

ЗАДАЧІ З ОПТИКИ ТА ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

**Для студентів, які вивчають курс загальної
фізики**

Дрогобич-2008

УДК 535.1
539.14

Написав, оформив та підготував до друку:

Станько Микола Григорович

Рецензент: кандидат фізико-математичних наук, доцент
кафедри експериментальної фізики Пашук І.П. (Львівський
держуніверситет)

Друкується згідно ухвали Вченої ради Дрогобицького
педуніверситету (протокол №3 від 19 листопада 2008 р.)

Станько М.Г. Задачі з оптики та ядерної фізики, -
Дрогобич, 2008 - 67 с.

Пропонований посібник є збірником задач, складеним відповідно до програми курсу загальної фізики для студентів Дрогобицького педуніверситету. Задачі охоплюють, в основному, всі питання програми з оптики, атомної та ядерної фізики. Вони, як правило, не потребують громіздких розрахунків, щоб не відвертати студентів від суті фізичних проблем. Складних та комплексних задач у збірнику немає.

Збірник може бути використаний також учнями технікумів та коледжів, слухачами підготовчих відділень при інститутах. Він може бути корисним вчителям фізики при роботі з обдарованою молоддю та учням середніх шкіл при поглибленому вивченні фізики.

Тираж 250 екз. Вид-во факультету менеджменту та
маркетингу Дрогобицького педуніверситету

ЗМІСТ

1.Відбивання та заломлення світла.....	5
2.Лінзи та оптичні прилади.....	11
3.Інтерференція світла.....	15
4.Дифракція світла.....	21
5.Поляризація світла.....	27
6.Взаємодія світла з речовиною.....	31
7.Фотометрія.....	34
8.Теплове випромінювання.....	37
9.Квантові властивості випромінювання....	40
10.Будова та перетворення ядер.....	44
Відповіді.....	51
Додаток.....	56

ПЕРЕДМОВА

Пропонований посібник є збірником задач, складеним відповідно до програми курсу загальної фізики для студентів інженерно-педагогічного факультету та студентів нефізичних спеціальностей фізико-математичного факультету Дрогобицького педуніверситету. Задачі охоплюють, в основному, всі питання програми з оптики, атомної і ядерної фізики. Більшість задач запозичена із збірників, які видавались у різні роки переважно російською мовою.

Для зручності роботи із збірником та кращого засвоєння матеріалу, на початку кожного розділу приведені основні формули з коротким поясненням. Всі необхідні довідкові дані до задач винесено в додаток. Це зроблено для того, щоб при самостійній роботі із збірником студенти могли долати всі труднощі при розв'язуванні задач, не звертаючись до іншої літератури, крім підручника.

Задачі кожного розділу розміщені відповідно до законів фізики, які вивчаються в конкретному розділі, із наростанням складності. Кількість задач в кожному розділі і ступінь їх складності розраховані на міцне закріплення програмного матеріалу, на вироблення у студентів навиків і культури розв'язування задач. Якісні задачі підбирались так, щоб студенти могли розібратись в суті фізичних законів, уточнити область їх застосування, зрозуміти і пояснити суть явищ.

Задачі, як правило, не потребують громіздких розрахунків, щоб не відвертати студентів від суті фізичних проблем. Складні і комплексні задачі свідомо не приводяться. При підборі задач автором враховане суттєве зниження рівня вивчення фізики в середній школі. Частина задач містять тільки одне питання, що дозволяє сконцентрувати роботу студентів на свідомому вирішенні конкретного завдання. Відсутні також задачі, які представляють інтерес для вузького кола спеціалістів.

Можна сподіватись, що серйозна робота із пропонованим збірником допоможе студентам в оволодінні основами фізики і полегшить набуття знань із спеціальних педагогічних та технічних дисциплін.

Даний збірник може бути використаний також учнями технікумів та коледжів, слухачами підготовчих відділень при інститутах. Він може бути корисним вчителям фізики при роботі з обдарованою молоддю та учням середніх шкіл при поглибленому вивченні фізики.

1. ВІДБИВАННЯ ТА ЗАЛОМЛЕННЯ СВІТЛА

Основні формули

- Фокусна відстань сферичного дзеркала

$$f = \frac{R}{2},$$

де R - радіус кривизни дзеркала.

Якщо фокус сферичного дзеркала уявний (опукле дзеркало), то величина R вважається від'ємною.

- Формула сферичного дзеркала

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

де a і b - відповідно відстані від полюса дзеркала до предмету і зображення.

Якщо зображення предмета уявне, то величина b приймає від'ємне значення.

- Лінійне збільшення, яке дає дзеркало

$$\beta = \frac{H}{h} = \frac{b}{a},$$

де h, H - відповідно розміри предмета і його зображення.

- Закон заломлення світла

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21},$$

де i - кут падіння, r - кут заломлення, $n_{21} = n_2/n_1$ - відносний показник заломлення другого середовища відносно першого, n_1 і n_2 - абсолютні показники заломлення відповідно першого і другого середовищ.

● Граничний кут повного внутрішнього відбивання визначають із співвідношення

$$\sin i_{\text{сп}} = \frac{n_2}{n_1}$$

при $n_2 < n_1$.

● При проходженні променя через плоскопаралельну пластинку товщиною d він паралельно зміщується на величину

$$a = d \frac{\sin(i - r)}{\cos r}.$$

● Параксіальний пучок променів, який падає нормально на поверхню плоскопаралельної пластинки, дає уявне зображення нижньої поверхні на відстані d' від верхньої поверхні

$$d' = \frac{d}{n}.$$

● При симетричному ході променя через призму із заломлюючим кутом α кут відхилення променя δ зв'язаний таким співвідношенням

$$\sin \frac{\delta + \alpha}{2} = n \sin \frac{\alpha}{2}.$$

● При заломленні світла на сферичній поверхні, яка розділяє два середовища з показниками заломлення n_1 і n_2 , виконується співвідношення

$$-\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R},$$

де a , b , R - відповідно відстані від вершини поверхні до світної точки, її зображення і центра сфери.

Відбивання світла від плоскої поверхні

1-1. Горизонтальний промінь світла падає на дзеркало, яке розміщене вертикально. Дзеркало повертають на кут 30° навколо вертикальної осі. На який кут повернеться відбитий промінь?

1-2. В багатьох вимірювальних приладах роль стрілки відіграє світловий промінь, який відбивається від маленького плоского дзеркальця. На який кут повернулось дзеркальце, якщо відбитий промінь пересунувся по шкалі на 3,1 мм? Відстань від шкали до дзеркальця 18 см.

1-3. Під яким кутом над горизонтом знаходиться Сонце, якщо для освітлення дна глибокої криниці прийшлося нахилити плоске дзеркало на кут 25° до вертикалі?

1-4. Як треба розташувати два плоских дзеркала, щоб падаючий промінь і промінь, який відбився від обох дзеркал, були паралельні один одному при довільному куті падіння?

1-5. Людина наближається до плоского дзеркала з швидкістю 1 м/с. З якою швидкістю вона наближається до свого зображення в дзеркалі?

1-6. Два плоских прямокутних дзеркала утворюють двогранний кут $\varphi = 178^\circ$. На відстані 10 см від лінії дотику дзеркал і на однаковій відстані від кожного дзеркала знаходиться точкове джерело світла. Знайти відстань між уявними зображеннями джерела в дзеркалах.

Сферичні дзеркала

1-7. Де відносно дзеркала з радіусом кривизни 1,2 м треба розташувати яскраве джерело світла, щоб отримати прожектор?

1-8. На горизонтально розміщене вгнуте дзеркало з радіусом кривизни $R=2$ м падають сонячні промені. Де відносно дзеркала зберуться ці промені, якщо Сонце знаходиться під кутом 30° над горизонтом?

1-9. Радіус кривизни вгнутого сферичного дзеркала 20 см. На відстані 30 см від дзеркала поставлений предмет висотою 1 см. Знайти положення і висоту зображення. Зробіть рисунок.

1-10. Маленька електрична лампочка знаходиться на відстані 24 см від полюса вгнутого дзеркала із фокусною відстанню 20 см. Де потрібно поставити екран, щоб на ньому побачити чітке зображення розжареного волоска.

1-11. За допомогою вгнутого сферичного дзеркала на екрані отримали зображення предмета, яке збільшене в 4 рази,. Відстань від предмета до дзеркала 25 см. Визначити радіус кривизни дзеркала.

1-12. Фокусна відстань вгнутого сферичного дзеркала 15 см. Дзеркало дає дійсне зображення предмета, яке зменшене в три рази. Визначити відстань від предмета до дзеркала.

1-13. Радіус кривизни вгнутого дзеркала 40 см. З його допомогою отримали дійсне і збільшене в 2 рази зображення. Знайти положення предмета відносно дзеркала.

1-14. Радіус кривизни вгнутого дзеркала 40 см. Знайти положення предмета, при якому його зображення буде уявним і збільшеним в 2 рази.

1-15. У вгнутому сферичному дзеркалі, радіус кривизни якого 40 см, хочуть отримати дійсне зображення в половину натуральної величини. Де треба розташувти предмет і де отримується зображення?

1-16. Вгнуте сферичне дзеркало дає на екрані у 8 разів збільшене зображення предмета, який знаходиться на відстані 45 см від дзеркала. Знайти фокусну відстань і радіус кривизни цього дзеркала.

1-17. При голінні чоловік бачить своє обличчя збільшеним в 1,5 рази у вгнутому сферичному дзеркалі, яке розміщене на відстані 20 см. Обчислити радіус кривизни дзеркала.

1-18. Визначити фокусну відстань вгнутого сферичного дзеркала, якщо воно дає дійсне зображення предмета, яке збільшене в 4 рази. Відстань між предметом і його зображенням 15 см.

1-19. На відстані 120 см від опуклого сферичного дзеркала з радіусом кривизни 60 см розташована світна точка. Знайти відстань від зображення цієї точки до дзеркала.

1-20. На якій відстані отримується зображення предмета в опуклому сферичному дзеркалі радіусом кривизни 80 см, якщо предмет розташований на відстані 60 см від дзеркала? Якої

величини отримається зображення, якщо предмет має висоту 2 см? Зобразіть це рисунком.

1-21. На відстані 12 см від посрібленої ялинкової кулі діаметром 8 см розміщена ялинкова голка довжиною 1 см. Голка зорієнтована перпендикулярно до осі симетрії кулі, яка проходить через середину голки. Визначити де знаходиться зображення голки та його розмір.

1-22. В опуклому сферичному дзеркалі отримується зменшене в 10 разів зображення предмета, який знаходиться на відстані 180 см від дзеркала. Знайти радіус кривизни цього дзеркала.

1-23. Збіжний пучок променів падає на опукле сферичне дзеркало з радіусом кривизни 60 см так, що відбиті промені перетинаються на головній оптичній осі дзеркала. Відстань від точки перетину цих променів до дзеркала складає 20 см. Знайти, де будуть перетинатися промені, якщо забрати дзеркало.

1-24. Збіжний пучок променів падає на опукле дзеркало так, що точка перетину продовження цих променів знаходиться на відстані 20 см від нього. Після відбивання ці промені перетинають оптичну вісь на відстані 0,6 м від дзеркала. Знайти фокусну відстань дзеркала.

Заломлення світла на плоскій поверхні розділу двох середовищ

1-25. Промінь світла падає на поверхню розділу двох прозорих середовищ під кутом 35° і заломлюється під кутом 25° . Яким буде кут заломлення, якщо промінь буде падати під кутом 70° ?

1-26. Промінь світла переходить із гліцерину у воду. Обчислити кут заломлення променя, якщо кут падіння на границю розділу середовищ складає 30° .

1-27. Під яким кутом до горизонту бачить плавець, який пірнув у воду, Сонце, що заходить?

1-28. В дно водоймища забитий стовп висотою 1 м, який повністю знаходиться під водою. Визначити довжину тіні від стовпа на дні, якщо промені сонця падають на поверхню води під кутом 30° .

1-29. Швидкість поширення світла в деякій рідині складає $2,4 \cdot 10^5$ км/с. На поверхню цієї рідини під кутом 25° з повітря падає світловий промінь. Знайти кут заломлення променя.

1-30. Пучок паралельних променів падає на поверхню води під кутом 30° . Ширина пучка в повітрі 5 см. Яка ширина пучка у воді?

1-31. В дно озера глибиною 1,5 м забита паля, яка виступає з води на 30 см. Знайти довжину тіні від палі на дні озера при куті падіння сонячних променів 45° .

1-32. Чому, сидячи біля багаття, ми бачимо на другій його стороні предмети такими, що коливаються?

1-33. Чому трудно поцілити в рибу, стріляючи в неї з гвинтівки з берега, якщо вона знаходиться навіть на глибині кілька десятків сантиметрів?

1-34. На дні калюжі лежить камінець. Хлопець хоче попасти в нього палкою. Прицілюючись, хлопець тримає палку в повітрі під кутом 45° до горизонту. На якій відстані від камінця палка встромиться в дно, якщо глибина калюжі складає 32 см?

1-35. У якому випадку світло, переходячи із одного прозорого середовища в інше, не заломлюється?

1-36. Визначити граничний кут падіння, при якому відбувається повне внутрішнє відбивання в алмазі, який знаходиться в повітрі.

1-37. Знайти граничні кути повного внутрішнього відбивання для поверхонь розділу: а) скло-повітря; б) скло-вода. Показник заломлення скла $n=1,62$.

1-38. На поверхню скляної ($n=1,6$) пластинки товщиною 4 см падає промінь світла під кутом 55° . Знайти зміщення променя відносно початкового напрямку після проходження ним пластинки.

1-39. На столі лежить листок паперу. Вузький пучок світла, який падає на папір під кутом 30° , створює на ній світлову пляму. На скільки зміститься ця пляма, якщо на папір покласти плоскопаралельну скляну ($n=1,6$) пластинку товщиною 5 см?

1-40. Чому глибина ріки здається меншою від істинної її глибини?

1-41. Якщо дивитись на дно озера у вертикальному напрямку зверху вниз, то глибина здається 90 см. Яка дійсна глибина озера?

1-42. На скляну призму із заломлюючим кутом 60° падає промінь світла. Знайти показник заломлення скла, якщо при симетричному ході променя в призмі кут відхилення його складає 40° .

1-43. Монохроматичний промінь падає нормально на бокову поверхню призми, заломлюючий кут якої 40° . Показник заломлення матеріалу призми для цього променя $n=1,5$. Знайти кут відхилення променя призмою.

1-44. *В яких межах може змінюватись кут відхилення променя, який можна отримати з допомогою скляної ($n=1,52$) призми із заломлюючим кутом 60° ?

1-45. Яка величина заломлюючого кута скляної призми, якщо кут найменшого відхилення променя в цій призмі дорівнює заломлюючому куту? При якому показнику заломлення матеріалу призми ця умова може бути виконана?

Заломлення світла сферичною поверхнею

1-46. На тонкостінне вікно резервуара заповненого водою, направляють паралельний пучок світла. Вікно резервуара має

форму сферичної поверхні з радіусом кривизни $R=33$ см, яка повернута опуклою поверхнею назовні. На якій відстані від вікна зберуться промені світла?

1-47. На якій відстані від тонкостінної сферичної колби ($R=16,5$ см), наповненої водою, повинно знаходитись точкове джерело світла, щоб у воді утворився паралельний пучок світла?

1-48. На тонкостінну сферичну колбу, наповнену рідиною, падає вузький пучок паралельних променів так, що вісь пучка проходить через центр колби. Діаметр пучка зменшується вдвічі при проходженні колби, причому промені у колбі не перетинаються. Визначити показник заломлення рідини.

