

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Автономное профессиональное образовательное учреждение Удмуртской Республики
«Техникум радиоэлектроники и информационных технологий
имени А.В. Воскресенского»**

**Практические работы
по учебной дисциплине ОП.02 Физика**

**Разработал
Мастер п/о:**

Л.О. Петенёва

Ижевск, 2024

Практическая работа №1

по теме: «Расчёт различных характеристик механического движения»

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Цель: Определить ускорение с помощью формулы $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$ по графику скорости.
Ход работы.

1. Теоретическая часть.

В общем случае **равноускоренным движением** называют такое движение, при котором вектор ускорения \vec{a} остается неизменным по модулю и направлению.

Примером такого движения является движение падающего тела, ускорение такого тела

равно **ускорению свободного падения** \vec{g} .

При равноускоренном прямолинейном движении скорость тела определяется формулой

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}$$

\vec{a} – ускорение

$\Delta \vec{v}$ – то, на сколько изменилась скорость

$\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ – скорость в конце некоторого промежутка времени минус скорость в начале этого промежутка

(1)

На графике скорости $v(t)$ эта зависимость имеет вид прямой линии (рис. 1).

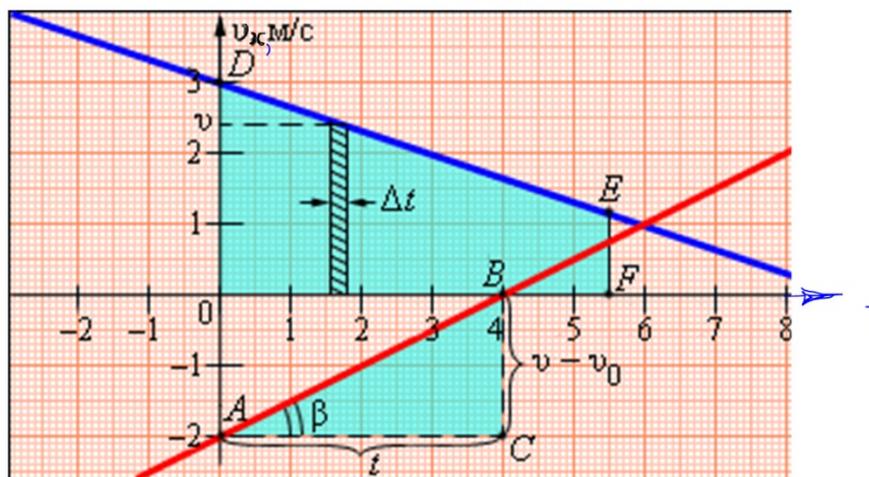


Рисунок 1.

Графики скорости равноускоренного движения

По наклону графика скорости может быть определено ускорение a тела. Соответствующие построения выполнены на рис. 1 для графика I (красный). Ускорение численно равно отношению сторон треугольника ABC:

Чем больше угол β , который образует график скорости с осью времени, т. е. чем больше наклон графика (**крутизна**), тем больше ускорение тела.

Для графика I на рис.1 (красный): $v_0 = -2$ м/с, $a = 1/2$ м/с².

Для графика II на рис.2 (синий): $v_0 = 3$ м/с, $a = -1/3$ м/с².

2. Практическая часть.

Определите ускорение на каждом участке и оцените изменение угла наклона графика в зависимости от значения ускорения.

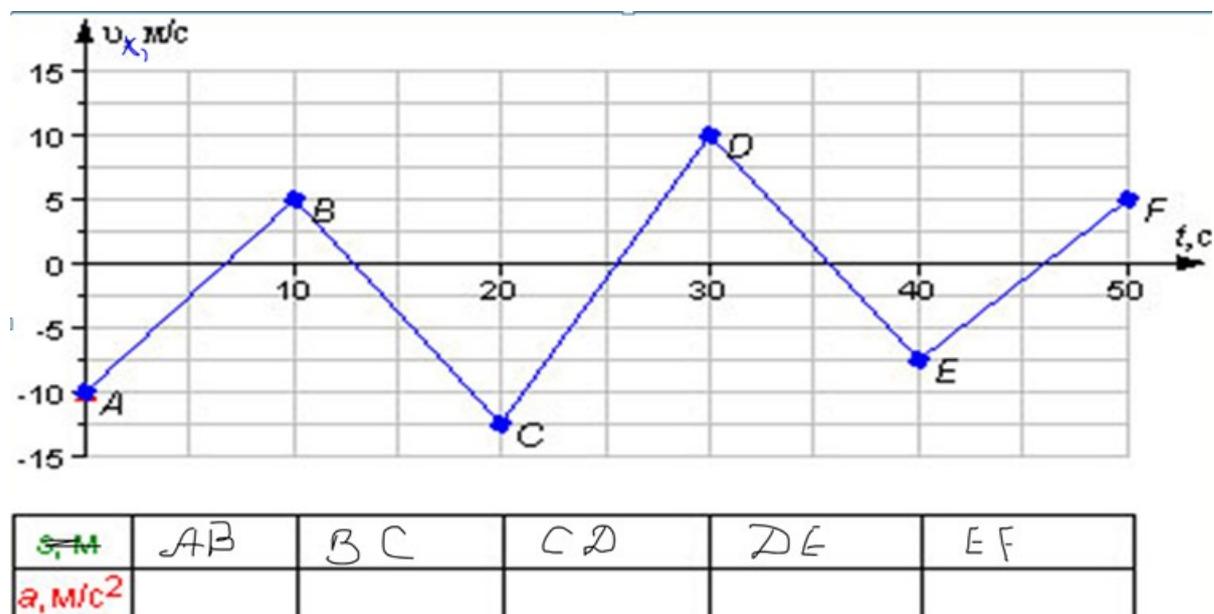


рис.2

Дополнительное задание:

График скорости позволяет также определить проекцию перемещения s тела за некоторое время t . Выделим на оси времени некоторый малый промежуток времени Δt . Если этот промежуток времени достаточно мал, то и изменение скорости за этот промежуток невелико, т. е. движение в течение этого промежутка времени можно считать равномерным с некоторой средней скоростью, которая равна мгновенной скорости v тела в середине промежутка Δt . Следовательно, перемещение Δs за время Δt будет равно $\Delta s = v\Delta t$. Это перемещение равно площади заштрихованной полоски (рис. 2). Разбив промежуток времени от 0 до некоторого момента t на малые промежутки Δt , получим, что перемещение s за заданное время t при равноускоренном прямолинейном движении равно площади трапеции $ODEF$. Соответствующие построения выполнены для графика II на рис.2. Время t принято равным 5,5 с.

$$s = \frac{(|OD| + |EF|)}{2} |OF| = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{2v_0 + (v - v_0)}{2} t, \quad s = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Так как $v - v_0 = at$, окончательная формула для перемещения s тела при равномерно ускоренном движении на промежутке времени от 0 до t запишется в виде:

Результаты вычислений запишите в таблицу под графиком 2.

Практическая работа №2

по теме: «Расчет емкости батареи конденсаторов»

Цель: Рассчитать емкость цепи конденсатора таким образом, чтобы емкость всей цепи была наибольшая.

Ход работы.

1. Теоретическая часть.

<https://light-fizika.ru/index.php/10-klass?layout=edit&id=114>

Если двум изолированным проводникам сообщить заряды, одинаковые по величине и противоположные по знаку, то между ними возникает разность потенциалов. В этом случае можно определить *электрическую емкость* системы проводников.

Емкость системы из двух проводников – физическая величина, равная отношению заряда на одном из них к разности потенциалов между ними

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi}$$

Единица измерения емкости (*фарад*) $1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$

Емкость зависит от формы и размеров проводников, а также от диэлектрика между ними. В случае если электрическое поле сосредоточено в определенной области, систему проводников называют конденсатором.

