

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра експериментальної фізики

Затверджено

на засіданні кафедри експериментальної фізики
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 7 від 07.06.2023 р.)

Завідувач кафедри



Анатолій ВОЛОШИНОВСЬКИЙ

Силабус

з навчальної дисципліни «Загальний фізичний практикум (оптика)»,
що викладається в межах ОПП «Комп'ютерні технології в прикладній фізиці»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Загальний фізичний практикум (оптика)
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія, 8, м. Львів, 79005
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліни	фізичний факультет, кафедра експериментальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	Рудиш Мирон Ярославович, к.ф.-м.н., доцент кафедри експериментальної фізики; Антоняк Олег Тарасович, к.ф.-м.н., доцент кафедри експериментальної фізики.
Контактна інформація викладачів	oleh.antonyak@lnu.edu.ua , o.antonyak@gmail.com
Консультації по дисципліні відбуваються	Консультації в день лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/optyka-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Загальний фізичний практикум (оптика)» є нормативною навчальною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається у 4-му семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Загальний фізичний практикум (оптика)» є складовою предмету «Оптика», який займає центральне місце серед інших дисциплін загальної фізики у профілюючій підготовці студентів фізичних і технічних спеціальностей. Розуміння явищ та законів електромагнетизму дають змогу опанувати інші важливі дисципліни на фізичному факультеті. Підготовка висококваліфікованого фізика має опиратись на фундаментальні знання, які набуваються й під час лабораторних занять. Ґрунтовні знання з фізики є фундаментом для різних галузей науки і техніки, зокрема і сучасної електроніки.
Мета та цілі дисципліни	<p>Мета – вивчити основні закони оптики, сучасні уявлення про природу світла, їх пояснення та застосування в процесі виконання лабораторних робіт. Ознайомити студентів з основними здобутками фізики у галузі оптики, показати експериментальні прояви головних її закономірностей, їх значення для пізнання природи та для практики, окреслити очікувані перспективи її розвитку.</p> <p>Завданням курсу є формування в студентів знань та умінь, необхідних для розуміння законів класичної оптики, взаємодії світлових пучків між собою та з речовиною, питань хвильової та корпускулярної природи світла, явищ в області слабких та сильних світлових пучків.</p> <p>Здобути навички роботи з оптичними інструментами та приладами, методами дослідження оптичних параметрів речовин необхідними для застосування на практиці та у фізичному експерименті.</p>
Література для вивчення дисципліни	<p>Базова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Романюк М.О. Оптика : підручник / М.О. Романюк, А.С. Крочук, І.П. Пашук; за ред. проф. М.О. Романюка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2012. – 564 с. 2. Антоняк О.Т. Загальна фізика : підгрунтя оптики : навч. посіб. / О.Т. Антоняк, В.Й.Стадник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 216 с. 3. Горбань І.С. Оптика. – К.: Вища школа. 1979.

	<p>4. М.Колінько, І.Пашук, І.Стефанський. Оптичний практикум. Ч.1 – Львів: ЛНУ, 2000.</p> <p>5. Колінько М. І., Пашук І.П., Стефанський І.В. Оптичний практикум. Ч. 2. – Львів : Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка 2004. – 70 с.</p> <p>Допоміжна:</p> <p>1. Кучерук І.Н. Горбачук І.Г. Загальний курс фізики. Т.3. – К.: Техніка. 1999.</p> <p>2. Білий М.У., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика. – К.: Вища школа. 1987.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <p>3. Wikipedia. http://www.wikipedia.org</p>
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг дисципліни	90 годин, з яких 48 годин аудиторних занять, з них 48 годин лабораторних занять та 42 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК 6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p>ЗК 8. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>ЗК 10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності:</p> <p>СК 1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.</p> <p>СК 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження</p> <p>СК 5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.</p> <p>СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.</p> <p>СК 8. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах</p> <p>Програмні результати навчання:</p> <p>ПРН 01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН 02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.</p> <p>ПРН 03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН 04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.</p> <p>ПРН 05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.</p> <p>ПРН 12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.</p>