2.ЛІНЗИ ТА ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ

Основні формули

- Оптична сила тонкої лінзи

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

де f -фокусна відстань лінзи; n , n_0 - відповідно абсолютні показники заломлення речовини лінзи та оточуючого середовища (однакового з обох сторін лінзи); R_1, R_2 - радіуси кривизни поверхонь лінзи.

В наведеній формулі радіуси опуклих поверхонь беруться із знаком «плюс», вгнутих - із знаком «мінус».

- Оптична сила двох тонких лінз, які знаходяться дуже близько,

$$D = D_1 + D_2,$$

де D_1 і D_2 -оптичні сили тонких лінз.

- Формула тонкої лінзи

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

де a - відстань від оптичного центра лінзи до предмета; b - відстань від оптичного центра лінзи до зображення.

Якщо фокус лінзи уявний (розсівна лінза), то величина f від'ємна. Якщо зображення уявне, то величина b від'ємна.

- Лінійне збільшення лінзи

$$\beta = \frac{b}{a}.$$

- Кутове збільшення лупи

$$\gamma = \frac{d_0}{f},$$

де d_0 - відстань найкращого бачення; f -фокусна відстань лупи.

- Лінійне збільшення мікроскопа

$$\beta = \frac{d_0 \Delta}{f_{об} f_{ок}},$$

де Δ -відстань між заднім фокусом об'єктива і переднім фокусом окуляра; $f_{об}$ і $f_{ок}$ -відповідно фокусні відстані об'єктива і окуляра.

- Кутове збільшення телескопа

$$\gamma = \frac{f_{об}}{f_{ок}},$$

де $f_{об}$ і $f_{ок}$ -відповідно фокусні відстані об'єктива і окуляра.

тонкої лінзи

- 2-1.** Тонка двоопукла лінза має фокусну відстань 75 см. Знайти оптичну силу цієї лінзи.
- 2-2.** Тонка двовгнута лінза має фокусну відстань 50 см. Знайти оптичну силу цієї лінзи.
- 2-3.** Як у сонячний день можна визначити фокусну відстань збиральної лінзи, маючи тільки лінійку?
- 2-4.** Обчислити фокусну відстань двоопуклої лінзи з радіусами кривизни її поверхонь по 20 см, яка виготовлена із скла з показником заломлення $n=1,5$.
- 2-5.** Дві лінзи однакових геометричних розмірів виготовлені із різних сортів оптичного скла з показниками заломлення відповідно 1,5 і 1,7. Знайти відношення їх фокусних відстаней.
- 2-6.** Із скла ($n=1,5$) потрібно виготовити плоскоопуклу лінзу оптичною силою 5 дп. Визначити радіус кривизни опуклої поверхні лінзи.
- 2-7.** Визначити оптичну силу меніска (опукло-вгнута лінза), якщо радіуси кривизни його опуклої і вгнутої поверхонь відповідно складають 1 м і 40 см.
- 2-8.** Оптична сила скляної лінзи в повітрі 5,5 дп, а в рідині 1,63 дп. Який показник заломлення рідини? Показник заломлення скла 1,5.

Формула тонкої лінзи

- 2-9.** Оптична сила тонкої лінзи складає $D=5$ дп. Предмет розташували на відстані 60 см від цієї лінзи. Де і яке отримається зображення цього предмета?
- 2-10.** Фокусна відстань лінзи $f=20$ см. На якій відстані від лінзи треба розмістити предмет, щоб його уявне зображення було на відстані $b=40$ см від лінзи.
- 2-11.** Відстань між свічкою і стіною 200 см. Коли між ними розташували збиральну лінзу на відстані 40 см від свічки, то на стіні отрималось чітке зображення полум'я. Обчислити фокусну відстань лінзи. Яке зображення отрималось на стіні?
- 2-12.** Обчислити фокусну відстань лінзи, якщо відомо, що дійсне зображення предмета, який знаходиться на відстані 40 см від лінзи, отримується на такій же відстані від неї.
- 2-13.** Відстань між двома точковими джерелами світла 24 см. Де між ними треба помістити збиральну лінзу з фокусною відстанню 9 см, щоб отримати зображення обох джерел в одній точці?
- 2-14.** Де і якого розміру отримається зображення предмета висотою 2 см, розташованого на відстані 15 см від збиральної лінзи з фокусною відстанню 10 см?

2-15. Яке збільшення можна отримати за допомогою проєкційного апарату, об'єкти якого має фокусну відстань 40 см, якщо відстань від об'єкта до екрана 10 м?

2-16. У залі кінотеатру зображення кадру 18х24 мм повинно бути точно спроектоване на екран розміром 3х4 м. Якою повинна бути фокусна відстань об'єктива, якщо відстань від кіноустановки до екрану 16 м?

2-17. Збіжний пучок променів падає на лінзу, оптична сила якої 2,5 дп. Після заломлення в лінзі ці промені збираються на відстані 20 см від лінзи на її головній оптичній осі. Де будуть сходитися ці промені, якщо лінзу забрати?

2-18. *У горизонтально розміщене вгнуте дзеркало радіусом кривизни $R=16$ см налито тонкий шар води. Визначити фокусну відстань цієї системи.

Зір та корекція його недоліків

2-19. Чому стовпи, коли дивитись вздовж лінії електропередачі, в міру віддалення їх здаються все меншими і меншими?

2-20. На якій відстані предмет висотою 5 см буде видно як світну точку? Вважати, що кут зору при цьому менший за 1 кутову хвилину.

2-21. Оптична сила окулярів +2,5 дп. Які лінзи використано в цих окулярах і який дефект зору вони виправляють?

2-22. Людина при читанні тримає книгу на відстані 50 см від очей. Якої оптичної сили їй потрібно використовувати окуляри, коли вона клепає косу?

2-23. Людина читає книжку без окулярів, розміщуючи її на відстані 12,5 см від очей. Якої оптичної сили окуляри їй потрібно використовувати під час роботи на токарному верстаті?

2-24. Людина виразно бачить предмети віддалені від неї не далше 1 м. Якої оптичної сили окуляри їй потрібно носити?

2-25. Найближча точка чіткого бачення далекозорої людини лежить на відстані 40 см від очей. Знайти межі акомодациї зору цієї людини в окулярах.

2-26. Межі акомодациї ока короткозорої людини без окулярів лежать в межах від 16 см до 80 см. В окулярах ця людина добре бачить віддалені предмети. На якій мінімальній відстані вона може тримати газету при читанні її в окулярах?

Оптичні прилади

2-27. У скільки разів збільшеними бачить зображення предметів у лупі, фокусна відстань якої складає 5 см: а) людина з

нормальним зором; б) короткозора людина із відстанню найкращого бачення 15 см.

2-28. Яка фокусна відстань лупи, на корпусі якої є напис «2,5 $\times$ »?

2-29. В лупі застосована двоопукла лінза, яка виготовлена із скла з показником заломлення $n=1,6$. Радіуси кривизни поверхонь лінзи однакові і складають 12 см. Визначити збільшення лупи.

2-30. Мікроскоп складається із об'єктива із фокусною відстанню 4 мм і окуляра із фокусною відстанню 40 мм. Відстань між фокусами об'єктива та окуляра 16 см. Обчислити збільшення, яке дає мікроскоп.

2-31. Обчислити збільшення мікроскопа, якщо фокусна відстань об'єктива 5 мм, а фокусна відстань окуляра - 25 мм. Довжина тубуса мікроскопа 12 см.

2-32. Обчислити фокусну відстань окуляра мікроскопа, якщо мікроскоп дає 90-кратне збільшення, а збільшення об'єктива 9.

2-33. Фокусна відстань об'єктива мікроскопа 3 мм. Предмет знаходиться на відстані 3,1 мм від об'єктива. Обчислити збільшення мікроскопа, якщо фокусна відстань окуляра 5 см.

2-34. Фокусні відстані об'єктива і окуляра відповідно 5 мм і 5 см. Предмет розміщений на відстані 0,1 мм від головного фокуса об'єктива. Знайти довжину тубуса мікроскопа і його збільшення для людини з нормальним зором.

2-35. Як треба розмістити об'єктів і окуляр мікроскопа, щоб через мікроскоп можна було побачити зірку на небі?

2-36. Телескоп має об'єктів із фокусною відстанню 50 см і окуляр із фокусною відстанню 5 см. Під яким кутом зору буде видно повний Місяць в цей телескоп, якщо неозброєним оком Місяць видно під кутом 31'?

2-37. Обчислити збільшення телескопа, об'єктів якого має фокусну відстань 1,2 м, а окуляр дає 5-кратне збільшення.

2-38. Труба Кеплера довжиною 1,5 м дає збільшення в 49 разів. Знайти фокусні відстані окуляра і об'єктива.

2-39. Телескоп дає кутове збільшення $\gamma=60$. Яке буде кутове збільшення, коли забрати окуляр і розглядати неозброєним оком із відстанні найкращого бачення дійсне зображення, створене об'єктивом. Фокусна відстань окуляра 50 мм.

3.ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА

Основні формули

- Швидкість світла у середовищі

$$v = \frac{c}{n},$$

де c -швидкість світла у вакуумі; n -абсолютний показник заломлення середовища.

- Оптична довжина шляху світлової хвилі

$$L = nl,$$

де l - геометрична довжина шляху світлової хвилі в середовищі з показником заломлення n .

- Оптична різниця ходу двох світлових хвиль

$$\delta = n_2 l_2 - n_1 l_1,$$

де n_1, n_2 -абсолютні показники заломлення середовищ; l_1, l_2 - геометричні довжини шляху світлових хвиль в різних середовищах.

- Зв'язок різниці фаз $\Delta\varphi$ коливань з оптичною різницею ходу світлової хвилі

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda}.$$

- Умова максимумів інтенсивності світла при інтерференції

$$\delta = \pm k\lambda \quad (k=0,1,2,\dots).$$

- Умова мінімумів інтенсивності світла при інтерференції

$$\delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}.$$

- Відстань на екрані між двома сусідніми мінімумами чи максимумами при інтерференції світла від двох когерентних джерел

$$\Delta x = \frac{L}{d}\lambda,$$

де L -відстань від джерел до екрану; d -відстань між джерелами.

- Оптична різниця ходу світлових хвиль, відбитих від верхньої і нижньої поверхонь тонкої плоскопаралельної пластинки або плівки, яка знаходиться в повітрі

$$\delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2},$$

де d -товщина пластинки; i -кут падіння.

- Радіуси темних кілець Ньютона у відбитому світлі (або світлих в прохідному)

$$r_k = \sqrt{kR\lambda},$$

де k -номер кільця ($k=1,2,3,\dots$); R -радіус кривизни поверхні лінзи.

●Радіуси світлих кілець Ньютона у відбитому світлі (або темних у прохідному)

$$r_k = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}}.$$

Оптична довжина шляху світлової хвилі та умови екстремумів

3-1. Який відрізок шляху пройде монохроматичний промінь у вакуумі за той самий час, за який він проходить у воді 3 м?

3-2. Знайти зміну оптичної довжини шляху хвилі, що поширюється в повітрі, якщо на її шляху поставити скляну ($n=1,6$) пластинку товщиною 2 мм. Розрахунок зробити для нормально падаючого променя і для променя, що падає під кутом 60° .

3-3. Визначити довжину відрізка, на якому вкладається стільки ж довжин хвиль у вакуумі, скільки їх вкладається на відрітку 3 мм у воді.

3-4. Світло від лазера поділено на два промені так, що різниця ходу між ними відсутня. Після цього вони приходять в деяку точку простору, пройшовши шлях 1 м: один - у воді, а другий - у повітрі. Визначити оптичну різницю ходу цих променів.

3-5. Оптична різниця ходу двох когерентних хвиль складає $0,3\lambda$. Визначити різницю фаз $\Delta\varphi$.

3-6. Різниця ходу двох інтерферуючих хвиль монохроматичного ($\lambda=500$ нм) світла $\delta=0,25$ мкм. Знайти різницю фаз $\Delta\varphi$.

3-7. Знайти всі довжини хвиль видимої частини спектра, які будуть максимально підсилені при різниці ходу інтерферуючих променів 2 мкм.

3-8. Знайти всі довжини хвиль видимої частини спектра, які будуть максимально послаблені при різниці ходу інтерферуючих променів 2 мкм

3-9. У деяку точку простору приходять два пучки когерентного випромінювання з оптичною різницею ходу 1,9 мкм. Визначити, відбудеться підсилення чи ослаблення в цій точці світла з довжиною хвилі: а)760 нм; б)600 нм; в)475 нм.

Лабораторні методи спостереження інтерференції

3-10. У скільки разів збільшиться відстань між сусідніми інтерференційними смугами на екрані у досліді Юнга, якщо зелений світлофільтр ($\lambda_1=500$ нм) замінити червоним ($\lambda_2=700$ нм)?

3-11. У досліді Юнга отвори освітлювались монохроматичним світлом з довжиною хвилі $\lambda=600$ нм, відстань між отворами 1 мм. Відстань від отворів до екрану 3 м. Знайти положення трьох перших світлих інтерференційних смуг на екрані.

3-12. Відстань між двома щілинами в досліді Юнга 1 мм, відстань від щілин до екрану 3 м. Визначити довжину хвилі λ , яку дає монохроматичне джерело світла, якщо відстань між інтерференційними світлими смугами на екрані складає 1,5 мм.

3-13. У досліді Юнга екран віддалений від отворів на відстані 5 м. Відстань між отворами 0,5 см, відстань від 3-го інтерференційного максимуму до центральної смуги 0,15 см. Визначити довжину хвилі монохроматичного світла.

3-14. Відстань між двома когерентними джерелами світла ($\lambda=0,5$ мкм) складає 0,1 мм. Відстань між інтерференційними темними смугами на екрані 1 см. Визначити відстань від джерел до екрану.

3-15. У досліді із дзеркалами Френеля відстань між уявними зображеннями джерела світла складала 0,5 мм, відстань до екрану 5 м. В зеленому світлі отримались інтерференційні мінімуми на відстані 5 мм один від одного. Обчислити довжину хвилі зеленого світла.

3-16. Відстань між двома уявними джерелами у дзеркалах Френеля 0,5 мм, відстань від джерел до екрану 2,5 м. На екрані на відстані 2 см розміщується 10 темних смуг. Знайти довжину хвилі світла, яке падає на дзеркала Френеля.

3-17. На біпризму Френеля падає світло ($\lambda=600$ нм) від джерела. Знайти відстань між сусідніми інтерференційними максимумами, які утворилися на екрані в результаті інтерференції, якщо відстань від джерела до призми 1 м, а від призми до екрану 4 м. Заломлюючий кут призми $2 \cdot 10^{-3}$ рад, показник заломлення її $n=1,5$.

3-18. Біпризма знаходиться на відстані 50 см від щілини та відстані 450 см від екрану. Відстань між сусідніми інтерференційними мінімумами на екрані 1,1 мм при довжині хвилі світла 590 нм? Який заломлюючий кут біпризми, якщо показник заломлення скла $n=1,578$.

3-19. На діафрагму із двома вузькими щілинами, які знаходяться на відстані $d=2,5$ мм, падає нормально монохроматичне світло $\lambda=500$ нм. Інтерференційна картина утворюється на екрані, який знаходиться на відстані $L=100$ см. Куди і на яку відстань

зсунуться інтерференційні смуги, якщо нижню щілину закрити прозорою пластинкою товщиною $h=1$ мкм із показником заломлення $n=1,5$?

3-20. Два когерентних джерела світла з довжиною хвилі $\lambda=480$ нм створюють на екрані інтерференційну картину. Якщо на шляху одного з пучків розташувати тонку кварцеву пластинку з показником заломлення $n=1,46$, то інтерференційна картина зміщується на $m=69$ смуг. Знайти товщину d пластинки.

