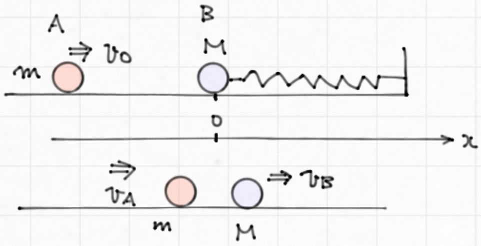
# 名古屋大学2023前期



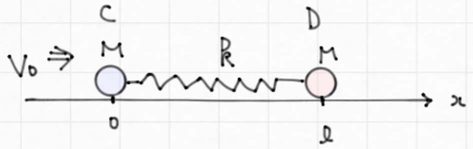

1 (1) 運動量保存 $mv_0 = mv_A + Mv_B$

はねかえり $\dfrac{v_A - v_B}{v_0 - 0} = -1$

この2式を連立して $v_A = \dfrac{m-M}{m+M}v_0$ , $v_B = \dfrac{2m}{m+M}v_0$

(2) エネルギー保存 $\frac{1}{2}Mv_B^2 = \frac{1}{2}k\left(x_B^{max}\right)^2 = x_B^{max} = v_B\sqrt{\dfrac{M}{k}} = \dfrac{2m}{m+M}v_0\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

(3) 運動量保存 $MV_0 = Mv_c + Mv_D$

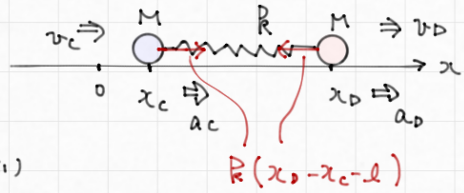



(4) CとDの間隔は $x_D - x_C$ だから、ばねの伸び幅は

$(x_D - x_C) - l$ となる. よって運動方程式は

C: $Ma_C = k(x_D - x_C - l)$

D: $Ma_D = -k(x_D - x_C - l)$




(5) $a' = a_D - a_C = -\frac{k}{M}(x_D - x_C - l) - \frac{k}{M}(x_D - x_C - l) = -\overset{(あ)}{\frac{2k}{M}}\overset{(い)}{(x' - l)}$

(6) 角振動数をωとして.

$a' = -(x' - l)\omega^2$ より $\omega = \sqrt{\dfrac{2k}{M}}$ よって周期Tは $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$

(7) 振幅をAとして $V_0 = A\omega$ より $A = \dfrac{V_0}{\omega} = V_0\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$

$x_D - x_C$ の最大値は $l + A = l + V_0\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$ 最小値は $l - A = l - V_0\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$

(8) CとDの重心の速度を$v_G$とすると $v_G = \dfrac{Mv_C + Mv_D}{M+M} = \dfrac{1}{2}V_0$ だから重心は等速度で運動している.

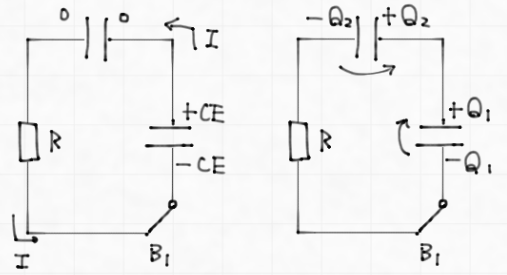
また重心から見た場合もC,Dは単振動しており. 重心から見たとき. Cは初速 $V_0 - \frac{V_0}{2} = \frac{V_0}{2}$

Dは $0 - \frac{V_0}{2} = -\frac{V_0}{2}$ の速度で動き始めている.運動開始直後はC,Dともに重心に近付こうとし、両者の間隔は狭くなる. 以上の条件を満たしているグラフは (オ)

