

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
“_____” Вересень 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 14.2 «Фізика аерозолів»

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика аерозолів». – Одеса: ОНУ, 2022. – 13с.

Розробник: Черненко Олександр Сергійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри



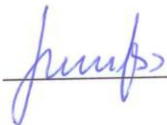
Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрієм НІЦУКОМ

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК



Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 08 2024 р.

Завідувач кафедри



(Гочульський В.О.)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___ від «___» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

(_____)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 3 годин – 90 змістовних модулів - 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Обов'язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		4-й
		Семестр
		8-й
		Лекції
		24 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		20 год.
		Самостійна робота
		46 год.
		Форма підсумкового контролю: залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням об'єктів, процесів та явищ фізики дисперсних систем, на прикладі аерозолів.

Курс побудований на базі загальних окремих розділів таких курсів як: «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика», «Оптика».

Задачі дисципліни:

- вивчити джерела виникнення аерозолів, шляхи їх міграції та розпаду;
- вивчити фізичні властивості аерозольних систем – механічні, оптичні, електричні, теплові закони поведінки та закони росту і розвитку аерозолів;
- ознайомитися з приладами для вивчення властивостей аерозолів і методами контролю аерозольних забруднень повітря.
- розуміти основні причини виникнення і руху повітряних мас в атмосфері.

В результаті освоєння даної дисципліни повинні формуватися в певній частині наступні компетенції:

Інтегральна компетентність (ІК) - Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні:

- К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- К03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- К04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- К05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- К07. Навички здійснення безпечної діяльності.
- К08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- К10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Спеціальні (фахові):

- К16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- К19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

- K20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.
- K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- K23. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
- K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

Очікувані результати навчання.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- умови стійкості аерозольної хмари, вплив розмірів частинок на властивості та закони поведінки аерозолів, функції розподілу аерозольних частинок за їх розмірами,
- рух та осадження аерозольних частинок в ламінарнім і турбулентнім режимах, коагуляцію аерозольних частинок,
- розсіювання світла частинками, питання зарядки аерозольних частинок, закони випаровування та конденсації, закони росту аерозольних частинок;
- прилади для вимірювання характеристик аерозольних систем.
- основні причини виникнення різноманітних явищ, пов'язаних з рухом повітряних мас в атмосфері;

вміти:

- користуватися основними аерозольними приладами, на основі експериментів визначати функції розподілу аерозолів за розмірами, рахувати механічні та дифузійні властивості аерозолів,
- обробляти результати експериментів та розрахунків з використанням теорії подібності,
- розраховувати коагуляцію та осадження аерозольних частинок в різних умовах,
- визначати тиск пару над частинками з урахуванням кривини поверхні, рахувати зростання розміру частинок в різних умовах, електричні заряди на частинках.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПРО1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР04. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.

ПР14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.

ПР16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. ОСНОВИ МЕХАНІКИ АЕРОЗОЛІВ

1. **Тема 1. Розмір аерозолів.** Види аерозолів. Поняття розміру частинок. Вплив розмірів частинок на властивості аерозолів. Функції розподілу аерозольних частинок за розмірами. Визначення та способи завдання. Аналітичне описування.
2. **Тема 2. Поступальний рух аерозолів.** Прямолінійний рівномірний рух частинок аерозолію. Сила опору руху частинок. Різні режими руху частинок. Формули Стокса, Каннінгема, молекулярно-кінетичне наближення. Швидкість седиментації. Рух частинок зі збільшеною швидкістю. Лобовий опір. Формули Осєєна та Клячко. Нерівномірний рух частинок при великих числах Re . Коливання частинок під впливом зовнішньої періодичної сили. Коливання частинок під впливом звукових хвиль. Тиск звука на частинки.

