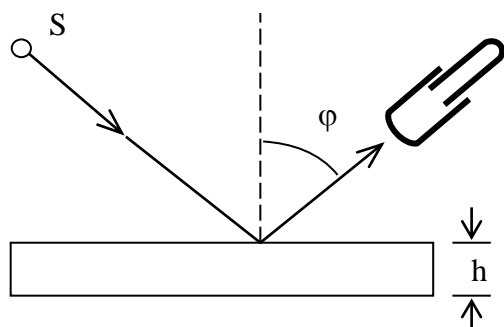


Варіант № 1 (ПІБ (вказати))

1. На дні посудини, наповненої водою до висоти 10 см, перебуває точкове джерело світла, над яким на поверхні води плаває непрозорий диск. Центр диска перебуває над джерелом світла. Визначити найменший радіус диска, при якому жоден промінь від джерела світла не виходить на поверхню води. Як зміниться цей радіус, якщо воду замінити скипидаром ( $n = 1,483$ )?
2. У вершині кругового конуса знаходиться точкове джерело світла, який посиляє всередину конуса світловий потік  $\Phi = 76$  лм. Сила світла  $I$  джерела дорівнює 120 кд. Визначити тілесний кут  $\Omega$  і кут розкриття  $2\theta$  конуса.
3. Паралельний пучок білого світла падає під кутом  $45^\circ$  на водяну плівку ( $n_2 = 1,33$ ), розливу на поверхні скла ( $n_3 = 1,61$ ). При якій мінімальній товщині плівки відбите світло забарвиться в червоний колір ( $\lambda = 700$  нм)? У який колір забарвиться при цьому світло, що проходить?
4. Чи зміниться роздільна здатність і дисперсійна область дифракційної ґратки, якщо, закріпивши нерухомо трубу, у яку спостерігаються дифракційні спектри, закрити через одну щілини ґратки?
5. Промінь монохроматичного природного світла падає під кутом  $45^\circ$  на поверхню скла. Визначити коефіцієнт відбиття та ступені поляризації відбитого та заломленого променів, коли показник заломлення скла дорівнює 1,5;
6. Як зміниться роздільна здатність дифракційної ґратки, якщо одну її половину прикрити поляроїдом, що орієнтований паралельно штрихам ґратки, а іншу – поляроїдом, орієнтованим перпендикулярно до штрихів? Чи буде залежати роздільна сила ґратки від поляризації світла, що падає?
7. При падінні природного світла на границю повітря – скло ( $n = 1,6$ ) під кутом  $58^\circ$  відбивається 8,3% падаючої енергії. Який ступінь поляризації відбитого та заломленого в склі світла?

Варіант №2 (ПІБ)

1. У лінзи, що перебуває в повітрі, фокусна відстань  $f_1 = 5$  см, а зануреної в розчин цукру  $f_2 = 35$  см. Визначити показник заломлення  $n$  розчину.
2. Над центром круглої ділянки висить лампа. Освітленість  $E_1$  в центрі ділянки дорівнює 40 лк,  $E_2$  на краю дорівнює 5 лк. Під яким кутом  $\epsilon$  падають промені на край ділянки?
3. За допомогою зорової труби, встановленої на нескінченність, спостерігають інтерференційні смуги в тонкій плоскопаралельній скляній пластинці завтовшки  $h=0,2$  мм з показником заломлення  $n = 1,41$ , при цьому кут спостереження  $\varphi$  може змінюватись від  $0$  до  $90^\circ$  (див. рис. 2.11). Знайти максимальний  $m_{\max}$  і мінімальний  $m_{\min}$  порядок інтерференційних смуг. Оцінити допустиму немонохроматичність  $\Delta\lambda$  джерела, за якої будуть достатньо чітко спостерігатись всі інтерференційні смуги. Який допустимий розмір джерела світла в цьому інтерференційному досліді? Використовується світло з довжиною хвилі  $\lambda = 560$  нм.

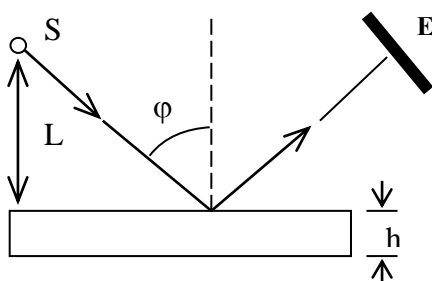


4. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим паралельним пучком світла (500 нм). Відстань між першими головними максимумами, спроектованими лінзою ( $f' = 1$  м) на екран, дорівнює 20,2 см. База ґратки 10 см. Визначити: а) період ґратки; б) число штрихів на 1 мм; в) кутову й лінійну ширину головного максимуму; г) кутову й лінійну дисперсії ґратки в спектрі першого порядку; д) роздільну здатність ґратки в спектрі першого порядку.
5. Як зміниться інтерференційна картина від дифракційної ґратки, якщо, закріпивши нерухомо трубу, у яку спостерігаються дифракційні спектри, закрити через одну щілини ґратки?
6. Під яким кутом до горизонту повинно знаходитися Сонце, щоб його промені, відбиті від поверхні озера, були найбільше поляризовані? Який при цьому ступінь поляризації заломленого променя?

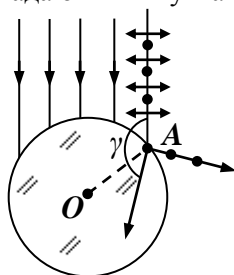
7. Чому дорівнює ступінь поляризації світла, що є сумішшю лінійно поляризованого та природного, якщо відношення  $I_n / I_{ест}$  дорівнює: а) 0,5; б) 1; в) 2; г) 5; д) 10.

Варіант №3(П І Б)

1. Плоско-опукла лінза має оптичну силу  $\Phi_1 = 4$  дптр. Опуклу поверхню лінзи посріблили. Знайти оптичну силу  $\Phi_2$  такого сферичного дзеркала.
2. Над центром круглого столу радіусом  $r = 80$  см на висоті  $h = 60$  см висить лампа силою світла  $I = 100$  кд. Визначити: 1) освітленість  $E_1$  в центрі столу; 2) освітленість  $E_2$  на краю столу; 3) світловий потік  $\Phi$ , що падає на стіл; 4) середню освітленість  $\langle E \rangle$  столу.
3. Джерело світла  $S$  розташоване на відстані  $L = 1$  м від тонкої слюдяної пластинки завтовшки  $h = 0,1$  мм з показником заломлення  $n = 1,4$  (див. рис. 2.10). На такій же відстані від пластинки розташовано невеликий екран  $E$ , орієнтований перпендикулярно відбитим променям, на якому спостерігаються інтерференційні смуги. Кут  $\varphi = 60^\circ$ . Знайти порядок  $m$  інтерференційної смуги в центрі екрана і ширину  $\Delta l$  інтерференційних смуг. Оцінити допустимий розмір  $b$  і допустиму монохроматичність  $\Delta\lambda$  джерела, при якій ще буде помітним контраст інтерференційної картини. Використовується світло з довжиною хвилі  $\lambda = 560$  нм.



4. Паралельний жмуток рентгенівського випромінювання падає на грань кристалу. Під кутом  $\theta = 65^\circ$  до площини грані спостерігається максимум першого порядку. Відстань  $d$  між атомними площинами кристалу 280 пм. Визначити довжину хвилі  $\lambda$  рентгенівського випромінювання.
5. Чому дорівнює період ґратки шириною 3 см, якщо вона може розділити в спектрі першого порядку спектральні лінії калію 404,4 і 404,7 нм?
6. Промінь монохроматичного природного світла падає під кутом  $45^\circ$  на поверхню скла. Визначити коефіцієнт відбиття та ступені поляризації відбитого та заломленого променів, коли показник заломлення скла дорівнює: 1,62.
7. Жмуток природного світла падає на скляний шар ( $n = 1,54$ ). Знайти кут  $\gamma$  між заломленим та падаючим жмутками у точці  $A$  (рис.).



Варіант №4 (П І Б)

1. Лупа, яка є двоопуклою лінзою, виготовлена зі скла з показником заломлення  $n = 1,6$ . Радіуси кривизни  $R$  поверхонь лінзи однакові і дорівнюють 12 см. Визначити збільшення  $\Gamma$  лупи.
2. Отвір у корпусі ліхтаря закрито плоским матовим склом розміром  $10 \times 15$  см. Сила світла  $I$  ліхтаря в напрямку, що становить кут  $\varphi = 60^\circ$  з нормаллю, дорівнює 15 кд. Визначити яскравість  $L$  скла.

