

ФІЗИКА:

**методичні рекомендації до виконання
індивідуальних завдань**

Запоріжжя 2025



УДК 53(072)
Ф48

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 8 від 27.06.2025 р.)

Укладач

Кайдан В.П., старший викладач

Ф48 Фізика : методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань / уклад. В.П. Кайдан. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2025. 39 с.

Методичні рекомендації охоплюють матеріали, необхідні для складання кейсу задач, визначення критеріїв оцінювання індивідуального завдання, а також приклади розв'язання типових задач. У посібнику подано ключові формули, послідовність розв'язання й елементи графічного оформлення у такому обсязі, який є достатнім для успішного виконання індивідуального завдання. Зміст цих вказівок спрямований на підвищення якості виконання навчальних робіт, а також на розвиток умінь застосовувати теоретичні знання на практиці при розв'язанні прикладних задач. Посібник призначено для здобувачів освіти технічних напрямів підготовки незалежно від форми здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

УДК 53(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025



ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....	5
1.1 Відомості щодо формування кейсу задач та критеріїв оцінювання індивідуального завдання.....	5
1.2 Кейс задач для індивідуальних завдань з «Фізики»	6
1.2.1. Завдання до блоку тем «Механіка».	6
1.2.2. Завдання до блоку тем «Основи молекулярної фізики і термодинаміки».....	10
1.2.3. Завдання до блоку тем «Електрика і магнетизм»	14
1.2.4. Завдання до блоку тем «Оптика та фізика мікрочастинок» ..	18
2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ	22
2.1. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Механіка».	22
2.2. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Основи молекулярної фізики і термодинаміки».....	26
2.3. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Електрика і магнетизм».	30
2.4. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Оптика та фізика мікрочастинок».	34
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38



ВСТУП

Освітній компонент «Фізика» є базовим курсом природничо-наукової підготовки, який формує фундаментальні знання про фізичні закони та явища, необхідні для розуміння сучасних науково-технічних процесів. Цей курс відіграє ключову роль у розвитку у здобувачів освіти здатності до аналізу, логічного мислення та формалізації прикладних задач на основі фундаментальних фізичних принципів. Завдяки поєднанню теоретичних основ з прикладною спрямованістю, вивчення фізики забезпечує опанування методів експериментального дослідження, моделювання процесів і явищ, а також навичок обґрунтування технічних рішень у професійній діяльності. Особливістю курсу є інтеграція класичних знань із сучасними підходами до розв'язання задач, включно з використанням комп'ютерних технологій.

У межах вивчення дисципліни «Фізика» здобувачам освіти пропонується виконати індивідуальні завдання, які спрямовані на поглиблення розуміння прикладних аспектів фізичних законів та формування навичок самостійного розв'язання задач із використанням графічних і аналітичних методів. Ці методичні рекомендації охоплюють матеріали, необхідні для складання кейсу задач, визначення критеріїв оцінювання індивідуального завдання, а також приклади розв'язання типових задач. У посібнику подано ключові формули, послідовність розв'язання й елементи графічного оформлення у такому обсязі, який є достатнім для успішного виконання індивідуального завдання. Особливу увагу приділено методичності викладення та доступності матеріалу, що забезпечує якісну підготовку здобувачів освіти до практичного застосування фізичних знань у професійній сфері.



1 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Відомості щодо формування кейсу задач та критеріїв оцінювання індивідуального завдання

Для виконання індивідуального завдання кожному здобувачу освіти надається набір задач (кейс), сформований відповідно до змісту дисципліни та однаковий за структурою й складністю. Варіант кейсу визначається номером здобувача освіти у списку академічної групи та затверджується викладачем у межах відповідного освітнього модуля.

Робота виконується самостійно в зручний для здобувача освіти час, з обов'язковим дотриманням строків виконання, зазначених у розділі з розподілом балів та графіком подання. Після завершення, розв'язання необхідно завантажити у відповідний розділ навчальної платформи Moodle у форматі .docx, .pdf, .jpg, .png або .txt.

Максимальна оцінка за завдання нараховується на основі якості розв'язання: обґрунтованість виконання, ступінь формалізації, коректність обчислень і рівень аналітичного осмислення результатів.

Застосування штучного інтелекту (ШІ) дозволяється, проте ефективність його використання залежить від чіткості сформульованих запитів. Якщо відповідь, згенерована за допомогою ШІ, є помилковою, неповною або не відповідає вимогам щодо мови, структури чи термінології, підсумкова оцінка може бути знижена.

Оцінювання здійснюється протягом тижня після того як здобувач освіти здав роботу. У разі виявлення недоліків здобувач освіти має можливість внести виправлення та повторно подати роботу до завершення передостаннього тижня навчального семестру.

1.2 Кейс задач для індивідуальних завдань з «Фізики»

1.2.1. Завдання до блоку тем «Механіка».

1. Тіло кинули з висоти h над землею вгору під кутом α до горизонту з початковою швидкістю v_0 . Визначити: час підйому до найвищої точки t , найбільшу висоту підйому H , горизонтальну дальність підйому L .

№ варіанта	h , м	α , °	v_0 , м/с
1.	1	20	25
2.	2	30	35
3.	8	33	77
4.	4	50	55
5.	5	60	65
6.	6	70	75
7.	7	20	85
8.	8	30	25
9.	9	40	35
10.	10	50	45
11.	1	60	55
12.	2	70	65
13.	3	20	75
14.	4	30	85
15.	5	40	25
16.	6	50	35
17.	7	60	45
18.	8	70	55
19.	9	20	65
20.	10	30	75



2. Тіло маси m повільно тягнуть по горизонтальній поверхні за мотузку, прикладаючи силу під кутом α до горизонту. Визначити роботу A , яку при цьому виконують на шляху S при коефіцієнті тертя між тілом та поверхнею μ .

