2026年度

「物　理」

試験時間　90 分

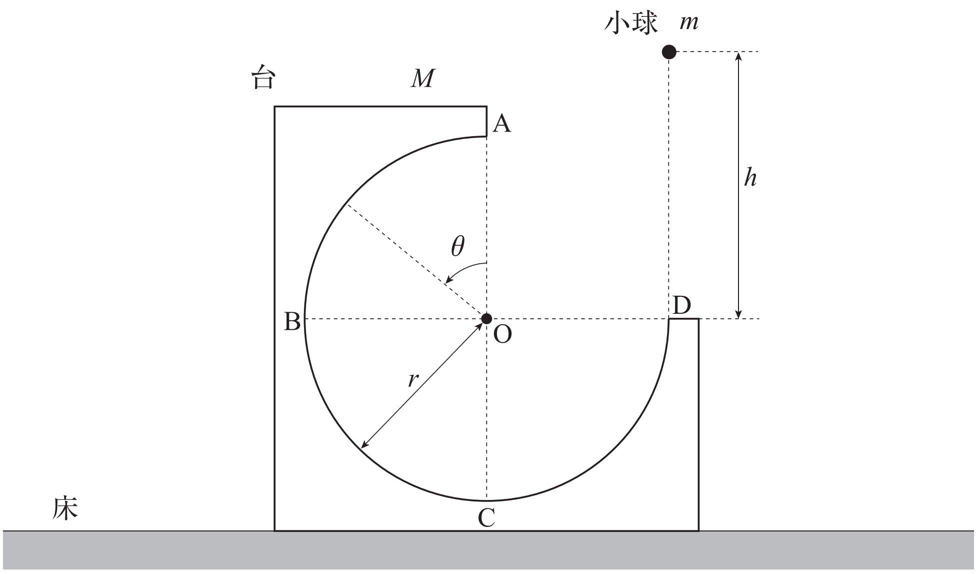
配点　　　150 点

※物理と化学から 1 科目を選択し，解答しなさい.

※選択解答する科目は，解答用紙にある「選択科目チェック欄」に☑を記入しなさい.

【過去問題に関する追記】
「答え」のみ記入する解答と、「グラフ」や「途中式・考え方」を記入する解答がある。

【1】 図のように，内部に半径 r の円筒面をもつ質量 M の台をなめらかで水平な床に置く．円筒面の中心を点 O とし，円筒面上において，点 O の直上の点を A，直下の点を C，点 O と同じ水平面上で点 O の左側の点を B，右側の点を D とする．なお，AD 間の四分円の部分は円筒面が途絶えている．この円筒面上の点 D の直上で，点 D に対する高さ h の位置から大きさが無視できる質量 m の小球を静かに放したところ，小球は点 D でなめらかに円筒面に接し，その後，円筒面を滑り始めた．円筒面を動く小球の位置は線分 OA から反時計回りに回る向きを正とする角度 θ〔rad〕$\left(0 \leqq \theta \leqq \dfrac{3}{2}\pi\right)$ で表す．台や小球にはたらく摩擦力や空気の抵抗力は無視できるとし，台や小球は図の紙面を含む鉛直面内でのみ運動する．また，重力加速度の大きさを g とする．以下の各問いに答えよ．



図

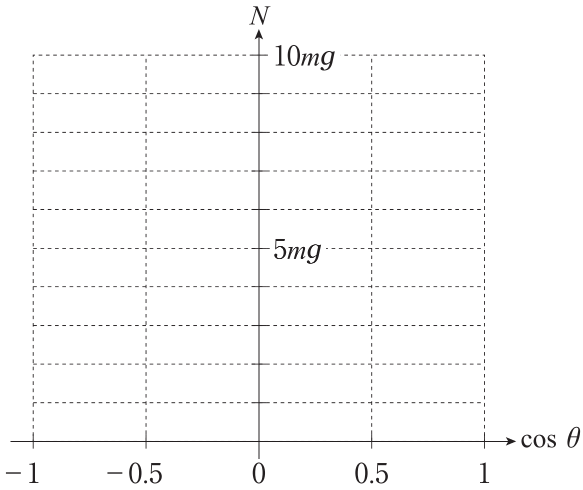
はじめに，台を床上に固定して動かないようにした上で，小球を静かに放した.

(1) 点 D でなめらかに円筒面に接する直前の小球の速さを g，h を用いて表せ.

