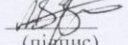


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра « Фізика » (№ 505)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи/  
Голова НМК

  
(підпис) М.С. Зряхов  
« 30 » 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Фізика**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань:** 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність: Спеціальності:**

123 «Комп'ютерна інженерія»,

**Освітня програма:** «Системне програмування комп'ютерних систем та мереж»

125 «Кібербезпека» (шифр і назва)

(код та найменування спеціальності)

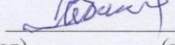
**Освітня програма:** «Безпека інформаційних і комунікаційних систем.  
Кібербезпека промислових систем»

**Форма навчання:** денна

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)


Харків 2019 рік

Робоча програма «Фізика»  
для студентів за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»,  
освітньою програмою « Системне програмування комп'ютерних систем та мереж»  
125 «Кібербезпека»  
освітньою програмою «Безпека інформаційних і комунікаційних систем.  
Кібербезпека індустріальних систем»  
« 25 » 06 2019 р., – 20 с.

Розробник: Мигаль В.П., д-р. техн. наук, професор   
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри фізики (№505)  
(назва кафедри)

Протокол № 12 від «25» 06 2019 р.

Завідувач кафедри д-р. техн. наук, професор  А.О.Таран  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

## 1.Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника   | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти   | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--|--|---|
| Кількість кредитів – 9.5   | <p><b>Галузі знань</b><br/>12 «Інформаційні технології»</p> <p><b>Спеціальності</b><br/>123 «Комп'ютерна інженерія»,</p> <p><b>Освітня програма:</b> «Системне програмування комп'ютерних систем та мереж»</p> <p>125 «Кібербезпека» (шифр і назва)</p> <p><b>Освітня програма</b><br/>«Безпека інформаційних і комунікаційних систем. Кібербезпека індустріальних систем»</p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b><br/>перший (бакалаврський)</p> | Цикл загальної підготовки                                   |
| Кількість модулів – 4  |  | <b>Навчальний рік</b>                                       |
| Кількість змістовних модулів – 4   |  | 2019/2020   |
| Індивідуальне завдання немає   |  | <b>Семестр</b>  |
| Загальна кількість годин – 136 / 286   |  | 1.1 та 1.2  |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання:<br><i>Семестр 1.1:</i><br>аудиторних – 4 год.;<br>самостійної роботи – 5,0 год.; |  | <b>Лекції*</b>  |
| <i>Семестр 1.2:</i><br>аудиторних – 5 / 4 год., самостійної роботи – 4,4 год.  |  | 32 та 40 години   |
|  | <b>Практичні заняття</b>   |   |
|  | 16 та 16 годин   |   |
|  | <b>Лабораторні заняття</b>   |   |
|  | 16 та 16 годин   |   |
|  | <b>Самостійна робота</b>   |   |
|  | 78 та 70 години  |   |
|  | <b>Вид контролю</b>  |   |
|  | модульний контроль, іспит  |   |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 136/150.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчання – сформуванню у студентів уявлення про сучасну фізичну картину світу, надати знання про найбільш важливі принципи та закони, що визначають будову і найпростіші форми руху матерії, підготувавши тим самим їх до якісного вивчення загально технічних та спеціальних дисциплін, надати первинні знання про експериментальне дослідження явищ.

Завдання: надати знання про сучасну фізичну картину світу, навчити застосовувати основні закони фізики до вирішення практичних задач, які виникнуть при засвоєнні спеціальних дисциплін, й подальшої професійної діяльності, навчити дослідницької діяльності.

Результати навчання: знання явищ й основних законів фізики, які їх описують, для формування уявлення про сучасну фізичну картину світу, вміння їх використовувати для вирішення прикладних задач, вміння проводити наукові досліді.

Міждисциплінарні зв'язки: курс фізики є основою спеціальних дисциплін, які далі вивчаються студентами.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1.

#### *Змістовний модуль № 1: Фізичні основи механіки*

#### Лекційні заняття

#### **Тема 1. Механічний рух. Кінематика матеріальної точки**

Механічний рух. Уявлення про властивості простору та часу, що покладені до основи класичної механіки. Елементи кінематики матеріальної точки. Кінематичні характеристики руху. Радіус-вектор, швидкість та прискорення точки як похідні радіуса-вектора за часом. Нормальне і тангенціальне прискорення. Радіус кривини траєкторії. Задачі кінематики і основні методи їх розв'язку.

#### **Тема 2. Динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок**

Динаміка матеріальної точки і абсолютно твердого тіла. Замкнута система тіл. Зовнішні та внутрішні сили. Другий закон Ньютона в універсальній та диференціальній формах. Основна задача динаміки та принципова схема її розв'язку. Система матеріальних точок. Центр мас механічної системи. Теорема про рух центру мас системи матеріальних точок. Закон збереження імпульсу.

#### **Тема 3. Кінематика та динаміка обертального руху абсолютно твердого тіла**

Обертальний рух абсолютно твердого тіла. Елементи кінематики обертального руху: вектор елементарного кута повороту тіла, кутова швидкість та кутове прискорення. Зв'язок між лінійними та кутовими швидкостями і прискореннями точок тіла, що обертається.

Момент сили відносно відносно нерухомої точки. Момент імпульсу матеріальної точки відносно нерухомої точки. Рівняння моментів. Момент імпульсу системи матеріальних точок та твердого тіла відносно нерухомої осі обертання. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Момент інерції точки, системи матеріальних точок та тіла відносно осі обертання. Розрахунок моменту інерції тіл простої форми (кільця, диску та стрижня). Теорема Штейнера. Закон збереження моменту імпульсу.

