

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

Кафедра загальної та прикладної фізики

В.І. Пустогов, В.М. Вакалюк

ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА

ЗБІРНИК ЗАДАЧ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО
ВИВЧЕННЯ І ВИКОНАННЯ
КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Частина 1

Для студентів технічних спеціальностей
усіх напрямків підготовки

Рекомендовано методичною радою університету

Івано-Франківськ 2011

МВ 02070855 – 3422 – 2010

Пустогов В.І., Вакалюк В.М.

Загальна фізика: Збірник задач для самостійного вивчення і виконання контрольних робіт – Ч. 1 – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011 – 104 с.

Збірник задач складено згідно з програмою курсу загальної фізики для всіх технічних спеціальностей і призначено для самостійної роботи при вивченні і виконанні контрольних робіт із загальної фізики студентами стаціонарної і заочної форм навчання.

Збірник задач і теоретичних питань з загальної фізики складається з двох частин. Перша частина охоплює розділи: механіка, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика. Друга частина охоплює розділи: електрика, магнетизм, коливання і хвилі, оптика, фізика твердого тіла, атомна і ядерна фізика.

До кожного підрозділу запропоновано по десять теоретичних питань для самостійного закріплення матеріалу з фізики і контрольної перевірки їх засвоєння. Задачі для контрольних робіт (аудиторних і домашніх) подані по двохрівневій системі складності. В кожному підрозділі є десять задач першого рівня складності і п'ять задач другого рівня складності (позначених зірочкою). Перша частина збірника містить 870 задач, друга частина – 540 задач.

Рецензент: доцент кафедри загальної і прикладної фізики
Солоничний Я.В.

*Рекомендовано методичною радою університету
(протокол № 9 від 23.10.2010р.)*

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Методичні вказівки.....	7
1.1 Методичні вказівки з вивчення теоретичного матеріалу..	7
1.2 Методика виконання контрольної роботи з фізики.....	7
1.3 Основні етапи розв’язання задачі.....	8
1.4 Вказівки до виконання контрольної роботи.....	9
2 Теоретичні питання до контрольної роботи.....	10
2.1 Механіка.....	10
2.1.1 Кінематика поступального руху.....	10
2.1.2 Кінематика обертового руху.....	10
2.1.3 Динаміка поступального руху.....	11
2.1.4 Тяжіння. Елементи теорії поля. Неінерціальні системи відліку.....	11
2.1.5 Динаміка обертового руху.....	12
2.1.6 Робота. Енергія. Удари.....	12
2.1.7 Механіка рідин.....	13
2.1.8 Механічні коливання. Гармонічні коливання.....	13
2.1.9 Затухаючі, вимушені коливання. Механічні хвилі.....	14
2.1.10 Спеціальна теорія відносності.....	14
2.2 Молекулярна фізика та термодинаміка.....	15
2.2.1 Молекулярно-кінетична теорія газів.....	15
2.2.2. Перший закон термодинаміки.....	15
2.2.3 Другий закон термодинаміки.....	16
2.2.4 Реальні гази.....	16
2.2.5 Рідини. Тверді тіла. Фазові переходи.....	16
2.3 Електростатика.....	18
2.3.1 Напруженість електричного поля.....	18
2.3.2 Теорема Остроградського-Гаусса. Потенціал електричного поля.....	18
2.3.3 Електричне поле в речовині.....	18
2.3.4 Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля.....	19
2.4 Постійний струм.....	20
2.4.1 Закон Ома.....	20

2.4.2 Правила Кірхгофа. Робота і енергія електричного струму.....	20
2.4.3 Постійний струм в металах. Контактні явища.....	20
2.4.4 Постійний струм в напівпровідниках і рідинах.....	21
2.4.5 Постійний струм в газах і у вакуумі.....	21
3 Задачі до розділів.....	22
3.1 Механіка.....	22
3.1.1 Кінематика поступального руху.....	22
3.1.2 Нормальне і тангенціальне прискорення.....	23
3.1.3 Обертовий рух.....	25
3.1.4 Додавання рухів.....	26
3.1.5 Динаміка. Другий закон Ньютона.....	28
3.1.6 Сила тертя, сила пружності, доцентрова сила.....	29
3.1.7 Рух по похилій площині.....	31
3.1.8 Робота. Потужність.....	32
3.1.9 Енергія Закон збереження енергії.....	34
3.1.10 Імпульс. Закон збереження імпульсу.....	35
3.1.11 Пружний удар і непружний удари.....	36
3.1.12 Сили інерції.....	38
3.1.13 Гравітація.....	39
3.1.14 Обертовий рух. Основні динамічні величини.....	40
3.1.15 Основний закон динаміки обертового руху.....	42
3.1.16 Закон збереження моменту імпульсу.....	43
3.1.17 Робота та енергія при обертовому русі.....	44
3.1.18 Тиск. Закон Паскаля. Закон Архімеда.....	46
3.1.19 Рівняння Бернуллі.....	47
3.1.20 В'язкість. Формула Пуазейля. Ламінарний і турбулентний режими.....	49
3.1.21 Гармонічні коливання.....	50
3.1.22 Енергія коливань.....	51
3.1.23 Додавання коливань.....	53
3.1.24 Затухаючі і вимушені коливання.....	54
3.1.25 Механічні хвилі.....	56
3.1.26 Спеціальна теорія відносності.....	57
3.2 Молекулярна фізика і термодинаміка.....	59
3.2.1 Ідеальні гази.....	59
3.2.2 Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів	60
3.2.3 Розподіл Максвелла-Больцмана.	
Барометрична формула.....	61

3.2.4 Середня довжина вільного пробігу молекул.....	62
3.2.5 Явища переносу.....	63
3.2.6 Внутрішня енергія газу.....	65
3.2.7 Теплоємність.....	66
3.2.8 Перший закон термодинаміки. Теплота і робота.....	67
3.2.9 Робота при ізопроцесах.....	68
3.2.10 Адіабатний процес.....	70
3.2.11 Цикл Карно. Теплові двигуни.....	71
3.2.12 Ентропія.....	72
3.2.13 Реальні гази.....	73
3.2.14 Рідини. Поверхневий натяг.....	75
3.2.15 Тверді тіла.....	76
3.2.16 Фазові переходи.....	77
3.3 Електростатика.....	79
3.3.1 Закон Кулона.....	79
3.3.2 Напруженість. Потік вектора напруженості електричного поля.....	80
3.3.3 Теорема Остроградського-Гаусса.....	82
3.3.4 Робота. Потенціал.....	83
3.3.5 Діелектрики.....	85
3.3.6 Ємність. Конденсатори.....	86
3.3.7 Рух заряджених частинок в полі конденсатора.....	87
3.3.8 Енергія зарядженого конденсатора.....	89
3.4 Постійний струм.....	91
3.4.1 Струм. Опір.....	91
3.4.2 Закон Ома.....	92
3.4.3 Правила Кірхгофа.....	93
3.4.4 Робота. Енергія.....	95
3.4.5 Шунт. Додатковий опір.....	96
3.4.6 Струм в металах, напівпровідниках.....	97
3.4.7 Термоелектричні явища.....	99
3.4.8 Струм в рідинах, вакуумі, газі.....	101
Перелік рекомендованих джерел.....	103
Додаток А. Взірець титульної сторінки.....	104

ВСТУП

Загальна фізика має виключно важливе значення при підготовці інженерно-технічних спеціалістів для різноманітних галузей народного господарства країни. Вона є базовою фундаментальною дисципліною при вивченні загально-технічних та спеціальних дисциплін.

Після закінчення університету спеціаліст повинен бути готовий застосувати свої знання з фізики у науці і виробництві.

Курс загальної фізики студенти вивчають протягом двох семестрів. Програмний матеріал з фізики студенти повинні зрозуміти на лекціях і закріпити його на практичних і лабораторних заняттях. Для цього треба розв'язати достатню кількість задач.

Мета даного збірника задач – запропонувати студентам розв'язати самостійно (неаудиторно) 40 задач в першому семестрі і 30 задач в другому семестрі. Крім того, збірник може використовуватись для проведення аудиторних контрольних робіт і для закріплення теоретичного матеріалу.

Збірник задач і теоретичних питань з фізики складається з двох частин. Перша частина охоплює розділи: механіка, молекулярна фізика і термодинаміка, електрика. Друга частина охоплює розділи: магнетизм, коливання і хвилі, оптика, фізика твердого тіла, атомна і ядерна фізика.

1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1.1 Методичні вказівки з вивчення теоретичного матеріалу

Основою вивчення теоретичного матеріалу є конспект лекцій, посібники і підручники.

В бібліотеці університету на абонементі або в читальному залі є ряд підручників і посібників із загальної фізики, а також конспекти лекцій викладачів кафедри. Необхідно вибрати відповідний посібник або підручник, в якому теоретичний матеріал даного розділу викладений компактно і доступно.

Уважно прочитати теоретичні запитання до даного розділу, наприклад, „Кінематика”. Прочитати відповідний розділ в посібнику (лекції), знайти відповіді на поставлені питання і виписати їх.

Переходячи до розв’язання задач даного розділу, виписати необхідні формули для розв’язання задач. Крім підручника, треба скористатись збірником задач з фізики. Перед кожним розділом у збірнику викладені основні формули і закони, які потрібні при розв’язанні задач.

1.2 Методика виконання контрольної роботи з фізики

Контрольна робота передбачає засвоєння основних положень теоретичного матеріалу і закріплення знань за допомогою розв’язання типових задач даного розділу.

Протягом семестру студент повинен виконати самостійно 3 домашніх роботи в першому семестрі і 3 роботи в другому семестрі та захистити їх. Кожна робота включає в себе 5 теоретичних питань і 10 задач.

Контрольна робота № 1

Механіка (теоретичні питання – розділ 2.1, задачі – розділ 3.1)

Контрольна робота № 2

Молекулярна фізика і термодинаміка (теоретичні питання – розділ 2.2, задачі – розділ 3.2)

Контрольна робота № 3

Електростатика, постійний струм (теоретичні питання – розділи 2.3 і 2.4, задачі – розділи 3.3 і 3.4)

Контрольна робота № 4

Електромагнетизм. (теоретичні питання – розділ 2.3, 2.4 і 2.5, задачі – розділ 3.3, 3.4, і 3.5)

Контрольна робота № 5

Оптика. (теоретичні питання – розділ 2.6, задачі – розділ 3.6)

Контрольна робота № 6

Атомна і ядерна фізика. (теоретичні питання – розділи 2.7 і 2.8, задачі – розділи 3.7 і 3.8)

В частині 1 методичних вказівок викладені завдання до 1, 2 і 3 контрольної роботи.

В частині 2 методичних вказівок викладені завдання до 4, 5 і 6 контрольної роботи.

1.3 Основні етапи розв’язання задачі

3.1 Уважно прочитати умову задачі.

3.2 Записати умову задачі.

3.3 Записати всі дані та шукані величини в одиницях SI за виключенням тих, які відповідно до програми допускають інші одиниці вимірювання.

3.4 Виконати рисунок або схему. Виконання рисунка вимагає аналізу задачі. Рисунок служить наочною ілюстрацією явища, спрощує розв’язання задачі, зменшує ймовірність помилки.

3.5 З’ясувати суть фізичних явищ, що лежать в основі задачі, та записати фізичні закони, які описують ці явища.

3.6 Записати рівняння чи систему рівнянь, що містять шукану величину. Знайти математичний зв’язок між фізичними величинами, виходячи з фізичних законів та додаткових умов задачі.

3.7 Розв’язати рівняння. Знайти шукану величину в аналітичному вигляді через величини, що задані в умові задачі.

3.8 Перевірити одиниці вимірювання або розмірності, підставивши їх у робочу формулу.

3.9 Підставити значення заданих величин в SI, виконати обчислення. Прискорення вільного падіння вважати рівним 10 м/с^2 , коли в умові задачі про це не говориться.

1.4 Вказівки до виконання контрольної роботи

Завдання до контрольної роботи виконують у тонкому зошиті. Титульну сторінку оформляють за взірцем, наведеним в додатку А.

В зошиті виписуємо перше теоретичне питання, даємо на нього відповідь, потім 2, 3, 4, 5 питання.

З нової сторінки записуємо повну умову задачі, коротку умову і розв'язок з поясненням. Кожну наступну задачу записуємо з нової сторінки.

Якщо виникають труднощі з розв'язанням задачі або відповіддю на питання, студент звертається до свого викладача за консультацією.

Взірець розв'язку задач є в „Збірнику задач з фізики”. Автори збірника Пустогов В.І., Чернов Б.О., Зарін П.П., Луцицький Р.М., Петрук З.В., Подвальних Г.С., Бакума Т.М.

Варіант завдань розрахунково-графічної роботи (РГР) видає викладач, який проводить практичні заняття.

Задачі згруповані по розділах, які охоплюють весь вивчений матеріал з загальної фізики відповідно до програми дисципліни.

В кожному розділі є 15 задач. Перші 10 задач I рівня — прості. Задачі від 11 до 15 з зірочкою II рівня — більш складні.

Студентам пропонується розв'язати 8 задач I рівня і 5 задач II рівня.

Варіанти завдань зручніше розподіляти по підгрупах. В першій підгрупі розв'язуються задачі непарних розділів (1, 3, 5, 7,...), а в другій підгрупі — задачі парних розділів (2, 4, 6,...).

Після правильного виконання і оформлення всіх завдань згідно з вимогами студент захищає РГР і отримує відповідну кількість балів з модульно-рейтингового контролю.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

2.1 Механіка

2.1.1 Кінематика поступального руху

- 1 Як можна задати рух матеріальної точки в просторі?
- 2 Які основні фізичні величини характеризують рух матеріальної точки по криволінійній траєкторії?
- 3 Який фізичний зміст нормального і тангенціального прискорень?
- 4 Які значення величини нормального і тангенціального прискорень характеризують:
 - а) рівномірний прямолінійний рух?
 - б) прямолінійний рівнозмінний рух?
 - в) прямолінійний нерівномірний рух?
 - г) обертовий рівномірний рух?
 - д) обертовий прискорений рух?
 - е) довільний поступальний рух?
- 5 Зобразіть на рисунку напрям тангенціального прискорення для довільної точки тіла, кинутого під кутом до горизонту.
- 6 Як напрямлене середнє і миттєве прискорення?
- 7 Який напрям мають середня і миттєва швидкості?
- 8 Як виразити радіус-вектор через координати точки?
- 9 Що характеризують кінематичні рівняння руху?
- 10 Що називається траєкторією руху? Які види траєкторії ви знаєте?

2.1.2 Кінематика обертового руху

- 1 Який рух називається обертотим?
- 2 Чи може тіло рухатись по колу і не обертатись?
- 3 Які величини характеризують обертовий рух?
- 4 Який зв'язок між кутовими і лінійними швидкостями і прискореннями?

5 Який напрям має кутова швидкість? В чому особливість цього вектора?

6 Як виразити кутову і лінійну швидкість через частоту обертання?

7 Який напрям має повне прискорення при кутовому прискоренні, рівному нулю?

8 Чи може повне прискорення співпадати:

а) з дотичною до кола?

б) з радіусом при обертовому русі?

9 Як виразити шлях при обертовому русі через кут повороту?

10 Як змінюється кутова швидкість і кутове прискорення при рівносповільненому обертовому русі?

2.1.3 Динаміка поступального руху

1 Яка система відліку називається інерціальною?

2 Сила, її характеристики.

3 Принцип незалежності сил. Додавання сил.

4 Чи можна отримати I закон Ньютона з II закону? Чи є II закон Ньютона наслідком I закону?

5 Сформулювати III закон Ньютона.

6 Які категорії сил є в природі? Сили інерції.

7 Сила тертя. Види тертя. Сила нормального тиску. Сила реакції опори.

8 Яка система називається замкнутою?

9 Імпульс. В чому полягає закон збереження імпульсу?

10 Означення центра мас. Як рухається центр мас системи?

2.1.4 Тяжіння. Елементи теорії поля. Неінерціальні системи відліку

1 В чому відмінність між інерціальною і гравітаційною масами?

2 Вага тіла. Відмінність її від сили тяжіння. Пояснити явище невагомості.

3 Відомо, що сила тяжіння пропорційна масі. Чому ж важке тіло не падає скоріше від легкого?

4 Напруженість поля тяжіння.

5 За якими формулами обчислюється робота і енергія гравітаційного поля?

6 Потенціал гравітаційного поля. Зв'язок між напруженістю і потенціалом.

7 Як обчислюються перша і друга космічна швидкості? Що ці швидкості означають?

8 Сили інерції. Чим вони вирізняються від сил, що діють в інерціальних системах? Чи можна користуватись II законом Ньютона в неінерціальних системах?

9 В чому проявляються і як напрямлені відцентрова сила і сила Коріоліса?

10 В північній півкулі зробили постріл з гармати вздовж меридіана на північ. Як вплине на рух снаряда добове обертання Землі?

2.1.5 Динаміка обертового руху

1 Момент інерції тіла. Моменти інерції циліндра, кулі, стержня. Відмінність моменту інерції від маси.

2 Момент сили відносно точки, відносно нерухомої вісі. Як визначається напрям моменту сили? Його відмінність від сили.

3 Момент імпульсу матеріальної точки, твердого тіла. Як визначається напрям моменту імпульсу?

4 Основне рівняння динаміки обертового руху (II закон Ньютона для обертового руху).

5 Робота при обертовому русі. Кінетична енергія обертового руху.

6 Закон збереження моменту імпульсу.

7 Умови виконання закону збереження моменту імпульсу.

8 Поняття про гіроскоп. Які його основні властивості?

9 Прецесія гіроскопа.

10 Теорема Штейнера.

2.1.6 Робота, енергія, удари

1 В чому відмінність між поняттями енергії і роботи? Одиниці вимірювання цих величин.

2 Робота. Робота змінної сили. Потужність.

3 Яку роботу виконує рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, що рівномірно рухається по колу?

4 Кінетична і потенціальна енергії, їх зв'язок з роботою.

5 В чому полягає відмінність між консервативною і дисипативною силою?

6 В чому полягає закон збереження механічної енергії? В якій системі тіл він справедливий?

7 В чому фізична суть закону збереження і перетворення енергії? Чому він є фундаментальним?

8 Який зв'язок між силою і потенціальною енергією?

9 Який удар називається абсолютно пружним ударом? Які закони збереження виконуються при абсолютно пружному ударі?

10 Який удар називається абсолютно непружним? Які закони збереження виконуються при абсолютно непружному ударі? Чи справедливий закон збереження механічної енергії при абсолютно непружному ударі?

2.1.7 Механіка рідин

1 Які середовища називаються суцільними?

2 За якою формулою обчислюється гідростатичний тиск? Одиниці вимірювання тиску.

3 Закони Паскаля і Архімеда.

4 Лінія течії, трубка течії. Рівняння нерозривності струмینی.

5 Рівняння Бернуллі для ідеальної рідини.

6 Формула Ньютона для сили внутрішнього тертя в рідині або газі.

7 Формула Стокса при русі кульки в рідині або газі.

8 Формула Пуазейля при русі рідини через трубку.

9 Ламінарна та турбулентна течії. Число Рейнольдса.

10 Рух тіла в рідині або газі. Опір тертя та опір тиску.

2.1.8 Механічні коливання. Гармонічні коливання

1 Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань.

2 Диференціальне рівняння коливань пружинного маятника. Період коливань.

3 Диференціальне рівняння коливань математичного і фізичного маятників. Період коливань. Приведена довжина фізичного маятника.

4 Величини, що характеризують коливання: амплітуда, частота, циклічна частота, період, фаза.

5 Енергія гармонічного коливання.

6 Додавання гармонічних коливань одного напрямку. Амплітуда і початкова фаза результуючого коливання.

7 Додавання коливань близької частоти. Биття.

8 Додавання взаємно-перпендикулярних коливань. Фігури Лісажу.

- 9 Методи опису гармонічних коливань: амплітудний, комплексний, метод векторних амплітуд.
- 10 Швидкість і прискорення коливного тіла.

2.1.9 Затухаючі, вимушені коливання. Механічні хвилі

- 1 Які сили діють на тіло, що виконує затухаючі коливання?
- 2 Диференціальне рівняння затухаючих коливань. Коефіцієнт затухання. Циклічна частота затухаючих коливань.
- 3 Рівняння затухаючого коливання (розв'язок диференціального рівняння). Амплітуда.
- 4 Декремент і логарифмічний декремент затухаючого коливання, зв'язок з коефіцієнтом затухання.
- 5 Вимушені коливання. Сили, що діють на тіло. Диференціальне рівняння вимушених коливань.
- 6 Рівняння вимушених коливань (розв'язок диференціального рівняння). Амплітуда вимушених коливань.
- 7 Резонанс. Резонансна крива.
- 8 Плоска хвиля. Рівняння плоскої хвилі. Довжина хвилі, швидкість, хвильове число.
- 9 Енергія хвилі. Вектор Умова.
- 10 Інтерференція і дифракція хвиль. Стоячі хвилі.

2.1.10 Спеціальна теорія відносності

- 1 Принцип відносності Галілея і постулати Ейнштейна. Відмінність між ними.
- 2 Формули перетворення координат Галілея.
- 3 Формули перетворення координат Лоренца.
- 4 Інваріанти при перетворенні координат в інерціальних системах в механіці Ньютона і в релятивістській механіці.
- 5 Лоренцове скорочення довжини і подовження проміжків часу в спеціальній теорії відносності.
- 6 Релятивістський закон додавання швидкостей.
- 7 Динаміка спеціальної теорії відносності. Імпульс, маса, сила в теорії відносності Ейнштейна.
- 8 Енергія спокою, кінетична і повна енергії в теорії відносності Ейнштейна.

9 Закон збереження імпульсу і енергії в спеціальній теорії відносності.

10 Інтервал між подіями. Часоподібний і просторовоподібний інтервали.

2.2 Молекулярна фізика та термодинаміка

2.2.1 Молекулярно-кінетична теорія газів

1 Термодинамічні величини. Рівняння стану ідеального газу. Рівняння Менделєєва-Клапейрона.

2 Закони ідеальних газів.

3 Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу.

4 Енергія молекули. Зв'язок енергії з абсолютною температурою.

5 Наслідки основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії (закон Авогадро, число Лошмідта, закон Дальтона).

6 Максвеллівський розподіл молекул за швидкостями. Середньоарифметична, середньоймовірна і середньоквадратична швидкості молекул.

7 Барометрична формула і розподіл Больцмана.

8 Середня довжина вільного пробігу молекул, її залежність від ефективного діаметра молекул. Кількість зіткнень за одиницю часу.

9 Явища переносу. Закон дифузії Фіка. Закон в'язкості Ньютона. Закон теплопровідності Фур'є.

10 Зв'язок коефіцієнтів дифузії, в'язкості і теплопровідності для ідеальних газів.

2.2.2 Перший закон термодинаміки

1 Внутрішня енергія ідеального газу. Від яких параметрів вона залежить?

2 Ступені вільності молекул.

3 Робота і кількість теплоти в термодинаміці. Від яких параметрів вони залежать?

4 Перший закон термодинаміки.

5 Теплоємність речовини. Молярна, питома теплоємність.

6 Теплоємностість при сталому тиску і при сталому об'ємі. Виразити їх через ступені вільності молекули.

7 Робота при ізохорному, ізобарному та ізотермічному процесах. Перший закон термодинаміки при цих процесах.

8 Адіабатний процес. Перший закон термодинаміки при адіабатному процесі.

9 Рівняння Пуассона для адіабатного процесу.

10 Робота при адіабатному процесі. Поняття про політропний процес.

2.2.3 Другий закон термодинаміки

1 Оборотні і необоротні процеси.

2 Які основні частини теплової машини?

3 Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна. Чи може його к.к.д. дорівнювати 100%?

4 В чому переваги циклу Карно? Чому цикл Карно має найвищий коефіцієнт корисної дії?

5 З яких процесів складається цикл Карно?

6 Коефіцієнт корисної дії циклу Карно.

7 Другий закон термодинаміки.

8 Ентропія. Ентропія різних процесів.

9 Нерівність Клаузіуса. Другий закон термодинаміки. Вираз його через ентропію.

10 У чому полягає третій закон термодинаміки?

2.2.4 Реальні гази

1 Відмінність реальних газів від ідеальних.

2 Поправка на власний об'єм молекул.

3 Поправка на взаємодію молекул на відстані.

4 Рівняння стану реального газу для 1 моля.

5 Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Критична ізотерма.

6 Стан ідеального газу, насиченої пари, перенасиченої пари, рідини, перегрітої рідини, критичного стану. Зв'язок цих станів з ізотермами Ван-дер-Ваальса.

7 Зв'язок поправок a і b з критичними параметрами газу.

8 Внутрішня енергія реального газу.

9 Суть ефекту Джоуля-Томсона.

10 Крива інверсії. Позитивний і негативний ефекти Джоуля-Томсона.

2.2.5 Рідини. Тверді тіла. Фазові переходи

1 Особливі властивості рідин відмінні від тих що мають гази і тверді тіла.

2 Особливі умови перебування молекул рідини в поверхневому шарі.

3 Поверхневий натяг. Означення коефіцієнта поверхневого натягу через силу і через поверхневу енергію.

4 Змочування. Меніск. Тиск Лапласа під викривленою поверхнею рідини. Капілярність.

5 Кристали. Елементарна комірка. Решітки Браве.

6 Фізичні типи кристалів. Зв'язок між молекулами.

7 Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Залежність теплоємності від температури.

8 Фаза речовини. Фазові переходи речовини. Фазова діаграма станів речовини.

9 Процеси сублімації-возгонки, плавлення-кристалізації, випаровування-конденсації. Потрійна точка.

10 Фазові переходи I і II роду. Метастабільні стани.

2.3 Електростатика

2.3.1 Напруженість електричного поля

- 1 Закон Кулона у вакуумі і в речовині.
- 2 Заряд. Елементарний заряд. Величина заряду.
- 3 Об'ємна густина заряду. Одиниці вимірювання об'ємної густини заряду.
- 4 Поверхнева густина заряду.
- 5 Лінійна густина заряду.
- 6 Напруженість електричного поля. Одиниці вимірювання.
- 7 Напруженість поля точкового заряду.
- 8 Принцип суперпозиції електричних полів.
- 9 Силові лінії.
- 10 Відносна діелектрична проникність середовища.

2.3.2 Теорема Остроградського-Гауса. Потенціал електричного поля

- 1 Потік вектора напруженості, одиниці вимірювання.
- 2 Теорема Остроградського-Гауса.
- 3 Напруженість поля рівномірно зарядженої площини.
- 4 Напруженість поля зарядженої сфери.
- 5 Напруженість поля рівномірно зарядженої нитки.
- 6 Робота по переміщенню заряду в електричному полі іншого заряду.
- 7 Потенціал точкового заряду.
- 8 Енергія електростатичного поля точкового заряду.
- 9 Зв'язок між напруженістю і потенціалом. Еквіпотенціальні поверхні.
- 10 Потенціал точкового заряду.

2.3.3 Електричне поле в речовині

- 1 Дипольний момент молекули. Типи діелектриків.
- 2 Поляризаційні заряди. Поляризованість.
- 3 Залежність поляризованості від напруженості електричного поля. Електрична сприйнятливність.
- 4 Напруженість поля поляризаційних (зв'язаних) зарядів.
- 5 Відносна діелектрична проникність.
- 6 Особливості сегнетоелектриків.
- 7 Електричне зміщення (вектор електричної індукції).

8 Теорема Гаусса-Остроградського в діелектрику для вектора електричної індукції.

9 Напруженість електричного поля поблизу поверхні металу і всередині металу.

10 В чому полягає явище електростатичної індукції?

2.3.4 Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля

1 Електроємність провідника. Одиниці вимірювання електроємності.

2 Конденсатор. Ємність сферичного конденсатора.

3 Ємність плоского конденсатора.

4 Ємність циліндричного конденсатора.

5 Ємність паралельно з'єднаних конденсаторів.

6 Ємність послідовно з'єднаних конденсаторів.

7 Енергія системи нерухомих точкових зарядів.

8 Енергія зарядженого конденсатора.

9 Об'ємна густина енергії електричного поля.

10 Сила взаємодії пластин плоского конденсатора (пондеomotorна сила).

2.4 Постійний струм

2.4.1 Закон Ома

- 1 Електричний струм. Величина струму. Напрямок струму.
- 2 Густина струму, величина і напрям.
- 3 Електрорушійна сила. Сторонні сили.
- 4 Напруга. Відмінність напруги від різниці потенціалів. Неоднорідна ділянка кола.
- 5 Умови існування електричного струму.
- 6 Як виразити електрорушійну силу через напруги на окремих ділянках?
- 7 Закон Ома для однорідної і неоднорідної ділянок кола, для повного кола.
- 8 Опір. Залежність опору від розмірів провідника і від температури
- 9 Закон Ома в диференціальній формі.
- 10 Провідність, питома провідність провідників.

