

ЧАСТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СТАВРОПОЛЬСКИЙ МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к практическим занятиям  
по общеобразовательной учебной дисциплине  
«Физика»  
для обучающихся по специальности  
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Ставрополь, 2022

*сведения о сертификате ЭЦ*

Владелец: Кандаурова Наталья  
Владимировна, директор  
Сертификат:  
0298d2a100a6b37d85433743564d5a7918  
Действителен: с 01.12.2025 12:39:11 по  
01.03.2027 12:49:11

Методические указания составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования и программой дисциплины «Физика» на основе примерной программы общеобразовательной учебной дисциплины «Физика» для профессиональных образовательных организаций, одобренной Научно-методическим советом Центра профессионального образования ФГАУ «ФИРО» и рекомендованной для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего при подготовке квалифицированных рабочих, служащих и специалистов среднего звена.

Составитель: Симоновский А. Я.

Рассмотрено на заседании методического объединения общеобразовательного цикла. Протокол № 5 от «25» мая 2022 г.

Рекомендовано Методическим советом СмК. Протокол № 6 от «26» мая 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Практическое занятие 1. Кинематика материальной точки. Часть 1	8
Практическое занятие 2. Кинематика материальной точки. Часть 2	8
Практическое занятие 3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ»	8
Практическое занятие 4. Законы механики Ньютона	8
Практическое занятие 5. Силы в механике. Часть 1	8
Практическое занятие 6. Силы в механике. Часть 2	10
Практическое занятие 7 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ЗАКОНЫ НЬЮТОНА. СИЛЫ В ПРИРОДЕ»	10
Практическое занятие 8. Закон сохранения. Часть 1	10
Практическое занятие 9. Закон сохранения. Часть 2	11
Практическое занятие 10. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ»	13
Практическое занятие 11. Равновесие абсолютно твердых тел	13
Практическое занятие 12. Основы молекулярно-кинетической теории. Часть 1	13
Практическое занятие 13. Основы молекулярно-кинетической теории. Часть 2	15
Практическое занятие 14. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ»	16
Практическое занятие 15 Молекулярно-кинетическая теория идеального газа Уравнение состояния идеального газа	16
Практическое занятие 16. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа Уравнение состояния идеального газа	17
Практическое занятие 17. Основы термодинамики. Часть 1	17
Практическое занятие 18. Основы термодинамики. Часть 2	18
Практическое занятие 19. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. ТВЕРДЫЕ ТЕЛА»	19
Практическое занятие 20. Изопроцессы	19
Практическое занятие 21. Изопроцессы	21
Практическое занятие 22. Электростатика. Часть 1	24
Практическое занятие 23. Электростатика. Часть 2	25
Практическое занятие 24.РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»	26
Практическое занятие 25. Законы постоянного тока. Часть 1	28
Практическое занятие 26. Законы постоянного тока. Часть 2	29
Практическое занятие 27. Законы постоянного тока. Часть 3	30
Практическое занятие 28. Электрический ток в различных средах	33
Практическое занятие 29. Электрический ток в различных средах	33
Практическое занятие 30. Цепи переменного тока	37
Практическое занятие 31. Магнитное поле. Электромагнитная индукция	45
Практическое занятие 32. Электромагнитная индукция	46
Практическое занятие 33. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»	47
Практическое занятие 34. Механические колебания. Электромагнитные колебания	49
Практическое занятие 35. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ»	52
Практическое занятие 36. Механические волны	54

Практическое занятие 37. Электромагнитные волны	56
Практическое занятие 38. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ»	58
Практическое занятие 39. Световые волны. Часть 1	60
Практическое занятие 40. Световые волны. Часть 2	61
Практическое занятие 41. Элементы теории относительности	63
Практическое занятие 42. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ»	71
Практическое занятие 43. Источники света и спектральные приборы	73
Практическое занятие 44. Атомная физика. Физика атомного ядра	76
Практическое занятие 45. Законы радиоактивного распада	77
Практическое занятие 46. Радиоактивные превращения	78
Практическое занятие 47. Энергия ядерных реакций	79
Практическое занятие 48. Ядерная энергетика	81
Практическое занятие 49. Элементарные частицы	84
Практическое занятие 50. Общая физическая картина	87
Список рекомендуемой литературы	93

## ВВЕДЕНИЕ

Физика как наука о наиболее общих законах природы, вносит существенный вклад в систему знаний об окружающем мире. Она раскрывает роль науки в экономическом и культурном развитии общества, способствует формированию современного научного мировоззрения. Для решения задач формирования основ научного мировоззрения, развития интеллектуальных способностей и познавательных интересов студентов в процессе изучения физики основное внимание следует уделять не передаче суммы готовых знаний, а знакомству с методами научного познания окружающего мира, постановке проблем, требующих от учащихся самостоятельной деятельности по их разрешению.

Результаты освоения учебной дисциплины:

### *личностные:*

- чувство гордости и уважения к истории и достижениям отечественной физической науки; физически грамотное поведение в профессиональной деятельности и быту при обращении с приборами и устройствами;

– готовность к продолжению образования и повышения квалификации в избранной профессиональной деятельности и объективное осознание роли физических компетенций в этом;

– умение использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;

– умение самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя для этого доступные источники информации;

– умение выстраивать конструктивные взаимоотношения в команде по решению общих задач;

– умение управлять своей познавательной деятельностью, проводить самооценку уровня собственного интеллектуального развития.