**2** (1) スイッチを閉じた直後はC1には電荷が無く、したがって電位差もない　$E = I_1R + \frac{0}{C}$ より $I_1 = \boldsymbol{\frac{E}{R}}$

(2) 十分に時間が経つとコンデンサーに流れこむ電流が0となる（定常状態）　グラフは **(エ)**

(3) $V_0 = \mathbf{E}$




直後　　定常状態

(4) 十分に時間が経ったとき、コンデンサーに流れこむ電流は0となる。そのとき、C1およびC2に蓄えられる電荷を$Q_1$, $Q_2$として

（回路の式）　$\frac{Q_1}{C} = \frac{Q_2}{C}$

（電荷保存）　$CE = Q_1 + Q_2$

これらを解くと　$Q_1 = \frac{1}{2}CE$,　$Q_2 = \frac{1}{2}CE$

よって　$V_0 = \frac{Q_1}{C} = \boldsymbol{\frac{1}{2}E}$

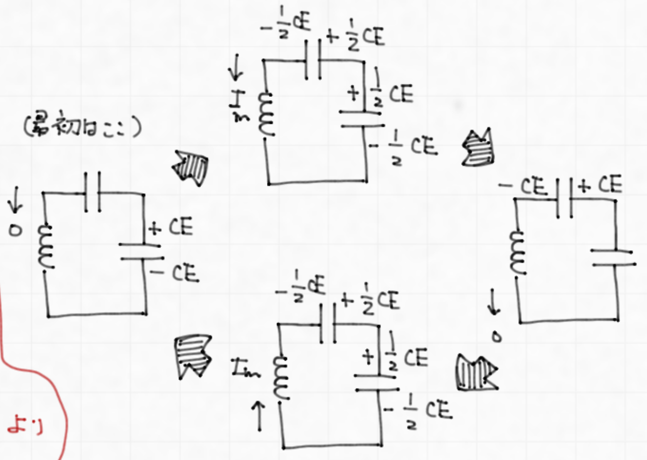
(5) 切り替え直前までC1の持っていた静電エネルギーは　$\frac{1}{2}CE^2$

定常状態になったとき、C1およびC2の持っていた静電エネルギーは、$\frac{1}{2}C\left(\frac{E}{2}\right)^2$ ずつ。

エネルギーの減少量が抵抗R2で発生したジュール熱となっている。

$$\frac{1}{2}CE^2 - \frac{1}{2}C\left(\frac{E}{2}\right)^2 \times 2 = \boldsymbol{\frac{1}{4}CE^2}$$

(6) C1とC2の容量が等しく状態は右のように変化する。したがってC2に蓄えられる電荷の最大値は　**CE**




(7) エネルギー保存

$$\frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}LI_m^2 + \frac{1}{2}C\left(\frac{E}{2}\right)^2 \times 2$$

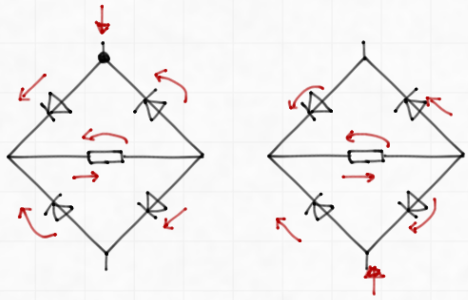
$$I_m = E\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

$$= 1.00 \times \sqrt{\frac{0.100 \times \cancel{10^{-3}}}{2 \times 5.00 \times \cancel{10^{-3}}}}$$

$$= 0.1 = \mathbf{1.0 \times 10^{-1}}\ (A)$$

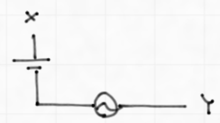
（別解）
2つのコンデンサーは直列につながっており
その合成容量は $\frac{C}{2}$
$\frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{C}{2}\right)E^2$ より
$I_m = E\sqrt{\frac{C}{2L}}$

(8) 右図のように、R2を流れる電流は常に正の値をとる



A2に接続したとき、電圧が0となることがあるので　グラフは **(カ)**

B2に接続したとき、右下図X, Yの電圧はXが高電位のときを正として　$2E+E$ 〜 $-2E+E$　すなわち $3E$〜$-E$の幅で変化する。$I_2$が必ず正の値になるようにダイオードが組まれていることと併せ、グラフは　**(ア)**



3

(1) $p_A S\ell = nRT_A$ より

$$n = \frac{p_A S\ell}{RT_A}$$

(2) $p_A^{max} = p_B = p_0 + \frac{mg}{S}$

(3) $T_B = \frac{p_B S\ell}{nR} = \frac{\cancel{R}T_A}{p_A S\cancel{\ell}} \times \frac{\cancel{S\ell}}{\cancel{R}} \times \left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)$

