

物理問題 I (計34点)	
(1) 計11点	ア： $2p$ ：2点 イ： $2n\ell^2 p$ ：3点 ウ： npc または nE ：3点 エ：③：3点
(2) 計10点	オ： $\cos(\alpha + \theta)$ ：3点 カ： $\cos(\alpha - \theta)$ ：2点 キ： $d\sin\alpha - \frac{\ell}{2}$ ：3点 ク： $\left(d\sin\alpha - \frac{\ell}{2}\right)F_0\sin 2\alpha$ ：2点
問1 3点	[解答]： $d > \frac{\ell}{2\sin\alpha}$ ：3点 [記述]： ・解答のみの記述で満点を与える ・解答が誤っている場合， $N_0 > 0$ を考えればいいことがわかっているならば2点
(3) 計6点	ケ： $\frac{m}{M}d$ ：2点 コ： $\frac{2N_0}{d}$ ：2点 サ： $2\pi\sqrt{\frac{md^2}{2N_0}}$ ：2点
問2 4点	[解答]：鏡 M_R が光から得る運動量の大きさが小さくなることにより，力のモーメントのつり合いが破れるため。：4点 [記述]： ・鏡 M_R が光から得る運動量（または，受ける力）の大きさが小さくなる（または，変化する）という要素に2点 ・力のモーメントのつり合いが成り立たなくなるという要素に2点

物理問題 II (計33点)

(1) 計19点	<p>イ : $B_0 l x \cos \theta$: 3点 □ : $B_0 l v \cos \theta$: 2点</p> <p>ハ : $\frac{B_0 l v \cos \theta}{R}$: 2点</p> <p>ニ : $l I B_0 \left(\frac{x}{l} + \frac{1}{2} \right)$ または $\frac{(B_0 l)^2 v \cos \theta}{R} \left(\frac{x}{l} + \frac{1}{2} \right)$: 3点</p> <p>ホ : $l I B_0 \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2} \right)$ または $\frac{(B_0 l)^2 v \cos \theta}{R} \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2} \right)$: 2点</p> <p>へ : $mg \sin \theta - f_1 \cos \theta + f_2 \cos \theta$: 2点</p> <p>ト : $\frac{mg}{B_0 l} \tan \theta$: 2点 チ : $\frac{l}{2}(mg \cos \theta - 2f_2 \sin \theta)$: 3点</p> <p><u>リ, ヌ は, 訂正表で削除した問題であるため, 採点対象外。</u></p>
(2) 計3点	<p>ル : $\frac{n B_0 l \cos \theta}{L}$: 3点</p>
問1 4点	<p>[解答]</p> <p>物体の x 軸方向の運動方程式は</p> $ma = mg \sin \theta - \frac{(n B_0 l \cos \theta)^2}{L} x$ <p>となるから物体の運動は中心が $x = \frac{mgL \sin \theta}{(n B_0 l \cos \theta)^2}$, 角振動数が $\omega = \frac{n B_0 l \cos \theta}{\sqrt{mL}}$ の単振動である。</p> <p>[記述]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単振動であることがわかっていたら2点 ・中心を求めていたら1点 ・角振動数または周期 $T = \frac{2\pi\sqrt{mL}}{n B_0 l \cos \theta}$ または振動数を求めていたら1点
計4点	<p>ヲ : $\frac{mg \cos \theta}{\alpha l} x \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2} \right)$: 2点 ヲ : $\frac{2\alpha l \sin \theta}{\cos^2 \theta}$: 2点</p>

[解答]

物体が斜面から受ける垂直抗力のモーメントの大きさ

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\ell}{2}(mg\cos\theta - 2f_2\sin\theta) \\
 &= \frac{1}{2}mgl\cos\theta\left\{1 - 2\frac{x}{\alpha\ell}\left(\frac{x}{\ell} - \frac{1}{2}\right)\sin\theta\right\}
 \end{aligned}$$

が物体の運動の範囲で0以上の値を取ればよい。 N の x による増減より、 x の最大値問2
3点 $x = \frac{2\alpha l \sin\theta}{\cos^2\theta}$ で $N \geq 0$ であればよいため、これを計算して、

$$\alpha \leq \frac{\cos^2\theta}{2\sin\theta}\left(\frac{1}{4\tan^2\theta} + \frac{1}{2}\right)$$

