

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

(повна назва вищого навчального закладу)

Кафедра загальної фізики і фізики теплоенергетичних та хімічних процесів



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор

наукково-педагогічної роботи

О.В. Запорожченко

2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальності - 104- фізика та астрономія, 105- Прикладна фізика та наноматеріали,

Освітня програма Фізика та астрономія, Прикладна фізика та наноматеріали

Вид дисципліни нормативна

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
(назва факультету)

2020 – 2021

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, доцент Гоцульський В.Я.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри загальної фізики
Протокол № 1 від "28" серпня 2020 року

Завідувач кафедри



(підпис)

Гоцульський В.Я.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від " 3 " вересня 2020 року

Голова НМК



(підпис)

Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Вступ

Навчальна програма дисципліни “Молекулярна фізика” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки бакалаврів (освітньо-наукового рівня). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 104 – “Фізика та астрономія”, 105 – прикладна фізика та наноматеріали .

Освітньо-наукова програма: “ Фізика та астрономія”, «Прикладна фізика та наноматеріали».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є процеси та основні характеристики і закони механічного руху, основи проведення експериментальних досліджень, використання систем одиниць вимірювання, а також основи і методологія наукового пізнання.

Місце навчальної дисципліни в структурі освітнього процесу.

Навчальна дисципліна «Молекулярна фізика» є складовою дисципліни «Загальна фізи

1. Опис навчальної дисципліни

1.1 Мета.

Кінцева мета засвоєння дисципліни «Молекулярна фізика» спрямована на формування у студентів матеріалістичного світогляду, вміння використовувати фізичні закони для пояснення явищ природи. Вивчення дисципліни передбачає отримання знань та вмінь, які необхідні спеціалісту в його майбутній професійній діяльності. (КЗП. 04. володіти курсом загальної фізики), використовувати отримані знання на практиці при розв’язанні задач, організації та проведенні спостережень та експериментального дослідження, аналізі результатів спостережень, експериментальних та модельних даних, побудові фізичних моделей, аналізі проблем в інших галузях науки і техніки:

- вміти користуватися законами курсу загальної фізики при вирішенні фахових задач та проведення досліджень;

- вміти поставити і розв'язати задачу з молекулярної фізики, побудувати фізичну модель;
- вміти користуватись математичним апаратом для розв'язання задач молекулярної фізики та аналізу їх рішення;
- вміти планувати експериментальні дослідження, обробляти отримані результати та робити висновки.

1.2.Інтегральна компетентність (ІК) - здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1),
- Здатність управління інформацією (пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел) (ЗК2),
- Здатність проведення самостійних досліджень (ЗК 9),

Фахові компетентності:

- Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії (ФК - 9).

Завдання

- ознайомити студента з загальними фізичними явищами, методами їх спостереження, принципами та законами фізики, фізичними та математичними моделями, методиками експериментального дослідження та вимірювання фізичних величин, з основами опрацювання експериментальних даних;
- сформувавати у студентів навички та вміння використовувати фізичну та математичну наукову термінологію, свідомо відтворювати відомі фізичні моделі та ідеї;
- розвинути вміння самостійно вирішувати поставленні задачі, представляти результати в якісній та кількісній мірі, аналізувати отримані результати;
- сформувавати у студента чітке уявлення про межі застосування фізичних моделей та гіпотез;
- розвинути у студентів допитливість та інтерес до знання явищ природи;
- навчити студентів використовувати отримані знання для застосування їх на практиці.

Очікувані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: основні явища, ефекти, визначення, одиниці вимірювання, закони, принципи, типові задачі розділу «Молекулярна фізика» загального курсу фізики, внесок видатних вчених у становлення фізичних моделей, області використання отриманих знань

вміти: використовувати отримані знання на практиці при розв'язанні задач, організації та проведенні спостережень та експериментального дослідження, аналізі результатів спостережень, експериментальних та модельних даних

1.3. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 270 годин, що становить 9 кредитів ЄКТС.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<u>Нормативна/за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Лекції
60 год.
Практичні/семінарські
54 год.
Лабораторні
60 год.
Самостійна робота
102 год.
У тому числі індивідуальні завдання
-

2. Тематичний план навчальної дисципліни.

Розділ 1.

Тема 1. Предмет і методи молекулярної фізики.

Предмет молекулярної фізики. Попередні відомості про агрегатний стан речовини і області їх існування. Молекулярні сили. Зв'язок властивостей речовини з атомно-молекулярною структурою. Необхідність статистичного опису системи, що складається з

величезного числа частинок. Співвідношення статистичних і динамічних характеристик. Мікростани і макростани статистичної системи й співвідношення між ними.