3. **Тема 3. Криволінійний рух частинок аерозолю.** Осадження частинок із ламінарного потоку під впливом сили ваги в трубі прямокутного перерізу. Імпактор. Осадження аерозолів в полі відцентрових сил. Аерозольна центрифуга, коніфуга, циклон. Теорія відбору проб в аерозолі. Щілинні пристрої. Ефективність осадження частинок в щілинних пристроях, її вираз через число Стокса. Інерційне осадження аерозолю на тілах простої форми.
4. **Тема 4. Броунівський рух аерозолів.** Основні його характеристики. Закони Ейнштейна. Дифузійне осадження аерозолів в нерухомому середовищі. Дифузія аерозолів в ламінарному потоці. Тканинний та волокнистий фільтри. Фізичні основи процесу фільтрації. Осадження аерозолів в дихальних шляхах.
5. **Тема 5. Теплова коагуляція аерозолів.** Теорія Смолуховського. Кінематична коагуляція аерозолів. Ефективність осадження аерозолів розпиленою водою. Термофорез. Дифузіофорез. Фотофорез.
6. **Тема 6. Основи пиловловлювання.** Оцінка ефективності пиловловлювання. Загальна характеристика механізмів та приладів пиловловлювання. Гравітаційні та інерційні пило осаджувачі. Відцентрові пиловловлювачі. Мокрі пило осаджувачі. Скрубери.

Змістовний модуль 2. ФІЗИКА АЕРОЗОЛІВ

7. **Тема 7. Механізми утворення аерозолів.** Механізми утворення аерозолів при диспергації рідких та твердих тіл. Пневматичне, гідравлічне, центробіжне розпилювання рідини. Утворення крапель при дробленні, злитті та зіткненні крапель. Механічне розмелювання твердих тіл.
8. **Тема 8. Термодинамічні властивості аерозолів.** Крива тиску пару. Відносна вологість. Пересичення. Конденсація при адіабатичнім розширенні та при змішуванні потоків. Утворення аерозолів при конденсації. Стабільність малих краплин. Ефект Кельвіна. Тиск пару над малими краплинами, що містять нерозчинені домішки. течія. Кінетика випаровування крапель. Утворення аерозолів при хімічних перетвореннях. Займання, запалювання і горіння частинки і пилу. Динаміка зміни розміру. Горіння краплин рідини. Стефанівська течія. Кінетика зростання крапель.
9. **Тема 9. Електричні властивості аерозолів.** Заряди аерозольних частинок. Граничні заряди для рідинних та твердих частинок. Ударна зарядка аерозольних частинок в силовому полі. Дифузійна зарядка частинок в іонізованому повітрі. Зарядка твердих частинок при зіткненні та розпилюванні порошків. Індукційний механізм зарядки. Зарядка при падінні крупної твердої частинки через хмару малих частинок іншої природи. Криволінійний рух частинок в нерухомому середовищі: падіння частинок при наявності поперечного електричного поля. Осадження частинок із ламінарного потоку під впливом електричного поля, рухливість аерозольних частинок та методи її визначення.
10. **Тема 10. Оптика аерозолів.** Релеєвське розсіювання світла на частинці. Формула Релея для неполяризованого сонячного світла. Індикатриса розсіювання, переріз розсіювання та поляризованість. Розсіювання світла хмарою

частинок $d \ll \lambda$. Основні характеристики. Коефіцієнт екстинкції. Закон Ламберта. Розсіювання світла крупними частинками $d \gg \lambda$. Парадокс екстинкції.

11. **Тема 11. Рух газу і явища в атмосфері.** Атмосферний тиск. Вітри. Повітряні маси. Циклони і антициклони. Атмосферні фронти. Атмосферні забруднення. Смог. Перенос аерозолів.

4. Структура навчальної дисципліни «Фізика ядра і елементарних частинок»

Назва тем	Кількість годин				
	Очна (денна) форма				
	Усього	у тому числі			
Лек.		Пр.	Лаб.	СР	
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Основи механіки аерозолів					
Тема 1. Розмір аерозолів.	10	2		4	4
Тема 2. Поступальний рух аерозолів.	8	2		2	4
Тема 3. Криволінійний рух частинок аерозолію	8	2		2	4
Тема 4. Броунівський рух аерозолів.	8	2		2	4
Тема 5. Теплова коагуляція аерозолів.	6	2			4
Тема 6. Основи пиловловлювання.	8	2		2	4
Змістовний модуль 2. ФІЗИКА АЕРОЗОЛІВ					
Тема 7. Механізми утворення аерозолів	8	2		2	4
Тема 8. Термодинамічні властивості аерозолів	10	4			6
Тема 9. Електричні властивості аерозолів	8	2		2	4
Тема 10. Оптика аерозолів.	10	2		4	4
Тема 11. Рух газу і явища в атмосфері	6	2			4
Усього годин	90	24		20	46