2.4.2 Правила Кірхгофа. Робота і енергія електричного струму

- 1 I правило Кірхгофа.
- 2 Які струми додатні в I правилі Кірхгофа?
- 3 II правило Кірхгофа.
- 4 Які напруги і е.р.с. додатні в II правилі Кірхгофа?
- 5 Робота і теплота при проходженні електричного струму. Закон Джоуля-Ленца.
- 6 Потужність електричного струму.
- 7 Питома теплова потужність.
- 8 Закон Джоуля-Ленца в диференціальній формі.
- 9 Коефіцієнт корисної дії електричного кола.
- 10 Що є носіями струму в металах?

2.4.3 Постійний струм в металах. Контактні явища

- 1 Основні положення класичної електронної теорії провідності металів.
- 2 Залежність густини струму від концентрації і швидкості впорядкованого руху електронів.
- 3 Відмінність середньої швидкості впорядкованого руху електронів від середньої швидкості теплового руху електронів.
- 4 Закон Ома з точки зору електронної теорії.

- 5 Закон Джоуля-Ленца з точки зору електронної теорії.
- 6 Закон Відемана-Франца.
- 7 Квантова статистика Бозе-Ейнштейна. Які явища вона пояснює?
- 8 Статистика Фермі-Дірака. Що вона пояснює?
- 9 Контактна різниця потенціалів. Робота виходу електрона з металу.
- 10 Термоелектричні явища. Термоелектрорушійна сила.

2.4.4 Постійний струм в напівпровідниках і рідинах

- 1 Розташування електронів на енергетичних рівнях. Утворення енергетичних зон.
- 2 Розташування валентної зони і зони провідності в діелектриках, металах і напівпровідниках.
- 3 Величина забороненої зони. Енергія активації.
- 4 Власна провідність напівпровідників, залежність провідності від температури, носії струму.
- 5 Домішкова провідність, носії струму.
- 6 Принцип дії напівпровідникового діода. Коефіцієнт випрямлення.
- 7 Транзистор. Принцип дії. Робоча характеристика. Коефіцієнт підсилення.
- 8 І закон Фарадея для електролізу. Носії струму в рідинах.
- 9 Число Фарадея. Обчислення електрохімічного еквівалента через число Фарадея.
- 10 Закон Ома для електроліту і вираз його через рухливість іонів.

2.4.5 Постійний струм в газах і у вакуумі

- 1 Яку роль виконує іонізатор при проходженні струму в газі?
- 2 Потенціал іонізації.
- 3 Самостійний і несамостійний газовий розряд.
- 4 Види самостійного газового розряду. Ударна іонізація.
- 5 Вольтамперна характеристика несамостійного газового розряду.
- 6 Термоелектронна емісія. Вторинна емісія.
- 7 Закон Богуславського-Ленгмюра. При яких напругах має місце цей закон?
- 8 Формула Річардсона-Дешмена.
- 9 Вольтамперна характеристика струму у вакуумі.
- 10 Який стан речовини називається плазмою? Типи плазми.

3 ЗАДАЧІ ДО РОЗДІЛІВ

3.1 Механіка

3.1.1 Кінематика поступального руху

1 Рух бурильної колони бурової установки задано рівнянням $h=2+1,2t$, де h – в метрах, t – в секундах. Визначити швидкість руху колони.

2 Рух бурильної колони задано рівнянням $h=3+10,8t^2$, де h – в метрах, t – в секундах. Визначити швидкість та прискорення колони через 5 секунд після початку підйому.

3 Рівняння руху матеріальної точки вздовж вісі x має вигляд $x=A+Bt+Ct^3$, де $A=2$ м, $B=1$ м/с, $C=-0,5$ м/с². Визначити координату x , швидкість матеріальної точки в момент часу $t=2$ с.

4 Рівняння руху матеріальної точки вздовж вісі x має вигляд $x=A+Bt+Ct^3$, де $A=2$ м, $B=1$ м/с, $C=0,5$ м/с². Визначити швидкість в момент часу $t=3$ с.

5 Рівняння руху матеріальної точки вздовж вісі x має вигляд $x=2-t+0,5t^2$. Визначити прискорення точки.

6 Рух точки задано рівнянням $S=2t^3-10t^2+8$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити швидкість і прискорення точки в момент часу $t=4$ с.

7 Точка рухається згідно рівняння $S=8t-2t^2$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити, в який момент часу точка зупиниться.

8 Точка рухається прямолінійно за законом $S=8t+2t^2$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити швидкість та прискорення точки через 3 с після початку руху.

9 Рівняння руху точки $x=0,5t+0,2t^3$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити момент часу, коли прискорення точки дорівнюватиме $0,6$ м/с².

10 Рух бурильної колони задано рівнянням $h=2+1,2t$, де h – в метрах, t – в секундах. Визначити, за який час колона буде піднята на висоту 36 м.

11* Рівняння руху матеріальної точки вздовж вісі X має вигляд $x=2+t-0,5t^3$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити момент часу, в якій швидкість досягне $v=-20$ м/с. Яке середнє прискорення точки за цей проміжок часу?

12* Матеріальна точка рухається вздовж вісі x за законом $x=0,5\sin \frac{\pi}{2} \cdot t$. Визначити середнє прискорення точки за першу секунду після початку руху.

13* Яка довжина залізної труби газопроводу, якщо звук, що виник біля одного кінця труби, приходить до спостерігача, що знаходиться біля другого кінця, по повітрю на 10 секунд пізніше, ніж по трубі? Швидкість звуку в повітрі $v_1=340\text{м/с}$, в залізі $v_2=4820\text{м/с}$.

14* По прямій рухаються дві матеріальні точки згідно з рівняннями
$$\begin{cases} x_1 = 10 + 2t - t^2 \\ x_2 = 3 - 2t + 3t^2 \end{cases}$$
, де x_1, x_2 – в метрах, t – в секундах. В який момент часу швидкості цих точок будуть однаковими? Які відстані пройдуть ці точки за цей час?

15* Дві матеріальні точки рухаються згідно з рівняннями
$$\begin{cases} x_1 = 4t + 8t^2 - 6t^3 \\ x_2 = 2t - 4t^2 + t^3 \end{cases}$$
, де x_1, x_2 – в метрах, t – в секундах. В який момент часу прискорення цих точок будуть однаковими? Визначити швидкості точок v_1 та v_2 в цей момент.

3.1.2 Нормальне і тангенціальне прискорення

1 Матеріальна точка рухається по криволінійній траєкторії згідно з рівнянням $S=8-2t^2$, де S – в метрах, t – в секундах. Радіус кривизни $R=4$ м. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення точки.

2 Матеріальна точка рухається по криволінійній траєкторії з радіусом кривизни $R=4$ м згідно з рівнянням $S=8-2t^2$, де S – в метрах, t – в секундах. В який момент часу нормальне прискорення буде дорівнювати 9 м/с^2 ?

3 Рух матеріальної точки відбувається за рівнянням $S=2t^3-10t^2+8$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити радіус кривизни траєкторії, якщо нормальне прискорення через 4 секунди після початку руху дорівнює 2 м/с^2 .

4 Рух матеріальної точки відбувається за рівнянням $S=2t^3-10t^2+8$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити повне

прискорення через 2 секунди після початку руху. Радіус кривизни траєкторії $R=8$ м.

5 Рух матеріальної точки відбувається за рівнянням $S=2t^3-10t^2+8$, де S – в метрах, t – в секундах. Точка рухається по траєкторії з радіусом кривизни 8 м. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення через 1 секунду після початку руху.

6 Матеріальна точка почала рухатись із стану спокою по колу з постійним тангенціальним прискоренням $a_t=0,6$ м/с². Визначити нормальне і повне прискорення в кінці п'ятої секунди від початку руху. Радіус кола дорівнює 5 см.

7 Матеріальна точка рухається згідно з рівнянням $S=2\cos 2\pi t$, де S – в метрах, t – в секундах, по колу радіусом $R=2$ м. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення точки через 0,3 секунди після початку руху.

8 Камінь кинули під кутом 45° до горизонту. Визначити радіус кривизни в найвищій точці траєкторії, якщо початкова швидкість каменя $u_0=20$ м/с. Прискорення вільного падіння $g=10$ м/с².

9 Визначити нормальне, тангенціальне і повне прискорення тіла, що кинули під кутом до горизонту, в точці з радіусом кривизни $R=5$ м, якщо швидкість в цій точці дорівнює $v=6$ м/с.

10 Тіло кинули під кутом до горизонту. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення тіла в точці, де швидкість напрямлена під кутом 30° до горизонту.

11* З башти висотою 20 м кинули горизонтально камінь зі швидкістю $v=20$ м/с. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя в момент удару об землю.

12* Камінь кинули під кутом 45° до горизонту зі швидкістю $v=20$ м/с. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя в момент удару об землю.

13* Камінь кинули під кутом 45° до горизонту з початковою швидкістю $u_0=15$ м/с. Через який час тангенціальне прискорення буде напрямлено під кутом 30° до горизонту? Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя в цей момент часу.

14* З башти висотою 20 м кинули горизонтально камінь з швидкістю $v=10$ м/с. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя через 2 секунди після початку руху.

15* Камінь кинуто горизонтально. Визначити нормальне, тангенціальне і повне прискорення каменя через 2 секунди, коли швидкість зросла в 2 рази.

16* Камінь кинули під кутом 60° до горизонту з початковою швидкістю $v_0=20$ м/с. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя через 2 секунди після початку руху. Прискорення вільного падіння $g=10$ м/с².

3.1.3 Обертний рух

1 Рівняння обертного руху твердого тіла $\varphi=3t^2+t$. Визначити кількість обертів твердого тіла і кут повороту через 10 секунд після початку руху.

2 Матеріальна точка почала рухатись по колу із сталим тангенціальним прискоренням $a_t=0,6$ м/с². Визначити кутову швидкість та кутове прискорення точки в кінці п'ятої секунди після початку руху. Радіус кола $R=5$ см.

3 Матеріальна точка рухається по колу згідно рівняння $\varphi=5-3t+2t^3$. Визначити кутову швидкість та кутове прискорення точки через 2 секунди після початку руху. (Кут – в радіанах, час – в секундах).

4 Точка на ободі диска рухається по колу згідно з рівнянням $\varphi=2t+3t^2$. Визначити кутове, нормальне і тангенціальне прискорення точки через 5 секунд після початку руху. Радіус диска 10 см.

5 Диск, обертається з частотою 180 об/хв. Визначити кутову швидкість та кутове прискорення диска, якщо він зупиняється через 6 секунд після початку руху. Визначити кількість обертів диска за цей час.

6 Бурова колона, обертаючись рівноприскорено, через 1 хвилину після початку руху робить 20 обертів за секунду. Визначити її кутову швидкість і кутове прискорення.

7 Маховик обертається навколо нерухомої осі за законом $\varphi=A+Bt+Ct^2$, де $B=20$ рад/с, $C=2$ рад/с². Визначити кутове і нормальне прискорення точки, що розміщена на відстані 0,1 м від осі обертання.

8 Кутова швидкість приводного шківів 65 рад/с. Визначити лінійну швидкість та період обертання шківів, якщо радіус шківів $R=10$ см.

9 Колесо радіусом 0,5 м обертається згідно рівняння $\varphi=2t+0,2t^3$, де φ – в радіанах, t – в секундах. Визначити повне прискорення точки на ободі через 3 секунди після початку руху.

10 Диск радіусом 0,2 м обертається згідно з рівнянням $\varphi=3-t+0,1t^3$, де φ – в радіанах, t – в секундах. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення точок на ободі диска для моменту часу $t=10$ с.

11* Колесо обертається за законом $\varphi=2-3t+t^3$, де φ – в радіанах, t – в секундах, і досягає кутової швидкості 20 рад/с через 10 обертів після початку обертання. Знайти кутове прискорення на початку обертання і через 10 обертів колеса.

12* Залежність пройденого тілом шляху S від часу t задається рівнянням $S=A+Bt+6t^3-2t^4$, де S – в метрах, t – в секундах. Знайти нормальне і кутове прискорення тіла через 5 секунд після початку руху по криволінійній траєкторії радіусом кривизни $R=0,2$ м.

13* Колесо радіусом 0,3 м обертається згідно з рівнянням $\varphi=At+Bt^2$, де $A=2$ рад/с, $B=0,1$ рад/с². Визначити кутове і повне прискорення точок на ободі колеса в момент часу $t=3$ с.

14* Вал обертається з частотою 180 об/хв. При гальмуванні вал робить 360 обертів і зупиняється. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення точок вала через 3 секунди після початку гальмування, якщо діаметр вала $d=20$ см.

15* Колесо за 5 с зробило 20 обертів від початку руху. Визначити кутову і лінійну швидкості, тангенціальне і повне прискорення в кінці руху. Радіус колеса 0,5 м.

16* Диск обертається з частотою 180 об/хв. Визначити лінійну швидкість обертання точок на зовнішньому ободі диска та його радіус, якщо відомо, що точки, які знаходяться на 8 см ближче до осі обертання, мають швидкість 8 м/с.

17* Точка рухається по колу радіусом $R=8$ м. В деякий момент часу нормальне прискорення точки $a_n=4$ м/с², вектор повного прискорення a утворює в цей момент с вектором нормального прискорення кут $\alpha=60^\circ$. Знайти швидкість і тангенціальне прискорення точки.

3.1.4 Додавання рухів

1 Човен рухається перпендикулярно до берега зі швидкістю $v=3$ м/с. Течія відносить його на 300 м вниз по річці. Ширина ріки 0,5 км. Визначити швидкість течії і час, затрачений на переправу через річку.

2. З башти висотою 20 м горизонтально кинули камінь зі швидкістю 8 м/с. Визначити швидкість каменя в момент удару об землю.

3 Тіло кинули під кутом до горизонту. Горизонтальна складова швидкості дорівнює $v_x=6$ м/с. Визначити швидкість тіла в точці траєкторії, де вона утворює кут 60° з вертикаллю.

4 З якою швидкістю повинен рухатись літак на екваторі зі сходу на захід, щоб Сонце здавалося нерухомим на небі? Радіус Землі $R=6400$ км.

5 Літак рухається із заходу на схід зі швидкістю $v_1=500$ м/с. Дме північний вітер зі швидкістю $v_2=50$ м/с. З якою швидкістю літак буде рухатись відносно Землі?

6 З башти висотою 20 м кинули горизонтально камінь зі швидкістю 10 м/с. Скільки часу камінь буде в русі? З якою швидкістю він впаде на землю?

7 Тіло, кинуте горизонтально, впало на землю через 0,6 с на відстані 8 м від місця кидання. З якою швидкістю кинули тіло?

8 Літак рухається зі швидкістю $v_1=200$ м/с відносно повітря. Дме південний вітер з швидкістю $v_2=30$ м/с. За який час літак долетить на захід на відстань 200 км?

9 М'яч, кинутий горизонтально, вдаряється об стінку, що знаходиться на відстані 6 м від місця кидання. Висота удару на 1 м нижче, ніж точка кидання. З якою швидкістю був кинутий м'яч?

10 Літак, що летить на схід з швидкістю $v_1=400$ м/с зноситься північним вітром на 2 км. Швидкість вітру $v_2=20$ м/с. Яку відстань подолає літак у східному напрямі?

11* Коли спостерігач сприймає по звуку, що літак знаходиться в зеніті, він бачить його під кутом 73° до горизонту. З якою швидкістю v_1 летів літак? Швидкість звуку $v_2=340$ м/с.

12* Мотоцикліст рухається прямолінійно. Він побачив, що людина, яка стояла біля дороги, вдарила стержнем по рейці, а через 2 секунди почув звук. З якою швидкістю рухався мотоцикліст, якщо він проїхав повз людину через 36 секунд після спостереження? Швидкість звуку $v_2=340$ м/с.

13* З гармати вистрелили під кутом 30° до горизонту. Артилерист почув звук вибуху через 44 секунди після пострілу. Яка горизонтальна дальність снаряда, якщо його початкова швидкість 800 м/с ? Швидкість звуку $v_2=340 \text{ м/с}$.

14* Мисливець цілиться в птаха, що летить із швидкістю $v_1=15 \text{ м/с}$ на висоті 30 м в напрямі, перпендикулярному до лінії прицілювання. Яке упередження треба зробити в момент пострілу (кут), якщо швидкість дробу при вильоті з рушниці $v_2=375 \text{ м/с}$.

15* Краплі дощу на вікні нерухомого трамвая лишають смуги під кутом 30° до вертикалі. При русі трамвая зі швидкістю $v_1=5 \text{ м/с}$ смуги дощу вертикальні. Визначити швидкість крапель дощу без вітру та швидкість вітру.

16* З висоти 1 км знижується парашутист із швидкістю $v=4 \text{ м/с}$ при відсутності вітру. З якою швидкістю він буде рухатись відносно Землі при горизонтальному вітрі, швидкість якого дорівнює $v_1=3 \text{ м/с}$. Яке переміщення парашутиста відносно Землі? На яку відстань відхилиться від точки приземлення парашутист під дією вітру?

17* Визначити початкову швидкість тіла, кинутого під кутом 60° до горизонту, якщо в деякій точці траєкторії з радіусом кривизни $R=2 \text{ м}$ напрям швидкості складає кут 30° з горизонтом.

18* Яку початкову швидкість має тіло, що кинули горизонтально, якщо кінцева швидкість його напрямлена під кутом 30° до горизонту і дорівнює $v=40 \text{ м/с}$? Визначити дальність польоту.

3.1.5 Динаміка. Другий закон Ньютона

1 Потяг масою 500 т рухається сповільнено. За 1 хвилину він зменшив швидкість з 10 м/с до 4 м/с . Визначити середню силу гальмування.

2 Автомобіль масою 2 т рушає з місця з прискоренням 5 м/с^2 . Яку силу тяги розвиває мотор?

3 Тіло масою $0,5 \text{ кг}$ рухається так, що пройдений тілом шлях S від часу t задається рівнянням $S=A\sin \omega t$, де $A=5 \text{ см}$, $\omega=\pi \text{ рад/с}$. Визначити силу, що діє на тіло через $1/6$ секунди після початку руху.

4 Автомобіль масою 2,5 т рухається сповільнено. Під дією середньої сили тертя $F_T=2 \cdot 10^3$ Н він зменшив швидкість з 20 м/с до 8 м/с. За який час відбулось гальмування?

5 Маса ліфта з пасажирами дорівнює 800 кг. Сила натягу троса, що підтримує ліфт, $F_T=6000$ Н. Який імпульс ліфта через 2 секунди після початку руху вгору?

6 Хлопець тягне санчата, прикладаючи до мотузки, спрямованої під кутом 30° до горизонту, силу $F=60$ Н. З яким прискоренням рухаються санчата масою 10 кг? Тертям знехтувати.

7 Яку відстань пройде ліфт масою 500 кг за першу секунду руху, якщо сила натягу троса, що підтримує ліфт, дорівнює $F=3000$ Н.

8 Тіло масою 2 кг під дією сили рухається прямолінійно. Залежність координати від часу задана рівнянням $x=2t^3+4t+1$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити силу, що діє на тіло через 3 секунди після початку руху.

9 Визначити імпульс сили, що діє на візок масою 20 кг, якщо залежність шляху S від часу дорівнює $S=2-3t+5t^3$, де S – в метрах, t – в секундах. Час дії сили — 5 секунд.

10 Тіло масою 2 кг рухається прямолінійно вздовж вісі X . Залежність координати від часу дається рівнянням $S=A-Bt+3t^2-t^3$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити величину сили, що діє на тіло в кінці 2-ї секунди руху.

11* Через нерухомий блок перекинута шнур, до кінців якого підвішені вантажі масами $m_1=0,3$ кг, $m_2=0,5$ кг. Визначити силу натягу шнура. Яку відстань пройдуть тіла через 2 секунди після початку руху?

12* На мотузці, перекинутій через нерухомий блок, причепилась мавпочка масою m . Другий кінець мотузки прикріплений до вантажу масою M . Визначити прискорення обох тіл відносно землі у випадку, коли мавпочка піднімається або опускається по мотузці з прискоренням $a=2$ м/с², $m=12$ кг, $M=8$ кг.

13* Електровоз штовхає поперед себе два вагони масами $m_1=m_2=60$ т з прискоренням $a=0,2$ м/с². Коефіцієнт опору $\mu=0,01$. З якою силою стиснуто пружини буферів вагонів?

14* Гумовий м'яч масою $m=0,1$ кг при ударі об вертикальну стінку стискається на $\Delta x=1,2$ см за час $t=0,01$ с і відновлює свою форму за той же час. Знайти середню силу, яка діє на стінку під час удару.

15* Хлопчик вистрілив з рогатки, розтягнувши гумовий шнур на $\Delta l = 10$ см. Коефіцієнт жорсткості шнура $k = 1000$ Н/м. З якою швидкістю полетів камінь масою $m = 20$ г?

3.1.6 Сила тертя, сила пружності, доцентрова сила

1 Хлопець тягне санчата з постійною швидкістю, прикладаючи до мотузки, спрямованої під кутом 30° до горизонту, силу 50 Н. Яка маса санчат, якщо коефіцієнт тертя дорівнює $\mu = 0,05$?

2 З яким середнім прискоренням вилетить з пружинного пістолета кулька масою 10 г, якщо пружина була стиснута на 5 см і жорсткість пружини $k = 200$ Н/м.

3 Барабан сушильної машини діаметром 1,96 м обертається з кутовою швидкістю 20 рад/с. Визначити, у скільки разів сила, з якою тканина притискується до стінки, більша від сили тяжіння, що діє на тканину.

4 В результаті зіткнення з платформою швидкість вагона зменшилась з 0,2 м/с до 0,1 м/с за 0,5 с. Маса вагона $60 \cdot 10^3$ кг. Визначити коефіцієнт пружності пружини буфера, якщо вона стиснулась при ударі на 5 см.

5 Автодрезина тягне дві платформи з вантажем, прикладаючи силу 800 Н. Маса першої платформи – $12 \cdot 10^3$ кг, другої – $8 \cdot 10^3$ кг. Визначити коефіцієнт тертя при їх рівномірному русі.

6. Визначити, який коефіцієнт тертя ковзання між тілом і похилою площиною, якщо сила тертя при рівномірному русі в 50 разів менша за силу тяжіння. Похила площина складає кут 30° з горизонтом.

7 Тіло ковзає по похилій площині, яка складає кут 45° з горизонтом. Залежність пройденого шляху від часу t дається рівнянням $S = 1,8t^2$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити коефіцієнт тертя тіла при русі по похилій площині.

8 Автомобіль, що має масу $m = 1$ т, починає гальмувати за 25 метрів до перешкоди, маючи швидкість $v = 8$ м/с. Визначити силу тертя в гальмівних колодках автомобіля.

9 Хлопчик вистрілив з рогатки, натягнувши гумовий шнур на 3 см. Який імпульс отримав камінь, якщо жорсткість шнура $k = 10^3$ Н/м? Час пострілу 1 с.

10 Камінь, прив'язаний до шнура, рівномірно обертається в горизонтальній площині. Маса каменя $m = 0,1$ кг. Радіус кола

$R=0,2$ м. З якою швидкістю рухається камінь, якщо доцентрова сила що діє на нього $F_d=0,5$ Н?

11* Дві пружини з коефіцієнтами жорсткості $k_1=3 \cdot 10^3$ Н/м і $k_2=5 \cdot 10^3$ Н/м з'єднані один раз послідовно, другий раз – паралельно. Яка жорсткість пружини, яка замінить систему з двох пружин в першому і другому випадках?

12* Який кут з горизонтом має поверхня бензину в баці автомобіля, який гальмує. Коефіцієнт тертя $\mu=0,1$.

13* Канат лежить на столі так, що його частина звисає і починає ковзати, коли довжина звисаючої частини становить $1/3$ його довжини. Визначити коефіцієнт тертя μ каната об стіл.

14* Тягарець, прив'язаний до нитки довжиною 40 см, описує в горизонтальній площині коло радіусом 20 см. З якою частотою обертається тягарець?

15* Визначити силу натягу нитки, що діє на кульку масою $m=100$ г при обертанні з частотою $\nu=2$ об/с. Кулька прив'язана на нитці довжиною 30 см і описує в горизонтальній площині коло.

3.1.7 Рух по похилій площині

1 Тіло ковзає по похилій площині, яка утворює кут 30° з горизонтом. Пройшовши шлях $S=36$ см, тіло набуло швидкості 2 м/с. Визначити силу тертя.

2 При рівномірному спуску труби по похилому настилу, який утворює кут 30° з горизонтом, гальмівна сила 0,1 Н напрямлена протилежно до напрямку руху. Маса труби 80 кг. Визначити силу натягу тросу лебідки, що спускає трубу.

3 Визначити роботу, яку треба здійснити, щоб підняти на висоту 5 м трубу масою 500 кг, рухаючи її по похилій площині, яка утворює з горизонтом кут 30° . Коефіцієнт тертя $\mu=0,3$.

4 Тіло масою 0,2 кг ковзає без тертя з гірки висотою 1,5 м. Знайти силу, що діє на тіло, зміну імпульсу Δp тіла.

5 Труба ковзає рівномірно з гори довжиною 40 м, яка має кут нахилу 30° . Чому дорівнює коефіцієнт тертя μ , якщо спуск триває 5 секунд?

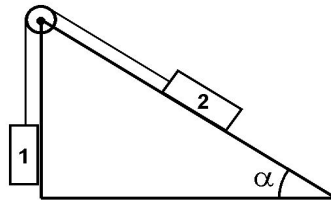
6 Транспортер піднімає на автомобіль 200 кг піску за 1 секунду. Довжина стрічки транспортера 3 м, кут нахилу до горизонту 30° . Визначити потужність, яку розвиває двигун.

7 Тіло масою 3 кг ковзає по похилій площині із стану спокою і набирає швидкість $v=3$ м/с в кінці похилої площини довжиною $l=1,5$ м і висотою $h=0,75$ м. Визначити коефіцієнт тертя тіла об площину.

8 Автомобіль рухається вгору по похилій площині під кутом 10° до горизонту з прискоренням $a=0,5$ м/с². Яку силу тяги повинен розвинути двигун автомобіля, якщо маса автомобіля $m=1,5$ т, коефіцієнт тертя $\mu=0,1$?

9 Тіло пройшло шлях 0,4 м вниз по похилій площині з кутом нахилу до горизонту 30° і набуло швидкості $v=1,5$ м/с. Визначити коефіцієнт тертя тіла об площину.

10* Два тіла однакової маси $m_1=m_2=2$ кг з'єднані ниткою, перекинутою через невагомий блок, закріплений на вершині похилої площини, яка утворює кут $\alpha=30^\circ$ з горизонтом (див. рисунок). Знайти прискорення, з яким рухаються тіла, та силу натягу нитки. Тертям знехтувати.



11* Яким повинен бути мінімальний коефіцієнт тертя між шинами коліс і дорогою, щоб велосипедист міг рухатись вгору з ухилом (синус кута нахилу дороги до горизонту) 0,02 з прискоренням $a=0,2$ м/с²?

12* На похилій площині з кутом нахилу 30° лежить брусок масою $m=2$ кг. З яким прискоренням рухатиметься брусок, якщо на нього почне діяти сила $F=20$ Н, яка напрямлена вниз паралельно до похилої площини? Коефіцієнт тертя $\mu=0,2$.

13* По похилій площині, що утворює з горизонтом кут $\alpha=30^\circ$, піднімають тіло. Коефіцієнт тертя тіла об похилу площину дорівнює $\mu=0,1$. Під яким кутом β до похилої площини треба спрямувати силу, щоб вона була найменшою?

14* На автомобіль масою $m=2$ т під час руху діє сила тертя F_t , що складає 0,1 частину від сили тяжіння mg . Визначити силу тяги F двигуна автомобіля, якщо автомобіль рухається з прискоренням $0,8$ м/с² вгору з нахилом 1 м на кожні 25 м шляху.

15* Камінь, пущений по поверхні льоду, пройшов до зупинки шлях 25 м, маючи початкову швидкість $v=4$ м/с. Визначити коефіцієнт тертя каменя об лід. Поверхня нахилена під кутом 20° до горизонту. Камінь рухається вгору.

3.1.8 Робота. Потужність

1 Визначити роботу A , яку треба виконати, щоб збільшити швидкість тіла масою $m=1$ т від $v_1=2$ м/с до $v_2=6$ м/с на шляху 10 м. На всьому шляху діє сила тертя $F_T=2$ Н.

