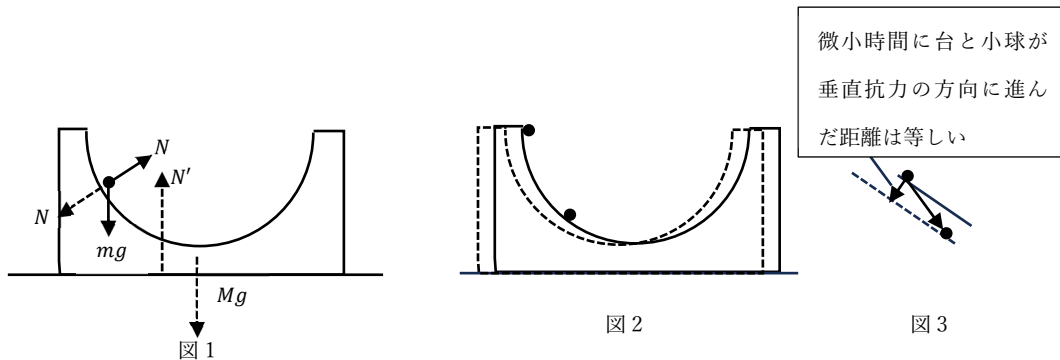


岡山大学 2025 年度入試 物理 解説

第 1 問 《可動台上の円運動》

ポイント

1. 可動台の問題 保存則の活用で解く



①運動量保存則の条件…内力のみはたらき、外力がはたらかない。

この問題では、図 1 の小球と台の間の垂直抗力を内力と見なすと水平方向に外力がはたらかないから、運動量の水平成分が保存する。

②力学的エネルギー保存則の条件…重力、弾性力などの保存力以外の力が仕事をしない。

この問題では、床から台にはたらく垂直抗力は動く方向に垂直なため台に仕事をせず、小球と台の間の垂直抗力はそれぞれに仕事をする（動く方向に垂直でないため）が、その和は 0（小球が台上を運動するので、小球と台の垂直抗力の方
向の移動距離は等しくなり（図 3）、仕事の大きさは等しいが、垂直抗力の向きは違うから仕事の符号が異なる。）なので、力学的エネルギーの和が保存する。

2. 可動台上の円運動

床上の観測者から見ると台が動くため、小球の軌道は円運動ではないが、台上の観測者から見ると、台は静止しているので、円軌道を描くから、円運動の運動方程式は、速さに台に対する小球の相対速度の大きさ u を用いて、

$$m \frac{u^2}{r} = F \quad (F \text{ は向心力) とする。}$$

問 1. 求める速度を v_0 として、力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = mgr$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{2gr} \cdots \text{答}$$

問 2. 求める垂直抗力の大きさを N_0 として、円運動の運動方程式をたてると、

$$m \frac{v_0^2}{r} = N_0 - mg$$

この式に問 1 の結果を代入して、

$$N_0 = 3mg \cdots \text{答}$$

問 3. 水平方向の運動量保存則より、

$$mv + MV = 0$$

$$\therefore V = -\frac{m}{M}v \cdots \text{答} \cdots \textcircled{1}$$

問 4. 台と小球の力学的エネルギーの和が保存するから、

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgr \cdots \textcircled{2}$$

①を②に代入して、

$$v = \sqrt{\frac{2Mgr}{M+m}} \cdots \text{答}$$

問 5. 問 4 の結果を①に代入して、

$$V = -\frac{m}{M}v = -m\sqrt{\frac{2gr}{M(M+m)}} \cdots \text{答}$$

問 6. 台に対する小球の相対速度 u は、

$$u = v - V = v - \left(-\frac{m}{M}v\right) = \frac{m+M}{M}v = \sqrt{\frac{2(M+m)gr}{M}} \cdots \textcircled{3}$$

求める垂直抗力の大きさを N として、台から見た円運動の運動方程式をたてると、

$$m \frac{u^2}{r} = N - mg \cdots \textcircled{4}$$

③を④に代入して、

$$N = \frac{3M+2m}{M}mg \cdots \text{答}$$

第2問《磁界中の荷電粒子の円運動》

ポイント

磁界中の荷電粒子は円運動をするので、円運動の運動方程式をたてる。

磁束密度の大きさが B の磁界に垂直に速さ v で入射した電気量 q ($q > 0$)の荷電粒子は、大きさ qvB のローレンツ力を向心力として円運動をする。円軌道の半径 r は、円運動の運動方程式より、

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \quad \therefore r = \frac{mv}{qB}$$

$$\text{周期} T \text{は, } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

問1. 平行平板間にはたらく電界の大きさ E は、

$$E = \frac{V}{d}$$

よって、求める力の大きさ F は、

$$F = qE = \frac{qV}{d} \cdots \text{答}$$

問2. 加速度の大きさを a として、運動方程式をたてると、

$$ma = \frac{qV}{d}$$

$$\therefore a = \frac{qV}{md} \cdots \text{①}$$

求める速さを v とすると、等加速度運動の式より、

$$v^2 - 0^2 = 2ad$$

①より、

$$v = \sqrt{2ad} = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \cdots \text{答} \cdots \text{②}$$