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних робіт

№	Тема заняття	год
1	Перевірка на можливість описання експериментальних даних на логнормальний розподіл	2
2	Дисперсний аналіз аерозолів методом цифрової оптичної мікроскопії	2
3	Гранулометричний аналіз порошку при використанні гравітаційного сепаратору Гонеля	
4	Ситовий аналіз дисперсності порошоків	2
5	Вивчення роботи каскадного імпактору	2
6	Вивчення роботи генераторів монодисперсних крапель та визначення їх розмірів методом сольового залишку	2
7	Вимірювання дисперсності частинок в суспензіях дифракційним методом. Лазерний лічильник частинок.	2
8	Вивчення кінетики броунівської коагуляції аерозолю	2
9	Визначення заряду аерозольних частинок по методу електричної рухливості	2
10	Вимірювання гранулометричного складу спрею та порошоків за допомогою лазерного тіншового лічильника.	2

8. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Функції розподілу аерозольних частинок за розмірами. Визначення та способи завдання. Перевірка на нормальний та логнормальний розподіл.	4
2.	Непрямолінійний поступальний рух аерозольної частинки	2
3.	Нерівномірний рух частинок при великих числах Re . Коливання частинок під впливом зовнішньої періодичної сили. Коливання частинок під впливом звукових хвиль.	2
4.	Аерозольна центрифуга, коніфуга, циклон. Теорія руху частинок.	2
5.	Ефективність осадження частинок в щілинних пристроях	2
6.	Дифузійне осадження аерозолів в нерухомому середовищі	2
7.	Осадження аерозолів в дихальних шляхах	2
8.	Кінематична коагуляція аерозолів.	2
9.	Термофорез. Дифузіофорез. Фотофорез.	2
10.	Гравітаційні та інерційні пило осаджувачі. Відцентрові пиловловлювачі	2

11.	Мокрі пило осаджувачі. Скрубери. Основи фільтрування.	2
12.	Пневматичне, гідравлічне, центробіжне розпилювання рідини.	2
13.	Утворення крапель при дробленні, злитті та зіткненні крапель.	2
14.	Умови утворення аерозолів при конденсації. Ступінь пересичення.	2
15.	Кінетика випаровування крапель.	2
16.	Кінетика зростання крапель.	2
17.	Зарядка при падінні крупної твердої частинки через хмару малих частинок іншої природи.	2
18.	Осадження частинок із ламінарного потоку під впливом електричного поля, рухливість аерозольних частинок та методи її визначення.	2
19.	Індикатриса розсіювання, переріз розсіювання та поляризованість. Парадокс екстинкції.	2
20.	Аерозольні лічильники частинок	2
22	Рух газу і явища в атмосфері. Атмосферний тиск. Вітри. Повітряні маси. Циклони і антициклони. Атмосферні фронти.	2
24	Атмосферні забруднення. Смог. Перенос аерозолів.	2
	Разом	46

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт та індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання 2 контрольних робіт з розв'язанням практичних задач за змістовними модулями. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт. Підсумковий контроль - залік.

Поточне опитування, тестування, поточна перевірка самостійної роботи у вигляді тестових завдань, прийом звітів з лабораторних робіт.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати самостійної роботи оцінюються по результатам модульної контрольної роботи. В модульну роботу входить 16 тестових теоретичних завдань (по 1 балу) та 2 задачі (по 4 бали). Сумарна оцінка за роботу складає 24 балів.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За правильне і повне виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 4 балів за кожну роботу. За неповне виконання та виконання з помилками знімається 1-2 бали. За повністю неправильне виконання бали не додаються. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає 40 балів.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного за шкалою, що наведена нижче.

