

**Міністерство освіти і науки України
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Кафедра Прикладної фізики та наноматеріалів**

КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
З САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ УСІХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Одеса 2023

УДК 530.10

Укладач: Ірха В.І.

Коливання та хвилі: методичні вказівки з самостійної роботи для студентів усіх спеціальностей. – Одеса: ДУІТЗ, 2023. – 16 с.

У методичному посібнику наводиться завдання для самостійної роботи щодо дослідження властивостей коливання та хвиль для всіх дисциплін. Розраховано на студентів усіх спеціальностей.

Методичні вказівки розглянуто
і рекомендовано до друку
на засіданні кафедри ПФН.
Протокол № 5 від 15.11.2022 р.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАВДАННЯ

1. Для виконання самостійного завдання студенти мають вивчити за підручниками [1–5] зі списку рекомендованої літератури розділи “Коливання”, “Хвилі” курсу фізики й виконати лабораторні роботи по цих розділах.

2. Номери задач, які студент повинен включити в завдання, брати з таблиць варіантів завдань. Номер варіанта збігається з порядковим номером прізвища студента в журналі групи.

3. Комплексні завдання виконуються студентом в зошиті шкільного типу. Записи рекомендується вести на одному боці аркуша, залишаючи другий для зауважень та рекомендацій викладача. Умови задач переписуються повністю, без скорочень. В кінці роботи необхідно вказувати навчальні посібники, якими студент користувався при виконанні комплексного завдання (автор, назва посібника, місце видання, видавництво, рік видання).

4. Якщо комплексне завдання не зараховано, студент має виправити помилки й подати роботу на повторну рецензію. Виправлення помилок слід робити в тому самому зошиті на вільному боці аркуша або наприкінці роботи.

5. Розв’язання задач має супроводжуватись поясненнями (слід вказувати основні закони та формули, на яких базується розв’язок, пояснити значення усіх символів в формулах). В тих випадках, коли це можливо, студент має виконати за допомогою креслярського приладдя рисунок до задачі.

6. Розв’язувати задачі необхідно, як правило, у загальному вигляді, тобто виразити шукану величину через задані в умові величини (в літерному вигляді).

7. Після здобуття кінцевого результату необхідно перевірити його розмірність.

8. Обчислення в кінцевій формулі необхідно виконувати з дотриманням правил обчислення. Як правило, відповідь слід записувати з трьома значущими числами.

Змістовий модуль «КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ»

КОЛИВАННЯ (12 год.)

Лекція 1. Способи представлення гармонічних коливань: рівняння коливань, векторні діаграми, графіки. Характеристики коливань. Циклічна частота, період, частота коливань. Початкові вимоги, початкова фаза.

Лекція 2. Гармонічні системи, власні коливання. Власна частота коливань гармонічної системи. Власні механічні коливання пружинного маятника. Перетворення енергії в власних механічних коливаннях.

Лекція 3. Вимушені та згасаючі механічні коливання, їх основні параметри. Рівняння вимушених та згасаючих механічних коливань в диференціальній та інтегральній формі.

Лекція 4. Складання коливань. Фігури Ліссажу. Власні електричні коливання, рівняння. Перетворення енергії вільних електричних коливань. Залежність струму та напруги від часу.

Лекція 5. Згасаючі електричні коливання, їх основні параметри. Рівняння згасаючих електричних коливань в диференціальній та інтегральній формі. Залежність струму та напруги на елементах контуру від часу. Повний опір, різниця фаз. Відповідність параметрів механічних та електричних коливань.

Лекція 6. Вимушені електричні коливання, їх основні параметри. Рівняння вимушених електричних коливань в диференціальній та інтегральній формі. Залежність струму та напруги на елементах контуру від часу. Повний опір, різниця фаз. Відповідність параметрів механічних та електричних коливань.

ХВИЛІ (6 год.)

Лекція 8. Основні поняття та характеристики хвиль. Рівняння хвилі. Хвильове число, довжина хвилі, швидкість розповсюдження хвилі.

