2025年度

島田高校２年２学期期末試験問題

物　理

2025 年 12 月 1 日実施　　　　10:45 ― 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使用してもよいが，問題冊子は回収しないため採点は行われない．

1 光の干渉に関する以下の問いについて解答せよ．なお，特に断り書きのない限り装置は空気中にあり，空気の屈折率は 1 とする．

I　図 1 − 1 のように，単色光（波長 λ）がスリット S_0 で回折し，そこから 2 つのスリット S_1，S_2 で回折され，スクリーン上では干渉縞が観測された．スリット S_0 と S_1，S_2 の距離を ℓ，スリット S_1，S_2 とスクリーンの距離を L，S_1 と S_2 の間隔を d とする．以下では，L，ℓ 以外の長さに関する量は全て L，ℓ に比べて十分に小さいとする．

スリット S_1，S_2 の垂直二等分線とスクリーンの交点を原点 O とし，図のように x 軸を定める．スクリーン上の位置 x に注目する．

(1)　三平方の定理から $\overline{S_1P}$，$\overline{S_2P}$ をそれぞれ求めよ．

(2)　$|\varepsilon| \ll 1$ の微小量 ε に対して成り立つ近似式 $\sqrt{1+\varepsilon} \fallingdotseq 1 + \dfrac{1}{2}\varepsilon$ を用いることで，経路差を求めよ．ただし，簡単に途中過程も記せ．

(3)　位相差が π の偶数倍となるとき，光が強め合い，その位置では明線が観測される．m 次の明線の位置 x を求めよ．

(4)　隣り合う明線の間隔を求めよ．

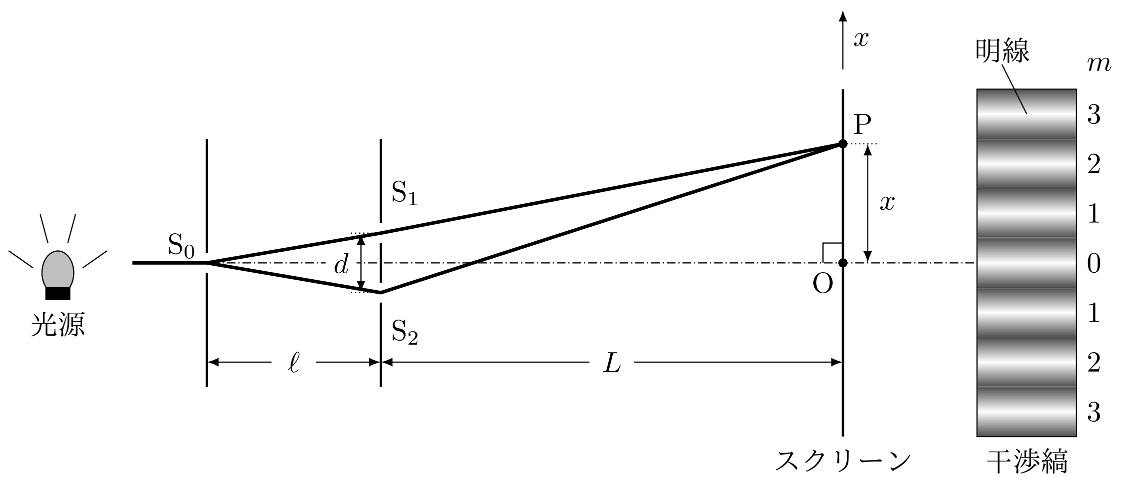

図 1 − 1

II　図１－２のように，屈折率 n の平板ガラス P，Q で厚さ D の金属箔を挟み（隙間には空気がある），上から波長 λ の単色光を入射した．ガラスの左端からフィルムまでの距離を L とし，この向きに x 軸を定める（左端を原点に定める）．装置の上側から干渉縞を観測すると，P の上面で反射した光 a と Q の下面で反射した光 b が干渉し，明暗の縞模様が見られた．$x=0$ の位置から数えて m 本目の暗線の位置を x_m とする．

