

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ФІЗИКИ

Методичні рекомендації  
з дисципліни «Фізика»  
до самостійної роботи (довідкові матеріали)  
студентів денної та заочної форм навчання  
технічних спеціальностей

Покровськ, 2018

**УДК 53(072)**  
**М 54**

Методичні рекомендації з дисципліни «Фізика» до самостійної роботи (довідкові матеріали) студентів денної та заочної форм навчання технічних спеціальностей / уклад. Ю.А. Артеменко, М.М. Власенко, О.М. Любименко. – Покровськ : ДонНТУ, 2018. – 43 с.

У методичних вказівках наведені основні сталі та величини, досліджуваних у курсі загальної фізики. Наведено довідкові дані для розв'язування основних типів задач і завдань, які розраховуються на практичних заняттях.

Методичні вказівки можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання технічних спеціальностей.

Укладачі: Артеменко Ю.А., доц., к.т.н., доц. каф. Вищої математики та фізики

Власенко М.М, доц., к.т.н., доц. каф. Вищої математики та фізики

Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц. каф. Електричної інженерії

Рецензент: Гоголева Н.Ф., доц., к.ф.-м.н., доц. каф. Вищої математики та фізики

Відповідальний за випуск : Медведєва М.І. завідувача кафедрою Вищої математики та фізики

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ, протокол № 5 від 18.12.2018 р.

Розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та фізики, протокол № 4 від 21.11.2018 р.

©Донецький національний  
технічний університет, 2018

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ .....	6
1.1.1 ГРЕЦЬКА АБЕТКА.....	6
1.1.2 ЛАТИНСЬКА АБЕТКА.....	6
1.2 ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН СІ, ЩО МАЮТЬ ВЛАСНІ НАЗВИ ..	7
1.3 ПОЗАСИСТЕМНІ ОДИНИЦІ, ДОПУЩЕНІ ДО ЗАСТОСУВАННЯ НАРІВНІ З ОДИНИЦЯМИ СІ .....	8
1.4 МНОЖНИКИ І ПРИСТАВКИ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ДЕСЯТИЧНИХ КРАТНИХ І ЧАСТКОВИХ ОДИНИЦЬ ТА ЇХ НАЙМЕНУВАНЬ .....	9
1.5 СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ПОЗАСИСТЕМНИМИ ОДИНИЦЯМИ І ОДИНИЦЯМИ СІ.....	9
1.6 ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ КОНСТАНТИ.....	10
1.7 ДЕЯКІ ЧИСЛА, ЩО ЧАСТО ЗУСТРІЧАЮТЬСЯ .....	11
1.8 КОЕФІЦІЄНТИ СТЬЮДЕНТА .....	12
1.9 ГУСТИНА І МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ.....	12
1.10 ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ .....	13
1.11 ВЛАСТИВОСТІ РІДИН ПРИ 20°C .....	13
1.12 ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ ПРИ 20°C .....	14
1.13 ШВИДКІСТЬ ЗВУКУ ПРИ 20°C .....	14
1.14 ЗАЛЕЖНІСТЬ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ В СУХОМУ ПОВІТРІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ НОРМАЛЬНОМУ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ .....	14
1.15 ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН .....	14
1.16 ПИТОМИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР $R_0$ І ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ $A$ ДЕЯКИХ ПРОВІДНИКІВ ПРИ 0°C.....	15
1.17 ЗВ'ЯЗОК МІЖ МАГНІТНОЮ ІНДУКЦІЄЮ $B$ І НАПРУЖЕНІСТЮ $H$ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ФЕРОМАГНЕТИКАХ.....	16
1.8 ПОКАЗНИКИ ЗАЛОМЛЕННЯ .....	16
1.19 ІНТЕРВАЛИ ДОВЖИН ХВИЛЬ І ЧАСТОТ І ВІДПОВІДНІ ЇМ КОЛЬОРИ ВИДИМОЇ ЧАСТИНИ СПЕКТРУ*.....	17
1.20 ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАЙВАЖЛИВІШИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ .....	17

1.21 РОБОТА ВИХОДУ ДЛЯ ХІМІЧНО ЧИСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ЕЛЕМЕНТІВ, ВКРИТИХ ШАРОМ АДСОРБАТА .....	18
1.22 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІЗОТОПІВ .....	19
1.25 ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ .....	24
1.26 ОСНОВНІ ТРИГОНОМЕТРИЧНІ ФОРМУЛИ .....	24
1.27 ТАБЛИЦЯ ПОХІДНИХ.....	25
1.28 ДЕЯКІ ВІДОМОСТІ ПРО ВЕКТОРИ .....	26
2. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ.....	28
3. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ВКЛЮЧЕНІ В ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ БІЛЕТИ .....	31
4. ПРИКЛАДИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ .....	34
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	43

## ВСТУП

Рішення багатьох фізичних та технічних задач неможливо без використання довідкових даних, тому вміння працювати з довідником є обов'язковим для фахівців усіх технічних спеціальностей.

Фізика формує науковий світогляд людини. Розвиваючись, вона видозмінює, доповнює, поглиблює уявлення про природу речей і причинні зв'язки навколишнього світу. З часом її теоретичні концепції набувають загально-філософського значення. Таким чином, технічний фахівець будь-якого профілю повинен володіти фізикою в такій мірі, щоб бути в змозі застосовувати її досягнення у своїй виробничій діяльності.

## 1 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Для позначення фізичних величин у фізиці використовують грецькі та латинські літери, тому знання грецької і латинської абеток полегшить розуміння тексту з фізики.

### 1.1.1 ГРЕЦЬКА АБЕТКА

Грецька літера	Назва англійською	Назва українською
A, $\alpha$	alpha	альфа
B, $\beta$	beta	бета
$\Gamma$ , $\gamma$	gamma	гамма
$\Delta$ , $\delta$	delta	дельта
E, $\epsilon$	epsilon	епсілон
Z, $\zeta$	zeta	дзета
H, $\eta$	eta	ета
$\Theta$ , $\theta$	theta	тета
I, $\iota$	iota	йота
K, $\kappa$	kappa	каппа
$\Lambda$ , $\lambda$	lambda	ламбда
M, $\mu$	mu	мю
N, $\nu$	nu	ню
$\Xi$ , $\xi$	xi	ксі
O, $\omicron$	omicron	омікрон
$\Pi$ , $\pi$	pi	пі
P, $\rho$	rho	ро
$\Sigma$ , $\sigma$	sigma	сігма
T, $\tau$	tau	тау
Y, $\upsilon$	upsilon	іпсілон
$\Phi$ , $\phi$	phi	фі
X, $\chi$	chi	хі
$\Psi$ , $\psi$	psi	псі
$\Omega$ , $\omega$	omega	омега

### 1.1.2 ЛАТИНСЬКА АБЕТКА

Сучасна латинська абетка, що є основою писемності німецьких, романських и багатьох других мов, складається з 26 літер. Літери в різних

мовах називаються по-різному. У таблиці приведені українські та «українські математичні» назви, які слідуєть «французькій» традиції.

Латинська літера		Назва літери	Латинська літера		Назва літери
	курсив			курсив	
A, a	<i>A, a</i>	а	N, n	<i>N, n</i>	ен
B, b	<i>B, b</i>	бе	O, o	<i>O, o</i>	о
C, c	<i>C, c</i>	це	P, p	<i>P, p</i>	пе
D, d	<i>D, d</i>	де	Q, q	<i>Q, q</i>	ку, кю
E, e	<i>E, e</i>	е	R, r	<i>R, r</i>	ер
F, f	<i>F, f</i>	еф	S, s	<i>S, s</i>	ес
G, g	<i>G, g</i>	ге, же	T, t	<i>T, t</i>	те
H, h	<i>H, h</i>	га, аш	U, u	<i>U, u</i>	у
I, i	<i>I, i</i>	і	V, v	<i>V, v, v</i>	ве
J, j	<i>J, j</i>	йот, жи	W, w	<i>W, w, w</i>	дубль-ве
K, k	<i>K, k</i>	ка	X, x	<i>X, x</i>	ікс
L, l	<i>L, l</i>	ель	Y, y	<i>Y, y</i>	ігрек
M, m	<i>M, m</i>	ем	Z, z	<i>Z, z</i>	зет, зета

## 1.2 ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН СІ, ЩО МАЮТЬ ВЛАСНІ НАЗВИ

Величина	Одиниця		
	Найменування	Позначення (українське)	Позначення (міжнародне)
Довжина	метр	м	m
Маса	кілограм	кг	kg
Час	секунда	с	s
Плоский кут	радіан	рад	rad
Тілесний кут	стерадіан	ср	sr
Сила, вага	ньютон	Н	N
Робота, енергія	джоуль	Дж	J
Потужність	ват	Вт	W
Тиск	паскаль	Па	Pa
Напруження (механічне)	паскаль	Па	Pa
Модуль пружності	паскаль	Па	Pa
Частота коливань	герц	Гц	Hz
Термодинамічна температура	кельвін	К	K
Теплота (Кількість	джоуль	Дж	J

теплоти)			
Кількість речовини	моль	моль	mol
Електричний заряд	кулон	Кл	С
Сила струму	ампер	А	А
Потенціал електричного поля	вольт	В	V
Напруга (електрична)	вольт	В	V
Електрична ємність	фарад	Ф	F
Електричний опір	ом	Ом	$\Omega$
Електрична провідність	сіменс	См	S
Магнітна індукція	тесла	Тл	T
Магнітний потік	вебер	Вб	Wb
Індуктивність	генрі	Гн	H
Сила світла	кандела	кд	cd
Світловий потік	люмен	лм	lm
Освітленість	люкс	лк	lx
Потік випромінювання	ват	Вт	W
Доза випромінювання (поглинена доза)	грей	гр	Gy
Активність ізотопу	бекерель	Бк	Bq

### 1.3 ПОЗАСИСТЕМНІ ОДИНИЦІ, ДОПУЩЕНІ ДО ЗАСТОСУВАННЯ НАРІВНІ З ОДИНИЦЯМИ СІ

Величина	Найменування	Позначення	Співвідношення з одиницею СІ
Маса	тонна	т	1000 кг
	грам	г	0,001 кг
Об'єм, місткість	літр	л	0,001 м <sup>3</sup>
Відносна величина	одиниця (число 1)	-	1
	відсоток	%	10 <sup>-2</sup>
Логарифмічна величина	бел	Б	-
	децибел	дБ	-
Температура	градус Цельсія	°С, 1°С=1К	1°С=1К



## 1.4 МНОЖНИКИ І ПРИСТАВКИ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ДЕСЯТИЧНИХ КРАТНИХ І ЧАСТКОВИХ ОДИНИЦЬ ТА ЇХ НАЙМЕНУВАНЬ

