

дорівнює 20 мкГн? [від 60 до 189 м]

4.62. На якій відстані від радіолокатора перебуває об'єкт, якщо відбитий від нього радіосигнал повернувся назад через 200 мкс? [30 км]

4.63. Електромагнітні хвилі розповсюджуються в деякому середовищі зі швидкістю 200 Мм/с. Яку довжину хвилі має електромагнітне коливання у середовищі, якщо їх частота у вакуумі 1 МГц? [200 м]

## Оптика

### Закони відбивання і заломлення світла

5.1. Довжина тіні вертикального стовпа висотою 1,5 м у сонячний день становить 2 м. Довжина тіні заводської труби в цей же час дорівнює 50 м. Знайти висоту труби. [37,5 м]

5.2. Лампа знаходиться у матовій скляній кулі радіусом 20 см на висоті 5 м над підлогою. Під лампою на висоті 1 м над підлогою тримають м'яч радіуса 10 см. Які радіуси мають тінь та напівтінь на підлозі? [7,5 см; 17,5 см]

5.3. Падаючий на плоске дзеркало і відбитий промені утворюють кут  $120^\circ$ . Чому дорівнює кут падіння? [ $60^\circ$ ]

5.4. Якою повинна бути мінімальна висота вертикального дзеркала, щоб людина могла побачити своє зображення у повний зріст, не змінюючи положення голови? [Половина зросту]

5.5. Потрібно освітити дно колодязя, направивши на нього сонячні промені. Як це можна зробити, якщо висота Сонця над горизонтом становить  $45^\circ$ ? [Поставити дзеркало під кутом  $67,5^\circ$  до горизонту]

5.6. Предмет, який знаходиться перед плоским дзеркалом, пересунули вздовж прямої, яка напрямлена під кутом  $30^\circ$  до площини дзеркала, на відстань 40 см. На скільки змінилася відстань між предметом та його зображенням? [40 см]

5.7. Плоске дзеркало, на яке падає світло, повертають на кут  $15^\circ$  навколо осі, яка лежить у площині дзеркала. На який кут при цьому повернеться відбитий промінь? [ $30^\circ$ ]

5.8. Точкове джерело світла розташоване на висоті 2,5 м над підлогою у кімнаті з висотою стелі 4 м. Під джерелом на підлозі лежить плоске дзеркальце діаметром 5 см. Якого діаметра «зайчик» бу-

де від нього на стелі? [13 см]

5.9. На якій висоті знаходиться аеростат, якщо з башти висотою  $H$  його можна бачити під кутом  $\varphi_1$  до горизонту, а його зображення в озері - під кутом  $\varphi_2$ ? [ $H \sin(\varphi_1 + \varphi_2) / \sin(\varphi_1 - \varphi_2)$ ]

5.10. Точкове джерело світла розташоване між двома плоскими перпендикулярними одне одному дзеркалами. Скільки зображень при цьому можна одержати?

5.11. Два плоских дзеркала утворюють між собою гострий двограний кут. Між дзеркалами знаходиться світлова точка так, що відстань від неї до її зображення у першому дзеркалі 6 см, а у другому - 8 см. Відстань між зображеннями 10 см. Чому дорівнює кут між дзеркалами? [ $90^\circ$ ]

5.12. Два плоских дзеркала утворюють двограний кут  $60^\circ$ . У площині, яка перпендикулярна до ребра кута, на них падає промінь світла. Який кут між собою утворюють падаючий та відбитий від дзеркал промені? [ $120^\circ$ ]

5.13. Два плоских дзеркала утворюють гострий двограний кут. На них падає промінь світла, який лежить у площині, перпендикулярній ребру кута. Як зміниться кут між падаючим та відбитим променями при повороті дзеркал на невеликий кут навколо ребра двограного кута? [0]

5.14. Склянка має товщину дна 5 мм. Чому дорівнює висота води у склянці, якщо час проходження світла через воду і дно склянки однакові? [5,625 мм]

5.15. Знайти показник заломлення скипидару і швидкість поширення світла в ньому, якщо при куті падіння  $45^\circ$  кут заломлення дорівнює  $30^\circ$ . [ $1,4$ ;  $2,12 \cdot 10^8$  м/с]

