

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»  
протокол № 1 від «14» серпня 2023 р.  
Голова групи Г Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного факультету  
Ч Чугай А.В.  
(назва факультету, прізвище, ініціали)

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни

---

**Фізичні основи технологій захисту навколишнього  
середовища**

(назва навчальної дисципліни)

---

**Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища**

(шифр та назва спеціальності)

---

**Технології захисту навколишнього середовища**

(назва освітньої програми)

магістр  
(рівень освіти)

заочна  
(форма навчання)

1  
(рік навчання)

(семестр навчання)

4/120  
(кількість кредитів ЄКТС/годин)

іспит  
(форма контролю)

---

**кафедра фізики та технологій захисту навколишнього середовища**  
(кафедра)

Одеса, 2023 р.

Автор: Герасимов О.І., зав.кафедри фізики та ТЗНС, д.ф.-м.н., проф.  
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри (назва кафедри) від «14» серпня 2023 року, протокол № 1.

Викладач: Теоретична частина – Герасимов О.І., зав.каф фізики та ТЗНС, доктор фізико-математичних наук, професор –

Практична частина – Герасимов О.І., зав.каф фізики та ТЗНС, доктор фізико-математичних наук, професор –

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Рецензент Софронков О.Н., д.т.н., проф.

#### Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Полягає у формуванні у студентів розуміння та знань фізичних основ методів та засобів, які використовуються в задачах захисту систем навколишнього середовища від шкідливих впливів.
Компетентність	<p>Код та зміст компетентності згідно з освітньою програмою:</p> <p>ЗК06 Здатність розробляти проекти та управляти ними.</p> <p>ЗК07 Здійснення безпечної діяльності.</p> <p>СК01 Здатність контролювати й оцінювати екологічні ризики впливу техногенних об'єктів і господарської діяльності на довкілля</p> <p>СК02 Здатність використовувати науково-обґрунтовані методи обробки результатів досліджень в галузі технологій захисту навколишнього середовища.</p> <p>СК03 Здатність планувати, проектувати та контролювати параметри роботи окремих видів обладнання, техніки і технологій захисту навколишнього середовища.</p> <p>СК06 Здатність контролювати й оцінювати ефективність природоохоронних заходів та застосовуваних технологій.</p>
Результат навчання	<p>ПР07 Розробляти системи екологічного управління з дотриманням вимог ISO 14004, встановлювати процедури та планувати і реалізовувати природоохоронні заходи протягом всього життєвого циклу продукції.</p> <p>ПР09 Оцінювати загрози фізичного, хімічного та біологічного забруднення біосфери та його впливу на довкілля і людину, вміти аналізувати зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі під впливом природних і техногенних факторів</p> <p>ПР06 Здійснювати аналіз соціоекономіко-екологічного стану підприємств, населених пунктів, районів, областей та розробляти стратегії їх сталого розвитку.</p> <p>ПР10 Оцінювати вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище, наслідки інженерної діяльності на довкілля і пов'язану з цим відповідальність за прийняті рішення, планувати і проводити прикладні дослідження з проблем впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище.</p> <p>ПР13 Використовувати у практичній діяльності знання вітчизняного та міжнародного природоохоронного законодавства.</p> <p>ПР14 Проектувати системи і технології захисту навколишнього середовища.</p> <p>ПР08 Проектувати системи комплексного управління</p>

	відходами та еколого-економічними аспектами їх утилізації, основами проектування полігонів для розміщення відходів, оцінювати їх вплив на довкілля та людину
Базові знання	Фізичні основи, методи, моделі у технологіях захисту природного середовища. Знання небезпечності акустичних, теплових, електромагнітних випромінювань та радіації. Альтернативні джерела енергії та їх ресурси.
Базові вміння	Застосовувати знання відповідних базових принципів та законів фізики в розумінні складних фізичних явищ з метою вибору адекватних заходів убезпечення елементів довкілля.
Базові навички	Обґрунтовувати та застосовувати природні (безпечні) та штучні системи і процеси в основі природозахисних технологій відповідно екологічного імперативу та концепції сталого розвитку.
Пов'язані силлабуси	Немає
Попередня дисципліна	Немає
Наступна дисципліна	Окремі розділи технологій захисту навколишнього середовища
Кількість годин	лекції: 2 консультацій 8 практичні заняття: немає лабораторні заняття: немає самостійна робота студентів: 110 іспит

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Теоретична частина

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	<b>Захист елементів довкілля від фізичних впливів.</b>	<b>1</b>	
	1. Джерела забруднення природних екосистем та методи захисту елементів геосфери.		6
	2. Технології очищення газів. Основні фізичні механізми осадження частинок та очистки газових викидів.		6
	3. Фізичні механізми зменшення енергетичних впливів.		6
	4. Іонізуючі випромінювання. Захист від різних видів джерел та методики його розрахунку.		7
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР1		5
ЗМ-Л2	<b>Альтернативна та термоядерна енергетика.</b>	<b>1</b>	
	5. Порівняльний аналіз різних видів енергетики та проблеми використання. Питання енергетичної безпеки.		6
	6. Енергетика відновлюваних джерел. Вітроенергетика. Сонячна енергетика.		6
	7. Ядерна енергетика.		6
	8. Термоядерна енергетика. Фізичні основи керуваного термоядерного синтезу. Паливний цикл термоядерного реактора. Фізичні принципи та системи для утримання плазми.		7
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР2		5
Разом:		2	60

Консультації: Герасимов Олег Іванович, вівт, 14.30, ауд.315.

[gerasymovoleg@gmail.com](mailto:gerasymovoleg@gmail.com)

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

## 2.2. Практична частина

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин		
		аудиторні	СРС	
ЗМ-П1	Практична частина - розв'язання задач			
	1. Фізичні методи та технології очищення об'єктів природного середовища		7	
	2. Нормування радіаційного опромінення. Розрахунок параметрів захисту: за кратністю ослаблення експозиційної дози, потужності експозиційної дози та за заданою активністю.		7	
	3. Захист від плоских та точкових ізотропних джерел опромінення за допомогою технології шарів ослаблення.		8	
	4. Розрахунки захисту від немоноенергетичних джерел. Номограми для розрахунку водного захисту від нейтронів з ( $\alpha, n$ ) - джерел.		8	
	Разом:		30	

Консультації: Герасимов Олег Іванович, вівт, 14.30, ауд.315

[gerasymovoleg@gmail.com](mailto:gerasymovoleg@gmail.com)

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

## 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення (семестр, тиждень)
ЗМ-Л1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підготовка до лекційних занять</li> <li>ПМКР1 (обов'язковий)</li> </ul>	25	Вересень- 1-й грудень рік
		5	
ЗМ-Л2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підготовка до лекційних занять</li> <li>ПМКР2 (обов'язковий)</li> </ul>	25	Січень-червень 1-ий рік
		5	
ЗМ-П1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підготовка до практичних занять</li> <li>Розв'язання задач (обов'язковий)</li> </ul>	30	Вересень-травень 1-ий рік
		20	
Разом:		110	

**Настановна лекція** – 2 аудиторні години (за розкладом настановної сесії). Викладач: Герасимов О.І., д.ф.-м.н., проф.(e-mail:gerasymovoleg@gmail.com);

На настановній лекції студентам доводяться загальний огляд та особливості вивчення навчальної дисципліни, огляд програми навчальної дисципліни, в т.ч. графік її вивчення, перелік базових знань та вмій (компетентності), огляд завдань на самостійну роботу, графік та форми їх контролю, форми спілкування з викладачем під час самостійного вивчення дисципліни, графік отримання завдань, відомості про систему доступу до навчально-методичних матеріалів, у тому числі через репозитарій електронної навчально-методичної та наукової літератури та систему дистанційного навчання університету тощо.

