

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

Кафедра фізики

**Методичні рекомендації для самостійної роботи з дисципліни
«Загальна фізика. Розділ «Молекулярна фізика і термодинаміка»»
[для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань 01 Освіта / Педагогіка спеціальності 014 Середня освіта
(Фізика)]**

Одеса -2021

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, ОПП, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
денна форма навчання	заочна форма навчання		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів		Галузь знань 01 Освіта / Педагогіка	Статус дисципліни: обов'язкова	
6	6			
Змістових модулів – 6		ОПП Середня освіта (Фізика) Спеціальність 014.04 Середня освіта (Фізика) додаткові спеціальності 014.08 Середня освіта (Математика), 014.09 Середня освіта (Інформатика), 014.02 Середня освіта (Мова і література (англійська))	Мова навчання: Українська	
Загальна кількість годин – 180 год. 180 год.			Рік навчання:	
			1-й	1-й
			Семестр:	
			2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,75 самостійної роботи студента – 7,5		Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)	Лекції	
			24 год.	8 год.
			Практичні	
			24 год.	12 год.
			Лабораторні	
			12 год.	4 год.
			Самостійна робота	
120 год.	156 год.			

		Вид контролю: екзамен
--	--	------------------------------

Примітка.

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

для денної форми навчання – 33% / 67%

для заочної форми навчання 13 % / 87 %

Вступ

Мета та завдання навчальної дисципліни: формування теоретичної бази знань студентів з основ молекулярної фізики і термодинаміки, цілісного уявлення про фізичні явища, принципи, ідеї, що складають основу сучасного вчення про 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 розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» навчальної дисципліни «Загальна фізика» студенти мають опанувати знання з навчальної дисципліни: розділи «Механіка» 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 молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються теплові явища;

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

Здобувач вищої освіти вміє:

1) аналізувати 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 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 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 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 та володіє здатністю до відображення у фаховій практичній діяльності фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики. Здатний до глибокого розуміння сутності ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища. Усні відповіді повні, логічні й обґрунтовані.

	На високому рівні виявляє уміння виділяти, чітко формулювати та знаходити шляхи до розв’язання фахових задач різного ступеня складності, глибокого розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка», у тому числі з використанням різних інформаційних ресурсів. Вміє аргументовано аналізувати теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, у тому числі, з використанням різних інформаційних ресурсів. Чітко формулює та самостійно знаходить шляхи до розв’язання задач різного ступеня складності з 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 молекулярної фізики і термодинаміки до розв’язання задач підвищеної складності шкільного курсу фізики. На високому рівні проводить експериментальні дослідження, зокрема, в лабораторії 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 молекулярної фізики, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Добре (82-89 В)	Здобувач вищої освіти на достатньому рівні володіє знаннями та здатністю до відображення у фаховій практичній діяльності фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики. Здатний до розуміння сутності ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища. Усні відповіді достатньо повні,

	логічні й обґрунтовані, але іноді припускаються несуттєві неточності. На достатньому рівні виявляє вміння виділяти, чітко формулювати та знаходити шляхи до розв'язання фахових задач різного ступеня складності, розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка». Вміє аналізувати теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, у тому числі, з використанням різних інформаційних ресурсів, але іноді припускає незначних неточностей. Вміє формулювати та знаходити шляхи до розв'язання задач різного ступеня складності з молекулярної фізики і термодинаміки, але іноді проявляє незначні неточності при інтегруванні знань з різних галузей відповідних наук при розв'язанні задач та відповідних математичних методів. Самостійно знаходить, обробляє й аналізує інформацію з різних джерел використовує її при виконанні практичних завдань, проте не завжди виявляє творчого підходу при застосовуванні сучасних інформаційних технологій. Здатний використовувати теоретичні та практичні знання молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання задач достатнього рівня складності шкільного курсу фізики, але не завжди здатний вирішувати самостійно задачі підвищеного рівня складності. На достатньому рівні проводить експериментальні дослідження, зокрема, в лабораторії молекулярної фізики і термодинаміки під час фізичного практикуму, але не завжди може організовувати самостійну роботу з використанням сучасних технологій і засобів навчання. Дотримується норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторії оптики, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Добре (74-81 С)	Здобувач вищої освіти проявляє достатні знання та достатній рівень здатності до відображення у фаховій практичній діяльності фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики, до розуміння сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку,

	законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища, про сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, закони і закономірності, яким підкорюються молекулярні і термодинамічні явища. Проте при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються окремі несуттєві неточності та незначні помилки. На середньому рівні виявляє розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів молекулярної фізики і термодинаміки. На середньому рівні виявляє вміння аналізувати молекулярні і термодинамічні явища та процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Вміє розв'язувати стандартні задачі з молекулярної фізики і термодинаміки, 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 молекулярної фізики і термодинаміки до розв'язання стандартних задач шкільного курсу фізики. При проведенні експериментальних досліджень під час фізичного практикуму в лабораторії 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 лабораторії оптики, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Задовільно	Здобувач вищої освіти не завжди проявляє достатні знання та здатність до відображення у фаховій практичній діяльності

(64-73 D)	фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики. Не завжди здатний до глибокого розуміння сутності ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища. Усні відповіді неповні, не завжди логічні й обґрунтовані. Не завжди виявляє уміння виділяти, формулювати та знаходити шляхи до розв'язання фахових задач різного ступеня складності, не виявляє глибокого розуміння сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка». Не завжди вміє аргументовано аналізувати теплові явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань. Проявляються ускладнення при використанні різних інформаційних ресурсів. Не завжди вміє чітко формулювати та самостійно знаходити шляхи до розв'язання задач з молекулярної фізики і термодинаміки, майже не вміє інтегрувати знання з різних галузей відповідних наук й застосовувати при розв'язанні задач із застосуванням відповідних математичних методів. Відчуває складності при знаходженні, обробці й аналізі інформації з різних джерел та використанні її при виконанні практичних завдань. Виявляються ускладнення при застосовуванні сучасних інформаційних технологій. Не завжди проявляє здатність до використання теоретичних та практичних знань з молекулярної фізики і термодинаміки, до розв'язання задач, особливо підвищеної складності шкільного курсу фізики. Не завжди на достатньому рівні проводить експериментальні дослідження, зокрема, в лабораторії 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 молекулярної фізики, відповідально й безпечно використовує фізичне обладнання.
Задовільно	Здобувач вищої освіти на репродуктивному рівні має знання та здатність до відображення у фаховій практичній діяльності

(60-63 E)	фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики, до розуміння сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища. про сутність молекулярних і термодинамічних явищ, ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, основні поняття, закони, співвідношення між величинами. При поясненні теплових явищ припускається суттєвих помилок. На низькому рівні розуміє сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів молекулярної фізики і термодинаміки. Не виявляє здатності аналізувати 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 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 використанням сучасних інформаційних технологій. Припускається помилок при розв'язанні стандартних задач з молекулярної фізики і термодинаміки шкільного курсу фізики. При проведенні експериментальних досліджень, зокрема, під час фізичного практикуму в лабораторії 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 лабораторії молекулярної фізики і термодинаміки.
-----------	--

Незадовільно (35-59 FX)	Здобувач вищої освіти має фрагментарні знання та здатність до відображення у фаховій практичній діяльності фундаментальних і прикладних аспектів різних розділів фізики, педагогіки, психології, методики навчання фізики та виявляє низький рівень розуміння сутності ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, законів і закономірностей, яким підкорюються теплові явища. про сутність молекулярних і термодинамічних явищ, ідей, що складають основу сучасного вчення про молекулярну фізику і термодинаміку, основні поняття, закони, співвідношення між величинами. Усні відповіді часткові, не обґрунтовані. На фрагментарному рівні виявляє розуміння й усвідомлення сутності фундаментальних й прикладних аспектів розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» загальної фізики, меж застосування законів молекулярної фізики і термодинаміки. Майже не здатний аналізувати молекулярні і термодинамічні явища і процеси з погляду фізичних теорій, принципів і знань. Переважно не здатний до самостійного розв'язання фізичних задач з 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 молекулярної фізики і термодинаміки шкільного курсу фізики. Потребує постійної допомоги викладача при проведенні експериментальних досліджень, 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. 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

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

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 .$$

3. Закон Гей-Люссака

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

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

4. Закон Шарля

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

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

5. Об'єднаний газовий закон

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

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

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 $u = \frac{v}{v_{im}} = \frac{v}{\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}}$. – 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 $T = 280 \text{ K}$ та тиску $p = 186 \text{ кПа}$. 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 $T_1 = 300 \text{ K}$ до температури $T_2 = 900 \text{ K}$ його тиск зростає від $p_1 = 100 \text{ кПа}$ до $p_2 = 450 \text{ кПа}$. 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 $\Delta v = 100 \text{ м/с}$. Визначити температуру T газу. (381 K)

