



# ОПТИКА

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Нормативна (цикл загальної підготовки) (Цикл загальної підготовки)
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	Загальна кількість: (7 кр.) 210 год. Лекційних занять: 36 год. Практичних занять: 36 год. Лабораторних занять: 72 год. Самостійна робота студентів: 66 год.
Семестровий контроль / контрольні заходи	екзамен, поточний контроль, модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота
Розклад занять	<a href="http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses">http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, д.ф.-м.н., професор Парновський Сергій Людомирович ( <a href="mailto:parnovsky@gmail.com">parnovsky@gmail.com</a> ). Практика: доцент, к.т.н., доцент Іванова Віта Вікторівна ( <a href="mailto:vivanova950@gmail.com">vivanova950@gmail.com</a> ). Лабораторні: доцент, к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Сергій Миколайович ( <a href="mailto:s.ponomarenko@kpi.ua">s.ponomarenko@kpi.ua</a> ) та доцент, к.т.н., доцент Іванова Віта Вікторівна.
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/enrol/index.php?id=1988">https://do.ipk.kpi.ua/enrol/index.php?id=1988</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Курс «Оптика» є частиною курсу загальної фізики. У ньому вивчаються оптичні явища, тобто явища, які пов'язані із закономірностями випромінювання, поширення світла та його взаємодією з речовиною.

Мета курсу «Оптика» полягає в тому, щоб довести до студента основні принципи вчення про оптичні явища в логічній послідовності теорії цих явищ і процесів та зв'язку з іншими розділами фізики, докладно пояснюючи фізичні закони в практичному застосуванні. Завданнями вивчення даної дисципліни є досягнення розуміння фізичної суті оптичних явищ, що дає можливість сформулювати

фізичну картину світу, а також розуміти сучасні технології, що базуються на цих явищах та використувати їх для розробки наукоємних технологій.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- знання:** природи світла та шкали електромагнітних хвиль; геометричної оптики і теорії центрованих оптичних систем; хвильової оптики і кристалооптики; квантової оптики і властивості фотонів; основ Фур'є-оптики; лінійну фізичну оптику (ефекти Фарадея, Керра, Зеємана);
- уміння:** користуватися законами геометричної оптики та теорією центрованих оптичних систем для побудови ходу променів й визначення характеристик складних оптичних приладів; розраховувати інтерференційну або дифракційну картини при освітленні простіших систем когерентним монохроматичним світлом; розраховувати роздільну здатність, нормальне збільшення і нормальну ширину щілини у оптичних приладах;
- досвід:** вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних фізичних явищах, пов'язаних з проявами оптичними явищами, виробити навички практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Оптика» мають продемонструвати такі результати навчання:

### Загальні компетентності СВО

- ЗК 1: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 6: Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

### Фахові компетентності СВО

- ФК 2: Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
- ФК 3: Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

### Програмні результати навчання

- ПРН 1: Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
- ПРН 3: Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.
- ПРН 4: Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.
- ПРН 14: Обирати та використовувати методи та засоби дослідження структури, складу та речовин і матеріалів.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для засвоєння матеріалу курсу «Оптика» студенти повинні знати курс фізики в рамках шкільної програми та засвоїти термінологію та поняття курсів:

1. Математичний аналіз;

2. Тензорний аналіз;
3. Механіка;
4. Термодинаміка та молекулярна фізика;
5. Електрика та магнетизм.

Також повинні вміти використовувати математичний апарат: операції з матрицями, диференціювати, інтегрувати.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Оптика» можна використовувати в подальшому в навчальних дисциплінах, пов'язаних з теоретичними та практичними аспектами прикладної фізики, зокрема:

1. Класична механіка;
2. Теорія поля;
3. Електродинаміка суцільних середовищ;
4. Статистична оптика та радіофізика.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Геометрична оптика.

Тема 1.1 Базові поняття.

Тема 1.2 Геометрична оптика.

Тема 1.3 Фотометрія.

Розділ 2. Хвильова оптика.

