

令和7年10月入学/令和8年4月入学（第1期）  
地域創生科学研究科博士前期課程  
入学試験問題

工農総合科学専攻 光工学プログラム  
「幾何光学」

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。  
Don't open this booklet until the examination.
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目1科目を課します。  
For the "Graduate Program in Optical Engineering", you must take the compulsory subject "Geometric Optics" and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. ①から③までのすべてに回答してください。  
Answer all of the questions.
4. 答案は試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号、試験科目名及び問題番号を記入してください。  
Each answer should be written on the corresponding answer sheets. Write your examinee number on all answer sheets.
5. 試験終了後は、解答用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。  
Answer sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

令和7年10月入学／令和8年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 幾何光学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

**1**

以下の各設問に対して，解答すること。

Please answer each of the following questions.

- (1) 可視光の波長はおおよそ  nm から  nm である。真空中の光の速度を秒速 30万kmとすると，可視光の周波数は， THz から  THz の範囲である。 から  を解答せよ。ただし，THzとは10の12乗ヘルツである。

The wavelength of visible light is approximately from about  nm to  nm. If the speed of light in a vacuum is 300,000 km/s, the frequency of visible light ranges from  THz to  THz. Provide the  to . Note that THz stands for  $10^{12}$  Hz.

- (2) 近軸領域におけるレンズの結像は理想的な像を作る。近軸光線の条件を外れるとレンズからの結像点は必ずしも1点に集まらない。これを何というか。また，これを補正する方法について解答せよ。

Imaging in the paraxial region by a lens creates an ideal image. When the conditions of paraxial rays are not met, they do not necessarily converge at a single point.

What is this called? Additionally, please explain how to correct this.

- (3) 人の眼は，角膜と水晶体のレンズ作用によって網膜上に外界の像を形成している。正常な眼の近点は，眼の前方 100mm，遠点は無限遠となる。近視眼と遠視眼の違いについて説明し，各々どのような特長のレンズを持つメガネをかければよいか解答せよ。

The human eye forms an image of the external world on the retina through the lens action of the cornea and the lens. In a normal eye, the near point is 100 mm in front of the eye, and the far point is at infinity. Explain the difference between myopia and hyperopia, and specify what type of lenses should be worn in glasses for each condition.

## 2

図1に示すように、直角プリズムを用いた分光器を考える。直角プリズムに  $\theta_1$  が  $30^\circ$  で太陽光が入射した。以下の問いに答えよ。ただし、空気の屈折率は1.000とする。直角プリズムのガラスの屈折率は図2から0.005まで読み取ること。

As shown in Figure 1, we consider a spectrometer by a right angle prism. The sunlight is incident on a right-angle prism at an angle  $\theta_1$  of  $30^\circ$ . Please answer the following questions. Note that the refractive index of air is taken to be 1.000. The refractive index of the glass of the right-angle prism can be read from Figure 2 up to 0.005 precision.

- (1) 波長 400nm の青，波長 500nm の緑，600nm の赤の屈折率はいくらか。図2のグラフから読み取って示せ。

What are the refractive indices of blue light with a wavelength of 400 nm, green light with a wavelength of 500 nm, and red light with a wavelength of 600 nm? Please read and show them from the graph in Figure 2.

- (2) 入射角を  $\theta_1$ ，出射角を  $\theta_2$ ，入射側の屈折率  $n_1$ ，出射側の屈折率  $n_2$  としたとき，これらの関係を示せ。

When the angle of incidence is  $\theta_1$ , the angle of refraction is  $\theta_2$ , the refractive index on the incident side is  $n_1$ , and the refractive index on the exiting side is  $n_2$ , show the relationships among these parameters.

- (3) 代表的な色である青，緑，赤におけるプリズムからの出射角度を求めよ。

Determine the angles of refraction from the prism for the representative colors blue, green, and red.

- (4) (3) の答えをもとに，なぜ虹は様々な色が分かれて観察できるのか説明せよ。

Based on the answer to (3), explain why rainbows are colorful.

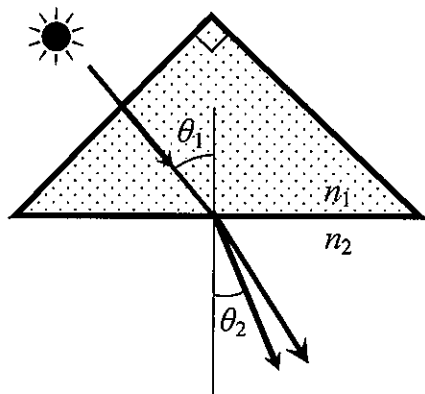


図1 直角プリズムと入射出射光線  
Fig.1 Incident and outgoing beam in prism

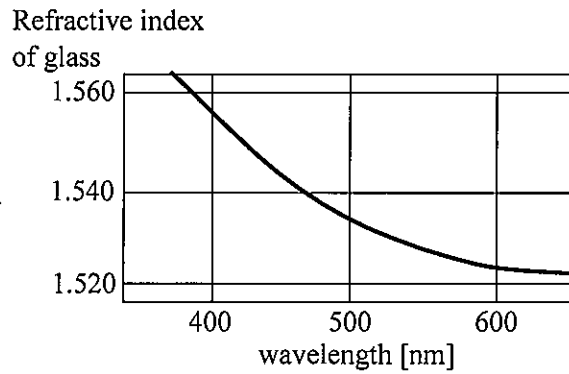


図2 ガラスの波長に対する屈折  
Fig.2 Refractive index in glass

ここで使用する三角関数は下記を利用すること。ちょうどの値がない場合には前後から推定すること  
The trigonometric functions to be used here are as follows. If there are no exact values, estimate based on the values before and after.

