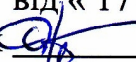
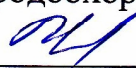


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності
протокол № 6 від « 17 » 06 2021 року
Голова групи  Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного ф-ту
 Чугай А.В.
(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС
навчальної дисципліни

«Додаткові глави фізики»
(назва навчальної дисципліни)

183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

бакалавр

(рівень вищої освіти)

денна

(форма навчання)

4

(рік навчання)

7, 8

(семестр навчання)

8/240

(кількість кредитів ЕКТС/годин)

залік, іспит

(форма контролю)

Загальної та теоретичної фізики

(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори: Герасимов О.І., зав. каф. Загальної та теоретичної фізики, доктор ф.-м. наук, професор
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Кудашкіна Л.С., доцент кафедри Загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри Загальної та теоретичної фізики від «_9_»__06_____2021 року, протокол №_11_____.

Викладачі: Лекції – Герасимов О.І., зав. каф. Загальної та теоретичної фізики, доктор ф.-м. наук, професор
Лекції, практичні заняття – Кудашкіна Л.С., доцент кафедри Загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент _____
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Метою дисципліни є формування теоретичних уявлень про структуру та фізичні властивості суцільних середовищ, ознайомлення з головними кінетичними рівняннями, за допомогою яких можна описувати нерівноважні процеси у неідеальних системах (неідеальний газ, суцільні середовища), та розгляд ряду практичних застосувань цих рівнянь при розгляді задач, пов'язаних з розповсюдженням домішок різного походження, зокрема радіонуклідів, у атмосфері, у водному середовищі та ґрунті. Курс спрямований на формування навичок у використанні елементів теорії кінетичних рівнянь при моделюванні процесів міграції радіонуклідів у різних природних середовищах.
Компетентність	К19. Здатність використовувати фізичні принципи в екології та закони теоретичного опису властивостей систем із складною морфологією, володіння методичною базою екологічної фізики, застосовуючи її до розв'язання задач захисту навколишнього середовища. К20. Здатність застосовувати теоретичні концепції, що базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання динаміки станів систем довкілля, оцінки та прогнозування наслідків впливу зовнішніх факторів з метою вибору адекватних заходів забезпечення елементів довкілля.
Результат навчання	ПРО1. Знати сучасні теорії, підходи, принципи екологічної політики, фундаментальні положення з біології, хімії, фізики, математики, біотехнології та фахових і прикладних інженерно-технологічних дисциплін для моделювання та вирішення конкретних природозахисних задач у виробничій сфері. ПР15. Вміти здійснювати фізичне моделювання кінетичних процесів у задачах довкілля, прогнозування характеру міграції забруднюючих речовин у біосфері.
Базові знання	1) елементи гідростатики і гідродинаміки, 2) рівняння руху в'язкої рідини, 3) турбулентність, теплопровідність і дифузія, 4) основні кінетичні рівняння процесів міграції домішок, зокрема радіонуклідів у навколишньому середовищі.
Базові вміння	1) записувати та застосовувати при вивченні і моделюванні відповідних фізичних процесів рівняння нерозривності, Ейлера, Бернуллі, Нав'є-Стокса.
Базові навички	1) застосовувати ці теоретичні знання до розв'язування конкретних задач, пов'язаних із розповсюдженням домішок різноманітної природи, зокрема радіонуклідів в атмосфері, водному середовищі, ґрунті; 2) аналізувати отримані результати.
Пов'язані ссиллабуси	немає
Попередня дисципліна	немає
Наступна дисципліна	немає
Кількість годин	лекції – 60год., з них: 7-ий семестр – 30 год.; 8-ий семестр – 30 год. практичні заняття – 50год., з них: 7-ий сем.–30 год.; 8-ий сем.– 20 год. лабораторні заняття – немає. самостійна робота студентів –130 год., з них: 7-ий сем. – 60 год.; 8-ий сем – 70 год.

1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Сьомий семестр)

1.1. Лекційні модулі

Лекційний модуль №1 (7-ий семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	<p>Ідеальна рідина. В'язка рідина.</p> <p>Тема 1. Модель суцільного середовища. Способи Ейлера і Лагранжа опису руху суцільного середовища. Закон збереження маси, рівняння нерозривності. Нестислива рідина. Закон збереження імпульсу, рівняння Ейлера. Вектор потоку імпульсу. Рівняння Бернуллі. Закони Паскаля і Архімеда. Потенціальний рух. Вихровий рух. Збереження циркуляції швидкості, закон Стокса.</p>	7	5
	<p>Тема 2. Реологічний закон Ньютона для в'язкої рідини. Тензор в'язких напружень. Рівняння Нав'є–Стокса для в'язкої рідини. Закони подібності. Закон збереження енергії для течій в'язкої рідини. Дисипація механічної енергії в нестисливій рідині, її потужність. Закон Пуазейля, розподілення швидкості і в'язких напружень. Границі застосовності теорії. Течія за малих чисел Рейнольдса. Обтікання сфери, формула Стокса. Осідання аерозольних частинок в атмосфері Землі.</p>	8	5
	Модульна тестова контрольна робота №1		5
ЗМ-Л2	<p>Примежовий шар. Турбулентність. Теплопровідність у рідині. Дифузія. Сухі гранульовані системи.</p> <p>Тема 1. Течія за великих чисел Рейнольдса. Примежовий шар, його характерні властивості. Рівняння Прандтля для примежового шару. Відрив і турбулізація примежового шару. Сила опору при обтіканні тіл. Стійкість стаціонарного руху рідини. Закономірності переходу від ламінарного до турбулентного режиму, критичні числа Рейнольдса. Турбулентні пульсації і напруження. Розвинута турбулентність. Основні чинники стабілізації і дестабілізації збурень. Капілярні і гравітаційні хвилі. Загальне рівняння переносу тепла. Конвективний перенос. Закон Фур'є, коефіцієнт теплопровідності. Рівняння теплопровідності.</p>	7	5
	<p>Тема 2. Концентрація газової компоненти в суміші. Градієнт концентрації, вектор потоку маси. Закон Фіка, коефіцієнт дифузії. Рівняння дифузії в рідкій суміші, яка знаходиться у стані спокою.</p>	8	5
	Залікова тестова контрольна робота		5
Разом:		30	30

Консультації: Герасимов О.І., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.05 (ауд.301 (2));

Консультації: Кудашкіна Л.С., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: вівторок з 16.05 (ауд.303 (2)).

