

Міністерство освіти і науки України

Прикарпатський національний університет  
імені Василя Стефаника

# **КУРС ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ**

Задачі і методи їх розв'язку

Івано-Франківськ  
2008

**В.М. Бойчук, Л.С. Яблонь. Курс загальної фізики. Задачі і методи їх розв'язку.** – Івано-Франківськ, 2008. – 88 с.

Подано програму курсу, питання, що виносяться на самостійне опрацювання та модулі, основні формули зі всіх розділів загального курсу фізики, методичні вказівки до розв'язування задач та перелік задач для самостійних і контрольних робіт студентів.

Для студентів спеціальностей «Математика» і «Статистика» стаціонарної форми навчання.

Рекомендовано до видання Вченою радою фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (протокол № 1 від 25 вересня 2008 року.)

*Підготовлено на кафедрі теоретичної і експериментальної фізики*

**Рецензенти:** к.ф.-м.н., доц. Гасюк І.М.,  
к.ф.-м.н., доц. Салій Я.П..

© Прикарпатський національний університет  
імені Василя Стефаника, 2008

## Передмова

Метою цього навчально-методичного посібника є надання допомоги студентам денної форми навчання спеціальностей «Математика» та «Статистика» в оволодінні знаннями з фізики, методами розв'язування задач та у виконанні самостійних і контрольних завдань, передбачених навчальним планом.

Для вивчення теоретичного курсу фізики необхідно керуватися навчальною програмою, наведеною в даному посібнику. При цьому слід пам'ятати, що обсягу інформації, викладеного під час лекційних занять, недостатньо для отримання належного обсягу знань. Передбачено, що частину знань студент отримує за рахунок самостійної роботи з підручниками, рекомендованими викладачами навчального закладу. Перелік цих підручників наведений у кінці даного посібника. Лекційні ж заняття покликані окреслити основне коло понять, явищ та законів, які необхідно вивчити в межах даної дисципліни, і дати основні напрямки для самостійної роботи.

Для отримання навичок практичних розрахунків передбачено розв'язування задач на практичних заняттях та самостійно у кількості, достатній для закріплення теоретичних знань у межах усієї навчальної програми з фізики. Задачі виконуються і оформляються у зошиті та перевіряються викладачем, кількість та зміст яких визначається на початку навчального року.

Для вивчення курсу фізики та успішного атестування за результатами його вивчення необхідно виконати такі головні умови:

1. Відвідувати всі передбачені розкладом заняття.
2. Під час лекційних занять виконувати конспектування лекційного матеріалу, під час практичних занять – намагатися самостійно розв'язати задачі, що розглядаються, а після занять виконувати аналіз навчального матеріалу з використанням навчальних посібників.
3. Самостійно виконати домашні роботи, оформити їх належним чином і вчасно подавати для перевірки викладачу.
4. Під час самостійного вивчення навчального матеріалу за підручниками керуватися робочою навчальною програмою з фізики, представленою в даному посібнику.
5. Активно використовувати можливості консультування з викладачами з тих питань, вивчення яких викликає найбільші труднощі.
6. Згідно робочої програми передбачається виконання студентами на практичних заняттях двох контрольних робіт, типи задач яких подані в даному посібнику.
7. Звітність студента про виконання теоретичного та практичного видів роботи проходить у формі 2-х модулів. Питання модулів наведені нижче. Під час підготовки до модулів (заліку) з курсу загальної фізики необхідно знати, що до переліку цих питань в екзаменаційних білетах включено дві задачі з різних розділів фізики.

## ПРОГРАМА з курсу “Загальна фізика”

Фізика як наука про найбільш загальні властивості матерії та найпростіші форми її руху. Зв'язок фізики з іншими науками, зокрема з математикою.

### Розділ I. Механіка

**Кінематика.** Матеріальна точка. Відносність руху. Системи відліку. Радіус-вектор, вектори переміщення, швидкості і прискорення. Рівняння руху точки у векторній і координатній формах. Тангенціальне та нормальне прискорення. Співвідношення між лінійними та кутовими величинами.

**Динаміка матеріальної точки.** Завдання динаміки. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку. Поняття сили. Фундаментальні взаємодії. Другий закон Ньютона. Маса, її вимірювання. Адитивність і закон збереження маси. Імпульс. Третій закон Ньютона. Границі застосування класичної механіки.

**Замкнені системи.** Закон збереження імпульсу. Центр мас. Закон руху центра мас. Динаміка руху тіл змінної маси. Рівняння Мещерського. Формула Цюлковського.

**Робота та енергія.** Робота і потужність. Кінетична енергія. Потенціальні і дисипативні сили. Потенціальна енергія пружно-деформованого тіла. Закон збереження енергії.

**Динаміка обертального руху твердого тіла.** Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Теорема Штейнера. Робота зовнішніх сил при обертанні твердого тіла. Кінетична енергія обертального руху. Закон збереження моменту імпульсу твердого тіла.

**Всесвітнє тяжіння.** Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційне поле. Напруженість і потенціал гравітаційного поля. Теорема Остроградського-Гаусса. Робота сил поля тяжіння. Потенціальна енергія тіла в полі тяжіння. Закон збереження і перетворення енергії для консервативних систем.

**Поняття про загальну теорію відносності.** Неінерціальні системи відліку і сили інерції. Сила Коріоліса. Вага тіла. Невагомість. Принцип еквівалентності сил інерції і гравітаційних сил.

**Механіка рідин і газів.** Потік ідеальної рідини. Стаціонарний потік. Теорема нерозривності течії. Рівняння Бернуллі. Течія в'язкої рідини. Підймальна сила, що діє на тіло в потоці рідини.

**Коливання і хвилі.** Фізичні величини, що характеризують гармонічні коливання. Математичний маятник. Фізичний маятник. Затухаючий гармонічний осцилятор. Коефіцієнт затухання. Вимушені коливання затухаючого гармонічного осцилятора. Поширення коливань в однорідному пружному середовищі. Хвильовий рух. Фронт хвилі. Хвильове рівняння.

## **Розділ II. Молекулярна фізика і термодинаміка**

**Молекулярна фізика.** Статистичний метод в молекулярній фізиці. Суть молекулярно-кінетичної теорії речовини. Атоми і молекул. Кількість речовини. Молярна маса. Агрегатні стани речовини. Поняття про стан речовини. Параметри стану. Поняття про температуру. Термометри. Температурні шкали. Ідеальний газ. Закони ідеального газу. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Розподіл молекул за швидкостями.

**Основи термодинаміки.** Основні поняття: термодинамічна система, термодинамічні параметри, термодинамічна рівновага. Внутрішня енергія, робота, кількість теплоти. Перше начало термодинаміки. Адіабатичний процес. Друге начало термодинаміки. Цикл Карно. Ентропія. Висновки із другого начала термодинаміки.

## **Розділ III. Основи електродинаміки**

**Електростатика.** Електричний заряд. Властивості електричного заряду. Два види зарядів. Дискретність. Елементарний заряд. Закон збереження заряду. Взаємодія зарядів. Закон Кулона.

**Електростатичне поле.** Електростатичне поле. Напруженість електростатичного поля. Робота переміщення заряду в електростатичному полі. Потенціал і різниця потенціалів.

**Провідники і діелектрики.** Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля. Поляризація діелектриків. Діелектрична сприйнятливість та проникність.

**Постійний електричний струм.** Сила струму. Джерела електричного струму. Електрорушійна сила. Закон Ома в диференціальній формі. Закони Кірхгофа для розгалужених кіл. Робота і потужність постійного струму. Теплова дія електричного струму. Альтернативні джерела енергії: Сонце, вітер, вода.

**Магнітне поле постійного струму.** Магнітне поле і його характеристика. Магнітна взаємодія струмів. Закон Ампера. Контур із струмом в магнітному полі. Робота при русі провідника зі струмом в магнітному полі.

**Магнітний потік.** Закон Біо-Савара-Лапласа та його застосування до розрахунку найпростіших полів. Циркуляція вектора напруженості. Вихровий характер магнітного поля.

**Рух заряджених частинок у магнітних і електричних полях.** Дія магнітного поля на рухомий заряд. Сила Лоренца. Визначення питомого заряду електрона. Ефект Холла. та його застосування.

**Електромагнітна індукція.** Досліди Фарадея. Закон Ленца. Основний закон електромагнітної індукції. Явище самоіндукції. Індуктивність.

**Електромагнітне поле.** Основні положення теорії Максвелла. Електромагнітні хвилі і їх властивості. Шкала електромагнітних хвиль. Екологічне забруднення атмосфери електричними, магнітними та електромагнітними полями.

## Розділ IV. Оптика

**Хвильові та квантові** уявлення про природу світла.

**Інтерференція і дифракція світла.** Когерентні світлові хвилі. Оптична різниця ходу. Інтерференція від двох когерентних джерел та способи її здійснення. Інтерференція в тонких плівках і пластинках. Дифракція світла. Дифракція Френеля. Метод зон Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній, двох та багатьох щілинах. Дифракційна решітка. Дифракційний спектр.

**Геометрична оптика.** Закони відбивання і заломлення світла на плоскій і сферичній поверхнях. Лінза. Формула лінзи. Побудова зображень в лінзі.

**Теплове випромінювання.** Випромінювальна і поглинальна здатності тіл. Закон Кірхгофа. Абсолютно чорне тіло. Формули Віна, Релея-Джінса і Планка. Ідея про кванти.

**Зовнішній фотоэффект.** Закони фотоэффекту. Рівняння Ейнштейна для фотоэффекту. Фотон. Маса, енергія і імпульс фотона.

## Розділ V. Будова атома і атомного ядра

**Модель атома С. Резерфорда.** Постулати Бора. Квантові числа. Принцип Паулі. Будова багатоелектронних атомів. Періодична система елементів Д.І. Менделєєва.

**Будова ядра.** Ядерні сили. Енергія зв'язку. Зв'язок між масою і енергією. Енергія розпаду і синтезу ядер. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Термоядерні реакції. Енергія зірок. Керований термоядерний синтез. Проблема утилізації відходів.

# ПИТАННЯ ДО МОДУЛІВ

## МОДУЛЬ I

### Механіка

1. Матеріальна точка. Відносність руху. Системи відліку. Радіус-вектор. Рівняння руху точки у векторній і координатній формах.
2. Вектори переміщення, швидкості і прискорення.
3. Тангенціальне та нормальне прискорення. Співвідношення між лінійними та кутовими величинами.
4. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку.
5. Поняття сили. Фундаментальні взаємодії.
6. Другий закон Ньютона. Маса, її вимірювання. Адитивність і закон збереження маси. Імпульс.
7. Третій закон Ньютона. Границі застосування класичної механіки.
8. Закон збереження імпульсу.
9. Центр мас. Закон руху центра мас.
10. Динаміка руху тіла змінної маси. Рівняння Мещерського. Формула Ціолковського.
11. Робота і потужність. Потенціальні і дисипативні сили.
12. Кінетична енергія.
13. Потенціальна енергія пружно-деформованого тіла.
14. Закон збереження енергії.
15. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла.
16. Теорема Штейнера. Кінетична енергія обертального руху.
17. Закон збереження моменту імпульсу твердого тіла, що обертається навколо закріпленої осі.
18. Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна та інертна маси.
19. Гравітаційне поле. Напруженість гравітаційного поля.
20. Теорема Остроградського-Гаусса.
21. Робота сил поля тяжіння. Потенціальна енергія тіла в полі тяжіння. Потенціал.
22. Неінерціальні системи відліку і сили інерції. Сила Коріоліса
23. Сила тяжіння. Вага тіла. Невагомість.
24. Потік ідеальної рідини. Стаціонарний потік. Теорема нерозривності течії.
25. Рівняння Бернуллі.
26. Течія в'язкої рідини.
27. Підймальна сила, що діє на тіло в потоці рідини.
28. Фізичні величини, що характеризують гармонічні коливання.
29. Математичний маятник.
30. Фізичний маятник.

31. Поширення коливань в однорідному пружному середовищі. Хвильовий рух. Фронт хвилі. Хвильове рівняння.

### **Молекулярна фізика і термодинаміка**

1. Статистичний метод в молекулярній фізиці. Суть МКТ.
2. Атоми і молекул. Кількість речовини. Молярна маса.
3. Агрегатні стани речовини.
4. Поняття про стан речовини. Параметри стану.
5. Поняття про температуру. Термометри. Температурні шкали.
6. Ідеальний газ. Закони ідеального газу.
7. Основне рівняння кінетичної теорії газів.
8. Розподіл молекул за швидкостями.
9. Основні поняття: термодинамічна система, термодинамічні параметри, термодинамічна рівновага.
10. Робота, кількість теплоти.
11. Внутрішня енергія. Перше начало термодинаміки.
12. Адіабатний процес.
13. Оборотні і необоротні процеси. Цикл Карно.
14. Друге начало термодинаміки. Ентропія. Висновки із другого начала термодинаміки.

## **МОДУЛЬ II**

### **Електрика і магнетизм**

1. Електричний заряд. Властивості електричного заряду. Два види зарядів. Дискретність. Елементарний заряд. Закон збереження заряду.
2. Взаємодія зарядів. Закон Кулона.
3. Напруженість електростатичного поля. Принцип суперпозиції. Силові лінії. Властивості силових ліній.
4. Робота переміщення заряду в електричному полі. Потенціал. Різниця потенціалів.
5. Електроємність. Конденсатори.
6. Енергія і густина енергії електростатичного поля.
7. Поляризація діелектриків. Діелектрична сприйнятливість та проникність.
8. Постійний електричний струм. Сила струму. Джерела електричного струму.
9. Електрорушійна сила. Закон Ома в диференціальній формі.
10. Закони Кірхгофа для розгалужених кіл.
11. Робота і потужність постійного струму. Теплова дія електричного струму.
12. Альтернативні джерела енергії: Сонце, вітер, вода.



13. Магнітне поле і його характеристика.
14. Магнітна взаємодія струмів. Закон Ампера.
15. Контур із струмом в магнітному полі.
16. Робота при русі провідника зі струмом в магнітному полі.
17. Закон Біо-Савара-Лапласа та його застосування до розрахунку найпростіших полів. Циркуляція вектора напруженості. Вихровий характер магнітного поля.
18. Дія магнітного поля на рухомий заряд. Сила Лоренца.
19. Визначення питомого заряду електрона.
20. Ефект Холла та його застосування.
21. Досліди Фарадея. Закон Ленца. Основний закон електромагнітної індукції.
22. Явище самоіндукції. Індуктивність.
23. Основні положення теорії Максвелла.
24. Електромагнітні хвилі і їх властивості. Шкала електромагнітних хвиль.

### **Оптика**

1. Хвильові та квантові уявлення про природу світла.
2. Когерентні світлові хвилі. Оптична різниця ходу.
3. Інтерференція від двох когерентних джерел та способи її здійснення.
4. Інтерференція в тонких плівках і пластинках.
5. Дифракція світла. Дифракція Френеля. Метод зон Френеля.
6. Дифракція Фраунгофера на одній, двох та багатьох щілинах.
7. Дифракційна решітка. Дифракційний спектр.
8. Закони відбивання і заломлення світла на плоскій і сферичній поверхнях.
9. Лінза. Формула лінзи. Побудова зображень в лінзі.
10. Випромінювальна і поглинальна здатності тіл. Закон Кірхгофа.
11. Абсолютно чорне тіло. Формули Віна, Релея-Джінса і Планка. Ідея про кванти.
12. Закони фотоелектру. Рівняння Ейнштейна для фотоелектру.
13. Фотон. Маса, енергія і імпульс фотона.

### **Будова атома і атомного ядра**

1. Модель атома Резерфорда та її недоліки. Постулати Бора.
2. Квантово-механічна теорія будови атома. Квантові числа та їх фізичний зміст.
3. Будова багатоелектронних атомів. Принцип Паулі.
4. Будова ядра. Протони і нейтрони та їх характеристики. Ізотопи.
5. Енергія зв'язку частинок в ядрі. Дефект маси. Ядерні сили та їх характеристики.
6. Природна радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду.

7. Ядерні реакції. Штучна радіоактивність.
8. Ланцюгова реакція ділення ядер урану.
9. Будова і принцип дії ядерного реактора.
10. Термоядерні реакції, їх характеристики та перспективи використання в мирних цілях. Енергія зірок.

## ПИТАННЯ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНЕ ОПРАЦЮВАННЯ

1. Зв'язок фізики з іншими науками, зокрема з математикою.
2. Співвідношення між лінійними та кутовими величинами.
3. Границі застосування класичної механіки.
4. Динаміка руху тіл змінної маси. Рівняння Мещерського. Формула Ціолковського.
5. Закон збереження моменту імпульсу твердого тіла.
6. Затухаючий гармонічний осцилятор. Коефіцієнт затухання. Вимушені коливання затухаючого гармонічного осцилятора.
7. Висновки із другого начала термодинаміки.
8. Альтернативні джерела енергії: Сонце, вітер, вода.
9. Дія магнітного поля на рухомий заряд. Сила Лоренца.
10. Визначення питомого заряду електрона.
11. Ефект Холла. та його застосування.
12. Екологічне забруднення атмосфери електричними, магнітними та електромагнітними полями.
13. Хвильові та квантові уявлення про природу світла.
14. Абсолютно чорне тіло. Формули Віна, Релея-Джінса і Планка. Ідея про кванти.
15. Термоядерні реакції, їх характеристики та перспективи використання в мирних цілях. Енергія зірок.

## ОСНОВНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке системи відліку?
2. Поняття “переміщення”, “швидкість”, “прискорення”.
3. Що таке принцип незалежності рухів?
4. Рівняння рівномірного та рівноприскореного рухів.
5. Перший та другий закони динаміки.
6. Що таке внутрішні та зовнішні сили, центр мас?
7. Закони збереження в механіці.
8. Що таке поступальний та обертальний рухи твердого тіла?
9. Поняття “миттєві осі обертання”.
10. Що таке ступені вільності та зв’язки ?
11. Основне рівняння обертального руху.
12. Закони збереження у випадку обертального руху твердого тіла.
13. Основні рівняння руху рідин і газів.
14. Основні формули для сил тертя та пружності.
15. Постулати Ейнштейна в СТО.
16. Рух тіл під дією пружних і квазіпружних сил.
17. Період, частота, енергія коливальних рухів.
18. Рівняння затухаючих коливань.
19. Автоколивання.
20. Поздовжні та поперечні хвилі.
21. Інтерференція хвиль, енергія і потік енергії хвиль.
22. Основні властивості звуку.
23. Основні положення МКТ та їх зміст.
24. Шкали температур.
25. Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ газів.
26. Стала Больцмана. Рівняння Клапейрона-Менделєєва.
27. Газові закони.
28. Що таке термодинамічна система? Параметри стану.
29. Колові процеси (цикли). Цикл Карно.
30. Реальні гази, відхилення властивостей газів від ідеальності.
31. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
32. Особливості рідкого стану, поверхневий натяг рідини, змочування, капілярні явища.
33. Аморфні та кристалічні тіла, класифікація кристалів за типом зв’язків.
34. Дефекти у кристалах, рідкі кристали.
35. Поняття фази, фазові переходи.
36. Фазові переходи першого та другого роду.
37. Рівновага рідини і газу.
38. Електричний заряд та його властивості.

39. Елементарний заряд. Закон збереження заряду.
40. Взаємодія зарядів. Закон Кулона. Електричне поле.
41. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції.
42. Потік вектора напруженості. Теорема Остроградського - Гауса.
43. Робота сил електричного поля, потенціал.
44. Провідники в електричному полі, розподіл зарядів та напруженість.
45. Електризація, електроємність, конденсатори.
46. Діелектрики, полярні та неполярні молекули, поляризація, вільні та пов'язані заряди.
47. Енергія та густина енергії електростатичного поля.
48. Електричний струм. Закони Ома.
49. Електрорушійна сила, робота і потужність струму.
50. Розгалужені кола, правила Кірхгофа.
51. Електричні явища в контактах. Контактна різниця потенціалів.
52. Термоелектричні явища та генератори.
53. Електричний струм у вакуумі та газах.
54. Електричний струм у рідинах.
55. Магнітна взаємодія струмів. Закон Ампера.
56. Індукція і напруженість магнітного поля.
57. Закон Біо - Савара - Лапласа.
58. Сила Лоренца.
59. Постійне магнітне поле в речовині. Магнітні кола.
60. Електромагнітна індукція. Досліди Фарадея.
61. Самоіндукція, взаємоіндукція, індуктивність.
62. Квазістаціонарні струми. Діючі та середні значення струму і напруги.
63. Опір, індуктивність і місткість у колі змінного струму. Трансформатори.
64. Електромагнітне поле. Система рівнянь Максвелла.
65. Енергія електромагнітних хвиль.
66. Особливості електромагнітних хвиль у довгих лініях.
67. Електромагнітна природа світла. Фотометричні величини.
68. Основні закони геометричної оптики.
69. Когерентність, інтерференція та її застосування.
70. Дифракція Френеля і Фраунгофера.
71. Поляризація та дисперсія світла.
72. Поглинання і розсіювання світла.
73. Швидкість світла. Досліди Фізо і Майкельсона.
74. Експериментальні основи СТО.
75. Квантова теорія фотоефекту.
76. Фотоелементи та їх застосування.
77. Фотонна теорія світла.
78. Теплове випромінювання та його використання.

