

## 第 1 問

問 1 糸  $\beta$  の張力の大きさを  $T$ ，物体 A, B の鉛直上向きの加速度の大きさを  $a$ ，重力加速度の大きさを  $g$  とする。物体 A, B に対する運動方程式より，

$$A : 5a = 200 - 5g - T$$

$$B : 15a = T - 15g$$

2 式より  $T = 150 = 1.5 \times 10^2 \text{ N}$  となる。

問 2 オームの法則より，この金属線の抵抗値は  $\frac{1.6}{5.0} = 0.32 \Omega$  である。求める抵抗率を  $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$  とする

と，抵抗値の形状依存性の式  $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$  より，

$$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{0.32 \cdot 1.2 \times 10^{-7}}{2.4} = 1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

問 3 金属球の比熱を  $c [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$  とする。熱量の保存より，

$$200 \cdot 4.2 \cdot 20 + 110 \cdot 20 = 1000 \cdot c \cdot 50 \quad \therefore c = 0.38 = 3.8 \times 10^{-1} \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$$

## 第 2 問

問 1 糸 1 の張力の大きさを  $T_0$  とすると、動滑車  $P_2$  にはたらく力のつり合いより、糸 2 の張力の大きさは  $2T_0$  である。小物体 A に加えている力の大きさを  $F$  とすると、小物体 A、B にはたらく力のつり合いより、

$$\text{小物体 A : } T_0 + F = mg \quad \cdots \text{①}$$

$$\text{小物体 B : } 2T_0 = mg \quad \cdots \text{②}$$

①, ②より、

$$F = \frac{1}{2}mg$$

問 2 小物体 A の変位の大きさは、小物体 B の 2 倍である。よって、小物体 A の加速度の大きさも、小物体 B の加速度の大きさの 2 倍となる。

問 3 小物体 A の加速度の大きさを  $a_A$ 、糸 1 の張力の大きさを  $T$  とすると、小物体 B の加速度の大きさは  $\frac{1}{2}a_A$  であり、糸 2 の張力の大きさは  $2T$  である。小物体 A、B の運動方程式より、

$$\text{小物体 A : } ma_A = mg - T \quad \cdots \text{③}$$

$$\text{小物体 B : } m \cdot \frac{1}{2}a_A = 2T - mg \quad \cdots \text{④}$$

③, ④より、

$$a_A = \frac{2}{5}g$$

問 4 小物体 A の速さを  $v$  とすると、小物体 B の速さは  $\frac{1}{2}v$  である。したがって、小物体 A、B の運動

エネルギーはそれぞれ  $\frac{1}{2}mv^2$  と  $\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v\right)^2 = \frac{1}{8}mv^2$  となり、小物体 A の運動エネルギーは小物体 B の運動エネルギーの 4 倍である。

問 5 小物体 A が下降した距離を  $h_A$  とすると、小物体 B が上昇した距離は  $\frac{1}{2}h_A$  である。小物体 A と小物体 B の高低差が  $h$  であるから、

$$h_A + \frac{1}{2}h_A = h \quad \therefore h_A = \frac{2}{3}h$$

したがって、はじめの高さから小物体 A は  $\frac{2}{3}h$  だけ下降し、小物体 B は  $\frac{1}{3}h$  だけ上昇している。は

じめの高さを重力による位置エネルギーの基準とした力学的エネルギー保存則より、

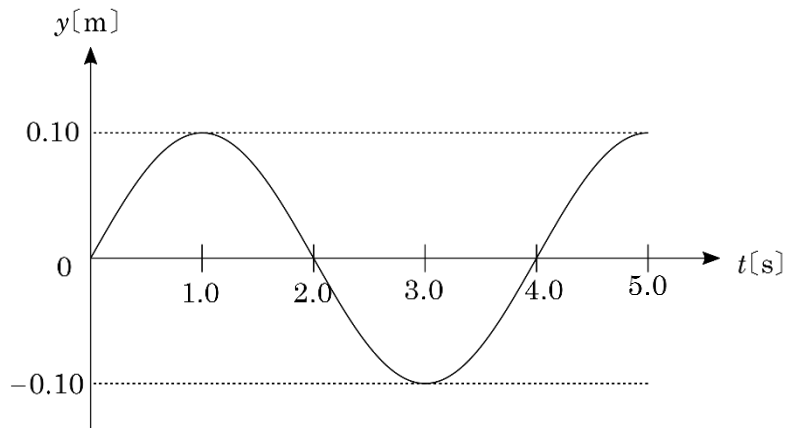
$$\left(\frac{1}{2}mv^2 - mg \cdot \frac{2}{3}h\right) + \left(\frac{1}{8}mv^2 + mg \cdot \frac{1}{3}h\right) = 0 \quad \therefore v = 2\sqrt{\frac{2gh}{15}}$$

