



2025年度

島田高校 3 年 2 学期 中間試験問題

# 物 理

2025 年 10 月 9 日実施

10:55 — 11:45

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの冊子を開かないこと。
2. 落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合，直ちに監督者へ申し出ること。
3. 問題冊子は 7 ページまで，解答用紙は 1 枚である。
4. 解答用紙の所定の欄（右上）に，所属クラス，番号，氏名を記入すること。
5. 解答は，解答用紙の所定の欄に記入すること。
6. 問題冊子中の白紙のページは草稿用にしてもよいが，問題冊子は回収しないため採点は行われない。

**1** 図1の装置は、弦（長さ  $\ell$ ，線密度  $\rho$ ）と開管（長さ  $L$ ，開口端補正  $d$ ）からなる．弦の両側は固定端で，弦を張る張力の大きさ  $S$  は調整できるようになっており，開管の長さ  $L$  は伸び縮みできるようになっている．空気中を伝わる音速を  $V$  とする．

- (1) 弦に基本振動が生じているとき，弦に生じている波の波長  $\lambda$  を， $\ell$  を用いて表せ．
- (2) 弦に基本振動が生じているとき，弦に生じる基本振動の振動数  $f$  を求めよ．
- (3) 張力を大きくすることで，弦の基本振動から生じる音を1オクターブ高くしたい．このときの張力の大きさを， $S$  を用いて表せ．ただし，音の高さが1オクターブ上がるとは，振動数が2倍になることを指す．

弦が(2)の振動状態にあるとき，開管の管長が  $L$  のときに基本振動が生じた．

- (4) 開管に生じている基本振動の波長  $\lambda^*$  を， $L$ ， $d$  を用いて表せ．
- (5) 管長  $L$  を， $d$ ， $\ell$ ， $V$ ， $S$ ， $\rho$  を用いて表せ．

