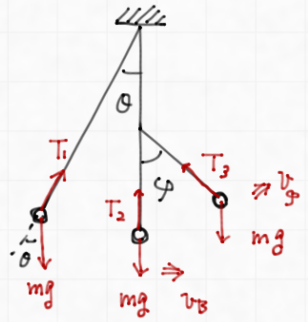
1

問1　右図のように、張力をT_1とする。速度は0だから運動方程式は。



$$m\frac{0^2}{2\ell} = T_1 - mg\cos\theta \qquad T_1 = mg\cos\theta$$

問2　エネルギー保存則　$mg\times 2\ell(1-\cos\theta) = \frac{1}{2}mv_B^2$ より

$$v_B = 2\sqrt{g\ell(1-\cos\theta)}$$

問3　直前の張力をT_2として運動方程式

$$m\frac{v_B^2}{2\ell} = T_2 - mg \qquad \therefore\ T_2 = \frac{mv_B^2}{2\ell} + mg$$

問4　円運動の半径が $2\ell \to \ell$ に変わる（速度はv_Bのまま）　張力をT_2'として。

$$m\frac{v_B^2}{\ell} = T_2' - mg \quad より \quad T_2' = m\frac{v_B^2}{\ell} + mg$$

問5　右上図のようにφを設定する。　張力をT_3 速さをv_φとして

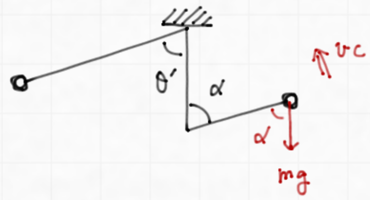
$$\begin{cases} m\dfrac{v_\varphi^2}{\ell} = T_3 - mg\cos\varphi \\ mg\times 2\ell(1-\cos\theta) = mg\ell(1-\cos\varphi) + \dfrac{1}{2}mv_\varphi^2 \end{cases}$$

上式で $v_\varphi = 0$ となるときの張力 $T_3 \geqq 0$ であればよい

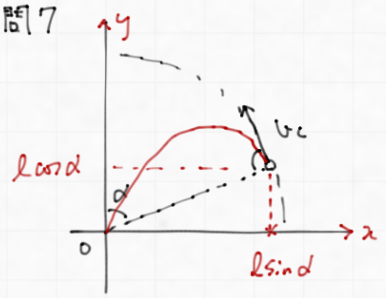
$2-2\cos\theta = 1-\cos\varphi$ より　$\cos\varphi = 2\cos\theta - 1$

$T_3 = mg\cos\varphi = mg(2\cos\theta - 1) \geqq 0 \qquad \therefore\ \cos\theta \geqq \frac{1}{2}$　　θの最大値は $\frac{\pi}{3}$

問6　$m\dfrac{v_c^2}{\ell} = mg\cos\alpha \qquad v_c = \sqrt{g\ell\cos\alpha}$



問7



左のように座標を定める

$$\begin{cases} x = \ell\sin\alpha - v_c\cos\alpha\, t \\ y = \ell\cos\alpha + v_c\sin\alpha\, t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$x=0$のとき　$y=0$

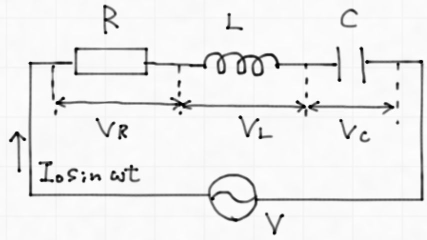
$x=0$ より　$t = \dfrac{\ell\sin\alpha}{v_c\cos\alpha}$ を $y=0$の式に代入

$$\ell\cos\alpha + \cancel{v_c}\sin\alpha\cdot\frac{\ell\sin\alpha}{\cancel{v_c}\cos\alpha} - \frac{1}{2}g\left(\frac{\ell\sin\alpha}{v_c\cos\alpha}\right)^2 = 0$$

$$\cancel{\ell}\cos\alpha + \cancel{\ell}\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha} - \frac{1}{2}\cancel{g\ell^2}\frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}\frac{1}{\cancel{g\ell}\cos\alpha} = 0$$

$$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha - \frac{1}{2}\tan^2\alpha = 0 \qquad \tan\alpha = \sqrt{2}$$

2



問1　V_Rは同位相　V_Lは$\frac{\pi}{2}$だけ進んでいる　3

問2　$V_R = I_0 R \sin\omega t$

$V_L = I_0 \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = I_0 \omega L \cos\omega t$

$V_C = I_0 \frac{1}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = -\frac{I_0}{\omega C} \cos\omega t$

問3　回路のインピーダンスZは　$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$　だから

Vの最大値は　$I_0 Z = I_0\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$

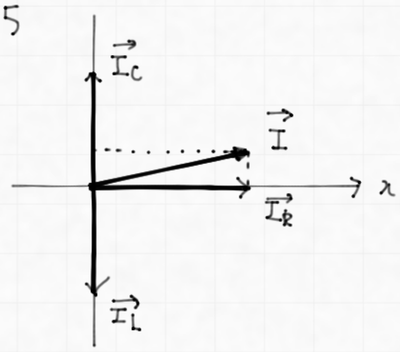
問4　$I_R = \frac{V_0}{R} \sin\omega t$

$I_L = \frac{V_0}{\omega L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = -\frac{V_0}{\omega L} \cos\omega t$

$I_C = \frac{V_0}{\frac{1}{\omega C}} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \omega C V_0 \cos\omega t$

Iに対してVは
コイルが$\frac{\pi}{2}$すすみ、コンデンサーは$\frac{\pi}{2}$おくれる
これは必ず覚えておくこと.