№ варіанта	m , кг	α , °	S , м	μ
1.	1	20	25	0,12
2.	2	30	35	0,14
3.	8	20	55	0,26
4.	4	50	55	0,18
5.	5	60	65	0,22
6.	6	70	75	0,24
7.	7	20	85	0,26
8.	8	30	25	0,28
9.	9	40	35	0,32
10.	10	50	45	0,34
11.	1	60	55	0,12
12.	2	70	65	0,14
13.	3	20	75	0,16
14.	4	30	85	0,18
15.	5	40	25	0,22
16.	6	50	35	0,24
17.	7	60	45	0,26
18.	8	70	55	0,28
19.	9	20	65	0,32
20.	10	30	75	0,34



3. Однорідне тіло малого діаметру довжини l та маси m лежить на поверхні землі. Визначити роботу A , яку необхідно виконати, аби поставити тіло вертикально.

№ варіанта	m , кг	l , м
1.	1	25
2.	2	35
3.	8	55
4.	4	55
5.	5	65
6.	6	75
7.	7	85
8.	8	25
9.	9	35
10.	10	45
11.	1	55
12.	2	65
13.	3	75
14.	4	85
15.	5	25
16.	6	35
17.	7	45
18.	8	55
19.	9	65
20.	10	75



4. Однорідна балка масою m і довжиною l підвішена горизонтально на двох паралельних тросах так, що один прикріплено за край балки, а другий на відстані a від протилежного кінця балки. Визначити силу натягу тросів T_1 та T_2 .

№ варіанта	m , кг	l , м	a , м
1.	20	25	1
2.	30	35	2
3.	20	65	8
4.	50	55	4
5.	60	65	5
6.	70	75	6
7.	20	85	7
8.	30	25	8
9.	40	35	9
10.	50	45	10
11.	60	55	1
12.	70	65	2
13.	20	75	3
14.	30	85	4
15.	40	25	5
16.	50	35	6
17.	60	45	7
18.	70	55	8
19.	20	65	9
20.	30	75	10



1.2.2. Завдання до блоку тем «Основи молекулярної фізики і термодинаміки»

1. Три балони ємністю V_1 , V_2 , V_3 , які сполучено тонкими трубками з перекритими кранами, містять гази під тиском P_1 , P_2 та P_3 . Визначити тиск P , який установиться в системі після відкриття кранів.

№ варіанта	V_1 , м ³	V_2 , м ³	V_3 , м ³	P_1 , кПа	P_2 , кПа	P_3 , кПа
1.	1	2	3	11	21	31
2.	4	5	6	12	22	32
3.	3	9	6	17	33	44
4.	1	3	5	14	24	34
5.	2	4	6	15	25	35
6.	3	5	7	16	26	36
7.	4	6	8	17	27	37
8.	5	7	9	18	28	38
9.	1	2	3	19	29	39
10.	4	5	6	20	30	40
11.	7	8	9	11	21	31
12.	1	3	5	12	22	32
13.	2	4	6	13	23	33
14.	3	5	7	14	24	34
15.	4	6	8	15	25	35
16.	5	7	9	16	26	36
17.	1	2	3	17	27	37
18.	4	5	6	18	28	38
19.	7	8	9	19	29	39
20.	1	3	5	20	30	40



2. Температуру в приміщенні площею S і висотою стелі h підвищують від T_1 до T_2 при тиску p . Визначити, на скільки при цьому змінюється кількість молекул повітря в кімнаті ΔN та оцінити зміну сумарної кінетичної енергії їхнього теплового руху ΔU .

№ варіанта	$S, \text{ м}^2$	$h, \text{ м}$	$T_1, \text{ К}$	$T_2, \text{ К}$	$p, \text{ кПа}$
1.	10	2	270	319	100
2.	12	3	271	318	101
3.	24	6	278	307	103
4.	16	5	273	316	103
5.	18	2	274	315	104
6.	20	3	275	314	105
7.	22	4	276	313	106
8.	24	5	277	312	107
9.	26	2	278	311	108
10.	28	3	279	310	109
11.	30	4	280	309	100
12.	32	5	281	308	101
13.	34	2	282	307	102
14.	36	3	283	306	103
15.	38	4	284	305	104
16.	40	5	285	304	105
17.	42	2	285	303	106
18.	44	3	286	302	107
19.	46	4	287	301	108
20.	48	5	288	300	109



3. Балон із газом при тиску p_1 і температурі T_1 винесли надвір та відкрили вентиль. Визначити, який відсоток η (%) газу було витрачено, коли на кінець процесу тиск у балоні впав до p_2 при температурі T_2 .

№ варіанта	p_1 , кПа	p_2 , кПа	T_1 , К	T_2 , К
1.	200	100	310	275
2.	210	105	311	274
3.	195	115	317	276
4.	220	115	313	272
5.	180	120	314	271
6.	230	100	315	270
7.	170	105	316	269
8.	240	110	317	268
9.	160	115	318	267
10.	250	120	319	266
11.	200	100	310	275
12.	210	105	311	274
13.	190	110	312	273
14.	220	115	313	272
15.	180	120	314	271
16.	230	100	315	270
17.	170	105	316	269
18.	240	110	317	268
19.	160	115	318	267
20.	250	120	319	266



4. Повітря у відкритому вертикальному циліндрі під рухомим поршнем з площею основи S , нагрівають від температури T_1 до T_2 при тиску p . Визначити відстань h , на яку переміститься поршень, якщо спочатку він перебував на відстані l від основи циліндра та масу гирі m , яку треба покласти на поршень, аби повернути його в початкове положення при незмінній температурі повітря.