#### **Тема 4. Механічна робота, потужність, енергія. Потенціальні силові поля**

Енергія як універсальна міра різноманітних форм руху і взаємодії. Робота змінної сили і її вираз через криволінійний інтеграл. Потужність. Робота сил пружності, тяжіння, гравітаційної взаємодії, центральних сил. Кінетична енергія механічної системи та її зв'язок з роботою зовнішніх та внутрішніх сил. Консервативні та неконсервативні сили. Потенціальна енергія механічної системи. Закон збереження механічної енергії. Дисипація енергії. Закон збереження енергії.

Робота при обертальному русі. Кінетична енергія тіла, що обертається.

Поле, як форма матерії, що забезпечує силові взаємодії. Потенціальні силові поля. Умова потенціальності силового поля. Потенціальна енергія матеріальної точки у зовнішньому силовому полі і її зв'язок із силою, яка діє на матеріальну точку з боку цього поля. Потенціальна енергія в полі тяжіння та гравітаційної взаємодії.

### **Тема 5 . Елементи релятивістської механіки**

Принцип відносності Галілея. Перетворення Галілея.

Постулати спеціальної теорії відносності. Перетворення Лоренца координат та часу. Поняття одночасності. Відносність довжин та проміжків часу. Інтервал поміж подіями та його інваріантність відносно обраної інерціальної системи відліку, як прояв взаємозв'язку між простором і часом. Релятивістський закон додавання швидкостей.

Релятивістський імпульс. Головний закон релятивістської динаміки. Релятивістський вираз для кінетичної енергії. Повна енергія, енергія спокою. Взаємозв'язок між масою та енергією. Співвідношення між повною енергією та імпульсом частинки. Поняття про загальну теорію відносності.

### **Модульний контроль № 1**

#### **Модуль 2**

#### **Модуль 2**

#### ***Змістовний модуль 2. Коливальний процес***

#### **Тема 6. Коливальний процес. Механічні гармонічні коливання**

Коливальний процес. Гармонічні механічні коливання. Кінематичні характеристики гармонічних коливань. Додавання гармонічних коливань одного напрямку. Биття. Метод вектора амплітуди, що обертається. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу. Диференціальне рівняння вільних незатухаючих коливань і його розв'язок. Пружинний та математичний маятники, періоди їх коливань. Фізичний маятник, період його коливань. Зведена довжина фізичного маятника. Енергія гармонічних коливань.

#### **Тема 7. Затухаючі та вимушені коливання**

Диференціальне рівняння вільних затухаючих коливань і його розв'язок. Коефіцієнт затухання. Логарифмічний декремент затухання Аперіодичні процеси. Диференціальне рівняння вимушених коливань і його розв'язок. Амплітуда зміщення та фаза вимушених коливань. Поняття про механічний резонанс. Резонанс у техніці.

#### **Тема 8. Хвильові процеси**

Хвильові процеси. Механізм утворення механічних хвиль в пружних середовищах. Поздовжні та поперечні хвилі. Рівняння біжучої хвилі. Плоска та сферична біжучі хвилі. Довжина хвилі та хвильове число. Хвильове рівняння. Фазова швидкість та дисперсія хвиль. Енергія хвилі. Хвильовий пакет. Групова швидкість. Когерентність хвиль. Інтерференція хвиль. Утворення стоячих хвиль. Рівняння стоячої хвилі та його аналіз.

#### ***Змістовний модуль № 3: Молекулярна фізика і термодинаміка***

#### **Тема 9. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу**

Ідеальний газ. Тиск газу с точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Головне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Середня кінетична енергія поступального руху молекул. Молекулярно-кінетичне тлумачення термодинамічної температури. Кількість ступенів вільності молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності молекул. Деякі поняття математичної статистики. Статистичні розподіли. Ймовірність флуктуації. Розподіл Больцмана для молекул ідеального газу у зовнішньому силовому полі. Розподіл Максвелла по абсолютним значенням швидкості молекул. Наймовірна, середня арифметична та середня квадратична швидкості молекул.

#### **Тема 10. Перший та другий закони термодинаміки. Теплові машини**

Робота газу при змінюванні його об'єму. Кількість теплоти. Перший закон термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Коловий процес (цикл). Цикл Карно та його ККД. Другий закон термодинаміки. Зведена кількість теплоти. Нерівність Клаузіуса.

Ентропія. Інтегральне та диференціальне визначення ентропії. Ентропія ідеального газу. Термодинамічна імовірність стану системи. Формула Больцмана для ентропії. Статистичне тлумачення другого закону термодинаміки. Закон зростання ентропії.

### Самостійна робота

Використання першого закону термодинаміки в аналізі ізопроесів ідеального газу. Явища переносу в термодинамічно нерівноважних системах. Використання першого закону термодинаміки в аналізі ізопроесів ідеального газу. Теплоємність. Питома та молярна теплоємності. Залежність теплоємності ідеального газу від типу процесу. Формула Масера. Рівняння Пуассона для адіабатичного процесу.

Середнє число зіткнень та середня довжина вільного пробігу молекул. Явища переносу в термодинамічно нерівноважних системах. Дослідні закони дифузії, внутрішнього тертя та теплопровідності.