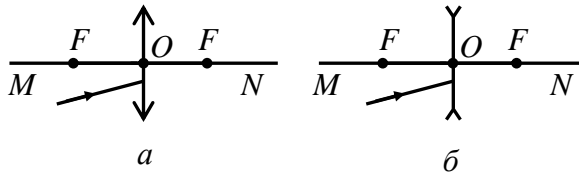
- Кільця Ньютона спостерігаються в монохроматичному світлі. Радіуси сусідніх темних кілець рівні відповідно 4,0 і 4,38 мм. Радіус кривизни лінзи дорівнює 6,4 м. Знайти довжину хвилі світла й порядкові номери кілець, якщо в центрі їх спостерігається темна пляма.
- Плоска монохроматична хвиля (0,569 мкм) нормально падає на екран із щілиною шириною 2 мкм. а) Скільки спостерігається додаткових максимумів у дифракційній картині? б) Яка кутова ширині зображення джерела світла? в) Яка лінійна ширина цього зображення, створюваного лінзою з фокусною відстанню 1 м на екрані?
- При аерофотографуванні місцевості використовується об'єктив з фокусною відстанню  $f = 10$  см і діаметром  $D = 5$  см. Зйомка ведеться на фотоплівку, що має роздільну здатність  $R = 100$  мм<sup>-1</sup>. Визначити, які деталі місцевості можуть бути розрізненні на фотографіях, якщо зйомка велася з висоти  $h = 10$  км.
- Промінь природного монохроматичного світла падає на поверхню скла під кутом Брюстера. Визначити кут падіння, коефіцієнт відбиття та степінь поляризації заломленого променя, коли показник заломлення скла дорівнює: а) 1,5.
- Чому дорівнює степінь поляризації світла, що є сумішшю лінійно поляризованого та природного, якщо відношення  $I_n / I_{есм}$  дорівнює: б) 1.

#### Варіант №5 (ПІБ)

- Заломлюючий кут  $\theta$  скляної призми дорівнює  $30^\circ$ . Промінь світла падає на грань призми перпендикулярно її поверхності і виходить в повітря з іншої грані, відхиляючись на кут  $\sigma = 20^\circ$  від первинного напрямку. Визначити показник заломлення  $n$  скла.
- Обчислити і порівняти між собою сили світла розжареної металевої кульки яскравістю  $L_1 = 3 \cdot 10^6$  кд/м<sup>2</sup> та кульового світильника яскравістю  $L_2 = 5 \cdot 10^3$  кд/м<sup>2</sup>, якщо їхні діаметри  $d_1$  і  $d_2$  відповідно рівні 2 мм і 20 см.
- Вертикальна мильна плівка ( $n_2 = 1,33$ ), що утворює клин внаслідок стікання рідини, освітлюється нормально падаючим білим світлом. При спостереженні інтерференційної картини у відбитому світлі через зелений світлофільтр (5461 Å) виміряна відстань між п'ятьома смугами складала 2,0 см. а) Визначити кут клина в кутових секундах. б) Як зміниться ширина інтерференційної смуги, якщо спостереження вести через червоний світлофільтр (7200 Å)? Пучок паралельних промінів ( $\lambda = 0,6$  мкм) падає під кутом  $30^\circ$  на мильну плівку ( $n = 1,33$ ). При якій найменшій товщині плівки: а) відбиті промені будуть максимально ослаблені, максимально підсилені інтерференцією? б) те ж саме, для променів, що проходять.
- На діафрагму із круглим отвором діаметром 5 мм нормально падає плоска монохроматична хвиля (50 нм). За діафрагмою на відстані 5 м від неї знаходиться екран спостереження. а) Скільки зон Френеля вкладаються в отворі діафрагми? б) Яким буде центр дифракційної картини на екрані: темним або світлим? в) Інтенсивність світла в центрі картини в порівнянні з інтенсивністю при відсутності екрана. г) При якому радіусі отвору діафрагми в центрі картини буде найбільш темна пляма? д) Яким буде центр тіні на екрані, якщо діафрагму з отвором замінити непрозорим диском того ж діаметра? е) На які відстані потрібно відсунути екран спостереження від диска, щоб інтенсивність світла в плямі Пуассона була не менше, ніж у попередньому пункті.
- Як зміниться інтерференційна картина від дифракційної ґратки, якщо закрити через одну щілини ґратки?
- Промінь природного монохроматичного світла падає на поверхню скла під кутом Брюстера. Визначити кут падіння, коефіцієнт відбиття та степінь поляризації заломленого променя, коли показник заломлення скла дорівнює: 1,62.
- Чому дорівнює степінь поляризації світла, що є сумішшю лінійно поляризованого та природного, якщо відношення  $I_n / I_{есм}$  дорівнює: 2;

Варіант №6 (П І Б)

1. На тонку лінзу падає промінь світла. Знайти побудовою хід променя після заломлення його лінзою: а) збиральною (рис.1.24а); б) розсіювальною (рис. 1.24б).



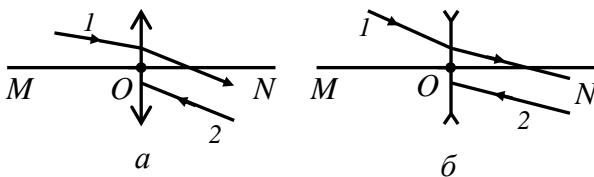
2. Відстань  $\Delta$  між фокусами об'єктива й окуляра всередині мікроскопа дорівнює 10 см. Фокусна відстань  $f_1$  об'єктива дорівнює 2 мм. З якою фокусною відстанню  $f_2$  варто взяти окуляр щоб одержати збільшення  $\Gamma = 250$ ?
3. Длина  $l$  раскаленной добела металлической нити равна 30 см, диаметр  $d = 0,2$  мм. Сила света  $I$  нити в перпендикулярном ей направлении равна 24 кд. Определить яркость  $L$  нити.
4. Знайти відстань між третім і шістнадцятим кільцями Ньютона, якщо відстань між другими й двадцятим темними кільцями дорівнює 4,8 мм. Центр кілець – темний.
5. Дифракційна картина спостерігається на відстані 4 м від точкового джерела ( $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м). Посередині між джерелом і екраном встановлена діафрагма із круглим отвором. При якому радіусі отвору центр світлого кола на екрані буде: а) найбільш темним; б) найбільш світлим?
6. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим світлом від *He*-розрядної трубки. Відлік по лімбі гоніометра положень фіолетової лінії ( $0,389$  мкм) у спектрах першого порядку по обидві сторони від нульового максимуму дали значення  $27^\circ 33'$  і  $36^\circ 27'$ . Відлік по лімбі для червоної лінії в спектрах першого порядку дали відповідно  $23^\circ 54'$  і  $40^\circ 06'$ . Визначити період ґратки й довжину хвилі червоної лінії в спектрі гелію.

Вказівка. Спочатку визначити кут по лімбі для нульового максимуму, а від нього вже відраховувати кути дифракції.

7. Промінь природного монохроматичного світла падає на поверхню скла під кутом Брюстера. Визначити кут падіння, коефіцієнт відбиття та степінь поляризації заломленого променя, коли показник заломлення скла дорівнює: 1,73.

Варіант №7 (П І Б)

1. На рис. 1.25 а, б позначені положення головної оптичної осі  $MN$  лінзи й хід променя 1. Побудувати хід променя 2 після заломлення його лінзою. Вважати, що середовища по обидва боки від лінзи однакові.



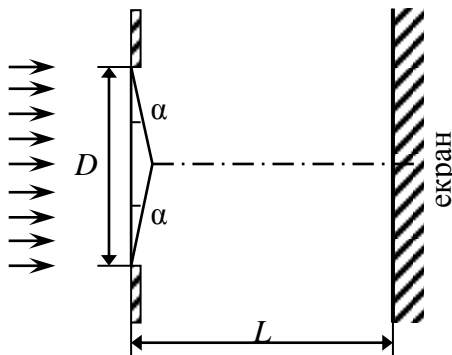
- 2.
3. Відстань  $\Delta$  між фокусами об'єктива й окуляра всередині мікроскопа дорівнює 16 см. Фокусна відстань  $f_1$  об'єктива дорівнює 1 мм. З якою фокусною відстанню  $f_2$  варто взяти окуляр щоб одержати збільшення  $\Gamma = 500$ ?
4. На якій висоті  $h$  потрібно повісити лампочку силою світла  $I = 10$  кд над аркушем матового білого паперу, щоб яскравість  $L$  паперу дорівнювала  $1$  кд / м<sup>2</sup>, якщо коефіцієнт відбиття  $\rho$  паперу дорівнює 0,8?
5. В установці для спостереження кілець Ньютона лінза може пересуватись в напрямку, перпендикулярному до пластинки. Описати, що відбуватиметься з кільцями Ньютона при віддаленні й наближенні лінзи до пластинки.
6. Плоска монохроматична хвиля ( $0,5$  мкм) з інтенсивністю  $J_0$  нормально падає на діафрагму із круглим отвором діаметра 2 мм. а) Знайти відстань  $b_1, b_2, b_3, \dots$  від діафрагми до точок  $P_1, P_2, P_3, \dots$  на осі отвору, для яких в отворі укладається 1, 2, 3, ..., зон Френеля, б) Побудувати приблизно графік залежності  $J_p(b)$ .
7. Паралельний жмуток рентгенівського випромінювання падає на грань кристалу. Під кутом  $\theta = 65^\circ$  до площини грані спостерігається максимум першого порядку. Відстань  $d$  між

атомними площинами кристалу 280 пм. Визначити довжину хвилі  $\lambda$  рентгенівського випромінювання.