№ варіанта	T_1, K	T_2, K	S, m^2	l, m	p, kPa
1.	275	310	1,1	0,5	100
2.	274	311	1,2	0,6	105
3.	276	315	1,5	0,5	115
4.	272	313	1,4	0,8	115
5.	271	314	1,5	0,9	120
6.	270	315	2,1	0,5	100
7.	269	316	2,2	0,6	105
8.	268	317	2,3	0,7	110
9.	267	318	2,4	0,8	115
10.	266	319	2,5	0,9	120
11.	275	310	1,1	0,9	100
12.	274	311	1,2	0,8	105
13.	273	312	1,3	0,7	110
14.	272	313	1,4	0,6	115
15.	271	314	1,5	0,5	120
16.	270	315	2,1	0,9	100
17.	269	316	2,2	0,8	105
18.	268	317	2,3	0,7	110
19.	267	318	2,4	0,6	115
20.	266	319	2,5	0,5	120

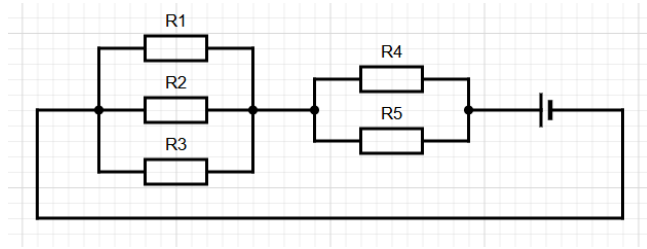
1.2.3. Завдання до блоку тем «Електрика і магнетизм»

1. У вершинах правильного трикутника зі стороною a закріплено точкові заряди q_1 , q_2 та q_3 . Визначити потенціал та напруженість електричного поля в центрі трикутника.

№ варіанта	q_1 , нКл	q_2 , нКл	q_3 , нКл	a , м
1.	21	10	44	0,12
2.	22	14	45	0,14
3.	28	18	42	0,11
4.	24	20	47	0,18
5.	25	24	44	0,20
6.	26	28	45	0,22
7.	27	32	46	0,24
8.	28	36	47	0,26
9.	29	10	44	0,28
10.	30	14	45	0,30
11.	21	16	46	0,12
12.	22	20	47	0,14
13.	23	24	44	0,16
14.	24	28	45	0,18
15.	25	32	46	0,20
16.	26	36	47	0,22
17.	27	10	44	0,24
18.	28	14	45	0,26
19.	29	16	46	0,28
20.	30	20	47	0,30



2. Електричне коло зібране як вказано на рисунку. Визначити для кожного елемента кола значення сили струму, напруги, потужності.



№ варіанта	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	E , В
1.	10	15	20	25	30	12
2.	11	16	22	28	29	14
3.	19	11	28	36	35	18
4.	13	18	26	34	28	18
5.	14	19	28	25	32	20
6.	15	20	20	28	27	22
7.	16	15	22	31	33	24
8.	17	16	24	34	30	26
9.	18	17	26	25	29	28
10.	19	18	28	28	31	12
11.	20	19	20	31	28	14
12.	21	20	22	34	32	16
13.	22	15	24	25	27	18
14.	23	16	26	28	33	20
15.	24	17	28	31	30	22
16.	25	18	20	34	29	24
17.	26	19	22	25	31	26
18.	27	20	24	28	28	28
19.	28	15	26	31	32	12
20.	29	16	28	34	27	14



3. Металевий стрижень довжиною a рухається горизонтально зі швидкістю v (пряма, вздовж якої розташовано стрижень, перпендикулярна вектору швидкості). Приймаючи, що магнітне поле Землі є вертикальним з індукцією B , визначити різницю потенціалів на кінцях стрижня.

№ варіанта	a , м	v , м/с	B , мкТл
1.	1	25	57
2.	2	35	58
3.	8	48	66
4.	4	55	60
5.	5	65	61
6.	6	75	62
7.	7	85	63
8.	8	25	57
9.	9	35	58
10.	10	45	59
11.	1	55	60
12.	2	65	61
13.	3	75	62
14.	4	85	63
15.	5	25	57
16.	6	35	58
17.	7	45	59
18.	8	55	60
19.	9	65	61
20.	10	75	62



4. Потік через уміщену в однорідне магнітне поле плоску рамку дорівнює Φ . Визначити середню ЕРС індукції E , яка виникне в рамці при її повороті за час t на кут π навколо осі перпендикулярної до напрямку поля.

№ варіанта	Φ , мВб	t , с
1.	20	1
2.	30	2
3.	47	9
4.	50	4
5.	60	5
6.	70	6
7.	20	7
8.	30	8
9.	40	9
10.	50	10
11.	60	1
12.	70	2
13.	20	3
14.	30	4
15.	40	5
16.	50	6
17.	60	7
18.	70	8
19.	20	9
20.	30	10

1.2.4. Завдання до блоку тем «Оптика та фізика мікрочастинок»

1. Об'єktiv проекційного апарату має оптичну силу D . Екран розташовано на відстані f від об'єktivу. Визначте мінімальну висоту екрана, на якому має поміститися зображення предмета висотою h .

№ варіанта	D , дптр	f , м	h , см
1.	5,10	3,5	3
2.	5,15	3,6	6
3.	5,25	3,9	4
4.	5,25	3,8	5
5.	5,30	3,9	6
6.	5,35	4,0	7
7.	5,40	3,5	8
8.	5,45	3,6	9
9.	5,50	3,7	3
10.	5,55	3,8	6
11.	5,10	3,9	9
12.	5,15	4,0	5
13.	5,20	3,5	6
14.	5,25	3,6	7
15.	5,30	3,7	8
16.	5,35	3,8	9
17.	5,40	3,9	3
18.	5,45	4,0	6
19.	5,50	3,5	9
20.	5,55	3,6	5



2. Визначте період дифракційної ґратки, якщо дифракційне зображення порядку k дістали на відстані x від центрального. Відстань від ґратки до екрану становить L , її освітили світлом довжиною λ . Вважайте, що $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$.

№ варіанта	k	x , см	L , м	λ , нм
1.	1	1,1	0,90	465
2.	2	1,2	0,95	470
3.	1	1,7	1,25	495
4.	2	1,4	1,05	480
5.	1	1,5	1,10	485
6.	2	1,6	1,15	490
7.	1	1,7	0,90	495
8.	2	1,8	0,95	465
9.	1	1,9	1,00	470
10.	2	1,1	1,05	475
11.	1	1,2	1,10	480
12.	2	1,3	1,15	485
13.	1	1,4	0,90	490
14.	2	1,5	0,95	495
15.	1	1,6	1,00	465
16.	2	1,7	1,05	470
17.	1	1,8	1,10	475
18.	2	1,9	1,15	480
19.	1	1,1	0,90	485
20.	2	1,2	0,95	490



3. Джерело радіоактивного випромінювання містить m_1 ізоотопу, період піврозпаду якого становить T . Визначте проміжок часу, через який маса цього ізоотопу, що не розпався, складатиме m_2 .