3-21. На шляху одного з променів у досліді Юнга розташована відкачана кювета довжиною 3 см. Після наповнення кювети газом інтерференційна картина змістилась на 40 смуг. Знайти показник заломлення газу. Джерело світла має довжину хвилі $\lambda=600$ нм.

Інтерференція світла в тонких плівках

3-22. На мильну плівку ($n=1,33$) падає біле світло під кутом 45° . При якій найменшій товщині плівки відбиті промені будуть забарвлені в жовтий колір ($\lambda=600$ нм)?

3-23. Яка найменша товщина мильної плівки, якщо при спостереженні її у відбитому світлі вона виглядає синьо-зеленою ($\lambda=480$ нм), коли кут між нормаллю до плівки і променем зору складає 35° ? Показник заломлення мильної води $n=1,33$.

3-24. В дуже тонкій клиновидній пластинці з показником заломлення $n=1,5$ у відбитому світлі ($\lambda=580$ нм) при нормальному падінні спостерігаються інтерференційні смуги. Відстань між сусідніми темними смугами $\Delta x=5$ мм. Знайти кут α між гранями пластинки.

Кільця Ньютона

3-25. Установка для отримання кілець Ньютона освітлюється монохроматичним світлом. Спостереження ведеться у відбитому світлі. Радіуси двох сусідніх темних кілець складають відповідно 4,0 мм і 4,38 мм. Радіус кривизни лінзи 6,4 м. Знайти порядкові номери кілець і довжину хвилі світла.

3-26. Відстань між п'ятим і двадцять п'ятим світлими кільцями Ньютона складає 9 мм. Радіус кривизни лінзи 15 м. Знайти довжину хвилі монохроматичного світла, яке падає нормально на установку. Спостереження проводиться у відбитому світлі.

3-27. Обчислити відстань між третім і шінадцятим темними кільцями Ньютона, якщо відстань між другим і двадцятим темними кільцями складає 4,8 мм. Спостереження ведеться у відбитому світлі.

3-28. На установку для отримання кілець Ньютона падає нормально монохроматичне світло ($\lambda=500$ нм). Визначити

товщину повітряного шару там, де спостерігається 5-те світле кільце.

3-29. Яка відстань між 20-м і 21-м максимумами світлих кілець Ньютона, якщо відстань між 2-м і 3-м - 1 мм, а спостереження ведеться у відбитому світлі?

3-30. Оптична сила плоскоопуклої лінзи ($n=1,5$) 0,5 дп. Лінза опуклою стороною лежить на скляній пластинці. Визначити радіус 7-го темного кільця в прохідному світлі ($\lambda=0,5$ мкм).

3-31. Спектр натрію складається з двох ліній з $\lambda_1=589,00$ нм, $\lambda_2=589,59$ нм. Яке за номером темне кільце Ньютона, що відповідає одній з цих ліній, збігається з наступним за номером темним кільцем, що відповідає другій лінії? Спостереження проводяться у відбитому світлі.

3-32. Установка для отримання кілець Ньютона освітлюється світлом від ртутної лампи. Спостереження проводиться у прохідному світлі. Яке по порядку світле кільце, що відповідає лінії $\lambda_1=576,97$ нм, співпадає з наступним світлим кільцем, яке відповідає лінії $\lambda_2=579,03$ нм?

3-33. В установці для отримання кілець Ньютона між лінзою і пластинкою немає контакту (внаслідок попадання пороху). Діаметри 5-го і 15-го темних кілець Ньютона, які спостерігаються у відбитому світлі ($\lambda=589$ нм), відповідно 0,7 мм і 1,7 мм. Знайти радіус кривизни лінзи.

3-34. В установці для спостереження кілець Ньютона лінза зроблена рухомою і може переміщатися в напрямку, перпендикулярному до пластинки. Що буде відбуватися з кільцями Ньютона при віддаленні лінзи від пластинки. Кільця спостерігаються в монохроматичному світлі.

Інтерферометри

3-35. В досліді з інтерферометром Майкельсона для зміщення інтерференційної картини на 500 смуг потрібно було перемістити дзеркало на відстань 0,161 мм. Знайти довжину хвилі світла.

3-36. В інтерферометрі Майкельсона спостерігається інтерференційна картина в білому світлі лампочки розжарення. При вміщенні в одне із плечей інтерферометра скляної пластинки товщиною $h=5$ мм інтерференційна картина зникла. Для відновлення інтерференційної картини прийшлося збільшити довжину другого плеча інтерферометра на величину $\delta=2,55$ мм. Знайти показник заломлення скляної пластинки.

3-37. Для вимірювання показника заломлення аміаку в одно плече інтерферометра Майкельсона помістили відкачану трубку довжиною 14 см. Кінці трубки закриті плоскопаралельними скляними пластинами. Після заповнення трубки аміаком інтерференційна картина для довжини хвилі $\lambda=590$ нм зсунулась на 180 смуг. Обчислити показник заломлення аміаку.

3-38. В інтерферометрі Жамена дві однакові трубки довжиною 15 см заповнені повітрям ($n=1,000276$). При заміні в одній з трубок повітря киснем інтерференційна картина змістилась на 6 смуг при довжині хвилі падаючого світла 500 нм. Знайти показник заломлення кисню.

3-39. Якість полірування деталі контролюють за допомогою інтерферометра Лінника. При спостереженні інтерференційної картини виявилось, що інтерференційні смуги викривились на 4 смуги. Яка глибина подряпини на поверхні деталі, якщо спостереження проводилось при довжині хвилі 500 нм?

3-40. На шляху одного із променів інтерферометра Релея розташували трубку довжиною 20 см. При заповненні її газом інтерференційна картина зсунулась на 200 смуг. Знайти показник заломлення газу, якщо вимірювання проводились при довжині хвилі 600 нм.

3-41. В двохпроменевому інтерферометрі використовується оранжева лінія ртуті, яка складається з двох компонент з $\lambda_1=576,97$ нм і $\lambda_2=579,03$ нм. При якому найменшому порядку інтерференції чіткість інтерференційної картини буде найгіршою?

Просвітлення оптики

3-42. Чому лінза, яка покрита просвітлюючою плівкою, здається фіолетовою?

3-43. Що відбувається з енергією світла, яке раніше відбивалось, якщо на лінзу нанести просвітлюючу плівку?

3-44. На скляну лінзу ($n_1=1,5$) нанесена прозора плівка ($n_2=1,4$). На лінзу падає нормально монохроматичне світло ($\lambda=600$ нм). Яка найменша товщина плівки, якщо в результаті інтерференції відбиті промені максимально послаблені?

3-45. На поверхню скляного об'єктива ($n_1=1,5$) нанесена тонка плівка, показник заломлення якої $n_2=1,2$. При якій найменшій товщині цієї плівки відбудеться максимальне послаблення відбитого світла у середній частині видимого спектру?

3-46. Знайти показник заломлення плівки, яка просвітляла би поверхню скла ($n=1,67$), яке знаходиться в повітрі.

4.ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

Основні формули

- Радіус k-тої зони Френеля для сферичної хвилі

$$r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k \lambda} ,$$

де a-відстань хвильового фронту від точкового джерела; b-відстань від хвильового фронту до точки спостереження; λ -довжина хвилі.

- Дифракція плоскої хвилі світла на одній щілині при нормальному падінні променів.

Умова мінімумів інтенсивності світла

$$a \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (k=1, 2, 3\dots)$$

Умова максимумів інтенсивності світла

$$a \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (k=1, 2, 3\dots),$$

де a-ширина щілини; φ -кут дифракції; k-номер мінімуму чи максимуму; λ -довжина хвилі.

- Дифракція світла на дифракційній ґратці при нормальному падінні променів. Умова головних максимумів інтенсивності світла

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (k=1, 2, 3\dots),$$

де d-період (постійна) ґратки; k-номер головного максимуму; φ -кут дифракції.

- Роздільна здатність дифракційної ґратки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = kN ,$$

де $\Delta \lambda$ -найменша різниця довжин хвиль двох сусідніх спектральних ліній, при якій ці лінії можуть бути розділені в спектрі; N-загальне число штрихів ґратки; k-порядковий номер дифракційного максимуму.

- Кутова дисперсія дифракційної ґратки

$$D_{\varphi} = \frac{\delta \varphi}{\delta \lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi} .$$

- Лінійна дисперсія дифракційної ґратки

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda}.$$

- Роздільна здатність об'єктива

$$R = \frac{1}{\psi} = \frac{D}{1,22\lambda},$$

де ψ - найменша кутова відстань між двома світними точками, при якій зображення цих точок в фокальній площині об'єктива можуть бути баченими окремо; D-діаметр об'єктива.

- Роздільна здатність об'єктива мікроскопа виражають найменшою лінійною відстанню Δl між двома точками предмету, які ще видно окремо в мікроскоп,

$$\Delta l = 1,22 \frac{\lambda}{A},$$

де A- числова апертура об'єктива.

Дифракція сферичних світлових хвиль

4-1. Обчислити радіуси перших двох зон Френеля, якщо відстань від джерела світла до хвильової поверхні складає 1 м, відстань від хвильової поверхні до точки спостереження також 1 м. Довжина хвилі світла $\lambda=640$ нм.

4-2. Знайти радіус третьої зони Френеля, якщо точкове джерело знаходиться на відстані $a=1$ м від круглого отвору, а відстань від отвору до екрану $b=2$ м. Дифракційна картина спостерігається в монохроматичному світлі ($\lambda=500$ нм).

4-3. Дифракційна картина спостерігається на відстані 4 м від точкового джерела монохроматичного світла ($\lambda=0,5$ мкм). Посередині між екраном і джерелом розміщена діафрагма з круглим отвором. При якому радіусі отвору центр дифракційної картини на екрані буде найтемнішим?

4-4. На екрані спостерігається дифракційна картина від круглого отвору, який освітлюється монохроматичним точковим джерелом світла. Як зміниться освітленість у центрі картини, якщо екран забрати?

Дифракція плоских світлових хвиль на щілині

4-5. На щілину шириною 2 мкм падає нормально паралельний пучок монохроматичного світла з довжиною хвилі $\lambda=630$ нм. Знайти кути, в напрямку яких будуть спостерігатися мінімуми світла.

4-6. На щілину шириною 0,1 мм падає нормально монохроматичне світло ($\lambda=580$ нм). Визначити кут відхилення

променів (в градусах), що відповідає третій темній дифракційній смузі.

4-7. На щілину шириною 0,05 мм падає нормально монохроматичне світло ($\lambda=655$ нм). Визначити кут відхилення променів (в градусах), що відповідає четвертій світлій дифракційній смузі.

4-8. На вузьку щілину падає нормально монохроматичне світло з довжиною хвилі $\lambda=500$ нм. Друга світла дифракційна смуга спостерігається під кутом 1° . Знайти ширину щілини.

4-9. Який найбільший порядок максимуму можна спостерігати за допомогою щілини шириною 1 мкм при нормальному падінні променів з довжиною хвилі $\lambda=400$ нм?

4-10. Паралельний пучок монохроматичного світла падає на щілину шириною 28,5 мкм і після проходження щілини фокусується лінзою на екран, який розміщений на відстані 10 см від неї. На екрані спостерігаються дифракційні смуги, середня відстань між якими 0,23 см. Визначити довжину хвилі світла, яке падає нормально на щілину.

Дифракційна ґратка

4-11. Постійна дифракційної ґратки, встановленої в спектроскопі, 2 мкм. Під яким кутом до осі коліматора необхідно встановити зорову трубу для спостереження спектральної лінії 410 нм?

4-12. Обчислити постійну дифракційної ґратки, якщо для того щоб побачити червону лінію ($\lambda=700$ нм) в спектрі другого порядку зорову трубу прийшлося встановити під кутом 30° до осі коліматора? Яка кількість штрихів нанесена на 1 см довжини цієї ґратки? Світло падає на ґратку нормально.

4-13. Скільки штрихів на 1 мм довжини має дифракційна ґратка, якщо зелена лінія ртуті ($\lambda=546,1$ нм) в спектрі першого порядку спостерігається під кутом $19^\circ 8'$?

4-14. Дифракційна ґратка освітлена нормально монохроматичним пучком. В дифракційній картині максимум 2-го порядку відхилений на кут $\varphi_1=14^\circ$. На який кут φ_2 відхилений максимум третього порядку?

4-15. Кут дифракції на дифракційній ґратці для лінії натрію ($\lambda=589$ нм) в спектрі першого порядку складає $17^\circ 8'$. Знайти довжину лінії, яка в спектрі другого порядку має кут дифракції $24^\circ 12'$.

4-16. Яку величину повинна складати постійна дифракційної ґратки, щоб у напрямку $\varphi=41^\circ$ співпадали максимуми двох ліній: 656,3 нм і 410,3 нм?

4-17. На дифракційну ґратку нормально падає пучок світла від газорозрядної трубки, наповненої гелієм. На яку лінію в спектрі 3-го порядку накладається червона лінія гелію ($\lambda=670$ нм) в спектрі 2-го порядку?

4-18. Знайти найбільший порядок спектру для жовтої лінії натрію ($\lambda=589$ нм), якщо постійна дифракційної ґратки складає 2 мкм.

4-19. На дифракційну ґратку з періодом 2 мкм падає нормально світло, яке пропустили через світлофільтр. Фільтр пропускає хвилі довжиною від 500 нм до 600 нм. Чи будуть накладатися один на одного спектри різних порядків.

4-20. Спектри 2-го і 3-го порядків у видимій області від дифракційної ґратки частково перекриваються. Якій довжині хвилі в спектрі 3-го порядку відповідає $\lambda=700$ нм в спектрі 2-го порядку?

4-21. Дифракція світла на ультразвуковій хвилі в толуолі спостерігається в фокальній площині лінзи ($f=3$ см). При цьому використовується зелена лінія ртуті ($\lambda=546,1$ нм). Визначити швидкість звуку в толуолі, якщо відстань між сусідніми максимумами $\Delta x=5,46$ см, а частота ультразвукових коливань $\nu=4000$ кГц.

Дифракційні спектральні прилади

4-22. Яку роздільну здатність повинен мати спектральний прилад для розділення дублету натрію: $\lambda_1=589,0$ нм і $\lambda_2=589,6$ нм.

4-23. Порівняти роздільні здатності дифракційних ґраток, якщо одна має 420 штрихів на 1 мм при ширині 2 см, а друга - 700 штрихів на 1 мм при ширині 4,8 см.

4-24. Якою повинна бути довжина дифракційної ґратки, яка містить 50 штрихів на 1 мм, щоб в спектрі 2-го порядку можна було розділити дві лінії натрію 580 нм і 589,6 нм?

4-25. Знайти постійну дифракційної ґратки, якщо вона може розділити в першому порядку лінії спектру калію 404,4 нм і 404,7 нм. Ширина ґратки 3 см.

4-26. Якою повинна бути постійна дифракційної ґратки шириною 2,5 см, щоб в першому порядку був розділений дублет натрію 589 нм і 589,6 нм?

4-27. Визначити кутову дисперсію дифракційної ґратки з періодом 2 мкм для спектру 2-го порядку, якщо $\lambda=500$ нм.

4-28. Визначити кутову дисперсію дифракційної ґратки для $\lambda=589$ нм в спектрі першого порядку. Постійна ґратки складає $2,5 \cdot 10^{-4}$ см.

4-29. Кутова дисперсія дифракційної ґратки для $\lambda=668$ нм в спектрі першого порядку складає $2,02 \cdot 10^5$ рад/м. Знайти період дифракційної ґратки.

4-30. Для якої довжини хвилі дифракційна ґратка з постійною $d=5$ мкм має кутову дисперсію $D=6,3 \cdot 10^5$ рад/м в спектрі 3-го порядку?