1.2. Практичний модуль №1. (7-ий семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Тема 1. Ідеальна рідина. Рівняння нерозривності. Побудова ліній течії. Гідростатика. Закони Паскаля і Архімеда. Визначення прискорення рідкої частинки.	15	15
	Тема 2. В'язка рідина. Течія Пуазейля. Визначення витрати рідини. Визначення сили опору твердої частинки в потоці рідини. Формула Стокса.	15	15
Разом:		30	30

1.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи. (7-ий семестр)

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	Підготовка до лекційних занять.	10	7 сем.; 1-8 тиждень
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий).	5	
ЗМ-П1	Підготовка до практичних занять. Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	30	7 сем.; 1-12 тиждень
ЗМ-Л2	Підготовка до лекційних занять.	5	7 сем.; 9-15 тиждень
	Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	5	
	Підготовка до залікової тестової контрольної роботи	5	7 сем.; 1-15 тиждень
Разом:		60	

2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1, ЗМ-Л2

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання заліку (підсумкова атестація).

Модульна контрольна робота проводиться у тестовому форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна контрольна робота складається з 10 тестових питань, які охоплюють всі теми даного модуля навчальної дисципліни. Максимальна оцінка за виконання модульної контрольної роботи дорівнює ЗМ-Л1-40 балів, ЗМ-Л2-20 балів.

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини, складає **60 балів**.

2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П1 є усне опитування та розв'язування задач під час проведення практичних занять за темами лекційного курсу. Всього за практичні заняття студент може отримати **40 балів**. До цієї оцінки входить окрім опитування оцінювання роботи під час розв'язування задач, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування.

2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового заліку

Допуск до семестрового заліку за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів, а саме, студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50 балів від максимально можливої за теоретичну та практичну частину (для заліку). Якщо дисципліна закінчується заліком, то студент пише залікову контрольну роботу, а інтегральна оцінка (В) по дисципліні розраховується за формулою

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times OЗКР,$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями;

ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи.

Студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, що завершується заліком, отримує якісну оцінку («зараховано» або «не зараховано»), якщо має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю, достатню (60 балів та більше) для отримання позитивної оцінки, та не менше 50 балів за залікову контрольну роботу.

Білет ЗКР у формі тестів складається з 10-питань, в які входять теми лекційних та практичних модулів. Максимальна можлива оцінка 100 балів еквівалентна 100% правильних відповідей.

3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-Л1 «Ідеальна рідина. В'язка рідина».

3.1.1. Повчання

Тема 1. Модель суцільного середовища. Способи Ейлера і Лагранжа опису руху суцільного середовища. Закон збереження маси, рівняння нерозривності. Нестислива рідина. Закон збереження імпульсу, рівняння Ейлера. Вектор потоку імпульсу. Рівняння Бернуллі. Закони Паскаля і Архімеда. Потенціальний рух. Вихровий рух. Збереження циркуляції швидкості, закон Стокса.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: математичний запис законів збереження, скалярні та векторні оператори, феноменологічні властивості моделі - щільність, силова напруженість, деформованість, в'язкість, тепло- і електропровідність.

Література [1, 3]

Тема 2. Реологічний закон Ньютона для в'язкої рідини. Тензор в'язких напружень. Рівняння Нав'є–Стокса для в'язкої рідини. Закони подібності. Закон збереження енергії для течій в'язкої рідини. Дисипація механічної енергії в нестисливій рідині, її потужність. Закон Пуазейля, розподілення швидкості і в'язких напружень. Границі застосовності теорії. Течія за малих чисел Рейнольдса. Обтікання сфери, формула Стокса. Осідання аерозольних частинок в атмосфері Землі.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: застосування загальних законів механіки: збереження маси, імпульсу, моменту імпульсу, механічної і загальної термодинамічної енергії

Література [1, 3]

3.1.2. Питання для самоперевірки:

1. * Що таке молекулярне течія, Ефузія газів?
2. * Дайте поняття про вакуумі.
3. * Дайте визначення ефекту Кнудсена.
4. * Знайти середню довжину вільного пробігу l молекул водню при тиску $P=0,1$ Па і температурі $T = 100$ К.
5. При якому тиску P середня довжина вільного пробігу l молекул азоту дорівнює 1 м, якщо температура T газу дорівнює 300 К.
6. Балон місткістю $V = 10$ л містить водень масою $m = 1$ м. Визначити середню довжину вільного пробігу l молекул.

7. *Середня довжина вільного пробігу 1 атомів гелію при нормальних умовах дорівнює 200 нм. Визначити коефіцієнт дифузії D гелію.
8. Коефіцієнт дифузії D кисню при температурі $T = 0^\circ \text{C}$ дорівнює $0,19 \text{ cm}^2 / \text{s}$. Визначити середню довжину вільного пробігу 1 молекул кисню. Наслідком перенесення якої фізичної величини є внутрішнє тертя?
9. *Куди спрямовані сили внутрішнього тертя, що виникають при відносному русі суміжних шарів рідини?
- 10.*Вкажіть одиницю СІ динамічної в'язкості.
- 11.*При нагріванні рідини її в'язкість збільшується, зменшується або не змінюється?
- 12.Які рідини називаються ньютонівськими?
- 13.Вкажіть сили, що діють на кульку, що падає в в'язкій рідині?
- 14.* На чому заснований капілярний метод визначення в'язкості?
- 15.* Що називають природними радіонуклідами?
- 16.* На які групи поділяють природні радіонукліди?
- 17.*Які ізотопи стабільних хімічних елементів не належать до радіоактивних родин?
- 18.*Які ізотопи нестабільних хімічних елементів належать до радіоактивних родин?
- 19.*Що називають штучними радіонуклідами?
- 20.*На які групи поділяють штучні радіонукліди?
- 21.*Назвіть показники, на основі яких обчислюється об'ємна активність радіонукліда в повітрі?
- 22.*Назвіть показники, на основі яких обчислюється поверхнева активність радіонуклідів в ґрунті.
- 23.*Назвіть показники, на основі яких обчислюється потужність еквівалентної дози зовнішнього опромінення в повітрі над поверхнею ґрунту.
- 24.На основі яких показників здійснюється обчислення значень зовнішнього опромінення в середині хмари радіоактивних викидів?
- 25.* На яких типах ґрунтів спостерігаються найвищі коефіцієнти переходу радіонуклідів в рослини?
- 26.* На ґрунтах з яким механічним складом відбувається найміцніша фіксація радіоцезію?
- 27.*На якому типі ґрунтів спостерігається найбільша ефективність віднесення органічних добрив для запобігання надходження радіонуклідів в рослини?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмій, навичок).