2 Тіло масою 1 кг під дією постійної сили рухається прямолінійно. Залежність шляху, пройденого тілом, задається рівнянням $S=t^2+2t+2$, де S – в метрах, t – в секундах. Визначити роботу сили за 5 с після початку руху.

3 Пружина жорсткістю $k=5 \cdot 10^3$ Н/м стиснута на $x_1=10$ см. Яку роботу треба виконати, щоб стиснути пружину до $x_2=15$ см?

4 Хлопець тягне санчата масою 12 кг з постійною швидкістю. Мотузка спрямована під кутом 30° до горизонту. Коефіцієнт тертя $\mu=0,05$. Визначити роботу переміщення санчат на відстань 100 м.

5 Тіло масою 1 кг під дією сили тертя рухається рівносповільнено. Визначити роботу сили тертя на відстані 100 м. Коефіцієнт тертя $\mu=0,05$.

6 Клітка з вугіллям масою $8 \cdot 10^3$ кг піднімається з шахти глибиною 180 м рівномірно. Визначити роботу по підйому клітки.

7 Корисна потужність насоса 10 кВт. Який об'єм води може викачати насос з глибини 18 м за годину?

8 Двигун насоса викачує 100 м^3 нафти з резервуара, піднімаючи її на висоту 6 м за 8 хв. Визначити потужність двигуна.

9 Вагон масою $m=25$ т сповільнює свій рух з 15 м/с до повної зупинки під дією сили тертя $F_T=6$ кН. Визначити роботу сили тертя.

10 З яким прискоренням піднімається вантаж масою $m=5$ кг на висоту 2 м, якщо при цьому виконується робота 140 Дж?

11* На тіло діє сила, що змінюється за законом $F=2x+5x^2$, де F – в ньютонах, x – в метрах. Яку роботу виконує ця сила при зміні координати від 0 до 10 м?

12* Тіло рухається згідно з рівнянням $x=2t^2+3t+2$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити роботу сили при русі тіла масою 2 кг протягом 10 секунд.

13* Яку потужність повинен мати двигун, що піднімає трубу масою 30 кг рівноприскорено на висоту 10 м за 5 с? Коефіцієнт корисної дії двигуна 80 %.

14* Яку роботу треба здійснити, щоб підняти землю на поверхню при копанні ями глибиною 10 м? Площа ями дорівнює 2 м^2 . Вважати, що земля розсипається тонким шаром на поверхні.

15* З яким прискоренням рухається авіамодель масою 0,5 кг, якщо двигун розвиває потужність 5 Вт? Модель проходить відстань 15 м за 3 с.

16* Крижина площею поперечного перерізу $S=1 \text{ м}^2$ і висотою $h=0,5 \text{ м}$ плаває у воді. Яку роботу треба виконати, щоб повністю занурити крижину у воду?

3.1.9 Енергія. Закон збереження енергії

1 Яку кінетичну енергію буде мати кулька, що вилітає з пружинного пістолета, якщо пружина була стиснута на 4 см і жорсткість пружини 200 Н/м ?

2 Камінь масою 1,5 кг впав з деякої висоти за 4 секунди. Визначити кінетичну і потенціальну енергію каменя в середній точці шляху. Опором повітря знехтувати.

3 Визначити кінетичну енергію тіла масою 3 кг через 2 секунди після початку вільного падіння.

4 На яку висоту підніметься кулька масою $m=2 \text{ г}$, якщо при пострілі з пружинного пістолета пружина була стиснута на $\Delta x=5 \text{ см}$? Жорсткість пружини 1000 Н/м .

5 З якою швидкістю вилітає кулька масою $m=5 \text{ г}$ з пружинного пістолета, якщо жорсткість пружини 500 Н/м і вона стиснута на $\Delta x=5 \text{ см}$?

6 Яку кінетичну енергію має штучний супутник Землі масою $m=2 \text{ т}$, що рухається по круговій орбіті на висоті $H=3200 \text{ км}$ над поверхнею Землі? Довідкові дані взяті з таблиць.

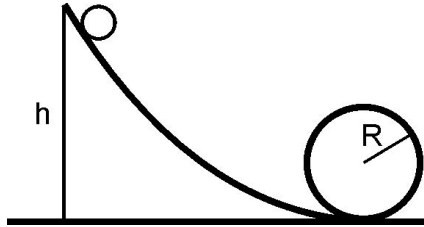
7 Визначити потенціальну енергію пружини в пістолеті, якщо вона має коефіцієнт пружності $k=400 \text{ Н/м}$ і стиснута на 2 см.

8 Визначити коефіцієнт пружності пружинного пістолета, якщо кульці масою 7 г він надає швидкості 2 м/с. Пружина при цьому стискається на 5 см.

9 Яку роботу треба виконати, щоб тіло масою 2 кг збільшило швидкість з 1 м/с до 3 м/с ?

10 Пружину, розтягнену на 2 см, додатково розтягнули ще на 3 см. Визначити, яка робота при цьому виконана. Коефіцієнт жорсткості пружини 1 кН/м.

11* З якої висоти скочується по жолобу кулька, якщо вона описує замкнуту петлю радіусом $R=40$ см (див. рисунок)?



12* При пострілі з пружинного пістолета вертикально вгору куля масою $m=20$ г піднялась на висоту $h=5$ м і мала на цій висоті швидкість $v=1$ м/с. Визначити жорсткість пружини, якщо вона була стиснута на $x=10$ см.

13* Ракета запущена з поверхні Землі у вертикальному напрямі. При якій мінімальній швидкості ракети при запуску вона віддаляється від поверхні Землі на відстань, рівну радіусу Землі ($R=6,37 \cdot 10^6$ м)?

14* М'яч, що летить зі швидкістю 10 м/с, відкидається ударом ракетки в протилежний бік зі швидкістю $v=20$ м/с. Визначити зміну імпульсу м'яча, якщо при цьому виконана робота 15 Дж.

15* Камінь масою 20 г кинули зі швидкістю $v_0=15$ м/с під кутом 45° до горизонту. Визначити кінетичну і потенціальну енергію каменя через 1 секунду після початку польоту. Яка робота виконується за цей час силою тяжіння?

3.1.10 Імпульс. Закон збереження імпульсу

1 Кулька масою 200 г відскакує від вертикальної стінки під кутом 60° без втрати швидкості ($v_1=v_2=60$ см/с.). Визначити імпульс, що отримала стінка під час удару.

2 Тіло масою $m=0,2$ кг ковзає без тертя з гірки довжиною $l=2,5$ м з кутом нахилу 30° . Знайти зміну імпульсу тіла.

3 Кулька масою $m=100$ г вільно падає з висоти $h_1=1$ м на сталюну плиту і відскакує на висоту $h_2=0,5$ м. Визначити імпульс p (за величиною і напрямком), який передає плита кульці.

4 Снаряд, що рухався зі швидкістю 400 м/с, розірвався на два уламки. Менший уламок, маса якого становить 40% від маси снаряда, відлетів в протилежному напрямі з швидкістю $v_1=150$ м/с.

Рух уламків відбувається вздовж однієї прямої. Визначити швидкість v_2 більшого уламка.

5 Кулька масою $m_1=100$ г має швидкість $v_1=1$ м/с і непружно стикається з кулькою масою $m_2=200$ г, яка має швидкість $v_2=2$ м/с. Визначити швидкості кульок після зіткнення.

6 Дві кулі масами $m_1=2$ кг і $m_2=3$ кг рухаються взаємноперпендикулярно з швидкостями $v_1=2$ м/с і $v_2=1$ м/с. Визначити величину і напрям швидкості після непружного зіткнення.

7 Кулька масою $m_1=0,1$ кг вільно падає з висоти $h=2$ м. На яку висоту підніметься кулька, якщо зміна імпульсу при ударі дорівнює $0,2$ (кг·м)/с?

8 Визначити зміну імпульсу м'яча масою $m=0,05$ кг при ударі ракеткою, якщо початкова швидкість м'яча була $v_1=1$ м/с, а після удару – $v_2=2$ м/с.

9 Корабель масою $m_1=2$ т з водометальним двигуном щосекунди викидає воду масою $m_2=20$ кг зі швидкістю 100 м/с відносно корабля. Визначити швидкість корабля v через $t=1$ хв. від початку руху. Силою опору знехтувати.

10 На вагонетку масою 1000 кг, яка котиться по горизонтальній колії зі швидкістю $v=0,2$ м/с, насипали зверху 300 кг піску. На скільки зміниться імпульс вагонетки?

11* Тіло масою $m=2$ кг кинуто в горизонтальному напрямі з швидкістю $v=20$ м/с. Знайти приріст імпульсу за перші 3 секунди падіння.

12.* Який імпульс мав вагон, якщо при непружному зіткненні з другим вагоном швидкість його зменшилась до 4 м/с? Маса другого вагона в $1,5$ рази більша першого і дорівнює 3 т, а початкова швидкість другого вагона в 2 рази менша від швидкості першого.

13* З рушниці масою 5 кг вилітає куля масою 9 г з швидкістю 500 м/с. Який імпульс отримує людина при пострілі? Яка середня сила віддачі діє на плече людини, якщо тривалість пострілу $0,01$ с? Маса людини 70 кг.

14* Людина стоїть на візку, який рухається з швидкістю 1 м/с. Маса візка з людиною 100 кг. Людина кидає камінь в напрямі руху, і швидкість візка зменшується до $0,5$ м/с. Визначити імпульс каменя.

15* При зіткненні двох більярдних куль, що рухались з швидкостями $v_1=2$ м/с і $v_2=1$ м/с, перша куля зупинилась. З якою швидкістю почала рухатись друга куля після пружного удару?

3.1.11 Пружний і непружний удари

1 Куля масою 0,5 кг рухається з швидкістю 2 м/с і стикається з нерухомою кулею масою 0,8 кг. Обчислити роботу A , що виконана при непружній деформації куль.

2 Куля масою 2 кг рухається горизонтально з швидкістю 2 м/с і стикається з нерухомою кулею масою 3 кг. Яку частину своєї кінетичної енергії перша куля передасть другій при абсолютно пружному ударі?

3 Дві кулі – перша масою 5 кг, друга – 2 кг, рухаються в одному і тому ж напрямку зі швидкостями 2 м/с і 4 м/с відповідно. З якою швидкістю вони будуть рухатись, коли друга куля наздожене першу і непружно зіткнеться з нею?

4 Візок масою 210 кг рухається рівномірно з швидкістю 3 м/с по горизонтальній дорозі. Людина масою 70 кг, що знаходиться у візку, стрибає з нього в бік, протилежний напрямку руху візка. Швидкість візка після стрибка людини 5 м/с. Визначити горизонтальну складову швидкості людини при стрибку.

5 Вагонетка масою 800 кг рухається з швидкістю 0,2 м/с. Після зіткнення з такою ж нерухомою вагонеткою вони далі рухаються разом. Яка швидкість вагонеток після зіткнення?

6 З човна масою 100 кг, який рухається зі швидкістю 1 м/с, стрибає хлопчик масою 40 кг зі швидкістю 6 м/с в напрямі руху човна. Яка швидкість човна після стрибка?

7 Ковзаняр масою 70 кг кидає снігову кулю масою 3 кг з швидкістю 5 м/с в горизонтальному напрямі. На яку відстань при цьому відкотиться ковзаняр, якщо коефіцієнт тертя $k=0,01$?

8 Нейтрон (маса m_0) вдаряється в нерухоме ядро атома вуглецю ($m=12m_0$). У скільки разів зміниться кінетична енергія нейтрона при пружному ударі?

9 Нейтрон масою m_0 вдаряється в нерухоме ядро атома урану ($m=235m_0$). Яку частину швидкості втратить нейтрон при пружному ударі?

10 Металева кулька падає з висоти $h_1=1$ м на сталеву плиту і відскакує на висоту $h_2=0,6$ м. Знайти коефіцієнт відновлення $k=v_1/v_2$ при ударі.

11* Сталева кулька масою 20 г падає з висоти $h_1=1,2$ м на сталеву плиту і підстрибує на висоту $h_2=0,8$ м. Визначити кількість теплоти, яка виділяється при ударі, і швидкість кульки після удару.

12* Тіло масою $m_1=3$ кг непружно стикається з нерухомим тілом масою $m_2=2$ кг. Кінетична енергія тіл після удару стала $W=4$ Дж. Яка швидкість першого тіла до зіткнення?

13* Гармата, жорстко закріплена на залізничній платформі, робить постріл вздовж колії під кутом 30° до горизонту. Визначити швидкість v_2 відкату платформи, якщо снаряд вилітає зі швидкістю $v_1=480$ м/с. Маса платформи з гарматою і снарядом $m_2=18$ т, маса снаряда $m_1=60$ кг.

14* Куля масою 10 г летить горизонтально і влучає в дерев'яне тіло масою 1 кг, підвішене на невагомому стержні довжиною 1 м. При цьому тіло відхиляється на кут $\alpha=10^\circ$. З якою швидкістю летить куля, якщо вона застрягає в тілі?

15.* Дві кулі масами $m_1=0,2$ кг і $m_2=0,1$ кг підвішені на нитках однакової довжини так, що вони дотикаються. Першу кулю відхилили на висоту $h_1=4,5$ см і відпустили. Друга куля нерухома. На яку висоту підніметься кожна куля після пружного удару?

3.1.12 Сили інерції

1 До стелі вагона підвішена на нитці куля масою 0,5 кг. При гальмуванні вагона його швидкість зменшилася за 3 секунди з $v_1=20$ м/с до $v_2=15$ м/с. Яка сила діяла на кулю?

2 Диск здійснює 70 обертів за хвилину. На якій відстані від центра можна поставити на диск тіло, щоб воно не сповзло? Коефіцієнт тертя спокою тіла з диском $\mu=0,44$.

3 Сферична чаша з радіусом $R=0,5$ м обертається навколо вертикального діаметра. З якою кутовою швидкістю ω повинна обертатись чаша, щоб тіло не сповзло з краю чаші, якщо коефіцієнт тертя спокою дорівнює $\mu=0,3$?

4 Мотоцикліст рухається зі швидкістю $v=30$ м/с на повороті. Який радіус кривизни дуги описує мотоцикліст, якщо коефіцієнт тертя коліс об асфальт становить $\mu=0,6$?

5 З якою швидкістю рухався вагон поїзда, якщо при зупинці за 5 секунд буферна пружина стиснулася на 2 см? Коефіцієнт пружності $k=500$ Н/м. Маса вагона 5 т.

6 На який кут повинен нахилитися мотоцикліст на повороті радіусом 50 м, якщо його швидкість 20 м/с?

7 Поїзд збільшує швидкість, рухаючись з прискоренням $a=5 \text{ м/с}^2$. На скільки розтягнулась буферна пружина першого вагона, якщо коефіцієнт жорсткості пружини $k=5000 \text{ Н/м}$? Маса поїзда 500 т.

8 Пружинний маятник в ліфті при русі розтягнувся на 5 см. З яким прискоренням рухався ліфт і в якому напрямі? Коефіцієнт жорсткості пружини $k=200 \text{ Н/м}$. Маса тягарця 1 кг.

9 Літак, що рухається з швидкістю $v=300 \text{ м/с}$, робить „мертву петлю”. Визначити радіус петлі. У верхній точці льотчик не тисне на сидіння.

10 Трамвайний вагон масою $m=5 \text{ т}$ рухається по заокругленню радіусом $R=100 \text{ м}$. Знайти силу бічного тиску на рейки при швидкості 3 м/с.

11* В атракціоні „мотоциклетні гонки по вертикальній стіні” треком є циліндрична поверхня діаметром 18 м. Яку швидкість розвиває мотоцикліст, щоб рухатись по внутрішньому колу циліндричної поверхні? $\mu=0,05$.

12* При гальмуванні вагона швидкість зменшилася з 15 м/с до 10 м/с за 5 с. На який кут при цьому відхилялась підвішена на нитці куля?

13* Відро, до половини наповнене водою, обертається у вертикальній площині. Відстань від осі обертання до центру тяжіння відра $R=0,8 \text{ м}$. З якою частотою потрібно обертати відро, щоб вода не виливалася з нього при проходженні через найвищу точку?

14* На який кут відхилиться маятник в літаку, що летить на північ з швидкістю 90 м/с, якщо літак знаходиться на широті 60° ?

15* Вагон гальмується і його швидкість за 3 с зменшується з 80 км/год до 50 км/год. Який кут з горизонтом складає поверхня води в чашці під час гальмування?

3.1.13 Гравітація

1 Визначити швидкість v_1 , яку треба надати тілу на поверхні Землі, щоб воно почало рухатись навколо Землі по коловій орбіті на висоті $h=50 \text{ км}$ як супутник. Радіус Землі $R=6400 \text{ км}$.

2 На якій висоті над поверхнею Землі напруженість гравітаційного поля $g=0,5$ Н/кг? Маса Землі $M=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Радіус Землі $R=6400$ км.

3 Визначити потенціал гравітаційного поля Землі на висоті $h=1600$ км. Маса Землі $M=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Радіус Землі $R=6400$ км.

4 Визначити роботу, яку виконують сили гравітаційного поля Землі, якщо тіло масою 2 кг впаде на поверхню Землі з висоти, що дорівнює радіусу Землі. Маса Землі $M=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Радіус Землі $R=6400$ км.

5 Середня висота супутника над поверхнею Землі дорівнює 1500 км. Визначити його швидкість та період обертання. Радіус Землі $R=6400$ км.

6 Обчислити роботу сил гравітаційного поля Землі, якщо тіло масою 2 кг падає на поверхню Землі із нескінченності. Маса Землі $M=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Радіус Землі $R=6400$ км.

7 Визначити прискорення вільного падіння на Місяці, якщо прискорення на поверхні Землі $g=9,81$ м/с². Маса Землі у 81 раз більша, а радіус – у 3,68 рази більший, ніж у Місяця.

8 Який період обертання штучного супутника Землі, що рухається по коловій орбіті на висоті $h=7000$ км? Маса Землі $M=5,9 \cdot 10^{24}$ кг. Радіус Землі $R=6400$ км.

9 Визначити середню швидкість руху Землі навколо Сонця. Вважати орбіту коловою. Довідкові дані взяти з таблиць.

10 Дві мідні кульки діаметрами $d_1=5$ см, $d_2=10$ см дотикаються. Знайти гравітаційну потенціальну енергію W_n цієї системи.

11* Припустивши, що середня густина Землі дорівнює $\rho=5 \cdot 10^3$ кг/м³, обчислити числове значення гравітаційної сталої. Радіус Землі $R=6400$ км, прискорення вільного падіння $g=9,81$ м/с².

12* Космічна ракета летить на Марс. В якій точці прямої, що з'єднує центри мас Землі і Марса, ракета буде притягуватись Землею і Марсом з однаковою силою? Відстань між Землею і Марсом вважати рівною $8 \cdot 10^7$ м. Маса Землі рівна $6 \cdot 10^{24}$ кг, маса Марса рівна $0,6 \cdot 10^{24}$ кг.

13* На якій відстані від центра Землі знаходиться точка, в якій напруженість сумарного гравітаційного поля Землі і Місяця дорівнює нулю? Маса Землі у 81 раз більша від маси Місяця, а відстань від центра Землі до центра Місяця дорівнює 60 радіусам Землі. Радіус Землі $R=6400$ км.

14* Визначити другу космічну швидкість для Місяця, тобто швидкість, яку треба надати тілу на поверхні Місяця, щоб воно подолато тяжіння Місяця і віддалилося від Місяця в нескінченність. Маса Місяця рівна $7 \cdot 10^{22}$ кг, радіус рівний $1,7 \cdot 10^6$ м.

15* Штучний супутник Землі рухається по коловій орбіті в площині екватора із заходу на схід. На якій висоті h від поверхні Землі повинен знаходитися цей супутник, щоб він був нерухомим відносно спостерігача, який знаходиться на Землі? Довідкові дані взяти з таблиць.

3.1.14 Обертний рух. Основні динамічні величини

1 Визначити момент інерції диска масою 5 кг, діаметром 0,2 м відносно перпендикулярної до нього вісі, дотичної до ободу.

2 Визначити момент інерції барабана, діаметр якого 0,8 м, а маса 40 кг, відносно його вісі. Барабан вважати тонкостінним циліндром.

3 Дві маленькі кульки масою 10 г кожна з'єднані тонким невагомим стержнем довжиною 0,2 м. Визначити момент інерції системи відносно вісі, яка проходить через центр мас перпендикулярно до стержня.

4 Визначити момент сил тертя, що діють на маховик радіусом 0,12 м, якщо гальмівні колодки притискаються з силою $F_{\text{тертя}} = 5$ Н.

5 Визначити момент імпульсу математичного маятника, якщо довжина нитки рівна 0,15 м. Маса кульки $m = 2$ кг. Швидкість кульки при проходженні положення рівноваги дорівнює 0,5 м/с.

6 Визначити момент сил, що діють на двері при відкриванні, якщо відстань від вісі дверей до ручки 0,5 м. Сила 3 Н прикладена під кутом 45° до площини дверей.

7 Визначити момент інерції стержня довжиною 1 м, масою 2 кг відносно вісі, яка перпендикулярна до нього і проходить через один із його кінців.

8 Маховик радіусом 0,2 м і масою $m = 20$ кг обертається з кутовою швидкістю $\omega = 3,14$ рад/с. Визначити момент імпульсу маховика відносно осі обертання.

9 Визначити момент імпульсу бурової колони, яка обертається з кутовою швидкістю $\omega = 3$ рад/с. Момент інерції колони $50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

10 Визначити момент імпульсу барабана радіусом 0,2 м, масою 100 кг, який обертається так, що швидкість точок на ободі рівна $v = 2$ м/с.

11* Однорідний циліндр масою $m=5$ кг утримується в рівновазі на похилій площині ниткою, намотаною на циліндр і спрямованою вгору паралельно похилій площині. Кут нахилу площини до горизонту $\alpha=30^\circ$. Проковзування немає. Знайти силу натягу нитки.

12* Дві кулі радіусом $R=5$ см закріплені на кінцях невагомий стержня. Відстань між центрами куль $L=0,5$ м. Маса кожної кулі $m=1$ кг. Визначити момент інерції системи відносно вісі, яка проходить через середину стержня і перпендикулярна до нього.

13* Визначити момент імпульсу Землі відносно осі її добового обертання.

14* Визначити момент інерції однорідного стержня відносно вісі, яка проходить перпендикулярно через його кінець. Маса стержня $m=1,5$ кг, довжина $L=1$ м.

15* Який момент сили діє на фізичний маятник довжиною 1 м, що є однорідним стержнем масою $m=2$ кг, при його відхиленні на кут 0° ? Вісь обертання розташована на відстані 20 см від його кінця.

3.1.15 Основний закон динаміки обертального руху

1 Барабан лебідки бурової установки обертається з кутовим прискоренням $\varepsilon=0,5$ рад/с². Визначити момент сили, що викликає це прискорення, якщо момент інерції барабана $I=600$ кг·м².

2 Куля масою 10 г і радіусом 20 см обертається навколо своєї вісі з кутовою швидкістю 2π рад/с. Визначити момент сил тертя, який необхідний для зупинки кулі за 5 с.

3 Суцільний маховик масою 20 кг і радіусом 0,1 м обертається з частотою $\nu=600$ об/хв. З якою силою треба притиснути до нього гальмівну колодку, щоб він зупинився через 3 с? Коефіцієнт тертя $\mu=0,05$.

4 Колесо, обертаючись рівношвидково, зменшило кутову швидкість з 15 рад/с до 10 рад/с за 1 хв. Момент інерції колеса $I=2$ кг·м². Визначити кутове прискорення і момент сил гальмування.

5 Визначити момент інерції маховика, якщо на нього діє дотична сила 200 Н і за 5 с швидкість точок на ободі зростає з 1 м/с до 3 м/с. Радіус маховика 0,6 м.

6 Маховик масою 30 кг і радіусом $R=0,2$ м обертається з частотою 5 об/с. Визначити момент сил тертя для зупинки диска за 30 секунд.

7 Однорідний стержень довжиною 1 м і масою 2 кг обертається у горизонтальній площині відносно вісі яка проходить через центр стержня. З яким кутовим прискоренням обертається стержень, якщо на нього діє момент сил $9,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$?

8 Визначити момент сил, що діє на однорідний диск масою 1 кг і радіусом 0,2 м, якщо він обертається з кутовим прискоренням 5 рад/с^2 .

9 Однорідний диск радіусом 0,2 м і масою 5 кг обертається навколо вісі, що проходить через його центр. Залежність кутової швидкості від часу задається рівнянням $\omega=A+8t^2$ рад/с. Визначити дотичну силу, прикладену до диска через 2 с.

10 Циліндр масою 4 кг і радіусом $R=0,1$ м обертається навколо своєї вісі за законом $\varphi=0,05\sin 4\pi t$, де φ – в радіанах, t – в секундах. Визначити момент сили, що діє на циліндр через 2 с після початку руху.

11* Обруч радіусом $R=0,2$ м обертається в горизонтальній площині. Обруч опускається на горизонтальну поверхню з коефіцієнтом тертя $\mu=0,05$. Визначити кутове прискорення обруча.

12* Суцільна куля масою 1 кг і радіусом 0,05 м обертається навколо вісі, що проходить через її центр. Закон обертання кулі описується рівнянням $\varphi=4+2t-t^2$, де φ – в радіанах, t – в секундах. Визначити дотичну силу, що діє на найбільшій відстані від центра, і гальмівний момент.

13* На барабан діаметром 0,6 м намотано шнур, до кінця якого підвішено вантаж масою 10 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо відомо, що вантаж опускається з прискоренням 2 м/с^2 .

14* Через нерухомий блок масою 0,2 кг перекинута шнур, до кінців якого підвішені вантажі масою 0,3 кг і 0,5 кг. Визначити сили натягу шнура T_1 і T_2 по обидві сторони блока під час руху вантажів. Блок вважати обручем.

15* Якір двигуна обертається з частотою 1500 об/хв. Визначити обертовий момент, якщо двигун розвиває потужність 500 Вт.

3.1.16 Закон збереження моменту імпульсу

1 Людина обертається на лаві Жуковського з кутовою швидкістю $\omega_1=2\pi$ рад/с, тримаючи дві гантелі в руках. З якою

швидкістю буде обертатись людина, розставивши руки з гантелями і збільшивши свій момент інерції з $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$?

2 Платформа, що має форму диска масою 210 кг , обертається за інерцією відносно вертикальної осі з частотою $\nu=14 \text{ об/хв}$. На краю платформи стоїть людина масою 70 кг . Визначити кутову швидкість платформи, коли людина перейде в центр платформи. Вважати людину точковою масою.

3 Горизонтальна платформа масою $m=85 \text{ кг}$ і радіусом 12 м обертається з частотою $\nu_1=20 \text{ об/хв}$. В центрі платформи стоїть людина і тримає в розставлених руках гирі. З якою частотою буде обертатись платформа, якщо людина опустить руки, зменшивши свій момент інерції з $I_1=2,94 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $I_2=1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$? Платформу вважати однорідним диском.

4 Акробат знаходиться у повітрі під час стрибка $0,6 \text{ с}$. За рахунок поштовху він за цей час міг би зробити півоберта. Згрупувавшись, він робить потрійне сальто. Який момент інерції акробата у потрійному стрибку, якщо в момент поштовху його момент інерції $I_0=1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

5 Фігурист під час швидкого обертання зменшує свій момент інерції з $1,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. З якою частотою він буде обертатись, якщо початкова кутова швидкість становила $2,12 \text{ рад/с}$?

6* Людина масою $m_0=60 \text{ кг}$ стоїть на нерухомій платформі масою $m=100 \text{ кг}$. З якою частотою ν буде обертатись платформа, якщо людина буде рухатися по колу радіусом $r=5 \text{ м}$ відносно вісі обертання? Швидкість людини відносно платформи $u_0=15 \text{ м/с}$. Радіус платформи $R=10 \text{ м}$. Вважати платформу однорідним диском, а людину точковою масою.

7* При стрибках на батуті акробат піднімається на висоту до 5 метрів і робить один оберт з розведеними руками. Скільки обертів він може зробити за цей час і яка тривалість одного оберта при згрупуванні, якщо при виконанні одного оберта акробат з розведеними руками має момент інерції $I_1=1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, а при згрупуванні – $I_2=0,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

8* Кругла платформа радіусом $R=1,5 \text{ м}$, момент інерції якої $I=200 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, обертається за інерцією навколо вертикальної вісі з кутовою швидкістю $\omega=10 \text{ рад/с}$. На краю платформи стоїть людина масою $m=60 \text{ кг}$. З якою частотою буде обертатись платформа, якщо

людина зміститься вздовж радіуса на 0,5 м? Людину вважати матеріальною точкою.

