医学部専門予備校　クエスト　解答速報

慶應大学（医）　物理　　　試験日2月9日（月）

Ⅰ

問1

(a) $\eta = \dfrac{W}{Q_1}$

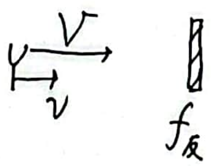
(b) 熱力学第1法則より、

$$\Delta U = Q - W$$

(c) $\Delta U = nC_v\Delta T$

問2

$$f_{直} = \frac{V}{V+v}f$$



$$f_{反} = \frac{V}{V-v}f$$

∴うなりの回数 $= f_{反} - f_{直}$

$$= \frac{V}{V-v}f - \frac{V}{V+v}f$$

$$= \frac{2Vv}{V^2-v^2}f$$

問3

$$y = A\sin\left(\underbrace{\frac{2\pi}{T}}_{\boxed{ア}}t - \underbrace{\frac{2\pi}{VT}}_{\boxed{イ}}x\right)$$

問4

$${}^{237}_{93}\mathrm{Np} \longrightarrow {}^{205}_{81}\mathrm{Tl} + x\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} + y\,{}^{0}_{-1}e$$

$$\therefore \begin{cases} 237 = 205 + 4x \\ 93 = 81 + 2x - y \end{cases}$$

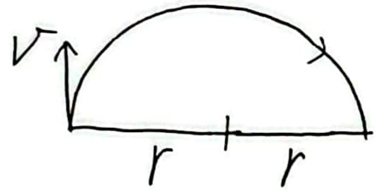
$$\therefore x = 8,\quad y = 4$$

確認テストレベルである。

1問も落とせない。

II

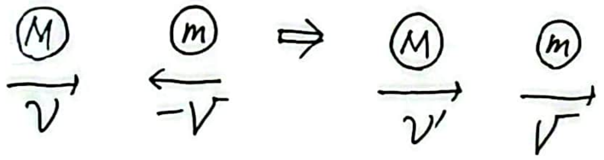
問1



$$\begin{cases} \bar{v} = \dfrac{2r}{t_0} \\ t_0 = \dfrac{\pi r}{V} \end{cases}$$

$$\therefore\ \bar{v} = \frac{2r}{\frac{\pi r}{V}} = \underline{\frac{2V}{\pi}}$$

問2



$$\Delta K = \frac{1}{2}M(v^2 - v'^2)$$

運動量保存則より、

$$Mv + m(-V) = Mv' + mV$$

$$\therefore v' = v - \frac{2m}{M}V$$

よって、

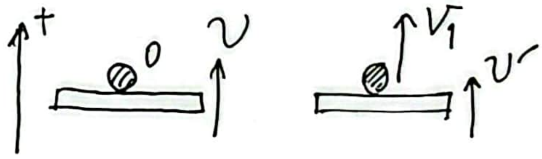
$$\Delta K = \frac{1}{2}M\left(v^2 - \left(v - \frac{2m}{M}V\right)^2\right)$$

$$= \underbrace{2mV\left(v - \frac{m}{M}V\right)}_{\boxed{ア}}$$

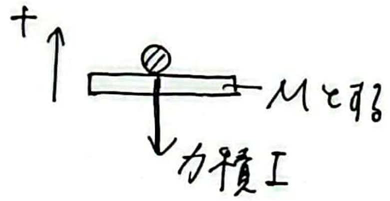
（科学では通常、
変化量＝あとの量ーまえの量
である。）

問3

(a)



$$e = -\frac{V_1 - v'}{0 - v}$$



運動量の定理より、

$$Mv - I = Mv'$$

$$\therefore v - \frac{I}{M} = v'$$

Mが十分大きいと考えると、

$$\frac{I}{M} \approx 0$$

$$\therefore\ v' = v$$

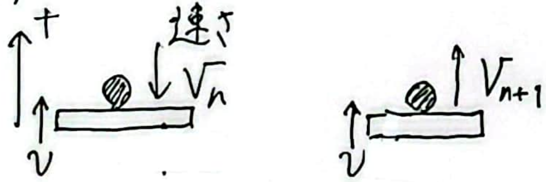
（慣性質量が十分大きければ速度変化しないのは当然.）

以上から、

$$e = -\frac{V_1 - v}{0 - v}$$

$$\therefore\ V_1 = (1+e)v$$

(b)



