

〔I〕

問1

(1) 運動量保存則より

$$MV' + mv' = MV \quad \dots\dots①$$

反発係数の式より

$$1 = -\frac{V' - v'}{V} \quad \dots\dots②$$

①②より

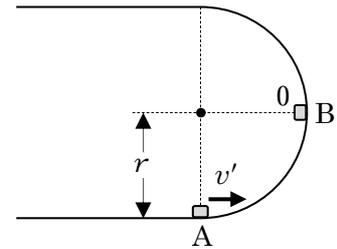
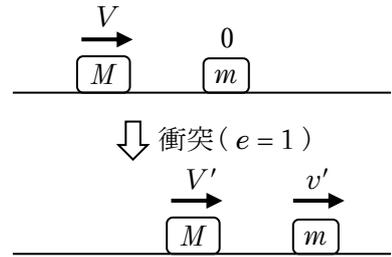
$$V' = \frac{M - m}{M + m} V, \quad v' = \frac{2M}{M + m} V$$

(2) 点 B での速さを 0 になるとき、力学的エネルギー保存則より

$$mgr = \frac{1}{2}mv'^2 \quad \therefore v' = \sqrt{2gr}$$

このとき、 $V = V_0$ となるので、(1)の結果より

$$\frac{2M}{M + m} V_0 = \sqrt{2gr} \quad \therefore V_0 = \frac{M + m}{2M} \sqrt{2gr}$$



(3) 再び衝突するのは、以下の 2 つの場合がある。

(i) 小物体 1 が衝突後に右向きに進む、または静止する

(ii) 小物体 1 が衝突後に左向きに進み、引き返した小物体 2 が小物体 1 に追いつく

(i) の条件は $V' \geq 0$ なので、(1)より

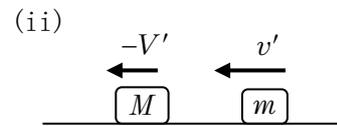
$$M - m \geq 0 \quad \therefore \frac{m}{M} \leq 1 \quad \dots\dots③$$

(ii) の条件は $V' < 0$ かつ $-V' < v'$ なので、(1)より

$$\begin{cases} M - m < 0 \\ -\frac{M - m}{M + m} V < \frac{2M}{M + m} V \end{cases} \quad \therefore 1 < \frac{m}{M} < 3 \quad \dots\dots④$$

$m > 0$ かつ $M > 0$ なので、③④より

$$0 < \frac{m}{M} < 3$$



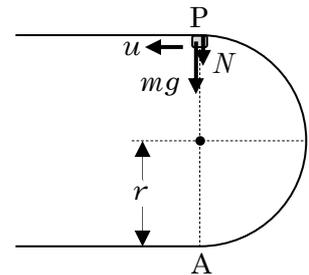
問2 点 P での運動方程式より

$$m \frac{u^2}{r} = N + mg \quad \therefore N = m \left(\frac{u^2}{r} - g \right)$$

問3 $N \geq 0$ であればよいから、問2より

$$\frac{u^2}{r} - g \geq 0 \quad \therefore u \geq \sqrt{gr}$$

ゆえに、 $u_0 = \sqrt{gr}$



問4 点Pを通過してから小物体1に衝突するまでの時間を t とする。

鉛直方向の運動は自由落下なので

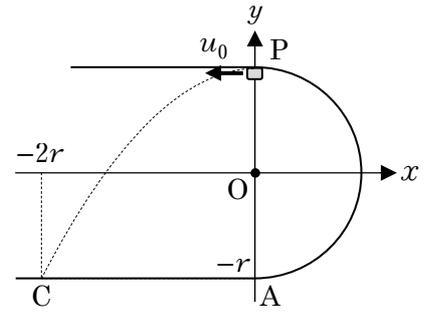
$$2r = \frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$$

水平方向の運動は、水平左向きに速度 u_0 の等速度運動なので

$$\overline{CA} = u_0 t = \sqrt{gr} \times 2\sqrt{\frac{r}{g}} = 2r$$

よって小物体1の軌跡 $y = ax^2 + b$ は、2点 $(0, r)$ と $(-2r, -r)$ を通るので

$$\begin{cases} r = b \\ -r = a(-2r)^2 + b \end{cases} \quad \therefore a = -\frac{1}{2r}, \quad b = r$$



標準的な入試問題レベルのため、医学部や薬学部、歯学部などを受験した生徒だけでなく、工学部や理学部などを受験した生徒も高得点をとりたい。

- ・物理 VOL.1 例題 9 2物体の衝突の基本問題。「高3 国立大物理」「高3 赤門会物理」(2026 年度名称:「高3 赤門会医進物理」)で3月に学習した。
- ・物理 VOL.1 例題 15, 問題 15-2 非等速円運動の基本問題。「高3 国立大物理」「高3 赤門会物理」(2026 年度名称:「高3 赤門会医進物理」)で4月に学習した。
- ・夏期「力学攻略解体新書」11 2回目の衝突が起きる条件についての問題。
- ・夏期「力学攻略解体新書」17 非等速円運動から水平投射になる問題。

