

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Фізичний факультет
Кафедра прикладної фізики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізичного факультету



Лазур В.ІО

«23» травня 2024 року

Робоча програма навчальної дисципліни

КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Коливання і хвилі» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 природничі науки спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 2024 р.

Розробник: доктор фізико-математичних наук, професор Небола І.І.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол № 11 від «25» квітня 2024 р.

Завідувач кафедри прикладної фізики  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від «7» травня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Рубан В.В.

© _____, 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2 семестр

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 90	1- й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студентів – 4	2- й	
	Лекції	
	24 год.	
	Практичні (семінарські)	
	20 год.	
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні	
	-	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	46 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 30 / 60

для заочної форми навчання – відсутня

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Кінцева мета навчальної дисципліни «Коливання і хвилі» впливає із цілей освітньої-професійної програми підготовки випускників вищого навчального закладу та визначається змістом тих системних знань і умінь, якими повинен оволодіти фахівець в галузі природничих наук. Знання, які студенти отримують із навчальної дисципліни «Коливання і хвилі» є базовими для блоку дисциплін, що забезпечують природничо-наукову і професійно-практичну підготовку.

Предметом курсу „Коливання і хвилі” є методи дослідження функціонування та опису коливних і хвильових процесів в механічних електричних та електромагнітних системах. Даний курс передбачає вивчення різних типів коливних систем їх опису та методик їх досліджень.

Мета дисципліни – формування у студентів теоретичних засад та практичних навиків дослідження коливних систем та хвильових процесів. Окрім ознайомлення з загальними характеристиками та універсальними правилами опису коливних систем, процесів, визначенням деяких типів моделей, що їх описують, важливим є практичне засвоєння розв'язку задач по коливних і хвильових процесах. Такі навички будуть закріплені студентами на практичних заняттях для конкретних прикладів коливних систем та хвильових процесів.

Завдання курсу „Коливання і хвилі” полягає у:

1. Засвоєнні додаткових знань по ряду суміжних дисциплін, зокрема, теорії диференціальних рівнянь, механіки та електрики, математичного аналізу і, звичайно, отриманих практичних навиків з розв'язування задач;
2. Вивченні особливостей математичного та фізичного опису коливних систем і хвильових процесів;
3. Вмінні застосувати фізичний і математичні підходи до вивчення коливних систем і хвильових процесів;
4. Ознайомленні з основними поняттями та параметрами коливних систем і хвильових процесів;

Після вивчення курсу «Коливання і хвилі» студенти повинні знати основні принципи опису фізичних процесів, що відбуваються в різних коливних системах та при поширенні хвильових процесів в різних середовищах, методами і засобами опису та аналізу коливних і хвильових процесів, добре орієнтуватися в одиницях вимірювання фізичних величин в коливних системах, знати критерії вибору того чи іншого методу та засобу опису для конкретної фізичної задачі. володіти навичками математичної обробки процесів, що фрезуються в коливних системах та середовищах в який відбуваються хвильові явища.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- **загальні компетенції (ЗК):**
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК2);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК3);
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК5);
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК6);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7);
- навички міжособистісної взаємодії (ЗК8);
- здатність працювати автономно (ЗК9);
- навички здійснення безпечної діяльності (ЗК10);
- здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його

сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні(ЗК 11);

- здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя (ЗК 12).

- фахові компетенції (ФК):

- здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проєктів (ФК1);

- здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів (ФК 2);

- здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок (ФК4);

- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК5);

- здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проєктах (ФК8).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Специфіка та безпека нанотехнологій» вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.	ПРН5
Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів	ПРН10
Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.	ПРН12
Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів.	ПРН13

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Специфіка та безпека нанотехнологій»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
знати основні положення законодавства України про охорону праці,	ПРН3

