

第1問

問1

(1) 運動方程式

$$m_E \frac{v^2}{r} = \frac{GMm_E}{r^2}$$

(2)

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

(3)

$$E = -\frac{GMm_E}{2r}$$

問2

$$v_1 = \sqrt{\frac{2GM}{3R}}$$

問3

$$1 - \frac{m}{m_0} \quad \text{倍}$$

問4

$$m_1 = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) m_0$$

問5

$$m_2 = \frac{1}{2} m_0$$

問6

$$0 < m < m_1$$

(カ)

$$m_1 < m < m_2$$

(ウ)

$$m_2 < m$$

(キ)

第2問

問1

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

問2

$$\frac{E}{2R}$$

問3

$$V_X = \frac{1}{2}E$$

$$V_Y = \frac{3}{4}E$$

問4

C_1 に蓄えられるエネルギー

$$\frac{1}{32}CE^2$$

C_2 に蓄えられるエネルギー

$$\frac{1}{32}CE^2$$

問5

ア $\sqrt{\frac{2}{LC}}$

イ $\frac{1}{16}CE^2$

ウ $\frac{1}{2}LI_0^2$

エ $\frac{E}{4}\sqrt{\frac{2C}{L}}$

第3問

ア $2mv_x$

イ $\frac{v_x}{2L}$

ウ $\frac{Nm\overline{v_x^2}}{L}$

エ $\frac{Nm\overline{v^2}}{3LS}$

オ $\frac{3NRT}{2N_A}$

カ $(-v_x - 2u, v_y, v_z)$

キ $\frac{mv_x^2 u \Delta t}{L}$

キの導出過程

衝突1回あたりの運動エネルギーの増加量を $\Delta\varepsilon$ とすると、カより

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{2}m\left\{(-v_x - 2u)^2 + v_y^2 + v_z^2\right\} - \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) = \frac{1}{2}mv_x^2\left\{\left(1 + \frac{2u}{v_x}\right)^2 - 1\right\}$$

近似式より、 $\left(1 + \frac{2u}{v_x}\right)^2 \doteq 1 + \frac{4u}{v_x}$ $\Delta\varepsilon \doteq 2mv_x u$ 衝突回数 $c\Delta t = \frac{v_x}{2L}\Delta t$ であるので、

$$\Delta t \text{ での運動エネルギーの増加量 } \Delta\varepsilon \times \frac{v_x}{2L}\Delta t = \frac{mv_x^2 u \Delta t}{L}$$

ク $p\Delta V$

第4問

問1

③

問2

$$\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$$

問3

$$\frac{\sqrt{2}V + v_0}{\sqrt{2}V} f$$

問4

①

問5

$$\frac{\sqrt{2}V - v_0}{\sqrt{2}V - v_s} f$$

問6

(ウ)

問7

振動数

$$f = 720 \quad [\text{Hz}]$$

速さ

$$v_s = 20 \quad [\text{m/s}]$$