4-31. На якій відстані одна від другої будуть знаходитись на екрані дві лінії спектру ртуті з довжинами хвиль 577 нм і 579 нм

в спектрі 1-го порядку, отриманого за допомогою дифракційної ґратки з періодом 4 мкм? Фокусна відстань лінзи, яка проектує спектр на екран, 60 см. Промені падають на ґратку нормально.

4-32. Яка лінійна дисперсія дифракційної ґратки для довжини хвилі 589 нм в спектрі 2-го порядку, якщо постійна ґратки 4 мкм, а фокусна відстань коліматорної лінзи 50 см?

4-33. На дифракційну ґратку, яка містить 500 штрихів на 1 мм, падає в напрямку нормалі до її поверхні біле світло. Спектр проектується лінзою, яка знаходиться поблизу ґратки, на екран. Визначити ширину спектру першого порядку на екрані, якщо відстань від лінзи до екрана складає 3 м.

Роздільна здатність оптичних приладів

4-34. Діаметр дзеркального об'єктива телескопа Кримської обсерваторії складає 2,6 м. Визначити роздільну здатність телескопа. Вважати, що око найбільш чутливе до світла довжиною хвилі 550 нм.

4-35. На вершині телевізійної вежі знаходяться на відстані $l=20$ см дві червоні лампи ($\lambda=640$ нм). Яким повинен бути найменший діаметр об'єктива зорової труби, щоб ці лампи можна було побачити окремо із відстані $r=15$ км?

4-36. Пересічне людське око може бачити на відстані 10 м окремо два паралельних штрихи на білому папері, які розміщені на відстані 3 мм. Чи відповідають ці дані роздільній здатності ока? Діаметр зіниці ока прийняти 2 мм.

4-37. На якій максимальній відстані спостерігач може розрізнити окремо дві жовті протитуманні фари автомашини, які розміщені на відстані 1,2 м одна від другої?

4-38. Діаметр дзеркала телескопа складає 2,6 м. Якою повинна бути мінімальна довжина відрізка на Місяці, щоб його зображення можна було би розрізнити від зображення точки?

4-39. Якою повинна бути мінімальна відстань між двома точками на поверхні Марса, щоб їх можна було розрізнити в телескоп з діаметром об'єктива 60 см ($\lambda=550$ нм)? Марс знаходиться у великому протистоянні, тобто відстань до Землі $56 \cdot 10^9$ м.

4-40. Пучок світла ($\lambda=633$ нм) від лазера, який знаходиться на Землі, фокусують з допомогою телескопа, діаметр об'єктива якого 2 м, на місячний кратер. Яким буде розмір світлової плями на Місяці, якщо відстань від Землі до Місяця 384400 км? Впливом атмосфери знехтувати.

4-41. Лазерний пучок світла ($\lambda=0,633$ мкм) діаметром 2 мм, розходження якого визначається тільки дифракцією, направляють на стіну будинку, який віддалений на 3 км. Знайти діаметр плями від лазерного променя на стіні будинку.

4-42. Сучасні фотоплівки здатні розділяти до $z=10^3$ ліній на 1 мм. Яку світлосилу (тобто відношення квадратів діаметра D і

фокусної відстані f) повинен мати об'єктив фотоапарата, щоб повністю використати роздільну здатність плівки?

4-43. На якій мінімальній відстані від телевізора (виражену у діагоналях екрану) повинен знаходитись глядач, щоб не бачити мозаїчної структури зображення на екрані. По висоті телевізійного екрану розміщено 625 стрічок. Співвідношення розмірів екрану 3:4.

4-44.*Яким повинно бути збільшення β мікроскопа, щоб повністю використати роздільну здатність його об'єктива з числовою апертурою A ?

5. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА

Основні формули

● При відбиванні світла від діелектрика повна поляризація відбитого променя настає при умові (закон Брюстера)

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21},$$

де i_B - кут падіння променя; n_{21} - відносний показник заломлення.

● Інтенсивність світла, яке пройшло через поляризатор і аналізатор (закон Малюса):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

де φ - кут між головними площинами поляризатора і аналізатора; I_0 - інтенсивність світла, яке пройшло через поляризатор.

● Кут повороту площини поляризації світла оптично активними речовинами визначається співвідношенням:

- в твердих тілах

$$\varphi = \alpha d,$$

де α - постійна повертання, яка залежить від природи речовини і довжини хвилі; d - довжина шляху, який пройшло світло в оптично активній речовині;

в розчинах

$$\varphi = [\alpha] C d,$$

де $[\alpha]$ - питоме повертання; C - масова концентрація оптично активної речовини в розчині.

● Крім природнього повертання площини коливань поляризованого світла оптично активними речовинами, таке ж повертання здійснюють всі інші речовини в сильному магнітному полі, при проходженні світла вздовж ліній магнітної індукції (ефект Фарадея). Кут повороту площини коливань в магнітному полі

$$\varphi = r B d,$$

де B - індукція магнітного поля; r - стала Верде, що характеризує речовину і залежить від довжини хвилі.

**Поляризація світла
при відбиванні та заломленні**

5-1. Знайти кут падіння, при якому відбитий від скла з показником заломлення $n=1,54$ промінь є повністю поляризованим.

5-2. Визначити кут повної поляризації при відбиванні світла від скла, показник заломлення якого складає $n=1,60$.

5-3. Кут Брюстера при падінні світла із повітря на кристал кам'яної солі складає 57° . Знайти показник заломлення кам'яної солі.

5-4. Визначте показник заломлення непрозорої емалі, для якої кут повної поляризації при відбиванні виявився рівним 58° .

5-5. Знайти показник заломлення скла, якщо відбитий від нього промінь повністю поляризований при куті падіння 59° .

5-6. На якій кутовій висоті над горизонтом повинно знаходитись Сонце, щоб сонячне світло, яке відбилось від поверхні води, було повністю поляризованим?

5-7. Під яким кутом до оптичної осі повинні бути нахилені скляні ($n=1,54$) пластинки в стопі Столетова?

5-8. Промінь світла відбивається від дна склянки, в яку налита вода. Відбитий промінь повністю поляризований при падінні його на дно склянки під кутом 50° . Знайти показник заломлення скла, з якого виготовлена склянка.

5-9. Паралельний пучок природнього світла падає на поліровану поверхню скляної пластинки, яка занурена у рідину. Відбитий пучок світла складає в повітрі кут $\varphi=97^\circ$ із падаючим. Знайти показник заломлення рідини, якщо відбите світло повністю поляризоване.

5-10. Знайти показник заломлення скла, якщо при відбиванні від нього світла відбитий промінь повністю поляризований при куті заломлення 30° .

5-11. Граничний кут повного внутрішнього відбивання для деякої речовини складає 45° . Знайти величину кута Брюстера для цієї речовини.

5-12. Яку величину складає кут повної поляризації речовини, в якій граничний кут повного внутрішнього відбивання 42° ?

5-13. Промінь світла падає під кутом $i=80^\circ$ на поверхню води, яку наливо в прозору посудину. Відбитий від дна посудини промінь виявився повністю поляризованим. Знайти показник заломлення матеріалу посудини.

5-14. Для деякої речовини граничний кут повного внутрішнього відбивання рівний куту Брюстера. Знайдіть показник заломлення цієї речовини.

Закон Малюса

5-15. Аналізатор послаблює в два рази інтенсивність поляризованого світла, яке на нього падає. Який кут між головними площинами поляризатора і аналізатора? Поглинанням та розсіянням світла знехтувати.

5-16. Кут між головними площинами двох ніколів складає 30° . Яка частина природнього світла, що падає на поляризатор, вийде з аналізатора?

5-17. Промінь природнього світла послідовно проходить через поляризатор і аналізатор, кут між головними площинами яких 60° . Яка доля початкового потоку вийде з аналізатора?

5-18. Який кут між головними площинами поляризатора і аналізатора, якщо інтенсивність природнього світла, яке пройшло через них, зменшилась в 4 рази. Поглинанням та розсіянням світла знехтувати.

5-19. Головні площини двох призм Ніколя утворюють між собою кут 30° . Як зміниться інтенсивність світла, що проходить через них, якщо кут між головними площинами ніколів змінити до 45° ?

5-20. Для демонстрації стереофільмів використовують два кінопроектори, світло від яких поляризоване у взаємно перпендикулярних площинах (вертикальній і горизонтальній). Для перегляду фільму глядачам видають поляроїдні окуляри, в яких орієнтація головних площин двох поляроїдів також взаємно перпендикулярна. На який максимальний кут можна нахилити голову при перегляді фільму, щоб зображення ще помітно не двоїлось? Вважається, що для задовільного зображення перехресне попадання світла не повинно перевищувати 20% його інтенсивності.

Оптична активність

5-21. Визначити товщину кварцової пластинки, для якої кут повороту площини поляризації світла з довжиною хвилі 589 нм складає 180° . Постійна повертання в кварці для цієї довжини хвилі $29,7^\circ/\text{мм}$.

5-22. Пластинку кварцу товщиною 2 мм, яка вирізана перпендикулярно до оптичної осі, розташували між двома ніколями. В результаті цього площина поляризації світла повернулась на кут 53° . Визначити товщину пластинки, при якій монохроматичне світло найбільше проходить через систему схрещених ніколів.

5-23. Концентрація розчину цукру, який налитий в скляну трубку, складає $0,3\text{г}/\text{см}^3$. Цей розчин повертає площину поляризації монохроматичного світла на 25° . Визначити концентрацію розчину в другій такій же трубці, якщо він повертає площину поляризації на 20° .

5-24. Розчин глюкози $C_1=280\text{ кг}/\text{м}^3$ налитий в скляну трубку цукриметра. Цей розчин повертає площину поляризації монохроматичного світла на кут $\varphi_1=32^\circ$. Знайти концентрацію C_2 глюкози в другому розчині, якщо при тих же умовах досліду він повертає площину поляризації на кут $\varphi_2=24^\circ$.

5-25. Між схрещеними ніколями поляриметра помістили трубку з розчином цукру. Поле зору при цьому стало максимально світлим. Визначити довжину трубки, якщо концентрація цукру

270 кг/м³, а його питоме повертання 66,5°/дм при концентрації 100 кг/м³.

5-26. Розчин цукру, який налитий в трубку довжиною 18 см і розміщений між поляризаторами, повертає площину коливань світла від натрієвої лампи на 30°. Яка концентрація розчину цукру (в кг/м³), якщо питоме повертання цукру для цієї довжини хвилі світла складає 66,7 · 10⁻² °/(м²·кг)?

5-27. Постійна магнітного повертання площини поляризації для CS₂ складає $\gamma = 725$ °/Тл·м (при $\lambda = 589$ нм). Знайти кут, на який повертається площина поляризації світла при його проходженні через CS₂ товщиною 1 см, який знаходиться в магнітному полі 1 Тл.

5-28. Знайти постійну Верде γ для заліза, якщо відомо, що шар заліза 1 мкм повертає площину поляризації на 13° в магнітному полі 1 Тл при $\lambda = 589$ нм.

6. ВЗАЄМОДІЯ СВІТЛА З РЕЧОВИНОЮ

Основні формули

- Інтенсивність світла, яке вийшло із шару речовини товщиною d після поглинання (закон Бугера):

$$I = I_0 e^{-\alpha d},$$

I_0 -інтенсивність світла, яке падає на поглинаючий шар; α -коефіцієнт поглинання.

- Для поглинання світла в розчинах виконується закон Бугера-Ламберта:

$$I = I_0 e^{-[\alpha] C d},$$

де $[\alpha]$ - коефіцієнт поглинання розчину одиничної концентрації; C -концентрація розчину.

- Коефіцієнт пропускання світла

$$\tau = \lg \frac{I}{I_0}.$$

- Оптична густина поглинаючого шару

$$D = \lg \frac{I_0}{I}.$$

- Зменшення інтенсивності світла внаслідок розсіюння:

$$I = I_0 e^{-k d},$$

де k -коефіцієнт розсіюння.

- Інтенсивність розсіяного світла речовиною залежить від довжини хвилі (закон Релея):

$$I = \frac{\mu}{\lambda^4},$$

де μ -постійна розсіюння; λ -довжина хвилі падаючого світла.

Дисперсія світла

6-1. Біле світло, яке пройшло через призму, розкладається в спектр. Чому тоді призми повного внутрішнього відбивання дають зображення без кольорової кайми?

6-2. Чому скляна призма непридатна для отримання спектрів інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання? Які призми потрібні для використання в цих спектральних діапазонах?

6-3. Поздовжня хроматична аберація симетричної збиральної лінзи 22 мм. Визначити радіус кривизни поверхонь лінзи, якщо

показник заломлення цього сорту скла складає для червоних променів 1,57, а для фіолетових 1,60.

6-4. Як буде змінюватись фокусна відстань лінзи при її рівномірному нагріванні?

6-5. Призма із заломлюючим кутом $\alpha=60^\circ$ виготовлена із флінту (сорт оптичного скла) з показником заломлення $n=1,70$. Обчислити кут $\Delta\varphi$, на який будуть розведені дві жовті лінії $\lambda_1=589,0$ нм і $\lambda_2=589,6$ нм в спектрі натрію, якщо дисперсія матеріалу призми в цьому діапазоні довжин хвиль $\frac{dn}{d\lambda} = -956 \text{ см}^{-1}$.

6-6. Випромінювання парів натрію паралельним пучком падає на призму із заломлюючим кутом 60° . Зображення джерела у вигляді тонких спектральних ліній отримується в фокальній площині лінзи з фокусною відстанню 50 см. Визначити на якій відстані одна від одної лежать дві жовті спектральні лінії, якщо для однієї з них показник заломлення призми складає 1,48810, а другої - на 10^{-5} більший. Призма знаходиться в положенні найменшого відхилення.

6-7. Відомо, що залежність показника заломлення прозорих речовин від довжини хвилі визначається таким співвідношенням (формула Коші): $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$. Показник заломлення води для

$\lambda_1=441$ нм складає $n_1=1,341$, а при $\lambda_2=589$ нм - $n_2=1,334$ нм. Знайти дисперсію води для вказаних довжин хвиль.

6-8. Відомо, що залежність показника заломлення прозорих речовин від довжини хвилі визначається таким співвідношенням (формула Коші): $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$. Показник заломлення води для

$\lambda_1=441$ нм складає $n_1=1,341$, а при $\lambda_2=589$ нм - $n_2=1,334$ нм. Знайти показник заломлення та дисперсію води для довжини хвилі $\lambda=500$ нм.

6-9. Користуючись формулою Коші (див. задачу 6-7) знайти показник заломлення та дисперсію важкого крону (сорт скла) для довжини хвилі $\lambda=500$ нм. Показники заломлення важкого крону для $\lambda_1=486,1$ нм складає $n_1=1,620$, а при $\lambda_2=589,3$ нм - $n_2=1,613$ нм.

Поглинання світла

6-10. Прозора пластинка пропускає половину світлового потоку, який падає на неї. Визначити коефіцієнт поглинання, якщо товщина пластинки 4,2 см. Розсіянням світла знехтувати. Вважати, що 10% падаючого світлового потоку відбивається від поверхонь пластинки.

6-11. Чому в парниках температура помітно вища, ніж оточуючого середовища?

6-12. Товщина скла в теплиці 2 мм. Коефіцієнт поглинання скла для інфрачервоної області спектру $0,62 \text{ см}^{-1}$. Яка доля сонячної енергії в інфрачервоній області досягає рослин?

6-13. Знайти оптичну густину розчину, якщо його коефіцієнт пропускання $\tau=0,3$?

6-14. Пластинка товщиною 3,8 мм пропускає 84% світлового потоку, який падає на неї. Друга пластина із такого ж матеріалу товщиною 9,0 мм пропускає 70% світлового потоку. Знайти коефіцієнт поглинання для цієї речовини. Світло падає на пластинки нормально.