структуру організації служби охорони праці на підприємствах, в установах та організаціях, заходи по створенню здорових та безпечних умов праці.	
знати основні поняття у галузі охорони праці, їх терміни та визначення; основні законодавчі акти про охорону праці, їх загальну характеристику.	ПРН3
знати основні положення нормативно-правових актів з охорони праці; систему державного нагляду і громадського контролю за охороною праці в Україні, функції та повноваження органів нагляду і контролю.	ПРН5
знати систему державного управління охороною праці та організацію охорони праці на підприємстві, функції та повноваження органів управління; порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві.	ПРН10
знати методи аналізу та заходи щодо профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань; основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії.	ПРН12
знати основи техніки безпеки: електробезпека, загальні вимоги безпеки до технологічного обладнання та процесів; загальні вимоги з охорони праці щодо конструкцій об'єктів підвищеної небезпеки і організації їх безпечної експлуатації; основи пожежної безпеки: пожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів, безпека об'єктів, системи попередження пожеж та системи пожежного захисту.	ПРН12
знати системи державного пожежного нагляду в Україні, організацію навчання посадових осіб та працівників з питань пожежної безпеки; порядок надання першої долікарської медичної допомоги потерпілим.	ПРН13
вміти здійснювати аналіз і оцінку стану організації охорони праці на підприємстві та його відповідність вимогам законодавчих та нормативних актів з охорони праці.	ПРН3
вміти розробити й організувати систему управління охороною праці на підприємстві.	ПРН3
вміти розробити план навчання і перевірки знань з охорони праці працівників підприємства з урахуванням специфіки робіт (шкідливі, важкі, небезпечні).	ПРН5
вміти організувати розслідування нещасного випадку на підприємстві; скласти статистичні показники травматизму та професійного захворювання на підприємстві.	ПРН10
вміти організувати проведення інструктажів з охорони праці на підприємстві; оцінити стан електробезпеки на підприємстві, розробити заходи щодо недопущення електротравматизму	ПРН10
вміти визначити категорію приміщень і зон за вибуховою та пожежною безпекою	ПРН12
вміти обґрунтувати первинні засоби пожежогасіння для конкретних виробничих умов і провести інструктаж працюючих щодо їх користування цими засобами; вибрати заходи обмеження надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони	ПРН13
вміти надати першу долікарську медичну допомогу потерпілому.	ПРН10

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен. До екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань ;
- підсумкового семестрового контролю знань – екзамен.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2							70	100
10	20								

T1, T2 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2							70	100
20	10								

T1, T2 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кіль-	Макси-	Кіль-	Макси-

	кiсть	мальна кiлькiсть балiв (сумарна)	кiсть	мальна кiлькiсть балiв (сумарна)
Практичнi (семiнарськi) заняття	4	20	8	20
Лабораторнi заняття (допуск, виконання та захист)	-	-	-	-
Комп'ютерне тестування при тематичному оцiнюваннi	-	-	-	-
Письмове тестування при тематичному оцiнюваннi	1	10	1	10
Презентацiя		-		
Реферат		-		
Есе		-		
...		-		
Модульна контрольна робота	2	70	2	70
Разом	7	100	11	100

Критерiї оцiнювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здiйснюється у письмовiй формi шляхом вiдповiдей на питання тестових завдань. Кожна правильна вiдповiдь оцiнюється певною кiлькiстю балiв. Максимальна кiлькiсть балiв за кожний модуль становить 100 балiв. Мiнiмальна кiлькiсть балiв, за якої робота вважається виконаною, становить 60 балiв.

Критерiї оцiнювання пiдсумкового семестрового контролю

Пiдсумковий семестровий контроль з дисциплiни «Специфика та безпека нанотехнологiй» здiйснюється через екзамен. Екзамен проводиться в уснiй формi шляхом спiвбесiди. Результати екзамену оцiнюються за чотирибальною шкалою: «вiдмiнно», «добре», «задовiльно», «незадовiльно».

Оцiнка „вiдмiнно” виставляється в тому разi, коли студент бездоганно оволодiв всiма роздiлами програми, дав глибокi, чiткi i вичерпнi вiдповiдi на всi основнi i додатковi запитання, виявив розумiння сутi програмового матерiалу, вiльне володiння фактичним матерiалом та вiдповiдним математичним апаратом, квалiфiковано використовувати набутi знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцiнка „добре” виставляється тодi, коли студент виявив повне знання i розумiння програмового матерiалу, добре оволодiв програмовим матерiалом курсу, може використовувати набутi знання в практичнiй дiяльностi, дав вичерпнi вiдповiдi на всi запитання, але пiд час вiдповiдi допускав окремi нечiткi формулювання i незначнi неточностi.