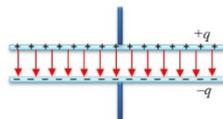
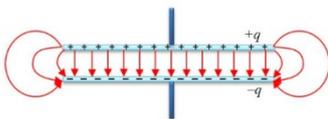
Конденсатор – система из двух проводников, в которой электрическое поле локализовано в пространстве между ними

$$q = CU$$

Простейший конденсатор – это система из двух пластин из проводника, расположенных параллельно друг другу на небольшом расстоянии. Такой конденсатор называется плоским.

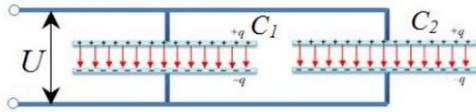
Плоский конденсатор

Идеализация



Соединения конденсаторов

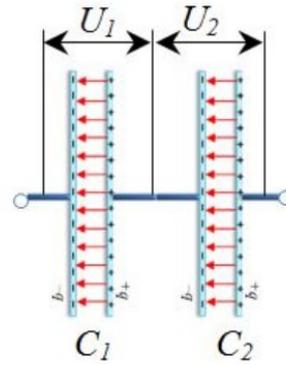
Параллельное соединение



$$C = C_1 + C_2$$

При параллельном соединении конденсаторов напряжение на каждом из них одинаково

Последовательное соединение



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

При последовательном соединении конденсаторов заряд на каждом из них одинаковый

2. Практическая часть.

На рисунке изображены конденсаторы, которые надо подключить к источнику таким образом, чтобы емкость всей цепи была наибольшей.



МБГ = металлобумажный герметизированный
П – прямоугольного исполнения.

1. Нарисуйте принципиальную схему выполненного вами соединения.
2. Определите ёмкость всей цепи выполненного вами соединения.
3. Определите заряд всей цепи конденсаторов.
4. Определите заряд каждого конденсатора в вашей цепи.

Практическая работа №3

по теме: Методы расчета токов, напряжений и мощностей в электрической цепи.

Цель: Подобрать сечение провода по которому течёт ток I , находящемуся под напряжением U .

Ход работы.

1. Теоретическая часть.

Электротехника для чайников

<https://alexgyver.ru/electrotech/>

2. Практическая часть.

2.1. По своему варианту рассчитайте сопротивление жилы провода длиной l

2.2. Подберите безопасное сечение жилы.

Вариант	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, кВт	Вариант	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, кВт
1	19	220	10,5	11	20	380	12,5
2	27	220	16,5	12	28	380	15,1
3	38	220	19,8	13	36	380	19,8
4	46	220	26,4	14	50	380	25,7
5	70	220	33	15	60	380	36,3
6	85	220	49,5	16	85	380	46,2
7	115	220	59,4	17	100	380	56,1
8	135	220	75,9	18	135	380	72,6
9	175	220	95,7	19	165	380	92,4
10	215	220	118,8	20	200	380	112,2

Сечение, кв. мм	Медные жилы, проводов и кабелей				Сечение, кв. мм	Алюминиевые жилы, проводов и кабелей			
	Напряжение, 220 В		Напряжение, 380 В			Напряжение, 220 В		Напряжение, 380 В	
	ток, А	мощность, кВт	ток, А	мощность, кВт		ток, А	мощность, кВт	ток, А	мощность, кВт
1,5	19	4,1	16	10,5	2,5	20	4,4	19	12,5
2,5	27	5,9	25	16,5	4	28	6,1	23	15,1
4	38	8,3	30	19,8	6	36	7,9	30	19,8
6	46	10,1	40	26,4	10	50	11	39	25,7
10	70	15,4	50	33	16	60	13,2	55	36,3
16	85	18,7	75	49,5	25	85	18,7	70	46,2
25	115	25,3	90	59,4	35	100	22	85	56,1
35	135	29,7	115	75,9	50	135	29,7	110	72,6
50	175	38,5	145	95,7	70	165	36,3	140	92,4
70	215	47,3	180	118,8	95	200	44	170	112,2
95	260	57,2	220	145,2	120	230	50,6	200	132
120	300	66	260	171,6					

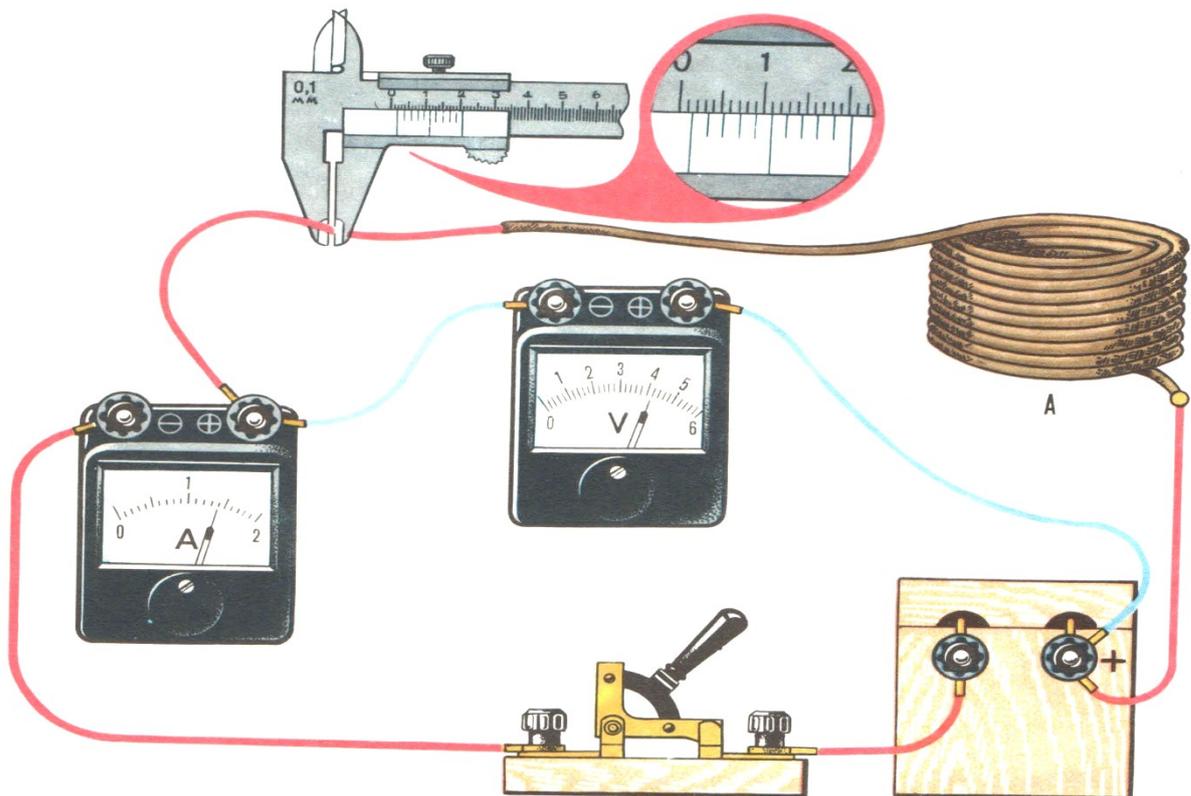
Практическая работа №4

по теме: «Расчет сопротивления проволочных резисторов. Выбор проводов по сечению и сплаву»

Цель: Определить сопротивление и длину мотка никелинового провода

Ход работы

1. Теоретическая часть



Ориентировочные сведения

1. $I = \frac{U}{R}$ — закон Ома для участка цепи
2. $S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ — площадь круга (сечения)
 $\pi = 3,14$
3. $R = \frac{\rho l}{S}$ — сопротивление проводника

2. Практическая часть

Задания (карта 40В) :

Моток никелевого провода А включен в электрическую цепь так, как показано на рисунке.