79. Досліди Резерфорда, постулати Бора.
80. Дослід Франка і Герца.
81. Періодична система елементів Д. І. Менделєєва.
82. Будова молекул, хімічний зв'язок, валентність.
83. Квантові явища у твердих тілах.
84. Експериментальні методи ядерної фізики.
85. Склад ядра.
86. Заряд і масове число.
87. Енергія зв'язку ядер, дефект мас.
88. Радіоактивність, ядерні реакції.
89. Ядерна енергетика, термоядерний синтез.
90. Систематика елементарних частинок.
91. Фундаментальні взаємодії, сучасна фізична картина світу.

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### до розв'язування задач і виконання самостійних та контрольних робіт

1. Протягом вивчення курсу фізики студент денного відділення повинен виконати і подати для перевірки чотири контрольні роботи з загальної фізики.
2. Номери задач, включених до кожної контрольної роботи, визначаються за таблицями варіантів, поданих на практичному занятті викладачем.
3. Короткий запис умови задачі повинен містити літерні позначення фізичних величин, їх чисельні значення та перевід до одиниць інтернаціональної системи (СІ).
4. Розв'язки задач необхідно виконувати в загальному вигляді. Кінцевий результат отримати у вигляді формули, що містить літерні позначення величин, заданих в умові задачі, та фундаментальних констант. Чисельні значення проміжних величин під час розв'язку не знаходити.
5. Розв'язок задачі супроводжувати короткими, але вичерпними поясненнями щодо походження формул та рівнянь, позначень величин, математичних перетворень. Якщо це необхідно, навести креслення.
6. Після отримання кінцевої розрахункової формули виконати її перевірку на розмірність правої частини.
7. У випадку позитивного результату перевірки на розмірність, підставити чисельні значення величин у СІ і виконати обчислення.
8. Кінцевий результат математично правильно записати з двома знаками після коми.

# Розділ 1. МЕХАНІКА

## 1.1. Кінематика

### Основні формули

1. При русі матеріальної точки її радіус-вектор і координати змінюються і є функціями від часу:

$$\vec{r} = \vec{r}(t), \quad x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t), \quad s = s(t).$$

2. Швидкість прямолінійного руху в загальному вигляді:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt},$$

Проекції швидкості на координатні осі:

$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}; \quad v_z = \frac{dz}{dt}.$$

Модуль швидкості:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

3. Прискорення у загальному вигляді:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}.$$

Проекції прискорення на осі координат:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}; \quad a_z = \frac{dv_z}{dt}.$$

Модуль прискорення:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$$

4. У випадку прямолінійного рівномірного руху:

$$v = \frac{s}{t} = \text{const}, \quad a = 0.$$

5. У випадку прямолінійного рівнозмінного руху:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad v = v_0 + at, \quad a = \text{const}.$$

У цих рівняннях прискорення  $a$  додатне при рівноприскореному русі і від'ємне при рівносповільненому.

6. При криволінійному русі повне прискорення дорівнює

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Модуль нормальної складової прискорення:

$$a_n = \frac{v^2}{R}.$$

Модуль тангенціальної складової прискорення:



$$a_{\tau} = \left| \frac{dv}{dt} \right|.$$

7. Кінематичне рівняння рівномірного обертового руху:

$$\varphi = \varphi(t) = \omega t.$$

8. При обертовому русі у загальному випадку кутова швидкість

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

9. Кутове прискорення

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

10. При рівномірному обертальному русі ( $\omega = const$ ) виконується співвідношення

$$\varphi = \omega t.$$

11. Формули рівнозмінного обертального руху тіла навколо нерухомої осі ( $\varepsilon = const$ ):

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t, \quad \varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

12. Зв'язок між кутовою швидкістю і частотою, періодом:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

13. Зв'язок між частотою, кутом повороту і кількістю обертів:

$$N = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \nu t.$$

14. Довжина дуги кола:

$$l = \varphi R.$$

15. Зв'язок між лінійною і кутовою швидкостями

$$v = R\omega.$$

16. Тангенціальне і нормальне прискорення:

$$a_{\tau} = \varepsilon R; \quad a_n = \omega^2 R.$$

### **Методичні вказівки до розв'язування задач**

1. Розв'язування задач з кінематики матеріальної точки ґрунтується на застосуванні закону руху до тієї чи іншої конкретної умови:

$$\vec{r} = \vec{r}(t), \quad x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t), \quad s = s(t).$$

У випадку рівномірного прямолінійного руху закон руху точки в інерціальних системах відліку виражається формулою

$$\Delta\vec{r} = \vec{v}t.$$

Так як при цьому модуль вектора переміщення  $\Delta\vec{r}$  точки дорівнює

переміщенню  $s$ , то даній формулі відповідає скалярне рівняння

$$s = ut.$$

За допомогою цього рівняння і заданих додаткових умов завжди можна представити задачу про рівномірний прямолінійний рух у вигляді декількох простих рівнянь. Щоб правильно їх скласти, можна дотримуватись наступного порядку дій:

- прочитавши умову задачі, слід виконати схематичний малюнок, на якому треба відмітити систему відліку і траєкторію руху точки;
- вказати задані і невідомі відрізки переміщення, швидкості і часу руху тіл;
- за допомогою формули переміщення рівномірного руху, треба встановити зв'язок між величинами, зображеними на малюнку, і записати у вигляді рівнянь всі додаткові умови задачі, які, як правило, виражають одні інтервали часу і відрізки шляху через інші.

2. Часто в умові задають рівномірний прямолінійний рух не одного, а декількох тіл по відношенню до системи відліку, пов'язаної із Землею, чи іншою системою відліку. У таких випадках розв'язування задачі спрощується, якщо розглядати всі рухи у системі відліку, пов'язаній з одним із рухомих тіл. Тіло відліку вважається нерухомим, і перше, що необхідно зробити після вибору системи відліку, – це визначити швидкості і зміщення тіл відносно тіла відліку. Потім, як звичайно, складаються рівняння рівномірного руху і записуються додаткові формули.

3. Слід виділити задачі, де тіла одночасно беруть участь у двох рухах. Аналізуючи умову, насамперед треба встановити, які із заданих кінематичних характеристик слід віднести до абсолютного, а які до переносного і які до відносного руху. Складаючи для них рівняння, необхідно слідкувати за тим, щоб початок відліку часу був однаковим для всіх тіл, що беруть участь у русі. Зв'язок між кінематичними величинами при складних рухах виражається формулами:

$$\vec{r}_a = \vec{r}_0 + \vec{r}_n,$$

$$\vec{v}_a = \vec{v}_0 + \vec{v}_n,$$

$$\vec{a}_a = \vec{a}_0 + \vec{a}_n.$$

## 1.2. Динаміка

### Основні формули

1. Основне рівняння динаміки (другий закон Ньютона) виражається рівнянням

$$F dt = d(mv).$$

Якщо маса стала, то

$$F = m \frac{dv}{dt} = ma .$$

2. Закон збереження імпульсу:

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const ,$$

або

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = const ,$$

де  $n$  – кількість тіл, що утворюють замкнуту систему.

3. Робота сили  $F$  при переміщенні  $s$  може бути виражена наступною формулою:

$$A = \int_s F_s ds .$$

У випадку сталої сили, що діє під кутом до переміщення, маємо

$$A = Fs \cos \alpha ,$$

де  $\alpha$  – кут між напрямками векторів сили і переміщення.

4. Потужність визначається формулою

$$N = \frac{dA}{dt} .$$

У випадку незмінної потужності

$$N = \frac{A}{t} ,$$

де  $A$  – робота, що здійснюється за час  $t$ .

5. Кінетична енергія тіла масою  $m$ , що рухається з швидкістю  $v$  :

$$W_k = \frac{mv^2}{2} .$$

6. Потенціальна енергія тіла масою  $m$ , піднятого на висоту  $h$  над поверхнею землі:

$$W_n = mgh .$$

Потенціальна енергія пружно-деформованого тіла:

$$W_n = \frac{kx^2}{2} ,$$

де  $k$  – коефіцієнт пружності,  $x$  – деформація.

7. Закон збереження енергії в замкнутій системі:

$$W_k + W_n = const .$$

8. Дві матеріальні точки притягаються одна до одної з силою

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} ,$$

де  $\gamma$  – гравітаційна стала, що дорівнює  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2/\text{кг}^2$ ,  $m_1$  і  $m_2$  – маси взаємодіючих матеріальних точок,  $r$  – відстань між ними.

### **Методичні вказівки до розв'язування задач**

1. Важливо пам'ятати, що другий закон Ньютона справедливий тільки в інерціальних системах відліку.

2. Для розв'язування задач з динаміки складають рівняння руху матеріальної точки, яке виражає другий закон Ньютона. При цьому рекомендується наступний порядок дій:

- зробити малюнок, на якому зобразити всі сили, що діють на дане тіло;
- записати другий закон Ньютона у векторній формі;
- якщо сили діють не вздовж однієї прямої, то вибирають дві взаємно перпендикулярні осі  $x$  і  $y$ , що лежать в площині дії сили. Спроектуючи всі вектори, що входять до рівняння, на ці осі, записують другий закон у вигляді двох скалярних рівнянь:

$$\sum F_x = ma_x, \quad \sum F_y = ma_y.$$

3. Якщо в задачі розглядається рух системи зв'язаних між собою тіл, то рівняння руху записують для кожного тіла окремо.

4. Якщо тіла зв'язані ниткою, масою якої можна знехтувати, силу натягу нитки вважають однаковою по всій її довжині.

5. Рівняння, яке виражає закон збереження імпульсу, є векторним. Тому, шукаючи вектор  $\vec{p} = \sum \vec{p}_i$ , треба керуватись правилом суми векторів, або вибравши осі проекцій  $Ox$  і  $Oy$ , записати закон збереження імпульсу в скалярній формі двома рівняннями:

$$p_x = \text{const}, \quad p_y = \text{const}.$$

Якщо імпульси всіх тіл системи напрямлені вздовж однієї прямої, то, вибравши цю пряму за вісь проекцій, одразу записують закон збереження імпульсу в скалярній формі:

$$p = \text{const},$$

де  $p = \sum p_i$  – сума проекцій імпульсів всіх тіл системи.

6. Закон збереження механічної енергії можна використовувати до системи взаємодіючих тіл при одночасному виконанні наступних умов:

- система повинна бути замкнутою;
- всередині системи повинні бути відсутні сили тертя і сили непружних деформацій.

Інакше механічна енергія системи буде розсіюватись, перетворюючись у внутрішню енергію.

7. Вибір нульового рівня висоти  $h$ , що входить у формулу потенціальної енергії піднятого тіла над землею, довільний.

### 1.3. Обертвий рух твердих тіл

#### Основні формули

1. Момент сили відносно деякої осі обертання:

$$M = F \cdot l,$$

де  $l$  – плече сили;  $F$  – дотична сила.

2. Момент імпульсу матеріальної точки відносно нерухомої точки:

$$\vec{L} = [\vec{r}, m\vec{v}],$$

модуль вектора моменту імпульсу:

$$L = mvr \sin \alpha.$$

3. Момент інерції матеріальної точки відносно деякої осі обертання:

$$J = mr^2,$$

де  $m$  – маса матеріальної точки;  $r$  – відстань від точки до осі.

4. Момент інерції твердого тіла відносно осі обертання:

$$J = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2,$$

де  $r_i$  – відстань елемента маси  $\Delta m$  від осі обертання.

5. Момент інерції:

➤ однорідного циліндра (диска):

$$J = \frac{1}{2} mR^2,$$

де  $R$  – радіус циліндра;  $m$  – його маса;

➤ товстостінного циліндра:

$$J = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

де  $R_1$  і  $R_2$  – зовнішній і внутрішній радіуси циліндра;

➤ тонкостінного циліндра:

$$J = mR^2;$$

➤ суцільної кулі:

$$J = \frac{2}{5} mR^2,$$

де  $R$  – радіус кулі;

➤ однорідного стержня довжиною  $l$ , вісь обертання якого проходить перпендикулярно до середини стержня:

$$J = \frac{1}{12} ml^2$$

6. Теорема Штейнера:

$$J = J_0 + ma^2,$$

де  $J_0$  – момент інерції тіла відносно вісі, що проходить через центр мас;  $a$  – відстань

від центра мас тіла до вісі обертання.

7. Основний закон динаміки обертального руху тіла:

$$Mdt = d(J\omega),$$

або

$$M = J\varepsilon,$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання тіла;  $\varepsilon$  – кутове прискорення.

8. Кінетична енергія обертального руху:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}.$$

9. Робота постійного моменту сил:

$$A = M\varphi,$$

де  $\varphi$  – кут повороту.

10. Миттєва потужність при обертанні тіла:

$$N = M\omega.$$

11. Закон збереження моменту імпульсу системи тіл, що обертаються навколо нерухомої осі  $z$ :

$$L_z = J\omega_z = \text{const},$$

$$J_1\omega_{1z} = J_2\omega_{2z},$$

де  $J_z$  – момент інерції системи тіл відносно осі  $z$ ;  $\omega_z$  – кутова швидкість обертання тіл системи навколо осі  $z$ .

12. Кінетична енергія тіла, що обертається навколо нерухомої осі  $z$ :

$$W_k = \frac{J\omega_z^2}{2}.$$

13. Оскільки плоский рух твердого тіла можна уявити як рух, що складається з поступального руху центра мас і обертального руху навколо осі, яка проходить через центр мас і має незмінний напрям у просторі, то кінетична енергія тіла, що здійснює плоский рух, складається з кінетичної енергії поступального руху і кінетичної енергії обертального руху, тому повна кінетична енергія

$$W_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

де  $v_c$  – лінійна швидкість центра мас тіла.

### *Методичні вказівки до розв'язування задач*

1. Основне рівняння динаміки обертального руху використовують для розрахунків сил і прискорень у випадку рівно змінного руху твердого тіла.

2. Складний рух твердого тіла зручно розглядати як суму двох рухів: обертального відносно якої-небудь осі і поступального зі швидкістю осі. Зазвичай вісь обертання

вибирають так, щоб вона проходила через центр мас.

3. При коченні однорідного циліндра (кулі) по площині, між лінійними величинами, що характеризують рух центра мас тіла, і кутовими величинами, що визначають обертаний рух тіла, існує співвідношення:

$$v_c = \omega R, \quad a_c = \varepsilon R,$$

де  $R$  – радіус циліндра (кулі).

4. Закон збереження енергії широко використовується при розв’язуванні задач на обертаний рух тіла. При цьому слід пам’ятати, що повна кінетична енергія твердого тіла складається із кінетичної енергії його поступального руху зі швидкістю центра мас і кінетичної енергії обертання навколо осі, що проходить через центр мас.

## 1.4. Механіка рідин і газів

### Основні формули

1. Рівняння нерозривності течії:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2,$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – площі поперечних перерізів трубки течії,  $v_1$  і  $v_2$  – відповідні швидкості течій.

2. Рівняння Бернуллі для ідеальної рідини:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + p_2,$$

де  $p_1$  і  $p_2$  – статичні тиски рідини в двох перерізах трубки течії;  $\frac{\rho v_1^2}{2}$  і  $\frac{\rho v_2^2}{2}$  –

динамічні тиски;  $\rho g h_1$  і  $\rho g h_2$  – гідравлічні тиски.

3. Теорема Торрічеллі:

$$v = \sqrt{2gh}.$$

4. Закон Стокса:

$$F = 6\pi\eta r v,$$

де  $\eta$  – коефіцієнт в’язкості.

### Методичні вказівки до розв’язування задач

1. Задачі, пов’язані із знаходженням тиску і сил тиску в будь-якій точці всередині рідини, що перебуває в стані спокою, розв’язують на основі закону Паскаля і його наслідків. Методика розв’язування таких задач полягає в наступному:

- необхідно зробити малюнок і зобразити всі рівноважні рівні рідини, які вона займала за умовою задачі потім слід провести поверхню нульового рівня – поверхню, від якої будуть відраховуватись висоти стовпчиків рідини;
- вказавши висоти всіх стовпчиків і відстані, на які зміщуються рівні рідини,

- можна приступати до складання рівнянь рівноваги рідини;
- якщо до моменту рівноваги рідина переливалась із однієї частини посудини в іншу, то до складеного рівняння додають умову нерозривності течії.

2. Розв'язок задач про плавання тіл ґрунтується на законах динаміки поступального руху твердого тіла з врахуванням архімедової сили.

## 1.5. Механічні коливання

### Основні формули

1. Рівняння гармонічного коливального руху має вигляд:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) = A \sin(2\pi \nu t + \varphi) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

де  $x$  – зміщення точки від положення рівноваги;  $A$  – амплітуда коливань;  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – кутова частота коливань;  $T = \frac{1}{\nu}$  – період коливань;  $\nu$  – частота;  $\varphi$  – початкова фаза.

2. Швидкість точки, що виконує гармонічні коливання:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T} \cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right),$$

прискорення

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{4\pi^2 A}{T^2} \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right).$$

3. Сила, під дією якої точка масою  $m$  здійснює гармонічні коливання:

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx,$$

де  $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ , звідки  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ . Тут  $T$  – період коливань точки, що здійснює коливання під дією сили  $F = -kx$ , де  $k$  – коефіцієнт пружності, чисельно рівний силі, що зумовлює зміщення рівне одиниці.

4. Повна енергія точки масою  $m$ , що коливається:

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2.$$

5. Рівняння затухаючого коливального руху має вигляд:

$$x = A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

де  $\delta$  – коефіцієнт затухання;  $\omega$  – частота коливань, що затухають:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}.$$

6. Логарифмічний декремент затухання:



$$\aleph = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \ln \frac{A_0 e^{-\delta t}}{A_0 e^{-\delta(t+T)}} = \delta T.$$

7. Якщо на матеріальну точку масою  $m$ , коливання якої задано у вигляді:

$$x_1 = A e^{-\delta t} \sin \omega_0 t,$$

діє зовнішня періодична сила  $F = F_0 \sin \omega t$ , то коливання точки будуть вимушеними і рівняння її руху матиме вигляд:

$$x_2 = A \sin(\omega t + \varphi),$$

де

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

8. Резонансна частота

$$\omega_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}.$$

9. Період коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

де  $l$  – довжина маятника.

10. Період коливань пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

де  $m$  – маса тіла;  $k$  – жорсткість пружини.

11. Період коливань фізичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_i}{mgl}},$$

де  $J_i$  – момент інерції тіла;  $l$  – різниця між радіусом тіла (або половиною довжини стержня) та віддаллю між центром мас і точкою підвісу.

### **Методичні вказівки до розв'язування задач**

1. Основні труднощі, які виникають при розв'язуванні задач першого типу, а саме на застосування рівнянь гармонічних коливань, полягають в правильному складанні цих рівнянь. Отримавши їх і уважно проаналізувавши, можна легко довести розв'язок до логічного кінця.

2. Слід звернути особливу увагу на складання рівнянь другого закону Ньютона для точки, що здійснює гармонічні коливання. Це рівняння в кінцевому випадку приводить до формули  $k = m\omega^2$ , в якій коефіцієнт  $k$  повинен бути виражений через ті чи інші величини, що характеризують коливальну систему.

3. Задачі другої групи, а саме задачі на математичний маятник, маятниковий годинник, потребують детального аналізу фізичного явища і глибокого розуміння основних

формул.

4. Під час прискореного руху точки підвісу математичного маятника змінюється сила натягу нитки, що приводить до зміни рівнодійної сили, а отже, частоти і періоду коливань. Вивести формулу періоду коливань точки, що володіє не тільки відносним, але і переносним прискоренням, елементарними методами порівняно важко. Однак її легко отримати для кожного окремого випадку, вносячи відповідну поправку в формулу періоду математичного маятника. Якщо маятник в тому чи іншому напрямі отримує переносне прискорення  $\vec{a}_n$ , то причиною цьому служить зміна сили натягу  $\vec{F}_n$  на деяку величину  $\Delta\vec{F}_n$ , оскільки  $m\vec{g}$  не змінюється і на маятник інші сили не діють. Прискорення  $\vec{a}$ , якого надає сила натягу нитки, при цьому дорівнює сумі прискорень  $-\vec{g}$  і  $\vec{a}_n$ , тобто

$$\vec{a} = -\vec{g} + \vec{a}_n.$$

## Розділ 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

### 2.1. Фізичні основи молекулярно-кінетичної теорії

#### Основні формули

1. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT,$$

де  $m$  – маса газу;  $\mu$  – його молярна маса;  $p$  – тиск;  $V$  – об'єм;  $T$  – температура газу;  $R$  – універсальна газова стала.