5.16. Промінь падає на поверхню скла під кутом  $60^\circ$ . Під яким кутом має впасти промінь на поверхню води, щоб кут заломлення був такий самий? [ $50^\circ$ ]

5.17. Під яким кутом повинен падати промінь світла на поверхню сірковуглецю, щоб кут заломлення був удвічі менший кута падіння? [ $35^\circ$ ]

5.18. Промінь світла падає з повітря на поверхню скла під кутом  $40^\circ$ . На скільки зміниться кут заломлення, якщо кут падіння зросте на  $20^\circ$ ? [ $9,9^\circ$ ]

5.19. При якому куті падіння світла на границю між двома про-

зорими середовищами відбитий та заломлені промені будуть перпендикулярні один одному, якщо відносний показник заломлення 1,2 ? [50°]

5.20. Водолаз, що перебуває під водою, бачить сонячні промені під кутом 45° до поверхні води. Знайти кутову висоту Сонця над горизонтом. [56,5°]

5.21. Чому дорівнює граничний кут при падінні світла із скла у воду? Абсолютний показник заломлення скла взяти 1,52. [61°]

5.22. У воді складено 23 плоскопаралельних прозорих пластинок різної товщини з різними показниками заломлення. На пластинки падає промінь світла під кутом 17,5° і, пройшовши через всі пластинки виходить у воду. На який кут зміниться напрямок розповсюдження променя? [0]

5.23. Вертикальний стовп вбито у дно ріки так, що 1 м стовпа здіймається над водою. Знайти довжину тіні стовпа на поверхні води та на дні ріки, якщо висота Сонця над горизонтом 30°, глибина ріки 2 м. [1,73 м; 3,44 м]

5.24. Висота Сонця над горизонтом дорівнює 20°. Під яким кутом потрібно розташувати дзеркало, щоб відбитий від нього промінь йшов у воді під кутом 20° до вертикалі? [47°]

5.25. Взаємно перпендикулярні промені йдуть з повітря у рідину. Кут заломлення першого променя 20°, другого - 38,8°. Знайти показник заломлення рідини. [1,42]

5.26. Людина дивиться вертикально вниз на камінь, що лежить на дні річки. Їй здається, що відстань між поверхнею води і каменем дорівнює 1,2 м. Яка дійсна глибина ріки? [1,6 м]

5.27. У посудину налито дві незмішувані рідини з показниками заломлення 1,4 та 1,8. Товщина шару першої рідини 4,2 см, другої - 2,7 см. На якій відстані від поверхні здаватиметься дно посудини, якщо дивитися на нього вертикально крізь обидві рідини? [4,5 см]

5.28. Промінь світла переходить із скипидару у повітря. Граничний кут повного відбивання становить 42°23'. Чому дорівнює швидкість поширення світла у скипидарі? [ $2 \cdot 10^8$  м/с]

5.29. На поверхні озера з глибиною 3 м плаває фанерне коло радіусом 1 м. Над центром кола знаходиться точкове джерело світла. Якою повинна бути висота, на якій розташоване джерело, щоб радіус тіні на дні озера був максимальний? Знайти цей радіус. [0; 4,4 м]

5.30. На дні озера глибиною 3 м знаходиться точкове джерело

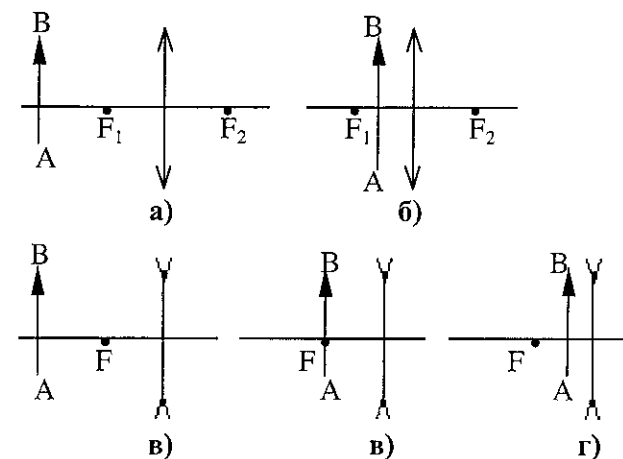


Рис.5.1

світла. Який мінімальний радіус повинен мати непрозорий диск, що плаває на поверхні над джерелом, щоб з гелікоптера не можна було побачити це джерело? [3,4 м]