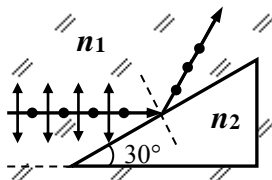
- Жмуток природного світла, що йде у воді, відбивається від грані алмазу, що занурений у воду. При якому куті падіння  $\epsilon$  відбите світло повністю поляризоване?

#### Варіант №8 (П І Б)

- На столі лежить аркуш паперу. Промінь світла, що падає на папір під кутом  $\epsilon = 30^\circ$ , дає на ній світлу пляму. Наскільки зміститься ця пляма, якщо на папір покласти плоскопаралельну скляну пластину товщиною  $d = 5$  см?
- Лупу склали з двох збиральних лінз з оптичними силами  $\Phi_1 = 18$  дптр і  $\Phi_2 = 6$  дптр, які розмістили впритул. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
- Паралельний пучок світла від далеко розташованого джерела з довжиною хвилі  $\lambda = 500$  нм падає на біпризму із заломлюючим кутом  $\alpha = 10^{-2}$  рад і шириною  $D = 2$  см, виконану зі скла з показником заломлення  $n = 1,5$  (рис. 2.13). 1) На якій відстані  $L$  від біпризми потрібно розташувати екран, щоб на ньому можна було спостерігати максимально можливе число інтерференційних смуг? 2) Оцінити припустиму немонохроматичність  $\Delta\lambda$  світла, необхідну для спостереження всіх смуг. 3) Оцінити припустимий кутовий розмір  $\psi$  джерела в цьому інтерференційному досліді.



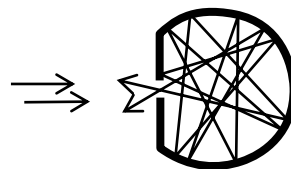
- Кільця Ньютона спостерігаються в монохроматичному світлі. Радіуси сусідніх темних кілець рівні відповідно 8,0 і 8,76 мм. Радіус кривизни лінзи дорівнює 25,6 м. Знайти довжину хвилі світла й порядкові номери кілець, якщо в центрі їх спостерігається темна пляма.
- Плоска монохроматична хвиля ( $0,6$  мкм) з інтенсивністю  $J_0$  нормально падає на діафрагму із круглим отвором діаметра  $1,5$  мм. а) Знайти відстань  $b_1, b_2, b_3, \dots$  від діафрагми до точок  $P_1, P_2, P_3, \dots$  на осі отвору, для яких в отворі укладається 1, 2, 3, ..., зон Френеля, б) Побудувати приблизно графік залежності  $J_p(b)$ .
- На грань кристалу кам'яної солі падає паралельний жмуток рентгенівського випромінювання ( $\lambda = 147$  пм). Визначити відстань  $d$  між атомними площинами кристалу, якщо дифракційний максимум другого порядку спостерігається, коли випромінювання падає під кутом  $\theta = 31^\circ 30'$  до поверхні кристалу.
- Алмазна призма знаходиться у деякому середовищі з показником заломлення  $n_1$ . Жмуток природного світла падає на призму так, як показано на рис. 4.17. Визначити показник заломлення  $n_1$  середовища, якщо відбитий жмуток максимально поляризований.



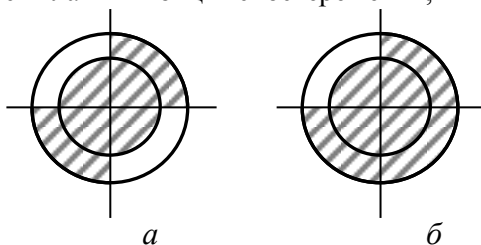
#### Варіант №9 (П І Б)

- Увігнуте дзеркало дає на екрані зображення Сонця у вигляді кружка діаметром  $d = 28$  мм. Діаметр Сонця на небі в кутовій мірі  $\beta = 32'$ . Визначити радіус  $R$  кривизни дзеркала.
- Промінь світла падає на грань скляної призми перпендикулярно її поверхні і виходить з протилежної грані, відхилившись на кут  $\sigma = 25^\circ$  від первинного напрямку. Визначити заломлюючий кут  $\theta$  призми.

3. Тепловий фотоприймач (див рисунок) - це камера з площею внутрішньої поверхні  $S = 2 \text{ см}^2$ , яка має невеликий отвір площею  $S_1 = 1 \text{ мм}^2$ . Внутрішня поверхня поглинає незначну кількість світла (коефіцієнт поглинання  $k_{\text{п}} = 0,01$ ), а іншу частину розсіює. В цих умовах всередині фотоприймача утворюється рівномірно розподілене за всіма напрямками випромінювання. Яка частина світлового потоку  $\Phi/\Phi_0$  (де  $\Phi_0$  – потік, який падає на вхідний отвір камери) виходить через отвір назад?



4. На скляний клин з кутом при вершині  $20''$  нормально падає монохроматичне світло ( $0,582 \text{ мкм}$ ). У спостережуваній інтерференційній картині в  $1 \text{ см}$  укладається п'ять смуг. Визначити показник заломлення скла. Інтерференційні смуги рівного нахилу у фокальній площині лінзи одержують при відбитті від плоскопаралельної пластинки, яка освітлюється монохроматичним джерелом світла  $S$ , розміщеним посередині між лінзою і пластинкою на відстані  $f$  від лінзи. Пряме світло джерела на лінзу не потрапляє. Довжина світлової хвилі  $\lambda = 6000 \text{ Å}$ , товщина пластинки  $d = 1,6 \text{ мм}$ ; показник заломлення  $n = 1,5$ ; фокусна відстань лінзи  $f = 40 \text{ см}$ , діаметр лінзи  $D = 8 \text{ см}$ . Скільки темних кілець можна спостерігати на екрані?
5. Між точковим монохроматичним джерелом світла й точкою спостереження перпендикулярно з'єднуючої їх лінії поміщений екран, що складається із секторів двох кіл. Радіус одного з них дорівнює радіусу 2-ї зони Френеля, іншого – радіусу 3-ї зони Френеля. Визначити інтенсивність світла в точці спостереження, якщо під час відсутності екрана вона дорівнює  $J_0$ .



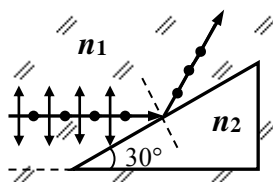
6. Паралельний жмуток рентгенівського випромінювання падає на грань кристалу. Під кутом  $\theta = 65^\circ$  до площини грані спостерігається максимум першого порядку. Відстань  $d$  між атомними площинами кристалу.
7. У скільки разів послаблюється інтенсивність світла, що проходить крізь два ніколі, площини пропускання яких утворюють кут  $\alpha = 30^\circ$ , якщо у кожному з ніколей окремо втрачається 10% інтенсивності світла, що на нього падає?