2. Закон Бойля-Маріотта:

$$(T = \text{const}, m = \text{const})$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

3. Закон Гей-Люссака:

$$(p = \text{const}, m = \text{const})$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

або

$$V = V_0(1 + \beta t),$$

або

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \beta \Delta T,$$

де  $t$  – температура за шкалою Цельсія;  $V_0$  – об'єм при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\beta$  – коефіцієнт об'ємного розширення газу, при постійному тиску ідеального газу

$$\beta = \frac{1}{273} \text{K}^{-1}.$$

4. Закон Шарля:

$$(V = \text{const}, m = \text{const})$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

або

$$p = p_0(1 + \gamma t),$$

або

$$\frac{\Delta p}{p_0} = \gamma \Delta T,$$

$p_0$  – тиск при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\gamma$  – термічний коефіцієнт тиску, для ідеального газу

$$\gamma = \frac{1}{273} K^{-1}.$$

5. Об'єднаний газовий закон (рівняння Клапейрона):

$$m = \text{const}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

6. Закон Дальтона для тиску суміші ідеальних газів:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

де  $p$  – тиск суміші газів;  $p_i$  – парціальний тиск  $i$ -ої компоненти суміші.

7. Основне рівняння кінетичної теорії газів:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{W}_0 = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2},$$

де  $n$  – число молекул в одиниці об'єму,  $\bar{W}_0$  – середня кінетична енергія поступального руху однієї молекули,  $m_0$  – маса молекули,  $\sqrt{\bar{v}^2}$  – середня квадратична швидкість молекул.

8. Кількість молекул в одиниці об'єму:

$$n = \frac{p}{kT},$$

де  $k$  – стала Больцмана.

9. Середня кінетична енергія поступального руху однієї молекул:

$$\bar{W}_0 = \frac{3}{2} kT.$$

10. Середня квадратична швидкість молекул:

$$\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

де  $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ ,  $N_A$  — число Авогадро.

11. Теплоємність газу:

$$C = \frac{dQ}{dt}.$$

12. Молярні теплоємності ідеального газу при ізохорному та ізобарному процесах відповідно:

$$C_V = \frac{i}{2} R, \quad C_p = \frac{i+2}{2} R,$$

де  $i$  – число степенів вільності молекули.

13. Зв'язок між питомою і молярною теплоємностями:

$$c = \frac{C}{\mu}.$$

14. Рівняння Майора:

$$C_p - C_V = R.$$

### ***Методичні вказівки до розв'язування задач***

1. Задачі на розрахунок параметрів стану газу можна поділити на дві основні групи. До першої слід віднести задачі, в яких розглядаються два чи більше станів газу сталої маси і до яких, відповідно, можна застосувати рівняння об'єднаного газового закону. Другу групу складають задачі, в умовах яких дана маса газу чи розглядаються такі процеси, в яких маса газу змінюється. При розв'язуванні таких задач використовують рівняння Менделєєва-Клапейрона.

2. У першому випадку рекомендується наступна послідовність дій:

- прочитавши умову задачі, треба пересвідчитись, що маса газу не змінюється;
- якщо можна, зробити малюнок, вказати параметри  $p$ ,  $V$ ,  $T$ , що характеризують стан газу. Визначити, який із цих трьох параметрів не змінюється і якому газовому закону відчиняється даний процес. У загальному випадку можуть змінюватись всі три параметри;
- записати рівняння об'єднаного газового закону Клапейрона для даних двох станів. Якщо який-небудь параметр залишається сталим, рівняння автоматично переходить в одне із трьох рівнянь, що виражають закон Бойля-Маріотта, Гей-Люссака або Шарля;
- записати математично всі додаткові умови і розв'язати задачу відносно невідомої величини.

3. У другому випадку рекомендується розв'язувати задачі так:

- встановити які гази беруть участь у розглядуваних процесах;
- для кожного стану кожного газу (якщо їх кілька) скласти рівняння Менделєєва-Клапейрона. Якщо дано суміш газів, то рівняння записують для кожного компонента. Зв'язок між значеннями тиску окремих газів і результируючим тиском суміші встановлюється законом Дальтона;
- Записати математично додаткові умови задачі і розв'язати отриману систему рівнянь відносно шуканої величини.

## **2.2. Фізичні основи термодинаміки**

### ***Основні формули***

1. Перше начало термодинаміки:

$$dQ = dU = dA,$$

де  $dQ$  – теплота, надана системі;  $dU$  – зміна внутрішньої енергії системи;  $dA$  – робота, виконана системою при зміні об'єму.

2. Внутрішня енергія ідеального газу (зумовлена кінетичною енергією):

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT.$$

3. Термодинамічна робота:

➤ при зміні об'єму газу

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV;$$

➤ при ізобарному процесі

$$A = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) = P(V_2 - V_1);$$

➤ при ізотермічному процесі

$$A = \frac{m}{\mu} TR \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

4. Середнє значення кінетичної енергії молекул ідеального газу:

$$W = \frac{i}{2} kT.$$

5. Рівняння Пуассона:

$$pV^\gamma = \text{const}$$

або

$$TV^{\gamma-1} = \text{const},$$

де  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$  – показник адиабати.

6. Перший закон термодинаміки для адиабатного процесу:

$$dA + dU = 0.$$

7. Зв'язок між кінцевими і початковими параметрами станів при адиабатному процесі:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

8. Робота при адиабатному процесі:

$$A = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_2) = \nu C_v (T_1 - T_2)$$

або

$$A = \frac{RT_1}{\gamma-1} \cdot \frac{m}{\mu} \left[ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \right],$$

або

$$A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \cdot \frac{m}{\mu} \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right),$$

або

$$A = \frac{pV_1}{\gamma - 1} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

**9.** Коефіцієнт корисної дії теплової машини:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

де  $Q_1$  – кількість теплоти, отримана робочим тілом від нагрівника за цикл;  $Q_2$  – кількість теплоти передана робочим тілом холодильнику.

**10.** Для ідеального циклу Карно:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

де  $T_1$  – температура нагрівника;  $T_2$  – температура холодильника.

**11.** Зміна ентропії системи:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T},$$

де  $T$  – абсолютна температура системи, що віддає або отримує кількість теплоти  $\delta Q$ .

**12.** Зв'язок між ентропією системи і термодинамічною ймовірністю стану  $W$ :

$$S = k \ln W.$$

### ***Методичні вказівки до розв'язування задач***

**1.** Задачі на зміну внутрішньої енергії тіл можна поділити на три групи. У задачах першої групи розглядають такі явища, де в ізольованій системі при взаємодії тіл змінюється тільки їх внутрішня енергія без виконання роботи над зовнішнім середовищем. Одні із тіл, що беруть участь у теплообміні, при цьому охолоджуються, інші – нагріваються. Правила їх розв'язку полягають у наступному:

- прочитавши умову задачі, треба встановити у яких тіл внутрішня енергія зменшується, а у яких – зростає. Особливу увагу при цьому слід звернути на те, чи відбуваються у процесі теплообміну агрегатні перетворення;
- скласти окремо рівняння для тіл, енергія яких зменшується і для тіл, енергія яких зростає; прирівняти отримані суми.

**2.** У задачах другої групи розглядаються явища, пов'язані з перетворенням одного виду енергії в інший при взаємодії тіл. Результат такої взаємодії – зміна внутрішньої енергії одного тіла внаслідок виконання ним чи над ним роботи. Теплообмін між тілами тут, як правило, не враховують. Аналізуючи

умову задачі, слід перш за все встановити, у якого із двох взаємодіючих тіл змінюється внутрішня енергія і що являється причиною цієї зміни – робота, виконана самим тілом, чи робота, виконана над тілом. Крім того переконатись, що у процесі взаємодії тіл  $Q = 0$ ;

**3.** Задачі третьої групи об'єднують у собі дві попередні. У цих задачах розглядають взаємодію трьох чи більше тіл. У процесі такої взаємодії до одного тіла підводиться деяка кількість теплоти, у результаті чого змінюється його внутрішня енергія і виконується робота. Для виконання таких задач слід записати рівняння першого начала термодинаміки і дотримуватись правил розв'язування, описаних у попередніх пунктах.



## Розділ 3. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

### 3.1. Електростатика

#### Основні формули

1. Закон Кулона:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

де  $\epsilon$  – діелектрична проникність середовища,  $\epsilon_0$  – електрична стала.

2. Закон збереження електричного заряду:

$$\sum_{i=1}^n q_i = const.$$

3. Лінійна густина заряду:

$$\tau = \frac{dq}{dl}.$$

4. Поверхнева густина заряду:

$$\sigma = \frac{dq}{dS}.$$

5. Об'ємна густина заряду:

$$\rho = \frac{dq}{dV}.$$

6. Напруженість електричного поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0},$$

де  $F$  – сила, з якою діє поле на внесений в нього пробний заряд  $q_0$ .

7. Напруженість поля, створеного точковим зарядом на відстані  $r$  від нього:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}.$$

8. Потік вектора напруженості через деяку поверхню:

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS.$$

9. Теорема Остроградського-Гаусса:

$$\oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^N q_i.$$

10. Напруженість поля, яке створюється нескінченно довгою рівномірно зарядженою ниткою на віддалі  $r$  від її осі:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{2\tau}{r}.$$

11. Напруженість поля, яке створюється нескінченною рівномірно зарядженою площиною:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}.$$

12. Потенціал електричного поля:

$$\varphi = \frac{W_n}{q_0},$$

де  $W_n$  – потенціальна енергія пробного заряду  $q_0$ .

13. Потенціал електричного поля, яке створене точковим зарядом  $q$  на відстані  $r$  від заряду:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}.$$

14. Зв'язок напруженості електричного поля з потенціалом:

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi.$$

15. Робота, що виконується при переміщенні точкового заряду з однієї точки поля (потенціал, в якій  $\varphi_1$ ) в іншу (з потенціалом  $\varphi_2$ ):

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

16. Ємність відокремленого провідника:

$$C = \frac{q}{\varphi}.$$

17. Ємність ізольованої сфери:

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R,$$

де  $R$  – радіус сфери.

18. Ємність плоского конденсатора:

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d},$$

де  $S$  – площа пластин;  $d$  – відстань між пластинами.

19. Енергія зарядженого конденсатора:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

### *Методичні вказівки до розв'язування задач*

1. Задачі з електростатики зручно поділити на дві групи. До першої групи можна віднести задачі про точкові заряди і системи, що зводяться до них; до другої групи – всі задачі про заряджені тіла, розмірами яких не можна знехтувати.

2. Розв'язок задач першої групи ґрунтується на застосуванні законів механіки з врахуванням закону Кулона і витікаючих із нього наслідків. Такі задачі

рекомендується розв'язувати у наступній послідовності:

- розставити сили, що діють на точковий заряд, поміщений в електричне поле, і записати для нього рівняння динаміки матеріальної точки;
- виразити сили електричної взаємодії через заряди і характеристики поля і підставити ці вирази у вихідне рівняння;
- якщо при взаємодії заряджених тіл між ними відбувається перерозподіл зарядів, до складеного рівняння додають рівняння закону збереження зарядів.

3. Задачі на розрахунок полів, створених точковими зарядами, зарядженими сферами і площинами, – знаходження напруженості чи потенціалу в будь-якій точці простору – ґрунтуються на використанні відповідних формул.

Особливу увагу слід звернути на векторний характер напруженості  $\vec{E}$  і запам'ятати, що знак перед потенціалом визначається знаком заряду, що створює поле.

4. Розв'язування задач другої групи ґрунтується на використанні відповідних формул, що стосуються заряджених тіл, розмірами яких не можна знехтувати. У задачах на систему заряджених тіл (зазвичай плоских конденсаторів) насамперед необхідно встановити тип з'єднання конденсаторів.

5. При розв'язуванні задач електростатики і відповідях на окремі якісні питання корисно мати на увазі наступне:

- додатні електричні заряди, представлені самим собі, рухаються в електричному полі від точки з більшим потенціалом до точок, де потенціал менший. Від'ємні заряди рухаються у протилежному напрямку;
- напруженість електричного поля всередині статично зарядженого провідника дорівнює нулю. Цей результат не залежить від того, знаходиться провідник у електричному полі чи ні. Потенціал всіх точок, що лежать на провіднику, має при цьому однакове значення, тобто поверхня провідника є екіпотенціальною;
- при внесенні діелектрика в електричне поле модуль вектора напруженості зменшується в  $\epsilon$  раз у просторі, заповненому діелектриком, і залишається незмінним у всіх інших точках поля;
- потенціал землі і всіх тіл, з'єднаних провідником із землею, береться рівним нулю;
- робота сил електростатичного поля по будь-якому замкнутому контуру рівна нулю;
- якщо дві окремих куль з'єднати тонким і довгим провідником, то їх загальна ємність буде рівна сумі ємностей окремих куль, оскільки потенціали куль будуть однаковими, а загальний заряд системи дорівнює сумі зарядів куль.

## 3.2. Електричний струм

### Основні формули

1. Сила струму:

$$I = \frac{dq}{dt},$$

якщо  $I = const$ , то

$$I = \frac{q}{t}.$$

2. Густина електричного струму:

$$j = \frac{I}{S},$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу провідника.

3. Опір однорідного провідника:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

де  $\rho$  – питомий опір провідника,  $l$  – довжина провідника.

4. Закон Ома:

➤ для однорідної ділянки кола

$$I = \frac{U}{R};$$

➤ для замкнутого кола

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

де  $\varepsilon$  – ЕРС джерела струму,  $r$  – внутрішній опір.

5. Залежність питомого опору від температури:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t),$$

де  $\rho_0$  – питомий опір при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору.

6. Робота електричного поля на ділянці кола за деякий час:

$$A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

7. Потужність струму:

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

8. Повна потужність, що виділяється в колі:

$$P = \varepsilon I.$$

9. Послідовне з'єднання провідників:

➤ струм

$$I = const;$$

➤ напруга

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots;$$

➤ опір

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

**10. Паралельне з'єднання провідників:**

➤ струм

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots;$$

➤ напруга

$$U = \text{const};$$

➤ опір визначається з формули:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots,$$

**11. Струм при короткому замиканні ( $R \rightarrow 0$ ):**

$$I_{\max} = \frac{\mathcal{E}_{\text{джс}}}{r}.$$

**12. Перший закон Кірхгофа:**

алгебраїчна сума струмів, які сходяться у вузлі, дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0.$$

Струми, які входять у вузол, вважаються додатними, а які виходять з вузла – від'ємними.

**13. Другий закон Кірхгофа:**

у замкнутому контурі алгебраїчна сума спадів напруг на всіх ділянках контуру дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС, які включені в цей контур:

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i.$$

Якщо напрям струму збігається з вибраним напрямом обходу контуру, то відповідний добуток сили струму на опір входить у рівняння зі знаком «+», у протилежному випадку цей добуток входить зі знаком «-». ЕРС беруть зі знаком «+», якщо при обході контуру у вибраному напрямі перший електрод буде негативним, а другий – позитивним.

**14. Закон Джоуля-Ленца:**

$$dQ = I^2 R dt.$$

**15. Перший закон Фарадея (електролізу):**

$$m = kIt = kq,$$

де  $k$  – електрохімічний еквівалент.

**16. Другий закон Фарадея (пропорційності еквівалентів):**

$$k = \frac{1}{F} \frac{A}{Z},$$

де  $A$  – атомна маса,  $Z$  – валентність,  $F$  – число Фарадея, яке дорівнює

$$F = eN_A = 9,648 \cdot 10^7 \text{ Кл/моль.}$$

### ***Методичні вказівки до розв'язування задач***

1. Задачі на рух електричних зарядів по провідниках і на явища, пов'язані з цим рухом, зручно розділити на три типи: задачі на обчислення опорів, сил струмів чи напруг на будь-якій ділянці кола; задачі на роботу, потужність чи теплову дію струму і задачі на електроліз. Із задач першого типу можна виділити додаткову третю групу – задачі на обчислення опорів окремих провідників і різних їх з'єднань. Почнемо пояснення саме з цієї групи.

2. Якщо в умові задачі вказано, з якого матеріалу виготовлено провідник, чи наводяться дані про його геометричні розміри чи масу, то для знаходження невідомої величини, від якої залежить опір провідника, треба скористатись співвідношенням між масою, густиною і об'ємом провідника. Задачі про температурну залежність опору, як правило, не викликають труднощів, їх легко можна розв'язати, використавши відповідні формули. При обчисленні опору якого-небудь контуру, складеного із декількох провідників, необхідно насамперед встановити спосіб з'єднання провідників.

3. При розв'язуванні задач на визначення сили струму, напруги та опору на якій-небудь ділянці кола необхідно:

- накреслити схему і вказати на ній всі елементи кола: джерела струму, резистори і конденсатори;
- встановити які елементи кола включені послідовно, а які паралельно;
- розставити струми і напруги на кожній ділянці кола і записати для кожної точки розгалуження (якщо воно є) рівняння струмів і напруг;
- використовуючи закон Ома, встановити зв'язок між струмами і напругами (ЕРС). У результаті отримаємо систему рівнянь, розв'язавши яку, знайдемо шукану величину.

4. Основним розрахунковим співвідношенням для розв'язку задач на роботу, потужність та теплову дію струму є закон Джоуля-Ленца.

## **3.3. Електромагнетизм**

### ***Основні формули***

1. Закон Біо-Савара-Лапласа:

$$\Delta B = \mu\mu_0 \frac{I\Delta l \sin \alpha}{4\pi r^2},$$

де  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м.}$

2. Магнітна проникність середовища:

$$\mu = \frac{B}{B_0}.$$

3. Індукція магнітного поля рамки, по якій тече електричний струм:

$$B = \frac{M_{\max}}{IS},$$

де  $M_{\max}$  – максимальний момент сил,  $S$  – площа, обмежена рамкою.

4. Магнітна індукція прямолінійного провідника нескінченної довжини:

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2\pi r},$$

де  $r$  – відстань від провідника зі струмом до точки в просторі, в якій шукають значення магнітної індукції.

5. Магнітне поле колового струму (в центрі витка):

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2r},$$

де  $r$  – радіус витка.

6. Магнітне поле соленоїда (в його середині):

$$B = \mu\mu_0 \frac{IN}{l},$$

де  $N$  – загальна кількість витків,  $l$  – довжина соленоїда.

7. Зв'язок індукції магнітного поля з напруженістю:

$$B = \mu\mu_0 H.$$

8. Об'ємна густина енергії магнітного поля:

$$W_0 = \frac{HB}{2}.$$

9. Потік магнітної індукції через контур:

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу контуру,  $\alpha$  – кут між вектором магнітної індукції та нормаллю до поверхні контуру.

10. Сила Ампера:

$$dF = BI \sin \alpha dl,$$

де  $\alpha$  – кут між напрямом струму і магнітного поля.

11. Робота при переміщенні провідника зі струмом у магнітному полі:

$$dA = Id\Phi,$$

де  $d\Phi$  – зміна магнітного потоку через площину, обмежену контуром.

12. Сила Лоренцо:

$$F = qvB \sin \alpha,$$

де  $q$  – заряд частинки,  $\alpha$  – кут між напрямом швидкості частинки і магнітного поля.

13. Закон Фарадея:

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt},$$

де  $\varepsilon_i$  – ЕРС індукції в замкнутому контурі;  $N$  – кількість витків контуру;  $\frac{d\Phi}{dt}$  – швидкість зміни магнітного потоку індукції через площу, обмежену контуром.

**14.** ЕРС самоіндукції:

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt},$$

де  $L$  – індуктивність провідника;  $\frac{dI}{dt}$  – швидкість зміни струму.

**15.** Енергія магнітного поля провідника зі струмом:

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

### ***Методичні вказівки до розв'язування задач***

**1.** Задачі розрахункового характеру про сили, що діють на провідники з струмом в однорідному магнітному полі, зручно розв'язувати за такою схемою:

- зробити схематичне креслення, на якому зобразити контур зі струмом і напрям ліній магнітної індукції поля. Відмітити кут між напрямом вектора індукції і окремим елементом контуру;
- використовуючи правило лівої руки, визначити напрям сил, що діють зі сторони поля на кожен елемент контуру, проставити вектори цих сил на рисунку;
- у найпростіших випадках задача полягає в тому, щоб знайти одну із величин, що входять у вираз сили Ампера;
- якщо у задачі розглядається рівновага провідника чи контуру зі струмом у магнітному полі, то крім сили Ампера потрібно вказати і всі інші сили, прикладені до провідника, і записати умову рівноваги  $\sum F = 0$ .

**2.** Особливе місце займають задачі на рух заряджених частинок в електричному і магнітному полях. Їх розв'язок, в основному, ґрунтується на складанні основного рівняння динаміки матеріальної точки з врахуванням сил, що діють на заряджену частинку зі сторони магнітного та електричного полів.

**3.** Аналізуючи умову задачі на закон електромагнітної індукції, необхідно насамперед установити причини зміни магнітного потоку, пов'язаного з контуром, і визначити, яка із величин  $B$ ,  $S$  чи  $\alpha$ , що входять у вираз для знаходження магнітного потоку, змінюється з часом. Після цього записати закон електромагнітної індукції.