Лекція 9. Поперечні і поздовжні хвилі. Звукові хвилі. Ефект Доплера. Інтерференція хвиль. Різниця ходу хвиль.

Лекція 10. Електромагнітні хвилі вздовж проводів. Стоячі електромагнітні хвилі. Вільні електромагнітні хвилі. Основи радіозв'язку.

САМОСТІЙНЕ ЗАВДАННЯ

До самостійного завдання включено задачі з розділів "Коливання" та "Хвилі". Студент повинен розв'язати шість задач: 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6.

ОСНОВНІ ФОРМУЛИ

КОЛИВАННЯ

Рівняння гармонічних коливань має вигляд

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

де x – зміщення точки, що коливається, від положення рівноваги; A – амплітуда коливань; ν_0 – частота коливань; T_0 – період коливань; φ_0 – початкова фаза, ω_0 – циклічна частота коливань:

$$\omega_0 = 2\pi / T_0 = 2\pi \cdot \nu_0.$$

Швидкість і прискорення точки, що коливається, визначаються з виразів

$$v = \frac{dx}{dt}; \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}.$$

Сила, що діє на тіло при гармонічних коливаннях

$$F = -kx,$$

де k – жорсткість системи (коефіцієнт пружності).

Циклічна частота коливань пружинного маятника масою m

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Кінетична енергія тіла й потенціальна енергія пружної деформації

$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}; \quad W_n = \frac{k \cdot x^2}{2}.$$

Повна енергія матеріальної точки масою m , що коливається,

$$W = \frac{mA^2\omega_0^2}{2}.$$

Циклічна частота власних коливань в контурі з індуктивністю L та ємністю C

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$

Рівняння загасаючих коливань має вигляд

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0),$$

де A_0 – початкова амплітуда; β – коефіцієнт загасання; $A_0 e^{-\beta t}$ – амплітуда загасаючих коливань, циклічна частота загасаючих коливань:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}.$$

Коефіцієнт загасання

$\beta = \frac{r}{2m}$ – для механічних коливань, де r – коефіцієнт опору;

$\beta = \frac{R}{2L}$ – для електромагнітних коливань, де R – опір контура.

Добротність системи

$$Q = \frac{\omega_0}{2\beta}.$$

Логарифмічний декремент загасання

$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T,$$

де $A(t)$ і $A(t+T)$ – амплітуди двох послідовних коливань, що відповідають моментам часу, які відрізняються на період T .

Якщо в контур послідовно ввімкнено електрорушійну силу (ЕРС)

$$\varepsilon = \varepsilon_m \cos \Omega t,$$

стаціонарні коливання сили струму описуються рівнянням

$$i = I_m \cdot \cos(\Omega t - \Phi),$$

де амплітуда сили струму I_m та різниця фаз Φ між ЕРС та силою струму відшукуються згідно із законом Ома для змінного струму:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{Z};$$

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{\Omega \cdot L - \frac{1}{\Omega \cdot C}}{R},$$

де $Z = \sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}$ – повний опір контура;

ХВИЛІ

Рівняння плоскої хвилі, що поширюється вздовж додаткового напрямку осі x , є

$$y(x, t) = A \cdot \cos(\omega t - kx),$$

де $y(x, t)$ – зміщення точки середовища з координатою x в момент часу t ; A – амплітуда хвилі; ω – циклічна частота; $k = 2\pi / \lambda$ – хвильове число.

Довжина хвилі

$$\lambda = v_\phi \cdot T,$$

де v_ϕ – фазова швидкість хвилі; T – період коливань.

Рівняння плоскої електромагнітної хвилі

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \cos(\omega \cdot t - kx); \quad \vec{H} = \vec{H}_0 \cdot \cos(\omega \cdot t - kx),$$

де $\vec{E}_0$ та $\vec{H}_0$ – відповідно амплітуди напруженостей електричного і магнітного полів хвилі; ω – циклічна частота; k – хвильове число.