**Консультації** – 8 годин: Викладач: Герасимов О.І., д.ф.-м.н., проф.(e-mail:gerasymovoleg@gmail.com);

Сайт кафедри фізики та технологій захисту навколишнього середовища ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua). Якщо результати опанування навчальної дисципліни протягом самостійної роботи студентом є незадовільними, викладач рекомендує такому студенту взяти участь у консультаційній сесії, під час якої викладач може планувати будь-які види навчальної роботи, які дозволяють студентам якісніше опанувати матеріал навчальної дисципліни та підвищити рівень своєї практичної підготовки з цієї дисципліни. В цих сесіях беруть участь студенти, які не мають можливості самостійно опанувати завданнями на самостійну роботу або мають бажання виконати практичну частину самостійної роботи під керівництвом викладача. В Zoom форматі (з попереднім узгодженням часу зустрічі викладача зі студентами): <https://us05web.zoom.us/j/3137444960?pwd=a2ljOFV6c0ExYzREcEhsaUhvRVhDUT09>

Під час самостійної роботи студент має можливість спілкування з викладачем університету, який викладає цю навчальну дисципліну, за допомогою засобів електронного (e-mail: [gerasymovoleg@gmail.com](mailto:gerasymovoleg@gmail.com)) і мобільного зв'язку та/або у системі Е-навчання (<http://dpt12s.odeku.edu.ua/>). Неучасть студента у консультаційних сесіях не позначається на оцінюванні його навчальних досягнень виконання навчального плану.

### ***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 під час тестування.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання іспиту (підсумкова атестація).

Модульні контрольні роботи МКР1 та МКР2 проводяться у тестовому форматі по завершенню опрацювання теоретичних матеріалів. Кожна з модульних контрольних робіт складається з 25 тестових завдань, які охоплюють усі теми даного модуля навчальної дисципліни.

Кожна вірна відповідь оцінюється у 1 або 2 бали (ЗМ-Л1, ЗМ-Л2). Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становить 30 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-ПІ.**

Виконання модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань з розв'язування задач. Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМ-ПІ дорівнює **40 балам**. До цієї оцінки входить оцінка за виконання задач кожної теми.

Загальна максимальна кількість балів з дисципліни «Фізичні основи технологій захисту навколишнього середовища», яку студент може отримати за теоретичну та практичну частини, складає 100 балів.

### **2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для іспиту.**

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 (ПСК) 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 «Фізичні основи технологій захисту навколишнього середовища» 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-ПІ.

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. Оцінка відповіді на кожне запитання – 5 балів. Максимальна оцінка за результатами екзаменаційної роботи складає 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-Л1 «Захист елементів довкілля від фізичних впливів».**

##### *3.1.1. Повчання*

**Тема 1.** Джерела забруднення природних екосистем та методи захисту елементів геосфери.

Вивчення теми передбачає огляд джерел зростаючого негативного впливу господарської діяльності людей на біосферу, як необхідної бази для розуміння фізичної та фізико-хімічної суті технологічних процесів, спрямованих на зниження цього впливу та захисту природного середовища. При розгляді методів захисту таких елементів геосфери, як ґрунти та водне середовище, зверніть увагу на різноманітність методів (механічні, фізичні, хімічні, біологічні) очистки стічних вод в залежності від їх класифікації (походження) та складу. Особливої уваги потребують заходи з охорони повітря, якість якого внаслідок наявності в ньому аерозольних забруднюючих речовин впливає не тільки на людський організм, але й на обладнання та технологічні процеси. Аерозоль – це дисперсна система, до якої відносять пил, дим, туман. Зазвичай аерозольні системи складаються з частинок різного походження і знаходяться в динамічному стані, внаслідок неперервної взаємодії цих частинок: збільшення, руйнування конгломератів, осідання частинок, що впливає на процеси осадження частинок та очищення газів.

*Література [1,2].*

**Тема 2.** Технології очищення газів. Основні фізичні механізми осадження частинок та очистки газових викидів.

Вивчення теми передбачає розгляд механізмів, які використовуються в роботі пиловловлювачів для осадження зважених в газі частинок. Необхідно розглянути сутність та закономірності фізичних процесів, які лежать в основі механізмів гравітаційної седиментації, відцентрового, інерційного, дифузійного осадження. Зверніть увагу на відповідні безрозмірні параметри, які дозволяють в рамках методу теорії подібності оцінити ефективність осадження частинок у випадку використання сумісних механізмів осадження. Саме метод теорії подібності використовують для розрахунку промислових газоочисних систем. Одним з найбільш ефективних видів очищення газу від дрібнодисперсних твердих та рідких аерозолів є електричне очищення газів від пилу. У цьому методі використовується той факт, що у промислових аерозолях нейтральних частинок практично не існує, і вони мають свій природний електричний заряд (трибозаряд). Розгляньте детально механізм електричного очищення газів, схему електрофільтра та зверніть увагу на параметр електростатичного осадження, який вводять для оцінки ступеня очищення газів в електрофільтрах.

*Література* [1,2].

### **Тема 3. Фізичні механізми зменшення енергетичних впливів.**

Різноманітність енергетичних джерел забруднення, до яких відносять вібраційні і акустичні дії, електромагнітні поля і випромінювання, дії радіонуклідів і іонізуючих випромінювань, відповідно потребує використання різних методів захисту, у тому числі різних фізичних механізмів зниження впливу. Вплив та захист від іонізуючого випромінювання буде розглянутий окремо.

При розгляді питання щодо впливу віброакустичних факторів необхідно звернути увагу на основні джерела вібрацій та шуму.

Різні способи класифікації вібрацій пов'язані з їх впливом на організм людини. Протяжність зони дії вібрації визначається величиною їх загасання в ґрунті, яка складає 1дБ/м. Відповідно необхідно звернути увагу на параметри, що характеризують вібрацію; технічні заходи для контролю вібрації; методи та їх фізичні основи, якими досягають гасіння або зменшення вібрацій.