6-15. В 4%-ному розчині речовини в прозорому розчиннику інтенсивність світла на глибині 20 мм послаблюється в 2 рази. В скільки разів послаблюється інтенсивність світла на глибині 30 мм у 8%-ному розчині цієї ж речовини?

6-16. Яка концентрація досліджуваного розчину, якщо однакова освітленість фотометричних полів була отримана від еталонного 3%-ного розчину при товщині 8 мм, та від досліджуваного при товщині 24 мм?

Розсіювання світла

6-17. При проходженні монохроматичного світла через шар товщиною 15 см його інтенсивність зменшується в 4 рази. Визначити коефіцієнт розсіювання, якщо коефіцієнт поглинання $0,025 \text{ см}^{-1}$.

6-18. У скільки разів інтенсивність молекулярного розсіювання синього світла ($\lambda_1=460 \text{ нм}$) переважає інтенсивність розсіювання червоного світла ($\lambda_2=650 \text{ нм}$)?

6-19. Чому червоне небо на заході - це надійна ознака того, що скоро буде вітряна погода?

6-20. Який існує зв'язок між молекулярним розсіюванням світла в атмосфері та прапором нашої держави?

7. ФОТОМЕТРИЯ

Основні формули

- Повний світловий потік, який випромінює ізотропне точкове джерело світла,

$$\Phi_0 = 4\pi I,$$

де I -сила світла джерела.

- Світловий потік, який випромінює ізотропне точкове джерело в тілесний кут ω ,

$$\Phi = I\omega.$$

- Освітленість поверхні визначається співвідношенням

$$E = \frac{\Phi}{S},$$

де S -площа поверхні, на якій рівномірно розподілений світловий потік Φ , що падає на неї.

- Освітленість поверхні, яка створена ізотропним точковим джерелом світла,

$$E = \frac{I}{r^2} \cos i,$$

де r -відстань від джерела світла до поверхні; i -кут падіння променів на поверхню.

- Яскравість поверхні, яка світиться,

$$B = \frac{I}{S \cos \theta},$$

де I -сила світла в напрямку спостерігача; S -площа поверхні, яка рівномірно світиться; θ -кут між нормаллю до світної поверхні і напрямком спостереження.

- Світність визначається співвідношенням

$$R = \frac{\Phi}{S},$$

де Φ -світловий потік, який випромінюється поверхнею; S -площа цієї поверхні.

- Якщо яскравість не залежить від напрямку, то світність і яскравість зв'язані співвідношенням

$$R = \pi B.$$

7-1. У скільки разів в Дрогобичі освітленість поверхні Землі 22 грудня менша, ніж 22 червня? Висота Сонця над горизонтом опівдні 22 червня - 64° , а 22 грудня - 17° .

7-2. Визначити повний світловий потік, який дає ізотропне точкове джерело, якщо на відстані 2 м від нього освітленість 15 лк.

7-3. Світло від електричної лампочки силою світла 200 кд падає під кутом 45° на робоче місце і створює там освітленість 141 лк. Знайти на якій відстані від робочого місця знаходиться лампочка.

7-4. Для читання вважається нормальною освітленість в 50 лк. На якій висоті над столом необхідно повісити лампу силою світла 50 кд, щоб забезпечити таку освітленість в точках поверхні стола, які лежать безпосередньо під лампою.

7-5. На одному кінці метрової лінійки знаходиться лампочка силою світла 16 кд, а на другому кінці - лампочка силою світла 9 кд. Де потрібно розташувати екран між лампочками, щоб він був однаково освітлений з обох сторін?

7-6. На одному кінці метрової лінійки розміщене точкове джерело силою світла 1 кд, а на другому кінці лінійки знаходиться лампочка з невідомою силою світла. Екран однаково освітлений з обох сторін, коли він знаходиться на відстані 10 см від джерела з відомою силою світла. Обчислити силу світла лампочки.

7-7. Предмет при фотографуванні освітлювався електричною лампою, розташованою на відстані 2 м від нього. В скільки разів треба змінити експозицію при фотографуванні, якщо цю лампу відсунути на відстань 3 м від предмета?

7-8. Над центром квадратної спортивної площадки на висоті 5 м висить лампа. Розрахувати, на якій відстані від центру площадки освітленість поверхні землі в 2 рази менша, ніж в центрі площадки. Вважати, що сила світла лампи по всіх напрямках однакова.

7-9. В центрі квадратної кімнати площею $S=16 \text{ м}^2$ висить лампа. Вважаючи лампу точковим джерелом світла, знайти, на якій висоті від підлоги повинна знаходитись лампа, щоб освітленість підлоги в кутах кімнати була найбільшою.

7-10. Для освітлення вулиці застосовуються лампи силою світла 300 кд, які підвішені на стовпах на висоті 3 м. Відстань між стовпами 28 м. Визначить освітленість поверхні землі посередині між стовпами.

7-11. На відстані 1 м від точкового джерела знаходиться екран. Щоб збільшити його освітленість з другої сторони від джерела світла на такій же відстані паралельно до екрану розташували плоске дзеркало. Яку освітленість створює це джерело в центрі екрану, якщо його сила світла 5 кд?

7-12. Над горизонтальною поверхнею, освітленою точковим джерелом силою світла 60 кд, на шляху променів розташували збиральну лінзу так, що джерело знаходиться в її фокусі. Визначити оптичну силу лінзи, якщо освітленість поверхні під джерелом світла 15 лк. Втрати світла в лінзі знехтувати.

7-13. Знайти освітленість на поверхні Землі, яка викликається сонячними променями, які падають на неї нормально. Яскравість Сонця $1,5 \cdot 10^9$ кд/м². Диск Сонця видно із Землі під кутом $32'$.

7-14. Чи залежить яскравість розжареної кульки від відстані до неї?

7-15. Діаметр матової сферичної колби електричної лампочки 6 см. Знайти світність і яскравість цієї лампи, якщо вона дає силу світла 100 кд.

7-16. Обчисліть і порівняйте між собою сили світла розжареної до білого кольору металевої кульки яскравістю $3 \cdot 10^6$ кд/м² і світильника у вигляді кулі яскравістю $3 \cdot 10^3$ кд/м², якщо радіуси кульки і світильника відповідно складають 1 мм і 10 см.

7-17. Світильник у вигляді кулі з матового скла створює на відстані $L = 5$ м при нормальному падінні променів освітленість $E = 6$ лк. Визначити яскравість B світильника, якщо його діаметр $d = 20$ см.

7-18. Визначити силу світла лампи, яка знаходиться всередині матового плафона сферичної форми, радіус якого 8 см. Яскравість такого світильника 4480 кд/м², коефіцієнт втрат $k = 0,1$.

7-19. Тонка збиральна лінза з фокусною відстанню $f = 15$ см і діаметром $d = 5$ см дає зображення Сонця на екрані, розміщеному нормально до сонячних променів. Нехтуючи втратами світла в лінзі, знайти середню освітленість зображення, якщо яскравість Сонця $B = 1,5 \cdot 10^9$ кд/м².

8. ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Основні формули

- Сумарна потужність випромінювання з одиниці площі абсолютно чорного тіла (АЧТ) (закон Стефана-Больцмана)

$$R = \sigma T^4,$$

де T - температура АЧТ; σ - постійна Стефана-Больцмана.

- Сумарна потужність випромінювання з одиниці площі сірого тіла

$$R = \varepsilon \sigma T^4,$$

де ε - коефіцієнт поглинаючої здатності тіла (коефіцієнт «чорноти»).

- Довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії випромінювання, (закон зміщення Віна)

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

де b - постійна Віна.

Закон Стефана-Больцмана

8-1. Обчислити енергію, яка випромінюється з поверхні Сонця площею 1 м^2 за 1 хвилину, прийнявши температуру його поверхні рівною 5800 К . Вважати, що Сонце випромінює як АЧТ.

8-2. Температура АЧТ змінюється від 1340°F до 3140°F . В скільки разів зміниться при цьому енергія, яку випромінює тіло?

8-3. Яка енергія випромінюється за 1 хвилину із оглядового вікна площею 8 см^2 мартенівської печі, якщо в середині печі температура 1200 К .

8-4. Температура АЧТ складає 127°C . Після його нагрівання сумарна потужність випромінювання збільшилась в 3 рази. На скільки підвищилась при цьому температура тіла?

8-5. Потік енергії із оглядового вікна доменної печі складає 34 Вт . Визначити температуру в печі, якщо площа вікна 6 см^2 .

8-6. Потужність випромінювання з поверхні Землі в космос приймають рівною $9,1 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$. При якій температурі АЧТ має таку ж потужність випромінювання?

8-7. Еталон одиниці сили світла - кандела - являє собою повний (такий, що випромінює світло всіх довжин хвиль) випромінювач, поверхня якого площею $0,5305 \text{ мм}^2$ має температуру тверднення платини (1063°C). Визначити потужність випромінювача.

8-8. Інтенсивність сонячної радіації безпосередньо за межами атмосфери Землі (сонячна постійна) складає $1,35 \cdot 10^3 \text{ Дж/(м}^2 \cdot \text{с)}$.

Вважаючи, що Сонце випромінює як абсолютно чорне тіло, знайти температуру його поверхні.

8-9. Знаючи величину сонячної постійної для Землі (1395 Вт/м^2), знайти величину сонячної постійної для планети Марс. Диск Сонця із планети Марс видно під кутом $20'45''$.

8-10. Визначити температуру зачорненої металевої пластинки, яка знаходиться безпосередньо поза земною атмосферою, і розміщена перпендикулярно до сонячних променів.

8-11. Знайти температуру чорної мідної сфери, яка знаходиться в космосі на такій же віддалі від Сонця як Земля.

8-12. Сонячне проміння падає перпендикулярно на деяку область в екваторіальній Африці. Якщо поверхня випромінює як АЧТ, то яка максимальна температура цієї області. Сонячна постійна 1395 Вт/м^2 .

8-13. Як би змінилась загальна кількість енергії, яку випромінює Сонце, якщо б одна його половина трохи охолодилась, а друга - на стільки ж нагрілась?

8-14. Муфельна піч споживає потужність 1 кВт . Температура її внутрішньої поверхні при відкритому отворі площею 25 см^2 складає 1200 К . Вважаючи, що отвір печі випромінює як АЧТ, визначити, яка частина потужності розсівається стінками.

8-15. Розжарена до 4220°F поверхня випромінює 800 Вт з квадратного сантиметра. Знайти відношення енергетичної світності цієї поверхні до поверхні АЧТ.

8-16. Площа поверхні вольфрамової нитки розжарення вакуумної лампи потужністю 25 Вт - $0,403 \text{ см}^2$, а її температура розжарення 2177°C . В скільки разів менше енергії випромінює лампа, ніж АЧТ із поверхнею такої ж площі при тій же температурі? Вважати, що в стані рівноваги все тепло від нитки розжарення втрачається тільки шляхом випромінювання.

8-17. Стальна заготовка, температура якої 727°C , випромінює за одну секунду 4 Дж енергії з поверхні площею 1 см^2 . Визначити відношення енергетичних світностей сталльної заготовки і АЧТ при даній температурі, вважаючи, що воно однакове для всіх довжин хвиль.

8-18. Яка кількість енергії випромінюється за 1 с з 1 см^2 свинцю, що твердне? Відношення енергетичних світностей поверхні свинцю і АЧТ для даної температури вважати рівним $0,6$. Температура плавлення свинцю 327°C .

8-19. Яку енергію випромінює на протязі доби цегляний заштукатурений будинок із загальною поверхнею 1000 м^2 , якщо температура випромінюючої поверхні 0°C ? Відношення енергетичних світностей такого типу будинку і АЧТ для даної температури $k=0,8$.

8-20. В якому випадку лампа розжарення дає більше світла: коли вона живиться постійним струмом чи змінним, діюче значення якого дорівнює напрузі постійного струму?

8-21. Температура вольфрамової спіралі у 25 -ватної лампочки розжарення складає 3950°F . Відношення її енергетичної

світності до енергетичної світності АЧТ при даній температурі складає 0,3. Знайти площу випромінюючої поверхні спіралі.

Закон Віна

8-22. У скільки разів збільшиться потужність випромінювання АЧТ, якщо максимум випромінювальної здатності переміститься від 700 нм до 600 нм?

8-23. Температура АЧТ змінилась при нагріванні від 1327⁰С до 1727⁰С. На скільки змінилась при цьому довжина хвилі, на яку приходить максимум випромінювальної здатності. В скільки разів збільшилась інтегральна випромінювальна здатність?

8-24. В якій області спектру лежать довжина хвилі, яка відповідає максимуму випромінювальної здатності Сонця, якщо температура його поверхні 5800 К?

8-25. Яка потужність випромінювання АЧТ площею 1 м², якщо максимальна густина його випромінювання припадає на довжину хвилі 600 нм?

8-26. Потужність випромінювання АЧТ складає 10⁸ кВт, а максимальна випромінююча здатність припадає на довжину хвилі 600 нм. Знайти площу тіла.

8-27. Потужність випромінювання АЧТ складає 10 кВт. Знайти площу поверхні тіла, яке випромінює. Відомо, що довжина хвилі, на яку припадає максимум в спектрі випромінювання, дорівнює 700 нм.

8-28. Із отвору в печі площею 10 см² випромінюється 250 кДж енергії за 1 хвилину. В якій області спектру лежить довжина хвилі, на яку припадає максимум випромінювальної здатності?

9. КВАНТОВІ ВЛАСТИВОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Основні формули

- Енергія фотона:

$$E = h\nu,$$

де h -постійна Планка; ν -частота світла.

- Релятивіська маса та імпульс фотона:

$$m = \frac{E}{c^2} \quad \text{і} \quad p = \frac{h\nu}{c},$$

де c -швидкість світла у вакуумі.

- Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

де A -робота виходу електрона з металу; v -швидкість електрона, вирваного з металу внаслідок фотоефекту;
 m -маса електрона.

- Червона межа фотоефекту

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A},$$

де λ_0 -максимальна довжина хвилі світла, при якій ще можливий фотоефект.

- Тиск світла при нормальному падінні:

$$P = \frac{I}{c}(1 + \rho),$$

де ρ - коефіцієнт відбивання світла; I - густина потоку світлової енергії.

● Узагальнена формула Бальмера, що визначає довжину хвилі світла, яку випромінює (або поглинає) атом водню (воднеподібний іон) при переході електрона з одного рівня, з головним квантовим числом m , на інший, з головним квантовим числом n ,

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

де R -постійна Рітберга; Z -порядковий номер елемента.

Енергія, імпульс та маса фотона

9-1. Знайти енергію фотона: 1) червоного ($\lambda=700$ нм), 2) зеленого ($\lambda=550$ нм), 3) фіолетового ($\lambda=420$ нм) світла.

9-2. Чи належить до видимого світла випромінювання, фотони якого володіють енергією $6 \cdot 10^{-19}$ Дж?

9-3. Знайти довжину хвилі, якщо відповідний їй фотон володіє енергією 10^{-19} Дж. До якої частини спектру належить ця довжина хвилі?

9-4. Визначити частоту світла і порівняти енергію фотонів, які відповідають довжинам хвиль у спектрі ртуті: 1) $\lambda=254$ нм і 2) $\lambda=313$ нм.

9-5. Визначити релятивіську масу фотона світла з довжиною хвилі: 1) $\lambda=400$ нм і 2) $\lambda=760$ нм.

9-6. Якої довжини хвилі повинно бути випромінювання, щоб релятивіська маса його фотона дорівнювала масі спокою електрона?

9-7. Яка довжина хвилі відповідає фотону, релятивіська маса якого $1,66 \cdot 10^{-30}$ кг?

9-8. Енергія фотона 1 МеВ. Визначити імпульс фотона.