1. Опишите словами изображенную электрическую цепь
2. Нарисуйте принципиальную схему изображенной электрической цепи. Отметьте на ней знаками (+, -) полярность зажимов электроизмерительных приборов, а стрелками - направление тока в цепи.
3. Определите цену деления электроизмерительных приборов: $C_A = \dots$; $C_V = \dots$;

4. Определить площадь сечения никелинового провода
5. Определите сопротивление мотка никелинового провода
6. Определите длину никелинового провода, если его удельное сопротивление $\rho = 4,2 \cdot 10^{-7}$ Ом*м.
7. Дополнительное задание: Постройте вольт-амперную характеристику для мотка никелинового провода.

Вывод: _____

Дополнительные задания.

Электрический ток. Закон Ома для участка цепи

Задание №1

Выберете действия электрического тока

Выберите несколько из 5 вариантов ответа:

- 1) Тепловое
- 2) Физическое
- 3) Химическое
- 4) Магнитное
- 5) Световое

Задание №2

Выберете то, без чего не может существовать электрический ток?

Выберите несколько из 4 вариантов ответа:

- 1) Проводник
- 2) Свободные заряды
- 3) Электрическое поле
- 4) Магнитное поле

Задание №3

Скорость движения электронов в металлическом проводнике...

Выберите несколько из 4 вариантов ответа:

- 1) Обратно пропорциональна площади поперечного сечения проводника
- 2) Прямо пропорциональна заряду электрона
- 3) Прямо пропорциональна силе тока в проводнике
- 4) Прямо пропорциональна концентрации вещества, из которого сделан проводник

Задание №4

Скорость распространения электрического поля в металлическом проводнике равна...

Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) Скорости движения электронов
- 2) Отношению заряда электрона к его массе умноженному на силу тока в проводнике
- 3) Скорости звука
- 4) Скорости света

Задание №5

Вольт-амперная характеристика проводника это...

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Его сопротивление
- 2) Зависимость силы тока от напряжения в данном проводнике
- 3) Отношение силы тока к напряжению в данном проводнике

Задание №6

Сопротивление проводника...

Выберите несколько из 5 вариантов ответа:

- 1) Прямо пропорционально напряжению на его концах
- 2) Прямо пропорционально его длине
- 3) Обрато пропорционально площади его поперечного сечения
- 4) Обрато пропорционально силе тока
- 5) Зависит от вещества, из которого изготовлен проводник

Задание №7

Удельное сопротивление проводника измеряется в...

Выберите один из 4 вариантов ответа:

- 1) Ом*м
- 2) Ом/м
- 3) Ом*м²
- 4) Ом*мм

Задание №8

Вычислите сопротивление (в Ом) медного провода длиной 70 м, если площадь его поперечного сечения равна 2 мм².

Вещество	ρ , Ом · м при 20 °С	Вещество	ρ , Ом · м при 20 °С
Проводники		Полупроводники	
Серебро	$1,6 \times 10^{-8}$	Углерод	$3,5 \times 10^{-5}$
Медь	$1,7 \times 10^{-8}$	Германий	0,5
Золото	$2,4 \times 10^{-8}$	Кровь	1,5
Алюминий	$2,8 \times 10^{-8}$	Кремний	2300
Вольфрам	$5,5 \times 10^{-8}$	Диэлектрики	
Платина	10^{-7}	Полиэтилен	$10^8 - 10^9$
Сталь	2×10^{-7}	Дерево	$10^8 - 10^{11}$
Нихром	10^{-6}	Резина	10^{13}
Ртуть	$9,6 \times 10^{-6}$	Стекло	$10^{11} - 10^{14}$

Запишите число: _____

Задание №9

Напряжение на резисторе с сопротивлением 15 Ом равно 30 В. Какова сила тока в резисторе (в А)?

Запишите число: _____

Задание №10

Проводник длиной 100 м изготовлен из неизвестного металла. Площадь его поперечного сечения равна 3 мм². Когда в нём измерили силу тока она оказалась равной 10 А, а измерив напряжение на концах этого проводника, получили 1 кВ. Найдите удельное сопротивление материала (в мОм*м), из которого изготовлен проводник.

Запишите число: _____

Практическая работа №5
по теме: «Сложение колебаний. Анализ фигур Лиссажу»

Виртуальная лабораторная работа по физике "Сложение взаимноперпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу"

Цель работы: Изучение явления сложения взаимно перпендикулярных гармонических колебаний и построение фигур Лиссажу.

Оборудование и программное обеспечение:

1. Компьютер с доступом в Интернет.
2. Программа для моделирования колебаний, например,
"<http://efizika.ru/html5/113/index.html>".
3. Динамическая модель генератора гармонических колебаний.
4. Экран для отображения результатов.

Для выполнения виртуальной лабораторной работы по физике "Сложение взаимно перпендикулярных колебаний и Фигуры Лиссажу" вам понадобится доступ к виртуальному лабораторному оборудованию или программе для моделирования. Ниже приведена методика выполнения лабораторной работы:

Шаги выполнения лабораторной работы:

1. Знакомство с теорией: Перед началом работы ознакомьтесь с теорией сложения взаимно перпендикулярных колебаний и фигур Лиссажу. Изучите, как можно описать гармонические колебания по амплитуде, частоте и начальной фазе.
2. Запуск программы: Запустите выбранную программу для моделирования колебаний.
3. Настройка генератора: В программе выберите инструмент для настройки параметров генератора колебаний. Установите следующие параметры:
 - o Амплитуду первого колебания (A_1).
 - o Амплитуду второго колебания (A_2).
 - o Частоту первого колебания (f_1).
 - o Частоту второго колебания (f_2).
 - o Начальную фазу первого колебания (фаза1).
 - o Начальную фазу второго колебания (фаза2).

4. Сложение колебаний: Запустите генератор колебаний с установленными параметрами. Наблюдайте, как происходит сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
5. Фигуры Лиссажу: В программе должна быть возможность отображения фигур Лиссажу. Включите эту функцию и наблюдайте, как меняется форма фигур в зависимости от параметров колебаний.
6. Исследование зависимостей: Изменяйте амплитуду, частоту и начальную фазу одного из колебаний и наблюдайте, как это влияет на фигуры Лиссажу. Запишите полученные результаты и сделайте выводы.
7. Анализ результатов: Проанализируйте полученные данные и сравните их с ожидаемыми теоретическими зависимостями. Обсудите, какие закономерности удалось выявить.
8. Составление отчета: Напишите отчет о выполненной работе, включая в него введение, описание эксперимента, полученные результаты и выводы. Укажите оборудование и программное обеспечение, использованные в лаборатории.
9. Завершение работы: Сохраните отчет и завершите лабораторную работу.

Эта методика поможет вам изучить явление сложения взаимноперпендикулярных колебаний и фигуры Лиссажу, а также ознакомиться с работой симуляционного программного обеспечения для физических экспериментов.

Практическая работа №6

по теме: Определение длины звуковой волны методом акустического резонанса

На карточках IV серии имеются два рисунка. На левом рисунке (рис. 7) показано отражение от вогнутой сферической поверхности звуковой волны определенной частоты, испускаемой звучащим динамиком. При интерференции бегущей и отраженной волн возникают стоячие волны. На рисунках положения узлов этих стоячих волн отмечены дугами. Деления и оцифровка дают возможность учащимся определять длину волны. Указание среды и скорости распространения звука в ней позволят вычислить частоту звукового излучателя.

