

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/ОК5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
інформаційно-комп'ютерних
технологій

31 серпня 2023 р.,

протокол № 5

Голова Вченої ради

Тетяна НІКІТЧУК



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Фізика»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій в медицині та телекомунікаціях

Схвалено на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій в
медицині та телекомунікаціях

28.08.2023 р., протокол № 7

В.о. завідувача кафедри
Владислав ЧУХОВ

Гарант освітньо-професійної
програми

Віталій ЦИПОРЕНКО

Розробник: канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій в
медицині та телекомунікаціях КОЛОМІЄЦЬ Роман

Житомир
2023 – 2024 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. <u>13</u> / 2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів <u>4</u>	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»	<u>нормативна</u> (нормативна, за вибором)	
Модулів – <u>4</u>	Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – <u>4</u>		<u>2023/2024</u>	<u>-</u>
Загальна кількість годин - <u>120</u>		Семестр	
		<u>1</u>	<u>-</u>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних <u>4</u> самостійної роботи – <u>3,5</u>	Освітній ступінь «бакалавр»	Лекції	
		<u>32</u> год.	<u>-</u> год.
		Практичні	
		<u>-</u> год.	<u>-</u> год.
		Лабораторні	
		<u>32</u> год.	<u>-</u> год.
		Самостійна робота	
<u>56</u> год.	<u>-</u> год.		
		Вид контролю: <u>екзамен</u>	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53 % аудиторних занять, 47 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання – - % аудиторних занять, - % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів цілісного наукового обґрунтованого світогляду, отримання уявлення про безпосередній зв'язок між різними розділами фізики та повсякденним життям, а також розвиток знань про сучасні технології створення нових матеріалів, пристроїв, каналів передачі інформації тощо та розуміння важливості фізичних основ сучасного науково-технічного прогресу.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- показати структуру фізики та безпосередній зв'язок її розділів між собою та сучасними технологіями для формування цілісного наукового світогляду;
- дати уявлення про фізичні процеси, які протікають в ході багатьох звичних нам явищ (електрика та магнетизм, механічні явища, газові закони, фізика плазми тощо) для розуміння принципів роботи сучасних пристроїв прийому/передачі та оброблення інформації, інших електронних та механічних пристроїв;
- розвинути розуміння наукових методів пізнання природи та показати їх роль у розвитку сучасної науки і техніки.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **загальних компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

- КЗ 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- КЗ 5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **результатів навчання** за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

- РН 3. Використовувати результати самостійного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних джерел для ефективного рішення спеціалізованих задач професійної діяльності;
- РН 6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у навчанні та професійній діяльності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 4

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи класичної фізики. Механіка

Тема 1. Вступ до курсу фізики

Структура фізики як комплексу наук. Види фізичних взаємодій. Об'єкти вивчення у фізиці. Поняття агрегатного стану речовини. Поняття поля. Окремі розділи фізики як поєднання агрегатного стану речовини та виду фізичної взаємодії. Фундаментальні фізичні поняття: простір, час, матерія, поле, енергія, речовина, випромінювання, частинки, хвилі. Фізичні величини та їх одиниці вимірювання.

Тема 2. Речовина

Атоми і молекули. Еволюція уявлень людства про них. Приблизна будова атома (модель Резерфорда). Поняття хімічного елемента. Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва. Фізична природа хімічного зв'язку. Агрегатні стани речовини. Кристалічні ґратки. Густина і твердість. Деформації твердих тіл і пружність. Закон Гука. Модуль Юнга.

Тема 3. Класична механіка

Скалярні та векторні величини. Рух рівномірний та прискорений. Рух прямолінійний та обертальний. Закони Ньютона. Закон всесвітнього тяжіння. Прискорення вільного падіння. Імпульс. Момент імпульсу. Момент інерції. Плече сили та момент сили. Прості механізми: клин, гвинт та блок. «Золоте правило» механіки. Рухи планет. Закони Кеплера.

Тема 4. Релятивістська механіка

Причини виникнення релятивістської механіки. Постійність швидкості світла. Класичний закон додавання швидкостей. Перетворення Галілея та Лоренца. Основні положення загальної та спеціальної теорії відносності А. Ейнштейна. Сучасні уявлення про природу гравітаційної взаємодії.