#### Варіант №10 (П І Б)

- Фокусна відстань  $f$  увігнутого дзеркала дорівнює  $15 \text{ см}$ . Дзеркало дає дійсне зображення предмета, зменшене в три рази. Визначити відстань  $a$  від предмета до дзеркала.
- Лампочка, яка споживає потужність  $P = 75 \text{ Вт}$ , створює на відстані  $r = 3 \text{ м}$  при нормальному падінні променів освітленість  $E = 8 \text{ лк}$ . Визначити питому потужність  $p$  лампочки (у ватах на канделу) і світлову віддачу  $\eta$  лампочки (у люменах на ват).
- Кільця Ньютона утворюються між лінзою з радіусом кривизни  $8,6 \text{ м}$  і пластинкою при освітленні нормально падаючим пучком монохроматичного світла. Вимірами встановлено, що діаметр четвертого темного кільця дорівнює  $9 \text{ мм}$ . Визначити довжину хвилі світла, якщо центр кільця: а) темний; б) світлий.
- На діафрагму із круглим отвором діаметром  $6 \text{ мм}$  нормально падає плоска монохроматична хвиля ( $600 \text{ нм}$ ). За діафрагмою на відстані  $3 \text{ м}$  від неї знаходиться екран спостереження. а) Скільки зон Френеля вкладаються в отворі діафрагми? б) Яким буде центр дифракційної картини на екрані: темним або світлим? в) Інтенсивність світла в центрі картини в порівнянні з інтенсивністю при відсутності екрана. г) При якому радіусі отвору діафрагми в центрі картини буде найбільш темна пляма? д) Яким буде центр тіні на екрані, якщо діафрагму з отвором замінити непрозорим диском того ж діаметра? е) На які відстані потрібно відсунути екран спостереження від диска, щоб інтенсивність світла в плямі Пуассона була не менше, ніж у попередньому пункті.
- Яка довжина хвилі  $\lambda$  монохроматичного рентгенівського випромінювання, що падає на кристал кальциту, якщо дифракційний максимум першого порядку спостерігається, коли кут  $\theta$

між напрямками випромінювання, що падає, та гранню кристала дорівнює  $3^\circ$ ? Відстань  $d$  між атомними площинами кристала прийняти рівним  $0,3$  нм.

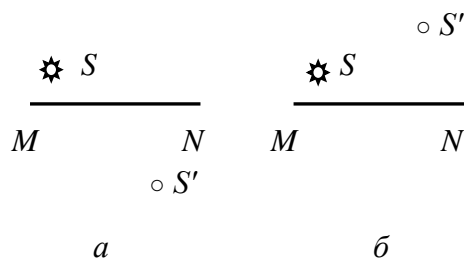
6. Алмазна призма знаходиться у деякому середовищі з показником заломлення  $n_1$ . Жмуток природного світла падає на призму так, як показано на рис. Визначити показник заломлення  $n_1$  середовища, якщо відбитий жмуток максимально поляризований.



7. Лінійно поляризоване світло інтенсивністю  $100 \text{ Вт/м}^2$  проходить послідовно крізь два поляризатора, площини пропускання яких утворюють з площиною поляризації світла кути  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  (за годинниковою стрілкою вздовж променя). Визначити інтенсивність світла, що проходить крізь систему, коли: б)  $\alpha_1 = 0^\circ$ ,  $\alpha_2 = 45^\circ$ ;

#### Варіант №11 (ПІБ)

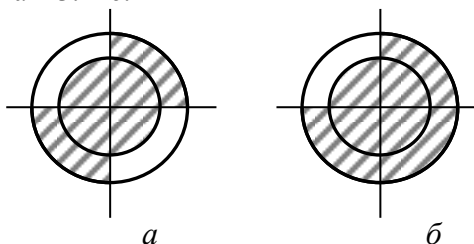
1. Лупу склали з двох збиральних лінз з оптичними силами  $\Phi_1 = 16$  дптр і  $\Phi_2 = 8$  дптр, які розмістили впритул. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
2. На рис. 1.26а, б позначені положення головної оптичної осі  $MN$  тонкої лінзи, джерела світла  $S$  і його зображення  $S'$ . Знайти побудовою положення оптичного центра  $O$  лінзи і її фокуси. Збиральною чи розсіювальною буде дана лінза? Буде зображення дійсним чи уявним? Вважати, що середовища по обидва боки від лінзи однакові.



3. На висоті  $h$  над горизонтальною площиною паралельно їй розташований невеликий диск, що світиться. Сила світла  $I_0$  диска в напрямку його осі дорівнює  $100$  кд. Приймаючи диск за точкове джерело з косинусним розподілом сили світла, знайти на якій висоті  $h$  над горизонтальною площиною потрібно помістити диск, що світиться, щоб освітленість у точці А, віддаленій на відстань  $r = 3$  м від точки, розташованої під центром диска, була максимальною?
4. Кільця Ньютона утворюються між лінзою з радіусом кривизни  $8,6$  м і пластинкою при освітленні нормально падаючим пучком монохроматичного світла. Вимірами встановлено, що діаметр четвертого темного кільця дорівнює  $9$  мм. Визначити довжину хвилі світла, якщо центр кільця: а) темний; б) світлий.
5. Радіус п'ятого кільця зонної пластинки для монохроматичної сферичної хвилі ( $500$  нм) дорівнює  $1,5$  мм. Визначити: а) фокусну відстань зонної пластинки; б) радіус першого кільця пластинки; в) що відбудеться, якщо простір за пластинкою заповнити водою?
6. Яка найменша відстань між двома точками на Місяці може розділити телескоп з діаметром об'єктива  $5$  м? Довжину хвилі прийняти рівної  $0,55$  мкм, а середня відстань від Землі до Місяця  $3,684 \cdot 10^8$  м. Визначити кутовий діаметр плями дифракції телескопа.
7. Лінійно поляризоване світло інтенсивністю  $100 \text{ Вт/м}^2$  проходить послідовно крізь два поляризатора, площини пропускання яких утворюють з площиною поляризації світла кути  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  (за годинниковою стрілкою вздовж променя). Визначити інтенсивність світла, що проходить крізь систему, коли: а)  $\alpha_1 = 20^\circ$ ,  $\alpha_2 = 50^\circ$ ;

Варіант №12 (П І Б)

1. Увігнуте сферичне дзеркало дає на екрані зображення предмета, збільшене в  $\Gamma = 4$  рази. Відстань  $a$  від предмета до дзеркала дорівнює 25 см. Визначити радіус  $R$  кривизни дзеркала.
2. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 4$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 16$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
3. Плоско-опуклу лінзу розрізали навпіл і склали плоскими боками дві половинки. Як зміниться яскравість зображення віддаленого предмета?
4. На екран з двома вузькими паралельними щілинами падає світло променів Сонця. При якій відстані  $D$  між щілинами можуть спостерігатися інтерференційні смуги за екраном? Кутовий діаметр Сонця  $\alpha \approx 0,01$  рад.
5. Між точковим монохроматичним джерелом світла й точкою спостереження перпендикулярно з'єднуючої їх лінії поміщений екран, що складається із секторів двох кіл. Радіус одного з них дорівнює радіусу 1-ї зони Френеля, іншого – радіусу 2-ї зони Френеля. Визначити інтенсивність світла в точці спостереження, якщо під час відсутності екрана вона дорівнює  $J_0$ . Розглянути екрани, зображені на рис. 3.12а й 3.12б.



6. Нормально до поверхні дифракційної ґратки падає жмуток світла. За ґраткою – збиральна лінза з оптичною силою  $D = 1$  дптр. У фокальній площині лінзи розташований екран. Визначити число  $n$  штрихів на 1 мм цієї ґратки, якщо при малих кутах дифракції лінійна дисперсія  $D_l = 1$  мм/нм.
7. Чи зміниться роздільна здатність і дисперсійна область дифракційної ґратки, якщо, закріпивши нерухомо трубу, у яку спостерігаються дифракційні спектри, закрити через одну щілину ґратки?

Варіант №13 (П І Б)

1. На плоскопаралельну скляну пластинку під кутом  $\varphi$  падає пучок світла шириною  $a$ , який має дві спектральні компоненти. Показники заломлення скла для цих компонентів різні і дорівнюють  $n_1$  і  $n_2$ . Знайти найменшу товщину пластинки  $h_{min}$ , для якої на виході світло буде розповсюджуватись у вигляді двох окремих пучків різного кольору.
2. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
3. Сонце, перебуваючи поблизу зеніту, створює на горизонтальній поверхні освітленість  $E = 10^5$  лк. Діаметр Сонця видний під кутом  $\alpha = 32'$ . Визначити видиму яскравість  $L$  Сонця.
4. Скляний клин ( $n = 1,52$ ) з кутом при вершині  $4'$  освітлюється нормально падаючим монохроматичним світлом. Визначити довжину хвилі світла, якщо спостережувані інтерференційні смуги мають ширину 0,6 мм.

Основна фокусна відстань зонної пластинки дорівнює  $f_0$ . Знайти її інші фокусні відстані.

Вказівка. Основна фокусна відстань зонної пластинки  $f_0 = r_1^2 / \lambda$ , якщо в радіусі  $r_1$  укладається одна зона.

