

— 東京工科大学 —

1月27日 一般選抜奨学生 入試グループA 物理

解答・解説

$$\text{① (1) AB 向の摩擦力は } R = \mu' N = \mu' mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \mu' mg \quad \text{ア}$$

摩擦力が小物体に $\vec{T} = \vec{R}$ は \vec{r}_{AB} 方向に $\Delta \vec{r} = \vec{AB}$ だけ

$$W = \vec{R} \cdot \Delta \vec{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \mu' mg \cdot h \cdot \cos 180^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} \mu' mgh \quad \text{イ}$$

A, B の位置のエネルギーは E_A と E_B (\vec{r} 方向の速度は v のとき)

$$E_A = \frac{1}{2} m 0^2 + mgh, \quad E_B = \frac{1}{2} m v_B^2 + mg \frac{h}{2}$$

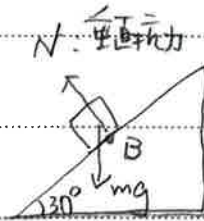
$$\text{で、 } E_A + W = E_B \quad \text{ア}$$

$$mgh - \frac{\sqrt{3}}{2} \mu' mgh = \frac{1}{2} m v_B^2 + \frac{1}{2} mgh$$

$$\Leftrightarrow v_B = \sqrt{(1 - \sqrt{3}\mu')gh} \quad \text{ウ}$$

小物体は右図のように台から垂直抗力 N

を受ける。反作用として台は小物体



から逆向きに力を受ける。(尚 $N \sin 30^\circ = mg \cos 30^\circ$)

よって台の加速度 \vec{a}_1 の向きは水平方向(右向き)であり

この加速度は上述の垂直抗力の水平成分から生じる

よって台の運動方程式の水平成分は

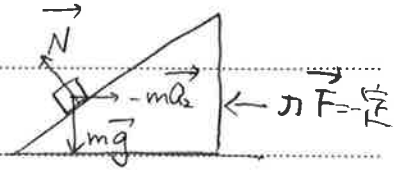
$$M a_1 = N \sin 30^\circ$$

$$\text{オ) } a_1 = \frac{1}{M} \times \frac{\sqrt{3}}{4} m g = \frac{\sqrt{3} m g}{4M} \quad \text{エ}$$

(2) 木の加速度 \vec{a}_2 は床に対して水平左向き

したがって、 \vec{a}_2 は重力 \vec{mg} の向きと同じ

小物体は慣性力 $-m\vec{a}_2$ を受ける



よって小物体は右向きに重力 \vec{mg} 、垂直反力 \vec{N} 、慣性力 $-m\vec{a}_2$

を受ける。これを静止状態と見做すことができる

$$\vec{0} = \vec{mg} + \vec{N} - m\vec{a}_2$$

これを水平、鉛直成分に分けてみる (左向きを x 軸、上向きを y 軸とする)

$$\text{水平成分: } 0 = N \sin 30^\circ - ma_2$$

$$\text{鉛直成分: } 0 = N \cos 30^\circ - mg$$

$$\text{よって } N = \frac{2}{\sqrt{3}}mg = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg \text{ 力, } a_2 = \frac{1}{\sqrt{3}}g = \frac{\sqrt{3}}{3}g \text{ 力}$$

また、木の水平方向の運動方程式は左向きを x 軸とする

$$Ma_2 = -N \sin 30^\circ + F$$

$$\text{よって } F = Ma_2 + N \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}Mg + \frac{\sqrt{3}}{3}mg$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{3}(M+m)g \text{ 力}$$

Q (1) スイッチ N_1, N_2 が閉じているとき図1の回路は下図

このとき R_3 を流れる電流 I_1 は

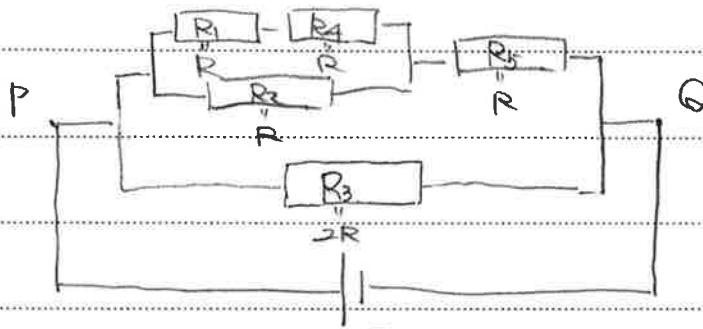
キルヒホッフ第2法則より

$$E = 2R I_1 \quad \therefore I_1 = \frac{E}{2R}$$

PQ間の合成抵抗は $\left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{2R}\right)^{-1} = R$