Тема 2.1 Поширення електромагнітних хвиль у однорідних середовищах.

Тема 2.2 Інтерференція.

Тема 2.3 Дифракція.

Тема 2.4 Основи Фур'є-оптики.

Розділ 3. Фізична оптика.

Тема 3.1 Оптичні явища в кристалах.

Тема 3.2 Фізична оптика.

Тема 3.3 Розсіювання та поглинання світла.

Тема 3.4 Теплове випромінювання.

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Нижче наводиться перелік навчальних матеріалів та ресурсів для засвоєння матеріалу, розгляданого на лекційних заняттях та для додаткового вивчення.

#### **Основна**

1. *Сминтина В. А.* Оптика : підручник. — 2-е вид. — О. : Астропринт, 2008. — 312 с. — ISBN 978-966-318-957-4.
2. *Романюк М. О., Крочук А. С., Пашук І. П.* Оптика : підручник / за ред. М. О. проф. Романюка. — Л. : ЛНУ ім. І. Франка, 2012. — 562 с. — ISBN 978-966-613-948-4.

## Додаткова

3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. — М.: Наука, 1968.
4. Сивухин Д. В. Общий курс физики. — 3-е изд. — М. : Физматлит, 2005. — 792 с.
5. Ландсберг Г. С. Оптика. — 6-е. — М.: Физматлит, 2003.
6. Годжаев Н. М. Оптика. — 1977.
7. Алешкевич В. А. Оптика. — Физматлит, 2011. — 337 с.
8. Бутиков Е. И. Оптика. — 2-е, переработ. и дополн. — СПб. : БХВ, 2003. — 481 с.
9. Матвеев А. Н. Том 4. Оптика. — Высшая школа, 1985. — 351 с.

## Задачники

10. Иванова В. В. **Задачі з загальної фізики. Оптика: навчальний посібник.** — НТУУ «КПІ», 2012. — 142 с.
11. Сборник задач по общему курсу физики. Часть 2. Электричество и магнетизм. Оптика / С. М. Козел, В. Г. Лейман, Г. Р. Локшин, В. А. Овчинкин ; под ред. В. А. Овчинкин. — Наука, 2004. — 400 с.
12. Козел С. М., Рашба Э. И., Славатинский С. А. Сборник задач по физике. Задачи МФТИ. — 2-е, переработанное и дополненное. — Наука, 1987. — 304 с.
13. Сборник задач по общему курсу физики. IV. Оптика / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, Д. В. Сивухин, Е. С. Четверикова, И. А. Яковлев ; за ред. Д. В. Сивухин. — 5-е. — М.: Физматлит, 2006. — 268 с.

