神戸大学【物理】解答例

I

問 1　速度を v と書く。$v = \omega A\cos\omega t$ より，

$$p = \underset{\sim\sim\sim}{m\omega A\cos\omega t}\left(= A\sqrt{mk}\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$

問 2　力学的エネルギー E は，

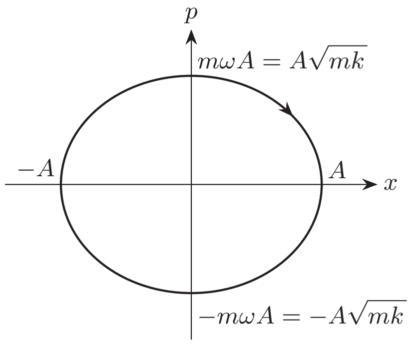
$$\begin{aligned}E &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2\\ &= \frac{1}{2}kA^2\cos^2\omega t + \frac{1}{2}kA^2\sin^2\omega t \quad \left(\because \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}\right)\\ &= \frac{1}{2}kA^2\end{aligned}$$

となり，これは一定値である。

問 3　$x = A\sin\omega t$，$p = m\omega A\cos\omega t$ より，

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{p^2}{(m\omega A)^2} = 1$$

これは x 軸半径が A，p 軸半径が $m\omega A$ の楕円であり，図示して右図。



問 4　面積は

$$\begin{aligned}\pi A\cdot m\omega A &= \frac{2\pi}{\omega}\cdot\frac{1}{2}m\omega^2A^2\\ &= \frac{2\pi}{\omega}\cdot\frac{1}{2}kA^2\end{aligned}$$

となり，これは力学的エネルギーと周期の積である。

問 5　$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ なので角速度は $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍になる。したがって周期は $\sqrt{2}$ 倍になるので，

$$\frac{T'}{T} = \underset{\sim\sim}{\sqrt{2}}$$

これと周期と力学的エネルギーの積が変わらなかったことから，力学的エネルギーについて

$$\frac{E'}{E} = \underset{\sim\sim}{\frac{1}{\sqrt{2}}}$$

さらにこれより，

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{k}{2}\cdot A'^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1}{2}kA^2 \qquad \therefore\quad \frac{A'}{A} = \underset{\sim\sim}{\sqrt[4]{2}}$$

II

問１　運動エネルギーの変化と仕事の関係より，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 = -qV_0 \quad \therefore \quad v_0 = \underline{\sqrt{-\frac{2qV_0}{m}}}$$

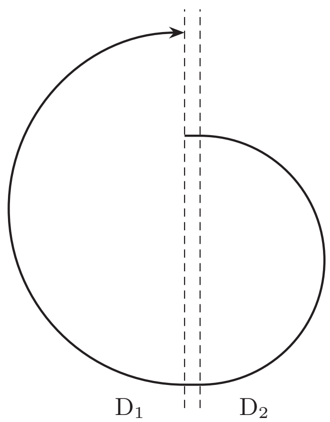
問２　磁場の向きは，$\underline{+z \text{ 方向}}$。また，円運動の半径を r_0 とすると，円運動の運動方程式より，

$$\frac{m{v_0}^2}{r_0} = qv_0B \quad \therefore \quad r_0 = \frac{mv_0}{qB}$$

よって周期は

$$T_0 = \frac{2\pi r_0}{v_0} = \underline{\frac{2\pi m}{qB}}$$

問３　問２より，半径は速さに比例する。また，問１と同様に考えると，速さは粒子が隙間を通過した回数の $\frac{1}{2}$ 乗に比例するから，半径も通過回数の $\frac{1}{2}$ 乗に比例する。以上と，隙間は十分に狭く，そこでの運動は直線的であるものと近似して右図のようになる。



３回目に隙間に侵入する直前のエネルギーは，電位差 V_0 で２回加速されているので $\underline{-2qV_0}$ である。

問４　問２より，このときの速さを v とすると $v = \frac{qBr}{m}$ なので，

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \underline{\frac{q^2B^2r^2}{2m}}$$

隙間を通過する回数は $\frac{E}{-qV_0} = -\frac{qB^2r^2}{2mV_0}$ なので，求める時間は

$$\left(-\frac{qB^2r^2}{2mV_0} - 1\right) \cdot \frac{T_0}{2} = \underline{-\frac{\pi Br^2}{2V_0} - \frac{\pi m}{qB}}$$

問５　与えられた数値より，

$$E = \frac{(1.6 \times 10^{-19} \times 1.0 \times 10^{-1} \times 1.0 \times 10^{-1})^2}{2 \times 1.6 \times 10^{-27}}$$

$$= \underline{8.0 \times 10^{-16}\ \mathrm{J}}$$

III

問 1　速さ：$\dfrac{c}{n}$，波長：$\dfrac{\lambda}{n}$

問 2　弱め合いの条件は

$$2 \times x \cdot \frac{b}{L} = m\lambda \qquad \therefore \quad x = \frac{mL\lambda}{2b}$$

したがって

$$a = \frac{L\lambda}{2b}$$

問 3　光路差 $2d$ によって $\left(M + \dfrac{3}{4}\right)$ 波長分ずれると考えて，

$$2d = \left(M + \frac{3}{4}\right)\lambda \qquad \therefore \quad d = \frac{4M+3}{8}\lambda$$

問 4　干渉縞の間隔は波長，つまり今の場合は屈折率の逆数に比例するので，媒質の屈折率は $\dfrac{4}{3}$ である。光路差 $2 \times \dfrac{4}{3}d$ によって M' 波長分ずれると考えて，

$$2 \times \frac{4}{3}d = M'\lambda \qquad \therefore \quad d = \frac{3M'}{8}\lambda$$

問 3 と合わせると，M が 3 の倍数でなければならないことがわかる。したがって，$M = 3N$ として

$$d = \frac{3(4N+1)}{8}\lambda$$

問 5　波長 λ は問 2 より

$$\lambda = \frac{2ab}{L}$$

求める d は $N = 1$ のときで，

$$\begin{aligned} d &= \frac{15}{8} \cdot \frac{2ab}{L} \\ &= \frac{15}{8} \cdot \frac{2 \times 1.5 \times 10^{-3} \times 6.0 \times 10^{-5}}{3.0 \times 10^{-1}} \\ &= 1.1 \times 10^{-6}\ \mathrm{m} \end{aligned}$$