$\sin^{-1}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
$\theta$	5.7°	8.6°	11.5°	14.4°	17.4°	20.5°	23.5°	26.7°	30.0°	33.3°	36.7°

$\sin^{-1}$	0.760	0.762	0.764	0.766	0.768	0.770	0.772	0.774	0.776	0.778	0.780
$\theta$	49.5°	49.6°	49.8°	50.0°	50.2°	50.3°	50.5°	50.7°	50.9°	51.0°	51.2°

3

図3は顕微鏡の結像系である。以下の(ア)～(イ)は、相応しい言葉を選べ。また、(a)～(f)を埋めるに相応しい言葉を入れよ。

Figure 3 is the imaging system of a microscope. Select the appropriate words for (ア) to (イ). Also, fill in (a) to (f) with suitable words.

顕微鏡は、観察したいサンプル(sample) PQ を対物レンズ(obj)で拡大する。この像は P'Q' として (ア) 正立実像, 正立虚像, 倒立実像, 倒立虚像 となる。これを接眼レンズ(eyepiece)で (イ) 正立実像, 正立虚像, 倒立実像, 倒立虚像 としてサンプルを観察できる。

The microscope magnifies the sample PQ that you want to observe with the objective lens (obj). This image becomes P'Q' as,

(ア) real inverted image, virtual erect image, real erect image, or virtual inverted image.

This is then observed as,

(イ) real inverted image, virtual erect image, real erect image, or virtual inverted image

through the eyepiece.

対物レンズの横倍率  $\beta_0$  は,  
The lateral magnification of the objective lens  $\beta_0$ ,

$$\beta_0 = - \frac{(a)}{(b)} \quad (1),$$

接眼レンズの横倍率  $\beta_e$  は,  
the lateral magnification of the eyepiece lens  $\beta_e$ ,

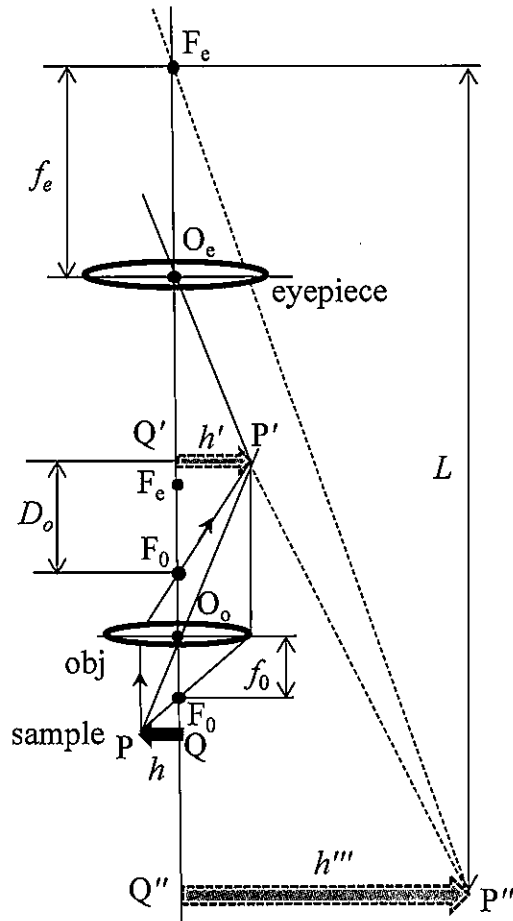


図3 顕微鏡の光学系

Fig.3 Optical arrangement of a microscope

$$\beta_e = \frac{250}{(c)} \quad (2)$$

となる。

ただし、対物レンズの焦点  $F_0$ 、この焦点距離を  $f_0$ 、光学筒長と呼ばれる対物レンズの後ろ焦点距離から実像までの距離  $D_0$ 、接眼レンズの焦点  $F_e$ 、この焦点距離  $f_e$  とする。ただし、単位は mm、明視の距離  $L$  を 250mm とする。

Using the focal point of the objective lens  $F_0$ , focal length  $f_0$ , the distance  $D_0$  from the back focal length of the objective lens to the real image, and the focal point  $F_e$  and focal length  $f_e$  of the eyepiece lens, fill in the following expressions. Note that the unit is mm, and the distance of distinct vision  $L$  is set to 250mm.

以上より、顕微鏡の倍率  $\beta$  は、

The magnification of the microscope  $\beta$ ,

$$\beta = \beta_o \times \beta_e = (d) \quad (3)$$

となる。

対物レンズの開口数 (NA) を 0.6、光源の波長を 500nm とすると、このレンズの分解能は (e) となる。したがって、この光学顕微鏡を用いて細菌は観察できるが、ウイルスは見るできない理由を回折限界から説明すると、  
(f) となる。

If the numerical aperture (NA) of the objective lens is 0.6 and the wavelength of the light source is 500 nm, the resolution of this lens is (e). Therefore, explaining why bacteria can be observed using this optical microscope, but viruses cannot be seen, based on the diffraction limit, results in

(f)

宇都宮大学地域創生科学研究科博士前期課程入試（第1期）

（令和8年4月入学）

令和7年8月22日実施

# 問題訂正

専攻・プログラム名： 光工学プログラム

試験科目名： 波動光学

<問題訂正>

誤

1

(2)  $f(ax)$ のフーリエ変換が $\frac{1}{a}F\left(\frac{\omega}{a}\right)$ を示しなさい。

正

1

(2)  $f(ax)$ のフーリエ変換が $\frac{1}{|a|}F\left(\frac{\omega}{a}\right)$ となることを示しなさい。

宇都宮大学地域創生科学研究科博士前期課程入試（第1期）

（令和8年4月入学）

令和7年8月22日実施

# 問題訂正

専攻・プログラム名： 光工学プログラム

試験科目名： 波動光学

<問題訂正>

2

$n$ 番目の輪帯開口の~~中心~~位置 $P_n$

（「中心」を削除）

~~the center of~~ the  $n$ -th ring aperture,  $P_n$ ,

(delete “the center of”)