### *предметные:*

- использование различных видов познавательной деятельности для решения

физических задач, применение основных методов познания (наблюдения, описания, измерения, эксперимента) для изучения различных сторон окружающей действительности;

– использование основных интеллектуальных операций: постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, поиска аналогов, формулирования выводов для изучения различных сторон физических объектов, явлений и процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере;

– умение генерировать идеи и определять средства, необходимые для их реализации;

– умение использовать различные источники для получения физической информации, оценивать ее достоверность;

– умение анализировать и представлять информацию в различных видах;

– умение публично представлять результаты собственного исследования, вести дискуссии, доступно и гармонично сочетая содержание и формы представляемой информации

***метапредметные:***

- сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений, роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

– владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное использование физической терминологии и символики;

– владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;

– умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать

ВЫВОДЫ;

- сформированность умения решать физические задачи;
- сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе, профессиональной сфере и для принятия практических решений в повседневной жизни;
- сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников

#### ПЛАНИРУЕМЫЕ ЛИЧНОСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ЛР.16 Способный искать и находить необходимую информацию используя разнообразные технологии ее поиска, для решения возникающих в процессе производственной деятельности проблем при строительстве и эксплуатации объектов капитального строительства;

*Практическое занятие 1,2.*  
Кинематика материальной точки. Часть 1,2  
*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §1-16 (стр.11-55)

*2. Вопросы к практическому занятию*

1. Что называется телом отсчёта?
2. Что составляет систему отсчёта?
3. Какие способы отсчёта времени вам известны?
4. Какими способами можно задать положение точки?
5. Как задают положение точки в пространстве с помощью координат?
6. Что называется радиус-вектором?
  
7. Что называется проекцией вектора на ось?
8. Чему равна проекция вектора на ось, если вектор направлен так же, как и ось проекции?
9. Чему равна проекция вектора на ось, если вектор направлен противоположно оси проекции?
10. Чему равна проекция вектора на перпендикулярную к нему ось?

*3. Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А4 (стр.17); № А1-А4 (стр.19); №№ А1-А3 (стр.23); № 1-4 (стр.25), № А1-А4 (стр.33); № А1-А4 (стр.41), № 1-4 (стр.30); №№ 1-2 (стр.48)

*Практическое занятие 3.*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ»

*1. Теоретическая часть.*

*Прямолинейное равномерное движение:*

$S = v \cdot t$  - перемещение

$x = x_0 + v_x \cdot t$  - уравнение прямолинейного равномерного движения

*Прямолинейное равноускоренное движение:*

$a = \frac{v - v_0}{t}$  - формула для вычисления ускорения

$v = v_0 + a \cdot t$  - формула для вычисления скорости

$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$  - уравнение прямолинейного равноускоренного движения

*Равномерное движение точки по окружности:*

$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$ ;  $a = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R}{T^2}$ ;  $a_{ц} = 4 \cdot \pi^2 \cdot v^2 \cdot R$  - формулы для вычисления центростремительного ускорения

$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$ ;  $v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \nu$  - формулы для вычисления скорости

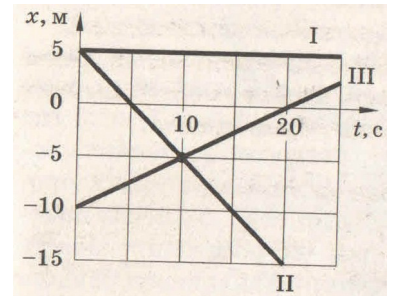
$T = \frac{t}{N}$  - период обращения

$$v = \frac{N}{t} - \text{частота обращения}$$

### 2. Задачи к практическому занятию

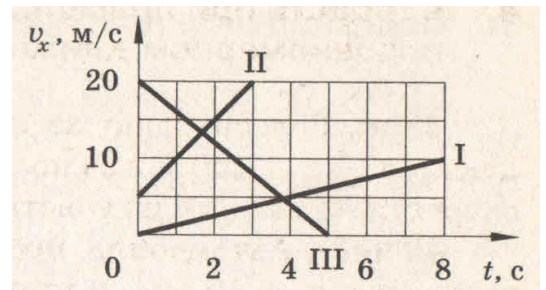
1. Катер, двигаясь равномерно, проезжает 60 м за 2 с. Рассчитайте, какой путь он проедет за 10 с, двигаясь с той же скоростью.
2. Тело движется равномерно вдоль оси ОХ. Модуль скорости тела равен 36 км/ч. Начальная координата равна 20 м. Найдите положение тела через 4 секунды. Чему равен пройденный путь?

3. Вдоль оси Х движутся две точки: первая по закону  $x_1=10+2t$ , а вторая по закону  $x_2=4+5t$ . В какой момент времени они встретятся?



4. По заданным графикам (см. рис.) найдите начальные координаты тел и проекции скорости их движения. Напишите уравнения движения тел  $x = x(t)$ . Из графиков и уравнений найдите время и место встречи тел, движения которых описываются графиками II и III.

5. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ , увеличивает свою скорость с  $36 \text{ км/ч}$  до  $54 \text{ км/ч}$ ?
6. Какова взлетная скорость самолета, если он совершает разбег в течение 25 секунд с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ ?
7. Тело движется с ускорением  $0,05 \text{ м/с}^2$ . Определите перемещение тела за 20 секунд, если его начальная скорость  $20 \text{ см/с}$ .
8. Троллейбус двигался со скоростью  $18 \text{ км/ч}$  и, затормозив, остановился через 4 с. Определите ускорение и тормозной путь троллейбуса.
9. Самолет летел со скоростью  $216 \text{ км/ч}$  и стал двигаться с ускорением  $9 \text{ м/с}$  в течение 20 секунд. Какое расстояние пролетел самолет за это время, и какой скорости он достиг?
10. Зависимость скорости от времени движущегося тела задана формулой  $v=2+0,5t$ . Постройте график зависимости скорости от времени, опишите характер движения, укажите значения соответствующих величин.



11. По заданным на рисунке графикам написать уравнения  $v_x = v_x(t)$ .
12. Шкив делает 100 оборотов за 1 минуту. Каковы частота вращения шкива и период вращения.
13. Велосипедист движется по закруглению радиусом 100 м со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . С каким ускорением он проходит закругление?

14. Каков радиус кривизны закругления дороги, если по ней автомобиль движется с центростремительным ускорением  $2 \text{ м/с}^2$  при скорости  $72 \text{ км/ч}$ .
15. Велосипедист едет по дороге со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Сколько оборотов за секунду делают колеса велосипеда, если они не скользят? Какое центростремительное ускорение точки обода колеса, если его радиус  $35 \text{ см}$ ?

16. Даны уравнения движения тел:  $x_1=4+0,5t$ ,  $x_2=8-2t$ . Найдите время и место встречи их двумя способами (графически и аналитически).
17. Зависимость координаты  $x$  тела от времени  $t$  имеет вид:  $x = 20 - 6t + 2t^2$ . Через сколько секунд после начала отчета времени  $t = 0$  с проекция вектора скорости тела на ось  $Ox$  станет равной нулю?

18. В таблице представлена зависимость модуля скорости движения автомобиля от времени.

$t, \text{с}$	0	1	2	4	6
---------------	---	---	---	---	---

$v, \text{ м/с}$	0	2	2	6	0

Определите путь, пройденный автомобилем в интервале от момента времени 0 с до момента времени 5 с.

19. Определите частоту вращения Земли.
20. Две материальные точки движутся по окружности радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , причем  $R_1 = 2R_2$ . Сравните их центростремительные ускорения в случаях: 1) равенства их скоростей; 2) равенства их периодов обращения.

*Практическое занятие 4.*  
Законы механики Ньютона.

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §18-26 (стр.64-87)

*2. Вопросы к практическому занятию*

1. При каких условиях тело движется с постоянной скоростью?
2. Дайте определение силы.
3. Какие две силы считаются в механике равными?
3. Как складываются силы, действующие на тело?
4. Чем отличаются основные единицы физических величин от производных единиц?
5. Какое утверждение содержится в первом законе Ньютона?
6. Какая система отсчёта называется инерциальной?
7. Каким образом можно установить, что данная система отсчёта является инерциальной?
8. Если за инерциальную систему отсчёта принять Землю, то какие надо выбрать на Земле тела отсчёта, чтобы системы, связанные с ними, были также инерциальными?
9. Можно ли утверждать, что первый закон Ньютона является следствием второго?
10. При каких условиях материальная точка движется равномерно и прямолинейно?
11. Какие условия необходимы для того, чтобы тело двигалось с постоянным ускорением?
12. Легкоподвижную тележку массой 3 кг толкают силой 6 Н. Чему равно ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?
13. В инерциальной системе отсчёта сила  $F$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $a$ . Как изменится ускорение тела, если массу тела и действующую на него силу увеличить в 2 раза?

*3. Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А5 (стр.73); № А1-А5 (стр.79), № 1-5; №№ А1-А2 (стр.82).

*Практическое занятие 5,6.*  
Силы в механике. Часть 1,2

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §27-37 (стр.89-118)

*2. Вопросы к практическому занятию*

1. Силы какой природы рассматриваются в механике?
2. Назовите типы взаимодействий, существующих в природе.
3. Какие результаты взаимодействия тел мы наблюдаем?
4. Что такое интенсивность взаимодействия?
5. Справедлив ли закон всемирного тяготения для тел произвольной формы?

6. Какие силы называют центральными?
7. Каков физический смысл гравитационной постоянной?
8. От чего зависит ускорение свободного падения?
9. Как доказать, что инертная масса равна гравитационной?

### 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - № А1-А5 (стр.95); № А1-А3 (стр.101); № 1-2, №№ С1-С3 (стр.99); №№ 1-3, № А1-А3 (стр.106); № А1-А3 (стр.109); № А1-А5 (стр.117), № С1-С3 (стр.104); №№ 1-4 (стр.112).

### Практическое занятие 7

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ЗАКОНЫ НЬЮТОНА. СИЛЫ В ПРИРОДЕ»

### 1. Теоретическая часть.

$F_m = m \cdot g$  - сила тяжести (это сила, с которой все тела притягиваются к Земле).

Вес тела – это сила, с которой тело, вследствие его притяжения к Земле, действует на опору или подвес (это результат взаимодействия опоры и тела).

$P = m \cdot g$  - формула для определения веса тела, если тело находится в покое на горизонтальной поверхности или равномерно движется с нею.

$P = m \cdot (g - a)$  - формула для определения веса тела, движущегося с ускорением, которое направлено как ускорение свободного падения (движение вниз).

$P = m \cdot (g + a)$  - формула для определения веса тела, движущегося с ускорением, которое направлено против ускорения свободного падения (движение вверх).