### Лабораторні заняття

*(вступне заняття, 4 лабораторних роботи із наведеного переліку, 2 підсумкових заняття)*

- Центральне пружне зіткнення куль.
- Перевірка основного закону динаміки обертального руху за допомогою хрестоподібного маятника Обербека.
- Перевірка закону збереження енергії та визначення моменту інерції тіла за допомогою маятника Максвелла.
- Вимір моменту інерції вала і сили тертя в опорі.
- Визначення моменту інерції твердого тіла за методом крутильних коливань.
- Вивчення залежності моменту інерції тіла від положення осі обертання.
- Вимір моменту інерції колеса за методом коливань.
- Визначення швидкості кулі за допомогою балістичного маятника.
- Визначення прискорення сили тяжіння за допомогою фізичного маятника.
- Затухаючі крутильні коливання та їх закономірності.
- Вимір швидкості звуку в повітрі за методом стоячих хвиль.
- Вимір швидкості звуку в повітрі за методом зміщення фаз.
- Визначення швидкості звуку в металах за методом стоячих хвиль в приладі Кундта.
- Визначення коефіцієнта дифузії повітря.
- Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя повітря з допомогою капілярного віскозиметра.
- Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини за методом Стокса.
- Визначення коефіцієнта в'язкості рідини з допомогою капілярного віскозиметра.
- Визначення відношення молярних теплоємностей для повітря методом Клемана-Дезорма.
- Визначення швидкості звуку й відношення молярних теплоємностей для повітря методом стоячих звукових хвиль.

## Модуль 3

### *Змістовний модуль № 4: Електростатика*

### Лекційні заняття

#### **Тема 11. Електричне поле у вакуумі**

Електромагнітна взаємодія. Електричний заряд і його властивості. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона для вакууму. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів.

Поняття про потік вектора. Теорема Гауса для вектора  $\vec{E}$ . Лінійна, поверхнева та об'ємна густина зарядів. Застосування теореми Гауса для розрахунку електростатичних полів. Напруженість електричного поля рівномірно заряджених сфери, нескінченно довгого

циліндру, нескінченно довгої тонкої нитки. Електричне поле нескінченної рівномірно зарядженої площини. Теорема Гауса для вектора  $\vec{E}$  в диференціальній формі. Поняття про дивергенцію вектора.

### **Тема 12. Електричний потенціал**

Робота в електростатичному полі. Потенціал електростатичного поля. Еквіпотенціальні лінії і поверхні. Зв'язок напруженості електростатичного поля з потенціалом і потенціалу (різниці потенціалів) з напруженістю електростатичного поля. Потенціал рівномірно заряджених: сфери, нескінченно довгого циліндру, нескінченно довгої тонкої нитки. Рівняння Пуасона та Лапласа. Основна задача електростатики.

### **Тема 13. Провідники в електричному полі. Електроємність**

Поле всередині провідників та на їх поверхні. Розподіл зарядів і потенціалу в провідниках. Поняття про електричну ємність. Електроємність відокремленого провідника. Ємність кулі, Землі. Взаємна електроємність двох провідників. Конденсатори та їх електроємність. Ємність плоского циліндричного та сферичного конденсаторів. Енергія зарядженого відокремленого провідника та конденсатора. Енергія електричного поля. Об'ємна густина енергії електричного поля.

### **Тема 14. Постійний електричний струм**

Постійний електричний струм. Класифікація струмів. Характеристики та умови існування електричного струму. Сила струму, густина струму. Зв'язок між густиною струму та швидкістю упорядкованого руху носіїв струму.

Закон Ома в диференціальній формі. Закон Ома для однорідної ділянки електричного кола в інтегральній формі. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для неоднорідної ділянки кола. Розгалужені електричні кола. Правила Кірхгофа. Закон Джоуля-Ленца в інтегральній та диференціальній формах. Основні положення класичної електронної теорії Друде-Лоренца. Отримання закону Ома та закону Джоуля-Ленца в класичній електронній теорії.

Труднощі класичної теорії електропровідності металів. Природа електричного опору. Температурна залежність питомого опору. Плазма. Електричний струм у вакуумі. Закон Відемана-Франца. Термоелектронна емісія. Робота виходу електронів із металу.

### **Самостійна робота**

**Електричне поле у середовищі.** Електричне поле електричного диполя, електричний дипольний момент. Диполь в однорідному і неоднорідному електричних полях. Електростатичне поле в середовищі. Вільні та зв'язані заряди в діелектриках. Типи діелектриків. Деформаційна та орієнтаційна поляризація, іонне зміщення. Вектор поляризації. Поляризуємість молекули. Зв'язок нормальної складової вектора поляризації з поверхневою густиною зв'язаних зарядів. Теорема Гауса для електричного зміщення в інтегральній та диференціальній формах. Зв'язок між векторами  $\vec{D}$ ,  $\vec{E}$  і  $\vec{P}$ . Діелектрична сприйнятливість та проникність середовища. Активні діелектрики. Електрети, піро- п'єзо- і сегнетоелектрики, прямий і зворотний п'єзоэффект. Діелектричний гістерезис.

## ***Змістовний модуль № 5: Електромагнетизм***

### **Тема 15. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Струм у магнітному полі**

Рух заряджених частинок у магнітному полі. Сила Лоренца. Магнітна індукція. Провідник зі струмом у магнітному полі. Сила Ампера. Контур зі струмом у однорідному магнітному полі. Магнітний момент витка зі струмом. Момент сил, що діє на контур зі струмом у магнітному полі. Принцип дії електричного двигуна. Контур зі струмом у неоднорідному магнітному полі.

### **Тема 16. Магнітне поле і його властивості**

Магнітне поле рухомого заряду. Магнітне поле провідника зі струмом. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітне поле і його властивості. Силкові лінії магнітного поля та їх властивості.

Магнітна індукція поля утвореного прямолінійним провідником зі струмом. Магнітна індукція колового стуму. Магнітна взаємодія струмів.

Вихровий характер магнітного поля. Закон повного струму (теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції) для магнітного поля у вакуумі. Магнітне поле соленоїда та тороїда. Принцип дії циклічних прискорювачів заряджених частинок. Ефект Хола. МГД-генератор. Магнітна взаємодія рухомих зарядів. Магнетизм як прояв релятивістського ефекту.