9.* Яку кутову швидкість буде мати кругла платформа радіусом 1,5 м і масою 250 кг, якщо людина масою 80 кг перейде з краю платформи на відстань 1 м вздовж радіуса? Людину вважати матеріальною точкою. Початкова кутова швидкість платформи $\omega_1=3$ рад/с.

10* Платформа у вигляді суцільного диска радіусом $R=1,5$ м і масою $m=180$ кг обертається відносно вертикальної осі з частотою $\nu=2$ рад/с. В центрі платформи стоїть людина масою 60 кг. Яку лінійну швидкість буде мати людина, якщо вона перейде на край платформи? Людину вважати матеріальною точкою.

3.1.17 Робота та енергія при обертотому русі

1 Визначити кінетичну енергію W_k велосипедиста, що їде зі швидкістю $v=3$ м/с. Маса велосипеда разом з велосипедистом $m=78$ кг, причому на колеса припадає маса $m_0=3$ кг. Колеса вважати обручами

2 Диск масою $m=2$ кг котиться без ковзання по горизонтальній дорозі зі швидкістю $v=4$ м/с. Визначити кінетичну енергію диска.

3 Куля діаметром $d=0,06$ м і масою $m=0,25$ кг котиться без ковзання по горизонтальній площині з частотою обертання $\nu=4$ об/с. Визначити кінетичну енергію кулі.

4 Мідна куля радіусом $R=0,1$ м обертається з частотою $\nu=2$ об/с навколо вісі, що проходить через її центр. Яку роботу A треба виконати, щоб збільшити кутову швидкість ω обертання кулі вдвічі?

5 Колесо, обертаючись рівносповільнено, зменшило за одну хвилину частоту обертання з $\nu_1=300$ об/хв до $\nu_2=180$ об/хв. Момент інерції колеса $I=2$ кг·м². Визначити роботу сил гальмування.

6 Кінетична енергія вала, що обертається з частотою $\nu=5$ об/с, $W_k=60$ Дж. Знайти момент імпульсу вала L .

7 Вентилятор обертається з частотою 20 об/с. Обертаючись рівносповільнено, вентилятор зробив до зупинки 80 обертів. Робота сил гальмування $A=40$ Дж. Знайти момент інерції вентилятора і момент сил гальмування.

8 Суцільна куля скочується по похилій площині, довжина якої 10 м і кут нахилу 30° . Визначити швидкість кулі в кінці похилої площини. Куля котиться без проковзування. Тертям знехтувати.

9 До ободу диска прикладена дотична сила 9,8 Н. Яку кінетичну енергію W_k буде мати диск через $t=4$ с дії цієї сили? Початкова швидкість точок на ободі 5 м/с.

10 Куля і суцільний циліндр мають однакові маси по 5 кг і котяться з однаковою швидкістю. Знайти відношення кінетичних енергій цих тіл.

11* Пустотілий циліндр масою 2 кг котиться по горизонтальній поверхні з швидкістю $v=20$ м/с. Визначити силу, яку треба прикласти до ободу циліндра, щоб зупинити його за 5 с. Радіус циліндра $R=0,2$ м. Яку роботу виконує ця сила?

12* Олівець довжиною 20 см поставлений вертикально. Яку кутову ω і лінійну швидкості v буде мати в кінці падіння середина і верхній кінець олівця?

13* Суцільний циліндр масою 10 кг котиться без ковзання з постійною швидкістю 10 м/с. Визначити кінетичну енергію циліндра і час до його зупинки, якщо на нього діє сила опору 50 Н.

14* Шків починає обертатись з сталим кутовим прискоренням $\varepsilon=4,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-2}$, і через $t=2$ с після початку руху його момент імпульсу став рівним $L=18 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$. Знайти кінетичну енергію шківа.

15* Диск масою $m=10$ кг і радіусом $R=0,2$ м лежить на горизонтальній поверхні. Яку роботу треба виконати, щоб повернути диск навколо його вісі на кут $\alpha=90^\circ$? Коефіцієнт тертя диска об поверхню $\mu=0,4$.

3.1.18 Тиск. Закон Паскаля. Закон Архімеда

1 Барометр показує в повітрі тиск 760 мм рт.ст. Знайти тиск на глибині 12 м під поверхнею нафти, якщо $\rho_{\text{нафти}}=800 \text{ кг/м}^3$.

2 В циліндричне відро діаметром $d=0,4$ м налита вода об'ємом 16 літрів. Визначити тиск на дно відра. Густина води $\rho=10^3 \text{ кг/м}^3$.

3 До якої висоти треба налити воду в циліндричну посудину радіусом $R=0,25$ м, щоб сила тиску на дно складала 600 Н? Густина води $\rho=10^3 \text{ кг/м}^3$.

4 В циліндричну посудину налиті ртуть висотою 10 см і вода висотою 20 см. Визначити тиск на дно посудини. Густина води $\rho_{\text{води}}=10^3 \text{ кг/м}^3$, густина ртуті $\rho_{\text{рт}}=13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

5 Колода об'ємом 2 м^3 плаває у воді. Яка маса людини, що може стояти на колоді, не замочивши ніг? Густина дерева $\rho = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, густина води $\rho_{\text{води}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

6 Шматок льоду масою $1,9 \text{ кг}$ плаває в циліндричній банці, наповненій рідиною з густиною $\rho = 0,95 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Площа дна банки $S = 0,4 \text{ м}^2$. На скільки зміниться рівень рідини в банці, коли лід розтане? Густина льоду $\rho_{\text{льоду}} = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

7 В U-подібну трубку залили в одне коліно воду до висоти 20 см , а в друге – олію густиною $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ так, що межа розділу рідин знаходиться в найнижчій точці трубки. Яка висота залитої олії? Густина води 10^3 кг/м^3 .

8 Який тиск створює рідина густиною $\rho = 0,8 \text{ кг/м}^3$ на дно циліндричної посудини площею $0,3 \text{ м}^2$ і об'ємом $1,5 \text{ м}^3$?

9 Визначити густину матеріалу з якого виготовлений куб, що занурюється у воду на $5/6$ свого об'єму.

10 Яка виштовхувальна сила діє на брусок дерева об'ємом 3 дм^3 , який повністю занурений у воду? $\rho_{\text{дерева}} = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{води}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

11* Невелике тіло обтічної форми з густиною $\rho_1 = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ падає в повітрі з висоти $h = 2 \text{ м}$ на поверхню рідини з густиною $\rho_2 = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Визначити глибину занурення h_2 тіла в рідину, час занурення. Опором знехтувати.

12* При підніманні вантажу масою 2 т за допомогою гідравлічного пресу була виконана робота 40 Дж . При цьому малий поршень зробив 10 ходів, переміщуючись за один хід на висоту $h = 10 \text{ см}$. У скільки разів площа великого поршня більша від площі малого поршня?

13* Крига однакової товщини плаває у воді, виступаючи над поверхнею води на 2 см . Яка вага криги, якщо площа її основи 200 см^2 ? Густина льоду $\rho = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

14* Порожниста куля, виготовлена з матеріалу густиною $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$, плаває у воді, занурюючись наполовину. Радіус кулі $R = 0,2 \text{ м}$. Визначити радіус порожнини. Якою повинна бути густина речовини, що заповнює порожнину, щоб куля занурилась у воду повністю?

15* У циліндричне відро діаметром $d_1 = 0,25 \text{ м}$ налита вода, яка займає об'єм 12 літрів . Який тиск води на стінку відра на висоті 10 см від дна?

3.1.19 Рівняння Бернуллі

1 Визначити швидкість руху рідини, що витікає з доверху заповненого бака висотою 0,6 м і діаметром 0,2 м, якщо площа поперечного перерізу крана біля основи бака дорівнює $0,5 \text{ см}^2$.

2 Нерухома труба зігнута під прямим кутом і прикріплена до стіни. По трубі діаметром 3 см тече вода, об'ємна витрата якої становить $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$. Визначити силу тиску води на стінку труби в місці згину, якщо час зміни напрямку руху $t=0,05 \text{ с}$.

3 Визначити потужність фонтану води, якщо його висота 50 м, а середня витрата води $5000 \text{ м}^3/\text{с}$.

4 Яку потужність розвиває горизонтальний потік води перерізом $S=5 \text{ см}^2$ і густиною $\rho=10^3 \text{ кг/м}^3$, якщо при гальмуванні він зменшує свою швидкість з $v_1=5 \text{ м/с}$ до $v_2=2 \text{ м/с}$?

5 Вода тече по трубі, розміщеній в горизонтальній площині. Визначити бічний тиск на заокругленні радіусом 20 м. Діаметр труби 2 м. Через поперечний переріз труби протягом години протікає 300 т води.

6 По горизонтальній трубі тече рідина. Різниця рівнів цієї рідини в трубках Піто дорівнює $\Delta h=5 \text{ см}$. Знайти швидкість течії рідини в трубі.

7 Горизонтальна струмина води з поперечним перерізом 4 см^2 б'є зі швидкістю 5 м/с у вертикальну стінку і вільно стікає по ній вниз. Визначити горизонтальну силу, з якою струмина діє на стінку. Густина води $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$.

8 Гірський потік з перерізом $S=0,5 \text{ м}^2$ утворює водоспад висотою $h=8 \text{ м}$. Швидкість течії води у потоці $v=10 \text{ м/с}$. Визначить потужність водоспаду. Густина води $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$.

9 Знайти швидкість течії газу по трубі при витраті $0,5 \text{ кг}$ за годину. Діаметр труби $d=2 \text{ см}$, густина газу $\rho=0,75 \text{ кг/м}^3$.

10* Площа поршня у шприці 1 см^2 , а площа отвору в голці $0,5 \text{ мм}^2$. Яка швидкість витікання води з шприца, якщо діяти на поршень з силою 8 Н ?

11* Визначити витрату рідини, що витікає з бака висотою $0,8 \text{ м}$ і діаметром $0,5 \text{ м}$, якщо площа поперечного перерізу крана в основі бака дорівнює $0,4 \text{ см}^2$. Бак заповнений доверху і рівень рідини в ньому підтримується постійним.

12* Струмина води вдаряє в нерухому площину під кутом 60° . Швидкість струмини 20 м/с , а площа поперечного перерізу – 5 см^2 . Визначити силу тиску струмини на площину. Густина води $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$.

13* В дні циліндричної посудини діаметром $d_1=0,5 \text{ м}$ є круглий отвір діаметром $d_2=1 \text{ см}$. Знайти залежність швидкості пониження рівня води в посудині від висоти цього рівня. Знайти значення цієї швидкості для висоти $0,15 \text{ м}$.

14* На водопровідному крані за допомогою гумової труби закріплена скляна труба довжиною 1 м і внутрішнім перерізом $0,3 \text{ см}^2$, зігнута вниз під прямим кутом. Обчислити, на який кут відхиляється скляна трубка, якщо вода витікає з неї зі швидкістю 2 м/с ? Маса скляної трубки $0,8 \text{ Н}$.

15* Біля основи будинку тиск становить $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. На четвертому поверсі на висоті 9 м витрата води з крана площею $S=2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ становить $q=6 \text{ л/хв}$. Визначити площу поперечного перерізу трубопроводу. Густина води $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$.

3.1.20 В'язкість. Формула Пуазейля. Ламінарний і турбулентний режими

1 Вода тече по трубі. За одиницю часу протікає об'єм $V=200 \text{ см}^3/\text{с}$. Коефіцієнт динамічної в'язкості води $\mu=0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$. При якому діаметрі труби рух буде ламінарним?

2 Коркова кулька радіусом $r=5 \text{ мм}$ спливає в посудині, заповненій машинним маслом. Визначити динамічну в'язкість масла, якщо швидкість спливання кульки $v=5 \text{ см/с}$, $\rho_{\text{масла}}=800 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{корка}}=200 \text{ кг/м}^3$.

3 Визначити середню швидкість руху нафти в трубопроводі діаметром 600 мм і довжиною 2 км , якщо різниця тисків на кінцях трубопроводу (втрата напору) $\Delta p=0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Густина нафти $\rho=0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu=8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

4 З резервуару нафта витікає по горизонтальному трубопроводу діаметром 250 мм і довжиною 1 км . Визначити необхідний рівень нафти в резервуарі, якщо густина нафти $\rho=900 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu=9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$, витрата нафти $Q=180 \text{ м}^3/\text{год}$.

5 По трубопроводу діаметром 100 мм рухається нафта з коефіцієнтом кінематичної в'язкості $\nu=0,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Визначити режим руху (ламінальний чи турбулентний) при швидкості 0,5 м/с.

6 Нафта з коефіцієнтом кінематичної в'язкості $\nu=0,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ рухається по трубопроводу. Який мінімальний діаметр трубопроводу при якому нафта буде рухатись з швидкістю 2 м/с?

7 З якою швидкістю буде рухатись нафта по трубопроводу діаметром 150 мм при турбулентному режимі, для якого $Re=5000$, якщо коефіцієнт кінематичної в'язкості рівний $\nu=8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Густина нафти $\rho=900 \text{ кг/м}^3$.

8 Стальна кулька радіусом $r=0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ падає з сталою швидкістю в гліцерині. Визначити силу внутрішнього тертя, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості гліцерину $\mu=1,47 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

9 За який час осядуть частинки глини діаметром 0,1 мм в посудині з водою? Висота рівня води $h=20 \text{ см}$, коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu=0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

10 Визначити об'єм води, який проходить через капіляр діаметром 1 мм і довжиною 10 см, якщо перепад тисків на кінцях капіляра $\Delta p=2000 \text{ Па}$. Коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu=0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$, час протікання $t=20 \text{ с}$.

11* Який режим руху води при температурі 15 °С в круглій напірній трубі діаметром 250 мм, якщо її витрата $12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Коефіцієнт динамічної в'язкості при 15 °С $\mu=0,0009 \text{ кг/м}\cdot\text{с}$. Як зміниться режим руху при підвищенні температури?

12* Визначити режим руху нафти в трубопроводі діаметром 600 мм і довжиною 3 км, якщо перепад тисків на кінцях трубопроводу становить $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти $\nu=8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, густина нафти $\rho=800 \text{ кг/м}^3$.

13* В бічну поверхню посудини вставлений горизонтальний капіляр діаметром 2 мм і довжиною 2 см. В посудину налитий гліцерин, коефіцієнт динамічної в'язкості якого $\mu=1,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Рівень гліцерину в посудині на $h=0,2 \text{ м}$ вищий від рівня капіляра. Яка швидкість витікання гліцерину?

14* Касторове масло витікає з бака через горизонтальний капіляр діаметром $d=2 \text{ см}$ і довжиною 5 см. Висота масла в баку

15 см. Яка кількість масла витече за 5 с, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості масла $\mu=1,2 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а густина масла $0,9\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$?

15* Якої найбільшої швидкості може досягнути дощова крапля діаметром 5 мм, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості повітря $\mu=1,2\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$?

3.1.21 Гармонічні коливання

1 Рівняння коливань пружинного маятника $y = 0,05 \sin 3\pi t$, де y – в метрах, t – в секундах. Визначити період і циклічну частоту його коливань.

2 Рівняння коливань математичного маятника $x = 0,1 \sin 2\pi t$, де x – в метрах, t – в секундах.. Визначити довжину математичного маятника.

3 Рівняння коливань пружинного маятника $y = 2\cdot 10^{-3} \sin 0,5 \pi t$, де y – в метрах, t – в секундах, Маса вантажу $m = 0,5 \text{ кг}$. Визначити коефіцієнт пружності пружини.

4 Математичний маятник довжиною 15 см приведено в коливальний рух з положення рівноваги поштовхом силою 0,01 Н. Маса маятника $m = 2\cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Визначити амплітуду коливань.

5 До пружини підвішений вантаж $m = 0,2 \text{ кг}$. Рівняння коливань $y = 0,02 \sin 1,5\pi t$, де y – в метрах, t – в секундах.. Визначити коефіцієнт її пружності.

6 Математичний маятник довжиною 20 см приведено в коливальний рух. Визначити період і циклічну частоту його коливань.

7 Рівняння коливань пружинного маятника $y = 2\cdot 10^{-3} \sin 0,5\pi t$, де y – в метрах, t – в секундах. Яка швидкість руху вантажу через $t = 1/8T$?

8 Математичний маятник довжиною 0,2 м коливається з амплітудою 0,05 м. Записати рівняння коливань маятника з початковою фазою $\varphi_0=0$.

9 Визначити відстань між центром мас і точкою підвісу фізичного маятника. Момент інерції відносно точки підвісу $I = 0,05 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, маса маятника $m = 0,4 \text{ кг}$, період коливань 2 с.

10 Математичний маятник коливається за законом $x = 0,05 \sin 2\pi t$, де x – в метрах, t – в секундах.. Визначити прискорення при найбільшому відхиленні.

11* До вантажу масою 2 кг, підвішеного на пружині, приклали силу 10 Н і відпустили. Він почав коливатись з амплітудою 5 см. Яка повинна бути довжина математичного маятника, що має такий самий період коливань?

12* Амплітуда тіла, що коливається, дорівнює 10 см, період коливань 0,2 с. В початковий момент часу зміщення дорівнює амплітуді. Визначити прискорення тіла через половину періоду.

13* Коливне тіло має амплітуду 3 см, масу 20 г, період коливань 0,2 с. В початковий момент зміщення тіла дорівнює нулю. Визначити швидкість тіла через 0,025 с.

14* Під дією сили 2 Н вантаж масою 1 кг, підвішений на пружині, змістився на 5 см відносно положення рівноваги. Визначити швидкість вантажу через половину періоду, після того, як його відпустили.

15* Початкова фаза гармонічного коливання матеріальної точки $\varphi_0=0$. При зміщенні точки відносно положення рівноваги на $x_1=2,4$ см швидкість точки $v_1=5$ см/с, а при зміщенні на $x_2=3$ см – $v_2=4$ см/с. Знайти амплітуду A та період цих коливань.

3.1.22 Енергія коливань

1 До пружини підвішено вантаж масою $m=0,2$ кг. Визначити циклічну частоту коливань, якщо максимальна енергія пружинного маятника дорівнює 1 Дж, а амплітуда коливань 0,05 м.

2 Максимальна кінетична енергія пружинного маятника дорівнює 0,5 Дж, амплітуда коливань $A=0,02$ м. Визначити коефіцієнт жорсткості пружини.

3 Чому дорівнює максимальна кінетична енергія вантажу на пружині жорсткістю 10^3 Н/м? Амплітуда коливань $A=0,01$ м.

4 Тіло здійснює гармонічні коливання з частотою 100 Гц. Маса тіла $m=20$ г, амплітуда коливань $A=5$ см. Визначити кінетичну енергію тіла при проходженні положення рівноваги.

5 Визначити потенціальну енергію тіла масою $m=50$ г в момент часу, коли зміщення дорівнює половині амплітуди. Частота коливань $\nu=50$ Гц, амплітуда $A=5$ см.

6 Визначити потенціальну енергію тіла масою $m=20$ г, що коливається з періодом $T=0,02$ с в момент часу, коли зміщення дорівнює $x=0,02$ м.

7 Матеріальна точка масою 5 г здійснює гармонічне коливання з частотою 0,5 Гц. Амплітуда коливань 0,03 м. Визначити повну енергію коливної точки.

8 Визначити потенціальну енергію математичного маятника довжиною 0,1 м і масою $m=20$ г при зміщенні $x=0,05$ м.

9 Визначити потенціальну енергію математичного маятника довжиною 0,1 м і масою $m=10$ г при зміщенні $x=0,02$ м.

10 Визначити амплітуду коливань математичного маятника, якщо максимальна кінетична енергія його дорівнює $W_{max}=0,5$ Дж, довжина маятника $l=0,2$ м, а маса $m=20$ г.

11* Частота коливань тіла 20 Гц. В які моменти часу потенціальна енергія коливань в чотири рази менша від кінетичної? Коливання вважати синусоїдальними. Початкову фазу прийняти рівною $\pi/4$.

12* Записати рівняння гармонічного коливання при умові, що кінетична енергія коливань тіла в момент часу 0,0125 с в чотири рази більша від потенціальної енергії. Період коливань рівний 0,05 с, амплітуда коливань 0,2 м.

13* Рівняння гармонічного коливання тіла масою $m=0,2$ кг має вигляд $x=0,1 \sin(20\pi t + \pi/4)$. За який час кінетична енергія тіла зменшиться від 0,2 до 0,1 Дж.

14* Тіло здійснює коливання під дією сили $F=5 \cdot \cos 2\pi t$, де t – в секундах, F – в ньютонах. Амплітуда коливань $A=0,2$ м. Визначити потенціальну енергію тіла через $t=1/8$ с.

15* Коливне тіло має амплітуду 2 см, масу $m=20$ г, період коливань 0,1 с. В початковий момент часу зміщення тіла дорівнює 0. Визначити кінетичну, потенціальну і повну енергію тіла через половину періоду.

3.1.23 Додавання коливань

1 Точка бере участь у двох взаємно-перпендикулярних коливаннях однакової частоти і з однаковими початковими фазами. Амплітуди коливань $A_1=0,021$ м, $A_2=0,020$ м. Визначити амплітуду результуючого коливання.

2 Додаються два гармонічних коливання одного напрямку і періоду з амплітудами 6 см і 9 см і початковими фазами $\varphi_1=\pi/8$ рад і

$\varphi_2 = \pi/3$ рад. Визначити амплітуду і початкову фазу результуючого коливання.

3 Тіло коливається під дією горизонтальної і вертикальної пружин. Коефіцієнт пружності пружин однаковий. Горизонтальне і вертикальне коливання знаходяться в протилежних фазах. Визначити амплітуду результуючого коливання, якщо амплітуди горизонтального і вертикального коливання відповідно рівні $A_1 = 2$ см, $A_2 = 4$ см.

4 При додаванні двох однаково напрямлених гармонічних коливань однакового періоду утворюється результуюче коливання з амплітудою 15 см. Різниця фаз коливань $\Delta \varphi = \pi/6$ рад. Визначити амплітуду кожного з доданих коливань, якщо вони рівні.

5 Два гармонічних коливання одного напрямку мають однакову циклічну частоту $\omega = 4\pi$ рад/с. Початкові фази коливань і амплітуди дорівнюють відповідно $\varphi_1 = \pi/8$ рад, $\varphi_2 = \pi/3$ рад, $A_1 = 0,04$ м, $A_2 = 0,03$ м. Визначити початкову фазу результуючого коливання.

6 Два гармонічних коливання однакового напрямку мають однакову частоту $\omega = 4\pi$ рад/с. Початкові фази коливань і амплітуди дорівнюють відповідно $\varphi_1 = 0$ рад, $\varphi_2 = \pi/3$ рад, $A_1 = 0,02$ м, $A_2 = 0,03$ м. Записати рівняння результуючого коливання.

7 При додаванні двох однаково напрямлених гармонічних коливань $x_1 = 0,03 \sin 4\pi t$; $x_2 = 0,02 \sin(4\pi t + \pi/6)$ отримали гармонічне коливання такої ж частоти. Записати рівняння результуючого коливання.

8 Додаються два гармонічних коливання однакового напрямку поширення $x_1 = 0,05 \sin(2\pi t + \pi/2)$, $x_2 = 0,05 \sin(2\pi t + \pi/3)$, де x_1, x_2 – в метрах, t – в секундах. Визначити амплітуду і початкову фазу результуючого коливання.

9 При додаванні двох однаково напрямлених коливань отримали результуюче коливання, що записується рівнянням $x = 0,18 \sin(5\pi t + \pi/6)$. Початкова фаза першого коливання дорівнює 0. Визначити початкову фазу другого коливання.

10 Рівняння результуючого коливання має вигляд: $x = 0,14 \sin(4\pi t + \pi/6)$, де x – в метрах, t – в секундах. Додаються два однаково напрямлених коливання однакової частоти і однакової амплітуди. Визначити амплітуди цих коливань.

11* Записати рівняння коливань (биття) при додаванні двох гармонічних коливань однакового напрямку $x_1=2\sin 100t$, $x_2=2\sin 102t$.

12* Два математичних маятника однакової довжини $l_1=l_2=0,2$ м підвішені до горизонтальної нитки і коливаються в протифазі. Початкове відхилення першого маятника 2 см, а другого – 3 см. Записати рівняння руху третього маятника, закріпленого на тій самій нитці.

13* Тіло закріплено на двох парах пружин – вертикальній і горизонтальній. Коефіцієнт жорсткості пружин однаковий ($k_1=k_2=0,5$ Н/м). Амплітуди коливань однакові $A_1=A_2=2$ см. Різниця фаз вертикальних і горизонтальних коливань $\varphi=\pi/4$. Записати рівняння результуючого коливання.

14* Кулька бере участь одночасно у двох гармонічних коливаннях, які відбуваються у взаємно-перпендикулярних

напрямах і описуються рівняннями
$$\begin{cases} x = 2 \cos \pi t, \\ y = 2 \cos \frac{\pi}{2} t. \end{cases}$$
 Записати рівняння траєкторії кульки.

15* Записати рівняння результуючого коливання, що отримується в результаті додавання двох взаємно

перпендикулярних коливань:
$$\begin{cases} x = 0,2 \sin 20\pi t, \\ y = 0,05 \sin \left(20\pi t + \frac{\pi}{6} \right). \end{cases}$$

3.1.24 Затухаючі і вимушені коливання

1 Початкова амплітуда ($A_0=6$ см) затухаючого коливання матеріальної точки зменшилась до 1,2 см за 4 секунди. Період коливання 2 секунди. Визначити логарифмічний декремент затухання.

2 Логарифмічний декремент затухання коливань математичного маятника дорівнює 0,04. У скільки разів зменшиться амплітуда коливань за одне повне коливання?

3 Початкова амплітуда затухаючого коливання за 10 секунд зменшується з 3 см до 0,8 см. Визначити коефіцієнт затухання. Період коливання $T=2$ с.

4 Визначити логарифмічний декремент затухання коливного тіла, якщо коефіцієнт затухання дорівнює $0,2 \text{ с}^{-1}$, а період коливання $T=0,5 \text{ с}$.

5 У скільки разів зменшиться амплітуда затухаючого коливання через 2 коливання, якщо логарифмічний декремент затухання дорівнює $0,04$?

6 У скільки разів зменшиться амплітуда затухаючого коливання за один період ($T=2 \text{ с}$) якщо коефіцієнт затухання $\beta=0,05 \text{ с}^{-1}$.

7 Рівняння затухаючих коливань має вигляд $x=2 \cdot e^{-0,02t} \cdot \sin 20\pi t$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити початкову амплітуду та коефіцієнт затухання.

8 Рівняння затухаючих коливань має вигляд $y=2 \cdot e^{-0,1t} \cdot \sin 10\pi t$, де y – в метрах, t – в секундах. Визначити логарифмічний декремент затухання.

9 Рівняння затухаючих коливань має вигляд $x=3 \cdot e^{-0,05t} \cdot \sin 10\pi t$, де x – в метрах, t – в секундах. У скільки разів зменшиться амплітуда коливання за один період?

10 Пружинний маятник знаходиться під дією зовнішньої періодичної сили. Рівняння вимушених коливань $y=0,02 \cdot \sin 400t$, де y – в метрах, t – в секундах. Визначити резонансну частоту коливань і жорсткість пружини при масі $m=0,2 \text{ кг}$. Вважати, що коефіцієнт затухання малий.

11* Визначити коефіцієнт пружності ресор вагона, маса якого рівна $6 \cdot 10^5 \text{ кг}$, якщо при швидкості 15 м/с вагон починає сильно розгойдуватись внаслідок поштовхів на стиках. Довжина рейки $12,8 \text{ м}$. Вагон має чотири ресори.

12* Амплітуда затухаючих коливань маятника за одну хвилину зменшилася вдвічі. За який час вона зменшиться в e разів?

13* Початкова амплітуда коливань маятника 25 см . Через 10 повних коливань вона стала рівною 1 см . Період коливань $T=2 \text{ с}$. Записати рівняння затухаючих коливань.

14* Пружинний маятник коливається де x – в метрах, t – в секундах де x – в метрах, t – в секундах під дією зовнішньої періодичної сили $F=0,05 \sin \omega t$. Маса підвішеного вантажу $m=0,2 \text{ кг}$, коефіцієнт опору $r=0,02 \text{ кг/с}$, коефіцієнт жорсткості $k=1200 \text{ Н/м}$. Визначити резонансну частоту коливань і найбільшу амплітуду коливань.

15* Довжина математичного маятника $l=0,2$ м, маса $m=0,01$ кг, коефіцієнт опору $r=0,02$ кг/с, початковий кут відхилення $\alpha_0=1^\circ$. Визначити коефіцієнт затухання, логарифмічний декремент затухання та записати рівняння затухаючих коливань для кута відхилення $\alpha(t)$.