9-9. Точкове монохроматичне ($\lambda=589$ нм) джерело світла споживає потужність 100 Вт. К.к.д. джерела - 0,1%. Обчислити число фотонів, які випромінює джерело світла за одну секунду.

Фотоефект

9-10. Визначити червону межу фотоефекту для платини і срібла.

9-11. Визначити червону межу фотоефекту для вольфраму і цезію.

9-12. Червона межа фотоефекту для заліза, ртуті, літію, натрію, калію визначається відповідно такими довжинами хвиль 262 нм, 274 нм, 517 нм, 540 нм і 620 нм. Знайти роботу виходу електронів з цих металів і виразити її в електрон-вольтах.

9-13. Чи буде спостерігатись фотоефект, якщо на поверхню срібла направити ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 300 нм?

9-14. Які метали придатні для виготовлення фотокатодів вакуумних фотоелементів, що призначені для реєстрації світла усього видимого діапазону?

9-15. Знайти максимальну швидкість електронів, які вириваються з поверхні молибдену світлом із довжиною хвилі 200 нм?

9-16. На цинкову пластинку падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 220 нм. Визначити максимальну швидкість фотоелектронів.

9-17. Ультрафіолетове випромінювання довжиною хвилі 350 нм вириває електрони з рубідієвого фотокатода. Яку затримуючу

напругу треба прикласти до фотоелемента, щоб припинити струм. Червона межа фотоелемента для рубідію 810 нм.

9-18. На поверхню літєвого фотокатода падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 310 нм. Щоб припинити емісію електронів, треба прикласти затримуючу напругу не меншу 1,7 В. Визначити роботу виходу електронів з літію.

9-19. На розміщену у вакуумі ізольовану металеву пластинку падає світло з довжиною хвилі 450 нм. Робота виходу електронів із металу 2 еВ. До якого потенціалу зарядиться пластинка при неперервному її освітленні?

9-20. Електроди вакуумного фотоелемента (один - цезієвий, другий - мідний) сполучені зовні накоротко. Цезієвий електрод фотоелемента освітлюється монохроматичним світлом. Знайти найбільшу довжину хвилі світла, при якій ще можливий фотострум.

Тиск світла

9-21. В класичних дослідах Лебедева випромінювання попадало на крильчатки дуже чутливої крутильної ваги. Обчислити тиск, який діяв на воронені і дзеркальні крильчатки вимірювальної установки, якщо потік світлової енергії складав $1,05 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

9-22. Густина потоку світлової енергії, що падає на поверхню, складає $7 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Знайти тиск світла для випадків, коли поверхня: 1) повністю відбиває всі промені; 2) повністю поглинає всі промені, які падають на неї.

9-23. Світло чинить тиск $0,2 \text{ мПа}$ на плоске дзеркало. Визначити інтенсивність світла, яке падає на поверхню дзеркала з коефіцієнтам відбивання $\rho=0,6$. Вважати, що світловий потік падає нормально на поверхню дзеркала.

9-24. Астроном Бредіхін пояснив форму кометних хвостів тиском сонячних променів. Знайти тиск сонячних променів на абсолютно чорну частинку комети площею $0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2$, яка знаходиться поблизу Землі.

9-25. Світловий потік потужністю 9 Вт нормально падає на поверхню площею 10 см^2 , коефіцієнт відбивання якої $\rho=0,8$. Який світловий тиск діє на цю поверхню?

9-26. На поверхню площею 10 см^2 падає світло довжиною хвилі 500 нм. Інтенсивність світла така, що за одну секунду падає $n=10^{18}$ фотонів. Знайти тиск світла на поверхню, якщо коефіцієнт відбивання її $\rho=0,7$.

9-27. Рубіновий лазер випромінює в імпульсі тривалістю 0,1 мс енергію 10 Дж у вигляді вузького, майже паралельного пучка монохроматичного світла. Його зфокусували у цятку діаметром 10 мкм на поверхню з коефіцієнтом відбивання $\rho=0,5$, яка перпендикулярна до пучка. Знайти середній за час імпульсу тиск пучка світла на поверхню,

Спектральні серії

- 9-28.** Знайти довжини хвиль першої, другої і третьої ліній видимої серії водню (серія Бальмера).
- 9-29.** Знайти найбільшу довжину хвилі в ультрафіолетовій серії спектру водню (серія Лаймана).
- 9-30.** Знайти найкоротшу довжину хвилі серії Бальмера для водню.
- 9-31.** Визначити границі серії Бальмера для водню.
- 9-32.** Визначити енергію фотона, яка відповідає найкоротшій довжині хвилі в ультрафіолетовій серії водню.
- 9-33.** Обчислити довжину хвилі, яку випромінює іон гелію He^+ при переході з четвертого енергетичного рівня на третій.
- 9-34.** Обчислити довжину хвилі, яку випромінює іон літію Li^{2+} при переході з третього енергетичного рівня на перший.
- 9-35.** Обчислити енергію фотона, який випромінюється при переході електрона в атомі водню з третього енергетичного рівня на другий.
- 9-36.** Знайти енергію E_i й потенціал U_i іонізації іонів He^+ та Li^{2+} .
- 9-37.** Атом водню переведений з основного у збуджений стан, який характеризується головним квантовим числом $n=2$. Знайти затрачену при цьому енергію.
- 9-38.** Яка енергія потрібна, щоб відірвати від ядра водню електрон, який знаходиться на другому електронному рівні?
- 9-39.** Атом водню переведений із основного у збуджений стан, який характеризується квантовим числом $n=3$. Які спектральні лінії можуть з'явитися в спектрі водню при переході атома в основний стан?

10.БУДОВА ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЯДЕР

Основні формули

- Енергія зв'язку ядра довільного ізотопу

$$E_{зв} = c^2 \Delta m ,$$

де c -швидкість світла у вакуумі; Δm -дефект маси ядра.

- Дефект маси ядра, тобто різниця між сумою мас вільних протонів і нейтронів та масою, утвореного з них ядра,

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - {}^A_Z m_{я} ,$$

де Z -зарядове число (число протонів у ядрі); A -масове число (число нуклонів у ядрі); m_p і m_n -відповідно маси протона і нейтрона; ${}^A_Z m_{я}$ - маса ядра.

- Якщо взяти не масу ядра, а масу атома ${}^A_Z m_A$, то замість маси протона треба брати масу атома водню ${}^1_1 H$ - m_H

$$\Delta m = Z m_H + (A - Z) m_n - {}^A_Z m_A$$

В ядерній фізиці прийнято використовувати для характеристики маси атомів, ядер та інших частинок атомну одиницю маси (а.о.м.), яка дорівнює 1/12 маси атома вуглецю ${}^{12}_6 C$:

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Дефекту маси, який складає 1 а.о.м., відповідає енергія зв'язку ядра, яка дорівнює 931,5037 МеВ.

- Питома енергія зв'язку ядра (енергія зв'язку на нуклон)

$$E_{num} = \frac{E_{зв}}{A} .$$

- Закон радіоактивного розпаду

$$N = N_0 e^{-\lambda t} ,$$

де N_0 -число радіоактивних атомів в початковий момент; N -їх число на момент часу t ; λ -постійна розпаду.

- Період піврозпаду

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} .$$

- Активність радіоактивного препарату

$$A = \frac{dN}{dt} = N \lambda .$$

- Зміна енергії при ядерній реакції

$$\Delta E = c^2(\Sigma m_1 - \Sigma m_2),$$

де Σm_1 -сума мас частинок до реакції; Σm_2 -сума мас частинок після реакції.

Якщо $\Sigma m_1 > \Sigma m_2$, то реакція протікає з виділенням енергії, якщо $\Sigma m_1 < \Sigma m_2$, то реакція відбувається з поглинанням енергії.

Будова атомного ядра

10-1. Скільки нуклонів, протонів і нейтронів входить до складу ізоотопів вуглецю: а) $^{10}_6C$; б) $^{11}_6C$; в) $^{12}_6C$?

10-2. Скільки нуклонів, протонів і нейтронів входить до складу ядер ізоотопів магнію: а) $^{24}_{12}Mg$; б) $^{25}_{12}Mg$; в) $^{26}_{12}Mg$?

10-3. Знайти енергію зв'язку ядра атома дейтерію 2_1H .

10-4. Знайти енергію зв'язку ядра атома гелію 4_2He .

10-5. Знайти енергію зв'язку ядра атома літію 7_3Li .

10-6. Обчислити енергію зв'язку ядра атома бору $^{11}_5B$.

10-7. Визначити дефект маси і енергію зв'язку ядра атома важкого водню.

10-8. Обчислити енергію зв'язку ядер ізоотопів водню 3_1H і гелію 3_2He . Яке з цих ядер більш стійке?

10-9. Обчислити енергію зв'язку ядер ізоотопів урану $^{235}_{92}U$ і $^{238}_{92}U$. Яке з цих ядер більш стійке?

10-10. Порівняти енергію зв'язку, яка припадає на один нуклон в ядрах дейтерію 2_1H і заліза $^{56}_{26}Fe$.

10-11. Яке з ядер більш стійке: ксенону $^{131}_{54}Xe$ чи урану $^{238}_{92}U$?

10-12. Визначити енергію, яка виділяється при об'єднанні одного протона і двох нейтронів в атомне ядро.

10-13. Визначити питому енергію зв'язку ядра вуглецю $^{12}_6C$.

10-14. Яку найменшу енергію треба затратити, щоб відірвати один нейтрон від ядра азоту $^{14}_7N$?

10-15. Яку найменшу енергію треба затратити, щоб відірвати один протон від ядра азоту $^{14}_7N$?

10-16. Яку найменшу енергію треба затратити, щоб розділити ядро гелію 4_2He на дві рівні частини?

10-17. Визначити енергію, яка виділиться при утворенні ядер гелію 4_2He масою $m=1$ г з протонів і нейтронів.

- 10-18.** Які отримаються хімічні елементи, якщо в ядрах ${}^3_2\text{He}$, ${}^7_4\text{Be}$, ${}^{15}_8\text{O}$ протони замінити нейтронами, а нейтрони - протонами?
- 10-19.** Яку частину маси нейтрального атома плутонію складає маса його електронної оболонки?

Перетворення ядер при радіоактивному розпаді

- 10-20.** Ядро ізотопу кобальту ${}^{60}_{27}\text{Co}$ викинуло негативно заряджену β -частинку. У ядро якого елементу воно перетворилось?
- 10-21.** В ядро якого елементу перетворилось ядро фосфору ${}^{30}_{15}\text{P}$, яке викинуло позитивно заряджену β -частинку?
- 10-22.** Радіоактивний ізотоп кремнію ${}^{27}_{14}\text{Si}$ розпадається і перетворюється в алюміній ${}^{27}_{13}\text{Al}$. Яка частинка при цьому викидається?
- 10-23.** Ядро берилію захопило електрон з К-оболонки атома. Яке ядро утворилось в результаті К-захоплення?
- 10-24.** Визначити, який утворився ізотоп із торію ${}^{232}_{90}\text{Th}$ після трьох α - і двох β - розпадів.
- 10-25.** Елемент торію ${}^{232}_{90}\text{Th}$ в результаті радіоактивного розпаду перетворився в ізотоп свинцю ${}^{208}_{82}\text{Pb}$. Скільки α - і β -частинок викидає при цьому кожен атом?
- 10-26.** Скільки α - і β -частинок викидається при перетворенні ядра урану ${}^{233}_{92}\text{U}$ в ядро вісмуту ${}^{209}_{83}\text{Bi}$?
- 10-27.** В який елемент перетворюється уран ${}^{238}_{92}\text{U}$ після трьох α - і чотирьох β -розпадів?
- 10-28.** В який елемент перетворюється радій ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ після п'яти α - і чотирьох β -розпадів?
- 10-29.** Радіоактивний елемент нептунію ${}^{241}_{93}\text{Np}$ в результаті ряду розпадів перетворюється в стабільний ізотоп вісмуту ${}^{209}_{83}\text{Bi}$. Знайти число α - і β -розпадів.
- 10-30.** Ядро радіоактивного елементу після викидання однієї α - і двох β -частинок перетворилось в ядро урану. Знайти вихідний радіоактивний елемент.

Закон радіоактивного розпаду

10-31. Постійна радіоактивного розпаду λ рубідію $^{89}_{37}\text{Rb}$ складає $7,7 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Обчислити його період піврозпаду T .

10-32. Яка доля початкового числа атомів радію $^{226}_{88}\text{Ra}$ розпадається за 2300 років?

10-33. За один рік початкова кількість радіоактивного ізотопу зменшилась в три рази. У скільки разів вона зменшиться за два роки?

10-34. Через який час у препараті полонію $^{210}_{84}\text{Po}$ розпадеться 75% наявних ядер, якщо неперервно забирати продукти розпаду?

10-35. Яка частина початкової кількості ядер радіоактивного ізотопу кобальту $^{60}_{27}\text{Co}$ розпадеться за один рік?

10-36. Яка частина початкової кількості атомів радіоактивного ізотопу актинію $^{225}_{89}\text{Ac}$ залишиться через 14,5 діб?

10-37. Визначити число ядер, які розпадаються за 10 с в препараті радіоактивного ізотопу активністю $A=0,1 \cdot 10^6$ Бк. Вважати активність незмінною на протязі вказаного часу.

10-38. Скільки α -частинок викидає торій $^{232}_{90}\text{Th}$ масою 1 г за одну секунду?

10-39. Скільки ядер розпадається за одну секунду в препараті радіоактивного ізотопу іридію $^{192}_{77}\text{Ir}$ масою 5 г?

10-40. Скільки ядер розпадається за одну секунду в шматочку урану $^{238}_{92}\text{U}$ масою 1 мг? Яка активність цього урану?

10-41. За одну добу активність ізотопу зменшилась від 118 ГБк до 8 ГБк. Визначити період піврозпаду T цього ізотопу.

10-42. На скільки процентів знизиться активність ізотопу $^{192}_{77}\text{Ir}$ за 30 діб?

10-43. Визначити проміжок часу τ , на протязі якого активність ізотопу стронцію $^{90}_{38}\text{Sr}$ зменшиться в 10 разів.

10-44. Знайти масу m_1 урану $^{238}_{92}\text{U}$, який має таку ж активність, як стронцій $^{90}_{38}\text{Sr}$ масою $m_2=1\text{мг}$.

10-45. Хворому в середину вени ввели розчин об'ємом 3 см^3 , який містить штучний радіоактивний ізотоп натрію $^{24}_{11}\text{Na}$, активністю $A_0=2000$ Бк. Активність крові об'ємом 3 см^3 , яку взяли з вени через 22 год, виявилась $A=0,45$ Бк. Знайти об'єм крові пацієнта.

10-46. Древнє вугілля, що виявили археологи на стоянці древньої людини, містить радіоактивний ізотоп ^{14}C , який був засвоєний ще живою рослиною. Активність вугілля 1676 Бк/кг,

ця ж активність в живому дереві 255 Бк/кг. Скільки часу минуло з моменту горіння ватри древньої людини?

Ядерні реакції

10-47. Французькі вчені Ірен та Фредерік Жоліо-Кюрі, які відкрили штучну радіоактивність, піддавали бомбардуванню α -частинками бор ${}^{10}_5B$, алюміній ${}^{27}_{13}Al$ і магній ${}^{24}_{12}Mg$. Із штучно отриманого ядра внаслідок радіоактивного розпаду вилітає нейтрон. Написати ядерні реакції.

10-48. При бомбардуванні ізотопу азоту ${}^{14}_7N$ нейтронами отримується ізотоп вуглецю ${}^{14}_6C$, який виявляється β -радіоактивним. Написати рівняння обох реакцій.

