

**Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний
університет імені К. Д. Ушинського»**

Кафедра фізики

**Методичні рекомендації для самостійної роботи з дисципліни
«Загальна фізика. Розділи «Механіка. Молекулярна фізика і
термодинаміка»»**

**[для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань 01 Освіта / Педагогіка спеціальності
014.09 Середня освіта (Інформатика)
додаткові спеціальності 014.08 Середня освіта (Математика),
014.02 Середня освіта (Мова і література (англійська))]**

Одеса, 2021

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, ОПП, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни		
			денна форма	заочна форма	
денна форма	заочна форма	Галузь знань 01 Освіта / Педагогіка	Статус дисципліни: обов'язкова		
кількість кредитів 4	кількість кредитів 4				
Змістових модулів		ОПП Середня освіта (Фізика) Спеціальність 014.09 Середня освіта (Інформатика) додаткові спеціальності 014.08 Середня освіта (Математика), 014.02 Середня освіта (Мова і література (англійська))	Мова навчання: українська		
6	6		Рік навчання:		
Загальна кількість годин 120			1-й		2-й
			Семестр:		
			1-й	3-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,4 самостійної роботи студента – 4,7		Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)	Лекції		
			14 год.	4 год.-	
			Практичні		
			18 год.	4 год	
			Лабораторні		
			8 год.	2 год.	
			Самостійна робота		
			80 год.	110 год	
Вид контролю: екзамен					
екзамен		екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 33% /67%

для заочної форми навчання 8%/ 92 %

ВСТУП

Мета та завдання навчальної дисципліни: формування теоретичної бази знань студентів з основ механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, цілісного уявлення про фізичні явища, принципи, ідеї, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, практичних навичок застосування набутих знань на практиці, зокрема при розв'язуванні задач різного рівня складності й роботі з відповідними приладами.

Передумови для вивчення дисципліни: для вивчення розділів «Механіка» і «Молекулярна фізика і термодинаміка» навчальної дисципліни «Загальна фізика» студенти мають опанувати знання з навчальної дисципліни: розділів «Механіка» і «Молекулярна фізика і термодинаміка» курсу загальної фізики.

Очікувані програмні результати навчання (ПРН)

ПРН 1. Знання, усвідомлення, здатність до відображення у фаховій практичній діяльності фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики.

ПРН 3. Уміння виділяти, чітко формулювати та знаходити шляхи до розв'язання фахових задач різного ступеня складності, у тому числі, з використанням різних інформаційних ресурсів.

ПРН 13. Здатність дотримуватися норм охорони життя і здоров'я учнів під час освітнього процесу та позаурочних заходів.

ПРН 21. Спроможність використовувати теоретичні та практичні знання курсу фізики до розв'язання будь-яких задач шкільного курсу фізики.

ПРН 28. Уміння та навички по організації роботи в фізичній лабораторії, дистанційної, самостійної, позакласної та позашкільної роботи з фізики з використанням сучасних методологічних підходів, інноваційних прийомів та засобів у навчанні та вихованні.

ПРН 29. Уміння вільно, відповідально й безпечно використовувати фізичне обладнання, а також спроможність навчити цьому учнів.

Очікувані результати навчання дисципліни.

Здобувач вищої освіти:

1) знає сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються механічні і теплові явища;

2) розуміє сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки;

Здобувач вищої освіти вміє:

1) аналізувати механічні та теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань;

2) чітко формулювати та знаходити шляхи до розв'язання задач різного ступеня складності з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки доцільним чином інтегруючи знання з різних галузей відповідних наук, застосовувати при розв'язанні задач відповідні математичні методи;

3) знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, застосовувати сучасні інформаційні технології при виконанні практичних завдань;

4) використовувати теоретичні та практичні знання до розв'язання будь-яких задач з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки шкільного курсу фізики.

5) проводити експериментальні дослідження, зокрема, в лабораторії під час фізичного практикуму, організовувати самостійну роботу з використанням сучасних технологій і засобів навчання;

6) дотримуватися норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторії молекулярної фізики і термодинаміки, відповідально й безпечно використовувати фізичне обладнання.

Унаслідок досягнення результатів навчання здобувачі вищої освіти у контексті змісту навчальної дисципліни мають опанувати **такі компетентності:**

ІК: здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів педагогіки та фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу загальноосвітньої школи.

Загальні компетентності:

ЗК 3. Здатність доцільно використовувати отримані знання у фаховій діяльності.

ЗК 4. Здатність генерувати нові ідеї, вирішувати проблеми професійної діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

ФК 1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів фізики при вирішенні професійних завдань.

ФК 5. Здатність до організації роботи у фізичній лабораторії, дистанційної, самостійної, позааудиторної роботи з фізики.

ФК 9. Здатність володіти термінологією за фахом та комунікативно-мовленнєвими засобами.

Міждисциплінарні зв'язки: математичний аналіз, диференціальні та інтегральні рівняння, теорія ймовірностей і математична статистика, інформатика.

Критерії оцінювання

Критерії оцінювання за різними видами роботи

Види роботи	Бали	Критерії
Лабораторна робота	0 балів	Відсутність протоколу виконання лабораторної роботи.
	1 бал	Наявність усіх необхідних елементів протоколу виконання лабораторної роботи, робота містить певні неточності, помилки.
	2 бали	Наявність усіх необхідних елементів протоколу виконання лабораторної роботи, всі завдання виконано правильно, відповіді обґрунтовані, логічно побудовані.
Практичне заняття	0 балів	Здобувач освіти не бере участі в практичному занятті, є лише спостерігачем. Не готується до заняття.
	1 бал	Студент бере активну участь у практичному занятті, розв'язанні задач, аналізі результатів, висловлює власні міркування, наводить доцільні приклади.
КМР	0 балів	Відповідь на запитання відсутня або невірна.
	1 бал	Дана вірна відповідь на тестове завдання.
Самостійна робота	0 балів	Здобувач освіти не виконав завдання до теми, винесеної на самостійне опрацювання.
	1 бал	Здобувач освіти підготував есе, стислу доповідь з питання, винесеного на самостійне опрацювання, методичне портфоліо, але тема повністю не розкрита, є помилки.
	2 бали	Тема в основному розкрита, але є незначні помилки.
	3 бали	Тема повністю розкрита.

Критерії оцінювання підсумкового контролю (екзамену)

Бали	Критерії
0 балів	Відповіді на запитання відсутні.
1-5 балів	Відповіді на запитання неповні, невпевнені. Відсутні приклади практичного використання.
6-10 балів	Здобувач вищої освіти не вміє логічно думати, робити власні висновки. Відповіді на запитання формальні, книжкові. Не наведено прикладів практичного використання.
11-15 балів	Відповіді на запитання загалом правильні, проте наявні помилки у визначеннях. Здобувач вищої освіти намагається робити власні висновки, наводить приклади практичного використання.
16-20 балів	Здобувач вищої освіти виявляє знання фундаментальних й прикладних аспектів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, уміє розмірковувати, робити власні висновки. Відповіді на запитання повні, обґрунтовані, логічно побудовані, з прикладами практичного використання.

Критерії оцінювання за всіма видами контролю

Сума балів	Критерії оцінки
Відмінно (90 – 100 А)	Здобувач вищої освіти має ґрунтовні знання про сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються механічні і теплові явища. Усні відповіді повні, логічні й обґрунтовані. На високому рівні виявляє розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка». Вміє аргументовано аналізувати механічні і теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань; Чітко формулює та самостійно знаходить шляхи до розв’язання задач різного ступеня складності з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, доцільним чином інтегруючи знання з різних галузей відповідних наук й

	застосовуючи при розв'язанні задач відповідні математичні методи. Самостійно знаходить, обробляє й аналізує інформацію з різних джерел та творчо використовує її при виконанні практичних завдань з застосуванням сучасних інформаційних технологій. Вдало використовує теоретичні та практичні знання механіки та молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання задач підвищеної складності шкільного курсу фізики. На високому рівні проводить експериментальні дослідження, зокрема, в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки під час фізичного практикуму, ефективно організує самостійну роботу з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторії механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Добре (82-89 В)	Здобувач вищої освіти має достатні знання про сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються теплові явища. Усні відповіді повні, логічні, натомість не завжди обґрунтовані. В цілому виявляє розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки. Іноді виявляє невпевненість при аналізі механічних і теплових явищ і процесів з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Вміє формулювати та знаходити шляхи до розв'язання задач різного ступеня складності з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, доцільним чином інтегруючи знання

	з різних галузей відповідних наук, але подекуди при розв'язанні задач потребує допомоги в застосовуванні відповідних математичних методів. Вміє самостійно знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, проте не виявляє творчого підходу при застосовуванні сучасних інформаційних технологій при виконанні практичних завдань. На достатньому рівні виявляє вміння використовувати теоретичні та практичні знання з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання передбачених програмою задач шкільного курсу фізики. Виявляє вміння проводити експериментальні дослідження, але під час фізичного практикуму в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки іноді потребує допомоги викладача, має навички організації самостійної роботи з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Добре (74-81 С)	Здобувач вищої освіти має достатні знання про сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються механічні, молекулярні і термодинамічні явища. Проте при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Не завжди виявляє розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки.

	На середньому рівні виявляє вміння аналізувати механічні та молекулярні і термодинамічні явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Вміє розв'язувати стандартні задачі з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки доцільним чином інтегруючи знання з різних галузей відповідних наук, натомість розв'язання нестандартних задач викликає певні труднощі. Самостійно знаходить інформацію з різних джерел, проте іноді потребує допомоги при її обробленні та аналізі, застосуванні сучасних інформаційних технологій при виконанні завдань. На достатньому рівні виявляє вміння використовувати теоретичні та практичні знання механіки та молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання стандартних задач шкільного курсу фізики. При проведенні експериментальних досліджень під час фізичного практикуму в лабораторіях механіки і молекулярної фізики і термодинаміки іноді потребує допомоги викладача, має незначні ускладнення в організації самостійної роботи з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Задовільно (64-73 D)	Здобувач вищої освіти має недостатні знання про сутність механічних та молекулярних і термодинамічних явищ, ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, основні поняття, закони, співвідношення між величинами. Усні відповіді не повні, здобувач вищої освіти ускладнюється в їх обґрунтуванні. Загалом розуміє сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів

	механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, проте зазнає певних труднощів у наведенні й поясненні конкретних прикладів. Не завжди виявляє вміння аналізувати механічні і теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Вміє за алгоритмом розв'язувати типові задачі з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки. Натомість має значні труднощі при розв'язанні нестандартних задач. Самостійно знаходить інформацію з різних джерел, але потребує допомоги при її обробленні та аналізі, має елементарні, нестійкі навички застосування сучасних інформаційних технологій при виконанні практичних завдань. На задовільному рівні виявляє вміння використовувати теоретичні та практичні знання механіки та молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання стандартних задач шкільного курсу фізики. При проведенні експериментальних досліджень під час фізичного практикуму в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки постійно потребує допомоги викладача, має ускладнення в організації самостійної роботи з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Задовільно (60-63 E)	Здобувач вищої освіти на репродуктивному рівні має знання про сутність механічних та молекулярних і термодинамічних явищ, ідей, що складають основу сучасного вчення про механіку та молекулярну фізику і термодинаміку, основні поняття, закони, співвідношення між величинами. При

	поясненні механічних та теплових явищ припускається суттєвих помилок. На низькому рівні розуміє сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки. Не виявляє здатності аналізувати механічні та теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Виявляє часткові вміння розв'язувати нескладні типові фізичні задачі, але частину практичних завдань з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки здатен розв'язувати тільки за допомогою викладача, припускається істотних помилок при їх розв'язанні. Вміє користуватися різними джерелами інформації, але потребує допомоги в аналізі одержаної інформації, має елементарні, нестійкі навички виконання практичних завдань з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки з використанням сучасних інформаційних технологій. Припускається помилок при розв'язанні стандартних задач з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки шкільного курсу фізики. При проведенні експериментальних досліджень, зокрема, під час фізичного практикуму в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки постійно потребує допомоги викладача, не володіє навичками організації самостійної роботи з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторіях механіки та молекулярної фізики і термодинаміки.
Незадовільно (35-59 FX)	Здобувач вищої освіти має фрагментарні знання про сутність механічних та молекулярних і термодинамічних явищ, ідей, що складають основу сучасного вчень про механіка та

	молекулярну фізику і термодинаміку, основні поняття, закони, співвідношення між величинами. Усні відповіді часткові, не обґрунтовані. Не розуміє й не усвідомлює сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділів «Механіка» та «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів механіки та молекулярної фізики і термодинаміки. Не здатний аналізувати механічні та молекулярні і термодинамічні явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Переважно не здатний до самостійного розв'язання фізичних задач з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки. Не вміє опрацьовувати інформацію з різних джерел, не володіє навичками застосування сучасних інформаційних технологій при виконанні завдань. Припускається суттєвих помилок при розв'язанні типових задач з механіки та молекулярної фізики і термодинаміки шкільного курсу фізики. Не здатний самостійно проводити експериментальні дослідження, потребує нагадування про норми охорони здоров'я та безпечного застосування фізичного обладнання.
--	---

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Контрольні модульні роботи, усне опитування, виконання завдань лабораторних робіт, розв'язок задач, екзамен.