Оцiнка „задовiльно” виставляється в тому разi, коли студент в основному знає i розумiє фактичний матерiал курсу, дав в основному правильнi вiдповiдi на запитання, виявив умiння розiбратися в окремих питаннях матерiалу дисциплiни, вмiння використовувати вiдповiдний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремi положення пройденого курсу, недостатньо вмiє застосовувати набутi знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” виставляється тоді, коли студент не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння сутності основних понять та термінів дисципліни, допускає плутанину, не може застосовувати набуті знання для розв’язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	ECTS	
	Оцінка	Характеристика
90 та вище	A	відмінно
80-89 65-79	B	добре
	C	добре
55-64 50-54	D	задовільно
	E	задовільно
35-49 1-34	FX	незадовільно з можливістю перескладання
	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено екзамен, заносяться до залікової відомості.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Програма побудована за модульним принципом. Кожний з модулів є логічно завершеною часткою системи знань та умінь, що визначені як необхідні для формування фахівця в галузі прикладної фізики.

Тематичний план лекцій.

Модуль 1. Коливання в ідеальних і реальних коливних системах.

Змістовий модуль 1. Ідеальні коливні системи. Незатухаючі коливання.

Швидкість і прискорення при гармонічних коливань. Незгасаючі гармонічні коливання систем з одним ступенем вільності. Енергія гармонічного осцилятора. Гармонічні коливання в електричних системах. Аналогія між електричними і механічними системами. Реальні коливні системи. Затухаючі коливання. Затухаючі гармонічні коливання. Методи опису затухання осцилятора. Негармонічні коливання

математичного маятника. Вільні коливання в дисипативних системах із в'язким тертям. Коливання в системі із сухим тертям. Явище застою.

Змістовий модуль 2. Вимушені коливання. Нелінійні коливання.

Вимушені коливання осцилятора. Імпеданс механічної коливної системи. Поведінка осцилятора під дією зовнішньої сили. Залежність амплітуди і фази швидкості від частоти зовнішньої сили. Залежність зміщення від частоти зовнішньої сили. Резонансна крива поглинання. Добротність і ширина частотної смуги поглинання. Вільні коливання нелінійного осцилятора, рух математичного маятника з великою амплітудою. Нелінійні коливання, нелінійна повертаюча сила.

Змістовний модуль 3. Зв'язані коливання.

Осцилятори, зв'язані через жорсткість (ємність). Нормальні координати, ступені свободи та нормальні моди коливань. Метод знаходження частот нормальних коливань. Зв'язок через масу або індуктивність. Зв'язані коливання навантаженої струни. Хвильове рівняння.

Модуль 2. Хвилі в різних середовищах і на їх границях.

Змістовий модуль 4. Поперечні і повздовжні вилі.

*Хвилі. Швидкість хвильового руху. Хвильове рівняння. Розв'язок хвильового рівняння. Імпеданс струни. Відбивання і проходження хвилі на границі двох струн. Відбивання і проходження енергії. Енергетичні коефіцієнти відбивання і пропускання. Стоячі хвилі на струні фіксованої довжини. Енергія струни, що коливається. Коефіцієнт стоячої хвилі. Звукові хвилі у газах. Відбивання і проходження хвилі на границі двох струн. Відбивання і проходження енергії. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі в середовищі, де $\mu \neq 0, \epsilon \neq 0, \sigma = 0$. Хвильове рівняння для електромагнітних хвиль. Приклад на використання вектора Умова-Пойтінга. Хвильовий опір діелектрика для електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі в середовищі, де $\mu \neq 0, \epsilon \neq 0, \sigma \neq 0$. Глибина скін-шару. Швидкість електромагнітних хвиль у провіднику з аномальною дисперсією. Хвильовий опір провідного середовища для електромагнітних хвиль. Хвильове рівняння у випадку двох вимірів. Хвилеводи. Тривимірний випадок. Коливання і хвилі у тривимірному періодичному просторі **Хвилі в лініях передачі**. Ідеальна лінія передачі. Коаксіальні кабелі. Хвильовий опір лінії передачі. Відбивання на кінці лінії передачі. Роль опору в лінії передачі. Хвильовий опір лінії передачі з втратами.*

Змістовий модуль 5. Коливання і хвилі в періодичних середовищах.