$$e = -\frac{V_{n+1} - v}{-V_n - v}$$

$$\therefore\ V_{n+1} = eV_n + (1+e)v$$

(c) 上式のnを∞とし、

$$V_\infty = eV_\infty + (1+e)v$$

$$\therefore\ V_\infty = \frac{1+e}{1-e}v$$

(d)

問Ⅰの結果を用いると、

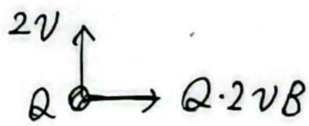
$$2mV_\infty\left(v - \frac{m}{M}v\right)$$

$$\approx 2mvV_\infty$$

問4

(e) $V_1 = (1+e)v$ に $e=1$ を代入し、

$$V_1 = 2v$$



運動方程式を立てて、

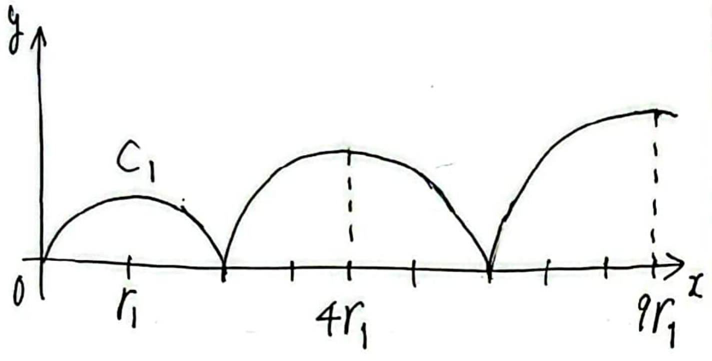
$$m\frac{(2v)^2}{r_1} = Q \cdot 2vB$$

$$\therefore\ r_1 = \frac{2mv}{QB}$$

(f) $V_{n+1} = eV_n + 2v$ を用いて、

$$V_2 = V_1 + 2v$$
$$= 4v \Rightarrow 半径\ 2r_1$$

$$V_3 = V_2 + 2v$$
$$= 6v \Rightarrow 〃\ 3r_1$$



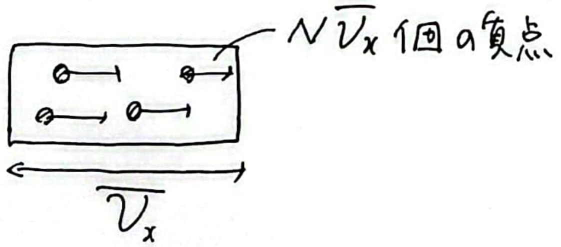
(g)

負点供給器から速さ V_∞ で負点が出る。

問3(c)より、速さ V_∞ の負点は板と衝突しても速さは不変である。

問1より、

$$\overline{v_x} = \frac{2V_\infty}{\pi}$$



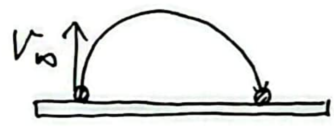
$$I = N\overline{v_x}Q$$

$$= \frac{2NV_\infty Q}{\pi}$$

(h) ・1回の衝突で板が負点から受ける力積の大きさは、

$$2mV_\infty$$

・負点1個が板に1回衝突するのにかかる時間は、



$$\frac{\pi m}{QB}$$

よって、単位時間に負点が板に衝突する回数は、

$$\frac{QB}{\pi m} \text{回}$$

いま、負点は NL 個あるので、求める力の時間平均値の大きさは、

$$2mV_\infty \times \frac{QB}{\pi m} \times NL$$

$$= LIB \quad (\because (g)\text{より})$$

（負点の集まり≈電流が磁場から受ける力 $= LIB$ を考えれば、この結果は自明だろうか。）

(f)までは解きたい。

III

問1

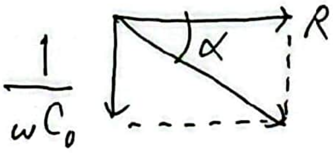
$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{S}{d_0}$$