(1)　図１－１のように，光 a，b の経路差は $2d$ である．O を頂点の１つに持つ２つの三角形の相似を考えることで，d を，D，L，x_m を用いて表せ．

(2)　位相差が π の奇数倍となるとき，光が弱め合い，その位置では暗線が観測される．x_m を，D，L，m，λ を用いて表せ．

ヒント：反射の際の位相のずれは考慮したか．屈折率の小さい側から大きい側へ向かって反射するとき，その光の位相は π だけ変化する（プラスでもマイナスでも構わない）．

(3)　図１－３のように，金属箔を ΔL だけ動かした．このとき，x_m は元の位置からどれだけずれるか計算せよ．

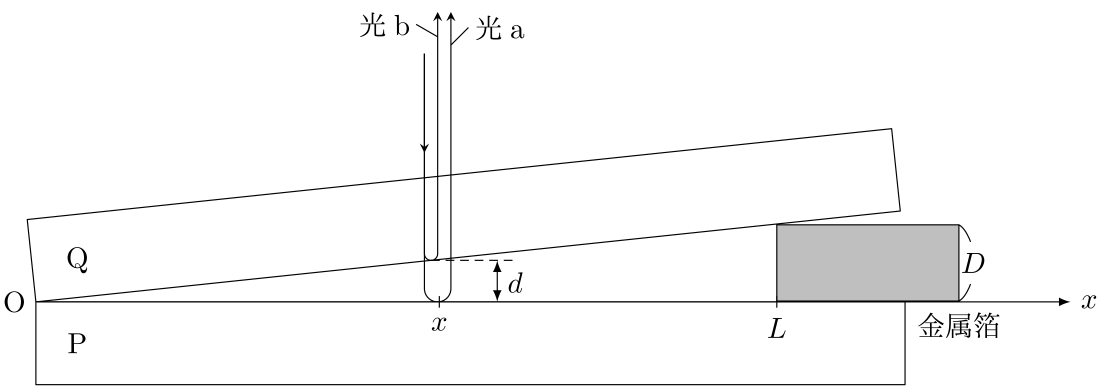

図１－１

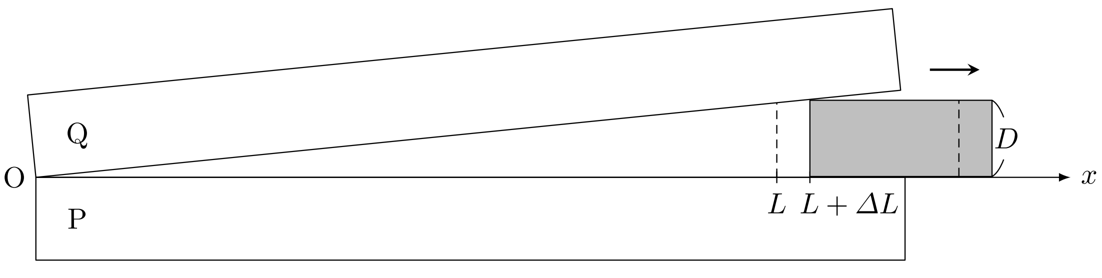

図１－２

III　図1のように，単色光（波長 λ）を回折格子（格子定数 d）に入射し，回折格子から十分離れた位置にあるスクリーンで明線を観測する．図2のように，m 次の明線が観測される方向を θ_m（反時計回りを正）とする（θ_m は微小角でないことに注意）．

(1)　隣り合う2つの光が強め合いの条件を満たせば全ての光が強め合う．m 次の明線が観測される方向 θ_m の正弦 $\sin\theta_m$ が満たす条件を，整数 m を用いて表せ．

(2)　$\lambda = 400\,\mathrm{nm}$ で回折格子には $1\,\mathrm{mm}$ あたり1000本の溝があるとき，明線の観測される方向の正弦 $\sin\theta$ を有効数字1桁で求めよ．