$F_{упр.} = k|x|$  - сила упругости (это сила, возникающая в результате деформации тела и направленная в сторону, противоположную перемещению частиц тела при деформации).

$F_{тр.} = \mu \cdot N$  - сила трения (сила, возникающая в месте соприкосновения тел и препятствующая их относительному перемещению).

$F = m \cdot a$  - второй закон Ньютона.

$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$  - закон всемирного тяготения.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$  - гравитационная постоянная

$g = 9,8 \frac{м}{с^2}$  - ускорение свободного падения

$F$  - сила, [Н];  $m$  - масса [кг];  $R$  - расстояние между телами, [м];  $a$  - ускорение, [м/с<sup>2</sup>]

$k$  - жесткость тела,  $\left[ \frac{Н}{м} \right]$ ;  $\mu$  - коэффициент трения, [-];  $P$  - вес тела, [Н]

### 2. Задачи к практическому занятию:

1. Определите силу гравитационного взаимодействия между телами массой 19 т и 400 кг на расстоянии 200 м.
2. Два человека тянут груз, прикладывая горизонтальные силы  $F_1=100$  Н и  $F_2=150$  Н, направленные вдоль одной прямой. Каким может быть модуль равнодействующей этих сил? Рассмотрите все возможные случаи.

3. Спиральная цилиндрическая пружина задней подвески колес автомобиля имеет длину в свободном состоянии 442 мм и под действием силы 4,4 кН должна сжиматься до 273 мм. Найдите жесткость пружины.

4. Заполните таблицу, где  $a$  ускорение, которое приобретает тело массой  $m$  под действием силы  $F$ .

$a$	?	40 км/с <sup>2</sup>	60 см/с <sup>2</sup>
$m$	20 гр.	35 гр.	?
$F$	6 кН	?	1 мН

5. Теннисный мяч массой 60 г лежит на корте. Чему равен модуль силы тяжести и к чему приложена сила тяжести?

- 1)  $\approx 0,6$  Н, приложена к земле
- 2)  $\approx 0,6$  Н, приложена к мячу
- 3)  $\approx 600$  Н, приложена к земле
- 4)  $\approx 600$  Н, приложена к мячу

6. В лифте, движущимся вниз с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , находится пассажир массой 50 кг. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на пассажира?

- 1) 0 Н   2)  $\approx 400$  Н   3)  $\approx 500$  Н   4)  $\approx 600$  Н

7. При исследовании зависимости удлинения  $x$  пружины от приложенной силы  $F$  были получены следующие данные:

$F, \text{ Н}$	1,2	1,4	1,6	1,8
$x, \text{ см}$	1,5	1,8	2,0	2,3

Из результатов исследования можно заключить, что коэффициент упругости пружины равен

- 1) 20 Н/м   2) 50 Н/м   3) 80 Н/м   4) 100 Н/м

8. Мяч массой 0,5 кг после удара, длящегося 0,02 с, приобретает скорость 10 м/с. Найдите среднюю силу удара.

9. На сколько уменьшается сила тяжести, действующая на самолет Ту-154 массой 90 т, при полете на высоте 11 км, где ускорение свободного падения  $9,77 \text{ м/с}^2$ . Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

10. Какой объем воды находится в сосуде, если на нее действует сила тяжести 150 Н?

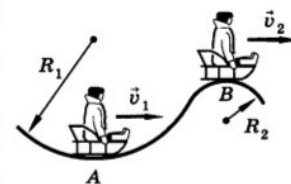
11. Масса пассажира лифта 100 кг. Лифт движется с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$  вниз. Каков вес пассажира, если ускорение свободного падения равно  $10 \text{ м/с}^2$ ?

12. Масса пассажира лифта 100 кг. Каков вес пассажира в момент, когда лифт движется вверх с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ ?

13. При движении динамометра ученик перемещал деревянный брусок массой 200 г по горизонтально расположенной доске. Каков коэффициент трения, если динамометр показывал 0,6 Н?

14. Упряжка собак при движении саней по снегу может действовать с максимальной силой 0,5 кН. Кокой массы сани с грузом может перемещать упряжка, если коэффициент трения равен 0,1?

15. Определите вес мальчика массой 40 кг в положениях А и В (см. рис.), если  $R_1=20 \text{ м}$ ,  $v_1=10 \text{ м/с}$ ,  $R_2=10 \text{ м}$ ,  $v_2=5 \text{ м/с}$ .



16. Боевая реактивная установка БМ-13 («катюша») имела длину направляющих балок 5 м, массу каждого снаряда 42,5 кг и силу реактивной тяги 19,6 кН. Найдите скорость схода снаряда с направляющей балки.

17. О ветровое стекло движущегося автомобиля ударился комар. Сравнить силы, действующие на комара и автомобиль во время удара.
18. Испытывает ли бегущий человек состояния перегрузки и невесомости?
19. Почему тело, сброшенное на Луне, будет во время полета находится в состоянии полной невесомости, а на Земле такое тело можно считать невесомым лишь приближенно?
20. Почему легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?
21. Если расстояние между телами увеличить в 3 раза, то сила их взаимного притяжения \_\_\_\_\_ в \_\_\_\_\_ раз.
22. Для того чтобы сила взаимного притяжения тел увеличилась в 4 раза, расстояние между ними надо \_\_\_\_\_ в \_\_\_\_\_ раза.

