

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 16 ページ

化 学 17 ページ～ 30 ページ

生 物 31 ページ～ 48 ページ

地 学 49 ページ～ 55 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰ってください。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

物 理

注意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5 6
教育学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
理学部 数学・情報数理学科，化学科，生物学科，地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
理学部 物理学科	2 4 5 6
工学部 建築学科，機械工学科，電気電子工学科，情報画像学科	2 4 6
工学部 都市環境システム学科，メディカルシステム工学科，ナノサイエンス学科，共生応用化学科，画像科学科志望者，およびデザイン学科志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
医学部 志望者のうち物理を選択する者	2 4 6
看護学部 志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理学関連分野	2 4 5 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理化学・生命化学関連分野志望者のうち物理を選択する者	1 3 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(建築学科，機械工学科，電気電子工学科，情報画像学科)	2 4 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(都市環境システム学科，メディカルシステム工学科，ナノサイエンス学科，画像科学科志望者，およびデザイン学科志望者のうち物理を選択する者)	1 3 5

2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。
3. 問題文中に特に指示がない限り、結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

1 軽いゴムひもを図(a)に示すように天井からつるした。この状態を自然長として、このゴムひもは伸びたときのみ復元力を発揮し、その力の大きさは伸びの長さに比例する。この比例定数(ばね定数)を k とする。図(b)のように質量 m のおもりをゴムひもの下端につなぎ、ゆっくりおろすとゴムひもが長さ d だけ伸びて、おもりは静止した。このときのおもりの位置を点 O とする。おもりの位置を、点 O を原点とし、鉛直上向きを正とする y 座標で表す。図(c)のようにおもりを $y = Y$ (ただし、 $Y > 0$ とする) まで持ち上げて静かに離したところ、おもりは点 O を通過して振動運動をした。以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、ゴムひもの重さ、空気抵抗、おもりの大きさは無視できるものとする。また、 $y > d$ となりゴムひもがゆるんだときのおもりの運動はゴムひもに妨げられることがないものとする。

問 1 k を m, d, g のうち必要な記号を使って表しなさい。

はじめに、 $0 < Y < d$ の場合を考える。

問 2 おもりの位置が y である瞬間の加速度 a を m, d, g, y のうち必要な記号を使って表しなさい。

問 3 おもりを静かに離してから、はじめて振動の最下点に達するまでの時間を T_1 とする。 T_1 を m, d, g のうち必要な記号を使って表しなさい。

次に、おもりを離す位置を $Y = \frac{5}{2}d$ にした場合を考える。その後、おもりは天井や床にぶつかることなく運動した。

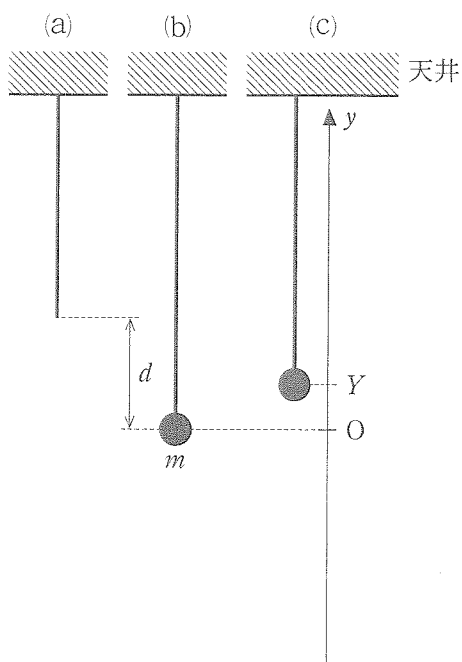
問 4 おもりを静かに離してから、はじめて $y = d$ を下向きに通過するまでの時間を T_2 とする。 T_2 を m, d, g のうち必要な記号を使って表しなさい。また、 $\frac{T_2}{T_1}$ の値を求めなさい。