## Лабораторний практикум

14. Монастирський Г. Є., Гомонай О. В., Грайворонський М. В. Лабораторний практикум з загальної фізики: Оптика. — ФТФ, НТУУ «КПІ», 1999. — 60 с.
15. Пономаренко С. М., Івнова В. В. Оптика. Лабораторний практикум. — КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 38 с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. Геометрична оптика.	
Тема 1.1. Базові поняття.	
1.	<b>Базові поняття.</b> Еволюція парадигми оптики і уявлень про природу світла. Геометрична, хвильова, квантова і нелінійна оптика. Електромагнітна природа світла. Шкала електромагнітних хвиль. Оптичні явища, що доводять хвильовий характер світла. Досліди, які підтверджують квантові властивості світла. Фотоефект. Ефект Комптона. Фотони — кванти світла, їх енергія, імпульс та момент імпульсу. Принцип роботи лазера. Загальне уявлення про випромінювання Вавілова-Черенкова і люмінесценцію.
Тема 1.2. Геометрична оптика.	
2.	<b>Основні положення.</b> Принцип Ферма. Закони заломлення та відбивання світла. Параксіальне наближення. Формула тонкої лінзи. Побудова зображення у лінзах та сферичних дзеркалах.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
3.	<b>Центровані оптичні системи.</b> Центровані оптичні системи. Кардинальні точки. Кутове, поперечне та поздовжнє збільшення. Діафрагми, апертурні кути і кут поля зору. Уявлення про аберації оптичних систем.
4.	<b>Основні оптичні прилади.</b> Телескоп, мікроскоп, фотоапарат, тощо.
Тема 1.3. Фотометрія.	
5.	Основні поняття фотометрії: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість та їх одиниці. Освітленість та яскравість зображення.
Розділ 2. Хвильова оптика.	
Тема 2.1. Поширення електромагнітних хвиль у однорідних середовищах.	
6.	<b>Поширення електромагнітних хвиль у однорідних середовищах.</b> Наближення скалярних хвиль. Плоскі і сферичні хвилі. Монохроматичні хвилі, їх частота і хвильовий вектор. Векторні електромагнітні хвилі, їх поперечність. Поляризація світла. Плоскополяризоване світло. Кругова та еліптична поляризація. Методи отримання і аналізу поляризованого світла. Закон Малюса. Природне світло. Заломлення та відбивання світла на границі двох однорідних середовищ. Формули Френеля. Коефіцієнти проходження та відбивання світла. Поляризація при заломленні та відбиванні. Кут Брюстера.
Тема 2.2. Інтерференція.	
7.	<b>Інтерференція при розділенні фронту.</b> Двопроменева інтерференція. Просторова та часова когерентність світла. Вплив когерентності на видність інтерференційних смуг. Зв'язок між тривалістю цугу та шириною спектра. Лазери як джерело когерентного світла. Інтерферометр Релея. Зоряний інтерферометр Майкельсона.
8.	<b>Інтерференція при розділенні амплітуди.</b> Інтерференція при відбиванні світла. Смуги рівного нахилу і рівної товщини, їх локалізація. Багатопроменева інтерференція. Пластина Люммера-Герке. Інтерферометр Фабрі-Перо.
Тема 2.3. Дифракція.	
9.	<b>Дифракція Френеля та Фраунгофера.</b> Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція Френеля та Фраунгофера. Дифракція Фраунгофера на щілині та круглому отворі. Дифракція Френеля на щілині і краю екрана. Спіраль Корню.
10.	<b>Дифракційна ґратка.</b> Дисперсія, дисперсійна область і роздільна здатність дифракційної ґратки та інших спектральних приладів. Критерій роздільності Релея. Границі застосування геометричної оптики. Роздільна здатність мікроскопа і телескопа.
Тема 2.4. Основи Фур'є оптики.	
11.	Хвильове поле як суперпозиція плоских хвиль. Уявлення про звичайну та об'ємну голографію
Розділ 3. Фізична оптика.	
Тема 3.1. Оптичні явища у кристалах.	
12.	<b>Закони поширення світла в однорідному анізотропному середовищі.</b> Рівняння Френеля кристалооптики. Променева поверхня та поверхня хвильових нормалей. Еліпсоїд Френеля та оптична індикатриса. Одновісні та двовісні кристали. Подвійне променезаломлення. Штучна анізотропія. Явище Керра. Двовісні кристали — явище конічної рефракції. Поширення світла в поглинаючому анізотропному середовищі. Плеохроїзм, лінійний та круговий дихроїзм.
Тема 3.2. Фізична оптика.	
13.	<b>Дисперсія світла.</b> Нормальна та аномальна дисперсія світла. Хроматична аберация. Фазова та групова швидкість хвиль. Класична теорія дисперсії. Формула Лорентца-Лоренца. Діелектрична проникність плазми. Відбивання радіохвиль від іоносфери. <b>Вплив магнітного поля на світло.</b> Явище Фарадея. Ефект Зеемана. <b>Дифракція рентгенівських променів.</b> Умови Бреґґа-Вульфа. Загальне уявлення про рентгеноструктурний аналіз.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
Тема 3.3. Розсіювання та поглинання світла.	
14.	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Релеївське розсіювання. Поляризація світла, що було розсіяне. Залежність інтенсивності розсіювання від частоти. Природні явища, зумовлені релеївським та нерелеївським розсіюванням світла.
Тема 3.4. Теплове випромінювання.	
15.	Закони Стефана-Больцмана, Віна, Релея. Розподіл Планка.