Тема 2 Елементи теорії ідеальних газів.

Ідеальний газ як модель найпростішої статистичної системи. Вираз тиску газу через середню кінетичну енергію. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Рівняння Менделєєва-Клапейрона. Закон Дальтона. Поняття парціального тиску. Газодинамічне тлумачення абсолютної температури. Стала Больцмана. Вимірювання макроскопічних параметрів газу. Термометричне тіло. Шкала температур. Ідеальний газ як термометричне тіло; шкала температур.

Тема 3. Основні поняття теорії ймовірності. Статистичний розподіл

Визначення ймовірності. Додавання ймовірностей. Множення ймовірностей. Статистична незалежність подій. Комбінаторне визначення ймовірності. Густина ймовірності. Середнє за часом і середнє за ансамблем та їх обчислення. Поняття середніх значень. Вираз середніх через ймовірності можливих значень величин. Рівноважний стан системи. Зв'язок між середнім за часом і середнім за ансамблем у рівноважному стані - ергодічна гіпотеза. Принцип детальної рівноваги.

Розподіл ідеального газу у заданому об'ємі. Обчислення ймовірності того, що у заданій частині об'єму знаходиться n молекул, якщо у всьому об'ємі знаходиться N молекул. Основне співвідношення між ймовірністю макростану і числом мікростанів, з допомогою яких реалізується даний макростан. Рівноважний стан як найбільш ймовірний. Поняття про розподіл ймовірностей і основні властивості біноміального розподілу. Рівномірна густина ідеального газу в об'ємі як найбільш ймовірна. Флуктуації і середня густина в частинах об'єму і їх залежність від величин цих частин.

Тема 4. Розподіл молекул за швидкостями.

Максвеллівський розподіл молекул за швидкостями. Характерні швидкості розподілу Максвелла. Експериментальне визначення середніх швидкостей молекул. Характеристика наближення розподілу швидкостей та розподілу Максвелла. Розподіл газу у полі потенційних сил - розподіл Больцмана. Барометрична формула. Зв'язок між розподілами Максвелла і Больцмана. Розподіл Гіббса. Межі використання розподілів. Досліди Перрена. Експериментальне визначення сталої Больцмана. Броунівський рух. Теорія Ейнштейна-Смолуховського. Визначення числа Авогадро.

Тема 5 Основні характеристики і закономірності молекулярного руху.

Зіткнення молекул. Модель газу з неточковими молекулами. Середня швидкість, середня частота зіткнень, середня довжина вільного пробігу, поперечний газокінетичний переріз, їх експериментальне визначення. Розподіл молекул за довжинами вільного пробігу. Розсіювання молекулярного пучка. Поглинання пучка середовищем. Середня довжина вільного пробігу в певному напрямку.

Процеси переносу у газах. Фізична суть процесів переносу - дифузія, теплопровідність і внутрішнє тертя. Основні експериментальні дані по простим явищам переносу. Стаціонарні і нестаціонарні процеси і їх рівняння. Час релаксації. Елементарна

теорія явищ переносу. Вираз коефіцієнтів дифузії, теплопровідності й в'язкості через величини, що характеризують молекулярний рух. Зв'язок між коефіцієнтами. Вимірювання коефіцієнтів. Поняття про перехресні явища переносу. Самодифузія та взаємодифузія. Термодифузія.

Фізичні явища в ультрарозріджених газах. Теплоперенос при малих тисках. Посудини Дьюара. Необхідність розглядання не пружних зіткнень молекул газу з стінкою. Молекулярна течія газу. Теплова ефузія. Зустрічна ізотермічна ефузія двох газів. Ефузне розділення ізотопі

Тема 6 *Класичні та квантові моделі теплоємності для ідеальних, реальних та конденсованих молекулярних систем.*

Рівнорозподіл кінетичної енергії за ступенями вільного руху молекул. ϵ - теорема Больцмана (випадки поступальних, обертальних та коливальних ступеней вільності). Внутрішня енергія газу. Теплоємність газів. Недоліки класичної теорії теплоємності. Поняття про квантову теорію теплоємності. Теплоємність водню. "Заморожування" ступенів вільності. Теплоємність твердих тіл. Теплоємність реальних газів

Розділ 2.

Тема 1 *Основи термодинаміки.*

Метод термодинаміки і його порівняння зі статистичним методом. Термодинамічна рівновага. Різновиди процесів. Внутрішня енергія. Робота. Кількість теплоти. Функції стану та процесу. Перший закон термодинаміки. Застосування першого закону термодинаміки до розглядання різних процесів в ідеальному газі (ізотермічного, ізобаричного, ізохоричного, адіабатичного й загального випадку політропічного процесу).

