# 令和７年度 熊本大学個別学力検査（前期日程）【物理】　解答例

## $\boxed{1}$ 解答例

(1) $\theta$ が $30°$ と $60°$ のときについて、それぞれの力を分解して

$$F_0 = \frac{mg}{2}\frac{1}{\cos 30°} = \frac{mg}{2}\frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}mg\,[\mathrm{N}]$$

$$F_1 = \frac{mg}{2}\frac{1}{\cos 60°} = \frac{mg}{2}\frac{2}{1} = mg\,[\mathrm{N}]$$

(2) 重りが床の上にあるとき、$\theta = 30°$ なので、滑車の床からの高さは $\sqrt{3}w$ である。重りの高さと滑車の高さの差は $\frac{w}{\tan\theta}$ なので、重りの床からの高さは $\sqrt{3}w - \frac{w}{\tan\theta}$ となる。従って、$\theta = 30°$ に対して、

$$U_1 = mg\left(\sqrt{3}w - \frac{w}{\tan 30°}\right) = mg\left(\sqrt{3}w - \frac{w}{\sqrt{3}}\right) = \frac{2\sqrt{3}}{3}mgw\,[\mathrm{J}]$$

(3) 与えられた条件より $\theta = 45°$ が求まるので、

$$U_1 = mg\left(\sqrt{3}w - \frac{w}{\tan 45°}\right) = mg\left(\sqrt{3}w - w\right) = \left(\sqrt{3}-1\right)mgw\,[\mathrm{J}]$$

(4) 初期のロープの長さは $2w$、ロープを引っ張り $\theta = 60°$ になったときの長さは $\frac{2\sqrt{3}}{3}w$ となる。従って、ロープの変化量は

$$s_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}w - 2w = -\frac{2}{3}\left(3-\sqrt{3}\right)w\,[\mathrm{m}]$$

ただし、変化量の大きさを考えて

$$s_1 = \frac{2}{3}\left(3-\sqrt{3}\right)w\,[\mathrm{m}]$$

も正解。

(5) 重りの上昇する速さは $\frac{v_1}{\cos 60°} = 2v_1$ なので、重りの運動エネルギー $K_1$ は、

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = 2mv_1^2\,[\mathrm{J}]$$

力学的エネルギー $E_1$ は、問２の位置エネルギー $U_1$ を足し合わせることで、

$$E_1 = 2mv_1^2 + \frac{2\sqrt{3}}{3}mgw\,[\mathrm{J}]$$

# $\boxed{2}$ 解答例

(1) キルヒホッフの法則から

$$R_3 I_1 - R_4 I_2 = 0$$
$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0$$

なので、

$$\underline{R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2}}\ [\Omega]$$

(2) $0[^\circ\mathrm{C}]$ のときの抵抗値 $R_0$ は、

$$R_0 = \rho_0 \frac{L}{S}\ [\Omega]$$

$T[^\circ\mathrm{C}]$ のときの抵抗値 $R$ は、

$$\underline{R = (1+\alpha T)\,\rho_0 \frac{L}{S}}\ [\Omega]$$

これらから $T$ について解くと、

$$\underline{T = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right)}\ [^\circ\mathrm{C}]$$

(3) 問 1 で求めたブリッジ平衡条件より、

$$\frac{R_3}{2r+R} = \frac{R_1}{R_2}$$

なので、

$$\underline{R = \frac{R_2 R_3}{R_1} - 2r}\ [\Omega]$$

(4) 問 2, 3 より、

$$\underline{T_1 = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R_2 R_3}{R_0 R_1} - \frac{2r}{R_0} - 1\right)}\ [^\circ\mathrm{C}]$$

(5) ブリッジ平衡条件より、

$$\frac{r+R_3}{r+R} = \frac{R_1}{R_2}$$

なので、

$$\underline{R = \frac{R_2}{R_1}(r+R_3) - 2r}\ [\Omega]$$

$$\underline{T_2 = \frac{1}{\alpha}\left[\frac{R_2}{R_0 R_1}(r+R_3) - \frac{r}{R_0} - 1\right]}\ [^\circ\mathrm{C}]$$

(6) (答) 図 3 の回路
(理由) $R_1 = R_2$ とすることで、図 3 の回路を用いると

$$\underline{T_2 = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R_3}{R_0} - 1\right)}\ [^\circ\mathrm{C}]$$

となり、$r$ に依らない計算で温度を求めることができるため。

# $\boxed{3}$ 解答例

(1)

$$\frac{hc}{\lambda_0}$$

(2) 問 1 の解答より、

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2$$

(3)

$$\frac{h}{\lambda_0}$$

(4) 問 3 の解答より、

$$\frac{h}{\lambda_0} = \frac{h}{\lambda'}\cos\phi + mv\cos\theta \quad : x \text{ 方向}$$

$$0 = \frac{h}{\lambda'}\sin\phi - mv\sin\theta \quad : y \text{ 方向}$$

(5) 問 4 の運動量保存の式を $\theta$ と $\phi$ に分離し、2 乗和をとると

$$h^2\left[\frac{1}{\lambda_0^2} + \frac{1}{\lambda'^2} - 2\frac{1}{\lambda_0\lambda'}\cos\phi\right] = m^2v^2$$

また、問 2 の解答より、両辺に質量 $m$ をかけて、

$$m^2v^2 = 2mhc\left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda'}\right)$$

これらより $m^2v^2$ を消去し、両辺に $\frac{\lambda_0\lambda'}{mhc}$ をかけて近似式を用いると、

$$2(\lambda' - \lambda_0) = \frac{h}{mc}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda'} + \frac{\lambda'}{\lambda_0} - 2\cos\phi\right) \simeq 2\frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$$

$$\therefore \Delta\lambda = \lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$$

(6) 図 1 の配置から、$\alpha = \phi = 90^\circ$ である。これを問 5 の解答に入れると、

$$\lambda' = \lambda_0 + \frac{h}{mc} \simeq 7.33 \times 10^{-11}\ [\mathrm{m}]\ \left(= 0.0733\ [\mathrm{nm}]\right)$$