## Практичні заняття

Необхідний матеріал, для підготовки до практичних занять можна знайти, зокрема, у [10], який містить основні формули, необхідні для розв'язування задач. В кінці збірника міститься довідковий матеріал та перелік літератури для підготовки. Також є сторінка практичної частини в системі Moodle за адресою <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1936> та в кампусі за адресами:

- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=179065>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=182362>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=183006>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187064>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=187065>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=188644>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=189422>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=191245>
- <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=192115>

№	Назва теми заняття та перелік розглянутих питань
1.	Принцип Ферма. Закони заломлення та відбивання світла. Повне внутрішнє відбивання. <i>Задачники: [10]</i>
2.	Побудова зображення у тонких лінзах та сферичних дзеркалах <i>Задачники: [10]</i>
3.	Центровані оптичні системи. Кардинальні точки, їх знаходження. Розрахунок кутового, поперечного та поздовжнього збільшення. <i>Задачники: [10]</i>
4.	Діафрагми, апертурні кути і кут поля зору. <i>Задачники: [10]</i>
5.	Основні поняття фотометрії. Розрахунок світлового потоку, сили світла, освітленості, яскравості. <i>Задачники: [10]</i>
6.	Освітленість та яскравість зображення. <i>Задачники: [10]</i>
7.	Плоскі і сферичні скалярні хвилі. Монохроматичні хвилі, їх частота і хвильовий вектор. Поляризація світла. Закон Малюса. <i>Задачники: [10]</i>
8.	Коефіцієнти проходження та відбивання світла на границі двох однорідних середовищ. Поляризація при заломленні та відбиванні. Кут Брюстера. <i>Задачники: [10]</i>
9.	Двопроменева інтерференція. <i>Задачники: [10]</i>

№	Назва теми заняття та перелік розглядуваних питань
10.	Інтерференція при відбиванні світла. Смуги рівного нахилу і рівної товщини. Кільця Ньютона. <i>Задачники: [10]</i>
11.	Зони Френеля. Робота з діаграмою Френеля. <i>Задачники: [10]</i>
12.	Дифракція Фраунгофера на щілині та круг-ло-му отворі. Дифракційна ґратка. <i>Задачники: [10]</i>
13.	Дисперсія, дисперсійна область і роздільна здатність дифракційної ґрат-ки та інших спектральних приладів. Роздільна здатність мікроскопа і телескопа. <i>Задачники: [10]</i>
14.	Подвійне променезаломлення. Платівка у чверть довжини хвилі. <i>Задачники: [10]</i>
15.	Ефект Керра. Явище Фарадея. Ефект Зеемана. <i>Задачники: [10]</i>
16.	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Релеївське розсіювання. Закони Стефана-Больцмана, Віна, Релея. Розподіл Планка. <i>Задачники: [10]</i>
17.	Голографія. Екскурсія-семінар до Міжнародного центру «Інститут прикладної оптики» НАН України <i>Задачники: [10]</i>
18.	Голографія. Екскурсія-семінар до Міжнародного центру «Інститут прикладної оптики» НАН України <i>Задачники: [10]</i>

## Лабораторні заняття

№	Назва теми заняття
1.	Вимірювання фокусних відстаней лінз. <i>Лабораторний практикум: [14]</i>
2.	Оптичні прилади. <i>Лабораторний практикум: [14]</i>
3.	Інтерференція світла. <i>Лабораторний практикум: [15]</i>
4.	Кільця Ньютона. <i>Лабораторний практикум: [15]</i>
5.	Дифракція світла від точкового джерела. <i>Лабораторний практикум: [15]</i>
6.	Дифракція в паралельних променях та принцип невизначеності. <i>Лабораторний практикум: [15]</i>
7.	Вивчення поляризованого світла. <i>Лабораторний практикум: [15]</i>
8.	Дослідження спектру ртутної лампи за допомогою гоніометра та ртутної лампи. <i>Лабораторний практикум: [14]</i>
9.	Дослідження дисперсії призми за допомогою гоніометра та ртутної лампи. <i>Лабораторний практикум: [14]</i>



## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів має на меті розвиток творчих здібностей та активізація їх розумової діяльності, формування потреби безперервного самостійного поповнення знань та розвиток морально-вольових зусиль. Завданням самостійної роботи студентів є навчити студентів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його та формування навичок до щоденної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- виконання підготовчої роботи до лабораторних, практичних занять та до написання МКР;
- виконання РГР;
- підготовка до складання семестрового контролю.

## Політика та контроль

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного складання екзамену. В разі великої кількості пропусків студент може бути недопущений до екзамену.

### Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50 % від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

### Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі — атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами<sup>1</sup>.

Термін атестації	Перша атестація 8-й тиждень	Друга атестація 14-й тиждень
Критерій: поточний контроль	≥ 20 балів	≥ 30 балів

### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

<sup>1</sup>Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.



## Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

## Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є модульна контрольна робота (МКР), розрахунково-графічна робота (РГР) та семестровий контроль.

### Активність на практичних заняттях

На практичних заняттях за кожну самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 1 бал. Конструктивна ідея або вірна відповідь з «місця»: 0.5 балів. Можливі і інші варіанти оцінки роботи на розсуд викладача, що веде практику, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 10.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі у роботі на практичних заняттях.

### Лабораторні роботи

За кожну вчасно здану лабораторну роботу студент отримує дві оцінки за експериментальну та теоретичну частину (наприклад 5/4) згідно із п'яти-бальною шкалою, або 100 бальною шкалою (на розсуд викладача, який веде лабораторні заняття). Перед кожною із атестацій та наприкінці семестру виводиться середня оцінка. Рейтингові бали нараховуються згідно із наступною схемою: середня оцінка за національною шкалою  $\times 4$ . Можливі і інші варіанти оцінки на розсуд викладача, що веде лабораторні роботи, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 20.

### Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота проводиться після завершення першої частини курсу «Оптика» проводиться протягом 2-х академічних годин на практичних заняттях. Вона складається з 4 задач і передбачає письмовий розв'язок задачі, подібних до тих, що розглядалися на практичних заняттях та під час виконання домашніх робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% балів — розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів — наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються.

## Розрахунково-графічна робота

РГР складається із двох частин і містить задачі, що задаються студентам для самостійної роботи після завершення кожної теми. Задачі оформлюються в окремому зошиті (або їх розв'язки оформлюються в електронному вигляді за допомогою  $\LaTeX$ ) послідовно за заданими темами і мають містити: умову, рисунок там, де необхідно, пояснення до формул, чіткі позначення, чисельні обрахунки, відповідь із розмірністю отриманої величини.

РГР приймається у два етапи. Захист першої частини РГР — проводиться протягом 2-х академічних годин на консультації після завершення першого розділу курсу «Оптика», другої частини — на останньому тижні на основному занятті і консультаціях. За кожний етап захисту дається максимум 10 балів. Студенту надається можливість захищати кожну половину розрахункової роботи до трьох разів. За кожну невдалу спробу призначаються штрафні задачі, кількість яких визначається на розсуд викладача, що проводить практику (загальна кількість не більше 5). У разі, якщо три спроби невдалі — студент, отримавши 10 штрафних балів, наприкінці семестру здає всю роботу повністю.

Можливі і інші варіанти оцінки на розсуд викладача, що веде практику, проте загальна кількість балів за РГР не більше 20.