### **Тема 17. Явище електромагнітної індукції**

Магнітний потік. Теорема Гауса для вектора магнітної індукції. Робота по переміщенню провідника та контуру зі струмом у магнітному полі. Потокозчеплення. Явище електромагнітної індукції. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Правило Ленца. Різниця потенціалів на кінцях провідника, що рухається у магнітному полі. ЕРС в рамці, що обертається у магнітному полі. Вихрове електричне поле. Струми Фуко. Закон електромагнітної індукції у диференціальній формі.

### **Тема 18. Самоіндукція. Індуктивність**

Явище самоіндукції. Індуктивність. Індуктивність довгого соленоїда. Струми при замиканні та розмиканні електричних кіл з індуктивністю. Екстра ЕРС. Енергія системи провідників зі струмом. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля. Електричний коливальний контур. Гармонічні електромагнітні коливання та їх характеристики. Вимушені електромагнітні коливання. Резонанс струму та напруги. Досліди Герца. Випромінювання диполя. Використання електромагнітних хвиль в науці та техніці.

### **Самостійна робота**

#### **Магнітне поле у речовині.**

Магнітне поле у речовині. Мікро- та макроструми. Магнітні моменти атомів. Типи магнетиків. Намагніченість. Теорема про циркуляцію напруженості магнітного поля. Зв'язок між векторами  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$  і  $\vec{M}$ . Магнітна сприйнятливість та проникність середовища.

Елементарна теорія діа- та парамагнетизму. Ферромагнетики. Крива намагнічування. Магнітний гістерезис. Домени.

Точка Кюрі. Спінова природа ферромагнетизму.

---

#### **Лабораторні заняття до модулю № 3**

*(шість лабораторних робіт із наведеного переліку) –*

---

- Дослідження електростатичних полів за методом моделювання в електролітичній ванні. Перевірка теореми Гауса.
- Визначення електричної ємності конденсатора за допомогою балістичного гальванометра.
- Дослідження електричних властивостей сегнетоелектриків.
- Розширення меж вимірювання електровимірювальних приладів.
- Визначення питомого електричного опору провідника.
- Компенсаційний метод та його використання для виміру електрорушійної сили джерела струму.
- Дослідження процесу випрямлення змінного струму за допомогою електронного осцилографа.
- Процеси зарядки і розрядки конденсатора.
- Термоелектронна емісія і визначення роботи виходу електронів із метала.
- Вторинна електронна емісія.
- Дослідження роботи трьох електродної вакуумної лампи.
- Спостереження електричних коливань за допомогою електронного осцилографа.
- Метод Столетова та його використання для виміру напруженості магнітного поля електромагніта.



- Магнітне поле соленоїда і системи двох соленоїдів.
- Вимірювання кута магнітного нахилу за допомогою земного індуктора.
- Явище електромагнітної індукції та перевірка закону Фарадея-Ленца.
- Вимірювання змінного струму за допомогою пояса Роговського.
- Явище самоіндукції.
- Визначення індуктивності соленоїда.
- Питомий заряд електрона та його визначення за методом магнетрона.
- Ефект Хола.
- Перехідні процеси в RL-ланцюгах.
- Магнітні властивості феромагнетиків.
- Затухаючі електричні коливання.
- Вимушені електричні коливання.
- Вивчення законів поширення електромагнітних хвиль в провідних середовищах.

## Модуль 4

### *Хвильові та квантові властивості світла*

#### **Тема 19. Рівняння Максвела. Електромагнітні хвилі**

Загальна характеристика теорії Максвела для електромагнітного поля. Струм зміщення. Повна система рівнянь Максвела для електромагнітного поля в інтегральному та диференціальному вигляді.

Хвильове рівняння. Електромагнітні хвилі у вакуумі. Основні властивості електромагнітних хвиль. Енергія електромагнітних хвиль. Вектор Пойнтінга. Густина потоку енергії, інтенсивність. Шкала електромагнітних хвиль.

#### **Тема 20. Інтерференція світла**

Інтерференція світла. Монохроматичність та когерентність світлових хвиль. Методи одержання когерентних джерел світла. Умови максимумів та мінімумів інтенсивності при інтерференції світла. Оптична довжина ходу променя. Оптична різниця ходу променів. Розрахунок інтенсивності світла на екрані при інтерференції від двох когерентних джерел світла. Інтерференція світла в тонких плівках. Просвітлення оптики. Інтерференція світла на клині. Інтерферометри.

#### **Тема 21. Дифракція світла**

Дифракція світла і її умови. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Радіус зони Френеля. Векторна діаграма для розрахунку результуючої амплітуди. Дифракція Френеля на круглому отворі та диску. Дифракція Фраунгофера на щілині та дифракційних решітках. Роздільна здатність оптичних пристроїв.

Дифракція на просторових ґратах. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Бреґа. Дисперсія світла. Випромінювання Вавілова-Черенкова. Фізичні основи голографії.

#### **Тема 22. Поляризація світла.**

Природне та поляризоване світло. Поляризація світла при відбиванні. Закон Брюстера. Аналіз поляризованого світла. Закон Малюса. Оптично неоднорідні середовища. Поляризація світла при розсіюванні. Подвійне променезаломлення. Одновісні кристали. Поляріоди та поляризаційні призми. Оптична штучна анізотропія. Ефекти Керра та Фарадея. Оптично активні речовини. Обертання площини поляризації. Взаємодія світла з речовиною. Поглинання світла. Закон Бугера. Ефект Доплера. Випромінювання Вавілова-Черенкова.

#### **Тема 23. Теплове випромінювання**

Теплове випромінювання. Енергетична світність та спектральна густина енергетичної світності. Поглинальна здатність тіла. Абсолютно чорне тіло. Закон Кірхгофа для теплового випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Розподіл енергії у спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони зміщення і випромінювання Віна. Квантова гіпотеза та формула Планка. Отримання законів Стефана-Больцмана та Віна з формули Планка.