*Практическое занятие 8,9.*

Закон сохранения энергии. Часть 1,2

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §40-47 (стр.131-152)

*2. Вопросы к практическому занятию*

1. Дайте определение работы в механике.
2. Может ли совершать работу сила трения покоя?
3. Всегда ли сила трения скольжения совершает отрицательную работу?
4. В каких единицах выражается работа?
5. Как выглядит график изменения кинетической энергии материальной точки в зависимости от модуля её скорости? Начертите его.
6. Какую работу совершила сила, действующая на точку, если направление её скорости изменилось на противоположное, а модуль её остался без изменения?
7. Три тела массами  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  имеют скорости  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$ , направленные под углом друг к другу. Запишите выражение для кинетической энергии системы этих трёх тел.
8. Зависит ли кинетическая энергия материальной точки от выбора системы отсчёта?
9. Может ли кинетическая энергия иметь отрицательное значение?
10. В чём состоит сходство кинетической энергии тела с потенциальной?
11. В чём состоит различие между кинетической энергией и потенциальной?
12. Может ли потенциальная энергия быть отрицательной?

*3. Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - № А1-А5 (стр.134); №№ С1-С5 (стр.139), № 1-3 (стр.139), № А1-А5 (стр.145); № А1-А3 (стр.148), № 1-4, №№ С1-С2 (стр.154)

*Практическое занятие 10*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ»

*1. Теоретическая часть*

*Импульс тела. Закон сохранения импульса.*

$P = m \cdot v$  - формула для определения импульса тела.

$[P] = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right]$  - импульс тела;

$[m] = [\text{кг}]$  - масса тела;

$[v] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$  - скорость тела.

$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$  - закон сохранения импульса

Закон сохранения энергии.

$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$  - формула, для вычисления кинетической энергии.

$E_p = m \cdot g \cdot h$  - формула для вычисления потенциальной энергии (тело, поднятое над Землей);

$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}$  - формула для вычисления потенциальной энергии (при деформации).

$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$  - формула для определения механической работы

$N = \frac{A}{t}$  - формула для определения мощности

$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$  - теорема об изменении кинетической энергии.

$A = mgh_1 - mgh_2$  - работа силы тяжести.

$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$  - работа силы упругости.

$E_{\text{мех}} = E_k + E_p = \text{const}$ ;

$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$  - закон сохранения механической энергии

$[N] = [Вт]$  - мощность;

$[t] = [с]$  - время;

$[A] = [Дж]$  - работа;

$[F] = [Н]$  - сила;

$[S] = [м]$  - перемещение;

$[E] = [Дж]$  - энергия;

$[h] = [м]$  - высота;

$k$  - жесткость тела,  $\left[ \frac{Н}{м} \right]$ ;

$g = 9,8 \frac{м}{с^2}$  - ускорение свободного падения.

## 2. Задачи к практическому занятию:

1. Найдите импульс грузового автомобиля массой 10 т, движущегося со скоростью 36 км/ч, и легкового автомобиля массой 1 т, движущегося со скоростью 25 м/с.
2. С какой скоростью должна лететь хоккейная шайба массой 160 г, чтобы ее импульс был равен импульсу пули массой 8 г, летящей со скоростью 600 м/с?
3. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после взаимодействия, если удар неупругий?
4. С тележки, движущейся со скоростью 2 м/с, прыгивает мальчик со скоростью 1 м/с, направленной горизонтально против хода тележки. Масса мальчика равна 45 кг, а масса тележки 30 кг. С какой скоростью будет двигаться тележка сразу после того, как мальчик прыгнул с нее?
5. Скорость тела массой 100 г изменяется в соответствии с уравнением  $\varphi_x = 0,05 \cdot \sin(10\pi t)$ . Определите модуль импульса тела в момент времени 0,05 с.
6. Рассчитайте кинетическую энергию тела массой 3 кг имеющего скорость 18 км/ч.
7. С какой скоростью должен двигаться автомобиль массой 2 т, чтобы обладать такой же кинетической энергией, как снаряд массой 10 кг, движущийся со скоростью 800 м/с?
8. На какой высоте потенциальная энергия груза массой 2 т равна 10 кДж?
9. Какова потенциальная энергия ударной части свайного молота массой 300 кг, поднятого на высоту 1,5 м?
10. Что такое лошадиная сила, и каково ее отношение с ваттом?

11. Лошадь перемещает телегу, прикладывая силу в 500 Н под углом  $45^\circ$  к горизонту. Какую мощность развивает лошадь, если за каждые 2 с она проходит 6 м?
12. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину жесткостью 40 кН/м на 0,5 см?
13. Тело массой 20 кг поднимают вертикально вверх силой в 400 Н, направленной по движению. Какая работа совершается на пути в 10 м? Какую работу совершает при этом сила тяжести?
14. Тело массой 5 кг, свободно падает с высоты 7 м. Найдите потенциальную и кинетическую энергию тела на расстоянии 3 м от поверхности земли.
15. С какой скоростью бросили вертикально вверх камень, если он при этом поднялся на высоту 10 м?
16. Мяч брошен вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Определите максимальную высоту, на которую поднимается мяч.
17. Камень свободно падает вертикально вниз. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его движения вниз и если изменяются, то как? Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Влиянием сопротивления воздуха пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ:**

- А) Скорость
- Б) Ускорение
- В) Кинетическая энергия;
- Г) Потенциальная энергия.

**ИХ ИЗМЕНЕНИЯ:**

1. Не изменяется
2. Увеличивается
3. Уменьшается

18. Камень брошен вертикально вверх. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его движения вверх и если изменяются, то как? Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Влиянием сопротивления воздуха пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ:**

- А) Скорость
- Б) Ускорение
- В) Кинетическая энергия;
- Г) Потенциальная энергия.

