

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра математики, фізики та методик їх навчання



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізико-математичного факультету

Каленик М.В.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 31 » серпень 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Оптика

(назва навчальної дисципліни)

галузь знань

01 Освіта/ Педагогіка

(шифр і назва галузі знань)

спеціальність

014 Середня освіта (Фізика)

(шифр і назва)

освітня-програма/програми

Середня освіта (Фізика. Математика) першого

(бакалаврського) рівня вищої освіти

(назва)

мова навчання

українська

Погоджено науково-методичною комісією
фізико-математичного факультету

« 31 » серпень 2023 р.

Голова

07

Одінцова О.О.,

канд. фіз.-мат. наук, доцент

(ПІБ, науковий ступінь, вч. звання)

Суми - 2023

Розробник:

Салтиков Д.І., доктор філософії (природничі науки), ст. викладач кафедри математики, фізики та методик їх навчання

Робоча програма розглянута і схвалена на засіданні кафедри математики, фізики та методик їх навчання

Протокол № 1 від «31» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри,

доктор педагогічних наук, професор  Чашечникова О.С.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Бакалавр	Обов'язкова	
		Рік підготовки:	
3-й		-й	
Семестр			
1-й		-й	
Лекції			
44 год.		год.	
Практичні, семінарські			
54 год.		год.	
Лабораторні			
-		-	
Самостійна робота			
110 год.		год.	
Консультації:			
2 год.	год.		
Вид контролю: екзамен			
Загальна кількість годин - 210			

1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Оптика» є формування у студентів фізичної картини світу; вивчення методологічних узагальнень, які витікають із аналізу оптичних явищ; підкреслення зв'язків оптичних явищ та теорією з іншими розділами сучасної фізики і техніки.

Предметом вивчення «Оптики» є вивчення основних законів, властивостей та принципів взаємодії з речовиною електромагнітного поля в оптичному діапазоні довжини хвилі світла.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти самостійно опрацьовувати питання оптики за літературними джерелами; використовувати математичний апарат для викладання оптичних явищ та законів; проводити лабораторні дослідження, включаючи роботу на сучасних приладах; організувати та провести практикум з оптики та проводити заняття по вирішенню задач; самостійно складати творчі завдання для учнів тощо та знати основні принципи та закони оптики та їх сучасне теоретичне обґрунтування; методи спостереження та вивчення оптичних явищ та їх використання у сучасній науці і техніці; оптичні явища що витікають із квантової електроніки, нелінійної оптики, голографії тощо.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення курсу «Оптика» передбачає наявність систематизованих та ґрунтовних знань шкільного курсу фізики, із суміжних курсів загальної фізики («Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика та магнетизм»), з курсу «Елементарна математика», умінь і навичок цілеспрямованої роботи з навчальною літературою, здатність до самоосвіти.

3. Результати навчання за дисципліною

Знання	ПРЗ 1	Демонструє знання та розуміння основ загальної та теоретичної фізики та математики.
	ПРЗ 7	Знає основи безпеки життєдіяльності, безпечного

		використання обладнання кабінету фізики.
	ПРЗ 8	Знає основні історичні етапи розвитку фізики та математики.
Уміння	ПРУ 1	Аналізує фізичні явища і процеси з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів.
	ПРУ 2	Володіє методикою проведення сучасного фізичного експерименту, здатний застосовувати всі його види у навчальному процесі з фізики.
	ПРУ 3	Розв'язує задачі різних рівнів складності шкільного курсу фізики та математики.
	ПРУ 4	Користується математичним апаратом фізики, використовує математичні та числові методи, які часто застосовуються у фізиці.
	ПРУ 7	Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних технологій.
	ПРУ 8	Самостійно вивчає нові питання фізики, математики та методики їх навчання за різноманітними інформаційними джерелами та вміє критично їх оцінювати.
	ПРУ 9	Формує в учнів основи цілісної наукової картини світу через міжпредметні зв'язки, відповідно до вимог державного стандарту в основній (базовій) середній школі.
Комунікація	ПРК 2	Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства і шляхи вирішення його глобальних проблем.