5.31. На якій глибині під водою перебуває водолаз, якщо він бачить відбитими від поверхні води ті частини горизонтального дна, які розміщені від нього на відстані 15 м і далі? Зріст водолаза 178 см. [7,5 м]

### Тонкі лінзи

5.32. Побудувати зображення предметів АВ в лінзах, які подані на рис. 5.1.

5.33. Побудувати зображення точкового джерела світла, яке розташоване на головній оптичній осі а) збиральної; б) розсівної лінзи. Розглянути випадки, коли джерело розташоване за фокусом, у фокусі та між фокусом і лінзою.

5.34. На рис. 5.2 дано хід довільного променя через тонку лінзу. Знайти побудовою положення фокуса лінзи.

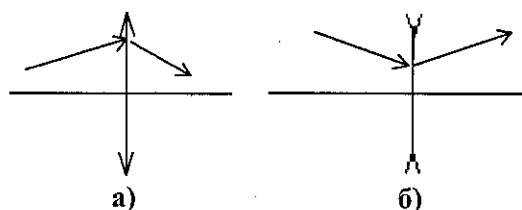


Рис.5.2

5.35. Дано хід довільного променя 1 через лінзу (рис. 5.3.). Побудувати хід променя 2.

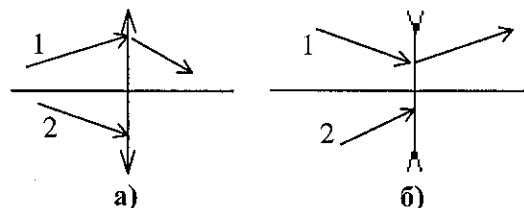


Рис.5.3

5.36. Знайти положення тонкої лінзи та її фокусів, якщо відомо положення оптичної осі  $OO'$ , світної точки  $S$  та її зображення  $S'$  (рис. 5.4). Які це лінзи? (а) збиральна; б) розсіювальна

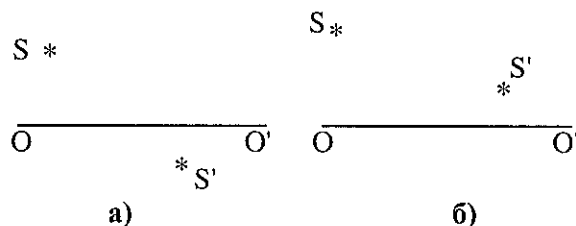


Рис.5.4

5.37. Знайти оптичну силу лінзи, якщо її фокусна відстань дорівнює а) 20 см; б) -8 см? [5 дптр; -12,5 дптр]

5.38. Знайти фокусну відстань лінзи, якщо чітке зображення предмета в ній було одержано на екрані, розташованому на відстані 23 см, в той час коли сам предмет знаходився на відстані 30 см від лінзи. [ 13 см ]

5.39. Предмет знаходиться на відстані 0,1 м від опуклої лінзи з

оптичною силою 20 дптр. Знайти лінійне збільшення зображення? [1]

5.40. Точки  $A$  і  $B$  розташовані на одній прямій, яка утворює з головною оптичною віссю збиральної лінзи кут  $\phi_1=30^\circ$ . Точка  $A$  знаходиться у подвійному фокусі лінзи. Під яким кутом до оптичної осі необхідно розташувати плоский екран, на якому можна одержати одночасно чіткі зображення точок  $A$  і  $B$ ? [30°]

5.41. Знайти оптичну силу розсіювальної лінзи, якщо предмет, розташований перед нею на відстані 40 см, дає зображення, зменшене в 4 рази. [-7,5 дптр]

5.42. Предмет розташували на відстані  $4F$  від розсіювальної лінзи, ( $F$  - фокусна відстань). У скільки разів розмір зображення менший від самого предмета? [5]