На втором рисунке, правом, показаны два динамика, излучающие звуки найденной частоты. По расположению динамиков и виду картины интерференции звука, полученной на некотором расстоянии от них (внизу рисунка), можно определить удаленность динамиков от выбранной точки пространства, где наблюдается интерференция.

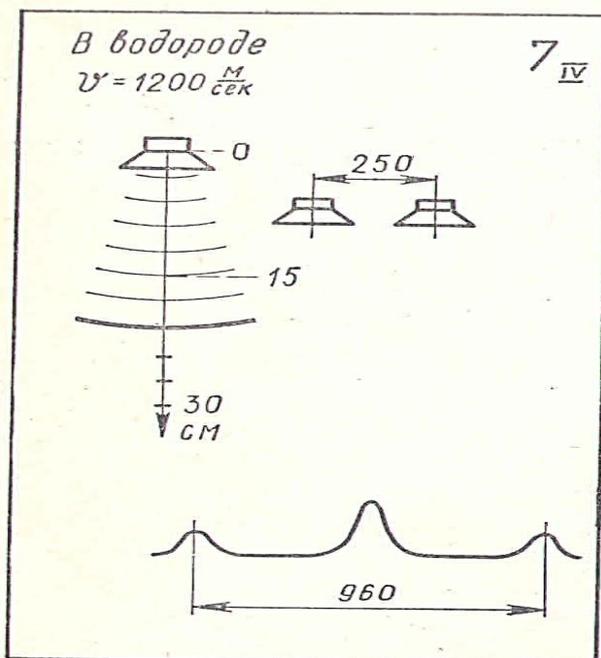


Рис. 7. Образец карточки IV серии (№ 7).

Покажем решение на примере карточки 7

1. Длина волны равна двойному расстоянию между узлами

$$\lambda = 0,03 \text{ м} \cdot 2 = 0,06 \text{ м}.$$

2. Частоту излучателя звука находим по формуле

$$\nu = \frac{v}{\lambda}, \quad \nu = \frac{1200 \text{ м/сек}}{0,06 \text{ м}} = \\ = 20\,000 \text{ гц} = 20 \text{ кГц}.$$

Полезно поставить вопрос: что изменится, если данный излучатель поместить в другую среду?

После изучения скорости распространения электромагнитных волн хорошо снова использовать карточки данной серии, предложив ответить на первые 4 вопроса. Для упрощения расчетов скорость электромагнитной волны в воздухе округлить до $3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$.

1. Определите длину звуковой волны по левому рисунку карточки.

2. Вычислите частоту излучателя звука.

3. Катушку с какой индуктивностью надо поставить в колебательный контур, содержащий конденсатор электроемкостью в $0,001 \text{ мкф}$, чтобы получить излучатель электромагнитных волн с частотой в 1000 раз больше найденной звуковой? (Считать $\pi^2 = 10$.)

4. Какой длины электромагнитные волны возникнут в воздухе при этой частоте?

5. На каком расстоянии от двух когерентных излучателей звука получится картина интерференции, соответствующая правому рисунку карточки? (Размеры между источниками звука и между первыми максимумами указаны в миллиметрах. Скорость звука в воздухе считать равной 330 м/сек .)

3. Индуктивность катушки рассчитываем по формуле Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad L = \frac{1}{4\pi^2\nu^2C},$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 (2 \cdot 10^7 \text{ гц})^2 \cdot 10^{-9} \text{ ф}} = \\ = 63 \cdot 10^{-9} \text{ гн} = 0,063 \text{ мкГн}.$$

4. Длина электромагнитной волны будет равна

Для той же карточки решение пятого вопроса будет таким.
 $\lambda_{\text{ра}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}}{20000 \text{ гц}} = 15 \text{ м}.$

а) длина волны в среде со скоростью 330 м/сек

$$\lambda = \frac{v}{\nu}, \quad \lambda = \frac{330 \text{ м/сек}}{20000 \text{ гц}} = 0,0165 \text{ м} \approx 1,7 \text{ см};$$

б) расстояние от динамиков до картины интерференции

$$D = \frac{hd}{\lambda_1}, \quad D = \frac{0,48 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м}}{0,0165 \text{ м}} \approx 7,3 \text{ м},$$

где d — расстояние между осями динамиков; h — расстояние от нулевого до первого максимума; λ — длина звуковой волны; D — расстояние от динамиков до указанной картины интерференции.

Практическая работа №7

по теме: Составление уравнений гармонических колебаний по графикам гармонических колебаний.

Цель: Исследовать график колебаний и рассчитать все параметры.

Ход работы

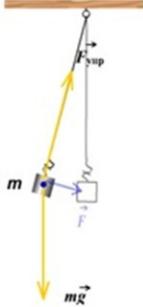
1. Теоретическая часть

Механические колебания

$$T = \frac{t}{n} - \text{период} \quad \nu = \frac{n}{t} - \text{частота} \quad T = \frac{1}{\nu} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

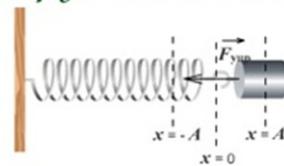
$$\omega = 2\pi\nu - \text{циклическая частота}$$

Математический маятник Пружинный маятник



$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = mgh_{\max}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$



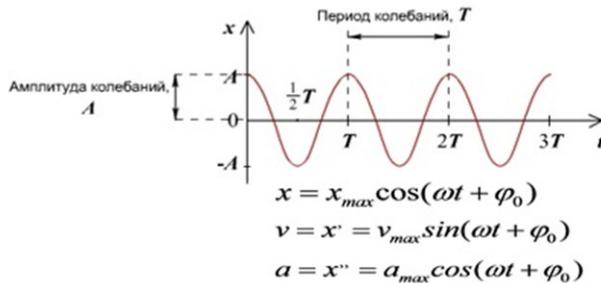
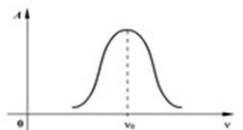
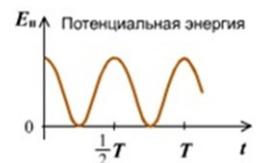
$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$ma = kx$$

Резонанс

$$\omega = \omega_0$$



$$x = x_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = x' = v_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a = x'' = a_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0), \quad v_x = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi_0), \quad a_x = -A \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v_m = A \cdot \omega$$

$$a_m = A \cdot \omega^2$$

← максимальная скорость

← максимальное ускорение

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_x = -\omega^2 \cdot x$$

← период колебаний (время одного полного колебания)

2. Практическая часть

Выполните предложенные задания.

1. Амплитуда колебаний маятника: $X_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм = $\underline{\hspace{2cm}}$ м.

2. Период колебания маятника: $T = \underline{\hspace{2cm}}$ с.

3. Частота колебаний: $\nu = 1/T$, $\nu = \underline{\hspace{2cm}}$ = $\underline{\hspace{2cm}}$ Гц.

4. Циклическая частота: $\omega = 2\pi\nu = \underline{\hspace{2cm}}$ = $\underline{\hspace{2cm}}$ рад/с.

5. Уравнение координаты: $x = \underline{\hspace{2cm}}$

6. Смещение при фазе $5\pi/3$: $x(5\pi/3) = X_{\max} \cos 5\pi/3 = \underline{\hspace{2cm}}$

по графику: $x(5\pi/3) = \underline{\hspace{2cm}}$

7. Длину маятника определяем из формулы Периода колебаний математического маятника: Выразите l из формулы: $l = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$ м

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

8. Определите амплитуду скорости v_{MAX} по формуле $v_{\text{MAX}} = X_{\text{MAX}} \omega = \underline{\hspace{2cm}}$ м/с;
 9. Определите амплитуду ускорения a_{MAX} по формуле $a_{\text{MAX}} = X_{\text{MAX}} \omega^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ м/с²;
 10. Постройте график скорости и ускорения в соответствии с графиком координаты (см. Приложение А);
 9. Постройте график полной энергии системы

ПРИЛОЖЕНИЕ

Домашнее задание. Подготовка к практической работе

Что такое гармонические колебания?

