

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

УТВЕРЖДАЮ

Декан ЕНМФ

\_\_\_\_\_ Ю.И. Тюрин

" " \_\_\_\_\_ 2005 г.

**КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.**

Методические указания к выполнению индивидуальных заданий  
по курсу общей физики  
для студентов всех специальностей

Томск 2006

УДК 53.076

Колебания и волны: Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по курсу общей физики для студентов всех специальностей. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 43 с.

Составители: доц. канд. физ.-мат. наук А.Г.Власов  
доц. канд. физ.-мат. наук Н.С.Кравченко  
доц. канд. физ.-мат. наук В.А. Крыхтин

Рецензент доц. доктор, физ.-мат. наук С.И. Борисенко

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры теоретической и экспериментальной физики 20.10.2005 г.

Зав. кафедрой  
проф., д. ф.-м. наук

В.Ф. Пичугин

Одобрено учебно-методической комиссией кафедры ЕНМФ.  
Председатель  
учебно-методической комиссии

Г.Ф. Ерофеева

## Вариант 1.

## Гармонические колебания

1. Начальная фаза гармонического колебания  $\varphi = 0^0$ . При смещении точки от положения равновесия на 2,4см скорость точки равна 3см/с, а при смещении на 2,8см ее скорость равна 2см/с. Найти амплитуду и период этого колебания.

2. Как изменится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если от последовательного соединения пружин перейти к параллельному их соединению?

3. Определить максимальное ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 15 см, если наибольшая скорость точки 30 см/с. Написать уравнение колебаний.

### Сложение колебаний

4. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами  $T_1 = T_2 = 1,5\text{с}$  и амплитудами  $A_1 = A_2 = 4\text{см}$ . Начальные фазы колебаний  $\varphi_1 = 90^0$  и  $\varphi_2 = 60^0$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего гармонического колебания. Найти его уравнение и построить с соблюдением масштаба векторную диаграмму сложения амплитуд.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 400t$  и  $x_2 = 4 \cos 402t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

## Вариант 2.

## Гармонические колебания

1. Начертить на одном графике два гармонических колебания с одинаковыми амплитудами равными 4см и одинаковыми периодами 4с, но имеющими разность фаз равную: а)  $90^0$ ; б)  $45^0$ ; в)  $180^0$ ; г)  $360^0$ .

2. Набухшее бревно, сечение которого постоянно по всей длине, погружилось вертикально в воду так, что над водой находится лишь малая (по сравнению с длиной) его часть. Период  $T$  колебаний бревна равен 5с. Определить длину  $l$  бревна.

Ответ:  $l = gT^2 / (4\pi^2) = 6,21 \text{ м}$ .

3. Найти максимальную кинетическую энергию материальной точки массой 2г, совершающей гармонические колебания с амплитудой 4 см и частотой 5 Гц.

### Сложение колебаний

4. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 20t$  и  $x_2 = 4 \cos 22t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.
5. Сложить с помощью векторной диаграммы два колебания:  $x_1 = 3 \sin(6t + \pi/2)$  и  $x_2 = 4 \sin(6t - \pi/4)$ . Найти амплитуду и начальную фазу результирующего колебания.
6. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями  $x = A_1 \cos \omega t$  и  $y = -A_2 \cos 2\omega t$ , где  $A_1 = 4 \text{ см}$  и  $A_2 = 2 \text{ см}$ . Найти уравнение траектории и построить ее.

### Вариант 3.

### Гармонические колебания

1. Через какое время от начала движения точка, совершающая колебательное движение по уравнению  $x = 7 \sin 45^\circ t$ , проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?
2. Точка совершает колебания по закону  $x = 4 \cos(\omega t + \varphi)$  см. Определить начальную фазу, если в начальный момент времени смещение точки равно 2 см, а скорость в этот момент равна 12 см/с.
3. В открытую с обоих концов U-образную трубку с площадью поперечного сечения  $S = 0,4 \text{ см}^2$  быстро наливают ртуть массой  $m = 200 \text{ г}$ . Определить период  $T$  колебаний ртути в трубке.

$$\text{Ответ: } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2\rho g S}} = 0,86 \text{ с}$$

### Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одинакового направления и периода:  $x_1 = A \sin \omega t$  и  $x_2 = A \sin \omega(t + \tau)$ , где  $A = 1 \text{ см}$ ,  $\omega = \pi \text{ рад/с}$ ,  $\tau = 0,5 \text{ с}$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Написать его уравнение.
5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 28t$  и  $x_2 = 4 \cos 26t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.
6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 4.

#### Гармонические колебания

1. Определить максимальное ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 15 см, если наибольшая скорость точки 30 см/с. Написать уравнение колебаний.

2. Определить максимальную скорость и максимальное ускорение точки, колеблющейся по закону  $x = 2\cos 180^0(t+1)$  (смещение дано в сантиметрах).

3. Тело массой  $m = 4\text{кг}$ , закрепленное на горизонтальной оси, совершает колебания с периодом  $T_1 = 0,8\text{с}$ . Когда на эту ось был насажен диск так, что его ось совпала с осью колебаний тела, период  $T_2$  колебаний стал равным 1,2с. Радиус диска  $R$  равен 20см, масса его равна массе тела. Найти момент инерции  $J$  тела относительно оси колебаний.

$$\text{Ответ: } J = [(mR^2T_1^2)/(2(T_2^2-T_1^2))] = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

#### Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2\text{ см}$ ,  $A_2=4\text{ см}$ . Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=90^0$ ,  $\varphi_2=60^0$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 400t$  и  $x_2 = 4 \cos 401t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_2 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 2:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 5.

#### Гармонические колебания

1. Уравнение движения точки дано в виде  $x = 2\sin 30^0 t$ . Найти моменты времени  $t$ , в которые достигаются максимальная скорость и максимальное ускорение.

2. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 1с, амплитуда 50мм, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 25мм.

3. Физический маятник в виде тонкого прямого стержня длиной  $l = 120\text{см}$  колеблется около горизонтальной оси, проходящей перпендикулярно стержню через точку, удаленную на некоторое расстояние  $a$  от центра масс стержня. При каком значении  $a$  период колебаний  $T$  имеет наименьшее значение?

$$\text{Ответ: } [a = l/(2\sqrt{3}) = 34,6\text{см}..$$

## Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=6$  см,  $A_2=2$  см,  $A_3=5$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=45^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=90^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 314t$  и  $x_2 = 4 \cos 315t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = \cos \omega_1 t$  и  $y = \cos(\omega_2 t + \pi/2)$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 6.

### Гармонические колебания

1. Определить максимальное ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 25 см, если наибольшая скорость точки 30 см/с. Написать уравнение колебаний.

2. Материальная точка совершает колебания по закону синуса. Наибольшее смещение точки 20 см, наибольшая скорость 40 см/с. Написать уравнение колебаний и найти максимальное ускорение точки.

3. Тонкий обруч, подвешенный на гвоздь, вбитый горизонтально в стену, колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус  $R$  обруча равен 30 см. Вычислить период  $T$  колебаний обруча.

$$\text{Ответ: } T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} = 1,55 \text{ с}$$

## Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=1$  см,  $A_2=5$  см,  $A_3=5$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=60^\circ$ ,  $\varphi_2=120^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Периоды колебаний одинаковые. Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 3 \cos 420t$  и  $x_2 = 4 \cos 422t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 2 \cos(\omega_1 t + \pi/3)$  и  $y = 3 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

## Вариант 7.

## Гармонические колебания

1. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 2с, амплитуда 50см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 25см.

2. Материальная точка массой 0,1г колеблется согласно уравнению  $x = A \sin \omega t$ , где  $A = 5$  см,  $\omega = 20$  Гц. Определить максимальные значения возвращающей силы и кинетической энергии точки.

3. Однородный диск радиусом 30см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Определить частоту колебаний такого физического маятника.

### Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=8$  см,  $A_2=2$  см,  $A_3=5$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=45^\circ$ ,  $\varphi_2=90^\circ$ ,  $\varphi_3=135^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 8 \cos 40t$  и  $x_2 = 4 \cos 42t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = \cos \omega_1 t$  и  $y = 5 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 3:1. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

## Вариант 8.

## Гармонические колебания

1. Точка совершает колебания по закону  $x = A \sin \omega t$ . В некоторый момент времени смещение точки оказалось равным 10см. Когда фаза колебания увеличилась вдвое, смещение стало равным 16см. Найти амплитуду колебаний.

2. Найти отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к ее потенциальной энергии для моментов времени: а)  $t = T/12$ ; б)  $t = T/8$ ; в)  $t = T/6$ . Начальная фаза колебаний  $45^\circ$ .

3. На стержне длиной 30см укреплены два одинаковых груза: один - в середине стержня, другой - на одном из его концов. Стержень с грузиком колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

### Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=1$  см,  $A_2=4$  см,  $A_3=3$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=90^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 1 \cos 100t$  и  $x_2 = 4 \cos 102t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 2:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### **Вариант 9.**

### **Гармонические колебания**

1. Определить максимальное ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 25 см, если наибольшая скорость точки 60 см/с. Написать уравнение колебаний.