3.1.25 Механічні хвилі

1 Визначити довжину звукової хвилі в повітрі, якщо швидкість поширення хвилі $v=340$ м/с, а частота $\nu=400$ Гц.

2 Рівняння механічної хвилі має вигляд $y=0,04\sin\left(5\frac{\pi}{t}-\frac{\pi}{4}x\right)$, де x, y – в метрах, t – в секундах. Визначити довжину хвилі.

3 Рівняння механічної хвилі має вигляд $y=0,05\sin\left(5\frac{\pi}{t}-\frac{\pi}{3}x\right)$, де x, y – в метрах, t – в секундах. Визначити швидкість хвилі.

4 Рівняння хвилі має вигляд $y=0,04\sin\left(5\frac{\pi}{t}-\pi x\right)$, де x, y – в метрах, t – в секундах. Визначити зміщення y через 12 секунд після початку руху на відстані 0,5 м.

5 Рівняння хвилі має вигляд $y=0,05\sin\left(5\frac{\pi}{t}-\frac{\pi}{4}x\right)$, де x, y – в метрах, t – в секундах. Через який проміжок часу зміщення y на відстані 4 м від джерела буде дорівнювати нулю?

6 Обчислити швидкість звуку у повітрі при температурі -30°C і $+30^\circ\text{C}$ ($\mu=29$ г/моль).

7 Швидкість звуку у воді 1450 м/с. Визначити коефіцієнт стисливості води.

8 Знайти швидкість поширення поздовжніх хвиль в сталі. Модуль Юнга для сталі $E=2,16\cdot 10^{11}$ Па, густина $\rho_{ст}=7,7\cdot 10^3$ кг/м³.

9 Потяг проходить повз спостерігача зі швидкістю 25 м/с. Сигнальний гудок паровоза має частоту 400 Гц. Яку частоту сприймає спостерігач, що стоїть на платформі, коли потяг наближається і коли віддаляється від нього?

10* Дві хвилі однакової частоти при інтерференції дають підсилення. Рівняння хвиль в цій точці має вигляд:

$$\begin{cases} y_1 = 0,2 \sin(\omega t - k \cdot 200) , \\ y_2 = 0,2 \sin(\omega t - k \cdot (-200)) . \end{cases}$$

Порядок інтерференції дорівнює одиниці. Визначити довжину хвилі.

11* Поперечна хвиля поширюється вздовж шнура з швидкістю $v=15$ м/с. Період коливань точок шнура $T=1,2$ с. Визначити різницю фаз $\Delta\varphi$ коливань двох точок, що лежать на промені з координатами $x_1=20$ м і $x_2=25$ м.

12* Визначити швидкість v поширення хвиль в пружному середовищі, якщо різниця фаз $\Delta\varphi$ коливань двох точок, що знаходяться на відстані 20 см, дорівнює 30° . Частота коливань 25 Гц.

13* Точка знаходиться на відстані 5 см від джерела і в момент часу $t = \frac{T}{6}$ її зміщення дорівнює половині амплітуди. Визначити довжину хвилі.

14* Рівняння незатухаючих коливань джерела має вигляд $x=0,05\sin 600\pi t$, де x – в метрах, t – в секундах. Визначити зміщення точки, що знаходиться на відстані 0,75 см від джерела коливань через 0,01 с після початку коливань. Швидкість поширення коливань $v=300$ м/с.

15* При інтерференції двох хвиль спостерігається підсилення першого порядку. Рівняння хвиль у точці спостереження інтерференції

$$\begin{cases} y_1 = 0,2 \sin(4\pi t - k \cdot 20) , \\ y_2 = 0,2 \sin(4\pi t - k \cdot 24) . \end{cases}$$

Визначити хвильове число і швидкість поширення коливань.

3.1.26 Спеціальна теорія відносності

1 При якій швидкості руху релятивістське скорочення довжини тіла становить 30 %.

2 Визначити кінетичну енергію електрона, що рухається з швидкістю $2 \cdot 10^8$ м/с.

3 Електрон рухається зі швидкістю, рівною 0,8 швидкості світла. Визначити масу рухомого електрона.

4 Визначити швидкість протона, якщо його маса при русі дорівнює трьом масам спокою.

5 Протон рухається з швидкістю, рівною 0,8 швидкості світла. Назустріч йому рухається електрон зі швидкістю, рівною 0,9 швидкості світла. Яка відносна швидкість частинок?

6 Рухаючись з швидкістю $8 \cdot 10^7$ м/с, радіоактивне ядро викинуло β -частинку в напрямі свого руху зі швидкістю $2,2 \cdot 10^8$ м/с. Визначити швидкість β -частинки.

7 Ракета рухається відносно нерухомого спостерігача на Землі з швидкістю $v=0,99 \cdot c$. Як зміняться розміри ракети для нерухомого спостерігача?

8 Ракета рухається зі швидкістю $v=0,99 \cdot c$ відносно Землі. Який час пройде за годинником спостерігача на Землі, якщо в ракеті пройшов 1 рік?

9 Яку довжину має метровий стержень, що рухається відносно спостерігача з швидкістю $v=0,6 \cdot c$?

10 Визначити імпульс протона, маса якого дорівнює масі спокою ізотопу ${}^4_2\text{He}$.

11 Яку енергію має 1 г піску?

12* Електрон пройшов прискорюючу різницю потенціалів $U=10^6$ В. Визначити швидкість електрона. Маса спокою електрона дорівнює $m_0=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

13* У скільки разів зміниться маса електрона порівняно з його масою спокою, якщо він набув кінетичної енергії, рівної 1,02 МеВ?

14* Частинка рухається з швидкістю $0,7 \cdot c$. Знайти відношення кінетичної енергії частинки до її енергії спокою.

15* Маса рухомого протона дорівнює трьом масам спокою. Визначити кінетичну і повну енергію частинки.

16* Сонце випромінює за секунду енергію $E=4 \cdot 10^{20}$ Дж. Вважаючи випромінювання постійним, знайти, за який час маса Сонця зменшиться на 0,2 його початкової маси.

3.2 Молекулярна фізика і термодинаміка

3.2.1 Ідеальні гази

1 Визначити масу m сірчаного газу (SO_2), що займає об'єм $V=0,020 \text{ м}^3$ при температурі $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $P=100 \text{ кПа}$.

2 Визначити густину водяної пари при температурі $t=15 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $P=97,3 \text{ кПа}$.

3 В посудині створено вакуум при тиску $P=1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Па}$. Температура повітря $t=15 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити масу повітря в об'ємі $V=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Молярна маса повітря $\mu=0,029 \text{ кг/моль}$.

4 Визначити масу m повітря, що заповнює аудиторію висотою $h=5 \text{ м}$, і площею підлоги $S=200 \text{ м}^2$. Тиск повітря $P=100 \text{ кПа}$, температура в приміщенні $t=17 \text{ }^\circ\text{C}$. Молярна маса повітря $\mu=0,029 \text{ кг/моль}$.

5 Деякий газ при температурі $t=10 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $P=200 \text{ кПа}$ має густину $\rho=0,34 \text{ кг/м}^3$. Визначити молярну масу μ газу.

6 10 г азоту в закритій посудині об'ємом $0,004 \text{ м}^3$ при температурі 20°C нагрівається до температури $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти тиск до і після нагрівання. Молярна маса азоту $\mu=28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

7 Скільки молекул знаходиться в 1 м^3 посудини при температурі 283 К , якщо посудина відкачана до тиску $133 \cdot 10^{-14} \text{ Па}$.

8 Визначити кількість атомів, які містяться у краплі ртуті масою $m=10^{-3} \text{ кг}$. Молекулярна маса ртуті $\mu=200 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

9 У скільки разів густина ρ_1 повітря, що заповнює приміщення взимку ($T_1=280 \text{ К}$) більша за його густину ρ_2 влітку ($T_2=310 \text{ К}$)? Тиск вважати постійним.

10 Визначити об'єм газу в циліндрі під поршнем після ізотермічної зміни тиску з $P_1=1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ до $P_2=1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Початковий об'єм $V_1=0,5 \text{ м}^3$.

11* В балоні знаходиться маса $m_1=10 \text{ кг}$ газу при тиску $P_1=10 \text{ МПа}$. Яку масу газу Δm взяли з балона, якщо тиск став рівним $P_2=2,5 \text{ МПа}$? Температуру газу вважати сталою.

12* Яка кількість молекул знаходиться в кімнаті об'ємом 160 м^3 при температурі 17°C і тиску 750 мм.рт.ст. ?

13* Скільки накачувань треба зробити, щоб за допомогою насоса, який захоплює 20 см^3 повітря, заповнити порожню камеру

шини велосипеда настільки, щоб при навантаженні на колесо 300 Н його площа дотику з дорогою була 40 см²? Об'єм камери 1500 см³.

14* 10 г газу займають об'єм $3 \cdot 10^{-3}$ м³ при температурі $T=280$ К. Після нагрівання при постійному тиску його густина стала 0,6 кг/м³. До якої температури нагріли газ?

15* Знайти молярну масу газу, вважаючи, що він складається з однієї частини кисню і чотирьох частин азоту ($m_1: m_2=1:4$).

3.2.2 Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів

1 Яка кількість молекул знаходиться в кімнаті об'ємом 160 м³ при температурі 290 К і тиску $9,5 \cdot 10^4$ Па?

2 Чому дорівнює енергія теплового руху одноатомного газу масою $m=20$ г при температурі 300 К? Молярна маса газу $\mu=2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

3 Визначити середньоквадратичну швидкість молекул газу, що знаходиться під тиском $P=1,5 \cdot 10^5$ Па. Густина газу 1,2 кг/м³.

4 Під яким тиском знаходиться 16 г ідеального одноатомного газу в об'ємі 2 літри, якщо середньоквадратична швидкість молекул $u_{кв}=600$ м/с?

5 Визначити середню енергію одноатомної молекули, якщо при концентрації $n=2 \cdot 10^{25}$ м⁻³ тиск становить $P=10^5$ Па.

6 Знайти імпульс молекули кисню при 27 °С. Молярна маса кисню $\mu=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. За швидкість молекули прийняти середню квадратичну швидкість.

7 Визначити кінетичну енергію поступального руху молекули водяної пари при температурі 400 К.

8 В балоні знаходиться азот під тиском $P=4,9 \cdot 10^6$ Па при температурі 290 К. Обчислити густину газу і концентрацію молекул.

9 Порівняти середньоквадратичну швидкість молекул водню при 27 °С і -173 °С.

10 У скільки разів збільшиться середня енергія молекули при збільшенні тиску в 2 рази при однаковій концентрації?

11* Балон містить 0,5 кг метану (CH_4) при температурі 27 °С. Визначити кінетичну енергію поступального руху молекул.

12* Суміш 4 г азоту і 10 г гелію при температурі 17 °С займає об'єм 20 л. Визначити тиск суміші.

13* Знайти середню кінетичну енергію поступального руху всіх молекул гелію, що містяться в балоні об'ємом $V=2 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$, якщо його тиск становить 10^5 Па . Газ вважати ідеальним.

14* У скільки разів середньоквадратична швидкість молекули кисню більша за середньоквадратичну швидкість порошинки масою $m=10^{-11} \text{ кг}$, що знаходиться серед молекул кисню?

15* При якій температурі T енергія теплового руху атомів гелію буде достатня для того, щоб атоми гелію подолали земне тяжіння і назавжди покинули земну атмосферу?

16* Енергія поступального руху молекул кисню, що знаходиться в балоні об'ємом $V=10 \text{ л}$, $W=3 \text{ кДж}$, а середньоквадратична швидкість його молекул $v_{\text{кв}}=2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$. Знайти масу кисню в балоні і тиск, під яким він знаходиться.

3.2.3 Розподіл Максвела. Барометрична формула

1 Визначити середню арифметичну швидкість молекули водню при температурі 314 К .

2 Обчислити найімовірнішу швидкість молекули азоту при температурі 280 К .

3 Обчислити середню квадратичну швидкість молекули кисню при температурі 320 К .

4 Знайти тиск повітря на висоті $h=3000 \text{ м}$ над рівнем моря, якщо тиск на рівні моря становить $P_0=1,02 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Молярна маса повітря $\mu=29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$. Температура стала і рівна $T=280 \text{ К}$.

5 Яка концентрація молекул повітря на висоті $h=8300 \text{ м}$, якщо концентрація на поверхні Землі $n_0=2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$? Температура стала і дорівнює $T=300 \text{ К}$.

6 Наскільки зменшиться атмосферний тиск при підйомі над поверхнею Землі на 1000 м ? Температура стала і дорівнює $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

7 Яка частина молекул кисню при $T=300 \text{ К}$ має швидкості, що відрізняються від найбільш імовірної швидкості не більше, як на 2% ?

8 Визначити середню квадратичну і найбільш імовірну швидкості молекул водню при температурі $-73 \text{ }^\circ\text{C}$.

9 Яка частина молекул водню при $t=-50 \text{ }^\circ\text{C}$ має швидкості від 1000 до 1100 м/с ?

10 Визначити густину повітря на висоті 8300 м при температурі 290 К , якщо на поверхні Землі густина повітря $1,2 \text{ кг/м}^3$.

11* Яка частина молекул водню ($\Delta n/n$), що перебувають при температурі 350 К, має швидкості, які відрізняються від найбільш імовірної швидкості на 10 м/с?

12* Яка частина молекул азоту при температурі 300 К має швидкості від 200 до 205 м/с?

13* Яка частина молекул кисню при температурі 320 К має швидкості в інтервалі від найбільш імовірної до середньої квадратичної?

14* При якій температурі T середня квадратична швидкість молекул водню більша від найбільш імовірної швидкості на $\Delta v=40$ м/с?

15* На якій висоті густина повітря у 3 рази менша від його густини на рівні моря? Температуру вважати сталою і рівною 17 °С. Молярна маса повітря рівна $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

3.2.4 Середня довжина вільного пробігу молекул

1 Визначити кількість всіх зіткнень між молекулами, які відбудуться за 1 секунду в 1 м³ азоту при температурі $t=27$ °С і тиску $P=10^{-5}$ Па.

2 Визначити довжину вільного пробігу молекул кисню при нормальних умовах. Діаметр молекули $d=3 \cdot 10^{-10}$ м.

3 Середня довжина вільного пробігу молекул гелію ($d=2 \cdot 10^{-10}$ м) при температурі $T=290$ К дорівнює $6,5 \cdot 10^{-6}$ м. Визначити тиск газу.

4 Визначити середню довжину вільного пробігу молекул повітря при температурі 27°С і тиску $P=0,95 \cdot 10^5$ Па. Ефективний діаметр молекул повітря вважати рівним $d=3 \cdot 10^{-10}$ м.

5 При якому тиску середня довжина вільного пробігу молекул водню при температурі 300 К дорівнює 6 м? Ефективний діаметр молекули водню $d=0,2$ нм.

6 Визначити кількість зіткнень за 1 секунду молекул азоту при $t=27$ °С і тиску $P=0,5 \cdot 10^5$ Па. Ефективний діаметр молекули азоту $d=3 \cdot 10^{-10}$ м.

7 При якій температурі середня довжина вільного пробігу молекул кисню дорівнює $2,5 \cdot 10^{-2}$ м, якщо тиск дорівнює $2 \cdot 10^{-2}$ Па? Ефективний діаметр молекули кисню $d=3 \cdot 10^{-10}$ м.

8 Визначити середній час між двома послідовними зіткненнями молекули азоту, якщо довжина вільного пробігу дорівнює $\lambda=6\cdot 10^{-7}$ м, а температура дорівнює $T=280$ К.

9 В посудині знаходиться вуглекислий газ, густина якого $\rho=1,7$ кг/м³. Середня довжина вільного пробігу молекул $\lambda=6\cdot 10^{-8}$ м. Визначити ефективний діаметр d молекули вуглекислого газу.

10 Визначити середню кількість зіткнень z за одиницю часу молекули деякого газу, якщо середня довжина вільного пробігу дорівнює $\lambda=6\cdot 10^{-7}$ м, а середня квадратична швидкість дорівнює $u_{\text{кв}}=200$ м/с.

11* Середня довжина вільного пробігу молекул кисню при нормальних умовах дорівнює $6\cdot 10^{-6}$ м. Визначити кількість зіткнень молекули кисню за 1 секунду.

12* В посудині об'ємом 2 м³ міститься 10 г азоту. Визначити середню довжину вільного пробігу, якщо ефективний діаметр молекули азоту $d=3\cdot 10^{-10}$ м.

13* Яка густина повітря, якщо середня довжина вільного пробігу молекул дорівнює $0,3$ м? Ефективний діаметр молекули повітря $d=3\cdot 10^{-10}$ м.

14* Який тиск P треба створити всередині сферичної посудини, щоб молекули не стикались одна з одною, якщо діаметр посудини $D=25$ см? Яка концентрація молекул в посудині, якщо ефективний діаметр молекул $d=2,5\cdot 10^{-10}$ м? Температура рівна $T=273$ К.

15* Знайти середній час τ між двома послідовними зіткненнями молекули гелію при тиску $P=5$ мм.рт.ст. і температурі 17 °С.

3.2.5 Явища переносу

1 Знайти коефіцієнт дифузії гелію при тиску $P=0,9\cdot 10^5$ Па і температурі $T=273$ К. Ефективний діаметр молекул $d=2\cdot 10^{-10}$ м.

2 Визначити довжину вільного пробігу молекул гелію при тиску 10^5 Па і температурі $T=290$ К, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості гелію $\eta=13$ мкПа·с.

3 Визначити середню довжину вільного пробігу молекул газу, якщо при температурі $t=20$ °С коефіцієнт динамічної в'язкості $\eta=15\cdot 10^{-6}$ Па·с. Густина газу дорівнює $1,5$ кг/м³. Молярна маса $\mu=20\cdot 10^{-3}$ кг/моль.

4 Визначити коефіцієнт дифузії D кисню, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості кисню $\eta = 18,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а густина кисню при даній температурі $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$.

5 Коефіцієнт дифузії водню $D = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, коефіцієнт динамічної в'язкості $\eta = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Визначити густину водню.

6 Знайти коефіцієнт теплопровідності K водню, коефіцієнт динамічної в'язкості якого $\eta = 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

7 Визначити коефіцієнт динамічної в'язкості азоту, якщо довжина вільного пробігу дорівнює $\lambda = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, температура $t = 30^\circ\text{C}$, тиск $P = 10^5 \text{ Па}$.

8 Визначити теплопровідність повітря при тиску $P = 9 \cdot 10^4 \text{ Па}$ і температурі $t = 27^\circ\text{C}$. Довжина вільного пробігу молекул дорівнює $\lambda = 9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

9 Яку кількість теплоти втрачає кожної години кімната внаслідок теплопровідності повітря, яке міститься між віконними рамами? Площа кожної рами $S = 4 \text{ м}^2$, відстань між рамами $l = 0,1 \text{ м}$. Температура в кімнаті $T_1 = 291 \text{ К}$, температура навколишнього середовища $T_2 = 253 \text{ К}$. Коефіцієнт теплопровідності повітря $K = 0,01 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

10 При якому тиску P коефіцієнт динамічної в'язкості гелію дорівнює $\eta = 13 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$? Середня довжина вільного пробігу молекул гелію дорівнює $\lambda = 1,84 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ при температурі $t = 0^\circ\text{C}$.

11* В посудині об'ємом 5 л знаходиться $2 \cdot 10^{24}$ молекул двохатомного газу. Коефіцієнт теплопровідності газу $K = 14 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Визначити коефіцієнт дифузії D газу.

12* Коефіцієнт динамічної в'язкості кисню при температурі $T = 290 \text{ К}$ і тиску $P = 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $\eta = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$. Визначити коефіцієнт дифузії і довжину вільного пробігу молекул за цих умов.

13* Визначити коефіцієнт динамічної в'язкості азоту при температурі $T = 300 \text{ К}$ і тиску 740 мм.рт.ст. , якщо коефіцієнт дифузії для нього $D = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Визначити довжину вільного пробігу молекул.

14* Визначити коефіцієнт дифузії D і коефіцієнт динамічної в'язкості повітря при тиску $P = 101,3 \text{ кПа}$ і температурі $t = 10^\circ\text{C}$. Ефективний діаметр молекул повітря $d = 0,3 \text{ нм}$.

15* Коефіцієнти дифузії і динамічної в'язкості водню дорівнюють $D=1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ і $\eta=9 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Визначити кількість молекул водню в одиниці об'єму.

16* Знайти кількість азоту, що проходить внаслідок дифузії крізь площу $S=10^{-2} \text{ м}^2$ за час $t=5 \text{ с}$, якщо градієнт густини $\frac{d\rho}{dx}=1,25 \text{ кг/м}^4$. Густина газу $\rho=11,6 \text{ кг/м}^3$, а температура $T=307 \text{ К}$. Ефективний діаметр молекул азоту $d=0,3 \text{ нм}$.

17* Літак рухається з швидкістю $v=150 \text{ м/с}$. Вважаючи, що товщина шару повітря h , який захоплюється крилом літака, дорівнює $l=5 \text{ см}$, знайти дотичну силу F , що діє на кожний квадратний метр крила. Температура повітря $T=237 \text{ К}$, густина $\rho=0,5 \text{ кг/м}^3$, молярна маса $\mu=0,0029 \text{ кг/моль}$, ефективний діаметр молекули $d=0,3 \text{ нм}$.

3.2.6 Внутрішня енергія газу

1 Деякий ідеальний трьохатомний газ масою 50 г має внутрішню енергію 3000 Дж . Визначити найбільш ймовірну швидкість молекул газу.

2 Обчислити внутрішню енергію кисню при температурі $T=973 \text{ К}$. Маса кисню $16 \cdot 10^6 \text{ кг}$.

3 Балон з киснем ($m=8 \text{ кг}$) при тиску $p_1=9,8 \cdot 10^6 \text{ Па}$ нагрівають від температури $T_1=280 \text{ К}$ до температури $T_2=320 \text{ К}$. Яку кількість теплоти поглинає при цьому газ?

4 Водень масою $0,05 \text{ кг}$ нагріли на $\Delta T=50 \text{ К}$ при постійному тиску. Визначити приріс внутрішньої енергії.

5 Визначити внутрішню енергію повітря масою 3 кг при температурі $t=17^\circ\text{С}$. Молярна маса повітря $\mu=0,029 \text{ кг/моль}$.

6 Середня кінетична енергія молекули азоту $E=6,9 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Обчислити внутрішню енергію $0,5 \text{ кг}$ азоту.

7 Внутрішня енергія одноатомного газу змінилась на $\Delta U=489 \text{ Дж}$. Скільки молів газу нагріли на $\Delta T=200 \text{ К}$?

8 В закритій посудині знаходиться 20 г азоту. Визначити зміну внутрішньої енергії газу при охолодженні на $\Delta T=28 \text{ К}$.

9 Два молі вуглекислого газу нагріли на $\Delta T=40$ К. Визначити зміну внутрішньої енергії газу.

10 До якої температури нагріли 0,5 моль кисню, якщо внутрішня енергія збільшилась на 500 Дж? Початкова температура $T_1=280$ К.

11* Ідеальний газ нагрівається ізохорно від тиску $p_1=1,2 \cdot 10^5$ Па до $p_2=2 \cdot 10^6$ Па. Об'єм газу $V=0,5$ м³. Газ вважати одноатомним. Визначити приріст внутрішньої енергії.

12* Кисень об'ємом $2 \cdot 10^{-3}$ м³ перебуває під тиском $p=10^6$ Па. Визначити, яку кількість теплоти треба надати газу, щоб збільшити його тиск у 2 рази в результаті ізохорного процесу?

13* В закритій посудині об'ємом $V=4$ л знаходиться азот, густина якого $\rho=1,4$ кг/м³. Яку кількість теплоти Q треба передати азоту, щоб нагріти його при цих умовах на $\Delta T=100^\circ\text{C}$?

14* Маса $m=42$ г вуглекислого газу була нагріта на $\Delta T=20$ К в умовах вільного розширення. Визначити зміну внутрішньої енергії.

15* В циліндрі під поршнем знаходиться бензинова пара. Яка кількість теплоти була надана бензиновій парі при її нагріванні на $\Delta T=100$ К, якщо виконана робота $A=36$ Дж. Газ вважати трьохатомним.

3.2.7 Теплоємність

1 Визначити питому теплоємність одноатомного газу, якщо відомо, що він нагрівався при постійному об'ємі. Молярна маса газу $\mu=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

2 Визначити молярну теплоємність двоатомного газу при постійному тиску.

3 Обчислити теплоємність двох молів газу при постійному об'ємі, якщо відомо, що газ трьохатомний.

4 Обчислити питому теплоємність кисню при постійному тиску. Молярна маса кисню $\mu=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

5 Чому дорівнює теплоємність 1,4 кг азоту при постійному тиску? Молярна маса азоту $\mu=28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

6 Визначити молярну теплоємність вуглекислого газу при постійному об'ємі. Молярна маса $\mu=44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

7 Визначити теплоємність 3 атомів водню при постійному тиску. Молярна маса водню $\mu=2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

8 Яку кількість теплоти треба витратити для нагрівання 0,5 моля азоту при постійному тиску на 20 К?

9 Яку кількість теплоти треба витратити для нагрівання 0,8 кг кисню при постійному об'ємі на 30 К? Молярна маса кисню $\mu=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

10 Скільки молів повітря нагріли при постійному тиску, якщо на нагрівання на 40 К затрачено 4150 Дж тепла?

11* Визначити теплоємність при сталому тиску двоатомного газу при нормальних умовах в об'ємі 15 літрів.

12* Різниця питомих теплоємностей деякого газу $C_p - C_v = 2,08 \cdot 10^8$ Дж/моль·К. Визначити молярну масу газу.

13* Які питомі теплоємності C_p і C_v суміші газів, що складається з кисню масою $m_1=10$ г і азоту масою $m_2=20$ г?

14* Деякий газ знаходиться при температурі 350 К в балоні ємкістю 100 л під тиском $p=0,2$ МПа. Теплоємність цього газу при сталому об'ємі $C_v=140$ Дж/К. Визначити відношення теплоємностей C_p/C_v .

15* В закритій посудині об'ємом $V=5$ літрів знаходиться азот, густина якого $\rho=1,4$ кг/м³. Яку кількість теплоти треба передати азоту для нагрівання його в цих умовах на $\Delta t=100$ °С.

3.2.8 Перший закон термодинаміки. Теплота і робота

1 200 г азоту нагрівають при постійному тиску від 20 °С до 100°С. Яка кількість теплоти поглинається при цьому і який приріст внутрішньої енергії та величина виконаної ним роботи?

2 3 молі кисню нагрівають при постійному об'ємі з 280 К до 340 К. Визначити величину виконаної роботи, зміну внутрішньої енергії і кількість переданої теплоти.

3 Деякий газ нагріли. При цьому була передана кількість теплоти 600 Дж і виконана робота розширення 220 Дж. Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії?

4 При нагріванні газу була виконана робота $A=150$ Дж, а зміна внутрішньої енергії – $\Delta U=320$ Дж. Визначити кількість переданої теплоти.

5 Метан займає об'єм 10 л і знаходиться під тиском 1,5 МПа. Визначити роботу розширення газу і зміну його внутрішньої енергії при ізобарному нагріванні від 10 °С до 27 °С.

6 При постійному тиску 1 кмоль азоту був нагрітий на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити кількість теплоти, роботу розширення та приріст внутрішньої енергії газу.

7 При стисканні $0,5\text{ кг}$ кисню при постійному тиску була виконана робота $A=600\text{ Дж}$. Як і на скільки градусів зміниться температура газу?

8 При ізобарному нагріванні аргон виконав роботу $A=12\text{ Дж}$. Яку кількість теплоти було надано газу?

9 В циліндрі під поршнем знаходиться азот масою $m=20\text{ г}$. Газ був нагрітий від температури $T_1=300\text{ К}$ до температури $T_2=300\text{ К}$ ізобарно. Визначити теплоту, передану газу, зміну внутрішньої енергії.

10 21 г азоту перебуває в закритій посудині об'ємом 3 л при температурі 290 К . Визначити кількість переданої теплоти і зміну внутрішньої енергії газу при нагріванні до 320 К .

11* Кисень масою $m=2\text{ кг}$ займає об'єм $V_1=1\text{ м}^3$ і знаходиться під тиском $p_1=0,2\text{ МПа}$. Газ нагріли спочатку при постійному тиску до об'єму $V_2=3\text{ м}^3$, а потім при постійному об'ємі до тиску $p_3=0,5\text{ МПа}$. Визначити зміну внутрішньої енергії ΔU , виконану ним роботу і теплоту Q , передану газу.

12* Балон об'ємом 20 л містить кисень при температурі $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ під тиском $3,6\cdot 10^5\text{ Па}$. Які будуть температура і тиск, якщо газу передати 6 Дж теплоти?

