〔A類理科コース，B類理科コース　対象〕

物理基礎・物理 解答例

令和５年度
一般選抜前期 私費外国人 帰　国　生

Ⅰ

問1

質点が受ける力は鉛直下方に向かって重力（大きさ mg）と，円筒の中心方向に向かう向心力（内壁からの垂直抗力）のみなので，x 軸方向には等速直線運動を続ける。初速度の x 方向成分は $v_0\cos\theta$ なので，向心力は

$$F=\frac{m(v_0\cos\theta)^2}{r}$$

であり，これが内壁からの垂直抗力である。

問2

質点は y 軸方向には加速度 $-g$ で等加速度運動を続ける。初速度の y 方向成分は $v_0\sin\theta$ なので，時刻 t での物体の位置と速度は

$$x=(v_0\cos\theta)t,\qquad y=(v_0\sin\theta)t-\frac{1}{2}gt^2,\qquad v_x=v_0\cos\theta,\qquad v_y=v_0\sin\theta-gt$$

である。線分 AB を通過することなしに点 B で最高点を取ったということは，x 方向に円筒の周の長さ $2\pi r$ 進んだときに，$y=h$ に到達し，$v_y=0$ となったことを意味する。よって点 B に達した時刻を $t=t_1$ とすれば

$$2\pi r=(v_0\cos\theta)t_1\cdots①,\qquad h=(v_0\sin\theta)t_1-\frac{1}{2}gt_1^2\cdots②,\qquad 0=v_0\sin\theta-gt_1\cdots③$$

である。③ から得られる $t_1=v_0\sin\theta/g$ を①および②にそれぞれ代入し整理すると

$$2\pi r=\frac{v_0^2\cos\theta\sin\theta}{g},\qquad h=\frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g}$$

となるので，これより

$$\tan\theta=\frac{h}{\pi r}$$

問3

問２の結果から

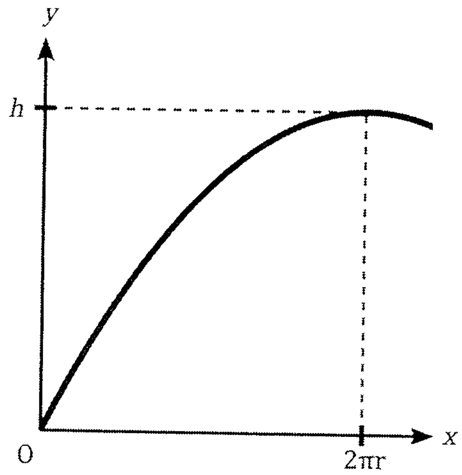
$$\sin\theta=\frac{h}{\sqrt{h^2+(\pi r)^2}},\qquad \cos\theta=\frac{\pi r}{\sqrt{h^2+(\pi r)^2}}$$

が得られるので，これより

$$v_0=\sqrt{\frac{2gh}{\sin^2\theta}}=\sqrt{\frac{2g\{h^2+(\pi r)^2\}}{h}}$$

となる。

問4



問２の x, y の式から時間 t を消去すると

$$y=(v_0\sin\theta)t-\frac{1}{2}gt^2=(\tan\theta)x-\frac{g}{2(v_0\cos\theta)^2}x^2$$

となる。ここへ問２，問３の結果を代入し，

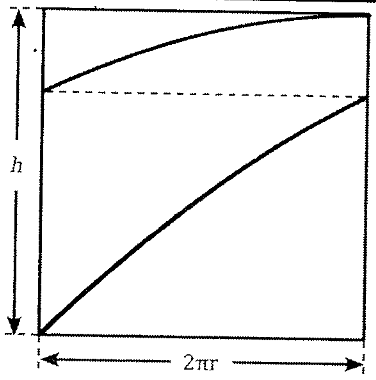
$$y=\frac{h}{\pi r}x-\frac{h}{(2\pi r)^2}x^2$$