Змістовий модуль 2. Окремі розділи класичної фізики

Тема 5. Фізика газів

Основи термодинаміки. Статистична фізика. Поняття ентропії та температури. Стала Больцмана. Поняття питомої теплоємності. Поняття ідеального та реального газів. Атмосферний тиск. Закон Менделєєва-Клапейрона.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 5

Основні газові процеси: ізотермічний, ізобарний, ізохорний, адіабатний. Закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака та Шарля. Цикл Карно. Перехід від рідкого агрегатного стану до газоподібного і навпаки. Питома теплота випаровування. Аеродинаміка. Число Маха.

Тема 6. Фізика рідин

Особливості рідкого агрегатного стану. Ламінарний та турбулентний потоки. Число Рейнольдса. Явища змочування. Капілярні явища. Кінематична в'язкість рідини та поверхневий натяг рідини. Закон Паскаля. Закон Бернуллі. Перехід від твердого агрегатного стану до рідкого і навпаки. Питома теплота плавлення. Діаграми плавлення.

Тема 7. Коливання та хвилі

Математичний та фізичний маятники. Поняття хвильового процесу. Повздовжні та поперечні хвилі. Довжина хвилі та частота. Власні та вимушені коливання. Резонанс. Енергія хвильового руху. Механічні хвилі у суцільному середовищі. Акустика. Ультразвук та його застосування у техніці. Ефект Доплера.

Тема 8. Оптика

Геометрична оптика. Закони відбиття та заломлення світла. Показник заломлення середовища. Хвильова оптика. Явища дифракції, інтерференції та дисперсії світла. Поляризація світла. Колір та довжина хвилі. Поняття про когерентне випромінювання. Лазери.

Змістовий модуль 3. Електрика та магнетизм

Тема 9. Електростатика

Поняття електричного заряду. Особливості взаємодії електричних зарядів. Закон Кулона. Електричне поле та його взаємодія з речовиною. Поляризація діелектриків. Електрична ємність. Конденсатори. Напруженість електричного поля.

Тема 10. Електричний струм

Електричний струм першого та другого родів. Основи класичної теорії електропровідності металів. Поняття електричного кола. Закон Ома для ділянки кола та для повного кола. Резистори. Закони Кірхгофа.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 6

Тема 11. Магнетизм

Магнітне поле. Сила Ампера. Явище та закон електромагнітної індукції. Абсолютна та відносна магнітна проникність речовини. Діа-, пара- та ферромагнетизм. Петля гістерезиса. Котушки індуктивності та трансформатори. Електричні двигуни постійного струму. Напруженість магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа.

Тема 12. Електродинаміка та електромагнітні хвилі

Закони Максвелла. Електромагнітне випромінювання. Е- та Н-площини. Шкала електромагнітних хвиль. Стандарти потужності випромінювання. Дальність поширення електромагнітних хвиль. Радіозв'язок. Антени.

Змістовий модуль 4. Фізика другої половини ХХ – початку ХХІ ст.

Тема 13. Фізика твердого тіла

Основи зонної теорії твердого тіла. Провідники, діелектрики та напівпровідники. *n-p*-перехід – основа сучасної електроніки. Явище надпровідності.

Тема 14. Фізика плазми

Рух заряджених частинок в однорідних електричних та магнітних полях. Поняття плазми. Ступінь іонізації плазми. Радіус Дебая. Діамагнетизм плазми. Випромінювання світла плазмою.

Тема 15. Фізика атомів

Ядра і частинки. Молекулярні та ядерні сили. Спектр абсолютно чорного тіла. Постулати Планка. Енергетичні рівні електронів в атомі. Модель Бора для атома водню. Спін. Принцип заборони Паулі. Порядок заповнення електронних оболонок.

Тема 16. Квантова фізика

Поняття елементарних частинок. Класифікація елементарних частинок. Бозе-частинки і фермі-частинки. Частинки із спіном 1. Частинки із спіном $\frac{1}{2}$. Симетрія та закони збереження. Кварки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 7