Множник	Префікс		Приклад	
	Найменування	Позначення		
$10^{15}$	пета	П	петагерц	ПГц
$10^{12}$	тера	Т	тераджоуль	ТДж
$10^9$	гіга	Г	гіганьютон	ГН
$10^6$	мега	М	мегаом	МОм
$10^3$	кіло	к	кілометр	км
$10^2$	гекто	г	гектоватт	гВт
$10^1$	дека	да	декалітр	дал
$10^{-1}$	деци	д	дециметр	дм
$10^{-2}$	санти	с	сантиметр	см
$10^{-3}$	мілі	м	міліампер	мА
$10^{-6}$	мікро	мк	мікровольт	мкВ
$10^{-9}$	нано	н	наносекунд	нс
$10^{-12}$	піко	п	пикофарад	пФ
$10^{-15}$	фемто	ф	фемтометр	фм

## 1.5 СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ПОЗАСИСТЕМНИМИ ОДИНИЦЯМИ І ОДИНИЦЯМИ СІ

Одиниці фізичних величин	
Довжина	1 ангстрем = $10^{-10}$ м
Час	1 доба = 86400 с 1 рік = 365,25 доби = $3,16 \cdot 10^7$ с
Плоский кут	$1^\circ = \pi/180$ рад = $1,75 \cdot 10^{-2}$ рад $1' = (\pi/180)/60$ рад = $2,91 \cdot 10^{-4}$ рад $1'' = (\pi/180)/3600$ рад = $4,85 \cdot 10^{-6}$ рад
Об'єм, місткість	1 л = 1 дм <sup>3</sup> = $10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Маса	1 т = $10^3$ кг 1 г = $10^{-3}$ кг 1 а.о.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Сила	1 кгс = 9,81 Н

Робота, енергія	$1 \text{ кВт} \cdot \text{г} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Потужність	$1 \text{ к.с.} = 736 \text{ Вт}$
Тиск	$1 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ атм (техн)} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$
Теплота	$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$
Магнітна індукція	$1 \text{ Гс (гаус)} = 10^{-4} \text{ Тл}$
Напруженість магнітного поля	$1 \text{ Е (ерстед)} = 79,6 \text{ А/м}$

## 1.6 ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ КОНСТАНТИ

Нормальне прискорення вільного падіння	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Гравітаційна стала	$G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Універсальна газова стала	$R = 8,314510 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$
Молярний об'єм ідеального газу за нормальних розумів ( $T = 273,15 \text{ К}$ , $p = 101325 \text{ Па}$ )	$V_0 = RT/p = 22,414102 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{моль}$
Число Авогадро	$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Число Лошмідта	$n_0 = N_A / V_0 = 2,686763 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
Стала Больцмана	$k = R / N_A = 1,380658 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Число Фарадея	$F = 96485,309 \text{ Кл/моль}$
Швидкість світла у вакуумі	$c = 299792458 \text{ м/с}$
Магнітна стала (абсолютна магнітна проникність)	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 12,566370 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Електрична стала (абсолютна діелектрична проникність)	$\epsilon_0 = 8,854188 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Атомна одиниця маси	$1 \text{ а.о.м.} = 1,660540 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Елементарний заряд	$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Маса спокою електрона	$m_e = 9,109389 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
з атомних одиниць маси	$m_e = 5,485799 \cdot 10^{-4} \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою електрона	$m_e c^2 = 0,510999 \text{ МеВ}$
Питомий заряд електрона	$-e/m_e = -1,758819 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Класичний радіус електрона	$r_e = 2,817941 \cdot 10^{-15} \text{ м}$
Маса спокою протона	$m_p = 1,672623 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
в атомних одиницях маси	$m_p = 1,007726 \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою протона	$m_p c^2 = 938,27231 \text{ МеВ}$
	$e/m_p = 9,578831 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг}$

Питомий заряд протона	
Відношення маси протона до маси електрона	$m_p/m_e = 1836,152701$
Маса спокою нейтрона	$m_n = 1,674929 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
в атомних одиницях маси	$m_n = 1,008665 \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою нейтрона	$m_n c^2 = 939,56563 \text{ MeV}$
Відношення маси нейтрона до маси електрона	$m_n/m_e = 1838,683662$
Відношення маси нейтрона до маси протона	$m_n/m_p = 1,001378$
Стала Планка	$h = 6,626075 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $\hbar = h/2\pi = 1,054572 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Стала Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67051 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Стала в законі зсуву Віна	$b = 2,897756 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Стала Рідберга	$R_\infty = 10973731,534 \text{ м}^{-1}$
Комптонівська довжина хвилі: електрона	$\lambda_0 = h/m_e c = 2,426310 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ $\lambda_0 = h/m_p c = 11,321410 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ $\lambda_0 = h/m_n c = 1,319591 \cdot 10^{-15} \text{ м}$
протона	$r_1 = 0,529177 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
нейтрона	$\mu_B = e\hbar/2m_e = 9,274015 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}$ $\mu_N = e\hbar/2m_p = 5,050787 \cdot 10^{-27} \text{ Дж/Тл}$
Радіус першої борівської орбіти	
Магнетон Бору	
Ядерний магнетон	

### 1.7 ДЕЯКІ ЧИСЛА, ЩО ЧАСТО ЗУСТРІЧАЮТЬСЯ

Символ	Числове значення
$\pi$	3,1411593
$\sqrt{\pi}$	1,77245
$\pi^2$	9,86960
$4\pi$	12,56637
$2/\pi$	0,63662
$1^\circ$	0,01745 рад
$1'$	0,00029 рад
$e$	2,718282
$\lg e$	0,43429
$\ln 2$	0,69315

$\sqrt{2}$	1,41421
$\sqrt{3}$	1,73205

### 1.8 КОЕФІЦІЄНТИ СТЬЮДЕНТА ( $t_{\alpha,n}$ )

$n$ – кількість вимірювань	$\alpha$ - довірна ймовірність			
	<b>0,9</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,999</b>
2	6,31	12,71	31,82	636,62
3	2,92	4,30	6,97	31,60
4	2,35	3,18	4,54	12,94
5	2,13	2,78	3,75	8,61
6	2,02	2,57	3,37	6,86
7	1,94	2,45	3,14	5,96
8	1,90	2,37	3,00	5,41
9	1,86	2,31	2,90	5,04
10	1,83	2,26	2,82	4,78

### 1.9 ГУСТИНА І МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ

Матеріал		Густина, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Модуль пружності (Юнга) $E$ , ГПа
алюміній	Al	2700	69 - 72
вольфрам	W	19300	350 - 400
германій	Ge	5320	82
залізо	Fe	7860	195 - 205
золото	Au	19300	78 - 83
індій	In	7310	10,5
кремній	Si	2330	110 - 160
мідь	Cu	8960	110 - 130
молібден	Mo	10200	300 - 330
нікель	Ni	8900	200 - 220
олово	Sn	7300	41 - 55
паладій	Pd	12000	115 - 125
платина	Pt	21400	150 - 175
селен	Se	4790	55

срібло	Ag	10500	72 - 72,5
свинець	Pb	11400	14 - 18
стронцій	Sr	2600	-
титан	Ti	4510	110
цинк	Zn	7140	100 - 130
дюралюміній		2790	70 - 72,5
сталь (катана)		7850-8000	200 - 210
мідні сплави (латуні)		8400-8700	102 - 115

### 1.10 ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ

Речовина	Температура плавлення $t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Питома теплоємність $c, \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	Теплота плавлення $\lambda, 10^5 \text{Дж}/\text{кг}$	Коефіцієнт теплопровідності $k, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	Температурний коефіцієнт лінійного розширення (середні значення) $\alpha, 10^{-6} \text{К}^{-1}$
алюміній	660	0,86	4,0	237	23 - 24
дюралюміній	600	0,60		130	18 - 26
сталь	1440	0,45	2,7	50	10 - 18
золото	1063	0,13	0,64	317	78 - 83
мідь	1083	0,38	2,1	400	16 - 17
мідні сплави (латуні)	900	0,35		110	18- 20
свинець	327	0,13	0,23	35	28 - 29
олово	232	0,23	0,605	70	20 - 22
лід	0	2,10	3,4	2,2	52,7
скло віконне	600	0,67	1,4	0,92	6 -10

### 1.11 ВЛАСТИВОСТІ РІДИН ПРИ 20°C

Речовина	Густина $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	В'язкість $\eta, \text{МПа}\cdot\text{с}$	Поверхневий натяг $\alpha, \text{мН}/\text{м}$	Температура кипіння, $^\circ\text{C}$
Вода	1000	1,00	72,8	100
Гліцерин	1260	1480	59,4	290

Масло касторове	955	986		
Масло трансформаторне	860			
Гас	840	1,5		
Ртуть	13595	1,55	475,0	356,6

### 1.12 ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ ПРИ 20°C

Речовина при нормальних умовах		Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Діаметр молекули d, нм	В'язкість $\eta$ , мкПа·с	Показник адіабати $\gamma = C_p/C_v$
азот	N <sub>2</sub>	1,2505	0,371	16,6	1,401
водень	H <sub>2</sub>	0,0899	0,28	8,4	1,407
повітря		1,293	0,357	17,1	1,400
гелій	He	0,1785	0,1987	18,6	1,63
кисень	O <sub>2</sub>	1,4289	0,35	19,2	1,400
вуглекислий газ	CO <sub>2</sub>	1,977	0,45	13,8	1,33

### 1.13 ШВИДКІСТЬ ЗВУКУ ПРИ 20°C

Гази		Рідини		Тверді тіла	
Речовина	$v$ , м/с	Речовина	$v$ , м/с	Речовина	$v$ , м/с
повітря	334	вода	1482	латунь	3490
водень	1300	гліцерин	1895	сталь	5100
метан	430	гас	1295	граніт	3950

### 1.14 ЗАЛЕЖНІСТЬ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ В СУХОМУ ПОВІТРІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ НОРМАЛЬНОМУ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ

Температура $t$ , C	0	10	20	30
$v$ , м/с	331	338	344	351

### 1.15 ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН

Речовина	Діелектрична проникність, $\epsilon$	Пробивна напруженість $E$ , 10 <sup>6</sup> В/м
повітря	1,0	3,1
масло трансформаторне	2,2	12
масло конденсаторне	4,0	20
сльода	7,0	100
скло електроізоляційне	5,0	40