	<p>У результаті вивчення даного курсу студент повинен .</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основні властивості світлових пучків, їх взаємодію між собою та з речовиною, можливості практичного використання законів оптики, а також фундаментальні закономірності оптики рухомих середовищ, методи генерації світла, обґрунтування хвильової та корпускулярної природи світла, закономірності та можливості нелінійної оптики. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Провести прості вимірювання оптичних характеристик речовини (поглинання світла, дисперсію показників заломлення, спектри свічення твердих тіл і газів, склад і вміст сумішей газів та конденсованих систем), характеристики світлових пучків (інтенсивність, поляризація, когерентність), розшифрувати класичні інтерференційні та прості дифракційні картини, визначати головні характеристики інтерференційних, дифракційних, дисперсійних та лінзових систем, юстувати такі прості системи. <p>Уміти розраховувати параметри простих оптичних приладів, світлових пучків та фізичних характеристик речовин на базі закономірностей, висвітлених у програмі курсу.</p>
Ключові слова	<ul style="list-style-type: none"> • закони геометричної оптики; • інтерференція світла; • дифракція світла; • поляризація світла; • дисперсія світла; • оптика анізотропних середовищ; • оптичні параметричні ефекти у прозорих середовищах • квантові властивості світла; • розсіювання світла; • люмінесценція; • лазери.
Формат дисципліни	Очний
	проведення консультацій для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл. 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують знати: Механіку, Молекулярну фізику, Електрику і магнетизм, Математичний аналіз, Аналітичну геометрію, Диференціальні та інтегральні рівняння.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання дисципліни	<ul style="list-style-type: none"> • словесні методи – розповідь, пояснення, бесіда; • наочні методи – ілюстрація, демонстрація; • практичні методи – експеримент; • дослідницькі методи – спостереження і систематизація фактів; • методи контролю та самоконтролю у навчанні.
Необхідне обладнання	Лабораторні заняття – обладнання навчальної лабораторії оптики та кристалофізики (лабораторії загального оптичного практикуму) (оптична лава з рейтерами, освітлювач, екран, набір лінз, лінійка, світлофільтри, зорова труба, гоніометр Г-5, скляна призма, ртутна лампа з блоком живлення, рефрактометр Аббе, інтерферометр лабораторний ИТР-2, лазер ЛГН-105, поляризатор, фотодіод, мікроамперметр, вимірювальний мікроскоп, рефрактометр Пульфріха

	<p>ИРФ-23, монохроматор УМ-2, неонова лампа ТН-20, генератор електричного розряду, кварцовий спектрограф ИСП-22, дуговий генератор ДГ-2, поляриметр, фотопомножувач ФЕУ-39, поляроїд, набір поглинаючих зразків, пірометр з акумулятором.</p>														
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Підсумковий контроль у вигляді заліку проводиться за умови виконання та захисту студентами всіх виконаних лабораторних робіт та оцінюється сумою відповідних балів. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: допуск до лабораторної роботи, захист лабораторних робіт – $15 \times 6 = 90$ балів. Підсумкове заняття – 10 балів. Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Шкала оцінювання лабораторної роботи</p> <table border="1" data-bbox="518 667 1476 1886"> <thead> <tr> <th data-bbox="518 667 635 707">Бали</th> <th data-bbox="635 667 1476 707">Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="518 707 635 1003">6</td> <td data-bbox="635 707 1476 1003">Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт з виконання роботи, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1003 635 1223">4-5</td> <td data-bbox="635 1003 1476 1223">Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, при оформленні допущено незначні помилки, самостійно робить висновки, на захисті, за винятком несуттєвих фізичних неточностей, продемонстрував глибокий рівень знань.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1223 635 1406">3</td> <td data-bbox="635 1223 1476 1406">Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, зробив правильні висновки або їх частину, на захисті продемонстрував середній рівень знань.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1406 635 1626">2</td> <td data-bbox="635 1406 1476 1626">Студент виконав експеримент відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1626 635 1809">1</td> <td data-bbox="635 1626 1476 1809">Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1809 635 1886">0</td> <td data-bbox="635 1809 1476 1886">Не представлено до захисту звіту з відповідної тематичної лабораторної роботи здобувачем.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Додаткові бали (до 10 включно) можна отримати за написання тез, статті, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни.</p>	Бали	Критерії оцінювання	6	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт з виконання роботи, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.	4-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, при оформленні допущено незначні помилки, самостійно робить висновки, на захисті, за винятком несуттєвих фізичних неточностей, продемонстрував глибокий рівень знань.	3	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, зробив правильні висновки або їх частину, на захисті продемонстрував середній рівень знань.	2	Студент виконав експеримент відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.	1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.	0	Не представлено до захисту звіту з відповідної тематичної лабораторної роботи здобувачем.
Бали	Критерії оцінювання														
6	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт з виконання роботи, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.														
4-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, при оформленні допущено незначні помилки, самостійно робить висновки, на захисті, за винятком несуттєвих фізичних неточностей, продемонстрував глибокий рівень знань.														
3	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи, зробив правильні висновки або їх частину, на захисті продемонстрував середній рівень знань.														
2	Студент виконав експеримент відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.														
1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.														
0	Не представлено до захисту звіту з відповідної тематичної лабораторної роботи здобувачем.														

	<p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Додаткові бали можна отримати за результатами неформального та/або інформального навчання по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання для контролю виконання лабораторних робіт</p>	<p>Рівняння Максвелла, хвильове рівняння. Система векторів електромагнітної хвилі. Втрата фази при відбиванні від діелектрика. Фізичний зміст показника заломлення (Гюйгенса, Ньютона). Зв'язок показника заломлення з характеристиками речовини (Максвелла). Когерентні джерела світла. Часова і просторова когерентність. Таутохронізм. Хід променів у схемах біпризми, білінзи, дзеркалі Ллойда. Характеристики інтерференційних схем. Схема Юнга, вираз для різниці ходу, умови екстремумів. Зв'язок між розмірами джерела та апертурою інтерференції. Опис картини двопроменевої інтерференції. Особливості багатопроменевої інтерференції. Інтерферометр Жамена. Інтерферометр Майкельсона. Пластинка Луммера-Герке. Інтерферометр Фабрі-Перо. Кольори тонких плівок. Вираз для різниці ходу. Смуги рівної товщини та їх локалізація. Смуги рівного нахилу та їх локалізація. Застосування інтерференції – фільтри, просвітлена оптика,</p>