2. Написать уравнение колебательного движения, амплитуда которого 3 см, если за время 2 мин совершается 150 колебаний и начальная фаза колебаний  $45^\circ$ . Начертить график этого движения.

3. На концах тонкого стержня длиной 30 см укреплены одинаковые грузики по одному на каждом конце. Стержень с грузиками колеблется около горизонтальной оси, проходящей через точку, удаленную на 10 см от одного из концов стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

### **Сложение колебаний**

4. Складываются два колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1 = 2$  см,  $A_2 = 4$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $\varphi_2 = 60^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 4 \cos 400t$  и  $x_2 = 2 \cos 402t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = \cos \omega_1 t$  и  $y = 2 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 3:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### **Вариант 10.**

### **Гармонические колебания**

1. К пружине подвешен груз массой 20 кг. Зная, что пружина под влиянием силы 9,8 Н растягивается на 1,5 см, найти период вертикальных колебаний груза.

2. К пружине подвешен груз. Максимальная кинетическая энергия колебаний груза равна 1 Дж. Амплитуда колебаний 10 см. Найти жесткость пружины.

3. Математический маятник длиной 1 м установлен в лифте. Лифт поднимается с ускорением  $2,5 \text{ м/с}^2$ . Определить период колебаний маятника.



## Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=4$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 8 \cos 400t$  и  $x_2 = 9 \cos 402t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 2:1. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 11.

### Гармонические колебания

1. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 5с, амплитуда 5см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 2,5см.

2. Уравнение колебаний материальной точки массой 20г имеет вид  $x = 5 \sin(30^\circ t + 45^\circ)$  см. Найти максимальную силу, действующую на точку, и полную энергию колеблющейся точки.

3. Найти отношение длин двух математических маятников, если отношение периодов их колебаний равно 1,5.

## Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления с одинаковыми периодами равными 2с. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=2$  см,  $A_3=2$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=0^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 10 \cos 420t$  и  $x_2 = 5 \cos 422t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos(\omega_1 t + \pi)$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 12.

### Гармонические колебания

1. Уравнение движения точки дано в виде  $x = 3 \sin(90^\circ t + 45^\circ)$  см. Найти период колебаний, максимальную скорость и максимальное ускорение точки.

2. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 1с, амплитуда 5см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 2см.

3. Ареометр массой 0,4кг плавает в жидкости. Если погрузить его немного в жидкость и отпустить, то он начнет совершать колебания с периодом 3,4с. Считая колебания незатухающими, найти плотность жидкости, в которой плавает ареометр. Диаметр вертикальной цилиндрической трубки ареометра равен 1см.

### Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одного направления с одинаковым периодом, равным 4с. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=2$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=0^0$ ,  $\varphi_2=45^0$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 3 \cos 408t$  и  $x_2 = 4 \cos 402t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 2 \cos \omega_1 t$  и  $y = \cos(\omega_2 t + \pi/2)$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 13.

### Гармонические колебания

1. Написать уравнение колебательного движения с амплитудой 2,5см и периодом 4с, если начальная фаза колебаний равна: а)  $0^0$ ; б)  $90^0$ ; в)  $180^0$ ; г)  $270^0$ ; д)  $360^0$ . Начертить график этого движения.

2. Два камертона звучат одновременно. Частоты их колебаний равны 440Гц и 440,5Гц. Определить период биений.

3. Гирия, подвешенная к пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 4см. Определить полную энергию колебаний гири, если жесткость пружины равна 1кН/м.

### Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и одного периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=4$  см,  $A_3=5$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=90^0$ ,  $\varphi_2=0^0$ ,  $\varphi_3=120^0$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 300t$  и  $x_2 = 6 \cos 302t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 2\cos\omega_1 t$  и  $y = 2\cos(\omega_2 t + \pi/4)$  Отношение частот складываемых колебаний 1:1. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 14.

#### Гармонические колебания

1. Точка совершает колебания по закону  $x = A\sin\omega t$ . В некоторый момент времени смещение точки оказалось равным 5см. Когда фаза колебаний увеличилась вдвое, смещение стало равным 8см. Найти амплитуду колебаний.

2. Написать уравнение колебательного движения с амплитудой 5мм, периодом 6с и начальной фазой  $45^\circ$ . Найти смещение колеблющейся точки от положения равновесия при  $t = 0$ с и  $t = 1,5$ с. Начертить график этого движения.

3. Грузик массой 250г, подвешенный к пружине, колеблется по вертикали с периодом 1с. Определить жесткость пружины.

#### Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=4$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 5 \cos 44t$  и  $x_2 = 4 \cos 42t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = \cos\omega_1 t$  и  $y = 4\cos\omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 15.

#### Гармонические колебания

1. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 5с, амплитуда 5см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 1,5см.

2. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10см/с, максимальное ускорение  $100\text{м/с}^2$ . Найти циклическую частоту колебаний, их период и амплитуду. Написать уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.

3. Найти возвращающую силу в момент 1с и полную энергию материальной точки, совершающей колебания по закону  $x = 20\cos(2\pi t/3)$ см. Масса материальной точки 10г.

## Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=2$  см,  $A_3=2$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=90^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1=2 \cos 4t$  и  $x_2=4 \cos 4,2t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x=4 \cos \omega_1 t$  и  $y=\cos(\omega_2 t + \pi/2)$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:1. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 16.

### Гармонические колебания

1. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 6с, амплитуда 5,0см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 2см.

2. Амплитуда гармонического колебания 15см, период 4с. Найти максимальную скорость колеблющейся точки и максимальное ускорение.

3. К пружине подвешена чашка весов с гирями. При этом период колебаний  $T_1=0,5$ с. После того, как на чашку весов положили добавочные гири, период вертикальных колебаний стал равным  $T_2=1$ с. На сколько удлинилась пружина от прибавления этого добавочного груза?

## Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2$  см,  $A_2=2$  см,  $A_3=2$  см. Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1=9 \cos 400t$  и  $x_2=6 \cos 402t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x=6 \cos(\omega_1 t + \pi/3)$  и  $y=2 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 17.

### Гармонические колебания

1. Тело массы  $m$ , прикрепленное к пружине, свободно колеблется. Смещение тела зависит от времени по закону  $x=A \cos \omega t$ . Как меняются со временем скорость и ускорение? Как зависит сила, действующая на тело, от его смещения и от времени? Чему равна жесткость пружины?

$A = 4 \text{ см}$ ,  $\omega = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $m = 20 \text{ г}$ . Найти максимальную скорость и ускорение, максимальную силу действующую на тело.

2. Частота свободных колебаний равна  $\omega$ . Через какое наименьшее время его кинетическая энергия уменьшится вдвое по сравнению со своим наибольшим значением?

3. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине подвесить вместо медного шарика алюминиевый такого же радиуса?

### Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=6 \text{ см}$ ,  $A_2=2 \text{ см}$ ,  $A_3=8 \text{ см}$ . Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=60^\circ$ ,  $\varphi_2=90^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 6 \cos 40,0t$  и  $x_2 = 8 \cos 40,2t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 2 \cos(\omega_1 t + \pi/6)$  и  $y = 3 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 2:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 18.

### Гармонические колебания

1. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебания 2с, амплитуда 5см, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 1,5см. Найти полную энергию колеблющейся точки.

2. Амплитуда гармонического колебания 10см, период 2с. Найти максимальную скорость колеблющейся точки и максимальное ускорение.

3. Математический маятник длиной 1м установлен в поезде. Поезд движется с ускорением  $2,5 \text{ м/с}^2$ . Определить период колебаний маятника.

### Сложение колебаний

4. Складываются два колебания одного направления и периода. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2 \text{ см}$ ,  $A_2=4 \text{ см}$ . Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=90^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 5 \cos 14t$  и  $x_2 = 4 \cos 12t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 4 \cos \omega_1 t$  и  $y = 5 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 2:3. Най-

ти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 19.

### Гармонические колебания

1. Полная энергия тела, совершающего колебательное движение,  $30 \text{ мкДж}$ ; максимальная сила, действующая на тело,  $1,5 \text{ мН}$ . Написать уравнение движения этого тела, если период колебания  $4 \text{ с}$  и начальная фаза  $60^\circ$ .

2. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки  $4 \text{ см}$ , полная энергия колебаний  $0,3 \text{ мкДж}$ . При каком смещении от положения равновесия на колеблющуюся точку действует сила  $22,5 \text{ мкН}$ ?

3. Математический маятник длиной  $l_1 = 40 \text{ см}$  и физический маятник в виде тонкого прямого стержня длиной  $l_2 = 60 \text{ см}$  синхронно колеблются около одной и той же горизонтальной оси. Определить расстояние  $a$  центра масс стержня от оси колебаний.