5.43. Відстань від предмета до екрана 90 см. Де треба розмістити між ними лінзу з фокусною відстанню 20 см, щоб одержати на екрані чітке зображення? [30 см або 60 см]

5.44. Відстань між точковим джерелом світла та екраном становить  $L$ . Лінза, яку вміщено між ними, дає чітке зображення джерела на екрані при двох положеннях лінзи, відстань між якими дорівнює  $l$ . Знайти фокусну відстань лінзи. [ $(L^2 - l^2)/4L$ ]

5.45. Збиральна лінза дає дійсне зображення предмета із збільшенням 2. Знайти фокусну відстань лінзи, якщо відстань між лінзою та зображенням 0,3 м. [6,7 см]

5.46. Знайти фокусну відстань лінзи, якщо для утворення зображення предмета в натуральну величину, його треба розмістити на відстані 20 см від лінзи. Чому дорівнює оптична сила цієї лінзи? [ 10 см; 10 дптр ]

5.47. Знайти мінімально можливу відстань між предметом та його зображенням у збиральній лінзі з фокусною відстанню  $F$ . [ $4F$ ]

5.48. Фокусна відстань збиральної лінзи дорівнює 18 см. Де розташована світлова точка, якщо її зображення віддалене на 12 см від лінзи і на 5 см від головної оптичної осі лінзи? [7,2 см лінзи; 3 см від осі]

5.49. Відстань від предмета до екрана 100 см. Тонка лінза, яка може переміщуватись між ними, дає на екрані збільшене зображення. Якщо лінзу змістити на 20 см, то на екрані буде зменшене зображення. Знайти фокусну відстань лінзи. [24 см]

5.50. Предмет знаходиться на відстані 0,6 м від екрана. Між ни-

ми переміщують збиральну лінзу, яка дає на екрані чітке зображення предмета при двох положеннях лінзи. Знайти відношення розмірів зображень, якщо відстань між вказаними положеннями лінзи 0,4 м. [0,04 або 25]

**5.51.** Між предметом та екраном пересувають опуклу лінзу. При двох положеннях лінзи на екрані одержані чіткі зображення предмета з розмірами 4 см і 9 см. Знайти розмір предмета. [6 см]

**5.52.** Відрізок довжиною  $l$  розташовано вздовж головної оптичної осі збиральної лінзи з фокусною відстанню  $f$ . Середина відрізка розташована на відстані  $a$  від лінзи, при цьому лінза дає дійсне зображення усіх точок відрізка. Знайти повздовжнє збільшення лінзи. [ $f^2/[(a-f)^2 - (l/2)^2]$ ]

**5.53.** Яке збільшення дає лупа з оптичною силою  $D=8$  дптр? (Відстань найкращого зору  $d=25$  см). [ $2 < \Gamma < 3$ ]

**5.54.** Лінза з фокусною відстанню 12 см дає на екрані зображення предмета із збільшенням 9. Інша лінза, при тій самій відстані між предметом та екраном, дає збільшення 3. Знайти фокусну відстань другої лінзи. [25 см]

**5.55.** Відстань від заднього фокуса збиральної лінзи у 9 разів більше ніж відстань від переднього фокуса до предмета. Яке збільшення дає лінза? [4]

**5.56.** За допомогою лінзи одержано дійсне зображення предмета із збільшенням 1,5. Потім лінзу пересувають на відстань 12 см і одержують уявне зображення такого ж розміру. Чому дорівнює фокусна відстань лінзи? [9 см]

**5.57.** Промінь світла, що падає під деяким кутом до оптичної осі на розсівну лінзу з фокусною відстанню  $f=13,5$  см, після заломлення в ній перетинає оптичну вісь на відстані 9 см від лінзи. В якій точці промінь перетне вісь, якщо прибрати лінзу? [5,4 см]

**5.58.** Хлопчик зняв окуляри і читає книжку, тримаючи її на відстані 16 см від очей. Яку оптичну силу мають його окуляри? [-2,25 дптр]

**5.59.** Фокусна відстань об'єктива проєкційного апарата 0,15 м. Об'єктив розташовано на відстані 6 м від екрана. Чому дорівнює лінійне збільшення зображення? [40]