問 5 おもりが点 O を通過する瞬間の速さを m , d , g のうち必要な記号を使って表しなさい。

問 6 点 O から振動の最下点までの距離を m , d , g のうち必要な記号を使って表しなさい。

問 7 おもりが $y = d$ を下向きに通過する瞬間を時刻 t の原点 ($t = 0$) とし、次に $y = d$ を上向きに通過する時刻を T' とする。おもりの位置 y と加速度 a が時刻 t とともに変化する様子を表すグラフの概形を $0 \leq t \leq T'$ の範囲で描きなさい。なお、解答用紙における破線は座標軸に平行に描かれた補助線である。グラフ中の点の値を示す必要はないが、同一の時間間隔や二つのグラフで同一の時刻については、それらがわかるように補助線等で示すこと。

問 8 おもりが $y = d$ を下向きに通過してから、はじめて最下点に達するまでの時間を T_3 とする。 T_3 を m , d , g のうち必要な記号を使って表しなさい。また、 $\frac{T_3}{T_1}$ の値を求めなさい。



図

2 図のように、水平な床と傾きが θ をなす斜面を持つ質量 M の直角三角形の台車 B の上に、質量 m の小球 A を静かにのせた。小球 A が台車 B の斜面上を滑らかに動く場合を考える。台車 B もまた、車輪を介して床を水平方向に滑らかに動くことができる。鉛直下向きの重力加速度の大きさを g とし、床面の水平方向について右向きを、斜面に沿った方向について下向きを、それぞれ正とする。以下の問いに答えなさい。

車輪をロックして台車を床上で固定した場合について、小球 A の運動について考えてみよう。

問 1 小球 A の斜面に沿った方向の加速度を g 、 θ を用いて表しなさい。

問 2 小球 A が斜面から受ける垂直抗力の大きさを m 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

車輪のロックを外し、台車 B が図の矢印のように、水平方向に一定の加速度 b で運動をするように外部から力を加えた。台車 B の等加速度直線運動は、台車の上の小球の運動に影響を与える。このとき、小球 A は斜面上を下に移動していた。台車 B に乗った観測者が見た立場で、斜面上の小球 A の運動について考えてみよう。

問 3 小球 A にはたらく重力、垂直抗力、慣性力の向きを解答用紙に矢印を用いて図示しなさい。

問 4 台車に乗った観測者から見た立場で、小球 A の斜面に沿った方向の見かけの加速度を a とする。小球 A の斜面に沿った方向の運動方程式を、 a 、 b 、 m 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

問 5 小球 A が斜面から受ける垂直抗力の大きさ N を b 、 m 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

台車 B の加速度が b_0 のとき、小球 A は斜面の上で等速直線運動をした。

問 6 台車 B の加速度 b_0 を g , θ を用いて表しなさい。

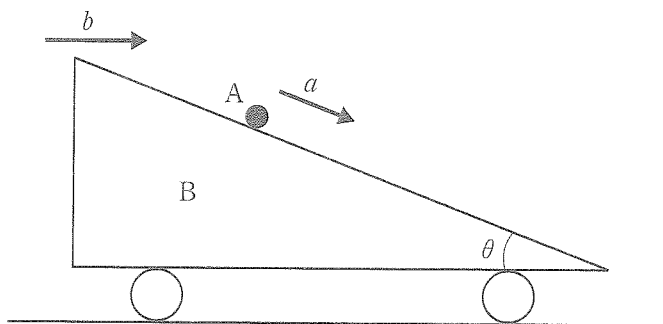
台車に外部から力を加えるのを止めて、自由に動ける台車 B が静止している。いま、小球 A を台車 B の斜面上に静かに置く。このときを時刻 $t = 0$ とする。その後の台車 B と小球 A の等加速度運動について考えてみよう。斜面が小球 A に与える垂直抗力の反作用として、台車 B には小球からの力がはたらく。

問 7 台車に乗った観測者から見た立場で、小球 A にはたらく重力、斜面から受ける垂直抗力、小球 A にはたらく慣性力の向きを解答用紙に矢印を用いて図示しなさい。

問 8 床の上にいる観測者から見た立場で、台車 B の運動について考える。台車 B の加速度を b_1 、台車 B がその斜面上で小球 A から受ける斜面垂直方向の力の大きさを N_1 とする。台車の運動方程式を、 b_1 , M , N_1 , θ を用いて表しなさい。

問 9 床の上にいる観測者から見た立場で、台車の加速度の大きさを、 M , m , g , θ を用いて表しなさい。

問10 床の上にいる観測者から見た立場で、時刻 t における小球 A および台車の運動量の水平方向成分を、それぞれ、 M , m , g , θ , t を用いて表しなさい。