13* Кисень при постійному тиску $p=60\text{ кПа}$ нагрівається від об'єму $V_1=1\text{ м}^3$ до об'єму $V_2=3\text{ м}^3$. Визначити зміну внутрішньої енергії кисню ΔU , роботу A , виконану киснем при розширенні, а також теплоту Q , передану газу.

14* В циліндрі під поршнем знаходиться азот, який має масу $m=0,6\text{ кг}$ і об'єм $1,2\text{ м}^3$ при температурі $T=560\text{ К}$. Визначити роботу, передану кількість теплоти і зміну внутрішньої енергії при ізобарному нагріванні до об'єму $V_2=4,2\text{ м}^3$.

15* Водень займає об'єм 10 м^3 при тиску $0,1\text{ МПа}$. Його нагріли при постійному об'ємі до $0,3\text{ МПа}$. Визначити зміну внутрішньої енергії, роботу, виконану газом, і кількість теплоти, що передали газу.

3.2.9 Робота при ізопроцесах

1 В циліндрі під великим поршнем міститься $0,01\text{ кг}$ азоту. Яку роботу виконає азот, коли його нагріти від температури $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ при постійному тиску?

2 20 літрів азоту, що перебуває під тиском $2 \cdot 10^5$ Па, нагріли ізохорно від температури 20°C до 50°C . Визначити роботу, виконану газом.

3 12 г водню розширюється ізотермічно при температурі 27°C . У скільки разів збільшиться об'єм газу при отриманні 10370 Дж теплоти?

4 Ідеальний газ розширюється ізотермічно від об'єму $V_1=0,1\text{ м}^3$ до об'єму $V_2=0,5\text{ м}^3$. Кінцевий тиск $p_2=1,5 \cdot 10^5$ Па. Визначити виконану газом роботу.

5 0,5 кг повітря нагрівають при постійному тиску від 20°C до 100°C . Визначити роботу розширення газу.

6 В циліндрі під поршнем знаходиться 0,5 кг азоту. Після нагрівання газу при постійному об'ємі тиск збільшився від 10^5 Па до $1,5 \cdot 10^5$ Па. Визначити зміну внутрішньої енергії і роботу газу, якщо початкова температура газу 273 К .

7 Знайти температуру 20 г водню після ізотермічного стиску від нормальних умов до тиску $p_2=2 \cdot 10^5$ Па. Робота розширення дорівнює 540 Дж.

8 В циліндрі об'ємом 20 л під поршнем знаходиться азот при тиску $2 \cdot 10^5$ Па. Яку кількість теплоти треба передати азоту, щоб об'єм збільшився вдвічі при постійному тиску?

9 Яку роботу виконує кисень масою 12 г при нагріванні на 50°C при постійному тиску?

10 В закритій посудині об'ємом 20 л знаходиться повітря при тиску $P=0,1$ МПа. Яку кількість теплоти треба передати повітрю, щоб збільшити тиск у 5 разів? Чому дорівнює робота газу при нагріванні?

11* Які були початковий об'єм V_1 і температура T_1 гелію ($\mu=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, маса $m=0,015$ кг) під невагомим поршнем у циліндрі, якщо внаслідок охолодження гелію до $T_2=248\text{ К}$ вантаж $P=200\text{ Н}$, що лежав на поршні, виконав роботу $A=39\text{ Дж}$? Площа поршня $0,02\text{ м}^2$, атмосферний тиск $P_0=10^5$ Па.

12* Обчислити кількість теплоти Q , яку треба надати двохатомному ідеальному газу при ізобарному нагріванні, якщо під час нагрівання він виконав роботу 20 кДж.

13* При ізобарному розширенні деякої маси водню його внутрішня енергія збільшилась на $\Delta U=20\text{ кДж}$. Знайти кількість теплоти, яку отримав газ, і роботу, яку він виконав.

14* Кисень займає об'єм $V_1=50$ л і перебуває під тиском $P=1,5 \cdot 10^5$ Па. При нагріванні газ розширився при сталому тиску до об'єму $V_2=200$ л. Знайти зміну внутрішньої енергії ΔU , виконану газом роботу A та теплоту Q , яку отримав газ.

15* Двохатомний газ має початковий об'єм $V_1=50$ л і тиск $P_1=3 \cdot 10^5$ Па. Газ нагрівають ізохорно до тиску $P_2=3P_1$, після чого ізотермічно розширюють до початкового тиску. Знайти у кожному процесі роботу A , виконану газом, зміну внутрішньої енергії ΔU , кількість теплоти Q , отриману газом.

3.2.10 Адіабатний процес

1 Кисень адіабатно стискається від 5 м^3 до 1 м^3 . При якому тиску перебував кисень, якщо кінцеве значення тиску $1,5 \cdot 10^5$ Па.

2 При адіабатному стисканні 50 молів двоатомного газу було виконано роботу $A=120$ кДж. Як змінилась температура газу при стисканні?

3 Знайти зміну внутрішньої енергії ΔU ідеального одноатомного газу під час його адіабатного розширення від об'єму $V_1=10$ л до $V_2=320$ л при $P=10^5$ Па.

4 Обчислити показник адіабати $\gamma=C_p/C_v$, якщо в адіабатному процесі при зростанні об'єму в 2 рази тиск зменшився в 4 рази.

5 Кисень масою $m=250$ г, що знаходився при температурі $T_1=200$ К був адіабатно стиснутий. При цьому була виконана робота $A=25$ кДж. Визначити кінцеву температуру газу.

6 В балоні при $T_1=145$ К і тиску $20 \cdot 10^5$ Па знаходиться кисень. Визначити тиск після того, як із балона буде дуже швидко випущена половина газу.

7 Обчислити показник адіабати γ для вуглекислого газу CO_2 .

8 При адіабатному розширенні 8 кг кисню, взятого при температурі 300 К, була виконана робота 200 кДж. На скільки змінилась температура кисню?

9 Показник адіабати $C_p/C_v=1,67$. Визначити, із скількох атомів складається молекула газу.

10 Після адіабатного стискання 7 кг азоту, що мав температуру $T_1=260$ К і об'єм $V_1=0,2 \text{ м}^3$, його температура досягла $T_2=400$ К. Визначити кінцевий об'єм газу після стискання.

11* У скільки разів зменшиться кількість зіткнень за одиницю часу молекули двоатомного газу, якщо об'єм адіабатно збільшити у 3 рази?

12* Один кіломоляр азоту при температурі 280 К адіабатно стиснуто так, що тиск зріс у 4 рази. Знайти температуру після стискання і роботу, виконану газом.

13* При адіабатному стисканні тиск повітря було збільшено від $P_1=10^5$ Па до $P_2=5 \cdot 10^5$ Па. Потім при незмінному об'ємі температуру повітря було зменшено до початкової. Визначити тиск P_3 газу в кінці процесу.

14* Середня кінетична енергія молекул азоту, що розглядається як ідеальний газ, збільшилась у 4 рази. Як зміниться об'єм газу, якщо процес проходив адіабатно?

15* При адіабатному розширенні внутрішня енергія кисню зменшилась на 8360 Дж, а об'єм збільшився у 10 разів. Визначити масу газу, якщо початкова температура його рівна 47 °С.

3.2.11 Цикл Карно. Теплові двигуни

1 Обчислити коефіцієнт корисної дії машини, яка отримує від нагрівника кількість теплоти $Q_1=600$ Дж і виконує роботу за цикл $A=200$ Дж.

2 Коефіцієнт корисної дії теплової машини 18 %. Машина отримує від нагрівника кількість теплоти $Q_1=720$ Дж за цикл. Визначити кількість теплоти, переданої холодильнику.

3 Ідеальна теплова машина, що працює за циклом Карно, має коефіцієнт корисної дії 25 % і має температуру холодильника $T_2=350$ К. Яка температура нагрівника?

4 Теплова машина отримує від нагрівника кількість теплоти $Q_1=20$ кДж і передає холодильнику $Q_2=15$ кДж. Визначити роботу, виконану машиною.

5 Визначити коефіцієнт корисної дії теплової машини, якщо вона отримує від нагрівника кількість теплоти $Q_1=12$ кДж і передає холодильнику $Q_2=9$ кДж.

6 Теплова машина отримує від нагрівника кількість теплоти $Q_1=6,28$ кДж. 80 % теплоти передається холодильнику. Визначити коефіцієнт корисної дії теплової машини.

7 Ідеальна теплова машина виконує за один цикл роботу $A=2,94$ кДж і віддає за один цикл холодильнику кількість теплоти $Q_2=13,4$ кДж. Визначити коефіцієнт корисної дії машини.

8 ККД ідеальної теплової машини, що працює за циклом Карно, дорівнює 0,6. Температура холодильника $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка температура нагрівника?

9 Визначити коефіцієнт корисної дії ідеальної теплової машини, що працює за циклом Карно, якщо температура нагрівника $197\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура холодильника $37\text{ }^{\circ}\text{C}$?

10 Газ виконує цикл Карно. Робота ізотермічного розширення газу $A=5\text{ Дж}$. Визначити роботу ізотермічного стиску, якщо термічний коефіцієнт корисної дії циклу дорівнює 0,2.

11* Над ідеальним двохатомним газом в кількості 100 молів виконується цикл, що складається з двох ізотерм і двох ізохор. Найменший об'єм газу 3 м^3 , найменший тиск $P_1=2,46\cdot 10^5\text{ Па}$, найбільший тиск $P_2=4,1\cdot 10^5\text{ Па}$. Обчислити роботу за один цикл.

12* Визначити роботу теплового двигуна, що працює за циклом Карно, якщо температура нагрівника 300°C , холодильника 27°C . Від нагрівника отримано 420 Дж енергії (теплоти).

13* Виконуючи цикл Карно, газ віддав холодильнику теплоту $Q_2=4\text{ кДж}$. Робота циклу дорівнює $A=1\text{ кДж}$. Визначити температуру нагрівника, якщо температура холодильника $T_2=300\text{ К}$.

14* Газ виконує цикл Карно. Температура нагрівника $T_1=475\text{ К}$, холодильника $T_2=260\text{ К}$. При ізотермічному розширенні газ виконав роботу $A=100\text{ Дж}$. Знайти термічний коефіцієнт корисної дії циклу, а також теплоту Q_2 , яку газ віддає холодильнику при ізотермічному стиску.

15* Ідеальна тепла машина працює за циклом Карно. Температура нагрівника $T_1=500\text{ К}$, температура холодильника $T_2=250\text{ К}$. Визначити термічний коефіцієнт корисної дії циклу, а також роботу A при ізотермічному розширенні, якщо при ізотермічному стиску здійснена робота $A_2=70\text{ Дж}$.

3.2.12 Ентропія

1 2 кг льоду при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ перетворюється у воду при тій же температурі. Визначити зміну ентропії при плавленні льоду. $\lambda=3,33\cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

2 Чому дорівнює зміна ентропії при нагріванні води від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Маса води 5 кг, питома теплоємність $c=4180\text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$.

3 Визначити зміну ентропії при перетворенні в пару 10 г води при температурі кипіння $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

4 640 г розплавленого свинцю при температурі плавлення $t_{пл}=327\text{ }^{\circ}\text{C}$ перетворили в твердий стан. Питома теплота плавлення $\lambda=22,6\cdot 10^3\text{ Дж/кг}$. Визначити зміну ентропії.

5 Колба з водою нагрівається від $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити зміну ентропії при нагріванні, якщо маса нагрітої води $m=500\text{ г}$, питома теплоємність води $c=4180\text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$.

6 Визначити зміну ентропії повітря при ізотермічному процесі ($T=290\text{ K}$), якщо газ масою 58 г змінює об'єм у 2,72 рази.

7 55 г свинцю охолоджується від температури плавлення $t_{пл}=327\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Питома теплоємність свинцю $c=126\text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$. Визначити зміну ентропії.

8 В результаті ізохорного нагрівання кисню масою 8 г тиск газу збільшився у 2 рази. Визначити зміну ентропії.

9 Визначити зміну ентропії при ізобарному розширенні водню масою 2 г від об'єму $V_1=5\text{ л}$ до $V_2=8\text{ л}$.

10 У ванну, в якій знаходиться 100 кг води при температурі 280 K, добавили 10 кг гарячої води при температурі 370 K. Визначити зміну ентропії тієї води, що на початку знаходилась у ванні.

11* Визначити зміну ентропії 0,064 кг кисню якщо в початковому стані він займає об'єм $20\cdot 10^{-3}\text{ м}^3$ і має температуру 320 K, а в кінцевому стані при температурі 450 K його об'єм становить $60\cdot 10^{-3}\text{ м}^3$.

12* Визначити зміну ентропії при перетворенні льоду масою 2 кг, взятого при температурі $t_1=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, в пару при температурі $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

13* 1,1 моля гелію, взятого в об'ємі $0,1\text{ м}^3$ при температурі 1000 K, розширили до об'єму $0,4\text{ м}^3$, причому температура зменшилась до 273 K. Визначити зміну ентропії. Теплоємність вважати сталою.

14* Об'єм повітря 2 м^3 ізотермічно розширився у 2 рази. Температура повітря $t_1=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиск $P_1=9,8\cdot 10^4\text{ Па}$. Визначити зміну ентропії при цьому процесі.

15* Зміна ентропії між двома адіабатами в циклі Карно $\Delta S=5\cdot 10^3\text{ Дж/К}$. Різниця температур між двома ізотермами $\Delta T=100\text{ K}$. Яка кількість теплоти Q перетворюється в роботу в цьому циклі?

16* Кисень масою 2 кг збільшив свій об'єм у 3 рази один раз ізобарно, а другий раз адіабатно. Визначити зміну ентропії в кожному із зазначених випадків.

3.2.13 Реальні гази

1 Обчислити сталі a і b Ван-дер-Ваальса для азоту, якщо критична температура $T_{кр}=126$ К, а критичний тиск $P_{кр}=33,5 \cdot 10^5$ Па.

2 Обчислити критичні параметри кисню, якщо сталі Ван-Дер-Ваальса для кисню $a=1,3 \cdot 10^4$ Н·м⁴/моль² та $b=3,1 \cdot 10^{-5}$ м³/моль.

3 Яку температуру має 1 моль азоту, що займає об'єм $1,2 \cdot 10^{-3}$ м³ при тиску $2 \cdot 10^5$ Па. Газ розглядати як реальний ($a=0,135$ Н·м⁴/моль², $b=3,8 \cdot 10^{-5}$ м³/моль).

4 Визначити власний об'єм молекул азоту масою $m=0,125$ кг. Поправка $b=3,8 \cdot 10^{-5}$ м³/моль.

5 Визначити тиск, обумовлений силами притягання молекул азоту. Поправка $a=0,135$ Н·м⁴/моль². Маса газу $m=0,5$ кг, об'єм газу $V=2 \cdot 10^{-3}$ м³.

6 Знайти критичні параметри неону, якщо його сталі Ван-дер-Ваальса $a=0,02$ Н·м⁴/моль², $b=4,26 \cdot 10^{-5}$ м³/моль.

7 Обчислити температуру кисню, якщо при тиску $2,8 \cdot 10^6$ Па газ масою 8 г займає об'єм 200 см³. Газ вважати реальним. ($a=1,3$ Н·м⁴/моль², $b=3,1 \cdot 10^{-5}$ м³/моль).

8 Визначити тиск 1 моля CO₂, що займає об'єм 18 л при температурі 17°C. Вважати газ реальним. Поправки $a=0,364$ Н·м⁴/моль² і $b=4,26 \cdot 10^{-5}$ м³/моль.

9 В закритому балоні знаходиться 100 літрів вуглекислого газу кількістю 120 молів при тиску $2 \cdot 10^5$ Па. Користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса, знайти, у скільки разів треба збільшити температуру газу, щоб тиск збільшився у 2 рази.

10 Обчислити тиск, обумовлений силами взаємодії молекул вуглекислого газу, якщо поправка $a=0,364$ Н·м⁴/моль². Кількість речовини $\nu=4$ моль.

11* Для деякого газу поправка Ван-дер-Ваальса $a=0,453$ Н·м⁴/моль², а критична температура $T_{кр}=282,7$ К. Визначити ефективний діаметр молекули газу.

12* В балоні об'ємом 10 л знаходиться 1,8 кг вуглекислого газу при температурі 27°C. Визначити тиск газу за рівнянням Ван-дер-

Ваальса, якщо для вуглекислого газу $a=0,303 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ і $b=4,3\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

13* Визначити коефіцієнт дифузії для гелію при температурі 27°C і тиску $1,5\cdot 10^5 \text{ Па}$. Ефективний діаметр розрахувати, вважаючи відомими для гелію $T_{кр}=5,2 \text{ К}$, $P_{кр}=2,3\cdot 10^5 \text{ Па}$.

14* Об'єм азоту масою $m=10 \text{ г}$ збільшився від 10 л до 50 л . Визначити роботу, виконану газом при розширенні проти сил молекулярного притягання. Поправка $a=0,135 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

15* Визначити зміну внутрішньої енергії та зниження температури для 20 г азоту, що адіабатно розширюється у вакуум від об'єму $V_1=1 \text{ м}^3$ до $V_2=2 \text{ м}^3$. Вважати газ реальним. Поправки $a=0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ і $b=3,85\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

3.2.14 Рідини. Поверхневий натяг

1 Який додатковий тиск виникає всередині мильної бульбашки діаметром 8 см ? Коефіцієнт поверхневого натягу мильної води $\alpha=43\cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

2 Коефіцієнт об'ємного розширення ртуті $\beta=1,82\cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$. Яку поправку на висоту ртутного стовпчика треба робити в барометрі з діаметром трубки $d=4 \text{ мм}$ при підвищенні температури на 40°C , якщо об'єм ртуті при 0°C дорівнює $V=20 \text{ см}^3$?

3 Яку поправку на тиск треба робити в барометрі за рахунок додаткового тиску Лапласа в трубці діаметром $d=4 \text{ мм}$?

4 У капілярній трубці, радіус якої $0,2 \text{ мм}$, рідина піднялась на висоту 15 мм . Визначити густину цієї рідини, якщо коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $\alpha=0,022 \text{ Н/м}$.

5 Яку силу треба прикласти до кільця діаметром $d=60 \text{ см}$, щоб відірвати його від поверхні води? Маса кільця 10 г , товщина кільця $0,2 \text{ мм}$.

6 Визначити масу краплі спирту, якщо відомо, що спирт витікає по краплинах з трубки діаметром $0,6 \text{ мм}$. Діаметр шийки краплі в момент відриву вважати рівним внутрішньому діаметру трубки.

7 Яку роботу проти сил поверхневого натягу треба виконати, щоб видути мильну бульбашку діаметром 3 см ? Коефіцієнт поверхневого натягу мильного розчину $\alpha=0,043 \text{ Н/м}$.

8 На яку висоту підніметься вода в капілярі діаметром 0,2 мм? Змочування вважати повним. Коефіцієнт поверхневого натягу $\alpha = 0,073$ Н/м.

9 Яку силу треба прикласти до поперечки квадратної рамки, в якій натягнута мильна плівка, щоб розтягнути її? Довжина поперечки $l = 10$ мм, коефіцієнт поверхневого натягу мильної води $\alpha = 0,043$ Н/м.

10 Визначити діаметр капіляра, якщо бензол піднімається в ньому на 15 мм вище рівня посудини. Змочування вважати повним. Коефіцієнт поверхневого натягу бензолу $\alpha = 0,03$ Н/м.

11* Знайти масу води, яка заповнить склянку трубки з діаметром каналу $d = 0,8$ мм, якщо її опустити одним кінцем у воду. Змочування вважати повним.

12* Яка енергія виділиться при злитті двох крапель ртуті діаметрами $d_1 = 0,8$ мм і $d_2 = 1,2$ мм в одну краплю?

13* Простір між двома скляними паралельними пластинами з площею поверхні $S = 100$ см² кожна, розташованими на відстані $l = 2 \cdot 10^{-5}$ м одна від одної, заповнено водою. Вважати меніск увігнутим з діаметром, рівним відстані між пластинами. Визначити силу притягання пластин.

14* Визначити тиск всередині повітряної бульбашки діаметром 4 мм на глибині 2 м під водою. Атмосферний тиск дорівнює $p_0 = 10^5$ Па.

15* Яку роботу треба виконати при видуванні мильної бульбашки, щоб збільшити її об'єм з $V_1 = 8$ см³ до $V_2 = 20$ см³? Вважати процес ізотермічним.

3.2.15 Тверді тіла

1 Користуючись законом Дюлонга і Пті, обчислити молярну теплоємність CaCO_3 .

2 Чому дорівнює об'єм одного моля кухонної солі NaCl ? Густина кухонної солі $\rho = 6 \cdot 10^3$ кг/м³.

3 Знайти густину кристала неону при температурі 20 К, якщо відомо, що ґратка ґранецентрована кубічної сингонії. Ребро елементарної комірки при тій же температурі дорівнює $4,52 \cdot 10^{-10}$ м.

4 Користуючись законом Дюлонга і Пті, визначити масу алюмінію, якщо при нагріванні від 20 °С до 40 °С було затрачено 120 Дж теплоти.

5 Теплопровідна сталева труба завдовжки 10 м нагрівається від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. На скільки зміниться довжина труби? Коефіцієнт лінійного розширення сталі $\alpha=10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

6 Обчислити питому теплоємність міді, користуючись законом Дюлонга і Пті.

7 На скільки видовжиться мідна дротина діаметром 1 мм^2 , якщо до неї підвісити вантаж масою 10 кг ? Модуль Юнга для міді дорівнює $1,2\cdot 10^{11}\text{ Па}$.

8 Зовнішня поверхня стіни має температуру $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а внутрішня $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Товщина стіни $0,4\text{ мм}$. Знайти коефіцієнт теплопровідності матеріалу, якщо через кожний квадратний метр поверхні за 2 с проходить 150 Дж теплоти.

9 Користуючись законом Дюлонга і Пті, визначити, у скільки разів питома теплоємність NaCl менша за питому теплоємність алюмінію.

10 Яким повинен бути діаметр сталеної дротини, щоб вона витримала навантаження $9,8\text{ кН}$? Межа міцності сталі $\sigma=785\cdot 10^6\text{ Па}$.

11* Чому дорівнює атомна і питома теплоємності сплаву, що складається з $65\text{ \%}$ міді та $35\text{ \%}$ срібла?

12* Визначити міжплощинну відстань у кристалі KCl . Густина калійної солі $\rho=5\cdot 10^3\text{ кг/м}^3$.

13* Алюмінієва каstrуля з водою кипить, і при цьому за дві хвилини утворюється 200 г водяної пари. Діаметр каstrулі 10 см . Вважати, що тепло передається тільки через дно каstrулі. Втратами тепла знехтувати. Визначити температуру зовнішньої поверхні дна каstrулі, якщо товщина стінок дорівнює 2 мм .

14* До сталеної дротини довжиною $l=10\text{ м}$ і радіусом $r=1\text{ мм}$ підвісили вантаж масою $m=100\text{ кг}$. Визначити роботу розтягнення дротини в момент підвішування вантажу.

15* Визначити температуру Дебая для вуглецю, якщо його питома теплоємність при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $c=1100\text{ Дж/кг }^{\circ}\text{K}$. Чи відповідає це закону Дюлонга і Пті?

3.2.16 Фазові переходи

1 Порівняти кількість теплоти, яку необхідно для перетворення 4 кг льоду у воду при сталій температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і кількість теплоти

для нагрівання 4 кг води від 0 °С до 10 °С. ($\lambda=334,4 \cdot 10^3$ Дж/кг, $c=4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг·К)

2 У чайнику міститься 2,5 кг води при температурі 20 °С. Яка кількість теплоти затрачена на нагрівання води до кипіння і випаровування 10 г води?

3 Яку кількість теплоти треба затратити для перетворення у воду 0,75 кг льоду, взятого при температурі $t_1=-10$ °С?

4 Визначити кількість теплоти, яка виділиться при перетворенні 25 г води у лід при 0 °С.

5 Свинцева куля масою 10 г летить зі швидкістю 200 м/с, пробиває дошку і вилітає з неї із швидкістю 5 м/с. Яка частина кулі розплавиться, якщо 40 % втраченої кінетичної енергії йде на нагрівання. Температура кулі в момент зіткнення з дошкою $t_1=20$ °С, температура плавлення свинцю 327 °С, питома теплота плавлення свинцю $22,6 \cdot 10^3$ Дж/кг.

6 Яку кількість води можна перетворити у пару, якщо воді передано $5 \cdot 10^6$ Дж теплоти. Початкова температура води $t_1=60$ °С.

7 Стальну деталь масою 2 кг, нагріту до 800 °С, занурили у воду масою 1,5 кг при температурі 20 °С. Визначити масу води, яка випарувалась.

8 Температура плавлення заліза змінюється на 0,012 °С при зміні тиску на 10^5 Па. На скільки змінюється при цьому об'єм 1 кг заліза при плавленні? Температура плавлення заліза 1530 °С. Питома теплота плавлення заліза $\lambda=2,72 \cdot 10^5$ Дж/кг.

9 Яку кількість теплоти треба затратити на перетворення 2,5 кг олова в рідкий стан при температурі $t=232$ °С? Питома теплота плавлення $\lambda=58,6 \cdot 10^3$ Дж/кг.

10 Яка кількість теплоти необхідна для плавлення 10 т міді, взятої при температурі 25 °С? Температура плавлення $t=1100$ °С; питома теплоємність міді 380 Дж/кг·К; питома теплота плавлення міді $\lambda=1,8 \cdot 10^5$ Дж.

11* Вода в чайнику, взята при температурі 20 °С, через 10 хвилин на плиті закипіла. Через який час вона повністю випарується?

12* З якою швидкістю повинні летіти назустріч одна одній дві крижинки, щоб при ударі вони перетворились в пару? Початкова температура льоду -20 °С. Маса крижинок однакові. Передачу теплоти навколишньому середовищу вважати рівною 50%.

13* Яка частина теплоти пароутворення води при температурі 100°C йде на збільшення внутрішньої енергії системи?

14* Тиск насиченої пари ртуті при температурі $t_1=100^{\circ}\text{C}$ дорівнює $p_1=37,3$ Па, а при температурі $t_2=120^{\circ}\text{C}$ $p_2=101,3$ Па. Визначити середнє значення питомої теплоти пароутворення ртуті в даному інтервалі температур.

15* Середнє значення питомої теплоти пароутворення бензолу в інтервалі температур від 75°C до 80°C дорівнює $r=0,4\cdot 10^6$ Дж/кг. Визначити тиск насиченої пари при температурі $t_1=75^{\circ}\text{C}$, якщо тиск при температурі $t_2=80^{\circ}\text{C}$ дорівнює $p_2=10^5$ Па.

3.3 Електростатика

3.3.1 Закон Кулона

1 У скільки разів треба зменшити відстань між зарядами в дистильованій воді, щоб сила взаємодії між зарядами була такою ж як у вакуумі? Діелектрична проникність води $\epsilon=81$.

2 Куля масою $m_1=10$ г має заряд $q_1=3\cdot 10^{-14}$ Кл. Визначити заряд другої кулі масою $m_2=1$ г, якщо відомо, що сила кулонівського відштовхування зрівноважується силою ньютонівського притягання.

3 Обчислити силу кулонівської взаємодії двох точкових зарядів $q_1=q_2=10^{-6}$ Кл, які знаходяться в гасі на відстані 1 м один від одного. $\epsilon=2$.

4 Два заряди $q_1=q_2=2\cdot 10^{-6}$ Кл знаходяться на відстані 10 см. Визначити силу, яка діє на третій заряд $q_3=10^{-6}$ Кл, який знаходиться між зарядами q_1 і q_2 на відстані 4 см від одного з них.

5 Три заряди $q_1=1\cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2=-2\cdot 10^{-9}$ Кл, $q_3=1,5\cdot 10^{-9}$ Кл знаходяться на одній прямій на відстанях $r_{12}=10$ см, $r_{23}=20$ см. Визначити силу, яка діє на заряд q_1 .

6 Три заряди $q_1=-3\cdot 10^{-6}$ Кл, $q_2=-1,5\cdot 10^{-6}$ Кл, $q_3=5\cdot 10^{-6}$ Кл знаходяться на відстанях $r_{12}=30$ см, $r_{23}=40$ см вздовж однієї прямої. Яка сила діє на заряд q_2 ?

7 Три заряди знаходяться на одній прямій. Визначити величину заряду q_1 , який знаходиться посередині, якщо заряди $q_2=5\cdot 10^{-7}$ Кл, $q_3=-3\cdot 10^{-7}$ Кл, що знаходяться на відстані $r_1=r_2=20$ см від першого, діють на заряд q_1 з силою $F=0,25$ Н.