5. Сучасні фотоплівки здатні розділяти до  $z = 10^4$  ліній/см. Яку світлосилу (тобто відношення квадратів діаметра  $D$  і фокусної відстані  $f$ ) повинен мати об'єктив фотоапарата, щоб повністю використовувати роздільну здатність плівки?
6. На бокову гань скляної призми ( $n = 1,5$ ) під кутом Брюстера падає жмуток монохроматичного світла, що лінійно поляризований у площині головного перерізу призми. Яким повинен бути заломлюючий кут призми, щоб світло пройшло крізь неї без втрат на відбиття?
7. Лінійно поляризоване світло інтенсивністю  $100$  Вт/м<sup>2</sup> проходить послідовно крізь два поляризатора, площини пропускання яких утворюють з площиною поляризації світла кути  $\alpha_1$



та  $\alpha_2$  (за годинниковою стрілкою вздовж променя). Визначити інтенсивність світла, що проходить крізь систему, коли: в)  $\alpha_1 = -15^\circ$ ;  $\alpha_2 = 30^\circ$ .

#### Варіант №14 (ПІБ)

1. При якому заломлюючому куті скляної призми ( $n = 1,5$ ) кут найменшого відхилення її променя дорівнює заломлюючому куту призми?
2. Визначити освітленість  $E$ , світність  $M$  і яскравість  $L$  кіноекрана, який рівномірно розсіює світло у всіх напрямках, якщо світловий потік  $\Phi$ , що падає на екран з об'єктива кіноапарата (без кінострічки), дорівнює  $1,75 \cdot 10^3$  лм. Розмір екрану  $5 \times 3,6$  м, коефіцієнт відбиття  $\rho = 0,75$ .
3. Знайти відстань між третім і шістнадцятим кільцями Ньютона, якщо відстань між другими й двадцятим темними кільцями дорівнює 4,8 мм. Центр кілець – темний.
4. На білій стіні спостерігається тінь від прямолінійного краю  $AB$  непрозорого екрана, освітлюваного паралельними монохроматичними променями, що падають на екран перпендикулярно ( $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ ). Площини стіни й екрана паралельні, відстань між ними  $b = 4$  м. На краю екрана виточене заглиблення, що має форму півкола радіусом  $r = 1$  мм (рис. 3.13). Як зміниться інтенсивність світла в точці стіни, що є геометричною тінню центра  $O$  відповідного кола в порівнянні з інтенсивністю в тій же точці, коли заглиблення не було?



5. Нормально до поверхні дифракційної ґратки падає жмуток світла. За ґраткою – збиральна лінза з оптичною силою  $D = 1$  дптр. У фокальній площині лінзи розташований екран. Визначити число  $n$  штрихів на 1 мм цієї ґратки, якщо при малих кутах дифракції лінійна дисперсія  $D_l = 1$  мм/нм.
6. Промінь природного світла проходить крізь рідину, що налита у скляний посуд ( $n = 1,5$ ), і відбивається від його дна під кутом Брюстера  $42^\circ 37'$ . Визначити: а) показник заломлення рідини; б) під яким кутом повинен падати на дно посуду промінь світла, що йде з рідини, щоб відбулося повне внутрішнє відбиття?
7. Пластинка кварцу товщиною 1 мм, вирізана перпендикулярна до його оптичної осі та розміщена між паралельними поляризатором та аналізатором, повертає при деякій довжині хвилі світла площину поляризації на кут  $20^\circ$ . При якій найменшій товщині кварцевої пластинки природне світло даної довжини хвилі буде: в) найбільш яскравим?

#### Варіант №15 (ПІБ)

1. Під яким кутом до нормалі катета прямокутної рівнобедреної скляної призми ( $n = 1,54$ ) повинен падати промінь світла, щоб після заломлення він ішов по гіпотенузі?
2. Освітленість  $E$  поверхні, покритої шаром сажі, дорівнює 150 лк, яскравість  $L$  однакова у всіх напрямках і дорівнює  $1 \text{ кд/м}^2$ . Визначити коефіцієнт відбиття  $\rho$  сажі.
3. Установка для спостереження кілець Ньютона у відбитому світлі освітлюється монохроматичним світлом. Після того як простір між лінзою й скляною пластинкою заповнили рідиною, радіуси темних кілець зменшилися в 1,25 рази. Визначити показник заломлення рідини.
4. Вдалині від точкового джерела  $S$  розміщений нескінченний ідеально відбиваючий екран. З екрана видалений диск діаметром  $d_1 = 2r_1 \sqrt{2/3}$ , де  $r_1$  – радіус 1-ї зони Френеля, і поставлений інший диск діаметром  $d_2 = d_1 / \sqrt{2}$ . Знайти інтенсивність  $J$  відбитої хвилі в точці  $S$ , якщо диск діаметром  $d_2$  розміщений в площині екрана.
5. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим світлом від  $He$ -розрядної трубки. Відлік по лімбі гоніометра положень фіолетової лінії ( $0,389 \text{ мкм}$ ) у спектрах першого порядку по обидві сторони від нульового максимуму дали значення  $27^\circ 33'$  і  $36^\circ 27'$ . Відлік по лімбі для червоної лінії в спектрах першого порядку дали відповідно  $23^\circ 54'$  і  $40^\circ 06'$ . Визначити період ґратки й довжину хвилі червоної лінії в спектрі гелію.

Вказівка. Спочатку визначити кут по лімбі для нульового максимуму, а від нього вже відраховувати кути дифракції.

6. Яким повинен бути заломлюючий кут призми ( $n = 1,73$ ), щоб кути входу та виходу променя з призми були кутами повної поляризації? Чому дорівнює при такому заломлюючому куті найменший кут відхилення променя призмой?
7. Пластина кварцу товщиною 1 мм, вирізана перпендикулярна до його оптичної осі та розміщена між паралельними поляризатором та аналізатором, повертає при деякій довжині хвилі світла площину поляризації на кут  $20^\circ$ . При якій найменшій товщині кварцевої пластинки природне світло даної довжини хвилі буде: б) ослаблене втричі;

#### Варіант №16 (ПІБ)

1. При якому найбільшому куті падіння променя на скляну призму ( $n = 1,5$ ) із заломлюючим кутом  $45^\circ$  на виході променя з нею ще не наступає повне внутрішнє відбиття?
2. Скляний клин ( $n = 1,55$ ) з кутом при вершині  $2'$  освітлюється нормально падаючим монохроматичним світлом. Визначити довжину хвилі світла, якщо спостережувані інтерференційні смуги мають ширину 0,3 мм.
3. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
4. Маючи на увазі, що для жорсткого рентгенівського випромінювання електрони речовини можна вважати вільними, визначити, на скільки різниться з одиницею показник заломлення графіта для променів з довжиною хвилі у вакуумі  $\lambda = 50$  нм
5. На щілину шириною  $2 \cdot 10^{-3}$  см нормально падає плоска хвиля ( $5000 \text{ \AA}$ ), а) Знайти число мінімумів, б) Визначити ширину дифракційного зображення джерела на екрані, віддаленому від щілини на 1 м. в). При якій ширині щілини ширина зображення на екрані буде дорівнює 15 см?
6. Діаметр  $D$  об'єктива телескопа дорівнює 8 см. Яке на-меньшее кутова відстань  $\beta$  між двома зірками, дифрак-ційні зображення яких в фокальній площині об'єктива виходять роздільними? При малій освітленості очей людини найбільш чутливий до світла з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм. Промінь монохроматичного природного світла падає під кутом  $45^\circ$  на поверхню скла. Визначити коефіцієнт відбиття та ступені поляризації відбитого та заломленого променів, коли показник заломлення скла дорівнює 1,73.
7. Пластина кварцу товщиною 1 мм, вирізана перпендикулярна до його оптичної осі та розміщена між паралельними поляризатором та аналізатором, повертає при деякій довжині хвилі світла площину поляризації на кут  $20^\circ$ . При якій найменшій товщині кварцевої пластинки природне світло даної довжини хвилі буде: а) повністю погашене; б) ослаблене у 3 рази; в) найбільш яскравим?