№ варіанта	m_1 , гр	m_2 , гр	T , діб
1.	200	100	10
2.	210	105	12
3.	175	125	18
4.	220	115	16
5.	180	120	10
6.	230	100	12
7.	170	105	14
8.	240	110	16
9.	160	115	10
10.	250	120	12
11.	200	100	14
12.	210	105	16
13.	190	110	10
14.	220	115	12
15.	180	120	14
16.	230	100	16
17.	170	105	10
18.	240	110	12
19.	160	115	14
20.	250	120	16



4. Робота виходу електронів з металу становить A . Коли на поверхню металу падає світло з довжиною хвилі λ , затримувальна різниця потенціалів дорівнює U . Обчисліть затримувальну різницю потенціалів після того, як довжину хвилі збільшили в k разів.

№ варіанта	A , eВ	U , В	k
1.	4,1	5,0	1,5
2.	4,2	5,2	1,6
3.	4,9	5,8	1,1
4.	4,4	5,6	1,8
5.	4,5	5,8	1,9
6.	4,6	6,0	2,0
7.	4,7	6,2	2,1
8.	4,8	6,4	2,2
9.	4,9	5,0	2,3
10.	5,0	5,2	2,4
11.	5,1	5,4	1,5
12.	5,2	5,6	1,6
13.	5,3	5,8	1,7
14.	5,4	6,0	1,8
15.	5,5	6,2	1,9
16.	5,6	6,4	2,0
17.	5,7	5,0	2,1
18.	5,8	5,2	2,2
19.	5,9	5,4	2,3
20.	6,0	5,6	2,4

2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

2.1. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Механіка».

Приклад 2.1.1 Тіло кинули з висоти h над землею вгору під кутом α до горизонту з початковою швидкістю v_0 . Визначити: час підйому до найвищої точки t , найбільшу висоту підйому H , горизонтальну дальність польоту L .

Дано:

$$h = 3\text{ м},$$

$$\alpha = 40^\circ,$$

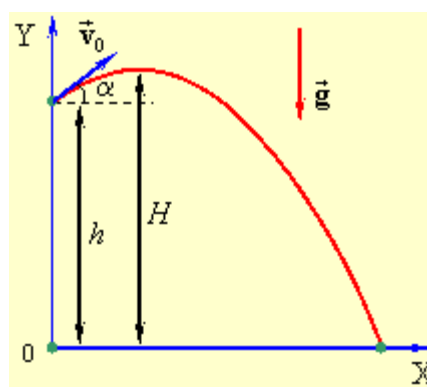
$$v_0 = 45\text{ м/с}$$

$$t - ?$$

$$H - ?$$

$$L - ?$$

Розв'язання:



Час підйому визначається вертикальним компонентом початкової швидкості: $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$,

$$\text{Таким чином: } t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Зробимо розрахунки:

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{45 \cdot \sin 45^\circ}{9,8} = 2,95 \text{ (с)}.$$

Максимально висота визначається на основі параметрів вертикального руху: $H = h + \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$

Зробимо розрахунки:

$$H = h + \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = 3 + \frac{(45 \cdot \sin 45^\circ)^2}{2 \cdot 9,8} = 45,69 \text{ (м)}.$$

Дальність польоту L знаходимо за формулою:



$$L = v_0 \cos \alpha \cdot 2 \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Зробимо розрахунки: $L = \frac{45^2 \sin 90^\circ}{9,8} = 203,59$ (м).

Відповідь: час підйому до найвищої точки 2,95 с, найбільша висота підйому становить 45,69 м, горизонтальна дальність польоту становить 203,59 м.

Приклад 2.1.2 Тіло маси m повільно тягнуть по горизонтальній поверхні за мотузку, прикладаючи силу під кутом α до горизонту. Визначити роботу A , яку при цьому виконують на шляху S при коефіцієнті тертя між тілом та поверхнею μ .

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

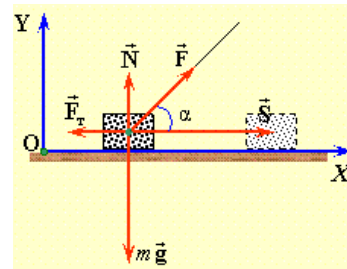
$$\alpha = 40^\circ$$

$$S = 45 \text{ м}$$

$$\mu = 0,16$$

$A = ?$

Розв'язання:



Сили, що діють на тіло, показано на рисунку. Робота прикладеної до мотузки сили F на шляху S дорівнює: $A = FS \cos \alpha$. Тіло рухається без прискорення, то рівнодійна сили F , тяжіння mg , нормальної реакції опори N та тертя F_T дорівнює нулю: $\vec{F} + \vec{mg} + \vec{N} + \vec{F}_T = 0$,

або в проекціях на осі координат:

$$OX: F \cos \alpha - F_T = 0,$$

$$OY: F \sin \alpha - mg + N = 0.$$

Звідси, врахувавши, що $F_T = \mu N$, дістанемо:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos\alpha + \mu \sin\alpha}$$

Підставимо цей вираз й отримаємо формулу:

$$A = \frac{\mu mgS}{\cos\alpha + \mu \sin\alpha}$$

Зробимо розрахунки:

$$A = \frac{0,16 \cdot 3 \cdot 9,8 \cdot 45}{\cos 40^\circ + 0,16 \cdot \sin 40^\circ} = 186,59 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: робота становить 186,59 Дж.

Приклад 2.1.3 Однорідне тіло малого діаметру довжини l та маси m лежить на поверхні землі. Визначити роботу A , яку необхідно виконати, аби поставити тіло вертикально.