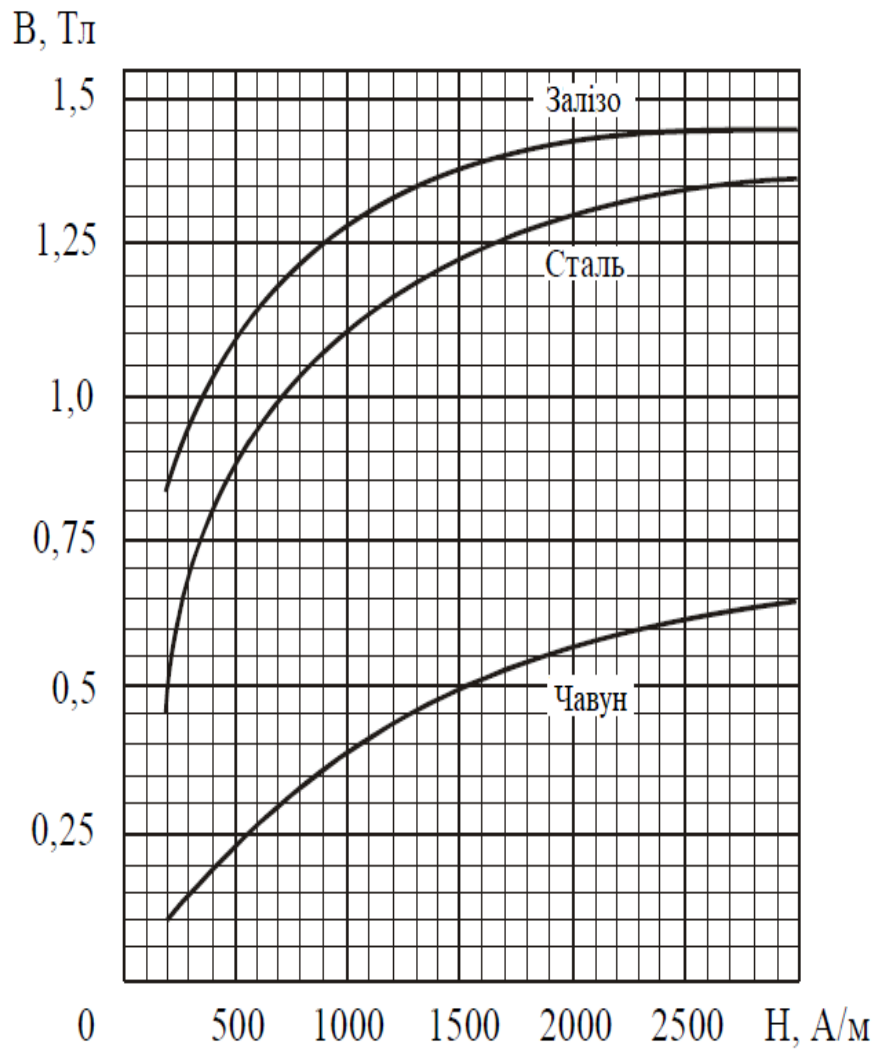
текстоліт	8,0	27
парафінований папір	2,1	40
поліетилен	2,2	25
гас	2,1	
фарфор	5,0	30
ебоніт	3,0	20

1.16 ПИТОМИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР  $\rho_0$  І ТЕМПЕРАТУРНИЙ  
КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ  $\alpha$  ДЕЯКИХ ПРОВІДНИКІВ ПРИ 0°C

Провідник		$\rho_0$ , $10^{-8}$ Ом·м	$\alpha$ , $10^{-3}$ град $^{-1}$
алюміній	Al	2,5	4,60
ванадій	V	18,2	3,90
вольфрам	W	4,89	5,10
залізо	Fe	8,6	6,51
золото	Au	2,06	4,02
кобальт	Co	5,57	6,04
магній	Mg	4,31	4,12
мідь	Cu	1,55	4,33
молібден	Mo	5,05	4,73
неодім	Nd	71,0	2,00
нікель	Ni	6,14	6,92
олово	Sn	11,15	4,65
паладій	Pd	9,77	3,77
платина	Pt	9,81	3,96
ртуть	Hg	94,07	0,99
свинець	Pb	19,2	4,28
срібло	Ag	1,49	4,30
титан	Ti	42,0	5,46
хром	Cr	14,1	3,01
цинк	Zn	5,65	4,17
сталь		12,0	6,10
константан		50,0	0,05
манганін		43,0	0,01
нейзильбер		30,0	0,25

нікелін		40,0	0,11
ніхром		110,0	0,12
фехраль		130,0	0,15
латунь		7,1	1,70

### 1.17 ЗВ'ЯЗОК МІЖ МАГНІТНОЮ ІНДУКЦІЄЮ $B$ І НАПРУЖЕНІСТЮ $H$ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ФЕРОМАГНЕТИКАХ



### 1.8 ПОКАЗНИКИ ЗАЛОМЛЕННЯ

Гази		Рідини		Тверді тіла	
Речовина	$n$	Речовина	$n$	Речовина	$n$
азот	1,000297	вода	1,33	алмаз	2,42
повітря	1,000292	гліцерин	1,47	кварц	1,46



				плавл.	
метан	1,000441	масло кедрове	1,52	скло	1,50
хлор	1,000768	масло коричне	1,60	NaCl	1,53

### 1.19 ІНТЕРВАЛИ ДОВЖИН ХВИЛЬ І ЧАСТОТ І ВІДПОВІДНІ ЇМ КОЛЬОРИ ВИДИМОЇ ЧАСТИНИ СПЕКТРУ\*

Колір спектру	Довжина хвилі, нм	Частота, ТГц
червоний	760 - 620	395 - 483
помаранчевий	620 - 590	483 - 508
жовтий	590 - 560	508 - 536
зелений	560 - 500	536 - 600
блакитний	500 - 480	600 - 625
синій	480 - 450	625 - 666
фіолетовий	450 - 380	666 - 789

\*Область видимої частини спектру укладена в межах хвиль приблизно від 760 до 380 нм. Межі кольорів спектру також визначаються лише умовно.

### 1.20 ОСНОВНІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАЙВАЖЛИВІШИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Речовина	Ширина забороненої зони $E$ , еВ	Рухливість електронів $\mu_E$ , см <sup>2</sup> /В	Рухливість дірок $\mu_d$ , см <sup>2</sup> /В	Густина $\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Si	1,107	1600	500	2,33
Ge	0,66	3900	1900	5,32
Te	0,33 (4,2 К)	1890	790	6,25
Se	1,79	-	3900	4,80
С (алмаз)	5,4	-	-	3,51
GaAs	1,43	8 500	420	5,37
GaSb	0,78	4000	650	5,61
GaP	2,24	8500	435	4,13
InAs	0,36	33 000	460	5,68
InSb	0,18	78 000	750	5,78

InP	1,26	4600	150	4,79
PbS	0,41	600	600	7,61
PbSe	0,28	0,50	1000	8,15
PbTe	0,32	1730	840	-
Te	0,18	-	400	6,45

### 1.21 РОБОТА ВИХОДУ ДЛЯ ХІМІЧНО ЧИСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ЕЛЕМЕНТІВ, ВКРИТИХ ШАРОМ АДСОРБАТА

Елемент	Символ	$A$ , еВ	Адсорбент - адсорбат	$A$ , еВ
алюміній	Al	4,25	C - Cs	1,37
вольфрам	W	4,54	Ti - Cs	1,32
германій	Ge	4,76	Cr - Cs	1,71
індій	In	3,80	Fe - Cs	1,82
ітрій	Y	3,30	Cu - Cs	1,64
калій	K	2,22	Mo - Cs	1,54
кобальт	Co	4,41	Ge - Ba	2,20
кремній	Si	4,80	Mo - Th	2,58
магній	Mg	3,64	Ag - Ba	1,56
марганець	Mn	3,83	Ta - Cs	1,10
мідь	Cu	4,40	W - Li	2,18
натрій	Na	2,35	W - La	2,20
нікель	Ni	4,50	Pt - Na	2,10
паладій	Pd	4,80	Pt - Rb	1,57
празеодим	Pr	2,70	Pt - Ba	1,90
самарій	Sm	2,70	W - O - Na	1,72
селен	Se	4,72	Сталь 1X18H9T - Cs	1,41
срібло	Ag	4,30	Ta <sub>2</sub> C - Cs	1,40
стронцій	Sr	2,35	TaSi <sub>2</sub> - Cs	1,47
хром	Cr	4,58	Mo <sub>2</sub> C - Cs	1,45
цезій	Cs	1,81	WSi <sub>2</sub> - Cs	1,47
цинк	Zn	4,24	Pd - Cs	1,51

## 1.22 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІЗОТОПІВ

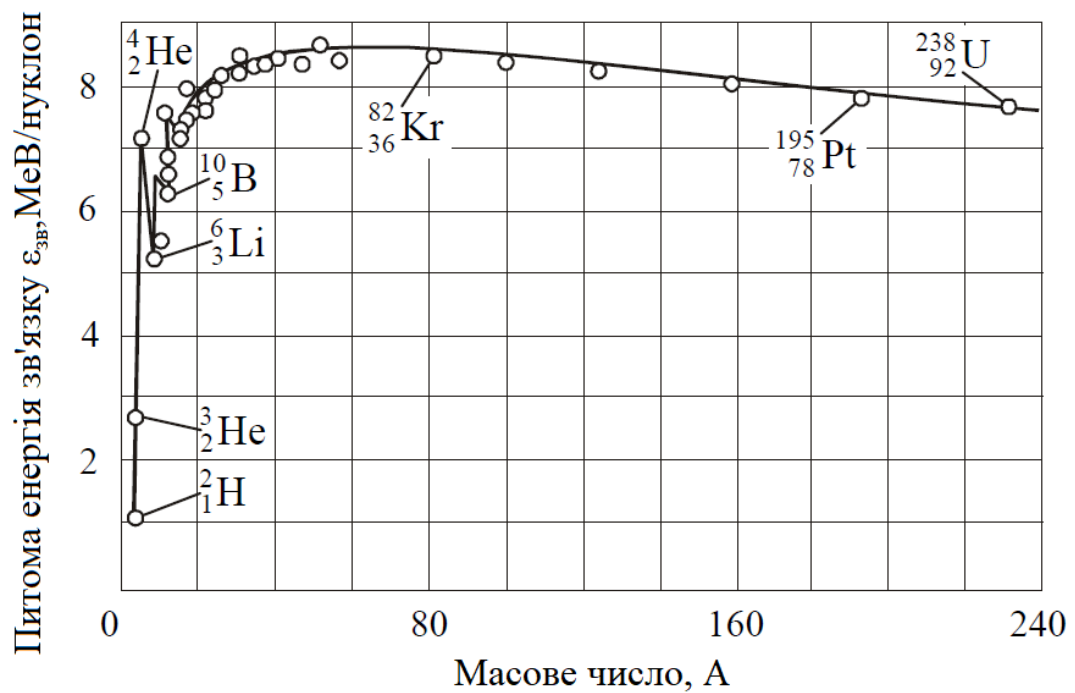
Елемент	Символ ізоотопу	Атомна маса, а.о.м.	Відносна розповсюдж. %	Тип розпаду	Період напіврозпаду
нейтрон	${}_0n^1$	1,008665	-	$\beta$ -	14,5 хв
протон	${}_1p^1$	1,007276	-		стабільний
водень	${}_1H^1$	1,007825	99,985		стабільний
дейтерій	${}_1H^2$	2,014102	0,015		стабільний
тритій	${}_1H^3$	3,016049	-	$\beta$ -	12,33 років
гелій	${}_2He^3$	3,016030	0,000138		стабільний
гелій	${}_2He^4$	4,002604	99,99986		стабільний
літій	${}_3Li^6$	6,015126	7,52		стабільний
літій	${}_3Li^7$	7,016005	92,48		стабільний
берилій	${}_4Be^7$	7,016930	-	Е.З.	53 дні
берилій	${}_4Be^9$	9,012186	100		стабільний
бор	${}_5B^{10}$	10,012939	19,9		стабільний
бор	${}_5B^{11}$	11,009305	80,1		стабільний
вуглець	${}_6C^{12}$	12,000000	98,89		стабільний
вуглець	${}_6C^{13}$	13,003354	1,11		стабільний
вуглець	${}_6C^{14}$	14,003242	-	$\beta$ -	5730 років
азот	${}_7N^{14}$	14,003074	99,63		стабільний
азот	${}_7N^{15}$	15,000108	0,37		стабільний
кисень	${}_8O^{16}$	15,994915	99,762		стабільний
кисень	${}_8O^{17}$	16,999133	0,038		стабільний
кисень	${}_8O^{18}$	17,999160	0,200		стабільний
фтор	${}_9F^{19}$	18,998405	100		стабільний
неон	${}_{10}Ne^{20}$	19,992440	90,51		стабільний
неон	${}_{10}Ne^{21}$	20,993849	0,27		стабільний
неон	${}_{10}Ne^{22}$	21,991384	9,22		стабільний
натрій	${}_{11}Na^{22}$	21,994435	-	+	2,6 років
натрій	${}_{11}Na^{23}$	22,989773	100		стабільний
магній	${}_{12}Mg^{23}$	22,994135	-	+	11,3 сек
магній	${}_{12}Mg^{24}$	23,985044	78,99		стабільний
магній	${}_{12}Mg^{25}$	24,985840	10,00		стабільний
магній	${}_{12}Mg^{26}$	25,982591	11,01		стабільний
магній	${}_{12}Mg^{27}$	26,984345	-	$\beta$ -	9,46 хв
алюміній	${}_{13}Al^{27}$	26,981535	100		стабільний
кремній	${}_{14}Si^{28}$	27,976927	92,23		стабільний
кремній	${}_{14}Si^{30}$	29,973761	3,10		стабільний