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Модуль 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка

1.1. Розділ «Механіка»

Змістовий модуль 1. Кінематика і динаміка матеріальної точки

Тема 1. Вступ. Матерія і рух, простір і час. Предмет і завдання класичної механіки. Фізичні величини та їх вимірювання.

Відомості для самостійного опрацювання до теми 1.

Предмет та завдання механіки Механіка походить від грецького слова μηχανή (механе) – машина, конструкція – наука, що вивчає переміщення тіл або їх частин один відносно одного. Завдання механіки – експериментальне дослідження різних рухів, узагальнення отриманих даних у вигляді законів, на підставі яких можна передбачити рух у кожному конкретному випадку. Рух усіх матеріальних тіл відбувається в просторі і в часі. Крім того, всі тіла мають власні розміри і займають певне місце у просторі. З часом і розміри, і взаємне розташування тіл можуть змінюватись. Для експериментального вивчення рухів треба вміти визначати розміри тіл та просторові координати їх положення і тривалість руху. Щоб узагальнити отримані дані і передбачати рух тіл і частинок у вигляді закономірностей, необхідні уявлення про властивості простору і часу і про самі тіла. А для цього необхідно вміти будувати певні фізичні моделі явищ, що вивчаються. Простір і геометрія Всі матеріальні тіла мають протяжність, займають певне місце в просторі, розташовуються певним чином один відносно одного. Ці найбільш загальні властивості матеріальних тіл відобразились у вигляді поняття простору, а математичне формулювання цих властивостей було виражене у вигляді системи геометричних понять і зв'язків між ними. Формування геометрії як науки було завершено 2,5 тисяч років тому Евклідом. Пізніше деякі вчені і філософи надали поняттю простору самостійне значення. Геометрія, що базується на ряді аксіом, сформульованих Евклідом, називається геометрією Евкліда. В рамках цієї геометрії сума кутів трикутників 16 дорівнює 180° , відношення довжини кола до його діаметру дорівнює числу π , виконується теорема Піфагора і так далі. Простір, в якому все це виконується, називається простором Евкліда. Простір Евкліда безмежний, однорідний і ізотропний. Під однорідністю простору розуміють еквівалентність, подібність усіх його точок, їх однаковість, рівноправність. Під ізотропністю простору розуміють еквівалентність усіх напрямків в просторі. Уявлення про однорідність

простору виникає з того факту, що результат експерименту за всіх інших рівних умов не залежить від місця розташування лабораторної установки. Ізотропність простору проявляється в тому, що результати експерименту за всіх інших рівних умов не залежать від повороту в просторі експериментальної установки або самого простору відносно установки. Саме такий простір використав Ньютон як модель абсолютного простору в його механістичній картині світу. Отже, ньютонівський простір – це модель реального простору, яка прийнята в класичній механіці. Ньютонівський простір 3-вимірний. Кількісне положення матеріальної точки в ньютонівському просторі задається процедурою арифметизації простору за допомогою системи координат. Тривимірність простору означає, що положення точки визначається трійкою незалежних чисел – трьома координатами: x, y, z . Арифметизація простору – це спосіб завдання відстані між двома точками в просторі Евкліда – завдання так званої метрики простору, яка визначається теоремою Піфагора. Простір, в якому метрика задана таким чином, є плоским, тобто воно не має кривизни. Між тим, у рамках загальної теорії відносності (ЗТВ), розробленої Ейнштейном, допускається викривлення простору. Геометрія його перестає бути Евклідовою. Розробкою геометрії викривлених просторів займалися Н. Лобачевський, К. Гаус, Б. Риман. Прикладом такого простору може бути викривлений простір поверхні кулі. Аналогом прямих ліній – ліній найкоротшої відстані AB, AC, BC – можуть служити дуги великих кругів AB, AC, BC . Ясно, що для викривленого трикутника ABC не виконується теорема Піфагора, а сума внутрішніх кутів більше 180° . Відхилення від евклідовості в цьому прикладі пов'язані з тим, що поверхня кулі має деяку кривизну. Порушення евклідовості світового простору спостерігається на відстанях, порівнянних з розміром видимої частини Всесвіту 10^{26} м). Це викривлення реального простору обумовлене взаємним гравітаційним тяжінням тіл Всесвіту, що знаходяться в об'ємі сфери радіусу 10^{26} м, спостерігаються також і локальні порушення евклідовості поблизу великих гравітаційних мас наприклад, поблизу Сонця. Сучасні уявлення про евклідовість простору базуються на спостереженнях віддалених об'єктів, вимірі флуктуацій реліктового випромінювання і висновках теорії великого вибуху і розширюваного Всесвіту. Концепція розширюваного Всесвіту була підтверджена спостереженнями астронома Е. Хаббла. Він встановив, що Галактики і їх скупчення віддаляються один від одного із швидкістю, пропорційною відстані між ними. З цією теорією перекликається теорія великого вибуху Г. Гамова. Згідно з нею, був момент, коли вся речовина Всесвіту знаходилася в надщільному нестійкому стані. Через це розміри Всесвіту почали збільшуватися за експоненціальним законом і за короткий час

Всесвіт «роздувся», розрісся до дуже великих розмірів. Дослідження підтвердили наявність реліктового випромінювання, передбаченого Г. Гамовим. Викривлена поверхня кулі, яке відокремилося від речовини і охолонуло до 10^{-3} К [14]. За даними космічної обсерваторії WMAP температура реліктового випромінювання 2.72548 ± 0.00057 К. Всі ці дослідження дали можливість стверджувати, що простір можна вважати плоским аж до відстаней метрів, близьких до розміру Всесвіту, не виключаючи кривини поблизу тяжіючих мас (яке дуже мале, але підтверджується експериментально). На малих відстанях, приблизно рівних розмірам атомного ядра, простір також евклідовий, про що свідчать результати експериментів з елементарними частинками. Тільки на відстанях приблизно 10^{-35} метрів можна очікувати істотного відхилення простору від евклідовості. Час. Всі механічні процеси і явища здійснюються не лише в просторі, але і в часі. Світ, що оточує нас, знаходиться в процесі постійних змін. Процеси відбуваються в певній послідовності; кожен з процесів має певну тривалість. Світ знаходиться в постійному розвитку. Ці загальні властивості світу, що змінюється, у свідомості людини відбилися у вигляді поняття часу. Під часом розуміють властивість матеріальних процесів мати певну тривалість, здійснюватись один за одним в певній послідовності, розвиватися за стадіями та етапами. Час не є окремим від матерії і її руху, він є однією з форм існування матерії. Не має сенсу говорити про час, який є сам по собі, уявлення про плин часу поза зв'язком з матеріальними процесами є безглуздом. Модель реального часу в класичній механіці – так званий ньютонівський час. Класична механіка Ньютона постулює абсолютний час. Це означає, що ньютонівський час можна розглядати як одновимірну Евклідову пряму, кожна точка якої відповідає деякому моменту часу. Ньютонівський час однорідний, тобто всі моменти часу рівноцінні. Однорідність часу проявляється в тому, що результати експерименту за усіх інших рівних умов не залежать від часу початку експерименту. В класичній механіці час розглядають, як аргумент зміни стану механічної системи. Час вимірюють годинами. Це тіло або система тіл, в яких здійснюється який-небудь періодичний процес: коливання маятника, обертання Землі навколо власної осі. Узявши за основу один з таких процесів, можна сконструювати еталонний годинник і еталон часу, які йдуть рівномірно, і по них можна градувати всі інші годинники. Щоб правильно описувати механічний рух, необхідно використати нерухомі відносно тіла відліку годинники, водночас в кожній точці простору для фіксації положення матеріальної точки в принципі має бути свій власний годинник. Всі такі годинники повинні мати однакові початки відліку і мати однаковий темп ходу, тобто вони мають бути

синхронізовані між собою. Істотною особливістю часу є його безповоротність, однаправленість. Ця особливість цілком пов'язана з певною спрямованістю мимовільних процесів. Наприклад, нагріті тіла з часом охолоджуються, але холодні самі по собі не стають теплішими. Підстрибуючи, м'яч зупиняється, але м'яч в стані спокою не почне підстрибувати самостійно. Отже, час має цілком певний напрямок, що уможливорює відрізнити минуле від сьогодення і майбутнього.

Тема 2 Кінематика

Матеріал для самостійного опрацювання теми 2.

Запитання та відповіді В л а с т и в о с т і п р о с т о р у т а ч а с у

1. Які види матерії вам відомі? Що таке рух? Як співвідносяться рух і матерія?

У фізиці розрізняють два види матерії – речовину і поле. Увесь розвиток науки свідчить, що матерія перебуває в неперервному і вічному русі. Під рухом розуміють будь-які зміни, що відбуваються з матерією. Найпростіший вид руху – механічний, при якому відбувається переміщення матеріального тіла в просторі. Рух є формою буття матерії. Матерію не можна уявити без руху, так само як і рух без матерії. Усі явища в природі є нічим іншим, як проявом різних видів руху матерії. Спокій має відносний характер, він є окремим випадком руху. Простір, як і час, неможливий без матерії та її руху. Тому рух, простір і час називають формами існування матерії. .

2. Яких поглядів на простір і час дотримуються в класичній (ньютонівській) механіці?

У механіці Ньютона вважається, що поряд із тривимірним евклідовим простором існує незалежний від нього час. Класична (ньютонівська) механіка базується на використанні законів Евклідової геометрії, у якій для тривимірного простору виконуються "очевидні" закони (аксіоми): сума кутів трикутника дорівнює 180^0 ; паралельні прямі ніколи не перетинаються тощо. Із дослідів відомо, що в повсякденному житті в широких межах відстаней і швидкостей з великою точністю справедлива геометрія Евкліда. В усіх СВ у класичній механіці використовуються аксіоми геометрії Евкліда.

3. У яких випадках закони класичної (ньютонівської) механіки не виконуються?

Існують два обмеження в застосуванні законів ньютонівської механіки: її закони не виконуються за великих швидкостей (у випадку, коли швидкість частинки порівняна зі швидкістю світла c і умовою $v \ll c$ скористатись не можна) та у випадку дуже малих розмірів частинки (у мікросвіті, де розглядаються атоми, електрони, елементарні частинки тощо). Відповідно,

поведінку таких частинок описують релятивістська механіка (СТВ) і квантова механіка.

4. Що таке система відліку? Як обирається система відліку? Які системи відліку ви знаєте?

Тіло, відносно якого розглядається рух МТ, називається тілом відліку. Сукупність нерухомих відносно один одного тіл, щодо яких розглядається рух, утворюють систему відліку. Дуже часто і справедливо СВ вважають також годинник для вимірювання часу в даній СВ. Системи відліку бувають рухомі і нерухомі, а також інерціальні та неінерціальні.

5. Що таке система координат? Які системи координат ви знаєте? Введення відповідної системи координат (СК) означає введення системи домовленостей про спосіб надання "адреси" кожній точці системи відліку. Таким чином, кожна точка СВ має свою, відмінну від інших "адресу", а кожній адресі відповідає лише одна точка СВ. Система координат являє собою математичну абстракцію, а систему відліку утворюють реальні тіла. Як відомо, існують декілька систем координат, якими широко користуються у фізиці: декартові, полярна, циліндрична, сферична. На поверхні Землі користуються СК, яка полягає в наданні чисел, що мають розмірність кутового градуса і називаються географічними широтою та довготою точки на поверхні Землі. Ніяких принципових переваг або недоліків різні СК одна над іншою не мають.

6. Яка система відліку вважається "нерухомою"? Чому тут останнє слово взято в лапки? "Нерухома" СВ – така СВ, що перебуває у стані спокою. Як впливає із I-го закону Ньютона (або із принципу відносності Галілея), стан спокою є відносним: ніякими механічними експериментами, перебуваючи в ІСВ, не можна відрізнити стан спокою від стану рівномірного прямолінійного руху. Саме тому слово "нерухома" взято в лапки. Кажучи про нерухоме тіло, треба не забувати визначати, відносно якої СВ це тіло нерухоме. Проте тіло завжди нерухоме у власній СВ.

7. Яка система відліку вважається "абсолютною"? Чому останнє слово взято в лапки? Яка із відомих систем відліку найбільш наближена до "абсолютної"? Чи існує абсолютна система відліку? –

Абсолютної СВ не існує. Є лише якесь наближення до неї. До "абсолютної" СВ найбільш наближеною колись вважалась Земля, потім – Сонце, потім – система зірок, зараз – реліктове випромінювання. Намагання знайти абсолютну СВ у вигляді ефіру, як відомо, були невдалими. Тому тут слово "абсолютна" береться в лапки. Найбільш наближеною до "абсолютної" системи відліку наразі вважається СВ, пов'язана з так званим реліктовим

випромінюванням, яке виникло приблизно 14 млрд років тому після "Великого вибуху" і заповнило Всесвіт. Це випромінювання фіксується сучасними фізичними методами. І хоча абсолютної системи відліку не існує, саме реліктове випромінювання можна вважати своєрідною, виділеною ІСВ, яка найближче серед відомих сучасній науці об'єктів у Всесвіті за своїми властивостями наближена до властивостей абсолютної СВ.