2. Температура азоту (N_2) $T = 311,5 \text{ K}$. Яка частина молекул азоту має швидкість в межах: а) від $v_1 = 200 \text{ м/с}$ до $v_2 = 215 \text{ м/с}$; б) від $v_1 = 420 \text{ м/с}$ до $v_2 = 435 \text{ м/с}$; в) від $v_1 = 500 \text{ м/с}$ до $v_2 = 515 \text{ м/с}$? (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

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

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

$$pV^\gamma = const,$$

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:

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

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

2. 0,5 моль ідеального одноатомного газу нагрівають від температури $T_1 = 150$ К до $T_2 = 350$ 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)

$$Q = -\kappa \frac{dT}{dx} S t$$

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.

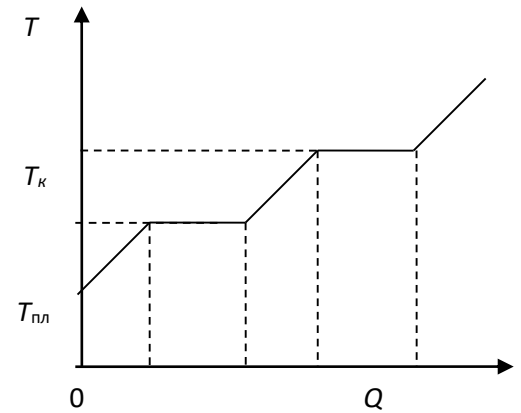


Рис. 2.33

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)).

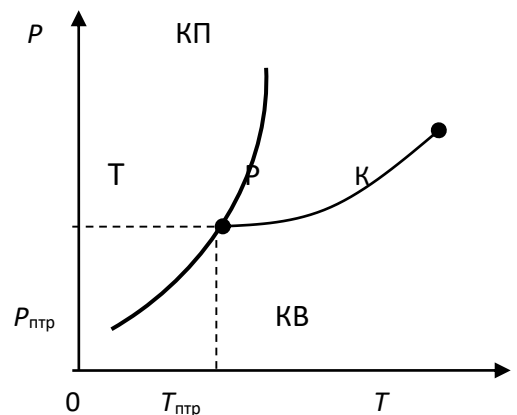


Рис. 2.32

Крива випаровування закінчується у *критичній точці* К, 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.

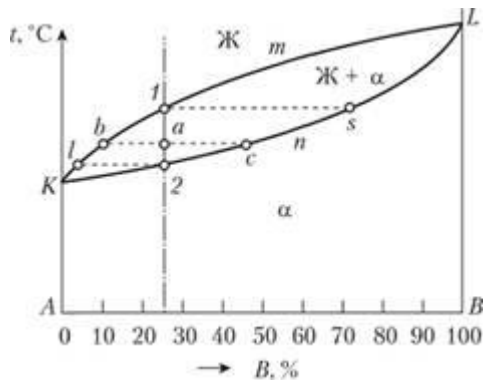
ТЕМА 18. Тверді розчини. Діаграми стану.

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 α . 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.
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.										
Тема 1. Вступ. Предмет, задачі і методи молекулярної фізики і термодинаміки.	4	1	0	0	3	3,25	0,25	0	0	3
Тема 2 Основні положення МКТ.	4	1	0	0	3	3,25	0,25	0	0	3
Тема 3. Броунівський рух. Основне рівняння МКТ ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу й основні газові закони.	11	2	4	0	5	15,5	1	1	0	13,5
Разом за змістовим модулем 1	19	4	4	0	11	22	1,5	1	0	19,5
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.										
Тема 4. Розподіл енергії за степенями свободи.	6	1	1	0	4	2,5	0,25	0,25	0	2
Тема 5. Розподіл молекул ідеального газу в потенціальному силовому полі.	8	1	1	0	6	14,5	1	1	0	12,5
Тема 6. Розподіл молекул	14	2	2	2	8	15	1	1	0	13