Шум - звук або сукупність звуків, що надають несприятливий вплив на людину та оточуюче середовище, створюється транспортними засобами, промисловим устаткуванням, санітарно-технічними установками. Окрім питань нормування та методів боротьби з шумом зверніть увагу на об'єктивні та суб'єктивні характеристики звукових коливань, розподіл звукових коливань за діапазоном частот та вплив інфра- та ультразвуку на людину.

Основними джерелами електромагнітних коливань різного діапазону частот є радіотехнічні об'єкти, лінії електропередач, електричний транспорт, термічні цехи та ділянки. При вивченні матеріалу теми зверніть особливу увагу на наслідки впливу електромагнітного випромінювання на людину; методика визначення та стандарти гранично допустимих рівнів електромагнітного випромінювання (за густиною потоку поверхневої енергії, за значенням напруженості електричного поля та величиною індукції магнітного поля) в радіочастотному діапазоні для населення; заходи з метою захисту населення від впливу електромагнітного опромінення.

*Література* [1,2].

### **Тема 4. Іонізуючі випромінювання. Захист від різних видів джерел та методики його розрахунку.**

Іонізуюче випромінювання супроводжує будь-які види радіоактивного розпаду.

**Природна та штучна радіація характеризується двома** поняттями: 1) радіоактивність; 2) дози випромінювання. Перше поняття характеризує радіоізотоп, а друге - взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною. Отже, при вивченні теми перш за все слід згадати природу і властивості різних видів радіоактивного (іонізуючого) випромінювання, механізми їх взаємодії з речовиною; засвоїти та знати такі базові поняття, як коефіцієнт якості випромінювання, активність; еквівалентна доза випромінювання, одиниці вимірювання.

Енергія, що випромінюється радіоактивними речовинами, поглинається організмом і викликає іонізацію атомів і молекул матеріалу, руйнуючи молекули тканин і клітин. Проаналізуйте фактори, від яких залежить біологічна дія іонізуючого випромінювання; згадайте норми радіоактивної безпеки та методи розрахунку доз. Детально розгляньте фізичні механізми захисту від різних видів іонізуючого випромінювання. Одним з методів захисту є захисні екрани, які поглинають або гальмують високоенергетичні частинки іонізуючого випромінювання. Зверніть увагу та засвойте методики розрахунку товщини захисних екранів від різних видів іонізуючого випромінювання.

*Література* [1,2,3].

### 3.1.2. Питання для самоперевірки

#### Тема 1.

1. \*Гідросфера та ґрунти, джерела її забруднення.
2. Які розрізняються стічні води за джерелами їх походження?
3. \*Які методи очищення стічних вод вам відомі? Охарактеризуйте кожний з них.
4. \*Які фактори забруднення атмосфері мають глобальний характер?
5. Походження та джерела локальних забруднень атмосфери. Які чинники впливають на розсіювання домішок у атмосфері?

#### Тема 2.

6. \*Які методи очищення атмосфери від пило-газових викидів вам відомі?
7. \*Охарактеризуйте сухі методи очистки газу від пилу. У чому недоліки та переваги цього методу? Визначте недоліки та переваги вологих методів очистки газу.
8. \*Які основні фізичні механізми осадження зважених у газі частинок вам відомі? У чому полягає кожний з цих методів?
9. Які сили, як рушійні, використовуються в процесі осадження? Які фактори чинять опір процесу осадження?
10. \*У чому полягає алгоритм Стокса, який використовують для визначення швидкості осадження частинок за різними методами? Чим обумовлене широке застосування закону Стокса щодо очищення газу (повітря) від аерозольних частинок (пилу).
11. Що розуміють під швидкістю зависання аерозольної частинки? Чому дорівнює аеродинамічний опір середовища при русі частинки зі швидкістю зависання?
12. Які параметри диспергованої речовини та дисперсійного середовища впливають на швидкість осадження?
13. \*Який принцип закладено основою роботи газових фільтрів? Які механізми фільтрації газових домішок існують?
14. \*Який принцип мокрого пиловловлення? Які фізичні механізми лежать у його основі?
15. \*Що таке абсорбція та адсорбція і яке їх значення у техніці захисту довкілля? У яких технологіях очищення газових викидів вони використовуються абсорбція?

#### Тема 3.

16. \*Дайте визначення понять "шум", "ультразвук", "інфразвук", "вібрація". Якими фізичними параметрами вони характеризуються?
17. \*Якою є дія шуму, ультра- та інфразвуку, а також вібрації на організм людини? У чому полягає їх нормування?
18. Перерахуйте та охарактеризуйте основні методи захисту від впливу шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації.
19. \*Що є основними джерелами високочастотних електромагнітних коливань? низькочастотних електромагнітних коливань?
20. \*Які зони та за яким критерієм розрізняють для оцінки біологічного впливу електромагнітного випромінювання?
21. \*Яким класифікаціям відповідають гранично допустимі рівні електромагнітних полів? Яким вимогам відповідають значення ЕМП, які приймаються в якості гранично допустимого рівня опромінення населення?

#### Тема 4.

22. \*Що таке іонізуюче випромінювання? Його типи та їх природа. Від яких факторів залежить біологічна дія іонізуючого випромінювання? Для чого і яким чином введений коефіцієнт якості випромінювання?
23. \*Що таке еквівалентна доза, в яких одиницях вимірюється?
24. \*Що називають фоновим іонізуючим випромінюванням? З яких внесків воно складається?
25. \*Захист від альфа-випромінювання. Яким чином розраховується пробіг альфа-частинок у багатокомпонентному середовищі?

26. \*Які види захисту повинні передбачатись під час роботи з джерелами бета-випромінювання? Які три види пробігу електронів у речовині розрізняють при характеристиці проникної здатності електронів? Як вони розраховуються?
  27. За якою методикою визначають потрібну кратність ослаблення гальмівного випромінювання захистом для точкових ізотропних радіонуклідів, що випускають бета-частинки та моноенергетичні електрони конверсії?
  28. Що ураховує чинник накопичення? До яких вимірюваних параметрів гамма-випромінювання він може відноситися? Від яких характеристик гамма-випромінювання і захисного матеріалу та інших факторів він залежить?
  29. \*Що називають коефіцієнтом ослаблення гамма-випромінювання? Що показує шар послаблення  $\Delta_{1/k}$ ?
  30. Як розраховується товщина екрануючого шару для необхідного коефіцієнта ослаблення випромінювання за методом послаблюючого шару?
  31. \*Яку величину називають радіаційним виходом (променевою віддачею) рентгенівської трубки? Від чого залежить радіаційний вихід?
  32. Яким чином можна розрахувати товщину захисту із свинцю від широкого пучка рентгенівського випромінювання за допомогою номограм? Який коефіцієнт є параметром номограм?
  33. \*Які процеси взаємодії нейтронів з речовиною середовища слід враховувати при розрахунку захисту від нейтронного випромінювання?
  34. За яким законом відбувається ослаблення вузького моноенергетичного пучка швидких нейтронів у захисному матеріалі?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

## 3.2. Модуль ЗМ-Л2 «Альтернативна та термоядерна енергетика».

### 3.2.1. Повчання

**Тема 5.** Порівняльний аналіз різних видів енергетики та проблеми використання. Питання енергетичної безпеки.

Сьогодні традиційна енергетика є основним (більше 85%) джерелом енергії для людства. До традиційної енергетики відносять вугільні та газові теплові електростанції, а також ТЕЦ, що працюють на мазуті. Не викликає сумніву, що в найближчому майбутньому колишнє джерело енергії - органічні палива – доведеться доповнити, а може й замінити на інші види виробництва енергії. Це станеться як через виснаження природних ресурсів, так і через забруднення навколишнього середовища.