### Сложение колебаний

4. Складываются три колебания одного направления. Амплитуды складываемых колебаний:  $A_1=2 \text{ см}$ ,  $A_2=4 \text{ см}$ ,  $A_3=5 \text{ см}$ . Начальные фазы колебаний  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=60^\circ$ ,  $\varphi_3=120^\circ$ . Определить амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Построить векторную диаграмму.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 6 \cos 34t$  и  $x_2 = 6 \cos 32t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = \cos \omega_1 t$  и  $y = 3 \cos(\omega_2 t + \pi/4)$ . Отношение частот складываемых колебаний  $2:3$ . Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 20.

### Гармонические колебания

1. Найти отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к потенциальной энергии для моментов, когда смещение точки от положения равновесия составляет: а)  $x = A/4$ ; б)  $x = A/2$ ; в)  $x = A$ , где  $A$  - амплитуда колебаний.

2. На стержне длиной  $30 \text{ см}$  укреплены два груза: один - в середине стержня с массой  $m = 50 \text{ г}$ , другой с массой  $2m$  - на одном из его концов. Стержень с грузиком колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

3. Тело массой  $2 \text{ кг}$  совершает колебания по закону  $x = 50 \sin(\pi/3)t$ . Определить амплитуду колебания, максимальную скорость, максимальное ускорение. Записать уравнение силы, действующей на тело, максимальную силу и полную энергию тела.

### Сложение колебаний

4. Точка одновременно участвует в двух гармонических колебаниях имеющих направление. Уравнения колебаний  $x_1 = A_1 \sin \omega t$  и  $x_2 = A_2 \cos \omega t$ , где  $A_1 = 3 \text{ см}$ ,  $A_2 = 2 \text{ см}$ . Найти уравнение траектории точки и построить график, указав направление движения.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2 \cos 40,0t$  и  $x_2 = 4 \cos 40,2t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 21.

### Гармонические колебания

1. Материальная точка массой 0,01 кг совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид  $x = A \sin \omega t$ , где  $A = 0,2 \text{ м}$ ,  $\omega = 1440 \text{ Гц}$ . Найти возвращающую силу в момент времени 0,1 с, а также полную энергию точки.

2. Стержень длиной 40 см и массой 200 г колеблется около оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его верхний конец. Определить период колебаний такого маятника и приведенную длину.

3. Маятник состоит из тяжелого шарика массой 100 г, подвешенного на нити длиной 50 см. Определить период колебаний маятника, если его отклонили от положения равновесия на  $5^\circ$ .

### Сложение колебаний

4. Два гармонических колебания, ( $x_1 = 5 \sin \omega t$  и  $x_2 = 5 \cos \omega t$ ) направленных по одной прямой и имеющих одинаковые амплитуды и периоды, складываются в одно колебание той же амплитуды. Найти разность фаз складываемых колебаний.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 6 \cos 24t$  и  $x_2 = 4 \cos 24,2t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:4. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

## Вариант 22.

## Гармонические колебания

1. Груз, свободно колеблющийся на пружине, за время  $0,01\text{с}$  сместился с расстояния  $0,5\text{см}$  от положения равновесия до наибольшего, равного  $1\text{см}$ . Каков период его колебаний?

2. Диск радиусом  $R = 24\text{см}$  колеблется около горизонтальной оси, проходящей через край диска перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого маятника

3. Маятниковые часы показывают точное время в месте, где ускорение свободного падения равно  $9,81\text{ м/с}^2$ . После переноса часов в другое место они стали опаздывать на  $10\text{ с}$  в сутки. Определить на сколько изменилось ускорение свободного падения.

### Сложение колебаний

4. Точка совершает одновременно два гармонических колебания, происходящих по одному направлению. Уравнения колебаний  $x_1 = A_1 \sin \omega_1 t$  и  $x_2 = A_2 \cos \omega_2 t$ , где  $A_1 = 1\text{см}$ ,  $A_2 = 1\text{см}$ ,  $\omega_1 = 0,5\text{Гц}$ ,  $\omega_2 = 1\text{Гц}$ . Найти уравнение траектории, построить график с соблюдением масштаба и показать направление движения.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 4 \cos 40t$  и  $x_2 = 4 \cos 42t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний  $2:4$ . Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

## Вариант 23.

## Гармонические колебания

1. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид  $x = A \sin \omega t$ , где  $A = 5\text{см}$ ,  $\omega = 2\text{Гц}$ . В момент, когда на точку действовала возвращающая сила  $F = +5\text{мН}$ , точка обладала потенциальной энергией  $U = 0,1\text{мДж}$ . Найти этот момент времени и соответствующую ему фазу колебания.

2. Уравнение колебания материальной точки массой  $6\text{г}$  имеет вид  $x = 2 \sin(45^\circ t + 5^\circ)\text{см}$ . Построить график зависимости от времени (в пределах одного периода) кинетической, потенциальной и полной энергий точки.

3. Стержень длиной  $60\text{см}$  колеблется около оси, перпендикулярной стержню и проходящей на расстоянии  $20\text{см}$  от центра масс. Определить период колебаний такого маятника и приведенную длину.

### Сложение колебаний



4. Точка участвует одновременно в двух колебаниях одного направления, которые происходят по закону:  $x_1 = 0,01\cos 314t$  и  $x_2 = 0,01\cos 157t$ . Найти максимальную скорость точки. Записать уравнение результирующего колебания.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 2\cos 314t$  и  $x_2 = 4\cos 316t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = 3\cos \omega_1 t$  и  $y = 2\cos(\omega_2 t + \pi)$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:3. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 24.

#### Гармонические колебания

1. Начальная фаза гармонического колебания равна нулю. Через какую долю периода скорость точки будет равна половине максимальной скорости?

2. Обруч радиусом  $R = 25\text{ см}$  и массой  $50\text{ г}$ , подвешен на нити и колеблется около горизонтальной оси, проходящей на расстоянии  $3R$  от центра обруча перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого маятника.

3. Математический маятник подвешен к потолку вагона. Во сколько раз изменится период колебаний маятника, если вагону сообщить горизонтальное ускорение  $5\text{ м/с}^2$ ?

#### Сложение колебаний

4. Точка совершает одновременно два гармонических колебания, происходящих по одному направлению. Уравнение колебаний  $x_1 = A_1\cos \omega t$  и  $x_2 = A_2\cos(\omega t + \pi/2)$ , где  $A_1 = 4\text{ см}$ ,  $A_2 = 8\text{ см}$ ,  $\omega = \pi\text{ Гц}$ ,  $t = 1\text{ с}$ . Найти уравнение траектории точки и построить график ее движения.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 6\cos 4,00t$  и  $x_2 = 4\cos 4,02t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1\sin \omega_1 t$  и  $y = A_1\cos \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний 1:2. Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

#### Вариант 25.

#### Гармонические колебания

1. Через какое время от начала движения точка, совершающая гармоническое колебание, сместится от положения равновесия на половину амплитуды? Период колебания  $12\text{ с}$ , начальная фаза равна нулю.

2. Написать уравнение колебательного движения с амплитудой  $0,2\text{ м}$ , периодом  $8\text{ с}$  и начальной фазой равной нулю.

3. Диск радиусом  $R = 20\text{см}$ , подвешен на нити и колеблется около горизонтальной оси, проходящей на расстоянии  $2R$  от центра диска перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого маятника.

### Сложение колебаний

4. Складываются два одинаково направленных колебания с одинаковыми периодами, равными  $8\text{с}$  и одинаковыми амплитудами, равными  $2\text{ см}$ . Разность фаз складываемых колебаний  $\pi/4$ . Начальная фаза обоих колебаний равна  $0$ . Написать уравнение результирующего колебания.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 6 \cos 40,0t$  и  $x_2 = 4 \cos 40,2t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos \omega_1 t$  и  $y = A_1 \sin \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний  $2:3$ . Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

### Вариант 26.

### Гармонические колебания

1. Уравнение колебания материальной точки массой  $16\text{г}$  имеет вид  $x = 0,2 \sin(30^\circ t + 45^\circ)\text{м}$ . Построить график зависимости от времени (в пределах одного периода) силы, действующей на точку. Найти максимальную силу.

2. На стержне длиной  $30\text{см}$  укреплены два груза: один - в середине стержня с массой  $2m$ , другой с массой  $m = 50\text{г}$  - на одном из его концов. Стержень с грузиком колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

3. За какое время тело, совершающее колебания по закону  $x = A \sin 2\pi t$ , проходит от среднего положения до максимального; первую половину пути; вторую половину пути?

### Сложение колебаний

4. Материальная точка участвует в двух колебаниях, проходящих по одной прямой и выражаемых уравнениями:  $x_1 = A_1 \sin \omega_1 t$  и  $x_2 = A_2 \sin \omega_2 t$ , где  $A_1 = 1\text{см}$ ,  $A_2 = 2\text{см}$ ,  $\omega_1 = \omega_2 = 1\text{Гц}$ . Найти амплитуду сложного движения, его частоту  $\nu$  и начальную фазу. Написать уравнение движения.