10-49. При бомбардуванні ізотопу алюмінію ${}^{27}_{13}Al$ α -частинками отримується радіоактивний ізотоп фосфору ${}^{30}_{15}P$, який потім розпадається з виділенням позитрона. Написати рівняння обох реакцій.

10-50. Ядро урану ${}^{235}_{92}U$ після захоплення одного нейтрона розділилось на два уламки і при цьому вивільнилось ще два нейтрони. Одним уламком виявилось ядро ксенону ${}^{140}_{54}Xe$. Написати рівняння реакції і встановити природу другого уламка.

10-51. При опроміненні в реакторі нейтронами стабільний ізотоп кобальту ${}^{59}_{27}Co$ перетворюється в радіоактивний ізотоп ${}^{60}_{27}Co$, який внаслідок β -розпаду перетворюється в нікель ${}^{60}_{28}Ni$. Написати рівняння реакцій.

10-52. Ядро бору ${}^{10}_5B$ при захопленні нейтрона ділиться на ядра літію і гелію. Написати ядерну реакцію і визначити енергію, яка вивільняється при цій реакції.

10-53. Ядро берилію 9_4Be захоплюючи ядро дейтерію перетворюється в ядро бору ${}^{10}_5B$. Написати рівняння реакції і визначити енергію, яка при цьому вивільняється.

10-54. Енергія випромінювання Сонця виникає внаслідок ланцюжка ядерних реакцій синтезу, кінцевим результатом яких є перетворення чотирьох атомів водню в один атом гелію. Визначити скільки можна було б нагріти води від $0^\circ C$ до кипіння внаслідок перетворення в гелій 4 г водню. Питома теплоємність води $4,19 \frac{кДж}{кгK}$.

10-55. Знайти енергію, яка поглинається при реакції ${}^{14}_7N + {}^4_2He \rightarrow {}^1_1H + {}^{17}_8O$.

10-56. Потужність уранового реактора 1 МВт. Скільки урану $^{235}_{92}\text{U}$ потрібно йому витратити за 1 годину, якщо при поділі кожного ядра урану виділяється енергія 200 МеВ?

10-57. Знайти електричну потужність атомної електростанції, яка витрачає в добу 0,1 кг урану $^{235}_{92}\text{U}$. К.к.д. станції 16%. При поділі кожного ядра урану виділяється енергія 200 МеВ.

10-58. Одна з типових реакцій поділу, яка відбувається при захопленні ядром урану $^{235}_{92}\text{U}$ повільного нейтрона, протікає по такій схемі: $n + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{94}_{38}\text{Sr} + 2n$. Обчисліть енергію, яка виділяється при цій реакції. Врахуйте, що питома енергія зв'язку ядра урану 7,6 МеВ/нуклон, а питома енергія зв'язку ядер із середніми масовими числами складає біля 8,5 МеВ/нуклон.

10-59. При розщепленні ядра урану $^{235}_{92}\text{U}$ під дією повільних нейтронів типові ядра-уламки мають масові числа $A_1=150$ і $A_2=83$, на частку яких припадає кінетична енергія 160 МеВ. Знайдіть швидкість уламків після поділу ядра.

10-60. Визначіть тепловий ефект термоядерної реакції $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + n$.

Список використаної літератури

1. Загальна фізика: Збірник задач/ За заг. ред. І.Т.Горбачука.-К.:Вища школа,1993.-359с.
2. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.- М.:Наука,1976.- с.
3. Горбунова О.И., Зайцева А.М., Красников С.Н. Задачник-практикум по общей физике.- М.:Просвещение,1977.-112с.
4. Сахаров Д.И.Сборник задач по физике.- М.:Просвещение,1967.-287с.
5. Сборник задач по курсу общей физики/Под ред.М.С.Цедрика.-М.:Просвещение,1989.
6. Чертов А.Г.,Воробьев А.А.Задачник по физике.- М.:Высшая школа,1988.-527с.

ВІДПОВІДІ

1. Відбивання та заломлення світла

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1-2. $3'$ | 1-26. $\sim 34^0$ |
| 1-3. 40^0 | 1-27. $\sim 49^0$ |
| 1-6. 7 мм | 1-28. 40 см |
| 1-9. $b=15$ см; $H=0,5$ см | 1-29. 20^0 |
| 1-10. 120 см | 1-30. 5,35 см |
| 1-11. 40 см | 1-31. 1,24 м |
| 1-12. 60 см | 1-34. 12 см |
| 1-13. 30 см | 1-36. $67,5^0$ |
| 1-14. 10 см | 1-37. 38^0 ; 55^0 |
| 1-15. $a=60$ см; $b=30$ см | 1-38. 1,8 см |
| 1-16. $f=40$ см; $R=80$ см | 1-39. 1,9 см |
| 1-17. 120 см | 1-42. 1,53 |
| 1-18. $f=4$ см | 1-43. $34,5^0$ |
| 1-19. $b=-24$ см | 1-44. Від 39^0 до $59,5^0$ |
| 1-20. $b=-24$ см; $H=8$ мм | 1-45. 81^0 ; $\sqrt{2} < n < 2$ |
| 1-21. $b=-1,7$ см; $H=1,4$ мм | 1-46. 1,33 м |
| 1-22. 40 см | 1-47. 50 см |
| 1-23. 12 см за дзеркалом | 1-48. 1,333 |
| 1-24. $f=-30$ см | |

2. Лінзи та оптичні прилади

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 2-4. 20 см | 2-20. 172 м |
| 2-5. $f_2/f_1 = 1,4$ | 2-24. -1 дп |
| 2-6. 20 см | 2-25. від 25 см до 67 см |
| 2-7. -0,75 дп | 2-26. 20 см |
| 2-8. 1,31 | 2-29. 2,5-кратне |
| 2-9. $b=30$ см; дійсне | 2-30. 250 разів |
| 2-10. 13,3 см | 2-31. 500 разів |
| 2-11. 32 см; збільшене в 4 рази | 2-32. 2,5 см |
| | 2-33. 150 разів |

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 2-12. 20 см | 2-34. 30 см; 250 разів |
| 2-13. $a_1=18$ см; $a_2=6$ см | 2-36. $5^0 10'$ |
| 2-14. $b=30$ см; $H=4$ см | 2-37. 24-кратне |
| 2-15. 24-кратне | 2-38. $f_{ок}=3$ см; $f_{об}=147$ см |
| 2-16. 9,5 см | 2-39. 12-кратне |
| 2-17. 40 см | |
| 2-18. 6 см | |

3. Інтерференція світла

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 3-1. 4 м | 3-26. 675 нм |
| 3-2. 1,2 мм; 1,43 мм | 3-27. 3,6 мм |
| 3-3. 4 мм | 3-28. 1,13 мкм |
| 3-4. 0,33 м | 3-29. 0,3 мм |
| 3-11. 1,8 мм; 3,6 мм; 5,4 мм | 3-30. 2 мм |
| 3-12. 500 нм | 3-31. 998-е для коротшої λ |
| 3-13. 500 нм | 3-32. 280-те кільце |
| 3-14. 2 м | 3-33. 10,2 см |
| 3-15. 500 нм | 3-35. 644 нм |
| 3-16. 500 нм | 3-36. 1,51 |
| 3-17. 1,5 мм | 3-37. 1,00759 |
| 3-18. $179,5^0$ | 3-38. 1,000296 |
| 3-19. Вверх на 0,2 мм | 3-39. 1 мкм |
| 3-20. 72 мкм | 3-40. 1,0006 |
| 3-21. 1,0008 | 3-41. 140-й порядок |
| 3-22. 0,13 мкм | 3-44. 140 нм |
| 3-23. 0,1 мкм | 3-45. 0,12 мкм |
| 3-24. $8''$ | 3-46. 1,33 |
| 3-25. 5; 6; 500 нм | |

4. Дифракція світла

- | | |
|----------------------|----------------|
| 4-1. 0,57 мм; 0,8 мм | 4-24. 9,8 мм |
| 4-2. 1 мм | 4-25. 22 мкм |
| 4-3. 1 мм | 4-26. 25,4 мкм |

4-9. 2-й
 4-10. 655 нм
 4-11. $\sim 12^0$; $\sim 24^0$; $\sim 38^0$;
 $\sim 55^0$
 4-12. 2,8 мкм; 3570 см^{-1}
 4-13. 600 мм^{-1}
 4-14. $\sim 21,5^0$
 4-15. 409,9 нм
 4-16. 5 мкм
 4-17. 447,0 нм
 4-18. 3-ій порядок
 4-19. не будуть
 4-21. 1200 м/с
 4-22. 982
 4-23. 1:4

4-41. 2,3 м
 4-42. 0,45
 4-43. ~ 3 величини
 діагоналі

4-27. $1,15 \text{ рад/мкм}$
 4-28. $0,41 \text{ рад/мкм}$
 4-29. 5 мкм
 4-30. 510 нм
 4-31. 0,36 мм
 4-32. 26 м/мкм
 4-33. 54 см
 4-34. $3,9 \cdot 10^6$
 4-35. 6 см
 4-36. відповідають
 4-37. 3,3 км
 4-38. 100 м
 4-39. 63 км
 4-40. 150 м

4-44. $\beta = \frac{A d_0}{D}$, d_0 - відстань
 найкращого бачення; D -
 діаметр зіниці ока

5. Поляризація світла

5-1. 57^0
 5-2. 58^0
 5-3. 1,54
 5-4. 1,60
 5-5. 1,664
 5-6. 37^0
 5-7. 43^0
 5-8. 1,59
 5-9. 1,33
 5-10. 1,73
 5-11. $\sim 55^0$

5-15. 45^0
 5-16. 37,5%
 5-17. 12,5%
 5-18. 45^0
 5-19. $I_1/I_2 = 3:2$
 5-20. $\sim 26^0$
 5-21. 6,1 мм
 5-22. 3,4 мм
 5-23. 375 кг/м^3
 5-24. $0,21 \text{ г/см}^3$
 5-25. 5 см

5-12. $\sim 56,5^0$

5-13. 1,461

5-14. 1,272

5-26. 250 кг/м^3

5-27. $7^0 15^1$

5-28. $1,3 \cdot 10^6 \text{ град/(Гл} \cdot \text{м)}$

6. Взаємодія світла з речовиною

6-3. 0,5 м

6-5. 0,53'

6-6. 75 нм

6-7. 723 см^{-1} ; 303 см^{-1}

6-8. 1,333; -495 см^{-1}

6-9. 1,6187; -830 см^{-1}

6-10. 0,14 см^{-1}

6-12. 80%

6-14. $0,35 \text{ см}^{-1}$

6-15. 8 разів

6-16. 1%

6-17. $0,06 \text{ см}^{-1}$

6-18. в 4 рази

7. Фотометрія

7-1. В 3,7 рази

7-2. 754 лм

7-3. 1 м

7-4. 1 м

7-5. на 57,1 см від сильн.

дж-ла

7-6. 81 кд

7-7. В 2,25 рази

7-8. 4 м

7-9. 2 м

7-10. 0,61 лк

7-11. 5,56 лк

7-12. 0,5 дп

7-13. 10^5 лк

7-15. $1,11 \text{ клм/м}^2$; 35,4

ккд/м²

7-16. 9,4 кд; 94 кд

7-17. 5 ккд/м^2

7-18. 100 кд

7-19. 0,13 Глк

8. Теплове випромінювання

8-1. 3,85 ГДж

8-2. збільшиться в 16 разів

8-3. 5,65 кДж

8-4. $\Delta T = 126 \text{ К}$

8-5. 1000 К

8-6. 200 К

8-7. 95,8 мВт

8-15. 0,5

8-16. в 3,3 рази

8-17. 0,7

8-18. 0,44 Дж

8-19. 21,8 ГДж

8-21. 40 мм^2

8-22. в 1,85 рази

8-8. 5750 К	8-23. 360 нм; в 3,1 рази
8-9. 593 Вт/м ²	8-24. 500 нм (видима)
8-10. 396 К	8-25. 31 МДж
8-11. 280 К	8-26. 0,078 м ²
8-12. 123 ⁰ С	8-27. 6 см ²
8-14. 71%	8-28. 1000 нм (інфрачервона)

9.Квантові властивості випромінювання

- 9-1.** 0,284аДж; 0,361аДж; 0,473 аДж
9-3. 2 мкм; інфрачервона
9-4. 1)1,18 ПГц; 2)0,96 ПГц; 1,23
9-5. 1)5,52·10⁻³⁶ кг; 2,91·10⁻³⁶ кг

9-6. 2,42 пм	9-20. 278 нм
9-7. 1,33 пм	9-21. 3,5 нПа; 7 нПа
9-8. 5,3·10 ⁻²² (кг·м)/с	9-22. 1)46,6 нПа; 2)23,3 нПа
9-9. 3·10 ¹⁷ с ⁻¹	9-23. 37,5 кВт/м ²
9-15. 840 км/с	9-24. 4,7 мкПа
9-16. 540 км/с	9-25. 54 мкПа
9-17. 2 В	9-26. 2,25 мкПа
9-18. 2,3 еВ	9-27. 6,37 МПа
9-19. 0,76 В	

9-28. 654,5 нм; 484,8 нм; 432,9 нм

9-29. 122 нм	9-34. 11,4 нм
9-30. 91,1 нм	9-35. 1,89 еВ
9-31. Від 364,5 нм до 656 нм	9-36. He ⁺ :54 еВ; Li ²⁺ :122 еВ
9-32. 0,22 аДж	9-37. 10,2 еВ
9-33. 468,7 нм	9-38. 3,42 еВ

9-39. 121,6 нм; 102,6 нм; 656,3 нм

10.Будова та перетворення ядер

10-3. 2,2 MeB	10-36. 38,6%
10-4. 28,3 MeB	10-37. 10^6 атомів
10-5. 39,3 MeB	10-38. 410 ядер
10-6. 76,3 MeB	10-39. $1,68 \cdot 10^{15}$ ядер
10-7. $3,9 \cdot 10^{-30}$ кг; 2,2 MeB	10-40. 12 ядер
10-8. 8,5 MeB; 7,7 MeB	10-41. 12 год
10-9. 1786 MeB; 1799 MeB	10-42. 27,7%
10-10. 1,12 MeB; 8,80 MeB	10-43. 93 роки
10-11. 8,43 MeB; 7,56 MeB	10-44. 425 кг
10-12. 8,49 MeB	10-45. 4,9 л
10-13. 7,68 MeB	10-46. 3500 років
10-14. 10,6 MeB	10-52. 2,79 MeB
10-15. 7,55 MeB	10-53. 4,36 MeB
10-16. 23,8 MeB	10-54. $5,75 \cdot 10^6$ кг
10-17. 682 ГДж	10-55. 1,2 MeB
10-19. 0,02%	10-56. 44 мг
10-31. 15 хв	10-57. 15 МВт
10-32. 63,2%	10-58. 203 MeB
10-34. 276 діб	10-59. 8,6 Мм/с; 15,5 Мм/с
10-35. 13%	10-60. 17,6 MeB

ДОДАТОК

Таблиця 1
Деякі астрономічні величини

Величина	Сонце	Земля	Місяць
Маса, кг	$1,97 \cdot 10^{30}$	$5,96 \cdot 10^{24}$	$7,33 \cdot 10^{22}$
Радіус, м	$6,95 \cdot 10^8$	$6,37 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^6$
Середня відстань від Землі, км	$1,496 \cdot 10^8$	-	384440

Таблиця 2
Показники заломлення речовин відносно повітря при 20°C і $\lambda=589,3\text{нм}$ (абсолютний показник заломлення повітря $n=1,003$)

речовина	n	речовина	n
алмаз	2,4173	кварцове скло	1,4584
аміак	1,325	кедрова олива	1,505
анілін	1,586	лід	1,31
ацетон	1,36	метиловий спирт	1,33
бензол	1,5014	плексиглас	1,491
бурштин	1,546	полістирол	1,588
вода	1,33299	рубін	1,70
гліцерин	1,4695	сірководень	1,6277
етиловий спирт	1,3617	скипидар	1,48
желатин	1,530	скло	
ісландський шпат		- легкий крон	1,51
- звичайний	1,65836	- легкий флінт	1,60
- незвичайний	1,48643	- важкий флінт	1,74
йодистий метилен		цукор	1,50
кам'яна сіль	1,74	чотирихлористий	
канадський	1,5443	вуглець	1,4607
бальзам			
	1,542		

Таблиця 3

Області довжин хвиль та відповідні їм спектральні кольори

колір	діапазон довжин хвиль, нм
фіолетовий	400 - 435
синій	435 - 460
блакитний	460 - 495
зелений	495 - 570
жовтий	570 - 590
оранжевий	590 - 630
червоний	630 - 760

Таблиця 4

Довжини хвиль (в нм) важливих спектральних ліній деяких елементів у видимій області

водень	гелій	ртуть	натрій	кисень
410,17	447,14	404,66	589,00	686,72
434,05	492,19	435,83	589,59	760,82
486,13	587,56	546,07		
656,27	667,81	576,96		
	706,52	579,07		

Увага!