#### Варіант №17 (ПІБ)

1. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
2. На висоті  $h$  над горизонтальною площиною паралельно їй розташований невеликий диск, що світиться. Сила світла  $I_0$  диска в напрямку його осі дорівнює 100 кд. Приймаючи диск за точкове джерело з косинусним розподілом сили світла, знайти На якій висоті  $h$  над горизонтальною площиною потрібно помістити диск, що світиться, щоб освітленість у точці А, віддаленій на відстань  $r = 3$  м від точки, розташованої під центром диска, була максимальною?
3. Кільця Ньютона спостерігаються в монохроматичному світлі. Радіуси сусідніх темних кілець рівні відповідно 4,0 і 4,38 мм. Радіус кривизни лінзи дорівнює 6,4 м. Знайти довжину хвилі світла й порядкові номери кілець, якщо в центрі спостерігається темна пляма.
4. Плоска монохроматична хвиля (0,569 мкм) нормально падає на екран із щілиною шириною 2 мкм. а) Скільки спостерігається додаткових максимумів у дифракційній картині? б) Яка кутова ширині зображення джерела світла? в) Яка лінійна ширина цього зображення, створюваного лінзою з фокусною відстанню 1 м на екрані?
5. Нормально до поверхні дифракційної ґратки падає жмуток світла. За ґраткою – збиральна лінза з оптичною силою  $D = 1$  дптр. У фокальній площині лінзи розташований екран. Визначити число  $n$  штрихів на 1 мм цієї ґратки, якщо при малих кутах дифракції лінійна дисперсія  $D_l = 1$  мм/нм.
6. При аерофотографуванні місцевості використовується об'єктив з фокусною відстанню  $f = 10$  см і діаметром  $D = 5$  см. Зйомка ведеться на фотоплівку, що має роздільну здатність  $R = 100 \text{ мм}^{-1}$ .

Визначити, які деталі місцевості можуть бути розрізнені на фотографіях, якщо зйомка велася з висоти  $h = 10$  км.

7. Промінь природного монохроматичного світла падає на поверхню скла під кутом Брюстера. Визначити кут падіння, коефіцієнт відбиття та степінь поляризації заломленого променя, коли показник заломлення скла дорівнює: а) 1,5.

#### Варіант №18 (ПІБ)

1. Людина без окулярів читає книгу, розташовуючи її перед собою на відстані  $a = 12,5$  см. Якої оптичної сили  $\Phi$  окуляри вона потребує?
2. Яку силу струму  $I$  покаже гальванометр, приєднаний до селенового фотоелемента, якщо на відстані  $r = 75$  см від нього помістити лампочку, повний світловий потік якої дорівнює  $1,2 \cdot 10^3$  лм? Площа робочої поверхні фотоелемента рівна  $10 \text{ см}^2$ , чутливість  $S_f = 3 \cdot 10^{-4}$  А/лм.
3. Знайти концентрацію вільних електронів іоносфери, якщо для радіохвиль з частотою  $100 \text{ МГц}$  її показник заломлення  $n = 0,90$ .
4. Вертикальна мильна плівка ( $n_2 = 1,33$ ), що утворює клин внаслідок стікання рідини, освітлюється нормально падаючим білим світлом. При спостереженні інтерференційної картини у відбитому світлі через зелений світлофільтр ( $5461 \text{ Å}$ ) виміряна відстань між п'ятьома смугами складала  $2,0$  см. а) Визначити кут клина в кутових секундах. б) Як зміниться ширина інтерференційної смуги, якщо спостереження вести через червоний світлофільтр ( $7200 \text{ Å}$ )?
5. На діафрагму із круглим отвором діаметром  $6 \text{ мм}$  нормально падає плоска монохроматична хвиля ( $600 \text{ нм}$ ). За діафрагмою на відстані  $3 \text{ м}$  від неї знаходиться екран спостереження. а) Скільки зон Френеля вкладається в отворі діафрагми? б) Яким буде центр дифракційної картини на екрані: темним або світлим? в) Знайти інтенсивність світла в центрі картини в порівнянні з інтенсивністю при відсутності екрану. г) При якому радіусі отвору діафрагми в центрі картини буде найбільш темна пляма?
6. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим білим світлом ( $400 \dots 760$ ) нм. Чи будуть взаємно перекриватися спектри: а) першого й другого порядків? б) другого й третього порядків?
7. На шпилі висотної будівлі закріплені, одна під одною дві червоні лампи ( $\lambda = 640 \text{ нм}$ ). Відстань  $d$  між лампами  $20 \text{ см}$ . Будівлю розглядають вночі в телескоп з відстані  $r = 15 \text{ км}$ . Визначити найменший діаметр  $D_{\min}$  об'єктива, за якого в його фокальній площині вийдуть роздільні дифракційні зображення.

#### Варіант №19 (ПІБ)

1. Увігнуте дзеркало дає на екрані зображення Сонця у вигляді кружка діаметром  $d = 28 \text{ мм}$ . Діаметр Сонця на небі в кутовій мірі  $\beta = 32'$ . Визначити радіус  $R$  кривизни дзеркала.
2. На плоскопаралельну скляну пластинку під кутом  $\phi$  падає пучок світла шириною  $a$ , який має дві спектральні компоненти. Показники заломлення скла для цих компонентів різні і дорівнюють  $n_1$  і  $n_2$ . Знайти найменшу товщину пластинки  $h_{\min}$ , для якої на виході світло буде розповсюджуватись у вигляді двох окремих пучків різного кольору.
3. Кільця Ньютона утворюються між лінзою з радіусом кривизни  $8,6 \text{ м}$  і пластинкою при освітленні нормально падаючим пучком монохроматичного світла. Вимірами встановлено, що діаметр восьмого темного кільця дорівнює  $12,7 \text{ мм}$ . Визначити довжину хвилі світла, якщо центр кільця: а) темний; б) світлий.
4. На діафрагму із круглим отвором діаметром  $5 \text{ мм}$  нормально падає плоска монохроматична хвиля ( $500 \text{ нм}$ ). За діафрагмою на відстані  $4 \text{ м}$  від неї знаходиться екран спостереження. а) Скільки зон Френеля вкладається в отворі діафрагми? б) Яким буде центр тіні на екрані, якщо діафрагму з отвором замінити непрозорим диском того ж діаметра? в) На які відстані потрібно відсунути екран спостереження від диска, щоб інтенсивність світла в плямі Пуассона була не менше, ніж у попередньому пункті.
5. Нормально до поверхні дифракційної ґратки падає жмуток світла. За ґраткою – збиральна лінза з оптичною силою  $D = 1 \text{ дптр}$ . У фокальній площині лінзи розташований екран. Визначити число  $n$  штрихів на  $1 \text{ мм}$  цієї ґратки, якщо при малих кутах дифракції лінійна дисперсія  $D_l = 1 \text{ мм/нм}$ .

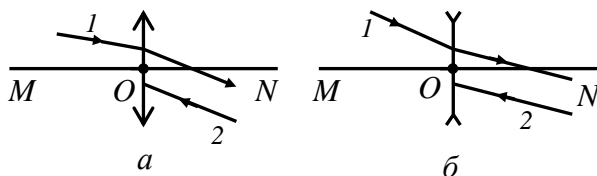
- Промінь монохроматичного природного світла падає під кутом  $45^\circ$  на поверхню скла. Визначити коефіцієнт відбиття та ступені поляризації відбитого та заломленого променів, коли показник заломлення скла дорівнює 1,73.
- На бокову гань скляної призми ( $n = 1,5$ ) під кутом Брюстера падає жмуток монохроматичного світла, що лінійно поляризований у площині головного перерізу призми. Яким повинен бути заломлюючий кут призми, щоб світло пройшло крізь неї без втрат на відбиття?

#### Варіант №20 (П І Б)

- Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
- При друкуванні фотознімка негатив освітлювався протягом  $t_1 = 3$  лампочкою силою світла  $I_1 = 15$  кд з відстані  $r_1 = 50$  см. Визначити час  $t_2$ , протягом якого потрібно освітлювати негатив лампочкою з силою світла  $I_2 = 60$  кд з відстані  $r_2 = 2$  м, щоб одержати відбиток з таким ж ступенем почорніння, як і в першому випадку?
- Паралельний пучок білого світла падає під кутом  $45^\circ$  на водяну плівку ( $n_2 = 1,33$ ), розлику на поверхні скла ( $n_3 = 1,61$ ). При якій мінімальній товщині плівки відбите світло забарвиться в червоний колір ( $\lambda = 700$  нм)?
- Паралельний монохроматичний пучок світла ( $0,6$  мкм) падає нормально на діафрагму із круглим отвором діаметра  $1,2$  м. На відстані  $15$  см за діафрагмою на осі отвору спостерігається темна пляма. На яку мінімальну відстань  $\Delta b$  необхідно зміститися від цієї точки уздовж осі отвору, віддаляючись від нього, щоб у центрі дифракційної картини знову спостерігалася темна пляма?
- Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим паралельним пучком світла ( $500$  нм). Відстань між першими головними максимумами, спроектованими лінзою ( $f' = 1$  м) на екран, дорівнює  $20,2$  см. База ґратки  $10$  см. Визначити: а) період ґратки; б) кутову й лінійну дисперсії ґратки в спектрі першого порядку; в) роздільну здатність ґратки в спектрі першого порядку.
- Під яким кутом до горизонту повинно знаходитися Сонце, щоб його промені, відбиті від поверхні озера, були найбільше поляризовані? Який при цьому ступінь поляризації заломленого променя?
- Промінь монохроматичного природного світла падає під кутом  $45^\circ$  на поверхню скла. Визначити коефіцієнт відбиття та ступені поляризації відбитого та заломленого променів, коли показник заломлення скла дорівнює 1,73.

