Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра загальної фізики

ФІЗИКА
(Обов`язковий)
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність 16**3 Біомедична інженерія**

Викладачі: **Бурдейний В. М., к.ф-м.н., професор, Мартинюк В. В., к.т.н., доцент, Дзісь В. Г., к.т.н., доцент**

Мова викладання: **українська**
Семестр –1,2
Кредитів ЕКТС – **10**
Лекцій – 72 годин
Лабораторних – 72 годин
Практичних – 18 годин
Самостійна робота – 138 годин
Вид контролю – **іспит**

Передумови для вивчення фізики – дисципліна створює цілісну несуперечливу картину оточуючого світу на рівні фізичних форм руху матерії, забезпечує концептуальну бази для напрацювання компетентностей необхідних при засвоєнні закономірностей одержання, збереження, обробки інформації та вирішення актуальних інженерних завдань в галузі в галузі біо-медичної інженерії та технологій. Вона базується на шкільній основі і курсів: «Фізика», «Алгебра та Геометрія», «Інформатика». Ця дисципліна є передумовою і передує вивченню дисциплін: «Біофізика», «Електроніка. Основи теорії кіл та сигналів».

Метою дисципліни є створення у студентів цілісної картини матеріального світу об'єднаного на рівні фізичного руху матерії дією фундаментальних фізичних законів; сформування стійких системних уявлень про фізичні закони і закономірності як основу технічних наук і природничо-технічних галузей знань.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є

- забезпечення усвідомлення впливу досягнень технічних наук на розвиток фізичних знань;
- встановлення місця і роль фізики в якісній сучасній освіті через підготовку фахівців здатних до самостійної інженерно-технічної діяльності в галузі біо-медичної інженерії та технологій, сучасних інтелектуальних імплантів, медичних приладів та систем.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлю- вати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. 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 рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Програмні результати навчання

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН 18. Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.

Тематика курсу

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Кінематика.

Поступальний рух. Радіус-вектор, траєкторія, шлях, переміщення, система координат. Швидкість. Прискорення. Нормальне і тангенціальне прискорення. Рівномірний, рівнозмінний рух. Обертальний рух. Кутова швидкість. Кутове прискорення. Зв'язок між кутовими і лінійними швидкостями і прискореннями.

Тема 2. Динаміка матеріальної точки і поступального руху.

Закони Ньютона. Інерціальні системи відліку. Маса. Сила. Імпульс. Закон збереження імпульсу. Центр мас. Механічна енергія. Робота і потужність. Енергія (кінетична, потенціальна, повна). Закон збереження енергії в механіці.

Тема 3. Динаміка обертального руху.

Кінетична енергія обертального руху. Момент інерції. Теорема Штейнера. Основне рівняння обертального руху. Момент сили. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу. Механічний принцип відносності. Перетворення Галілея. Постулати Ейнштейна. Перетворення координат Лоренца. Відносність довжини і часу. Релятивістський закон додавання швидкостей.

Змістовий модуль 2.

Тема 4. Електростатика.

Електростатичне поле. Заряд. Закон збереження заряду. Закон Кулона. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів. Поле точкового заряду. Потік вектора електричного зміщення. Теорема Гаусса. Електричне поле рівномірно зарядженої площини. Поле двох площин. Поле рівномірно зарядженої сфери, циліндра і кулі. Робота сил поля. Циркуляція вектора напруженості. Потенціал. Різниця потенціалів. Потенціал точкового заряду, системи зарядів. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля.

Тема 5. Провідник в електричному полі.

Розподіл заряду. Електричне поле біля поверхні провідника. Електроємність ізольованого провідника. Конденсатори. Електроємність конденсаторів (плоского, сферичного, циліндричного). З'єднання конденсаторів. Енергія системи зарядів, провідника, конденсатора. Енергія електричною поля. Об'ємна густина енергії.

Тема 6. Електричне поле в діелектрику.

Зв'язані і вільні електричні заряди. Поляризація діелектриків. Поляризованість. Діелектрична сприйнятливість. Вектор електричного зміщення. Напруженість поля в діелектрику. Теорема Гаусса для поля в діелектрику. Діелектрична проникність. Умови на межі двох діелектриків. П'єзоелектричний ефект. Сегнетоелектрики.

Тема 7. Електричний струм.

Постійний струм та його характеристики (сила струму, густина струму). Умови існування струму. Сторонні сили, е.р.с., напруга, різниця потенціалів. Закон Ома в інтегральній та диференціальній формі. Опір і його залежність від температури. Закон Джоуля-Ленца в інтегральній та диференціальній формі. Розгалужені кола. Правила Кірхгофа.