令和7年10月入学/令和8年4月入学（第1期）  
地域創生科学研究科博士前期課程  
入学試験問題

工農総合科学専攻 光工学プログラム  
「波動光学」

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。  
Don't open this booklet until the examination.
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目1科目を課します。  
For the “Graduate Program in Optical Engineering”, you must take the compulsory subject “Geometric Optics” and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. ①から③までのすべてに回答してください。  
Answer all of the questions.
4. 答えは試験問題ごとに別の解答用紙を用い、それぞれに受験番号、試験科目名及び問題番号を記入してください。  
Each answer should be written on the corresponding answer sheets. Write your examinee number on all answer sheets.
5. 試験終了後は、解答用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。  
Answer sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

令和7年10月入学/令和8年4月入学(第1期)

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 波動光学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 光工学プログラム
-------------	-------------------------------------

1

関数  $f(x)$  に対するフーリエ変換を

Let the Fourier transform of a function  $f(x)$  be defined as

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp(-i\omega x) dx$$

と定義し, その逆フーリエ変換を

and its inverse Fourier transform as

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \exp(i\omega x) d\omega$$

で表す. 以下の各設問に答えなさい.

Answer the following questions.

ただし,  $a, b, c$  は定数であり,  $a > 0$  とする.

Here,  $a, b,$  and  $c$  are constants, and  $a > 0$ .

(1)  $f(-x)$  のフーリエ変換を求めなさい.

Find the Fourier transform of  $f(-x)$ .

(2)  $f(ax)$  のフーリエ変換が  $\frac{1}{a} F\left(\frac{\omega}{a}\right)$  を示しなさい.

Show that the Fourier transform of  $f(ax)$  is given by  $\frac{1}{a} F\left(\frac{\omega}{a}\right)$ .

(3)  $f(x-b)$  のフーリエ変換が  $\exp(-ib\omega)F(\omega)$  となることを示しなさい.

Show that the Fourier transform of  $f(x-b)$  is given by  $\exp(-ib\omega)F(\omega)$ .

(4)  $f(x)\exp(icx)$  のフーリエ変換が  $F(\omega-c)$  となることを示しなさい.

Show that the Fourier transform of  $f(x)\exp(icx)$  is given by  $F(\omega-c)$ .

(5)  $f(x)\cos(cx)$  のフーリエ変換が  $\frac{F(\omega-c)+F(\omega+c)}{2}$  となることを示しなさい.

Show that the Fourier transform of  $f(x)\cos(cx)$  is given by  $\frac{F(\omega-c)+F(\omega+c)}{2}$ .

2

フレネルゾーンプレート (FZP: Fresnel zone plate)は、同心円状の輪帯開口を有する光学素子である。Figure 1に示すように、空気中において波長 $\lambda$ の平面波をFZPに垂直に入射する場合を考える。このFZPの光軸から $n$ 番目の輪帯開口までの距離 $r_n$ は、FZPの中心Cから焦点Fまでの距離 $f$ を用いて、

$$r_n = \sqrt{n\lambda f}$$

で表される。 $n$ 番目の輪帯開口の中心位置 $P_n$ からFまでの距離を $L_n$ で表す。 $\lambda \ll f$ かつ $r_n \ll f$ を仮定するとき、以下の設問に答えなさい。

A Fresnel zone plate (FZP) is an optical element consisting of concentric circular ring-shaped apertures. As shown in Figure 1, consider a plane wave with wavelength  $\lambda$  incident perpendicularly on the FZP in air. The radial distance  $r_n$  from the optical axis of the FZP to the center of the  $n$ -th ring is given by

$$r_n = \sqrt{n\lambda f}$$

where  $f$  is the distance from the center C of the FZP to the focal point F.

Let  $L_n$  denote the distance from the center of the  $n$ -th ring aperture,  $P_n$ , to the focal point F. Assume that  $\lambda \ll f$  and  $r_n \ll f$ . Based on these assumptions, answer the following questions.

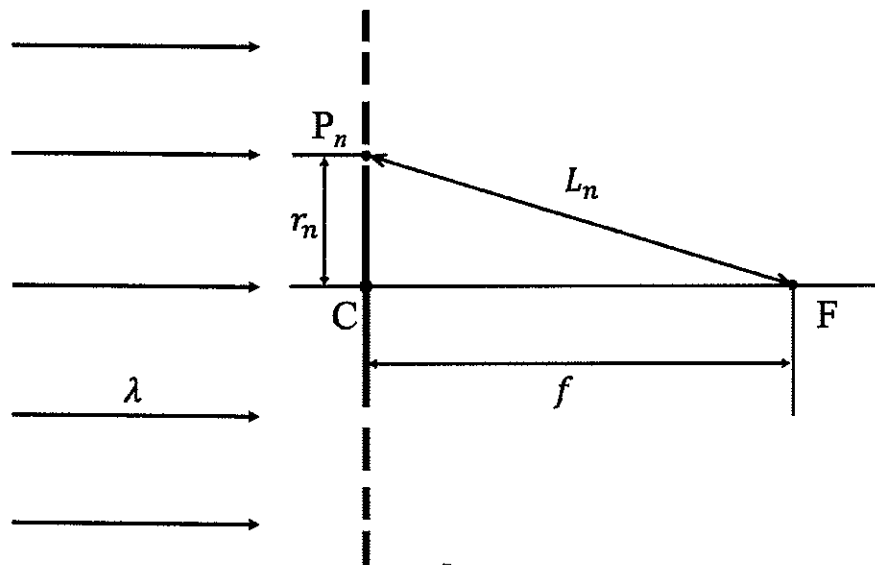


Figure 1

- (1) 位置Cが遮光されているにもかかわらず、なぜ焦点位置Fに光が届くか、理由を述べなさい。

Even though the central position C is blocked, explain why light still reaches the focal point F.