3.2. Модуль ЗМ-Л2 «Примежовий шар. Турбулентність. Теплопровідність у рідині. Дифузія. Сухі гранульовані системи».

3.2.1. Повчання

Тема 1. Течія за великих чисел Рейнольдса. Примежовий шар, його характерні властивості. Рівняння Прандтля для примежового шару. Відрив і турбулізація примежового шару. Сила опору при обтіканні тіл. Стійкість стаціонарного руху рідини. Закономірності переходу від ламінарного до турбулентного режиму, критичні числа Рейнольдса. Турбулентні пульсації і напруження. Розвинута турбулентність. Основні чинники стабілізації і дестабілізації збурень. Капілярні і гравітаційні хвилі. Загальне рівняння переносу тепла. Конвективний перенос. Закон Фур'є, коефіцієнт теплопровідності. Рівняння теплопровідності.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: рівняння Лапласа, сила внутрішнього тертя, динамічна та кінематична в'язкість, характер течії, об'єм рідини, що витікає з капіляра за час.

Література [1, 3]

Тема 2. Концентрація газової компоненти в суміші. Градієнт концентрації, вектор потоку маси. Закон Фіка, коефіцієнт дифузії. Рівняння дифузії в рідкій суміші, яка знаходиться у стані спокою.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: закон Фіка для бінарної суміші, градієнт концентрації.

Література [1, 3]

3.2.2. Питання для самоперевірки:

1. *Перерахуйте явища переносу відбуваються в газах.
2. *У чому сутність явищ переносу? Які вони і за яких умов виникають?
3. *Дайте визначення середньої довжини вільного пробігу.
4. *Який фізичний зміст ефективного перетину молекул?
5. *Чи залежить середня довжина вільного пробігу молекул від температури газу? Чому?
6. *Як зміниться середня довжина вільного пробігу молекул зі збільшенням тиску?
7. *Поясніть фізичну сутність законів Фур'є, Фіка, Ньютона.
8. *Який фізичний зміст коефіцієнтів переносу?
9. Уявіть графічну залежність коефіцієнтів переносу від тиску.
10. На ґрунтах з яким рівнем родючості ефективність добрив як засобу зменшення надходження радіонуклідів в рослини максимальна?
11. *Яка доступність для рослин радіонуклідів, зв'язаних з дерниною, порівняно з радіонуклідами, адсорбованими ґрунтом?

- 12.*Які ви знаєте агрохімічні заходи зменшення надходження радіоактивних речовин з ґрунту в рослини?
- 13.Як впливає вапнування на перехід радіоактивних речовин з ґрунту в рослини?
- 14.Як впливають окремі мінеральні добрива на надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини?
- 15.*Охарактеризувати природні джерела радіоактивних ізотопів і речовин.
- 16.*Назвати радіоактивні ізотопи, що утворюють родини, та їх похідні.
- 17.Назвати радіоактивні ізотопи, що не утворюють родин.
- 18.*Дати характеристику основних дозоутворюючих природних радіонуклідів.
- 19.*Назвати компоненти природного радіаційного фону.
- 20.*Що таке природні радіонуклідні аномалії?
- 21.*На основі яких показників здійснюється прогнозування радіаційно-екологічного стану ґрунтів?
- 22.*Назвіть основні фактори, які впливають на радіаційно-екологічний стан ґрунтів.
- 23.*Які засоби використовують в польових умовах для отримання зразків ґрунту?
- 24.*Що дозволяють виявити дослідження міграції радіонуклідів у вертикальному профілі ґрунтів?
- 25.*В чому полягає дифузійна міграція радіонуклідів?
- 26.*В чому полягає волога конвективна міграція радіонуклідів?
- 27.*На основі яких показників здійснюється обчислення активності кожного шару ґрунту?
- 28.*В яких одиницях вимірюють радіоактивність кожного шару ґрунту?
- 29.*Що відображає рівняння дифузії Фіка в описі міграції радіонуклідів у вертикальному профілі ґрунту?
- 30.*На основі яких показників здійснюється обчислення коефіцієнту дифузії радіонуклідів в ґрунті.

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

3.3. Модуль ЗМ-П1

3.3.1. Повчання

Тема 1. Ідеальна рідина. Рівняння нерозривності. Побудова ліній течії. Гідростатика. Закони Паскаля і Архімеда. Визначення прискорення рідкої частинки.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[3] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Механічні та молекулярні системи довкілля». Одеса, ОДЕКУ, 2020, – с.7-13.

Тема 2. В'язка рідина. Течія Пуазейля. Визначення витрати рідини. Визначення сили опору твердої частинки в потоці рідини. Формула Стокса.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[3] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Механічні та молекулярні системи довкілля». Одеса, ОДЕКУ, 2020, – с.14-20.

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1.

1. За якою умовою рідину вважають ідеальною? –
Література [3,с.7]
2. Залежність числа Рейнольдса від динамічної в'язкості ϵ –
Література [3,с.15]
3. Число Рейнольдса залежить від швидкості течії рідини –
Література [3,с.15-16]
4. Рух рідини називають нестійким –
Література [1,с.16]
5. Яку назву має рівняння $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}\nabla)\vec{v} = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \frac{\eta}{\rho}\Delta\vec{v} + \frac{1}{\rho}(\zeta + \frac{\eta}{3})\nabla\text{div}\vec{v}$? –
Література [1,с.6]
6. При адіабатичному русі при переміщенні ділянки рідини у просторі залишається незмінною її –
Література [1,с.8]
7. Рівняння руху реальної стислої рідини (рівняння Нав'є – Стокса) впливає з локального закону збереження –
Література [1,с.6]
8. Залежність числа Рейнольдса від кінематичної в'язкості ϵ –
Література [3,с.7]
9. Чому дорівнює швидкість рідини на стінках труби –
Література [5,с.64]
10. Число Рейнольдса залежить від густини рідини –
Література [3,с.15]
11. Формула $Re = \frac{\rho l v}{\eta}$ визначає –
Література [3,с.15]
12. Рух рідини називають стійким –

Література [1,с.16]