Гармонические колебания – это периодические изменения физической величины в зависимости от времени, происходящие по закону синуса или косинуса. Графиком гармонического колебания является синусоида или косинусоида, по которой можно определить все характеристики колебательного движения: амплитуду, период, частоту, начальную фазу.

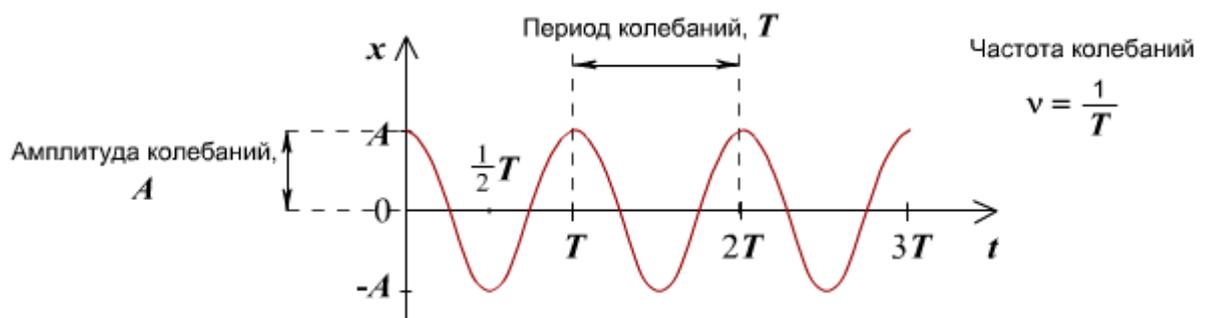


График зависимости смещения от времени

Гармонические колебания играют важную роль в физике, электротехнике. Наша задача – построить графики гармонических колебаний, применив при этом все известные правила преобразований графиков без помощи трудоёмких вычислений и научиться описывать по ним колебательный процесс.

Гармонические колебания подчиняются следующему закону:

$$f(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \text{ или } f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi), \text{ где}$$

A - амплитуда, ω - циклическая (круговая) частота,

Период гармонических колебаний T можно определить по графику.

Для построения графиков гармонических колебаний необходимо иметь чёткое представление о правилах построения графиков функций и их преобразованиях.

Характеристики колебательного движения.

Смещение x – отклонение колеблющейся точки от положения равновесия. Единица измерения – 1 метр.

Амплитуда колебаний A – максимальное отклонение колеблющейся точки от положения равновесия. Единица измерения – 1 метр.

Период колебаний T – минимальный интервал времени, за который происходит одно полное колебание, называется.

Единица измерения – 1 секунда.

$T = t/N$, где t - время колебаний, N - количество колебаний, совершенных за это время.



По графику гармонических колебаний можно определить период и амплитуду колебаний
Частота колебаний ν – физическая величина, равная числу колебаний за единицу времени.

$$\nu = N/t$$

Частота – величина, обратная периоду колебаний:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Частота колебаний ν показывает, сколько колебаний совершается за 1 с. Единица частоты – **герц (Гц)**.

Циклическая частота ω – число колебаний за 2π секунды.

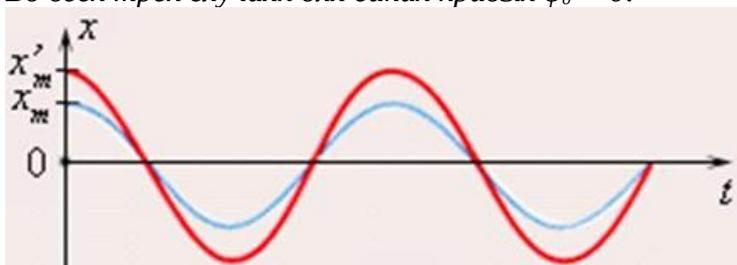
Частота колебаний ν связана с **циклической частотой ω** и периодом колебаний T соотношениями:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

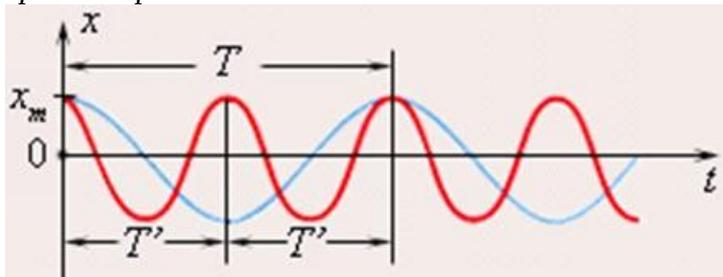
Фаза гармонического процесса – величина, стоящая под знаком синуса или косинуса в уравнении

гармонических колебаний $\varphi = \omega t + \varphi_0$. При $t = 0$ $\varphi = \varphi_0$, поэтому φ_0 называют **начальной фазой**.

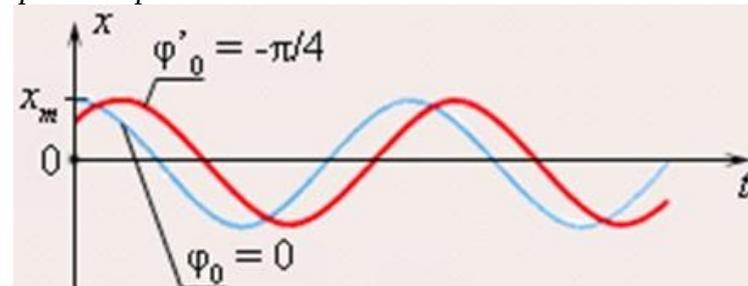
График гармонических колебаний представляет собой синусоиду или косинусоиду. Во всех трех случаях для синих кривых $\varphi_0 = 0$:



красная кривая отличается от синей **только** большей **амплитудой** ($x'_m > x_m$);



красная кривая отличается от синей **только** значением **периода** ($T' = T/2$);



красная кривая отличается от синей **только** значением **начальной фазы** (рад).

При колебательном движении тела вдоль прямой линии (ось Ox) вектор скорости направлен всегда вдоль этой прямой.

Скорость движения тела определяется выражением

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}; (\Delta t \rightarrow 0).$$

В математике процедура нахождения предела отношения $\Delta x/\Delta t$ при $\Delta t \rightarrow 0$ называется вычислением производной

функции $x(t)$ по времени t и обозначается как $x'(t)$.

Скорость равна производной функции $x(t)$ по времени t .