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції		самостійна робота	усього	лекції	практичні	самостійна робота
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Основи класичної фізики. Механіка								
Тема 1. Вступ до курсу фізики	5	2	-	3	-	-	-	-
Тема 2. Речовина	10	2	4	4	-	-	-	-
Тема 3. Класична механіка	10	2	4	4	-	-	-	-
Тема 4. Релятивістська механіка	5	2	-	3	-	-	-	-
<i>Разом за змістовий модуль 1</i>	30	8	8	14	-	-	-	-
Модуль 2								
Змістовий модуль 2. Окремі розділи класичної фізики								
Тема 5. Фізика газів	6	2	-	4	-	-	-	-
Тема 6. Фізика рідин	6	2	-	4	-	-	-	-
Тема 7. Коливання та хвилі	9	2	4	3	-	-	-	-
Тема 8. Оптика	9	2	4	3	-	-	-	-
<i>Разом за змістовий модуль 2</i>	30	8	8	14	-	-	-	-
Модуль 3								
Змістовий модуль 3. Електрика та магнетизм								
Тема 9. Електростатика	5	2	-	3	-	-	-	-
Тема 10. Електричний струм	10	2	4	4	-	-	-	-
Тема 11. Електродинаміка	9	2	4	3	-	-	-	-
Тема 12. Електромагнітні хвилі	6	2	-	4	-	-	-	-
<i>Разом за змістовий модуль 3</i>	30	8	8	14	-	-	-	-
Модуль 4								
Змістовий модуль 4. Фізика другої половини ХХ – початку ХХІ ст.								
Тема 13. Фізика твердого тіла	9	2	4	3	-	-	-	-
Тема 14. Фізика плазми	9	2	4	3	-	-	-	-
Тема 15. Фізика атомів	6	2	-	4	-	-	-	-
Тема 16. Квантова фізика	6	2	-	4	-	-	-	-
<i>Разом за змістовий модуль 4</i>	30	8	8	14	-	-	-	-
ВСЬОГО	120	32	32	56	-	-	-	-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 8

5. Теми практичних (лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
9	Лабораторна робота №1. Вимірювання густини твердих тіл правильної форми	4	-
10	Лабораторна робота №2. Вимірювання модуля Юнга	4	-
11	Лабораторна робота №3. Вивчення зіткнення куль	4	-
12	Лабораторна робота №4. Дослідження коливань математичного маятника	4	-
13	Лабораторна робота №5. Закон Ома	4	-
14	Лабораторна робота №6. Закони Кірхгофа	4	-
15	Лабораторна робота №7. Змінний струм. Основи роботи із електронним осцилографом	4	-
16	Лабораторна робота №8. Дослідження відбиття і заломлення світла	4	-
РАЗОМ		48	-

6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Вступ до курсу фізики

1. Фізичні величини та їх одиниці вимірювання
2. Фундаментальні фізичні константи Всесвіту

Тема 2. Речовина

1. Твердість та методи її визначення
2. Види кристалічних ґраток
3. Математичне описання кристалічних ґраток. Тензори та індекси Міллера

Тема 3. Класична механіка

1. Закони Кеплера
2. Момент інерції
3. Момент імпульсу та закон збереження моменту імпульсу
4. Сила Коріоліса

Тема 4. Релятивістська механіка

1. Дослід Мейкельсона – Морлі.
2. «Парадокс близнюків»
3. Основні положення загальної теорії відносності

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. <u>13</u> / 9

Тема 5. Фізика газів

1. Досліди Торрічеллі
2. Адіабатний процес
3. Цикл Карно
4. Фізичні принципи польоту літака. Підйомна сила та профіль крила.
5. Число Маха

Тема 6. Фізика рідин

1. Перехід від твердого агрегатного стану до рідкого і навпаки
2. Питома теплота плавлення
3. Діаграми плавлення

Тема 7. Коливання та хвилі

1. Акустика
2. Тональність і тембр музичних інструментів
3. Ультразвук та його застосування у техніці
4. Ефект Доплера.

Тема 8. Оптика

1. Поляризація світла
2. Вимірювання концентрації розчинів за допомогою поляризованого світла
3. Фотоколориметрія

Тема 9. Електростатика

1. Еквіпотенціальні поверхні
2. Сегнетоелектрики

Тема 10. Електричний струм

1. Основи класичної теорії електропровідності металів
2. Явище надпровідності
3. Метод контурних струмів
4. Метод вузлових потенціалів

Тема 11. Електродинаміка

1. Електричні двигуни постійного струму
2. Напруженість магнітного поля
3. Закон Біо-Савара-Лапласа

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/OK5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 10

Тема 12. Електромагнітні хвилі

1. Шкала електромагнітних хвиль. Принцип дії мобільного зв'язку та його покоління (2G, 3G, 4G, 5G)
2. Найпоширеніші типи антен

