解答

問 1

(1) 加速度を a とすると

運動方程式 $F - Mg\mu' = (m + M)\,a$

より　$a = (F - Mg\mu')/(m + M)$

(2) 運動方程式 $T = ma$ に上記の a を代入し，$T = (F - Mg\mu')m/(m + M)$

(3) 力を加えなくなった瞬間からの時刻 t における物体 B の速度をv_B とすると

$v_B = v - g\mu' t$

$v_B = 0$ となる t は $t = v/(g\mu')$

(4) 糸の長さを l とすると $l = x_A - x_B = vt - (vt - g\mu' t^2/2)$

(3) より　$l = v^2/(2\,g\mu')$

問 2

(1) 外力がした仕事はばねに蓄えられた弾性エネルギーに等しいので

$kd^2/2$

(2) 速さを v とすると，力学的エネルギー保存則より

$kd^2/2 = (m + M)v^2/2$

従って $v = d\sqrt{k/(m + M)}$

(3) 伸びの最大値をx_{max}とすると，力学的エネルギー保存則より

$kx_{max}^2/2 = mv^2/2$

(2) より $x_{max} = d\sqrt{m/(m + M)}$

問 3　解答例

まずは D の温度 T_D について求める．

$$\frac{p_A \times V_A}{T_A} = \frac{p_D \times V_D}{T_D}$$

$$\frac{(2.0 \times 10^5) \times (2.0 \times 10^{-3})}{1.0 \times 10^2} = \frac{(2.0 \times 10^5) \times (3.0 \times 10^{-3})}{T_D}$$

$$T_D = 1.50 \times 10^2$$

次に，C および D の圧力と体積から温度 T_C を求める．

$$\frac{p_D \times V_D}{T_D} = \frac{p_c \times V_c}{T_c}$$

$$\frac{(2.0 \times 10^5) \times (3.0 \times 10^{-3})}{1.5 \times 10^2} = \frac{(3.0 \times 10^5) \times (3.0 \times 10^{-3})}{T_c}$$

$$\frac{6.0 \times 10^2}{1.5 \times 10^2} = \frac{9.0 \times 10^2}{T_c}$$

$$T_c = 2.25 \times 10^2$$

従って，B⇒C 間は等温変化であり $T_C = T_B$ のため，B の温度 T_B は 2.25×10^2 K（または 225K）となる．

次に，B の体積は A と同じであることから圧力 p_B を求める．

$$\frac{p_A \times V_A}{T_A} = \frac{p_B \times V_B}{T_B}$$

$$\frac{(2.0 \times 10^5) \times (2.0 \times 10^{-3})}{1.0 \times 10^2} = \frac{p_B \times (2.0 \times 10^{-3})}{2.25 \times 10^2}$$

$$\frac{4.0 \times 10^2}{1.0 \times 10^2} = \frac{p_B \times (2.0 \times 10^{-3})}{2.25 \times 10^2}$$

$$p_B = 4.50 \times 10^5$$

∴ B の圧力 p_B は　$p_B = 4.50 \times 10^5$　Pa である．

問 4　解答例

まずは R2 と R3 の合成抵抗 R_{23} を求める.

$$
\begin{aligned}
R_{23} &= R2 + R3 \\
&= 35 + 15 \\
&= 50\ \Omega
\end{aligned}
$$

次に A-B 間の合成抵抗を R_{AB} 求める

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{50}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{5}{100} + \frac{2}{100} = \frac{7}{100}$$

$$R_{AB} = \frac{7}{100} = 14.285\ldots \quad \fallingdotseq 14.3\Omega$$

従って A-B 間の合成抵抗は 14.3Ω となる.

次に各抵抗の消費電力を求めるには，まず各抵抗に流れる電流を計算する.
R1 に流れる電流を I_1，R_{23} に流れる電流を I_{23} とする.

$$I = I_1 + I_{23}$$
$$I = V/R_{AB}$$

$$I_1 = V/R_1 = 5/20 = 0.250\text{A}$$
$$I_2 = V/R_{23} = 5/50 = 0.100\text{A}$$

これにより各抵抗の消費電力を P_1，P_2，P_3 として求める.

$$P_1 = V \cdot I_1 = 5 \times 0.25 = 1.25\text{W}$$
$$P_2 = R2 \cdot I_2{}^2 = 0.350\text{W}$$
$$P_3 = R3 \cdot I_3{}^2 = 0.150\text{W}$$

従って，各抵抗の消費電力は $P_1 = 1.25$W，$P_2 = 0.350$W，$P_3 = 0.150$W である.