問2

(a)

$$V_0 \sin\omega t = \underbrace{R}_{\boxed{ア}} \frac{\Delta Q(t)}{\Delta t} + \underbrace{\frac{1}{C_0}}_{\boxed{イ}} Q(t)$$

(b) $$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_0}\right)^2}$$



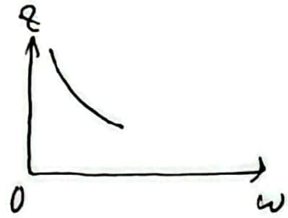
$$\tan\alpha = -\frac{\frac{1}{\omega C_0}}{R}$$

$$= -\frac{1}{\omega R C_0}$$

(c) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_0}\right)^2}$ において、

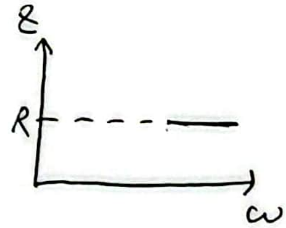
・ω 小 のとき

$$Z \approx \frac{1}{\omega C_0}$$

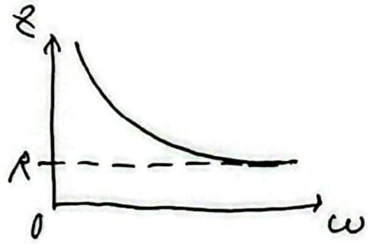


・ω 大 のとき

$$Z \approx R$$

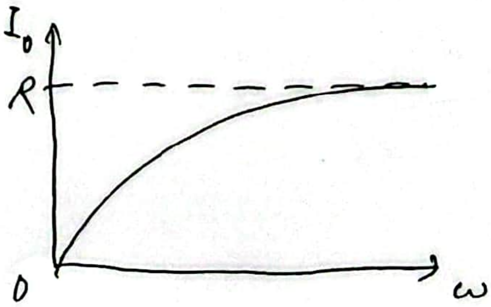


以上から、$Z-\omega$ グラフは以下.



よって、$I_0-\omega$ グラフは以下.

$$I_0 = \frac{V_0}{Z}$$



問3

(d)

$$\underset{\boxed{ア}}{V} = R\frac{dQ(t)}{dt} + \underset{\boxed{ウ}}{\frac{1}{C(t)}}Q(t)$$

(e)

$$\begin{cases} D(t) = d_0 + d\sin\omega t & \cdots ① \\ Q(t) = q_0(t) + q_1(t)d & \cdots ② \\ V = R\dfrac{dQ(t)}{dt} + \dfrac{1}{C(t)}Q(t) & \cdots ③ \end{cases}$$

①②を③に代入して、

$$V = R\left(\frac{dq_0(t)}{dt} + \frac{dq_1(t)}{dt}d\right) + \frac{d_0 + d\sin\omega t}{\varepsilon_0 S}\left(q_0(t) + q_1(t)d\right) \cdots ⊛$$

$$0 = \underbrace{R\frac{dq_0(t)}{dt} + \underbrace{\frac{d_0}{\varepsilon_0 S}}_{\frac{1}{C_0}}q_0 - V}_{A_0} + d\underbrace{\left(R\frac{dq_1(t)}{dt} + \frac{\sin\omega t}{\varepsilon_0 S}q_0(t) + \underbrace{\frac{d_0}{\varepsilon_0 S}}_{\frac{1}{C_0}}q_1(t)\right)}_{A_1}$$