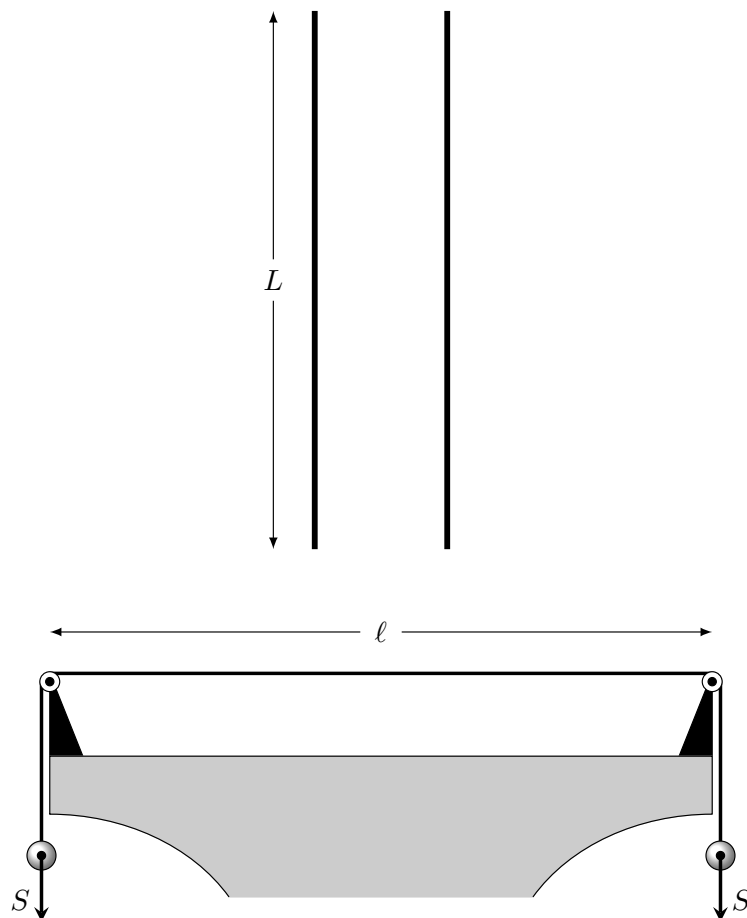


図1

2

フィゾーは、1849年に地上で初めて光速の測定を行った。図2は、その実験装置の模式図である。光源から出た光の一部がハーフミラーで反射され、歯数  $N$  の歯車の隙間を通過し、歯車から距離  $L$  だけ離れた反射鏡で反射された光が再び歯車を通過し、ハーフミラーを透過して観測者によって観測される仕組みとなっている。歯車の角速度が小さいとき観測者は絶え間なく光を観測するが、角速度が  $\omega$  となったとき、初めて光が観測されなくなった。光速を  $c$  とする。

- (1) 光が歯車の隙間を通過し、鏡で反射され、再び歯車に戻ってくるまでの時間  $\Delta t$  を、 $c$ 、 $L$  を用いて表せ。
- (2) 歯車の角速度が  $\omega$  のとき、光が往復する間の時間に歯車はちょうど  $\frac{1}{2N}$  回転する。歯車が  $\frac{1}{2N}$  回転したときの歯車の回転角  $\Delta\theta$  を求めよ。
- (3) 角速度の定義が  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$  であることから、 $c$  を、 $\omega$ 、 $N$ 、 $L$  を用いて表せ。

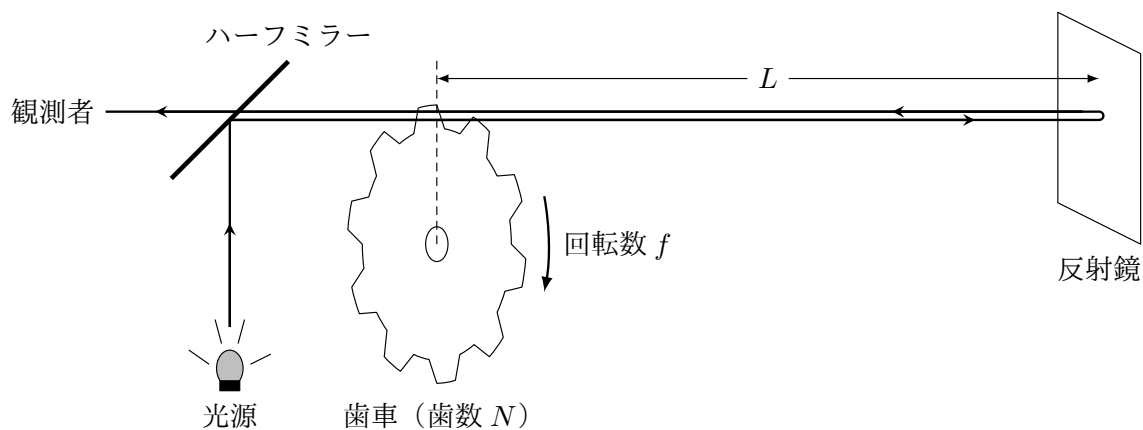


図 2

3

光に関する以下の問に解答せよ。

- I 空気中（屈折率 1）から水中の物体を観察するとき，実際の深さとは異なる位置に物体が観察される．空気の屈折率を 1 とする．図 3 のように，水（屈折率  $n$ ）と空気の境界面（水面）から深さ  $d$  の位置に物体（大きさ無視）を置いた．光源から水面に向かう光線の入射角を  $\theta$ ，屈折角を  $\phi$ ，物体の見かけの深さを  $d^*$  とする．