8. Що мають на увазі, коли кажуть про однорідність простору, ізотропність простору, однорідність часу?

Однорідність простору означає еквівалентність усіх точок простору: усі фізичні явища в ізолюваній системі МТ відбуваються однаково, незалежно від точки простору. У будь-якій точці простору (у Києві, Лондоні, Америці, на Місяці, у Космосі) фізичні закони однакові. Ізотропність простору означає еквівалентність різних напрямків у просторі. Фізичні закони в ізолюваній системі виконуються однаково, незалежно від того, як орієнтована ця система в просторі. Однорідність часу означає еквівалентність між собою різних моментів часу. Це означає, що всі фізичні процеси відбуваються однаково, незалежно від того, у який конкретно момент часу вони відбуваються: вчора, сьогодні, завтра. З однорідності часу випливає, зокрема, відсутність залежності потенціальної енергії ізолюваної системи від часу. У силу однорідності часу початкові умови можуть бути зафіксовані відносно будь-якого моменту часу.

9. Які практичні наслідки впливають із факту однорідності простору і дозволяють за початок СК обрати будь-яку точку простору?

У силу однорідності простору за початок СК може бути обрана будь-яка (довільна) точка простору. Фактично, однорідність простору визначає те, що всі фізичні закони виконуються однаково в усіх ІСВ.

10. Як практично здійснюється реєстрація визначених моментів часу? Як ця операція пов'язана з координатами годинника в просторі? Що таке єдиний час?

Відповідні моменти часу визначаються за допомогою годинника, який розташований у тій точці СВ, де відбувається дана подія. Однак із того, що час є відносним (див. перетворення Лоренца (8.1)) таке визначення часу вже не задовольняє нас, коли треба зіставити події одну з іншою (напр., порівняти час їх виникнення або перебігу), а вони відбуваються в різних місцях СВ. Та сама проблема існує у випадку, коли визначають проміжок часу між подіями, віддаленими на різні відстані від годинника.

11. Сформулюйте принцип відносності Галілея. Принцип відносності Галілея фактично еквівалентний I-му закону Ньютона: ніякими механічними дослідженнями, проведеними всередині ІСВ, не можна встановити, перебуває тіло

в рівномірному прямолінійному русі чи в стані спокою. Принцип відносності Галілея можна представити і в такому вигляді: рівняння ньютонівської механіки інваріантні відносно перетворень Галілея, тобто вони залишаються незмінними при переході від однієї ІСВ до іншої. Згідно з принципом відносності Галілея всі інерціальні систем відліку рівноправні. Запишіть перетворення Галілея.

Розв'язати задачу

Матеріальна точка рухається по прямій лінії з гальмуванням, величина якого $a = -\beta \sqrt{v}$, де β – додатна стала; v – швидкість МТ. На початку руху швидкість МТ дорівнювала v_0 . Який шлях (s_0) пройде матеріальна точка до зупинки? За який час t_0 цей шлях буде пройдений?

Тема 3. Динаміка

Теоретичні відомості для самостійного опрацювання з теми 3

Завдання динаміки. Закони Ньютона. Фундаментальні взаємодії. Закон всесвітнього тяжіння.. Сили в природі.

Динамкам вивчає причини руху тіл. В основі динаміки – закони Ньютона.

Перший закон Ньютона (закон інерції): існують такі системи відліку, відносно яких будь-яке тіло зберігає стан спокою або рівномірного прямолінійного руху доти, доки інші тіла не змусять його змінити цей стан.

Властивість тіл зберігати стан руху називають інертністю. Системи відліку, в яких виконуються закони механіки, називаються інерціальними.

Другий закон Ньютона встановлює зв'язок між зміною стану руху і дією інших тіл. Експерименти свідчать, що причина зміни стану руху – сила.

Сила – векторна фізична величина, що є мірою зміни швидкості або деформації тіл.

Сила характеризується модулем, напрямком і точкою прикладання.

Другий закон Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}$,

де m - маса, $\vec{a}$ -прискорення (зміна швидкості тіла під дією сили. Сила вимірюється в СІ у ньютонах. $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Маса – скалярна фізична величина, яка є мірою інертності та гравітації. Маса адитивна величина, тобто маса тіла дорівнює масі усіх її частинок. В міжнародній системі одиниць СІ одиниця маси – кілограм (1кг) є основною одиницею вимірювань.

Імпульсом тіла p називається добуток його маси на швидкість. Імпульс-векторна величина. Напрямок вектора імпульсу співпадає з напрямком вектора швидкості тіла.

Застосовуючи поняття імпульсу і що маса в динаміці Ньютона не залежить від швидкості, другий закон Ньютона можна записати у вигляді:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

швидкість зміни імпульсу дорівнює силі, яка діє на матеріальну точку:

· Третій закон Ньютона: матеріальні об'єкти взаємодіють з силами рівними за модулем і протилежними за напрямком.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Найбільш загальна форма другого закону Ньютона: швидкість зміни імпульсу механічної системи (похідна за часом від імпульсу системи)дорівнює результуючої зовнішніх сил.

$\Sigma \frac{d\vec{p}_i}{dt} = \Sigma \vec{F}_i$. Результуюча внутрішніх сил дорівнює нулю (за третім законом Ньютона)

Якщо система замкнена $\Sigma \vec{F}_i = 0$, то $\Sigma \frac{d\vec{p}_i}{dt} = 0$, то $\vec{p} = \text{const}$, тобто імпульс системи не змінюється з часом.

Закон збереження імпульсу: величина і напрямок імпульсу замкненої механічної системи, в якій діють сили пружності і гравітації (консервативні сили), не змінюється з часом. Адже, закон збереження імпульсу якби є наслідком законів Ньютона. Проте, необхідно зазначити, що закон збереження імпульсу, на відміну від законів Ньютона, є фундаментальним, тобто виконуються завжди.

Центр мас (центр інерції) механічної системи

Центром мас системи матеріальних точок називається геометрична точка С,

радіус-вектор якої дорівнює: $\vec{r}_c = \frac{\Sigma m_i \vec{r}_i}{\Sigma m_i}$. Диференціюючи двічі це

рівняння за часом і враховуючі, що $\Sigma m_i = m$ – масі системи матеріальних точок, можна записати

$$m_c \vec{a}_c = \vec{F}$$

Теорема про рух центра мас: Центр мас системи рухається як матеріальна точка, що поміщена у центр мас під дією результуючої сили.

Науці відомо чотири фундаментальних види взаємодії: гравітаційна, електромагнітна, слабка, сильна (ядерна).

У механіці вивчають гравітаційну і електромагнітну взаємодії. Сили пружності, сили тертя, сили реакції опору, сили натягу мають електромагнітну природу.

Сила тяжіння – це сила, з якою тіла притягаються до Землі. Вона спрямована перпендикулярно поверхні землі. Точка прикладання сили тяжіння – центр мас даного тіла. Сила тяжіння має гравітаційну природу.

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

Сила зовнішнього тертя – це сила, що виникає при переміщенні одного тіла по поверхні іншого. Сила зовнішнього тертя завжди спрямована у бік, протилежний напрямку руху тіла. Вона прямо пропорційна силі, з якою тіла притискуються одно до одного. Силу зовнішнього тертя обчислюють за формулою:

$$F_{\text{тер}} = \mu N$$

Де μ – коефіцієнт тертя; де N – сила реакції опори, тобто сила, з якою тіло діє на опори.

Змістовий модуль 2. Закони збереження.

Матеріал для самостійного опрацювання до змістового модуля 2 з тем 4-8.

Питання та відповіді з теми Закони збереження.

Робота змінної сили. Потужність

Робота постійної сили на прямолінійному шляху S – це фізична величина, що дорівнює скалярному добутку сили на переміщення

$$A = FS \cos \alpha$$

Взагалі сила може змінюватись як за модулем, так і за напрямком. Елементарна робота сили f на дуже малому (елементарному) переміщенні dr дорівнює скалярному добутку сили на переміщення:

$$dA = f dr \cos \alpha$$

Загальна робота на шляху 1–2 дорівнює сумі елементарних робіт:

$$A = \int_1^2 \vec{f} \cdot d\vec{r}$$

Одиниця вимірювання роботи – Джоуль (Дж): $1\text{Н} \cdot 1\text{м} = 1\text{Дж}$.

Потужність:

Потужність – скалярна фізична величина, що дорівнює роботі, яка виконується за одиницю часу:

$$P = \frac{dA}{dt}$$

ЕНЕРГІЯ В МЕХАНИЦІ

Енергія.

Енергія – найбільш універсальна міра різних форм руху матерії, яка описує якісні і кількісні зміни стану руху.

Запишемо рівняння руху тіла з точки 1 в точку 2 під дією постійної сили f і помножимо обидві частини рівняння на елементарне переміщення :

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} dt = \vec{F} \cdot d\vec{S} = dA$$

$$mv dv = d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = dA \quad (1)$$

Вираз $\frac{mv^2}{2}$ – кінетична енергія. Проінтегруємо співвідношення (1):

$$\int_1^2 d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \int dA$$

Отримаємо:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A \quad (2)$$

З формули (2) випливає, що зміна кінетичної енергії тіла дорівнює роботі, яка виконується над тілом (теорема про зміну кінетичної енергії), тобто робота сили – кількісна міра зміни кінетичної енергії. Таким чином, кінетична енергія характеризує здатність тіла виконати роботу

Одиниця вимірювання потужності – Ватт (Вт): 1 Ватт = 1 Дж/1 с

Силове потенціальне поле. Потенціал

Силове поле – це область простору, в якому на частинку діє якась сила F . Узагалі сила залежить від координат і часу $F = f(x, y, z, t)$.

Якщо сила не залежить від часу, то поле називається стаціонарним $F = f(x, y, z)$.

Якщо сили діють у напрямку якогось центру або в напрямку від нього поле називається центральносиметричним.

Як приклад, розглянемо гравітаційне поле Землі. Ісаак Ньютон сформулював закон всесвітнього тяжіння, згідно з яким матеріальні точки (або сферичні тіла) притягуються одна до одної з силами, які пропорційні до їх мас m_1 і m_2 і обернено пропорційні квадрату відстані між ними: m

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

Підрахуємо роботу гравітаційної сили з переміщення маси m з точки на відстані R_1 від центру Землі в точку на відстані R_2 : $A = \int_{R_1}^{R_2} F dr \quad (2)$

Підставивши (1) в (2), отримаємо:

$$A = -\left(\gamma \frac{m_1 m_2}{R_2} - \gamma \frac{m_1 m_2}{R_1}\right). \quad (2)$$

Відомо, що робота виконується за рахунок зменшення енергії, тобто вираз $\gamma \frac{m_1 m_2}{R}$ являє собою потенціальну енергію гравітаційного поля. Вона зменшується при збільшенні відстані до центру Землі. Таким чином, робота гравітаційної сили дорівнює зміні потенціальної енергії, взятій з оберненим знаком. З формули (2) випливає, що робота в гравітаційному полі не залежить від форми шляху, а робота по замкненому шляху дорівнює нулю. Сили, робота яких не залежить від форми шляху, називаються консервативними

Питання і відповіді до теми Закони збереження для самостійного опрацювання

4.1.1. Скільки законів збереження ви знаєте? Чи мають вони межі застосування (чи завжди вони виконуються)?

Існують три закони збереження (ЗЗ): закон збереження енергії (ЗЗЕ), закон збереження імпульсу (ЗЗІ) і закон збереження моменту імпульсу (ЗЗМІ). Закони збереження не мають меж застосування, вони виконуються в усіх розділах фізики незалежно від того, відбувається досліджуване явище в мікросвіті чи в просторах Космосу. Сучасній науці не відомі факти невиконання законів збереження. Більше того, якщо на будь-якому етапі досліджень з'ясується, що не виконується один із ЗЗ, то це вказує на існування помилки в дослідженнях. Дослідження в такому випадку слід припинити і почати шукати помилку.

ЗЗ мають більш узагальнений характер, ніж закони Ньютона. Так, ЗЗ діють також тоді, коли не виконується ІІІ закон Ньютона (наприклад, для НІСВ). Крім того, що ЗЗ є точними законами, які строго виконуються в межах Ньютонівської механіки, вони виконуються і у релятивістській механіці. Взагалі, ЗЗ виходять за межі механіки. Вони мають універсальний характер і лежать в основі всієї фізики.

4.1.2. Наслідком яких загальних властивостей простору і часу є закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу?