Альтернативна енергетика – енергетика, заснована на використанні відновлюваних джерел енергії – енергії вітру, сонячного випромінювання, припливів та тепла Землі. До поновлюваної слід також віднести гідроенергетику.

При вивченні теми зверніть увагу на екологічні ризики, пов'язані з використанням органічного палива та перспективи використання альтернативної енергетики як змінної складової енергоспоживання. Окрему увагу слід приділити відмінностям та перевагам використання ядерної енергетики.

*Література* [1].

**Тема 6.** Енергетика відновлюваних джерел. Вітроенергетика. Сонячна енергетика.

Очевидними перевагами відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є безпека, екологічність та практична невичерпність потоку енергії. Суттєвими недоліками таких

ВДЕ, як вітроенергетика та сонячна енергетика є нестабільність, локальність та сезонність.

При вивченні теми зверніть увагу на залежність ефективності та економічності роботи вітрогенераторів та фотоелектричних станцій від їх локалізації на місцевості; порівняйте переваги та недоліки цих видів енергетичних джерел; зверніть увагу на фактори, що впливають на нестабільність вироблення енергії вітру та сонця; проблеми, пов'язані з накопиченням під час пікового вироблення і компенсацією втрат у випадку спаду, та можливі шляхи їх вирішення.

*Література [1]*

### **Тема 7. Ядерна енергетика.**

На сучасний момент ядерна енергія є головним і єдиним кандидатом на роль базової складової енергоспоживання. Вона забезпечує стабільне енергопостачання та дозволяє практично необмежено нарощувати потужності, а при безаварійній роботі не завдає шкоди довкіллю.

Для атомної енергетики розрізняють два ядерних паливних цикли – відкритий (розімкнений) та закритий (замкнений). При вивченні теми розгляньте ці паливні цикли. Закритий ядерний паливний цикл передбачає переробку відпрацьованого ядерного палива з реактору для вилучення урану і плутонію для повторного виготовлення ядерного палива, що надає переваги ядерній енергетиці в плані вичерпання запасів палива. Зверніть увагу на інші переваги, а також ризики ядерної енергетики та політику різних країн світу щодо програм розвитку ядерної енергетики.

*Література [1]*

### **Тема 8. Термоядерна енергетика. Фізичні основи керованого термоядерного синтезу. Паливний цикл термоядерного реактора. Фізичні принципи та системи для утримання плазми.**

За сучасним фізичним уявленням, існує лише кілька фундаментальних джерел енергії, які, в принципі, можуть бути освоєні та використані людством. Ядерні реакції синтезу є одним з таких джерел енергії. Головна і фундаментальна перевага термоядерної енергетики полягає в тому, що тут немає довго живучих радіоактивних відходів, які характерні для реакторів поділу, невичерпні запаси палива і необхідних матеріалів.

При вивченні теми зверніть увагу на фізичні основи керованого термоядерного синтезу: ядерні реакції, що становлять інтерес для керованого термоядерного синтезу (реакція /енергетичний вихід); фізичні явища, що відбуваються в реакційно здатних сумішах; узагальнену умову, за якою може бути досягнутий позитивний вихід реакції (критерій Лоусона) та способи її реалізації. Розгляньте паливний цикл термоядерного реактора і його принципову схему.

Практичні пристрої для здійснення керованого синтезу, спроможні конкурувати економічно з іншими джерелами енергії. можна розділити на два великі класи: 1) стаціонарні або квазістаціонарні системи, засновані на магнітному утриманні гарячої плазми; 2) імпульсні системи.

Магнітне утримання полягає у використанні сильного магнітного поля для гарячої ізоляції суміші від першої стінки реактора. Слід розглянути загальні принципи, що лежать в основі магнітного утримання, та їх конкретну реалізацію у таких системах, як ТОКАМАК, СТЕЛАРАТОРИ та відкритих системах для магнітного утримання плазми, кожна з яких по суті є магнітною пасткою.

В імпульсних системах з інерційним утриманням плазми виконання критерію Лоусона досягається не за рахунок тривалого утримання плазми, а за рахунок збільшення її густини в результаті стиснення суміші. Основне фізичне завдання в цьому напрямку керованого термоядерного синтезу – отримання високих ступенів стиснення в такій малій кількості палива, яке дозволить використовувати термоядерну енергію, що виділилася без

руйнування камери. Основні технологічні проблеми створення імпульсних реакторів лежать у галузі драйверної техніки, створенні прецизійних мішеней та систем, що дозволяють подавати та контролювати положення мішені в камері.

У будь-якому з відомих пристроїв для керованого термоядерного синтезу термоядерні реакції не можуть увійти в режим неконтрольованого наростання потужності без подальшого зриву плазми та припинення реакцій. Таким чином, термоядерним реакторам властива внутрішня безпека. Тим не менш, у процесі роботи реактора в ньому накопичуються радіоактивні елементи, які можуть представляти відому радіаційну небезпеку для персоналу, населення та навколишнього середовища. Отже при вивченні теми зверніть також увагу на можливі джерела радіоактивності при роботі термоядерного реактора; порівняння безпеки термоядерного реактора з безпекою реактора поділу тієї ж потужності та проблему переробки та зберігання радіоактивних відходів.

*Література [1].*

### *3.2.2. Питання для самоперевірки*

Тема 5.

1. Які джерела енергії відносять до традиційної енергетики?
2. Що є основними перевагами та вадами традиційної енергетики.
3. Опишіть проблему забруднення біосфери продуктами згорання та шляхи її вирішення.
4. Що розуміють під альтернативною енергетикою? Які види енергетики до неї відносять?
5. У чому переваги використання відновлюваних джерел енергії?

Теми 6,7.

6. Що таке геотермальна енергетика?
7. Які особливості морської енергетики?
8. Які види вітрогенераторів використовують для промислової вітроенергетики? Які вимоги накладаються на їх розташування?
9. Що розуміється під геліоенергетикою?
10. Чи впливає сонячна енергетика теплове забруднення атмосфери?
11. Які основні різновиди сонячних електростанцій вам відомі?
12. У чому полягають переваги використання фотоелектричних станцій перед геліоконцентраторами?
13. Укажіть недоліки сонячної енергетики порівняно з вітроенергетикою.
14. Які фактори впливають на нестабільність вироблення енергії вітру та сонця? Які шляхи вирішення цієї проблеми?
15. Охарактеризуйте ядерні паливні цикли, які використовують в атомній енергетиці.
16. Чому можна вважати, що ядерна енергія є головним кандидатом на роль базової складової енергоспоживання? У чому переваги та ризики її використання?