Фазова швидкість поширення електромагнітних хвиль в середовищі

$$v_\phi = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}},$$

де $c = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}$ – швидкість електромагнітної хвилі у вакуумі; ε_0 і μ_0 – відповідно електрична та магнітна постійні; ε і μ – відносні електрична та магнітна проникності середовища.

Зв'язок між миттєвими значеннями напруженостей електричного та магнітного полів

$$\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon} \cdot E = \sqrt{\mu_0 \cdot \mu} \cdot H.$$

Густина потоку електромагнітної енергії (вектор Умова–Пойнтінга)

$$\vec{P} = [\vec{E} \times \vec{H}].$$

Середнє значення вектора Умова–Пойнтінга визначає інтенсивність хвилі:

$$P = E_0 H_0 / 2.$$

ЗАДАЧІ

Задача 2.1. До пружини, що має жорсткість k , підвішено тягар масою m . Тягар здійснює гармонічні коливання по вертикалі з амплітудою A та циклічною частотою ω_0 (частота ν_0 , період T_0). Початкова фаза коливань дорівнює φ_0 . Повна енергія коливання тягара W .

а) За заданими величинами в табл. 2.1 знайти необхідні параметри і записати рівняння коливання тягара з числовими коефіцієнтами.

б) Здобудьте рівняння зміни величин, зазначених в останній колонці таблиці; побудуйте графіки рівняння коливання тягара та зазначених функцій (v – швидкість; a – прискорення; F – сила, що діє на тягар; W_K – кінетична енергія тягара; W_{II} – потенціальна енергія пружної деформації).

в) Знайдіть значення зміщення x та величин, зазначених в останній колонці таблиці в момент часу t_1 і зазначте їх на відповідних графіках (значення t_1 задано в табл. 2.1).

Задача 2.2. Розв'яжіть одну з наведених нижче задач. Номер задачі та необхідні дані подано в табл. 2.2.

1. В коливальному контурі, що складається з конденсатора ємністю C та котушки індуктивністю L , напруга на конденсаторі змінюється за законом $u_c = U_{mc} \cos \omega_0 t$. Запишіть рівняння зміни u_c з числовими коефіцієнтами й дістаньте рівняння зміни з часом заряду на обкладинках конденсатора, сили струму в контурі та енергії магнітного поля.

2. В коливальному контурі з індуктивністю L та ємністю C сила струму змінюється за законом $i = I_0 \cos \omega_0 t$. Запишіть рівняння зміни струму з числовими коефіцієнтами та дістаньте рівняння зміни з часом напруги на конденсаторі, енергії електричного поля та енергії магнітного поля.

3. Коливальний контур складається з котушки індуктивністю L та конденсатора ємністю C . Заряд на обкладинках конденсатора змінюється за законом $q = Q_m \cos \omega_0 t$. Запишіть рівняння зміни заряду з числовими коефіцієнтами й дістаньте рівняння зміни з часом напруги на конденсаторі, сили струму в контурі та енергії магнітного поля.

Задача 2.3. Розв'яжіть одну з наведених нижче задач. Номер задачі зазначено в табл. 2.3.

1. Тягар масою m , підвішений на пружині з жорсткістю k , здійснює коливання у в'язкому середовищі з коефіцієнтом опору r . Рівняння коливання тягара має вигляд $x = A_0 e^{-\beta t} \cos \omega t$. Логарифмічний декремент загасання коливань в контурі δ .

а) За значеннями величин, заданих в табл. 2.3, знайдіть необхідні параметри і запишіть рівняння коливань з числовими коефіцієнтами.

б) Знайдіть добротність системи.

в) Знайдіть величину, зазначену в останній колонці таблиці.

2. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю C , котушки індуктивністю L та резистора опором R . Сила струму в контурі змінюється за законом $i = I_0 e^{-\beta t} \sin \omega t$. Логарифмічний декремент загасання коливань в контурі δ .

а) За значеннями величин, заданих в табл. 2.3, знайдіть необхідні параметри й запишіть рівняння коливань струму з числовими коефіцієнтами.