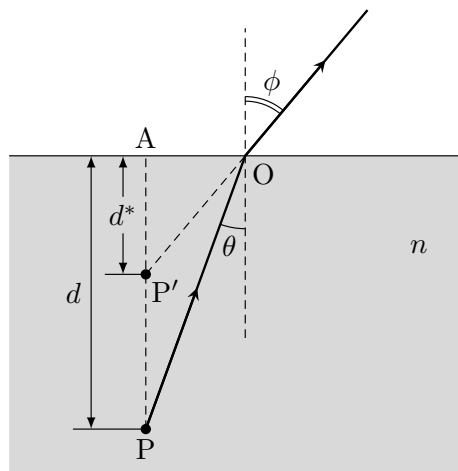


図 3

- (1) O におけるスネルの法則（屈折の法則）を記せ．
- (2)  $\triangle OPA$  に注目し， $\overline{OA}$  を  $d$ ， $\theta$  を用いて表せ．
- (3)  $\theta$ ， $\phi$  が微小角のとき， $d^*$  を  $n$ ， $d$  を用いて表せ．なお，微小量  $\varepsilon$  ( $|\varepsilon| \ll 1$ ) に対して成り立つ近似式  $\sin \varepsilon \doteq \varepsilon$ ， $\cos \varepsilon \doteq 1$ ， $\tan \varepsilon \doteq \varepsilon$  を用いてよい．
- (4) 光源 P の真上と円の中心が重なるように半径  $R$  の円板を置くと，半径  $R$  が  $R_c$  より大きいとき，空気中から光源 P を視認できなくなる． $R_c$  を求めよ．

II レンズに関する以下の問いに答えよ．

- (1) 焦点距離  $f$  が不明の凹レンズ前方の距離  $a$  の位置に光源を置き，凹レンズ後方から光源を覗くと，凹レンズ前方  $\frac{a}{5}$  の位置に虚像が観測された． $f$  を， $a$  を用いて表せ．
- (2) 焦点距離 8 cm の凸レンズ 1 前方 12 cm の位置に物体を置き，レンズ 1 後方  $x$  の位置に焦点距離 12 cm の凸レンズ 2 を置くと，最終的にレンズ 2 前方 24 cm の位置に虚像が観測された． $x$  を求めよ．
- (3) 曲率半径  $R$  の凹面鏡前方のある位置に物体を置いたところ，倍率  $k$  倍の実像が観測された．凹面鏡と物体の距離  $a$  を， $k$ ， $R$  を用いて表せ．ただし，凹面鏡の焦点距離  $f$  は  $f = \frac{R}{2}$  を満たす．
- (4) 前問 (3) において，鏡が平面鏡であるときの  $k$  を求めよ．なお，平面鏡は曲率半径が無限大の球面鏡と見做せる．

4

ドップラー効果に関する以下の問いについて解答せよ．なお，音速を  $V$  とする．

I 音源（振動数  $f$ ）が観測者 A に速さ  $v_0$  で近づき，あるところで A を通り越して，A から速さ  $v_0$  で遠ざかるようになった．今，音源の運動と同じ方向に風速  $w$  の風が吹いているとする．A に近づいているときに A が観測する振動数を  $F_1$ ，A から遠ざかるときに A が観測する振動数を  $F_2$  とする．

(1)  $F_1$  を， $V$ ， $v_0$ ， $w$ ， $f$  を用いて表せ．

(2)  $F_2$  を， $V$ ， $v_0$ ， $w$ ， $f$  を用いて表せ．

II I とは異なり，音源（振動数  $f$ ），観測者 A，反射板の順に並んでいる場合を考える．静止した音源，観測者 A から速さ  $v_0$  で反射板が遠ざかる．反射板には反射板と共に動く観測者 B いるものとする．

(1) B が聞く音の波長  $\lambda_1$  を， $V$ ， $v_0$ ， $f$  のうちから必要なものを用いて表せ．

(2) A が聞く音のうち，反射板によって反射された音の波長  $\lambda_2$  を， $V$ ， $v_0$ ， $f$  のうちから必要なものを用いて表せ．

(3) A は，音源から出され直接届く音と，反射板によって反射された音の両方を聞く．A の聞く音波がうなりとなって聞こえたとき，うなりの振動数  $f_b$  を， $V$ ， $v_0$ ， $f$  のうちから必要なものを用いて表せ．