11. Питання для підготовки для поточного контролю Змістовний модуль 1. Механіка аерозолів.

Теоретична частина

1. Що називається конденсаційним аерозолем? Види конденсаційного аерозолю.
2. Що називається диспергаційним аерозолем? Види диспергаційного аерозолю.
3. Як називають аерозоль, утворений при 1) десублімації; 2) вибусі; 3) руйнуванні струменя рідини; 4) коагуляції (зливанні крапель); 5) горінні; 6) конденсації; 7) розмелюванні; 8) розпиленні рідини.
4. Для яких частинок можна однозначно застосовувати поняття «розміру» аерозолю?
5. Поняття еквівалентного розміру.
6. Поняття діаметра Ферету.
7. Що таке коефіцієнт сферичності для частинки аерозолю?
8. Що називається лічильною диференціальною функцією розподілу аерозолів за розмірами $f(r)$?
9. Що називається лічильною диференціальною функцією розподілу аерозолів за масою $g(r)$?
10. Фізичний зміст функції $f(r)$ та $g(r)$.
11. Що називається стандартним геометричним відхиленням?
12. Що називається середньгеометричним розміром розподілу?
13. Що називається модальним розміром розподілу?
14. Що називається середньоарифметичним розміром розподілу?
15. Запишіть функцію нормального розподілу частинок за розмірами.
16. Запишіть функцію логнормального розподілу частинок за розмірами.
17. Запишіть розподіл Розіна-Рамлера.
18. Запишіть розподіл Роллера.
19. Намалюйте типове зображення для нормального розподілу за розмірами.
20. Намалюйте типове зображення логнормального розподілу за розмірами.
21. Намалюйте типове зображення інтегральної функції розподілу $F^-(d)$.
22. Намалюйте типове зображення інтегральної функції розподілу $F^+(d)$.
23. Що таке седиментація?
24. Як визначається швидкість седиментації частинки з діаметром понад 1 мкм та $Re < 1$?
25. Як визначити швидкість седиментації частинки розміром менше 1 мкм?
26. Як оцінити час встановлення стаціонарної швидкості седиментації?
27. Що називається аеродинамічним діаметром частинки аерозолю?
28. Що називається стоксівським діаметром частинки аерозолю?
29. Коли, чому і як враховують при русі в'язкість речовини аерозолю?
30. Навіщо і коли необхідно враховувати виправлення Каннінгема?

31. Що таке довжина вільного пробігу молекул середовища?
32. Як визначити константу Каннінгема для частинки розміром менше довжини вільного пробігу молекул?
33. Як визначити константу Каннінгема для частинки розміром трохи більше довжини вільного пробігу молекул?
34. Принцип роботи сепаратора Гоннеля.
35. Визначте число Кнудсенf.
36. Визначте число Рейнольдсf.
37. Визначте число Стоксу.
38. Що таке імпація? На якому явище воно ґрунтується?
39. Що розуміється під ефективністю уловлювання імпактора?
40. Принцип роботи імпактора.
41. Що можна зробити з підкладкою в імпакторі для покращення осідання аерозольних частинок на ній?
42. Що таке каскадний імпактор?
43. Накресліть типову залежність ефективності уловлювання імпактора від числа Стокса.
44. Для яких розмірів аерозольних часток ефективно застосовувати циклони?
45. Принцип роботи центрифуги
46. Принцип роботи циклону.
47. Що називається аспірацією? Коефіцієнт аспірації.
48. Які основні явища впливають на коефіцієнт аспірації?
49. Яка помилка при відборі проб аерозолу, якщо напрями потоку аерозолу і потоку в пробовідбірнику не співвісні?
50. Яка помилка при відборі проб аерозолу, якщо швидкість потоку аерозолу більша за швидкість потоку в пробовідбірнику (швидкості співвісні)?
51. Яка помилка при відборі проб аерозолу, якщо швидкість потоку аерозолу менша за швидкість потоку в пробовідбірнику (швидкості співвісні)?
52. Що розуміється під ізокінетичним відбором? Коефіцієнт ізокінетичності.
53. Що називається броунівською (тепловою) дифузією?
54. Закон дифузії аерозольної частинки (I закон Фіка).
55. Рівняння дифузії аерозольної частинки (II закон Фіка)
56. Як визначити коефіцієнт дифузії аерозольної частинки?
57. Як коефіцієнт дифузії аерозольної частинки залежить від її розміру?
58. Запишіть рівняння Ейнштейна-Смолуховського для броунівської дифузії.
59. Як оцінити кількість осілих частинок за рахунок дифузії на одиниці поверхні?
60. Що розуміємо під тепловою (броунівською) коагуляцією аерозольних частинок?
61. Запишіть рівняння швидкості зміни концентрації аерозолу внаслідок теплової коагуляції.
62. Як визначається константа коагуляції для монодисперсного аерозолу?
63. Як визначається константа коагуляції частинок двох різних розмірів?
64. Що називається «довжиною вільного пробігу» аерозольної частинки?
65. Що називається термофорезом?
66. Що називається фотофорезом?
67. Що називається дифузифорезом?