б) Знайдіть добротність системи.

в) Знайдіть величину, зазначену в останній колонці таблиці.

Задача 2.4. Розв'яжіть одну з нижчеподаних задач (номер задачі зазначено в табл. 2.4).

1. В коло коливального контура, який складається з послідовно поєднаних резистора опором R , котушки індуктивністю L та конденсатора ємністю C , ввімкнено зовнішню змінну ЕРС. В табл. 2.4 задано параметри контура і рівняння зміни однієї з таких п'яти величин:

ε – зовнішня ЕРС, i – сила струму в контурі, u_R – напруга на активному опорі, u_C – напруга на конденсаторі, u_L – напруга на індуктивності.

а) Запишіть рівняння коливань чотирьох останніх величин з числовими коефіцієнтами.

б) Побудуйте векторну діаграму напруг в момент часу $t = 0$.

в) Знайдіть значення зовнішньої ЕРС – ε , напруг – u_R , u_C , u_L в момент часу $t_1 = T/4$ (T – період коливань).

2. В коливальному контурі, що складається з послідовно з'єднаних резистора опором R , котушки індуктивністю L та конденсатора ємністю C відбуваються вимушені коливання при резонансній частоті. В табл. 2.4 наведено параметри контура й задано вид рівнянь коливання однієї з таких величин:

ε – зовнішня ЕРС, i – сила струму в контурі, u_R – напруга на активному опорі,

u_C – напруга на конденсаторі, u_L – напруга на індуктивності.

а) Знайдіть резонансну частоту і запишіть рівняння зовнішньої ЕРС – ε , сили струму в контурі – i , напруг – u_R, u_C, u_L при резонансі.

б) Побудуйте векторну діаграму напруг в момент часу $t = 0$.

в) Знайдіть значення зовнішньої ЕРС – ε , напруг – u_R , u_C , u_L в момент часу $t_1 = T/8$ (T – період коливань).

Задача 2.5. В пружному середовищі вздовж додаткового напрямку осі x поширюється плоска поперечна хвиля з амплітудою $A = 1$ см. Коливання в точці $x = 0$ описуються рівнянням $y(0, t) = A \cos \omega t$.

а) За даними, наведеними в табл. 2.5, знайдіть необхідні параметри і запишіть рівняння хвилі з числовими коефіцієнтами (T – період, ν – частота коливань, λ – довжина хвилі, v_ϕ – фазова швидкість хвилі, k – хвильове число).

б) Запишіть рівняння й побудуйте графік залежності зміщення частинок середовища від координати (можливо в долях довжини хвилі) в момент часу t_1 .

в) Знайдіть зміщення, швидкість та відносну деформацію в точці z

координатою x_1 в момент часу t_1 . Укажіть відповідню точку y_1 на графіку. Значення x_1 та t_1 задано в останніх двох колонках табл. 2.5.

Задача 2.6. Плоска електромагнітна хвиля поширюється в однорідному ізотропному немагнітному середовищі з діелектричною проникністю ϵ . Напруженість електричного поля хвилі змінюється за законом $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$.

а) За даними, наведеними в табл. 2.6, знайдіть необхідні параметри й запишіть рівняння напруженості E електричного поля та напруженості H магнітного поля з числовими коефіцієнтами.

б) Побудуйте графік хвилі в момент часу t_1 .

в) Знайдіть інтенсивність хвилі, здобудьте і побудуйте вектор Умова-Пойнтінга на графіку в точці з координатою $x_1 = \lambda/8$.