(別解) エネルギーと仕事の関係より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

問 3. 求める時間を t として、初速度 0 の等加速度運動の式をたてると、

$$v = at$$

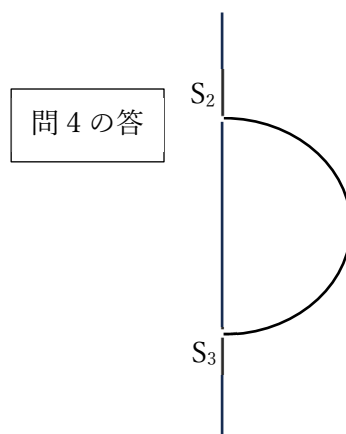
①, ②より、

$$t = \frac{v}{a} = d \sqrt{\frac{2m}{qV}} \dots \text{答}$$

(別解) 運動量変化=力積 の式より、

$$mv - 0 = Ft \quad \therefore t = \frac{mv}{F} = d \sqrt{\frac{2m}{qV}}$$

問 4. 磁界中に垂直に入射した荷電粒子は、円軌道を描くから軌跡は下の図



問 5. S_2 を通過した直後、正の電荷の速度の向き (電流の向き) が x 軸正の向き、ローレンツ力の向きが円の中心を向くから y 軸正の向きであるから、フレミングの左手の法則より、磁場の向きは、 z 軸負の向き $\dots$ 答

問 6. 円運動の運動方程式より、

$$m \frac{v^2}{\frac{L}{2}} = qvB$$

$$\therefore L = \frac{2mv}{qB} \dots \text{①}$$

問 2 の結果を代入して、

$$L = \frac{2m}{qB} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

$$B = \frac{2}{L} \sqrt{\frac{2mV}{q}} \dots \text{答}$$

問 7. 質量 $\frac{m}{2}$ の粒子が S_1 に到達したときの速度 v' は、問 2 の結果で、 $m \rightarrow \frac{m}{2}$ として、

$$v' = \sqrt{\frac{2qV}{\frac{m}{2}}} = \sqrt{2}v$$

円軌道の半径を r とすると、円運動の運動方程式より、

$$\frac{m}{2} \frac{v'^2}{r} = qv'B$$

$$\therefore r = \frac{mv'}{2qB} = \frac{m \cdot \sqrt{2}v}{2qB} \dots \textcircled{2}$$

S_2 と平板 c に衝突する点との距離は $2r$ であるから、①, ②より、

$$\frac{2r}{L} = \frac{\sqrt{2}}{2} \dots \text{答}$$

問 8. 求める時間は、円運動の半周期だから②より、 $\frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi r}{v'} = \frac{\pi m}{2qB} \dots \text{答}$

参考：直径 $2r = \frac{mv}{qB}$ は、質量が $\frac{1}{2}$ 倍、速度が $\sqrt{2}$ 倍になるから $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 倍になり、半周期 $\frac{T}{2} = \frac{\pi m}{qB}$ は、

速度は関係なく、質量が $\frac{1}{2}$ 倍になるので、 $\frac{1}{2}$ 倍となる。

第3問《ピストン固定のときとピストンが自由に動くときの真空への気体の拡散》

ポイント

1. 断熱自由膨張・・・全体の体積が一定で、片方が真空、断熱容器の中への気体の拡散では、温度は変化しない。
2. 気体の状態変化
 - (1) 各状態で、①ピストンにはたらく力のつり合い式、②気体の状態方程式をたてる。
 - (2) 変化で、熱力学第1法則をたてる。
3. 全体で考えると、ピストンが動かないときは気体は仕事をされない所以温度は変わらない（断熱自由膨張）が、ピストンが動くときは気体が仕事をされるので、熱力学第1法則より温度を求める。このとき、単原子分子理想気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

問1. 気体の状態方程式より、

$$P_0SL = nRT_1 \cdots \textcircled{1}$$

$$\therefore T_1 = \frac{P_0SL}{nR} \cdots \text{答}$$

問2. $T_2 = T_1 \cdots \text{答}$

理由：気体全体を考えると、断熱容器内の変化であるから、外から熱を吸収しない。また、ピストンが動かないから、気体は外部から仕事をされない。よって、熱力学第1法則より内部エネルギーの変化が0になり、気体の温度は変化しない。

問3. 変化後の気体の圧力を P_1 とすると、気体の状態方程式より、

$$P_1S \left(L + \frac{L}{4} \right) = nRT_1 \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{より}, P_1 = \frac{4}{5}P_0$$

よって、求める力の大きさを F として、力のつり合い式をたてると、

$$F + \frac{4}{5}P_0S = P_0S$$

$$\therefore F = \frac{1}{5}P_0S \cdots \text{答}$$

問4. 気体が外部にした仕事を W' とすると、バルブを静かに開くので、容器内の気体の圧力は P_0 で一定であるとみなせるので、

$$W' = P_0(SL_3 - SL) = -P_0S(L - L_3) \cdots \text{答}$$

問 5. 状態③の気体の温度を T_3 として、気体の状態方程式をたてると、

$$P_0 S \left(L_3 + \frac{L}{4} \right) = n R T_3 \cdots \textcircled{3}$$

よって、気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、単原子分子理想気体であるので、

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} P_0 S \left(L_3 - \frac{3L}{4} \right)$$