(2) 小球が点 C を通過する瞬間に円筒面から小球にはたらく垂直抗力の大きさを m，g，r，h を用いて表せ.

(3) 小球が円筒面から離れずに点 A に達するためには，小球の初期位置の点 D に対する高さ h がある値 h_0 以上である必要がある. h_0 を r を用いて表せ.

(4) $h=2r$ であるとき，円筒面上の小球の位置 θ と，円筒面から小球にはたらく垂直抗力の大きさ N の関係を，$\cos\theta$ を横軸に，N を縦軸にとった次の図に示せ.



続いて，台が水平面上を自由に動けるようにした状態で，小球を静かに放した．すると，小球が点 D に接した後，台が水平面上を動き始め，小球は円筒面から離れることなく点 A に達した．ただし，台の底面は水平面から離れないものとする．

(5) 小球が点 A に達した瞬間の床に対する小球の速さ v と，台の速さ V を，それぞれ，m，M，g，r，h を用いて表せ．ただし，答えを出す過程も示すこと．

(6) 小球が円筒面から離れずに点 A に達するためには，小球の初期位置の点 D に対する高さ h がある値 h_1 以上である必要がある．$h=h_1$ のとき，点 A に達する直前に円筒面から小球に働く垂直抗力の大きさがちょうど 0 となった．h_1 を，m，M，r を用いて表せ．なお，小球は台に対して円運動をしている．

(7) $h=h_1$ であるとき，点 A で円筒面から飛び出した小球の落下位置について考察した文章を以下に示す．文章中の空欄（　　）には，①では r を用いた式を入れ，②では示された選択肢から適切な語句を選べ．

小球は点 A から水平方向に飛び出した後，台に対して水平投射運動を行い，水平面 OD に達するまでに台に対して水平右向きに距離（　①　）だけ進むことから，点 D の（　②　右・左　）側に落ちる．

ふたたび台を静止させ，同様に台が水平面上を自由に動けるようにした状態で，小球を静かに放した．すると，小球が点 D に接した後，台が水平面上を動き始め，小球は円筒面から離れることなく，角度 $\theta=\dfrac{\pi}{3}$ に達した．ただし，台の底面は水平面から離れないものとする．

(8) 小球の初期位置の点 D に対する高さが h_2（$h_2<h_1$）であるとき，小球は円筒面上の $\theta=\dfrac{\pi}{3}$ の位置で，円筒面から離れた．h_2 を m，M，r を用いて表せ．

【2】　次の文章〔A〕,〔B〕を読み，以下の各問いに答えよ．

〔A〕　図 1 のように，起電力 10 V の直流電源，抵抗値 2.0 Ω の抵抗 R と，可変抵抗 R_X，電球 L，電流計，導線，スイッチ S_1，S_2 を用いて回路をつくった．図 2 は，電球 L にかかる電圧 V〔V〕と，電球 L を流れる電流の大きさ I〔A〕の関係を表したグラフである．はじめ，すべてのスイッチは開いているとし，電源や電流計の内部抵抗は考えなくてよいとする．