ЗЗ мають тісний зв'язок з основними властивостями простору і часу. Основні. и

часу. До них належать: однорідність часу, однорідність простору та ізотропність простору.

ЗЗЕ пов'язаний з однорідністю часу, тобто рівнозначністю всіх моментів часу. Це означає, що механічні властивості системи без зміни її параметрів (швидкості, координат тощо), виміряні в різні моменти часу, залишаються сталими. Тобто заміна в початкових умовах часу t_1 на час t_2 не змінює закону руху системи.

В основі ЗЗІ лежить однорідність простору, тобто однаковість властивостей простору в усіх його точках. Це означає, що паралельний (точніше – поступальний) перенос ізольованої системи з одного місця простору в інше без зміни взаємного розташування частинок і зміни їх швидкостей не призводить ні до зміни стану системи, ні до зміни її внутрішніх рухів.

В основі ЗЗМІ лежить ізотропність простору, тобто однаковість властивостей простору в усіх напрямках. Це означає, що поворот ізольованої системи в просторі як цілого не приводить до змін її механічних властивостей.

У всіх попередніх розглядах прийнято було, що перенос або поворот ізольованої системи МТ не змінює її ізольованого стану. Строго математичне доведення зв'язку конкретних ЗЗ із конкретними симетріями простору і часу розглянуто в [1], п. 26. Доведення базується на залученні законів Ньютона і відповідних властивостей простору і часу.

Тема 4. Робота сил. Консервативні сили. Робота консервативних сил.

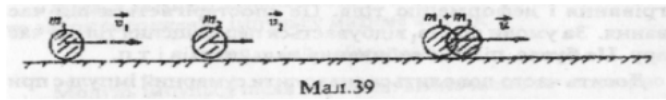
Тема 5. Потенціальна енергія. Збереження повної механічної енергії матеріальної точки в полі центральних сил.

Тема 6. Система матеріальних точок. Закон збереження енергії системи тіл.

Тема 7. Закон збереження імпульсу. Наслідки закону збереження імпульсу.

Приклади розв'язування задач на закон збереження імпульса

2. Дві кулі масами m_1 та m_2 (мал.39) рухаються по ідеально рівній поверхні в одному і тому самому напрямі відповідно зі швидкостями v_1 та v_2 ($v_1 > v_2$). Знайти швидкість куль після удару і втрату механічної енергії.



Розв'язання.

Позначимо швидкість куль після удару через U . Запишемо закон збереження імпульсу тіл:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) U.$$

Виберемо вісь OX вздовж напрямку руху тіл. У проекціях на вісь OX закон збереження імпульсу матиме вигляд:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) U.$$

Звідси:

$$U = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}. \quad (1)$$

Тема 8. Закон збереження моменту імпульса.

Змістовий модуль 3. Механіка твердого тіла.

Механіка твердого тіла Основні формули

Мірою інертності твердого тіла при обертальному русі є момент інерції::

$$I = \sum m_i \cdot r_i^2,$$

где m_i —елементарна маса i – i -тої частини тіла, r_i —відстань цієї частинки від осі обертання.

Моменти інерції деяких твердих тіл відносно осі, що проходить через їх центри мас:

Полий циліндр $I = m (R_1^2 + R_2^2)$.

Тонкий обруч $I = mR^2$.

Суцільний циліндр $I = \frac{1}{2} mR^2$.

Куля $I = \frac{2}{5} mR^2$.

Тонкий стержень $I = \frac{1}{12} ml^2$.

Якщо вісь обертання не проходить через центр мас, для розрахунку моменту інерції використовують теорему Штейнера:

$$I = I_0 + ma^2,$$

де I – момент інерції тіла відносно даної осі, I_0 – момент інерції тіла відносно осі, паралельній даній, що проходить через центр мас, m – маса тіла, a – відстань між осями.

Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела: $I \varepsilon = M$,

Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла: $I \varepsilon = M$,

де I – момент інерції твердого тіла, щодо осі обертання, ε – його кутове прискорення, M – сумарний момент сил, що діє на тіло відносно даної осі.

Момент сили F дорівнює : $M = F l$,

де l – відстань від лінії, уздовж якої діє сила, до осі обертання.

Момент імпульсу твердого тіла відносно нерухомої осі: $L = I \omega$,

де I – момент інерції твердого тіла відносно даної осі, ω – кутова швидкість його обертання.

Момент імпульсу матеріальної точки відносно нерухомої осі: $L = m v r$,

де m – маса частинки, v – її швидкість, r – відстань від лінії, уздовж якої рухається частка, до даної осі.

У замкнутій системі частинок повний момент імпульсу не змінюється: $\Sigma L_i = \text{const}$.

Кінетична енергія тіла, що обертається: де m – маса частинки, v – її швидкість, r – відстань від лінії, уздовж якої рухається частка, до даної осі.

У замкнутій системі частинок повний момент імпульсу не змінюється: $\Sigma L_i = \text{const}$.

Кінетична енергія тіла, що обертається:

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2},$$

де I – момент інерції тіла, ω – кутова швидкість.

Кінетична енергія тіла, що котиться:

$$E_k = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{I_0 \omega^2}{2},$$

де m - маса тіла, v_0 - швидкість поступального руху центру мас, I_0 - момент інерції тіла відносно осі, що проходить через центр мас, ω - кутова швидкість обертання тіла.:

Тема 9. Тверде тіло як система матеріальних точок. Поступальний і обертальний рух абсолютно твердого тіла.

Тема 10. Основне рівняння динаміки обертального руху. Момент інерції, приклади розрахунків моменту інерції. Теорема Штейнера. Кінетична енергія твердого тіла, що обертається та при плоскому русі.

Завдання до тем 9,10

Розв'язати задачу:

Задача

Прямий круглий однорідний конус має масу m і радіус підстави R . Знайти момент інерції конуса щодо його осі.

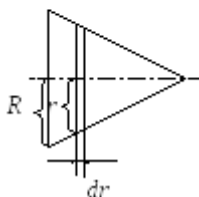
Розв'язок

розіб'ємо конус на циліндричні шари товщиною dr . Маса такого шару



$$dm = \rho \pi r^2 dr,$$

де ρ – густина матеріалу, з якого виготовлений конус. Момент інерції цього шару



$$dI = dm \cdot r^2.$$

Момент інерції всього конуса складається з моментів інерції всіх шарів:

$$I = \int_0^R dI = \int_0^R \frac{1}{2} \rho \pi r^4 dr = \frac{\pi}{10} \rho R^5.$$

Залишається виразити його через масу всього циліндра:

$$m = \int_0^R dm = \int_0^R \rho \pi r^2 dr = \frac{\rho \pi}{3} R^3,$$

звідси $\rho = \frac{3m}{\pi R^3}$,

$$I = \frac{\pi R^5 \cdot 3m}{10 \pi R^3} = \frac{3}{10} mR^2.$$

Тема 11. Гіроскопи. Рівняння руху гіроскопів. Застосування гіроскопів.

Матеріал для самостійного опрацювання до теми 11

Інтернет-ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki>



Гіроскоп (від [Давньогрецька](#) γῦρος *gûros*, "коло" та σκοπέω *skoréo*, "дивитись") - це пристрій, що використовується для вимірювання або обслуговування [орієнтація](#) і [кутова швидкість](#).^{[1][2]} Це спінінг або диск, в якому вісь обертання (вісь обертання) може самостійно приймати будь-яку орієнтацію. При обертанні на орієнтацію цієї осі не впливає нахил або обертання кріплення відповідно до [збереження моменту імпульсу](#).

Також існують гіроскопи, засновані на інших принципах роботи, наприклад, в мікрочипі [Гіроскопи MEMS](#) знайдений в електронних пристроях (іноді називається **гірометри**), твердий стан [кільцеві лазери](#), [волоконно-оптичні гіроскопи](#), і надзвичайно чутливий [квантовий гіроскоп](#).^[3]

Застосування гіроскопів включає [інерційні навігаційні системи](#), наприклад у [Телескоп Хаббл](#), або всередині сталевого корпусу підводного човна. Завдяки своїй точності гіроскопи також використовуються в [гірометеорології](#) підтримувати напрямок у тунельних видобутках.^[4] Для побудови можна використовувати гіроскопи [гірокомпаси](#), які доповнюють або замінюють магнітні компаси (на кораблях, літаках та космічних кораблях, транспортних засобах загалом), для сприяння стабільності (велосипеди, мотоцикли та кораблі) або використовуються як частина інерційної системи наведення.

Гіроскоп - це прилад, що складається з колеса, встановленого на двох або трьох [карданний підвіс](#) забезпечення поворотних опор, що дозволяють колесу обертатися навколо однієї осі. Набір з трьох карданних валів, один з яких встановлений на іншому з ортогональними поворотними осями, може використовуватися для того, щоб колесо, встановлене на самому внутрішньому карданному валу, мало орієнтацію, що залишається незалежною від орієнтації в просторі його опори.

У випадку з гіроскопом с **два кардани**, зовнішній карданний блок, який є рамою гіроскопа, встановлений таким чином, щоб обертатись навколо осі у власній площині, що визначається опорою. Цей зовнішній кардан має один

ступінь свободи обертання, а його вісь не має жодної. Другий кардан, внутрішній кардан, встановлений у рамі гіроскопа (зовнішній кардан) так, щоб обертатись навколо осі у власній площині, яка завжди перпендикулярна до центральної осі рами гіроскопа (зовнішній кардан). Цей внутрішній кардан має два ступені свободи обертання.

Вісь спінінга визначає вісь обертання. Ротор змушений обертатися навколо осі, яка завжди перпендикулярна осі внутрішнього кардана. Отже, ротор має три ступені свободи обертання, а його вісь - два. Колесо реагує на силу, прикладену до вхідної осі, силою реакції до вихідної осі.

Завдання для самостійної роботи до теми 11:

Створити і представити презентацію на тему: «Застосування гіроскопів»

Змістовий модуль 4. Механічні коливання і хвилі. Основи акустики.

Тема 12. Власні коливання. Рівняння власних незатухаючих коливань.

Маятники. Математичний маятник. Фізичний маятник.

Матеріал для самостійного опрацювання до теми 12

Інтернет ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki>

Коливання — специфічні рухи або зміни стану систем різної фізичної природи (механіка, фізика, біологія, хімія, економіка та ін.) для яких спостерігається певна повторюваність у часі. В багатьох випадках для опису коливальних процесів використовуються близькі за змістом поняття — [вібрація](#), [осциляція](#). Коливальні процеси характерні для величезної кількості явищ в навколишньому світі та в людському суспільстві. «Світ, в якому ми живемо, дивно схильний до коливань... Коливаються навіть атоми, з яких ми складаємось»^[1]. Коливальний процес в будь-якій системі виникає лише тоді, коли її будова забезпечує виникнення сил, що намагаються повернути систему до стабільного стану при внесенні зовнішніх збурень. Такі сили називають відновлювальними. Для системи на рис.1 відновлювальну силу створює пружина, що опирається розтягу-стиску.

Специфіка коливальних процесів виражається в тому, що зміни стану системи відбуваються в околі певного стабільного (статичного або динамічного) стану. Найпростіший приклад — поведінка вантажу на пружині, яка показана на приведеній анімації. Тут зміна стану (положення) маси відбувається навколо положення статичної рівноваги. Більш складним є коливальний процес, який реалізується при русі автомобіля (поїзда) по нерівній дорозі. В цьому випадку можна говорити про коливання відносно уявного стану автомобіля, що рухається по ідеальній дорозі. Якщо при коливаннях спостерігається постійне повернення системи до початкового стану через певний проміжок часу — період T , то коливання називають періодичними. В закономірностях коливальних процесів є багато спільного незалежно від фізичних властивостей складових коливальної системи. Саме ця обставина зумовила формування такої наукової дисципліни як *Теорія*

коливань^[2] Вивчення теорії коливань є важливою складовою фундаментальної підготовки інженерів багатьох спеціальностей^[3]

Найпростішим прикладом періодичних коливань є гармонічні коливання (рис. 3.1, а), під час яких фізична величина змінюється з плином часу за законом,

$$x = a \cos(\omega_0 t + \alpha) = a \cos\left(\frac{2\pi}{T} t + \alpha\right)$$

де x – зміщення від положення рівноваги точки, що коливається; t – час; a , T , α – відповідно, амплітуда, власна циклічна (кругова, кутова) частота, період та початкова фаза коливань; ω_0 , α , t – фаза коливань в момент t .

Математичний маятник – матеріальна точка, підвішена на невагомій і нерозтяжній нитці завдовжки l . Його циклічна частота та період коливань:

$$\omega_0^2 = \frac{g}{l}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Циклічна частота та період пружинного маятника (рис. 3.2, б) масою m , закріпленого на пружині з коефіцієнтом пружності k : $\omega_0^2 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $T = \sqrt{\frac{m}{k}}$

Фізичний маятник – тіло маси m , що коливається відносно точки O , яка лежить на відстані l від його центру мас, має циклічну частоту та період: $\omega_0^2 = \sqrt{\frac{mgl}{I}}$; $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$ де I – момент інерції маятника відносно точки підвісу.