#### Варіант №21 (П І Б)

- На рис. 1.25 а, б позначені положення головної оптичної осі  $MN$  лінзи й хід променя  $I$ . Побудувати хід променя 2 після заломлення його лінзою. Вважати, що середовища по обидва боки від лінзи однакові.

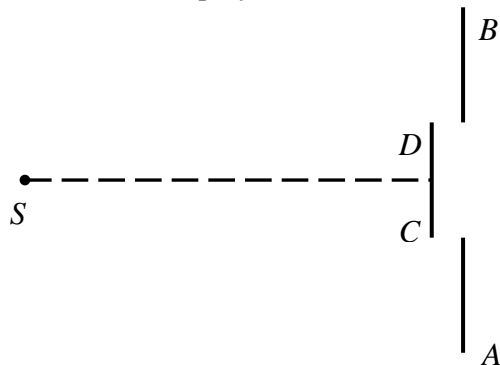


- В установці для спостереження кілець Ньютона лінза може пересуватись в напрямку, перпендикулярному до пластинки. Описати, що відбуватиметься з кільцями Ньютона при віддаленні й наближенні лінзи до пластинки.
- Плоска монохроматична хвиля ( $0,5$  мкм) з інтенсивністю  $J_0$  нормально падає на діафрагму із круглим отвором діаметра  $2$  мм. а) Знайти відстань  $b_1, b_2, b_3, \dots$  від діафрагми до точок  $P_1, P_2, P_3, \dots$  на осі отвору, для яких в отворі укладається  $1, 2, 3, \dots$  зон Френеля, б) Побудувати приблизно графік залежності  $J_p(b)$ .
- На щілину шириною  $2 \cdot 10^{-3}$  см нормально падає плоска хвиля ( $5000 \text{ \AA}$ ), а) Знайти число мінімумів, б) Визначити ширину дифракційного зображення джерела на екрані, віддаленому від щілини на  $1$  м. в). При якій ширині щілини ширина зображення на екрані буде дорівнює  $15$  см?

5. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим білим світлом (400...760) нм. Чи будуть взаємно перекриватися спектри: а) першого й другого порядків? б) другого й третього порядків?
6. При падінні природного світла на границю повітря – скло ( $n = 1,6$ ) під кутом  $58^\circ$  відбивається 8,3% падаючої енергії. Який ступінь поляризації відбитого та заломленого в склі світла?
7. Чому дорівнює ступінь поляризації світла, що є сумішшю лінійно поляризованого та природного, якщо відношення  $I_n / I_{ест}$  дорівнює: 1.

#### Варіант №22 (ПІБ)

1. Оптична сила  $\Phi$  об'єктива телескопа дорівнює 0,5 дптр. Окуляр діє як лупа, що дає збільшення  $\Gamma_1 = 10$ . Яке збільшення  $\Gamma_2$  дає телескоп?
2. Визначити освітленість  $E$ , світність  $M$  і яскравість  $L$  кіноекрана, який рівномірно розсіює світло у всіх напрямках, якщо світловий потік  $\Phi$ , що падає на екран з об'єктива кіноапарата (без кінострічки), дорівнює  $1,75 \cdot 10^3$  лм. Розмір екрану  $5 \times 3,6$  м, коефіцієнт відбиття  $\rho = 0,75$ .
3. Пучок паралельних промінів ( $\lambda = 0,6$  мкм) падає під кутом  $30^\circ$  на мильну плівку ( $n = 1,33$ ). При якій найменшій товщині плівки: а) відбиті промені будуть максимально ослаблені, максимально підсилені інтерференцією? б) те ж саме, для променів, що проходять.
4. На відстані від точкового джерела  $S$  електромагнітної хвилі нескінченний ідеально відбиваючий екран  $AB$  (рис. 3.6). Використовуючи векторну діаграму, знайти як зміниться інтенсивність відбитої хвилі у точці  $S$ , якщо з екрану вирізати диск  $CD$  з центром в основі перпендикуляру, що опущений з  $S$  на площину екрану, та змістити цей диск у напрямі до джерела на одну дванадцятую довжини хвилі? Площа диска складає одну третину від площі першої зони Френеля. Як зміниться результат, якщо зміщення виконати у зворотньому напрямі на ту ж величину?



5. При нормальному падінні пучка світла на дифракційну ґратку жовта лінія натрію (589 нм) у спектрі першого порядку видна під кутом дифракції  $17^\circ 08'$ . Деяка інша лінія в спектрі другого порядку видна під кутом  $24^\circ 12'$ . Визначити число штрихів на 1 мм ґратки й довжину хвилі другої лінії.
6. На грань кристалу кам'яної солі падає паралельний жмуток рентгенівського випромінювання ( $\lambda = 147$  пм). Визначити відстань  $d$  між атомними площинами кристалу, якщо дифракційний максимум другого порядку спостерігається, коли випромінювання падає під кутом  $\theta = 31^\circ 30'$  до поверхні кристалу.
7. У фотометрі одночасно розглядаються дві половини поля зору: у одній видно еталонну поверхню, що світиться з яскравістю  $L_1 = 5 \cdot 10^3$  кд/м<sup>2</sup>, у іншій – досліджувана поверхня, світло від якої проходить крізь два ніколі. Границя між двома половинами поля зору зникає, якщо другий ніколь повернути відносно першого на кут  $\alpha = 45^\circ$ . Знайти яскравість  $L_2$  досліджуваної поверхні, якщо відомо, що у кожному з ніколей інтенсивність падаючого на нього світла зменшується на 8%.

#### Варіант №23 (ПІБ)

1. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
2. Фіолетовий промінь падає на плоскопаралельну пластину зі скла марки ТК8 ( $n = 1,628$ ) і виходить із неї паралельно первісному напрямку. Якою повинна бути товщина пластинки, щоб зсув променя склав 5 мм при кутах падіння: а)  $30^\circ$ ; б)  $45^\circ$ ; в)  $60^\circ$ ?

3. Скляний клин ( $n = 1,52$ ) з кутом при вершині  $4'$  освітлюється нормально падаючим монохроматичним світлом. Визначити довжину хвилі світла, якщо спостережувані інтерференційні смуги мають ширину  $0,6$  мм.
4. Кільця Ньютона утворюються між лінзою з радіусом кривизни  $8,6$  м і пластинкою при освітленні нормально падаючим пучком монохроматичного світла. Вимірами встановлено, що діаметр четвертого темного кільця дорівнює  $9$  мм. Визначити довжину хвилі світла, якщо центр кільця: а) темний; б) світлий.
5. Визначити інтенсивність світла  $I$  у точці  $P$  екрану, на який падає монохроматичне світло інтенсивністю  $I_0$ , якщо на шляху поставити диск з оптично активною речовиною, що закриває півтори зони Френеля та повертає площину поляризації на кут  $90^\circ$ . Відбиттям та поглинанням світла знехтувати.
6. Чому дорівнює ступінь поляризації світла, що є сумішшю лінійно поляризованого та природного, якщо відношення  $I_n / I_{\text{ест}}$  дорівнює:  $1$ .
7. Промінь природного монохроматичного світла падає на поверхню скла під кутом Брюстера. Визначити кут падіння, коефіцієнт відбиття та ступінь поляризації заломленого променя, коли показник заломлення скла дорівнює: а)  $1,5$ .

#### Варіант №24 (ПІБ)

1. На плоскопаралельну скляну пластинку під кутом  $\varphi$  падає пучок світла шириною  $a$ , який має дві спектральні компоненти. Показники заломлення скла для цих компонентів різні і дорівнюють  $n_1$  і  $n_2$ . Знайти найменшу товщину пластинки  $h_{\min}$ , для якої на виході світло буде розповсюджуватись у вигляді двох окремих пучків різного кольору.
2. Сонце, перебуваючи поблизу зеніту, створює на горизонтальній поверхні освітленість  $E = 10^5$  лк. Діаметр Сонця видний під кутом  $\alpha = 32'$ . Визначити видиму яскравість  $L$  Сонця.
3. Скляний клин ( $n = 1,52$ ) з кутом при вершині  $4'$  освітлюється нормально падаючим монохроматичним світлом. Визначити довжину хвилі світла, якщо спостережувані інтерференційні смуги мають ширину  $0,6$  мм.
4. Основна фокусна відстань зонної пластинки дорівнює  $f_0$ . Знайти її інші фокусні відстані.