Тема 13. Фізика твердого тіла

1. Принцип дії напівпровідникового діода
2. Види напівпровідникових електрорадіоелементів та їх функції

Тема 14. Фізика плазми

1. Утримання плазми магнітним полем
2. Перспективи використання плазми для проведення керованих термоядерних реакцій

Тема 15. Фізика атомів

1. Порядок заповнення електронних оболонок.
2. Види електронних орбіталей
3. Гібридизація електронних орбіталей та природа хімічного зв'язку

Тема 16. Квантова фізика

1. Закони збереження у квантовій механіці
2. Невизначеність Гейзенберга

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/ОК5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 11

7. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачені.

8. Методи навчання

Вивчення дисципліни базується на поєднанні теоретичних занять (лекцій) з практичними та лабораторними. На практичних заняттях студенти вчать розв'язувати типові фізичні задачі, а на лабораторних – проводити фізичні досліди на обладнанні з використанням вимірювальних приладів, опрацьовувати результати вимірювання та інтерпретувати їх.

9. Методи контролю

Контроль успішності відбувається за допомогою написання контрольних робіт у вигляді тестових запитань та задач, а також за допомогою захисту лабораторних робіт.

10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота																Сума
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3				Змістовий модуль 4				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	
-	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	-	60
Лабораторний модуль 1								Лабораторний модуль 2								-
Л1		Л2		Л3		Л4		Л5		Л6		Л7		Л8		-
5		5		5		5		5		5		5		5		40
Разом																100

Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/ОК5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 12

11. Рекомендована література

Основна література

1. *Воловик П.М.* Фізика: Для університетів. – К., Ірпінь: Перун, 2005. – 864 с., іл. ISBN 966-569-172-4
2. Курс загальної фізики. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. / *Кармазін В.В., Семенець В.В.* - К.: Кондор, 2016. -786 с
3. Фізика для університетів: підручник з фізики Янга і Фрідмана (Addison Wesley Logman Inc.), 1516 стор. /Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів (лист Міністерства освіти і науки України від №1/11-3155). Режим доступу: https://nautilus.com.ua/download/brief_physics.pdf
4. R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands - The Feynman Lectures on Physics (in 3 Vols) – Addison-Wesley Publishing Company, Inc. – 1963-1965.

Допоміжна література

1. *Чолпан П.П.* Фізика: Підручник – К.: Вища школа, 2004. – 567 с., іл. ISBN 966-642-249-2
2. *Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф.* Курс фізики: Навч. посібник: у 2 кн. 2-ге вид. – К.: Либідь, 2001. – ISBN 966-06-0084-4
3. *Садовий А.І., Лега Ю.Г.* Основи фізики із задачами та прикладами їх розв’язування: Навч. посібник. – К.: Кондор, 2003. – 384 с. ISBN 966-06-0807-4
4. *Поліщук А. П.* Фізика. Коливання і хвилі: навч. посібник / А. П. Поліщук, П. І. Чернега, Б. Ф. Лахін; за заг. ред. проф. А. П. Поліщука. — Вид.3-є., випр. і доп. — К.: НАУ, 2017. — 220 с.
5. Фізика. Електрика і магнетизм: навч. посібник / А. П. Поліщук П. І. Чернега, Б. Ф. Лахін, С. Л. Максимов; за заг. ред. проф. А. П. Поліщука. — К.: НАУ, 2016. — 340 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.001/ОК5- 2023
	Екземпляр № 1	Арк. 13 / 13

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?subjects=physics&type=html&sort=alpha&view=grid> - Інтерактивні онлайн-симулятори різноманітних фізичних процесів та явищ з можливістю задання початкових умов та вимірювання фізичних параметрів
2. http://www.virtulab.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=5&Itemid=94 – Описання багатьох фізичних явищ та дослідів, їх наочна демонстрація з використанням Adobe Flash Player
3. <https://ocw.mit.edu/courses/physics/> – Перелік курсів з різних розділів фізики від МІТ (Массачусетський технологічний інститут, США)
4. <https://www.classcentral.com/subject/physics> – Перелік вільних курсів з різних розділів фізики від різних вищих навчальних закладів світу (станом на 2021-й рік перелік нараховує 534 курси)
5. <https://www.khanacademy.org/science/physics> – Курс фізики від Академії Хана