Зведена довжина фізичного маятника $L = \frac{I}{ml}$ це довжина такого математичного маятника, період коливань якого збігається із періодом даного фізичного маятника: .

Розв'язати задачі з теми 12

Задача № 1.

Скільки коливань здійснить матеріальна точка за 5 с., якщо частота коливань становить 440 Гц?

Відповідь: Матеріальна точка здійснить 2200 коливань.

Задача № 2.

Тягарець, який коливається на пружині, за 8 с зробив 32 коливання. Знайти період і частоту коливань.

Відповідь: Тягарець коливається з періодом 0.25 с та з частотою 4 Гц.

Задача № 3.

Напишіть рівняння гармонічного коливання, якщо його амплітуда 0.5 м, а частота 25 Гц.

Відповідь: Рівняння гармонічного коливання має вигляд: $x = 0.5 \cos 50\pi t$

Тема 13. Згасаючі коливання. Рівняння згасаючого коливання. Вимушені коливання. Рівняння вимушених коливань. Механічний резонанс. Резонансна частота і амплітуда.

Матеріал для самостійного опрацювання теми 13

Згасаючі коливання — коливання, енергія яких зменшується з плином часу. Процес, що триває нескінченно, виду в природі неможливий. Вільні коливання будь-якого осцилятора рано чи пізно загасають і припиняються. Тому на практиці звичайно мають справу з затухаючими коливаннями. Вони характеризуються тим, що амплітуда коливань A є спадною функцією. Зазвичай загасання відбувається під дією сил опору середовища, найчастіше залежних лінійно від швидкості коливань або її квадрату.

В акустиці: загасання - зменшення рівня сигналу до повної нечутності.

Коливання можна описати такими типами:

- *Надзгасні (англ. overdamped):* Система повертається до рівноваги без коливань.
- *Критично згасні (англ. critically damped):* Система повертається до рівноваги так швидко як це можливо без коливань.
- *Слабко згасні (англ. underdamped):* Система коливається (з меншою частотою порівняно до незгасного випадку) з амплітудою, що поступово зменшується до нуля.
- *Незгасні (англ. undamped):* Система коливається в її природній резонансній частоті ().

Тема 14. Поняття пружного однорідного середовища. Хвилі. Основні характеристики хвилі. Вектор Умова. Елементи акустики. Звукові хвилі та їх характеристики. Ефект Доплера. Інфразвук. Ультразвук та його застосування.

Завдання для самостійної роботи до теми 14:

Якісні задачі

1. Які з перелічених властивостей притаманні поперечним хвилям:
 - а) хвилі не можуть поширюватися в газах;
 - б) хвилі являють собою стиски й розрідження, що чергуються;
 - в) коливання відбуваються перпендикулярно напрямку поширення хвилі?
2. Чому у твердих тілах можуть поширюватися і поперечні, і поздовжні хвилі?

Кількісні задачі

2. Відстань між сусідніми гребенями хвилі — 8 м. Чому дорівнює період коливань у цій хвилі, якщо швидкість її поширення дорівнює 4 м/с?
3. Людина, яка стоїть на березі моря, визначила, що відстань між гребенями хвиль, що котяться одна за одною, становить 8 м. Крім того, вона підрахувала, що щохвилини повз неї прокочуються 24 хвильові гребені. Обчисліть швидкість поширення хвиль.
4. Якою є довжина хвилі на воді, якщо її швидкість — 2,4 м/с, а поплавець на воді здійснює 30 коливань за 25 с?

Змістовий модуль 5. Механіка рідин і газів

Тема 15. Задачі гідродинаміки. Гідростатика. Тиск у рідинах і газах. Закон Паскаля. Закон Архімеда. Умови плавання тіл. Рівняння Бернуллі та наслідки.

Тема 16. Рух в'язкої рідини. Рух тіл у рідинах і газах.

Завдання для самостійної роботи з тем 15,16

Розв'язати задачі:

Якісні завдання

До кінців равноплечних важеля підвісили дві однакові гирі. Що станеться, якщо одну гирю помістити в воду, а іншу в гас?

Відповідь: рівновага порушиться.

Чому, якщо близько стоїш біля поїзда, що швидко йде, виникає ефект "притягання" до коліс?

Відповідь: поїзд захоплює за собою шари повітря, що примикають до нього. Повітря, що рухається між людиною і поїздом, надає на людину менший тиск, ніж нерухоме. Ця різниця тисків і обумовлює силу, що захоплює людину до поїзда.

При випробуванні реактивного снаряда, встановленого в хвості літака для захисту його від нападу ззаду, був виявлений дивний факт: під час пуску снаряд розвертався і наздоганяв свій літак. Як можна пояснити це явище?

Проробіть експеримент. Вкладіть в воронку паперовий фільтр і спробуйте видути його через вузький кінець воронки. У вас не вийшло? Чому?

Відповідь: чим сильніше ви вдихається, тим щільніше фільтр входить в воронку. Пояснюється це за допомогою закону Бернуллі, згідно з яким тиск знижується в місцях звуження. У вузькому просвіті між воронкою і

паперовим фільтром тиск знижується, і зовнішнє атмосферний тиск утримує фільтр у воронці.

Розділ 1.2..Молекулярна фізика і термодинаміка

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.

МОДУЛЬ 1. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.

Основні формули

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

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

де m – маса газу, μ – його молярна маса, p – тиск, V – об'єм, T – температура газу, R – універсальна газова стала.

2. Закон Бойля-Маріотта

$$(T = const, m = const)$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

3. Закон Гей-Люссака

$$(p = const, m = const)$$

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

4. Закон Шарля

$$(V = const, m = const)$$

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

5. Об'єднаний газовий закон

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

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

6. Закон Дальтона для тиску суміші і деальних газів

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

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

7. Залежність тиску газу від концентрації молекул і температури

$$p = nkT,$$

де k стала Больцмана.

8. Молярна маса суміші газів

$$\mu = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_k}{\nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_k},$$

де m_i – маса i -ої компоненти суміші, $\nu_i = \frac{m_i}{\mu_i}$ – кількість речовини i -ої компоненти суміші, k – число компонент суміші.

9. Середня квадратична швидкість молекул ідеального газу

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}},$$

де R – універсальна газова стала.

10. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу

$$p = \frac{1}{3} \rho \langle v_{\text{кв}} \rangle^2,$$

де ρ – густина газу.

11. Найбільш ймовірна швидкість молекул газу

$$v_{\text{ім}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}.$$

12. Середня арифметична швидкість

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}.$$

13. Закон розподілу молекул за швидкостями (закон Максвелла):

а) число молекул, швидкості яких знаходяться в межах від v до $v + dv$

$$dN(v) = N f(v) dv = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv,$$

де N – загальна кількість молекул, $f(v)$ – функція розподілу молекул за абсолютними значеннями швидкостей;

б) кількість молекул, відносні швидкості яких знаходяться в межах від v до $v + dv$:

$$dN(u) = N f(u) du = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N e^{-u^2} u^2 du,$$

де $u = \frac{v}{v_{\text{ім}}} = \frac{v}{\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}}$. – відносна швидкість, $f(u)$ – функція розподілу за

відносними швидкостями.

14. Барометрична формула

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}},$$

де p_0 – тиск повітря на висоті $h=0$, μ – молярна маса повітря.

15. Середня енергія теплового руху молекули

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

де i – кількість ступенів свободи (вільності) молекули.

16. Внутрішня енергія ідеального газу

$$U = \nu \frac{i}{2} RT.$$

ТЕМА 1. Вступ. Предмет, задачі і методи молекулярної фізики і термодинаміки.

Завдання до теми 1. Зробити короткий письмовий огляд з визначення предмету, задач і методів молекулярної фізики і термодинаміки.

ТЕМА 2 Основні положення МКТ.**Завдання до теми 2.** Обговорення в групі основних положень МКТ**ТЕМА 3.** Броунівський рух. Основне рівняння МКТ ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу й основні газові закони.**Завдання до теми 3.**

Розв'язати задачі:

1. Якої максимальної швидкості v може досягти дощова крапля діаметром $D = 0,3$ мм? Діаметр молекул повітря $\sigma = 0,3$ нм. Температура повітря $t = 0^\circ \text{C}$. Вважати, що для дощової краплі справедливий закон Стокса.

2. Суміш водню масою $m_1 = 4$ г та неону масою $m_2 = 32$ г перебуває при температурі $T = 280$ К та тиску $p = 186$ кПа. Визначити густину суміші

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.**ТЕМА 4..** Розподіл енергії за степенями свободи..**Завдання до теми 4.**

Розв'язати задачу

При нагріванні двоатомного газу в запаяній ампулі від температури $T_1 = 300$ К до температури $T_2 = 900$ К його тиск зростає від $p_1 = 100$ кПа до $p_2 = 450$ кПа. Припускаючи, що при температурі T_1 дисоціація молекул газу відсутня, визначити ступінь дисоціації газу при температурі T_2 . (0,5)

ТЕМА 5. Розподіл молекул ідеального газу в потенціальному силовому полі.**Завдання до теми 5.**

Розв'язати задачі

1. Температура повітря стала і дорівнює $t = 21^\circ \text{C}$. На якій висоті h тиск p повітря дорівнює 80 % від тиску p_0 на рівні моря? (1918 м)

2. Температура повітря по всій висоті свердловини стала і дорівнює $t = 27^\circ \text{C}$. Глибина свердловини $h = 6,5$ км. У скільки разів тиск p повітря на дні свердловини більший від тиску p_0 на поверхні Землі? (2,1)

ТЕМА 6. Розподіл молекул за швидкостями.**Завдання до теми 6.**

Розв'язати задачі:

1. Середня квадратична швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ молекул кисню більша від їх найімовірнішої v_i на $\Delta v = 100$ м/с. Визначити температуру T газу. (381 К)

2. Температура азоту (N_2) $T = 311,5$ К. Яка частина молекул азоту має швидкість в межах: а) від $v_1 = 200$ м/с до $v_2 = 215$ м/с; б) від $v_1 = 420$ м/с до $v_2 = 435$ м/с; в) від $v_1 = 500$ м/с до $v_2 = 515$ м/с? (1,38 %; 2,90 %; 2,76 %)

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Основи термодинаміки.

Основні формули

1. Перший закон термодинаміки

$$Q = \Delta U + A,$$

де Q – теплота, яка надана системі; ΔU – зміна внутрішньої енергії системи; A – робота, яка виконана системою проти зовнішніх сил.

де i – число ступенів вільності.

2. Робота розширення газу:

а) при ізобарному процесі

$$A = p(V_2 - V_1),$$

б) при ізотермічному процесі

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1},$$

в) в загальному випадку

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

3. Молярні теплоємності газу при сталому об'ємі та при сталому тиску

$$c_v = \frac{i}{2} \cdot R, c_p = \frac{i+2}{2} \cdot R.$$

4. Зв'язок між молярною C і питомою c теплоємностями газу

$$C = \mu c.$$

5. Рівняння Майєра

$$C_p - C_v = R.$$

6. Рівняння Пуассона

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

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

8. Зв'язок між початковими і кінцевими значеннями параметрів станів газу при адіабатному процесі:

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

7. Робота ідеального газу при адіабатному процесі:

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

ТЕМА 7. Перший закон термодинаміки. Теплоємність.

Завдання до теми 7.

Розв'язати задачі:

1. Водень масою $m = 0,04$ кг знаходиться при температурі $T_1 = 320$ К. За рахунок нагрівання об'єм водню збільшується в $n = 2$ рази при сталому тиску. Визначити роботу A розширення газу, зміну внутрішньої енергії ΔU газу і кількість теплоти Q , яка надана газу. **(53,18 Дж; 132,96 Дж; 186,14 Дж)**

2. При ізобарному нагріванні від температури $T_1 = 290$ К до $T_2 = 390$ К 1 моль ідеального газу отримує $Q = 2,90$ кДж теплоти. Визначити значення $\gamma = C_p / C_v$, зміну внутрішньої енергії ΔU газу і роботу A , виконану газом. **(1,4; 2,07 Дж; 0,83 Дж)**

3. Об'єм $\nu = 3$ моль ідеального газу, що знаходився при температурі $T_1 = 273$ К, при ізотермічному розширенні збільшився в $n = 5,0$ разів. А після наступного ізохорного нагрівання тиск газу став рівним початковому. За весь процес газ отримав кількість теплоти $Q = 80$ кДж. Визначити $\gamma = C_p / C_v$ для цього газу. **(1,4)**

4. Різниця питомих теплоємностей $c_p - c_v$ деякого двоатомного газу дорівнює $296,8$ Дж/(кг·К). Визначити молярну масу газу і його питомі теплоємності c_p і c_v . **(1038,8 Дж/(кг·К); 742,0 Дж/(кг·К))**

ТЕМА 8. Робота при ізопроцесах і при адіабатному процесі.

Завдання до теми 8.