4. Критерії оцінювання результатів навчання

Шкала ЄКТС	Критерії оцінювання навчальних досягнень студента
А	Повно та ґрунтовно засвоїв всі теми навчальної програми, вміє вільно та самостійно викласти зміст всіх питань програми навчальної дисципліни, розуміє її значення для своєї професійної підготовки, повністю виконав усі лабораторні роботи, завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
В	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв окремі питання робочої програми. Вміє самостійно викласти зміст основних питань програми навчальної дисципліни, виконав усі лабораторні роботи, завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
С	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв деякі теми робочої програми, не вміє самостійно викласти зміст деяких питань програми навчальної дисципліни. Окремі лабораторні роботи, завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому виконав не повністю.
D	Засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вміє вільно самостійно викласти зміст основних питань навчальної дисципліни. Окремі лабораторні роботи, завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю не виконав.
Е	Засвоїв лише окремі питання навчальної програми. Не вміє достатньо самостійно викласти зміст більшості питань програми навчальної дисципліни. Виконав лише окремі лабораторні роботи, завдання кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
F	Не засвоїв більшості тем навчальної програми не вміє викласти зміст більшості основних питань навчальної

	дисципліни. Не виконав більшості лабораторних робіт, завдань кожної теми та поточного і підсумкового контролю в цілому.
FX	Не засвоїв навчальної програми, не вміє викласти зміст кожної теми навчальної дисципліни, не виконав лабораторних робіт, завдань поточного і підсумкового контролю.

Розподіл балів

Поточний контроль																				Сам. робота					
РОЗДІЛ 1		РОЗДІЛ 2			РОЗДІЛ 3				РОЗДІЛ 4				РОЗДІЛ 5			РОЗДІЛ 6			РОЗДІЛ 7		РОЗДІЛ 8		Сума		
T 1.1	T 1.2	T 2.1	T 2.2	T 2.3	T 3.1	T 3.2	T 3.3	T 3.4	T 4.1	T 4.2	T 4.3	T 4.4	T 5.1	T 5.2	T 5.3	T 5.4	T 6.1	T 6.2	T 6.3	T 6.4	T 7.1	T 7.2	T 8.1	T 8.2	75
Поточний контроль																				20					
2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2		2	2	2	2	2
Контроль самостійної роботи																									
2	2	3			3			3			3			2		2								100	
																				Підсумковий (екз.)					
																				Загальна сума					

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену, заліку, курсового проекту (роботи), практики

90 – 100	A	відмінно
82 - 89	B	добре
74 - 81	C	
64 - 73	D	задовільно
60 - 63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
1 - 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

5. Засоби діагностики результатів навчання

Важливим елементом навчального процесу при вивченні дисципліни «Оптика» є поточний та підсумковий контроль рівня знань студентів, що свідчить про засвоєння вивченого матеріалу, рівень підготовки студентів для виконання передбачених завдань. Контроль знань дозволяє оцінювати та вимірювати здобуті студентами в процесі навчання знання, уміння та навички, відіграє важливу роль у забезпеченні належного рівня підготовки фахівців.

Поточний контроль здійснюється у двох формах:

- контроль систематичності та активності роботи студентів протягом семестру при вивченні програмного матеріалу дисципліни;
- проміжний контроль.

В ході поточного контролю оцінці підлягають:

- самостійна робота;
- результати роботи на практичних заняттях;
- результати поточного тестування, письмових робіт.

Підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, і в терміни, встановлені навчальним планом.

Оцінювання видів поточної та підсумкової роботи студентів здійснюється за бальною шкалою в залежності від рівня знань.

Зазначені форми контролю тісно взаємопов'язані та здійснюються таким чином, щоб стимулювати ефективну роботу студентів протягом семестру та

забезпечити об'єктивне оцінювання їх знань. За результатами оцінювання засвоєння студентами теоретичного матеріалу та виконання практичного завдання визначається рівень засвоєння програмного матеріалу та виставляється диференційована підсумкова оцінка за бальною шкалою, що характеризує успішність студента.

6. Програма навчальної дисципліни

6.1. Інформаційний зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ВСТУП

Тема 1.1. Предмет та об'єкт дослідження оптики. Короткий історичний огляд розвитку вчення про світло. Основні властивості світла (електромагнітна теорія світла, квантові властивості світла, корпускулярно-хвильовий дуалізм, оптичний спектр, джерела світла).

Тема 1.2. Основні фотометричні енергетичні і світлові величини та одиниці їх вимірювання. Закони фотометрії.

Розділ 2. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА

Тема 2.1. Накладання світлових хвиль. Принцип суперпозиції. Когерентність. Часова та просторова когерентність хвиль. Інтерференція. Одержання когерентних хвиль в оптиці. Двопроменева інтерференція. Поділ фронту хвилі природного джерела світла. Метод Юнга. Дзеркало Френеля. Біпризма Френеля. Дзеркало Ллойда та ін.