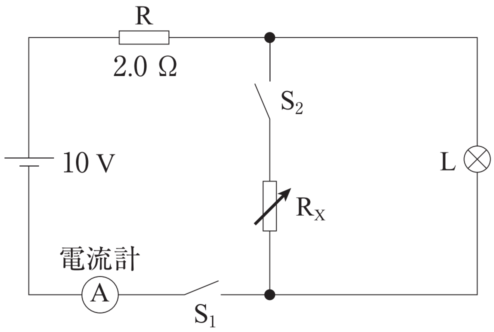


図 1

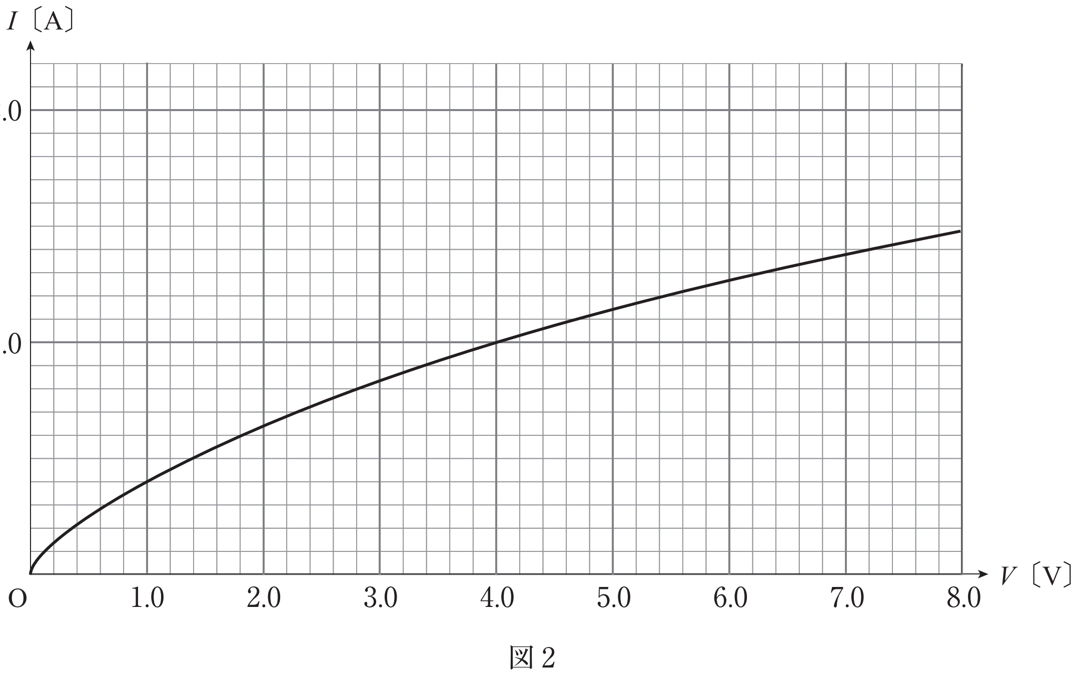


図 2

(1)　可変抵抗 R_X の抵抗値について考察した以下の文章中の空欄（　　　）の①～④に，適切な数値を入れよ．ただし，有効数字 2 桁とする．

図 1 の回路において，スイッチ S_1，S_2 を閉じると，電流計で測定される電流の大きさが 3.0 A であった．このとき，抵抗 R における電圧降下は，（　①　）V であり，キルヒホッフの第 2 法則より，可変抵抗 R_X と電球 L に加わる電圧は，ともに（　②　）V であることがわかる．この場合，図 2 のグラフより，電球 L を流れる電流の大きさは，（　③　）A であることがわかるので，キルヒホッフ第 1 法則によって可変抵抗 R_X を流れる電流を求めることができ，オームの法則を用いると，可変抵抗 R_X の抵抗値が（　④　）Ω であることがわかる．

(2)　図 1 の回路において，スイッチ S_2 を開いたまま，スイッチ S_1 のみを閉じた．電球 L を流れる電流の大きさ I〔A〕と V〔V〕が，この回路中で満たす関係を解答欄のグラフに示せ．また，このときに電流計で測定される電流の大きさを有効数字 2 桁で求めよ．

(3)　図 1 の回路において，可変抵抗 R_X の抵抗値を 1.0 Ω にしてスイッチ S_1，S_2 を閉じた．電流計で測定される電流の大きさを有効数字 2 桁で求めよ．

続いて，図 3 のように，図 1 の回路から可変抵抗 R_X とスイッチ S_2 を外し，ダイオード D を電球 L と並列に接続した．図 4 は，電球 L のグラフに加え，ダイオード D に順方向に加えた電圧 V〔V〕と，電流 I〔A〕の関係を表したグラフである．