Розв'язати задачі:

1. Повітря, маса якого $m = 2,7$ кг, температура $T_1 = 480$ К і тиск $p_1 = 720$ кПа, адіабатно розширюється ($\gamma = 1,4$). Така ж маса повітря розширюється ізотермічно від початкового стану з параметрами $P_3 = 420$ кПа, $V_3 = 0,516$ м³. Визначити параметри стану T_2 , V_2 , p_2 , що відповідають перетину адіабати і ізотерми. Молярна маса повітря $\mu = 0,029$ кг/моль. **(280 К; 1,985 м³; 109 кПа)**

1. В результаті адіабатного розширення тиск газу зменшується від $p_1 = 300$ кПа до $p_2 = 150$ кПа. Потім газ нагрівається при сталому об'ємі до початкової температури, а тиск газу стає $p_3 = 183$ кПа. Визначити відношення $\gamma = C_p / C_v$ для цього газу. **(1,4)**

ТЕМА 9. Теплові машини. Цикл Карно. Ентропія. Закон зростання ентропії.

Завдання до теми 9.

Розв'язати задачі:

1. Двоатомний ідеальний газ, який при тиску $p_1 = 300 \text{ кПа}$ займає об'єм $V_1 = 4 \text{ л}$, спочатку розширюється адіабатно до об'єму $V_2 = 6 \text{ л}$ а потім ізохорно його тиск понижується до $p_2 = 100 \text{ кПа}$. Визначити виконану газом роботу A , зміну його внутрішньої енергії ΔU і кількість теплоти Q , яку отримає газ. **(450 Дж; -1500 Дж; -1050 Дж)**

2. 0,5 моль ідеального одноатомного газу нагрівають від температури $T_1 = 150 \text{ К}$ до $T_2 = 350 \text{ К}$ так, що в процесі нагрівання $p / V = \text{const}$. Визначити молярну теплоємність C і розрахувати кількість теплоти Q , що поглинається газом при нагріванні. **(1662 Дж)**

3. Ідеальна теплова машина, в якій робочою речовиною є ідеальний газ, працює за циклом Карно. Температура нагрівника T_1 втричі вища від температури холодильника T_2 . Нагрівник передає робочому тілу кількість теплоти $Q_1 = 42 \text{ кДж}$. Яку роботу A виконав газ? **(28 кДж)**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. Явища переносу.

Основні формули

1. Середня кількість зіткнень однієї молекули газу за одиницю часу

$$\langle z \rangle = \sqrt{2} \pi d^2 n \langle v \rangle,$$

де d – ефективний діаметр молекули.

2. Середня довжина вільного пробігу молекул газу

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 p}.$$

3. Маса, що переноситься за час t при дифузії (закон Фіка)

$$M = -D \frac{d\rho}{dx} S t,$$

де $\frac{d\rho}{dx}$ – градієнт густини в напрямку, перпендикулярному до площини площею S .

4. Коефіцієнт дифузії

$$D = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \langle v \rangle.$$

5. Кількість теплоти, що переноситься за час t в результаті теплопровідності (закон Фур'є)

$$Q = -\alpha \frac{dT}{dx} St$$

де $\frac{dT}{dx}$ – градієнт температури в напрямку, перпендикулярному до площини S .

6. Коефіцієнт теплопровідності

$$\alpha = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \langle v \rangle \rho c_v$$

7. Сила внутрішнього тертя між рухомими шарами газу (закон Ньютона)

$$F = \eta \frac{dv}{dx} S,$$

де $\frac{dv}{dx}$ – градієнт швидкості в напрямку, який перпендикулярний до напрямку руху шарів газу.

8. Коефіцієнт внутрішнього тертя (динамічна в'язкість)

$$\eta = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \langle v \rangle \rho.$$

9. Зв'язок між коефіцієнтами перенесення

$$\alpha = D \rho c_v, \eta = D \rho, \alpha = \eta c_v.$$

ТЕМА 10. Молекулярна взаємодія. Зіткнення молекул.

Завдання до теми 10.

Розв'язати задачі:

1. Густина гелію при деяких умовах $\rho = 0,021 \text{ кг/м}^3$. Ефективний діаметр атомів гелію $d = 0,2 \text{ нм}$. Визначити середню довжину вільного пробігу $\langle \lambda \rangle$ атомів цього газу. **(1,78 мкм)**

2. Азот перебуває при температурі $T = 290 \text{ К}$ і тиску $p = 100 \text{ кПа}$. Ефективний діаметр молекул азоту $d = 0,37 \text{ нм}$. Розрахувати середню довжину вільного пробігу $\langle \lambda \rangle$ молекул азоту, коефіцієнт дифузії D і в'язкість η . Як зміняться знайдені величини в результаті збільшення об'єму газу в два рази а) при сталому тиску, б) при сталій температурі? **($6,58 \cdot 10^{-8} \text{ м}$; $1,03 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; $1,19 \cdot 10^{-5} \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$)**

ТЕМА 11. Стаціонарні явища переносу. Закони явищ переносу.**Завдання до теми 11.**

Розв'язати задачі:

1. У посудині об'ємом $V = 0,02 \text{ м}^3$ знаходиться $N = 2 \cdot 10^{22}$ молекул двоатомного газу. Коефіцієнт теплопровідності газу $\alpha = 0,014 \text{ Вт/(м} \cdot \text{с)}$. Визначити коефіцієнт дифузії D газу. **($4,06 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$)**

2. Визначити коефіцієнт теплопровідності α водню, в'язкість якого $\eta = 1,20 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$. **($12,46 \text{ мВт/(м} \cdot \text{с)}$)**.

ТЕМА 12. Нестационарні явища переносу. Закони нестационарних явищ переносу.**Завдання до теми 12.**

Розв'язати задачі:

1. Азот знаходиться при температурі $T = 300 \text{ К}$. Середня довжина вільного пробігу молекул азоту $\langle \lambda \rangle = 10 \text{ нм}$. Визначити масу азоту, який пройшов внаслідок дифузії через площину площею $S = 0,01 \text{ м}^2$ за час $t = 5 \text{ с}$, якщо градієнт густини у напрямку, перпендикулярному до площини, $\frac{\Delta \rho}{\Delta x} = 2,52 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. **($0,2 \text{ г}$)**

2. Азот заповнює простір між двома пластинами, відстань між якими $d = 2 \text{ см}$. Температури пластин $T_1 = 295 \text{ К}$ та $T_2 = 305 \text{ К}$. Ефективний діаметр молекул азоту $d = 0,3 \text{ нм}$. Обчислити величину потоку тепла q , який виникає між двома пластинами. **($6,85 \text{ Вт/м}^2$)**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.**Основні формули**

Рівняння Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} RT,$$

де a і b – поправки Ван-дер-Ваальса, які залежать від природи газу.**8. Критичні параметри газу**

$$V_{\mu k} = 3b; \quad p_k = \frac{a}{27b^2}; \quad T_k = \frac{8a}{27Rb}.$$

9. Зв'язок між поправкою Ван-дер-Ваальса b і ефективним діаметром молекул газу d

$$b = 4N_A \tilde{V}_0 = 4N_A \frac{1}{6} \pi d^3 = \frac{2}{3} N_A \pi d^3,$$

де N_A – число Авогадро; $\tilde{V}_0$ - власний об'єм молекул газу.

ТЕМА 13. Реальні гази.

Завдання до теми 13.

Розв'язати задачі:

1. У балоні об'ємом $V = 0,02 \text{ м}^3$ міститься $\nu = 80 \text{ моль}$ деякого газу. При $T_1 = 287 \text{ К}$ тиск газу дорівнює $p_1 = 9,1 \text{ МПа}$, а при $T_2 = 336 \text{ К}$ $p_2 = 11 \text{ МПа}$. Обчислити поправки a і b Ван-дер Ваальса для цього газу. (**$0,127 \text{ Па} \cdot \text{м}^6/\text{моль}^2$; $0,0357 \text{ м}^3/\text{кмоль}$**)

2. При тиску $p = 120 \text{ кПа}$ вуглекислий газ (CO_2) масою $m = 8,8 \text{ кг}$ займає об'єм $V = 4,2 \text{ м}^3$. Поправки в рівнянні Ван-дер-Ваальса $a = 0,364 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$ і $b = 0,043 \text{ м}^3/\text{кмоль}$. Визначити температуру T газу, користуючись рівнянням Клайперона - Менделєєва і Ван-дер-Ваальса. (**$303,25 \text{ К}$; $304,71 \text{ К}$**)

3. Деякий газ кількістю речовини $\nu = 250 \text{ моль}$ займає об'єм $V_1 = 2 \text{ м}^3$. При розширенні газу до об'єму $V_2 = 3 \text{ м}^3$ була виконана робота $A = 1,42 \text{ кДж}$ проти сил міжмолекулярного притягання. Визначити поправку a , що входить у рівняння Ван-дер-Ваальса. (**$0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$**)

ТЕМА 14. Рідини

Завдання до теми 14

Знайти в Інтернеті віртуальні лабораторні роботи з явища поверхневого натягу рідини і явища капілярності. Створити презентацію з лабораторних робіт з явища поверхневого натягу рідини і явища капілярності.

Знайти Інтернет ресурси з демонстрації властивостей рідин і представити презентацію.

ТЕМА 15. Тверді тіла.

Завдання до теми 15

Зробити і представити презентацію з демонстрацією властивостей і структури кристалічних твердих тіл

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. Рівновага фаз і фазові перетворення.

Матеріал для самостійного опрацювання до змістового модуля 6

Фазові переходи

Як відомо, одна й та сама речовина може перебувати у різних станах: твердому, рідкому, пароподібному, або, як кажуть, у різних фазах. Уведемо поняття фази. *Фазою* називається сукупність частинок однакового хімічного складу, що знаходяться в однаковому фізичному стані та відокремлені

поверхнею поділу. Прикладом є твердий, рідкий і газоподібний стан речовини, феромагнітний і парамагнітний стан, провідний і надпровідний стан.

Якщо дві або більше фаз речовини за деяких умов існують одночасно і при цьому маси їхніх фаз не змінюються за рахунок інших, то має місце *фазова рівновага*. Перехід речовини з однієї фази в іншу називають *фазовим переходом*, або *фазовим перетворенням*.

Розрізняють фазові переходи першого і другого роду.

Фазовий перехід першого роду характеризується стрибкоподібною зміною стану речовини з поглинанням або виділенням *теплоти фазового переходу*. Цей перехід відбувається у вузькому інтервалі температури і супроводжується зміною енергії, густини і т.ін. До фазових переходів першого роду належать, зокрема, випаровування (кипіння) і конденсація, плавлення і кристалізація.

Фазовий перехід другого роду характеризується стрибкоподібною зміною властивостей речовини без поглинання або виділення теплоти. Густина речовини при цьому не змінюється. Прикладом такого фазового переходу є перетворення феромагнетика на парамагнетик при температурі Кюрі, перехід провідника у стан надпровідності при відповідній температурі надпровідного переходу.

Розглянемо перехід однієї й тієї самої речовини з твердого стану в рідкий і далі – у газоподібний.

Процес руйнації кристалічної решітки і перехід з кристалічного стану в рідкий називається *плавленням*. Він відбувається при постійній температурі – *температурі плавлення* $T_{пл}$. Теплота $Q_{пл}$ поглинається тілом і йде на роботу з руйнування кристалічної решітки. Обернений процес переходу з рідкого стану в кристалічний називається кристалізацією, відбувається при температурі кристалізації $T_{кр} = T_{пл}$ і супроводжується виділенням теплоти $Q_{кр} = Q_{пл}$.

Процес відриву молекул від вільної поверхні рідини і перехід з рідкої фази у газову називається *випаровуванням*, а процес відриву молекул від вільної поверхні твердого тіла і перехід з твердої фази у газову називається

сублімацією. Ці процеси відбуваються при будь-якій температурі, супроводжуються поглинанням теплоти і їхня інтенсивність зростає зі збільшенням температури.

Процес обернений випаровуванню, тобто перехід із газової фази у рідку називається *конденсацією*, а процес, обернений сублімації – перехід із газової фази у рідку, називається *осадженням*. Ці процеси супроводжуються виділенням теплоти.

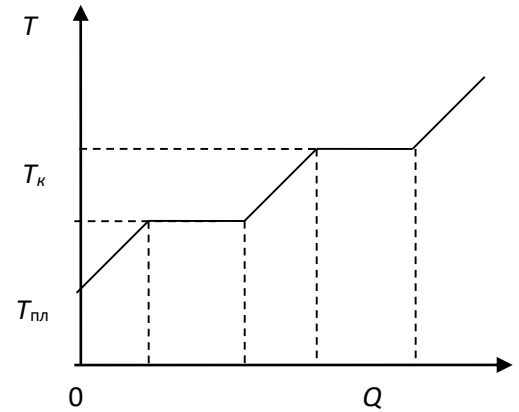


Рис. 2.33

Кипіння рідини – це процес внутрішнього пароутворення, яке відбувається всередині рідини. Він відбувається при постійній температурі, яка визначається з умови рівності пружності (тиску) насиченої пари зовнішньому атмосферному тиску.