Оборотні та необоротні процеси. Рівноважні та не рівноважні процеси. Цикли. Цикл Карно і його ККД. Аналіз можливості перетворення тепла в роботу. Теореми Карно. Другий закон термодинаміки. Термодинамічна шкала температур. Від'ємні абсолютні температури. Поняття про теплопередачу. Вирівнювання температур. Закон охолодження Ньютона. Конвективний теплообмін. Поняття про теорію подібності. Сучасні задачі екології.

Тема 2 *Статистичний характер термодинамічних законів.*

Нерівність Клаузіуса. Ентропія як функція стану. Закон зростання ентропії. Ентропія як міра якості енергії. Обчислення зміни ентропії в основних різновидах термодинамічних процесів. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Зв'язок ентропії і термодинамічної ймовірності. Формула Больцмана. Об'єктивний характер статистичної закономірності. Приклад флуктуації макроскопічних параметрів. Границі застосування другого закону термодинаміки. Демон Максвелла та «теплова смерть» Всесвіту. Теорема Нернста і висновки із неї. Недосяжність абсолютного нуля температури.

Тема 3 *Реальні гази.*

Відхилення стану газів від ідеальності. Дослідницькі ізотерми Амага. Міжмолекулярні взаємодії як причина відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Найпростіші потенціали міжмолекулярної взаємодії. Водневий зв'язок.

Рівняння Ван-дер-Ваальсу і його аналіз. Метастабільні стани. Фізичний зміст сталих Ван-дер-Ваальса. Властивості насиченої пари і рідини, що з нею знаходиться в контакту. Фазові перетворення. Критичні явища. Критична температура. Порівняння з експериментом. Зведене рівняння Ван-дер-Ваальсу. Закон відповідних станів.

Метод термодинамічних потенціалів. Термодинамічні потенціали та їх поведінка в рівноважних процесах. Рівняння Максвелла. Принцип ле-Шательє-Брауна.

Метастабільні стани. Крива кипіння. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля - Томсона. Температура інверсії. Скраплення газів. Основи вакуумної техніки.

Тема 4 Фазові переходи .

Фазові перетворення у чистих речовинах та сумішах.

Фазові перетворення першого і другого роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Плавлення та кристалізація. Переохолоджена рідина. Випаровування твердих тіл. Поняття фази та правило фаз Гіббса.

Кристалічні та аморфні стани речовини. Моно- і полікристали. Елементи симетрії кристалів. Просторова решітка і модель ідеального Кристалу. Решітки Браве. Точкові дефекти в кристалах. Дислокації. Дефекти і міцність. Механічні і термічні властивості тіл. Теплоємність кристалів. Ангармонічна модель і теплове розширення. Дифузія та інші явища переносу в твердих тілах.

Поняття про будову і властивості рідких кристалів. Области застосування.

Тема 5 Особливості рідкого стану.

Характеристика рідкого стану. Моделі рідини. Ближній і дальній порядок. Молекулярна взаємодія і тепловий рух. В'язкість. Стисливість. Особливості явищ теплопереносу у рідинах. Випаровування і кипіння рідини. Перегрів рідини. Бульбашкові камери.

Явища, що обумовлені наявністю вільної поверхні рідини. Умови рівноваги на межі двох рідин і на межі рідина і тверде тіло. Змочування. Тиск під скривленою поверхнею рідини. Формула Лапласа. Капілярні явища. Флотація.

Рідкі розчини. Розчинність газів, рідин і твердих тіл в рідинах. Ад- та абсорбція. Пружність насиченої пари над розчинами. Суміш рідин і їх кипіння. Ебуліоскопія. Кріоскопія. Осмотичні явища. Закони Рауля.

Тема 6 Дисперсні системи і високомолекулярні сполуки.