Задачі до модуля «Механіка аерозолів»:

1. Визначення швидкості седиментації частинки.
2. Визначення концентрацію аерозолу в камері при його осіданні.
3. Ефективність уловлювання частинок імпактором.
4. Ефективність уловлювання частинок циклоном.
5. Визначення коефіцієнта аспірації.
6. Визначення коефіцієнта дифузії аерозольної частинки.
7. Визначення константи коагуляції частинок.
8. Визначення числа частинок, що осіли за рахунок дифузії на одиницю поверхні.

Змістовний модуль 2. Фізика аерозолів.

Теоретична частина

1. Які сили відповідальні за стабілізацію остаточної форми частинок?
2. Вкажіть основні шляхи витрати енергії під час руйнування рідини?
3. У чому полягає пневматичне розпилення рідини?
4. Що відбувається на першій стадії при пневматичному розпиленні поверхні рідини згідно з теорією Кастльмена?
5. Що передує безпосередньому розпаду деякі краплі при пневматичному розпиленні поверхні рідини відповідно до теорії Кастльмена?
6. У чому полягає гідравлічне розпилення рідини?
7. Чому гідравлічний спосіб розпилення рідин енергетично менш вигідний, ніж пневматичний?
8. У чому полягає відцентрове розпилення рідини?
9. Яка умова відриву крапель при відцентровому розпилюванні рідини при невеликих швидкостях обертання?
10. Чому при механічному подрібненні твердих тіл неможливо отримати частинки менші за деякий мінімальний розмір?
11. Чи можна під час вибуху отримати частинки дуже малих розмірів? Чому?
12. У чому полягає метод Релею утворення монодисперсних крапель?
13. Яке фізичне явище є основою методу розпилення рідини ультразвуком?
14. Який процес називається гомогенною (спонтанною) нуклеацією?
15. Який процес називається гетерогенною нуклеацією?
16. Яка необхідна умова має виконуватися, щоб розпочався процес нуклеації?
17. Що розуміється під ступенем пересичення?
18. Що називається насиченою парою?
19. Що називається пересиченою парою?
20. Що визначає рівняння Кельвіна при спонтанній нуклеації?
21. Запишіть рівняння Кельвіна для спонтанної нуклеації крапель.
22. Як поводить ся ступінь пересичення пари зі збільшенням розміру крапель за її гомогенної нуклеації?
23. До чого проводить наявність іона у системі насичений пар-газ?
24. Чи може відбуватися конденсація на зарядженій краплі в умовах, коли відносна вологість повітря менша за 1?
25. На яких ядрах конденсації найактивніше відбувається гетерогенна нуклеація?
26. Як відбувається нуклеація на нерозчинних змочуваних ядрах конденсації?
27. Як відбувається нуклеація на нерозчинних незмочуваних ядрах конденсації?
28. Як відбувається нуклеація на розчинних ядрах конденсації (частинки солі)?
29. Чому необхідне пересичення пари за наявності у частинки розчинного ядра конденсації значно менше, ніж для краплі чистого значно менше, ніж для краплі чистої речовини?
30. Чи може відбуватися конденсація на найдрібніших частинках пилу в умовах, коли відносна вологість повітря менша за 1?
31. Запишіть рівняння Максвелла.
32. У яких випадках можна застосовувати рівняння Максвелла для опису випаровування та конденсації крапель?
33. Запишіть рівняння Ленгмюра для визначення часу випаровування краплі.
34. Як тиск насиченої пари над плоским кордоном залежить від температури?
35. Поясніть механізм електризації крапель під час розпилення.
36. Поясніть механізм електризації частинок полум'я.
37. У чому полягає механізм дифузійної зарядки?
38. Як визначити кількість іонів біля поверхні зарядженої частинки при дифузійній зарядці.
39. За яким законом змінюється заряд частинки з часом за дифузійної зарядки?
40. Який основний недолік теорії Уайта дифузійної зарядки частинки?