図

3 図に示すような、点 a と点 b の間に抵抗値 R の抵抗、点 b と点 c の間に自己インダクタンス L のコイル、点 c と点 d の間に電気容量 C のコンデンサーを直列に接続した回路を考える。点 a と点 d の間に振幅 V_0 、角周波数 ω の交流電圧を加えた。このとき回路に流れる電流は周期 T の正弦波 $I = I_0 \sin \omega t$ で表されるものとする。ここで、 t は時刻を表す。

以下の問いに答えなさい。必要に応じて次の三角関数に関する公式を用いなさい。

$$\begin{aligned}\sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin x \sin y &= \frac{1}{2} \{ \cos(x - y) - \cos(x + y) \}\end{aligned}$$

問 1 角周波数 ω を T を用いて表しなさい。

問 2 抵抗にかかる電圧 V_R (点 b に対する点 a の電位) を R, L, C, I_0, ω, t のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 抵抗での消費電力 P_R の概形を、 $0 \leq t \leq T$ の範囲について解答用紙のグラフに記入しなさい。グラフ中に、 P_R の最大値を R, I_0, ω, t のうち必要な記号を用いて示し、 P_R が最大、最小となる時刻 ($t = 0, T$ を除く) を、それぞれ T を用いて示しなさい。

問 4 コイルにかかる電圧 V_L (点 c に対する点 b の電位) を R, L, C, I_0, ω, t のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 5 コンデンサーにかかる電圧 V_C (点 d に対する点 c の電位) を R, L, C, I_0, ω, t のうち必要な記号を用いて表しなさい。

RLC 直列回路全体の電圧 V (点 d に対する点 a の電位) は $V_0 \sin(\omega t + \theta) = ZI_0 \sin(\omega t + \theta)$ の形で表せる。ここで、 θ は電流に対する位相差を表す。

問 6 Z を R, L, C, ω を用いて表しなさい。

問 7 回路全体での消費電力は、周期的に電流の 2 倍の角周波数で変動する項と変動しない項の和として表せる。周期的に変動する項および変動しない項を V_0 , Z , ω , t , θ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

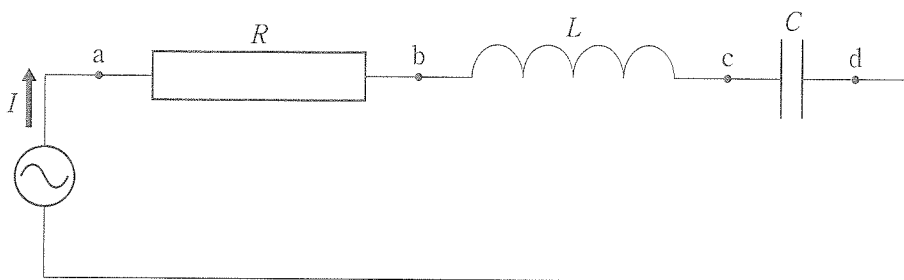
交流電源の電圧を変えないで、角周波数 ω を変えたところ、角周波数 ω_0 で回路を流れる電流の実効値が最大になった。

問 8 角周波数 ω_0 を R , L , C のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 9 角周波数が ω_0 のときに回路全体で消費される 1 周期の平均電力 \bar{P} を R , V_0 を用いて表しなさい。

交流電源の電圧を変えないで、角周波数を ω_0 から下げていったところ、角周波数 ω_1 で回路全体で消費される 1 周期の平均電力が問 9 で求めた \bar{P} の半分になった。

問 10 角周波数 ω_1 を R , L , C を用いて表しなさい。



図

4

4点A, B, O, Cが、図に示したように距離 a , $2a$, d だけ離れて真空中で一直線上にある。点Aと点Oには直線ACと垂直に電極I, IIを置いた。電極I, IIには点A, O付近に点電荷が通り抜けることができる小さな穴が開いており、直線ACと垂直な方向には十分な大きさを持つ。電位差 V の直流電源を、電極Iに負極側、電極IIに正極側をつなぎ、正極側で接地した。以下の問いに、 a , m , q , V のうち必要なものを用いて答えなさい。ただし、重力の効果は無視する。