 $\theta = \frac{\pi}{6}$ として、 α の最大値は $\frac{15}{16}$ となる。

[記述]

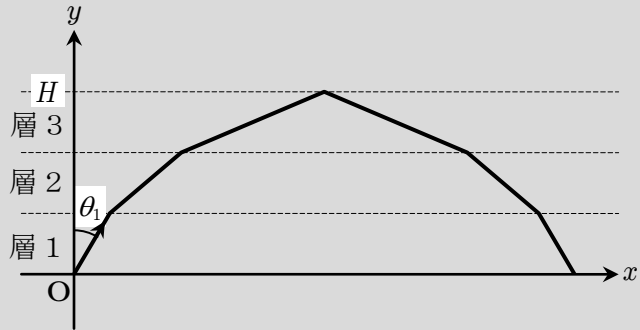
- ・ $N \geq 0$ に触れていれば1点
 - ・ 振動の下端において考えていれば1点
- α の最大値が正しければ記述によらず3点

物理問題 III (計33点)

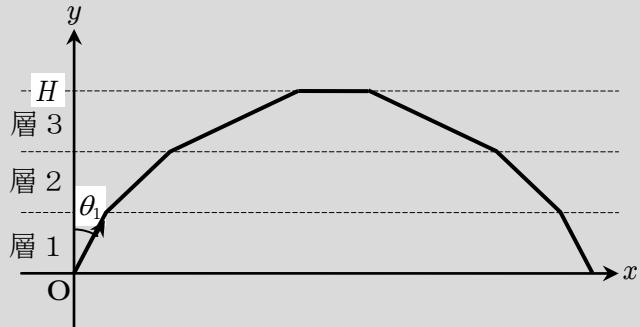
(1)
計4点 あ： $\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$: 2点 い： $n_1 \sin \theta_1$: 2点

(2)
計2点 う： $\frac{n_1(1 - \sin \theta_1)}{H}$: 2点

[解答]



または



問1
5点

$y = H$ で全反射して(そこで臨界角となって)左右対称な軌跡で地上に返ってくる
ことがわかっていれば, $y = H$ で光線が一度水平になっても5点
[部分点]

・先走って折れ線ではなくなめらかな曲線で描いていても3点

計14点 え： $n_{i+1} \cos \phi_{i+1}$: 2点 お： $\cos \phi_i - \sin \phi_i \cdot \Delta \phi_i$: 2点
か： $\tan \phi_i \Delta \phi_i$: 2点 き： $\frac{1}{n_i} \frac{\Delta n_i}{\Delta y_i}$: 2点
く： $-\frac{\phi_1^2}{2H}$: 2点 け： $-\frac{\phi_1^2}{4H}$: 2点
こ： $\frac{2H}{\phi_1}$: 2点

[解答]

ここまでの考察から、 $\frac{\alpha}{n_1} = \frac{\phi_1^2}{2H} = 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ となる。光の軌跡が、 $x=0$ と $x=10 \text{ km}$

で同じ高さを通る放物線となることから、 $\frac{4H}{\phi_1} = 10 \text{ km}$ である。これらより、

$\phi_1 = 5 \times 10^{-4}$ であるから、求める高さは、

$$10 \text{ km} \times \tan \phi_1 \approx 10 \text{ km} \times \phi_1 = 5 \text{ m}$$

問 2
4 点

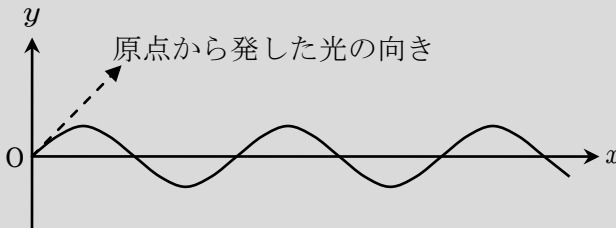
[記述]

・ 答えだけでも 5 m が正確に得られていれば 4 点

・ 放物線の水平到達距離 $\frac{4H}{\phi_1}$ を計算間違いしていても、その値が 10 km に対応することがわかっているならば 1 点

・ 求める見かけの点光源の高さが $10 \text{ km} \times \tan \phi_1$ であることがわかっているならば 2 点

[解答]



問 3
4 点

振動の周期性がわかるように最低でも 1 周期描画されていれば 4 点