Тема 2.2. Двопроменева інтерференція. Поділ амплітуди світлової хвилі. Інтерференція в плоско паралельному шарі (смуга однакового нахилу). Інтерференція в клиновидному шарі (смуга рівної товщини – кільця Ньютона).

Тема 2.3. Поняття про багатопроменеву інтерференцію. Застосування інтерференції в науці і техніці. Інтерферометри.

Розділ 3. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

Тема 3.1. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Прямолінійне поширення світла і дифракція. Дифракція Френеля на круглому отворі, на круглому екрані, від краю напівобмеженої площини.

Тема 3.2. Дифракція Фраунгофера від однієї та двох щілин. Дифракція Фраунгофера від багатьох щілин. Дифракційна решітка. Дисперсія та роздільна здатність дифракційної решітки.

Тема 3.3. Дифракція від багатовимірних решіток. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Брегга. Фізичні основи голографії.

Розділ 4. ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Тема 4.1. Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики. Принцип Ферма.

Тема 4.2. Відбивання світла на плоских та сферичних поверхнях. Дзеркало.

Тема 4.3. Тонка лінза. Формула лінзи. Оптична сила лінзи. Аберация лінз.

Тема 4.4. Оптичні прилади (лупа, мікроскоп, телескоп). Світосила і роздільна здатність оптичних приладів. Око і зір.

Розділ 5. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА

Тема 5.1. Електромагнітна теорія відбивання і заломлення світла на межі поділу однорідних ізотропних середовищ. Формула Френеля. Поляризація світла на межі двох діелектриків. Закони Брюстера.

Тема 5.2. Поширення світла в однорідному середовищі. Одновісні і двовісні кристали. Подвійне променезаломлення. Поляризатори. Закон Малюса. Графічний метод Гюйгенса побудови заломлених променів в одновісних кристалах.

Тема 5.3. Інтерференція лінійно поляризованих хвиль. Еліптична і колова поляризація.

Тема 5.4. Штучна оптична анізотропія при деформаціях та в електричних і магнітних полях. Ефект Керра. Обертання площини поляризації світла. Поляриметри.

Розділ 6. ДИСПЕРСІЯ. ПОГЛИНАННЯ ТА РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА

Тема 6.1. Дисперсія світла. Нормальна і аномальна дисперсія. Електронна теорія дисперсії світла.

Тема 6.2. Поглинання світла. Застосування явищ дисперсії і поглинання світла для визначення спектрального складу випромінювання.

Тема 6.3. Фазова та групова швидкість. Ефект Вавілова-Черенкова.

Тема 6.4. Розсіювання світла в неоднорідному середовищі. Закон Релея. Поляризація розсіяного світла. Молекулярне розсіювання світла. Поняття про комбінаційне світло. Оптичні явища в атмосфері.

Розділ 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

Тема 7.1. Швидкість світла та методи її вимірювання. Оптика рухомих середовищ.

Тема 7.2. Експериментальні основи спеціальної теорії відносності. Ефект Доплера.

6.2. Структура та обсяг навчальної дисципліни

№ теми	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Денна форма				
		Усього	у тому числі			
лек	кон.		пр.	сп		
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Вступ.						
1.1	Предмет та дослідження оптики. Короткий історичний огляд розвитку вчення про світло. Основні властивості світла (електромагнітна теорія світла, квантові властивості світла, корпускулярно-хвильовий дуалізм, оптичний спектр, джерела світла)	6	2	-	-	4
1.2	Основні фотометричні енергетичні і світлові величини та одиниці їх вимірювання. Закони фотометрії	14	2	-	8	4
Розділ 2. Інтерференція світла.						
2.1	Накладання світлових хвиль. Принцип суперпозиції. Когерентність. Часова та просторова когерентність хвиль. Інтерференція . Одержання когерентних хвиль в оптиці. Двопроменева інтерференція. Поділ фронту хвилі природного джерела світла. Метод Юнга. Дзеркало Френеля. Біпризма Френеля. Дзеркало Ллойда та ін.	11	2		4	5
2.2	Двопроменева інтерференція. Поділ амплітуди світлової хвилі. Інтерференція в плоско паралельному шарі (смуга однакового нахилу). Інтерференція в клиновидному шарі (смуга рівної товщини – кільця Ньютона)	10	2		4	4
2.3	Поняття про багатопроменеву інтерференцію. Застосування інтерференції в науці і техніці.	8	2		-	6