### 3.4. Електромагнітні коливання і хвилі

#### Основні формули

1. Період вільних незатухаючих електромагнітних коливань у коливному контурі (ф-ла Томсона):

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

при  $R = 0$ .

2. Коливання в ідеальному контурі:

➤ заряду

$$q = q_m \cos \omega t;$$

➤ струму

$$I = I_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right);$$

➤ різниці потенціалів

$$U = U_m \cos \omega t;$$

➤ напруженості

$$E = E_m \cos \omega t;$$

➤ індукції

$$B = B_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right).$$

3. Циклічна частота в ідеальному контурі:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

4. Період коливань при наявності активного опору:

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4L}}}.$$

5. Критичний опір:

$$R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

6. Коефіцієнт затухання:

$$\delta = \frac{R}{2L}.$$

7. Логарифмічний декремент затухання:

$$\aleph = \delta \cdot T.$$

8. Коливання напруги, якщо  $R \neq 0$ :

$$U = U_0 e^{-\delta t} \cos \omega t,$$

де

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

і

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} .$$

**9.** Закон Ома для змінного струму:

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{Z} ,$$

де  $I_{ef}$  і  $U_{ef}$  – ефективні значення сили струму і напруги, пов'язані з їх амплітудними значеннями співвідношеннями:

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} , \quad U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} ,$$

а  $Z$  – повний опір кола. Якщо коло містить активний опір, ємність і індуктивність, з'єднані послідовно, то

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} ,$$

де  $X_L = \omega L$  – індуктивний опір;  $X_C = \frac{1}{\omega C}$  – ємнісний опір.

**10.** Рівняння плоскої монохроматичної електромагнітної хвилі, що поширюється вздовж осі  $OX$ :

$$E_y = E_{01} \sin(\omega t - kx) ,$$

$$H_z = -\sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E_x ,$$

$$E_z = E_{02} \sin(\omega t - kx + \varphi) ,$$

$$H_y = -\sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E_z ,$$

де  $k = \frac{\omega}{v}$  – хвильове число.

### *Методичні вказівки до розв'язування задач*

1.

## Розділ 4. ОПТИКА і АТОМНА ФІЗИКА

### 4.1. Інтерференція і дифракція світла

#### Основні формули

1. Оптичний шлях променя:

$$L = nS,$$

де  $S$  – геометричний шлях променя у середовищі з показником заломлення  $n$ .

2. Оптична різниця ходу двох променів, що поширюються у різних середовищах:

$$\Delta = |n_1 S_1 - n_2 S_2|.$$

3. Умова максимального підсилення світла внаслідок інтерференції:

$$\Delta = \pm k\lambda, \text{ де } k = 0, 1, 2, \dots$$

4. Умова максимального послаблення світла внаслідок інтерференції:

$$\Delta = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \text{ де } k = 0, 1, 2, \dots$$

5. Інтенсивність світла при накладанні двох когерентних хвиль однакової частоти:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta,$$

де  $\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$  – різниця фаз хвиль; тут  $\Delta$  – оптична різниця ходу;  $\lambda_0$  – довжина хвилі у вакуумі.

6. Ширина інтерференційної смуги:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{\varphi},$$

де  $\varphi$  – кутова відстань між джерелами.

7. Різниця ходу світлових хвиль, відбитих від тонкої пластинки:

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2},$$

де  $b$  – товщина пластинки;  $i$  – кут падіння хвиль.

8. Інтерференція в тонких плівках (пластинах):

➤ підсилення світла

$$2bn \cos \alpha = 2k \frac{\lambda}{2};$$

➤ послаблення світла

$$2bn \cos \alpha = (2k + 1)\frac{\lambda}{2},$$

де  $n$  – показник заломлення;  $\alpha$  – кут заломлення.

9. Радіуси послідовних світлих кілець у відбитому світлі:

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

темних

$$r_k = \sqrt{R\lambda k},$$

де  $R$  – радіус кривизни опуклої поверхні лінзи,  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  – порядок інтерференції.

**10.** Відстань між сусідніми кільцями Ньютона:

$$\Delta r_k = r_{k+1} - r_k = \frac{\sqrt{R\lambda}}{2\sqrt{k}}.$$

**11.** Відстань між інтерференційними смужками на екрані, розміщеному паралельно до двох когерентних джерел:

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

де  $L$  – відстань від екрана до джерела світла, що знаходиться на відстані  $d$ ; при цьому  $L \gg d$ .

**12.** Радіус  $k$ -ої зони Френеля:

➤ для сферичного фронту

$$\rho_k = \sqrt{k \frac{Rr_0}{R + r_0}} \lambda,$$

➤ для плоского фронту

$$\rho_k = \sqrt{kr_0} \lambda,$$

де  $R$  і  $r_0$  – відповідно відстані від джерела до отвору, і від отвору до точки спостереження,  $k = 1, 2, 3, \dots$  – ціле число (номер зони Френеля).

**13.** Дифракція Фраунгофера (у паралельних променях) на одній щілині:

➤ умова максимумів:

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

➤ умова мінімумів:

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

де  $b$  – ширина щілини;  $\varphi$  – кут дифракції.

**14.** Дифракція на решітці:

➤ умова головних максимумів

$$d \sin \varphi = k \lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

де  $d = a + b$  – період решітки;  $a$  – ширина щілини;  $b$  – ширина непрозорих ділянок між щілинами;

➤ умова мінімумів:

$$d \sin \varphi = \left( k + \frac{P}{N} \right) \lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad P = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm (N - 1),$$

де  $N$  – кількість щілин.

### *Методичні вказівки до розв'язування задач*

**1.** Задачі на інтерференцію світла можна розділити на дві групи: задачі, які пов'язані з інтерференцією світла від двох когерентних джерел, і задачі на інтерференцію в тонких плівках і пластинах. До задач першої групи відносяться випадки інтерференції, отримані за допомогою дзеркал і біпрізми Френеля, білінзи Бйє, дзеркала Ллойда, а також у досліді Юнга. Для розрахунків інтерференційної картини користуються умовами максимального підсилення та послаблення світла внаслідок інтерференції, формулою оптичного шляху променя, формулою ширини інтерференційної картини.

**2.** Розв'язуючи задачі другої групи, слід користуватись відповідними формулами, що описують явище інтерференції в тонких плівках і пластинках з врахуванням середовища, яке оточує пластинку. Якщо тонка пластинка оточена різними середовищами, то залежно від співвідношення між показниками заломлення середовища ( $n_1, n_2$ ) і пластинки ( $n$ ) можливі наступні випадки:

- $n > n_1, n > n_2$  – тільки промінь 1, відбитий від межі з оптично більш густим середовищем, «втрачає» півхвилі;
- $n < n_1, n < n_2$  – «втрачає» півхвилі тільки заломлений промінь 2;
- $n_1 < n < n_2$  – обидва промені «втрачають» півхвилі;
- $n_1 > n > n_2$  – ні один промінь не «втрачає» півхвилі.

Очевидно, що в останніх двох випадках у формулі різниці ходу світлових хвиль, відбитих від тонкої пластинки, величину  $\lambda/2$  треба відкинути, оскільки «втрата» обома променями півхвилі не змінить їх різниці ходу.

**3.** При інтерференції світла, відомої під назвою кілець Ньютона, роль тонкої пластинки відіграє прошарок (у більшості випадків повітряний) між поверхнею плоскопаралельної пластинки і опуклою поверхнею притиснутої до неї лінзи. Формули для визначення радіусів кілець Ньютона виведені з припущення, що прошарок оточений однаковими середовищами, тобто пластинка і лінза мають однакові показники заломлення. Приймаючи  $n_1, n, n_2$  за показники заломлення, відповідно лінзи, прошарку і пластинки і повторивши вище наведені міркування, прийдемо до висновку, що у двох останніх випадках різниця ходу двох променів буде відрізнятися від тієї, що у перших двох випадках на  $\lambda/2$ . Внаслідок цього світлі темні кільця поміняються місцями.

**4.** При розв'язуванні задач, які стосуються дифракційних проблем Френеля, слід мати на увазі, що радіуси отвору (перегородки) і  $k$ -ої відкритої зони Френеля співпадають і визначаються за відповідними формулами.

## 4.2. Геометрична оптика

### Основні формули

1. Закон відбивання світла:

$$r_1 = r,$$

де  $r$  – кут падіння;  $r_1$  – кут відбивання.

2. Закон заломлення світла:

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

де  $k$  – кут заломлення;  $n_{21}$  – відносний показник заломлення другого середовища відносно першого.

3. Абсолютний показник заломлення:

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

де  $c$  – швидкість світла у вакуумі;  $v$  – швидкість світла у даному середовищі.

4. Повне внутрішнє відбивання:

$$\sin r_{\text{сп}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

5. Формула лінзи:

$$\frac{1}{S_2} - \frac{1}{S_1} = (N - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right),$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – відповідно відстані від об'єкта до лінзи і від лінзи до зображення;

$N = \frac{n}{n_1}$  – відносний показник заломлення речовини лінзи.

6. Формула тонкої лінзи:

$$\frac{1}{S_1} \pm \frac{1}{S_2} = \pm \frac{1}{f},$$

тут знак « $\rightarrow$ » перед  $1/f$  ставиться у випадку розсіювальних лінз, знак « $\leftarrow$ » перед  $1/S_2$  ставиться у випадку, коли зображення є уявним.

7. Формула сферичного дзеркала:

$$\frac{1}{S_1} \pm \frac{1}{S_2} = \pm \frac{1}{f},$$

де  $S_1$  – відстань від об'єкта до дзеркала;  $S_2$  – відстань від дзеркала до зображення; знак « $\leftarrow$ » перед  $1/f$  відноситься до дзеркала з уявним фокусом (опукле дзеркало), знак « $\rightarrow$ » перед  $1/S_2$  ставиться у випадку, коли зображення є уявним.

### Методичні вказівки до розв'язування задач

1. Задачі з геометричної оптики можна умовно поділити на три типи: задачі.

пов'язані з відбиванням і заломленням світла на плоских поверхнях; задачі, пов'язані з відбиванням і заломленням світла на сферичних поверхнях; задачі, пов'язані з оптичними приладами. Задачі, в яких вимагається визначити хід світлового променя при наявності однієї або декількох заломлюючих поверхонь, розв'язують користуючись законом заломлення. Його необхідно застосовувати до кожного випадку заломлення світла на межі двох середовищ, використовуючи геометричні співвідношення, які випливають із умови задачі. Якщо за умовою промінь падає на межу двох середовищ з боку оптично більш густого, то розрахунки можуть дати значення синуса кута заломлення більше за одиницю. Це означає, що промінь не заломлюється на межі, а відбивається від неї (має місце повне відбивання).

2. При розв'язуванні задач другого типу, використовуючи формулу тонкої лінзи чи сферичного дзеркала, необхідно враховувати правило знаків.

### 4.3. Закони теплового випромінювання

#### *Основні формули*

1. Закон Стефана-Больцмана:

$$R_e = \sigma \cdot T^4,$$

де  $\sigma$  – стала Стефана-Больцмана,  $R_e$  – енергетична світність абсолютно чорного тіла.

2. Закон зміщення Віна (перший закон Віна):

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

де  $\lambda_{\max}$  — довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії випромінювання;  $b$  – стала Віна ( $b = 2,89 \cdot 10^{-3}$  мК).

3. максимальна спектральна випромінювальна здатність тіла (другий закон Віна):

$$r_\lambda = CT^5$$

де  $C = 1,3 \cdot 10^5$  Вт/(м<sup>3</sup>К<sup>5</sup>).

#### *Методичні вказівки до розв'язування задач*

1. При розв'язуванні задач слід мати на увазі, що енергетична світність  $R_e$  тіла вимірюється енергетичним потоком  $\Phi_e$ , який випромінюється одиницею площі світної поверхні, тобто

$$R_e = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{1}{S} \frac{dW_e}{dt},$$

де  $dW_e$  – енергія, яка випромінюється поверхнею  $S$  за час  $dt$ .

2. Спектральна густина енергетичної світності (випромінювальної здатності)  $r_{\nu,T}$ , яка характеризує розподіл енергії в спектрі випромінювання тіла за

частотами, визначається співвідношеннями:

$$r_{\nu,T} = \frac{dR_e}{d\nu}, \quad R_e = \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu.$$

3. Зауважимо, що у фізичній літературі не має єдиної термінології щодо величин, які характеризують теплове випромінювання. Так, енергетичну світність ще часто називають інтегральною світністю, інтегральною випромінювальною здатністю або сумарною потужністю випромінювання. Спектральну густину енергетичної світності часто називають випромінювальною здатністю.

#### 4.4. Квантова природа світла і хвильові властивості частинок

##### Основні формули

1. Енергія фотона:

$$E = h\nu,$$

де  $\nu$  – частота коливань,  $h$  – стала Планка.

2. Імпульс фотона:

$$p = \frac{h\nu}{c},$$

де  $c$  – швидкість світла.

3. Маса фотона:

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{p}{c}.$$

4. Формула Ейнштейна для фотоелектру:

$$h\nu = A + E_k,$$

де  $A$  – робота виходу електрона з металу,  $E_k$  – кінетична енергія електрона.

5. Червона межа фотоелектру:

$$\nu_0 = \frac{A}{h}.$$

6. Зміна довжини хвилі фотона при комптонівському розсіюванні:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_c \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right),$$

де  $\lambda_c$  – комптонівська довжина хвилі розсіювача;  $\varphi$  – кут розсіяння.

7. Співвідношення де-Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{m\nu},$$

де  $m$  – маса частинки,  $\nu$  – її швидкість.



### **Методичні вказівки до розв'язування задач**

1. Основним співвідношенням, яким користуються при розв'язуванні задач, пов'язаних з фотоелектричним ефектом, є формула Ейнштейна для фотоэффекту.

2. Якщо енергія фотона менша 5 кеВ, то кінетична енергія електрона може бути визначена за класичною нерелятивістською формулою:

$$E_k = \frac{m\nu^2}{2}.$$

3. Якщо енергія фотона більша 5 кеВ, то для розрахунку кінетичної енергії слід скористатись релятивістською формулою:

$$E_k = (m - m_0)c^2,$$

де  $m$  – релятивістська маса рухомого електрона,  $m_0$  – маса спокою електрона,  $c$  – швидкість світла у вакуумі.

## **4.5. Закони радіоактивного розпаду. Енергія зв'язку ядер. Ядерні реакції**

### **Основні формули**

1. Основний закон радіоактивного розпаду:

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

де  $N_0$  – кількість атомів у початковий момент часу;  $N$  – кількість атомів, які ще не розпалися (залишилися) на момент часу  $t$ ;  $\lambda$  – стала радіоактивного розпаду.

2. Кількість атомів, що розпалися за час  $dt$ :

$$dN = -\lambda N dt.$$

3. Середній час життя радіоактивного ядра:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}.$$

4. Активність радіоактивного елемента:

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}.$$

5. Енергія зв'язку ядра:

$$E_{\text{зв}} = c^2 \Delta m,$$

де  $c$  – швидкість світла у вакуумі;  $\Delta m$  – дефект маси атомного ядра.

6. Питома енергія зв'язку:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{зв}}}{A},$$

де  $A$  – масове число.

7. Дефект маси:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}},$$

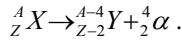
де  $m_p, m_n, m_y$  – відповідно, маса протона, нейтрона, ядра.

8. Енергія, що поглинається або виділяється під час ядерної реакції:

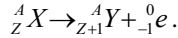
$$\Delta W = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2),$$

де  $\sum M_1$  – сума мас часток до реакції;  $\sum M_2$  – сума мас часток після реакції.

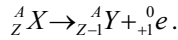
9.  $\alpha$  -розпад:



10.  $\beta^-$  -розпад:



11.  $\beta^+$  -розпад:



### ***Методичні вказівки до розв'язування задач***

1.

## ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СИНТЕЗ 1

### Механіка

1. Точка рухається по колу радіусом  $R = 4$  м. Закон її руху заданий рівнянням  $x = A + B t^2$ , де  $A = 8$  м;  $B = -2$  м/с<sup>2</sup>. Знайти момент часу  $t$ , коли нормальне прискорення точки  $9$  м/с<sup>2</sup>; швидкість; тангенціальне і повне прискорення точки в цей момент часу.
2. Колесо радіусом  $R = 0,3$  м обертається згідно з рівнянням  $\varphi = At + B t^3$ , де  $A = 1$  рад/с;  $B = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Визначити повне прискорення точок на поверхні колеса в момент часу  $2$  с.
3. Точка рухається прямолінійно згідно з рівнянням  $s = At + B t^3$ , де  $A = 6$  м/с;  $B = 0,125$  м/с<sup>3</sup>. Знайти середню швидкість точки в інтервалі часу від  $2$  с до  $6$  с.
4. Снаряд масою  $10$  кг у верхній точці траєкторії має швидкість  $300$  м/с. В цей момент він розірвався на  $2$  частини. Менша частина масою  $2$  кг отримала швидкість  $500$  м/с, спрямовану вперед під кутом  $60^\circ$  до площини горизонту. З якою швидкістю і в якому напрямку полетіла більша частина?
5. Снаряд, що має швидкість  $300$  м/с, розірвався на  $2$  частини. Менша частина масою  $20\%$  від загальної маси снаряду полетіла в протилежному напрямку зі швидкістю  $200$  м/с. З якою швидкістю і в якому напрямку полетіла більша частина?
6. Людина, що стоїть у човні, зробила  $6$  кроків і зупинилася. На скільки кроків пересунувся човен, якщо маса човна у  $2$  рази більша, ніж маса людини?
7. До стелі вагона, що рухається зі швидкістю  $18$  км/год., підвішений на нитці вантаж. На який кут відхилиться нитка при гальмуванні вагона, якщо він зупинився через  $5$  с після початку гальмування?
8. Тіло ковзає вздовж похилої площини, розташованої під кутом  $30^\circ$  відносно горизонту. Пройшовши відстань  $0,6$  м, тіло набуло швидкості  $2$  м/с. Визначити коефіцієнт тертя тіла відносно площини.
9. Дві однакові гирі масами по  $1$  кг з'єднані ниткою, перекинутою через невагомий блок, закріплений на вершині похилої площини, що складає з горизонтом кут  $30^\circ$  (див. рис. 1). Знайти силу натягу нитки і прискорення гир. Коефіцієнт тертя гирі по площині дорівнює  $0,1$ .
10. Молот для забивання палі масою  $0,6$  т падає з деякої висоти на палю масою  $150$  кг. Знайти к.к.д. молота, вважаючи удар непружним.

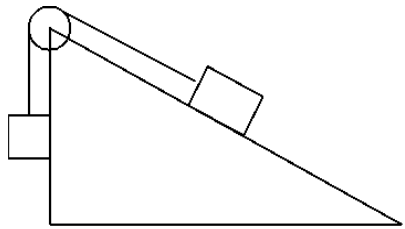


Рис. 1

Корисною вважати енергію, витрачену на заглиблення палі.

11. Вантаж масою 10 кг підвішений на нитці довжиною 2 м. У вантаж влучає і застряє в ньому куля масою 5 г. Визначити швидкість кулі до удару, якщо нитка з вантажем відхилилася від вертикалі на кут  $3^\circ$ .
12. Вагон масою 40 т, що рухається зі швидкістю 0,1 м/с, вдаряється об стінку. При цьому буферні пружини стискаються на 10 см. Визначити максимальну силу стискання пружин і час повного гальмування вагона.
13. Із шахти глибиною 600 м підіймають кліть масою 3 т на канаті, кожний метр якого має масу 1,5 кг. Яка робота виконується при підніманні кліті на поверхню землі?
14. Диск радіусом  $R = 0,2$  м і масою  $m = 7$  кг обертається згідно з рівнянням  $\varphi = A+Bt+Ct^3$ , де  $A = 3$  рад;  $B = -1$  рад/с;  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Визначити закон, за яким змінюється обертальний момент сил, що діє на диск. Визначити момент сил в момент часу 2 с.
15. Суцільний циліндр котиться по горизонтальній площині зі швидкістю 10 м/с. Яку відстань пройде циліндр до зупинки? Коефіцієнт тертя 0,02.
16. Через блок радіусом 3 см перекинутий шнур, до кінців якого підвішені вантажі масами 0,1 кг і 0,12 кг. Вантажі рухаються з прискоренням  $0,3$  м/с<sup>2</sup>. Визначити момент інерції блока.
17. На лаві Жуковського стоїть людина і тримає в руках стрижень, розміщений вертикально вздовж осі обертання лави. Сумарний момент інерції людини і лави  $6$  кг·м<sup>2</sup>. Довжина стрижня 2,4 м, його маса 8 кг. Лава обертається з кутовою швидкістю 1 рад/с. З якою кутовою швидкістю буде обертатися лава, якщо повернути стрижень в горизонтальне положення?
18. Рівняння коливань матеріальної точки  $x = A \sin \omega t$ , де  $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$ ;  $A = 5$  см. У момент, коли на точку діяла повертаюча сила  $+5$  мН, вона мала потенціальну енергію 0,1 мДж. Знайти цей момент часу і відповідне значення фази коливань.
19. Диск радіусом 24 см коливається під дією сили тяжіння навколо горизонтальної осі, що проходить через середину одного з його радіусів перпендикулярно до площини диска. Визначити частоту коливань.
20. Точка здійснює гармонічні коливання. В деякий момент часу зміщення точки дорівнює 5 см, її швидкість 20 см/с, прискорення  $-80$  см/с<sup>2</sup>. Знайти циклічну частоту, період коливань, амплітуду, фазу в цей момент часу.