問5



Iの最大値をI_0とすると

$$I_0 = \sqrt{\left(\frac{V_0}{R}\right)^2 + \left(\omega C V_0 - \frac{V_0}{\omega L}\right)^2} = V_0\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$$V_0 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} I_0 \quad (\equiv I_0 Z)$$

インピーダンスZは

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}$$

3

A： $p_A\frac{V_0}{2} = 1\cdot R\cdot T_0$

等温↓ $Q_{AB} = W_{AB} + 0$

B： $p_0 V_0 = 1\cdot R\cdot T_0$

断熱圧縮↓ $0 = W_{BC} + \frac{3}{2}\cdot 1\cdot R(T_C - T_0)$

圓

$p_0 V_0^{\alpha} = p_C\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\alpha}$

C： $p_C\frac{V_0}{2} = 1\cdot R\cdot T_C$

定積↓ $Q_{CA} = 0 + \frac{3}{2}\cdot 1\cdot R\cdot(T_0 - T_C)$

問1 $p_A\frac{V_0}{2} = 1\cdot R\cdot T_0$ ， $p_0 V_0 = 1\cdot R\cdot T_0$ より

$p_A = \mathbf{2p_0}$

問2 $p_0 V_0^{\alpha} = p_C\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\alpha}$ より $p_C = \mathbf{2^{\alpha} p_0}$

問3 $T_C = \frac{p_C V_0}{2R} = 2^{\alpha}\cdot\frac{1}{2}\times\frac{p_0 V_0}{R} = 2^{\alpha-1}T_0 = \frac{3.2}{2}T_0 = \mathbf{1.6T_0}$

問4 $\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}kT$ の関係を考えて、絶対温度が高いとき、2乗平均速度が最も速いと分かる。 … **C**

問5 吸収する過程は **A→B** 放出する過程は **C→A**

問6 (1) $Q_1 = Q_{AB}$ ， $Q_2 = -Q_{CA}$

$Q_{AB} + Q_{CA} = -W$ より $\mathbf{Q_1 - Q_2 = -W}$

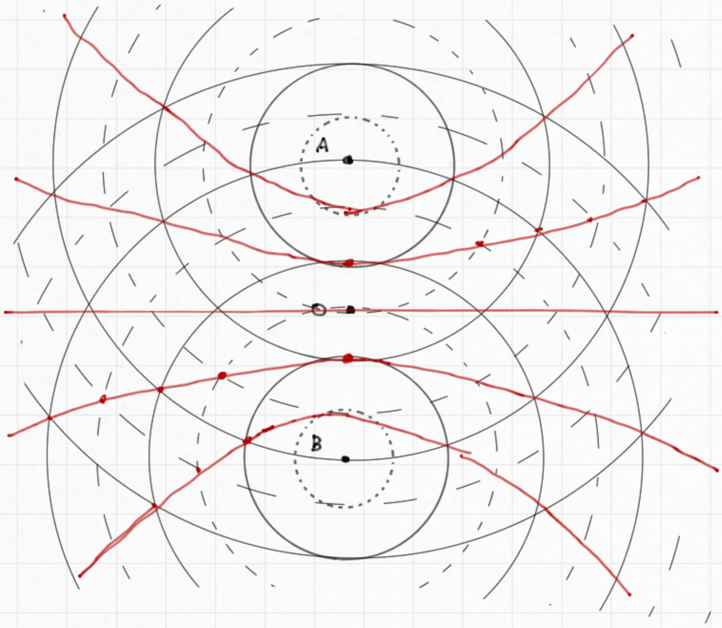
(2) 気体は外部から仕事をされるので $W > 0$ であり、これをまかなうために電源から電力を得る必要がある。

また問6の答より $Q_1 = Q_2 - W < Q_2$ だから、 $\mathbf{Q_1 < Q_2}$

4

問1　AO = BO だから同位相　**強めあう**

問2　右図



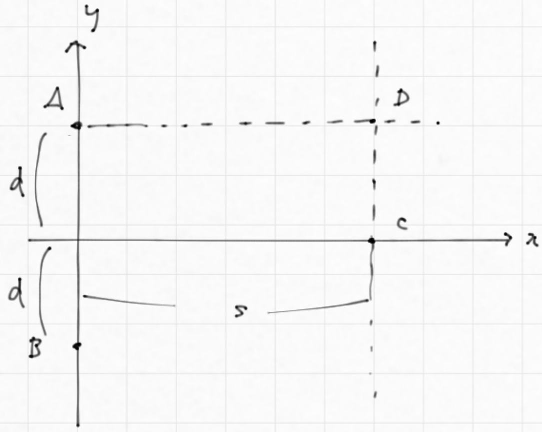
問3　$\Delta r = BD - AD$

$$= \sqrt{s^2 + (2d)^2} - s$$

$$= \sqrt{s^2 + 4d^2} - s$$

問4　C→Dへとマイクが移動する間に位相のずれが 2π になったので Δr が1波長に相当する

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{\Delta r}$$



問5　D→Aと移動する間に上記に加えて、さらに 4π だけ位相がずれた。これはABの距離が3波長に相当することを意味する

波長は $2d$ の $\frac{1}{3}$ 倍、つまり d の $\frac{2}{3}$ 倍

問6

$$\begin{cases} \Delta r = \sqrt{s^2 + 4d^2} - s = \lambda \\ \lambda = \frac{2}{3}d \end{cases}$$

この2式を連立

$$s^2 + 4 \times \left(\frac{3}{2}\lambda\right)^2 = (\lambda + s)^2$$

$$\cancel{s^2} + 9\lambda^2 = \lambda^2 + 2\lambda s + \cancel{s^2}$$

$8\lambda = 2s$　　$s = 4\lambda$　　$\lambda = \frac{1}{4}s$　　$\frac{1}{4}$ 倍