ТАБЛИЦІ ВАРІАНТІВ ЗАВДАНЬ

Таблиця 2.1

Варі- ант	A , см	ω_0 , рад/с	v_0 , Гц	T_0 , с	m , г	κ , Н/м	W , мДж	φ_0 , рад	t_1 , с	Знайти
1	1	6π	—	—	—	30	—	$3\pi/4$	0,5	a, W_K
2	2	—	3	—	100	—	—	$\pi/2$	0,5	v, W_{II}
3	1	—	—	—	10	8	—	$-\pi/4$	0,5	v, F
4	—	10π	—	—	—	20	1	π	0,1	a, F
5	3	—	—	0,25	—	9	—	$\pi/4$	0,5	a, W_K
6	4	4π	—	—	50	—	—	$\pi/2$	1	v, W_{II}
7	4	—	—	—	16	10,1	—	$-\pi/2$	0,5	a, W_K
8	2	—	—	—	50	—	1,58	$\pi/4$	0,25	v, F
9	1	—	5	—	—	20	—	π	0,1	a, W_K
10	2	—	—	1	200	—	—	$-\pi/4$	0,25	v, W_{II}
11	4	—	—	—	135	12	—	$3\pi/4$	1	v, W_K
12	—	—	5	—	—	10	8	$\pi/2$	0,1	a, F
13	2	5π	—	—	—	8	—	$\pi/4$	0,1	a, W_K
14	1	—	2,5	—	50	—	—	π	0,1	v, W_{II}
15	2	—	—	—	200	71	—	$-\pi/4$	0,25	v, W_{II}
16	4	—	—	—	200	—	14,2	$3\pi/4$	0,5	v, F
17	1	—	—	0,4	—	5	—	$\pi/2$	0,1	a, W_K
18	3	10π	—	—	20	—	—	$-\pi/2$	0,05	v, W_{II}
19	1	—	—	—	90	8	—	π	0,5	a, W_K
20	—	3π	—	—	90	—	1,6	$\pi/4$	0,5	v, F
21	2	—	1,5	—	—	6	—	$3\pi/4$	0,5	a, W_K
22	2	—	—	—	80	—	1,42	$\pi/2$	0,5	v, F
23	3	—	—	0,5	50	—	—	$-\pi/4$	0,5	v, W_{II}
24	3	—	—	—	15	14,8	—	π	0,1	v, W_{II}
25	—	5π	—	—	40,5	—	4,5	$\pi/4$	0,2	v, F
26	2	—	—	0,25	—	5	—	$3\pi/4$	0,1	a, W_K
27	4	—	3	—	30	—	—	$\pi/2$	0,2	a, W_{II}
28	3	—	—	—	25	—	1	$\pi/4$	0,3	v, F
29	1	—	—	—	28	6,91	—	π	0,4	v, W_K
30	—	4π	—	—	—	10	2	$-\pi/2$	0,5	a, F

Таблиця 2.2

Варіант	Задача	C , мкФ	L , мГн	ω_0 , рад/с	Q_m , мкКл	I_m , мА	U_{mc} , мВ
1	1	1	10	—	—	—	200
2	3	—	10	10^3	20	—	—
3	1	50	—	$2 \cdot 10^3$	—	—	120
4	2	0,2	0,5	—	—	2	—
5	3	—	2	10^4	1	—	—
6	1	0,1	1	—	—	—	300
7	3	2	—	10^5	0,4	—	—
8	2	—	0,01	10^5	—	50	—
9	3	4	—	$5 \cdot 10^4$	0,6	—	—
10	1	—	0,2	10^5	—	—	100
11	3	10	25	—	2	—	—
12	1	4	—	$5 \cdot 10^3$	—	—	250
13	2	—	10	$2 \cdot 10^3$	—	6	—
14	3	100	0,1	—	8	—	—
15	1	5	0,5	—	—	—	300
16	2	—	0,05	$2 \cdot 10^5$	—	7	—
17	3	10	—	$5 \cdot 10^3$	3	—	—
18	1	—	2	$5 \cdot 10^4$	—	—	200
19	2	20	2	—	—	9	—
20	1	2	—	$5 \cdot 10^3$	—	—	500
21	2	1	0,1	—	—	10	—
22	3	—	50	$2 \cdot 10^3$	0,5	—	—
23	1	—	5	$2 \cdot 10^4$	—	—	400
24	3	10	1	—	6	—	—
25	2	0,1	—	10^6	—	8	—
26	1	—	1	$5 \cdot 10^3$	—	—	150
27	2	1	2,5	—	—	4	—
28	3	2,5	—	$4 \cdot 10^4$	1	—	—
29	1	4	0,4	—	—	—	80
30	2	—	8	$5 \cdot 10^3$	—	5	—