$= \frac{1}{p_A}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)T_A$

(4) $Q_{AB} = 0 + \frac{3}{2}nR(T_B - T_A)$

$= \frac{3}{2} \times \frac{p_A S\ell}{\cancel{RT_A}} \times \cancel{R}\left\{\frac{1}{p_A}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right) - 1\right\}\cancel{T_A}$

$= \frac{3S\ell}{2}\left(p_0 + \frac{mg}{S} - p_A\right)$

状態A: $p_A S\ell = nRT_A$

定積 ↓ $Q_{AB} = 0 + \frac{3}{2}nR(T_B - T_A)$

状態B: $p_B S\ell = nRT_B$, $p_B S = p_0 S + mg$

定圧 ↓ $Q_{BC} = p_B SL + \frac{3}{2}nR(T_C - T_B)$

状態C. $p_B S(L+\ell) = nRT_C$

定積 ↓ $Q_{CD} = 0 + \frac{3}{2}nR(T_D - T_C)$

状態D: $p_D S(L+\ell) = nRT_D$

$p_D S = mg + 2p_0 S$

(5) $p_B S(L+\ell) = nRT_C$ より

$T_C = \frac{\cancel{R}T_A}{p_A \cancel{S}\ell} \times \frac{1}{\cancel{R}} \times \left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)\cancel{S}(L+\ell) = \frac{(L+\ell)}{p_A \ell}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)T_A$

(6) $Q_{BC} = p_B SL + \frac{3}{2}nR(T_C - T_B) = \frac{5}{2}nR(T_C - T_B) = \frac{5}{2} \times \frac{p_A S\ell}{\cancel{RT_A}}\cancel{R}\left\{\frac{L+\ell}{p_A\ell}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)\cancel{T_A} - \frac{1}{p_A}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)\cancel{T_A}\right\}$

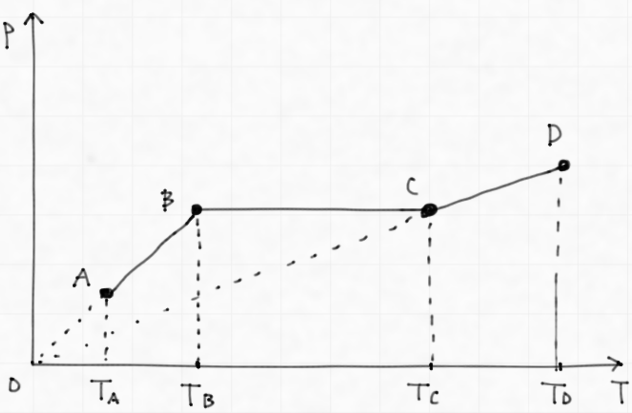
$= \frac{5}{2}\left\{(L+\ell)(Sp_0 + mg) - \ell(Sp_0 + mg)\right\} = \frac{5}{2}L(Sp_0 + mg)$

(7) $T_D = \frac{p_D S(L+\ell)}{nR} = \frac{\cancel{R}T_A}{p_A \cancel{S}\ell} \times \frac{\cancel{S}(L+\ell)}{\cancel{R}} \times \left(2p_0 + \frac{mg}{S}\right) = \frac{L+\ell}{p_A\ell}\left(2p_0 + \frac{mg}{S}\right)T_A$

(8) $Q_{CD} = \frac{3}{2}nR(T_D - T_C) = \frac{3}{2} \cdot \frac{p_A S\ell}{\cancel{RT_A}} \times \cancel{R}\left\{\frac{L+\ell}{p_A\ell}\left(2p_0 + \frac{mg}{S}\right)\cancel{T_A} - \frac{(L+\ell)}{p_A\ell}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)\cancel{T_A}\right\}$

$= \frac{3}{2}\left\{(L+\ell)(2Sp_0 + mg) - (L+\ell)(Sp_0 + mg)\right\} = \frac{3}{2}(L+\ell)Sp_0$

(9)




定積変化では pとTは比例する

定圧変化では圧力が一定.

(10) B→Cは定圧変化で $Q_{BC} = \frac{5}{2}nR(T_C - T_B) = \frac{5}{2}p_B SL$ だから加えた熱量と高さの変化は比例する. 状態D以降は ピストンが上昇するにつれ、上部気体の圧力が増し、高さは上がりにくくなる. 以上の考察より. グラフは (3)