Змістовий модуль 3.

Тема 8. Магнітне поле.

Магнітна індукція. Закон Ампера. Принцип суперпозиції. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітне моле прямолінійного і колового струмів. Циркуляція вектора напруженості магнітного поля. Поле тороїда і нескінченного соленоїда. Магнітний потік.

Тема 9. Контур зі струмом в магнітному полі.

Магнітний момент колового струму.

Тема 10. Магнітне поле рухомого заряду.

Явище електромагнітної індукції. Сила Лоренца. Рух заряджених частиноку магнітному полі. Ефект Холла.

Тема 11. Рівняння Максвелла в інтегральній формі.

Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея. Правило Ленца. Електронний механізм явища електромагнітної індукції. Самоіндукція. Індуктивність. Індуктивність соленоїда. Взаємоіндукція. Трансформатор.

Тема 12. Вихровий характер магнітного поля.

Закон повного струму. Використання закону повного струму для розрахунку магнітного поля. Магнітний потік. Теорема Гаусса для магнітного поля. Енергія провідника зі струмом. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії.

Тема 13. Магнітне поле в речовині.

Намагніченість. Магнітна сприйнятливість і проникність. Магнітне поле в магнетику. Діамагнетизм. Парамагнетизм. Феромагнетики, їх властивості. Умови на межі двох магнетиків.

Змістовий модуль 4.

Тема 14. Гармонічні коливання.

Гармонічні коливання і їх характеристики. Гармонічний осцилятор. Пружинний, фізичний і математичний маятники. Вільні коливання в контурі без активного опору. Зображення гармонічних коливань за допомогою векторної діаграми. Енергія гармонічних коливань. Додавання однаково напрямлених коливань. Биття. Додавання взаємно перпендикулярних коливань.

Тема 15. Загасаючі і вимушені коливання.

Механічні загасаючі коливання. Електромагнітні загасаючі коливання.

Тема 16. Диференціальне рівняння вимушених коливань (механічних і електромагнітних) і його розв'язок.

Амплітуда і фаза вимушених коливань. Резонанс.

Тема 17. Хвилі.

Пружні хвилі. Поздовжні і поперечні хвилі. Рівняння плоскої хвилі. Довжина хвилі. Фазова швидкість. Сферична хвиля. Енергія пружних хвиль. Хвильове рівняння.

Тема 18. Електромагнітні хвилі та їх властивості.

Хвильові рівняння електромагнітних хвиль. Швидкість поперечних і поздовжніх електромагнітних хвиль. Енергія хвильового руху. Вектор Пойнтінга.

Змістовий модуль 5.

Тема 19. Хвильова оптика.

Інтерференція двох хвиль. Умови утворення максимумів і мінімумів. Стоячі хвилі. Інтерференція в тонких плівках. Кільця Ньютона. Інтерференція багатьох хвиль. Інтерферометри.

Тема 20. Принцип Гюйгенса-Френеля.

Дифракція світла на круглому отворі і круглому диску. Метод зон Френеля. Дифракція від щілини. Дифракційна гратка. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Брегга. Поляризоване світло. Подвійне променезаломлення. Закон Брюстера. Закон Малюса.

Тема 21. Квантова оптика.

Теплове випромінювання. Закони Кірхгофа, Віна і Стефана-Больцмана. Роз- поділ енергії в спектрі абсолютно чорного тіла. Гіпотеза і формула Планка. Фотоефект. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Фотони. Імпульс фотона. Ефект Комптона і його пояснення.

Тема 22. Постулати Бора.

Гіпотеза і формула де-Бройля. Спів-відношення невизначеностей. Подання стану частинки в квантовій механіці. Хвильова функція. Загальне та стаціонарне рівняння Шредінгера.

Тема 23. Частинка в одномірному „потенціальному ящику".

Гармонічний осцилятор. Тунельний ефект.

Змістовий модуль 6.

Тема 24. Атом водню.

Квантові числа. Схеми енергетичних рівнів атома водню з точки зору квантової механіки. Енергія атома водню і його спектр. Виродження енергетичних рівнів. Правила відбору. Механічний і магнітний моменти електрона в атомі водню.

Тема 25. Просторове квантування.

Досліди Штерна і Герлаха. Спін електрона. Принцип нерозрізненості частинок. Принцип Паулі. Розподіл електронів за станами. Періодична система елементів.

Тема 26. Рентгенівські промені.

Суцільний і характеристичний спектри. Закон Мозлі. Взаємодія атомів. Іонний та ковалентний зв'язок. Енергетичні рівні молекул. Молекулярні спектри. Поглинання світла речовиною.