### Молекулярна фізика і термодинаміка

1. В озеро, яке має середню глибину 10 м і площу поверхні  $20 \text{ км}^2$ , кинули кристалик кухонної солі масою 0,01 г. Скільки молекул цієї солі було б у наперстку води об'ємом 0,002 л, взятій з озера, якщо вважати, що сіль, розчинившись рівномірно розподілилася у всьому об'ємі води?
2. Скляну трубку довжиною 10 см на  $1/3$  занурюють в ртуть. Потім її

закривають пальцем і виймають. Якої довжини стовпчик ртуті залишиться у трубці? Стопчик ртуті у ртутному барометрі знаходиться на висоті 75 см.

3. Посередині відкачаної запаяної з обох кінців горизонтальної трубки довжиною 1 м міститься стовпчик ртуті довжиною 20 см. Якщо трубку поставити вертикально, то стовпчик ртуті зміститься на 10 см. До якого тиску було відкачано з трубки повітря? Густина ртуті  $1,36 \cdot 10^4$  м.
4. У балоні ємністю 20 л знаходиться аргон під тиском 800 кПа і при температурі 325 К. Після того, як з балону випустили деяку кількість аргону, тиск у балоні знизився до 600 кПа, а температура – до 300 К. Визначити масу аргону, випущеного з балону.
5. Обчислити густину азоту, що знаходиться в балоні під тиском 20 ат при температурі 290 К.
6. Два однакові балони містять кисень. В одному тиск 1 МПа, температура 400 К, в другому тиск 1,5 МПа, температура 250 К. Балони з'єднали трубкою й охолодили до температури 300 К. Визначити тиск у балонах.
7. Балон ємністю 0,01 м<sup>3</sup> містить 7 г азоту і 1 г водню при температурі 280 К. Визначити тиск суміші газів.
8. Знайти середню кінетичну енергію обертального руху однієї молекули водню, а також сумарну кінетичну енергію всіх молекул одного моля водню при температурі 190 К.
9. У азоті зависли найдрібніші пилинки, кожна масою  $10^{-10}$  г, які рухаються так, немовби вони є дуже великими молекулами. Температура газу 293 К. Визначити середні квадратичні швидкості і середні кінетичні енергії поступального руху молекул азоту і пилинок.
10. Газ займає об'єм 1 л під тиском 0,2 МПа. Визначити кінетичну енергію поступального руху всіх молекул газу.
11. Визначити молярні і питомі теплоємності при сталому тиску і сталому об'ємі для кисню і аргону.
12. Визначити середню частоту зіткнень молекули водню при температурі 300 К і тиску  $10^{-3}$  мм. рт. ст.
13. Визначити густину водню, якщо середня довжина вільного пробігу молекул 1 мм.
14. Газ виконує цикл Карно. Температура нагрівача 475 К, охолоджувача 260 К. При ізотермічному розширенні газ виконав роботу 100 Дж. Визначити к.к.д. циклу, а також теплоту, віддану охолоджувачу при ізотермічному стисненні.
15. При ізотермічному розширенні 1 г водню його об'єм зріс у 2 рази. Визначити роботу розширення і теплоту, отриману газом, якщо його температура 300 К.
16. Кисень масою 2 кг займає об'єм 1 м<sup>3</sup> і знаходиться під тиском 0,2 МПа. При нагріванні газ розширився при сталому тиску до 3 м<sup>3</sup>, а потім його тиск зріс до 0,5 МПа при сталому об'ємі. Визначити отриману газом

теплоту, приріст внутрішньої енергії і виконану газом роботу. Побудувати графік процесу.

17. Якою буде відносна вологість повітря в квартирі, якщо відкрити двері між сусідніми кімнатами площею  $15\text{ м}^2$  і  $10\text{ м}^2$ , відносні вологості в яких 60% і 50%? Температура однакова.
18. В калориметр, який містить 0,15 кг льоду при температурі  $0^\circ\text{C}$ , впустили водяну пару при температурі  $100^\circ\text{C}$ . Скільки води виявилось у калориметрі після того, як весь лід розтанув, якщо температура води в калориметрі стала  $30^\circ\text{C}$ ?
19. У сталеву посудину масою 300 г налили 1,5 л води при температурі  $17^\circ\text{C}$ . У воду кинули грудочку мокрої снігу, маса якої 200 г. Коли сніг розтанув, у посудині встановилася температура  $7^\circ\text{C}$ . Скільки води було в грудочці снігу?
20. Яку роботу потрібно виконати проти сил поверхневого натягу, щоб видути мильну бульбашку радіусом 0,05 м?

## СИНТЕЗ 2

### Електрика і магнетизм

1. Три однакових кульки масами по 0,12 г кожна підвішені до однієї точки на нитках довжиною 20 см. Які заряди необхідно надати кожній кульці, щоб кожна нитка складала з вертикаллю кут  $30^\circ$ ?
2. Відстань між двома точковими зарядами 180 нКл і 720 нКл дорівнює 60 см. Визначити, в яку точку необхідно помістити третій заряд, щоб система зарядів знаходилася в рівновазі. Визначити величину і знак заряду.
3. У вершинах квадрата зі стороною 20 см розміщені однакові заряди по 10 нКл. Знайти силу, що діє на кожен заряд.
4. На продовженні осі тонкого стрижня на відстані 10 см від його кінця знаходиться точковий заряд 0,1 мкКл. Стрижень заряджений з лінійною густиною заряду 1 нКл/см, його другий кінець іде у нескінченність. Визначити силу взаємодії стрижня і заряду.
5. Дві нескінченні нитки розміщені паралельно на відстані 10 см. На одній з них рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною  $-2$  нКл/см, на іншій –  $+4$  нКл/см. Визначити напруженість електричного поля в точці, віддаленій від першої нитки на 6 см і від другої – на 8 см.
6. Три однакових краплі ртуті, заряджених до потенціалу 20 В, зливаються в одну. Який потенціал краплі, що утворилася?
7. Дві нескінченні площини розподілені паралельно на відстані 0,5 см. На одній з них рівномірно розподілений заряд з поверхневою густиною –  $0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>, на іншій –  $+0,2$  мкКл/м<sup>2</sup>. Визначити різницю потенціалів між площинами.
8. Іон атома водню  $\text{H}^+$  пройшов різницю потенціалів 100 В, іон атома калію

- $K^+$  - різницю потенціалів 200 В. Знайти відношення швидкостей цих іонів.
9. Два конденсатори ємностями 5 мкФ і 10 мкФ заряджені до напруг 60 В і 100 В відповідно. Визначити напругу на конденсаторах після того, як з'єднали їх обкладки, що мають однойменні заряди.
  10. Плоский конденсатор, утворений двома пластинами на відстані 2 см, заряджений до напруги 6 кВ. Заряд кожної пластини 1 нКл. Визначити енергію електричного поля і силу притягнення пластин.
  11. До повітряного конденсатора, зарядженого до різниці потенціалів 500 В, приєднали паралельно такий же за розмірами незаряджений конденсатор зі скляним діелектриком. Після цього різниця потенціалів зменшилася до 70 В. Визначити діелектричну проникність скла.
  12. Е.р.с. батареї 12 В. Максимальна сила струму від цієї батареї 6 А. Визначити максимальну потужність, яка може бути отримана на зовнішній ділянці кола.
  13. Е.р.с. батареї 8 В. При силі струму 2 А к.к.д. батареї дорівнює 0,75. Визначити її внутрішній опір.
  14. Сила струму в провіднику змінюється з часом за законом  $I = I_0 \sin \omega t$ , де  $I_0 = 5$  А,  $\omega = 100\pi$  с<sup>-1</sup>. Визначити заряд, що пройшов через поперечний переріз провідника за половину періоду коливань.
  15. По провіднику, що має форму прямокутника зі сторонами 6 см і 10 см, тече струм 20 А. Визначити напруженість магнітного поля в центрі прямокутника.
  16. По провіднику, що має форму кола, тече струм. Напруженість магнітного поля струму в центрі кола 20 А/м. Провіднику надали форму квадрата і ввімкнули такий самий струм. Визначити напруженість магнітного поля в центрі квадрата.
  17. Котушка, що має 1500 витків площею 50 см<sup>2</sup>, обертається з частотою 960 об/хв. в магнітному полі напруженістю 10<sup>5</sup> А/м. Вісь обертання лежить у площині рамки і перпендикулярна до силових ліній поля. Визначити максимальну е.р.с. індукції в рамці.
  18. У магнітному полі напруженістю 2 кА/м обертається стрижень довжиною 20 см з частотою 10 с<sup>-1</sup>. Площина обертання перпендикулярна до силових ліній поля, а вісь обертання проходить через один із кінців стрижня. Визначити різницю потенціалів на кінцях стрижня.
  19. Рамка площею 100 см<sup>2</sup>, що має опір 0,01 Ом, рівномірно обертається в магнітному полі з індукцією 0,05 Тл. Вісь обертання лежить у площині рамки і перпендикулярна до силових ліній поля. Визначити заряд, що протече через рамку при зміні кута між нормаллю до рамки і силовими лініями: 1) від 0 до 30°; 2) від 30° до 60°; 3) від 60° до 90°.
  20. По замкнутому колу опором 23 Ом тече струм. Через 10 мс після розмикання кола сила струму в ньому зменшилася в 10 разів. Визначити індуктивність кола.

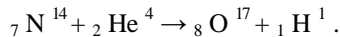
## Оптика і атомна фізика

1. Пучок паралельних променів шириною 2 см падає з повітря на поверхню скла під кутом  $60^\circ$ . Визначити ширину пучка у склі, якщо показник заломлення 1,6.
2. Відстань між екраном і лампою 90 см. Розташували між ними лінзу з фокусною відстанню 16 см, отримали чітке збільшене в три рази зображення нитки розжарення лампи. На скільки і куди потрібно перемістити лампу, щоб отримати зменшене зображення. Зробити малюнок.
3. У кімнаті ввімкнули дві лампи, що знаходяться на відстані 3 м одна від одної й на висоті 2 м над поверхнею стола. Визначити освітленість стола в точці, яка рівновіддалена від обох ламп і лежить у вертикальній площині, що проходить через лампи. Кожна з ламп дає потік 2500 лм.
4. На гліцеринову плівку товщиною 1 мкм падає біле світло нормально до її поверхні. Визначити довжини хвиль видимої ділянки спектру, які будуть ослаблені внаслідок інтерференції.
5. У досліді Юнга відстань від щілин до екрану 1,5 м. Визначити відстань між щілинами, якщо 8 темних інтерференційних смуг займають ширину 1 см. Довжина хвилі світла 0,6 мкм.
6. На тонкий скляний клин падає нормально світло з довжиною хвилі 600 нм. Відстань між сусідніми темними інтерференційними смугами у відбитому світлі 0,4 мм. Показник заломлення скла 1,5. Визначити кут між поверхнями клина.
7. На скляну пластину покладена опуклою стороною плоскоопукла лінза з фокусною відстанню 2 м. Радіус п'ятого темного кільця Ньютона у відбитому світлі 1,5 мм. Визначити довжину хвилі світла.
8. Дифракційна решітка, освітлена монохроматичним світлом, що падає нормально, відхиляє спектр третього порядку на  $30^\circ$ . На який кут вона відхиляє спектр 4-го порядку?
9. На непрозору пластину з вузькою щілиною падає нормально світло з довжиною хвилі 500 нм. Кут відхилення променів першого дифракційного максимуму  $30^\circ$ . Визначити ширину щілини.
10. Визначити максимальну спектральну світність абсолютно чорного тіла при температурі 2000 К, а також довжину хвилі, що відповідає максимуму спектральної світності.
11. Як і в скільки разів зміниться енергетичний потік від абсолютно чорного тіла, якщо довжина хвилі, що відповідає максимуму спектральної світності, переміститься з червоної межі видимого спектру (780 нм) до фіолетової (390 нм)?
12. Червона межа фотоефекту для цезію 653 нм. Визначити максимальну швидкість фотоелектронів, вибих з цезію фіолетовим світлом довжиною хвилі 420 нм.
13. Для світла довжиною хвилі 500 нм поріг зорового відчуття людського



ока становить 2,1 10-13 Вт/м<sup>2</sup>. Яка найменша кількість фотонів повинна потрапляти в око людини за 1 с, щоб викликати зорове відчуття? Діаметр зіниці ока прийняти 0,7 см.

14. Яку прискорюючу різницю потенціалів пройшов електрон, якщо, розпочавши рух із стану спокою, він набув швидкості 0,95 с відносно лабораторної ІСВ?
15. Визначити максимальну енергію і відповідну довжину хвилі фотона серії Пашена в спектрі випромінювання атомарного водню.
16. Атом водню, що знаходиться в основному стані, поглинає фотон з довжиною хвилі 121,5 нм. За теорією Бора обчислити радіус електронної орбіти після цього.
17. Скільки довжин хвиль де Бройля вкладається вздовж 3-ї орбіти однократно іонізованого збудженого атома гелію? Обчислити енергію ядерної реакції:



Звільняється чи поглинається ця енергія?

18. Визначити енергію β-розпаду ядра карбону  ${}_6\text{C}^{14}$ .
19. Активність препарату, який містить радіоактивний елемент, зменшилась у 8 разів протягом 12 діб. Визначити період піврозпаду елемента.
20. Корисна потужність ядерного реактора атомного підводного човна 15 МВт при термодинамічному ККД 20 %. Ядерним паливом служить збагачений уран, що містить 25 % ізотопу  ${}_{92}\text{U}^{235}$ . Визначити масу урану, що використовується для річного плавання човна, якщо при поділі одного ядра атома урану виділяється енергія 200 МеВ.

## ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1

### Механіка

1. Матеріальна точка рухається по колу радіусом  $R = 2$  м згідно з рівнянням  $s = At + B t^3$ , де  $A = 8$  м/с;  $B = - 0,2$  м/с<sup>3</sup>. Знайти швидкість; нормальне, тангенціальне і повне прискорення в момент часу 3 с.
2. Рухи двох точок визначаються рівняннями  $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$  і  $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$ , де  $A_1 = 20$  м;  $B_1 = 2$  м/с;  $C_1 = - 4$  м/с<sup>2</sup>;  $A_2 = 2$  м;  $B_2 = 2$  м/с;  $C_2 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. В який момент часу швидкості точок будуть однаковими? Визначити швидкості і прискорення точок в цей момент.
3. Точка рухається прямолінійно згідно з рівнянням  $s = At + Bt^3$ , де  $A = 3$  м/с;  $B = 0,06$  м/с<sup>3</sup>. Знайти швидкість і прискорення точки в початковий момент часу та в момент часу 3 с. Визначити середні значення швидкості і прискорення за перші 3 с руху.
4. Залежність пройденого тілом шляху  $s$  від часу  $t$  задано рівнянням  $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , де  $C = 0,14$  м/с<sup>2</sup> і  $D = 0,01$  м/с<sup>3</sup>. Через який час після початку руху прискорення тіла буде дорівнювати 1 м/с<sup>2</sup>?
5. Дві точки рухаються згідно з рівняннями  $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$  і  $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$ , де  $A_1 = 10$  м;  $B_1 = 32$  м/с;  $C_1 = - 3$  м/с<sup>2</sup>;  $A_2 = 5$  м;  $C_2 = 5$  м/с<sup>2</sup>. В який момент часу швидкості точок будуть однаковими? Визначити швидкості і прискорення точок у цей момент.
6. Колесо радіусом  $R = 0,2$  м обертається згідно з рівнянням  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , де  $A = 3$  рад;  $B = - 1$  рад/с;  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Визначити тангенціальне, нормальне і повне прискорення точок на поверхні колеса в момент часу 10 с.
7. Точка рухається по колу радіусом  $R = 10$  м. В деякий момент часу нормальне прискорення точки 9 м/с<sup>2</sup>. Вектор повного прискорення в цей момент утворює з вектором нормального прискорення кут 60°. Знайти швидкість і тангенціальне прискорення точки.
8. Точка рухається по колу радіусом  $R = 0,1$  м згідно з рівнянням  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , де  $A = 10$  рад;  $B = 20$  рад/с;  $C = - 2$  рад/с<sup>2</sup>. Знайти повне прискорення точки в момент часу 4 с.
9. Людина масою 70 кг стоїть на візку масою 210 кг, що рухається горизонтально зі швидкістю 3 м/с. Після того, як людина стрибнула у напрямку, протилежному до напрямку руху візка, швидкість візка стала рівною 4 м/с. Визначити, з якою швидкістю відносно візка стрибнула людина.
10. Кулька масою 200 г рухається зі швидкістю 10 м/с під кутом 30° до площини стінки. Після удару кулька відскочила від стінки, причому модуль її швидкості не змінився. Визначити імпульс, отриманий стінкою.
11. Кулька масою 100 г вільно падає з висоти 1 м на сталеву плиту і підстрибує на висоту 0,5 м. Визначити імпульс (за величиною і напрямком), переданий плитою кульці.

12. На залізничній платформі встановлено гармату, жорстко з'єднану з платформою. Загальна маса платформи і гармати 20 т. Гармата виконує постріл під кутом  $60^\circ$  до горизонту в напрямку руху. Маса снаряду 50 кг, його швидкість 500 м/с. Яку швидкість отримують платформа з гарматою внаслідок віддачі?
13. Два однакових човни масами по 200 кг рухаються паралельними курсами назустріч з однаковими швидкостями 1 м/с. Коли вони зрівнялися, з першого човна у другий і з другого в перший одночасно перекидають вантажі масами по 20 кг. Визначити швидкості човнів після цього.
14. Човен масою 210 кг і довжиною 6 м стоїть у воді носом до берега. На кормі човна стоїть людина масою 70 кг. На яку відстань відійде човен від берега, якщо людина перейде з корми на ніс човна?
15. У човні масою 240 кг стоїть людина масою 60 кг. Човен пливе зі швидкістю 2 м/с. Людина стрибає з човна в горизонтальному напрямку зі швидкістю 4 м/с (відносно човна). Знайти швидкість човна після стрибка людини: 1) в напрямку руху човна; 2) в протилежному напрямку.
16. Тіло ковзає вздовж похилої площини, розташованої під кутом  $45^\circ$  відносно горизонту. Залежність пройденної відстані від часу дається рівнянням  $s = V t^2$ , де  $V = 1,73 \text{ м/с}^2$ . Визначити коефіцієнт тертя тіла відносно площини.
17. Дві гирі масами 3 кг і 5 кг з'єднані ниткою, перекинutoю через невагомий блок. Знайти силу натягу нитки і прискорення гир.
18. Дві однакові гирі масами по 1 кг з'єднані ниткою, перекинutoю через невагомий блок, закріпленій на краю столу, так, що одна гиря висить, а друга ковзає по столу з коефіцієнтом тертя 0,1. Знайти силу натягу нитки і прискорення гир.
19. Дві однакові гирі масами по 1 кг з'єднані ниткою, перекинutoю через невагомий блок, закріпленій на вершині похилої площини, що складає з горизонтом кут  $30^\circ$  (див. рис.1). Знайти силу натягу нитки і прискорення гир. Тертям знехтувати.
20. Камінь масою 0,2 кг кинули під кутом  $60^\circ$  до горизонту зі швидкістю 15 м/с. Знайти кінетичну, потенціальну і повну енергії каменя у найвищій точці траєкторії.
21. Тіло масою 1 кг ковзає з похилої площини висотою 1 м і довжиною 10 м. Знайти швидкість тіла в кінці площини і шлях, пройдений по горизонтальній ділянці шляху до зупинки. Коефіцієнт тертя на всьому шляху 0,05.
22. Тіло ковзає спочатку по похилій площині, розміщеній під кутом  $8^\circ$  до горизонту, а потім по горизонтальній поверхні. Визначити коефіцієнт тертя, якщо відомо, що шляхи, пройдені по похилій і по горизонтальній

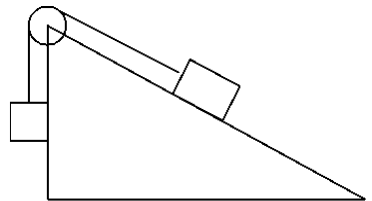


Рис. 1

- поверхнях, є рівними.
23. Куля масою 2 кг рухається зі швидкістю 3 м/с і стикається з кулею масою 1 кг, що рухається назустріч зі швидкістю 4 м/с. Визначити швидкості куль після абсолютно пружного центрального удару.
  24. Молот масою 10 кг вдаряє по шматку м'якого заліза, що лежить на ковадлі масою 0,4 т. Визначити к.к.д. удару молота в даних умовах. Удар вважається непружним. Корисною є енергія, витрачена на деформацію заліза.
  25. Куля масою 5 кг рухається зі швидкістю 2 м/с і стикається з нерухомою кулею масою 3 кг. Визначити роботу деформації куль при непружному центральному ударі.
  26. Ядро атома розпадається на дві частини масами  $1,6 \cdot 10^{-25}$  кг і  $2,3 \cdot 10^{-25}$  кг. Визначити кінетичні енергії кожної частини, якщо сума їх кінетичних енергій  $2,2 \cdot 10^{-11}$  Дж.
  27. На краю плоту масою 140 кг і довжиною 3 м стоїть людина масою 70 кг. З якою найменшою швидкістю і під яким кутом до горизонту повинна стрибнути людина, щоб потрапити на протилежний край плоту?
  28. Яку максимальну частину своєї кінетичної енергії може передати частинка масою  $2 \cdot 10^{-25}$  кг при пружному зіткненні з нерухомою частинкою масою  $8 \cdot 10^{-25}$  кг?
  29. Куля масою 1,8 кг стикається з нерухомою кулею. В результаті пружного центрального удару куля втратила 36% своєї кінетичної енергії. Визначити масу нерухомої кулі.
  30. Перша куля масою 10 кг рухається зі швидкістю 4 м/с, а друга куля масою 4 кг – зі швидкістю 12 м/с. Визначити швидкість куль після їх непружного зіткнення, якщо вони рухалися до удару: 1) назустріч; 2) друга куля наздоганяла першу.
  31. З якою швидкістю вилетить із пружинного пістолету кулька масою 10 г, якщо пружина була стиснена на 5 см, а жорсткість пружини 200 Н/м?
  32. Пружина жорсткістю  $10^4$  Н/м стиснена силою 200 Н. Визначити роботу зовнішньої сили, що додатково стискає цю пружину ще на 1 см.
  33. Вагон масою 20 т рухався зі швидкістю 1 м/с. При зіткненні з нерухомою стінкою він зупинився, стиснувши пружину буфера на 10 см. Визначити жорсткість пружини.
  34. Пружина жорсткістю 1000 Н/м була стиснена на 5 см. Яку роботу необхідно виконати, щоб стиснути пружину ще на 10 см?
  35. Гиря, покладена на верхній край вертикально розміщеної пружини, стискає її на 2 мм. На скільки стисне пружину та сама гиря при її падінні на пружину з висоти 5 см?
  36. Дві пружини, жорсткість яких 1 кН/м і 3 кН/м, з'єднані паралельно. Визначити потенціальну енергію даної системи при її навантаженні

силою 200 Н.