- (2)  $|\varepsilon| \ll 1$  のとき  $\sqrt{1+\varepsilon} \approx 1 + \frac{\varepsilon}{2}$  が成り立つことを用いて、 $L_1 - f \approx \frac{\lambda}{2}$  が成り立つことを示しなさい。

Using the approximation  $\sqrt{1+\varepsilon} \approx 1 + \frac{\varepsilon}{2}$  for  $|\varepsilon| \ll 1$ , show that  $L_1 - f \approx \frac{\lambda}{2}$  holds.

- (3) 同様の近似を用いて  $L_{n+1} - L_n \approx \frac{\lambda}{2}$  が成り立つことを示しなさい。

Using a similar approximation, show that  $L_{n+1} - L_n \approx \frac{\lambda}{2}$  holds.

- (4) 焦点Fに届く光が強め合うようにするには、輪帯開口を以下のどちらの方法で遮断すればよいか？

To ensure that the light reaching the focal point F interferes constructively, which of the following methods should be used to block the ring apertures?

(A) 1つおきに遮断する

Block every other ring (i.e., alternate rings)

(B) 2つおきに遮断する

Block every third ring (i.e., every two rings)

正しい方を選び、その理由を述べなさい。

Choose the correct answer and explain your reasoning.

- (5) 波長 450 nm に対して焦点距離 90 mm となるように設計された FZP に、波長 600 nm の光を入射したとき、焦点距離は 90 mm よりも短くなるか、それとも長くなるか？その理由を答えなさい。

A Fresnel zone plate (FZP) is designed to have a focal length of 90 mm for light with a wavelength of 450 nm. When light with a wavelength of 600 nm is incident on this FZP, will the focal length become shorter or longer than 90 mm? Explain your reasoning.

3

2枚のガラス製の平行平板が一端で接触するように配置されている。上側の平板は、下側の平板に対して傾斜角 $\theta$ (rad)の小さな角度で傾けられており、両者の間にはくさび状の空気層が形成されている (Figure 2 参照)。

波長 $\lambda$ の平行光が上面から垂直に入射している。なお、上側平板の上面および下側平板の下面には反射防止コーティングが施されており、これらの面での反射は無視できるものとする。このとき、以下の問いに答えなさい。

ただし、 $\theta$ が十分に小さいとして、近似的な解析が可能であるものとする。

Two parallel glass plates are arranged so that they are in contact at one end. The upper plate is slightly tilted with respect to the lower plate by a small angle  $\theta$  (in radians), forming a wedge-shaped air gap between them, as shown in Figure 2.

A plane wave with wavelength  $\lambda$  is incident vertically from above. The upper surface of the top plate and the lower surface of the bottom plate are coated with anti-reflection layers, so that reflections from these surfaces can be neglected. Under these conditions, answer the following questions.

Assume that  $\theta$  is sufficiently small to allow approximate analysis.

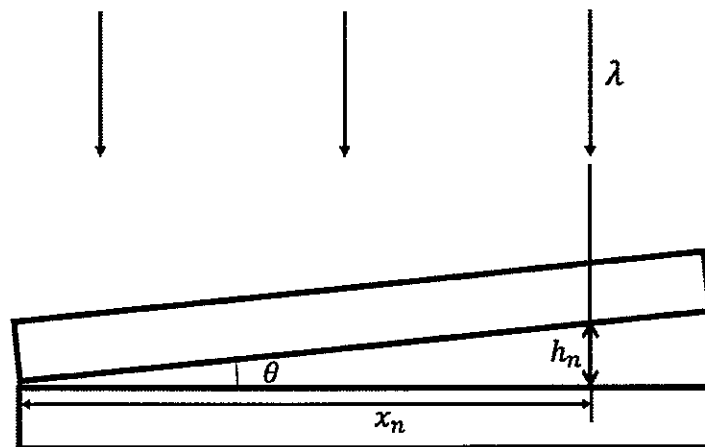


Figure 2

- (1) 上側から観察すると、平行平板の接触端に平行な暗線が一定の間隔で現れることが確認された。これは、どの経路を通った光どうしが干渉するために生じるのかを、光の反射経路に注目して説明しなさい。

When observed from above, dark fringes appear at regular intervals, parallel to the contact edge of the parallel plates. Explain which light rays interfere to

produce these fringes, paying particular attention to the reflection paths of the light.

- (2) 接触端側を 0 番目として接触端から  $n$  番目の暗線までの距離  $x_n$  を考える。

Taking the side near the contact edge as the 0-th fringe, let  $x_n$  be the distance from the contact edge to the  $n$ -th dark fringe.

(A) 距離  $x_n$  における空気層の厚さ  $h_n$  を  $x_n$  と  $\theta$  を用いて表しなさい。

Express the air gap thickness  $h_n$  at position  $x_n$  in terms of  $x_n$  and  $\theta$ .

(B) 距離  $x_n$  を  $\lambda$  と  $\theta$  を用いて表しなさい。

Express the distance  $x_n$  in terms of the wavelength  $\lambda$  and  $\theta$ .