問1 電極I, II間の電界の強さ E_{AO} を求めなさい。

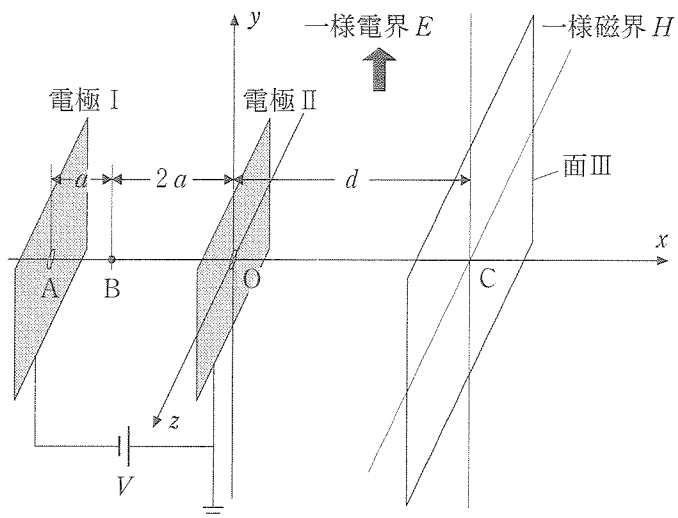
問2 点Bでの電位 V_B を求めなさい。

次に、点Bに質量 m で電気量 $-q$ ($q > 0$)を持つ点電荷 Q を置いたところ、点電荷は静かに運動をはじめ、電極にまで至った。電極に空いている穴は十分に小さく、電荷が通過できる以外の効果は無視することができる。以下の問いに、 a , m , q , V のうち必要なものを用いて答えなさい。

問3 点電荷が動き出し、電極の穴を通過するまでの間に電界が点電荷にする仕事 W を求めなさい。

問4 点電荷が電極を通過する際の速さ v_0 を求めなさい。

点Cを通り直線ACに垂直な面IIIは、電界や磁界を区切りしかも点電荷が自由に通過できる面である。図のように電極IIと面IIIの間には一様電界(強さ E)のみが存在する。点Oを原点とし、入射方向に沿って x 軸を、電界の向きに沿って y 軸を、 x , y 軸に対して図のように垂直な z 軸をとる。面IIIの外側(直線ACのC側延長上)には z 軸に平行なある向きの一様磁界(強さ H)のみが存在する。電極IIと面IIIで分けられる3つの領域から他の領域への電界・磁界の漏れ出しや端の効果はないものとする。



図

点 O を速さ v_0 で通過した点電荷 Q は電極 II を通り抜け、一様電界 E の中を運動して面 III に至る。そして面 III を通過後点電荷は一様磁界 H の中を運動し再び面 III を通過し、一様電界 E の中を運動して、最終的には原点 O に戻ってきたという。以下の問いに答えなさい。

問 5 速さ v_0 で電極 II を通過した点電荷が面 III を初めに通り抜ける際の面 III からの射出方向と y 軸の正方向がなす角度は 135 度であった。このとき面 III における射出点の y 軸方向の高さ h を a , E , m , q , V のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 6 電極 II と面 III 間の距離 d と h の関係を求めなさい。

問 7 初めに面 III を通過した直後、磁界 H から点電荷に加わる力の方向と y 軸方向がなす角度を求めなさい。

問 8 点電荷が再び面 III を通過する際の x , y , z 軸方向の速度 (v_x, v_y, v_z) を各々 v_0 を用いて表しなさい。

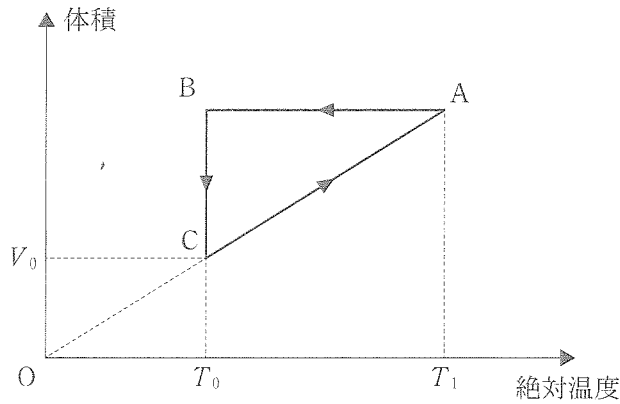
問 9 問 8 で点電荷が再び面Ⅲを通過する地点の座標を h を用いて表しなさい。