Дисперсні системи. Стійкість. Коагуляція. Елементарні процеси - випаровування, сублімація, конденсація, плавлення. Високомолекулярні сполуки. Особливості будови і фізичні властивості.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		лекц	п	лаб	с.р.
Розділ 1.					
Тема 1. <i>Предмет і методи молекулярної фізики</i>	16	4	4	-	8

Тема 2. <i>Макропараметри молекулярної системи.</i>	34	6	6	12	10
Тема 3. <i>Основні поняття теорії ймовірності та статистичні розподіли.</i>	22	4	4	4	10
Тема 4. <i>Розподіли молекул.</i>	28	6	6	4	12
Тема 5. <i>Основні характеристики і закономірності молекулярного руху</i>	40	6	6	12	16
Усього годин за 1 розділ	140	26	26	32	56
Розділ 2.					
Тема 6. <i>Класичні та квантові моделі теплоємності</i>	22	4	4	4	10
Тема 7. <i>Основи термодинаміки</i>	26	6	6	4	10
Тема 8. <i>Статистичний характер термодинамічних законів</i>	28	2	2	4	10
Тема 9. <i>Реальні гази</i>	16	4	4	4	4
Тема 10. <i>Фазові переходи.</i>	24	6	6	8	4
Тема 11. <i>Особливості рідкого стану</i>	16	4	4	4	4
Тема 12. <i>Дисперсні системи і високомолекулярні сполуки</i>	8	2	2	-	4
Усього годин за 2 розділ	130	28	28	28	46
Усього годин	270	54	54	60	102

4. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Макропараметри. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Закон Дальтона.	4
2	Поняття середніх значень. Поняття про розподіл ймовірностей і основні властивості біноміального розподілу.	4
3	Максвеллівський розподіл молекул за швидкостями. Характерні швидкості розподілу Максвелла. .	8
4	Розподіл газу у полі потенційних сил - розподіл Больцмана. Барометрична формула.	4
5	Зіткнення молекул. Розсіювання молекулярного пучка. Середня довжина вільного пробігу в певному напрямку. Процеси перенесення у газах. Стаціонарні і нестаціонарні процеси і їх рівняння. Час релаксації.	4
6	Внутрішня енергія газу. Теплоємність газів. Теплоємність реальних газів.	4
7	Робота. Кількість теплоти. Застосування першого закону термодинаміки до розглядання різних процесів в ідеальному газі (ізотермічного, ізобаричного, ізохоричного, адіабатичного й загального випадку політропічного процесу).	8
8	Цикли. Другий закон термодинаміки. Обчислення зміни ентропії в основних різновидах термодинамічних процесів.	4
9	Рівняння Ван-дер-Ваальсу і його аналіз. Метастабільні стани.	4
10	Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля - Томсона.	8
11	Фазові перетворення першого і другого роду. Рівняння	8

	Клапейрона-Клаузіуса. Кристалічні та аморфні стани речовини. Дифузія та інші явища переносу в твердих тілах	
12	Особливості явищ теплоперенесення у рідинах. Випаровування і кипіння рідини.	4
13	Формула Лапласа. Капілярні явища. Осмотичні явища. Закони Рауля.	8

5. Темы лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття теорії ймовірності. Комбінаторне визначення ймовірності. Густина ймовірності. Середнє за часом і середнє за ансамблем та їх обчислення. Поняття середніх значень.	12
2	Принцип детальної рівноваги. Броунівський рух. Теорія Ейнштейна-Смолуховського.	12
3	Поняття про квантову теорію теплоємності. Теплоємність водню. «Заморожування» ступенів вільності. Теплоємність твердих тіл.	12
4	Фізичні явища в ультрарозріджених газах. Теплоперенесення при малих тисках. Посудини Дьюара. Термоси. Необхідність розглядання непружних зіткнень молекул газу з стінкою.	10
5	Від'ємні абсолютні температури. Поняття про теплопередачу. Вирівнювання температур. Закон охолодження Ньютона. Конвективний теплообмін. Поняття про теорію подібності. Сучасні задачі екології.	6
6	Характеристика рідкого стану. Моделі рідини. Ближній і дальній порядок. Молекулярна взаємодія і тепловий рух. В'язкість. Стисливість. Особливості явищ теплопереносу у рідинах.	6
7	Випаровування і кипіння рідини. Перегрів рідини. Бульбашкові камери. Розчинність газів, рідин і твердих тіл в рідинах. Ад- та абсорбція. Пружність насиченої пари над розчинами. Суміш рідин і їх кипіння. Ебуліоскопія. Кріоскопія. Осмотичні явища. Закони Рауля.	10
8	Кристалічні та аморфні стани речовини. Моно- і полікристали. Елементи симетрії кристалів. Просторова решітка і модель ідеального кристалу.	10
9	Решітки Браве. Точкові дефекти в кристалах. Дислокації. Дефекти і міцність. Механічні і термічні властивості тіл. Теплоємність кристалів. Ангармонічна модель і теплове розширення. Дифузія та інші явища переносу в твердих тілах.	10
10	Фазові переходи другого роду. Властивості рідкого гелію.	6
11	Дисперсні системи і високомолекулярні сполуки. Дисперсні системи. Стійкість. Коагуляція. Елементарні процеси - випаровування, сублімація, конденсація, плавлення.	4
12	Високомолекулярні сполуки. Особливості будови і	4