13. При нестационарній течії рідини дотичні до ліній току дають—
Література [5,с.58]
14. При стаціонарній течії рідини дотичні до ліній току дають—
Література [5,с.58-59]
15. Нелінійний оператор Стокса, що застосовано у рівнянні Нав'є-Стокса має вигляд—
Література [1,с.6-7]
16. Адіабатичність руху рідини виражає рівняння—
Література [1,с.8]
17. Градієнт швидкості рідини, що тече по трубі—
Література [1,с.10]
18. Динамічна і кінематична в'язкості пов'язані між собою—
Література [3,15.]
19. Виберіть запис закону збереження циркуляції швидкості—
Література [1,с.13]
20. Яку назву має рівняння: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0$? —
Література [1,с.6]
21. Рівняння безперервності для рідини або газу впливає з локального закону збереження—
Література [1,с.6]
22. Умову адіабатичності руху рідини можна записати у виді рівняння—
Література [1,с.8]
23. При яких процесах у замкнених системах значення ентропії завжди зберігається? —
Література [2,с.13-14]
24. Рівняння дифузії пов'язує потік частинок \vec{J}_n з —
Література [2,с.18]
25. Рівняння теплопровідності рідини або газу впливає з локального закону збереження—
Література [1,с.6]
26. Рівняння $\frac{\partial \rho}{\partial t} = D\Delta\rho$ має назву рівняння—
Література [2,с.21]
27. Число Рейнольдса вимірюється—
Література [5,с.63]
28. Поняття «ідеальний газ» означає—

Література [5,с.83]

29. Формула $F = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ визначає–

Література [3,с.16]

30. Якою за характером течія є у разі використання закону внутрішнього тертя Стокса–

Література [5,с.18,94]

31. Яку назву має рівняння $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p$ –

Література [1,с.6-7]

32. При яких значеннях числа Рейнольдса характер обтікання рідиною кульки буде безвихровим? –

Література [3,с.16]

33. Рівняння Бернуллі випливає з закону збереження–

Література [5,с.60]

4.5. Тестові завдання до заліку.

1. Реальною рідиною називається рідина –

Література [3,с.7]

2. Ідеальною рідиною називається –

Література [3,с.7]

3. На які види поділяють зовнішні сили, що діють на рідину? –

Література [5,с.62]

4. Які сили називаються масовими? –

Література [5,с.60-62]

5. Які сили називаються поверхневими? –

Література [5,с.60-62]

6. Рідина знаходиться під тиском. Що це означає? –

Література [5,с.60]

7. У яких одиницях вимірюється тиск в системі вимірювання СІ? –

Література [5,с.61]

8. Чому дорівнює атмосферний тиск при нормальних умовах–

Література [5,с.60-61]

9. Тиск визначається

Література [5,с.61]

10. Маса рідини укладену в одиниці об'єму називають–

Література [3,с.7-8]

11. Вага рідини в одиниці об'єму називають–
Література [3,с.7-8]
12. При збільшенні температури питома вага рідини–
Література [3,с.8]
13. Стискальність це властивість рідини–
Література [3,с.7]
14. В'язкість рідини це–
Література [3,с.14]
15. Текучістю рідини називається–
Література [3,с.14-15]
16. Кінематичний коефіцієнт в'язкості позначається грецькою буквою–
Література [3,с.15-16]
17. Динамічний коефіцієнт в'язкості позначається грецькою буквою–
Література [3,с.15-16]
18. В'язкість рідини при збільшенні температури–
Література [3,с.16]
19. Гідростатичний тиск - це тиск, що присутній–
Література [5,с.60]
20. Рівняння, що дозволяє знайти гідростатичний тиск у будь-якій точці розглянутого об'єму називається–
Література [5,с.60]
21. Основне рівняння гідростатичного тиску записується у вигляді–
Література [5,с.60]
22. "Тиск, прикладена до зовнішньої поверхні рідини, передається всім точкам цієї рідини в усіх напрямках однаково" – це закон–
Література [5,с.57]
23. Закон Паскаля говорить–
Література [5,с.57]
24. Поверхня рівня – це–
Література [5,с.58]
25. Як прикладена рівнодіюча гідростатичного тиску щодо центру ваги прямокутної бічної стінки резервуара? –
Література [5,с.59]
26. Сила, що діє з боку рідини на занурене в неї тіло дорівнює–
Література [5,с.58]
27. Об'єм рідини, що протікає за одиницю часу через живий перетин називається–
Література [3,с.17]

28. Якщо при русі рідини в даній точці русла тиск і швидкість не змінюються, то такий рух називається—
Література [5,с.63]
29. Рух, при якому швидкість і тиск змінюються не тільки від координат простору, а й від часу називається—
Література [5,с.63]
30. При несталому русі, крива, в кожній точці якої вектора швидкості в даний момент часу спрямовані по дотичній називається—
Література [5,с.62-63]
31. Трубочата поверхню, утворена лініями струму з нескінченно малим поперечним перерізом називається—
Література [3,с.8]
32. Рівняння нерозривності течій має вигляд—
Література [1,с.6]
33. Рівняння Бернуллі для ідеальної рідини має вигляд—
Література [1,с.6]
34. Рівняння Бернуллі для реальної рідини має вигляд—
Література [1,с.12]
35. Ламінарний режим руху рідини це—
Література [5,с.63]
36. Турбулентний режим руху рідини це—
Література [5,с.63]
37. Критична швидкість, при якій спостерігається перехід від ламінарного режиму до турбулентного визначається за формулою—
Література [5,с.63]
38. Число Рейнольдса визначається за формулою—
Література [3,с.15]
39. При $Re > 4000$ режим руху рідини—
Література [3,с.16]
40. При $Re < 2300$ режим руху рідини—
Література [3,с.16]
41. При $2300 < Re < 4000$ режим руху рідини—
Література [5,с.63]

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Восьмий семестр)

2.1. Лекційні модулі

Лекційний модуль №2 (8-ий семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л3	Фізична кінетика. Тема 1. Броунівський рух. Рівняння Ланжевена. Броунівський рух осцилятора. Теорія випадкових процесів. Випадкові величини і процеси. Основні класи ймовірних процесів. Рівняння Смолуховського. Рівняння Фоккера - Планка.	8	2
	Тема 2. Групові функції розподілу. Ланцюжок рівнянь Боголюбова. Ієрархія часових масштабів. Кінетичне рівняння Больцмана. Диференціальний переріз розсіювання. Інтеграл зіткнень.	7	3
	Модульна тестова контрольна робота №2		5
ЗМ-Л4	Міграція радіонуклідів. Фізичні моделі. Тема 1. Н - теорема Больцмана. Зв'язок Н - функції Больцмана з ентропією. Ентропія нерівноважних систем. Гідродинамічна стадія еволюції нерівноважної системи. Принцип локальної рівноваги. Рівняння переносу Енскогго і рівняння гідродинаміки. Фазові переходи (II роду). Нерівноважні фазові переходи.	7	2
	Тема 2. Розсіяння домішок у атмосфері. Гауссова модель. Модель градієнтного переносу (к - теорія). Моделювання процесів переносу радіонуклідів у водному середовищі. Міграція радіонуклідів у ґрунті. Фізичні моделі.	8	3
	Модульна тестова контрольна робота №3		5
	Іспит		20
Разом:		30	40

Консультації: Герасимов О.І., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.05 (ауд.301 (2));

Консультації: Кудашкіна Л.С., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: вівторок з 16.05 (ауд.303 (2)).