діелектричні дзеркала.
Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля.
Зони Френеля.
Зонні пластинки.
Пояснення прямолінійності поширення світла.
Графічне складання амплітуд: точкове джерело, круглий отвір, півплощина, щілина.
Дифракція на щілині.
Дифракційна ґратка.
Амплітудні та фазові решітки, синусоїдальна решітка.
Умови екстремумів при дифракції на щілині та на ґратці.
На що впливають співвідношення розмірів прозорої і непрозорої компонент сталої ґратки?
Скісне падіння світла на ґратку.
Характеристики ґратки: дисперсія, роздільна здатність, область дисперсії.
Дифракція на багатомірних структурах.
Умови Лауе, формула Вульфа-Брегга.
Голографія: властивості зображення, отримання голограми, відтворення зображення, застосування.
Голографія Денисюка.
Геометрична оптика – умови її застосування. Принцип Ферма.
Заломлення світла на сферичній поверхні – знаки кутів та відрізків.
Нуль-інваріант Аббе.
Інваріант Лагранжа-Гельмгольца.
Формула лінзи. Товста лінза.
Оптична система. Головні поверхні, їх положення.
Лупа, хід променів, збільшення.
Роздільна здатність мікроскопа, хід променів, збільшення.
Дифракційна теорія зображення у мікроскопі.
Телескоп. Хід променів, збільшення.
Зоряний інтерферометр Майкельсона.
Аберації оптичних систем.
Поляризація світла при відбиванні та заломленні.
Формули Френеля – схема виведення, їх вигляд для відбитого пучка.
Кут Брюстера, його фізичне пояснення.
Нормальна та аномальна дисперсія світла.
Електронна теорія дисперсії світла.
Рефракція, її застосування.
Методи вимірювання показника заломлення.
Показник поглинання.
Дисперсія призми.
Анізотропія кристалів.
Вектори електромагнітної хвилі у кристалах.
Оптична індикатриса. Оптичні осі.
Складання перпендикулярних коливань, аналіз поляризованого світла.
Інтерференція поляризованих променів. Пропускання поляризаційно-оптичної системи.
Лінійне двопроменезаломлення. Застосування поляризованого світла.
Поляризатори і компенсатори.
Циркулярне двопроменезаломлення.
Повертання площини поляризації.
Електрооптичний ефект, опис, застосування.
Ефект Фарадея.

	<p>Групова і фазова швидкість світла. Формула Релея. Ефект Доплера. Закони зовнішнього фотоефекту. Формула Айнштейна для фотоефекту. Властивості фотона. Пояснення зовнішнього фотоефекту на основі хвильової та корпускулярної теорії світла. Застосування фотоефекту. Світловий тиск. Абсолютно чорне тіло. Основні закономірності його випромінювання. Формула Планка. Спонтанне та вимушене випромінювання. Розсіювання світла. Оптичні квантові генератори – енергетична будова активного середовища. Будова оптичного квантового генератора.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Загальний фізичний практикум (оптика)»

Тиж-день	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1	Вступне заняття.	Лабор. заняття – 3 год.	Б:1-3, 5 Д: 1	1 тиждень
2	Визначення фокусної віддалі лінз.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1	1 тиждень
3	Вивчення похибок (аберацій) лінз.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:2,3 Д: 1,2	1 тиждень
4	Вивчення зорової труби та мікроскопа. Визначення показника заломлення твердих тіл за допомогою мікроскопа.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1,2	1 тиждень
5	Визначення показника заломлення, дисперсії та роздільної здатності призми за допомогою гоніометра.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1,2	1 тиждень
6	Визначення показника заломлення рідин за допомогою рефрактометра Аббе.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-4 Д: 1,2	1 тиждень
7	Вивчення випромінювання оптичного квантового генератора на суміші гелію і неону.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1	1 тиждень
8	Визначення радіуса кривизни лінзи і довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютона.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-4 Д: 1	1 тиждень
9	Визначення довжини хвилі монохроматичного світла за допомогою біпризми Френеля.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1,2	1 тиждень

10	Вивчення дифракційної ґратки.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1,2	1 тиждень
11	Градуювання монохроматора та якісний аналіз газів.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:3 Д: 1	1 тиждень
12	Вивчення основних явищ поляризації світла.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:3 Д: 1,2	1 тиждень
13	Вивчення явища повертання площини поляризації світла.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:3 Д: 1,2	1 тиждень
14	Вимірювання температури розжарених тіл за допомогою оптичного пірометра та визначення постійної Стефана-Больцмана.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1	1 тиждень
15	Вивчення основних законів зовнішнього фотоефекту. Визначення постійної Планка та роботи виходу методом запірного потенціалу.	Лабор. заняття – 3 год. самостійна робота – 3 год.	Б:1-3 Д: 1,2	1 тиждень
16	Підсумкове заняття	3 год.	Б:1-5 Д: 1,2	1 тиждень