Таблиця 2.3

Варіант	Задача	κ , Н/м	γ , кг/с	m , г	A , см	C , мкФ	L , мГн	R , Ом	I_0 , мА	β , с ⁻¹	ω , рад/с	δ	Знайти
1	2	—	—	—	—	5	2	12	1	—	—	—	δ
2	2	—	—	—	—	10	—	—	5	300	—	0,9	L
3	2	—	—	—	—	—	10	6	5	—	—	1,2	C
4	2	—	—	—	—	—	—	20	3	—	10^4	2	L
5	1	—	0,5	100	4	—	—	—	—	—	—	2	κ
6	2	—	—	—	—	—	—	40	6	600	—	1,7	C
7	1	—	—	250	3	—	—	—	—	2	—	1,1	r
8	2	—	—	—	—	—	—	50	1	800	—	1,8	L
9	2	—	—	—	—	—	8	—	8	400	—	1,5	C
10	1	—	—	150	2	—	—	—	—	5	—	1,6	κ
11	2	—	—	—	—	0,5	5	80	2	—	—	—	δ
12	2	—	—	—	—	—	15	—	5	700	—	2	R
13	1	70	1,6	200	1	—	—	—	—	—	—	—	δ
14	2	—	—	—	—	—	5	—	7	4000	—	1,9	C
15	1	40	—	—	2	—	—	—	—	8	—	1,8	r
16	2	—	—	—	—	—	5	16	4	—	$5 \cdot 10^3$	—	δ
17	1	—	1,2	80	1	—	—	—	—	—	—	1,5	κ
18	2	—	—	—	—	2	—	—	2	900	—	1,6	R
19	1	—	—	40	1	—	—	—	—	6	—	1,2	κ
20	2	—	—	—	—	—	—	10	4	—	$2 \cdot 10^4$	1,5	L
21	2	—	—	—	—	—	1	8	6	—	—	1,4	C
22	1	50	—	—	3	—	—	—	—	4	—	1,4	r
23	2	—	—	—	—	4	—	—	3	2000	—	1,3	R
24	1	50	0,8	50	2	—	—	—	—	—	—	—	δ
25	2	—	—	—	—	0,2	—	—	4	5000	—	1,1	L
26	1	—	—	20	1	—	—	—	—	—	30	1,3	κ
27	2	—	—	—	—	—	—	74	9	800	—	1,1	C
28	1	—	1,1	—	5	—	—	—	—	—	25	1,4	κ
29	2	—	—	—	—	4	4	16	2	—	—	—	δ
30	1	—	—	120	2	—	—	—	—	3	—	1,2	r