Тема 27. Атомне ядро.

Основні характеристики ядра. Будова ядер. Нуклони. Енергія зв'язку, дефект маси. Ядерні сили. Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду. Взаємодія гамма-променів з речовиною.

Змістовий модуль 7.

Тема 28. Статистична фізика.

Фізика газів. Основні статистичні поняття. Статистичний і термодинамічний методи. Імовірність. Середні значення фізичних величин. Густи- на станів. Функція розподілу. Фазовий простір. Комірка фазового простору. Число станів в просторі імпульсів.

Тема 29. Розподіли Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна і Максвелла-Больцмана.

Тема 30. Розподіл Максвелла.

Швидкості газових молекул. Середня, середньоквадратична та найбільш імовірна швидкості газових молекул. Розподіл Больцмана. Барометрична формула.

Тема 31. Елементи термодинаміки.

Енергія однієї молекули. Температура. Число ступенів вільності. Рівняння стану ідеального газу. Ізопроцеси. Внутрішня енергія. Робота розширення газу. Закон збереження енергії для теплових процесів. Зворотні і незворотні процеси. Теплова машина та її ККД. Друге начало термодинаміки. Ентропія. Розрахунок зміни ентропії. Статистичний зміст ентропії.

Змістовий модуль 8.

Тема 32. Кристалічна гратка.

Елементи зонної теорії. Будова кристалів. Дефекти в кристалах. Фонони. Теплоємність кристалів та її залежність від температури. Енергетичні зони.

Тема 33. Метали, діелектрики, напівпровідники з точки зору зонної теорії. Густина квантових станів в енергетичній зоні. Носії струму в кристалах. Ефективна маса. Електронні властивості металів. Розподіл електронів за енергіями в металі. Енергія Фермі. Температура виродження.

Тема 34. Термоелектричні явища.

Надпровідність. Електронні властивості напівпровідників. Власна провідність напівпровідників. Домішкова провідність напівпровідників. Розрахунок концентрації дірок і електронів у власному напівпровіднику.

Тема 35. Положення рівня Фермі.

Контакти двох напівпровідників з різним типом провідності. Напівпровідникові діоди.

Тема 36. Тунельні діоди.

Подвійний p-n-перехід. Транзистори. Фотоелектричні явища в напівпровідниках. Фоторезистори. Фотоелементи

Теми практичних занять

1. Кінематика.
2, Динаміка матеріальної точки. Сила, маса. Закони Ньютона.
3. Імпульс. Закон збереження імпульсу.
4. Робота сили. Механічна енергія. Закон збереження енергії в механіці.
5. Динаміка обертального руху. Елементи СТВ.
6. Поля найпростіших систем зарядів
7. Електричне поле в провідниках. Конденсатори. Енергія електричного поля.
8. Постійний струм. Закони Ома. Робота і потужність струму.9Магнітне поле.
9. Закон Ампера.
10. Сила Лоренца. Рух зарядів у магнітному полі.
11. Електромагнітна індукція. Індуктивність.
12. Хвилі. Рівняння плоскої монохроматичної хвилі.
13. Стоячі хвилі. Виникнення стоячих хвиль та їх властивості.
14. Когерентні хвилі. Інтерференція світла. Інтерферометри.
15Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція світла. Метод зон Френеля.
16.Дифракція Фраунгофера. Дифракційна гратка. Поляризація світла.
17. Закономірності теплового випромінювання. Формула Планка.
18. Хвильові властивості речовини. Формули де Бройля.
19. Хвильова функція. Рівняння Шредінгера.
20. Вільний рух частинки. Рух в потенціальній ямі.
21. Квантовий осцилятор. Тунельний ефект.
22 .Квантова теорія атома водню. Система квантових чисел
23. Спін. Принцип Паулі. Електронна структура атомів.
24. Рівняння стану. Газові закони.
25. Закони термодинаміки та їх застосування

26. Статистичні розподіли. Швидкості теплового руху.
27 .Структура атомного ядра. Ядерні реакції. Радіоактивність.
28. Розподіл електронів. по зонах. Розподіл Фермі-Дірака.
29.Електрони в напівпровіднику. Електропровідність напівпровідників.