**Тема 24. Квантові властивості світла**

Зовнішній фотоефект та його закони. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту. Фотони. Маса та імпульс фотона. Ефект Комптона. Тиск світла. Рентгенівські промені та методи їх отримання. Корпускулярне та хвильове пояснення тиску світла. Діалектична єдність корпускулярних та хвильових властивостей електромагнітного випромінювання.

**Самостійна робота**

Рентгеноструктурне дослідження кристалів.

**Модуль 5.*****Основи квантової механіки*****Лекційні заняття****Тема 25 . Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок**

Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів, протонів та нейтронів. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок. Співвідношення невизначеностей як прояв корпускулярно-хвильового дуалізму мікросвіту. Обмеженість механічного детермінізму. Принцип доповняльності Бора.

**Тема 26 . Рівняння Шредінгера – основне рівняння квантової механіки**

Хвильова функція та її властивості. Імовірно-статистичне тлумачення хвильової функції. Часове Рівняння Шредінгера. Стаціонарний стан. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. Рух вільної частинки. Частинка у одновимірній прямокутній нескінченно глибокій потенціальній ямі. Квантування енергії частинки. Гармонічний квантовий осцилятор. Нульова енергія коливань. Тунельний ефект. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру. Атом водню. Квантування енергії. Просторове квантування. Квантові числа: головне, азимутальне, магнітне.

**Тема 27 . Спін електрона. Розподіл електронів у атомі**

Досліди Штерна та Герлаха. Спін електрона. Магнітне спінове квантове число. Ферміони та бозони. Принцип заборони Паулі. Розподіл електронів у атомі за енергетичними рівнями. Спектри випромінювання атомів та молекул. Заборонені переходи.

**Тема 28 . Поглинання світла**

Спонтанне та вимушене випромінювання. Фізичні основи роботи лазерів.

**Тема 29 .. Побудова та характеристики атомних ядер**

Заряд, розміри та маса атомного ядра. Масове та зарядове числа. Склад ядра. Нуклони. Класифікація ядер. Взаємодія між нуклонами. Поняття про властивості та природу ядерних сил. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Радіоактивні перетворення атомних ядер. Активність радіоактивного препарату.

**Тема30. Радіоактивність. Ядерні реакції**

Ядерні реакції та закони збереження. Енергія зв'язку та дефект мас. Реакції поділу та синтезу. Ланцюжкова ядерна реакція. Ядерний реактор. Ядерна енергетика та її екологічні проблеми. Термоядерні реакції. Енергія зірок. Керований термоядерний синтез.

Уявлення про головні проблеми сучасної фізики.

## Модульний контроль № 4

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем                                       | Кількість годин |              |           |           |           |
|---|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|   | Денна форма     |              |           |           |           |
|   | Усього          | У тому числі |           |           |           |
|   |                 | л            | п         | лаб.      | с. р.     |
| <b>Модуль 1</b>   |                 |              |           |           |           |
| <b>Змістовний модуль 1. Фізичні основи механіки</b>                 |                 |              |           |           |           |
| 1. Механічний рух. Кінематика матеріальної точки.                   | 6               | 2            | 2         | 1         | 4         |
| 2. Динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок.       | 4               | 2            | 2         | -         | 4         |
| 3. Кінематика та динаміка обертального руху абсолютно твердого тіла | 16              | 2            | 2         | 8         | 8         |
| 4. Механічна робота, потужність, енергія. Потенціальні силові поля. | 8               | 4            | 2         | 2         | 8         |
| <b>Разом за змістовним модулем 1</b>                                | <b>52</b>       | <b>10</b>    | <b>8</b>  | <b>10</b> | <b>24</b> |
| <b>Змістовний модуль 2. Коливальний процес</b>                      |                 |              |           |           |           |
| 6. Коливальний процес. Механічні гармонічні коливання.              | 15              | 2            | 2         | 2         | 4         |
| 7. Затухаючі та вимушені коливання.                                 | 10              | 2            | 1         | 2         | 4         |
| 8. Хвильові процеси.  | 4               | 2            | 1         |           | 6         |
| <b>Разом за змістовним модулем 2</b>                                | <b>28</b>       | <b>6</b>     | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>14</b> |
| <b>Змістовний модуль 3. Молекулярна фізика і термодинаміка</b>      |                 |              |           |           |           |
| 9. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу.                    | 7               | 2            | 1         | -         | 4         |
| 10. Перший та другий закони термодинаміки                           | 7               | 2            | 1         | -         | 4         |
| 11. Явища переносу в нерівноважних системах                         | 7               | 2            |           | 4         | 4         |
| <b>Разом за змістовним модулем 3</b>                                | <b>22</b>       | <b>6</b>     |           | <b>4</b>  | <b>12</b> |
| 12. Електричне поле у вакуумі.                                      | 4               | 2            | 2         |           | 2         |
| 13. Теорема Гаусса.   | 8               | 2            |           |           | 4         |
| 14. Електричний потенціал.  | 6               | 2            |           |           | 4         |
| 15. Електричне поле у середовищі. Електроємність.                   | 7               | 4            |           |           | 4         |
| <b>Разом за змістовним модулем 4</b>                                | <b>24</b>       | <b>10</b>    |           |           | <b>14</b> |
| <b>Разом за модулем 1</b>   | <b>128</b>      | <b>32</b>    | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>64</b> |
| <b>Модуль 2</b>   |                 |              |           |           |           |
| <b>Змістовний модуль 5. Електромагнетизм</b>                        |                 |              |           |           |           |
| 17. Постійний струм.  | 12              | 4            | 2         | 2         | 4         |
| 18. Магнітне поле і його властивості.                               | 10              | 4            | 2         | 2         | 4         |
| 19. Явище електромагнітної індукції.                                | 8               | 2            | 2         | 2         | 4         |
| 20. Самоіндукція. Індуктивність.                                    | 12              | 2            |           |           | 2         |
| <b>Разом за змістовним модулем 5</b>                                | <b>38</b>       | <b>12</b>    | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>14</b> |