(4) 音源が音を出した時間を  $T$  とする．観測者 B の音の聞く時間  $T_B$  は， $T$  の何倍か．

5

図 5 - 1 のように，屈折率  $n$  の平板ガラスと半径  $R$  の平凸ガラスを重ね，平凸ガラスの上から単色光（波長  $\lambda$ ）を入射した．図のように  $x$  軸を定め， $m$  番目の弱め合いが作る環（暗環）の半径を  $x_m$  とする（ $m$  は正の整数）．図 5 - 1 の中の  $O$  は平凸ガラスの球面の中心である．

- (1)  $m$  番目の暗環が観測される位置の平板ガラスと平凸ガラスの間の距離を  $d_m$  とする．  
 $d_m$  を， $x_m$ ， $R$ ， $R'$  を用いて表せ．なお， $d_m \ll R$  とする．
- (2)  $x_m$  を， $m$ ， $\lambda$ ， $R$  を用いて表せ．
- (3)  $x = 0$  に生じるのは明環，暗環のいずれか答えよ．
- (4)  $m + 1$  次の暗環と， $m$  次の暗環の間隔  $\Delta x = x_{m+1} - x_m$  を求めよ．また， $m$  が十分大きいときの暗環間隔  $\Delta x_\infty$  を求めよ．

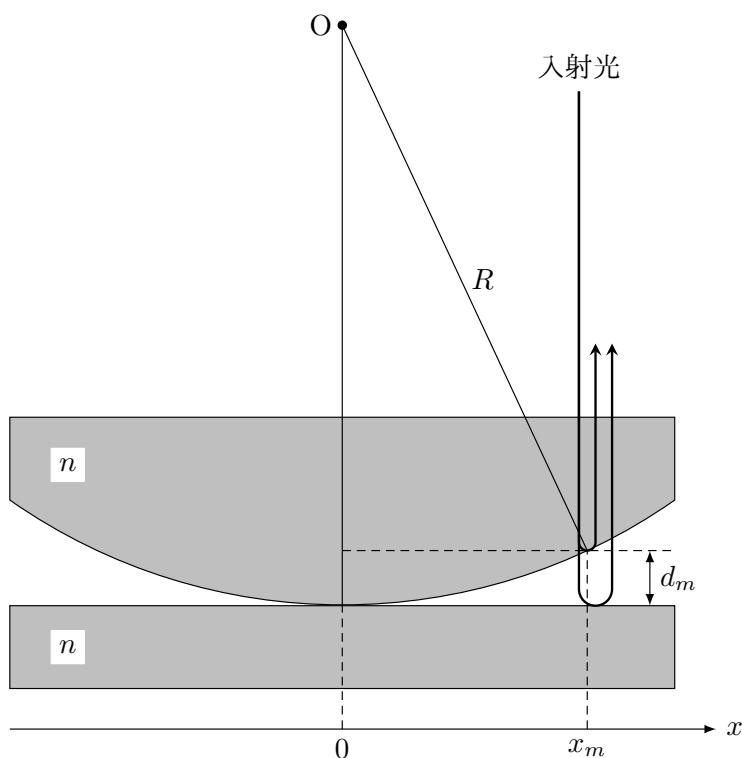


図 5 - 1

次に、図 5 - 2 のように、平凸ガラス（屈折率  $n$ ，半径  $R$ ）と平凹ガラス（屈折率  $n$ ，半径  $R' (> R)$ ）を重ね、平凸ガラスの上から単色光（波長  $\lambda$ ）を入射した．図のように  $x$  軸を定め、 $m$  番目の弱め合いが作る環（暗環）の半径を  $x_m$  とする（ $m$  は正の整数）．図 5 - 2 中の  $O_1$ ， $O_2$  はそれぞれ、平凸ガラス、および平凹レンズの球面の中心である．

- (5)  $m$  番目の暗環が観測される位置の平凸ガラスと平凹ガラスの間の距離を  $d_m$  とする．  
 $d_m$  を、 $x_m$ ， $R$  を用いて表せ．なお、 $d_m \ll R$ ， $d_m \ll R'$  とする．
- (6) 1 次の暗環の半径を測定することで  $R$  を測ることができる．1 次の暗環の半径が  $x$  であるとき、 $R$  を、 $\lambda$ ， $x$ ， $R'$  を用いて表せ．