37. Дві пружини, жорсткість яких 300 Н/м і 500 Н/м, з'єднані послідовно. Визначити роботу розтягнення цих пружин, якщо друга пружина була розтягнута на 3 см.
38. При пострілі з пружинного пістолету вертикально вгору куля масою 20 г піднялася на висоту 5 м. Визначити жорсткість пружини, якщо вона була стиснена на 10 см.
39. Маховик радіусом 10 см обертається навколо горизонтальної осі. На обід маховика намотаний шнур, до якого прив'язаний вантаж масою 800 г. При рівноприскореному опусканні вантаж пройшов відстань 160 см за 2 с. Визначити момент інерції маховика.
40. Суцільний циліндр скочується з похилої площини висотою 15 см визначити швидкість поступального руху циліндра в кінці площини.
41. Тонкий стрижень довжиною 40 см і масою 0,6 кг обертається навколо осі, що проходить через середину стрижня перпендикулярно до нього. Закон обертання стрижня  $\varphi = At + B t^3$ , де  $A = 1$  рад/с;  $B = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Визначити обертальний момент сил в момент часу 2 с.
42. Диск радіусом 20 см і масою 5 кг обертається з частотою 8 об/с. При гальмуванні він зупинився через 4 с. Визначити гальмуючий момент сил.
43. Через блок масою 0,2 кг перекинутий шнур, до кінців якого підвішені вантажі масами 0,3 кг і 0,5 кг. Визначити сили натягу шнура з обох сторін блока під час руху вантажів, якщо маса блока рівномірно розподілена вздовж його ободу.
44. Суцільний циліндр масою 12 кг може обертатися навколо горизонтальної осі. На циліндр намотали шнур і прив'язали гирю масою 1 кг. Визначити силу натягу шнура і прискорення гирі під час її опускання.
45. Два однакових маховика обертаються з однаковою кутовою швидкістю 63 рад/с. Внаслідок тертя один маховик зупинився через 1 хв., а другий зробив до зупинки 360 обертів. У якого маховика гальмуючий момент сил більший і в скільки разів?
46. На краю горизонтальної платформи у формі диска радіусом 2 м і масою 200 кг стоїть людина масою 80 кг. Платформа може обертатися навколо вертикальної осі без тертя. З якою кутовою швидкістю буде обертатися платформа, якщо людина буде йти вздовж її краю зі швидкістю 2 м/с відносно платформи?
47. На краю горизонтальної платформи у формі диска масою 240 кг стоїть людина масою 60 кг. Платформа може обертатися навколо вертикальної осі без тертя. На який кут повернеться платформа, якщо людина пройде вздовж краю платформи і, обійшовши її, повернеться у вихідну точку? Людину вважати матеріальною точкою.
48. Кулька масою 50 г, прив'язана до кінця нитки довжиною 1 м, обертається з частотою 1 об/с, ковзаючи без тертя по горизонтальній площині. Визначити частоту обертання після того, як нитку вкоротили на 0,5 м. Яку

- роботу виконала сила, що вкоротила нитку?
49. На краю горизонтальної платформи у формі диска радіусом 1 м стоїть людина масою 80 кг. Момент інерції платформи  $120 \text{ кг м}^2$ . Платформа обертається навколо вертикальної осі без тертя з частотою 6 об/хв. З якою частотою буде обертатися платформа, якщо людина перейде в її центр? Людину вважати матеріальною точкою.
  50. На лаві Жуковського стоїть людина і ловить м'яч масою 0,4 кг, що летить горизонтально зі швидкістю 20 м/с на відстані 0,8 м від осі обертання лави. Сумарний момент інерції людини і лави  $6 \text{ кг м}^2$ . З якою кутовою швидкістю буде обертатися лава після того, як людина спіймає м'яч?
  51. На нерухомій лаві Жуковського стоїть людина і тримає в руках стрижень, розміщений вертикально вздовж осі обертання лави. Стрижень є віссю обертання колеса, розміщеного на верхньому кінці стрижня, яке обертається з частотою 10 об/с. Сумарний момент інерції людини і лави  $6 \text{ кг м}^2$ , радіус колеса 20 см. Маса колеса 3 кг розподілена вздовж його ободу. З якою кутовою швидкістю буде обертатися лава, якщо людина поверне стрижень з колесом на  $180^\circ$ ?
  52. Маховик у формі диска радіусом 40 см і масою 50 кг може обертатися навколо горизонтальної осі. На цій осі жорстко закріплений шків радіусом 10 см. По дотичній до шківа прикладена сила 500 Н. Через який час маховик розкрутиться до частоти 1 об/с?
  53. В центрі горизонтальної платформи у формі диска радіусом 1,5 м і масою 180 кг стоїть людина масою 60 кг. Платформа обертається навколо вертикальної осі без тертя з частотою 10 об/хв. Яку швидкість відносно землі буде мати людина, якщо вона перейде на край платформи? Людину вважати матеріальною точкою.
  54. Стрижень довжиною 1 м і масою 3 кг підвішений на горизонтальній осі, що проходить через верхній кінець стрижня. М'яч масою 2 кг, що летить горизонтально, влучає в нижній кінець стрижня і пружно відбивається. Стрижень після удару відхилився від вертикалі на кут  $60^\circ$ . Визначити швидкість м'яча до удару.
  55. Матеріальна точка масою 100 г здійснює гармонічні коливання з амплітудою 20 см і максимальною швидкістю 40 см/с. Написати рівняння коливань і знайти максимальне значення сили, що діє на точку.
  56. Стрижень довжиною 40 см коливається під дією сили тяжіння навколо горизонтальної осі, що проходить через його верхній кінець. Визначити період коливань.
  57. Рівняння коливань матеріальної точки масою 0,01 кг:  $x = A \sin \omega t$ , де  $\omega = 8\pi \text{ с}^{-1}$ ;  $A = 0,2 \text{ м}$ . Знайти повертаючу силу в момент часу 0,1 с, а також повну енергію точки.
  58. Рівняння коливань матеріальної точки масою 0,1 г:  $x = A \sin \omega t$ , де  $\omega = 20 \text{ с}^{-1}$ ;  $A = 5 \text{ см}$ . Визначити максимальні значення повертаючої сили і кінетичної енергії.

59. Диск радіусом 30 см коливається під дією сили тяжіння навколо горизонтальної осі, що співпадає з однією із твірних циліндричної поверхні диска. Визначити період коливань.
60. На гладкому столі лежить вантаж масою 200 г, прикріплений до горизонтально розміщеної пружини жорсткістю 500 Н/м. У вантаж влучає куля масою 10 г, що летить уздовж осі пружини зі швидкістю 300 м/с, і застряє у ньому. Визначити амплітуду і період коливань вантажу.

### Молекулярна фізика і термодинаміка

1. Обчислити густину кисню, що знаходиться в балоні під тиском 1 МПа при температурі 300 К.
2. Деякий газ знаходиться під тиском 700 кПа при температурі 308 К. Визначити його відносну молекулярну масу, якщо густина газу  $12,2 \text{ кг/м}^3$ .
3. У балоні ємністю 40 л знаходиться азот при температурі 300 К. Після того, як з балону випустили частину азоту, тиск у балоні знизився на 400 кПа. Визначити масу азоту, випущеного з балону. Процес вважати ізотермічним.
4. У балоні ємністю 50 л знаходиться кисень при температурі 300 К. Після того, як з балону випустили деяку кількість кисню, тиск у балоні знизився на 200 Па. Визначити масу кисню, випущеного з балону. Процес вважати ізотермічним.
5. Визначити густину насиченої водяної пари при температурі 300 К під тиском 26,7 мм рт. ст.
6. Густина газу під тиском 96 кПа при температурі  $0^\circ\text{C}$  дорівнює 1,35 г/л. Визначити молярну масу газу.
7. При температурі  $35^\circ\text{C}$  під тиском 708 кПа густина деякого газу  $12,2 \text{ кг/м}^3$ . Визначити відносну молекулярну масу газу.
8. Балон ємністю 30 л містить суміш водню і гелію при температурі 300 К під тиском 0,8 МПа. Маса суміші 24 г. Визначити маси водню і гелію.
9. У балоні ємністю 11,2 л міститься водень при нормальних умовах. Після того, як у балон було додано деяку кількість гелію, тиск у балоні зріс до 0,15 МПа, а температура не змінилася. Визначити масу гелію.
10. Визначити густину суміші газів, що складається з однієї масової частини водню і 8 масових частин кисню під тиском 0,1 МПа і при температурі 290 К.
11. Азот міститься у балоні ємністю 20 л під тиском 2,5 МПа, а кисень – у балоні ємністю 44 л під тиском 1,6 МПа. Балони з'єднали трубкою для утворення суміші. Визначити парціальні тиски компонент. Процес ізотермічний.
12. Балон ємністю 30 л містить суміш водню і гелію при температурі 300 К під тиском 0,8 МПа. Маса суміші 24 г. Визначити маси водню і гелію.

13. Балон містить 80 г кисню і 320 г аргону при температурі 300 К під тиском 1 МПа. Визначити ємність балону.
14. У балоні ємністю 15 л міститься суміш 10 г водню, 54 г водяної пари і 60 г вуглекислого газу при температурі 27°C. Визначити тиск.
15. Суміш кисню і азоту міститься в балоні під тиском 1 МПа. Маса кисню складає 20% від маси суміші. Визначити парціальні тиски компонент.
16. Балон ємністю 15 л містить суміш водню і азоту при температурі 300 К під тиском 1,23 МПа. Маса суміші 145 г. Визначити маси водню і азоту.
17. Визначити середню кінетичну енергію однієї молекули водяної пари при температурі 360 К.
18. Визначити температуру газу, якщо середня кінетична енергія поступального руху його молекул  $2,07 \cdot 10^{-21}$  Дж.
19. Знайти середню кінетичну енергію поступального руху однієї молекули, а також сумарну кінетичну енергію всіх молекул 1 моля і 1 кг гелію при температурі 70 К.
20. Визначити середню кінетичну енергію обертального руху однієї молекули двоатомного газу, якщо сумарна кінетична енергія молекул одного кіло моля цього газу 3,01 МДж.
21. Балон ємністю 4 л містить 0,6 г деякого газу під тиском 0,2 МПа. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу.
22. Пляшку наповнили газом і щільно закрили пробкою, площа перерізу якої становить  $2,5 \text{ см}^2$ . До якої температури треба нагріти газ, щоб пробка вилетіла з пляшки, якщо сила тертя, яка утримує пробку, дорівнює 12 Н? Початковий тиск повітря в пляшці дорівнює зовнішньому тискові і становить 10 кПа, а початкова температура дорівнює  $-3^\circ\text{C}$ .
23. Визначити внутрішню енергію 0,5 моля водню, а також середню кінетичну енергію однієї молекули при температурі 300 К.
24. Визначити середню кінетичну енергію обертального руху однієї молекули водню, а також сумарну кінетичну енергію всіх молекул 1 кг водню при температурі 300 К.
25. Обчислити теплоємність при сталому об'ємі 2-атомного газу, що займає об'єм 10 л при нормальних умовах.
26. Суміш містить 2 моля 1-атомного і 1 моль 2-атомного газів. Визначити молярні теплоємності при сталому тиску і сталому об'ємі суміші.
27. Визначити теплоємність при сталому об'ємі 1-атомного газу, що займає 20 л при нормальних умовах.
28. Відносна молекулярна маса газу дорівнює 4. Показник адіабати дорівнює 1,67. Визначити питомі теплоємності при сталому тиску і сталому об'ємі.
29. Питомі теплоємності газу  $c_v = 10,4 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$  і  $c_p = 14,6 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Визначити його молярні теплоємності.
30. Різниця питомих теплоємностей газу  $c_p - c_v = 2,08 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Визначити молярну масу газу.



31. Газ знаходиться в балоні об'ємом 100 л під тиском 0,2 МПа при температурі 350 К. Теплоємність при сталому об'ємі газу 140 Дж/К. Визначити показник адіабати цього газу.
32. Визначити молярні і питомі теплоємності при сталому тиску і сталому об'ємі для азоту і гелію.
33. Суміш містить кисень  $O_2$  з масовою часткою 85% і озон  $O_3$  з масовою часткою 15%. Визначити питомі теплоємності при сталому тиску і сталому об'ємі цієї суміші.
34. Середня довжина вільного пробігу молекул кисню при нормальних умовах  $10^{-5}$  см. Обчислити середню арифметичну швидкість молекул і середню частоту зіткнень однієї молекули.
35. Знайти діаметр молекули водню, якщо при нормальних умовах середня довжина вільного пробігу молекул 112 нм.
36. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул водню при температурі 300 К і тиску 40 мкПа.
37. Балон ємністю 10 л містить 1 г азоту. Визначити середню довжину вільного пробігу молекул.
38. Балон ємністю 5 л містить 1 г водню. Визначити середню частоту зіткнень молекули при кімнатній температурі.
39. Визначити середню довжину вільного пробігу і середню частоту зіткнень молекули гелію при температурі 400 К і тиску 1 Па.
40. Газ виконує цикл Карно. Робота ізотермічного розширення газу 5 Дж. Визначити роботу ізотермічного стиснення, якщо термічний к.к.д. циклу 0,2.
41. При виконанні циклу Карно газ віддав охолоджувачу теплоту 4 кДж. Робота циклу 1 кДж. Визначити температуру нагрівача, якщо температура охолоджувача 300 К.
42. При виконанні циклу Карно газ отримує від нагрівача теплоту 42 кДж. Яку роботу виконує газ, якщо температура нагрівача в 3 рази вища, ніж температура охолоджувача?
43. В циліндрі під поршнем міститься 20 г водню при температурі 300 К. Після адіабатичного розширення у 5 разів водень потім був ізотермічно стиснений у 5 разів. Знайти температуру в кінці адіабатичного розширення і повну роботу, виконану газом. Зобразити процес графічно.
44. При адіабатичному стисненні 1 кг кисню виконана робота 100 кДж. Визначити кінцеву температуру, якщо до стиснення кисень мав температуру 300 К.
45. З балону, в якому знаходився водень під тиском 1 МПа при температурі 290 К, випустили половину газу. Вважаючи процес адіабатичним, визначити кінцеві температуру і тиск.
46. Повітря адіабатно стиснене від тиску 0,1 МПа до тиску 1 МПа. Визначити тиск повітря після його охолодження до початкової температури при сталому об'ємі.

47. При ізотермічному розширенні 1 моля водню при температурі 300 К витрачена теплота 2 кДж. У скільки разів збільшився об'єм газу?
48. Азот масою 20 г нагрівається від 300 К до 450 К при сталому тиску. Визначити отриману газом теплоту, приріст внутрішньої енергії і виконану газом роботу.
49. У циліндрі під поршнем знаходиться деяка маса водню при 30 °С і тиску 2 ат, яка займає об'єм 8 л. На скільки знизилася температура водню, якщо об'єм його зміниться при сталому тиску на стільки, що при цьому буде виконана робота  $A=50$  Дж?
50. У посудину, в якій міститься 1,5 кг води при температурі 15 °С, впустили 200 г водяної пари при температурі 100 °С. Яка температура установиться в посудині після конденсації пари?
51. В алюмінієвий чайник, маса якого 400 г, налили 2 кг води при температурі 10 °С і поставили на газовий пальник, що має ККД 40%. Яка потужність пальника, якщо через 10 хв вода закипіла, причому 20 г її википіло?
52. В посудину в якій міститься 2,8 л води при температурі 20°С, вкинули нагрітий до 460°С кусок сталі, що має масу 3 кг. Від цього вода в посудині нагрілася до 60 °С, а частина її перетворилася на пару. Визначити масу води, яка перетворилася на пару. Теплоємністю посудини знехтувати.
53. Крізь воду, що має температуру 10 °С, пропускають водяну пару при 100 °С. Скільки процентів становить маса води, яка утворилася з пари, від маси усієї води в посудині в момент, коли її температура дорівнює 50 °С?
54. Скільки дров треба спалити у печі, ККД якої дорівнює 40 %, щоб дістати з 200 кг снігу, взятого при температурі – 10 °С, воду при 20 °С?
55. Скільки сталі взятої при температурі 20°С, можна розплавити в печі, що має ККД 50 %, спаливши 2 т кам'яного вугілля?
56. Стальний осколок, падаючи з висоти 500 м, мав біля поверхні землі швидкість 50 м/с. На скільки градусів нагрівся осколок, якщо вважати, що вся робота на подолання опору повітря була витрачена на нагрівання осколка?
57. Свинцева куля летить з швидкістю 200 м/с і влучає в земляний вал. На скільки градусів нагріється куля, якщо 78 % її кінетичної енергії перетвориться на внутрішню?
58. З якими однаковими швидкостями повинні летіти назустріч одна одній дві однакові крижинки, температура яких -10°С, щоб при ударі вони перетворилися в пару з температурою 100°С? Вважати, що при ударі вся енергія витрачається на нагрівання.
59. За час 2 год автомобіль пройшов відстань 160 км. При цьому двигун розвивав середню потужність 70 кВт при коефіцієнті корисної дії 25 %. Скільки пального зекономив водій за цю поїздку, якщо норма затрат пального 36 кг на 100 км шляху?
60. Для наближеного визначення питомої теплоти пароутворення води

лаборант виконав такий дослід. На електроплитці він нагрів воду, причому виявилося, від 10 до 100°C вода нагрілася за 18 хв, а на 0,2 її маси перетворилося на пару за 23 хв. Яка питома теплота пароутворення води за даними досліджу?

## ЗАДАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2

### Електрика і магнетизм

1. Два точкових заряди  $Q$  і  $4Q$  розміщені на відстані 60 см один від одного. У якій точці простору необхідно розмістити третій заряд для того, щоб він знаходився у рівновазі?
2. Дві однакових заряджених кульки підвішені в одній точці на однакових нитках. При цьому нитки розійшлися на деякий кут  $\alpha$ . Після того, як кульки занурилися в масло густиною  $800 \text{ кг/м}^3$ , кут їхнього розходження не змінився. Визначити діелектричну проникність масла. Густина речовини кульок  $1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .
3. У вершинах квадрата поміщені однакові заряди  $3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ . Який негативний заряд необхідно помістити в центр квадрата, щоб усі заряди знаходилися в рівновазі?
4. Дві однакові заряджені кульки, розміщені на відстані 60 см, відштовхуються з силою 70 мкН. Кульки наблизили до стану дотику, а потім знову розвели на попередню відстань. Сила їх відштовхування зросла до 160 мкН. Обчислити заряди кульок до їх дотику.
5. Точкові заряди 1 мкКл і  $-1 \text{ мкКл}$  розміщені на відстані 10 см один від одного. Визначити напруженість і потенціал поля в точці, віддаленій на 6 см від першого і на 8 см від другого заряду.
6. Дві кульки масами по 1 г кожна підвішені на нитках довжиною по 10 см до однієї точки. Які однакові заряди необхідно надати кулькам, щоб нитки розійшлися на кут  $60^\circ$ ?
7. Заряди 100 нКл і  $-50 \text{ нКл}$  розташовані на відстані 10 см. Визначити силу, що діє на заряд 1 мкКл, віддалений на 12 см від першого і на 10 см від другого заряду.
8. Тонкий нескінченно довгий стрижень має розподілений заряд з лінійною густиною  $0,2 \text{ мкКл/см}$ . Визначити напруженість поля у точці на відстані 2 см від стрижня.
9. Тонке півколо радіусом 10 см має рівномірно розподілений заряд  $0,2 \text{ мкКл}$ . Визначити напруженість поля в центрі кривизни півкола.
10. На тонкому кільці радіусом 5 см рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною  $20 \text{ нКл/см}$ . Визначити силу, що діє на точковий заряд  $40 \text{ нКл}$ , розміщений на перпендикулярі до площини кільця на відстані 10 см від його центру.
11. Дві однакові круглі пластини площею  $100 \text{ см}^2$  кожна розміщені

- паралельно. Заряд однієї пластини 100 нКл, другої – –200 нКл. Визначити силу їх взаємного притягання, якщо відстань між ними: 1) 2 мм; 2) 10 м.
12. Нескінченна вертикальна площина має рівномірно розподілений позитивний заряд. До неї прикріплена нитка, на якій висить кулька масою 40 мг з позитивним зарядом 670 пКл. Сила натягу нитки 490 мкН. Визначити поверхневу густину заряду площини.
  13. З якою силою (на одиницю довжини) взаємодіють дві нескінченні паралельні нитки, відстань між якими 4 см, заряджені з однаковою лінійною густиною заряду 2 мкКл/м?
  14. Нескінченна вертикальна площина має рівномірно розподілений позитивний заряд 98 мкКл/м<sup>2</sup>. До неї прикріплена нитка, на якій висить кулька масою 10 г. Визначити заряд кульки, якщо нитка утворює з площиною кут 45°.
  15. З якою силою (на одиницю площі) взаємодіють дві нескінченні паралельні площини, заряджені з поверхневою густиною заряду 2 мкКл/м<sup>2</sup>?
  16. Визначити потенціальну енергію системи двох точкових зарядів 100 нКл і 10 нКл, що знаходяться на відстані 10 см.
  17. Тонкий нескінченно довгий стрижень має розподілений заряд з лінійною густиною 10 пКл/м. Визначити різницю потенціалів двох точок, віддалених від стрижня на 5 см і 10 см.
  18. Нескінченна площина має рівномірно розподілений позитивний заряд густиною 10 нКл/м<sup>2</sup>. Визначити різницю потенціалів двох точок, віддалених від площини на 5 см і 10 см.
  19. Квадратна рамка рівномірно заряджена з лінійною густиною заряду 100 пКл/м. Визначити потенціал поля у центрі рамки.
  20. При бомбардуванні нерухомого ядра атома натрію  $\alpha$ -частинкою сила відштовхування між ними досягла 140 Н. Визначити початкову енергію  $\alpha$ -частинки. На яку найменшу відстань вона наблизилася до ядра?
  21. Пилінка масою 1 нг, що має 5 надлишкових електронів, пройшла прискорюючу різницю потенціалів 3 МВ. Визначити її швидкість.
  22. Знайти відношення швидкостей іонів  $\text{Ca}^{+2}$  і  $\text{Na}^{+}$ , що пройшли однакову різницю потенціалів.
  23. Два конденсатори ємностями 2 мкФ і 3 мкФ з'єднані послідовно і підключені до батареї з е.р.с. 30 В. Визначити заряд і різницю потенціалів на кожному конденсаторі.
  24. Конденсатори ємностями 2 мкФ, 5 мкФ і 10 мкФ з'єднали послідовно і підключили до напруги 850 В. Визначити напругу і заряд кожного конденсатора.
  25. Простір між пластинами плоского конденсатора заповнено двома шарами діелектриків: скло товщиною 1 см і парафін товщиною 2 см. Різниця потенціалів на конденсаторі 3 кВ. Визначити напруженість поля і спад напруги на кожному з діелектриків.
  26. Одна металева кулька радіусом 3 см заряджена до заряду 10 нКл, друга

- радіусом 2 см – до потенціалу 9 кВ. Визначити енергію розряду при з'єднанні кульок провідником.
27. Плоский конденсатор, утворений двома пластинами площею  $300 \text{ см}^2$  кожна, між якими скляний діелектрик товщиною 4 см, заряджений до напруги 1 кВ. Визначити енергію і густину енергії електричного поля.
  28. Конденсатор ємністю 100 пФ, заряджений до різниці потенціалів 600 В, має всередині фарфоровий діелектрик. Яку роботу необхідно виконати, щоб витягти діелектрик із конденсатора?
  29. Плоский конденсатор, утворений двома круглими пластинами радіусами 20 см, розміщеними на відстані 0,5 см, заряджений до напруги 3 кВ. Діелектрик – скло. Визначити заряд і напруженість поля конденсатора.
  30. Визначити число електронів, що проходять за 1 с через  $1 \text{ мм}^2$  поперечного перерізу залізного провідника довжиною 10 м при напрузі на його кінцях 6 В.
  31. Резистор 5 кОм і вольтметр, з'єднані послідовно, підключили до мережі напругою 120 В. При цьому вольтметр показав 80 В. Коли резистор замінили іншим, вольтметр показав 50 В. Визначити опір другого резистора.
  32. Резистор і амперметр, з'єднані послідовно, підключили до джерела струму. До кінців резистора підключили вольтметр, опір якого 2 кОм. При цьому вольтметр показав 100 В, а амперметр 0,25 А. Визначити опір резистора. Якою буде відносна похибка, якщо не врахувати опір вольтметра?
  33. Від батареї з е.р.с. 500 В необхідно передати потужність 10 кВт на відстань 2,5 км. Визначити мінімальні втрати потужності у мідних провідниках, якщо їх діаметр 1,5 см.
  34. Е.р.с. батареї 60 В, внутрішній опір 4 Ом. Зовнішнє коло споживає потужність 125 Вт. Визначити силу струму, напругу на зовнішньому колі і його опір.
  35. При зовнішньому опорі 3 Ом сила струму в колі 0,3 А, а при опорі 5 Ом – 0,2 А. Визначити силу струму короткого замикання.
  36. Сила струму в провіднику змінюється з часом за законом  $I = I_0 e^{-\alpha t}$ , де  $I_0 = 10 \text{ А}$ ,  $\alpha = 10^3 \text{ с}^{-1}$ . Визначити кількість теплоти, що виділилася в провіднику за час  $10^{-3} \text{ с}$ .
  37. По двох тонких паралельних провідниках, відстань між якими 6 см, течуть однакові струми 12 А. Визначити магнітну індукцію в точці, віддаленій від кожного провідника на 6 см, якщо струми течуть: а) в одному напрямі; б) в протилежних напрямках.
  38. Два довгих провідника розміщені під прямим кутом, відстань між ними 10 см. По провідниках течуть струми 60 А і 80 А. Визначити магнітну індукцію в середині спільного перпендикуляра до провідників.
  39. По провіднику, що має форму рівностороннього трикутника зі стороною

- 30 см, тече струм 40 А. Визначити напруженість магнітного поля в центрі трикутника.
40. Струм силою 20 А тече по провіднику, зігнутому під прямим кутом. Визначити магнітну індукцію на бісектрисі цього кута на відстані 10 см від його вершини.
  41. Круговий виток радіусом 10 см зі струмом силою 1,6 А розміщений вертикально у площині магнітного меридіану. Визначити кут відносно цієї площини, під яким встановиться магнітна стрілка, поміщена в центр витка. Горизонтальна складова індукції магнітного поля Землі 20 мкТл.
  42. В центрі кругового витка зі струмом напруженість магнітного поля 200 А/м. Магнітний момент витка 1 А м<sup>2</sup>. Визначити силу струму і радіус витка.
  43. Квадратна дротяна рамка зі стороною  $a$  розміщена в одній площині з довгим прямим провідником так, що дві її сторони паралельні провіднику, а найближча до провідника сторона знаходиться від нього на відстані  $a$ . Визначити силу, що діє на рамку, якщо по ній і по провіднику течуть однакові струми 100 А.
  44. По трьох паралельних прямих провідниках, перерізи яких лежать у вершинах правильного трикутника зі стороною 10 см, течуть однакові струми 100 А, причому в двох із них напрямки співпадають. Визначити силу, що діє на одиницю довжини кожного провідника.
  45. Для сріблення ложок струм у 2 А протягом 5 годин пропускали через розчин солі срібла. Катодом були 10 ложок, кожна з яких має поверхню 50 см<sup>2</sup>. Визначити товщину шару срібла.
  46. Який опір повинен мати шунт, щоб можна було ввімкнути його в амперметр з внутрішнім опором 1 Ом, якщо потрібно розширити межі вимірювання амперметра в 10 разів?
  47. По контуру, що має форму квадрата зі стороною 20 см, тече струм 5 А. Контур знаходиться в магнітному полі з індукцією 0,5 Тл, спрямованому під кутом 30° до площини контура. Яку роботу проти сил поля необхідно виконати, щоб змінити форму контура з квадрата на коло?
  48. Контур радіусом 4 см і опором 0,01 Ом знаходиться в магнітному полі з індукцією 0,2 Тл, спрямованому під кутом 30° до площини контура. Який заряд протече по витку при вимкненні магнітного поля?
  49. Рамка площею 200 см<sup>2</sup> обертається з частотою 10 с<sup>-1</sup> в магнітному полі з індукцією 0,2 Тл. Вісь обертання лежить у площині рамки і перпендикулярна до силових ліній поля. Визначити середнє значення е.р.с. індукції за час, протягом якого магнітний потік через рамку змінюється від нуля до максимального значення.
  50. Замкнений мідний провідник масою 1 г утворює контур у формі квадрата, розміщений перпендикулярно до силових ліній магнітного поля з індукцією 0,1 Тл. Визначити заряд, який протече по провіднику, якщо квадрат, потягнувши за протилежні вершини, витягнути в лінію.

51. Джерело струму замкнули на котушку опором 20 Ом і індуктивністю 0,4 Гн. Через який час сила струму досягне 95% максимального значення?
52. Соленоїд містить 600 витків площею 8 см<sup>2</sup>. По соленоїду тече струм, що створює магнітне поле з індукцією 5 мТл. Визначити середнє значення е.р.с. самоіндукції, якщо струм зменшується до нуля за 0,6 мс.
53. Первинну обмотку знижувального трансформатора з коефіцієнтом трансформації 8 увімкнуто в мережу з напругою 220 В. Опір вторинної обмотки 2 Ом, струм у вторинній обмотці трансформатора дорівнює 3 А. Визначити напругу на затискачах вторинної обмотки. Втратами в первинній обмотці знехтувати.
54. Первинну обмотку знижувального трансформатора з коефіцієнтом трансформації 8 ввімкнуто в мережу з напругою 220 В. Опір вторинної обмотки 2 Ом, струм 3 А. Визначити напругу на клеммах вторинної обмотки. Втратами енергії в первинній обмотці знехтувати.
55. Під час електричних коливань в коливальному контурі сила струму в котушці індуктивності 1 Гн змінюється за законом  $I = 2\cos 100t$  (А). Чому дорівнює амплітуда коливань ЕРС самоіндукції?
56. У коливальному контурі конденсатор ємністю 200 мкФ зарядили до напруги 100 В. визначити енергію конденсатора в той момент часу, коли миттєве значення сили струму у котушці зменшиться в 5 разів порівняно з амплітудним. Затуханням коливань не враховувати.
57. Через яку частину періоду від початку коливань миттєве значення сили синусоїдального змінного струму дорівнюватиме її діючому значенню?
58. Неонову лампочку, що запалюється і загасає при напрузі 200 в, ввімкнули в освітлювальну мережу 220 В. Визначити впродовж якої частини періоду лампочка буде горіти.
59. Визначити втрату потужності на нагрівання проводів ЛЕП від знижувального трансформатора до споживачів. Лінія має довжину 200 м, виготовлена з алюмінієвого проводу площею поперечного перерізу 0,5 см<sup>2</sup> з питомим опором  $2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом м, а споживачі отримують потужність 10 кВт під напругою 220 В.
60. Антена берегового радіолокатора знаходиться на висоті 30м над рівнем моря і випромінює імпульси частотою 1500 Гц тривалістю 10 мкс кожний. Визначити на якій найбільшій і найменшій відстані цей радіолокатор може виявити на поверхні рятувальний круг.

### Оптика і атомна фізика

1. У досліді Фізо по визначенню швидкості світла відстань між колесом, яке мало 720 зубців, і дзеркалом дорівнювала 8633 м. Перше зникнення світла відбулося при частоті обертання зубчастого колеса 12,67 с<sup>-1</sup>. Яке значення швидкості світла отримав Фізо?
2. На призму із заломним кутом 60° падає промінь білого світла під кутом 45°. Визначити кут між крайніми променями видимого спектра при

- виході з призми, якщо показники заломлення їх дорівнюють 1,624 та 1,671.
- Промінь білого світла падає на поверхню води під кутом  $60^\circ$ . Який кут між напрямками крайніх червоних і крайніх фіолетових променів у воді, якщо показник заломлення їх відповідно дорівнює 1,329 і 1,344?
  - Світна точка наближається до дзеркала по прямій, яка утворює з площиною дзеркала кут  $30^\circ$ , з швидкістю 30 см/с. З якою швидкістю зменшується відстань між світною точкою і її зображенням? За який час відстань між ними зменшиться втричі, якщо на початку руху вона становила 90 см?
  - Людина, зріст якої 1,8 м, рухається з швидкістю 5,4 км/год. З якою швидкістю рухається тінь від її голови, створена ліхтарем, що розміщений віддалік на висоті 6,3 м?
  - Визначити довжину тіні, що утворилася на дні непрозорої посудини висотою 25 см, якщо в посудину налити шар води висотою 20 см? Кут падіння променів на стінку посудини  $30^\circ$ . Абсолютний показник заломлення води 1,33.
  - На поверхні озера плаває круглий пліт, радіус якого 8 м. Глибина озера 2 м. Визначити радіус повної тіні від плоту на дні озера при освітленні води розсіяним світлом. Показник заломлення води рівний  $4/3$ .
  - На горизонтальному дні водойми глибиною 1,2 м лежить плоске дзеркало. На якій відстані від місця входження променя у воду цей промінь знову вийде на поверхню води після відбивання від дзеркала? Кут падіння променя  $30^\circ$ , показник заломлення води  $4/3$ .
  - Яка товщина плоскопаралельної скляної пластинки, якщо точку, нанесену чорнилом на нижній поверхні пластинки спостерігач бачить на відстані 5 см від верхньої поверхні? Промінь зору перпендикулярний до поверхні пластинки. Показник заломлення скла 1,6.
  - Фотограф з човна фотографує морську зірку, яка лежить на дні прямо під ним на глибині 2 м. У скільки разів зображення на плівці буде менше від предмета, якщо фокусна відстань об'єктива 10 см, відстань від об'єктива до поверхні води 50 см. Показник заломлення води  $4/3$ ?
  - Предмет розмістили на відстані 0,1 м від переднього фокуса збиральної лінзи, а екран, на якому утворено чітке зображення предмета на відстані 40 см від фокусу, розміщеного з протилежного боку лінзи. Визначити фокусну відстань лінзи. Яке лінійне збільшення лінзи?
  - Предмет розміщений на відстані 0,6 м від екрана. Використовуючи збиральну лінзу, можна утворити на екрані два чіткі зображення предмета при двох різних положеннях лінзи. Знайти відношення величин зображень, якщо відстань між цими положеннями лінзи становить 0,4 м.
  - Відстань між свічкою і стіною 2 м. Коли між ними розмістили збиральну лінзу на відстані 40 см від свічки, то на стіні утворилось чітке зображення свічки. Визначити фокусну відстань лінзи. Яке зображення утворилось на стіні?



14. На скляну пластину покладена опуклою стороною плоскоопукла лінза. На лінзу падає нормально світло з довжиною хвилі 600 нм. Знайти радіус кривизни лінзи, якщо радіус восьмого темного кільця Ньютона у відбитому світлі 2,4 мм.
15. На мильну плівку нормально до її поверхні падає світло з довжиною хвилі 600 нм. Відбите світло максимально підсилене внаслідок інтерференції. Визначити мінімальну товщину плівки. Показник заломлення 1,3.
16. На скляну пластинку нанесене просвітлюючі покриття з показником заломлення 1,4. Світло з довжиною хвилі 540 нм падає на пластинку нормально. Визначити мінімальну товщину покриття, при якому відбиті промені мають найменшу яскравість.
17. Між двома плоскопаралельними пластинами на відстані 10 см від лінії їх дотику лежить дротина діаметром 0,01 мм, утворюючи повітряний клин. Світло з довжиною хвилі 600 нм падає на пластини нормально. Визначити ширину інтерференційних смуг у відбитому світлі.
18. Від двох когерентних джерел з довжиною хвилі 0,8 мкм промені падають на екран і утворюють інтерференційну картину. Коли на шляху одного з променів перпендикулярно до нього помістили мильну плівку ( $n = 1,33$ ), картина змінилася на протилежну (максимуми перетворилися на мінімуми і навпаки). Визначити найменшу товщину плівки.
19. На мильну плівку ( $n = 1,33$ ) падає нормально світло з довжиною хвилі 0,6 мкм. Відбите світло в результаті інтерференції має найбільшу яскравість. Визначити найменшу можливу товщину плівки.
20. Період дифракційної решітки в 5 разів більший, ніж довжина хвилі світла, що нормально падає на її поверхню. Визначити кут між двома першими дифракційними максимумами.
21. Період дифракційної решітки в 3,5 разів більший, ніж довжина хвилі світла, що нормально падає на її поверхню. Визначити число дифракційних максимумів, які можливо спостерігати в даному випадку.
22. На дифракційну решітку з періодом 5 мкм падає нормально світло з довжиною хвилі 0,56 мкм. Максимум якого найбільшого порядку дає ця решітка?
23. На дифракційну решітку падає нормально біле світло. Спектри 2-го і 3-го порядків частково накладаються. На яку довжину хвилі у спектрі 2-го порядку накладається фіолетова межа ( $\lambda = 400$  нм) спектру 3-го порядку?
24. На грань кристалу кам'яної солі падає пучок рентгенівських променів з довжиною хвилі 147 пм. Відстань між атомними площинами кристалу 280 пм. Під яким кутом до площини грані спостерігається дифракційний максимум 2-го порядку?
25. Визначити, яку довжину та яку загальну кількість штрихів повинна мати дифракційна решітка для того, щоб у спектрі 1-го порядку можна було роздільно спостерігати дві жовті лінії натрію з довжинами хвиль 589,0 нм і 589,6 нм. Відстань між штрихами решітки 10 мкм.

26. На непрозору пластину з вузькою щілиною шириною 0,05 мм падає нормально світло з довжиною хвилі 700 нм. Визначити кут відхилення променів першого дифракційного максимуму.
27. На дифракційну решітку падає нормально світло з довжиною хвилі 410 нм. Кут між напрямками на максимумах 1-го і 2-го порядків дорівнює  $2^\circ 21'$ . Визначити число штрихів на 1 мм.
28. На металеву пластинку падає світло, що має довжину хвилі 413 нм. Фотострум припиняється, коли затримуюча різниця потенціалів становить 1 В. Визначити роботу виходу електрона з поверхні пластини.
29. Поверхневий стрибок потенціалу (контактний потенціал) для алюмінію становить 4,3 В. Визначити довжину хвилі червоної межі фотоефекту для алюмінію.
30. На чорну поверхню площею  $100 \text{ см}^2$  щохвилини падає 63 Дж світлової енергії. Визначити величину світлового тиску.
31. Обчислити істинну температуру вольфрамової спіралі, якщо радіаційний пірометр показує температуру 2500 К. Поглинальну здатність вольфраму взяти рівною 0,35.
32. Визначити інтегральну світність абсолютно чорного тіла і його температуру, якщо довжина хвилі, що відповідає максимуму спектральної світності, дорівнює 600 нм.
33. Енергетичний потік від абсолютно чорного тіла 10 кВт. Довжина хвилі, що відповідає максимуму спектральної світності, дорівнює 0,8 мкм. Визначити площу поверхні тіла.
34. Визначити поглинальну здатність сірого тіла з істинною температурою 3200 К, якщо вимірювання температури радіаційним пірометром показало 1400 К.
35. Визначити енергію, що випромінюється за 1 хв з площі  $1 \text{ см}^2$  поверхні сірого тіла, якщо його температура 1000 К, а поглинальна здатність 0,6.
36. Початкова температура абсолютно чорного тіла 400 К. В результаті нагрівання енергетичний потік збільшився в 10 разів. Визначити кінцеву температуру тіла.
37. Тіло масою 20 кг охолоджується за рахунок теплового випромінювання. За 5 с температура тіла зменшилася від  $600^\circ\text{C}$  до  $590^\circ\text{C}$ . Визначити питому теплоємність тіла, якщо площа його поверхні  $1 \text{ м}^2$ , а коефіцієнт чорноти 0,6.
38. Середня енергетична світність поверхні Землі  $0,54 \text{ Дж}/(\text{см}^2 \text{ хв.})$ . Визначити температуру поверхні Землі, якщо умовно вважати, що вона випромінює як сіре тіло з коефіцієнтом чорноти 0,25.
39. Фотон вибиває з атома водню, що знаходиться в основному стані, електрон з енергією 5 еВ. Визначити довжину хвилі фотона.
40. Електрон в атомі водню знаходиться на другому енергетичному рівні. Визначити його кінетичну, потенціальну і повну енергії (в електрон-вольтах).