| Назви змістових модулів і тем  | Кількість годин |              |           |           |            |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----------|------------|
|  | Денна форма     |              |           |           |            |
|  | Усього          | У тому числі |           |           |            |
| л  |                 | п            | лаб.      | с. р.     |            |
| <b>Змістовний модуль 6. Хвильові та квантові властивості світла</b>  |                 |              |           |           |            |
| 21. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.                       | 7               | 4            | 2         | 2         | 6          |
| 22. Інтерференція світла.  | 8               | 2            | 2         | 2         | 2          |
| 23. Дифракція світла.  | 6               | 2            | 2         | 2         | 2          |
| 24. Взаємодія світла з речовиною.                                    | 10              | 2            |           | 2         | 4          |
| 25. Теплове випромінювання.  | 8               | 2            | 2         | 2         | 4          |
| 26. Квантові властивості світла.                                     | 7               | 2            | 2         |           | 4          |
| <b>Разом за змістовним модулем 6</b>                                 | <b>62</b>       | <b>14</b>    | <b>10</b> | <b>16</b> | <b>22</b>  |
| <b>Змістовний модуль 7. Основи квантової механіки</b>                |                 |              |           |           |            |
| 27. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок. Принцип невизначеності | 6               | 2            |           | -         | 2          |
| 28. Рівняння Шредингера. Основне рівняння квантової механіки.        | 7               | 2            |           | -         | 6          |
| 29. Спін електрона. Розподіл електронів в атомі.                     | 6               | 2            |           | -         | 2          |
| 30. Поглинання світла. Спонтанне та вимушене випромінювання          | 4               | 2            |           | -         | 2          |
| 31. Елементи квантової електроніки. Лазери                           | 11              | 2            |           |           | 4          |
| 32 Побудова та характеристики атомних ядер                           | 2               | 2            |           |           | 4          |
| 33. Радіоактивність. Ядерні реакції.                                 | 1               | 2            |           |           | -          |
| <b>Разом за змістовним модулем 7</b>                                 | <b>40</b>       | <b>14</b>    | <b>16</b> |           | <b>10</b>  |
| <b>Разом за модулем 2</b>  | <b>142</b>      | <b>40</b>    | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>70</b>  |
| <b>Разом з дисципліни</b>  | <b>286</b>      | <b>72</b>    | <b>34</b> | <b>34</b> | <b>146</b> |

### 5. Теми семінарських занять

Заняття відсутні.

### 6. Теми практичних занять

| № п/п | Назва теми   | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1     | Кінематика поступального руху. Швидкість, прискорення, радіус кривизни траєкторії.   | 2               |
| 2     | Динаміка поступального руху. Головна задача динаміки. Визначення сили або кінематичних характеристик руху.   | 2               |
| 3     | Кінематика обертального руху. Визначення кутового прискорення, кутової швидкості, їх зв'язок з лінійними характеристиками руху. Динаміка обертального руху. Визначення динамічних характеристик при обертальному русі. | 2               |
| 4     | Робота, енергія, закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу. Потенціальна енергія.  | 2               |
| 5     | Коливальний процес. Механічні гармонічні коливання.  | 2               |
| 6     | Згасаючі та вимушені коливання. Хвильові процеси.  | 2               |

|    |  |           |
|----|--|-----------|
| 7  | Теплові машини. Другий закон термодинаміки.                          | 1         |
| 8  | Явища переносу.  | 2         |
| 9  | Електричне поле у вакуумі. Теорема Гауса.                            | 2         |
| 10 | Електричний потенціал. Електроємність. Електричне поле у середовищі. | 2         |
| 11 | Постійний електричний струм.   | 2         |
| 12 | Магнітне поле і його властивості.                                    | 2         |
| 13 | Явища електромагнітної індукції та самоіндукції.                     | 2         |
| 14 | Теорія єдиного електромагнітного поля (теорія Максвелла).            | 2         |
| 15 | Інтерференція світла. Дифракція світла.                              | 2         |
|    | Поляризація світла. Поглинання світла.                               | 2         |
| 16 | Теплове випромінювання.  | 2         |
|    | <b>Разом</b>   | <b>32</b> |