(4) 図 3 の回路において，スイッチ S_1 を閉じた後に電流計で測定される電流の大きさを有効数字 2 桁で求めよ．

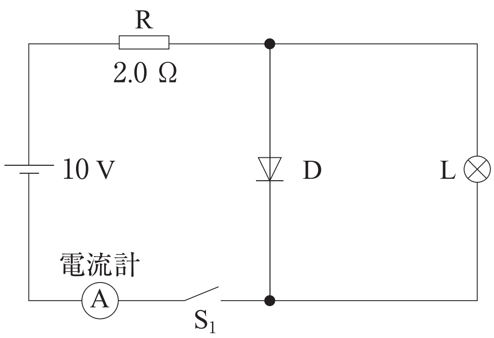


図 3

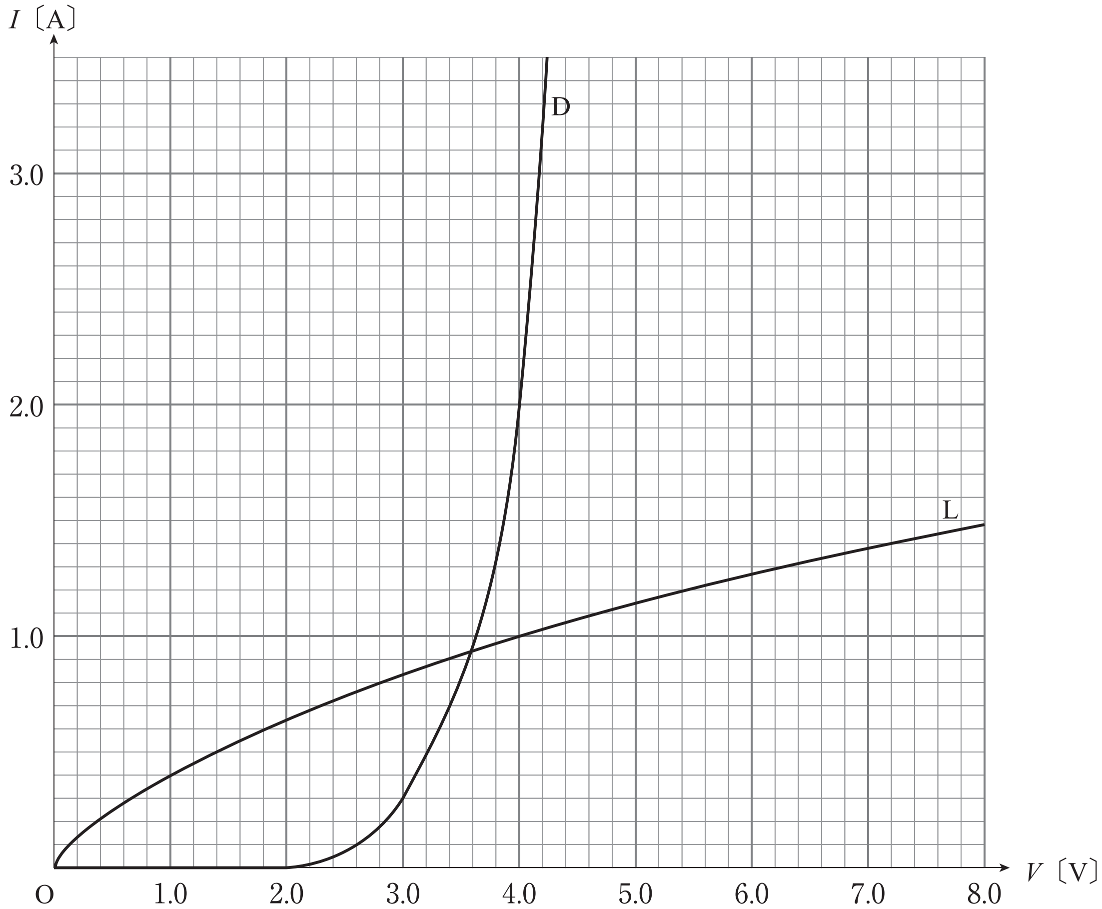


図 4

〔B〕 図5のように，半径 l の円形レール 1，レール2を十分離して固定し，円形レール1には下向き，円形レール2には上向きで磁束密度の大きさが B の一様な磁場をレールに垂直にかけ，それぞれの円形レールの上に，導体である棒1，棒2をのせた．棒は円形レールと接しており，円形レールの中心 O_1，O_2 を軸として自由に回転できるようになっている．また，円形レール1にのせられた棒1は，外力を加えることにより，つねに一定の角速度の大きさ ω で，図5に示した矢印の向きに回転している．これらの円形レールを，導線，スイッチ S_1，S_2，抵抗値 R の2つの抵抗，抵抗値 $2R$ の抵抗を使って接続し，図のような電気回路をつくる．はじめ，すべてのスイッチは開いているものとする．
円形レールと導体棒の間に摩擦ははたらかないとし，円形レール，導体棒，導線の電気抵抗は無視できるものとする．また，円形レールや導体棒を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする．