- (3) 20 番目の暗線までの距離が 10 mm であったとする。観測に用いた光の波長を 500 nm とするとき、傾斜角  $\theta$  (rad) を求めよ。

Suppose the distance to the 20<sup>th</sup> dark fringe is 10 mm, and the wavelength of the incident light is 500 nm. Calculate the wedge angle  $\theta$  in radians.

- (4) 平行平板の下側から観察した時、接触端付近は明るく見えるか、それとも暗く見えるか。その理由も合わせて説明しなさい。

When observing the parallel plates from below, does the region near the contact edge appear bright or dark? Provide an explanation based on the interference of light.

宇都宮大学地域創生科学研究科博士前期課程入試（第2期）

（令和8年4月入学）

令和7年12月6日実施

# 問題訂正

専攻・プログラム名： 光工学プログラム

試験科目名： 幾何光学

<問題訂正>

**1**

(4)図1に描かれた平凸レンズにおいて、焦点距離 100 mm, 直径 40mm であるとき、レンズ中心の厚み  $L_c$  を求めよ。

の後に

「ただし、 $n=1.5$  とする。」

を追記

令和8年4月入学(第2期)  
地域創生科学研究科博士前期課程  
入学試験問題  
April 2026 Admission (Second Round)  
Entrance Examination Questions  
Graduate School of Regional Development and Creativity  
Master's Program

工農総合科学専攻光工学プログラム  
Division of Engineering and Agriculture  
Optical Engineering Program

「幾何光学(Geometrical optics)」

試験開始前に以下をよく読んでください。

Please read the following instructions carefully before the examination begins.

【注意事項 (Instructions)】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。  
Don't open this booklet until the examination.
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目1科目を課します。  
For the "Graduate Program in Optical Engineering", you must take the compulsory subject "Geometric Optics" and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. 1から3までのすべてに回答してください。  
Answer all of the questions.
4. 答えは指定の解答用紙を用い、両面ともに受験番号を記入してください。  
Each answer should be written on the corresponding answer sheets. Write your examinee number on all answer sheets.
5. 試験終了後は、解答用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。  
Answer sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

令和 8 年 4 月入学 (第 2 期)  
April 2026 Admission (Second Round)

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題  
Entrance Examination Questions for the Graduate School of Regional Development and Creativity

科目名 幾何光学(Geometrical optics)	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 (Division of Engineering and Agriculture) 光工学プログラム (Optical Engineering Program)
---------------------------------	---

1

図 1 に示すように、焦点距離  $f$  のレンズによる平行光の集光を考える。集光点側の面  $P$  上のレンズ中心を原点  $O(0, 0, 0)$  とし、集光点  $F(0, 0, f)$ 、レンズの端点  $A(x, y, 0)$  とする。さらに、点  $O$  および点  $A$  から、光の入射側の距離  $L_c$  の位置にある面  $Q$  上の点を、それぞれ、点  $C(0, 0, -L_c)$  および点  $B(x, y, -L_c)$  とする。面  $Q$  と面  $P$  に間にあるレンズは、位置  $(x, y)$  に屈折率  $n$ 、厚さ  $L(x, y)$  の材料を挿入して、光路差  $t(x, y)$  を与えることで光を集光する素子である。なお、紙面の  $x$  と  $z$  は、図中に示された通りであり、 $y$  方向は、紙面の奥方向である。

As shown in Fig. 1, we consider the focusing of a parallel beam using a thin lens with focal length  $f$ . The center of the lens on the focal point side is the origin  $O(0, 0, 0)$  on the plane  $P$ , the focal point is  $F(0, 0, f)$ , and the edge of the lens is  $A(x, y, 0)$ . Furthermore, let  $C(0, 0, -L_c)$  and  $B(x, y, -L_c)$  be the points located on the plane  $Q$  at a distance  $L_c$  from points  $O$  and  $A$  on the light incident side, respectively. A lens between surfaces  $Q$  and  $P$  is an optical element that focuses light by inserting a material with refractive index  $n$  and thickness  $L(x, y)$  at position  $(x, y)$  and giving the light an optical path difference  $t(x, y)$ . Note that the  $x$  and  $z$  directions are as shown in the figure, and the  $y$  direction is the direction into the paper.

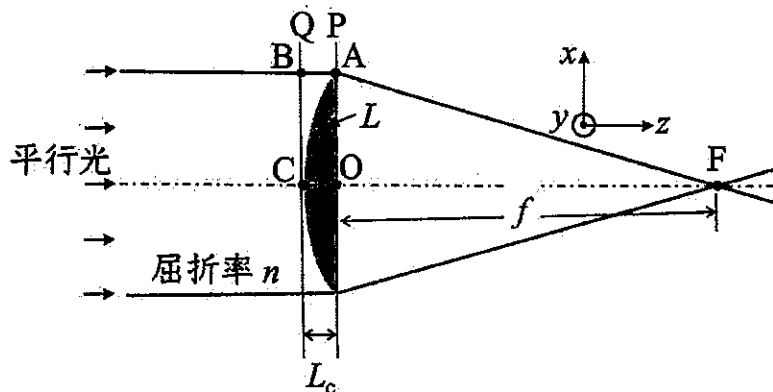


図1 レンズによる集光.

Fig. 1 Light focusing by a lens.

- (1) 光路差 $|BA| - |CO| = t(x, y)$ を $L(x, y)$ と $n$ で示せ. なお,  $|XY|$ は点 $X$ から点 $Y$ への光路長とする. レンズ中心の厚みを $L(0, 0) = L_c$ とする.

Express the optical path difference  $|BA| - |CO| = t(x, y)$  in terms of  $L(x, y)$  and  $n$ . Note that  $|XY|$  is the optical path from point  $X$  to point  $Y$ , and the thickness at the center of the lens is written as  $L(0, 0) = L_c$ .

