I

問 1　求める力は円筒と小物体 A と B にはたらく重力の合力につり合うので

　力の向き：鉛直上向き ，　大きさ：$(M+2m)g$

問 2　点 O に対して小物体 A と B は点対称に動くので，点 O に対する B の相対速度は $-\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}$ であるから

$$\overrightarrow{v_{\mathrm{B}}}=\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}-\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}$$

速さ $|\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}|$ は円筒の回転の速さであり，円筒はすべらず回転しているので点 O の速さに一致する。

$$\therefore\quad |\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}|=|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|$$

問 3　小物体 A が最も低い位置にあるとき，$\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}=-\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}$ であるから

$$\overrightarrow{v_{\mathrm{A}}}=\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}+\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}=0$$

となり，速さが最小である。一方，小物体 A が最も高い位置にあるとき，$\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}=\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}$ であるから

$$\overrightarrow{v_{\mathrm{A}}}=\overrightarrow{v_{\mathrm{OA}}}+\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}=2\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}$$

となり，速さが最大の $2|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|$ となる。よって，運動エネルギーは

　最小値：0 ，　最大値：$\dfrac{1}{2}m(2|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|)^2=2m|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|^2$

問 4　時間 T の間に円筒が水平に距離 $2\pi r$ 進むから

$$T=\frac{2\pi r}{|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|}$$

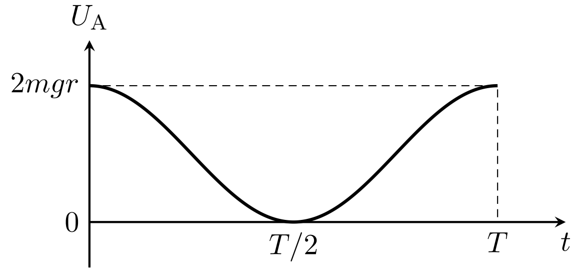
問 5　点 O から見た小物体 A と B の鉛直運動は周期 T，角振動数 $\omega=\dfrac{2\pi}{T}=\dfrac{|\overrightarrow{v_{\mathrm{O}}}|}{r}$ の単振動となる。小物体 A と B の机を基準とした鉛直変位をそれぞれ y_{A}，y_{B} とすると，

$$\begin{cases} y_{\mathrm{A}}-r=r\cos\omega t \\ y_{\mathrm{B}}-r=-r\cos\omega t \end{cases}$$

$$\therefore\quad \begin{cases} y_{\mathrm{A}}=r(1+\cos\omega t) \\ y_{\mathrm{B}}=r(1-\cos\omega t) \end{cases}$$

$$\therefore\quad \begin{cases} U_{\mathrm{A}}=mgy_{\mathrm{A}}=mgr(1+\cos\omega t) \\ U_{\mathrm{B}}=mgy_{\mathrm{B}}=mgr(1-\cos\omega t) \end{cases}$$

$$\therefore\quad U_{\mathrm{A}}+U_{\mathrm{B}}=2mgr$$



また，U_{A} の時間変化は右図。

II

問 1　陽イオンが磁場領域に進入した瞬間に，ローレンツ力が図の下向きにはたらく必要があるので，磁場は紙面の裏から表に向かう向き。

問 2　加速時のエネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}Mv^2 = qV$$

$$\therefore \quad v = \sqrt{\frac{2qV}{M}}$$

問 3　半径を r として，円運動の運動方程式は

$$M\frac{v^2}{r} = qvB$$

$$\therefore \quad r = \frac{Mv}{qB} \quad \left(= \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2MV}{q}} \right)$$

問 4　検出器 D に到達する円運動の半径は問 3 の r に等しいので

$$\frac{1}{B'}\sqrt{\frac{2M'V}{q}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2MV}{q}}$$

$$\therefore \quad \frac{M'}{M} = \left(\frac{B'}{B}\right)^2$$

問 5　問 4 の質量比より，測定可能な質量数は磁束密度の 2 乗に比例し，磁束密度の大きさが最小の場合の質量数 50 が下限である。また，磁束密度の大きさが最大の場合の質量数

$$\left(\frac{0.200}{0.100}\right)^2 \cdot 50 = 200$$

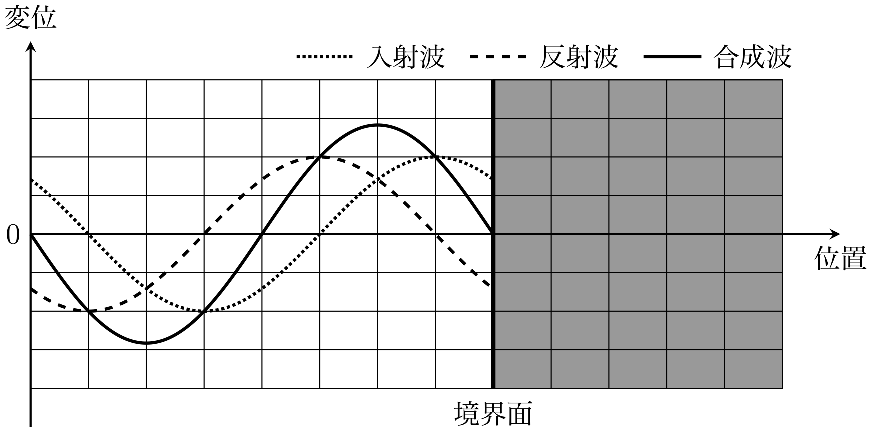
が上限である。また，磁束密度の大きさが 0.200 T と 0.199 T のときに検出される陽イオンの質量数の差（整数）は

$$\left(\frac{0.200}{0.100}\right)^2 \cdot 50 - \left(\frac{0.199}{0.100}\right)^2 \cdot 50 = (2.00 + 1.99)(2.00 - 1.99) \cdot 50$$

$$= 3.99 \cdot \frac{1}{100} \cdot 50 = 1.995 \fallingdotseq 2$$

Ⅲ

問 1　右図。



問 2　求める薄膜中の波長を λ' として屈折の法則より

$$1.0\lambda = n_1\lambda'$$

$$\therefore\quad \lambda' = \frac{\lambda}{n_1}$$

問 3　どちらの反射も位相が π 変化するので，弱め合いの条件は

$$2d = k\lambda' + \frac{\lambda'}{2}$$

$$\therefore\quad 2d = \left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_1} \qquad (k=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$$

問 4　図 3 のグラフの最小値を示す波長であり，5.2×10^{-7} m

問 5　両隣の強め合いにも注目して，光路差は共通であるから

$$n_1\cdot 2d = (k+1)\cdot 4.32\times10^{-7} = \left(k+\frac{1}{2}\right)\cdot 5.2\times10^{-7} = k\cdot 6.50\times10^{-7}$$

$$\frac{k+1}{k} = \frac{6.50}{4.32} \fallingdotseq 1.5 = \frac{3}{2}$$

$$\therefore\quad k = 2$$

問 6　問 5 の立式より

$$d = \frac{k\cdot 6.50\times10^{-7}}{2n_1}$$

$$= \frac{2\cdot 6.50\times10^{-7}}{2\cdot 1.7} \fallingdotseq 3.8\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$