Для гармонического закона движения $x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ вычисление производной приводит к следующему результату:

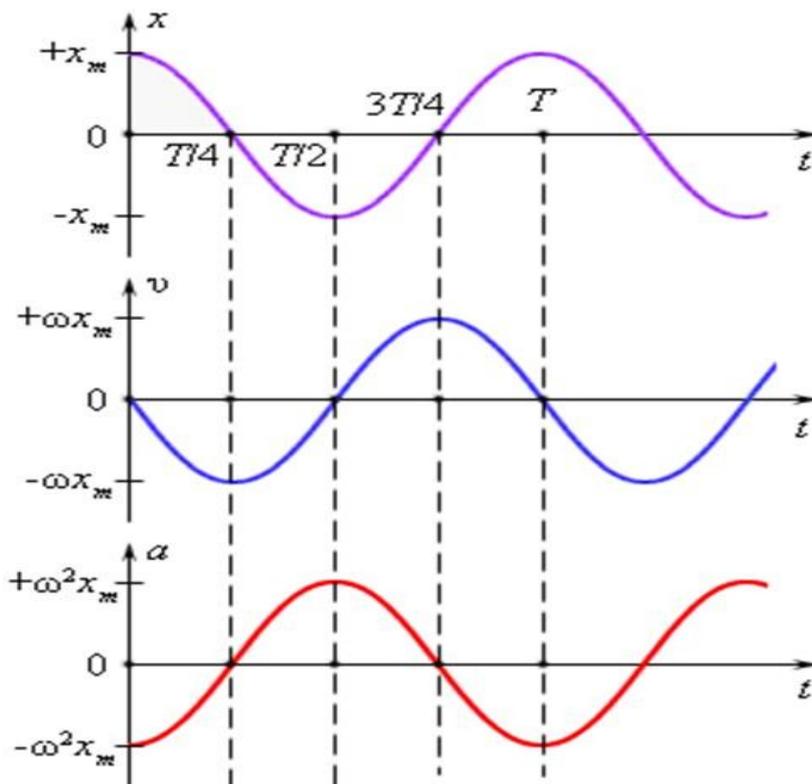
$$v_x = x'(t) = \omega x_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Аналогичным образом определяется ускорение a_x тела при гармонических колебаниях.

Ускорение a равно производной функции $v(t)$ по времени t , или второй производной функции $x(t)$.

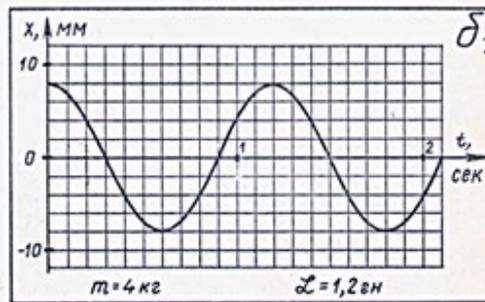
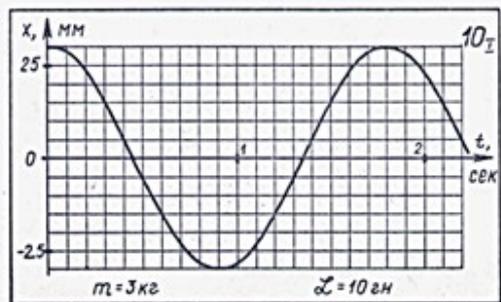
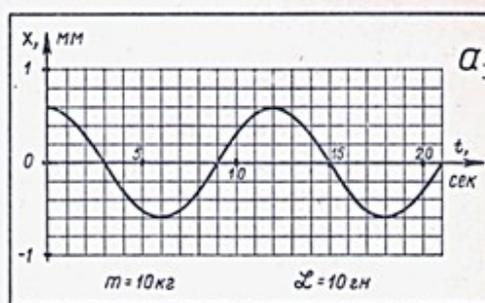
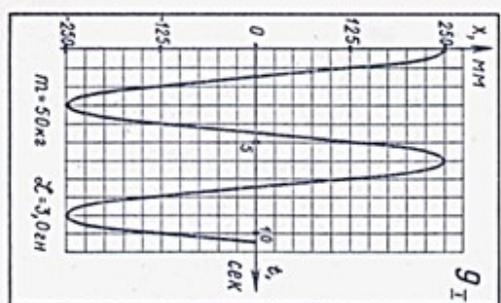
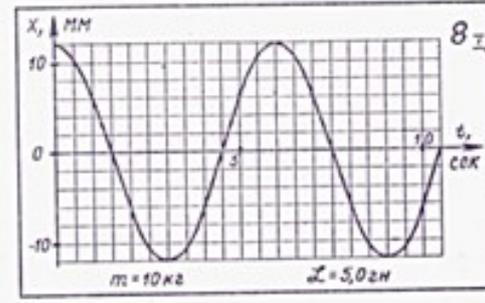
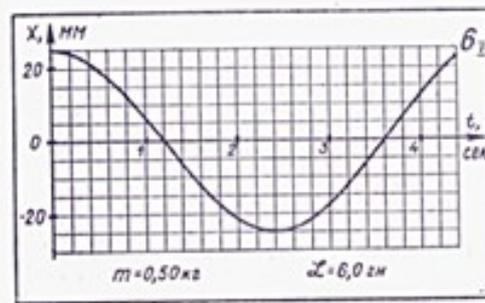
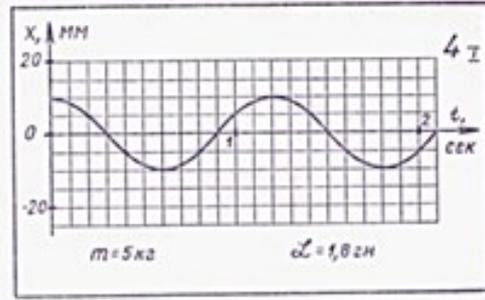
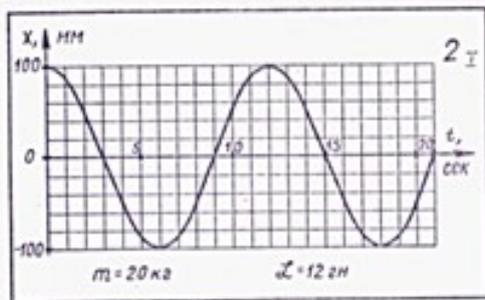
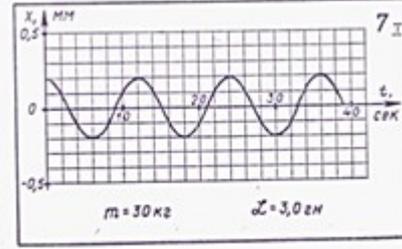
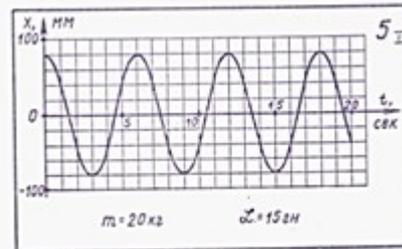
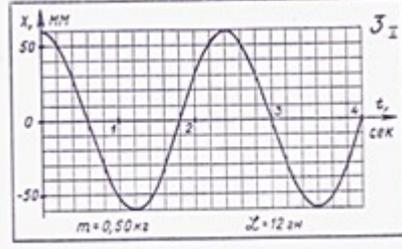
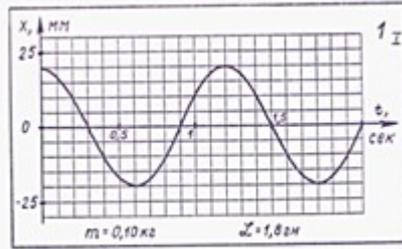
$$\text{Вычисления дают: } a_x = v_x'(t) = x''(t) = -\omega^2 x_m \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x(t)$$

Знак минус в этом выражении означает, что ускорение $a(t)$ всегда имеет знак, противоположный знаку смещения $x(t)$, и, следовательно, по второму закону Ньютона сила, заставляющая тело совершать гармонические колебания, направлена против смещения. Всегда в сторону положения равновесия ($x = 0$). На рисунке приведены графики координаты, скорости и ускорения тела, совершающего гармонические колебания.



Графики координаты $x(t)$, скорости $v(t)$ и ускорения $a(t)$ тела, совершающего гармонические колебания.

Раздаточный материал



Практическая работа №8.

по теме: Определение показателя преломления с помощью лазерного излучения

Цель работы: определить показатель преломления стекла и воды с помощью лазерного дальномера

Приборы и материалы: лазерный дальномер, прямоугольная стеклянная призма, кювета с прозрачными стенками, стакан с водой, штангель-циркуль, линейка, светоотражающий экран, транспортир.