**ИХ ИЗМЕНЕНИЯ:**

1. Не изменяется
2. Увеличивается
3. Уменьшается

*Практическое занятие 11.*

**Равновесие абсолютно твердых тел.**

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский – п. 51-52 (стр.165-170)

## 2. Вопросы к практическому занятию

1. Вспомните, что называется центром тяжести тела или системы тел.
2. Что называют моментом силы?
3. Какие условия необходимы и достаточны для равновесия твёрдого тела?

## 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А3 (стр.169), № 1-5 (стр.172)

## Практическое занятие 12,13.

### Основы молекулярно-кинетической теории. Часть 1,2

#### 1. Теоретическая часть

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §53-56 (стр.176-185)

$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$  - количество молекул (атомов) в веществе.

$v = \frac{m}{M}$  ;  $v = \frac{N}{N_A}$  - количество вещества.

$M = Mr \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$  - связь между молярной массой и относительной молекулярной массой

$m_0 = \frac{M}{N_A}$  - формула для вычисления массы молекулы.

$p = \frac{1}{3} \cdot m_0 \cdot n \cdot \bar{v}^2$  ;  $p = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot v^2$  - основное уравнение МКТ идеального газа.

## 2. Вопросы к практическому занятию

1. Какие измерения надо произвести, чтобы оценить размеры молекулы оливкового масла?
2. Если бы атом увеличился до размеров макового зёрнышка (0,1 мм), то размеров какого тела при том же увеличении достигло бы зёрнышко?
3. Перечислите известные вам доказательства существования молекул, не упомянутые в тексте.
4. Чему равна относительная молекулярная масса воды?
5. Чем определяется скорость распространения ароматических веществ в воздухе?
6. Что является причиной броуновского движения частиц?
7. Можно ли сказать, что движение броуновской частицы — это тепловое движение, аналогичное движению молекул?

## 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

1. Какое количество вещества содержится в медной отливке массой 3 кг?
2. Какова масса 300 моль серной кислоты?
3. Сколько молекул содержится в азоте массой 250 гр?
4. Найдите массу молекулы углекислого газа.
5. Какой объем занимают 100 моль кислорода?
6. Какова средняя квадратичная скорость молекул азота при температуре кипения воды?
7. Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа уменьшилась в 3 раза, а концентрация молекул осталась без изменения?
8. При постоянном давлении концентрация газа в сосуде увеличилась в 3 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул?

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № С1-С3 (стр.181); № 1-4 (стр.181), № А1-А2 (стр.184), № 4-8 (стр.181).

*Практическое занятие 14*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ»

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §57-62 (стр.188-207)

*2. Вопросы к практическому занятию*

1. Чем пренебрегают, когда реальный газ рассматривают как идеальный?
2. Газ оказывает давление на стенки сосуда. А давит ли один слой газа на другой?
3. Всегда ли равноправны средние значения проекций скорости движения молекул?
4. Чему равно среднее значение проекции скорости молекул на ось ОХ?
5. Почему молекула при соударении со стенкой действует на неё с силой, пропорциональной скорости, а давление пропорционально квадрату скорости молекулы?
6. Как средняя кинетическая энергия молекул связана с концентрацией газа и его давлением на стенки сосуда?
7. Какие величины характеризуют состояния макроскопических тел?
8. Каковы отличительные признаки состояний теплового равновесия?
9. Наблюдали ли вы примеры установления теплового равновесия тел, окружающих вас в повседневной жизни?
10. В чём преимущество использования разреженных газов для измерения температуры?
11. Как зависит интенсивность теплообмена между двумя телами от разности их температур?

*2. Задачи к практическому занятию:*

На занятии рассматриваются

1. Какое количество вещества содержится в медной отливке массой 3 кг?
2. Какова масса 300 моль серной кислоты?
3. Сколько молекул содержится в азоте массой 250 гр?
4. Найдите массу молекулы углекислого газа.
5. Какой объем занимают 100 моль кислорода?
6. Какова средняя квадратичная скорость молекул азота при температуре кипения воды?
7. Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа уменьшилась в 3 раза, а концентрация молекул осталась без изменения?

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - № А1-А4 (стр.192); №№ 1-5 (стр.198); №№ А1-А4, №№ 1-8 (стр.203); №№ А1-А4 (стр.206), № 1-4 (стр.194); №№ 1-4 (стр.208)

*Практическое занятие 15.*

Молекулярно-кинетическая теория идеального газа Уравнение состояния идеального газа

*Теоретическая часть*

Абсолютная температура связана с температурой по шкале Цельсия формулой:

$$T = t + 273^{\circ}$$

$$\Delta T = \Delta t$$

В основу определения температуры положена средняя кинетическая энергия поступательного движения частиц:  $T = \frac{2}{3k} \cdot \bar{E}_k$

$p = n \cdot k \cdot T$  - зависимость давления газа от температуры.

$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m_0}}$  - средняя квадратичная скорость движения молекул.

$\rho = \frac{m}{V}$  - формула для определения плотности вещества

Связь между средней кинетической энергией движения молекул и давлением газа:

$$p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_k$$

$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$  - уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева –

Клапейрона).