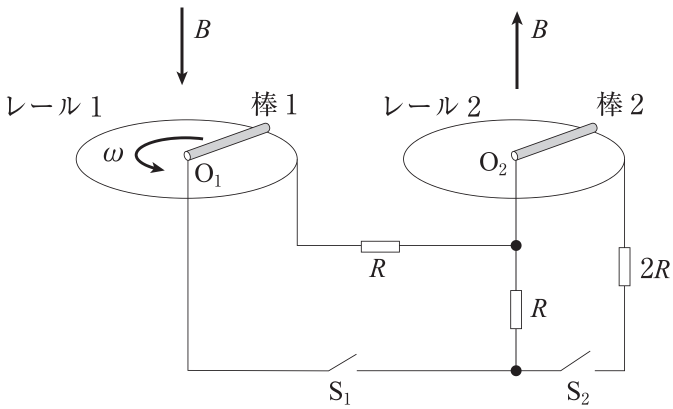


図5

まず，スイッチ S_2 を開いたまま，スイッチ S_1 のみを閉じた．

(5) 棒1に生じる誘導起電力の大きさ V_0 は棒1の角速度の大きさ ω に比例する．V_0 を B，l，ω を用いて表し，このときに棒1に流れる電流の向きを円の中心 O_1 から円形レール1の向きを正として，正，負で答えよ．また，棒1に加えている外力が単位時間にする仕事 W_0 を V_0，R を用いて表せ．

次に，スイッチ $\mathrm{S_1}$ を閉じた状態からスイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じると，棒2も回転し始めた.

(6) スイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じた直後に棒2に流れる電流の大きさを V_0，R を用いて表せ.

その後，十分時間がたつと，棒2が一定の角速度 ω_0 で回転するようになった.

(7) スイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じてから十分時間がたった後の棒2の角速度 ω_0 を，ω を用いて表せ．ただし，棒1と同じ向きに回転する場合を正とする.

続いて，図 6 のように，導体である棒 3，棒 4，棒 5 が置かれた半径 l の円形レール 3，4，5 を抵抗値 R，$2R$ の抵抗と導線を用いてさらに接続し，レール 3，5 には下向き，レール 4 には上向きで磁束密度の大きさが B の一様な磁場をレールに垂直にかけた．このとき，すべてのレールは十分離れた位置に置かれているものとし，棒 3，棒 4，棒 5 は，円形レールの中心 O_3，O_4，O_5 を軸として摩擦なく回転できるものとする．棒 2，棒 4 は静止させた状態で固定し，棒 1，棒 3，棒 5 を一定の角速度の大きさ ω で図 6 の矢印の向きに回転させた．その後，棒 2，棒 4 の固定を解除すると，棒 2，棒 4 が動き出し，しばらくすると，棒 2，棒 4 の角速度がそれぞれ一定となった．

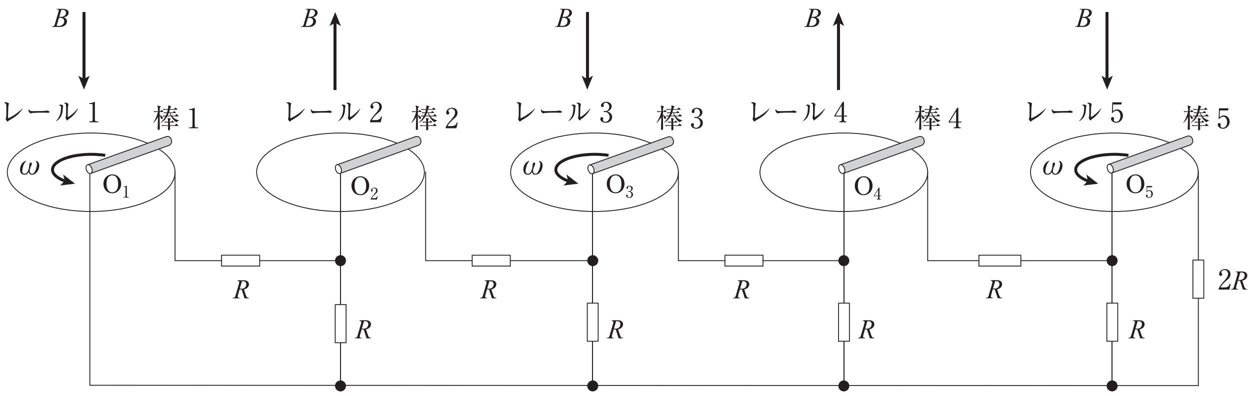


図 6

(8) 棒 2，棒 4 の固定を解除し，十分時間がたった後の，棒 2，棒 4 の角速度 ω_2，ω_4 を，それぞれ ω を用いて表せ．ただし，棒 1 と同じ向きに回転する場合を正とする．