問10 磁界の向きと強さ H を a, E, m, q, V のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 、真空の透磁率を μ_0 とする。

問11 点電荷が電子であり(電気量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、質量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)、電位差 $V = 107 \text{ V}$ 、距離 $d = 4.0 \text{ cm}$ 、電界 $E = 30 \text{ N/C}$ としたとき、磁界の磁束密度の大きさ B を有効数字 2 桁で求めなさい。

- 5 次の文章を読み、問題文中に定義された記号を用いて以下の問いに答えなさい。

容器に閉じ込めた n モルの単原子分子理想気体の状態変化を図 1 の $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順に行った。 $A \rightarrow B$ では体積を一定に保ち、 $B \rightarrow C$ では絶対温度を一定値 T_0 に保った。また、 $C \rightarrow A$ では体積と絶対温度が比例するように状態を変化させた。状態 A での絶対温度は T_1 、状態 C での体積は V_0 であった。気体定数を R とする。



図

- 問 1 状態 A での体積を求めなさい。
- 問 2 状態 A での圧力を求めなさい。
- 問 3 このサイクルにおいて、圧力と体積の関係を表すグラフの概形を書きなさい。ただし、グラフには状態 A, B, C での圧力と体積を記入し、変化の向きを示す矢印も記すこと。
- 問 4 $A \rightarrow B$ の過程で気体が外部へ放出した熱量を求めなさい。
- 問 5 $C \rightarrow A$ の過程で気体が外部にした仕事を求めなさい。

問 6 $C \rightarrow A$ の過程で気体が吸収した熱量を求めなさい。

問 7 $B \rightarrow C$ の過程で気体が放出した熱量を Q とする。 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の 1 サイクルで気体がした正味の仕事 ($[\text{外部にした仕事}] - [\text{外部からされた仕事}]$) を求めなさい。

問 8 このサイクルの熱効率を求めなさい。

6 図1のように単スリット，回折格子，および白色のスクリーンからなる装置がある。単スリット，回折格子の中心，およびスクリーンの中心Oは一直線上に並び，この直線に垂直になるように単スリット，回折格子，およびスクリーンが置かれている。回折格子とは図2のようにスリットが等間隔 d で多数並んでいるものである。干渉縞が明瞭に見えるように大きさが十分小さい回折格子を用いた。単スリットから回折格子の中心までの距離は L' ，回折格子の中心からスクリーンの中心までの距離は L である。距離 L および L' はスクリーンの長さに比べて十分長い。

この装置の左側から，単スリットを通して可視光の波長を均等に含む白色光を入射したところ，スクリーン上に点Oを中心として対称な虹色の干渉縞模様が規則的に現れた。スクリーンの中心Oからスクリーン上のある点Pまでの距離を x ，波長 λ_r の光を赤色，波長 λ_g の光を緑色とするとき，以下の問いに答えなさい。

ただし，角度 θ [rad]の大きさが十分小さいとき $\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta$ ， $\cos \theta \cong 1$ と近似できること，ならびに a の大きさが1よりも十分小さいとき $\sqrt{1+a} \cong 1 + \frac{1}{2}a$ となることを用いて答えを簡単な形に直しなさい。

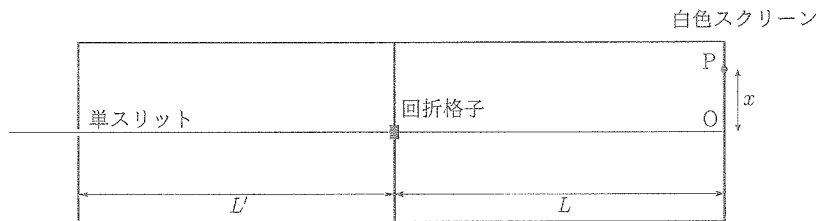


図1

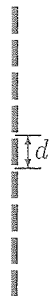


図2

問 1 回折格子上的の間隔 d で離れた 2 点からスクリーン上の点 P までの光路差を、 d , L , x のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 2 スクリーン上において点 O から最も近く(点 O を除く)に現れる赤色の光の位置までの距離を、 d , L および λ_r のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 スクリーンの中心 O において観測される対称な干渉縞模様の中の中心の光の色を答えなさい。