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$l = 45 \text{ м}$$

$A = ?$

Розв'язання:

Роботу A , яку необхідно виконати, аби поставити тіло вертикально знаходимо як зміну потенціальної енергії матеріальної точки, що відповідає центру маси тіла за формулою:

$$A = mgh,$$

де g – прискорення вільного падіння.

Центр мас однорідного тіла початково лежить на землі, а у вертикальному положенні опиняється посередині тіла, тобто на висоті: $h = \frac{l}{2}$.

Таким чином, $A = \frac{1}{2} mgl$.

Зробимо розрахунок:

$$A = \frac{1}{2} 3 \cdot 9,8 \cdot 45 = 661,5 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: виконана робота становить 661,5 Дж.

Приклад 2.1.4 Однорідна балка масою m і довжиною l підвішена горизонтально на двох паралельних тросах так, що один прикріплено за край балки, а другий на відстані a від протилежного кінця балки. Визначити силу натягу тросів T_1 та T_2 .

Дано:

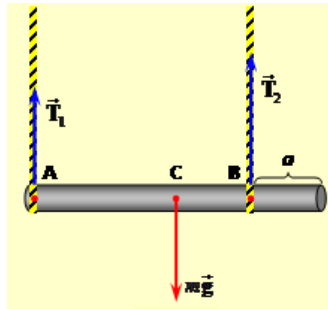
$$m = 40 \text{ кг}$$

$$l = 45 \text{ м}$$

$$a = 3 \text{ м}$$

$$T_1, T_2 - ?$$

Розв'язання:



На балку діють показані на рисунку: сила тяжіння mg , прикладена у центрі ваги t . С посередині, та сили натягу тросів T_1 і T_2 , котрі її зрівноважують: $mg = T_1 + T_2$. Записана рівність визначає сумарну силу натягу тросів, але не кожна із них окремо. Тож використаємо ще й другу умову рівноваги – правило моментів. Для цього запишемо рівняння для осей A і B , що проходять через точки підвішування балки, приймаючи в кожному випадку момент сили тяжіння додатнім:

$$mg \frac{l}{2} - T_2(l - a) = 0 \Rightarrow T_2 = \frac{mgl}{2(l - a)}$$

$$mg \left(\frac{l}{2} - a \right) - T_1(l - a) = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{mg(l - 2a)}{2(l - a)}$$

Зробимо розрахунки:

$$T_1 = \frac{40 \cdot 9,8 \cdot (45 - 2 \cdot 3)}{2(45 - 3)} = 182 \text{ (Н)}$$



$$T_2 = \frac{40 \cdot 9,8 \cdot 45}{2(45 - 3)} = 210 \text{ (Н)}$$

Відповідь: сила натягу першого троса становить 182 Н, сила натягу другого троса становить 210 Н.

2.2. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Основи молекулярної фізики і термодинаміки»

Приклад 2.2.1 Три балони ємністю V_1, V_2, V_3 , які сполучено тонкими трубками з перекритими кранами, містять гази під тиском P_1, P_2 та P_3 . Визначити тиск P , який установиться в системі після відкриття кранів.

Дано:

$$V_1 = 7 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 8 \text{ м}^3$$

$$V_3 = 9 \text{ м}^3$$

$$P_1 = 13 \text{ кПа}$$

$$P_2 = 23 \text{ кПа}$$

$$P_3 = 33 \text{ кПа}$$

$$P - ?$$

Розв'язання:

Після відкривання кранів утворюється суміш газів у посудині об'ємом $V = V_1 + V_2 + V_3$ тиск якої можна визначити за законом Дальтона як суму парціальних тисків компонентів суміші в сумарному об'ємі.

Тобто, для першого компонента парціальний тиск визначається виразом $P_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2 + V_3}$. Для інших складових вирази складаємо аналогічним шляхом.

Таким чином:

$$P = P_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2 + V_3} + P_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2 + V_3} + P_3 \frac{V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$$P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

Зробимо розрахунки:

$$P = \frac{13 \cdot 10^3 \cdot 7 + 23 \cdot 10^3 \cdot 8 + 33 \cdot 10^3 \cdot 9}{7 + 8 + 9}$$

$$= 28,83 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

Відповідь: тиск, який установиться в системі після відкриття кранів становить 23,83 кПа.

Приклад 2.2.2 Температуру в приміщенні площею S і висотою стелі h підвищують від T_1 до T_2 при тиску p . Визначити, на скільки при цьому змінюється кількість молекул повітря в кімнаті ΔN та оцінити зміну сумарної кінетичної енергії їхнього теплового руху ΔU .

Дано:

$$S = 14 \text{ м}^2$$

$$h = 4 \text{ м}$$

$$T_1 = 272 \text{ К}$$

$$T_2 = 317 \text{ К}$$

$$P = 102 \text{ кПа}$$

$$\Delta N - ?$$

$$\Delta U - ?$$

Розв'язання:

Зміна кількості молекул повітря в кімнаті

$$\Delta N = N_2 - N_1 = (n_2 - n_1)Sh$$

де n_1, n_2 – концентрації молекул при температурах T_1 і T_2 відповідно, $Sh=V$ – об'єм повітря в кімнаті.

Кімната не є герметичною посудиною, тому при зміні температури тиск повітря в ній залишається

сталим і дорівнює атмосферному. Враховуючи, що

зміні температури тиск повітря в ній залишається

сталим і дорівнює атмосферному. Враховуючи, що

$$n_1 = \frac{P}{kT_1}, n_2 = \frac{P}{kT_2}, \text{ отримуємо } \Delta N = \frac{PSh}{k} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

Зробимо розрахунки:

$$\Delta N = \frac{102 \cdot 10^3 \cdot 14 \cdot 4}{1,38 \cdot 10^{-23}} \left(\frac{1}{317} - \frac{1}{272} \right) = -2,16 \cdot 10^{26}$$

Добуток концентрації й енергії пропорційний тиску.