На діаграмі залежності температури від теплоти, що поглинається речовиною, $T(Q)$ (рис. 2.33) бачимо, що температури фазових переходів (плавлення – $T_{пл}$, кипіння – T_k) є температурами фазової рівноваги, коли дві фази речовини існують одночасно.

Діаграма стану

Агрегатний стан речовини визначається зовнішніми умовами, тобто залежить від температури і тиску. Для наочного зображення фазових перетворень користуються діаграмою стану речовини (рис. 2.32), де у вигляді графіків $P = f(T)$ представлені стани рівноваги двох співіснуючих фаз: рідина – насичена пара (крива випаровування (КВ)), тверде тіло – рідина (крива плавлення (КП)), тверде тіло – насичена пара (крива сублімації (КС)).

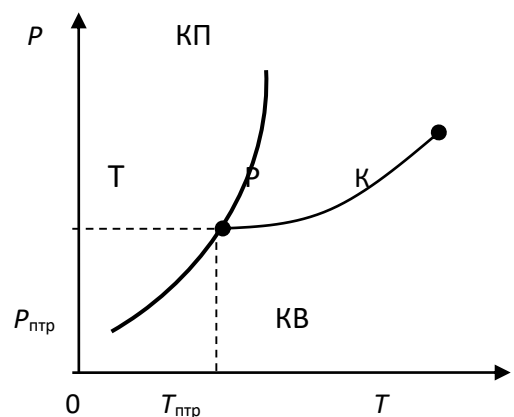


Рис. 2.32

Крива випаровування закінчується у *критичній точці* K , де зникає різниця між рідким і газоподібним станом речовини. Тому можливий *безперервний перехід* з рідкого стану речовини у газоподібний в обхід критичної точки, без перетинання кривої випаровування, тобто перехід, що не супроводжується фазовими перетвореннями.

Перехід з твердої фази у рідку або газоподібну може бути тільки стрибкоподібним (у результаті фазового переходу), тому криві плавлення і сублімації не обриваються, оскільки між кристалічним і рідким станом речовини існує принципова відмінність: кристал – це впорядкована структура, на відміну від рідкого або газоподібного стану.

Криві випаровування, плавлення і сублімації поділяють площину (P, T) на три ділянки, які відповідають діапазонам існування речовини у трьох різних агрегатних станах: твердому (Т), рідкому (Р) і газоподібному (Г). Точка П на діаграмі стану відповідає рівноважному співіснуванню трьох фаз: твердої, рідкої та газоподібної. Ця точка називається *потрійною точкою*. Кожна речовина має свою *потрійну точку*. Потрійна точка для води відповідає температурі $T_{\text{птр}} = 273,16 \text{ К}$ (або $0,01^\circ\text{C}$), $P_{\text{птр}} = 609 \text{ Па}$ і є реперною точкою для побудови термодинамічної температурної шкали.

ТЕМА 16. Пароутворення та конденсація.

ТЕМА 17. Плавлення та кристалізація. Діаграми рівноваги фаз. Потрійна точка.

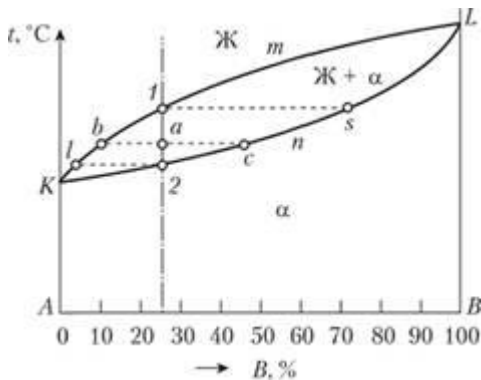
ТЕМА 18. Тверді розчини. Діаграми стану.

Матеріал для самостійного опрацювання тем 17, 18

Тверді розчини необмеженої розчинності

Діаграма стану для випадку повної взаємної розчинності компонентів A і B у рідкому і твердому станах представлена на рис. 3.7. Лінія KmL є лінією ликвидус, лінія KnL – лінією солидус. Вище лінії ликвидус існує тільки рідка фаза, а нижче лінії солидус – тільки тверда, що представляє собою твердий розчин a . Між лініями ликвидус і солидус в рівновазі знаходяться дві фази – рідина і α -твердий розчин. Розглянемо процес кристалізації одного зі сплавів

даної системи. До точки 1 (тут і далі під точкою мається на увазі відповідна температура) сплав знаходиться в рідкому стані.



. Діаграма стану сплавів, компоненти яких утворюють тверді розчини необмеженої розчинності

При досягненні температури, відповідної точці 1, з рідини починає кристалізуватися α -твердий розчин. Процес кристалізації протікає при зниженні температури, оскільки відповідно до правила фаз в двохкомпонентній системі при наявності двох фаз число ступенів свободи дорівнює 1 ($C = 2 - 2 + 1$).

У процесі кристалізації сплаву (інтервал 1-2) відбувається зміна концентрації компонентів в фазах і кількісного співвідношення фаз: хімічний склад рідкої фази змінюється по лінії 11; хімічний склад α -твердого розчину - по лінії s2; кількість рідкої фази зменшується (відрізок as - в точці 2 його величина дорівнює нулю - відбулося повне затвердіння), а твердої (відрізок ab) зростає. При досягненні точки 2 кристалізація сплаву закінчується, а нижче точки 2 відбувається охолодження сплаву в твердому стані.

Внутрікрісталітної сегрегація проявляється в неоднорідності складу всередині окремих кристалітів. Кристали твердого розчину, що утворюються в початковий момент кристалізації, містять більшу кількість тугоплавкого компонента B, ніж шари, що приєднуються до виділилися кристалу при зниженні температури. У них концентрація тугоплавкого компонента поступово знижується. Це легко простежити по діаграмі стану, визначаючи зміну складу α -твердого розчину в інтервалі температур між лініями ликвидус і солидус (в момент початку кристалізації склад а відповідає проекції точки s, в кінці - точці 2). Такий вид ликвации проявляється тим сильніше, чим більше відстань між лініями ликвидус і солидус сплаву. Внутрікрісталітної ізоляція може бути зменшена в результаті тривалої витримки сплаву, що знаходиться в твердому стані, при температурах, близьких до температури солидусу (гомогенізований отжиг), що забезпечує досить високу швидкість дифузії і призводить до вирівнювання хімічного складу зерен.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	л	п	лаб.	с.р.	усього	л	п	лаб.	с.р.
1.1. Розділ «Механіка»										
Змістовий модуль 1. Кінематика і динаміка матеріальної точки										
Тема 1. Вступ. Предмет і завдання класичної механіки.	1,2	0,2	0	0	1	2	0	0	0	2
Тема2. Кінематика	2,9	0,4	0,5	0	2	2	0	0	0	2
Тема 3. Динаміка Закони Ньютона. Сили в природі.	4,5	1	1	0	2,5	5	0,5	0,5	0	4
Разом за змістовий модуль 1 розділу «Механіка»	8,6	1,6	1,5	0	5,5	9	0,5	0,5	0	8
Змістовий модуль 2. Закони збереження.										
Тема 4. Робота сил. Консервативні сили. Робота консервативних сил.	3,2	0,4	0,5	0	2,3	3,2	0,1	0,1	0	3
Тема 5. Закон збереження повної механічної енергії матеріальної точки.	5,3	0,4	0,6	2	2,3	3,9	0,2	0,2	0	3,5
Тема 6. Закон збереження		0,4	0,5	0	2,4	3,7	0,1	0,1	0	3,5

Тема 12. Власні коливання. Рівняння власних незатухаючих коливань. Маятники.	5,5	0,5	0,6	2	2,4	5,9	0,2	0,2	2	3,5
Тема 13. Затухаючі коливання. Вимушені коливання. Механічний резонанс..	3,2	0,4	0,5	0	2,3	3,2	0,1	0,1	0	3
Тема 14. Хвилі. Основні характеристики хвилі. Звукові хвилі та їх характеристики.	3,45	0,45	0,6	0	2,4	3,7	0,1	0,1	0	3,5
Разом за змістовим модулем 4 розділу «Механіка»	12,15	1,35	1,7	2	7,1	12,8	0,4	0,4	2	10
Змістовий модуль 5. Механіка рідин і газів										
Тема 15. Гідростатика. Гідродинаміка.	3,2	0,4	0,4	0	2,4	3,2	0,1	0,1	0	3
Тема 16. Рух в'язкої рідини. Рух тіл у рідинах і газах.	3,1	0,4	0,4	0	2,3	3,2	0,1	0,1	0	3
Разом за змістовим модулем 5 розділу «Механіка»	6,3	0,8	0,8	0	4,7	6,4	0,2	0,2	0	6
Разом, розділ Механіка	54,45	6,95	7,5	4	36		2,05	2,05	2	50,1
Розділ 1.2. Молекулярна фізика і термодинаміка										
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів										
Тема 1. Вступ. Предмет, задачі і	2,2	0,1	0,1	0	2	2	0	0	0	2

методи молекулярної фізики і термодинаміки.										
Тема 2 Основні положення МКТ.	1,4	0,2	0,2	0	1	2,25	0,25	0	0	2
Тема 3. Броунівський рух. Основне рівняння МКТ ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу й основні газові закони.	3,5	0,4	0,6	0	2,5	3,2	0,1	0,1	0	3
Разом за змістовим модулем 1	7,1	0,7	0,9	0	5,5	7,45	0,35	0,1	0	7
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.										
Тема 4. Розподіл енергії за степенями свободи..	1,2	0,2	0	0	1	1	0	0	0	1
Тема 5. Розподіл молекул ідеального газу в потенціальному силовому полі.	3,5	0,4	0,6	0	2,5	3,4	0,2	0,2	0	3
Тема 6. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями.	3,4	0,4	0,5	0	2,5	3,4	0,2	0,2	0	3
Разом за змістовим модулем 2	8,1	1	1,1	0	6	7,8	0,4	0,4	0	7
Змістовий модуль 3. Термодинаміка										
Тема 7. Перший закон	3,5	0,4	0,6	0	2,5	3,2	0,1	0,1	0	3

термодинаміки. Теплоємність.										
Тема 8. Робота при ізопроцесах і при адіабатному процесі.	2,9	0,4	0,5	0	2	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Тема 9. Теплові машини. Цикл Карно. Ентропія. Закон зростання ентропії.	3,5	0,4	0,6	0	2,5	3,2	0,1	0,1	0	3
Разом за змістовим модулем 3	9,9	1,2	1,7	0	7	9,1	0,3	0,3	0	8,5
Змістовий модуль 4. Явища переносу.										
Тема 10. Зіткнення молекул.	2,7	0,3	0,4	0	2	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Тема 11. Стаціонарні явища переносу. Закони явищ переносу.	3,5	0,4	0,6	0	2,5	5,3	0,15	0,15	2	3
Тема 12. Нестационарні явища переносу.	3,4	0,4	0,5	0	2,5	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Разом за змістовим модулем 4	9,6	1,1	1,5	0	7	10,7	0,35	0,35	2	8
Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.										
Тема 13. Реальні гази.	3	0,4	0,6	0	2	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Тема 14. Рідини.	5	0,4	0,6	2	2	3,2	0,1	0,1	0	3

Тема 15. Тверді тіла.	3,4	0,4	0,5	0	2,5	3,2	0,1	0,1	0	3
Разом за змістовим модулем 5	11,4	1,2	1,7	2	7,5	9,1	0,3	0,3	0	8,5
Тема 16. Пароутворення та конденсація.	3,3	0,3	0,5	0	2,5	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Тема 17. Плавлення та кристалізація. Діаграми рівноваги фаз. Потрійна точка.	3,3	0,3	0,5	0	2,5	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Тема 18. Тверді розчини. Діаграми стану.	3,3	0,3	0,5	0	2,5	2,7	0,1	0,1	0	2,5
Разом за змістовим модулем 6	9,9	0,9	1,5	0	7,5	8,1	0,3	0,3	0	7,5
Усього годин	180	16	64	10	90	210	8	12	4	186

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Розділ «Механіка»			
1.	Змістовий модуль 1. Кінематика і динаміка матеріальної точки	1,5	0,5
2.	Змістовий модуль 2.	2	0,6

	Закони збереження		
3.	Змістовий модуль 3. Механіка твердого тіла.	1,5	0,35
4.	Змістовий модуль 4. Механічні коливання і хвилі. Основи акустики.	1,7	0,4
5.	Змістовий модуль 5. Механіка рідин і газів	0,8	0,2
Розділ «Молекулярна фізика і термодинаміка»			
1	Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів	1,9	0,3
2	Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.	1,1	0,4
3.	Змістовий модуль 3 Термодинаміка	2,7	0,3
4	Змістовий модуль 4 Явища переносу	1,6	0,35
5	Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.	1,7	0,3
6	Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.	1,5	0,3
	Всього	18	4

Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва роботи	Кількість годин
----------	--------------	--------------------