〔Ⅱ〕

問 1

- (1) 導体棒 1 に生じる誘導起電力により、導体棒 1 にはレール 1 から 2 の方向に電流が流れる。よって、導体棒 1 にはたらく力のつりあいより

$$IBL \cos \theta = mg \sin \theta \quad \therefore \quad I = \frac{mg \tan \theta}{BL}$$

- (2) 斜面に沿って速さ v で下降しているとき、磁束密度に垂直な方向の速度成分は $v \cos \theta$ なので

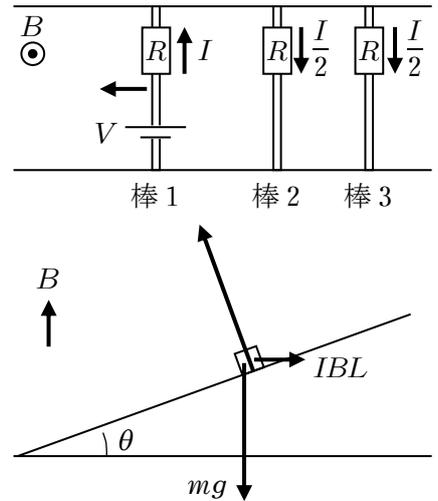
$$V = BvL \cos \theta$$

- (3) 導体棒 2, 3 を流れる電流の大きさはともに $\frac{I}{2}$ であるから
キルヒホッフの第 2 法則より

$$V - RI - R \times \frac{I}{2} = 0 \quad \therefore \quad V = \frac{3}{2}RI$$

- (4) (1) (2) (3) の答えより

$$BvL \cos \theta = \frac{3}{2}R \times \frac{mg \tan \theta}{BL} \quad \therefore \quad v = \frac{3mgR \tan \theta}{2B^2L^2 \cos \theta}$$



問 2

- (1) 運動方程式は

$$\underline{ma_k = mg \sin \theta - I_k BL \cos \theta}$$

- (2) (1) より

$$\begin{cases} ma_1 = mg \sin \theta - I_1 BL \cos \theta & \dots\dots \textcircled{1} \\ ma_2 = mg \sin \theta - I_2 BL \cos \theta \\ ma_3 = mg \sin \theta - I_3 BL \cos \theta \end{cases}$$

これらの辺々を足すと

$$m(a_1 + a_2 + a_3) = 3mg \sin \theta - (I_1 + I_2 + I_3)BL \cos \theta$$

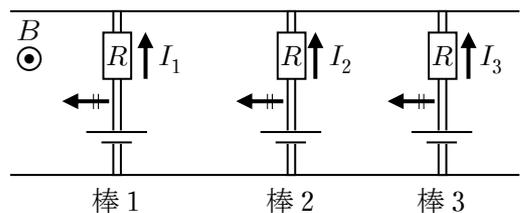
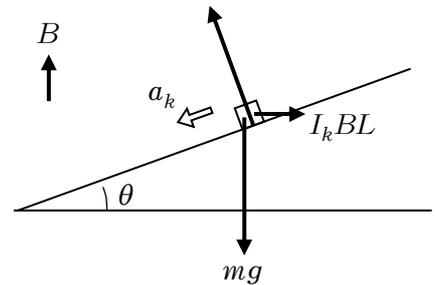
キルヒホッフの第 1 法則より $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ なので

$$m(a_1 + a_2 + a_3) = 3mg \sin \theta$$

$$\therefore \quad a_1 + a_2 + a_3 = \underline{3g \sin \theta}$$

- (3) 3 つの導体棒の間隔は変化しなくなったということは、3 つが同じ速さでレール上を滑り降りている。このとき、3 つの導体棒に生じる誘導起電力が等しく、またキルヒホッフの第 1 法則も成り立つので、 $I_1 = I_2 = I_3 = 0$

このとき①より、 $a_1 = \underline{g \sin \theta}$



導体棒が 3 つあるため、適切に等価な回路に書き換えて考える。導体棒に抵抗値があることや、電流の正方向の定義を見落とさずに取り組みたい。最後の問題は状況が把握しにくく やや難しい。