Оскільки тиск в нашій задачі є незмінним, то при зміні температури в кімнаті енергія теплового руху

молекул повітря не змінюється. Цей результат

пояснюється тим, що при підвищенні температури



повітря кінетична енергія однієї молекули збільшується рівно у стільки разів, у скільки зменшується їхня кількість у кімнаті.

Відповідь: кількість молекул повітря в кімнаті зменшиться на $2,16 \cdot 10^{26}$ шт.

Приклад 2.2.3 Балон із газом при тиску p_1 і температурі T_1 винесли надвір та відкрили вентиль. Визначити, який відсоток η (%) газу було витрачено, коли на кінець процесу тиск у балоні впав до p_2 при температурі T_2 .

Дано:

$$p_1 = 190 \text{ кПа}$$

$$p_2 = 110 \text{ кПа}$$

$$T_1 = 312 \text{ К}$$

$$T_2 = 273 \text{ К}$$

$$\eta - ?$$

Розв'язання:

Частина витраченого газу визначається співвідношенням $\eta = \frac{m_1 - m_2}{m_1} = 1 - \frac{m_2}{m_1}$

де m_1 і m_2 – початкова та кінцева маси кисню в балоні. З рівнянь Клапейрона отримуємо:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1, p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Підставивши знайдене відношення одержимо наступний вираз: $\eta = 1 - \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$

Зробимо розрахунок:

$$\eta = 1 - \frac{110 \cdot 10^3}{190 \cdot 10^3} \cdot \frac{312}{273} = 0,34$$

Відповідь: витрачено приблизно 34 % газу.



Приклад 2.2.4 Повітря у відкритому вертикальному циліндрі під рухомим поршнем з площею основи S , нагрівають від температури T_1 до T_2 при тиску p . Визначити відстань h , на яку переміститься поршень, якщо спочатку він перебував на відстані l від основи циліндра та масу гирі m , яку треба покласти на поршень, аби повернути його в початкове положення при незмінній температурі повітря.

Дано:

$$T_1 = 273 \text{ К}$$

$$T_2 = 312 \text{ К}$$

$$p = 110 \text{ кПа}$$

$$S = 1,3 \text{ м}^2$$

$$l = 0,7 \text{ м}$$

$$h - ?$$

$$m - ?$$

Розв'язання:

З умови зрозуміло, що нагрівання повітря відбувається при сталому тиску p . Тому, відповідно до закону Гей-Люссака $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Sl_2}{Sl_1} = \frac{l_2}{l_1}$, де V_1, V_2 – початковий і кінцевий об'єми повітря, і відстані $l_1 = l, l_2 = l + h$.

Отже, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{l+h}{l} = \frac{l_2}{l_1}$, звідки отримуємо $h = l\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)$.

Зробимо розрахунки: $h = 0,7 \left(\frac{312}{273} - 1\right) = 0,09 \text{ (м)}$.

Покладена гиря створює додатковий тиск на поршень, через що тиск і об'єм повітря ізотермічно змінюються. Тож за законом Бойля-Маріотта:

$$P(l+h) = \left(P + \frac{mg}{S}\right)l \Rightarrow m = \frac{pSh}{lg}$$

Зробимо розрахунок:

$$m = \frac{110 \cdot 10^3 \cdot 1,3 \cdot 0,09}{0,7 \cdot 9,8} = 1874,18 \text{ (кг)}$$

Відповідь: відстань поршень переміститься на 0,09 м, маса гирі становить 1874,18 кг.

2.3. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Електрика і магнетизм».

Приклад 2.3.1 У вершинах правильного трикутника зі стороною a закріплено точкові заряди q_1 , q_2 та q_3 . Визначити потенціал та напруженість електричного поля в центрі трикутника.

Дано:

$$a = 0,24 \text{ м}$$

$$q_1 = 27 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 32 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_3 = 46 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$\varphi - ?$ $E - ?$

Розв'язання:

Потенціал у центрі трикутника створюється сумарно всіма зарядами. Формула для потенціалу в точці поля, створеного точковим зарядом: $\varphi = \frac{kq}{r}$.

Оскільки потенціал величина скалярна, то для системи зарядів: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kq_2}{r} + \frac{kq_3}{r}$.

Зробимо розрахунок й отримаємо відповідь:

$$\varphi = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 27 \cdot 10^{-9}}{0,24/\sqrt{3}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 32 \cdot 10^{-9}}{0,24/\sqrt{3}} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 46 \cdot 10^{-9}}{0,24/\sqrt{3}} = 6819,95 \text{ (В)}$$

Напруженість поля в центрі трикутника ми визначаємо як векторну суму $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

Формула для напруженості поля створеного точковим зарядом: $E = \frac{kq}{r^2}$. Обчислимо

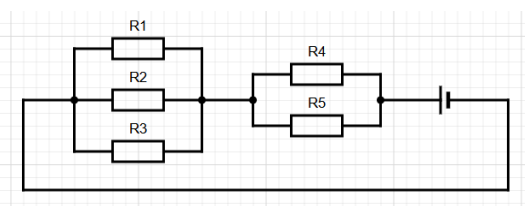
напруженість для випадку кожного заряду: $E_1=12768 \text{ В/м}$, $E_2=15130 \text{ В/м}$, $E_3=21746 \text{ В/м}$.

Звідси:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos 120^\circ} - E_3 = 6152 \text{ (В/м)}$$

Відповідь: потенціал електричного поля дорівнює 6,8 кВ, напруженість електричного поля дорівнює 6,2 кВ/м.

Приклад 2.3.2 Електричне коло зібране як вказано на рисунку. Визначити для кожного елемента кола значення сили струму, напруги, потужності.