**5.60.** Зображення предмета на плівці фотоапарата має висоту 30 мм при фотографуванні з відстані 15 м і висоту 51 мм при відстані 9 м. Знайти фокусну відстань об'єктива фотоапарата. [3/7 м]

### Хвильова оптика

**5.61.** Різниця ходу двох когерентних хвиль у вакуумі становить 0,4 $\lambda$ . Чому дорівнює різниця фаз цих хвиль? {0,8  $\pi$ }

**5.62.** Два промені світла проходять однакову відстань 10 см, але один у повітрі, а другий - у склі. Знайти оптичну різницю ходу цих променів. {5 см}

**5.63.** Два точкових когерентних джерела світла (довжина хвилі 620 нм) розташовані на відстані 0,5 м від екрану. Чому дорівнює відстань між інтерференційними максимумами, якщо відстань між джерелами дорівнює 0,4 мм? {0,775 мм}

**5.64.** На мильну плівку ( $n=1,3$ ), яка знаходиться у повітрі, падає нормально біле світло. При якій мінімальній товщині плівки відбиті промені з довжиною хвилі 0,55 мкм будуть мати максимальну інтенсивність в результаті інтерференції? {0,1 мкм}

**5.65.** Плоскоопукла лінза лежить опуклою стороною на плоскопаралельній скляній пластині. Яку товщину має шар повітря між лінзою і пластиною у тому місці, де у відбитому світлі з довжиною хвилі 0,6 мкм можна бачити перше підсилення світла внаслідок інтерференції? Який вигляд має геометричне місце точок, де світло підсилене? {0,15 мкм; коло}

**5.66.** Період дифракційної решітки у п'ять разів більше довжини хвилі світла. Знайти кути, під якими спостерігаються перші три максимуми дифракційної картини. {11,5°; 23,5°; 36,8°}

**5.67.** Дифракційна решітка має 2000 штрихів на 1 см. На її поверхню нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 694 нм. На який кут від початкового напрямку відхиляється світло у максимумі першого порядку? Який максимальний порядок максимуму можна спостерігати за допомогою цієї решітки? {8°; 7}

**5.68.** На дифракційну решітку нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 590 нм. На скільки відрізняються кути спостереження максимумів першого і другого порядків, якщо дифракційна решітка має 500 штрихів на 1 см? {1°41'}

**5.69.** Скільки штрихів на кожний міліметр має дифракційна решітка, якщо при спостереженні у монохроматичному світлі з довжиною хвилі 0,6 мкм, максимум п'ятого порядку відхилено на кут 18° від початкового напрямку? {103}

**5.70.** Яке мінімальне значення періоду дифракційної решітки, на якій можна спостерігати весь спектр світла, що сприймає людське око? (Від 400 до 780 нм). {0,78 мкм}

5.71. Чи можуть перекриватися дифракційні спектри першого та другого порядків у видимій частині спектра? Відповідь підтвердити розрахунком. {Ні}

5.72. Дифракційну решітку, яка має 500 штрихів на мм, опромінують білим світлом. Визначити довжину хвилі у дифракційному спектрі 4-го порядку, яка накладається на довжину хвилі 750 нм у спектрі 3-го порядку. {562,5 нм}

5.73. Період дифракційної решітки дорівнює 3 мкм. Знайти загальну кількість дифракційних максимумів, які можна спостерігати за допомогою цієї решітки при її освітленні світлом з довжиною хвилі 650 нм. Під яким кутом спостерігається максимум найбільшого порядку? {9; 60°}

5.74. Дифракційна решітка опромінюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі 620 нм. Чому дорівнює період цієї решітки, якщо на екрані, який розташовано на відстані 60 см, відстань між максимумами першого порядку 1,48 мм? {50 мкм}

5.75. При опроміненні дифракційної решітки білим світлом спектри другого і третього порядків частково перекриваються. На яку довжину хвилі у спектрі другого порядку припадає фіолетова границя ( $\lambda=400$  нм) спектра третього порядку? {600 нм}

5.76. На дифракційну решітку, яка має 45 штрихів на мм, падає монохроматичне світло. Знайти довжину хвилі світла, якщо кут між напрямками на другий і третій дифракційні максимуми становить 1,6°. {620 мкм}