- ・物理 VOL.2 問題 6 3 - 2 導体棒における誘導起電力と力のつりあいの基本問題。「高 3 国立大物理」「高 3 赤門会物理」(2026 年度名称:「高 3 赤門会医進物理」)で 3 月に学習した。
- ・物理 VOL.3 77 導体棒における誘導起電力と力のつりあいの問題。「高 3 国立大物理」で 11 月に学習した。
- ・物理 VOL.3 78 導体棒における誘導起電力と力のつりあいの問題。「高 3 赤門会 SS 物理」(2026 年度名称:「高 3 赤門会医進 SS 物理」)で 7 月に学習した。

〔Ⅲ〕

問1 ピストンとおもりにはたらく力のつりあいより

$$p_1 S = p_0 S + Mg \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

状態方程式より

$$p_1 S h_1 = nRT_1 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

①②より

$$h_1 = \frac{nRT_1}{p_0 S + Mg}$$

問2 $\Delta U = nC_V(T_1 - T_0)$

問3 大気の圧力は p_0 で一定なので、大気にした仕事，すなわち大気がされた仕事 W_a' は

$$W_a' = p_0 S(h_1 - h_0)$$

おもりにした仕事，すなわちおもりがされた仕事 W_w' は

$$W_w' = Mg(h_1 - h_0)$$

問4 気体の圧力は p_0 の定圧変化とみなせるので

$$W = p_0 S(h_1 - h_0)$$

過程(ii)における内部エネルギーの変化量 $\Delta U'$ は

$$\Delta U' = nC_V(T_0 - T_1)$$

熱力学第一法則より

$$Q = \Delta U' - W = nC_V(T_0 - T_1) - p_0 S(h_1 - h_0)$$

問5 過程(ii)では気体は熱を放出するので、吸熱過程は(i)のみである。

(i)での吸収した熱量は、熱力学第一法則より、 $\Delta U + W_a' + W_w'$

また、1 サイクルでの気体がした正味の仕事は、 $W_a' + W_w' + (-W)$

ゆえに、熱効率は

$$e = \frac{W_a' + W_w' + (-W)}{\Delta U + W_a' + W_w'} = \frac{W_w'}{\Delta U + W_a' + W_w'} \quad (\because W_a' = W)$$

過程(i)(ii)はともに定積変化をしたのちに定圧変化をしていることに注意が必要である。

- ・物理 VOL.3 **42** ストッパーの付いた容器での気体の変化についての問題。「高3赤門会 SS 物理」(2026 年度 名称:「高3赤門会医進 SS 物理」)で5月に学習した。
- ・物理 VOL.4 **15** ストッパーの付いた容器での気体の変化についての問題。「高3赤門会物理」(2026 年度 名称:「高3赤門会医進物理」)で9月に学習した。
- ・直前ゼミ 広島大 単原子分子でない気体における定積変化や定圧変化についての問題。

[IV]

問1 空気と薄膜の境界面での、屈折の法則より

$$1 \sin \theta = n_1 \sin \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) \quad \therefore \cos \alpha = \frac{\sin \theta}{n_1}$$

問2 $n_2 > n_1$ より、位相のずれは π [rad]

問3 光 a と光 b の経路差は、右図の線分 DE に対応し、

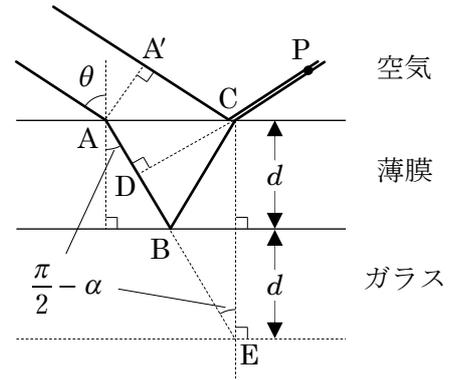
$2d \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)$ であるから、この経路に含まれる波の数は

$$\frac{2d \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)}{\frac{\lambda}{n_1}}$$

波の数 1 つにつき、位相差は 2π なので

$$\Delta\phi = \frac{2d \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)}{\frac{\lambda}{n_1}} \times 2\pi$$

$$\therefore \frac{\Delta\phi}{2\pi} = \frac{2n_1 d \sin \alpha}{\lambda}$$



最後の問題は、位相差と波の数の関係考えるため、これは経験の差がでる。

- ・物理 VOL.3 **56** 薄膜に斜めに入射する光波の干渉についての問題。「高3 国立大物理」で10月に、「高3 赤門会 SS 物理」(2026 年度名称:「高3 赤門会医進 SS 物理」)で6月に学習した。
- ・ファイナル特講物理 第2部 **9** **12** 波の数と位相差についての問題。「高3 赤門会物理」(2026 年度名称:「高3 赤門会医進物理」)、「高3 赤門会 SS 物理」(2026 年度名称:「高3 赤門会医進 SS 物理」)で2月に学習した。