第3問

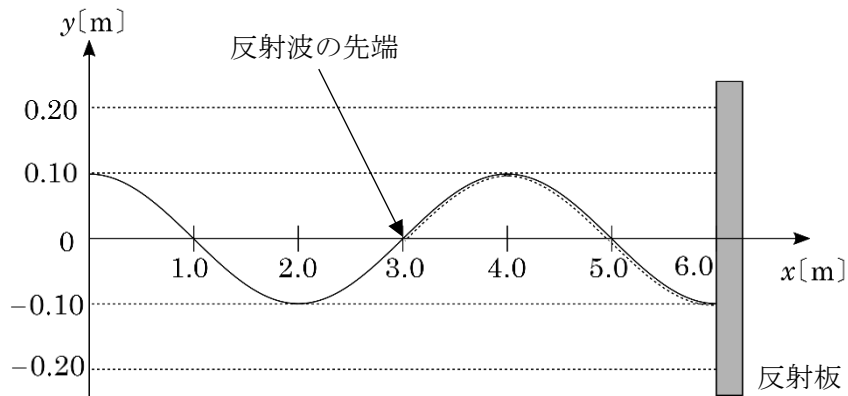
問1 図より、波長は4.0mである。よって波の基本式より、求める振動数を $f$ とすると、

$$v = f\lambda \quad \Rightarrow \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{4} = 0.25\text{Hz}$$

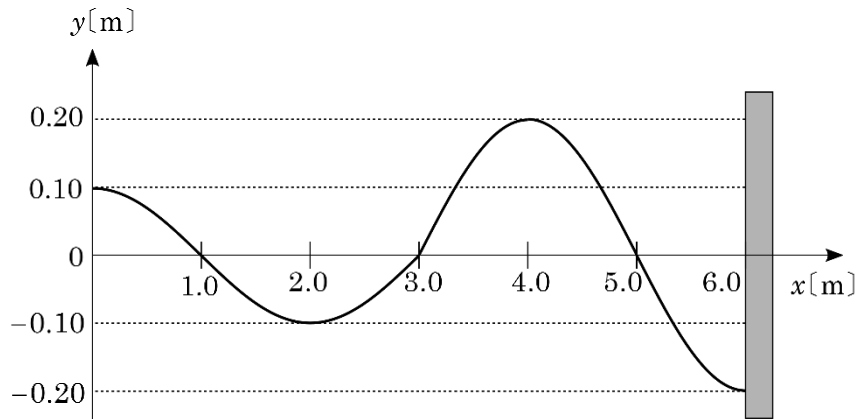
問2  $t = 5.0\text{s}$ のとき、反射波の先頭はまだ $x = 1.0\text{m}$ には達していないことに注意する。 $t = 0\text{s}$ のとき $x = 1.0\text{m}$ の媒質の変位は $y = 0\text{m}$ 、また $t = 0\text{s}$ からわずかに時間が経過すると、この媒質は $+y$ 方向に変位するので、求める振動グラフは $+\sin$ 型となる。周期が4.0sであることから、以下のようなグラフとなる。



問3  $t = 4.0\text{s}$ では反射波の先端は $x = 3.0\text{m}$ に達しており、この時刻における入射波と反射波の波形は図のようになっている。実線は入射波を、点線は反射波を表している。



よって、合成波の変位は以下の図のようになる。



問4 反射板は自由端であることから、反射板の位置 ( $x = 6.0\text{m}$ ) は定在波の腹となる。また、

$\frac{1}{4}\lambda = 1.0\text{m}$  で腹と節が等間隔で並ぶので、観測される定在波の節の位置は、

$$x = 5.0\text{m}, 3.0\text{m}, 1.0\text{m}$$

である。

問5 反射波の先端が  $x = 0\text{m}$  に達したとき、つまり時刻  $t = \frac{7.0\text{m}}{1.0\text{m/s}} = 7.0\text{s}$  のとき、観測される定在波