Динаміка ґратки кристалічних утворень. Прямі і обернені тривимірні ґратки. Зони Брилюена Природа сил взаємодії атомів в кристалах Коливання і хвилі в простій одновимірній ґратці. Коливання атомів тривимірної складної кубічної ґратки. Коливання простої кубічної ґратки. Квантування коливань кристалічної ґратки. Фонони. Взаємодія фононів з іншими квазічастинками.

Змістовий модуль 6. Хвилі в реальних середовищах.

Об'ємні сейсмічні хвилі. Сучасна модель Землі. Хвилі Релея і Лява. Хвилі в рідинах і газах. Звук. Поглинання і випромінювання звуку. Застосування акустичних методів. Закон Вебера-Фехнера. Акустичні резонатори. Ефект Доплера і бінауральний ефект. Хвилі на поверхні рідини. Гравітаційні хвилі, капілярні хвилі. Цунамі. Внутрішні хвилі. Акустичні хвилі великої амплітуди. Лінійний і нелінійний режим поширення. Окремі хвилі(солітони). Нелінійні ефекти в енергетичних хвилях.

Тематичний план практичних занять.

Практичні заняття проводяться у вигляді розв'язування задач по виділеним розділам курсу. Розв'язування задач проводиться в аудиторії і самостійно при підготовці до лекційних і практичних занять.

Модуль 1. Коливання в ідеальних і реальних коливних системах.

Змістовий модуль 1. Додавання гармонічних коливань. Метод векторних діаграм. Додавання взаємно-перпендикулярних гармонічних коливань. Реальні коливні системи. Затухаючі коливання. Вільні коливання в дисипативних системах із в'язким тертям. Коливання в системі із сухим тертям.

Змістовий модуль 2. . Вимушені коливання. Нелінійні коливання. Вимушені коливання осцилятора. Вільні коливання нелінійного осцилятора, рух математичного маятника з великою амплітудою. Нелінійні коливання, нелінійна повертаюча сила. Теплове розширення кристала. Нелінійні ефекти в електричних приладах.

Змістовий модуль 3. Зв'язані коливання. Метод знаходження частот нормальних коливань. Зв'язані коливання навантаженої струни. Хвильове рівняння.

Модуль 2. Хвилі в різних середовищах і на їх границях.

Змістовий модуль 4. Поперечні і повздовжні вилі. Хвильове рівняння. Розв'язок хвильового рівняння. Імпеданс струни. Відбивання і проходження хвилі на границі двох струн. Відбивання і проходження енергії. Енергетичні коефіцієнти відбивання і пропускання. Хвилі в лініях передачі. Відбивання на кінці лінії передачі. Хвильовий опір лінії передачі з втратами. Рівняння дифузії і поглинання енергії у хвилях. Хвильове рівняння з врахуванням ефектів дифузії. тоячі хвилі на струні фіксованої довжини.

Змістовий модуль 5. Коливання і хвилі в періодичних середовищах.

Прямі і обернені тривимірні ґратки. Зони Брилюена. Коливання і хвилі в простій одновимірній ґратці. Коливання простої кубічної ґратки. Коливання атомів тривимірної складної кубічної ґратки. Взаємодія фононів з іншими квазічастинками.

Змістовий модуль 6. Хвилі в реальних середовищах.

Об'ємні сейсмічні хвилі. Хвилі Релея і Лява. Хвилі в рідинах і газах. Поглинання і випромінювання звуку. Хвилі на поверхні рідини. Гравітаційні хвилі, капілярні хвилі. Цунамі. Внутрішні хвилі. Акустичні хвилі великої амплітуди. Лінійний і нелінійний режим поширення. Окремі хвилі (солітони). Число Маха. Відношення характеристик газу по обидві сторони від фронту ударної хвилі. Сильні ударні хвилі.

