I. 解答例

1. a. つりあいの式は，それぞれ

$$mg\sin 30^\circ = F + T, \qquad T = Mg$$
$$mg/2 = F + T, \qquad T = Mg$$

b. 垂直抗力が $mg\cos 30^\circ$ で，摩擦力の最大値は $|F| \leq \mu mg\cos 30^\circ = \mu mg\sqrt{3}/2$ なので，前問より，$M = m/2 - F/g$ だから，M の最大値は $m/2 + \mu m\sqrt{3}/2 = m(1+\sqrt{3}\mu)/2$，最小値は $m/2 - \mu m\sqrt{3}/2 = m(1-\sqrt{3}\mu)/2$ である。よって，つりあう場合の M の範囲は，

$$\frac{m(1-\sqrt{3}\mu)}{2} \leq M \leq \frac{m(1+\sqrt{3}\mu)}{2}$$

c. ひもの長さが変わらないため，斜面上の物体が斜面を下る向きの加速度とおもりの鉛直上向きの加速度は同じである。どちらの加速度も a とする。動摩擦力は $\mu' mg\cos 30^\circ = \mu' mg\sqrt{3}/2$ なので，

$$ma = \frac{mg}{2} - \frac{\sqrt{3}\mu' mg}{2} - T, \qquad Ma = T - Mg$$

d. 前問の 2 式の和より，$(m+M)a = mg/2 - \mu' mg\sqrt{3}/2 - Mg$ よって，加速度の大きさは，

$$a = \frac{(m - \mu' m\sqrt{3} - 2M)g}{2(m+M)}$$

e. 等加速度直線運動なので，(初期条件 $t=0$ で位置 $x=0$，速度 $v=0$)

$$x = \frac{at^2}{2} = \frac{(m - \mu' m\sqrt{3} - 2M)gt^2}{4(m+M)}$$

2.　a. 万有引力の大きさ F は,

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

b. 星 2 の向心力を F_2 として,

$$F_2 = m_2R\omega^2$$

c. 向心力は万有引力であるため, $m_2R\omega^2 = Gm_1m_2/R^2$。よって, $\omega = \sqrt{Gm_1/R^3}$ である。周期は,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{Gm_1}}$$

d. 星 1, 星 2 の向心力を F_1, F_2, 回転中心から星 1, 星 2 までの距離を r_1, r_2 として, $r_1 = r_2 = R/2$, $m_1 = m_2 = m$ より,

$$F_1 = m_1r_1\omega^2 = \frac{mR\omega^2}{2}, \quad F_2 = m_2r_2\omega^2 = \frac{mR\omega^2}{2}$$

e. 向心力は万有引力であるため, $mR\omega^2/2 = Gm^2/R^2$。よって, $\omega = \sqrt{2Gm/R^3}$ である。周期は,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{2Gm}}$$

II. 解答例

1. a. $E = \dfrac{V}{l}$

b. $F = eE = \dfrac{eV}{l}$

c. 力のつり合い $kv = \dfrac{eV}{l}$ より $v = \dfrac{eV}{kl}$

d. 電子数 $N = nvS = \dfrac{neVS}{kl}$

e. 電流 $I = eN = \dfrac{ne^2VS}{kl}$

f. 導体の抵抗 $R = \rho\dfrac{l}{S}$ より $\rho = \dfrac{k}{ne^2}$

g. 仕事率 P は，速さ v で進む自由電子が力 $F = eE$ にされる仕事率 Fv に等しいので，

$$P = Fv = \frac{eV}{l}\frac{eV}{kl} = \frac{e^2V^2}{kl^2}$$

h. 単位時間あたりに発生するジュール熱 Q は，導体中の nlS 個の全自由電子が電場からされる仕事率に等しいので，

$$Q = nlSP = \frac{ne^2SV^2}{kl}$$

2. a. y 軸正の向きに動かすにつれて，コイルを貫く x 軸負の向きの磁束が減少するので，x 軸負の向きに磁束が生じるように誘導電流が流れる。よって答えは（イ）。

b. z 軸正の向きに動かしても，コイルを貫く磁束は変化しないので，コイルに誘導起電力は発生せず誘導電流は流れない。よって答えは（オ）。

c. y 軸正の向きに動かしたとき，コイルを垂直に貫く磁束は，$x > 0$ の領域では常に y 軸正の向きであり，$x < 0$ の領域では常に y 軸負の向きである。$x > 0$ の領域と $x < 0$ の領域で，それぞれの磁束の大きさは等しいので，コイルを貫く全体の磁束は 0 のまま変化しない。よって答えは（オ）。

d. 図 2 の状態から x 軸正の向きに動かすにつれて，始めはコイルを垂直に貫く磁束が y 軸正の向きに増大する。このとき，磁束の増大を妨げる向きに誘導起電力が発生し，P→S→R→Q→P の向きに誘導電流が流れる。その後，x が大きくなるにつれて，コイルを垂直に貫く磁束が y 軸正の向きに減少に転じるので，誘導電流の向きは逆向きになる。よって答えは（エ）。

III. 解答例

1. a. 状態方程式 $p_1 V_A = RT_1$ より，$V_A = \dfrac{RT_1}{p_1}$.

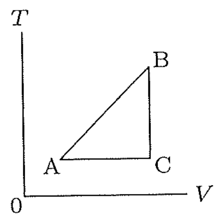
b. 状態Bの体積が $V_B = \dfrac{RT_2}{p_1}$ なので，$W = p_1(V_B - V_A) = R(T_2 - T_1)$.

$Q = W + C_V(T_2 - T_1) = (C_V + R)(T_2 - T_1)$.

c. p と T の比例関係より，B→Cは定積変化．$V_C = V_B = \dfrac{RT_2}{p_1}$.

d. $W' = 0$. $Q' = C_V(T_1 - T_2) = -C_V(T_2 - T_1)$.

e.



f. $C_V + R = 3.5R$ より，$C_V = 3.5R - R = 2.5R$.

2. a. 油の中の光速は $\dfrac{3.0 \times 10^8\mathrm{m/s}}{1.5} = 2.0 \times 10^8\mathrm{m/s}$.

b. 真空中の波長が $1.5 \times (4.0 \times 10^{-7}\mathrm{m}) = 6.0 \times 10^{-7}\mathrm{m}$ なので，

振動数は $\dfrac{3.0 \times 10^8\mathrm{m/s}}{6.0 \times 10^{-7}\mathrm{m}} = 5.0 \times 10^{14}\mathrm{Hz}$.

3. a. $at - bx = a\left(t - \dfrac{b}{a}x\right) = \dfrac{2\pi}{T}\left(t - \dfrac{x}{v}\right)$ より，$T = \dfrac{2\pi}{a}$，$v = \dfrac{a}{b}$.

b. $y|_{t=0} = A\sin(-bx) = -A\sin bx = \dfrac{A}{2}$ より，$\sin bx = -\dfrac{1}{2}$.

したがって，$-\dfrac{3\pi}{2b} < x < \dfrac{3\pi}{2b}$ を満たす x は，$-\dfrac{5\pi}{6b}$，$-\dfrac{\pi}{6b}$，$\dfrac{7\pi}{6b}$.