【3】 次の文章〔A〕,〔B〕を読み，以下の各問いに答えよ．

〔A〕 図１のように，屈折率 n_0，n_1（$n_0>n_1>1$）の２枚のガラス板 A，ガラス板 B を接触させ，ガラス板 A に接触させた光源 P からガラス板 A，ガラス板 B の境界面に向けて入射角 α（$0<\alpha<\dfrac{\pi}{2}$）〔rad〕で発した光線が反射・屈折する様子を観測した．ガラス板の厚さはともに d であり，ガラス板の右端と左端には黒い紙が貼ってあり光が反射しないようになっている．ガラス板の外側は空気であり，空気の屈折率を 1 とする．

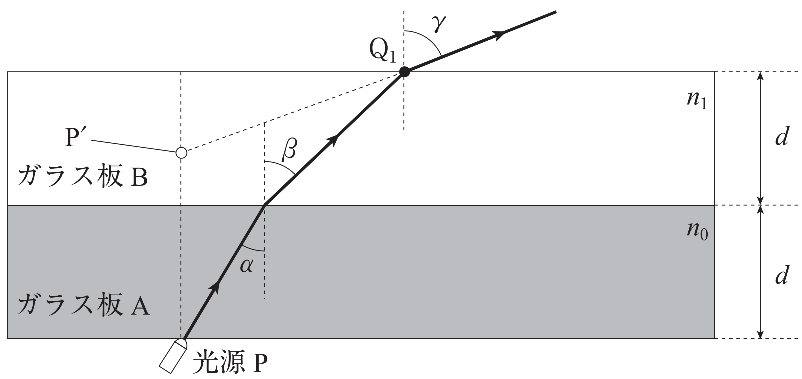


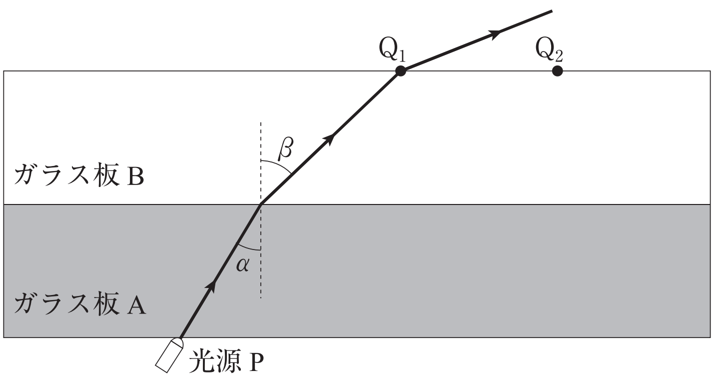
図１

(1) ガラス板 A とガラス板 B の境界面で屈折する光の屈折角 β〔rad〕の正弦 $\sin\beta$ を n_0，n_1，α を用いて表せ．また，この光のガラス板 B と空気との境界面における屈折角 γ〔rad〕の正弦 $\sin\gamma$ を n_0, α を用いて表せ．

(2) 入射角 α を大きくしていくと，やがて光がガラス板から出てこなくなった．このような現象が起こる角度 α の最小値 α_0 の正弦 $\sin\alpha_0$ を n_0，n_1 のうち，必要なものを用いて表せ．

(3)　入射角 α が，$\alpha < \alpha_0$ であるとき，図 1 のガラス板 B の上から点 Q_1 を通った光を見ると，点 Q_1 を出た光が通る直線と，光源 P を通りガラス板に垂直な直線との交点 P′ の位置に光源 P が浮き上がったように見えた．α，β，γ が十分小さいとき，この点 P′ のガラス板 B と空気の境界面との距離を n_0，n_1，d を用いて表せ．ただし，微小な角度 θ について，$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta \fallingdotseq \theta$ が成り立つとする．