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = const - \text{уравнение Клапейрона.}$$

$P \cdot V = const$ , при  $T = const$  - изотермический процесс

$\frac{V}{T} = const$ , при  $P = const$  - изобарный процесс

$\frac{P}{T} = const$ , при  $V = const$  - изохорный процесс

$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  - постоянная Авогадро;  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$  - постоянная Больцмана.

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  - универсальная газовая постоянная.

$[n] = [\text{м}^{-3}]$  - концентрация газа (число частиц в единице объема  $n = \frac{N}{V}$ );

$[p] = [\text{Па}]$  - давление газа;  $[\bar{v}] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$  - средняя скорость движения молекул;

$[T] = [\text{К}]$  - абсолютная температура;  $[m_0] = [\text{кг}]$  - масса молекулы.

$[V] = [\text{м}^3]$  - объем, (1 литр =  $10^{-3} \text{ м}^3$ );  $[m] = [\text{кг}]$  масса;  $[M] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right]$  - молярная масса газа.

### Задачи к практическому решению

1. При постоянном давлении концентрация газа в сосуде увеличилась в 3 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул?
2. В баллоне емкостью 30 литров находится 2 кг кислорода при температуре 30 °С. Определите давление газа в баллоне.
3. Газ занимает объем 3 м<sup>3</sup> при температуре 546 °С. Какова его температура, если объем будет 2 м<sup>3</sup> и давление прежнее?
4. Определите массу водорода, находящегося в баллоне емкостью 20 литров при давлении 830 кПа, если температура газа равна 17°С.

### Практическое занятие 16

Молекулярно-кинетическая теория идеального газа Уравнение состояния идеального газа

На занятии рассматриваются практические задания

1. Воздух под поршнем насоса имел давление 10<sup>5</sup> Па и объем 200 см<sup>3</sup>. При каком давлении этот воздух займет объем 130 см<sup>3</sup>, если его температура не изменится?
2. Газ занимает объем 2 м<sup>3</sup> при температуре 273°С. Каков будет его объем при температуре 546 °С и прежнем давлении?

3. 10 г кислорода находятся под давлением 0.303 МПа при температуре 10°C. После нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10 л. Найти начальный объем и конечную температуру газа.
4. Газ находится в баллоне при температуре 288К и давлении 1.8 МПа. При какой температуре давление газа станет равным 1.55 МПа? Объем баллона считать неизменным.
5. В одном сосуде вместимостью  $V_1 = 2$  л давление газа  $p_1 = 3.3 \cdot 10^5$  Па, а в другом вместимостью  $V_2 = 6$  л давление того же газа  $p_2 = 6.6 \cdot 10^5$  Па. Какое давление  $p$  установится в сосудах, если их соединить между собой? Процесс считать изотермическим.
6. Газ находится в баллоне при температуре 250 К и давлении  $8 \cdot 10^5$  Па. Определить давление газа в баллоне при температуре 350 К?
7. Газ находится в цилиндре с подвижным поршнем и при температуре 300 К занимает объем 250 см<sup>3</sup>. Какой объем (в см<sup>3</sup>) займет газ, если температура понизится до 270 К? Давление постоянно.
8. В сосуде объемом 1,2 м<sup>3</sup> находится газ под давлением  $4 \cdot 10^5$  Па. Какой объем будет занимать этот газ при давлении  $2 \cdot 10^5$  Па? Температура газа постоянна.
9. Газ, занимающий объем 2,0 л, изобарно расширяется до 3,0 л, и температура газа становится равной 147 °С. Какой была начальная температура газа?
10. Известно первоначальное состояние газа  $T_1=300\text{К}$   $P_1=10^5\text{Па}$   $V_1=4,2 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$   
Затем газ нагрели до температуры 330К, давление при этом стало  $2 \cdot 10^5$ Па. Найти объём во втором состоянии.
11. Каково будет давление ( $P_2$ ) газа после сжатия в двигателе внутреннего сгорания, если вначале его параметры составляли  $T_1=47^\circ\text{C}$   $P_1=10^5\text{Па}$   $V_1=1.8 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$ , а после  $T_2=367^\circ\text{C}$   $V_2=0,3 \cdot 10^{-3}\text{м}^3$  ?

*Практическое занятие 17,18*  
Основы термодинамики. Часть 1,2

*1. Теоретическая часть*

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §73-83 (стр.243-274)

*1. Теоретическая часть.*

$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$ ;  $U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot T$ ;  $U = \frac{3}{2} pV$  - формулы для вычисления внутренней энергии одноатомного идеального газа.

$\Delta U = Q + A$ ;  $Q = \Delta U + A'$  - первый закон термодинамики.

<i>Название процесса</i>	<i>Постоянная величина</i>	<i>Математическая запись первого закона термодинамики</i>
Изотермический процесс	Температура ( $T = const$ )	$Q = A'$
Изобарный процесс	Давление ( $p = const$ )	$Q = \Delta U + A'$
Изохорный процесс	Объем ( $V = const$ )	$Q = \Delta U$
Адиабатный процесс	$Q = 0$	$A' = - \Delta U$

$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} \cdot 100\%$ ;  $\eta_{\max} = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\%$ ;  $\eta = \frac{A'}{Q_n} \cdot 100\%$  - формулы для вычисления КПД теплового двигателя.

$A' = p \cdot \Delta V$  - формула для вычисления работы газа.

Абсолютная температура связана с температурой по шкале Цельсия формулой:  $T = t + 273^0$   
 $\Delta T = \Delta t$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  - универсальная газовая постоянная;  $M = 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$  - молярная масса воздуха.