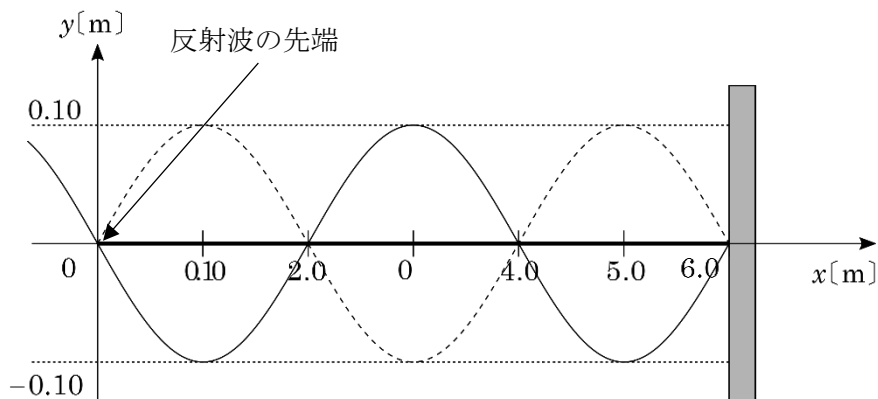
の変位  $y[\text{m}]$  が、 $0\text{m} \leq x \leq 6.0\text{m}$  のすべての位置で  $0\text{m}$  となることがわかる。下図はその様子であ

り、実線は入射波を、破線は反射波を、太線は合成波を表している。これが  $\frac{1}{2}$  周期、つまり  $2.0\text{s}$  ご

とに繰り返されるので、求める時刻  $t[\text{s}]$  は、

$$t = 7.0 + 2.0k [\text{s}]$$

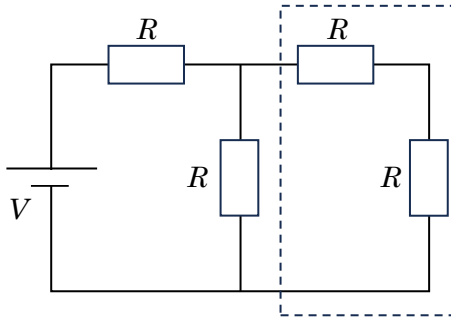
と表せる。



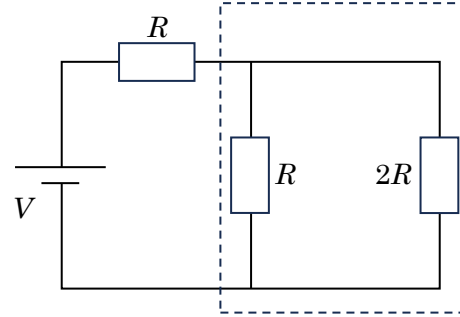
第 4 問

問 1 図のように合成していくことにより、回路全体の合成抵抗を  $R_1$  とすると、

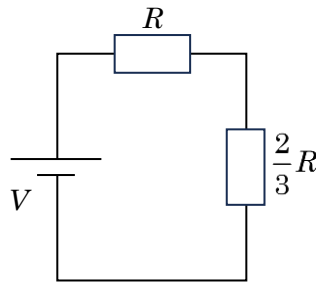
$$R_1 = R + \frac{2}{3}R = \frac{5}{3}R$$



$R$  と  $R$  の直列接続  
 $R + R = 2R \rightarrow$  合成抵抗  $2R$



$R$  と  $2R$  の並列接続  
 $\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{2R} \rightarrow$  合成抵抗  $\frac{2}{3}R$



問 2 起電力の大きさ  $V$  の電池に抵抗値  $R_1$  の抵抗が接続されている回路とみなせるから、電池を流れる電流の大きさを  $I_1$  とすると、

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{3V}{5R}$$

問 3 回路全体で消費される電力を  $P_1$  とすると、

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{3V^2}{5R}$$

問 4 下図の点線で囲まれた部分は図 4-1 の回路の抵抗部分と同じである。したがって、この部分は抵抗値  $R_1$  の抵抗に置き換えられる。抵抗値  $R_1$  の抵抗と抵抗値  $R$  の抵抗の並列部分の合成抵抗を  $R'$  とすると、

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{3}{5R} \quad \therefore R' = \frac{5}{8}R$$

したがって、回路全体の合成抵抗を  $R_2$  とすると、

$$R_2 = R + R' = \frac{13}{8}R$$

回路は起電力の大きさ  $V$  の電池に抵抗値  $R_2$  の抵抗が接続されている回路とみなせるから、回路全体で消費される電力を  $P_2$  とすると、

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{8V^2}{13R}$$