(3)　スクリーンに観測される明線が3本となるための λ の範囲を求めよ．

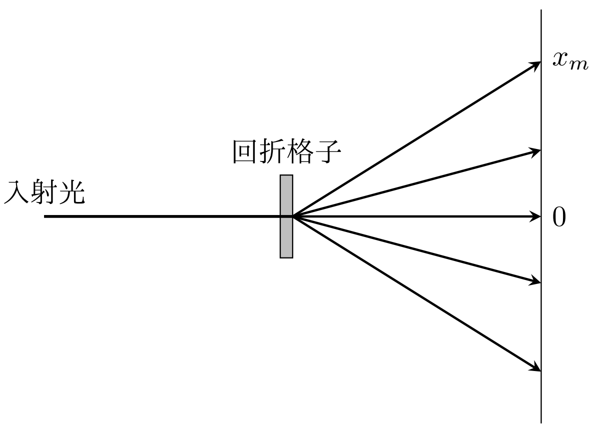

図1－3

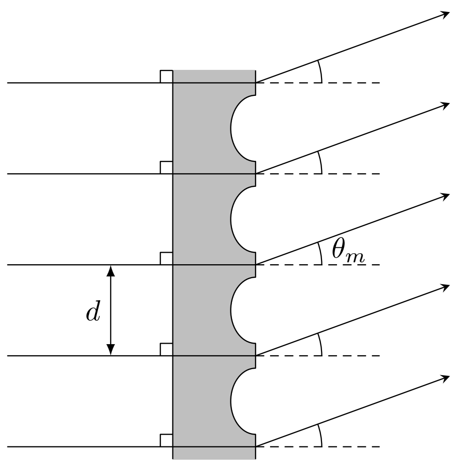

図1－4

2 レンズに関する以下の問に解答せよ．

(1)　図 2 の凹レンズ前方の矢印は，光源を表している．解答欄の図中に，凹レンズによる像の作図を示せ．なお，直線はフリーハンドで図示すること．

(2)　光源と凸レンズ（焦点距離 f）の間の距離を $a\,(>f)$ とする．このとき，レンズ後方の距離 $b\,(>0)$ の位置に実像が観測された．写像公式 $\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b}=\dfrac{1}{f}$ の導出過程を示せ．

(3)　焦点距離 f が不明の凹レンズ前方の距離 a の位置に光源を置く．凹レンズ後方から光源を覗くと，凹レンズ前方 $\dfrac{a}{5}$ の位置に虚像が観測された．f を，a を用いて表せ．

(4)　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．

(5)　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 $f=\dfrac{R}{2}$ を満たす．

(6)　前問において，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ため，$\dfrac{a}{R}$ は 0 と近似してよい．