8 Який заряд треба помістити на відстані 25 см від заряду $q_2=4\cdot 10^{-7}$ Кл, щоб на нього діяла сила притягання $F=0,2$ Н?

9 На якій відстані сила взаємодії між зарядами $q_1=10^{-6}$ Кл і $q_2=-5\cdot 10^{-7}$ Кл буде рівною $F=9$ Н?

10 Два точкових заряди знаходяться в повітрі на відстані 40 см один від одного. На якій відстані треба помістити ці заряди в гасі, щоб сила взаємодії залишилась такою ж? Діелектрична проникність гасу $\epsilon=2$.

11* Точкові заряди $q_1=1$ мкКл і $q_2=-2$ мкКл знаходяться на відстані 10 см один від одного. Визначити силу, яка діє на третій заряд $q_3=0,5$ мкКл в точці, віддаленій на відстань $r_1=6$ см від першого заряду і $r_2=8$ см від другого заряду.

12* Дві однакові кульки масою $m=10$ г підвішені в одній точці на нитках довжиною $l=0,2$ м так, що їх поверхні дотикаються. Який заряд треба надати кулькам, щоб вони відхилились на кут 20° від положення рівноваги?

13* Відстань між двома точковими зарядами $q_1=180\cdot 10^{-9}$ Кл і $q_2=720\cdot 10^{-9}$ Кл дорівнює 0,6 м. Визначити координату точки, в якій треба помістити третій заряд q_3 так, щоб система знаходилась в рівновазі. Які будуть величина і знак заряду. Стійка чи нестійка буде рівновага?

14* Три однакових точкових заряди $q_1=q_2=q_3=2\cdot 10^{-9}$ Кл знаходяться у вершинах правильного трикутника зі стороною $a=10$ см. Визначити модуль і напрям сили F , що діє на один із зарядів з боку інших двох.

15* На відстані $d=20$ см знаходяться два точкових заряди $q_1=-50$ нКл і $q_2=100$ нКл. Визначити силу F , що діє на заряд $q_3=-10$ нКл, віддалений від обох зарядів на відстані $d=20$ см.

3.3.2 Напруженість. Потік вектора напруженості електричного поля

1 Визначити величину і напрям напруженості поля точкового заряду $q_1=2$ Кл, якщо в цій точці на заряд $q_2=-0,5$ Кл діє сила $F=9 \cdot 10^{-7}$ Н. Середовище – повітря.

2 Два точкових заряди $q_1=2$ нКл і $q_2=4$ нКл знаходяться на відстані 20 см. Визначити напруженість електричного поля посередині між зарядами.

3 Два точкових заряди $q_1=7\cdot 10^{-8}$ Кл і $q_2=10^{-7}$ Кл утворюють електричне поле. В точці A , що знаходиться на відстані $3\cdot 10^{-2}$ м від першого заряду і $4\cdot 10^{-2}$ м від другого заряду, вектори напруженості утворюють прямий кут. Знайти напруженість електричного поля в точці A .

4 Два точкових заряди $q_1=2,7\cdot 10^{-8}$ Кл і $q_2=-10^{-8}$ Кл знаходяться в повітрі на відстані 10 см один від одного. Визначити напруженість електричного поля в точці, що знаходиться на прямій, що проходить через заряди на відстані 10 см від заряду q_1 зліва від нього.

5 Напруженість електричного поля в даній точці дорівнює 100 В/м. Визначити, яка сила буде діяти на заряд $2\cdot 10^{-7}$ Кл в цій точці.

6 Який заряд створює напруженість електричного поля $E=50$ В/м на відстані 40 см від заряду?

7 В якій точці між зарядами $q_1=25 \cdot 10^{-8}$ Кл і $q_2=5 \cdot 10^{-8}$ Кл напруженість електричного поля дорівнює нулю? Відстань між зарядами дорівнює 50 см.

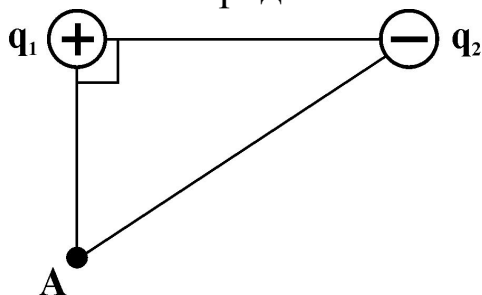
8 Визначити напруженість електричного поля в точці, що знаходиться на відстані 5 см від заряду $q_1=2 \cdot 10^{-8}$ Кл і 15 см від заряду $q_2=8 \cdot 10^{-8}$ Кл. Відстань між зарядами 20 см.

9 Визначити напруженість електричного поля на відстані 20 см від точкового заряду $q_1=-5 \cdot 10^{-7}$ Кл. Який напрям напруженості електричного поля?

10 Визначити силу, яка діє на заряд $q=2 \cdot 10^{-9}$ Кл в однорідному електричному полі напруженістю $E=1,5 \cdot 10^2$ В/м.

11* В однорідному електричному полі знаходиться кулька масою $m=0,5$ г і зарядом $q=10$ нКл в рівноважному стані. Визначити напруженість однорідного поля.

12* Визначити величину і напрям напруженості в точці А, що знаходиться на відстані 10 см від заряду $q_1=0,5$ Кл. Заряд $q_2=-1$ Кл. Відстань між зарядами 20 см. Кут біля заряду q_1 – прямий.



13* Два точкових електричних заряди $q_1=1$ нКл і $q_2=2$ нКл знаходяться в повітрі на відстані $d=10$ см один від одного. Визначити напруженість електричного поля E в точці, віддаленій від заряду q_1 на відстань $r_1=9$ см і від заряду q_2 на відстань $r_2=7$ см.

14* Визначити напруженість електричного поля в центрі рівностороннього трикутника, у вершинах якого знаходяться заряди

$q_1=3$ нКл, $q_2=5$ нКл і $q_3=2$ нКл. Сторона трикутника $a=20$ см.

15* Чому дорівнює напруженість електричного поля в центрі квадрата зі стороною $a=10$ см, у вершинах якого розташовані два додатних заряди $q_1=q_2=5 \cdot 10^{-8}$ Кл і два від'ємних заряди $q_3=q_4=10^{-7}$ Кл.

3.3.3 Теорема Остроградського–Гаусса

1 Яка поверхнева густина заряду на нескінченній площині, якщо напруженість поля, створеного цією зарядженою площиною, дорівнює $E=500 \text{ В/м}$?

2 Обчислити поверхневу густину заряду, якщо на площі $S=4 \text{ м}^2$ рівномірно розподілений заряд $q=8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$.

3 Визначити напруженість на поверхні зарядженої сфери радіусом $R=0,2 \text{ м}$, якщо поверхнева густина заряду дорівнює $\sigma=2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^2$.

4 Який заряд розташований на дротині довжиною 2 м , якщо лінійна густина заряду на ній дорівнює $\tau=5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}$?

5 Визначити напруженість електричного поля, що створюється нескінченною площиною з поверхневою густиною заряду $\sigma=2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$ на відстані 10 см від неї.

6 Яку напруженість поля створює заряджений тонкий стержень на відстані 50 см від нього, якщо лінійна густина заряду на стержні дорівнює $\tau=2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}$?

7 На заряд $q=4,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, розміщений між пластинами плоского конденсатора, діє сила $F=9,81 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$. Площа пластини конденсатора дорівнює $S=10^{-2} \text{ м}^2$. Визначити поверхневу густину заряду на пластинах.

8 На металевій трубці довжиною 1 м і діаметром 2 см рівномірно розподілений заряд $q=5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Визначити поверхневу густину заряду на трубці.

9 Куля радіусом $R=0,2 \text{ м}$ має поверхневу густину зарядів $\sigma=10^{-4} \text{ Кл/м}^2$. Визначити напруженість електричного поля в точці, що знаходиться на відстані 2 м від поверхні кулі.

10 Визначити напруженість електричного поля між двома паралельними зарядженими площинами, якщо поверхнева густина зарядів на площинах відповідно $\sigma_1=10^{-4} \text{ Кл/м}^2$ і $\sigma_2=3 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/м}^2$.

11* З якою силою на одиницю площі взаємодіють дві нескінченні паралельні площини, з однаковою поверхневою густиною заряду $\sigma=5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$.

12* На заряд $q=2 \cdot 10^{-9}$ Кл, розміщений між пластинами повітряного конденсатора, діє сила $F=9,81 \cdot 10^{-5}$ Н. Площа пластини $S=0,5 \cdot 10^{-2}$ м². Визначити заряд конденсатора.

13* Кулька радіусом $r=2 \cdot 10^{-2}$ м має поверхневу густину заряду $\sigma=7 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². На відстані $d=18 \cdot 10^{-2}$ м від поверхні кулі знаходиться заряд $q=7 \cdot 10^{-9}$ Кл. Визначити силу, яка діє на заряд q з боку зарядженої кульки.

14* Скільки електронів містить заряд порошинки масою $m=10^{-14}$ кг, якщо вона утримується в рівновазі в плоскому конденсаторі, який має заряд $q=2 \cdot 10^{-12}$ Кл і площу пластин $S=10^{-2}$ м²?

15* Дві довгі паралельні дротини знаходяться на відстані 5 см одна від одної. На дротинах рівномірно розподілені заряди з лінійними густинами $\tau_1=-50$ мкКл/м і $\tau_2=100$ мкКл/м. Визначити напруженість електричного поля в точці, віддаленій від першої дротини на відстань $r_1=3$ см та від другої на відстань $r_2=34$ см.

3.3.4 Робота. Потенціал

1 Електричний заряд $4 \cdot 10^{-9}$ Кл переміщується в електричному полі заряду $8 \cdot 10^{-9}$ Кл. Яка при цьому виконується робота, якщо заряд перемістився так, що відстань між зарядами збільшилась з 10 см до 20 см?

2 Дві кульки із зарядами $q_1=10^{-7}$ Кл і $q_2=10^{-8}$ Кл знаходяться на відстані 40 см одна від одної. Яку роботу треба виконати, щоб наблизити їх до відстані $r=15$ см?

3 Визначити потенціал точки поля на відстані $r=5 \cdot 10^{-2}$ м від центра зарядженої кулі, якщо напруженість електричного поля в цій точці $E=3 \cdot 10^5$ В/м.

4 Два точкових заряди $q_1=q_2=10^{-8}$ Кл знаходяться на відстані 1 м один від одного. Обчислити потенціал поля посередині між зарядами.

5 Визначити енергію взаємодії W системи двох точкових зарядів $q_1=4 \cdot 10^{-7}$ Кл і $q_2=2 \cdot 10^{-8}$ Кл, розташованих на відстані $r=5$ м.

6 Визначити різницю потенціалів $\Delta \varphi$ двох точок поля, що знаходяться на відстані $r_1=15$ см і $r_2=20$ см від зарядженої площини з поверхневою густиною заряду $\sigma=40 \cdot 10^{-9}$ Кл/м².

7 Два електрони рухаються назустріч один одному з відносною швидкістю $v=5 \cdot 10^4$ м/с. На яку мінімальну відстань вони наблизяться один до одного? Заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Маса електрона $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

8 Яку різницю потенціалів пройшов заряд $q=1,6 \cdot 10^{-7}$ Кл, якщо робота, виконана електричним полем, дорівнює $8 \cdot 10^{-5}$ Дж?

9 Кулька масою $m=0,005$ кг і зарядом $q=1,5 \cdot 10^{-6}$ Кл переміщується із точки з потенціалом $\varphi_1=600$ В в точку з потенціалом $\varphi_2=0$. Яку роботу виконує електричне поле? Якої швидкості досягла кулька?

10 Визначити швидкість кульки із зарядом $q=2 \cdot 10^{-6}$ Кл, і масою $m=0,003$ кг, яка пройшла різницю потенціалів $u=200$ В?

11* Дві паралельні заряджені площини з поверхневими густинами заряду $\sigma_1=2$ мкКл/м² і $\sigma_2=-0,8$ мкКл/м² знаходяться на відстані $d=0,6$ см одна від одної. Визначити різницю потенціалів між площинами.

12* Чотири однакових краплі ртуті зливаються в одну. Який потенціал утвореної краплі, якщо кожна крапля заряджена до потенціалу $\varphi_1=10$ В?

13* Електричне поле утворене нескінченно довгою зарядженою ниткою з лінійною густиною заряду $\tau=20$ пКл/м. Визначити різницю потенціалів $\Delta \varphi$ двох точок поля, які знаходяться на відстанях $r_1=8$ см і $r_2=12$ см від нитки.

14* Яку прискорюючу різницю потенціалів $\Delta \varphi$ повинен пройти електрон, щоб збільшити швидкість з $v_1=2 \cdot 10^5$ м/с до $v_2=12 \cdot 10^5$ м/с?

15* Два точкових електричних заряди $q_1=10^{-9}$ Кл і $q_2=-2\cdot 10^{-9}$ Кл знаходяться в повітрі на відстані $d=10$ см один від одного. Визначити потенціал φ поля, створеного цими зарядами в точці A , віддаленій від заряду q_1 на відстань 9 см і від заряду q_2 на відстань 7 см.

3.3.5 Діелектрики

1 Визначити дипольний момент системи двох рівних різнойменних зарядів $q_1=-q_2=2\cdot 10^{-8}$ Кл, що знаходяться на відстані $l=1$ см.

2 Визначити поляризованість діелектрика, якщо відомо, що кожна молекула має дипольний момент $p=3,2\cdot 10^{-29}$ Кл·м. В кожному кубічному метрі міститься $n=2\cdot 10^{25}$ молекул.

3 Діелектрична проникність скла $\varepsilon=5$. Напруженість електричного поля в склі $E=5\cdot 10^5$ В/м. Визначити індукцію електричного поля D .

4 Діелектрична проникність парафіну $\varepsilon=2$. Визначити його діелектричну сприйнятливість.

5 Поляризованість слюди $P=2\cdot 10^{-8}$ Кл/м². Визначити напруженість електричного поля, якщо діелектрична проникність слюди $\varepsilon=5$.

6 Конденсатор заповнений діелектриком. Визначити поляризованість діелектрика, якщо на кожній із сторін діелектрика, що прилягають до обкладинок площею $S=0,2$ м² зосереджений заряд величиною $q=5\cdot 10^{-9}$ Кл.

7 Індукція електричного поля $D=2\cdot 10^{-7}$ Кл/м². Діелектрична сприйнятливість діелектрика 3. Визначити напруженість електричного поля в діелектрику.

8 Визначити поляризованість діелектрика, якщо діелектрична проникність діелектрика 3,5. Напруженість результуючого поля дорівнює $E_{рез}=4\cdot 10^2$ В/м.

9 Всередині однорідного ізотропного діелектрика створене електричне поле напруженістю $E=3 \cdot 10^3$ В/м. Визначити діелектричну проникність діелектрика, якщо індукція електричного поля $D=5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м².

10 Дипольний момент молекули води $p=0,62 \cdot 10^{-29}$ Кл·м. Визначити поляризованість води при повній поляризації, якщо в об'ємі $V=0,05$ м³ міститься $N=15 \cdot 10^{26}$ молекул.

11* Відстань між зарядами електричного диполя $l=3 \cdot 10^{-10}$ м. Визначити величину кожного заряду диполя, якщо в однорідному електричному полі напруженістю $E=3 \cdot 10^4$ В/м на нього діє пара сил з моментом $M=7,2 \cdot 10^{-23}$ Н·м. Диполь розташований під кутом 60° до напрямку поля.

12* Визначити поляризованість води при повній поляризації, якщо відомо, що дипольний момент молекули води $p=0,62 \cdot 10^{-29}$ Кл·м, густина води $\rho=1000$ кг/м³.

13* Визначити напруженість електричного поля для створення максимальної поляризації молекул дистильованої води. Дипольний момент молекули води $p=0,62 \cdot 10^{-29}$ Кл·м, густина води $\rho=10^3$ кг/м³. Відносна діелектрична проникність $\epsilon=81$.

14* Простір між пластинами плоского конденсатора заповнений маслом. Відстань між пластинами дорівнює $d=2 \cdot 10^{-2}$ м. Яку різницю потенціалів треба прикласти до пластин конденсатора, щоб поверхнева густина зв'язаних зарядів на маслі дорівнювала $\sigma_{зв}=6,2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Діелектрична проникність масла $\epsilon=5$.

15* Визначити середній дипольний момент молекул діелектрика, якщо поляризаційний заряд на паралельних гранях $q=5 \cdot 10^{-2}$ Кл. Площа кожної грані $S=15 \cdot 10^{-4}$ м². Товщина пластини діелектрика $d=4 \cdot 10^{-2}$ м.

3.3.6 Ємність. Конденсатори

1 Який заряд надали провіднику ємністю $c=0,1$ мкФ, якщо його потенціал став рівним $\varphi=200$ В?

2 Яка ємність плоского конденсатора, в якому 2 сталевих листи площею $S=0,06 \text{ м}^2$ розділені парафінованим папером товщиною $d=0,1 \text{ мм}$? Діелектрична проникність паперу $\epsilon=2,5$.

3. До батареї приєднали два плоских конденсатора ($c_1=2 \text{ пФ}$, $c_2=3 \text{ пФ}$). ЕРС батареї $\epsilon=240 \text{ В}$. Визначити заряд і напругу при їх послідовному з'єднанні.

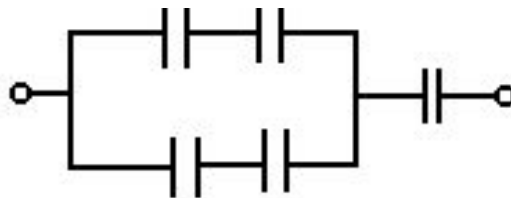
4 Визначити заряд і напругу при паралельному з'єднанні двох конденсаторів $c_1=5 \text{ мкФ}$, $c_2=4 \text{ мкФ}$, якщо вони приєднані до батареї, е.р.с якої $\epsilon=200 \text{ В}$.

5 Який радіус сфери, яка має ємність 15 мкФ ?

6 Визначити ємність металеві кулі діаметром $d=25 \text{ см}$, якщо її помістити в нафту ($\epsilon=2$).

7 Металева куля радіусом 10 см знаходиться в діелектрику ($\epsilon=6$). Визначити потенціал кулі, якщо на ній розміщено заряд $q=3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$.

8 Визначити ємність системи однакових конденсаторів, зображених на рисунку. Ємність кожного конденсатора дорівнює $c=5 \text{ мкФ}$.



9 Визначити ємність сферичного конденсатора, що складається з двох концентричних сфер радіусами $r=15 \text{ см}$, $R=20 \text{ см}$. Простір між сферами заповнений маслом. ($\epsilon=2$).

10 Площа пластин плоского повітряного конденсатора $S=0,5 \text{ м}^2$. Відстань між пластинами $d=0,1 \text{ мм}$. Визначити заряд на конденсаторі, якщо напруга на обкладинках дорівнює $U=50 \text{ В}$.

11* Куля має поверхневу густину заряду $\sigma=0,5 \text{ Кл/м}^2$. Потенціал кулі $\phi=40000 \text{ В}$. Визначити ємність кулі.

12* Визначити радіус кулі, якщо при наданні заряду $q=10^{-8} \text{ Кл}$ потенціал її збільшився на 30 В . Середовище – повітря.

13* Плоский конденсатор складається з двох круглих пластин радіусом $R=20 \text{ см}$. Відстань між пластинами $d=5 \text{ мм}$. Конденсатор приєднаний до джерела напруги $U=3 \text{ кВ}$. Визначити заряд і напруженість поля конденсатора, якщо діелектрик – скло ($\epsilon=2,5$).

14* В плоский повітряний конденсатор з відстанню між пластинами $d_1=5$ см, заряджений до напруги $U=300$ В, вводять паралельно пластинам посередині металеву пластину товщиною $d_2=2$ см. Визначити різницю потенціалів на обкладинках конденсатора після введення пластинки.

15* Між пластинами плоского конденсатора, зарядженого до різниці потенціалів $\Delta\varphi=600$ В, знаходяться два шари діелектриків: скла товщиною 2 мм і парафіну товщиною 5 мм. Визначити електроємність, електричне зміщення, напруженість електричного поля і різницю потенціалів на кожному шарі діелектрика. Площа пластин $S=0,2$ м². Діелектрична проникність скла $\varepsilon_1=2,5$, парафіну – $\varepsilon_2=2,5$.

3.3.7 Рух заряджених частинок в полі конденсатора

1 Електрон рухається в плоскому горизонтально розміщеному конденсаторі паралельно до його пластин. Напруженість електричного поля $E=4$ кВ/м. З яким прискоренням буде рухатись електрон?

2 Протон ($m=1,67\cdot10^{-27}$ кг, $q=1,6\cdot10^{-19}$ Кл) влітає в конденсатор паралельно до пластин розміщених горизонтально зі швидкістю $v=5\cdot10^6$ м/с. Напруженість поля конденсатора $E=20$ кВ/м. Довжина пластин конденсатора $l=5$ см. На яку відстань в вертикальному напрямі зміститься протон під час руху в конденсаторі?

3 Електрон рухається перпендикулярно до пластин конденсатора зі швидкістю $v=10^3$ м/с. Всередині конденсатора між пластинами прикладена напруга 200 В. Визначити, якої швидкості досягне електрон, якщо він пройде відстань 10 см.

4 Електрон влітає в плоский конденсатор паралельно до пластин посередині між ними. Напруженість поля в конденсаторі $E=200$ В/м. Відстань між пластинами 6 см. Через який час електрон попаде на одну із пластин?

5 Електричне поле створене двома паралельними пластинами, між якими напруженість електричного поля $E=500$ В/м. Яку

швидкість буде мати електрон, пройшовши по лінії напруженості відстань $\Delta r = 5 \text{ мм}$?

6 Електрон проходить шлях в плоскому конденсаторі від однієї пластини до другої ($d = 6 \text{ см}$) і набуває швидкості $v = 10^6 \text{ м/с}$. Визначити різницю потенціалів між пластинами.

7 Відстань між пластинами плоского конденсатора $d = 10 \text{ мм}$. Довжина пластини конденсатора $l = 20 \text{ см}$. Електрон влітає в конденсатор паралельно до пластин посередині між ними зі швидкістю $v = 5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$. Яку напругу треба прикласти до пластин конденсатора, щоб електрон не вилетів з конденсатора?

8 Електрон влітає в плоский горизонтально розташований конденсатор паралельно до пластин зі швидкістю $v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Довжина пластин конденсатора $l = 10 \text{ см}$. Початкова відстань електрона до додатної пластини $y = 2 \text{ см}$. Яка напруженість електричного поля, якщо електрон досяг додатної пластини за час $\tau = 10^{-3} \text{ с}$?

9 На скільки зміститься електрон у вертикальному напрямі, пролітаючи зі швидкістю $v = 5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ паралельно до пластин плоского конденсатора довжиною $l = 1 \text{ см}$? Напруженість електричного поля $E = 100 \text{ В/м}$.

10 Яку напруженість електричного поля E треба прикласти між пластинами плоского конденсатора для того, щоб електрон змістився на 1 см ? Електрон рухається зі швидкістю $v = 10^6 \text{ м/с}$ паралельно до пластин конденсатора. Довжина пластин конденсатора $l = 5 \text{ см}$.

11* Протон влітає в плоский конденсатор паралельно до пластин зі швидкістю $v = 1,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$. Напруженість поля всередині конденсатора $E = 5 \text{ кВ/м}$. Довжина пластин конденсатора $l = 5 \text{ см}$. Визначити швидкість при вильоті з конденсатора.

12* Електрон рухається в плоскому горизонтально розміщеному конденсаторі паралельно до його пластин зі швидкістю $v = 2 \cdot 10^7 \text{ м/с}$. Напруженість поля всередині конденсатора $E = 10^3 \text{ В/м}$. Початкова

відстань між електроном і додатною пластиною $d=10$ мм. Яка повинна бути довжина пластин конденсатора, щоб електрон не вилетів з нього?

13* Пучок електронів, прискорених різницею потенціалів $\Delta\varphi=200$ В, влітає в конденсатор паралельно до пластин. Напруженість електричного поля в конденсаторі $E=5$ кВ/м. На скільки зміститься пучок в конденсаторі довжиною $l=2$ см?

14* Електрон влітає в плоский горизонтально розміщений конденсатор паралельно до пластин зі швидкістю $v=5 \cdot 10^6$ м/с. Різниця потенціалів між пластинами $\Delta\varphi=200$ В. Відстань між пластинами $d=2$ см. Знайти повне, нормальне і тангенціальне прискорення електрона через час $t=10^{-9}$ с після початку руху в конденсаторі.

15* Протон і α -частинка з однаковою швидкістю влітають в плоский конденсатор паралельно до пластин. У скільки разів відхилення протона полем конденсатора більше за відхилення α -частинки?

3.3.8 Енергія зарядженого конденсатора

1 Визначити об'ємну густину енергії конденсатора, зарядженого до різниці потенціалів $\Delta\varphi=20$ В, якщо відстань між обкладинками $d=2$ мм. Діелектрична проникність діелектрика $\epsilon=2$.

2 Обчислити повну енергію конденсатора з розмірами $d=0,2$ см, $S=0,5$ м², якщо об'ємна густина енергії його дорівнює $w=0,03$ Дж/м³.

3 Обчислити силу взаємодії пластин конденсатора з поверхневою густиною заряду $\sigma=2 \cdot 10^{-4}$ Кл/м², якщо між обкладинками знаходиться парафін ($\epsilon=2$). Площа обкладинок $S=0,2$ м².

4 Куля радіусом $R=20$ см заряджена до потенціалу $\varphi=20$ кВ. Знайти енергію зарядженої кулі.

5 Конденсатор має заряд $5 \cdot 10^{-8}$ Кл і заряджений до напруги 100 В. Визначити енергію конденсатора.

6 Конденсатор ємністю $5 \cdot 10^{-6}$ Ф має заряд $q=2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Визначити енергію зарядженого конденсатора.

7 Енергія зарядженого конденсатора дорівнює $W=0,2$ Дж. Ємність конденсатора $C=2 \cdot 10^{-6}$ Ф. Визначити різницю потенціалів між обкладинками.

8 Об'ємна густина енергії конденсатора $\omega=0,05$ Дж/м³. Площа пластин конденсатора $S=0,2$ м². Відстань між пластинами $d=2$ см. Визначити напругу на конденсаторі і напруженість електричного поля.

9 Пластини конденсатора площею $S=16$ м² притягуються з силою $F=0,1$ Н. Простір між пластинами заповнений парафіном ($\epsilon=2$). Визначити тиск, що діє на парафін.

10 Пластини конденсатора площею $S=10$ см² притягуються з силою $F=0,05$ Н. Визначити об'ємну густина енергії повітряного конденсатора.

11* Куля, занурена в нафту ($\epsilon=2$), має потенціал $\phi=5$ кВ і поверхневу густина заряду $\sigma=10^{-5}$ Кл/м². Визначити радіус кулі R , заряд q і енергію W кулі.

12* Ємність плоского конденсатора $c=100$ пФ. Діелектрик – фарфор ($\epsilon=8$). Конденсатор зарядили до різниці потенціалів $U=600$ В і відключили від джерела напруги. Яку роботу треба виконати, щоб витягти діелектрик з конденсатора?

13* Куля має поверхневу густина заряду $\sigma=0,5$ Кл/м². Потенціал кулі $\phi=50$ кВ. Визначити енергію зарядженої кулі.

14* Обчислити об'ємну густина енергії зарядженого конденсатора з поверхневою густиною заряду $\sigma=2 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Середовище – гас ($\epsilon=2$).

15* Простір між пластинами плоского конденсатора заповнений парафіном ($\epsilon=2$). Тиск пластин на діелектрик $P=5$ Па. Визначити об'ємну густина енергії W електричного поля в парафіні і напруженість електричного поля в конденсаторі.

3.4 Постійний струм

3.4.1 Струм. Опір

1 Визначити опір мідного дроту довжиною 100 м і поперечним перерізом $S=1$ мм².

2 Вольфрамова нитка електричної лампи при $t=0^{\circ}\text{C}$ має опір $R_1=35\text{ Ом}$. Який опір нитки при температурі $t=2000^{\circ}\text{C}$? Температурний коефіцієнт опору вольфраму $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

3 Визначити опір R залізного стержня діаметром $d=5\text{ мм}$ і масою $m=0,8\text{ кг}$.

4 Котушка мідного дроту має опір $R=10,8\text{ Ом}$. Діаметр дроту $d=1\text{ мм}$. Визначити довжину дроту.

5 Через поперечний переріз провідника проходить заряд $0,5\text{ Кл}$ за 5 секунд . Визначити силу струму.