Ход работы:

Часть 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

1. Внимательно изучите инструкцию пользования лазерным дальномером.
2. Установите на столе лазерный дальномер и экран.
3. В качестве исходной кромки для измерения выберите переднюю кромку инструмента. Измерьте расстояние .
4. Не перемещая экран и дальномер, установите на пути луча стеклянную призму и снова снимите показания.

Указание: следите за тем, чтобы луч проходил через препятствие, а не отражался от границ раздела сред. Регулируйте небольшим поворотом ($1-2^\circ$) исследуемого образца

5. Определите время распространения сигнала в обоих случаях по формуле , где c – скорость света в воздухе.
6. Определите задержку сигнала при прохождении оптически более плотной среды.
7. Вычислите показатель преломления n по формуле ,

где d – протяженность препятствия.

8. Сделайте вывод.
9. Подготовьте и оформите отчет о проделанной работе.

Дополнительное задание*: Решите задачу из сборника видеозадач «Физические эксперименты» «Смещение полос», выполните необходимые измерения и сравните полученные значения показателя преломления для стекла.

Часть 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОДЫ

1. Внимательно изучите инструкцию пользования лазерным дальномером.
2. В качестве исходной кромки для измерения выберите переднюю кромку инструмента.
3. Установив на пути распространения луча от лазерного дальномера, пустую кювету и экран, измерьте расстояние
4. Не перемещая приборы, налейте в кювету воды и снова снимите показания
5. Определите время распространения сигнала в обоих случаях по формуле , где c – скорость света в воздухе.
6. Определите задержку сигнала при прохождении оптически более плотной среды
7. Вычислите показатель преломления n по формуле:

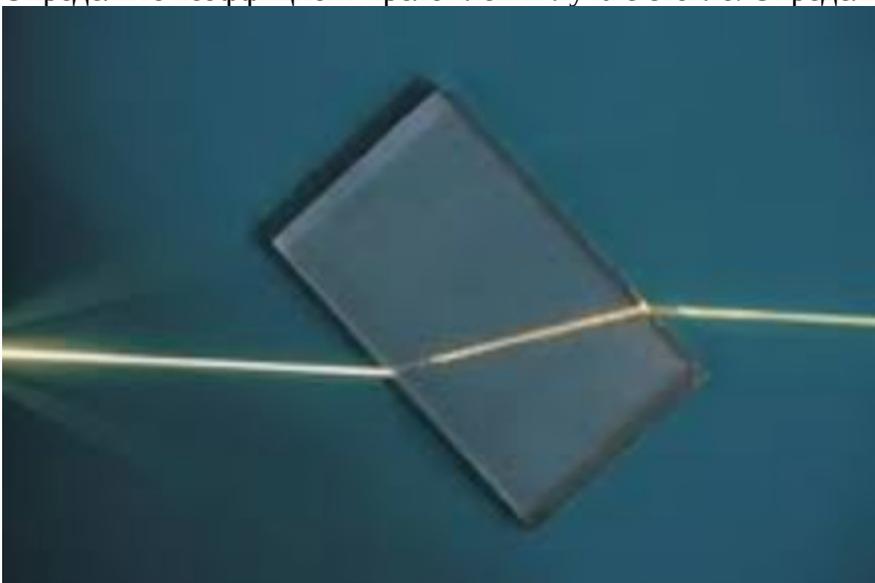
, где d – протяженность препятствия

8. Сделайте вывод.
9. Подготовьте и оформите отчет о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Законы геометрической оптики
 2. Показатель преломления вещества
 3. Скорость распространения света
 4. Выведите формулу
- Метод определения погрешности измерения

Приложение. По рисунку постройте угол падения и угол преломления луча лазера. Определите коэффициент преломления луча с стекла. Определите скорость света в стекле.



Практическая работа №9

по теме: Свойства р-п перехода. Принципы работы полупроводниковых устройств (диодов, транзисторов). Вольтамперные характеристики полупроводникового диода. Построение ВАХ полупроводникового диода.

Цель: исследование вольтамперной характеристики (ВАХ) полупроводникового диода, исследование сопротивления диода при прямом и обратном смещении по вольтамперной характеристике

Ход работы.

1. Теоретическая часть.

2. Теория.

3. **Полупроводники** — материалы, которые по своей проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками и отличаются от проводников сильной зависимостью проводимости от концентрации примесей, температуры и различных видов излучения.
4. Различают два типа примесей: **донорная** и **акцепторная**. Примеси, легко отдающие электроны, увеличивающие количество свободных электронов, называют **донорными**. Полупроводники, содержащие донорные примеси, называются полупроводниками **n-типа** (от слова *negative* – отрицательный). Примеси, легко принимающие электроны, увеличивающие количество дырок, называют акцепторными. Полупроводники, содержащие акцепторные примеси, называются полупроводниками **p-типа** (от слова *positive* – положительный). Наибольший интерес представляет контакт полупроводников p и n-типа, называемый **p-n переходом**.
5. Полупроводниковый диод представляет собой двухэлектродный прибор на основе p-n перехода в кристалле полупроводника (рис.1) и предназначен для преобразования переменного тока в пульсирующий ток одной полярности.

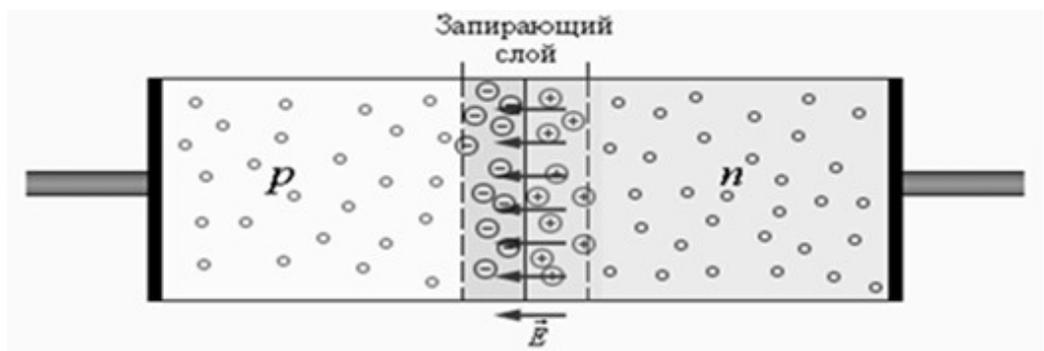


Рисунок 1.

Если к диоду приложить напряжение в прямом направлении, когда положительный полюс источника энергии соединен с p-областью (анодом), а отрицательный – с n-областью (катодом), то потенциальный барьер p-n-перехода понижается и через диод протекает большой прямой ток даже при невысоком

Задание 2. В электрической схеме поменяйте резистор на диод. Рис.5

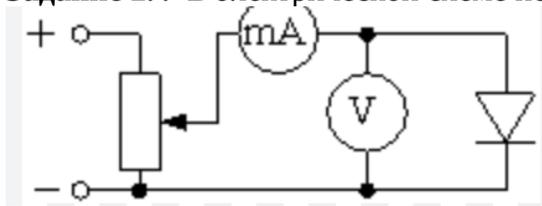


рис.5

4. Повторите опыт и заполните таблицу по готовой вольт-амперной характеристике.