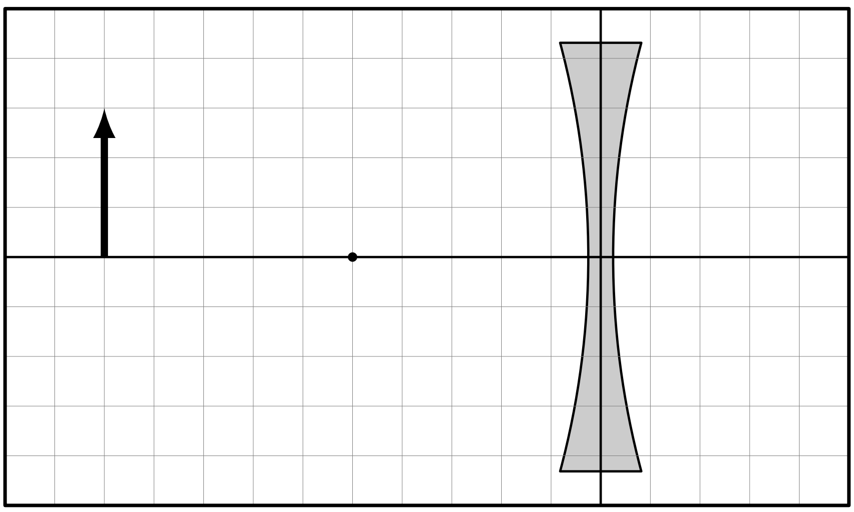

図 2

3 図 3 のような平凸レンズによる光の屈折ついて考える．レンズ平面側から単色光の平面波（波長 λ）を入射すると，レンズ凸面によって光は屈折し，光線はレンズ凸面側にある焦点 F で一点に交わる．光軸とレンズの交点の平面側を B，凸面側を Q とし，光軸から少し離れた光線とレンズの交点を同様に A，P とする．レンズ凸面の中心を O とし，凸面の曲率半径 $\overline{\mathrm{OP}} = \overline{\mathrm{OQ}}$ を R，平凸レンズの焦点距離を $f\,(= \overline{\mathrm{QF}})$ とする．また，凸面における入射角を θ，屈折角を ϕ とし，レンズ外の媒質の屈折率を 1，レンズの屈折率を n とする．

(1) P におけるスネルの法則から，$\sin\phi$ を，n，θ を用いて表せ．

(2) 以下の①か②のいずれかの方法により，焦点距離 f を，n，R を用いて表せ．ただし，導出過程も記すこと．

方法①：$\overline{\mathbf{AB}}$ を 2 通りで表す．

❶ $\overline{\mathrm{OP}}$ を斜辺に取る直角三角形を考えることで，$\overline{\mathrm{AB}}$ を R，θ を用いて表す．

❷ $\angle\mathrm{PFQ}$ を，ϕ，θ を用いて表す．

❸ $\overline{\mathrm{PF}}$ を斜辺に取る直角三角形を考えることで，$\overline{\mathrm{AB}}$ を，f，θ，ϕ を用いて表す．

❹ 近軸光線を考えているため θ，ϕ は十分に小さく，1 に比べて十分小さい $|\varepsilon|$ に対して成り立つ近似式 $\sin\varepsilon \fallingdotseq \tan\varepsilon \fallingdotseq \varepsilon$ を用いることができる．2 通りで表した $\overline{\mathrm{AB}}$ とスネルの法則にこの近似式を用いることで，f が R，n を含む式で表せる．

方法②：$\triangle\mathbf{OPQ}$ の正弦定理を用いる．

❶ $\angle\mathrm{PFQ}$ を，ϕ，θ を用いて表す．

❷ $\triangle\mathrm{OPF}$ の正弦定理を適用する．

❸ 近軸光線を考えているため θ，ϕ は十分に小さく，1 に比べて十分小さい $|\varepsilon|$ に対して成り立つ近似式 $\sin\varepsilon \fallingdotseq \tan\varepsilon \fallingdotseq \varepsilon$ を用いることができる．正弦定理とスネルの法則に近似式を用いることで，f が R，n を含む式で表せる．

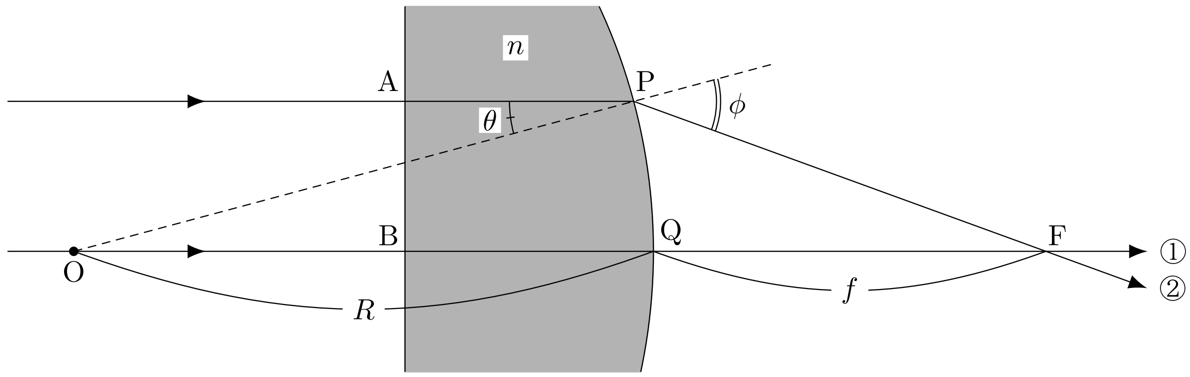

図 3

試験問題は，このページで終わりです．