- (2) 光が点 $F$ で集光するためには, 光路長 $|BAF|$ と光路差 $|COF|$ を等しくする必要がある. まず  $|BAF|$ と $|COF|$ をそれぞれ記述し,  $|BAF| = |COF|$ とすることで, (1)で求めた $t(x, y)$ を $f, x, y$ で記述せよ.

In order for light to be focused at point  $F$ , the optical paths  $|BAF|$  and  $|COF|$  must be equal in optical path length. First, write down  $|BAF|$  and  $|COF|$ , respectively, and then set  $|BAF| = |COF|$  to write  $t(x, y)$  calculated in (1) in terms of  $f, x$ , and  $y$ .

- (3)  $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x + \dots$ の関係を使って $t(x, y)$ を導出せよ, レンズは, 回転放物面で記述できること示せ.

Derive  $t(x, y)$  using the relationship  $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x + \dots$ , and show that the lens can be described as a paraboloid of revolution.

- (4) 図1に描かれた平凸レンズにおいて, 焦点距離100 mm, 直径40mmであるとき, レンズ中心の厚み $L_c$ を求めよ.

Find the thickness  $L_c$  at the center of the plano-convex lens shown in Fig. 1 for a focal length of 100 mm and a diameter of 40 mm.

## 2

図 2 に示すように、物体 AB が、焦点距離  $f$  の薄肉レンズによって、像 CD に結像される。物体 AB とレンズとの距離を  $a$ 、レンズと像 CD との距離を  $b$ 、物体の高さを  $h$ 、像の高さを  $g$  である。このとき、 $1/a + 1/b = 1/f$  の関係と倍率  $M = g/h$  が得られる。

As shown in Fig. 2, an object AB is imaged into an image CD by a thin lens with focal length  $f$ . The axial distance between the object AB and the lens is  $a$ , the axial distance between the lens and the image CD is  $b$ , the height of the object AB is  $h$ , and the height of the image is  $g$ . Recall the imaging equation gives the relationship  $1/a + 1/b = 1/f$  and the magnification  $M = g/h$ .

(1)  $f = 40$  mm,  $M = 1/4$  とする時、 $a$  と  $b$  を求めよ。

Find  $a$  and  $b$ , when  $f = 40$  mm and  $M = 1/4$ .

(2) (1) で求めた距離が 1% 短くなった場合 (すなわち、 $0.99a$  になった場合)、距離  $b'$  と倍率  $M'$  を求めよ。

If the distance obtained in (1) is 1% shorter (i.e.  $0.99a$ ), find the distance  $b'$  and the magnification  $M'$ .

(3) (2) の結果から、この単レンズの結像光学系を使って、厚みのある透明物体の表面、内部、裏面を観測するような 3 次元イメージングを行う場合の問題点を記述せよ。

Based on the result of (2), describe the problems that arise when using this single-lens imaging system to perform three-dimensional imaging, such as observing the surface, interior, and back surface of a thick, transparent object.

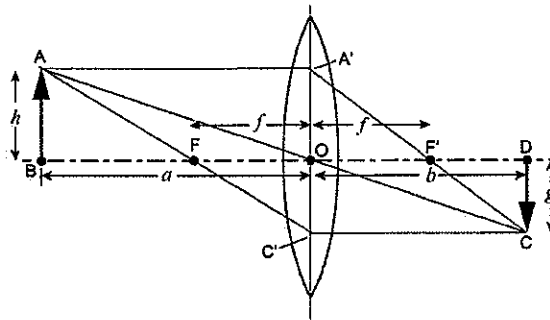


図 2 薄肉レンズによる結像。

Fig. 2 Imaging using a thin lens.

### 3

以下の問題に解答せよ。

Answer the following questions.

- (1) 分光器に使われている回折格子に白色光を入射すると虹色に分光される。分光の原理を説明せよ。図を使って説明しても良い。

When white light is incident on a diffraction grating used in a spectroscopy, the white light is spectrally separated into rainbow colors. Explain the principle of dispersion by a diffraction grating. You can also use a diagram.

- (2) プリズムに白色光を入射すると虹色に分光される。分光の原理を説明せよ。図を使って説明しても良い。

When white light is incident on a prism, the white light is spectrally separated into rainbow colors. Explain the principle of dispersion by a prism. You can also use a diagram to explain.

- (3) 回折格子による分光とプリズムによる分光の違いを説明せよ。

Explain the differences between the dispersion characteristics of spectroscopy using a diffraction grating and spectroscopy using a prism.

令和8年4月入学（第2期）  
地域創生科学研究科博士前期課程  
入学試験問題  
April 2026 Admission (Second Round)  
Entrance Examination Questions  
Graduate School of Regional Development and Creativity  
Master's Program

工農総合科学専攻光工学プログラム  
Division of Engineering and Agriculture  
Optical Engineering Program

「波動光学(Wave Optics)」

試験開始前に以下をよく読んでください。

Please read the following instructions carefully before the examination begins.

【注意事項 (Instructions)】

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子の中を見てはいけません。  
Don't open this booklet until the examination.
2. 光工学プログラムでは、必修の専門科目「幾何光学」と選択の専門科目1科目を課します。  
For the "Graduate Program in Optical Engineering", you must take the compulsory subject "Geometric Optics" and an elective subject for specialized subjects, which has been specified by your prospective advisor.
3. ①から③までのすべてに回答してください。  
Answer all of the questions.
4. 答えは指定の解答用紙を用い、両面ともに受験番号を記入してください。  
Each answer should be written on the corresponding answer sheets. Write your examinee number on all answer sheets.
5. 試験終了後は、解答用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。  
Answer sheets are collected after the exam. Please take this booklet home after the exam.

