令和８年度 熊本大学個別学力検査（後期日程）【物理】　解答例

1

(問 1)　ゴムひもは自然長なので, 重力のx 成分と静止摩擦力がつり合う。

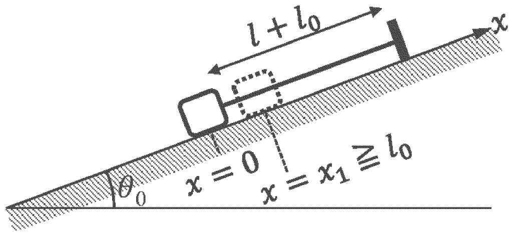
答：　$F = mg\sin\theta_0$ [N]

(問 2)　ゴムひもが l_0だけ伸びることから，x 軸の正方向に復元力が働く。一方 x 軸の負方向には，復元力と逆向きの静止摩擦力と，重力の x 成分が働き，それらの力のつり合いから，

$$kl_0 - \mu mg\cos\theta_0 - mg\sin\theta_0 = 0$$

答：　$l_0 = \dfrac{mg}{k}(\mu\cos\theta_0 + \sin\theta_0)$ [m]

(問 3)　図に示した様に，物体が動き始める前（$x = 0$）では，ゴムひもが l_0だけ伸びて弾性エネルギーが蓄えられる。その後物体は $x_1 \geqq l_0$で静止するが，そのときゴムひもは自然長より短いため弾性エネルギーはない。よって物体が動き始める前に蓄えられた弾性エネルギーは，重力と動摩擦力に打ち勝って $x = x_1$まで移動する仕事になる。



図

$$\frac{1}{2}k{l_0}^2 = mg(\mu'\cos\theta_0 + \sin\theta_0)x_1$$

答：　$x_1 = \dfrac{mg}{2k}\dfrac{(\mu\cos\theta_0 + \sin\theta_0)^2}{(\mu'\cos\theta_0 + \sin\theta_0)}$ [m]

(問 4)　$l_0 = x_1$より，

答：　$\mu = 2\mu' + \tan\theta_0$

(問 5)　下向きの初速 v_0を得た物体の $x < l_0$における運動では，力学的エネルギーが保存し，物体が上昇に転じて再び $x = l_0$を通過する速さは v_0である。一方，$x \geqq l_0$では摩擦力によりエネルギーを損失する。

物体が到達する最高点を $x = d_1\ (> 0)$とすると，そのときの運動エネルギーはゼロで，ゴムひもは自然長より短くなるため弾性エネルギーもゼロである。しかし，$x = l_0$を重力による位置エネルギーの基準とすると，$mg\sin\theta(d_1 - l_0)$の位置エネルギーを持つ。よって，摩擦によるエネルギー損失は，

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - mg\sin\theta(d_1 - l_0) = mg\mu'\cos\theta(d_1 - l_0),\qquad v_0^2 = 2g(\mu'\cos\theta + \sin\theta)(d_1 - l_0)$$

一方，物体が最高点からくだって，再び $x = l_0$を下向きに通過する際の速さを v_1とする。その時最高点で得た重力による位置エネルギーと，v_1による運動エネルギーの差が摩擦力により散逸される。よって，

$$mg\sin\theta(d_1 - l_0) - \frac{1}{2}mv_1^2 = mg\mu'\cos\theta(d_1 - l_0),\qquad v_1^2 = 2g(-\mu'\cos\theta + \sin\theta)(d_1 - l_0)$$

よって，

$$v_1 = v_0\sqrt{\frac{-\mu'\cos\theta + \sin\theta}{\mu'\cos\theta + \sin\theta}}$$

従って，$n\ (\geqq 1)$回往復運動したときの物体の速さ v_nは，

答：　$v_n = v_0\left(\dfrac{-\mu'\cos\theta + \sin\theta}{\mu'\cos\theta + \sin\theta}\right)^{\frac{n}{2}}$ [m/s]

2

(問 1)　フレミングの左手の法則でローレンツ力の向きがわかる。速度の x 成分と磁界が作るローレンツ力は y 軸の負の向きに，速度 y 成分と磁界が作るローレンツ力は x 軸の正の向きであるので，

答：　$f_x = QuB\sin\theta$ [N]　, $f_y = -QuB\cos\theta$ [N]　, $f_z = 0$ [N]

(問 2)　等速円運動における半径方向の力のつり合いは，

$$m\frac{u^2}{r} = QuB$$

周期は $T = 2\pi r/u$

答：　$r = \frac{mu}{QB}$ [m]　, $T = \frac{2\pi m}{QB}$ [s]

(問 3)　オームの法則と電気抵抗 R 〔Ω〕の定義で

$$R = \frac{V_x}{I} = \rho\frac{L}{wd}$$

答：　$\rho = \frac{V_x wd}{IL}$ [Ω · m]