Елемент	Символ ізоотопу	Атомна маса, а.о.м.	Відносна розповсюдж. %	Тип розпаду	Період напіврозпаду
фосфор	$_{15}\text{P}^{30}$	29,978320	-	+	2,5 хв
фосфор	$_{15}\text{P}^{31}$	30,973763	100		стабільний
фосфор	$_{15}\text{P}^{32}$	31,973908	-	$\beta$ -	14,36 діб
сірка	$_{16}\text{S}^{32}$	31,972074	95,02		стабільний
сірка	$_{16}\text{S}^{35}$	34,969034	-	$\beta$ -	87,24 діб
хлор	$_{17}\text{Cl}^{35}$	34,968854	75,77		стабільний
хлор	$_{17}\text{Cl}^{37}$	36,965896	24,23		стабільний
аргон	$_{18}\text{Ar}^{36}$	35,967548	0,34		стабільний
аргон	$_{18}\text{Ar}^{40}$	39,962384	99,60		стабільний
калій	$_{19}\text{K}^{39}$	38,963714	93,26		стабільний
калій	$_{19}\text{K}^{42}$	41,962417	-	$\beta$ -	12,5 годин
кальцій	$_{20}\text{Ca}^{40}$	39,962589	96,94		стабільний
скандій	$_{21}\text{Sc}^{45}$	44,955919	100		стабільний
титан	$_{22}\text{Ti}^{48}$	47,947948	73,8		стабільний
ванадій	$_{23}\text{V}^{51}$	50,943978	99,75		стабільний
хром	$_{24}\text{Cr}^{51}$	50,944786	-	Е.З.	27,7 діб
хром	$_{24}\text{Cr}^{52}$	51,940506	83,79		стабільний
марганець	$_{25}\text{Mn}^{55}$	54,938054	100		стабільний
залізо	$_{26}\text{Fe}^{55}$	54,940438	-	Е.З.	2,7 років
залізо	$_{26}\text{Fe}^{56}$	55,934935	91,72		стабільний
залізо	$_{26}\text{Fe}^{57}$	56,935391	2,2		стабільний
кобальт	$_{27}\text{Co}^{58}$	57,935754	-	Е.З.	70,78 діб
кобальт	$_{27}\text{Co}^{59}$	58,933189	100		стабільний
кобальт	$_{27}\text{Co}^{60}$	59,933816	-	$\beta$ -	5,27 років
нікель	$_{28}\text{Ni}^{58}$	57,935343	68,27		стабільний
нікель	$_{28}\text{Ni}^{63}$	62,929665	-	+	100,1 років
мідь	$_{29}\text{Cu}^{63}$	62,929594	69,17		стабільний
мідь	$_{29}\text{Cu}^{65}$	64,927786	30,83		стабільний
цинк	$_{30}\text{Zn}^{64}$	63,929141	48,6		стабільний
галій	$_{31}\text{Ga}^{69}$	68,925576	60,1		стабільний
галій	$_{31}\text{Ga}^{71}$	70,924695	39,9		стабільний
германій	$_{32}\text{Ge}^{70}$	69,924245	20,5		стабільний
германій	$_{32}\text{Ge}^{72}$	71,922075	27,4		стабільний
миш'як	$_{33}\text{As}^{75}$	74,921590	100		стабільний
селен	$_{34}\text{Se}^{78}$	77,917298	23,6		стабільний
селен	$_{34}\text{Se}^{80}$	79,916515	49,7		стабільний
бром	$_{35}\text{Br}^{79}$	78,918330	50,69		стабільний

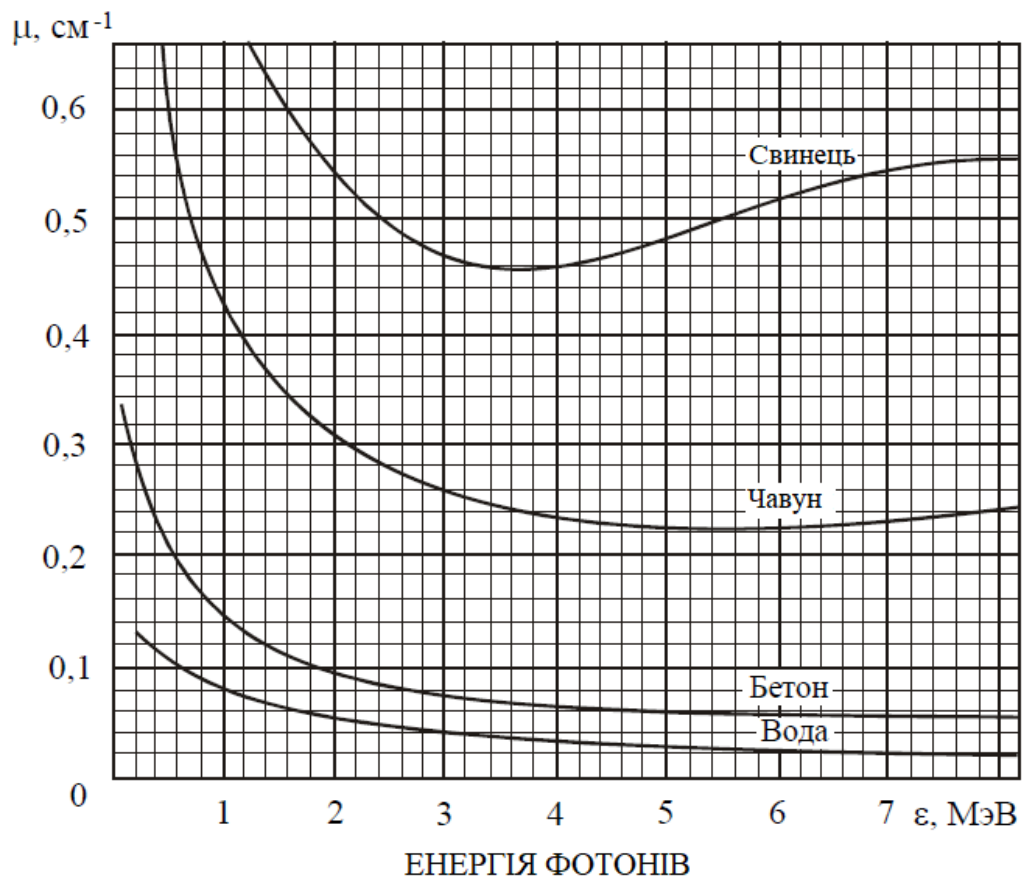
Елемент	Символ ізоотопу	Атомна маса, а.о.м.	Відносна розповсюдж. %	Тип розпаду	Період напіврозпаду
криптон	${}_{36}\text{Kr}^{84}$	83,911446	57,0		стабільний
криптон	${}_{36}\text{Kr}^{85}$	84,912531	-	$\beta$ -	10,72 років
рубідій	${}_{37}\text{Rb}^{85}$	84,911788	72,16		стабільний
рубідій	${}_{37}\text{Rb}^{86}$	85,909183	-	$\beta$ -	18,66 діб
стронцій	${}_{38}\text{Sr}^{88}$	87,905622	82,58		стабільний
стронцій	${}_{38}\text{Sr}^{89}$	88,907448	-	$\beta$ -	50,55 діб
стронцій	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	88,907734	-	$\beta$ -	28,6 років
ітрій	${}_{39}\text{Y}^{88}$	87,909503	-	Е.З.	106,6 діб
ітрій	${}_{39}\text{Y}^{89}$	88,905849	100		стабільний
цирконій	${}_{40}\text{Zr}^{90}$	89,904701	51,45		стабільний
цирконій	${}_{40}\text{Zr}^{95}$	94,908028	-	$\beta$ -	64,0 діб
ніобій	${}_{41}\text{Nb}^{93}$	92,906372	100		стабільний
молібден	${}_{42}\text{Mo}^{92}$	91,906802	14,84		стабільний
технецій	${}_{43}\text{Tc}^{98}$	97,907203	-	$\beta$ -	$4,2 \cdot 10^6$ років
рутений	${}_{44}\text{Ru}^{102}$	101,904338	31,6		стабільний
родій	${}_{45}\text{Rh}^{101}$	100,906162	-	Е.З.	3,3 роки
родій	${}_{45}\text{Rh}^{103}$	102,905502	100		стабільний
паладій	${}_{46}\text{Pd}^{108}$	107,903891	26,46		стабільний
срібло	${}_{47}\text{Ag}^{107}$	106,905088	51,84		стабільний
срібло	${}_{47}\text{Ag}^{109}$	108,904748	48,16		стабільний
кадмій	${}_{48}\text{Cd}^{114}$	113,903354	28,73		стабільний
індій	${}_{49}\text{In}^{115}$	114,904070	95,72		стабільний
олово	${}_{50}\text{Sn}^{118}$	117,901790	24,22		стабільний
олово	${}_{50}\text{Sn}^{123}$	122,905715	-	$\beta$ -	129,2 діб
сурма	${}_{51}\text{Sb}^{121}$	120,903750	57,25		стабільний
сурма	${}_{51}\text{Sb}^{123}$	122,904216	42,75		стабільний
телур	${}_{52}\text{Te}^{130}$	129,906700	33,8		стабільний
йод	${}_{53}\text{I}^{127}$	126,904471	100		стабільний
йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	130,906112	-	$\beta$ -	8,04 діб
ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{132}$	131,904142	26,9		стабільний
ксенон	${}_{54}\text{Xe}^{135}$	134,907040	-	$\beta$ -	9,13 годин
цезій	${}_{55}\text{Cs}^{133}$	132,905427	100		стабільний
цезій	${}_{55}\text{Cs}^{134}$	133,906694	-	$\beta$ -	2,06 роки
барій	${}_{56}\text{Ba}^{138}$	137,905226	71,7		стабільний
лантан	${}_{57}\text{La}^{139}$	138,906348	99,91		стабільний
церій	${}_{58}\text{Ce}^{140}$	139,905436	88,48		стабільний

