2014年度　名古屋大学（物理学）

概要

（試験概要）

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
記述式	3問	標準		

（設問別分析）

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	標準	摩擦力・運動量
2	電磁気学	標準	コンデンサの電磁気学的性質
3	幾何光学	標準	球面凸レンズ

物理 問題I

設問1 物体に働く重力と動摩擦力のつり合いを考えれば良い。

$$\mu' mg = mg \sin\frac{\pi}{6}$$
$$\therefore\ \mu' = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

設問2 運動量保存則より，

$$mv_0 = mv_1 + mw_1$$

また，反発係数の定義により，

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{w_1 - v_1}{v_0}$$

以上より，

$$v_1 = \frac{2-\sqrt{2}}{4}v_0$$
$$w_1 = \frac{2+\sqrt{2}}{4}v_0$$

設問3 点Qから最高点に達するまでの物体Bの運動方程式は，

$$ma = -mg\sin\frac{\pi}{3}$$
$$\therefore\ a = -\frac{\sqrt{3}}{2}g$$

物体Bが，最高点に達するまでに要する時間は，題意より，

$$\delta t = \frac{t_2 - t_1}{2}$$

この間における物体Bの速度 $v(t)$ は，

$$v(t) = w_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}gt$$

最高点において $v(t) = 0$ なので，

$$t_2 - t_1 = \frac{4\sqrt{3}}{3g}w_1$$

設問 4 題意より，

$$t_1 = \frac{L}{w_1}$$
$$\therefore\ t_2 = \frac{4w_1}{\sqrt{3}} + \frac{L}{w_1}$$

物体 A の $0 \leq t \leq t_3$ の間における変位と，物体 B の $t_2 \leq t \leq t_3$ の間における変位の和が L に等しければよいので，

$$v_1 t_3 + w_1(t_3 - t_2) = L$$
$$\therefore\ t_3 = \frac{2L}{v_0} + \frac{(3\sqrt{3} + 2\sqrt{6})v_0}{6g}$$

設問 5 運動量保存則より，

$$mv_1 + m(-w_1) = mv_2 + mw_2$$

また，反発係数の定義より，

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{w_2 - v_2}{v_1 - (-w_1)}$$
$$\therefore\ v_2 = \frac{v_0}{2}, w_2 = 0$$

設問 6 いま，斜面に沿って上向きに正をとると，物体 A は斜面を登っている間，

$$F_1 = -mg\sin\frac{\pi}{6} - \mu' N$$

の力が働いているので，減速し，いずれは静止する。

その後，静止状態を保ち続けるための条件は「物体に力が働いていない」または「力が働いていても，それらがつり合っている」ことであるが，物体 A には斜面に沿って下向きに重力が働いているので，物体 A には重力と同じ大きさで，斜面に沿って上向きの力も働いていなければならない。題意より，このとき斜面に沿って上向きに働いている力は静止摩擦力であり，これを f_s とおくと，物体 A が静止し続けるための条件は以下の不等式を満たしていることである。

$$mg\sin\frac{\pi}{6} = f_s \leq \mu N$$

つまり，「重力の斜面に沿って下向きの成分が最大静止摩擦力よりも小さく，かつ静止摩擦力とつり合っている」，あるいは，「重力の大きさが最大静止摩擦力と等しい」ために物体 A は静止し続けることができる。

物理 問題II

設問 1 ガウスの法則より，円板 $\mathrm{C_1}$ のつくる電場 E_1 は，

$$E_1 = \frac{Q}{\pi\varepsilon_0 a^2}$$

円板 $\mathrm{C_2}$ がアースに接続されているので，円板 $\mathrm{C_1}$ の電位 V_1 は，

$$V_1 = \frac{2dQ}{\pi\varepsilon_0 a^2}$$

設問 2 ガウスの法則より，円板 $\mathrm{C_0}$ に帯電させた電荷 Q が $\mathrm{C_0}$-$\mathrm{C_1}$ 間あるいは $\mathrm{C_0}$-$\mathrm{C_2}$ 間につくる電場 E_0 は，

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 a^2} \\ \therefore\ V_0 &= \frac{dQ}{2\pi\varepsilon_0 a^2} \end{aligned}$$

設問 3 抵抗で損失するエネルギー W_R は，コンデンサの静電エネルギーに等しいので，

$$\begin{aligned} W_R &= \frac{QV}{2} \\ &= \frac{dQ^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \end{aligned}$$

設問 4 ア

設問 5 静電場は，電荷に働くローレンツ力と静電気力がつりあった点における電場なので，力のつり合いの式を立てればよい。

$$\begin{aligned} er\Omega B &= eE(r) \\ \therefore\ E(r) &= r\Omega B \end{aligned}$$

設問 6 略

設問 7 キルヒホッフの電流則より，

$$I = \frac{2V}{2R + R_0}$$

設問 8 エネルギー保存則より，運動量の減少分が抵抗で消費されるエネルギーに等しいことを利用。エネルギー保存則の式を整理すると，

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega a^2 B^2}{4M(2R + R_0)}$$

物理 問題III

基本的な幾何光学の問題。屈折等光の粒子的性質をしっかりと押さえいれば解答可。

問1 屈折の法則より,

$$\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$$
$$\therefore\ \theta_1 = n\theta_2$$

問2 (a)

$$\alpha+\beta$$

(b)

$$\beta-\gamma$$

(c)

$$\frac{\alpha+\beta}{\beta-\gamma}$$

(d)

$$\frac{h}{S_1}$$

(e)

$$\frac{h}{R}$$

(f)

$$\frac{h}{S_2}$$

(g) 変化しない。

(h) 小さくなる。

(i)

$$\frac{\alpha+\beta}{\beta+\gamma}$$

問3

$$\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}=\frac{2(n-1)}{R}$$

問4

$$f = 22\ [\mathrm{cm}]$$

問5

$$l_1 = 24\ [\mathrm{cm}]$$