Дано:

$$R_1 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 17 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 24 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 31 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 31 \text{ Ом}$$

$$E = 16 \text{ В}$$

$$I_i - ?$$

$$U_i - ?$$

$$P_i - ?$$

Розв'язання:

Еквівалентний опір для R_1, R_2, R_3 :

$$R_{1-3} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = 5,44 \text{ (Ом)}.$$

Еквівалентний опір для R_4, R_5 :

$$R_{4,5} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = 15,5 \text{ (Ом)}$$

Еквівалентний опір зовнішньої частини кола:

$$R_{1-5} = R_{1-3} + R_{4,5} = 20,94 \text{ (Ом)}$$

Загальний струм у колі за законом Ома:

$$I_{1-5} = \frac{E}{R_{1-5}} = 0,764 \text{ (А)}$$

Спочатку знайдемо значення струму та напруги для кожного елемента з'єднання R_1, R_2, R_3 :

$$U_{1-3} = U_1 = U_2 = U_3 = I_{1-3} R_{1-3} = 4,16 \text{ (В)}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 0,347 \text{ (А)}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 0,245 \text{ (А)}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 0,173 \text{ (A)}$$

Знайдемо значення потужностей для цих елементів:

$$P_1 = I_1 U_1 = 1,45 \text{ (Вт)}$$

$$P_2 = I_2 U_2 = 1,02 \text{ (Вт)}$$

$$P_3 = I_3 U_3 = 0,72 \text{ (Вт)}$$

Аналогічно знаходимо для елементів R_4, R_5 :

$$U_{4,5} = U_4 = U_5 = I_{4,5} R_{4,5} = 11,84 \text{ (В)}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = 0,382 \text{ (A)}$$

$$I_5 = \frac{U_5}{R_5} = 0,382 \text{ (A)}$$

Знайдемо значення потужностей для цих елементів:

$$P_4 = I_4 U_4 = 4,53 \text{ (Вт)}$$

$$P_5 = I_5 U_5 = 4,53 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $I_1 = 0,347 \text{ (A)}$, $I_2 = 0,245 \text{ (A)}$, $I_3 = 0,173 \text{ (A)}$, $I_4 = 0,382 \text{ (A)}$, $I_5 = 0,382 \text{ (A)}$;

$U_1 = U_2 = U_3 = 4,16 \text{ (В)}$, $U_4 = U_5 = 11,84 \text{ (В)}$;

$P_1 = 1,45 \text{ (Вт)}$, $P_2 = 1,02 \text{ (Вт)}$, $P_3 = 0,72 \text{ (Вт)}$, $P_4 = 4,53 \text{ (Вт)}$, $P_5 = 4,53 \text{ (Вт)}$

Приклад 2.3.3 Металевий стрижень довжиною a рухається горизонтально зі швидкістю v (пряма, вздовж якої розташовано стрижень, перпендикулярна вектору швидкості). Приймаючи, що магнітне поле Землі є вертикальним з індукцією B , визначити різницю потенціалів на кінцях стрижня.

Дано:

$$a = 3 \text{ м}$$

$$B = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$$

$$v = 45 \text{ м/с}$$

$$\Delta\varphi - ?$$

Розв'язання:

Для визначення різниці потенціалів на кінцях стрижня, що рухається в магнітному полі, використовуємо формулу: $\Delta\varphi = Bva$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$\Delta\varphi = 5,9 \cdot 10^{-5} \cdot 45 \cdot 3 = 7,97 \cdot 10^{-3} \text{ (В)}$$

Відповідь: різниця потенціалів на кінцях стрижня становить 7,97 мВ.

Приклад 2.3.4 Потік через уміщену в однорідне магнітне поле плоску рамку дорівнює Φ . Визначити середню ЕРС індукції E , яка виникне в рамці при її повороті за час t на кут π навколо осі перпендикулярної до напрямку поля.

Дано:

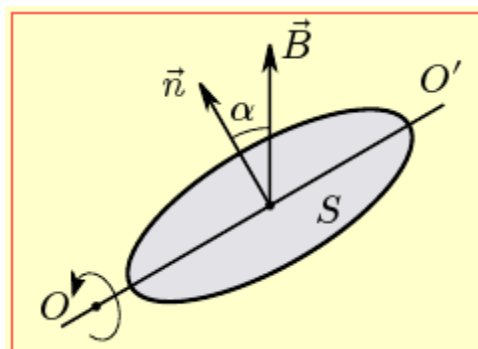
$$\Phi_0 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$$

$$t = 3 \text{ с}$$

$$\varphi = \pi$$

$$E - ?$$

Розв'язання:



Середня ЕРС індукції в рамці дорівнює $E = \frac{\Phi_1 - \Phi_0}{t}$, Φ_0 – початкове, а Φ_1 – кінцеве значення магнітного потоку крізь рамку.

Враховуючи, зміну положення контуру в просторі під час повороту на кут φ , отримуємо:

$$\Phi_1 = \Phi_0 \cos(\varphi + 180^\circ) = -\Phi_0$$

Отже, середня ЕРС індукції E при повороті рамки

дорівнює $E = \frac{2\Phi}{t}$.

Зробимо розрахунок:

$$E = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{3} = 2,67 \cdot 10^{-2} \text{ (В)}$$

Відповідь: середня ЕРС індукції при повороті рамки дорівнює 26,7 мВ.

2.4. Приклади розв'язання завдань до блоку тем «Оптика та фізика мікрочастинок».

Приклад 2.4.1 Об'єктив проекційного апарату має оптичну силу D . Екран розташований на відстані f від об'єктива. Визначте мінімальну висоту екрана, на якому має поміститися зображення предмета висотою h .

Дано:

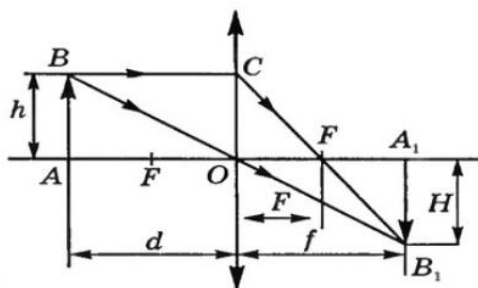
$$f = 3,7 \text{ м}$$

$$D = 5,20 \text{ дптр}$$

$$h = 0,09 \text{ м}$$

$$h_{\min} - ?$$

Розв'язання:



Знайдемо фокусну відстань об'єктива. Оптична сила лінзи (D) та фокусна відстань (F) пов'язані формулою: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$, з цієї формули знайдемо

$$\text{відстань до предмета: } d = \frac{f}{fD - 1}$$

Формула лінійного збільшення: $\Gamma = \frac{f}{d}$, враховуючи попередню формулу, отримаємо, що $\Gamma = fD - 1$.