Тема 8.

17. Наведіть приклади реакцій термоядерного синтезу.
18. Скільки енергії дає термоядерний синтез? Звідки вона береться?
19. Які умови потрібні для термоядерного синтезу?
20. Що таке термоядерна плазма? Чому дорівнює температура термоядерної плазми?
21. У чому полягає критерій Лоусона?
22. Що таке ТОКАМАК?
23. Що таке СТЕЛЛАТОР?
24. На яких фізичних принципах базується робота магнітної пастки?
25. Що таке тороїдальний дивертор? Що таке драйвер?
26. Оцініть перспективи термоядерної енергетики.
27. Яку радіаційну загрозу створює термоядерний реактор?

### 3.3. Модуль ЗМ-П1. «Розв'язування задач за темами лекційних модулів ЗМ-Л1, ЗМ-Л2»

#### 3.3.1. Повчання

**Тема 1.** Фізико-хімічні процеси в атмосфері. Фізичні механізми осадження частинок.

Скорочені повчання стосуються основних понять і визначень даної теми, таких як, наприклад, ГДК, аерозоль, швидкість осідання аерозолів.

Вибір методу та технології очищення повітря залежить від розміру та концентрації зважених частинок, фізико-хімічних властивостей забруднювача і необхідного ступеня очищення.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять [4]. В цих вказівках наведені приклади розв'язаних задач, а також запропонований ряд задач для розв'язання студентами.

*Приклади завдань (питання для самоперевірки):*

1. Оцініть час перебування аміаку в тропосфері, якщо його концентрація приймається рівною  $0,005 \text{ мг/м}^3$ , а інтенсивність надходження оцінюється в 74 млн.т/рік у перерахунку на елементний азот.
2. В кожному кубічному сантиметрі повітря є  $3 \cdot 10^6$  частинок сферичної форми, середній діаметр яких становить 1 мкм. Щільність частинок дорівнює  $4 \text{ г/см}^3$ . Чи перевищується значення ГДК для повітря робочої зони, що дорівнює  $6 \text{ мг/м}^3$ ?
3. Порівняйте швидкість осідання аерозолів з розмірами частинок  $r = 4 \text{ мкм}$ , якщо їхня щільність становить  $3 \text{ і } 2 \text{ г/см}^3$ . Як співвідносяться часи їхнього виведення з атмосфери з висоти 5 м?

**Тема 2.** Фізико-хімічні процеси у гідросфері та ґрунтах.

Скорочені повчання стосуються основних понять і визначень даної теми, таких як, наприклад, стічні води, жорсткість і лужність води, значення рН, поглинальна здатність ґрунтів і т. ін.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять [4]. В цих вказівках наведені приклади розв'язаних задач, а також запропонований ряд задач для розв'язання студентами.

*Приклади завдань (питання для самоперевірки):*

1. Визначити найменшу відстань (вгору за течією річки) від питного водозабору до пункту скидання стічних вод, якщо  $c_{\text{ф}} = 0,1$ ,  $c_0 = 30 \text{ мг/л}$ , за наступних вихідних даних:  $V_{\text{в}} = 60$ ,  $V_{\text{св}} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $\psi = 1$ ,  $\varphi = 1,2$ ,  $H_{\text{р}} = 3 \text{ м}$ ,  $x = 0,5$ .
2. Яка кількість мг/л органічної речовини умовної формули  $\text{C}_n\text{H}_2\text{O}$  могла утворитися у водоймі в процесі фотосинтезу, якщо було порушено контакт з повітрям та карбонатними породами, розчинення чи виділення діоксиду вуглецю та карбонату кальцію не відбувалося? Лужність води у вихідному розчині становила  $1,5 \text{ ммоль/л}$ ,  $\text{pH} = 7$ . У процесі фотосинтезу рН збільшився до значення  $10,5$ . Процес протікав при нормальному тиску та температурі  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Тема 3. Основні параметри вібрацій та звуку, їх оцінювання та нормування.

Скорочені повчання стосуються основних понять і визначень даної теми, таких як, наприклад, рівні та відносні рівні віброшвидкості, та віброприскорення, порогове значення віброшвидкості, інтенсивність (сила) звуку, відносні рівні звукового тиску та інтенсивності. Зверніть увагу на одиниці вимірювання цих величин.

*Приклади завдань (питання для самоперевірки):*

1. Ізотропне джерело збуджує у повітрі сферичну звукову хвилю частоти 3кГц. На відстані  $r_1 = 100\text{м}$  від джерела рівень гучності звуку  $L_1 = 60\text{ дБ}$ . Визначити рівень гучності звуку  $L_2$  на відстані  $r_2 = 200\text{м}$  и відстань  $r_0$ , на якій звук припиняє бути чутним: а) нехтуючи поглинанням звуку у повітрі; б) за значенням коефіцієнту поглинання звуку у повітрі  $\kappa = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$ .
2. Визначити для звуку частоти 3кГц амплітуду коливань тиску повітря  $(\Delta p)_m$ , яка відповідає: а) порогу чутності; б) рівню гучності  $L = 100\text{ дБ}$ . Покласти  $T = 300\text{К}$ ,  $p = 1000\text{ гПа}$ .

### Тема 4. Захист від альфа-випромінювань, електронного, фотонного та нейтронного випромінювань

Основним методом захисту від радіації є збільшення відстані до джерела радіації. Одним з методів захисту є захисні екрани, які поглинають або гальмують високоенергетичні частинки іонізуючого випромінювання.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять [4]. В цих вказівках наведені приклади розв'язаних задач, а також запропонований ряд задач для розв'язання студентами.

*Приклади завдань (питання для самоперевірки):*

1. Визначити довжину пробігу  $\alpha$  - частинки з енергією 21кеВ у повітрі.
2. Визначити товщину шару половинного ослаблення пучка рентгенівських променів з довжиною хвилі 6,2нм у свинцю.

### Тема 5. Розрахунок захисту за кратністю ослаблення експозиційної дози, потужності експозиційної дози та за заданою активністю.

При розрахунку захисту від гамма-випромінювання зручно користуватися універсальним методом послаблюючого шару, розрахованим на основі теорії ослаблення в матеріалах широких пучків гамма-випромінювання від точкових джерел. Шар послаблення  $\Delta_{1/k}$  показує товщину екранування, яка зменшує дозу випромінювання (густину потоку енергії, густину потоку частинок тощо) в  $k$  разів. Цей метод детально розглянутий в п. п. 5.5; 5.6 підручника [1]. Там же (п.5.7) наведений метод конкуруючих ліній, який зводить розрахунки захисту для моноенергетичних джерел для розрахунку захисту від моноенергетичних джерел, по універсальним таблицям або за шарами ослаблення.