Елемент	Символ ізоотопу	Атомна маса, а.о.м.	Відносна розповсюдж. %	Тип розпаду	Період напіврозпаду
празеодим	$_{59}\text{Pr}^{141}$	140,907651	100		стабільний
неодім	$_{60}\text{Nd}^{146}$	145,913121	17,2		стабільний
іридій	$_{77}\text{Ir}^{192}$	191,962990	-	$\beta$ -	73,8 доби
золото	$_{79}\text{Au}^{197}$	196,966557	100		стабільний
золото	$_{79}\text{Au}^{198}$	197,968240	-	$\beta$ -	2,7 доби
ртуть	$_{80}\text{Hg}^{194}$	196,966557	-	Е.З.	260 років
талій	$_{81}\text{Tl}^{204}$	203,973884	-	$\beta$ -	3,78 років
свинець	$_{82}\text{Pb}^{206}$	205,974461	24,1		стабільний
свинець	$_{82}\text{Pb}^{207}$	206,975932	22,1		стабільний
свинець	$_{82}\text{Pb}^{208}$	207,976641	52,4		стабільний
вісмут	$_{83}\text{Bi}^{209}$	208,980423	100		стабільний
вісмут	$_{83}\text{Bi}^{210}$	209,984114	-	$\beta$ -	5,0 діб
полоній	$_{84}\text{Po}^{210}$	209,982871	-	$\alpha$	138,4 діб
астат	$_{85}\text{At}^{210}$	209,987490	-	Е.З.	8,1 годин
радон	$_{86}\text{Rn}^{222}$	222,017533	-	$\alpha$	3,8 діб
радій	$_{88}\text{Ra}^{220}$	220,010972	-	$\alpha$	0,025 с
радій	$_{88}\text{Ra}^{226}$	226,025361	-	$\alpha$	1620 років
радій	$_{88}\text{Ra}^{227}$	227,029220	-	$\beta$ -	42,2 хв
актиній	$_{89}\text{Ac}^{228}$	228,031169	-	$\beta$ -	6,13 годин
торій	$_{90}\text{Th}^{229}$	229,031629	-	$\alpha$	7340 років
торій	$_{90}\text{Th}^{230}$	230,03080	-	$\alpha$	$7,54 \cdot 10^4$ років
торій	$_{90}\text{Th}^{231}$	231,036301	-	$\beta$ -	25,52 годин
торій	$_{90}\text{Th}^{232}$	232,038211	100	$\alpha$	$1,4 \cdot 10^{10}$ років
торій	$_{90}\text{Th}^{233}$	233,041433	-	$\beta$ -	22,3 хв
протактиній	$_{91}\text{Pa}^{233}$	233,040246	-	$\beta$ -	27,0 діб
уран	$_{92}\text{U}^{233}$	233,039632	-	$\alpha$	$1,59 \cdot 10^5$ років
уран	$_{92}\text{U}^{234}$	234,040950	0,006	$\alpha$	$2,45 \cdot 10^5$ років
уран	$_{92}\text{U}^{235}$	235,043931	0,72	$\alpha$	$7,04 \cdot 10^8$ років
уран	$_{92}\text{U}^{236}$	236,045733	-	$\alpha$	$2,34 \cdot 10^7$ років
уран	$_{92}\text{U}^{238}$	238,050762	99,27	$\alpha$	$4,46 \cdot 10^9$ років
уран	$_{92}\text{U}^{239}$	239,054321	-	$\beta$ -	23,5 хв
нептуний	$_{93}\text{Np}^{237}$	237,048172	-	$\alpha$	$2,14 \cdot 10^6$ років
нептуний	$_{93}\text{Np}^{239}$	239,052935	-	$\beta$ -	2,36 доби
плутоній	$_{94}\text{Pu}^{238}$	238,049522	-	$\alpha$	87,74 років
плутоній	$_{94}\text{Pu}^{239}$	239,052162	-	$\alpha$	$2,4 \cdot 10^4$ років
плутоній	$_{94}\text{Pu}^{240}$	240,053812	-	$\alpha$	$6,54 \cdot 10^3$ років

### 1.23 ЗАЛЕЖНІСТЬ ПИТОМОЇ ЕНЕРГІЇ ЗВ'ЯЗКУ ВІД МАСОВОГО ЧИСЛА



### 1.24 ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ЛІНІЙНОГО ОСЛАБЛЕННЯ ВІД ЕНЕРГІЇ ПАДАЮЧИХ ФОТОНІВ ДЛЯ ДЕЯКИХ МАТЕРІАЛІВ



## 1.25 ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

$$\frac{1}{1+x} \approx 1-x \quad -0,031 < x < 0,031$$

$$\sqrt{1+x} \approx 1+\frac{x}{2} \quad -0,085 < x < 0,093$$

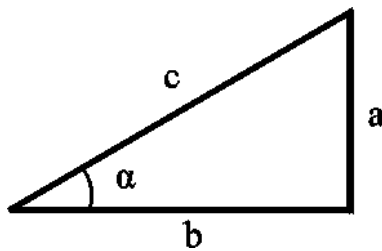
$$\frac{1}{\sqrt{1+x}} \approx 1-\frac{x}{2} \quad -0,052 < x < 0,052$$

$$\sin x \approx x \quad -0,077 < x < 0,077$$

$$e^x \approx 1+x \quad -0,045 < x < 0,045$$

$$\ln(1+x) \approx x \quad -0,066 < x < 0,066$$

## 1.26 ОСНОВНІ ТРИГОНОМЕТРИЧНІ ФОРМУЛИ



$$\sin \alpha = a/c \quad \cos \alpha = b/c \quad \operatorname{tg} \alpha = a/b \quad \operatorname{ctg} \alpha = b/a$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

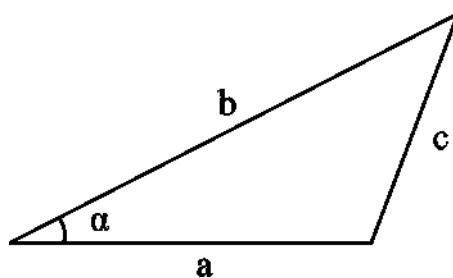
$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$



$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$$



Теорема косинусів  $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$

## 1.27 ТАБЛИЦЯ ПОХІДНИХ

Функція	Похідна	Функція	Похідна
$y = x$	$y' = 1$	$y = a^x$	$y' = a^x \ln a$
$y = x^n$	$y' = nx^{n-1}$	$y = a^{nx}$	$y' = na^{nx} \ln a$
$y = \frac{1}{x}$	$y' = -\frac{1}{x^2}$	$y = \ln x$	$y' = \frac{1}{x}$
$y = \frac{1}{x^n}$	$y' = -n \frac{1}{x^{n+1}}$	$y = \sin x$	$y' = \cos x$
$y = \sqrt{x}$	$y' = \frac{1}{2\sqrt{x}}$	$y = \cos x$	$y' = -\sin x$
$y = \sqrt[n]{x}$	$y' = \frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$y = \operatorname{tg} x$	$y' = \frac{1}{\cos^2 x}$
$y = e^x$	$y' = e^x$	$y = \operatorname{ctg} x$	$y' = -\frac{1}{\sin^2 x}$
$y = e^{nx}$	$y' = ne^{nx}$	$y = \operatorname{sh} x$	$y' = \operatorname{ch} x$

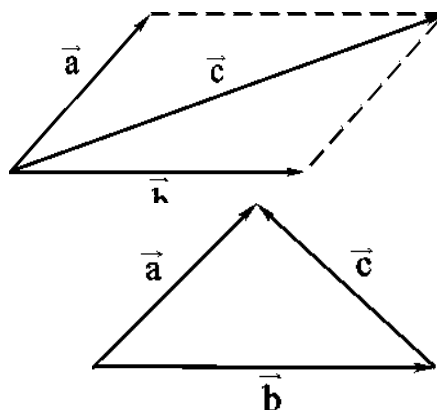
## 1.28 ДЕЯКІ ВІДОМОСТІ ПРО ВЕКТОРИ

*Сума векторів*

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

*Різниця векторів*

$$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$$



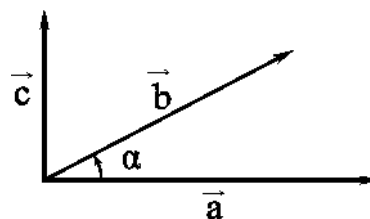
*Скалярний добуток векторів*

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a \cdot b \cdot \cos \alpha = c$$

де  $\alpha$  – кут між векторами  $\vec{a}$  і  $\vec{b}$

*Векторний добуток векторів*

$$\vec{c} = [\vec{a} \cdot \vec{b}] = \vec{a} \times \vec{b}$$



Вектор  $\vec{c}$  спрямований перпендикулярно векторам  $\vec{a}$  і  $\vec{b}$  у бік, що визначається за правилом правого гвинта (свердлика). Так на рисунку вектор  $\vec{c}$  спрямований вгору, оскільки вектор  $\vec{a}$  множиться на вектор  $\vec{b}$ , а не навпаки. Модуль векторного добутку векторів

$$c = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

Операція ділення векторів не визначена.