41. Який фізичний механізм насправді обмежує накопичення заряду на частинці при її дифузійній зарядці?
42. Для яких розмірів частинок можна застосовувати результати теорії Уайта дифузійної зарядки?
43. У чому полягає механізм заряджання частинок в електричному полі?
44. Які основні припущення використовуються для теоретичного опису зарядки частинок в електричному полі?
45. Як змінюється заряд частинки при її зарядці в електричному полі?
46. Від чого залежить величина насичення заряду частинки?
47. З яким явищем пов'язане існування абсолютного граничного заряду частинки за її зарядки в електричному полі?
48. Який фізичний механізм обмеження граничного заряду на поверхні рідкої краплі за теорією Релея при їх зарядці в електричному полі?
49. Який заряд повинна мати крапля, щоб при випаровуванні до деякого розміру подрібнитись на дрібніші (позитивний, негативний будь-який)?
50. Який закон визначає рівноважний розподіл аерозольних частинок зарядами?
51. Як частка незаряджених аерозольних частинок у повітрі залежить від їх розмірів?
52. Що називається рухливістю аерозольних частинок в електричному полі?
53. Як визначити рухливість аерозольних частинок в електричному полі?
54. Як рухливість аерозольної частинки в електричному полі пов'язана з її розміром?
55. Які процеси описує закон Бугера-Ламберта-Бера?
56. Запишіть закон Бугера-Ламберта-Бера?
57. Що називається коефіцієнтом екстинції?
58. Що називається індикатрисою розсіювання?
59. Для яких розмірів часток застосовують теорію Релея?
60. Як інтенсивність розсіювання залежить від довжини падаючого світла згідно з теорією Релея?
61. Як інтенсивність розсіювання залежить від діаметра частинки згідно з теорією Релея?
62. Як інтенсивність розсіювання залежить від кута розсіювання згідно з теорією Релея?
63. Яка теорія використовується в загальному випадку для опису розсіювання світла аерозольною частинкою?
64. Які основні обмеження теорії Мі?
65. Як якісно видозмінюється індикатриса розсіювання зі збільшенням розміру частинки?
66. З яким явищем пов'язане існування обмеження на мінімальний розмір частинки, що визначається, методом цифрової мікроскопії?
67. Принцип роботи лазерного лічильника дисперсності частинок.
68. Принцип роботи тіньового лазерного лічильника дисперсності частинок.

Задачі до модуля «Фізика аерозолів»:

1. На умову відриву краплі при відцентровому розпилюванні.
2. Про визначення середнього розміру краплі під впливом ультразвукових хвиль.
3. Умова гомогенної нуклеації.
4. Умова гомогенної нуклеації за наявності заряду на краплі.
5. Про визначення часу випаровування краплі.
6. Визначення швидкості дрейфу аерозольної частинки в електричному полі.
7. Визначення частинки частинок у середовищі із заданим зарядом.
8. Визначення граничного заряду та межі Релея для краплі.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Змістовний модуль 1						Контрольна робота	Виконання лабораторних робіт	Разом	Сума балів
T1	T2	T3	T4	T5	T6				
1	1	1	1	1	1	24	24	54	
Змістовний модуль 2									
T7	T8		T9	T10	T11				
1	1	1	1	1	1	24	16	46	