Тематичний план самостійної (індивідуальної) роботи студентів

№ п/п	Тема	Кількість годин
	Модуль 1.	
1.	Підготовка до практичних занять – теоретична підготовка та опрацювання практичних навичок.	
2.	Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять	
2.1	Поляризація. Фазовий портрет коливальної системи.	4

2.2.	Коефіцієнт і час загасання , логарифмічний декремент, добротність. .	2
2.3.	Фізичний зміст двох компонент зміщення. Параметричні коливання.	2
2.4.	Залежність середньої потужності від частоти.	2
2.5.	Добротність, як коефіцієнт підсилення.	2
2.6.	Віброізоляція	2
2.7.	Енергія, що передається осцилятору зовнішньою силою.	2
2.8.	Теплове розширення кристала.	2
2.9.	Нелінійні ефекти в електричних приладах.	2
	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння модуля 1	2
	Разом	22
	Модуль 2.	
1.	Підготовка до практичних занять – теоретична підготовка та опрацювання практичних навичок.	2
2.	Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять	4
2.1.	Хвильові пакети і групова швидкість. Хвильовий пакет, який складається із багатьох гармонік, теорема про ширину частотної смуги	2
2.2.	Відбивання і проходження електромагнітних хвиль на границі розділу середовищ.	2
2.3.	Зв'язок між хвильовим опором і показником заломлення.	2
2.4.	Плоска хвиля в двох - і тривимірних просторах, .	2
2.5.	Рівняння дифузії і поглинання енергії у хвилях.	2
2.6.	Хвильове рівняння з врахуванням ефектів дифузії.	2
2.7.	Інтенсивність звукової хвилі. Інтенсивність відбивання і проходження звукових хвиль.	2
2.8.	Товщина ударного фронту. Рівняння законів збереження. Число Маха. Відношення характеристик газу по обидві сторони від фронту ударної хвилі. Сильні ударні хвилі.	2
	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння модуля 2	2
	Разом	24
	Всього по курсу	46

5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин - 90					
	Форма навчання: денна					
	Усього 90	у тому числі				
Лекції 24		практичні (семінарські) 20	Лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота 46	
4-й семестр						
Модуль 1						
Модуль 1. Коливання в ідеальних і реальних коливних системах.	44	12	10			22
Змістовий модуль 1. Додавання гармонічних коливань. Метод векторних діаграм. Додавання взаємно-перпендикулярних гармонічних коливань. Реальні коливні системи. Затухаючі коливання. Вільні коливання в дисипативних системах із в'язким тертям. Коливання в системі із сухим тертям.		4	2			
Змістовий модуль 2. . Вимушені коливання. Нелінійні коливання. Вимушені коливання осцилятора. Вільні коливання нелінійного осцилятора, рух математичного маятника з великою амплітудою. Нелінійні коливання, нелінійна повертаюча сила. Теплове розширення кристала. Нелінійні ефекти в електричних приладах.		4	4			
Змістовий модуль 3. Зв'язані коливання. Метод знаходження частот нормальних коливань. Зв'язані коливання навантаженої струни. Хвильове рівняння.		4	4			
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	44	12	10			22
Модуль 2						
Модуль 2. Хвилі в різних середовищах і на їх границях.	12	12	10			24
Змістовий модуль 4. Поперечні і повздовжні вилі. Хвильове рівняння. Розв'язок хвильового рівняння. Імпеданс струни. Відбивання і проходження хвилі на границі двох струн. Відбивання і проходження енергії. Енергетичні		4	4			

<p>коефіцієнти відбивання і пропускання. Хвилі в лініях передачі. Відбивання на кінці лінії передачі. Хвильовий опір лінії передачі з втратами. Рівняння дифузії і поглинання енергії у хвилях. Хвильове рівняння з врахуванням ефектів дифузії. тоячі хвилі на струні фіксованої довжини.</p> <p>Змістовий модуль 5. Коливання і хвилі в періодичних середовищах.Прямі і обернені тривимірні ґратки. Зони Брилюена Коливання і хвилі в простій одновимірній ґратці. Коливання простої кубічної ґратки. Коливання атомів тривимірної складної кубічної ґратки. Взаємодія фононів з іншими квазічастинками.</p> <p>Змістовий модуль 6. Хвилі в реальних середовищах.Об'ємні сейсмічні хвилі. Хвилі Релея і Лява Хвилі в рідинах і газах. Поглинання і випромінювання звуку. Хвилі на поверхні рідини. Гравітаційні хвилі, капілярні хвилі. Цунамі. Внутрішні хвилі. Акустичні хвилі великої амплітуди. Лінійний і нелінійний режим поширення. Окремі хвилі(солітони). Число Маха. Відношення характеристик газу по обидві сторони від фронту ударної хвилі. Сильні ударні хвилі. Тема 1. Загальні питання техніки безпеки.</p>						
		4	4			
		4	2			
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	46	120	10			24
Разом	90	24	20			46