фізичні властивості.	
----------------------	--

6. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття теорії ймовірності. Комбінаторне визначення ймовірності. Густина ймовірності. Середнє за часом і середнє за ансамблем та їх обчислення. Поняття середніх значень.	12
2	Принцип детальної рівноваги. Броунівський рух. Теорія Ейнштейна-Смолуховського.	12
3	Поняття про квантову теорію теплоємності. Теплоємність водню. «Заморожування» ступенів вільності. Теплоємність твердих тіл.	12
4	Фізичні явища в ультрарозріджених газах. Теплоперенесення при малих тисках. Посудини Дьюара. Термоси. Необхідність розглядання непружних зіткнень молекул газу з стінкою.	10
5	Від'ємні абсолютні температури. Поняття про теплопередачу. Вирівнювання температур. Закон охолодження Ньютона. Конвективний теплообмін. Поняття про теорію подібності. Сучасні задачі екології.	6
6	Характеристика рідкого стану. Моделі рідини. Ближній і дальній порядок. Молекулярна взаємодія і тепловий рух. В'язкість. Стисливість. Особливості явищ теплопереносу у рідинах.	6
7	Випаровування і кипіння рідини. Перегрів рідини. Бульбашкові камери. Розчинність газів, рідин і твердих тіл в рідинах. Ад- та абсорбція. Пружність насиченої пари над розчинами. Суміш рідин і їх кипіння. Ебуліоскопія. Кріоскопія. Осмотичні явища. Закони Рауля.	10
8	Кристалічні та аморфні стани речовини. Моно- і полікристали. Елементи симетрії кристалів. Просторова решітка і модель ідеального кристалу.	10
9	Решітки Браве. Точкові дефекти в кристалах. Дислокації. Дефекти і міцність. Механічні і термічні властивості тіл. Теплоємність кристалів. Ангармонічна модель і теплове розширення. Дифузія та інші явища переносу в твердих тілах.	10
10	Фазові переходи другого роду. Властивості рідкого гелію.	6
11	Дисперсні системи і високомолекулярні сполуки. Дисперсні системи. Стійкість. Коагуляція. Елементарні процеси - випаровування, сублімація, конденсація, плавлення.	4
12	Високомолекулярні сполуки. Особливості будови і фізичні властивості.	4

7. Індивідуальні завдання

Не передбачено

8. Методи навчання

Лекції, лабораторні роботи, практичні заняття, самостійна робота, написання модульних контрольних робіт, звітів з лабораторних робіт.

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

9. Методи контролю

Поточне опитування, тестування, поточна перевірка самостійної роботи, модульні контрольні роботи, прийом звітів до лабораторних робіт, підсумкова семестрова робота.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота									Екзамен	Підсумк. бал
Модуль 1			Модуль 2			Модуль 3				
Теоретичний матеріал	Рішення задач	Лабораторні роботи	Теоретичний матеріал	Рішення задач	Лабораторні роботи	Теоретичний матеріал	Рішення задач	Лабораторні роботи	100	100 (після нормування)
50	30	20	50	30	20	50	30	20	100	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної дисципліни	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	Відмінно
85 - 89	B	Добре
75 - 84	C	
70 - 74	D	Задовільно
60 - 69	E	
35 – 59	FX	Незадовільно
0 – 34	F	

11. Рекомендована література

Базова

1. Козицький С.В., Золотко А.Н., Молекулярна фізика, Курс загальної фізики у 6 томах, Одеса, Астропринт, 2011.
2. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоев В.М., Молекулярна фізика, Київ, Знання. 2006.
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1981.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М., Наука, 1975.
5. Дутчак В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика та термодинаміка. Київ., Вища школа, 1993.
6. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1973.

Допоміжна

7. И.В Савельев Курс общей физики. Книга 3. Молекулярная физика и термодинамика. Москва, Астрель, АСТ, 2003.
8. Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц Курс общей физики. Механика и молекулярная физика., Наука, ГРФМЛ, М., 1965.
9. Иродов И.Е. Задачи по общей физике, Москва, Наука, 1988
10. К.М. Копійка, Д.Д. Поліщук, Збірник задач з фізики, Навчальний посібник за рекомендацією МОНУ(Лист №2/36 від 11.01.2001р.), Одеса, Астропринт, 2001.

Електронні інформаційні ресурси

Матеріали курсу на кафедральному сайті: www//chem.phys.onu.edu.ua