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

СУММА БАЛІВ ЗА ВСІ ФОРМИ НА- ВЧАЛЬНОЇ ДІЯ- ЛЬНОСТІ	ОЦІНКА В ЄКТС	ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ	
		екзамен	залік
90 – 100	A	відмінно (“5”)	зараховано
85– 89	B	добре (“4”)	
75-84	C		
65-74	D	задовільно (“3”)	
60 – 64	E		
35 – 59	FX	незадовільно (“2”) з можливіс- тю повторного складання	не зараховано
0 – 34	F	незадовільно (“2”) з обов’язковим повторним кур- сом	

13. Методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи, інструкції до приладів:

<http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>,

<http://phys.onu.edu.ua>,

<http://lib.onu.edu.ua>

Основна:

1. *Калинчак В.В., Контуш С.М., Черненко А.С., Щекатоліна С.А.* Прикладная физика аэрозолей / Навчально-методичний посібник. – Одеса, ОНУ. – 2015. – 130 с.

<http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/22652>

https://drive.google.com/file/d/18tuoTFNjIRiCtu0W0jP33Q5OITkU8UR3/view?usp=share_link

2. *Калинчак В.В., Черненко О.С., Контуш С.М.* Фізика медичних аерозолів / Навчальний посібник. – Одеса, ОНУ. – 2019. – 240 с.

<http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/25034>

https://drive.google.com/file/d/13JZuaca47xgEz_uHp0t9hZiAsksjZEcK/view?usp=share_link

3. Конспект лекцій (презентація).

https://docs.google.com/presentation/d/1GIkiMjCMHyiUYK77raDe70pzkjGshikl/e/dit?usp=share_link&ouid=114358838115754858743&rtpof=true&sd=true

Додаткова:

1. Reist P. Aerosol science and technology – 2nd ed. 1995 – 203 p.
https://drive.google.com/file/d/1VKmHXBn1FX9qUnBJBibgC1SX3WeyZdaH/view?usp=share_link
2. Sheldon K. Friedlander Smoke, dust and haze. Fundamentals of aerosol Dynamics. – New York, Oxford, 2000. – 431 p.
https://drive.google.com/file/d/14ncoya_jwt4_jQEzjn2H6UxRQHzzmavv/view?usp=share_link
3. Аэрозоли – дисперсные системы: Монография / Чекман И.С., Сыровая А.О., Андреева С.В., Макаров В.А. / - X: «Цифрова друкарня №1», – 2013. – 100 с.
4. Williams M.M., Sudarshan K. Loyalka Aerosol science theory and practice. – Pergamon press, 1991. – 463 p.
https://drive.google.com/file/d/1iolDixSRRCa3dmhyiP_Uos6IGkXZKk_/view?usp=share_link
5. Черненко А. С., Контуш С. М., Зинченко Ю. А., Калинин В. В., Калугин В. В. Определение гранулометрического состава порошков пылеугольного топлива автоматизированной системой // Приборы и методы измерений. – 2015. – № 1. – С. 87 - 93.
6. Черненко А. С., Зинченко А. С., Калинин В. В., Косолап Н. В. Определение дисперсного состава и формы частиц пыли методом цифровой микроскопии // Физика аэродисперсных систем. – 2014. – № 51. – С. 109 - 117.
7. Черненко О. С., Калинин В. В., Дараков Д.С., Копійка О.К., Вплив підвісу на кінетику випаровування краплі рідкого палива // Физика аэродисперсных систем. – 2015. – № 52. – С. 47-62.

Електронні ресурси:

1. MiePlot. A computer program for scattering of light from a sphere using Mie theory & the Debye series <https://philiplaven.com/MiePlot.htm>
2. Journal of Aerosol Science <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-aerosol-science>
3. Journal Aerosol Science and Engineering <https://www.springer.com/journal/41810>
4. Journal Aerosol Science and Technology <https://www.tandfonline.com/toc/uast20/current>