2.2. Практичний модуль №2. (8-ий семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П2	Тема 1. Броунівський рух. Рівняння Ланжевена. Рівняння Фоккера-Планка. Групові функції розподілу. Ланцюжок рівнянь Боголюбова. Кінетичне рівняння Больцмана. Вираз термодинамічних величин за допомогою частинкових функцій розподілу.	10	15
	Тема 2. Розсіювання домішок у атмосфері. Гауссова модель. Модель градієнтного переносу. Моделювання процесів переносу радіонуклідів у водному середовищі та в ґрунті.	10	15
Разом:		20	30

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи. (8-ий семестр)

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л3	Підготовка до лекційних занять.	5	8 сем.; 1-8 тиждень
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий).	5	
ЗМ-П2	Підготовка до практичних занять. Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	30	8 сем.; 1-12 тиждень
ЗМ-Л4	Підготовка до лекційних занять.	5	8 сем.; 9-15 тиждень
	Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	5	
	Підготовка до іспиту	20	
Разом:		70	

2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л3, ЗМ-Л4.

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання іспиту (підсумкова атестація).

Варіанти модульних контрольних робіт містять запитання у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 3 бали. Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становить:

ЗМ-Л3- 25 балів, ЗМ-Л4- 25 балів.

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини, складає **50 балів**.

2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П2.

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П2 є усне опитування та розв'язування задач під час проведення практичних занять за темами лекційного курсу. Всього за практичні заняття студент може отримати **50 балів**. До цієї оцінки входить окрім опитування оцінювання роботи під час розв'язування задач, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування.

2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового іспиту

Підсумковий семестровий контроль (**ПСК**) передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни: кількісна оцінка (бал успішності); якісна оцінка. Кількісна оцінка (бал успішності) – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих студентом на контролюючих заходах, відносно максимально можливої суми балів, яка визначена програмою навчальної дисципліни. Якісна оцінка – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки (балу успішності) за будь-якою якісною шкалою. В університеті використовуються такі шкали якісних оцінок: – чотирибальна (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) – для форми семестрового контролю у вигляді семестрового іспиту (екзамену); – семибальна шкала оцінювання ECTS – використовується за кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Семестровий іспит (екзамен) – це письмова форма підсумкового контролюючого заходу в період заліково-екзаменаційної сесії. Під час екзамену перевіряється засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу (знань, вмінь та навичок, що визначені у силлабусі навчальної дисципліни) з окремої навчальної дисципліни за семестр. Оцінювання успішності виконання студентом цього заходу здійснюється у формі кількісної оцінки (бал успішності). Допуск до іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів, а саме, студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з конкретної навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни (для іспиту), тобто не

менше 20 балів за ЗМ-П2.

Студент вважається допущеним до ПСК з навчальної дисципліни «Методи математичної і теоретичної фізики в екологічних дослідженнях», якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимальної можливої за практичну частину дисципліни для іспиту: 25 балів за змістовний модуль ЗМ-П2. Кожен студент, який на день іспиту має допуск до ПСК з дисципліни, що закінчується іспитом, складає письмовий іспит (екзамен) за розкладом екзаменів.

Якщо студент на день екзамену не ліквідував заборгованість з практичної частини навчальної дисципліни, він не допускається до екзамену. Якщо студент ліквідував заборгованість по практичній частині до дня екзамену, то він допускається викладачем до екзамену.

Підсумкова контрольна робота (іспит) представляє собою тестові завдання, кожне з яких містить 20 запитань. Максимальна оцінка за результатами підсумкової атестації (іспиту) становить **100 балів**.

Загальна оцінка за семестр виводиться як середньоарифметичне за підсумками поточного контролю (з теоретичної та практичної частин) та оцінкою за іспит.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-ЛЗ «Фізична кінетика».

3.1.1. Повчання

Тема 1. Броунівський рух. Рівняння Ланжевена. Броунівський рух осцилятора. Теорія випадкових процесів. Випадкові величини і процеси. Основні класи ймовірних процесів. Рівняння Смолуховського. Рівняння Фоккера - Планка.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: середня арифметична та середня квадратична швидкості, часова кореляційна функція, формула Ейнштейна, статистична функція розподілу, умова нормировки, задача про рух броунівської частинки.

Література [2, 3, 6]

Тема 2. Групові функції розподілу. Ланцюжок рівнянь Боголюбова. Ієрархія часових масштабів. Кінетичне рівняння Больцмана. Диференціальний переріз розсіювання. Інтеграл зіткнень.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: частинкові функції розподілу, ергодичність, фазовий простір, гамільтоніан системи, рівняння Ліувілля, дужки Пуассона, основний метод фізичної кінетики, інтеграл зіткнень, парні зіткнення між молекулами, розподіл Максвелла.

Література [2, 3, 6]

3.1.2. Питання для самоперевірки:

1. * Предмет фізичної кінетики і його значення в радіоекології.
2. * Застосування методів фізичної кінетики в вивченні навколишнього середовища.
3. * Теоретичні основи фізичної кінетики. Броунівський рух частинок.
4. * Математичні основи фізичної кінетики. Теорія випадкових процесів. Елементи теорії ймовірностей і математичної статистики.
5. * Висновок рівняння Ланжевена для броунівський частинки і загальний вигляд його рішення.
6. * Рівняння Фоккера-Планка.
7. * Багаточасткові і одночасткові функції розподілу.
8. * Ланцюжок рівнянь Боголюбова. Ієрархія часових масштабів.
9. * Рівняння Больцмана.
10. * Інтеграл зіткнень. Перетин розсіювання.
11. * Порівняйте швидкості руху газових молекул зі швидкістю звуку.
12. Які результати і фізичний зміст досвіду Штерна?
13. * Поняття ймовірності події.
14. * Який фізичний зміст функції розподілу молекул за швидкостями?
15. * Який фізичний зміст густини ймовірності розподілу молекул за швидкостями?
16. Проаналізуйте графік функції розподілу молекул за швидкостями.
17. * Як визначається найбільш ймовірна швидкість? Середня швидкість? Середньоарифметична швидкість?
18. Наведіть формулу Максвелла для відносних швидкостей.
19. Наведіть залежність функції розподілу Максвелла від маси молекул і температури газу.
20. * Який фізичний зміст розподілу молекул по енергіях?
21. * Як, знаючи функцію розподілу молекул за швидкостями, перейти до функції розподілу по енергіях?
22. У скільки разів і як зміниться середня швидкість руху молекул при переході від кисню до водню?
23. * Наведіть барометрическую формулу.

