1

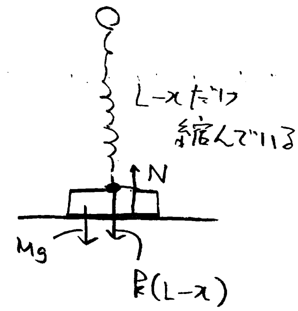
(1) $kx_0 = mg$ より $x_0 = \dfrac{mg}{k}$

(2) 公式 $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

(3) 振動中心はつりあいの位置だから $x = L - x_0$.

振幅は d. で $x = L - x_0 - d$ から振動を始めるので

$$x = L - x_0 - d\cos\omega t \qquad (え)$$



(4) ばねは $L - x$ だけ縮んでいるので

$$F = -k(L-x) = -k(L - L + x_0 + d\cos\omega t) = -kx_0 - kd\cos\omega t$$
$$= -mg - kd\cos\omega t$$

(5) $N = Mg + k(L-x) = (m+M)g + kd\cos\omega t$

(6) $\cos\omega t = -1$ のとき (N の最小値) に $N = 0$ となる.

$$0 = (m+M)g - kd_0 \qquad d_0 = \frac{(m+M)g}{k}$$

(7) $N = 0$ のときだから

$$(m+M)g + kd\cos\omega t_1 = 0 \qquad \cos\omega t_1 = -\frac{(m+M)g}{kd} = -\frac{d_0}{d}$$

(8) このとき

$$x = L - x_0 - d \times \left(-\frac{d_0}{d}\right) = L - x_0 + d_0 = L - \frac{mg}{k} + \frac{(m+M)g}{k} = L + \frac{Mg}{k}$$

(9) $\dfrac{dx}{dt} = d\omega\sin\omega t$ に $t = t_1$ を代入

$$d\omega\sin\omega t_1 = d\omega\sqrt{1 - \cos^2\omega t_1} = d\omega\sqrt{1 - \frac{d_0^2}{d^2}} = \omega\sqrt{d^2 - d_0^2}$$

(10) 飛び上がるまで重心は $z = \dfrac{m}{m+M}x = \dfrac{m}{m+M}(L - x_0 - d\cos\omega t)$

その後. (9) の速度 $\times \dfrac{m}{m+M}$ で飛び上がったときは加速度 $-g$ の等加速度運動を行う. また

$t = t_2$ のとき、$t = 0$ のときよりも縮むと、エネルギー的におかしいので. (b).

[2] (1) $p_0 L^3 = 1\cdot R\cdot T$.　$R = kN_A$ より　$p_0 = \underline{\frac{kN_AT}{L^2}}$ (ア)

(2) $p_0(L^3)^\gamma = p_1(L^2(L-\Delta z))^\gamma$ より $p_1 = \underline{p_0\left(1-\frac{\Delta z}{L}\right)^{-\gamma}}$ (イ) $\fallingdotseq p_0\left(1+\gamma\frac{\Delta z}{L}\right) = \underline{p_0\left(1+\frac{5\Delta z}{3L}\right)}$ (ウ)

(3) $\underline{2mv_z}$ (エ)

往復にかかる時間は $\frac{2L}{v_z}$，したがって1秒間に $\frac{v_z}{2L}$ 回衝突するので

$$N_c = \frac{v_z}{2L}\times t = \underline{\frac{v_zt}{2L}}\text{ (オ)}$$

1つの分子がおよぼす平均の力は $2mv_z\times\frac{v_zT}{2L}\times\frac{1}{t} = \frac{mv_z^2}{L}$

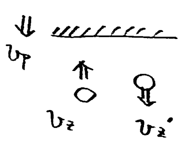
1molの分子のおよぼす力は $\frac{m\overline{v_z^2}}{L}\times N_A$

圧力は $\frac{m\overline{v_z^2}N_A}{L}\times\frac{1}{L^2} = \underline{\frac{m\overline{v_z^2}N_A}{L^3}}$ (カ)