6 Яка густина струму в провіднику, по якому тече струм 5 А , якщо площа поперечного перерізу провідника $S=2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$?

7 Густина струму в циліндричному провіднику становить $j=50\text{ А/м}^2$. Визначити струм в провіднику з поперечним перерізом $S=10^{-6} \text{ м}^2$.

8 Який заряд проходить по провіднику діаметром 2 мм за 15 секунд , якщо густина струму дорівнює $j=30\text{ А/м}^2$?

9 Визначити опір вольфрамової дротини довжиною $l=5\text{ м}$ і поперечним перерізом $S=0,02\text{ мм}^2$ при температурі $t=1000^{\circ}\text{C}$. Температурний коефіцієнт опору вольфраму $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, питомий опір вольфраму $\rho = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

10 Визначити густину струму в мідному провіднику поперечним перерізом $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, по якому проходить заряд $0,4\text{ Кл}$ за 10 секунд .

11* Скільки витків ніхромового дроту діаметром $d=0,5\text{ мм}$ намотано на фарфоровий циліндр радіусом $r=3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, якщо його опір $R=100\text{ Ом}$?

12* Два провідники однакової довжини і однакового матеріалу з'єднані послідовно. Діаметри провідників $d_1=0,1\text{ см}$ і $d_2=0,4\text{ см}$. До системи прикладена напруга $U=100\text{ В}$. Визначити спад напруги на кожному провіднику.

13* Два циліндричних провідники мають однакову довжину і однаковий опір. У скільки разів мідний дріт важчий за алюмінієвий?

14* Який струм створює електрон атома водню при своєму обертанні навколо ядра по орбіті, радіус якої дорівнює $r = 5,3 \cdot 10^{-11}$ м.

15.* Струм в провіднику змінюється з часом за рівнянням $I=4+2t^2$, де I – в амперах, t – в секундах. Яка кількість електрики проходить через поперечний переріз провідника за час від $t_1=2$ с до $t_2=5$ с? При якому постійному струмі I_0 через поперечний переріз провідника проходить та сама кількість електрики за той же час?

3.4.2 Закон Ома

1 Сила струму в колі гальванічного елемента дорівнює $I=0,2$ А. ЕРС елемента $\varepsilon=168$ В, спад напруги на зовнішній ділянці кола 18В. Визначити внутрішній опір елемента.

2 ЕРС елемента $\varepsilon=100$ В, спад напруги на зовнішній ділянці $U=20$ В. Опір зовнішньої ділянки $R=200$ Ом. Визначити струм в колі.

3 Вольтметр, підключений до джерела струму, показує напругу $U=118$ В. ЕРС джерела $\varepsilon=120$ В, внутрішній опір $r=50$ Ом. Визначити внутрішній опір вольтметра.

4 Знайти внутрішній опір джерела струму, якщо при зовнішньому опорі 2 Ом струм в колі 2 А. Електрорушійна сила джерела струму 8 В.

5 Напруга на зварювальному апараті 60 В, сила струму 120 А. Визначити опір електричної дуги.

6 Який внутрішній опір елемента, якщо його ЕРС дорівнює 1,2 В. При зовнішньому опорі 5 Ом струм дорівнює 0,2 А.

7 В гальванічному елементі ЕРС дорівнює 1,5 В, а внутрішній опір 0,8 Ом. Який струм проходить в колі, коли опір його зовнішньої частини становить $R=5,2$ Ом ?

8 Елемент з внутрішнім опором 1,5 Ом дає струм в колі $I=0,2$ А. ЕРС елемента $\varepsilon=9$ В. Який зовнішній опір кола?

9 Знайти спад напруги на мідному дроті довжиною $l=500$ м і діаметром $d=2$ мм, якщо струм в ньому $I=2$ А.

10 Вольтметр, підключений до джерела ЕРС 120 В із внутрішнім опором $r=5$ Ом, показує 119 В. Визначити внутрішній опір вольтметра.

11* Два опори $R_1=30$ Ом і $R_2=20$ Ом з'єднані паралельно і підключені до акумулятора, ЕРС якого $\varepsilon=14$ В. Струм в загальному колі $I=1$ А. Визначити струм короткого замикання.

12* Два провідники однакової довжини і однакового матеріалу з'єднані послідовно. Діаметри провідників $d_1=0,1$ см і $d_2=0,4$ см. До системи прикладена напруга $u=120$ В. Визначити спад напруги на кожному провіднику.

13* Визначити ЕРС джерела, якщо при зовнішньому опорі 10 Ом струм в колі $I=6$ А, а при опорі 15 Ом спад напруги на ньому 15 В.

14* Який внутрішній опір і ЕРС акумулятора, якщо при опорі зовнішнього кола $R_1=10$ Ом він дає величину струму $I_1=1$ А, а при опорі $R_2=25$ Ом – величину струму $I_2=0,5$ А.

15* Визначити кількість електронів, що пройшли за час $t=1$ с через поперечний переріз $S=1$ мм² залізного дроту довжиною $l=20$ м при напрузі на його кінцях $U=16$ В.

3.4.3 Правила Кірхгофа

1 Два однакових джерела струму (див. рис. 1) з'єднані назустріч один одному. ЕРС джерела $\varepsilon=1,2$ В, внутрішній опір $r=0,4$ Ом. Визначити силу струму в колі.

2 Два джерела струму $\varepsilon_1=1,2$ В і $\varepsilon_2=1,5$ В з внутрішнім опором $r_1=r_2=0,4$ Ом з'єднані послідовно. Визначити силу струму в колі.

3 Два джерела струму $\varepsilon_1=1$ В і $\varepsilon_2=1,2$ В (рис. 1) з'єднані паралельно. Визначити різницю потенціалів між точками A і B . Внутрішні опори елементів $r_1=r_2=0,5$ Ом.

4 Два джерела струму $\varepsilon_1=1,2$ В і $\varepsilon_2=1,8$ В з'єднані паралельно. Внутрішні опори елементів $r_1=r_2=0,4$ Ом, зовнішній опір $R=2$ Ом. Визначити стум через зовнішній опір.

5 Дві електричні плитки з'єднані паралельно. Струм через одну плитку $I=0,8$ А, через другу – $0,5$ А. Який струм береться з мережі?

6 Дві електричні плитки з'єднані паралельно. Струм в мережі $I=2$ А. Який струм тече через першу плитку, якщо через другу тече струм $I=0,9$ А?

7 Опір $R=4$ Ом підключено до двох паралельно з'єднаних джерел струму з ЕРС $\varepsilon_2=1,4$ В і внутрішніми опорами $r_1=0,6$ Ом і $r_2=0,4$ Ом. Який струм тече через опір R , якщо струм через друге джерело ε_2 дорівнює $I=1$ А (див. рис. 2)

8 Опір підключено до двох паралельно з'єднаних джерел струму. Який струм тече через ЕРС ε_2 , якщо струм через опір R дорівнює $I_R=0,4$ А, а струм через джерело ε , дорівнює $I_1=0,3$ А.

9 Опір R підключено до двох паралельно сполучених джерел. Визначити напругу на опорі R , якщо струм через е.р.с. ε_1 дорівнює $I_1=0,6$ А, а внутрішній опір цього елемента $r=0,4$ Ом (див. рис. 2).

10 Опір $R=5$ Ом підключено до двох паралельно сполучених елементів з ЕРС $\varepsilon_1=1,2$ В і $\varepsilon_2=1,4$ В та внутрішнім опором $r_1=r_2=0,4$ Ом. Визначити струм через перший елемент, якщо струм через опір R дорівнює $I=0,8$ А.

11* Опір $R=4$ Ом під'єднано до двох паралельно сполучених джерел струму. Визначити струм через опір, якщо струм через другий елемент $I_2=0,6$ А, е.р.с. $\varepsilon_2=1,5$ В, внутрішній опір $r_2=0,5$ Ом.

12* Опір $R=0,4$ Ом під'єднано до двох паралельно з'єднаних джерел струму $\varepsilon_1=2,2$ В, $\varepsilon_2=1,4$ В і внутрішнім опором $r_1=0,6$ Ом і $r_2=0,4$ Ом. Визначити величину струму в опорі R (див. рис. 2).

13* Два джерела струму $\varepsilon_1=2$ В, $\varepsilon_2=1,5$ В з'єднані паралельно і замкнуті на опір $R=0,5$ Ом. Визначити напругу на клеммах елементів, якщо внутрішні опори рівні $r_1=r_2=0,5$ Ом.

14* Визначити струми I_1 , I_2 , I_3 , I_4 в окремих вітках містка Уїтстона (див. рис. 3) при умові, що струм через гальванометр дорівнює нулю. ЕРС джерела $\varepsilon=2$ В, $R_1=30$ Ом, $R_2=45$ Ом, $R_3=200$ Ом; внутрішній опір джерела дорівнює $0,5$ Ом.

15.* Визначити напруги на резисторах $R_1=20$ Ом, $R_2=30$ Ом, $R_4=150$ Ом в містку Уїтстона (див. рис. 3), якщо струм через гальванометр дорівнює нулю. ЕРС генератора $\varepsilon=2$ В. Внутрішнім опором генератора можна знехтувати.

16* В містку Уїтстона (див. рис. 3) визначити струми I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , якщо струм через гальванометр дорівнює нулю. Опори відповідно рівні $R_2=45$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_4=150$ Ом. ЕРС джерела $\varepsilon=3$ В. Внутрішній опір джерела $r=0,4$ Ом.

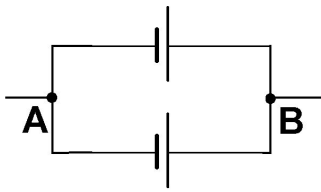


Рисунок 1

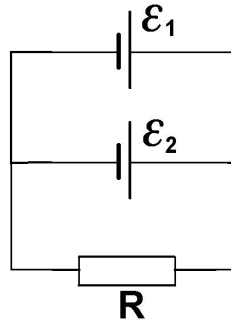


Рисунок 2

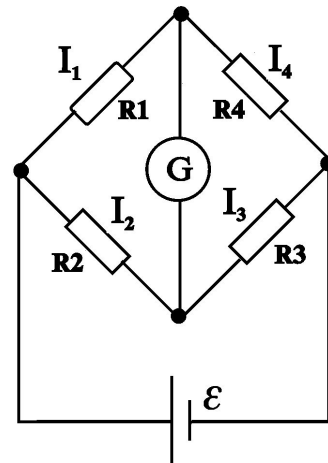


Рисунок 3

3.4.4 Робота. Енергія

1 Скільки ламп потужністю по 300 Вт, розрахованих на напругу 110 В, можна підключити паралельно в будинку, якщо проводка магістралі витримує силу струму $I=30$ А?

2 В мідних шинах поперечним перерізом 25 см^2 тече струм $I=250$ А. Визначити кількість теплоти, що виділяється в одиниці об'єму шини за одиницю часу.

3 Електричний чайник має нагрівник з опором $R=20$ Ом. Напруга в мережі 110 В. Яка кількість теплоти виділяється за 10 хвилин?

4 Електропід повинна виділяти 3000 Дж теплоти за 5 хвилин. Напруга в мережі 220 В. Який опір має під?

5 Електропід має потужність 200 Вт. Який струм тече обмоткою при напрузі в мережі 120 В?

6 Яку потужність має електрична плитка при напрузі в мережі 120 В, якщо опір спіралі 200 Ом?

7 Визначити опір електричної лампи потужністю 100 Вт при напрузі в мережі 120 В.

8 Трамвайний вагон споживає струм 100 А при напрузі 600 В. Яку роботу виконує двигун за 5 хвилин, якщо ККД двигуна 80 %?

9 Елемент, ЕРС якого дорівнює 6 В, дає максимальну силу струму 3 А. Визначити кількість теплоти, яка виділиться в усьому колі за 1 хвилину при короткому замиканні.

10 Яку потужність має лампочка при напрузі 120 В, якщо при напрузі 220 В вона має потужність 40 Вт?

11* Електрична під за 5 хвилин повинна випаровувати 1 кг води, взятої при 20°C . Яка повинна бути довжина ніхромової дротини поперечним перерізом $S=0,5 \text{ мм}^2$, якщо під працює під напругою 120 В і її ККД дорівнює 80 %?

12* Електродвигун працює від джерела струму з напругою 120 В. При зміні режиму роботи двигуна сила струму в його обмотці збільшилась на $\Delta I = 3$ А, а ККД двигуна зменшився на $\Delta \eta = 20$ %. Визначити опір обмотки двигуна.

13* До батареї (джерела струму) підключили один раз опір 16 Ом, а другий раз – 4 Ом. В обох випадках була однакова корисна потужність. Знайти внутрішній опір батареї.

14* ЕРС батареї $\varepsilon = 50$ В. Внутрішній опір $r = 1$ Ом. Зовнішня ділянка кола споживає потужність $P = 60$ Вт. Визначити опір зовнішньої ділянки кола і струм в колі.

15* За час $t = 20$ с при рівномірно зростаючій силі струму від нуля до деякого максимального значення в провіднику опором $R = 5$ Ом виділилась кількість теплоти $Q = 4$ кДж. Визначити швидкість зростання сили струму.

3.4.5 Шунт. Додатковий опір

1 Амперметр має опір 0,1 Ом. До нього приєднаний шунт опором $R_{ш} = 0,05$ Ом. Струм в колі 8 А. Який струм проходить через амперметр?

2 Для збільшення меж вимірювання амперметра в 5 разів до нього приєднали шунт ($R_{ш} = 0,02$ Ом). Який внутрішній опір амперметра?

3 Який шунт треба приєднати до амперметра з опором $R_A = 0,5$ Ом, щоб збільшити межі вимірювання амперметра з 1 А до 4 А?

4 Який струм в колі, якщо амперметр показує 0,5 А. До амперметра паралельно приєднано опір $R = 0,01$ Ом. Внутрішній опір амперметра $R_A = 0,2$ Ом?

5 Струм в колі 0,6 А. До амперметра опором $R_A = 0,2$ Ом під'єднано шунт $R_{ш} = 0,005$ Ом. Який струм проходить через амперметр?

6 Який додатковий опір треба приєднати до вольтметра опором 2000 Ом, щоб вимірювати напругу до 100 В? Вольтметр розрахований на напругу 50 В.

7 Додатковий опір, сполучений послідовно з вольтметром дорівнює 4000 Ом. Опір вольтметра $R_V=2000$ Ом. У скільки разів збільшиться верхня межа вимірювання вольтметра?

8 При послідовному з'єднанні вольтметра опором $R_V=1000$ В з додатковим опором 3000 Ом збільшилась межа вимірювання напруги. Яку напругу вимірює вольтметр з додатковим опором, якщо він розрахований на 7,5 В?

9 Який опір вольтметра, якщо приєднання додаткового опору $R_d=2500$ Ом збільшило межу вимірювання в 4 рази?

10 Вольтметр розрахований на вимірювання напруги 10 В. Для збільшення межі вимірювання до 100 В до нього приєднали додатковий опір $R=3000$ Ом. Який опір вольтметра?

11* Паралельно до амперметра, опір якого $R_A=0,03$ Ом, під'єднано мідний провід довжиною 10 см і діаметром $d=1,5$ мм. Визначити силу струму в колі, якщо через амперметр проходить струм $I_A=0,4$ А. Питомий опір міді $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

12* Якщо вольтметр з'єднаний послідовно з резистором, опір якого $R=10$ кОм, то при напрузі $u=120$ В він покаже $u_1=50$ В. Якщо його з'єднати послідовно з невідомим опором, то при тій самій напрузі він покаже $u_2=10$ В. Визначити опір невідомого резистора.

13* Як з гальванометра з ціною поділки $i_0=10$ мкА/под. зробити вольтметр для вимірювання напруги до 100 В, якщо шкала приладу має $n=100$ поділок, а внутрішній опір гальванометра 100 Ом ?

14* Гальванометр має 100 поділок, ціна поділки $i_0=20$ мкА. Внутрішній опір $r=100$ Ом. Як зробити з нього амперметр для вимірювання струму до 1 А?

15* Міліамперметр, опір якого дорівнює 0,16 Ом, зашунтований опором 0,05 Ом. Амперметр показує струм 10 А. Який струм проходить через шунт і яка напруга прикладена до шунта?

3.4.6 Струм в металах, напівпровідниках

1 Визначити густину струму в провіднику з електронною провідністю, якщо концентрація електронів $n=1,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$, швидкість дрейфу електронів в електричному полі $U_{др}=0,001 \text{ м/с}$.

2 Визначити середню швидкість впорядкованого руху електронів в мідному провіднику діаметром 0,5 см, якщо концентрація вільних електронів в провіднику 10^{28} м^{-3} і сила струму в ньому 10^4 А .

3 Визначити у скільки разів зменшиться питомий опір чистого напівпровідника при підвищенні температури з $T_1=300 \text{ К}$ до $T_2=600 \text{ К}$, якщо енергія активації $E=3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Стала Больцмана $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$.

4 Користуючись класичною теорією провідності, визначити середню швидкість напрямленого руху електронів в металі, якщо концентрація електронів дорівнює $n=1,8 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$, а густина струму $j=5 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$.

5 Яка концентрація електронів в металі, якщо густина струму $j=3,2 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$, а швидкість дрейфу електронів $U_{др}=10^{-4} \text{ м/с}$.

6 У скільки разів збільшиться концентрація вільних електронів в чистому напівпровіднику при збільшенні температури з 300 К до 600 К, якщо енергія активації $E=10^{-20} \text{ Дж}$?

7 Визначити концентрацію електронів провідності в напівпровіднику при температурі 400 К, якщо стала $A=10^{20} \text{ м}^{-3}$, енергія активації $\Delta E=1,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

8 Визначити енергію активації напівпровідника, якщо при температурі 300 К утворилось 10^{21} пар електронів і дірок. Стала $A=10^{20} \text{ м}^{-3}$.

9 У скільки разів зміниться питомий опір металу при підвищенні термодинамічної температури в 4 рази? Вважати концентрацію електронів і довжину їх вільного пробігу сталими.

10 Визначити струм в металічному провіднику діаметром 1 мм, якщо швидкість напрямленого руху електронів дорівнює 0,1 м/с, а концентрація вільних електронів – $2 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

11* Визначити середню швидкість впорядкованого руху електронів в мідному провіднику при силі струму $I=10$ А і поперечному перерізі провідника $S=1$ мм². Прийняти, що на кожний атом міді припадає два електрони провідності.

12* По мідному провіднику перерізом $0,1$ мм² тече струм $0,015$ А. Визначити, з якою силою електричне поле діє на окремі електрони.

13* Визначити кількість електронів, що проходять за час $t=1$ с через поперечний переріз $S=2 \cdot 10^{-6}$ мм², залізного дроту довжиною $l=20$ см при напрузі на її кінцях $U=16$ В.

14* Визначити питомий опір металу, концентрація електронів в якому $n=10^{27}$ м⁻³, швидкість дрейфу електронів в електричному полі $v_{др} = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м/с, а напруженість електричного поля дорівнює $E=5 \cdot 10^2$ В/м. Яка густина струму в провіднику?

15* Мідний провідник перерізом $0,2$ мм² рухається зі швидкістю 1 м/с перпендикулярно до площі поперечного перерізу. Який струм пройде по провіднику при різкому його гальмуванні, якщо кінці провідника замкнуті?

3.4.7 Термоелектричні явища

1 Визначити контактну різницю потенціалів двох металів. Робота виходу з першого металу $A_1=8 \cdot 10^{-19}$ Дж, з другого – $A_2=2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Концентрації електронів відповідно $n_1 = 4 \cdot 10^{25}$ м⁻³, $n_2 = 2 \cdot 10^{25}$ м⁻³. Температура $t=20$ °С. Стала Больцмана $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

2 Контактна різниця потенціалів двох металів дорівнює $\Delta\varphi=5 \cdot 10^{-3}$ В. Відношення концентрацій електронів в металах дорівнює одиниці при температурі 27 °С. Визначити різницю робіт виходу в металах. Стала Больцмана $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

3 Визначити температуру при якій контактна різниця потенціалів двох металів дорівнює $\Delta\varphi=5\cdot10^{-3}$ В. Різниця робіт виходу

$A_1 - A_2 = 3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Відношення концентрацій електронів $\frac{n_1}{n_2} = 2,72$, стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, заряд електрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

4 Визначити контактну різницю потенціалів двох металів, якщо роботи виходу електронів відповідно дорівнюють $A_1 = 6 \cdot 10^{-19}$ Дж, $A_2 = 2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Відношення концентрацій електронів

в металах дорівнює $\frac{n_1}{n_2} = 1$. Стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, заряд електрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

5 Визначити термоелектрорушійну силу термопарі „мідь – константан” при температурі контантів $t_1 = 20$ °С і $t_2 = 70$ °С. Стала

термопарі $\alpha = \frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} = 42,5$ мкВ/К.

6 Визначити відношення концентрацій електронів в термопарі „мідь – константан”, якщо термоелектрорушійна сила при різниці температур спаїв $\Delta T = 100$ К дорівнює 4,25 мВ. Стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Заряд електрона дорівнює $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

7 Визначити сталу термопарі, якщо при різниці температур контактів 20 К виникає термоелектрорушійна сила 1 мВ.

8 Який струм проходить через амперметр, з’єднаний з термопарою, якщо різниця температур спаїв $\Delta T = 100$ К, стала термопарі $\alpha = 42,5 \cdot 10^{-6}$ В/К. Опір кола $R = 0,5$ Ом.

9 Визначити опір кола з термопарою, якщо струм дорівнює $0,25 \cdot 10^{-3}$ А при різниці температур 100К, стала термопарі $\alpha = 42,5 \cdot 10^{-6}$ В/К.

10 Який струм в колі з термопарою, якщо $\alpha = 30$ мкВ/К, різниця температур $\Delta T = 45$ К, опір кола $R = 5$ Ом.

11* В коло гальванометра ввімкнена термопара, яка складається з мідної та константанової дротин довжиною по 1 м і діаметром 0,2 мм. На скільки поділок відхилиться стрілка

гальванометра, якщо спай нагріти на 50 К порівняно з навколишнім середовищем. Ціна поділки гальванометра $c=10^{-6}$ А/под, стала термопар $\alpha=40$ мВ/К.

12* Термоелемент „мідь – константан” дає термоелектрорушійну силу $E=10^{-5}$ В. Визначити різницю температур спаїв термоелемента, якщо опір термоелемента і підвідних проводів $R=40$ Ом. Гальванометр показує струм $7,8 \cdot 10^{-6}$ А. Опір гальванометра $R_2=320$ Ом. Стала термопар $\alpha=40$ мВ/К.

13* Яку мінімальну зміну температури можна зафіксувати термопарою з питомою термоелектрорушійною силою $\alpha=4,2 \cdot 10^{-5}$ В/К, якщо вимірювальним приладом є гальванометр з ціною поділки 10^{-8} А/поділку і опором $R=15$ Ом? Опір термопар 5 Ом.

14* Визначити опір гальванометра, до якого приєднана термопара „вісмут–залізо”, що має опір 5 Ом. Стала термопар $\alpha=92 \cdot 10^{-6}$ В/К. Гальванометр показує струм 0,1 мА. Різниця температур спаїв 50 К.

15* Для визначення температури печі в неї вставлена термопара „нікель–ніхром” (стала термопар $\alpha=0,5 \cdot 10^{-6}$ В/К), приєднана до гальванометра з внутрішнім опором $r=1000$ Ом. Покази гальванометра $I=30 \cdot 10^{-5}$ А. Температура холодного спаю $t_2=15$ °С. Чому дорівнює температура t_1 печі?

3.4.8 Струм в рідинах, вакуумі, газі

1 Визначити струм насичення електронної лампи, якщо площа катода $S=4$ мм², температура катода $T=1800$ К. Робота виходу електронів $A_0=0,2$ еВ. Стала Річардсона-Дашмена

$$B = 5 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^2}$$

2 В електронній лампі електрони вилітають з катода (у вигляді прямої нитки) і рухаються до анода (у вигляді циліндра, віссю якого є ця нитка). Визначити густину струму поблизу анода за

таких умов. Струм $I=3$ мА, довжина циліндра $l=2,5$ см, діаметр циліндра $d=1$ см.

3 В електронній лампі електрони рухаються від катода (у вигляді нитки) до анода (у вигляді циліндра). Визначити густину струму поблизу катода, якщо довжина нитки $l=2$ см, а діаметр нитки $d=0,02$ мм. Анодний струм $I=2$ мА.

4 При якій температурі металу почнеться термоелектронна емісія, якщо робота виходу дорівнює $0,2$ еВ? При розв'язку використовувати для електронів співвідношення кінетичної теорії газів.

5 Виріб при електролізі був покритий шаром срібла товщиною $0,01$ мм за 10 годин. Яка була густина струму під час сріблення?

6 При електролізі розчину сірчанокислового цинку на протязі 60 хвилин виділилось $m=2,45$ г цинку. Визначити опір розчину, якщо напруга між електродами $U=100$ В. Цинк вважати одновалентним.

7 Між плоскими електродами площею 100 см² за 1 секунду іонізатором створюється $5 \cdot 10^9$ пар іонів в 1 см³. Відстань між електродами 10 см. Визначити величину струму між електродами, якщо кожен іон має елементарний заряд.

8 В розрядній трубці появилось свічення водню. Яка швидкість електронів, що викликає іонізацію водню? Напруга 300 В.

9 При іонізації атомів гелію виконується робота $A=24,5$ еВ. Визначити потенціал іонізації атомів гелію.

10 Який струм проходить в іонізаційній камері при напрузі $U=20$ В, що відповідає закону Богуславського–Ленгмюра? Коефіцієнт $\alpha=0,2$ А/В^{3/2}.

11* При електролізі розчину сірчаної кислоти за час $t=50$ хвилин виділилось $m=0,3$ г водню. Визначити потужність, що споживається розчином, якщо його опір $R=0,4$ Ом.

12* При іонізації повітря утворились одновалентні іони з рухливостями $u^+ = 1,38 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В), $u^- = 4,91 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В). Визначити напруженість електричного поля в повітрі, якщо концентрація іонів $n = 1,2 \cdot 10^{15}$ 1/м³, а густина струму $j = 1,3 \cdot 10^{-6}$ А/м².

13* У скільки разів струм насичення в лампі з катодом з тарованого вольфраму більший, ніж струм в лампі з чистим

вольфрамом при однаковій температурі $T=1800$ К, якщо емісійна

стала для чистого вольфраму $B_1 = 0,6 \cdot 10^6 \frac{\text{А}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^2}$, а для тарованого

чистого вольфраму $B_2 = 0,3 \cdot 10^7 \frac{\text{А}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^2}$?

14* Скільки атомів двохвалентного металу виділиться на 1 см^2 поверхні електрода за 5 хвилин при густині струму 10 А/м^2 ?

15* Визначити опір трубки довжиною 84 см і площею поперечного перерізу 5 мм^2 , якщо вона заповнена повітрям, іонізованим так, що в кожному см^3 його знаходиться при рівновазі 10^7 пар іонів. Іони одновалентні. Рухливість іонів рівна

$$u^+ = 1,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}} ; u^- = 1,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}} .$$

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізика: У 3-х т. – К.: Вища школа, 1987-1991.

2 Трофимова Т.І. Курс фізики. – М.: Высшая школа, 1990.

3 Галушак М.О. Курс фізики. Фізичні основи механіки. – К.: УМКВО, 1991.

4 Галушак М.О., Антощук А.І., Подвальних Г.С., Фреїк Д.М. Курс фізики. Основи молекулярної фізики і термодинаміки. – К.: УСЛОУ, 1993.

5 Галушак М.О. Курс загальної фізики. Кн. 1. – Івано-Франківськ: Факел, 2000.

6 Лопатинський І.С. Курс фізики. Фізика для інженерів. – Л.: Бескид-Біт, 2002.

7 Бушок Г.Ф. та ін. Курс фізики. Кн. I, II. – К.: Либідь, 2000.

8 Зарін П.П. Курс загальної фізики. Конспект лекцій. – Івано-Франківськ: Факел, 2003.

9 Пустогов В.І. Загальна фізика. Електрика і магнетизм: Конспект лекцій. – Івано-Франківськ: Факел, 2002.

10 Пустогов В.І. Загальна фізика. Коливання і хвилі: Конспект лекцій. – Івано-Франківськ: Факел, 1997.

11 Пустогов В.І. та ін. Збірник задач з фізики. – Івано-Франківськ: Факел, 1997.

12 Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Додаток А
Взірець титульної сторінки

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу

Кафедра загальної і прикладної фізики

Зараховано
„___” _____ 2011 р.

Контрольна робота з загальної фізики № ____

Варіант № ____

Виконав ст. гр. ВТ-10-1
Бойко В.С.

м. Івано-Франківськ
2011