Для переведу градусів **Фаренгейта ($^{\circ}F$)** в градуси **Цельсія ($^{\circ}C$)** і навпаки треба користуватись такими формулами:

$$^{\circ}C = \frac{5}{9} (^{\circ}F - 32)$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5} ^{\circ}C + 32$$

Таблиця 5

Робота виходу електрона з металу

метал	A, eB	метал	A, eB
Алюміній	3,74	Натрій	2,3
Вольфрам	4,53	Нікель	5,0
Залізо	4,74	Платина	5,29
Золото	4,68	Ртуть	4,52
Калій	2,0	Рубідій	2,13
Літій	2,4	Срібло	4,74
Магній	3,46	Тантал	4,07
Мідь	4,47	Цезій	1,97
Молибден	4,43	Цинк	3,74

Примітка. Для знаходження червоної межі фотоефекту зручно користуватися такою формулою

$$\lambda_0(\text{нм}) = \frac{1240}{A(\text{eB})}.$$

Таблиця 6

**Періоди піврозпаду
деяких радіоактивних елементів**

Актиній ${}^{225}_{89}\text{Ac}$	10 діб	Радій ${}^{226}_{88}\text{Ra}$	1600 років
Вісмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$	5,02 доби	Радон ${}^{222}_{86}\text{Rn}$	3,82 доби
Вуглець ${}^{14}_6\text{C}$	5730 років	Стронцій ${}^{90}_{38}\text{Sr}$	28 років
Іридій ${}^{192}_{77}\text{Ir}$	75 діб	Торій ${}^{232}_{90}\text{Th}$	$1,39 \cdot 10^{11}$ років
Йод ${}^{131}_{53}\text{I}$	8 діб	Уран ${}^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ років
Кобальт ${}^{60}_{27}\text{Co}$	5,3 роки	Уран ${}^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ років
Натрій ${}^{24}_{11}\text{Na}$	15,3 год	Фосфор ${}^{32}_{15}\text{P}$	14,3 доби
Полоній ${}^{210}_{84}\text{Po}$	138 діб		

Примітка.

$$\begin{aligned} 1 \text{ год} &= 3,6 \cdot 10^3 \text{ с} \\ 1 \text{ доба} &= 8,64 \cdot 10^4 \text{ с} \\ 1 \text{ рік} &= 3,156 \cdot 10^7 \text{ с} \end{aligned}$$

Таблиця 7

**Маси нейтральних атомів (в а.о.м.)
деяких елементів**

елемент	маса	елемент	маса
Азот	13,00574	Залізо	55,9349
	14,00307	Ксенон	130,9051
	15,00011	Кобальт	58,93320
Алюміній	26,98154	Кисень	15,99491
	27,97377		16,99913
Берилій	7,01693		17,99916
	8,00531	Кремній	27,9769
	9,01218		29,97377
	10,01354	Літій	6,01512
Бор	9,01333		7,01600
	10,01294	Магній	22,99414
	11,00930	Натрій	21,9944
Водень	1,00783		22,98977
	2,01410		23,99097
	3,01605	Уран	235,0493
Вуглець	10,00168		238,05353
Гелій	3,01603		
	4,00260		

Таблиця 8

**Маса і енергія спокою
деяких елементарних частинок**

частинка	маса		енергія	
	кг	а.о.м.	Дж	МеВ
електрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,5 \cdot 10^{-10}$	938
нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00866	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
α -частинка	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733

Таблиця 9
Елементи періодичної системи
 (Z- порядковий номер елемента в періодичній системі;
 А- відносна атомна маса атома елемента)

елемент		Z	A	елемент		Z	A
Азот	N	7	14	Кремній	Si	14	28,1
Актиній	Ac	89	227	Криптон	Kr	36	83,8
Алюміній	Al	13	27	Ксенон	Xe	54	131
Америцій	Am	95	243	Кюрій	Cm	19	247
Аргон	Ar	18	40	Лантан	La	57	139
Астат	At	85	210	Літій	Li	3	6,94
Барій	Ba	56	137	Лютецій	Lu	71	175
Берилій	Be	4	9,01	Магній	Mg	12	24,4
Берклій	Bk	97	249	Марганець	Mn	25	54,9
Бор	B	5	10,8	Мідь	Cu	29	63,5
Бром	Br	35	79,9	Менделєєвій	Md	101	259
Ванадій	V	23	51	Миш'як	As	33	74,9
Вісмут	B	83	209	Молібден	Mo	42	96
Водень	H	1	1,01	Натрій	Na	11	23
Вольфрам	W	74	184	Неодим	Nd	60	144
Вуглець	C	6	12,0	Неон	Ne	10	20,2
Гадоліній	Gd	64	157	Нептуній	Np	93	237
Галій	Ga	31	69,7	Нікель	Ni	28	58,7
Гафній	Hf	72	178	Ніобій	Nb	41	92,9
Гелій	He	2	4	Олово	Sn	50	119
Германій	Ge	32	72,6	Осьмій	Os	76	190
Гольмій	Ho	67	165	Паладій	Pd	46	106
Диспрозій	Dy	66	163	Платина	Pt	78	195
Ейнштейній	Es	99	254	Плутоній	Pu	94	244
Ербій	Er	68	167	Полоній	Po	84	210
Європій	Eu	63	152	Празеодим	Pr	59	141
Залізо	Fe	26	55,9	Прометій	Pm	61	145
Золото	Au	79	197	Протактиній	Pa	91	231
Індій	In	49	115	Радій	Ra	88	226
Іридій	Ir	77	192	Радон	Rn	86	222
Ітербій	Yb	70	173	Реній	Re	75	186
Ітрій	Y	39	88,9	Родій	Rh	45	103
Йод	I	53	127	Ртуть	Hg	80	201
Кадмій	Cd	54	112	Рубідій	Rb	37	85,5
Калій	K	19	39,1	Рутеній	Ru	44	101
Каліфорній	Cf	98	249	Самарій	Sm	62	150
Кальцій	Ca	20	40,1	Свинець	Pb	82	207
Кисень	O	8	16	Селен	Se	34	79
Кобальт	Co	27	58,9	Сірка	S	16	32,1

продовження табл.9

елемент		Z	A	елемент		Z	A
Скандій	Sc	21	45	Тулій	Tu	69	169
Срібло	Ag	47	108	Уран	U	92	238
Стронцій	Sr	38	87,6	Фермій	Fm	100	262
Сурма	Sb	51	122	Фосфор	P	15	31
Талій	Tl	81	204	Францій	Fr	87	223
Тантал	Ta	73	181	Фтор	F	9	19
Телур	Te	52	128	Хлор	Cl	17	35,5
Тербій	Tb	65	159	Хром	Cr	24	52
Технецій	Tc	43	99	Цезій	Cs	55	133
Титан	Ti	22	47,9	Церій	Ce	58	140
Торій	Th	90	232	Цинк	Zn	30	65,4
				Цирконій	Zr	40	91,2

Таблиця 10
Числа, які часто зустрічаються

$\pi = 3,1416$ $\pi^2 = 9,8696$ $\sqrt{\pi} = 1,7724$ $e = 2,7183$	$\lg 2 = 0,6931$ $\ln 10 = 2,3026$ $\sqrt{2} = 1,4142$ $\sqrt{3} = 1,7320$
---	---

Деякі відомості з математики для тих, хто сумнівається
Тригонометричні формули

$$\begin{aligned}
 \sin 2\alpha &= 2 \sin \alpha \cos \alpha ; & \cos 2\alpha &= \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha ; \\
 \sin^2 \alpha &= \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} ; & \cos^2 \alpha &= \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} ; \\
 \sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta ; & \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta ; \\
 \sin(\alpha - \beta) &= \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta ; & \cos(\alpha - \beta) &= \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta .
 \end{aligned}$$

Формули для наближених обчислень
(якщо $x \ll 1$, то в першому наближенні можна брати)

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{1+x} &\approx 1-x ; & \sqrt{1+x} &\approx 1+\frac{1}{2}x ; & \frac{1}{\sqrt{1+x}} &\approx 1-\frac{1}{2}x ; \\
 (1+x)^2 &\approx 1+2x ; & e^x &\approx 1+x ; & \ln(1+x) &\approx x .
 \end{aligned}$$

Таблиця 11

Значення синусів і тангенсів для кутів 1 - 90°

Кут	Синус	Тангенс	Кут	Синус	Тангенс
1	0,0175	0,0175	26	0,4384	0,4877
2	0,0349	0,0349	27	0,4540	0,5095
3	0,0523	0,0524	28	0,4695	0,5317
4	0,0698	0,0699	29	0,4848	0,5543
5	0,0872	0,0875	30	0,5000	0,5774
6	0,1045	0,1051	31	0,5150	0,6009
7	0,1219	0,1228	32	0,5299	0,6249
8	0,1392	0,1405	33	0,5446	0,6494
9	0,1564	0,1584	34	0,5592	0,6745
10	0,1736	0,1763	35	0,5736	0,7002
11	0,1908	0,1944	36	0,5878	0,7265
12	0,2079	0,2126	37	0,6018	0,7536
13	0,2250	0,2309	38	0,6157	0,7813
14	0,2419	0,2493	39	0,6293	0,8098
15	0,2588	0,2679	40	0,6428	0,8391
16	0,2756	0,2867	41	0,6561	0,8693
17	0,2924	0,3057	42	0,6691	0,9004
18	0,3090	0,3249	43	0,6820	0,9325
19	0,3256	0,3443	44	0,6947	0,9657
20	0,3420	0,3640	45	0,7071	1,0000
21	0,3584	0,3839	46	0,7193	1,036
22	0,3746	0, 4040	47	0,7314	1,072
23	0,3907	0,4245	48	0,7431	1,111
24	0,4067	0,4452	49	0,7574	1,150
25	0,4226	0,4663	50	0,7660	1,192

Продовження табл.11

Кут	Синус	Тангенс	Кут	Синус	Тангенс
51	0,7771	1,235	71	0,9455	2,904
52	0,7880	1,280	72	0,9511	3,078
53	0,7986	1,327	73	0,9563	3,271
54	0,8090	1,376	74	0,9631	3,487
55	0,8192	1,428	75	0,9659	3,732
56	0,8290	1,483	76	0,9703	4,011
57	0,8387	1,540	77	0,9744	4,331
58	0,8480	1,600	78	0,9781	4,705
59	0,8572	1,664	79	0,9816	5,145
60	0,8660	1,732	80	0,9848	5,671
61	0,8746	1,804	81	0,9877	6,314
62	0,8829	1,881	82	0,9903	7,115
63	0,8910	1,963	83	0,9925	8,144
64	0,8988	2,050	84	0,9945	9,514
65	0,9063	2,145	85	0,9962	11,43
66	0,9135	2,246	86	0,9976	14,30
67	0,9205	2,356	87	0,9986	19,08
68	0,9272	2,475	88	0,9994	28,64
69	0,9336	2,605	89	0,9998	57,28
70	0,9397	2,747	90	1,0000	

Примітка. Для знаходження значень косинусів та котангенсів користуйтеся такими математичними формулами

$$\cos \alpha = \sin(90^0 - \alpha) \text{ та } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Таблиця 12

Показникова функція e^x

х	e^x	х	e^x	х	e^x
0,05	1,0513	1,05	2,8577	2,05	7,7679
0,10	1,1052	1,10	3,0042	2,10	8,1662
0,15	1,1618	1,15	3,1582	2,15	8,5849
0,20	1,2214	1,20	3,3201	2,20	9,0250
0,25	1,2840	1,25	3,4903	2,25	9,4877
0,30	1,3499	1,30	3,6693	2,30	9,9742
0,35	1,4191	1,35	3,8574	2,35	10,486
0,40	1,4918	1,40	4,0552	2,40	11,023
0,45	1,5683	1,45	4,2631	2,45	11,588
0,50	1,6487	1,50	4,4817	2,50	12,182
0,55	1,7333	1,55	4,7115	2,55	12,807
0,60	1,8221	1,60	4,9530	2,60	13,464
0,65	1,9155	1,65	5,2070	2,65	14,154
0,70	2,0138	1,70	5,4739	2,70	14,880
0,75	2,1170	1,75	5,7546	2,75	15,643
0,80	2,2255	1,80	6,0496	2,80	16,445
0,85	2,3396	1,85	6,3598	2,85	17,288
0,90	2,4596	1,90	6,6859	2,90	18,174
0,95	2,5857	1,95	7,0287	2,95	19,106
1,00	2,7183	2,00	7,3891	3,00	20,086

Примітка. Для знаходження значень функції e^x при $x > 3$ використовуйте таку властивість цієї функції, як це показано на прикладах:

$$e^{4,35} = e^{(3+1,35)} = e^3 \times e^{1,35} = 20,086 \times 3,8574 \approx 77,48;$$

$$e^{7,15} = e^{(3+2+2,15)} = e^3 \times e^2 \times e^{2,15} = 20,086 \times 7,3891 \times 8,5849 \approx 1274$$

.

Основні фізичні постійні

Швидкість світла у вакуумі.....	$2,9979 \cdot 10^8$ м/с
Постійна Больцмана.....	$1,3807 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Постійна Авогадро.....	$6,02 \cdot 10^{26}$ кмоль ⁻¹
Постійна Стефана-Больцмана.....	$5,6703 \cdot 10^{-8}$ Вт/м ² ·К ⁴
Постійна Віна.....	$2,896 \cdot 10^{-3}$ м·К
Постійна Планка.....	$6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Електрична постійна.....	$8,8542 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Елементарний електричний заряд...	$1,6022 \cdot 10^{-19}$ Кл
Маса спокою електрона.....	$9,1095 \cdot 10^{-31}$ кг
Маса спокою протона.....	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг
Стала Рідберга.....	$1,0974 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Магнетон Бора.....	$9,37 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл
Температура тверднення платини....	$2,042 \cdot 10^3$ К
Механічний еквівалент світла.....	$1,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/лм

**Множники і приставки для утворення десяткових
кратних і дільних одиниць фізичних величин та їх
найменувань**

множник	назва	позначення
10^{18}	екса	Е
10^{15}	пета	П
10^{12}	тера	Т
10^9	гіга	Г
10^6	мега	М
10^3	кіло	к
10^2	гекто	г
10^1	дека	да
10^{-1}	деци	д
10^{-2}	санти	см
10^{-3}	мілі	м
10^{-6}	мікро	мк
10^{-9}	нано	н
10^{-12}	піко	п
10^{-15}	фемто	ф
10^{-18}	атто	а