1	Визначення відношення теплоємностей c_p/c_v методом Клемана-Дезорма	2	
2	Визначення коефіцієнта дифузії	2	
3	Визначення коефіцієнта в'язкості методом Стокса	2	
4	Визначення коефіцієнту поверхневого натягу води методом відриву краплі	2	2
РАЗОМ		10	2

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.			
Тема 1.	Розвиток уявлень про будову речовини. Поняття про класичну і квантову статистику.	3	Усне опитування, екзаменаційні питання
Тема 2.	Особливості сил молекулярної взаємодії.	3	
Тема 3	Закони Бойля-Маріотта, Шарля, Гей-Люссака. Закон Авогадро. Газові суміші. Парціальний тиск. Закон Дальтона для суміші газів.	5	
	Усього	11	
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.			
Тема 4.	Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за степенями свободи молекул.	4	Усне опитування, питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 5.	Дослід Перрена з визначення числа Авогадро та його значення.	4	
Тема 6.	Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла. Дослід Штерна. Метод молекулярних пучків. Дослід Елдріджа та Ламберта.	8	

Усього		16	
Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки			
Тема 7.	Нульовий закон термодинаміки. Поняття про вічний двигун першого роду.	5	Усне опитування, питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 8.	Політропний процес. Рівняння політропи. Показник політропи. Теплоємність при політропічних процесах.	6	
Тема 9.	Імовірнісний характер другого закону термодинаміки. Теорема Нернста. Від'ємні температури.	6	
	Усього	17	
Змістовий модуль 4. Явища переносу.			
Тема 10.	Поняття про технічний вакуум.	4	Усне опитування, питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 11.	Формула Пуазейля. Рух твердих тіл у в'язкому середовищі.	5	
Тема 12.	Закон зменшення різниці температур при нестационарній теплопровідності.	5	
	Усього	14	
Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.			
Тема 13	Зрідження газів та одержання низьких температур.	4	Усне опитування,

			питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 14	Рідкі кристали.	5	
Тема 15	Механічні властивості кристалів. . Полімери.	6	
Усього		15	
Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення.			
Тема 16	Явище вологості. Абсолютна та відносна вологість.	6	Усне опитування, екзаменаційні питання
Тема 17	Метастабільні стани.	5	
Тема 18	Діаграми стану. Критичні точки: ліквідус солідус.	6	
усього		17	
РАЗОМ		90	

Методи навчання

- Словесні методи навчання: проблемні лекції, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж.
- Наочні методи навчання: спостереження, ілюстрація, демонстрація.
- Практичні методи навчання: вправи на розв'язання фізичних задач різних типів, фізичний експеримент різних типів.
- Методи стимулювання інтересу до навчання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності: дискусії, створення проблемних ситуацій, ситуацій пізнавальної новизни та зацікавленості, зіставлення наукових і життєвих (побутових) пояснень явища тощо.
- Методи навчання під керівництвом викладача.
- Самостійна робота студентів: робота зі спеціальною літературою, зокрема, з підручниками, методичною, науковою та довідниковою літературою; робота в Інтернеті.».

Розподіл балів, які отримують студенти за результатами поточного і підсумкового контролю

Поточний контроль (практичні заняття лабораторні роботи контрольна модульна робота)	Екзамен	Сума
--	----------------	-------------

Змістові модулі	Бали			Разом		
	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота			
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.						
Тема 1. Тепловий рух та його закономірності. Статистичний і термодинамічний підходи до вивчення макроскопічних систем.	—	—	0–1	0–8	0–20	0–100
Тема 2 Основні положення МКТ та їх експериментальне підтвердження. Молекули. Маса й розміри молекул і методи їх визначення. Відносна атомна та відносна молекулярна маса. Кількість речовини. Число Авогадро. Молярна маса. Особливості сил молекулярної взаємодії..		—	0-1–			
Тема 3. . Моделювання в МКТ. Ідеальний газ. Модель ідеального газу. Середні швидкості теплового руху молекул. Флуктуації. Броунівський рух. Основне рівняння МКТ ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу й основні газові закони.	0-3	0-1	0-2			
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.						
Тема 4. Розподіл енергії за степенями свободи молекул.	0-1	0-2	0-1	0-13		

Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за степенями свободи молекул.						
Тема 5. Розподіл молекул у потенціальному силовому полі. Ідеальний газ у полі сили тяжіння. Барометрична формула і розподіл молекул в полі сили тяжіння. Розподіл молекул земної атмосфери. Дослід Перрена з визначення числа Авогадро та його значення. Розподіл Больцмана.	0-2		0-1			
Тема 6. Розподіл молекул за швидкостями. Закон розподілу молекул за швидкостями. Найбільш імовірна швидкість. Вплив температури на функцію розподілу. Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла.	0-3		0-3			
Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки						
Тема 7. Внутрішня енергія як функція стану термодинамічної системи. Способи змінення внутрішньої енергії. Кількість теплоти. Еквівалентність теплоти і роботи. Перший закон термодинаміки. Перший закон термодинаміки як закон збереження енергії в теплових процесах. Поняття про вічний двигун першого роду. Теплоємність. Теплоємність. Питома та молярна теплоємність.	0-3		0-1-	0-15		

Внутрішня енергія та теплоємність ідеальних газів.						
Тема 8. Робота при ізопроцесах. Мікро і макро робота. Графічні способи знаходження роботи в термодинаміці. Робота ідеального газу при ізобарному та ізотермічному процесах. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона. Показник адіабати. Політропний процес. Рівняння політропи. Показник політропи. Теплоємність при політропічних процесах. Робота при адіабатному процесі.	0–2	0-1	0-3–			
Тема 9. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Обороти та необоротні процеси. Циклічні процеси. Теплові машини. Коефіцієнт корисної дії (ККД) циклу. Роль холодильника. Цикл Карно. ККД циклу Карно. Теорема Карно. Поняття про вічний двигун другого роду. Другий закон термодинаміки. Зведена кількість теплоти. Нерівність Клаузіуса. Ентропія як функція стану термодинамічної системи. Закон зростання ентропії. Термодинамічна імовірність і ентропія. Імовірнісний характер другого закону термодинаміки. Теорема Нернста. Від’ємні температури.	0–2	–	0–3			
Модульна контрольна робота за змістовими модулями 1, 2, 3 (5 тестових завдань)				5		0–16

Змістовий модуль 4. Явища переносу.						
Тема 10. Молекулярна взаємодія. Зіткнення молекул. Середня довжина та середній час вільного пробігу молекул. Кількість зіткнень молекул за одиницю часу. Ефективний діаметр і ефективний переріз. Імовірнісний зміст ефективного перерізу молекул. Поняття про технічний вакуум.	0–1		0-1–			
Тема 11. Стаціонарні явища переносу. Дифузія. Рівняння Фіка. Дифузійний потік. Градієнт концентрацій і градієнт густини. Самодифузія. Взаємна дифузія. Термодифузія. Коефіцієнт дифузії ідеальних газів. Теплопровідність. Рівняння Фур'є. Тепловий потік. Градієнт температур. Коефіцієнт теплопровідності ідеальних газів. В'язкість. Рівняння Ньютона. Потік імпульсу. Градієнт швидкості. Динамічна в'язкість. Формула Пуазейля. Рух твердих тіл у в'язкому середовищі. Закон Стокса. Явища переносу в розріджених газах.	0-2	0-2–	0-2–	0–12		
Тема 12. Нестаціонарні явища переносу. Нестаціонарна дифузія. Закон зменшення різниці концентрацій при нестаціонарній дифузії. Нестаціонарна теплопровідність. Закон зменшення різниці температур при нестаціонарній теплопровідності.	0–2	–	0–2			

Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.						
Тема 13. Реальні гази Поняття про реальні гази. Врахування дії сил протягування та відштовхування між молекулами реальних газів. Власний об'єм молекул. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Сталі Ван-дер-Ваальса. Ізотерми реального газу. Порівняння ізотерми Ван-дер-Ваальса та експериментальних ізотерм Ендрюса. Рівняння Камерлінг-Оннеса. Критичний стан речовини та критичні параметри. Властивості речовини в критичному стані.. Визначення критичних параметрів. Внутрішня енергія реального газу. Дроселювання. Ефект Джоуля-Томсона. Температура інверсії. Зрідження газів та одержання низьких температур.	0-2	0-1–	12			
ТЕМА 14. Рідини. Будова та властивості рідини. Поняття про ближній та дальній порядок. Модель будови рідини Я. І. Френкеля. В'язкість рідини. Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу. Вільна енергія поверхневого шару. Тиск Лапласа. Явища на границі рідини та твердого тіла та двох рідин. Крайовий кут. Явища змочування та незмочування. Капілярні явища. Рідкі розчини. Закон Рауля. Осмотичний тиск.	0-2	0-1–	0-2–			

Закон Вант-Гоффа. Рідкі кристали.						
ТЕМА 15. Тверді тіла. Аморфні та кристалічні тверді тіла. Основні характеристики кристалів. Структура ідеальних кристалів. Кристалічна решітка. Період ідентичності. Типи кристалічних решіток. Сингонії. Решітки Браве. Типи зв'язку в твердих тілах. Моно і полікристали. Дефекти в кристалах: точкові, лінійні (дислокації), поверхневі та об'ємні дефекти. Механічні властивості кристалів. Тепловий рух у твердих тілах.. Теплове розширення. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Температура Дебая. Полімери.	0–1	–	0–3			
Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення						
Тема 16. Поняття фази. Фазові перетворення 1-го та 2-го роду. Пароутворення та його види: сублімація, випаровування, кипіння. Прихована теплота випаровування. Питома та молярна теплота випаровування. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса. Умови кипіння. Центри пароутворення. Точка кипіння та її залежність від тиску та концентрації розчинених у рідині газів. Конденсація. Рівновага рідини і пари. Явище вологості. Абсолютна та відносна вологість.	0–2		0-2–	11		

Тема 17. Плавлення та кристалізація. Особливості плавлення аморфних і кристалічних тіл. Сублімація твердих тіл. Точка сублімації. Кристалізація. Центри кристалізації. Діаграми рівноваги фаз. Потрійна точка. Метастабільні стани.	0–2	–	0–2–			
Тема 18. Тверді розчини. Особливості будови сплавів. Механічні властивості, хімічні з'єднання, тверді розчини. Тверді розчини заміщення, розчинення; вилучення. Діаграми розчинності. Критичні точки: ліквідус солідус.	0–1	–	0–2			
Модульна контрольна робота за змістовими модулями 4,5,6 (4 тестових завдань)				0–4		

Шкала оцінювання за всіма видами контролю

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	задовільно
35-59	FX	
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

8. Методичне забезпечення

- Навчальна програма дисципліни.
- Опорні конспекти лекцій.
- Перелік рекомендованої літератури та інформаційних джерел до курсу.
- Ілюстративні матеріали (рисунок, схеми, таблиці, відео фрагменти).
- Інструктивно-методичні матеріали до практичних і лабораторних робіт.
- Пакети контрольних завдань з курсу для перевірки рівня засвоєння студентами навчального матеріалу та самоконтролю.
- Рекомендації до самостійної роботи.

Рекомендована література

Базова

П.П.Чолпан, Загальна фізика. К.: Вища пік., 2003. — 567 с.

Навчальний посібник для студентів вищих технічних і педагогічних закладів освіти / Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П.; за ред. Кучерука І. М. - К.: Техніка, 1999. Том 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. - 536 с.

В.С.Волькенштейн, Сборник задач по общему курсу физики

І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук, П.П.Луцик Загальний курс фізики. Механіка. Молекулярна фізика. – К. : Техніка, - 2006. – 271 с.

	Клим М. М., Збірник задач з молекулярної фізики. Навчальний посібник. / Клим М. М., Якібчук П. М. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009 – 242 с.
	Якібчук П. М. Лабораторний практикум . / П. М. Якібчук, А.В. Королишин – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009 – 131 с.
	Кушнір Р. М. Загальна фізика. Механіка. Молекулярна фізика / Навчальний посібник. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2003. — 404 с.

Допоміжна

4	С. О. Вакарчук Фізика / С. О. Вакарчук, Т. М. Демків, С. В. Мягкота. – Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 458 с.
---	--

Навчальні посібники і методичні розробки

1	В.М.Дроботенко, О.Х.Тадеуш, «Мультимедійний комплекс з молекулярної фізики». – Одеса. – 2012. – 35 с.
2	М.С.Маріна, А.А.Карапетян, О.Х.Тадеуш «Формування самоосвітньої компетентності майбутніх учителів фізики і математики в процесі вивчення молекулярної фізики і термодинаміки» - Одеса.- Видавець Букаєв В. В – 2014. – 76 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
www.mon.gov.ua
2. Освітньо - інформаційні ресурси/ – URL:
http://nh.at.ua/dir/osvitnyo_informaciyni_resursy/19
3. Історія і наука. – URL: <http://science-kharkov.ucoz.com/>
4. Образовательные ресурсы Интернета - Физика. – URL:
<http://www.alleng.ru/edu/phys9.htm>