5. Сложить два колебания:  $x_1 = 8 \cos 55t$  и  $x_2 = 1 \cos 56t$ . Найти период биений и период результирующего колебания.

6. Точка участвует в двух взаимно-перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \sin \omega_1 t$  и  $y = A_1 \sin \omega_2 t$ . Отношение частот складываемых колебаний  $1:3$ .

Найти уравнение траектории точки, построить график и указать направление движения.

**Вариант 1.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Период затухающих колебаний 4с, логарифмический декремент затухания 1,6, начальная фаза  $\varphi_0 = 0$ , при  $t = T/4$  смещение точки 4,5см. Написать уравнение движения точки. Определить полную энергию колеблющейся точки.

2. Во сколько раз уменьшится полная энергия маятника, с периодом колебания 1с, за 3 минуты, если логарифмический декремент затухания 0,0062? (9,32). Округлить до сотых.

3. Период собственных колебаний пружинного маятника равен 0,27с. В вязкой среде период того же маятника равен 0,33с. Определить резонансную частоту колебаний.

**Вариант 2.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Найти частоту колебаний груза массой 0,2кг, подвешенного к пружине и помещённого в масло, если коэффициент трения в масле 0,5кг/с, а коэффициент упругости пружины 50Н/м.

2. За 50с система совершила 100 колебаний. За это время амплитуда уменьшилась в 3 раза. Определить убыль энергии системы  $\Delta E/E$  за это время.

3. При неизменной амплитуде вынуждающей силы амплитуда вынужденных колебаний при частотах  $\omega_1 = 100\text{с}^{-1}$  и  $\omega_2 = 300\text{с}^{-1}$  оказалась одинаковой. Найти резонансную частоту.

Ответ:  $\omega_{\text{рез}} = 224\text{с}^{-1}$

**Вариант 3.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Во сколько раз уменьшилась полная энергия колебаний маятника за 5 минут, если период колебаний 1с, логарифмический декремент затухания 0,031?

2. За 1с амплитуда свободных колебаний уменьшилась в 2 раза. В течении какого времени амплитуда уменьшится в 10 раз?

Ответ: 3,3с

3. Железный стержень подвешенный к пружине, совершает свободные колебания с частотой  $\omega' = 20\text{с}^{-1}$  причём амплитуда колебаний уменьшилась в 2 раза за время  $\tau = 1,1\text{с}$ . Снизу помещена катушка, питаемая током с частотой  $\omega = 11\text{с}^{-1}$ . Стержень колеблется с амплитудой 1,5мм. При какой частоте тока в катушке наблюдается резонанс? Чему равна амплитуда при резонансе?

(Учтёшь что частота вынуждающей силы равна удвоенной частоте тока в катушке.)

$$\text{Ответ: } \omega_{\text{рез}} = \frac{1}{2} \sqrt{\omega'^2 - \left(\ln \frac{\eta}{\tau}\right)^2} = \frac{1}{2} \omega' = 10 \text{ с}^{-1} \quad A_{\text{рез}} = 7 \text{ мм}$$

#### Вариант 4. Затухающие и вынужденные колебания

1. За 16,1с амплитуда колебаний уменьшается в 10 раз. За какое время амплитуда колебаний уменьшится в 100 раз.

2. За 100с система успевает совершать 100 колебаний. За это же время амплитуда уменьшается в 2,718 раз. Найти коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность контура и относительную убыль энергии за период колебаний.

$$\text{Ответ: } 0,01 \text{ с}^{-1}; 0,01; 314; 0,02$$

3. При частотах вынуждающей гармонической силы  $\omega_1$  и  $\omega_2$  амплитуда скорости частицы равна половине максимального значения. Найти частоту, соответствующую резонансу, коэффициент затухания и частоту затухающих колебаний частицы.

$$\text{Ответ: } \omega_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_1 \omega_2}, \beta = \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{\sqrt{12}}, \omega = \sqrt{\frac{\omega_1 \omega_2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}{12}}$$

#### Вариант 5. Затухающие и вынужденные колебания

1. Математический маятник длиной 24,7м совершает затухающие колебания. Через какое время энергия колебаний маятника уменьшится в 9,4 раза, если логарифмический декремент затухания 0,01.

2. За время, за которое система совершает 100 колебаний, амплитуда уменьшилась в 5 раз. Найти добротность системы.

$$\text{Ответ: } 195$$

3. Шарик массой 50г подвешен на невесомой пружине жёсткостью 20Н/м. Под действием вынуждающей гармонической силы с частотой 25рад/с шарик совершает установившиеся колебания с амплитудой  $A = 1,3$ см. При этом смещение шарика отстаёт от вынуждающей силы на  $\varphi = 3\pi/4$ . Определить работу вынуждающей силы за один период колебания (в мДж).

$$\text{Ответ: } A = \text{тап}(\omega_0^2 - \omega^2)tg \varphi = 6 \text{ мДж}$$

**Вариант 6.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Пружинный маятник (жёсткость пружины 10Н/м, масса груза 100г) совершает затухающие колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления 0,02кг/с. Определить коэффициент затухания и через сколько времени амплитуда колебаний уменьшится в  $e$  раз.

2. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 2 минуты уменьшилась в 8 раз, во сколько раз она уменьшится за 4 минуты? (64)

3. Маятник длиной 62см с грузом массой 240г совершает колебания под воздействием вынуждающей силы, амплитуда которых 0,07м и силы сопротивления пропорциональной скорости  $F = -0,275v$ . Определить добротность системы. Округлить до сотых. (3,43)

**Вариант 7.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 2 минуты уменьшилась в 5 раз. За какое время, амплитуда уменьшится в 6 раз. Определить коэффициент затухания.

2. Математический маятник длиной 70см совершает затухающие колебания. Через сколько времени энергия колебаний уменьшится в 19 раз. Логарифмический декремент затухания 0,972.

3. Тело массой 20г совершает вынужденные колебания под действием вынуждающей силы  $f = 5\cos\pi t$ . Система совершает установившиеся колебания по закону  $x = 120\sin(\pi t - \pi/6)$ . Определить работу вынуждающей силы за один период колебаний.

Ответ: 5кДж

**Вариант 8.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Амплитуда затухающих колебаний за время 5 минут уменьшилась в 3 раза. Определить коэффициент затухания.

2. Добротность колебательной системы  $Q = 2$ , частота свободных колебаний  $\omega = 100\text{с}^{-1}$ . Определить собственную частоту колебаний системы  $\omega_0$ .

3. Шарик массой 50г подвешен на невесомой пружине жёсткостью 20Н/м. Под действием вынуждающей вертикальной силы с частотой  $\omega = 25$  рад/с шарик совершает установившиеся колебания с амплитудой  $A = 1,3$  см. При этом смещение шарика отстаёт по фазе от вынуждающей силы на  $\varphi = 3\pi/4$ . Найти добротность системы.

Ответ:  $Q = 0,35$

### Вариант 9.

### Затухающие и вынужденные колебания

1. За время 10 минут амплитуда колебаний математического маятника длиной 0,9м уменьшилась в 2 раза. Определить логарифмический декремент затухания.

2. Математический маятник длиной 14см совершает затухающие колебания. Через сколько времени энергия колебания уменьшится в 16 раз. Логарифмический декремент затухания равен 0,967.

3. Под действием внешней вертикальной силы  $F = F_0 \cos \omega t$ , тело, подвешенное на пружине, совершает установившиеся вынужденные колебания по закону  $x = a \sin(\omega t - \varphi)$ . Найти работу силы за период.

4.

### Вариант 10.

### Затухающие и вынужденные колебания

1. Математический маятник длиной 24,7м, совершает затухающие колебания. Через какое время энергия колебаний маятника уменьшится в 10 раз, если логарифмический декремент затухания 0,8?

2. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 7 минут уменьшилась в 6 раз. Во сколько раз она уменьшится за 5 минут. Округлить до десятых.

Ответ: 3,6

3. Определить амплитуду вынужденных колебаний груза массой 19г, подвешенного на пружине жесткостью 19н/м, если действует вынуждающая сила с амплитудой 1Н и частотой в 2 раза большей собственной частоты, а коэффициент затухания равен  $9\text{с}^{-1}$ . Ответ дать в мм и округлить до сотых.

Ответ: 0,26мм

**Вариант 11.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Определить число полных колебаний, которое должен совершить маятник, чтобы амплитуда его уменьшилась в 3 раза. Логарифмический декремент затухания 0,06.

2. К вертикальной пружине подвешен стальной шарик радиусом 10см. Частота колебаний шарика в воздухе  $\omega_0 = 5\text{с}^{-1}$ , а в некоторой жидкости  $\omega = 4,6\text{с}^{-1}$ . Начальное смещение равно амплитуде колебаний в жидкости  $A = 5\text{см}$ . Определить коэффициент вязкости жидкости, уравнение смещения шарика.