5.3. Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.	0,5	
2.	Методи аналізу нещасних випадків і професійних захворювань.	0,5	
3.	Нормування метеорологічних умов. Заходи по оптимізації параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони.	1	
4.	Дозиметричні величини та одиниці їх вимірювання. Границі опромінення.	1	
5.	Нормування та розрахунок штучного освітлення	1	
6.	Захисне заземлення та вимоги до нього. Принцип дії.	2	
7.	Нормування опору пристроїв заземлення	1	
8.	Занулення. Принцип дії.	2	
9.	Класифікація вибухонебезпечних та пожежно небезпечних зон	1	
10.	Електрообладнання в вибухо- та пожежно небезпечних зонах.	2	
Разом		12	-

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Законодавство про охорону праці. Правові аспекти охорони праці.	2	
2.	Контроль за додержанням законів і правил охорони праці.	2	
3.	Організація служби охорони праці на підприємстві	2	
4.	Інструктаж та навчання персоналу	1	
5.	Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.	1	
6.	Робоча зона. Мікроклімат у робочій зоні.	1	
7.	Заходи по оптимізації параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони. Вентиляція. Опалення.	2	
8.	Шляхи проникнення шкідливих речовин в організм людини.	1	
9.	Біологічна дія іонізуючого випромінювання	2	
10.	Організація роботи з радіоактивними речовинами та джерелами випромінювання.	2	
11.	Природне освітлення. Штучне освітлення. Нормування та розрахунок штучного освітлення. Аварійне освітлення.	2	
12.	Шкідлива дія шуму та вібрації.	1	
13.	Методи захисту від шуму та вібрації. Засоби індивідуального захисту.	1	
14.	Фактори, що визначають небезпеку ураження електричним струмом.	2	
15.	Класифікація електроустановок і приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом	4	
16.	Основні причини ураження електричним струмом.	2	
17.	Перша допомога при ураженні електричним струмом	2	

18.	Технічні заходи та засоби захисту від ураження електричним струмом.	2	
19	Конструкції пристроїв заземлення та методи їх спорудження.	4	
20	Нормування опору пристроїв заземлення	2	
21	Основні вимоги до заземлення.	2	
22	Вирівнювання потенціалу	2	
23	Електрозахисні засоби. Перша допомога при ураженні електричним струмом.	2	
24	Попередження пожеж та вибухів	2	
25	Пожежний та вибуховий захист обладнання.	4	
26	Захист від статичної електрики. Блискавкозахист.	2	
27	Електрообладнання в вибухо- та пожежно небезпечних зонах	4	
23	Вода як вогнегасяща речовина. Вогнегасящі піни.	2	
24	Первинні засоби гасіння пожеж.	2	
	Разом	60	

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Науково-практичний коментар до Закону України "Про охорону праці" – Київ, 1997. - 528с.
2. Сусліков Л.М., Шпак І.І. Охорона праці: Методичний посібник для студентів фіз.-техн. спеціальностей. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2001.- 73 с.
3. Сачков Л.С., Медвідь М.К. Охорона праці (законодавчі та нормативні акти, порядок реалізації і коментарі до них): Учбовий посібник.-К: АТ "ОКО", 1995.-390с.
4. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник / К. Н.Ткачук., М. О. Халімовський, В. В. Зацарний. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К. : Основа, 2006. – 444 с.
5. Протоєрейський О. С. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / О. С. Протоєрейський, О. І. Запорожець. – К. : Кн. вид-во НАУ, 2005. – 268 с.
6. Березюк О. В. Охорона праці в галузі радіотехніки: навч. посіб. / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 159 с.
7. Батлук В. А. Охорона праці в галузі телекомунікацій : навч. посіб. / В. А. Батлук. – Львів : Афіша, 2003. – 320 с.
8. Луковников А.В. Охорона праці: Учбовий посібник - К.: Вища школа, 1981.-248с.
9. Ганзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. // "Основи охорони праці". Підручник, затверджений Міністерством освіти і науки України для студентів вищих навчальних закладів (лист № 1/11 - 1370 від 07.04.2003 р.). Київ. 2004. Видавництво "Каравела". - 407 с.
10. Березуцький В.В., Бондаренко Т.С., Валенко Г.Г., Васьковець Л.А. та ін. "Основи охорони праці". Навчальний посібник. Харків. 2005. Видавництво "Факт". 479 с.
11. Киселева В.І. "Основи охорони праці". 2005. - 456 с.