### 7. Теми лабораторних занять

| № п/п  | Назва теми  | Кількість годин |
|--|---|-----------------|
| <b>Механіка</b>                                      |   |                 |
| 1  | Центральний пружний удар куль.  |                 |
| 2  | Вивчення непружного зіткнення тіл.  |                 |
| 3  | Перевірка основного закону динаміки обертального руху за допомогою хрестоподібного маятника Обербека.   |                 |
| 4  | Перевірка закону збереження енергії та визначення моменту інерції тіла за допомогою маятника Максвелла. |                 |
| 5  | Вимір моменту інерції вала і сили тертя в опорі.  |                 |
| 6  | Визначення моменту інерції твердого тіла за методом крутильних коливань.                                |                 |
| 7  | Вивчення залежності моменту інерції тіла від положення осі обертання.                                   |                 |
| 8  | Вимір моменту інерції колеса за методом коливань.   |                 |
| 9  | Визначення швидкості кулі за допомогою балістичного маятника.   |                 |
| 10   | Визначення прискорення сили тяжіння за допомогою фізичного маятника.                                    |                 |
| 11   | Згасаючі крутильні коливання та їх закономірності.  |                 |
| 12   | Вимір швидкості звуку в повітрі за методом стоячих хвиль.   |                 |
| 13   | Вимір швидкості звуку в повітрі за методом зміщення фаз.  |                 |
| 14   | Вивчення стоячих хвиль в горизонтальній струні.   |                 |
| 15   | Визначення швидкості звуку в металах за методом стоячих хвиль в приладі Кундта.                         |                 |
| З даного переліку буде надано три лабораторні роботи |   | 6               |
| <b>Молекулярна фізика і термодинаміка</b>            |   |                 |
| 16   | Визначення коефіцієнта дифузії повітря.   |                 |
| 17   | Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя повітря з   |                 |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | допомогою капілярного віскозиметра.  |   |
| 18   | Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини за методом Стокса.  |   |
| 19   | Визначення коефіцієнта в'язкості рідини з допомогою капілярного віскозиметра.                              |   |
| 20   | Визначення відношення молярних теплоємностей для повітря методом Клемана-Дезорма.                          |   |
| 21   | Визначення швидкості звуку й відношення молярних теплоємностей для повітря методом стоячих звукових хвиль. |   |
| З даного переліку буде надано три лабораторні роботи |  | 6 |
| <b>Електрика і магнетизм</b>                         |  |   |
| 22   | Дослідження електростатичного поля методом моделювання.  |   |
| 23   | Вивчення електричних властивостей сегнетоелектриків.   |   |
| 24   | Визначення електричної ємності конденсатора за допомогою балістичного гальванометра.                       |   |
| 25   | Вивчення процесу зарядки й розрядки конденсатора.  |   |
| 26   | Розширення меж вимірювання мікроамперметра.  |   |
| 27   | Визначення питомого електричного опору провідника.   |   |
| 28   | Визначення ЕРС джерела постійного струму компенсаційним методом.   |   |
| 29   | Визначення роботи виходу електронів із метала.   |   |
| 30   | Визначення коефіцієнта вторинної електронної емісії.   |   |
| 31   | Визначення питомого заряду електрона за методом магнетрона.  |   |
| 32   | Вивчення ефекту Хола.  |   |
| 33   | Вивчення магнітного поля соленоїда визначення магнітної сталої.  |   |
| 34   | Вивчення магнітного поля соленоїда і системи двох соленоїдів.  |   |
| 35   | Вивчення магнітного поля за методом Столетова.   |   |
| 36   | Вивчення закону електромагнітної індукції.   |   |
| 37   | Визначення кута магнітного нахилу за допомогою земного індуктора.  |   |
| 38   | Вимірювання змінного струму за допомогою поясу Роговського.  |   |
| 39   | Вивчення явища самоіндукції.   |   |
| 40   | Визначення індуктивності соленоїда.  |   |
| 41   | Вивчення магнітних властивосте феромагнетиків.   |   |
| 42   | Вивчення електричних коливань за допомогою електронного осцилографа.                                       |   |
| 43   | Згасаючі електричні коливання.   |   |
| 44   | Вивчення вимушених електричних коливань.   |   |
| 45   | Вивчення закону розповсюдження електромагнітних хвиль  |   |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
|  | в середовищах, які є провідниками.   |           |
| З даного переліку буде надано п'ять лабораторних робіт |  | 10        |
| <b>Хвильова і квантова оптика</b>                      |  |           |
| 46   | Визначення показника заломлення скла інтерференційним методом  |           |
| 47   | Визначення довжини хвилі лазерного випромінювання за допомогою інтерференції світла, що пройшло крізь біпризму Френеля |           |
| 48   | Визначення довжини хвилі лазерного випромінювання за допомогою інтерференції світла від двох щілин                     |           |
| 49   | Вивчення дифракції Фраунгофера на щілині   |           |
| 50   | Вивчення дифракції Фраунгофера на одній і двох щілинах   |           |
| 51   | Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційних ґрат, оптичної лави і двох щілин                          |           |
| 52   | Дослідження явища поляризації світла   |           |
| 53   | Визначення концентрації цукру в розчині за допомогою цукрометра  |           |
| 54   | Вивчення спектрального приладу УМ-2 і визначення його основних характеристик   |           |
| 55   | Визначення показника заломлення прозорих твердих тіл і рідин   |           |
| 56   | Визначення сталої Стефана – Больцмана  |           |
| 57   | Вивчення явища зовнішнього фото-ефекту   |           |
| 58   | Дослідження спектра водню  |           |
| 59   | Вимірювання ширини забороненої зони напівпровідника  |           |
| 60   | Вимірювання вольт-амперної характеристики (ВАХ) напівпровідникового діода і визначення його характеристик              |           |
| 61   | Вивчення роботи фотоопорів   |           |
| 62   | Визначення числа Авогадро за допомогою рентгеноструктурного вимірювання сталої кристалічних ґрат                       |           |
| 63   | Використання електронограм для визначення сталої кристалічних ґрат   |           |
| З даного переліку буде надано дві лабораторні роботи   |  | 10        |
|  | <b>Разом</b>   | <b>32</b> |

**Примітка:**

При проведенні лабораторних занять буде виконано 13 лабораторних занять (26 годин), 2 вступних заняття (4 години), 5 підсумкових занять (10 годин): всього 40 годин.

**8. Самостійна робота**

Підготовка до лекцій; виконання домашніх завдань (розв'язання задач) та підготовка до практичних робіт; підготовка звітів до лабораторних робіт; підготовка відповідей на контрольні запитання до лабораторних робіт; підготовка до модульних та семестрових контролів.

### 9. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань немає.

### 10. Методи навчання

1. Вивчення теоретичного матеріалу під час лекцій і самостійної роботи.
2. Засвоєння теоретичного матеріалу й вміння його застосовувати при вирішенні типових задач на практичних заняттях.
3. Засвоєння теоретичного матеріалу і вміння його застосовувати під час виконання досліджень (лабораторних робіт).
4. Проведення олімпіади з фізики серед студентів ХАІ.