3. Частота свободных колебаний некоторой системы  $\omega = 100\text{с}^{-1}$ , Резонансная частота  $\omega_{\text{рез}} = 99\text{с}^{-1}$ . Определить добротность системы.

Ответ: 4

**Вариант 12.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Определить логарифмический декремент затухания математического маятника длиной 1м, если за 5 минут амплитуда его уменьшилась в 8 раз.

2. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 54с уменьшается в 7 раз. Длина маятника равна 19см. Сколько полных колебаний сделает маятник, пока амплитуда уменьшится в 11 раз.

Ответ: 76

3. Шарик массой 50г подвешен на невесомой пружине жёсткостью 20Н/м. Под действием вынуждающей гармонической вертикальной силы с частотой  $\omega = 25\text{рад/с}$  шарик совершает установившиеся колебания с амплитудой  $A = 1,3\text{см}$ . При этом смещение шарика отстаёт по фазе от вынуждающей силы на  $\varphi = 3\pi/4$ . Найти добротность системы.

Ответ:  $Q = 0,35$

**Вариант 13.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Определить число полных колебаний груза за время, когда амплитуда его колебаний уменьшилась в 2 раза. Масса груза 200г, жёсткость пружины 20Н/м, колебания совершаются в среде с коэффициентом сопротивления 0,5кг/с.



2. Математический маятник длиной 45см совершает затухающие колебания. Через сколько времени энергия колебаний уменьшится в 17 раз. Логарифмический декремент затухания равен 0,302. (6,3)

3. Маятник, состоящий из легкой нити длиной 82см с грузом 126г на конце, совершает колебания под воздействием вынуждающей силы, амплитудное значение которой 0,073Н и силы сопротивления пропорциональной скорости  $F = -0,113v$ . Определить добротность системы и округлить до сотых. (3,84)

#### **Вариант 14.**

#### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело массой 500г совершает затухающие колебания. В течении 1 минуты тело потеряло 60% своей энергии. Определить коэффициент сопротивления.

2. Амплитуда колебаний камертона за 87с уменьшилась в 263 раза. Найти коэффициент затухания.

Ответ: 0,06

3. В колебательной системе совершаются вынужденные колебания с частотой 13Гц. При увеличении частоты вынуждающей силы в 9 раз, амплитуда колебаний не изменилась. Найти собственную частоту колебаний системы, пренебрегая коэффициентом затухания.

Ответ: 3,82

#### **Вариант 15.**

#### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело массой 20г совершает затухающие колебания в среде с коэффициентом сопротивления  $2 \cdot 10^{-4}$  кг/с. Через какой промежуток времени тело потеряет 50% своей энергии?

2. Найти логарифмический декремент затухания математического маятника длиной 50см, если за 5 минут его полная энергия уменьшилась в 40000раз.

Ответ: 0,025

3. Амплитуда вынужденных гармонических колебаний при частотах  $\omega_1 = 400$  рад/с и  $\omega_2 = 600$  рад/с равны между собой. Найти частоту, при которой амплитуда максимальна.

**Вариант 16.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Определить период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы 5с и логарифмический декремент затухания 0,314.

2. Частицу сместили из положения равновесия на расстояние 1см и предоставили самой себе. Какой путь пройдёт, колеблясь, частица до полной остановки, если логарифмический декремент затухания 0,02?

Ответ: 2м

3. Определить амплитуду вынужденных колебаний груза массой 123г, подвешенного к пружине жесткостью 9Н/м, если действует вынуждающая сила с амплитудой 9Н и частотой в 2 раза больше собственной частоты системы. Коэффициент затухания равен  $1\text{с}^{-1}$ . Ответ округлить до тысячных

Ответ: 0,329

**Вариант 17.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Найти число полных колебаний системы в течении которых энергия системы уменьшается в 8 раз. Логарифмический декремент затухания 0,05.

2. Математический маятник колеблется в среде для которой логарифмический декремент затухания равен 1,5. Каков будет декремент затухания, если сопротивление среды увеличить в 2 раза. Во сколько нужно увеличить сопротивление среды, чтобы колебания стали невозможны?

Ответ: 3,3, 3,4

3. Шарик массой 50г подвешен на невесомой пружине жёсткостью 20Н/м. Под действием вынуждающей гармонической вертикальной силы с частотой  $\omega = 25\text{рад/с}$  шарик совершает установившиеся колебания с амплитудой  $a = 1,3\text{см}$ . При этом смещение шарика отстаёт по фазе от вынуждающей силы на  $\varphi = 3\pi/4$ . Определить работу вынуждающей силы за период.

Ответ:  $A = \text{тап}(\omega_0^2 - \omega^2)tg \varphi = 6\text{мДж}$

**Вариант 18.****Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело массой 1кг находится в вязкой среде с коэффициентом  $r = 0,05\text{кг/с}$ . Тело укреплено на пружине с коэффициентом упругости  $k = 10\text{Н/м}$ .

Определить коэффициент затухания и через сколько времени амплитуда уменьшится в 8 раз.

2. Во сколько раз уменьшится полная энергия колебаний маятника за 3 минуты, если логарифмический декремент затухания равен 0,0057, период колебаний 1с.

3. Тело совершает вынужденные колебания в среде с сопротивлением  $r = 0,2 \text{ г/с}$ . Определить амплитудное значение вынуждающей силы, если резонансная амплитуда 2см, а собственная частота 10Гц.

### **Вариант 19.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Математический маятник совершает затухающие колебания с логарифмическим декрементом затухания 0,3. Во сколько раз полное ускорение маятника уменьшится за одно полное колебание?

2. За время 18с с амплитуда колебаний уменьшается в 8 раз. Найти коэффициент затухания.

3. Под действием внешней вертикальной силы  $F = F_0 \cos \omega t$ , тело, подвешенное на пружине, совершает установившиеся вынужденные колебания по закону  $x = a \sin(\omega t - \varphi)$ . Найти работу силы за период.

Ответ:  $A = F_0 a l t \sin \varphi$

### **Вариант 20.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Амплитуда колебаний математического маятника в какой-то момент времени равна 10см, при следующем колебании, амплитуда стала 8см. Найти время, в течении которого амплитуда уменьшится в  $e$  раз. Период колебаний 2с.

2. Определить период затухающих колебаний, если период собственных колебаний 2с, а логарифмический декремент затухания 0,314.

3. Пружинный маятник (массой 100г, жёсткость пружины 10Н/м) совершает вынужденные колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления  $r = 0,02 \text{ кг/с}$ . Определить коэффициент затухания и резонансную амплитуду колебаний, если амплитудное значение вынуждающей силы равно 10мН.

### **Вариант 21.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело совершает затухающие колебания по закону  $x = e^{-0,1t} \sin \pi t / 4$ . Определить максимальную скорость и ускорение материальной точки.

2. Добротность колебательной системы равна 3,5. Определить отношение частоты собственных колебаний к частоте затухающих колебаний.

3. При неизменной амплитуде вынуждающей силы амплитуда скорости при частотах  $\omega_1 = 100\text{с}^{-1}$  и  $\omega_2 = 300\text{с}^{-1}$  оказалась одинаковой. Найти частоту, при которой амплитуда скорости минимальна.

### **Вариант 22.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Логарифмический декремент затухания математического маятника длиной 1 м равен 0,2. Через какой промежуток времени энергия тела составит 30% от первоначальной.

2. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 12 минут уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз она уменьшится за 8 минут.

3. При частотах вынуждающей силы  $\omega_1 = 100\text{с}^{-1}$  и  $\omega_2 = 400\text{с}^{-1}$  амплитуда скорости частицы равна половине максимального значения. Найти коэффициент затухания и частоту, при которой амплитуда скорости максимальна.

### **Вариант 23.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело массой 10 г совершает затухающие колебания. В течении 20 с тело потеряло 60% своей энергии. Определить коэффициент сопротивления.

2. Какая часть запасённой энергии сохранится в контуре через 0,03 с, если контур настроен на частоту 80 кГц, а добротность контура 26.

3. Определить амплитуду вынужденных колебаний груза массой 230 г, подвешенного на пружине жесткостью 40 Н/м, если действует вынуждающая сила с амплитудой 8 Н и частотой в 2 раза большей собственной частоты. Коэффициент затухания  $3\text{с}^{-1}$ .

Ответ: 510 м

### **Вариант 24.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Уравнение затухающих колебаний  $x = 5e^{-0,25t} \sin \pi t / 2$ . Определить скорость и ускорение точки в моменты времени 0, T, 2T.

2. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 5 минут уменьшилась в 5 раз. Во сколько раз она уменьшится за 4 минуты?

3. Во сколько раз амплитуда вынужденных колебаний будет меньше резонансной амплитуды, если частота изменения вынуждающей силы в 2 раза

больше резонансной частоты? Коэффициент затухания равен  $0,1\omega_0$  ( $\omega_0$  - собственная частота).

### **Вариант 25.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Тело массой 1г совершает затухающие колебания с частотой  $3,14\text{с}^{-1}$ . В течении 50с тело потеряло 80% своей энергии. Определить коэффициент затухания, коэффициент сопротивления среды, добротность системы.

2. Во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний маятника за 3 минуты, если коэффициент затухания 0,01 и период колебаний 1с?

3. Грузик массой 10г подвесили к пружине с коэффициентом жёсткости 5Н/м и поместили в среду с коэффициентом сопротивления 0,3кг/с. Определить резонансную амплитуду, если вынуждающая сила меняется по закону  $F = 0,02\sin(\omega t + \varphi_0)$ .

### **Вариант 26.**

### **Затухающие и вынужденные колебания**

1. Уравнение  $x = 0,3e^{-0,2t}\cos 5t$  описывает колебания материальной точки. Определить моменты времени, в которые смещение максимально; путь, пройденный точкой до остановки, добротность системы.

2. Математический маятник длиной 13см совершает затухающие колебания. Через сколько времени энергия колебаний уменьшится в 13 раз. Логарифмический декремент затухания 0,119.

Ответ: 7,77

3. Тело массой 20г совершает вынужденные колебания под действием вынуждающей силы  $F = 5\cos \pi t$ . Система совершает установившиеся колебания по закону  $x = 120\sin(\pi t - \pi/6)$ . Определить работу вынуждающей силы в кДж за один период колебаний.

Ответ: 15кДж

**Вариант 1.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Конденсатор емкостью 500 пФ соединен параллельно с катушкой длиной 40 см и площадью поперечного сечения  $5 \text{ см}^2$ . Катушка содержит 1000 витков. Сердечник немагнитный. Найти период колебаний в мкс. (

Ответ: 5,57 мкс

2. Определить энергию в пДж, которую переносит за время 1 мин плоская синусоидальная электромагнитная волна, распространяющаяся в вакууме через площадку  $10 \text{ см}^2$ , расположенную перпендикулярно распространению волны. Амплитуда напряженности электрического поля волны 1 мВ/м, период волны  $T \ll t$ .

Ответ:  $8 \cdot 10^{-11}$  Дж

3. Два конденсатора емкостью 0,2 мкФ и 0,1 мкФ включены последовательно в цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Найти 1) силу тока в цепи; 2) падение потенциала на первом и втором конденсаторах.

Ответ: 4,6 мА; 73 В; 147 В

**Вариант 2.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 2,22 нФ и катушки, намотанной из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Длина катушки 20 см, площадь поперечного сечения  $3 \text{ см}^2$ . Найти логарифмический декремент затухания колебаний. Округлить до тысячных.

Ответ: 0,018

2. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,2 мГн и конденсатора переменной емкости от 12 нФ до 80 нФ. Определить диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызвать резонанс в этом контуре. Активное сопротивление контура принять равным нулю.

Ответ: от 226 м до 584 м

3. Обмотка катушки состоит из 500 витков медного провода площадью поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$ . Длина катушки 50 см и ее диаметр 5 см. При какой частоте переменного тока полное сопротивление катушки вдвое больше ее активного сопротивления?

Ответ: 300 Гц

**Вариант 3.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $0,2\text{ мкФ}$  и катушки индуктивностью  $5,07 \cdot 10^{-3}\text{ Гн}$ . При каком логарифмическом декременте затухания разность потенциалов на обкладках конденсатора за время  $1\text{ мс}$  уменьшится в три раза? Чему равно при этом сопротивление контура?

Ответ: 0,22; 11,1 Ом

2. На какую длину волны будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивностью  $4\text{ мкГн}$  и конденсатора электроемкостью  $1,1\text{ нФ}$ ?

Ответ: 126 м

3. В цепь переменного тока напряжением  $220\text{ В}$  включены последовательно: емкость, активное сопротивление и индуктивность. Найти падение напряжения на омическом сопротивлении  $U_R$ , если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 2U_R$  и падение напряжения на индуктивности  $U_L = 3U_R$ .

Ответ: 156 В

**Вариант 4.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости  $2\text{ мкФ}$  получить звуковую частоту  $1000\text{ Гц}$ ? Сопротивлением контура пренебречь.

Ответ: 12,7 мГн

2. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид  $U = 50 \cos 10^4 \pi t$  В. Емкость конденсатора  $0,1\text{ мкФ}$ . Найти длину волны, соответствующую этому контуру.

Ответ:  $6 \cdot 10^4$  м

3. Конденсатор, емкостью  $20\text{ мкФ}$  и реостат, активное сопротивление которого  $1500\text{ Ом}$ , включены последовательно в цепь переменного тока частотой  $50\text{ Гц}$ . Какую часть напряжения, приложенного к этой цепи, составляет падение напряжения 1) на конденсаторе; 2) на реостате?

Ответ: 72,8%; 68,6%

**Вариант 5.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Определить отношение энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля для момента времени  $T/8$ .

Ответ: 1

2. Определить энергию в мкДж, которую переносит за время  $2\text{мин}$  плоская синусоидальная волна, распространяющаяся в вакууме, через площадку  $5\text{см}^2$ , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Амплитуда напряженности магнитного поля волны  $2,68 \cdot 10^{-3}\text{А/м}$ . Период волны  $T \ll t$ .

Ответ:  $8 \cdot 10^{-5}\text{Дж}$

3. Конденсатор емкостью  $1\text{мкФ}$  и реостат с активным сопротивлением  $3\text{кОм}$  включены в цепь переменного тока частотой  $50\text{Гц}$ . Индуктивность реостата ничтожно мала. Найти полное сопротивление цепи, если конденсатор и реостат соединены последовательно.

Ответ:  $4380\text{Ом}$

**Вариант 6.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $25\text{нФ}$  и катушки с индуктивностью  $1,015\text{Гн}$ . Конденсатор заряжен количеством электричества  $2,5 \cdot 10^{-6}\text{Кл}$ . Найти значение разности потенциалов на обкладках конденсатора и силы тока в цепи в моменты времени  $T/8$ ,  $T/4$ ,  $T/2$ . ( $T$  - период колебаний.) Омическим сопротивлением цепи пренебречь.

Ответ:  $U_1 = 70,7\text{В}$ ;  $I_1 = -11,1\text{мА}$ ;  $U_2 = 0\text{В}$ ;  
 $I_2 = -15,7\text{мА}$ ;  $U_3 = -100\text{В}$ ;  $I_3 = 0\text{мА}$

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $22,2\text{нФ}$  и катушки, намотанной из медной проволоки диаметром  $0,5\text{мм}$ . Длина катушки  $20\text{см}$ . Найти добротность колебательного контура.

Ответ: 55

3. Какую индуктивность нужно подключить параллельно емкости  $1,1\text{нФ}$ , чтобы создаваемый таким образом колебательный контур резонировал на длину волны  $126\text{м}$ ?

Ответ:  $4\text{мкГн}$



**Вариант 7.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Активное сопротивление колебательного контура  $0,33\text{Ом}$ . Какую мощность в  $\text{мкВт}$  потребляет контур при поддержании в нем незатухающих колебаний с амплитудой силы тока  $30\text{мА}$ .

Ответ:  $150\text{мкВт}$

2. В среде с  $\epsilon = 4$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $200\text{В/м}$ . На пути волны, перпендикулярно ее распространению располагается поглощающая поверхность в виде круга радиусом  $300\text{мм}$ . Какую энергию поглощает эта поверхность за время  $1\text{мин}$ ? Считать  $t \gg T$ , где  $T$  - период волны. Ответ дать в  $\text{кДж}$  и округлить до десятых.

Ответ:  $1,8\text{кДж}$

3. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем дается в виде  $I = -0,02\sin 400\pi t(\text{А})$ . Индуктивность контура  $1\text{Гн}$ . Найти 1) период колебаний; 2) емкость конденсатора контура; 3) максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора.

Ответ:  $T = 5 \cdot 10^{-3}\text{с}$ ;  $C = 6,3 \cdot 10^{-7}\text{Ф}$ ;  $U_m = 25,2\text{В}$

**Вариант 8.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем имеет вид  $I = -0,02\sin 400\pi t(\text{А})$ . Индуктивность контура  $1\text{Гн}$ . Найти 1) максимальную энергию магнитного поля; 2) максимальную энергию электрического поля.

Ответ:  $W_M = 2 \cdot 10^{-4}\text{Дж}$ ;  $W_E = 2 \cdot 10^{-4}\text{Дж}$

2. Колебательный контур радиоприемника состоит из катушки с индуктивностью  $1\text{мГн}$  и переменного конденсатора, емкость которого может меняться в пределах от  $9,7$  до  $92\text{пФ}$ . В каком диапазоне может принимать радиостанции этот приемник?

Ответ: от  $186\text{м}$  до  $572\text{м}$

3. Добротность некоторого колебательного контура  $5$ . Определить, на сколько процентов отличается частота свободных колебаний контура  $\omega$  от собственной частоты контура  $\omega_0$ . Округлить до десятых. (Найти  $[(\omega_0 - \omega) / (\omega_0)]$ )

Ответ:  $0,5\%$

**Вариант 9.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре имеет вид  $I = -0,157 \sin 10^4 \pi t$  (А). Индуктивность контура  $10,15$  мГн. Найти 1) емкость конденсатора контура; 2) максимальное напряжение на обкладках конденсатора; 3) длину волны, соответствующую этому контуру.

Ответ:  $C = 0,1 \cdot 10^{-6}$  Ф;  $U_m = 50$  В;  $\lambda = 6 \cdot 10^4$  м

2. В цепь переменного тока напряжением  $220$  В и частотой  $50$  Гц, включены последовательно емкость  $35,4$  мкФ, активное сопротивление  $100$  Ом и индуктивность  $0,7$  Гн. Найти силу тока в цепи и падение напряжения на емкости, активном сопротивлении и индуктивности.

Ответ:  $1,34$  А;  $121$  В;  $134$  В;  $295$  В

3. Колебательный контур состоит из индуктивности  $10^{-2}$  Гн, емкости  $0,405$  мкФ и сопротивления  $2$  Ом. Найти во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за время одного периода. Округлить до сотых.

Ответ: в  $1,04$  раза

**Вариант 10.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из индуктивности  $10^{-2}$  Гн, емкости  $0,405$  мкФ и сопротивления  $2$  Ом. Найти 1) период колебаний; 2) логарифмический декремент затухания; 3) добротность контура.

Ответ:  $4,0 \cdot 10^{-4}$  с;  $0,04$ ;  $79$

2. В цепи, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления  $20$  Ом, катушки индуктивностью  $1$  мГн и конденсатора  $0,1$  мкФ действует синусоидальная ЭДС. Определить частоту ЭДС, при которой в цепи наступает резонанс. Найти максимальные значения силы тока и напряжений на всех элементах цепи при резонансе, если при этом максимальное значение ЭДС  $30$  В.

Ответ:  $\omega = 10^5$  рад/с;  $I = 1,5$  А;  $U_R = 30$  В;  
 $U_L = 150$  В;  $U_C = 150$  В

3. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами площадью  $100$  см<sup>2</sup> каждая и катушки с индуктивностью  $1$  мкГн, резонирует на длину волны  $10$  м. Определить расстояние между пластинами конденсатора в мм и округлить до сотых.

Ответ:  $3,14$  мм

**Вариант 11.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 80 пФ и катушку индуктивностью 0,5 мГн. Определить: 1) максимальную силу тока в контуре, если максимальная разность потенциалов на обмотке контура равна 300 В; 2) длину волны соответствующему этому колебательному контуру.

Ответ: 3,8 А; 120 м

2. В среде с  $\epsilon = 4$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны 100 В/м. Определить энергию, переносимую волной через площадку  $1 \text{ см}^2$  за время 10 мин. Считать  $t \gg T$ , где  $T$  - период волны.

Ответ: 1,6 Дж

3. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 7 мкФ и катушки индуктивностью 0,23 Гн и сопротивлением 40 Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества  $5,6 \cdot 10^{-4}$  Кл. Найти: 1) период колебаний; 2) логарифмический декремент затухания.

Ответ:  $8 \cdot 10^{-3}$  с; 0,7

**Вариант 12.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 7 мкФ и катушки индуктивностью 0,23 Гн и сопротивлением 40 Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества  $5,6 \cdot 10^{-4}$  Кл. Найти значения разности потенциалов в моменты времени  $T/2$ ,  $T$ .

Ответ: -56,5 В; 40 В

2. Плотность потока энергии электромагнитной волны при распространении ее в вакууме составляет  $1,34 \cdot 10^{-9}$  Дж/(м<sup>2</sup>·с). Найти амплитуды напряженности электрического и магнитного полей. ( $E = 1$  мВ/м;  $0,84 \cdot 10^{-6}$  А/м)

3. Колебательный контур имеет емкость 1,1 нФ и индуктивность 5 мГн. Логарифмический декремент равен 0,005. За сколько времени потеряется вследствие затухания 99% энергии контура? Ответ округлить до десятых.

Ответ: 6,8 мс

**Вариант 13.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Конденсатор емкостью 500 пФ соединен параллельно с катушкой длиной 40 см и сечением  $5 \text{ см}^2$ , содержащей 1000 витков медного провода сече-

нием  $0,5\text{мм}^2$ . Найти: 1) логарифмический декремент затухания колебаний; 2) добротность контура.

Ответ: 0,0376; 83,5

2. Найти разность фаз колебаний вектора напряженности электрического поля электромагнитной волны если расстояния от источника колебаний до точек, где происходят эти колебания составляют соответственно 10м и 15м. Период колебаний  $5 \cdot 10^{-8}\text{с}$ .

Ответ:  $2\pi/30$

3. Конденсатор емкостью 1мкФ и реостат с активным сопротивлением 3000Ом включены параллельно в цепь переменного тока частотой 50Гц. Найти полное сопротивление цепи и сдвиг фаз между напряжением и током.

Ответ: 2180Ом;  $\text{tg } \varphi = 3\pi/10$

#### **Вариант 14.**

#### **Электромагнитные колебания и волны.**

1. Катушка длиной 50см и площадью поперечного сечения  $3\text{см}^2$ , имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью  $75\text{см}^2$  каждая. Расстояние между пластинами равно 5мм. Диэлектрик - воздух. Определить период колебаний контура в нс.

Ответ: 628нс

2. Два параллельных провода, погруженных в глицерин, индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний частотой 420МГц. Расстояние между соседними пучностями стоячих волн на проводах равно 7см. Найти диэлектрическую проницаемость глицерина, магнитную проницаемость принять равной 1.

Ответ: 26

3. В цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц включены последовательно емкость 35,4мкФ, активное сопротивление 100Ом и индуктивностью 0,7Гн. Найти мощность потребляемую контуром.

Ответ: 180Вт

#### **Вариант 15.**

#### **Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,2мкФ и катушки индуктивностью 5,07мГн и имеет логарифмический декремент затухания 0,22. Определить активное сопротивление контура.

Ответ: 11,1Ом

2. Электрический вектор электромагнитной волны изменяется по закону  $E = 200\cos(6,28 \cdot 10^8 t + 4,55x)$  В/м. Электромагнитная волна полностью поглощается поверхностью тела, расположенного перпендикулярно оси абсцисс. Сколько энергии поглощает каждую секунду  $1\text{ м}^2$  поверхности. Считать  $t \gg T$ , где  $T$  - период колебаний.

Ответ: 115 Дж

3. В цепь переменного тока напряжением 220 В включены последовательно емкость, активное сопротивление и индуктивность. Найти падение напряжения  $U_R$  на омическом сопротивлении, если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 3U_R$  и падение напряжения на индуктивности  $U_L = 5U_R$ .

Ответ: 99 В

### Вариант 16.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. Колебательный контур содержащий индуктивность и емкость  $1\text{ нФ}$  имеет период колебаний  $6,28\text{ мкс}$  и добротность  $500$ . Определить активное сопротивление контура считая затухания колебаний малым.

Ответ: 2 Ом

2. Плоская электромагнитная волна  $E = 200\cos(6,28 \cdot 10^8 t + 4,55x)$  В/м распространяется в некоторой среде, магнитная проницаемость которой  $\mu = 1$ . Определить максимальную плотность переносимой электромагнитной энергии.

Ответ:  $1,67 \cdot 10^{-8}$  Дж/м<sup>3</sup>

3. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем имеет вид  $I = -0,01\sin 200\pi t$  А. Емкость контура  $6,25 \cdot 10^{-7}$  Ф. Найти максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора и максимальную энергию магнитного поля.

Ответ: 25 В;  $2 \cdot 10^{-4}$  Дж

### Вариант 17.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. В каких пределах должна меняться емкость колебательного контура радиоприемника, чтобы он принимал радиостанции в диапазоне длин волн от  $186\text{ м}$  до  $570\text{ м}$ ? Индуктивность контура  $1\text{ мГн}$ .

Ответ: от  $9,7\text{ пФ}$  до  $92\text{ пФ}$

2. Энергия, переносимая плоской электромагнитной волной в вакууме за время 1 мин через площадку  $10\text{см}^2$ , расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны, составляет  $8,0 \cdot 10^{-11}$  Дж. Определить амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей. Считать  $T \ll t$ , где  $T$  - период волны.

Ответ:  $E = 1\text{мВ/м}$ ;  $H = 2,68 \cdot 10^{-6}\text{А/м}$

3. В цепь переменного тока напряжением 220В включены последовательно емкость, активное сопротивление 100Ом и индуктивность. Найти ток, проходящий через контур, если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 2U_R$  и падение напряжения на индуктивности  $U_L = 3U_R$ .

Ответ: 15,6А

### Вариант 18.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. В колебательном контуре, содержащем емкость 0,1мкФ и индуктивность 1мГн протекает ток, максимальное значение которого 1А. Пренебрегая активным сопротивлением, и считая, что ток изменяется по синусоидальному закону, написать уравнение колебания напряжения на обкладках конденсатора.

Ответ:  $U = 100\cos 10^5 t$  В

2. Плоская электромагнитная волна, электрическое и магнитное поля которой изменяются во времени по косинусоидальному закону, распространяется в вакууме. Длина волны 300м. Найти мгновенное значение плотности потока энергии в момент времени  $T/8$ , где  $T$  - период волны, если  $E_{\max} = 100\text{В/м}$ .

Ответ:  $26,5\text{Дж}/(\text{м}^2\text{с})$

3. Колебательный контур состоит из конденсатора с емкостью 100пФ и катушки с индуктивностью 64мкГн и сопротивлением 10Ом. Определить собственную частоту колебаний, период колебаний, добротность контура.

Ответ: 2МГц;  $5 \cdot 10^{-7}\text{с}$ ; 800

### Вариант 19.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. Колебательный контур содержит емкость 2мкФ. Каковы должны быть индуктивность контура и его активное сопротивление, чтобы добротность контура была 100, а частота колебаний  $\nu = 160\text{Гц}$ ?

Ответ: 0,5Гн; 50м

2. При прохождении плоской электромагнитной волны через некоторую среду ( $\mu = 1$ ) ее длина волны изменилась в 2 раза по сравнению с прохождением через вакуум, где она составляла 300м. Определить диэлектрическую проницаемость среды и мгновенное значение плотности потока энергии в момент времени  $T/3$ , где  $T$  - период волны, если  $E_{\max} = 200\text{В/м}$ .

Ответ: 4; 53Дж

3. В цепь переменного тока напряжением 220В включены последовательно емкость, активное сопротивление 100Ом и индуктивность. Найти мощность, потребляемую контуром, если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 2U_R$  и падение напряжения на индуктивности  $U_L = 3U_R$ .

Ответ: 2420Вт

### Вариант 20.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. Собственная частота колебаний некоторого контура равна  $\nu = 8\text{кГц}$ , добротность контура 72. В контуре возбуждаются затухающие колебания. Найти закон убывания запасенной в контуре энергии со временем. Какая часть первоначальной энергии сохранится в контуре по истечении времени 1мс.

Ответ:  $W = W_0 e^{-[(\omega)/Q]t}$ ; 50%

2. Разность фаз колебаний электрического вектора электромагнитной волны в двух точках, лежащих на луче и отстоящих от источника волн на расстояниях 20м и 45м равна  $60^\circ$ . Найти длину волны и период. Считать, что волна распространяется в вакууме.

Ответ: 150м; 0,5мкс

3. Индуктивность 22,6мГн и активное сопротивление включены параллельно в цепь переменного тока частотой 50Гц. Найти сопротивление, если известно, что сдвиг фаз между напряжением и током равен  $60^\circ$ . (12,3Ом)

### Вариант 21.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. Колебательный контур содержит емкость 2мкФ, индуктивность 0,5Гн, активное сопротивление 5Ом. Найти за какое время напряжение на обкладках конденсатора уменьшается в 2 раза.

Ответ: 0,872мс

2. Найти как изменится разность фаз колебаний электрического вектора электромагнитной волны при прохождении ее через некоторую среду

( $\mu = 1$ ,  $\varepsilon = 4$ ) по сравнению с вакуумом в двух точках лежащих на луче расстояние между которыми равно  $\Delta x$ .

Ответ: увеличится в 2 раза

3. Конденсатор емкостью  $1\text{мкФ}$  и реостат с активным сопротивлением  $3\text{кОм}$  включены в цепь переменного тока частотой  $100\text{Гц}$ . Найти полное сопротивление цепи, если конденсатор и реостат включены 1) последовательно; 2) параллельно.

Ответ:  $3380\text{Ом}$ ;  $1580\text{Ом}$

### **Вариант 22.**

### **Электромагнитные колебания и волны.**

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $0,2\text{мкФ}$  и катушки индуктивностью  $5,07\text{мГн}$ . Логарифмический декремент затухания  $0,22$ . Найти время, за которое напряжение на обкладках конденсатора уменьшится в 3 раза, а также активное сопротивление контура. Считать затухание слабым.

Ответ:  $1\text{мс}$ ;  $11,1\text{Ом}$

2. Объемная плотность энергии переносимой плоской волной в среде ( $\mu = 1$ ,  $\varepsilon = 5$ ) составляет  $4,47 \cdot 10^{-7}\text{Дж/м}^3$ . Найти максимальные значения напряженностей электрического и магнитного полей, а также длину волны, если период волны  $0,5\text{мкс}$ .

Ответ:  $100\text{В/м}$ ;  $0,592\text{А/м}$ ;  $67\text{м}$

3. Конденсатор емкостью  $20\text{мкФ}$  и реостат, активное сопротивление которого  $1500\text{Ом}$  включены последовательно в цепь переменного тока частотой  $100\text{Гц}$ . Какую часть напряжения, приложенного к этой цепи, составляет падение напряжения 1) на конденсаторе; 2) на реостате?

Ответ:  $88\%$ ;  $37,6\%$

### **Вариант 23.**

### **Электромагнитные колебания и волны.**

1. В цепи, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления  $1\text{кОм}$ , катушки индуктивности  $300\text{мГн}$  и конденсатора переменной емкости, имеется ЭДС, изменяющаяся по синусоидальному закону с действующим значением  $60\text{В}$  и частотой  $\nu = 50\text{кГц}$ . Определить значение емкости конденсатора, при котором в цепи наступает явление резонанса и действующее значение силы тока в цепи при резонансе.

Ответ:  $3,3\text{нФ}$ ;  $60\text{мА}$

2. Плоская электромагнитная волна полностью поглощается поверхностью тела, которая перпендикулярна к направлению ее распространения. Ди-



электрическая проницаемость среды  $\varepsilon = 4,7$ , магнитная проницаемость  $\mu = 1$ . При каких амплитудных значениях  $E_{\max}$  и  $H_{\max}$  давление оказываемое волной на тело составит  $8,3 \cdot 10^{-7}$  Па? Указание: Давление определяется как половина амплитудного значения плотности электромагнитной энергии.

Ответ: 200В/м; 1,15А/м

3. Два конденсатора емкостью 0,4мкФ и 0,2мкФ включены последовательно в цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц. Найти 1) силу тока в цепи; 2) падение потенциала на конденсаторах.

Ответ: 9,2мА; 73В; 147В

### Вариант 24.

### Электромагнитные колебания и волны.

1. Катушка длиной 50см и площадью поперечного сечения  $10\text{см}^2$  включена в цепь переменного тока частотой  $\nu = 50$ Гц. Число витков катушки 3000. Найти активное сопротивление катушки, если известно, что сдвиг фаз между напряжением и током  $60^\circ$ .

Ответ: 4,1Ом

2. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем имеет вид  $I = -0,02\sin 10^6 t$  А. Индуктивность контура  $10^{-4}$ Гн. Найти: 1) емкость конденсатора; 2) максимальное напряжение на обкладках конденсатора; 3) длину волны, соответствующую этому контуру.

Ответ:  $10^{-8}$ Ф; 6,3В; 600м

3. Добротность колебательного контура 10, частота колебаний  $\nu = 1,59 \cdot 10^5$ Гц, активное сопротивление 10Ом. Найти индуктивность и емкость данного контура. Считать затухание малым.

Ответ: 0,1мкФ; 10мкГн

**Вариант 25.****Электромагнитные колебания и волны.**

1. Добротность колебательного контура 100. Коэффициент затухания  $5 \cdot 10^3$  Ом/Гн. Определить частоту колебаний контура, считая затухание малым.

Ответ:  $10^6$  Гц

2. Скорость распространения электромагнитной волны в некоторой среде составляет  $2,15 \cdot 10^8$  м/с. Амплитудное значение плотности электромагнитной волны равно  $10^{-7}$  Дж/м<sup>3</sup>. Определить максимальную напряженность электрического поля.

Ответ: 75 В/м

3. Катушка, индуктивность которой  $3 \cdot 10^{-5}$  Гн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $100 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними 0,1 мм. Чему равна диэлектрическая проницаемость среды занимающей пространство между пластинами, если контур резонирует на волну длиной 750 м?

Ответ: 6

# КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Методические указания

Составители: Антон Григорьевич Власов  
Надежда Степановна Кравченко  
Владимир Александрович Крыхтин

Подписано к печати 10.01.06

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. 2,50. Уч.-изд.л.2,26.

Тираж 100 экз. Заказ № . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.