Допоміжна

1. Правила безпеки під час навчання у загальноосвітніх навчальних закладах. Під редакцією Н.Стрілець. Київ. 1999. Основа. - 237.
2. Конституція України. Ужгород: АТ "Патент", 1996, - 118 с.

IV. Перелік питань, які виносяться на підсумковий контроль.

1. Незгасаючі гармонічні коливання систем з одним ступенем вільності
2. Метод векторних діаграм. Додавання взаємно-перпендикулярних коливань.
3. Фазовий портрет коливальної системи.
4. Негармонічні коливання математичного маятника.
5. Вільні коливання в дисипативних системах із в'язким тертям.
6. Коефіцієнт і час загасання, логарифмічний декремент, добротність
7. Коливання в системі із сухим тертям. Явище застою.
8. Вимушені коливання під дією гармонійної сили.
9. Режим повільних, швидких і резонансних коливань.
10. Амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики.
11. Параметричні коливання.
12. Зв'язані коливання.
13. Нормальні координати, степені свободи і нормальні коливання.
14. Загальний метод знаходження частот нормальних коливань.
15. Осцилятори зв'язані через жорсткість (або ємність).
16. Зв'язок через індуктивність.
17. Зв'язані коливання навантаженої струни.
18. Хвильове рівняння.
19. Загальний розв'язок хвильового рівняння.
20. Зв'язані коливання навантаженої струни. Хвильове рівняння.
21. Хвилі. Швидкість хвильового руху. Хвильове рівняння. Розв'язок хвильового рівняння.
22. Відбивання і проходження хвилі на границі двох струн. Відбивання і проходження енергії.
23. Енергетичні коефіцієнти відбивання і пропускання.
24. Стоячі хвилі на струні фіксованої довжини. Енергія струни, що коливається.
25. Узгодження імпедансів.
26. Ідеальна лінія передачі. Коаксіальні кабелі. Хвильовий опір лінії передачі. Відбивана на кінці лінії передачі.
27. Роль опору в лінії передачі. Хвильовий опір лінії передачі з втратами.
28. Власні коливання нелінійного осцилятора, рух простого маятника з великою амплітудою.
29. Вимушені коливання з нелінійною повертаючою силою.
30. Коливання одномірного одноатомного ланцюжка.

31. Коливання простої кубічної одноатомної ґратки.
32. Дисперсія коливних віток по різних напрямкам зони Брилюєна.
33. Експериментальні методи визначення значень фононів в певних точках зони Брилюєна.
34. Об'ємні сейсмічні хвилі
35. Хвилі в рідинах і газах.
36. Енергія, що переноситься звуковою хвилею.
37. Генератори звуку.
38. Застосування акустичних методів

V. Перелік навчально-методичної літератури

I. Основна література

1. І.О. Анісімов «Коливання та хвилі». Київ, «Київський університет», 2009, - 399с.
2. А.М.Косевич «Физическая механика реальных кристаллов», Київ, «Наукова думка», 1981, - 328с.
3. Анатолій Свідзинський «Математичні методи теоретичної фізики», Луцьк, «Вежа», 2001, - 564с.
4. І.В.Венгер, Є.Ф. Венгер, Л.Ю.Мельничук, О.В.Мельничук «Задачі з загальної фізики», Київ, «Академперіодика», 2018, - 748с.
5. Ю.В.Попик «Фізика напівпровідників», Ужгород Тов. «Іва», 2018, - 820с.

Програму склав

проф. Небола І.І.