Таблиця 2.4

Варіант	Задача	C , мкФ	L , мГн	R , Ом	Рівняння коливань
1	1	1	5	50	$i = 0,6\cos 2 \cdot 10^4 t, A$
2	1	100	10	15	$u_R = 6\cos 500t, B$
3	2	20	12,5	5	$\varepsilon = 20\cos \Omega_p t, B$
4	1	0,4	0,5	25	$u_L = 5\cos 5 \cdot 10^4 t, B$
5	1	5	1,5	20	$\varepsilon = 39,5\cos 2 \cdot 10^4 t, B$
6	2	0,1	1	20	$i = 1,5\cos \Omega_p t, A$
7	1	2	0,05	7,5	$u_C = 5\cos 2 \cdot 10^5 t, B$
8	2	0,5	0,2	5	$u_R = 15\cos \Omega_p t, B$
9	1	4	0,2	5	$i = 1,6\cos 2,5 \cdot 10^4 t, A$
10	1	0,5	0,15	20	$u_L = 12\cos 2 \cdot 10^5 t, B$
11	1	10	25	75	$u_R = 30\cos 10^3 t, B$
12	1	4	7,5	50	$u_C = 20\cos 10^4 t, B$
13	1	25	20	20	$\varepsilon = 19,3\cos 10^3 t, B$
14	2	4	2,5	4	$u_L = 50\cos \Omega_p t, B$
15	1	0,5	0,2	30	$i = 0,6\cos 2 \cdot 10^5 t, A$
16	2	0,5	0,05	2	$u_C = 30\cos \Omega_p t, B$
17	1	10	4	30	$u_R = 6\cos 2,5 \cdot 10^3 t, B$
18	1	0,2	1,5	100	$u_C = 25\cos 10^5 t, B$
19	2	20	2	3	$\varepsilon = 4,5\cos \Omega_p t, B$
20	1	2	10	50	$u_L = 20\cos 10^4 t, B$
21	1	1	0,1	15	$\varepsilon = 21,2\cos 5 \cdot 10^4 t, B$
22	2	5	50	10	$i = 2\cos \Omega_p t, A$
23	1	0,25	1,5	40	$u_R = 24\cos 4 \cdot 10^4 t, B$
24	1	10	1	15	$u_L = 3\cos 5 \cdot 10^3 t, B$
25	2	0,1	0,01	4	$u_R = 6\cos \Omega_p t, B$
26	1	5	20	30	$u_C = 20\cos 4 \cdot 10^3 t, B$
27	1	2,5	2,5	30	$\varepsilon = 29,7\cos 8 \cdot 10^3 t, B$
28	2	0,5	0,8	5	$u_L = 40\cos \Omega_p t, B$
29	1	2	2	15	$i = 0,8\cos 2 \cdot 10^4 t, A$
30	2	0,02	0,05	6	$u_C = 25\cos \Omega_p t, B$

Таблиця 2.5

Варіант	T , с	ω , рад/с	ν , Гц	λ , м	U_{ϕ} , м/с	κ , рад/м	t_1 , с	x_1 , м
1	—	—	20	—	160	—	0,05	2
2	—	25π	—	12	—	—	0,09	12
3	00,2	—	—	—	200	—	0,03	2,5
4	0,08	—	—	24	—	—	0,11	9
5	—	—	25	—	—	$\pi/2$	0,05	3,5
6	—	—	—	90	180	—	1	90
7	—	50π	—	2	—	—	0,045	2
8	—	20π	—	—	160	—	0,15	14
9	—	—	—	—	60	$\pi/12$	0,55	21
10	—	—	—	6	300	—	0,025	6
11	—	—	—	—	240	$\pi/6$	0,05	7,5
12	0,8	—	—	40	—	—	0,9	25
13	—	—	2	—	120	—	0,75	45
14	0,04	—	—	—	—	$\pi/4$	0,055	7
15	—	5π	—	—	40	—	0,5	10
16	0,05	—	—	—	120	—	0,05	4,5
17	0,08	—	—	—	—	$\pi/8$	0,09	12
18	—	—	—	10	50	—	0,3	10
19	—	—	1,25	—	—	$\pi/24$	1,1	30
20	—	—	50	2	—	—	0,025	1,25
21	—	—	—	—	120	$\pi/6$	0,1	1,5
22	0,4	—	—	—	80	—	0,45	28
23	—	—	—	18	180	—	0,15	9
24	0,8	—	—	80	—	—	1,1	10
25	—	—	5	—	—	$\pi/20$	0,25	15
26	—	—	20	—	80	—	0,1	4
27	—	50π	—	10	—	—	0,045	10
28	—	—	2	40	—	—	0,75	30
29	0,4	—	—	—	—	$\pi/18$	0,55	36
30	—	—	5	24	—	—	0,25	15