Визначимо мінімальну висоту екрана, на якому має поміститися зображення предмета висотою h :



$$h_{min} = \Gamma \cdot h = (fD - 1)h$$

Зробимо розрахунки:

$$h_{min} = \Gamma \cdot h = (3,7 \cdot 5,2 - 1)0,09 = 1,64 \text{ (м)}.$$

Відповідь: щоб зображення предмета повністю вмістилося, мінімальна висота екрана має бути не менше ніж 164 см.

Приклад 2.4.2 Визначте період дифракційної ґратки, якщо дифракційне зображення порядку k дістали на відстані a від центрального. Відстань від ґратки до екрану становить L , її освітили світлом довжиною λ . Вважайте, що $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$.

Дано:

$$L = 1,00 \text{ м}$$

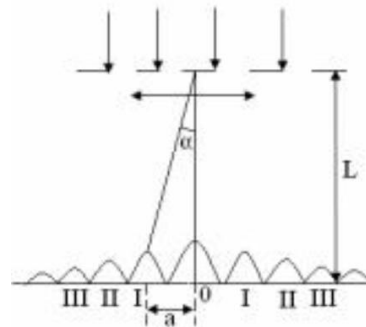
$$\lambda = 4,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$a = 0,013 \text{ м}$$

$$k = 1$$

$$d - ?$$

Розв'язання:



Щоб визначити період дифракційної ґратки d , скористаємося формулою для максимуму дифракційного k -го порядку: $d \cdot \sin \alpha = k\lambda$.

Оскільки, для малих кутів виконується співвідношення: $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{L}$, отримуємо:

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \alpha} = \frac{k\lambda}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{k\lambda L}{a}$$

Зробимо розрахунки:

$$d = \frac{1 \cdot 4,75 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,013} = 3,65 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}.$$

Відповідь: період дифракційної ґратки становить 36,5 мкм

Приклад 2.4.3 Джерело радіоактивного випромінювання містить m_1 ізоотопу, період піврозпаду якого становить T . Визначте проміжок часу, через який маса цього ізоотопу, що не розпався, складатиме m_2 .

Дано:

$$m_1 = 0,19 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,11 \text{ кг}$$

$$T = 14 \text{ діб}$$

$$t = ?$$

Розв'язання:

Для розв'язання скористаємося законом радіоактивного розпаду: $m_2 = m_1 2^{-\frac{t}{T}}$, звідки отримаємо наступні співвідношення $\frac{m_2}{m_1} = 2^{-\frac{t}{T}}$,

$$\log_2 \frac{m_2}{m_1} = -\frac{t}{T}, \quad t = -T \cdot \log_2 \frac{m_2}{m_1}$$

Зробимо розрахунки:

$$t = -14 \cdot \log_2 \frac{0,11}{0,19} = 11,04 \text{ (діб)}.$$

Відповідь: вказана зміна маси даного ізоотопу відбудеться за 11,04 доби.

Приклад 2.4.4 Робота виходу електронів з металу становить A . Коли на поверхню металу падає світло з довжиною хвилі λ , затримувальна різниця потенціалів дорівнює U . Обчисліть затримувальну різницю потенціалів після того, як довжину хвилі збільшили в k разів.

Дано:

$$A = 4,3 \text{ eВ}$$

$$U_1 = 5,4 \text{ В}$$

$$k = 1,7$$

$$U_2 = ?$$

Розв'язання:

Фотоелектричний ефект описується рівнянням

Ейнштейна: $h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{mv^2}{2}$, або враховуючи

довжину хвилі та затримувальну різницю

потенціалів: $\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вих}} + qU$.

Виразимо довжину хвилі: $\lambda = \frac{hc}{A_{\text{вих}} + qU}$.

Оскільки $k = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{hc}{A_{\text{вих}} + qU_2}}{\frac{hc}{A_{\text{вих}} + qU_1}} = \frac{A_{\text{вих}} + qU_1}{A_{\text{вих}} + qU_2}$, то з цього

виразу отримаємо $U_2: U_2 = \frac{A_{\text{вих}}(1-k) + qU_1}{kq}$.

Зробимо розрахунки, враховуючи систему СІ:

$$U_2 = \frac{4,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} (1 - 1,7) + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,4}{1,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} =$$
$$= 1,41 \text{ (В)}$$

Відповідь: після того, як довжину хвилі збільшили, затримувальна різниця потенціалів становить 1,41 В.



ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Velychko V. Ye., Kaidan V. P., Kaidan N. V., Fedorenko O. G. The use of computer modeling in the educational process based on the example of studying Coulomb's law. Journal of Physics: Conference Series. 2024. Vol. 2871. № 012014. DOI: 10.1088/1742-6596/2871/1/012014.
2. Дідух Л. Д. Електрика та магнетизм : підручник Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. 464 с.
3. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт змістового модуля «Механіка» з дисципліни «Фізика» (для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти) / уклад. В. П. Кайдан. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2024. 33 с.
4. Правда М. І. Лекції з курсу загальної фізики. Розділ III. Електрика та магнетизм Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 56 с.
5. Правда М. І. Лекції з курсу загальної фізики. Розділ I. Механіка. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 55 с.
6. Сергєєва О. Є., Федосов С. Н. Термінологічний фізичний словник : навчальний посібник. Одеса : ОНАХТ, 2020. 65 с.
7. Фелінський Г. С. Загальна фізика : підручник. Київ : Каравела, 2020. 557 с.



Навчально-методичне видання

Кайдан Вадим Петрович

ФІЗИКА:

**методичні рекомендації до виконання індивідуальних
завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції