

## 第1問

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

$$\begin{aligned} mgr &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ \therefore v_0 &= \sqrt{2gr} \end{aligned}$$

問2 求める垂直抗力を  $N$  として、円運動の運動方程式より

$$\begin{aligned} m\frac{v_0^2}{r} &= N - mg \\ \therefore N &= 3mg \end{aligned}$$

問3 水平方向の運動量は 0 で保存されているので

$$\begin{aligned} 0 &= MV + mv \\ \therefore V &= -\frac{m}{M}v \end{aligned}$$

問4 力学的エネルギー保存則より

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

問3の  $V$  を代入し、 $v > 0$ ,  $V < 0$  に注意して

$$\begin{aligned} mgr &= \frac{1}{2}M\left(-\frac{m}{M}v\right)^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m(m+M)}{2M}v^2 \\ \therefore v &= \sqrt{\frac{2Mgr}{m+M}} \end{aligned}$$

問5 問3および問4より

$$V = -\frac{m}{M}v = -\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2Mgr}{m+M}}$$

問6 小球は移動している台からみて円運動をしている。また、小球が最下点  $Q$  を通過するとき、台が小球から受ける垂直抗力  $N$  は鉛直方向下向きで、この垂直抗力に水平成分は存在しないので、台は水平方向に力を受けず、台の加速度は 0 である。よって小球に慣性力は働く。したがって台からみた小球の相対速度  $v - V$  を用いて、円運動の運動方程式より

$$\begin{aligned} m\frac{(v-V)^2}{r} &= N - mg \\ m\frac{\left(\frac{m+M}{M}v\right)^2}{r} &= N - mg \\ \therefore N &= \frac{m(2m+3M)}{M}g \end{aligned}$$

・直前ゼミ 岡大物理 円筒面を持った動く台と小球の運動。2次試験対策講座で2月に学習した。

・ファイナル特講物理 第2部 **1****4** 円筒面を持った動く台と小球の運動。「高3赤門会難関大医歯薬物理」  
(2025年度名称:「高3赤門会物理」)で1月に学習した。

## 第2問

問1 電極間の電場  $E$  は

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

よって電極間で粒子にはたらく力の大きさ  $F$  は

$$F = qE = q \frac{V}{d}$$

問2 求める速さを  $v$  として、エネルギーと仕事の関係より

$$\frac{1}{2}mv^2 = Fd$$

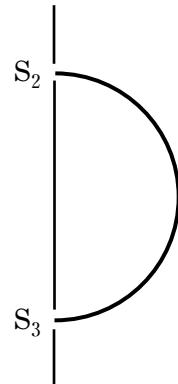
$$\therefore v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

問3 求める時間を  $t$  として、運動量と力積の関係より

$$mv = Ft$$

$$\therefore t = d \sqrt{\frac{2m}{qV}}$$

問4 荷電粒子は磁界の中で等速円運動をするので右図。



問5 問4の円の中心向きにローレンツ力がはたらくので、フレミングの左手の法則より磁界の向きは

 $z$  軸負方向問6 円運動の半径が  $\frac{1}{2}L$  なので、円運動の運動方程式より

$$m \frac{v^2}{\frac{1}{2}L} = qvB$$

$$\therefore B = \frac{2mv}{qL} = \frac{2}{L} \sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

問7 電荷が同じなので、電極間で粒子にはたらく力は同じである。よって粒子の電極間で加速された後の

速さを  $v'$  として、問2と同様に

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} mv'^2 = Fd$$

$$\therefore v' = \sqrt{2}v$$

S<sub>2</sub> を通過後の円運動の半径を  $r$  として、円運動の運動方程式より

$$\frac{1}{2} m \frac{v'^2}{r} = qv'B$$

$$\therefore r = \frac{mv'}{2qB} = \frac{1}{2\sqrt{2}} L$$

したがって、求める距離は

$$2r = \frac{1}{\sqrt{2}} L \text{ なので } \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ 倍}$$

問8 速さ  $v'$  の等速円運動で半周する時間なので

$$\frac{\pi r}{v'} = \frac{\pi m}{2qB}$$

- ・直前ゼミ 岡大物理 荷電粒子の磁界中の等速円運動。2次試験対策講座で2月に学習した。
- ・物理 VOL.2 例題60, 問題60-1 荷電粒子の磁界中の等速円運動。「高3国立大物理」「高3赤門会難関大医歯薬物理」(2025年度名称:「高3赤門会物理」)で7月に学習した。