### 11. Методи контролю

1. Перевірка присутності й роботи на лекції.
2. Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу за допомогою модульного контролю.
3. Перевірка підготовки до практичних занять, розв'язання задач, що задано додому, якості роботи на практичних заняттях.
4. Перевірка підготовки до лабораторних занять, якості виконання лабораторних робіт.
5. Перевірка загального засвоєння матеріалу на іспиті.

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| Складові навчальної роботи            | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Семестр 1.1</b>                    |                                 |                            |                         |
| Виконання практичних робіт            | 0...3,3                         | 6                          | 0...20                  |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 0...5                           | 6                          | 0...30                  |
| Модульний контроль №1, №2             | 0...25                          | 2                          | 0...50                  |
| <b>Усього за семестр</b>              |                                 |                            | <b>0...100</b>          |
| <b>Семестр 1.2</b>                    |                                 |                            |                         |
| Виконання практичних робіт            | 0... 3,3                        | 6                          | 0...20                  |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 0...5                           | 6                          | 0...30                  |
| Модульний контроль №3, №4             | 0...25                          | 2                          | 0...50                  |
| <b>Усього за семестр</b>              |                                 |                            | <b>0...100</b>          |



Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з: двох теоретичних і двох практичних завдань.

Наприклад: 1. Кінематичні характеристики руху. Радіус-вектор, швидкість та прискорення точки як похідні радіуса-вектора за часом.

2. Робота сил пружності, тяжіння, гравітаційної взаємодії, центральних сил.

3. Задача. Знайти роботу  $A$  під'єму вантажа по похилій площині довжиною  $l = 2$  м, якщо маса вантажа  $m = 100$  кг, кут нахилу площини  $\varphi = 30^\circ$ , коефіцієнт тертя  $\mu = 0,1$ , вантаж рухається з прискоренням  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>.

4. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання. В деякий момент часу  $t$  зміщення точки  $x = 0,05$  м, її швидкість  $v = 20$  м/с, прискорення  $a = 0,8$  м/с<sup>2</sup>. Знайти амплітуду, циклічну частоту й період коливань точки.

За кожне питання 25 баллів (загальна сума – 100 балів).

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

### **Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:**

Знати зазначення характеристик, які описують стан фізичного об'єкта, який досліджується, та основні закони фізики, які зазначають зміну цього стану, межі їх використання й вміти їх застосовувати для вирішення поточних задач. Вміти доводити й обґрунтовувати свої рішення різними науковими засобами.

### **Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:**

Вміти за допомогою основних законів фізики вирішувати типові задачі, вміти проводити найпростіші експериментальні дослідження, обчислювати похибки результатів досліджень, проводити аналіз отриманих результатів, робити висновки.

## 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання з практичних занять. Вміти самостійно застосовувати основні закони фізики для вирішення найпростіших завдань. Вміти проводити найпростіші вимірювання для дослідження характеристик руху тіл й їх властивостей.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати увесь теоретичний матеріал, наданий на лекціях, виконати усі завдання з лабораторного практикуму й практичних занять. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати способи вирішення задач на практичних заняттях.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати як основний теоретичний матеріал, так і додатковий, запропонований лектором. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Своєчасно виконувати всі завдання з практичних занять, зі змогою відповідних пояснень. Приймати участь у олімпіаді з фізики.

## **Шкала оцінювання: бальна і традиційна**

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|------------|-------------------------------|---------------|
|            | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90 – 100   | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75 – 89    | Добре                         |               |
| 60 – 74    | Задовільно                    |               |
| 0 – 59     | Незадовільно                  | Не зараховано |

### 13. Методичне забезпечення

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: <http://k505.khai.edu/ru/site/books.html>.

### Рекомендована література

#### 8. Рекомендована література

*до лекційного курсу*

1. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 1: Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1987.- 432 с. Б(567), К(19).
2. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны, Оптика – М.: Наука, 1988.- 432 с. Б(588), К(18).
3. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1989.- 304с. Б(225), К(12).
4. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т. 1: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – М.: Наука, 1981.– 480 с.
5. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т. 2: Колебания и волны. Основы квантовой физики атомов, молекул и твердых тел; Физика ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1974.– 464 с.

*до практичних занять*

6. Механика. Молекулярна фізика. Термодинаміка. Учеб. пособие к практическим занятиям по физике / Подшивалова О.В., Охримовский А.М., Комозинский П.А., Лунев И.В. // Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского «Харк. авиац. ин-т», 2012 – 108 с.
7. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учеб.пособие по практ. занятиям / А.А.Таран, О.Н.Чугай, И.В.Лунев [и др.]. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015.– 77 с.
8. Волновая и квантовая оптика. Основы квантовой механики и физики ядра / Воронович Д. А., Глущенко Н. И., Петрова О. И., Таран А. А., Варминский М. В. // Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 72 с.

*до лабораторних занять*

9. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Учеб. пособ. по лаб. практикуму. / Олейник С.В., Лунев И.В., Жуков Н.Н., Подшивалова. О.В. // Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 108 с.
10. Електрика й магнетизм Навч. посібник до лабораторного практикуму. / Воронович Д.О., Лунов І.В., Охрімівський А.М., Подшивалова О.В. // Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харк. авиац. ін-т». - 2011. - 140 с.

Волновая оптика и квантовая физика. Уч. пособие по лабораторному практикуму. / Жуков Н.Н., Завертанная Л.С., Комозинский П.А., Падалка В.Г., Петрова О.И., Таран А.А. // Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2002. – 116 с. **15.**

#### Інформаційні ресурси

1. <https://alleng.org/edu/phys9.htm>.
2. <http://k505.khai.edu/ru/site/books.html>.