- 24.* У чому суть розподілу Больцмана?
- 25.* Який фізичний зміст закону Максвелла-Больцмана?
- 26.* Наведіть розподіл Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака.
- 27.* Які частинки називаються бозони і ферміони?
28. Знайти середню квадратичну $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, середню арифметичну $\langle v \rangle$ і найбільш ймовірну $v_{\text{в}}$ швидкості молекул водню. Обчислення виконати для трьох значень температури: 1) $T = 20 \text{ K}$; 2) $T = 300 \text{ K}$; 3) $T = 5000 \text{ K}$.
29. Яка ймовірність W того, що дана молекула ідеального газу має швидкість, відмінну від $1/2 v_{\text{в}}$ не більше ніж на 1%?
30. Порошинки, зважені в повітрі, мають масу $m = 10^{-18} \text{ м}$. У скільки разів зменшиться їх концентрація n при збільшенні висоти на $\Delta h = 10 \text{ м}$? Температура повітря $T = 300 \text{ K}$.
31. Визначити силу F , що діє на частинку, що знаходиться в зовнішньому однорідному полі сили тяжіння, якщо відношення n_1 / n_2 концентрацією часток на двох рівнях, віддалених один від одного на $\Delta z = 1 \text{ м}$, що дорівнює e . Температуру T вважати всюди однаковою і рівною 300 K .
- 32.* На якій висоті h над поверхнею Землі атмосферний тиск вдвічі менше, ніж на e_0 поверхні? Вважати, що температура T повітря дорівнює 290 K і не змінюється з висотою.
- 33.* Сформулювати теорему про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи.
- 34.* Сформулювати теорему про віріал.
- 35.* Яким розподілом ми користуємось для доведення теореми про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи?
- 36.* Записати статистичний інтеграл для неідеального газу.
- 37.* Яке головне припущення ми робимо щодо взаємодії атомів газу?
38. Записати розподіл Максвелла для числа частинок, що припадають на одиницю об'єму.
- 39.* Записати розподіл Больцмана.

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

3.2. Модуль ЗМ-Л4 «Міграція радіонуклідів. Фізичні моделі».

3.2.1. Повчання

Тема 1. Н - теорема Больцмана. Зв'язок Н - функції Больцмана з ентропією. Ентропія нерівноважних систем. Гідродинамічна стадія еволюції нерівноважної системи. Принцип локальної рівноваги. Рівняння переносу Енскога і рівняння гідродинаміки. Фазові переходи (II роду). Нерівноважні фазові переходи.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: термодинамічні сили і термодинамічні потоки, спряжені термодинамічні процеси, термомеханічний ефект, теплота перенесення, інтеграл зіткнень, рівняння переносу, фізичні значення моментів функції розподілу, число Кнудсена, метод Енскога-Чепмена.

Література [2, 3, 4]

Тема 2. Розсіяння домішок у атмосфері. Гауссова модель. Модель градієнтного переносу (к - теорія). Моделювання процесів переносу радіонуклідів у водному середовищі. Міграція радіонуклідів у ґрунті. Фізичні моделі.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: рух елементів в компонентах навколишнього середовища, фізико-хімічними властивості радіонуклідів, метод камерних моделей, конвекція, дисперсійно-дифузійний процес, сорбція-адсорбція і механічне перенесення радіонуклідів.

Література [2, 3]

3.2.2. Питання для самоперевірки:

1. * Н-теорема Больцмана. Її взаємозв'язок з ентропією нерівноважних систем.
2. * Метод рішення рівняння переносу Енскога-Чепмена.
3. * Фазові переходи 2-го роду. Основні параметри фазових переходів і приклади.
4. * Теорії фазових переходів і їх згоду з експериментом.
5. * Основні етапи побудови моделі переносу радіонуклідів у навколишньому середовищі.
6. * Загальні положення теорії переносу радіонуклідів в атмосфері.
7. * Загальні положення теорії переносу радіонуклідів у водному середовищі.
8. * Загальні положення теорії переносу радіонуклідів в ґрунті.
9. * Поняття фрактальної розмірності. Фрактальний коефіцієнт дифузії.
10. * Основні принципи математичного моделювання процесу дифузії на фракталах.
11. * На ґрунтах з яким рівнем родючості ефективність добрив як засобу зменшення надходження радіонуклідів в рослини максимальна?
12. * Яка доступність для рослин радіонуклідів, зв'язаних з дерниною, порівняно з радіонуклідами, адсорбованими ґрунтом?

13. *Які ви знаєте агрохімічні заходи зменшення надходження радіоактивних речовин з ґрунту в рослини?
14. Як впливає вапнування на перехід радіоактивних речовин з ґрунту в рослини?
15. Як впливають окремі мінеральні добрива на надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини?
16. *Охарактеризувати природні джерела радіоактивних ізотопів і речовин.
17. *Назвати радіоактивні ізотопи, що утворюють родини, та їх похідні.
18. Назвати радіоактивні ізотопи, що не утворюють родин.
19. *Дати характеристику основних дозоутворюючих природних радіонуклідів.
20. *Назвати компоненти природного радіаційного фону.
21. *Що таке природні радіонуклідні аномалії?
22. *На основі яких показників здійснюється прогнозування радіаційно-екологічного стану ґрунтів?
23. *Назвіть основні фактори, які впливають на радіаційно-екологічний стан ґрунтів.
24. *Які засоби використовують в польових умовах для отримання зразків ґрунту?
25. *Що дозволяють виявити дослідження міграції радіонуклідів у вертикальному профілі ґрунтів?
26. *В чому полягає дифузійна міграція радіонуклідів?
27. *В чому полягає волога конвективна міграція радіонуклідів?
28. *На основі яких показників здійснюється обчислення активності кожного шару ґрунту?
29. *В яких одиницях вимірюють радіоактивність кожного шару ґрунту?
30. *Що відображає рівняння дифузії Фіка в описі міграції радіонуклідів у вертикальному профілі ґрунту?
31. *На основі яких показників здійснюється обчислення коефіцієнту дифузії радіонуклідів в ґрунті.

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

3.3. Модуль ЗМ-П2

3.3.1. Повчання

Тема 1. Броунівський рух. Рівняння Ланжевена. Рівняння Фоккера-Планка. Групові функції розподілу. Ланцюжок рівнянь Боголюбова. Кінетичне рівняння Больцмана. Вираз термодинамічних величин за допомогою частинкових функцій розподілу.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[2] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізична кінетика радіонуклідів: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2008, – с. 24-29; [3] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Механічні та молекулярні системи довкілля». Одеса, ОДЕКУ, 2020, – с.21-31.

Тема 2. Розсіювання домішок у атмосфері. Гауссова модель. Модель градієнтного переносу. Моделювання процесів переносу радіонуклідів у водному середовищі та в ґрунті.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[2] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізична кінетика радіонуклідів: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2008, – с. 33-36; [3] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Механічні та молекулярні системи довкілля». Одеса, ОДЕКУ, 2020, – с.38-45.

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ЛЗ.

1. Наближення замкненої системи до рівноваги характеризує –
Література [2,с.23-24]
2. Яка величина змінюється при фазовому переході першого роду? –
Література [4,с.37]
3. З наведених виразів вільну енергію (Гельмгольца) системи визначає вираз –
Література [4,с.14]
4. В рівнянні Ланжевена стохастичним членом є: –
Література [2,с.31]
5. Фазовий простір це –
Література [4,с.4]
6. Критерієм стійкості системи, яка задовольняє умовам $V=\text{const}$; $T=\text{const}$, є –
Література [2,с.17-19]
7. Установити відповідність між потоком та термодинамічною силою –
Література [2,с.21-22]
8. Виробництву ентропії у необоротному процесі можна надати виду $\sigma = \sum J_i X_i$, де X_i та J_i - термодинамічні сили і відповідні потоки. У разі

- наявності в системі градієнту температури внесок у виробництво ентропії дає термодинамічна сила—
Література [2,с.23]
9. У відкритих термодинамічних системах ентропія –
Література [2,с.22]
10. При яких процесах у замкнених системах значення ентропії завжди зберігається? –
Література [2,с.22-23]
11. З наведених виразів ентальпії системи визначає вираз—
Література [5,с.123]
12. Хімічний потенціал μ – це віднесене до однієї частинки значення –
Література [5,с.443]
13. Критерієм стійкості системи, яка задовольняє умовам $P = \text{const}; S = \text{const}$, є—
Література [2,с.21-22]
14. Точка фазового простору характеризує—
Література [4,с.4-6]
15. Яка величина змінюється при фазовому переході другого роду? –
Література [4,с.37]
16. В ієрархії часових масштабів кінетична і гідродинамічна стадії нерівноважної системи визначаються функцією розподілу—
Література [2,с.5]
17. Рівняння балансу будь-якої екстенсивної величини $B(x,y,z,t)$, що характеризує макроскопічну систему, має вигляд: $\frac{\partial B}{\partial t} = -\text{div}J_{B,n} + \sigma_B$. У разі збереження величини B дорівнює нулю—
Література [2,с.12]
18. Установити відповідність між потоком та термодинамічною силою—
Література [2,с.21-22]
19. Матриця кінетичних коефіцієнтів має 9 елементів. Згідно теореми Онзагера, незалежними з них будуть—
Література [2,с.7]
20. З наведених виразів ентальпії системи визначає вираз—
Література [5,с.123]
21. Хімічний потенціал μ – це віднесене до однієї частинки значення—
Література [5,с.443]
22. Вкажіть формулу Ейнштейна для ймовірності флуктуації в замкнутій системі –
Література [6,с.95]

23. Отримайте формулу для флуктуації щільності, розглядаючи флуктуації числа частинок в заданому об'ємі—
Література [6,с.94]
- 24.Що таке час кореляції? –
Література [6,с.91]
- 25.Вкажіть спектральне подання кореляційної функції—
Література [6,с.90]
- 26.Дайте визначення кінетичних коефіцієнтів—
Література [2,с.6]
- 27.Сформулюйте теорему Онзагера—
Література [2,с.7]
- 28.У чому полягає термомеханічний ефект? –
Література [4,с.44-45]
- 29.Вкажіть умови рівноваги двох фаз для двокомпонентної системи—
Література [4,с.35]
- 30.Що таке потрійна точка?—
Література [4,с.37]
- 31.Як виникають зародки нової фази при фазових перетвореннях? –
Література [4,с.41]

4.2 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л4.

1. Н-теорема Больцмана, це теорема про—
Література [4,с.49]
2. Метод Єнскога-Чепмена застосовується для розв'язання—
Література [4,с.51]
3. Рівняння всіх процесів перенесення можуть бути виведені з—
Література [4,с.47-48]
4. Інтеграл зіткнень (вказати вірний вираз) –
Література [6,с.131]
5. Які кінетичні рівняння ви знаєте? –
Література [2,с.3]
6. Що таке інтеграл зіткнень? –
Література [6,с.131]
7. Що лежить в основі принципу детального рівноваги? –
Література [5,с.435]
8. Сформулюйте принцип детальної рівноваги стосовно до зіткнення двох молекул. –

Література [5,с.435]

9. Сформулюйте Н-теорему Больцмана. –
Література [4,с.49]
- 10.Якого роду системи описуються рівняннями Власова? –
Література [6,с.133-136]
- 11.З наведених процесів до прямих процесів переносу належать–
Література [2,с.6]
- 12.Система задовольняє умовам $V = \text{CONST}$; $T = \text{CONST}$. Критерієм стійкості системи у цьому випадку є–
Література [2,с.17-19]
- 13.З наведених процесів до непрямих процесів переносу належать–
Література [2,с.6]
- 14.Основна статистична гіпотеза –
Література [4,с.5-6]
- 15.Характерні швидкості молекул–
Література [4,с.13]
- 16.Різниця між термодинамікою нерівноважних процесів і фізичною кінетикою у тому, що–
Література [4,с.4-5]
- 17.Головна задача фізичної кінетики–
Література [2,с.25]
- 18.Кількісна теорія броунівського руху була розроблена–
Література [6,с.90]
- 19.Класична броунівська частинка має середню кінетичну енергію–
Література [6,с.95-96]
- 20.У чому полягають експерименти Перрена? –
Література [6,с.92]
- 21.Що таке релаксація? –
Література [6,с.92-93]
- 22.Характерний час релаксації імпульса броунівської частинки це час, –
Література [6,с.92]
- 23.Вказати рівняння Фоккера-Планка для щільності розподілу броунівських частинок–
Література [3,с.21]
- 24.Розподіл якого вигляду є розв'язанням рівняння Фоккера-Планка? –
Література [3,с.21]
- 25.Якою «мовою» за Гіббсом описується динаміка системи? –