令和8年4月入学(第2期)  
April 2026 Admission (Second Round)

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題  
Entrance Examination Questions for the Graduate School of Regional Development and Creativity

科目名 波動光学 (Wave Optics)	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 (Division of Engineering and Agriculture) 光工学プログラム (Optical Engineering Program)
---------------------------	---

1

次の文章をよみ、それぞれ正しいものには○、間違っているものには×を記せ。

Directions: Indicate whether each of the following statements is correct (○) or incorrect (×).

- (1) 光波は進行方向と垂直な方向に電界と磁界が振動する縦波である。

A light wave is a longitudinal wave in which the electric and magnetic fields oscillate perpendicular to the direction of propagation.

- (2) 2つの光波は重なり合っても互いに影響をおよぼすことはなく、合成した波は単純に2つの光波の和になる。これをホイヘンスの原理とよぶ。

When two light waves overlap, they do not influence each other, and the resulting wave is simply the sum of the two. This is called Huygens' principle.

- (3) 屈折率が大きい媒質から小さい媒質に光が進むとき、ある大きさ以上の入射角では屈折がおこらず、すべて反射される全反射が起こる。

When light travels from a medium with a higher refractive index to one with a lower refractive index, total internal reflection occurs if the incident angle exceeds a certain critical value.

- (4) 光強度は、電場振幅が大きくなるにつれて比例して大きくなる。

The light intensity increases linearly with the electric field amplitude.

- (5) 真空中では、電界と磁界は互いに直交しており $\pi/2$ の位相差をもって伝搬する。

In a vacuum, the electric and magnetic fields are perpendicular to each other and propagate with a phase difference of  $\pi/2$ .

(6) 回折限界スポットサイズは NA に比例し波長に反比例する。

The diffraction-limited spot size is proportional to the numerical aperture (NA) and inversely proportional to the wavelength.

(7) 屈折率  $n_1$  の物質から屈折率  $n_2$  の物質へ光が入射するとき、波長は変わらず振動数が増える。

When light enters a medium of refractive index  $n_2$  from another medium of refractive index  $n_1$ , the wavelength remains unchanged while the frequency changes.

## 2

次の設問に答えよ。ただし導出過程を記すこと。

Answer the following question. Show the derivation process clearly.

(1) 2枚の理想的な直線偏光子を重ね、自然光を当てることを考える。一方の偏光子を回転させて透過光が最少になる状態を作り、次に $\theta$ だけ回転すると、透過光の光強度は、図1のように  $1 - \cos 2\theta$  に比例して変化することを示せ。ここで、理想的な直線偏光子とは、透過軸に平行な方向の電界に対する透過率が1、垂直な方向の電界に対する透過率が0である偏光子であるとする。

Two ideal linear polarizers are placed one after another, and unpolarized light is incident on them. By rotating one of the polarizers, first adjust it so that the transmitted light intensity becomes minimum. From that position, rotate one polarizer by an additional angle  $\theta$ . Show that the transmitted light intensity changes with  $\theta$  in proportion to  $1 - \cos 2\theta$ , as shown in Fig. 1. Here, an ideal linear polarizer is defined as one whose transmittance for the electric-field component parallel to the transmission axis is 1, and whose transmittance for the component perpendicular to the transmission axis is 0.

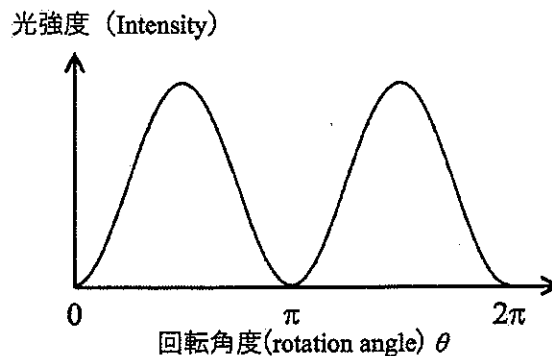


図1 (Fig. 1)

(2) 図2(a)に示すようなマイケルソン干渉計において、ミラー2を固定し、ミラー1をゆっくりと右側に移動しながら検出器で受光した光強度を測定していったと

ころ、図 2 (b)に示すような正弦波状の強度変化が観測され、 $10\mu\text{m}$  の移動の間にちょうど 40 回の光強度のピークが含まれていた。この実験結果から、用いたレーザーのおおよその波長を推定しなさい。ただし簡単のためビームスプリッターにおける反射時の位相飛びは無視し、周囲媒質の屈折率は 1 であるとする。

In the Michelson interferometer shown in Fig. 2(a), mirror 2 is kept fixed while mirror 1 is slowly translated to the right and the detected intensity is recorded. As illustrated in Fig. 2(b), a sinusoidal variation of the detected intensity is observed; over a displacement of  $10\mu\text{m}$  of mirror 1, the trace contains about 40 intensity peaks. Estimate the wavelength of the laser used in this experiment. For simplicity, ignore phase jumps upon reflection at the beam splitter and assume the refractive index of the surrounding medium is 1.