ідеального газу за швидкостями.										
Разом за змістовим модулем 2	28	4	4	2	18	32	2,25	2,25	0	27,5
Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки										
Тема 7. Перший закон термодинаміки. Теплоємність.	9	1	1	0	7	11,5	0,5	1	0	10
Тема 8. Робота при ізопроцесах і при адіабатному процесі.	12	1	1	2	8	11,5	0,5	1	0	10
Тема 9. Теплові машини. Цикл Карно. Ентропія. Закон зростання ентропії.	12	2	2	0	8	12	0,5	1	0	10,5
Разом за змістовим модулем 3	33	4	4	2	23	35	1,5	3	0	30,5
Змістовий модуль 4. Явища переносу.										
Тема 10. Зіткнення молекул.	10	1	1	0	8	10	0,5	1	0	8,5
Тема 11. Стаціонарні явища переносу. Закони явищ переносу.	20	2	2	6	10	10,5	0,5	1	0	9
Тема 12. Нестационарні явища переносу.	14	1	1	0	12	12,5	0,5	1	2	9
Разом за змістовим модулем 4	44	4	4	6	30	33	1,5	3	2	26,5

Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.										
Тема 13. Реальні гази.	12	2	2	0	8	10,7	0,3	0,4	0	10
Тема 14. Рідини.	12	1	1	2	8	11,7	0,3	0,4	2	9
Тема 15. Тверді тіла.	10	1	1	0	8	9,6	0,2	0,4	0	9
Разом за змістовим модулем 5	34	4	4	2	24	32	0,8	1,2	2	28
Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення										
Тема 16. Пароутворення та конденсація.	6	1	1	0	4	8,7	0,15	0,55	0	8
Тема 17. Плавлення та кристалізація. Діаграми рівноваги фаз. Потрійна точка.	10	2	2	0	6	8,6	0,1	0,5	0	8
Тема 18. Тверді розчини. Діаграми стану.	6	1	1	0	4	8,7	0,2	0,5	0	8
Разом за змістовим модулем 6	22	4	4	0	14	26	0,45	1,55	0	24
Усього годин	180	24	24	12	120	180	8	12	4	156

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма

1.	Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів	4	1
2.	Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу	4	2,25
3.	Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки	4	3
4.	Змістовий модуль 4. Явища переносу	4	3
5.	Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла	4	1,2
6.	Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення	4	1,55
	Усього	24	12

Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва роботи	Кількість годин	
		стац	заочно
1	Визначення відношення теплоємностей c_p/c_v методом Клемана-Дезорма	2	
2	Визначення середньо-квадратичної швидкості молекул повітря	2	
3	Визначення коефіцієнта дифузії	2	2
4	Визначення коефіцієнта в'язкості методом Стокса	2	
5.	Визначення коефіцієнту теплопровідності твердих тіл	2	
6	Визначення коефіцієнту поверхневого натягу води методом відриву краплі	2	2
	РАЗОМ	12	4

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		Форма контролю
		стаціонар	заочно	
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.				
Тема 1.	Розвиток уявлень про будову речовини. Поняття	3	3	Усне опитування,

	про класичну і квантову статистику.			екзаменаційні питання
Тема 2.	Особливості сил молекулярної взаємодії.	3	3	
Тема 3	Закони Бойля-Маріотта, Шарля, Гей-Люссака. Закон Авогадро. Газові суміші. Парціальний тиск. Закон Дальтона для суміші газів.	5	13,5	
Усього за 1 змістовим модулем		11	19,5	
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.				
Тема 4.	Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за степенями свободи молекул.	4	2	Усне опитування, питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 5.	Дослід Перрена з визначення числа Авогадро та його значення.	6	12,5	
Тема 6.	Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла. Дослід Штерна. Метод молекулярних пучків. Дослід Елдріджа та Ламберта.	8	13	
Усього за 3 змістовим модулем		18	27,5	
Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки				
Тема 7.	Нульовий закон термодинаміки. Поняття про вічний двигун першого роду.	7	10	Усне опитування, питання КМР,

Тема 8.	Політропний процес. Рівняння політропи. Показник політропи. Теплоємність при політропічних процесах.	8	10	екзаменаційні питання
Тема 9.	Імовірнісний характер другого закону термодинаміки. Теорема Нернста. Від'ємні температури.	8	10,5	
	Усього за 3 змістовим модулем	23	30,5	
Змістовий модуль 4. Явища переносу.				
Тема 10.	Поняття про технічний вакуум.	8	8,5	Усне опитування, питання КМР, екзаменаційні питання
Тема 11.	Формула Пуазейля. Рух твердих тіл у в'язкому середовищі.	10	9	
Тема 12.	Закон зменшення різниці температур при нестационарній теплопровідності.	12	9	
	Усього за 4 змістовим модулем	30	26,5	
Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.				
Тема 13	Зрідження газів та одержання низьких температур.	8	10	Усне опитування, питання КМР,
Тема 14	Рідкі кристали.	8	9	