次に、この装置をある明るい星に向け、この星の光を装置に入射し、観測を開始した。このときも白色光を入射したときと同様に点 O を中心として対称な虹色の干渉縞模様が規則的に観測されたが、白色光を入射したときには現れなかった暗線が虹色の干渉縞の中に観測された。この暗線は吸収線と呼ばれ、星の中のガスの成分によりある決まった波長の光が吸収されることにより生じる現象である。この吸収線の波長は本来 λ_a であるが、観測された吸収線の波長は λ'_a ($\lambda'_a > \lambda_a$) であった。これはこの星が地球から離れる方向へ高速で動いているためにドップラー効果が生じて起きた現象である。光のドップラー効果は厳密には音のドップラー効果とは異なるが、ここでは近似的に音のドップラー効果と同様に取り扱えるものとする。また、簡単のため地球は静止しているものとする。

問 4 スクリーン上において点 O から最も近くに現れる吸収線の位置を x_a とするとき、観測された吸収線の波長を、 d , L , x_a のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 5 この星の地球に対する速さの、地球と星を結ぶ方向の成分を、 d , L , x_a , λ_a および光の速さ c のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

一日後、再び同じ星の光を装置に入射した。この日も吸収線を伴う対称な虹色の干渉縞模様が規則的に観測されたが、観測初日とは異なり、干渉縞模様の中心の位置がスクリーン上でずれていた。調べてみると、図3のように単スリットを含む装置の前部分が回折格子とスクリーンに対して角度 α だけ傾いていることが分かった。

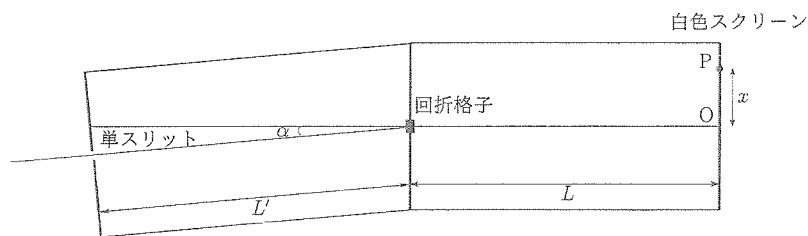


図3

問6 スクリーンの中心Oから対称な干渉縞模様の中心までの距離を、 d 、 L および α のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問7 このときの対称な干渉縞模様の中心から最も近く(点Oを除く)に現れる赤色の位置までの距離を、 d 、 L 、 λ_r および α のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

さらに一日後、前日の装置の前部分の角度のずれ α を直した後、再び同じ星の光を同様に装置に入射した。この日も吸収線を伴う対称な虹色の干渉縞模様が規則的に観測されたが、観測初日において点Oから最も近く(点Oを除く)に現れた赤色の光の位置に、この日は緑色の光が観測された。また、この緑色の光の位置と点Oの間に緑色の光はなかった。調べてみると、原因は図4のように回折格子の角度が単スリットおよびスクリーンに対して角度 β だけ傾いていることによるものと分かった。

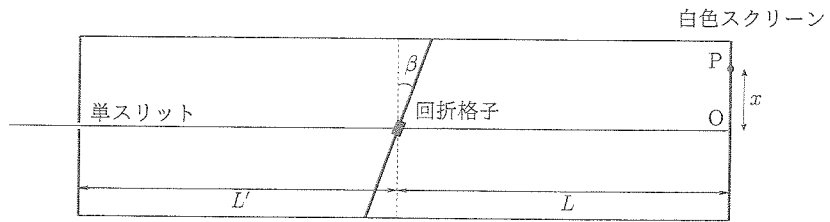


図 4

問 8 スクリーンの中心 O から最も近く (点 O を除く) に現れる赤い光の位置までの距離を, d , L , λ_r および β のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 9 $\cos \beta$ を d , L , λ_r および λ_g のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