Теми лабораторних робіт

Лабораторна робота №1-1. Дослідження прямолінійного руху в полі тяжіння за допомогою машини Атвуда.
Лабораторна робота №1-3. Вивчення центрального удару куль.
Лабораторна робота №1-5. Вивчення абсолютно пружного центрального удару куль з допомогою конденсаторного хронометра.
Лабораторна робота №1-6. Визначення моментів інерції тіл з допомогою трифілярного підвісу.
Лабораторна робота №1-7. Визначення моменту інерції маятника Обербека.
Лабораторна робота №1-9. Балістичний крутильний маятник.
Лабораторна робота №1-10. Визначення моментів інерції тіл на основі збереження енергії.
Лабораторна робота №2-2. Вимірювання ємності конденсаторів.
Лабораторна робота №2-3. Визначення відносної діелектричної проникності сегнетоелектриків.
Лабораторна робота №2-5. Визначення електрорушійної сили джерела струму.
Лабораторна робота №2-6. Вимірювання електричних опорів і вивчення залежності опору металу від температури.
Лабораторна робота №2-8. Вивчення законів Кірхгофа для розгалужених електричних кіл.
Лабораторна робота №2-10. Експериментальне визначення термо-е.р.с. термопари.
Лабораторна робота №3-1. Визначення індукції магнітного поля за допомогою балістичного гальванометра.
Лабораторна робота №3-2. Визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі.
Лабораторна робота №3-5. Визначення індуктивності соленоїда.
Лабораторна робота №3-6. Вивчення явища взаємної індукції.
Лабораторна робота №3-7. Визначення відносної магнітної проникності магнетиків з допомогою містка Максвелла.
Лабораторна робота №3-8. Дослідження кривих намагнічування та петель гістерезису феромагнетиків з допомогою осцилографа.
Лабораторна робота №3-9. Визначення точки Кюрі феромагнетика.
Лабораторна робота № 4.1 Фізичний маятник.
Лабораторна робота № 4.2 Вивчення законів коливання математичного маятника.
Лабораторна робота № 4.3 Вивчення явища додавання гармонічних коливань.
Лабораторна робота № 4.4 Вивчення затухаючих електромагнітних коливань.
Лабораторна робота № 4.5 Визначення частоти коливань мульти-вібратора.
Лабораторна робота № 4.6 Вивчення поперечних коливань струни.
Лабораторна робота № 4.7 Визначення швидкості звуку в повітрі методом резонансу.

Лабораторна робота № 4.8 Визначення швидкості звуку в повітрі методом інтерференції.
Лабораторна робота № 5.5 Визначення довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютона.
Лабораторна робота № 5.4. Вивчення інтерференції за методом біпризми Френеля.
Лабораторна робота № 5.6 Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної решітки.
Лабораторна робота № 5.7 Вивчення дифракції Фраунгофера на дифракційній решітці.
Лабораторна робота № 5.8 Вивчення закону Малюса.
Лабораторна робота № 5.9 Визначення сталої Стефана – Больцмана.
Лабораторна робота № 5.10 Вивчення зовнішнього фотоефекту.
Лабораторна робота № 5.11 Вивчення спектральних закономірностей атома водню та визначення сталої Ридберга.
Лабораторна робота № 5.12 Дослідження співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фотонів.
Лабораторна робота № 7.2 Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя та середньої довжини вільного пробігу молекул повітря.
Лабораторна робота № 7.3 Визначення коефіцієнта в'язкості рідини методом Стокса.
Лабораторна робота №7.1 Визначення відношення теплоємностей газу методом Клемана-Дезорма.
Лабораторна робота № 6-1 Визначення втрати енергії альфа частинок за довжиною вільного пробігу в повітрі.
Лабораторна робота № 6-2 Визначення активності бета-випромінювання.
Лабораторна робота № 6-3 Визначення лінійного коефіцієнта ослаблення і енергії гама-квантів у свинці для кобальту.
Лабораторна робота № 6-5 Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона.
Лабораторна робота № 8-1 Дослідження температурної залежності електропровідності напівпровідників і визначення енергії активації.
Лабораторна робота № 8-2 Дослідження ефекту Холла в напівпровідниках
Лабораторна робота № 8-3 Вивчення фотоелектричних явищ в напівпровідниках та характеристик напівпровідникового фотоелемента.
Лабораторна робота № 8-4. Вивчення фізичних властивостей p-n-переходу в напівпровідниковому діоді.
Лабораторна робота № 8-5 Принцип роботи та вольт-амперна характеристика тунельного діода.

Самостійна робота

Виконання самостійної роботи передбачає більш поглиблене вивчення тем та виконання додаткових завдань з дисципліни.

Індивідуальні завдання

За рішенням кафедри студенти готують реферати з окремих тем курсу та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію підрозділів ВНТУ.