	Інтерферометри.					
Розділ 3. Дифракція світла.						
3.1	Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Прямолінійне поширення світла і дифракція. Дифракція Френеля на круглому отворі, на круглому екрані, від краю напівобмеженої площини.	8	2		2	4
3.2	Дифракція Фраунгофера від однієї та двох щілин. Дифракція Фраунгофера від багатьох щілин. Дифракційна решітка. Дисперсія та роздільна здатність дифракційної решітки.	10	2		4	4
3.3	Дифракція від багатовимірних решіток. Дифракція рентгенівських променів. Формула Вульфа-Брегга. Фізичні основи голографії	8	2		2	4
Розділ 4. Геометрична оптика.						
4.1	Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики. Принцип Ферма.	9	2		2	5
4.2	Відбивання світла на плоских та сферичних поверхнях. Дзеркало.	8	2		2	4
4.3	Тонка лінза. Формула лінзи. Оптична сила лінзи. Аберация лінз.	10	2		4	4
4.4	Оптичні прилади (лупа, мікроскоп, телескоп). Світосила і роздільна здатність оптичних приладів. Око і зір.	10	2		2	6
Розділ 5. Поляризація світла.						
5.1	Електромагнітна теорія відбивання і заломлення світла на межі поділу однорідних ізотропних середовищ. Формула Френеля. Поляризація світла на межі двох діелектриків. Закони Брюстера.	11	2		4	5
5.2	Поширення світла в однорідному середовищі. Одновісні і двовісні кристали. Подвійне променезаломлення. Поляризатори. Закон Малюса. Графічний метод Гюйгенса побудови заломлених променів в одновісних кристалах.	9	2		2	5
5.3	Інтерференція лінійно поляризованих хвиль. Еліптична і колова поляризація.	7	2		-	5
5.4	Штучна оптична анізотропія при деформаціях та в електричних і магнітних полях. Ефект Керра. Обертання площини поляризації світла. Поляриметри.	9	2		2	5
Розділ 6. Дисперсія поглинання та розсіювання світла.						

6.1	Дисперсія світла. Нормальна і аномальна дисперсія. Електронна теорія дисперсії світла.	7	2		-	5
6.2	Поглинання світла. Застосування явищ дисперсії і поглинання світла для визначення спектрального складу випромінювання.	9	2		2	5
6.3	Фазова та групова швидкість. Ефект Вавілова-Черенкова.	9	2		2	5
6.4	Розсіювання світла в неоднорідному середовищі. Закон Релея. Поляризація розсіяного світла. Молекулярне розсіювання світла. Поняття про комбінаційне світло. Оптичні явища в атмосфері.	9	2		2	5
Розділ 7. Експериментальні основи спеціальної теорії відносності.						
7.1	Швидкість світла та методи її вимірювання. Оптика рухомих середовищ.	14	2		4	8
7.2	Експериментальні основи спеціальної теорії відносності. Ефект Доплера.	14	2	2	2	8
Усього годин		210	44	2	54	110

Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Предмет та дослідження оптики.	2	
2	Накладання світлових хвиль.	2	
3	Одержання когерентних хвиль в оптиці.	2	
4	Двопроменева інтерференція. Інтерференція в тонких плівках.	4	
5	Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля.	4	
6	Дифракція Фраунгофера від одної та багатьох щілин.	4	
7	Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики.	4	
8	Відбивання світла на плоских та сферичних поверхнях.	4	
9	Оптичні прилади.	2	
10	Поляризація світла. Закони Брюстера. Подвійне променезаломлення. Поляризатори. Закон Малюса.	4	
11	Штучна оптична анізотропія при деформаціях та в електричних і магнітних полях. Ефект Керра. Поляриметри.	2	

12	Дисперсія світла	2	
13	Розсіювання світла в неоднорідному середовищі.	4	
14	Швидкість світла та методи її вимірювання.	4	
Разом		44	