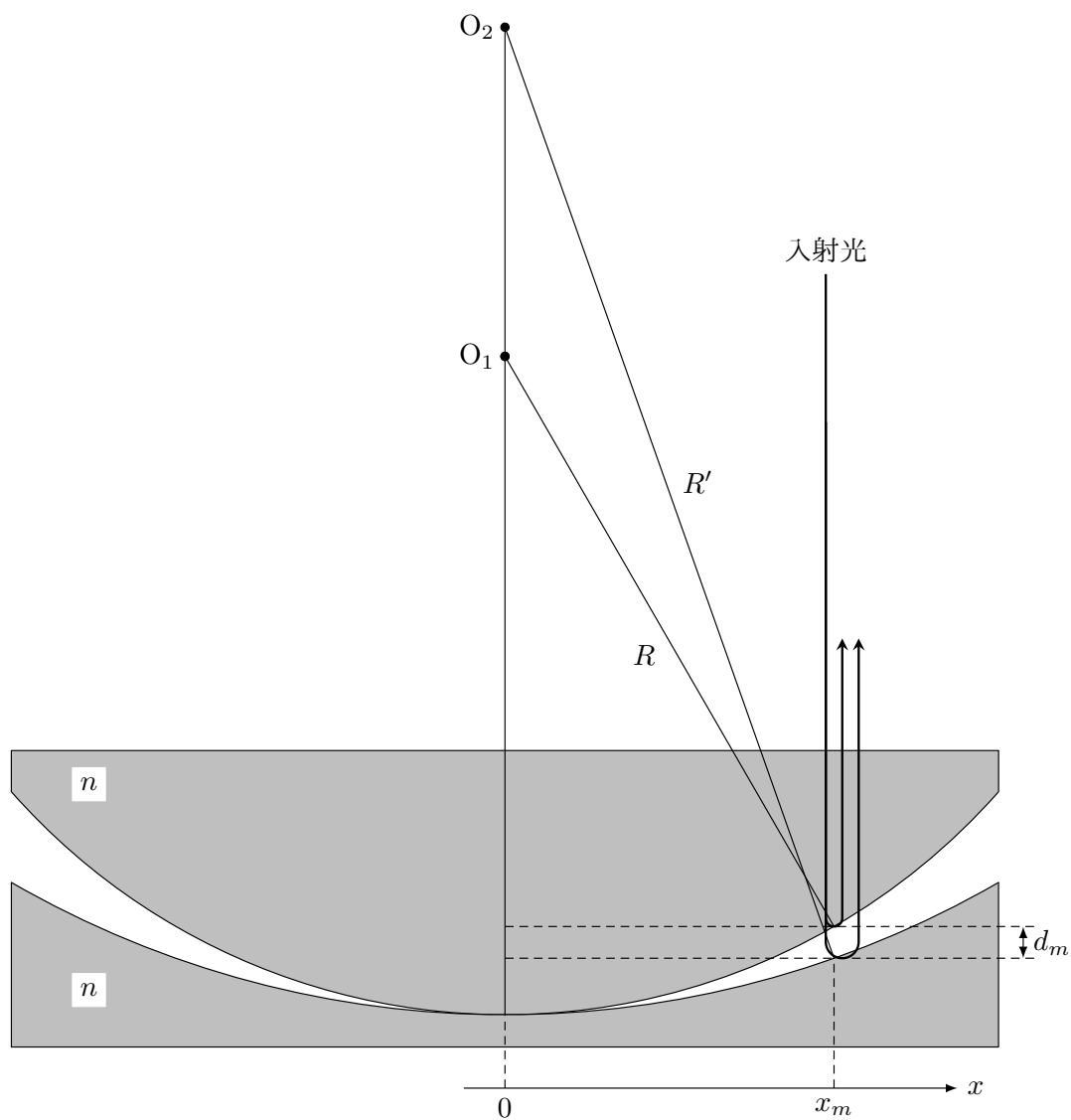


図 5 - 2