熱力学第 1 法則より、

$$\Delta U = -W'$$

$$\frac{3}{2} P_0 S \left(L_3 - \frac{3L}{4} \right) = P_0 S (L - L_3)$$

$$\therefore L_3 = \frac{17}{20} L \cdots \text{答}$$

問 6. 問 5 の結果を③に代入して、

$$P_0 S \left(\frac{17}{20} L + \frac{L}{4} \right) = n R T_3 \cdots \textcircled{3}'$$

③' と ① より、

$$T_3 = \frac{11}{10} T_1 \cdots \text{答}$$

第4問《ニュートンリング》

ポイント

1. 光路差 Δx は、三平方の定理と近似を用いて計算する。

$$\Delta x = 2d = \frac{r^2}{R}$$

2. 屈折率の小さい媒質から大きい媒質へ入射しようとするときの反射で位相が π ずれるので、上から入射したときの光を上から見るときは、平凸レンズの下面での反射では位相は変化しないが、平板ガラスの上面での反射では位相が π ずれる。
3. 位相の変化の差が π の奇数倍であるとき、干渉の明暗の条件が逆になる。

問1. ア：① イ：② ウ：③

問2. 問1の考察より、干渉の条件は逆になるから、暗環が表れる条件は、

$$2d = m\lambda$$

$$\therefore d = \frac{m\lambda}{2} \cdots \text{答}$$

問3. 三平方の定理より、

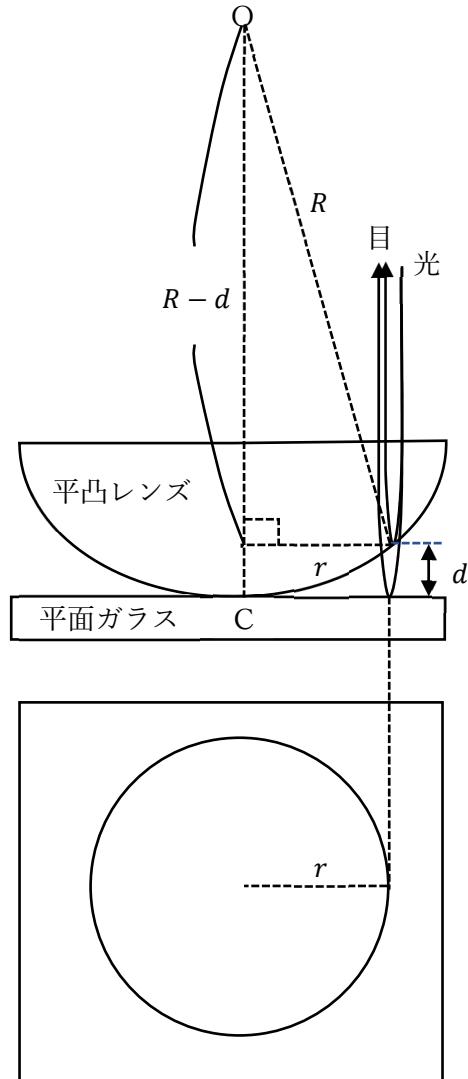
$$R^2 = (R - d)^2 + r^2$$

$$R^2 = R^2 \left(1 - \frac{d}{R}\right)^2 + r^2$$

与えられた近似を用いると、

$$R^2 \cong R^2 \left(1 - \frac{2d}{R}\right) + r^2$$

$$d = \frac{r^2}{2R} \cdots \text{答}$$



問 4. 光路差は $2d = \frac{r^2}{R}$ となるから、暗環ができる条件より、

$$\frac{r^2}{R} = m\lambda \cdots \textcircled{1}$$

$$\therefore R = \frac{r^2}{m\lambda}$$

問 5. 点 C から距離 r' 離れた位置の空気層の厚さ d' は、問③の結果より、図 5 での点 C から r 離れた平凸ガラスの位置の点 C からの高さが $\frac{r^2}{2R}$ であるから、

$$d' = \frac{r'^2}{2R} - \frac{r'^2}{2R_0}$$

暗環ができる条件より、

$$2d' = \frac{r'^2}{R} - \frac{r'^2}{R_0} = m\lambda$$

$$\therefore R = \frac{R_0 r'^2}{m\lambda R_0 + r'^2} \cdots \text{答} \cdots \textcircled{2}$$

問 6. ①の $r \rightarrow r_m$ として、 $r_m = \sqrt{Rm\lambda}$

$$\textcircled{2} \text{ の } r' \rightarrow r'_m \text{ として、 } r'_m = \sqrt{\frac{R_0 R}{R_0 - R}} m\lambda$$

$$\frac{r'_m}{r_m} = \sqrt{\frac{R_0}{R_0 - R}} \cdots \text{答}$$