$\left(\dfrac{\sin\omega t}{\varepsilon_0 S}q_1(t)\,d^2 \simeq 0 とした\right)$

$A_0 = 0$ より、

$$R\frac{dq_0(t)}{dt} + \frac{q_0(t)}{C_0} - V = 0$$

$t \to \infty$ で、$q_0(t) \to$ 一定より、

$$\underset{\boxed{カ}}{q_0(t) = C_0 V}$$

$A_1 = 0$ より、

$$R\frac{dq_1(t)}{dt} + \frac{\sin\omega t}{\varepsilon_0 S}\underbrace{q_0(t)}_{C_0V} + \frac{q_1(t)}{C_0} = 0$$

$$\Leftrightarrow\ R\frac{dq_1(t)}{dt} + \frac{V}{d_0}\sin\omega t + \frac{q_1(t)}{C_0} = 0 \quad \cdots ④$$

（単位は［V/m］）

ここで、

$$I = \frac{dQ(t)}{dt} = d\,\frac{dq_1(t)}{dt}$$

であることを考慮して、

$$④\times d:\ R\underbrace{d\frac{dq_1(t)}{dt}}_{I} + \frac{d\,q_1(t)}{C_0} = \underbrace{-\frac{d}{d_0}V\sin\omega t}_{\boxed{手}}$$

（単位は［V］）

この式はRC交流回路と同型である。

よって、インピーダンスZは、

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_0}\right)^2}$$

であり、問2を参考にすると、

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{\frac{d}{d_0}V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_0}\right)^2}}$$

よって、

$$|V_R(t)| = R I_0 |\sin(\omega t + \theta)| = \frac{d\,R\,V}{d_0\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_0}\right)^2}}|\sin(\omega t + \theta)|$$

$$\left(\tan\theta = \frac{-1}{\omega R C_0}\right)$$

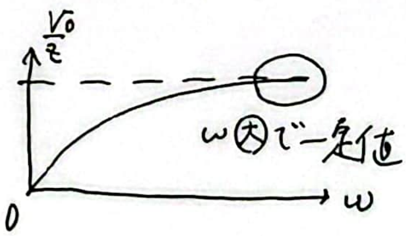
問4

問3より、

$$|V_R(t)|\text{の最大値} = \frac{dV}{d_0\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega R C_0}\right)^2}}$$

（R, C_0について議論したいのでR, C_0を1ケ所に集めた。）

問2(c)：



ωに依存せず$|V_R(t)|$が一定であることが望ましい。

⑤より、$\omega C_0 R$が十分大きければ、つまり、$\omega C_0 R \gg 1$であれば、$|V_R(t)|$は一定値 $\frac{d}{d_0}V$ となる。

以上から、20Hzにおいても $\omega C_0 R \gg 1$ となるようにRやC_0を十分大きくすること。

• p.6 ＊ より、 ($\frac{dq}{dt} = \dot{q}$ で表す)

$$V = R\underbrace{\dot{q}_0(t)}_{=0} + Rd\,\dot{q}_1(t) + \frac{1}{\varepsilon_0 S}\Big(d_0 \underbrace{q_0(t)}_{C_0 V} + d_0 d\, q_1(t) + d\underbrace{q_0(t)}_{C_0 V}\sin\omega t + \underbrace{d^2 q_1(t)\sin\omega t}_{\approx 0}\Big)$$

$$\Leftrightarrow V = V + Rd\,\dot{q}_1(t) + \frac{d_0 d}{\varepsilon_0 S} q_1(t) + \frac{d}{\varepsilon_0 S} C_0 V \sin\omega t$$

$$\therefore 0 = Rd\, q_1(t) + \frac{d}{C_0} q_1(t) + \frac{d}{d_0} V \sin\omega t$$

$$= \underbrace{d\Big(\underbrace{R}_{\boxed{\text{ア}}} q_1(t) + \underbrace{\frac{1}{C_0}}_{\boxed{\text{エ}}} q_1(t) + \underbrace{\frac{V}{d_0}\sin\omega t}_{\boxed{\text{キ}}}\Big)}_{A_1}$$

誘導が丁寧なので問3までは解けただろうか。少なくとも キ までは解きたい。昨年度と比べると、大幅に解きやすくなっているので、9割以上解けた人が10~15%いるだろうと予測する。