}\right) = \underline{\frac{(C_1Q_2 + C_2Q_1)^2}{2C_1C_2(C_1 + C_2)}}$$

減少分は「抵抗におけるジュール熱として消費された.」

配点

I(1) 4 点　(2) 完答 4 点　(3) 4 点

II(1)〜(3) 各 3 点

III(1) 3 点　(2) 3 点　(3) 完答 6 点

【3】

《解答》

I (1) 圧力を P_0 とする．状態方程式は，

$$P_0(2SL) = nRT_0$$

$$\therefore \quad P_0 = \underline{\frac{nRT_0}{2SL}} \qquad \cdots\cdots ①$$

(2) ピストン A に働く力のつり合いより，ばね定数を k とすると，

$$0 = P_0S - kL$$

$$\therefore \quad k = \frac{P_0S}{L} = \underline{\frac{nRT_0}{2L^2}} \qquad \cdots\cdots ②$$

II (1) 気体の圧力は P_0 のまま変化せず，ばねの長さも $2L$ のまま変化しない．気体の体積が $\frac{3}{2}$ 倍になったから，温度も $\frac{3}{2}$ 倍になる．よって，$\underline{\frac{3}{2}T_0}$.

(2) 内部エネルギーの変化量 $\varDelta U$ は，

$$\varDelta U = \frac{3}{2}nR\left(\frac{3}{2}T_0 - T_0\right) = \frac{3}{4}nRT_0$$

気体が大気にした仕事 W は，

$$W = P_0(3SL - 2SL) = \frac{1}{2}nRT_0 \qquad (\because ①)$$

気体が得た熱量 Q は，

$$Q = \varDelta U + W$$
$$= \underline{\frac{5}{4}nRT_0}$$

■別解　定圧モル比熱 $C_p = \frac{5}{2}R$ を用いると，

$$Q = n \cdot \frac{5}{2}R\left(\frac{3}{2}T_0 - T_0\right) = \underline{\frac{5}{4}nRT_0}$$

III 十分時間が経過すると，左右の気体の圧力は等しくなり，ばねは自然長になる．エネルギー保存則,

$$(\text{内部エネルギー}) + (\text{弾性エネルギー}) = \text{一定}$$

より，求める温度を T とすると，

$$\frac{3}{2}nRT_0 + \frac{1}{2}kL^2 = \frac{3}{2}nRT + 0$$

$$\therefore \quad T = T_0 + \frac{kL^2}{3nR}$$

$$= \underline{\frac{7}{6}T_0} \qquad (\because ②)$$

IV (1) 気体の圧力を P，温度を T_1 とすると，

$$P \cdot 3LS = nRT_1$$

ピストン A に働く力のつり合いは，

$$0 = k \cdot 2L - PS$$

2 式より，

$$T_1 = \frac{6kL^2}{nR} = \underline{3T_0}$$

(2) 内部エネルギーの変化量 $\varDelta U$ は，

$$\varDelta U = \frac{3}{2}nR(3T_0 - T_0) = 3nRT_0$$

ばねにした仕事 W は，

$$W = \frac{1}{2}k(2L)^2 - \frac{1}{2}kL^2 = \frac{3}{4}nRT_0$$

気体が得た熱量 Q は，

$$Q = \varDelta U + W$$

$$= \underline{\frac{15}{4}nRT_0}$$

配点

I(1)・(2) 各 4 点　　II(1)・(2) 各 5 点　　III 6 点　　IV(1)・(2) 各 5 点

PT
直前難関大物理
【3 回目】

Z-KAI

会員番号		氏　名	