# 29. ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д.І.МЕНДЕЛІЄВА

		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	H 1,0079 Водород	1															He 4,0026 Гелій																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2	Li 6,941 Літій	3	Be 9,012 Берилій	4	B 10,811 Бор	5	C 12,011 Углерод	6	N 14,0067 Азот	7	O 15,999 Кислород	8	F 18,998 Фтор	9			Ne 20,179 Неон																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
3	Na 22,990 Натрій	11	Mg 24,305 Магній	12	Al 26,982 Алюміній	13	Si 28,086 Кремній	14	P 30,974 Фосфор	15	S 32,066 Сера	16	Cl 35,453 Хлор	17			Ar 39,948 Аргон																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
4	K 39,098 Калій	19	Ca 40,078 Кальцій	20	Sc 44,956 Скандій	21	Ti 47,88 Титан	22	V 50,942 Ванадій	23	Cr 51,996 Хром	24	Mn 54,938 Марганец	25	Fe 55,847 Железо	26	Ni 58,69 Нікель																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
5	Rb 85,468 Рубідій	37	Sr 87,62 Стронцій	38	Y 88,906 Иттрий	39	Zr 91,224 Цирконій	40	Nb 92,906 Ниобій	41	Mo 95,94 Молибден	42	Tc [99] Технецій	43	Ru 101,07 Рутеній	44	Rh 102,905 Родій	45	Pd 106,42 Палладій																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6	Cs 132,91 Цезій	55	Ba 137,33 Барій	56	In 114,82 Індій	57	Sn 118,71 Олово	58	Sb 121,75 Сурьма	59	Te 127,60 Телур	60	I 126,904 Йод	61	Xe 131,29 Ксенон	62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102		103		104		105		106		107		108		109		110		111		112		113		114		115		116		117		118		119		120		121		122		123		124		125		126		127		128		129		130		131		132		133		134		135		136		137		138		139		140		141		142		143		144		145		146		147		148		149		150		151		152		153		154		155		156		157		158		159		160		161		162		163		164		165		166		167		168		169		170		171		172		173		174		175		176		177		178		179		180		181		182		183		184		185		186		187		188		189		190		191		192		193		194		195		196		197		198		199		200		201		202		203		204		205		206		207		208		209		210		211		212		213		214		215		216		217		218		219		220		221		222		223		224		225		226		227		228		229		230		231		232		233		234		235		236		237		238		239		240		241		242		243		244		245		246		247		248		249		250		251		252		253		254		255		256		257		258		259		260		261		262		263		264		265		266		267		268		269		270		271		272		273		274		275		276		277		278		279		280		281		282		283		284		285		286		287		288		289		290		291		292		293		294		295		296		297		298		299		300		301		302		303		304		305		306		307		308		309		310		311		312		313		314		315		316		317		318		319		320		321		322		323		324		325		326		327		328		329		330		331		332		333		334		335		336		337		338		339		340		341		342		343		344		345		346		347		348		349		350		351		352		353		354		355		356		357		358		359		360		361		362		363		364		365		366		367		368		369		370		371		372		373		374		375		376		377		378		379		380		381		382		383		384		385		386		387		388		389		390		391		392		393		394		395		396		397		398		399		400		401		402		403		404		405		406		407		408		409		410		411		412		413		414		415		416		417		418		419		420		421		422		423		424		425		426		427		428		429		430		431		432		433		434		435		436		437		438		439		440		441		442		443		444		445		446		447		448		449		450		451		452		453		454		455		456		457		458		459		460		461		462		463		464		465		466		467		468		469		470		471		472		473		474		475		476		477		478		479		480		481		482		483		484		485		486		487		488		489		490		491		492		493		494		495		496		497		498		499		500		501		502		503		504		505		506		507		508		509		510		511		512		513		514		515		516		517		518		519		520		521		522		523		524		525		526		527		528		529		530		531		532		533		534		535		536		537		538		539		540		541		542		543		544		545		546		547		548		549		550		551		552		553		554		555		556		557		558		559		560		561		562		563		564		565		566		567		568		569		570		571		572		573		574		575		576		577		578		579		580		581		582		583		584		585		586		587		588		589		590		591		592		593		594		595		596		597		598		599		600		601		602		603		604		605		606		607		608		609		610		611		612		613		614		615		616		617		618		619		620		621		622		623		624		625		626		627		628		629		630		631		632		633		634		635		636		637		638		639		640		641		642		643		644		645		646		647		648		649		650		651		652		653		654		655		656		657		658		659		660		661		662		663		664		665		666		667		668		669		670		671		672		673		674		675		676		677		678		679		680		681		682		683		684		685		686		687		688		689		690		691		692		693		694		695		696		697		698		699		700		701		702		703		704		705		706		707		708		709		710		711		712		713		714		715		716		717		718		719		720		721		722		723		724		725		726		727		728		729		730		731		732		733		734		735		736		737		738		739		740		741		742		743		744		745		746		747		748		749		750		751		752		753		754		755		756		757		758		759		760		761		762		763		764		765		766		767		768		769		770		771		772		773		774		775		776		777		778		779		780		781		782		783		784		785		786		787		788		789		790		791		792		793		794		795		796		797		798		799		800		801		802		803		804		805		806		807		808		809		810		811		812		813		814		815		816		817		818		819		820		821		822		823		824		825		826		827		828		829		830		831		832		833		834		835		836		837		838		839		840		841		842		843		844		845		846		847		848		849		850		851		852		853		854		855		856		857		858		859		860		861		862		863		864		865		866		867		868		869		870		871		872		873		874		875		876		877		878		879		880		881		882		883		884		885		886		887		888		889		890		891		892		893		894		895		896		897		898		899		900		901		902		903		904		905		906		907		908		909		910		911		912		913		914		915		916		917		918		919		920		921		922		923		924		925		926		927		928		929		930		931		932		933		934		935		936		937		938		939		940		941		942		943		944		945		946		947		948		949		950		951		952		953		954		955		956		957		958		959		960		961		962		963		964		965

## 2. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ

1. Основні поняття кінематики поступального руху: тіло відліку, система відліку, матеріальна точка, траєкторія, шлях і переміщення, швидкість, прискорення. Рівняння кінематики
2. Кінематика обертального руху. Кут повороту, кутова швидкість, кутове прискорення. Зв'язок кутових і лінійних величин.
3. Основні поняття динаміки: маса , імпульс, сила, робота, потужність. Механічна енергія. Кінетична та потенціальна енергія. Зв'язок роботи з зміною енергії.
4. Закони динаміки. Закони Ньютона. 2й закон Ньютона для системи тіл. Закон збереження імпульсу. Закон збереження механічної енергії.
5. Динаміка обертального руху. Кінетична енергія обертового твердого тіла. Момент інерції твердого тіла. Теорема Штейнера. Момент сили. Момент імпульсу. Основний закон динаміки обертального руху. Закон збереження моменту імпульсу.
6. Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Принцип відносності Галілея.
7. Елементи спеціальної теорії відносності. Постулати Ейнштейна. Перетворення Лоренца. Релятивістське додавання швидкостей. Скорочення довжини рухомого тіла. Уповільнення часу.
8. Динаміка спеціальної теорії відносності. Еквівалентність маси і енергії. Кінетична енергія для релятивістського випадку. Зв'язок енергії та імпульсу.
9. Основи молекулярної фізики і термодинаміки. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу(рівняння Клапейрона-Менделєєва). Суміш газів, закон Дальтона.
10. Рівняння Клаузіуса. Розподіл енергії молекул за ступенями свободи.

11. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями (розподіл Максвелла). Найбільш ймовірна швидкість. Середні швидкості молекул.
12. Газ у поле тяжіння Землі. Барометрична формула. Розподіл Больцмана.
13. Внутрішня енергія. Перше начало термодинаміки. Застосування першого начала термодинаміки до ізопроцесам. Теплоємність ідеального газу. Рівняння Маєра.
14. Мікро та макростани, термодинамічна ймовірність. Ентропія. Розрахунок зміни ентропії для ізопроцесам. Другий початок термодинаміки. Формулювання другого початку термодинаміки.
15. Теплові машини. К. п. д. теплових машин. Цикл Карно.
16. Явища переносу. Дифузія, рівняння дифузії. Внутрішнє тертя, рівняння Ньютона. Теплопровідність, рівняння Фур'є. Зв'язок коефіцієнтів у рівняннях переносу з характеристиками молекул. Залежність коефіцієнтів переносу від тиску.
17. Електростатика. Закон Кулона. Закон збереження електричного заряду. Електричне поле і його характеристики. Графічне зображення електричного поля. Теорема Остроградського –Гауса та її застосування для розрахунку електричних полів сфери, площини і нитки.
18. Потенційна енергія заряду в електричному полі. Потенціал. Зв'язок напруженості електричного поля з потенціалом.
19. Сегнетоелектрики та їх властивості. Прямий і зворотний п'єзоелектричний ефект.
20. Електроємність, конденсатори. Енергія електричного поля конденсатора.
21. Електричний струм. Щільність струму. Закон Ома для однорідної ділянки кола в інтегральній і диференціальній формі.. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Робота і потужність електричного струму, закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднорідної ділянки кола.

22. Магнітне поле і його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа. Закон повного струму. Розрахунок поля довгого соленоїда і тороїда. Контур зі струмом в однорідному та неоднорідному магнітному полі. Закон Ампера. Взаємодія паралельних струмів.

23. Дія магнітного поля на рухомий заряд. Сила Лоренца. Рух заряду в магнітному полі. Застосування сили Лоренца. МГД-генератори. Прискорювачі заряджених часток.

24. Робота магнітного поля з переміщення провідника і контуру із струмом. Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея, правило Ленца.

25. Індуктивність. Індуктивність довгого соленоїда. Явище самоіндукції. Закон Фарадея і правило Ленца для самоіндукції. Екстратокі замикання і розмикання ланцюга.

26. Явище взаємоіндукції. Коефіцієнт взаємоіндукції для двох котушок, намотаних на один сердечник.

27. Магнітні властивості речовини. Вектор намагніченості. Властивості парамагнетиків, діамагнетиків і феромагнетиків.

### 3. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ВКЛЮЧЕНІ В ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ БІЛЕТИ

1. Коливання і хвилі. Визначення та класифікація коливань. Гармонічний осцилятор. Математичний маятник, пружинний маятник, фізичний маятник, коливальний контур.
2. Енергія гармонічних коливань. Способи подання гармонічних коливань. Додавання коливань однакового напрямку. Биття.
3. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу. Затухаючі коливання. Параметри, що характеризують затухаючі коливання. Закон зміни енергії при затухаючі коливання. Добротність осцилятора.
4. Затухаючі електромагнітні коливання. Вимушені коливання. Резонанс.
5. Вимушені електромагнітні коливання. Закон Ома для кола, що містить індуктивність і ємність.
6. Хвилі. Класифікація хвиль. Рівняння плоскої гармонійної хвилі. Хвильове рівняння.
7. Інтерференція хвиль. Умови спостереження інтерференційних максимумів та мінімумів. Стоячі хвилі. Вузли та пучности стоячої хвилі.
8. Основні положення теорії Максвелла. Перше рівняння Максвелла. Вихрове електричне поле.
9. Друге рівняння Максвелла. Повна система рівнянь Максвелла.
10. Пророкування теорією Максвелла електромагнітних хвиль. Енергія, що переноситься електромагнітною хвилею. Вектор Пойнтинга. Перенесення енергії пружною хвилею. Вектор Умова.
11. Розвиток поглядів на природу світла. Хвильова оптика. Інтерференція світла. Інтерференція від двох щілин. Інтерференція в тонких плівках.