回路全体の電流は $\frac{E}{R} \cdot E t = \frac{E^2 t}{R}$

(2) スイッチ N_1 を閉じて N_2 を開けると図1の回路は下図



R_3 を除いた R_1, R_4, R_2, R_5 の合成抵抗は

$$\left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} + R = \frac{5}{3}R$$

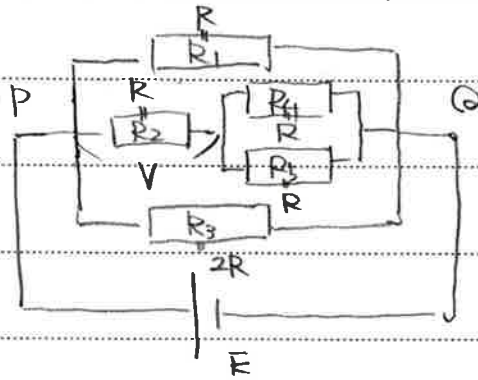
よって R_5 を流れる電流 I_2 はキルヒホッフ第2法則より

$$E = \frac{5}{3}R I_2 \quad I_2 = \frac{3E}{5R}$$

回路全体の合成抵抗は

$$\left(\frac{3}{5R} + \frac{1}{2R}\right)^{-1} = \left(\frac{11}{10R}\right)^{-1} = \frac{10}{11}R$$

(3) R_1, R_2 が流れる電流をそれぞれ I_1, I_2 とする。図 1 の回路の電圧 V を求めよ。



R_4 と R_5 の合成抵抗は $(\frac{1}{R} + \frac{1}{R})^{-1} = \frac{R}{2}$ であり、 R_2 に流れる電流 I_2 は

$$V = \frac{2}{3}E \quad (\text{R}_2 \text{ と } R_3 \text{ の合成抵抗} : R_4 \text{ と } R_5 \text{ の合成抵抗} = 2 : 1)$$

と、 R_2 の分枝部分の合成抵抗は $R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$ である。

R_2 に流れる電流 I_2 は $\frac{3}{2}RI_2 = E$

$$I_2 = \frac{2E}{3R}$$

よって R_4 に流れる電流 I_4 は $I_2 \times \frac{1}{2} = \frac{E}{3R}$ である。

以上より、合成抵抗は

$$\left(\frac{1}{R} + \frac{2}{3R} + \frac{1}{2R}\right)^{-1} = \left(\frac{13}{6R}\right)^{-1} = \frac{6}{13}R$$

3 (1) 圧力 = 一定、体積変化がある。よって理想気体が外部に仕事を

$$\text{1仕事 } W_{\text{out}} = p\Delta V = nR\Delta T \quad \text{である}$$

$$n = 4 \text{ [mol]}, \quad R = 8.3 \text{ [J/(mol}\cdot\text{K)]}, \quad \Delta T = 30 \text{ [K]} \quad \text{を代入する}$$

$$W_{\text{out}} = 996 \text{ [J]}$$

圧 = 内部圧力 = n = 原子量、単原子分子理想気体の

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$\text{よってこの値を代入すると} \quad \Delta U = \frac{3}{2} \times 996 = 1494 \text{ [J]} \quad ?$$

$$(2) \quad \text{レンズの公式} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{に代入して}$$

$$a = 30 \text{ [cm]}, \quad f = -20 \text{ [cm]} \quad \text{を代入する}$$

$$b = -12 \text{ [cm]}$$

よって、像は正立した虚像で、後方に $1 = 0$ から 12 cm の位置にできる。

* 凸面鏡に注意すると、(凸レンズとは異なる)

総評

講評

全体的に見れば、基本的な問題ばかりだが、①の台が重くとき、②のスイッチの点と閉じるときはミスが起きやすく、速く解けるというワザはなし。③が最も問題数が少なく簡単だが、凸面鏡なので凸レンズと勘違いしやすいように解けるというワザはなし。④は解くのに少し時間がかかるが、工夫で解ける。心理的に早くに解けたことを知れたい。

△合格ラインは受験者数にもよりますが、割と前後のラインはいい。

以上