Вказівка. Основна фокусна відстань зонної пластинки  $f_0 = r_1^2 / \lambda$ , якщо в радіусі  $r_1$  укладається одна зона.

5. Дифракційна ґратка освітлюється нормально падаючим світлом від *He*-розрядної трубки. Відлік по лімбу гоніометра положень фіолетової лінії ( $0,389$  мкм) у спектрах першого порядку по обидві сторони від нульового максимуму дали значення  $27^\circ 33'$  і  $36^\circ 27'$ . Відлік по лімбу для червоної лінії в спектрах першого порядку дали відповідно  $23^\circ 54'$  і  $40^\circ 06'$ . Визначити період ґратки й довжину хвилі червоної лінії в спектрі гелію.

Вказівка. Спочатку визначити кут по лімбу для нульового максимуму, а від нього вже відрахувати кути дифракції.

6. Яким повинен бути заломлюючий кут призми ( $n = 1,73$ ), щоб кути входу та виходу променя з призми були кутами повної поляризації? Чому дорівнює при такому заломлюючому куті найменший кут відхилення променя призмою?
7. При падінні природного світла на границю повітря – скло ( $n = 1,6$ ) під кутом  $58^\circ$  відбивається  $8,3\%$  падаючої енергії. Який ступінь поляризації відбитого та заломленого в склі світла?

#### Варіант №25 (ПІБ)

1. Яка найменша можлива відстань  $l$  між предметом і його дійсним зображенням, створюваним збиральною лінзою, з головною фокусною відстанню  $f = 12$  см?
2. Людина без окулярів читає книгу, розташовуючи її перед собою на відстані  $a = 6,25$  см. Якої оптичної сили  $\Phi$  окуляри вона потребує?
3. Яку силу струму  $I$  покаже гальванометр, приєднаний до селенового фотоелемента, якщо на відстані  $r = 75$  см від нього помістити лампочку, повний світловий потік якої дорівнює  $1,2 \cdot 10^3$  лм? Площа робочої поверхні фотоелемента рівна  $10$  см<sup>2</sup>, чутливість  $S_f = 3 \cdot 10^{-4}$  А/лм.
4. Обчислити і порівняти між собою сили світла розжареної металевої кульки яскравістю  $L_1 = 3 \cdot 10^6$  кд/м<sup>2</sup> та кульового світильника яскравістю  $L_2 = 5 \cdot 10^3$  кд/м<sup>2</sup>, якщо їхні діаметри  $d_1$  і  $d_2$  відповідно рівні  $2$  мм і  $20$  см.

- Вертикальна мильна плівка ( $n_2 = 1,33$ ), що утворює клин внаслідок стікання рідини, освітлюється нормально падаючим білим світлом. При спостереженні інтерференційної картини у відбитому світлі через зелений світлофільтр ( $5461 \text{ \AA}$ ) виміряна відстань між п'ятьма смугами складала  $2,0 \text{ см}$ . а) Визначити кут клину в кутових секундах. б) Як зміниться ширина інтерференційної смуги, якщо спостереження вести через червоний світлофільтр ( $7200 \text{ \AA}$ )?
- На діафрагму із круглим отвором діаметром  $5 \text{ мм}$  нормально падає плоска монохроматична хвиля ( $50 \text{ нм}$ ). За діафрагмою на відстані  $5 \text{ м}$  від неї знаходиться екран спостереження. а) Скільки зон Френеля вкладаються в отворі діафрагми? б) Яким буде центр дифракційної картини на екрані: темним або світлим? в) Інтенсивність світла в центрі картини в порівнянні з інтенсивністю при відсутності екрана. г) При якому радіусі отвору діафрагми в центрі картини буде найбільш темна пляма? д) Яким буде центр тіні на екрані, якщо діафрагму з отвором замінити непрозорим диском того ж діаметра? е) На які відстані потрібно відсунути екран спостереження від диска, щоб інтенсивність світла в плямі Пуассона була не менше, ніж у попередньому пункті.
- За частково поляризованим світлом спостерігають крізь ніколь. При повороті ніколя на  $60^\circ$  від положення максимальної яскравості, яскравість зменшується у два рази. Визначити ступінь поляризації  $\Delta = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$  та відношення інтенсивностей природнього  $I_s$  та лінійно поляризованого  $I_p$  світла.

#### Варіант №26 (П І Б)

- Промінь світла падає на грань призми з показником заломлення  $n$  під малим кутом. Показати, що при малому заломлюючому куті  $\theta$  призми кут відхилення  $\sigma$  променів не залежить від кута падіння й дорівнює  $\theta(n - 1)$ .
- Лупу склали з двох збиральних лінз з оптичними силами  $\Phi_1 = 18 \text{ дптр}$  і  $\Phi_2 = 6 \text{ дптр}$ , які розмістили впритул. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
- На білій стіні спостерігається тінь від прямолінійного краю  $AB$  непрозорого екрана, освітлюваного паралельними монохроматичними променями, що падають на екран перпендикулярно ( $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ ). Площини стіни й екрана паралельні, відстань між ними  $b = 4 \text{ м}$ . На краю екрана виточене заглиблення, що має форму півкола радіусом  $r = 1 \text{ мм}$  (рис. 3.13). Як зміниться інтенсивність світла в точці стіни, що є геометричною тінню центра  $O$  відповідного кола в порівнянні з інтенсивністю в тій же точці, коли заглиблення не було?



- Дифракційна картина спостерігається на відстані  $4 \text{ м}$  від точкового джерела ( $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ). Посередині між джерелом і екраном встановлена діафрагма із круглим отвором. При якому радіусі отвору центр світлого кола на екрані буде: а) найбільш темним; б) найбільш світлим?
- Яка найменша відстань між двома точками на Місяці може розділити телескоп з діаметром об'єктива  $5 \text{ м}$ ? Довжину хвилі прийняти рівної  $0,55 \text{ мкм}$ , а середня відстань від Землі до Місяця  $3,684 \cdot 10^8 \text{ м}$ . Визначити кутовий діаметр плями дифракції телескопа.
- Яка довжина хвилі  $\lambda$  монохроматичного рентгенівського випромінювання, що падає на кристал кальциту, якщо дифракційний максимум першого порядку спостерігається, коли кут  $\theta$  між напрямками випромінювання, що падає, та гранню кристала дорівнює  $3^\circ$ ? Відстань  $d$  між атомними площинами кристала прийняти рівним  $0,3 \text{ нм}$ .
- Один поляроїд пропускає  $30\%$  світла, якщо на нього падає природнє світло. Після проходження світла через два таких поляроїда інтенсивність падає до  $9\%$ . Обчислити кут  $\phi$  між вісями поляроїдів.

#### Варіант №27 (П І Б)

- На плоскопаралельну скляну пластинку під кутом  $\phi$  падає пучок світла шириною  $a$ , який має дві спектральні компоненти. Показники заломлення скла для цих компонентів різні і дорівнюють  $n_1$  і  $n_2$ . Знайти найменшу товщину пластинки  $h_{\min}$ , для якої на виході світло буде розповсюджуватись у вигляді двох окремих пучків різного кольору.

2. Лупа дає збільшення  $\Gamma = 3$ . Впритул до неї приклали збиральну лінзу з оптичною силою  $\Phi_1 = 24$  дптр. Яке збільшення  $\Gamma_2$  буде давати така складена лупа?
3. Складений клин ( $n = 1,55$ ) з кутом при вершині  $2'$  освітлюється нормально падаючим монохроматичним світлом. Визначити довжину хвилі світла, якщо спостережувані інтерференційні смуги мають ширину  $0,3$  мм.
4. Радіус п'ятого кільця зонної пластинки для монохроматичної сферичної хвилі ( $500$  нм) дорівнює  $1,5$  мм. Визначити: а) фокусну відстань зонної пластинки;
5. Яка довжина хвилі  $\lambda$  монохроматичного рентгенівського випромінювання, що падає на кристал кальциту, якщо дифракційний максимум першого порядку спостерігається, коли кут  $\theta$  між напрямками випромінювання, що падає, та гранню кристала дорівнює  $3^\circ$ ? Відстань  $d$  між атомними площинами кристала прийняти рівним  $0,3$  нм.
6. Головні площини двох призм Ніколя утворюють між собою кут  $30^\circ$ . Як зміниться інтенсивність світла, яке проходить, якщо головні площини повернути так, щоб кут між ними був  $45^\circ$ ?
7. Визначити, у скільки разів зміниться інтенсивність частково поляризованого світла, що розглядається через ніколь, при повороті ніколя на  $60^\circ$  по відношенню до положення, яке відповідає максимальній інтенсивності. Ступінь поляризації світла  $\alpha = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) = 0,5$ .