Тема 15	Механічні властивості кристалів. . Полімери.	8	9	екзаменаційні питання
Усього за 5 змістовим модулем		24	28	
Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення.				
Тема 16	Явище вологості. Абсолютна та відносна вологість.	4	8	Усне опитування, екзаменаційні питання
Тема 17	Метастабільні стани.	6	8	
Тема 18	Діаграми стану. Критичні точки: ліквідус солідус.	4	8	
усього за 6 змістовим модулем		14	24	
РАЗОМ		120	156	

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
	Бали	Разом		

Змістові модулі	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота			
Змістовий модуль 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів.						
Тема 1. Вступ. Предмет, задачі і методи молекулярної фізики і термодинаміки.	–	–	0–3	0–10	0–20	0–100
Тема 2 Основні положення МКТ.		–	0-3–			
Тема 3. Броунівський рух. Основне рівняння МКТ ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу й основні газові закони.	0-1	-	0-3			
Змістовий модуль 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу.						
Тема 4. Розподіл енергії за степенями свободи..	0-1		0-3	0-14		
Тема 5. Розподіл молекул ідеального газу в потенціальному силовому полі.	0-1		0-3			
Тема 6. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями.	0-1	0-2	0-3			
Контрольна модульна робота до змістових модулів 1, 2 (2 тестових завдань)				0-2		0–16
Змістовий модуль 3. Основи термодинаміки						
Тема 7. Перший закон термодинаміки. Теплоємність.	0–1		0-3–	0–14		
Тема 8. Робота при ізопроцесах і при адіабатному процесі.	0–1	0-2	0-3–			

Тема 9. Теплові машини. Цикл Карно. Ентропія. Закон зростання ентропії.	0–1	–	0–3			
Змістовий модуль 4. Явища переносу.						
Тема 10. Зіткнення молекул.	0–1		0-3–	0–14		
Тема 11. Стаціонарні явища переносу. Закони явищ переносу.	0-1	0-2	0-3–			
Тема 12. Нестационарні явища переносу.	0–1	–	0–3			
Контрольна модульна робота до змістових модулів 3,4 (2 тестових завдання)	0-2					
Змістовий модуль 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла.						
Тема 13. Реальні гази.	0-1	-	0-3–	0-13		
Тема 14. Рідини.	0-1	0-2	0-3–			
Тема 15. Тверді тіла.		–	0–3			
Змістовий модуль 6. Рівновага фаз і фазові перетворення						
Тема 16. Пароутворення та конденсація.	-		0-3–	0-9		
Тема 17. Плавлення та кристалізація. Діаграми рівноваги фаз. Потрійна точка.	-	–	0-3–			
Тема 18. Тверді розчини. Діаграми стану.	-	–	0–3			
Контрольна модульна робота до змістових модулів 5,6 (2 тестових завдання)	0-2					

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	Задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Методичне забезпечення

- Робоча 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.

Забезпечення навчання осіб з особливими освітніми потребами

Передбачено забезпечення рівного доступу до якісної освіти особам з особливими освітніми потребами шляхом організації їхнього навчання на основі застосування особистісно-орієнтованих методів навчання з урахуванням їхніх індивідуальних особливостей.

Рекомендована література

Базова

2	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. Москва : Высшая школа, 1985. 384с.
3	Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Молекулярна фізика. Київ : Техніка, 2006. 271 с.
4	Клим М. М., Збірник задач з молекулярної фізики : Навчальний посібник. / Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2009 . 242 с.
5	Якібчук П. М. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 131 с.
6	Кушнір Р. М. Загальна фізика. Механіка. Молекулярна фізика : Навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 404 с.

Допоміжна

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

Навчальні посібники і методичні розробки

1	Маріна М.С., Тадеуш О.Х. Мультимедійний комплекс з молекулярної фізики». Одеса : 2012. 35 с.
2	Маріна М.С., Карапетян А.А., Тадеуш О.Х. 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>