を得る。グラフを描くため式を変形すると

$$y=-\frac{h}{(2\pi r)^2}(x-2\pi r)^2+h$$

となり，これは題意の通り上に凸の放物線で，頂点が $(x,y)=(2\pi r,h)$である。グラフもそのように描けばよい。

問5



題意より，この場合は $x=4\pi r$のときに点 B に到達することがわかる。よって問４のグラフで $2\pi r$ の部分を全て $4\pi r$に取り替えればよく，軌跡を表す数式は

$$y=-\frac{h}{(4\pi r)^2}(x-4\pi r)^2+h$$

となるが，これは上に凸の放物線で，頂点が $(x,y)=(4\pi r,h)$である。円筒に巻いた紙には $0\leqq x\leqq 2\pi r$ の部分と $2\pi r\leqq x\leqq 4\pi r$の部分が重なって現れるので，左の図のようになる

〔A類理科コース，B類理科コース　対象〕

物理基礎・物理 解答例

令和５年度
一般選抜前期 私費外国人 帰国生

II

① $\frac{\Delta q}{\Delta t}$

② $CV_0 \sin \omega t$

③ $\omega(t+\Delta t)$

④ ωt

⑤ $\omega C V_0 \Delta t \cos \omega t$

⑥ $\omega C V_0 \cos \omega t$

⑦ $\frac{I_0}{\omega C}\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$

⑧ $\omega L\, I_0 \sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$

⑨ $RI_0 \sin \omega t$

⑩ RI_0

⑪ $\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)I_0$

⑫ $\frac{\omega L-\frac{1}{\omega C}}{R}$

⑬ $\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$

⑭ $1/\sqrt{LC}$

⑮ R

III

問１

上のガラスの下面で反射した光と下のガラスの上面で反射した光が強め合い，明線ができることがある。どちらの光も反射の際にすき間の厚みが d のところに明線ができるとすると，下のガラスの上面で反射した光は位相が π だけ変化するので，明線ができる条件は m を０以上の整数として

$$2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

となる。三角形の相似を用いると，ガラス板が合わさったところから明線までの距離を x として

$$x:d=L:D$$

なので

$$x=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{L\lambda}{2D}$$

であり，明線の間隔は

$$\Delta x=\left(m+\frac{3}{2}\right)\frac{L\lambda}{2D}-\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{L\lambda}{2D}=\frac{L\lambda}{2D}$$

となる。

問２

問１より

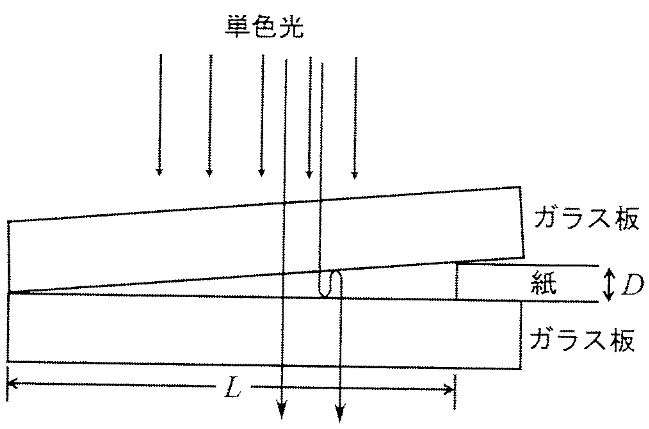
$$\Delta x=\frac{L\lambda}{2D} \Rightarrow D=\frac{L\lambda}{2\Delta x}$$

なので，

$$D=\frac{L\lambda}{2\Delta x}=\frac{0.30\ \mathrm{m}\times(6.0\times10^{-7}\ \mathrm{m})}{2\times(1.0\times10^{-3}\ \mathrm{m})}=9.0\times10^{-5}\ \mathrm{m}$$

であればよい。

問３



ガラスの内側の面で反射する光の位相が合計で2π だけ変化する。そのため，上から観察した場合と比べ，明線と暗線ができる条件が逆になる。

問４

n がガラスの屈折率より小さいので，位相の変化については問１と変わらないが，光路差が $2d$ から $2nd$ となるので，明線ができる条件が

$$2nd=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

に変わる。あとは問１と同様に考えて，

$$\Delta x=\frac{L\lambda}{2nD}$$

となる。