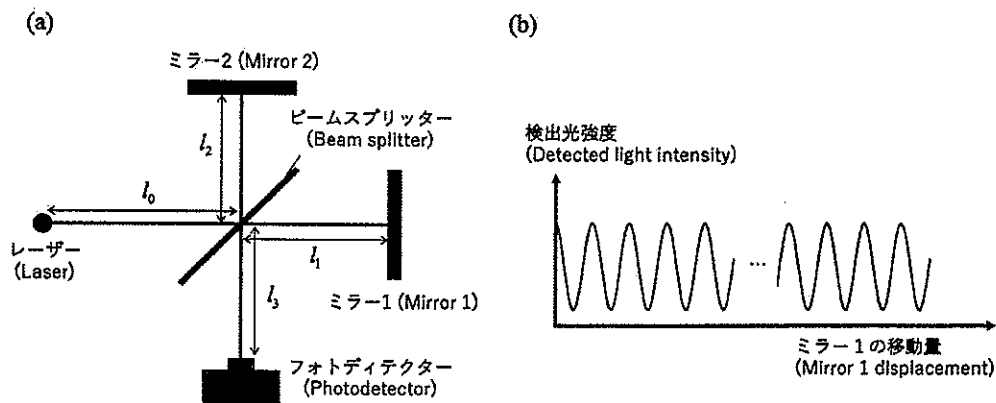


図 2 (Fig. 2)

### 3

図 3 のような、ロイドの鏡による干渉を考えよう。  $x$  軸上の区間  $b \leq x \leq c$  に平面鏡  $M$  を置き、座標  $(0, d)$  にある十分幅の狭いスリット  $S$  に波長  $\lambda$  の単色光をあてたところ、スリットから距離  $l$  だけ離れた位置に  $y$  軸に平行に設置されたスクリーンに干渉縞が観測された。点  $Q$  は、 $S$  から出た光が鏡  $M$  で反射して  $P$  に至るときの反射点であり、その  $x$  座標  $x_Q$  は、 $b \leq x_Q \leq c$  をみたすものとする。スクリーンまでの距離  $l$  は、 $a$  および  $d$  に比べ十分大きいものとし、 $a, b, c, d, l$  は正の実数とする。光は空気中を進み、屈折率は 1 としてよい。また、鏡での反射による位相変化は考えなくてよい。以下の問いに答えよ。

Consider interference produced by Lloyd's mirror as shown in Fig. 3. A plane mirror  $M$  is placed on the  $x$ -axis over the interval  $b \leq x \leq c$ . Monochromatic light of wavelength  $\lambda$  is incident on a narrow slit  $S$  located at the point  $(0, d)$ . Interference fringes are observed on a screen that is placed parallel to the  $y$ -axis at a distance  $l$  from the slit. Let  $Q$  be the point at which light emitted from  $S$  is reflected by the mirror  $M$  and reaches the observation point  $P$  on the screen. The  $x$ -coordinate of  $Q$  is denoted by  $x_Q$  and is assumed to satisfy  $b \leq x_Q \leq c$ . The distance  $l$  from the slit to the screen is assumed to be sufficiently

larger than  $a$  and  $d$ . All parameters  $a, b, c, d, l$  are positive real numbers. Light propagates in air, and the refractive index may be taken as unity. Furthermore, the phase change upon reflection at the mirror may be neglected. Answer the following questions.

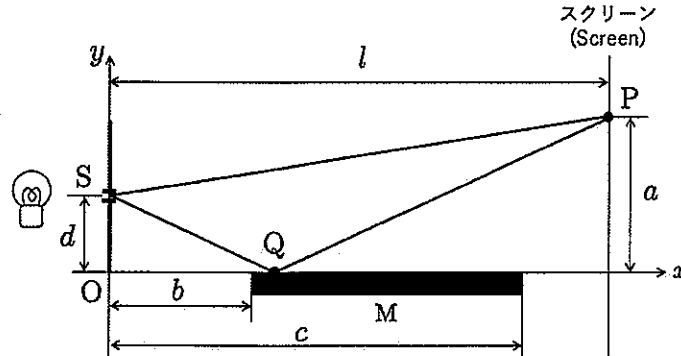


図3 (Fig.3)

- (1) 点  $S$  から  $P$  へ直接到達する経路  $SP$  の光路長  $r_1$  と、 $S$  から鏡上の点  $Q$  で反射して  $P$  に至る経路  $S \rightarrow Q \rightarrow P$  の光路長  $r_2$  を求め、光路差  $\Delta = r_2 - r_1$  を求めなさい。ただし、距離  $l$  は  $d, a$  と比べて十分大きいものとし、以下の近似式を必ず用いて計算すること。導出過程を記すこと。

Let  $r_1$  be the optical path length of the direct path from  $S$  to  $P$ , and let  $r_2$  be the optical path length of the path from  $S$  to  $P$  after reflection at the point  $Q$  on the mirror. Determine  $r_1$  and  $r_2$ , and hence obtain the optical path difference  $\Delta = r_2 - r_1$ . Assume that the distance  $l$  to the screen is sufficiently larger than  $d$  and  $a$ , and use the approximation formula given below in your calculation. Show all steps in your derivation.

$$(1+x)^a \approx 1+ax, \quad (|x| \ll 1)$$

- (2) スクリーン上で観測される干渉縞の明線の間隔  $\Delta a$  を求めなさい。導出過程を記すこと。

Determine the fringe spacing  $\Delta a$  of the bright interference fringes observed on the screen. Show all steps in your derivation.

- (3) 干渉縞が観測されるのは、反射点  $Q$  が鏡  $M$  上の範囲  $b \leq x_Q \leq c$  にある場合に限る。  $Q$  がこの範囲を動きうるという条件から、スクリーン上で干渉縞が現れる  $a$  の範囲を見積もり、その範囲に含まれる干渉縞のおおよその本数  $N$  を  $\lambda, b, c, d$  を用いて求めなさい。導出過程を記すこと。

Interference fringes are observed only when the reflection point  $Q$  lies within the interval  $b \leq x_Q \leq c$  on the mirror  $M$ . Using the condition that  $Q$  can vary over this interval, estimate the range of the coordinate  $a$  on the screen over which interference fringes appear, and determine the approximate number of fringes  $N$  contained in this range, expressed in terms of  $\lambda, b, c,$  and  $d$ . Show all steps in your derivation.