Література [4,с.8]

- 26.Що дозволяє знайти рівняння Ліувілля? –
Література [6,с.124]
- 27.За повнотою інформації чому еквівалентен ланцюжок рівнянь Боголюбова? –
Література [6,с.129]
- 28.За допомогою функцій розподілу можуть бути виражені –
Література [4,с.10-16]
- 29.Метод рішення ланцюжка Боголюбова для нерівноважних функцій розподілу був розвинений на підставі існування –
Література [6,с.125-126]
- 30.Інтеграл зіткнень визначає–
Література [6,с.131]

4.3 Тестові завдання до екзаменаційної роботи (8 семестр)

1. Теорема Онзагера (вказати вірне твердження) –
Література [2,с.7]
2. Вкажіть визначення для кінетичних коефіцієнтів–
Література [6,с.162-123]
3. Які системи описуються рівнянням Власова? –
Література [6,с.133-134]
4. Броунівський рух відкрито завдяки–
Література [6,с.90]
5. Рівняння Ланжевена для броунівської частинки є–
Література [2,с.31]
6. Рівняння Смолуховського є–
Література [2,с.32]
7. Рівняння Фоккера-Планка є–
Література [2,с.33]
8. Ланцюжок рівнянь Боголюбова є–
Література [2,с.26]
9. Феноменологічні рівняння це–
Література [6,с.11-13]
- 10.Прикладом процесу масопереносу під дією механізмів дифузії і адвекції є–

Література [3,с.5-7]

- 11.Вираз другого закону Ньютона у застосуванні до суцільних середовищ—
Література [1,с.17]
- 12.У водному середовищі радіонукліди можуть знаходитися у станах—
Література [2,с.35-36]
- 13.Що належить до процесу побудови моделі міграції радіонукліда—
Література [2,с.35]
- 14.Моделі бувають—
Література [2,с.34]
- 15.При виведенні кінетичних рівнянь для фізичної системи виходять з рівняння—
Література [6,с.122]
- 16.На стохастичну функцію у рівнянні Ланжевена накладаються наступні обмеження—
Література [6,с.91-93]
- 17.Середнє число зіткнень частинок, що знаходяться в елементі об'єму, визначається виразом—
Література [6,с.145]
- 18.Перерізом розсіювання називається—
Література [6,с.148]
- 19.Принцип детальної рівноваги означає, що—
Література [5,с.435]
- 20.Кінетичне рівняння Больцмана описує не обернені процеси, хоча отримано з рівнянь механіки—
Література [2,с.28]
- 21.Гіпотеза про молекулярний хаос це
Література [5,с.140-141]
- 22.Що таке молекулярне поле в магнітних речовинах? —
Література [5,с.142]
- 23.Існування не зростаючої функції $N(t)$, що є розв'язком кінетичного рівняння Больцмана, називається
Література [4,с.49]
- 24.Константи у розв'язку рівняння Больцмана вибираються так, що—
Література [4,с.50]
- 25.Момент нульового порядку є умовою—
Література [4,с.51]
- 26.Момент першого порядку є—
Література [4,с.51]

27. Момент другого порядку ϵ –
Література [4, с.51]
28. Розв'язком рівняння Больцмана є розподіл –
Література [4, с.49]
29. Розв'язок рівняння Больцмана може бути побудовано у вигляді
Література [2, с.28]
30. На першому етапі дослідження міграції радіонуклідів у природному середовищі використовувався
Література [2, с.34]
31. Міграція радіонуклідів у водному середовищі визначається
Література [2, с.35]
32. Рівняння Лоткі і Вольтерра є основою для моделювання процесів типу
Література [2, с.35]
33. Моделі міграції радіонуклідів у ґрунтах основані на
Література [2, с.36]
34. Рівняння Фоккера-Планка описує суперпозицію процесів
Література [2, с.34]
- 32.3 наведених виразів ентальпії системи визначає вираз–
Література [6, с.25]
33. Хімічний потенціал μ – це віднесене до однієї частинки значення–
Література [4, с.15]
34. Вкажіть формулу Ейнштейна для ймовірності флуктуації в замкнутій системі –
Література [6, с.95]
35. Отримайте формулу для флуктуації щільності, розглядаючи флуктуації числа частинок в заданому об'ємі–
Література [6, с.94]
36. Що таке час кореляції? –
Література [6, с.91]
37. Вкажіть спектральне подання кореляційної функції–
Література [6, с.90]
38. Дайте визначення кінетичних коефіцієнтів–
Література [2, с.6]
39. Сформулюйте теорему Онзагера–
Література [2, с.7]
35. Який вираз визначає квадрат швидкості хаотичного руху броунівської частинки?
Література [6, с.95]

36. Вказати вираз для флуктуаційно-дисипативної теореми
Література [6, с.96]
37. Флуктуаційно-дисипативна теорема встановлює зв'язок
Література [6, с.96]
38. Гідродинамічною модою називають
Література [6, с.404]
39. Яке усереднення використано в задачі про рух броунівської частинки?
Література [6, с.101]
40. Марківський процес, це процес
Література [6, с.102]
41. Фазовий потік зберігає фазовий об'єм – це теорема
Література [6, с.112]
42. Якщо фазова траєкторія є замкненою, то система здійснює
Література [6, с.114]
43. Вказати вираз, що дає класичне визначення дужек Пуассона
Література [6, с.129]
44. На чому базується якісне виведення кінетичного рівняння Больцмана?
Література [6, с.143]
45. Основною відмінною рисою кінетичного рівняння Фоккера - Планка є
Література [6, с.157]

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література.

1. Герасимов О.І., Співак А.Я. Механіка суцільних середовищ : Конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2008. 63 с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/547/>
2. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізична кінетика радіонуклідів : Конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2008. 37с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/495/>
3. Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Механічні та молекулярні системи довкілля : Методичні вказівки до практичних занять. Одеса: ОДЕКУ, 2020. 49 с.
4. Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Додаткові глави статистичної фізики : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2017. 62 с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/1270/>
5. Трофимова Т.И. Курс фізики : Учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 560 с.
6. Биккин Х.М., Ляпилин И.И. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 500 с.

Додаткова література.

7. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и статистической физике. М.: Высшая школа, 1997. 352 с.; Евдокимов О.А. Механика жидкости и газа : Учебное пособие с указаниями к решению задач. Часть 1. Гидрогазодинамика / О.А. Евдокимов, С.В. Веретенников. Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный ун-т, 2017. 138 с.
8. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. Пер. с англ./Под ред. Ю.Л. Климонтовича. М.: Наука, 1985. 328 с.