Критерії оцінювання за один етап. На захисті студент повинен:

- показати зошит з не менш як 75% оформлених задач — до 2 балів здати для перевірки оформлену розрахункову роботу з необхідним мінімумом задач (90%), що визначається згідно із тематикою РГР. У разі необхідності виправити неправильні розв'язки — до 5 балів
- прокоментувати розв'язок довільно вибраних викладачем задач із розрахункової роботи (кількість задач визначається викладачем, але не менше 5).
- Розв'язати в присутності викладача штрафні задачі, кількість яких визначається на розсуд викладача, що проводить практику — до 10 балів.

## Умови допуску до екзамену

В таблиці наведені умови допуску до семестрового контролю.

№	Обов'язкова умова допуску до екзамену	Критерій
1	Поточний рейтинговий бал	$\geq 40$
2	МКР	виконана
3	РГР	здана

Додаткові умови допуску до екзамену, які заохочуються:

- Залучення при виконанні РГР нових програмних засобів та застосунків для візуалізації результатів обрахунків, оптимізації обрахунків, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).
- Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).
- Позитивний результат першої та другої атестації.

## Семестровий контроль (екзамен)

Екзамен приймається у 2 етапи і складається із двох частин. Перша частина (контрольна робота) — виконується в екзаменаційну сесію напередодні другого етапу і має тривалість 3 астрономічні години. Друга частина (усна частина) — усна відповідь за білетом (співбесіда), що містить два питання з теорії і проходить в окремий день (наступний або через день після проведення КР).

Контрольна робота передбачає роз'язок 4-х задач. Кількість балів за кожну задачу та відповідність набраних балів оцінці в університетській шкалі встановлюється викладачами в білетах до контрольної роботи, що готують і проводять її. Максимальний рейтинговий бал за контрольну роботу 15.

Загальна оцінка за екзамен складається із стартового рейтингу, отриманого протягом семестру, та рейтингових балів набраних під час екзамену. Рейтингові бали (максимум 25) за усний екзамен нараховуються згідно наступних критеріїв:

- від 20 до 25 — повна правильна відповідь, 95% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, формулювання та терміни точні, терміни роз'яснено, повна правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 15 до 20 — правильна відповідь, 80% інформації, наведено рисунки, позначення, є письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні але не повні, терміни роз'яснено, правильна відповідь на уточнюючі запитання
- від 10 до 15 — по суті правильна але неповна відповідь, 70% інформації, наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни по суті правильні але не повні, терміни не роз'яснено, правильна відповідь на більшість уточнюючих запитання
- від 5 до 10 — відповідь неповна, 50% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному правильні але не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання не повні
- від 0 до 5 — відповідь неповна, 30% інформації, не наведено рисунки та позначення, відсутні письмові коментарі щодо базових понять та законів, формулювання та терміни в основному не повні, терміни не роз'яснено, відповіді на уточнюючі запитання не повні або відсутні

Остаточна оцінка **RD** є сумою рейтингових балів отриманих за поточний контроль та балів отриманих на екзамені після співбесіди зі студентом.

№	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
1	Модульна контрольна робота	10	1	10
2	РГР	20	1	20
3	Практичні заняття	10	1	10
4	Лабораторні роботи	20	1	20
5	екзамен	40	1	40
	Всього			100

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Значення рейтингу	Оцінка ECTS
$95 \leq RD \leq 100$	відмінно
$85 \leq RD < 95$	дуже добре
$75 \leq RD < 85$	добре
$65 \leq RD < 75$	задовільно
$60 \leq RD < 65$	достатньо
$RD < 60$	незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота	не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** \_\_\_\_\_ професор, д.ф.-м.н., професор Парновський Сергій Людомирович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ)  
\_\_\_\_\_ доцент, к.т.н., доцент Іванова Віта Вікторівна  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ)  
\_\_\_\_\_ доцент, к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Сергій Миколайович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ)

**Ухвалено:** кафедрою фізики енергетичних систем (протокол № 7/21 від 2 червня 2021 р.)  
(повна назва кафедри)

**Затверджено:** методичною комісією ФТІ (протокол № 6 від 26 червня 2021 р.)  
(назва інституту)