12. Смуги рівної товщини, смуги рівного нахилу. Прояснена оптика. Застосування інтерференції.
13. Дифракція світла. Зони Френеля. Дифракція Фраунгофера. Дифракційні решітки. Поляризація світла. Закон Брюстера. Закон Малюса.
14. Квантова природа випромінювання. Характеристики фотонів. Теплове випромінювання. Кількісні характеристики теплового випромінювання. Закон Кірхгофа. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана та закон зміщення Віна. Формула Релея і Джинса і формула Планка.
15. Зовнішній фотоефект. Квантове пояснення фотоефекту. Формула Ейнштейна для фотоефекту. Ефект Комптона.
16. Розвиток уявлень про будову атома. Досліди Резерфорда. Боровська модель атома. Досліди Франка і Герца. Ідеї де-Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії. Досліди Девисона і Джермера. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.
17. Хвильова функція, її властивості та фізичний зміст. Рівняння Шредінгера. Задача про електроні в потенційній ямі.
18. Тунельний ефект. Приклади тунельного ефекту. Теорія воднеподібних атомів. Головне квантове число, квантування енергії електрона.
19. Енергія іонізації і потенціал іонізації. Квантовомеханическое пояснення спектрів воднеподібних атомів.
20. Квантування орбітального механічного і магнітного моментів електронів. Просторове квантування. Досвід Штерна і Герлаха. Спіновий момент електрона, що власний магнітний момент. Квантування спина і спінового магнітного моментів. Повний набір квантових чисел.
21. Вимушене випромінювання. Квантовий генератор. Рубіновий лазер. Властивості лазерного випромінювання.



22. Основи фізики твердого тіла. Класифікація твердих тіл за типом зв'язку. Зонна теорія. Наближення слабкого зв'язку. Наближення сильного зв'язку. Пояснення зонною теорією існування металів, напівпровідників та діелектриків. Електропровідність металів.

23. Напівпровідники. Власна провідність напівпровідників. Домішкова провідність напівпровідників р і n типу.

24. Контактні явища. Ефект Зеебека, Пелтьє, Томсона. р-n перехід. Вольт-амперна характеристика діода. Внутрішній фотоефект. Сонячні батареї, терморезистори.

25. Фізика атомного ядра. Характеристики атомних ядер. Ядерні сили. Енергія зв'язку. Дефект маси. Явище радіоактивності. Закон радіоактивного розпаду. Види радіоактивного розпаду.

26. Ядерні реакції. Енергетичний ефект. Поділ ядер урану. Ланцюгова реакція. Ядерний реактор.

#### 4. ПРИКЛАДИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1. Знайти щільність водню при температурі 200С и тиску 5 МПа.

Дано:

$$T=293 \text{ К}$$

$$P=5 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$\rho$  - ?

Рішення:

Запишемо рівняння Клапейрона-Менделєєва

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

Звідси

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 293} = 4.1 \text{ кг/м}^3$$

Відповідь:  $\rho = 4.1 \text{ кг/м}^3$ .

Приклад 2. Визначити відношення  $C_p/C_v$  для повітря.

Дано:

$$\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$i = 5$$

$C_p/C_v$  - ?

Рішення:

Повітря можна вважати двоатомним газом.

Кількість ступенів волі  $i$  для двоатомного газу рівно 5.

Тоді

$$C_p = \frac{i+2}{2} R, \quad C_v = \frac{i}{2} R.$$

$$C_p/C_v = \frac{i+2}{i} = \frac{7}{5} = 1.4$$

Відповідь:  $C_p/C_v = 1.4$

Приклад 3. Скільки електронів утримується в 1 кг міді?

Дано:

$$\mu = 64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$Z = 29$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$N_e$  - ?

Рішення:

Число атомів міді можна порахувати по формулі

$$N = \frac{m}{\mu} \cdot N_a$$

На кожний атом доводиться таке число електронів, що дорівнює порядковому номеру міді в таблиці Менделєєва -  $Z$ .

Тоді

$$N_e = \frac{m}{\mu} \cdot N_a \cdot Z = \frac{1}{64 \cdot 10^{-3}} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 29 = 2.7 \cdot 10^{26}$$

Відповідь:  $N_e = 2.7 \cdot 10^{26}$

Приклад 4. Скільки молекул перебуває в кімнаті об'ємом  $100\text{м}^3$  при температурі  $200^\circ\text{C}$  и тиску  $0,1\text{ МПа}$ ?

Дано:	Рішення:
$V=100\text{ м}^3$	Запишемо рівняння Больцмана:
$T=293\text{ К}$	$P = nkT$
$P= 10^5\text{ Па}$	де $n= N/V$ – концентрація молекул.
$N - ?$	Тоді $N = \frac{PV}{kT} = \frac{10^5 \cdot 100}{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293} = 2.5 \cdot 10^{27}$

Відповідь:  $N= 2.5 \cdot 10^{27}$

Приклад 5. Чому дорівнює енергія обертowego руху молекул, що втримуються в  $2\text{ кг}$  водню при температурі  $4000^\circ\text{C}$ .

Дано:	Рішення:
$m = 2\text{ кг}$	Внутрішню енергію ідеального газу можна порахувати
$T = 6273\text{ К}$	по формулі: $U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT$
$\mu = 2 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	де $i = i_{\text{пост}} + i_{\text{вр.}}$ - кількість ступенів свободи.
$E_{\text{вр}} - ?$	

Водень – двухатомний газ. Для нього  $i=5$ . З п'яти ступенів свободи три припадає на поступальний рух молекул ( $i_{\text{пост}} = 3$ ), а дві – на обертальний ( $i_{\text{вр}} = 2$ ).

Тоді

$$E_{\text{вр}} = \frac{i_{\text{вр}}}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT = \frac{2}{2} \cdot \frac{2 \cdot 8.31 \cdot 673}{2 \cdot 10^{-3}} = 5.6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Відповідь:  $E_{\text{вр}} = 5.6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ .

Приклад 6. Метан, що займав об'єм  $10^{-2} \text{ м}^3$  та перебував під тиском  $15 \cdot 10^5 \text{ Па}$  було нагріто від  $10^\circ \text{C}$  до  $27^\circ \text{C}$  при постійному тиску. Визначити роботу розширення газу, зміну його внутрішньої енергії, кількість тепла повідомленого газу.

Дано:

$$V_1 = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$P = 15 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T_1 = 283 \text{ К}$$

$$T_2 = 300 \text{ К}$$

$$\mu = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

A - ?

$\Delta U$  - ?

Q - ?

Рішення:

Запишемо рівняння Клапейрона – Менделєєва для газу до та після нагрівання

$$PV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1, \quad PV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2.$$

Робота розширення газу при постійному тиску

$$A = P (V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{PV_1}{RT_1} \cdot R(T_2 - T_1) = \frac{15 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2}}{283} (300 - 283) = 901 \text{ Дж}$$

Зміну внутрішньої енергії порахуємо по формулі:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{i}{2} \cdot P(V_2 - V_1) = \frac{i}{2} \cdot A = \frac{6}{2} \cdot 901 = 2703 \text{ Дж}$$

Кількість теплоти Q, що повідомлена газу знайдемо, використовуючи перший початок термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A = 901 + 2703 = 3604 \text{ Дж.}$$

Відповідь: A = 901 Дж,  $\Delta U$  = 2703 Дж, Q = 3604 Дж.

Приклад 7. Молекули азоту мають середню арифметичну швидкість 1000 м/с при нормальному тиску. Визначити число зіткнень в 1с.

Дано:

$$\bar{v} = 1000 \text{ м/с}$$

$$P = 10^5 \text{ Па}$$

$$d_{\text{эф}} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

z - ?

Рішення:

Середню арифметичну швидкість молекул

можна порахувати по формулі:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \quad (1)$$

Число зіткнень молекул у секунду

$$z = n \cdot \pi \cdot d_{\text{эф}}^2 \cdot \bar{v} \quad (2)$$

Запишемо рівняння Больцмана:

$$P = nk T \quad (3)$$

З (1), (2), (3) одержимо:

$$z = \frac{8\sqrt{2} \cdot P \cdot d_{\text{ф}}^2 N_a}{\mu \cdot \bar{v}^2} = \frac{8\sqrt{2} \cdot 10^5 \cdot 9 \cdot 10^{-20} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = 2.19 \cdot 10^9 \text{ 1/c}$$

Відповідь:  $z = 2.19 \cdot 10^9 \text{ 1/c}$

Приклад 8. Знайти зміну ентропії при ізобарному розширенні 8 г. водню від об'єму  $V_1 = 10 \text{ л.}$  до об'єму  $V_2 = 25 \text{ л.}$

Дано:

$$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$m = 8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$V_1 = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$\Delta S = ?$

Рішення:

Зміну ентропії порахуємо по формулі

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{i}{2} \nu R \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Для ізобарного процесу  $V_2/V_1 = T_2/T_1$ . Тоді

$$\Delta S = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{m}{\mu} \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{5+2}{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot \ln 2.5 = 5.1 \text{ Дж/К}$$

Відповідь:  $\Delta S = 5.1 \text{ Дж/К}$

Приклад 9. ККД ідеальної машини, що працює по циклу Карно, дорівнює 60%. Температура холодильника  $70^\circ\text{C}$ . Яка температура нагрівача? Яка робота відбувається за один цикл, якщо нагрівач передає робочому тілу 400 Дж тепла за цикл.

Дано:

$$\eta = 0.6$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$Q_2 = 400 \text{ Дж}$$

$T_1 = ?$

$Q_1 = ?$

$A = ?$

Рішення:

ККД теплової машини

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad \text{Звідси}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta} = \frac{280}{1 - 0.6} = 700 \text{ К}$$

$$Q_1 = \frac{Q_2}{1 - \eta} = \frac{400}{1 - 0.6} = 1000 \text{ Дж}$$

$$A = Q_1 - Q_2 = 1000 - 400 = 600 \text{ Дж}$$

Відповідь:  $T_1 = 700 \text{ K}$ ,  $Q_1 = 1000 \text{ Дж}$ ,  $A = 600 \text{ Дж}$ .