## 4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

### 4.1 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1.

1. Основними обставинами, що визначають геохімічний вплив людини на природу, є ...  
*Література* [1,с.8]



2. Очищення газового потоку від забруднювачів шляхом його пропускання крізь тверді пористі матеріали має назву процесу...  
*Література* [1,с.11]
3. Основними напрямками захисту ґрунтів від деградації є заходи ...  
*Література* [1,с.13]
4. Методи, що використовуються для очищення промислових стоків, включають у себе...  
*Література* [1,с.16]
5. Реагенти, які використовують для осадження забруднювачів при хімічному способі очищення, це ...  
*Література* [1,с.16]
6. Летючі промислові викиди, які є сумішшю газів (парів), що не несе в собі тверді або рідкі *завислі частинки*, мають назву ...  
*Література* [1,с.19]
7. "Сухі" методи технології газоочищення - це методи, які ...  
*Література* [1,с.21]
8. Ступень очищення газу від домішок системами вологого очищення порівняно з системами сухого очищення є ...  
*Література* [1,с.22]
9. До основних фізичних механізмів осадження зважених в газі частинок належать...  
*Література* [1,с.23]
10. Відцентрове осадження спостерігається, коли потік диспергованого газу (повітря) рухається ...  
*Література* [1,с.23]
- 11.Осадження, що відбувається коли маса і швидкість частинок настільки великі, що вони не можуть уникнути перешкод і слідувати за газовим потоком, має назву ...  
*Література* [1,с.23,24]
12. Електроосадження частинок може відбуватися при...  
*Література* [1, с.24]
- 13.Закон Стокса для визначення опору середовища руху частинки має вигляд:  
*Література* [1, с.25]
14. Аеродинамічний опір середовища при русі аерозольної частинки зі швидкістю зависання залежить від ...  
*Література* [1, с.25]
- 15.Залежність швидкості осадження зважених частинок в гравітаційній системі газоочищення від розміру (діаметру) частинок є ...  
*Література* [1, с.27]
- 16.Рівняння за алгоритмом Стокса, що дозволяє визначити швидкість відцентрового осадження сферичних частинок, має вигляд:  
*Література* [1, с.28]
17. Ефект зачеплення починає проявлятися при осадженні частинок, якщо ...  
*Література* [1, с.33]
- 18.Ефективність дифузійного осадження є обернено пропорційною ...  
*Література* [1, с.37]
- 19.Електричне очищення газів від тонко- або дрібнодисперсних твердих та рідких аерозолів (зважених частинок пилу та крапель туману) засноване на ...  
*Література* [1, с.37]
20. Рух заряджених частинок до осадкового електрода відбувається під дією наступних сил:  
...  
*Література* [1, с.39 ]
- 21.Основний вплив на осадження частинок в електрофільтрах надають сили ...  
аеродинамічні та електростатичні

- Література* [1, с.39 ]
22. Максимальний ефект осадження частинок під дією електричних сил у «мокрих» пиловловлювачах спостерігається, якщо ...
- Література* [1, с.40]
23. У сухих пиловловлювачах та фільтрах загального призначення можуть надійно утримуватися частинки розміром ...
- Література* [1, с.43]
25. Плівками рідини (води) у мокрих пиловловлювачах надійно утримуються частинки, рух яких характеризується значенням  $Re$  ...
- Література* [1, с.43]
25. При барботажі на уловлювану частинку усередині газового міхура діють механізми ...
- Література* [1, с.45]
26. В жалюзійних пиловловлювачах, у яких виділення пилу з газового потоку засноване на використанні сили інерції, вплив на роботу створюють наступні фактори:
- Література* [1, с.49]
27. Вібрацією називають ...
- Література* [1, с.76,87]
28. Локальними є вібрації, що ...
- Література* [1, с.77]
29. Параметрами, що характеризують вібрацію є...
- Література* [1, с.78]
30. Найбільш важливим фактором, що впливає на формування та характер вібраційних патологій є ...
- Література* [1, с.81]
31. Гасіння вібрації ґрунтується на зниженні рівня вібрації шляхом перетворення механічної енергії вібрації в ...
- Література* [1, с.85]
32. Будь-який небажаний звук або сукупність звуків, що надають несприятливий вплив на навколишнє середовище і людину мають назву ...
- Література* [1, с.88]
33. У діапазоні частот  $10^9$ - $10^{13}$  Гц знаходяться коливання пружних середовищ, які називаються ...
- Література* [1, с.88]
34. Середня за часом енергія, яка переноситься звуковою хвилею в одиницю часу через одиницю площі, перпендикулярної напрямку поширення звуку має назву ...
- Література* [1, с.90]
35. Рівнем шуму називають величину, яка дорівнює...
- Література* [1, с.90]
36. Механізмом поглинання звуку такими звукопоглинальними матеріалами як волокнисті пористі матеріали є ...
- Література* [1, с.92]
37. Критерій, за яким для оцінки біологічного впливу електромагнітного випромінювання виділяють індуктивну (ближню) зону стосовно джерела випромінювання, це ...
- Література* [1, с.95]
38. Надвисокочастотна електромагнітна енергія використовується в ...
- Література* [1, с.95]
39. Гранично допустимі рівні електромагнітних полів відповідають наступним класифікаціям: ...
- Література* [1, с.95]
40. Заходи, що виключають вплив на людину електричних розрядів і струмів стікання повинні бути вжиті при величині напруженості електричного поля  $E$ , що перевищує ...
- Література* [1, с.96]

41. Мінімальна відстань від осі запланованої ПЛ напругою 750-1150 кВ до межі населеного пункту повинна становити ...  
*Література* [1, с.99]
42. Іонізуюче випромінювання – це...  
*Література* [1, с.101]
43. Бета- розпад – це ...  
*Література* [1, с.101]
44. Еквівалентна доза випромінювання – це ...  
*Література* [1, с.101]
45. Фонове іонізуюче випромінювання складається з ...  
*Література* [1, с.102]
46. Одноразове сумарне опромінення до 100-200 мбер викликає ...  
*Література* [1, с.102]
47. Для середовища товщиною менше максимального пробігу електронів ослаблення щільності потоку бета-частинок приблизно слідує закону...  
*Література* [1, с.56]
48. Широкий пучок випромінювання, що створюється при проходженні гамма-випромінювання через речовину складається з ...  
*Література* [1, с.57]
49. Енергетичний фактор накопичення, який водять для урахування внеску розсіяного гамма-випромінювання залежить від ...  
*Література* [1, с.57, 58]
50. Величинами, завдання яких потрібне для визначення необхідної товщини екранування матеріалу за допомогою універсальних таблиць, є ...  
*Література* [1, с.59]
51. Радіаційний вихід рентгенівської трубки залежить від ...  
*Література* [1, с.62]
52. Коефіцієнт, що є параметром номограм, за допомогою яких можна розрахувати захист із свинцю від широкого пучка рентгенівського випромінювання, включає в себе...  
*Література* [1, с.62]
53. Процеси непружного розсіювання нейтронів у речовині супроводжуються ...  
*Література* [1, с.63]
54. Захист від нейтронного випромінювання ґрунтується на поглинанні ...  
*Література* [1, с.66]

## **4.2 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2.**

1. До традиційної енергетики відносять ...  
*Література* [1, с.105,106]
2. найдешевшу традиційну енергію надає спалювання ...  
*Література* [1, с.106]
3. З погляду екології з традиційних джерел енергії найменшу шкоду природному середовищу завдає спалювання ...  
*Література* [1, с.106]
4. Енергетика, яка заснована на використанні відновлюваних джерел енергії носить назву ...  
*Література* [1, с.106]
5. Основною метою переходу на ВДЕ є ...  
*Література* [1, с.111]
6. Основні недоліки відновлюваних джерел енергії це ...  
*Література* [1, с.106]
7. Локальність вітроенергетики пов'язана з тим, що ...  
*Література* [1, с.107]

8. При падінні швидкості вітру вдвічі потужність вітрогенератора падає у ...  
*Література* [1, с.107]
9. Залежність потужності вітрогенератора від швидкості вітру є ...  
*Література* [1, с.107]
10. Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання ротора мають ККД, що досягає ...  
*Література* [1, с.108]
11. Для промислової вітроенергетики використовуються генератори з діаметром ротора...  
*Література* [1, с.108]
12. Для промислової вітроенергетики використовуються генератори з горизонтальною віссю ротора переважно з потужностями ...  
*Література* [1, с.108]
13. Перспективними майданчиками для розміщення вітрогенераторів є ...  
*Література* [1, с.108]
14. Сонячні електростанції, в яких вода нагрівається світлом, яке концентрується за допомогою системи керованих дзеркал, мають назву...  
*Література* [1, с.109]
15. Батареї фотоелементів, що використовуються у якості сонячних електростанцій, мають ККД ...  
*Література* [1, с.109]
16. Розвиток вітроенергетики та сонячної енергетики на сьогодні відбувається за законом, який є ...  
*Література* [1, с.109]
17. Нестабільність сонячної енергетики пов'язана з ...  
*Література* [1, с.109]
18. Енергетична система повинна складатися з ...  
*Література* [1, с.115]
19. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна енергія та спалювання біомаси, можуть використовуватися у якості ...  
*Література* [1, с.115]
20. Забезпечує стабільне енергопостачання та дозволяє практично необмежено нарощувати потужності ...  
*Література* [1, с.110]
21. Головний недолік ядерної енергетики полягає у ...  
*Література* [1, с.110]
22. Активна зона реактора на швидких нейтронах з усіх боків оточена:  
*Література* [3с.21]
23. У якості теплоносія в реакторі типу ВВЕР застосовується:  
*Література* [3с.23]
24. У якості сповільнювача в реакторах типу РБМК використовується ...  
*Література* [3с.21]
25. Стержні автоматичного регулювання в реакторі типу РБМК призначені для зміни...  
*Література* [3с.23]
26. Оперативний запас реактивності реактора визначається ...  
*Література* [3с.23]
27. Перевантаження тепловиділяючих збірок без зупинки роботи реактора можливе в реакторах типу ...  
*Література* [3с.23]
28. Час знаходження ядерного палива в активній зоні реактора ВВЕР складає:  
*Література* [3с.21]
29. У реакціях синтезу енергія виробляється за рахунок...  
*Література* [1, с.110]
30. Ядерні реакції, що становлять інтерес для керованого термоядерного синтезу, це...

- Література* [1, с.117]
31. Переріз реакції синтезу є функцією ...  
*Література* [1, с.118]
32. За нормальної температури суміш ізотопів водню та інших легких атомів ...  
*Література* [1, с.118]
33. Об'ємна щільність виділення енергії в реагуючій суміші при термоядерній реакції синтезу залежить від ...  
*Література* [1, с.119]
34. При високій температурі, необхідній для протікання термоядерної реакції, суміш знаходиться в стані ...  
*Література* [1, с.119]
35. Для позитивного виходу реакції синтезу в суміші потрібно виконання умов: ...  
*Література* [1, с.120]
36. Узагальнену необхідну умову позитивного виходу реакції синтезу в суміші надає ...  
*Література* [1, с.120]
37. Перевагою DT-реакції порівняно з DD-реакціями є ...  
*Література* [1, с.121]
38. Критерій Лоусона досягається за рахунок великого енергетичного часу життя плазми при невеликій її щільності у системах ...  
*Література* [1, с.121]
39. Час життя в імпульсних системах керованого термоядерного синтезу є ...  
*Література* [1, с.122]
40. Бланкет – це ...  
*Література* [1, с. 124]
41. У термоядерному реакторі, який працює на суміші дейтерію та тритію, тритій ...  
*Література* [1, с. 124]
42. Принцип магнітного утримання плазми полягає у використанні сильного магнітного поля для ...  
*Література* [1, с.126]
43. У системах з магнітним утриманням плазми для уникнення поздовжніх до магнітного поля втрат, можна ...  
*Література* [1, с.127]
44. Магнітна пастка із замкнутими магнітними поверхнями, в якій полоидальне магнітне поле, що утворює магнітні поверхні, створюється струмом, що протікає по плазмі має назву ...  
*Література* [1, с.128]
45. Основними елементами системи магнітного утримання плазми «ТОКОМАК» є ...  
*Література* [1, с.128]
46. Дивертор – це елемент термоядерного реактора, який дозволяє ...  
*Література* [1, с. 129, с.130]
47. Відсутність плазмових зривів у STELLARATORі обумовлена тим, що рівновага плазми ...  
*Література* [1, с.139]
48. У відкритих системах утримання частинок плазми у напрямку вздовж магнітного поля досягається за рахунок ...  
*Література* [1, с.142]
49. Драйверами називають ...  
*Література* [1, с.144]
50. Основні технологічні проблеми створення імпульсних реакторів лежать у галузі  
*Література* [1, с.154]
51. Вимоги до матеріалів першої стінки та бланкету термоядерних реакторів з DT-реакцією – це ...

Література [1, с. 155, с.156]

52. Індукована радіоактивність в першому захисному контурі після зупинки термоядерного реактора повністю знижується до безпечного рівня протягом ...