数値を代入 $\frac{kN_AT}{L^2} = \frac{m\overline{v_z^2}N_A}{L^3}$ より $\sqrt{\overline{v_z^2}} = \sqrt{\frac{kT}{m}} = \sqrt{\frac{1.4\times10^{-23}\times300}{1.4\times10^{-25}}} = \sqrt{3}\times10^2 = 170$

$\underline{(d)}$ (キ)

(4)



$$\frac{-v_z'-(-v_p)}{v_z-(-v_p)} = -1,\quad v_z' = \underline{v_z+2v_p}\text{ (ク)}$$

$$\Delta\varepsilon = \frac12 m(v_z+2v_p)^2 - \frac12 mv_z^2 = 2mv_zv_p + 2mv_p^2 \fallingdotseq \underline{2mv_zv_p}\text{ (ケ)}$$

1つの分子のエネルギー変化を Δe とする

$$\Delta e = 2mv_zv_p\times\frac{v_zt}{2L}\times\frac{\Delta t}{t} = \frac{mv_z^2v_p}{L}\Delta t$$

$$\Delta E = \frac{m\overline{v_z^2}v_p}{L}\Delta t\times N_A = \frac{m\overline{v_z^2}N_Av_p}{L}\Delta t = \underline{\frac{m\overline{v_z^2}N_A}{L}\Delta z}\text{ (コ)}$$

$$E = \frac12 m\overline{v^2}\times N_A = \underline{\frac32 m\overline{v_z^2}N_A}\text{ (サ)}$$

$$E+\Delta E = U = \frac32 RT_b = \underline{\frac32 p_bL^2(L-\Delta z)}\text{ (シ)}$$

$$\frac32 m\overline{v_z^2}N_A + \frac{m\overline{v_z^2}}{L}N_A\Delta z = \frac32 p_bL^2(L-\Delta z)$$

$\frac32 kT = \frac12 m\overline{v^2} = \frac32 m\overline{v_z^2}$ より $\overline{v_z^2} = \frac{k}{m}T = \frac{RT}{mN_A} = \frac{p_aL^3}{mN_A}$ を代入

$$\frac32 p_aL^3 + \frac{\Delta z}{L}p_aL^3 = \frac32 p_bL^2(L-\Delta z)$$

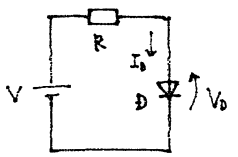
$$p_b = \frac{\frac32 p_aL^{\cancel{3}} + \frac{\Delta z}{\cancel{L}}p_aL^{\cancel{3}}}{\frac32 \cancel{L^2}(L-\Delta z)} = \underline{\frac{3p_aL+2p_a\Delta z}{3(L-\Delta z)}}\text{ (ス)} = p_a\left(1-\frac{\Delta z}{L}\right)^{-1} + \frac23 p_a\Delta z\times\frac1L\left(1-\frac{\Delta z}{L}\right)^{-1}$$

$\underline{(c)}$

$$= p_a\left(1+\frac{\Delta z}{L}\right) + \frac23 p_a\Delta z\frac1L\left(1+\frac{\Delta z}{L}\right) \fallingdotseq p_a\left(1+\frac{5\Delta z}{3L}\right)$$

2019 名古屋大

3



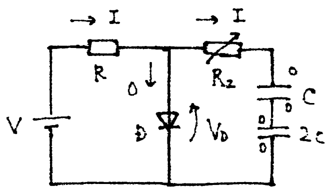
(1) 回路の式 $V = RI_D + V_D$

$V_D \leqq \frac{V}{2}$ とすると $I_D = 0$ だから $V = V_D > \frac{V}{2}$ となるので矛盾

$V_D > \frac{V}{2}$ とすると $I_D = \frac{2V_D - V}{2R}$ だから

$$V = R \times \frac{2V_D - V}{2R} + V_D \qquad V_D = \mathbf{\frac{3}{4}V}\left(> \frac{V}{2}\right)$$

このとき $I_D = \mathbf{\frac{V}{4R}}$



スイッチS_2を閉じた直後

(2) スイッチS_2を閉じた直後 コンデンサーに蓄えられている電荷は0

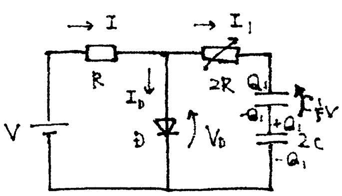
R_2の抵抗値をR_2として.