(問 4) 電流密度の大きさ j は $j = |I/wd| = n|q|v$ であるので，
$I = n|q|vwd$ より，

答：　$v = \frac{I}{n|q|wd}$ [m/s]

(問 5)

答：　ローレンツ力により荷電粒子が y 軸方向に力を受け片寄り，電場が発生する。電場による力と，ローレンツ力がつり合い定常状態となり、面 a と面 b の間に電位差が生じる。

(問 6)

答：　荷電粒子の電気量が正の場合，速度は x 軸の正方向であり，ローレンツ力は y 軸の負方向にはたらく。荷電粒子の電気量が負の場合，速度は x 軸の負方向であるが，負電荷であるので，ローレンツ力は同じ y 軸の負方向にはたらく。従って，面 a に荷電粒子が集まる。面 a より面 b の電位が高いということは，面 a に負電荷が集まっていることになるので，荷電粒子の電気量は負である。

(問 7)　y 軸方向の電場 $E_y = \frac{V_y}{w}$ による力とローレンツ力がつり合っているので，

$$\left|q\frac{V_y}{w}\right| = |qvB| = \left|q\frac{I}{nqwd}B\right|,$$

答：　$|V_y| = \frac{IB}{n|q|d}$ [V]

(問 8)　(問 7)の結果より，

$$B = \left|\frac{nqdV_y}{I}\right|$$

である。同じ V_y であれば，電流が2倍になれば，磁束密度は半分になる。従って，10 mTである。

答：　10 mT

3

(問 1)　三平方の定理と$R_1 \gg d$より

$$R_1^2 = (R_1 - d)^2 + x^2 = R_1^2\left(1-\frac{d}{R_1}\right)^2 + x^2 \fallingdotseq R_1^2\left(1-\frac{2d}{R_1}\right) + x^2$$

となる。従って，$x^2 = 2R_1 d$

答：　$d = \dfrac{x^2}{2R_1}$ [m]

(問 2)　平凸レンズの曲面で反射した光の位相は変化しないのに対し，平面ガラスの上平面で反射した光は，位相がπだけ変化する。従って，明環が見られるための条件は経路差 $2d$ が波長λの半整数倍となることより，

$$2d = \frac{x^2}{R_1} = \frac{2m-1}{2}\lambda,$$

答：　$x = \sqrt{\left(m-\dfrac{1}{2}\right)R_1\lambda}$ [m]

(問 3)　平凸レンズの曲面と平凹レンズの曲面の間の距離を h とすると，(問 1)と同様に考えて，

$$h = \frac{w^2}{2R_1} - \frac{w^2}{2R_0}$$

明環が見られるための条件は(問 2)と同じとなり，

$$2h = \frac{w^2}{R_1} - \frac{w^2}{R_0} = \frac{2m-1}{2}\lambda,$$

答：　$w = \sqrt{\left(m-\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{R_0R_1}{R_0-R_1}\lambda}$ [m]

(問 4)　平凸レンズの曲面と平凹レンズの曲面の間の距離を h'とする。

- $n > n_1 \geqq n_0$ または，　$n_1 \geqq n_0 > n$ のとき

平凸レンズの曲面と平凹レンズの曲面で反射した光は，一方の位相が変化しないのに対し，他方の位相はπだけ変化する。従って，明環が見られるための条件は光路差 $2nh'$が波長λの半整数倍となることより，

$$2nh' = n\left(\frac{v^2}{R_1} - \frac{v^2}{R_0}\right) = \frac{2m-1}{2}\lambda, \quad \therefore\ v = \sqrt{\left(m-\frac{1}{2}\right)\frac{R_0R_1}{n(R_0-R_1)}\lambda}\ \text{[m]}$$

- $n_1 > n > n_0$のとき

平凸レンズの曲面と平凹レンズの曲面で反射した光は，どちらも位相は変化しない。従って，明環が見られるための条件は光路差 $2nh'$が波長λの整数倍となることより，

$$2nh' = n\left(\frac{v^2}{R_1} - \frac{v^2}{R_0}\right) = (m-1)\lambda, \quad \therefore\ v = \sqrt{(m-1)\frac{R_0R_1}{n(R_0-R_1)}\lambda}\ \text{[m]}$$

答：

- $n > n_1 \geqq n_0$または，　$n_1 \geqq n_0 > n$のとき　　$v = \sqrt{\left(m-\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{R_0R_1}{n(R_0-R_1)}\lambda}$ [m]
- $n_1 > n > n_0$のとき　　$v = \sqrt{(m-1)\dfrac{R_0R_1}{n(R_0-R_1)}\lambda}$ [m]

(問 5)

答：　$n = n_0$ または，$n = n_1$