### 第3問

問1 気体の状態方程式より

$$\begin{aligned} P_0SL &= nRT_1 \\ \therefore T_1 &= \frac{P_0SL}{nR} \end{aligned}$$

また求める内部エネルギー  $U$  は、単原子分子理想気体なので

$$U = \frac{3}{2}P_0SL$$

問2  $T_1 = T_2$

理由：容器Aの気体が真空である容器Bに膨張するとき気体は仕事をしない。また断熱材で覆われているので熱の出入りもない。したがって、熱力学の第1法則より気体の内部エネルギー変化は0となり、温度は変化しない。

問3 状態②における気体の圧力を  $P_2$  とおくと、ボイルの法則より

$$\begin{aligned} P_0SL &= P_2S\frac{5}{4}L \\ \therefore P_2 &= \frac{4}{5}P_0 \end{aligned}$$

よってピストンの位置を一定に保つためには左向きに外力を加える必要があり、その大きさを  $F$  とおくと、ピストンの力のつり合いより

$$\begin{aligned} P_0S &= F + \frac{4}{5}P_0S \\ \therefore F &= \frac{1}{5}P_0S \end{aligned}$$

問4 状態①から状態③に変化する過程で、ピストンが気体を押す圧力が常に大気圧に等しいとすると、このとき気体がした仕事  $W$  は

$$W = -P_0S(L - L_3)$$

問5 状態①から状態③は断熱変化である。この変化において気体がした仕事は問4の  $W$  であり、この変化における気体の内部エネルギー変化  $\Delta U$  は

$$\Delta U = \frac{3}{2}P_0S\left(L_3 + \frac{1}{4}L\right) - \frac{3}{2}P_0SL$$

したがって熱力学の第1法則より

$$\begin{aligned} 0 &= \Delta U + W = \frac{3}{2}P_0S\left(L_3 + \frac{1}{4}L\right) - \frac{3}{2}P_0SL - P_0S(L - L_3) \\ \therefore L_3 &= \frac{17}{20}L \end{aligned}$$

問6 状態①と状態③でボイル・シャルルの法則より

$$\frac{P_0 S L}{T_1} = \frac{P_0 S \left( L_3 + \frac{1}{4} L \right)}{T_3}$$

$$\therefore T_3 = \frac{11}{10} T_1$$

ピストンにはたらく力のつりあい、状態方程式、熱力学第一法則、真空への気体の拡散に関する出題。鷗州塾の高3授業では、5月、9月、2月に学習している。

#### 第4問

問1

- (ア) ガラスから空気への境界での反射なので、反射により光の位相は ① 変わらない  
 (イ) 空気からガラスへの境界での反射なので、反射により光の位相は ②  $\pi$  ずれる  
 (ウ) 暗環つまり2つの光が打ち消し合う条件は、(イ)の反射による位相のずれを考慮して、光路差が波長の整数倍つまり半波長の ③ 偶数倍となる

問2 中心から  $m$  番目の暗環は、光路差が波長の  $m$  倍となるので

$$2d = m\lambda$$

$$\therefore d = \frac{m\lambda}{2}$$

問3 平凸レンズの球面の中心と平凸レンズの下面の反射点を結ぶ線分を斜辺とする直角三角形において三平方の定理より

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

両辺  $R^2$  で割って

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

$d \ll R$  より、与えられた近似式より

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

$$\therefore d = \frac{r^2}{2R}$$

問4 問2、問3より

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

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

問5 接点 C' から  $r'$  だけ離れた位置の空気層の厚さ  $d'$  は問3より

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

これが  $m$  番目の暗環となる条件は

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

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

問6 問4より

$$r_m = \sqrt{Rm\lambda}$$

問5より

$$r_m' = \sqrt{\frac{R_0 R}{R_0 - R} m\lambda}$$

したがって

$$\frac{r_m'}{r_m} = \sqrt{\frac{R_0}{R_0 - R}}$$

- ・物理 VOL.1 問題 4 2－2 ニュートンリングでの光波の干渉。「高3赤門会難関大医歯薬物理」(2025年度名称:「高3赤門会物理」)で6月に学習した。
- ・医歯薬添削課題 [4] ニュートンリングでの光波の干渉。平面ガラス板から凹レンズへ変更するところも同じ。「高3赤門会難関大医歯薬物理」(2025年度名称:「高3赤門会物理」)で11月に学習した。
- ・ファイナル特講物理 第1部 [6] ニュートンリングでの光波の干渉。「高3国立大物理」で1月に学習した。