41. За теорією Бора обчислити частоту обертання електрона в атомі водню, що знаходиться в другому збудженому стані.
42. В однозарядному іоні гелію електрон перейшов з другої орбіти на першу. Визначити довжину хвилі фотона, що був випромінений при цьому.
43. Який порядковий номер хімічного елемента у періодичній системі елементів, якщо енергія фотонів, які випромінюють його воднеподібні іони при переході з першого збудженого стану у основний, дорівнює 91,8 еВ?
44. За теорією Бора обчислити радіус першої борівської орбіти і швидкість електрона на ній в однозарядному іоні гелію.
45. Визначити перший потенціал збудження і енергію іонізації однозарядного іона гелію, що знаходиться в основному стані.
46. Кінетична енергія електрона дорівнює його енергії спокою. Визначити його довжину хвилі де Бройля.
47. В камері Вільсона, яка вміщена в однорідне магнітне поле індукцією 0,04 Тл, радіус кривизни початку траєкторії протона дорівнює 12 см. Знаючи масу протона (1,0076 а.о.м.) та його заряд ( $1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл) визначити швидкість на початку траєкторії.
48. Обчислити енергію ядерної реакції:  ${}_{4}\text{Be}^9 + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_6\text{C}^{12} + {}_0\text{n}^1$  Звільняється чи поглинається ця енергія?
49. Обчислити енергію ядерної реакції:  ${}_1\text{H}^2 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_2\text{He}^3 + {}_0\text{n}^1$ .  
Звільняється чи поглинається ця енергія?
50. Обчислити енергію ядерної реакції:  ${}_7\text{N}^{14} + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_6\text{C}^{12} + {}_2\text{He}^4$ .  
Звільняється чи поглинається ця енергія?
51. Обчислити енергію ядерної реакції:  ${}_3\text{Li}^6 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$ .  
Звільняється чи поглинається ця енергія?
52. Визначити масу ядра, яке випромінює альфа-частинку з енергією 5,3 МеВ, перетворюється в ядро  ${}^{206}\text{Pb}$ . Маси ядер Pb і альфа-частинки рівні відповідно 205,9745 а.о.м. і 4,0026 а.о.м.
53. Визначити найменшу енергію, яка необхідна для поділу ядра карбону  ${}^{12}_6\text{C}$  на три однакові частини.
54. Фотон з енергією 5 МеВ перетворився на пару електрон – позитрон. Визначити кінетичні енергії частинок, вважаючи, що вони однакові.
55. Електрон і позитрон, що мали однакові кінетичні енергії 0,24 МеВ, при взаємодії перетворилися на 2 однакових фотони. Визначити їх довжину хвилі.
56. Визначити активність радіоактивного препарату  ${}_{38}\text{Sr}^{90}$  масою 0,1 кг.
57. Препарат полонію, що випромінює альфа-частинка з енергією 5,3 МеВ, поміщений в калориметр з теплоємністю 2 Дж/К За 1 годину температура калориметра збільшилася на 22,6 К. Визначити активність препарату полонію.
58. Середньодобове споживання потужності в деякому будинку становить

300 кВт. Яка маса урану-235 має поділитись, щоб задовольнити річну потребу такого будинку в енергії? Припускається, що при кожному акті вивільняється енергія 200 MeV.

59. Половинне зменшення іонізуючої дії гама-променів забезпечує шар бетону товщиною 10 см. Товщина бетону, який забезпечує половинне зниження іонізуючої дії нейтронів, становить 12 см. Деякий шар бетону довкола ядерного реактора зменшує іонізуючу дію гама-променів у 100 раз. У скільки разів цей шар зменшує іонізуючу дію нейтронів?
60. Яку мінімальну енергію повинен мати протон, щоб він зміг розділити дейтрон і нейтрон, якщо дейтрон перебуває у спокої, а його енергія зв'язку дорівнює 2,22 MeV?

### Рекомендована література

1. Б.К.Остафійчук, М.А.Рувінський, М.М.Яцура. Курс загальної фізики. Оптика: хвилі, промені, кванти. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2003.
2. Остафійчук Б.К., Яцура М.М., Гамарник А.М. Фізика. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2005.
3. Остафійчук Б.К., Яцура М.М., Гамарник А.М. Фізика. Електрика і магнетизм. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2004.
4. Остафійчук Б.К., Яцура М.М., Гасюк І.М., Гамарник А.М. Фізика. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2004.
5. Остафійчук Б.К., Рувінський М.А., Яцура М.М. Практикум розв'язування задач з курсу загальної фізики. Оптика. – Івано-Франківськ: Плай, 2001.
6. М.М.Яцура, І.М.Гасюк, А.М.Гамарник, Л.С.Яблонь. Курс загальної фізики. Оптика. Завдання для синтезів, контрольних і модульних робіт та семестрового іспиту. – Івано-Франківськ: СПД Семко Я.Ю., 2007.
7. Детлаф А.А., Яворский В.М. Курс физики, тт. 1 – 3. М.: Высшая школа, 1979
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики, тт. 1 – 5. М.: Наука, 1980
9. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики, тт.1 – 3 . М.: Наука, 1974.
10. Стрелков С.П. Механика. М.: Наука, 1975.
11. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика. М., Наука, 1976.
12. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука, 1977.
13. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа, 1986.
14. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981.
15. Матвеев А.Н. Электродинамика. М.: Высшая школа, 1980.
16. Виноградов А.Г. Загальна фізика. Черкаси, ЧПБ, 2005.
17. Бушок Г.Ф. та ін. Курс фізики, кн. 1 – 3 . К.: Вища школа, 2002.
18. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики, тт. 1 – 3. К.: Техніка, 1999.
19. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001.
20. Савельев И.В. Курс общей физики, тт.1 – 3. М.: Наука, 1987
21. Богацька І.Г., Головки Д.Б. та ін. Загальні основи фізики, кн. 1 – 2 . К.: Либідь, 1998.
22. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р. та ін. Курс фізики. Львів: Афіша, 2003.
23. Чолпан П.П. Основи фізики. К.: Вища школа, 1995.
24. Загальний курс фізики: Збірник задач (за ред. І.П. Гаркуші). К.: Техніка, 2003.
25. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1985.

26. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.: Высшая школа, 1981.
27. Загальна фізика: Збірник задач (за ред. І.Т. Горбачука). К.: Вища школа, 1993.

## ДОДАТКИ

Додаток 1

### Фундаментальні фізичні константи

Назва	Позначення	Числове значення
Гравітаційна стала	G	$6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Універсальна газова стала	R	8,315 Дж/(моль · К)
Стала Больцмана	k	$1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Число Авогадро	$N_A$	$6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Швидкість світла	c	$2,99792 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Елементарний заряд	e	$1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Електрична стала	$\epsilon_0$	$8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнітна стала	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Стала Планка	h	$6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Стала Планка	$\hbar = h/2\pi$	$1,05459 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Атомна одиниця маси	а.о.м.	$1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Маса спокою електрона	$m_e$	$9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Маса спокою протона	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Маса спокою нейтрона	$m_n$	$1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Стала Ридберга	$R_\infty$	$1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Стала Ридберга	$R'_\infty$	$3,28 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$
Борівський радіус	a	$0,528 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Стала Стефана-Больцмана	$\sigma$	$5,670 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Стала Віна	b	$2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Комптонівська довжина хвилі електрона	$\lambda_c$	$2,4263 \cdot 10^{-12} \text{ м}$

## Властивості деяких твердих тіл

Речовина	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Темпера- тура плав- лення, К	Питома теплоєм- ність Дж/(кг·К)	Питома теплота плавлен- ня, Дж/кг	Коефіцієнт теплового розширен- ня, К <sup>-1</sup>
Алюміній	$2,7 \cdot 10^3$	932	$9,2 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Залізо	$7,8 \cdot 10^3$	1803	$4,6 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Цинк	$7,1 \cdot 10^3$	692	$4,0 \cdot 10^2$	$1,18 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Мідь	$8,9 \cdot 10^3$	1356	$3,8 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Латунь	$8,5 \cdot 10^3$	1173	$3,8 \cdot 10^2$	–	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Олово	$7,3 \cdot 10^3$	505	$2,5 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
Свинець	$1,14 \cdot 10^4$	600	$1,2 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Срібло	$1,05 \cdot 10^4$	1233	$2,5 \cdot 10^2$	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Платина	$2,15 \cdot 10^4$	2043	$1,25 \cdot 10^2$	$1,13 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^{-6}$
Скло	$2,5 \cdot 10^3$	–	$8,4 \cdot 10^2$	–	$9 \cdot 10^{-6}$
Цегла	$1,8 \cdot 10^3$	–	$7,5 \cdot 10^2$	–	$(3-9) \cdot 10^{-6}$
Лід	$0,9 \cdot 10^3$	273	$2,09 \cdot 10^3$	$3,35 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^{-6}$



## Пружні властивості деяких речовин

Речовина	Границя міцності, Н/м <sup>2</sup>	Модуль Юнга, Н/м <sup>2</sup>
Алюміній	$1,1 \cdot 10^8$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Бетон	–	$\sim 2 \cdot 10^{10}$
Залізо	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Мідь	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Свинець	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$
Срібло	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Сталь	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$
Цегла	–	$\sim 2,8 \cdot 10^{10}$

## Теплопровідність деяких речовин (Вт/м·К)

Алюміній	210	Сухий пісок	0,325
Залізо	58,7	Цегла силікатна	1,1
Мідь	390	Бетон із гравієм	1,5
Срібло	460	Шлакобетон	0,15 – 0,4
Деревина (сосна)	0,1	Ебоніт	0,174
Скло	0,8 – 1	Войлок	0,046

## Властивості деяких рідин при 20°C

Рідина	Густина , кг/м <sup>3</sup>	Питома теп- лоємність, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м	Динамічна в'язкість, <u>Па·с</u>
Вода	1 000	4 190	0,072	0,001
Ацетон	792	–	0,024	0,00033
Спирт етиловий	790	2 510	0,022	0,0012
Гліцерин	1 200	2 430	0,059	1,5
Бензол	880	1 720	0,03	0,00065
Гас	800	2 140	0,024	–
Бензин	700	–	0,029	0,00065
Касторове масло	900	1 800	0,033	1,0
Ртуть	13 600	138	0,47	16

## Параметри критичного стану деяких речовин

Речовина	T <sub>к</sub> , К	p <sub>к</sub> , Па	ρ <sub>к</sub> , кг/м <sup>3</sup>
Водяна пара	647	22·10 <sup>6</sup>	329
Азот	126	3,4·10 <sup>6</sup>	311
Аргон	151	4,87·10 <sup>6</sup>	531
Водень	33	1,3·10 <sup>6</sup>	31
Вуглекислий газ	304	7,4·10 <sup>6</sup>	464
Гелій	5,2	0,23·10 <sup>6</sup>	69
Кисень	154	5,07·10 <sup>6</sup>	430
Спирт етиловий	516	6,4·10 <sup>6</sup>	–

## Діелектрична проникність деяких речовин

Гас	2	Слюда	6
Парафін	2	Фарфор	6
Ебоніт	2,6	Скло	6-10
Кварц	2,7	Вода	81

## Електричні властивості матеріалів при 20°C

Матеріал	Питомий опір, $10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	Темпер. коєфіц. опору, $\text{K}^{-1}$	Матеріал	Питомий опір, $10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	Темпер. коєфіц. опору, $\text{K}^{-1}$
Алюміній	2,7	0,0038	Константан	48	0,00002
Мідь	1,72	0,0043	Нікелін	40	0,000017
Срібло	1,6	–	Ніхром	100	0,00026
Залізо	9,8	0,0062	Ртуть	94	0,0009
Сталь	12	0,006	Свинець	22	0,0042
Вольфрам	5,5	0,0051	Графіт	800	–

## Робота виходу електронів з металу

Метал	A, eB	Метал	A, eB	Метал	A, eB
Вольфрам	4,5	Магній	3,5	Срібло	4,5
Залізо	4,5	Мідь	4,5	Тантал	4,1
Золото	4,7	Молібден	4,2	Цинк	4,0
Калій	2,0	Нікель	5,0	Рубідій	2,13
Літій	2,4	Платина	5,3	Цезій	1,97

## Абсолютні показники заломлення видимого світла

Алмаз	2,42	Повітря	1,00029
Вода	1,33	Скло	1,5
Лід	1,31	Скипидар	1,47
Кварц	1,54	Сірковуглець	1,63

## Атомні маси деяких атомних ядер, а.о.м.

H <sup>1</sup>	1,007825	Si <sup>31</sup>	30,975350
H <sup>2</sup>	2,014108	P <sup>31</sup>	30,973762
H <sup>3</sup>	3,016028	Ca <sup>44</sup>	43,95549
He <sup>3</sup>	3,016045	Ti <sup>50</sup>	49,944736
He <sup>4</sup>	4,002596	Ti <sup>51</sup>	50,949858
Li <sup>6</sup>	6,015110	Ra <sup>226</sup>	226,025279
Li <sup>7</sup>	7,016046	Th <sup>232</sup>	232,038112
Be <sup>7</sup>	7,016925	U <sup>238</sup>	238,050637
B <sup>11</sup>	11,009304	U <sup>239</sup>	239,054149
C <sup>14</sup>	14,003217	Pu <sup>239</sup>	239,052037

## Періоди піврозпаду деяких ізотопів

C <sup>14</sup>	5 730 років	Ra <sup>226</sup>	1 620 років
Co <sup>58</sup>	71 доба	Th <sup>232</sup>	1,41·10 <sup>10</sup> років
Sr <sup>90</sup>	28 років	U <sup>238</sup>	4,5·10 <sup>9</sup> років
Po <sup>210</sup>	140 діб	U <sup>239</sup>	23,5 хвилини
Rn <sup>222</sup>	3,82 доби	Pu <sup>239</sup>	24 390 років

		II			III			IV			V			VI			VII			VIII				
		<b>Періодична система елементів Д.І. Менделєєва</b>																						
1	1	<b>He 2</b>																						
	<b>H<sup>1</sup></b> водень																							
2	<b>Li 6.9</b> літій	<b>Be 9</b> берилій	<b>B 10.8</b> бор	<b>C 12</b> вуглець	<b>N 14</b> азот	<b>O 16</b> кисень	<b>F 19</b> фтор	<b>Ne 20</b> неон												<b>Ne 20</b> неон				
3	<b>Na 11</b> натрій	<b>Mg 12</b> магній	<b>Al 13</b> алюміній	<b>Si 14</b> кремній	<b>P 16</b> фосфор	<b>S 16</b> сірка	<b>Cl 35.5</b> хлор	<b>Ar 18</b> аргон												<b>Ar 18</b> аргон				
4	<b>K 19</b> калій	<b>Ca 20</b> кальцій	<b>Sc 21</b> скандій	<b>Ti 22</b> титан	<b>V 23</b> ванадій	<b>Cr 24</b> хром	<b>Mn 25</b> марганець	<b>Fe 26</b> залізо	<b>Co 27</b> кобальт	<b>Ni 28</b> нікель												<b>Fe 26</b> залізо	<b>Co 27</b> кобальт	<b>Ni 28</b> нікель
5	<b>Rb 35</b> рубідій	<b>Sr 38</b> стронцій	<b>Y 39</b> іттрій	<b>Zr 40</b> цирконій	<b>Nb 41</b> ніобій	<b>Mo 42</b> молибден	<b>Tc 43</b> техетій	<b>Ru 44</b> рутений	<b>Rh 45</b> родій	<b>Pd 106</b> паладій												<b>Ru 44</b> рутений	<b>Rh 45</b> родій	<b>Pd 106</b> паладій
6	<b>Ag 108</b> срібло	<b>Cd 48</b> кадмій	<b>In 49</b> індій	<b>Sn 50</b> олово	<b>Sb 51</b> стибій	<b>Te 52</b> телури	<b>I 53</b> йод	<b>Xe 54</b> ксенон												<b>Xe 54</b> ксенон				
7	<b>Cs 133</b> цезій	<b>Ba 56</b> барій	<b>La 139</b> лантан	<b>Hf 72</b> hafnium	<b>Ta 73</b> тантал	<b>W 74</b> вольфрам	<b>Re 75</b> регеній	<b>Os 76</b> осній	<b>Ir 77</b> ірландій	<b>Pt 195</b> платина												<b>Os 76</b> осній	<b>Ir 77</b> ірландій	<b>Pt 195</b> платина
8	<b>Au 197</b> золото	<b>Hg 80</b> ртуть	<b>Tl 81</b> талій	<b>Pb 82</b> свинець	<b>Bi 83</b> бісмут	<b>Po 84</b> полоній	<b>At 85</b> астат	<b>Rn 222</b> радон												<b>Rn 222</b> радон				
9	<b>Fr 223</b> францій	<b>Ra 88</b> радій	<b>Ac 227</b> актиній	<b>Db 104</b> дубній	<b>Jl 105</b> луждубній	<b>Rf 106</b> реферфордій																		

\* Лантаніди (f-елементи)

<b>Ce 140</b> церій	<b>Pr 141</b> примксодий	<b>Nd 144</b> ніодим	<b>Pm 145</b> прометій	<b>Sm 150</b> самарій	<b>Eu 83</b> европій	<b>Gd 157</b> гадоліній	<b>Tb 159</b> тербій	<b>Dy 163</b> дісмій	<b>Ho 165</b> гольмій	<b>Er 167</b> єрній	<b>Tm 169</b> тулій	<b>Yb 173</b> йтербій	<b>Lu 175</b> лютецій
------------------------	-----------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------	--------------------------

\*\* Актиніди (f-елементи)

<b>Th 232</b> торій	<b>Pa 91</b> протактиній	<b>U 238</b> уран	<b>Np 93</b> нептуній	<b>Pu 94</b> плутоній	<b>Am 95</b> амеріцій	<b>Cm 96</b> курій	<b>Bk 97</b> беркелій	<b>Cf 98</b> каліфорній	<b>Es 99</b> езервейцій	<b>Fm 100</b> фермій	<b>Md 101</b> мідделандій	<b>No 102</b> нобелій	<b>Lr 103</b> люрецій
------------------------	-----------------------------	----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------------	--------------------------	--------------------------

## Зміст

Передмова	3
Програма з курсу "Загальна фізика"	4
Питання до модулів	7
Питання, що виносяться на самостійне опрацювання	11
Основні питання для самоконтролю	12
Загальні методичні вказівки до розв'язування задач і виконання самостійних та контрольних робіт	15
Розділ 1. Механіка	16
1.1. Кінематика	16
1.2. Динаміка	18
1.3. Обертний рух твердих тіл	21
1.4. Механіка рідин і газів	23
1.5. Механічні коливання	24
Розділ 2. Молекулярна фізика і термодинаміка	27
2.1. Фізичні основи молекулярно-кінетичної теорії	27
2.2. Фізичні основи термодинаміки	29
Розділ 3. Електрика і магнетизм	33
3.1. Електростатика	33
3.2. Електричний струм	36
3.3. Електромагнетизм	38
3.4. Електромагнітні коливання і хвилі	41
Розділ 4. Оптика і атомна фізика	43
4.1. Інтерференція і дифракція світла	43
4.2. Геометрична оптика	46
4.3. Закони теплового випромінювання	47
4.4. Квантова природа світла і хвильові властивості частинок	48
4.5. Закони радіоактивного розпаду. Енергія зв'язку ядер. Ядерні реакції	49
Задачі для самостійної роботи. Синтез 1	51
Синтез 2	54
Задачі для контрольної роботи №1	58
Задачі для контрольної роботи №2	67
Рекомендована література	77
Додатки	79