Рис.6

U, В												
I, А												

вольтамперная характеристика диода

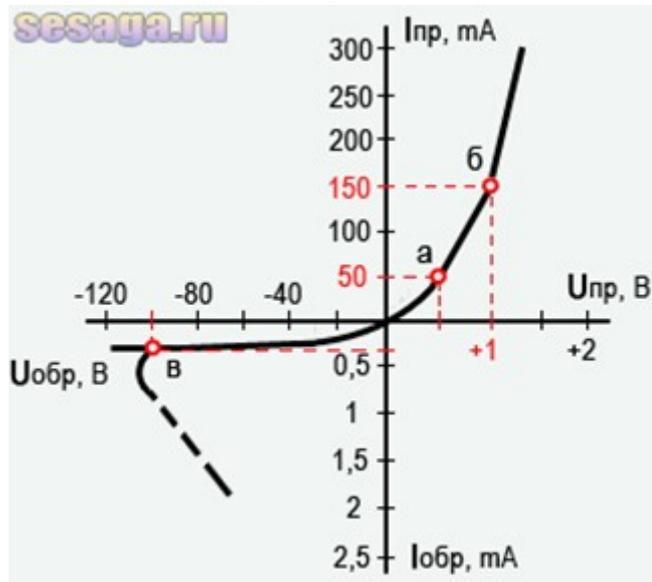


рис.6

ОБРАТИ ВНИМАНИЕ!

Прямая ветвь идет круто вверх, прижимаясь к **вертикальной** оси, и характеризует быстрый рост прямого тока через диод с увеличением прямого напряжения.

Обратная ветвь идет почти параллельно **горизонтальной** оси и характеризует медленный рост обратного тока. Чем круче к вертикальной оси прямая ветвь и чем ближе к горизонтальной обратная ветвь, тем лучше выпрямительные свойства диода. **Наличие небольшого обратного тока является недостатком диодов.** Из кривой вольт-амперной характеристики видно, что прямой ток диода (**$I_{пр}$**) в сотни раз больше обратного тока (**$I_{обр}$**).

При увеличении прямого напряжения через **p-n** переход ток вначале возрастает медленно, а затем начинается участок быстрого нарастания тока. Это объясняется тем, что **германиевый** диод открывается и начинает проводить ток при прямом напряжении 0,1 – 0,2В, а **кремниевый** при 0,5 – 0,6В.

Например. При прямом напряжении **$U_{пр} = 0,5В$** прямой ток **$I_{пр}$** равен 50мА (точка «а» на графике), а уже при напряжении **$U_{пр} = 1В$** ток возрастает до 150мА (точка «б» на графике).

Но такое увеличение тока приводит к нагреванию молекулы полупроводника. И если количество выделяемого тепла будет больше отводимого от кристалла естественным путем, либо с помощью специальных устройств охлаждения (**радиаторы**), то в молекуле проводника могут произойти необратимые изменения вплоть до разрушения кристаллической решетки. Поэтому прямой ток **p-n** перехода ограничивают на уровне, исключающем перегрев полупроводниковой структуры. Для этого используют ограничительный резистор, включенный последовательно с диодом.

У полупроводниковых диодов величина прямого напряжения **$U_{пр}$** при всех значениях рабочих токов не превышает:
для **германиевых** — 1В;
для **кремниевых** — 1,5В.

Основные параметры полупроводникового диода:

- средний прямой ток $I_{пр.ср}$;
- импульсный прямой ток $I_{пр.и}$;
- максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр.макс}$.

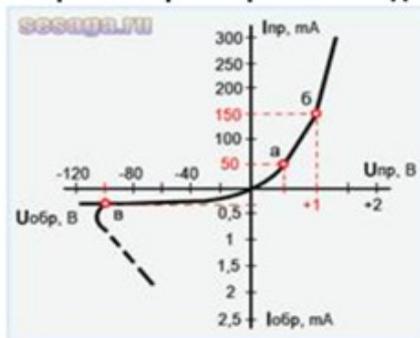
Средний прямой ток – это максимально допустимая величина среднего (за период) значения прямого тока, длительно протекающего через диод. $I_{пр.ср}$ существенно зависит от температуры и понижается с её ростом.

Импульсный прямой ток – это максимально допустимая амплитуда импульса прямого тока. В обязательном порядке учитывается при работе диода на активно-ёмкостную нагрузку.

Максимально допустимое обратное напряжение – это амплитудное значение обратного напряжения на диоде, при превышении которого может наступить электрический пробой.

Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода

Зависимость тока, проходящего через р-п переход, от величины и полярности приложенного к нему напряжения изображают в виде кривой, называемой **вольт-амперной характеристикой диода** (см.график).



Вольт-амперная характеристика состоит как бы из двух ветвей: прямая ветвь, в правой верхней части, соответствует прямому (пропускному) току через диод, и обратная ветвь, в левой нижней части, соответствующая обратному (закрытому) току через диод.

Прямая ветвь идет круто вверх, прижимаясь к вертикальной оси, и характеризует быстрый рост прямого тока через диод с увеличением прямого напряжения.

Обратная ветвь идет почти параллельно

горизонтальной оси и характеризует медленный рост обратного тока. Чем круче к вертикальной оси прямая ветвь и чем ближе к горизонтальной обратная ветвь, тем лучше выпрямительные свойства диода.

Наличие небольшого обратного тока является недостатком диодов. Из кривой вольт-амперной характеристики видно, что прямой ток диода ($I_{пр}$) в сотни раз больше обратного тока ($I_{обр}$).

При увеличении прямого напряжения через р-п переход ток вначале возрастает медленно, а затем начинается участок быстрого нарастания тока. Это объясняется тем, что германиевый диод открывается и начинает проводить ток при прямом напряжении 0,1 – 0,2В, а кремниевый при 0,5 – 0,6В.

Например. При прямом напряжении $U_{пр} = 0,5В$ прямой ток $I_{пр} = 50mA$ (точка «а» на графике), а уже при напряжении $U_{пр} = 1В$ ток возрастает до 150mA (точка «б» на графике).

Но такое увеличение тока приводит к нагреванию молекулы полупроводника. И если количество выделяемого тепла будет больше отводимого от кристалла естественным путем, либо с помощью специальных устройств охлаждения (радиаторы), то в молекуле проводника могут произойти необратимые изменения вплоть до разрушения кристаллической решетки. Поэтому прямой ток р-п перехода ограничивают на уровне, исключающем перегрев полупроводниковой структуры. Для этого используют ограничительный резистор, включенный последовательно с диодом.

У полупроводниковых диодов величина прямого напряжения $U_{пр}$ при всех значениях рабочих токов не превышает:
 для **германиевых** — 1В;
 для **кремниевых** — 1,5В.

При увеличении обратного напряжения ($U_{обр}$), приложенного к р-п переходу, ток увеличивается незначительно, о чем говорит обратная ветвь вольтамперной характеристики.

Например. Возьмем диод с параметрами: $U_{обр\ max} = 100В$, $I_{обр\ max} = 0,5\ mA$,
 где: $U_{обр\ max}$ – максимальное постоянное обратное напряжение, В; $I_{обр\ max}$ – максимальный обратный ток, мА.

При постепенном увеличении обратного напряжения до значения 100В видно, как незначительно растет обратный ток (точка «в» на графике). Но при дальнейшем увеличении напряжения, свыше максимального, на которое рассчитан р-п переход диода, происходит резкое увеличение обратного тока (пунктирная линия), нагрев кристалла полупроводника и, как следствие, наступает пробой р-п перехода (нарушение нормального режима односторонней проводимости).

Статическое и динамическое сопротивление

По ВАХ можно определить сопротивление р-п перехода при прямом и обратном смещении. Различают статическое и динамическое сопротивление.

Статическое сопротивление определяется по закону Ома для абсолютных значений напряжения и тока

прямое	обратное
$R_{пр} = \frac{U_{пр}}{I_{пр}}$	$R_{обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}}$