Література [1, с.115]

### 4.3 Тестові завдання до екзаменаційної роботи

№	Тестові завдання	Основна література, сторінки
1.	Заходи з охорони повітря можна поділити на ...	[1] с.11
2.	Протиерозійні заходи для боротьби з водною ерозією включають у себе ...	[1] с.13
3.	Для механічного очищення стічних вод від нерозчинних механічних домішок використовують ...	[1,с.16]
4.	Летючі промислові викиди, які є сумішшю газів (парів), що несе в собі тверді або рідкі зважені частинки, мають назву ...	[1,с.19]
5.	Методи технології газоочищення, які використовують воду або інші рідини, належать до ...	[1,с.21]
6.	Осадження дрібних частинок на поверхні або стінці об'єкта в результаті безперервних зіткнень дрібних частинок з молекулами газу, що знаходяться в броунівському русі, має назву ...	[1] с.24
7.	Рівняння, яке описує гідродинамічний рух частинки в стоківському режимі при гравітаційному осадженні, має вигляд:	[1] с.27
8.	Сили, співвідношення між якими характеризує критерій Стокса (параметр інерції) при інерційному осадженні, це сили ...	[1] с.31
9.	Одним з найбільш ефективних видів очищення газу від тонко-або дрібнодисперсних твердих та рідких аерозолів (зважених частинок пилу та крапель туману) є ...	[1] с.37
10.	Електрофільтри зазвичай створюють із короною негативної полярності внаслідок того, що ...	[1] с.38
11.	Рух газу (аерозолю) через шар рідини, яка набуває вигляду бульбашок (піни) або струменів називається ...	[1] с.44
12.	До категорій, на які поділяються загальні вібрації, належать ...	[1] с.78
13.	Величини, за допомогою яких оцінюють вібрацію, це ...	[1] с.87
14.	Акустичні коливання з частотою вище 20кГц мають назву ...	[1] с.88
15.	Перетворення частини енергії звукових хвиль в теплову енергію в середовищі, через яке поширюється звук, має назву ...	[1] с.92
16.	До звукопоглинальних матеріалів, які поглинають звук через деформацію всієї або частини поверхні матеріалу належать ...	[1] с.92
17.	Лінії електропередач є основними джерелами електромагнітних коливань ...	[1] с.95
18.	Електричний транспорт є джерелом ...	[1] с.95
19.	Гранично допустимий рівень магнітної складової (магнітної індукції) електромагнітного поля у квартирах становить ...	[1] с.97
20.	Гамма-променями називають ...	[1] с.101
21.	Одиницями вимірювання еквівалентної дози випромінювання є ...	[1] с.102
22.	Середньорічна еквівалентна доза фонового випромінювання лежить у межах ...	[1] с.102
23.	Мінімальна товщина шару речовини, при якій жоден з моноенергетичних електронів, що падають нормально на шар, з нього	[1] с.55

	не вилітає має назву ...	
24.	Енергетичний фактор накопичення, який враховує внесок розсіяного гамма-випромінювання у широкий пучок при проходженні гамма-випромінювання через речовину приймає значення ...	[1] с.57
25.	При розгляді впливу розсіяного гамма-випромінювання у випадку застосування бар'єрної геометрії ...	[1] с.58
26.	Відношення вимірної або розрахованої експозиційної дози без захисту до гранично допустимої експозиційної дози у тій самій точці за захисним екраном товщиною $x$ має назву ...	[1] с.59
27.	Залежність коефіцієнта, що є параметром номограм, за допомогою яких можна розрахувати захист із свинцю від широкого пучка рентгенівського випромінювання, від відстані між анодом рентгенівської трубки та робочим місцем є ...	[1] с.63
28.	Механізмом взаємодії нейтронів з енергією понад 0,5 MeV з речовиною середовища є...	[1] с.63
29.	Ослаблення вузького моноенергетичного пучка швидких нейтронів у захисному матеріалі залежно від товщини захисту $x$ є ...	[1] с.66
30.	Одним з найбільш проникливих видів вторинного випромінювання є вторинне гамма-випромінювання в захисті, яке супроводжує ...	[1] с.74
31.	З погляду екології найбільшу шкоду природному середовищу завдає спалювання ...	[1] с.106
32.	Стабільність вироблення енергії та відносна свобода розміщення є основними перевагами енергетики ...	[1] с.106
33.	Безпека, екологічність та практична невичерпність потоку енергії перевагами...	[1] с.106
34.	Нестабільність вітроенергетики пов'язана з ...	[1] с.107
35.	При зростанні швидкості вітру втричі потужність вітрогенератора зростає у ...	[1] с.107
36.	Для промислової вітроенергетики використовуються генератори з діаметром ротора...	[1] с.108
37.	Недоліками сонячної енергетики в порівнянні з вітроенергетикою є ...	[1] с.109
38.	Уповільнювач в атомних реакторах застосовується для:	[3] с. 20
39.	У зоні відтворення реактора на швидких нейтронах накопичуються ізотопи ...	[3] с.21
40.	У керованому термоядерному синтезі для виробництва тритію, якого не існує в природі, використовуються реакції ...	[1] с.117
41.	Внаслідок кулонівського відштовхування між ядрами при низькій енергії частинок перерізи реакцій синтезу є ...	[1] с.118
42.	Критерій Лоусона надає умову на...	[1] с.120
43.	Сучасна термоядерна програма націлена на здійснення керованого синтезу ...	[1] с.121
44.	Критерій Лоусона досягається за рахунок стиснення термоядерних цілей та створення суміші з дуже високою щільністю у системах ...	[1] с.121
45.	Спеціальний пристрій, оточуючий плазму, у якому виділяється енергія термоядерних реакцій має назву...	[1] с. 124
46.	Системи з магнітним утриманням плазми мають характерний розмір плазми близько...	[1] с.121
47.	Ефективність магнітної пастки залежить від ...	[1, с.127]
48.	У ТОКАМАКАх силові лінії магнітного поля утворюють ...	[1]с.128,129
49.	Зрив плазми ТОКАМАКА при перевищенні граничного значення параметра $\beta$ – це явище ...	[1] с.133

50.	Магнітна пастка із замкнутими магнітними поверхнями, в якій полоидальне магнітне поле, що утворює магнітні поверхні, створюється за допомогою зовнішніх витків має назву...	[1] с.136
51.	Виконання критерію Лоусона за рахунок збільшення густини в результаті стиснення суміші досягається в ...	[1] с.143
52.	У якості драйверів використовують ...	[1] с.144
53.	Джерелами радіоактивності при роботі термоядерного реактора є...	[1,]с.158,159

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Фізичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Підручник. Одеса: ОДЕКУ, 2023. 168с.  
<http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/11901>
2. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
3. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса: ОДЕКУ. 2003. 134с.
4. Курятников В.В. Методи контролю та очищення довкілля від фізичних забруднень : методичні вказівки для практичних занять. Одеса: ОДЕКУ, 2020. 48 с.

### *ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА*

1. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник/ К., 2017.
2. Троїцька О.О., Беренда Н.В., Белоконь К.В., Манідіна Є.А. Основи екології та сталий розвиток. Навчально-методичний посібник. ЗНУ, 2020. 178 с.
3. Gerasymov O.I. Environmental safety technologies. Handbook /Odessa State Environmental University. Odesa : TES, 2020. 228 p.