回路の式は $V = IR + IR_2$, $V_D = IR_2$

ダイオードに電流が流れていないので $V_D \leqq \frac{1}{2}V$

これらを連立 $V = \frac{V_D}{R_2}(R + R_2) \leqq \left(\frac{R}{R_2} + 1\right) \times \frac{1}{2}V$

$\Leftrightarrow \quad 2 \leqq \frac{R}{R_2} + 1 \quad \Leftrightarrow \quad R_2 \leqq \mathbf{R}\ (= X)$



$(t = t_1)$

(3) $Q_1 = \frac{1}{5}V \cdot C = \mathbf{\frac{1}{5}CV}$ (ア)

コンデンサーC_2にもQ_1(C)の電荷がたまっているので

$\frac{Q_1}{2C} = \mathbf{\frac{1}{10}V}$ (イ) の電圧がかかっている

回路の式は $V = IR + V_D$

$V_D = I_1 \cdot 2R + \frac{1}{5}V + \frac{1}{10}V$

$I = I_1 + I_D$

• $V_D \leqq \frac{1}{2}V$ とすると $I_D = 0$, $I_1 = I$

$$\begin{cases} V = IR + V_D \\ V_D = 2IR + \frac{3}{5}V \end{cases} \qquad 3IR = \frac{2}{5}V \qquad I = \frac{2V}{15R}$$

このとき $V_D = \frac{13}{15}V > \frac{1}{2}V$ となるので矛盾

• $V_D > \frac{V}{2}$ とすると $I_D = \frac{2V_D - V}{2R}$

$$\begin{cases} V = IR + V_D \\ V_D = \left(I - \frac{2V_D - V}{2R}\right) \cdot 2R + \frac{3}{10}V = 2IR - 2V_D + \frac{13}{10}V \end{cases}$$

$3(V - IR) = 2IR + \frac{13}{10}V$

$\frac{17}{10}V = 5IR \qquad I = \frac{17V}{50R} \qquad V_D = \frac{33}{50}V \qquad I_1 = \mathbf{\frac{9V}{50R}}$ (ウ)

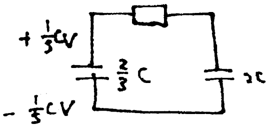
C_1とC_2の合成容量

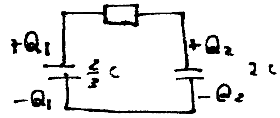
直列につながっているので

$\frac{1}{C} + \frac{1}{2C} = \frac{3}{2C} \quad \therefore \mathbf{\frac{2}{3}C}$ (エ)

エネルギー

$\frac{1}{2}\left(\frac{2}{3}C\right)\left(\frac{3}{10}V\right)^2 = \mathbf{\frac{3}{100}CV^2}$ (オ)





$$\frac{Q_1}{\frac{2}{3}C} = \frac{Q_2}{2C} \quad , \quad Q_1 + Q_2 = \frac{1}{5}CV$$

$$Q_1 = \frac{1}{5}CV \times \frac{1}{4} = \frac{1}{20}CV \quad . \quad Q_2 = \frac{1}{5}CV \times \frac{3}{4} = \frac{3}{20}CV$$

$$\frac{Q_2}{2C} = \underline{\frac{3}{40}V}\ (カ)$$

$$\Delta U = \frac{3}{100}CV^2 - \left(\frac{\left(\frac{1}{20}CV\right)^2}{2 \times \frac{2}{3}C} + \frac{\left(\frac{3}{20}CV\right)^2}{2 \cdot 2C} \right) = \underline{\frac{9}{400}CV^2}\ (F)$$