(4)　入射角 α が，$\alpha < \alpha_0$ であるとき，図 1 のガラス板 B の上面を観測すると，点 Q_1 の右側で光が観測された点は 2 つのみであった．この 2 つの点を，点 Q_1 に近い順に，点 Q_2，点 Q_3 とする．ガラス板の右端と左端を除くすべての境界面では，反射と屈折が同時に起こることに注意し，点 Q_3 の位置を黒丸で示し，点 Q_2，点 Q_3 を通る光の経路を下の図にそれぞれ実線で描け．また，点 Q_2 と点 Q_3 の間の距離を n_0，n_1，α，d を用いて表せ．ただし，$2\tan\alpha > \tan\beta$ であるとする．



〔B〕 図２のように，中心角 $\dfrac{\pi}{2}$ rad の扇形の弧に沿ってスクリーンが張られている．弧の円の中心にあたる点 O に格子定数 d の回折格子を設置し，格子面の垂線がスクリーンの弧の中央の点 M を通るように配置する．この回折格子に垂直に光を入射させ，回折光が干渉する様子を観測した．スクリーン上に現れる明線の位置は，入射方向に対する反時計回りを正とする角度 θ（$-\dfrac{\pi}{4} \leqq \theta \leqq \dfrac{\pi}{4}$）〔rad〕で表す．また，回折格子とスクリーンの間の距離は，d に比べて十分大きいとする．

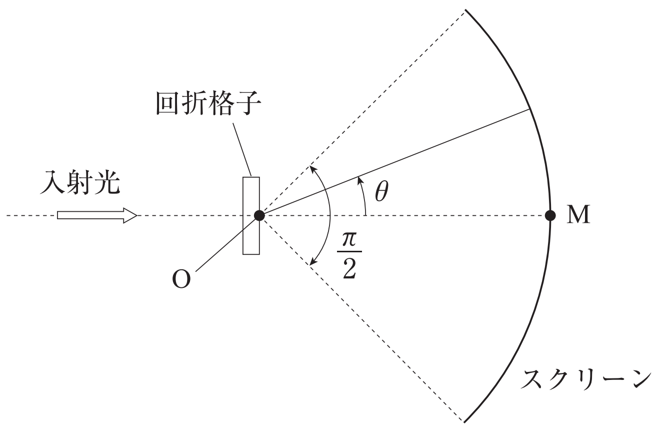


図２

(5) 波長 λ の光を入射させたときに，回折光が強め合う条件を d，θ，λ と整数 m を用いて表せ．

(6) 入射光として，波長 λ_R の赤い光と，波長 λ_B の青い光（$\dfrac{3}{2}\lambda_B < \lambda_R < 2\lambda_B$）を同時に入射させたところ，スクリーン上に７本の明線が観測された．このとき，$\theta > 0$ における明線の位置について，点 M に最も近いものの位置を θ_1〔rad〕，その次に近いものの位置を θ_2〔rad〕としたとき，赤い光の波長 λ_R を λ_B，θ_1，θ_2 を用いて表せ．

(7)　(6)において，スクリーン上に 7 本の明線が現れたことから，回折格子の格子定数 d の範囲を，λ_B を用いて不等式で表せ.

続いて図 3 のように，波長 λ_R の赤い光と，波長 λ_B の青い光を同時に入射させた状態で，回折格子を点 O を軸として微小な角度 α だけ反時計回りに回転させたところ，$\theta > 0$ における点 M に最も近い明線の位置が θ_1 から，$\theta_1 + \Delta\theta$ の位置に変化した.

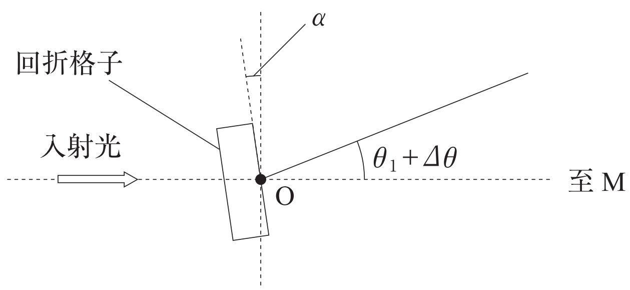


図 3

(8)　$\Delta\theta$ を θ_1，α を用いて表せ．なお，$\Delta\theta$，α は微小な角度であり，必要であれば，微小な角度 ϕ について $\sin\phi \fallingdotseq \phi$，$\cos\phi \fallingdotseq 1$ であること，また，三角関数の公式 $\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$ を用いよ.