5.77. Біле світло нормально падає на дифракційну решітку. Кут, при якому співпадають лінії 656 нм та 410 нм у спектрах різних порядків становить 41°. Знайти період цієї решітки. {5 мкм}

5.78. Дифракційна решітка, яка має 100 штрихів/мм, опромінюється білим світлом. Знайти кут між напрямками на лінії 400 нм та 750 нм в спектрі першого порядку. {2°}

## Квантова фізика

### Кванти, фотони

6.1. Знайти енергію фотонів, які відповідають найдовшим (0,75 мкм) і найкоротшим (0,4 мкм) довжинам хвиль видимої частини спектра. { $2,6 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $5 \cdot 10^{-19}$  Дж}

6.2. Знайти масу та імпульс, що мають фотони інфрачервоних (частота  $10^{12}$  Гц) та рентгенівських (частота  $10^{18}$  Гц) променів.

{ $7,36 \cdot 10^{-38}$  кг;  $2,2 \cdot 10^{-30}$  кг м/с;  $7,36 \cdot 10^{-33}$  кг;  $2,2 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с}

6.3. Знайти швидкість електрона, якщо його імпульс дорівнює імпульсу фотона з довжиною хвилі 555 нм. { $1,3 \cdot 10^4$  м/с}

6.4. Знайти довжину хвилі, масу та імпульс фотона з енергією 1 МеВ. Порівняти масу фотона та масу спокою електрона. {1,24 пм;  $1,8 \cdot 10^{-30}$  кг;  $5,3 \cdot 10^{-22}$  кг м/с;  $m_f=2m_e$ }

6.5. Маленьке дзеркальце, що ідеально відбиває світло, висить на невагомій нитці довжиною 10 см. Маса дзеркальця 10 мг. Знайти кут, на який відхилиться від вертикалі нитка, якщо перпендикулярно до дзеркальця направити короткий імпульс лазерного випромінювання з енергією 13 Дж. {0,5°}

6.6. Сонце щосекунди випромінює у простір близько  $3,75 \cdot 10^{26}$  Дж енергії. На скільки при цьому щосекунди зменшується маса Сонця? За який час маса Сонця ( $2 \cdot 10^{30}$  кг) зменшиться удвічі? {4,2 Мт;  $2,4 \cdot 10^{19}$  с}

6.7. Скільки фотонів випромінює лазер в одному імпульсі, якщо енергія імпульсу 2 Дж, а довжина хвилі світла 694 нм? { $7 \cdot 10^{18}$ }

6.8. Скільки фотонів падає за 1 с на 1 см<sup>2</sup> поверхні, якщо вона опромінюється з потужністю 1 мВт/см<sup>2</sup> квантами з довжиною хвилі 0,01 пм? { $5 \cdot 10^7$  см<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>}

6.9. Скільки фотонів за секунду випромінює нитка електричної лампи з корисною потужністю 1 Вт, якщо середня довжина хвилі випромінювання 1 мкм? { $5 \cdot 10^{18}$ }

6.10. Скільки фотонів потрапляє в око людини за 1 с, якщо око сприймає світло з довжиною хвилі 500 нм при потужності світлового потоку  $2 \cdot 10^{-17}$  Вт? {50}

6.11. Лазер випромінює в імпульсі  $2 \cdot 10^{19}$  фотонів з довжиною хвилі 694 нм. Знайти середню потужність імпульсу, якщо час його випромінювання становить 2 мс. {2,9 кВт}

6.12. Потужність випромінювання точкового джерела 1 Вт, середня довжина хвилі 1 мкм. Скільки фотонів проходить за 1 с через площадку 1 см<sup>2</sup>, яка віддалена від джерела на 10 км? { $4 \cdot 10^5$ }

6.13. Рентгенівська трубка, що працює під напругою 50 кВ при струмі 2 мА, випромінює  $5 \cdot 10^{13}$  фотонів за секунду. Вважаючи, що середня довжина хвилі становить 0,1 нм, визначити ККД трубки, тобто, скільки відсотків від потужності споживаного струму становить потужність рентгенівського випромінювання. {0,1%}