Контроль

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального комбінованого контролю знань студентів під час практичного заняття, тестування, семестрові колоквіуми, захист лабораторних робіт, в тому числі із застосуванням комп'ютерної техніки. Підсумковий контроль проводиться шляхом сумування балів за темами, що охоплюють весь курс дисципліни та за результатами проведення іспитів.

Оцінювання результатів навчання

Модуль	Колоквіум	СРС	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Іспит	Бали
I семестр						
I, II	15	4	8	10		37
III, IV	15	5	8	10		38
Іспит					*25*	
Семестр	30	9	16	20	25	100
II семестр						
V,VI	15	4	8	10		37
VI, VIII	15	5	8	10		38
Іспит					*25*	
Семестр	30	9	16	20	25	100

Шкала підсумкового оцінювання в балах та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82-89	**B**
75-81	**C**
64-74	**D**
60-63	**E**
35-59	**FX** незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	**F** незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Викладач та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Фізика і комп'ютерні технології [Текст] : навчальний посібник / І. Р. Зачек, І. Є. Лопатинський, С. О. Юр'єв [та ін.] ; НУ "Львіська політехніка". – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. – 360 с.

2. Медична та біологічна фізика : навчальний посібник / В. П. Марценюк, В. Д. Дідух, Р. Б. Ладика [та ін.]. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2018. – 304 с.

3. Волков О.Ф., Лумпієва Т.П. Курс фізики: У 2-х т. Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра. Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.

4. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія : підручник / Е. І. Личковський, В. О. Тіманюк, О. В. Чалий [та ін.] ; за ред. Е. І. Личковського, В. О. Тіманюка. – Вінниця : Нова Книга, 2014. – 464 с.

5. Авдєєв С.Г. Лабораторний практикум з фізики: Навч. Посібник, ч.1, Вінниця: ВДТУ, 2000.- 172 с.

6. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лабораторний практикум з фізики, ч. 2, Вінниця: ВНТУ, 2006. – 121 с.

7. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лабораторний практикум з фізики, ч. 3, Вінниця: ВНТУ, 2006. - 121 с.

8. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лекції з фізики (механіка, електрика, електромагне- тизм), Вінниця: ВНТУ, 2003, 170 с.

9. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лекції з фізики (коливання і хвилі, оптика), ВНТУ, ст. 138, 2008 р.

10. Авдєєв С.Г., Бабюк Т.І. Лекції з фізики (квантова механіка, статистична фізика, фізика твердого тіла), Вінниця: ВНТУ, 2005, 157 с.

11. Авдєєв С.Г. Бабюк Т.І. Лекції з фізики (ядерна фізика і радіаційна екологія), Вінниця, ВНТУ, 2004, 145 с.

12. Авдєєв С.Г. Бабюк Т.І., Збірник задач з фізики, ч. 1,2,3, Вінниця: ВНТУ, 2010.

13. І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, Г.А. Ільчук, Б.М. Романишин. Фізика. Підручник. – Львів: Афіша, 2013. 394 с.

14. Воловик П.М. Фізика: Для ун-тів. – К.; Ірпінь: Перун, 2014. - 864 с.

15. Бушок Г.Ф., Півень Г.Ф. Курс фізики. - Київ: Вища школа, 1983, т.1-2.

16. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р., Середа В.М., Крушельницька Т.Д., Українець Н.А. Збірник задач з фізики. -Львів: Видавництво НУ “ЛП”, 2003.

17. Боровий М.О., Лисов В.І. Фізичний практикум,Ч.1 Механіка, молекулярна фізика, електрика та магнетизм, «Кафедра», Київ, 2012-146с.

18. Горб А.М., Коротченков О.О. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з дисципліни «Оптика», Вид. КНУ, 2012, с.95.

19. Денисов В.Ю, Плюйко В.А., Проблеми фізики атомного ядра и ядерних реакцій, ВП «Київський університет», 2013, с. 412.

20. Вакуленко О.В., Коливання і хвилі, Навч. посібник, ВПЦ «Київський університет», 2014, с.136. 21. Федоров В.Є., Подолян А.О., Вибрані питання теоретичноїфізики, Навч. посібник, «Інтерсервіс»,2014, с.208.

21. Лукіянець Б.А. та ін. Основи квантової фізики. Вид. «Львівська політехні-

ка», 2011, с.420.

22. Анрейко А.М. та ін.,Збірник задач з фізики, Вид. «Львівська плітехніка», 2012, с.320.

Інформаційні ресурси

1. Доступ до книг по науці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.freescience.info.

2. Бесплатная служба распространения и архив с открытым доступом для 1 849 894 научных статей в области физики, математики, информатики, количественной биологии, количественных финансов, статистики, электротехники, системологии и экономики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.arxiv.org.