Приклад 10. На якій висоті тиск повітря становить 25% від тиску на рівні моря? Температуру вважати постійною та рівної  $0^\circ\text{C}$ .

Дано:

$$T = 273 \text{ K}$$

$$P = 0.25 P_0$$

h - ?

Рішення:

Запишемо барометричну формулу

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right)$$

де  $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

Звідси

$$h = \ln \frac{P_0}{P} \cdot \frac{RT}{\mu g} = \ln 4 \cdot \frac{8.31 \cdot 273}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8} = 11066 \text{ м}$$

Відповідь:  $h = 11066 \text{ м}$

Приклад 11. Котушка гальванометра, з  $N = 400$  витків тонкого дроту, намотаною на прямокутний каркас довжиною  $l = 3 \text{ см}$  і шириною  $b = 2 \text{ см}$ , підвішена на нитку в магнітнім полі з індукцією  $B = 0.1 \text{ Тл}$ . По котушці тече струм. Знайти момент обертання, діючий на котушку гальванометра, якщо площа котушки а) паралельна напрямку магнітного поля; б) становить кут  $\alpha = 60^\circ$  з напрямком магнітного поля.

Дано:

$$N = 400$$

$$l = 0.03 \text{ м}$$

$$b = 0.02 \text{ м}$$

$$B = 0.1 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

а)  $M$  - ?

б)  $M$  - ?

Рішення:

На кожен виток котушки діє обертовий момент  $M_0 = BIS \sin \alpha$ .

Тоді на всю котушку діє обертовий момент  $M = NBIS \sin \alpha$ .

Площа одного витка  $S = lb$ .

$$\text{а) } M = BilbN \sin \frac{\pi}{2} = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{б) } M = BilbN \sin 60^\circ = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Відповідь: а)  $M = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; б)  $M = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Приклад 12. Електрон, прискорений різницею потенціалів  $U = 1\text{кВ}$ , влітає в однорідне магнітне поле, напрямок якого перпендикулярно його руху. Індукція магнітного поля  $B = 1,19\text{ мТл}$ . Знайти радіус  $R$  кола, по якому рухається електрон, період обертання  $T$  і момент імпульсу  $M$  електрона.

Дано:

$$U = 1000\text{ В}$$

$$B = 1,19 \cdot 10^{-6}\text{ Тл}$$

$R = ?$

$T = ?$

$M = ?$

Рішення:

З боку магнітного поля на електрон діє сила

Лоренца  $\vec{F}_L = -e[\vec{v}, \vec{B}]$ . Напрям сили Лоренца

визначають за правилом векторного добутку векторів. У

скалярному вигляді  $F_L = evB \sin \alpha = evB$ , т.к.  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ .

Оскільки початкова швидкість електрона

перпендикулярна  $\vec{B}$ , то

його траєкторія лежить в одній площині.

Робота сили Лоренца дорівнює нулю, з цього  $v = \text{const}$ . Електрон рухається з постійною по модулю прискоренням  $a = \frac{F_0}{m} = \frac{eBv}{m}$  – (1), яке перпендикулярно швидкості.

Радіус кривизни траєкторії електрона можна знайти із співвідношення  $a = \frac{v^2}{R}$  – (2).

Прирівнявши (1) й (2) отримаємо  $\frac{eBv}{m} = \frac{v^2}{R}$ , звідси  $R = \frac{mv}{eB}$ .

Період обертання електрона по колу не залежить від швидкості  $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{vB}$ .

Момент імпульсу електрона  $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{p}]$  або, оскільки вектори  $\vec{v}$  й  $\vec{R}$  перпендикулярні,  $M = mvR$ .

Швидкість електрона знайдемо із співвідношення  $\frac{mv^2}{2} = eU$ , звідки

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}. \text{ Звідси } M = R\sqrt{2eUm}.$$

Підставляючи числові дані отримаємо  $R=0,09 \text{ м}; T = 30 \cdot 10^{-9} \text{ с};$

$$M = 1.5 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}.$$

Відповідь:  $R=0.09 \text{ м}; T = 30 \cdot 10^{-9} \text{ с}; M = 1.5 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}.$

Приклад 13. Скільки витків дроту діаметром  $d=0,6 \text{ см}$  має одношарова обмотка котушки, індуктивність якої  $L=1 \text{ мГн}$  і діаметр  $D=4 \text{ см}$ ? Витки щільно прилягають один до одного.

Дано:

$$d=0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$L=1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$D=0,04 \text{ м}$$

$N - ?$

Рішення:

$$\text{Маємо } L = \mu\mu_0 \frac{\pi N^2 D^2}{4l}.$$

$$\text{Тут довжина котушки } l = dN.$$

$$\text{Отже, } L = \mu\mu_0 \frac{\pi N D^2}{4d}, \text{ відкіля } N = \frac{4dL}{\mu\mu_0 \pi D^2} = 380.$$

Відповідь:  $N = 380.$

Приклад 14. Електрична лампочка, опір якої в гарячому стані  $R=10 \text{ Ом}$ , підключена через дросель до 12-вольтного акумулятору. Індуктивність дроселя  $L=2 \text{ Гн}$ , опір  $r = 1 \text{ Ом}$ . Через який час  $t$  після включення лампочка загориться, якщо вона починає помітно світити при напрузі на ній  $U=6 \text{ В}$ ?

Дано:

$$R=10 \text{ Ом}$$

$$L=2 \text{ Гн}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$U=6 \text{ В}$$

$$\varepsilon=12 \text{ В}$$

$t - ?$

Рішення:

Внаслідок явища самоіндукції при включенні е.д.с. сила струму в лампочці наростає за законом  $I = I_0 (1 - \exp - R + rLt - (1)).$

За законом Ома для ділянки цепі початковий і кінцевий струми відповідно рівні

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R+r} \text{ та } I = \frac{U}{R+r}.$$

Тоді рівняння (1) можна переписати у вигляді



$$U = \varepsilon \left( 1 - \exp \left( -\frac{R+r}{L} t \right) \right) \text{ або } 1 - \frac{U}{\varepsilon} = \exp \left( -\frac{R+r}{L} t \right) - (2).$$

Пролагарифміруємо рівняння (2), тоді

$$\ln \left( 1 - \frac{U}{\varepsilon} \right) = -\frac{R+r}{L} t$$

звідки час, через який загориться лампочка після вмикання:

$$t = -\frac{L}{R+r} \ln \left( 1 - \frac{U}{\varepsilon} \right) = 126 \text{ мс.}$$

Відповідь:  $t = 126 \text{ мс.}$

Приклад 15. Яку роботу треба зробити, щоб два точкові заряди 8 нКл і 9 нКл зблизити від відстані 5 см до 3 см ?

Дано:

$$q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_2 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

A-А- ?

Відповідь:  $A = 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$

Рішення:

Робота, що йде на збільшення потенційної енергії взаємодії двох електричних зарядів:

$$A = E_2 - E_1 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_2} - k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_1}$$

$$A = k \cdot q_1 q_2 \cdot \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = 9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \cdot 9 \cdot 10^{-9} \left( \frac{1}{0.03} - \frac{1}{0.05} \right) =$$

$$= 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Приклад 16. Знайти швидкість електрона, прискореного різницею потенціалів 100 В.

Дано:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\Delta \varphi = 100 \text{ В}$$

$v$  - ?

Рішення:

Робота електричного поля, що йде на збільшення кінетичної енергії електрона:

$$e \cdot \Delta \varphi = \frac{mv^2}{2}. \quad \text{Тоді}$$

$$v = \sqrt{\frac{2e \cdot \Delta \varphi}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 5,9 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь:  $v = 5,9 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Приклад 17. Два точкових заряди  $q_1 = 5,2 \text{ нКл}$  і  $q_2 = -2 \text{ нКл}$  перебувають на відстані 5 см друг від друга. Знайти напруженість електричного поля в крапці, виленої на відстань 4 см від першого заряду й на 3 см від другого.

Дано:

$$q_1 = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

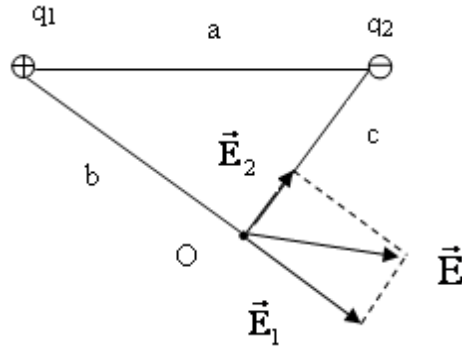
$$a = 0,05 \text{ м}$$

$$b = 0,04 \text{ м}$$

$$c = 0,03 \text{ м}$$

$E = ?$

Рішення:



Напруженість електричного поля, яку створює в крапці 0 перший заряд, дорівнює:

$$E_1 = k \cdot \frac{q_1}{b^2}$$

Напруженість електричного поля, яку створює в крапці 0 другий заряд, дорівнює:

$$E_2 = k \cdot \frac{q_2}{c^2}$$

У відповідності із принципом суперпозиції полів і враховуючи, що трикутник  $q_1 q_2 O$  є прямокутним, одержимо:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

$$E = \sqrt{\left(k \cdot \frac{q_1}{b^2}\right)^2 + \left(k \cdot \frac{q_2}{c^2}\right)^2} = k \sqrt{\left(\frac{q_1}{b^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{c^2}\right)^2}$$

Тоді

$$E = 9 \cdot 10^9 \sqrt{\left(\frac{5,2 \cdot 10^{-9}}{0,04^2}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,03^2}\right)^2} = 1,3 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Відповідь:  $E = 1,3 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нємченко, К.Е. Фізика : практич. довід. / К.Е. Нємченко, О.В. Дудінова. – 2-ге вид., доп. та перероб. – Харків : ФОП Співак В.Л., 2011. – 211 с.
2. Усі формули та таблиці : практич. довід. / уклад. О.В. Дудінова, Г.В. Шабанова та ін. – Харків : ФОП Співак Т.К., 2012. – 224 с.
3. Волков, О.Ф. Курс фізики : В 2-х т. Т.1 : Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навч. посіб. для студ. інжен.-техн. спец. вищ. навч. закл. / О.Ф. Волков, Т.П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
4. Волков, О.Ф. Курс фізики : В 2-х т. Т.2 : Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навч. посіб. для студ. інжен.-техн. спец. вищ. навч. закл. / О.Ф. Волков, Т.П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.

# НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Методичні рекомендації з дисципліни «Фізика»  
для самостійної роботи (Довідкові матеріали)  
студентів денної та заочної форми навчання технічних спеціальностей

Укладачі: Артеменко Ю.А., доц.,к.т.н.,доц каф. Вищої математики та фізики  
Власенко М.М., доц., к.т.н.,доц. каф. Вищої математики та фізики  
Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц каф. Електричної інженерії

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»  
85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.