Таблиця 2.6

Варіант	ν , МГц	T , мкс	ω , рад/с	λ , м	ν_{ϕ} , Мм/с	κ , рад/м	ε	E_0 , В/м	H_0 , А/м	t_1 , мкс
1	—	—	—	100	—	—	1,44	40	—	0,7
2	—	—	—	—	40	$\pi/10$	—	—	0,5	0,75
3	—	—	$2,5 \cdot 10^6 \pi$	240	—	—	—	50	—	1
4	1	—	—	—	70	—	—	—	0,3	2
5	—	0,5	—	—	—	—	2,25	20	—	0,75
6	1,25	—	—	—	—	$\pi/20$	—	—	0,4	1,4
7	—	2	—	—	200	—	—	30	—	3
8	—	—	—	—	—	$\pi/50$	5,76	—	0,2	1
9	2	—	—	60	—	—	—	10	—	0,5
10	—	—	$10^6 \pi$	—	—	—	9	—	0,3	3,5
11	—	4	—	560	—	—	—	20	—	5
12	—	—	$2 \cdot 10^6 \pi$	—	80	—	—	—	0,4	1,5
13	—	—	—	—	—	$\pi/15$	16	10	—	0,5
14	—	—	—	60	240	—	—	—	0,1	0,25
15	0,5	—	—	—	—	—	4	40	—	3
16	—	—	$5 \cdot 10^6 \pi$	40	—	—	—	—	0,2	0,5
17	1	—	—	—	180	—	—	50	—	1,5
18	—	0,8	—	—	—	$\pi/30$	—	—	0,4	1
19	—	—	—	30	—	—	25	20	—	0,5
20	—	—	—	—	90	$\pi/36$	—	—	0,3	1,4
21	—	8	—	320	—	—	—	10	—	10
22	2,5	—	—	120	—	—	—	—	0,1	0,6
23	5	—	—	—	—	$\pi/8$	—	30	—	0,35
24	—	—	$2 \cdot 10^6 \pi$	—	—	—	36	—	0,5	1
25	—	—	—	260	130	—	—	20	—	3
26	—	2	—	—	—	$\pi/34$	—	—	0,3	3,5
27	—	0,8	—	—	—	—	6,25	40	—	1
28	—	0,4	—	—	60	—	—	—	0,4	0,7
29	0,5	—	—	—	—	—	21,3	10	—	2
30	—	—	$5 \cdot 10^5 \pi$	—	160	—	—	—	0,2	7

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вікулін І.М. Фізика. Модуль 1. Частина 1. Електрофізика. Учебний посібник. Одеса: ОНАЗ, 2007. 198 с.
2. Сусь Б.А., Заболотний В.Ф., Мислицька Н.А. Коливання і хвилі: навчальний посібник для самостійної роботи студентів з електронним представленням. 2010. 192 с. (Гриф МОНМС України N1/11-10347 від 08.11.11).
3. Вікулін І.М., Горбачов В.Е. Фізика. Електрофізика-II. Конспект лекцій для самостійної роботи студентів по курсу фізики. Одеса: ОНАЗ, 2011. 119 с.
4. Горбачов В.Е., Ірха В.І., Криський С.К., Коробіцин Б.В. Фізика. Модуль 2. Частина 2. Коливання та хвилі. Методичні вказівки та комплексне завдання. Одеса: ОНАЗ, 2006. 66 с.
5. Марколенко П.Ю., Криський С.К. Коливання та хвилі. Методичний посібник до лабораторних робіт з фізики № 4-1, ..., 4-6, 5-1, ... 5-3 з курсу фізики. Одеса: ОНАЗ, 2011. 156 с.

ЗМІСТ

Методичні вказівки щодо виконання самостійного завдання.....	3
Змістовий модуль «КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ»	3
Самостійне завдання	4
Основні формули	4
Задачі	7
Таблиці варіантів завдань	10
Список рекомендованої літератури	16

Підписано до друку 07.03.2023.

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк офсетний. Обсяг 1,0 друк. арк. Наклад 50 прим.

Зам. № 2089/3

Надруковано у ФОП Бондаренко М.О.

м. Одеса, вул. В. Арнаутська, 60.

т. +38 048 700 11 55

info@aprel.od.ua

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.