Теми практичних (семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Основні фотометричні величини та кількісні відношення між ними	6	
2	Двопроменева інтерференція. Інтерференційні схеми	4	
3	Двопроменева інтерференція. Інтерференція в тонких плівках. Інтерферометри	6	
4	Семінар «Інтерференція світла»	2	
5	Дифракція. Зони Френеля. Дифракція Френеля. Дифракція Фраунгофера	4	
6	Дифракційна решітка. Дисперсія та роздільна здатність дифракційної решітки	4	
7	Контрольна робота	2	
8	Закони геометричної оптики. Явище повного внутрішнього відбиття. Відбивання та заломлення світла на плоских та сферичних поверхнях. Дзеркала.	4	
9	Тонкі лінзи	4	
10	Оптичні прилади	2	
11	Поляризація світла на межах двох ізотропних середовищ. Закон Брюстера. Поляризація при подвійному променезаломленні. Закон Малюса. Поляризатори і аналізатори. Ступінь поляризації	6	
12	Семінар «Поляризація світла»	2	
13	Семінар «Дисперсія світла. Поглинання та розсіювання світла»	4	
14	Швидкість світла. Основи спеціальної теорії відносності. Ефект Доплера.	2	
15	Контрольна робота	2	
Разом		54	

7. Рекомендовані джерела інформації

1. Цмоць В. Оптика. Навчальний посібник для студентів педагогічних університетів.–Дрогобич: Коло, 2005.–358 с.
2. Палехін В. П. Курс фізики : підручник / В. П. Палехін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 516 с.
3. Бушок Г.Ф., Вангер Є.Ф. Курс фізики. Оптика. Атомна і ядерна фізика. Книга 2.–К.: Вища школа, 2002.– 376 с.
4. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики : Учеб. пособие для вузов / В.С.Волькенштейн. – 10-е изд., перераб. – М : Наука, 1979. – 351с.
5. Кікоїн І.К., Кікоїн А.К., Оптика. – К.:Радянська школа, 1968.–476 с.
6. Ландсберг, Г.С. Оптика : Учебник для студентов физических спец. вузов. / Г.С.Ландсберг. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 926с.
7. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 2. / И.В.Савельев. – Изд. 4-е, перераб. – М. : Наука, 1988. – 431с. : илл.
8. Білий, М.У. Загальна фізика: Оптика: Навч. посібник для студ. пед. ін-ту. / М.У.Білий, А.Ф.Скубенко. – К. : Вища школа, 1987. – 376с.
9. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : Для физ. спец. вузов. Т. 4. Оптика. / Д.В.Сивухин. – 2-е изд., испр. – М. : Наука, 1985. – 751с. : илл.
10. Трофимова Т.И. Курс физики. М., Наука 1985
11. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : Навч. посібник у 3 т. Т. 3. Оптика. Квантова фізика/ І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук , П.П.Луцик. За ред. І. М. Кучерука. - Київ : Техніка, 2006. – 269 с.
12. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика. -К : Вища школа.,1991.. 431 с.
13. Сергієнко В.П. Фізика: підруч. [для підготов. відділень вищ. навч. закл.] / В.П. Сергієнко, М.І. Садовий,О.М. Трифонова. – [2-ге вид.] – Кіровоград: ПП «Ексклюзив Систем», 2008. – 698 с.
14. Гаркуша І. П. Загальний курс фізики. Збірник задач / І. П. Гаркуша та [ін.]. – Київ: Техніка, 2004. – 560 с.

15. Фізика [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. М. Гоков. — Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. — 277 с.
16. Фізика: підручник: у 2-х кн. / П. П. Чолпан. — 3-тє вид., перероб. і доп. — К. : Знання, 2015. — 663 с.

8. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

1. Біпризма Френеля.
2. Випрямляч ВС-24.
3. Гоніометр.
4. Дифракційна решітка з періодом 1/1000 см.
5. Екран.
6. Зорова труба з вимірювальним окуляром (з окулярною шкалою), закріплена на рейтері.
7. Лампа розжарювання.
8. Метрова стрічка.
9. Мікроскоп-мікрометр.
10. Металева пластинка з малим круглим отвором.
11. Набір діафрагм.
12. Набір збиральних лінз.
13. Набір розсіювальних лінз.
14. Напівтіньовий поляризатор.
15. Оптична лава.
16. Оптичний квантовий генератор (He-Ne – лазер).
17. Освітлювач зі шкалою, який має хрест на матовому склі.
18. Подвійна щілина.
19. Поляроїди.
20. Розсувна щілина.
21. Ртутно-кварцова лампа.
22. Рейтери з покажчиками для відліку.
23. Рефрактометр Аббе.
24. Розчин цукру різної концентрації.
25. Скляні світлофільтри.
26. Скляний матовий екран.

27.Стопа Столетова.

28.Фоторегістратор-фотодіод з електронним підсилювачем і мікроамперметром.

29.Чорне дзеркало.