Обозначения:

$U$ - внутренняя энергия, [Дж];	$Q_n$ - количество теплоты, полученное от нагревателя, [Дж];
$m$ - масса, [кг];	$Q_x$ - количество теплоты, переданное холодильнику, [Дж];
$M$ - молярная масса, [кг/моль];	$\eta$ - КПД теплового двигателя, [Дж];
$V$ - количество вещества, [моль];	$T_n$ - температура нагревателя, [К];
$p$ - давление, [Па];	$T_x$ - температура холодильника, [К];
$T$ - абсолютная температура, [К];	$\Delta V$ - изменение объема, [м <sup>3</sup> ].
$Q$ - количество теплоты, [Дж];	
$\Delta U$ - изменение внутренней энергии, [Дж];	
$A'$ - работа газа, [Дж];	
$A$ - работа, совершенная над газом, [Дж];	

### 2. Вопросы к практическому занятию

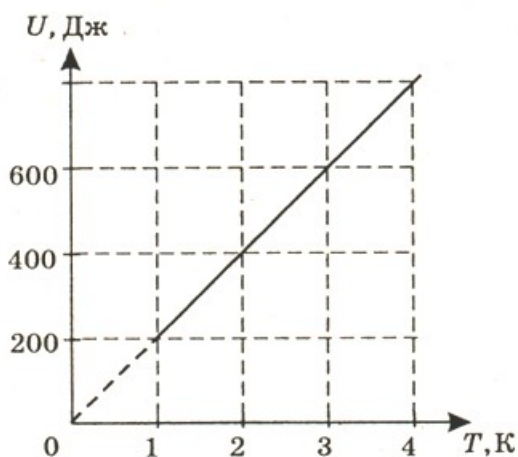
1. Приведите примеры превращения механической энергии во внутреннюю и обратно в технике и быту.
2. От каких физических величин зависит внутренняя энергия тела?
3. Чему равна внутренняя энергия идеального одноатомного газа?
4. Почему газы при сжатии нагреваются?
5. Что называют количеством теплоты?
6. От чего зависит удельная теплоёмкость вещества?
7. Что называют удельной теплотой парообразования?
8. Что называют удельной теплотой плавления?
9. В каких случаях количество теплоты — положительная величина, а в каких случаях отрицательная?
10. Как следует записать уравнение теплового баланса для изолированной системы из трёх тел, переходящей в равновесное состояние?
11. Как формулируется первый закон термодинамики?
12. В каком случае изменение внутренней энергии отрицательно?
13. Почему можно говорить, что система обладает внутренней энергией, но нельзя сказать, что она обладает запасом определённого количества теплоты или работы?

### 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - №№ А1-А3, № 1-3 (стр.245); № 1-2, № А1-А5 (стр.248); № 1-6 (стр.253) [1], № 1-3. № С1-С5 (стр.250), № С1-С4 (стр.255); № А1-А5 (стр.259); № А1-А5 (стр.273), № 1-9 (стр.255); № 1-5 (стр.275).

1. Какую внутреннюю энергию имеет 1 моль гелия при температуре 127° С?
2. Внутренняя энергия водорода, находящегося при температуре 300К, составляет 600 кДж. Какова масса этого газа?
3. На рисунке приведен график зависимости внутренней энергии некоторой массы одноатомного идеального газа от температуры  $U = U(T)$ . Используя график, рассчитайте количество молей в данном газе.



4. При изобарном расширении газа на  $0,4 \text{ м}^3$  ему было передано  $0,6 \text{ МДж}$  теплоты. Вычислите изменение внутренней энергии газа, если его давление равно  $300 \text{ кПа}$ .
5. Чему равен коэффициент полезного действия паровой турбины, если полученное ею количество теплоты равно  $1000 \text{ МДж}$ , а полезная работа составляет  $400 \text{ МДж}$ ?
6. Вычислите максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины, если температура нагревателя  $127^\circ\text{C}$ , а температура холодильника  $27^\circ\text{C}$ .
7. Тепловая машина с КПД  $60\%$  за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное  $100 \text{ Дж}$ . Какую полезную работу машина совершает за один цикл?
8. Вычислите температуру нагревателя идеальной паровой машины с КПД, равным  $60\%$ , если температура холодильника равна  $25^\circ\text{C}$ .
9. КПД теплового двигателя равен  $42\%$ . Какую температуру имеет холодильник, если температура нагревателя равна  $220^\circ\text{C}$ .
10. Идеальный газ отдал количество теплоты  $300 \text{ Дж}$  и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на  $100 \text{ Дж}$ . Чему равна работа, совершенная газом?
11. Идеальный газ отдал количество теплоты  $300 \text{ Дж}$  и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на  $100 \text{ Дж}$ . Чему равна работа, совершенная газом?
12. Идеальный газ получил количество теплоты  $100 \text{ Дж}$  и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на  $100 \text{ Дж}$ . Чему равна работа, совершенная газом?
13. Идеальный газ получил количество теплоты  $200 \text{ Дж}$  и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на  $200 \text{ Дж}$ . Чему равна работа, совершенная газом?
14. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого  $800 \text{ моль}$ , на  $500 \text{ К}$  ему сообщили количество теплоты  $9,4 \text{ МДж}$ . Определите работу газа и изменение его внутренней энергии.
15. Какую работу совершил воздух массой  $200 \text{ г}$  при его изобарном нагревании на  $20^\circ\text{C}$ ? Какое количество теплоты ему при этом сообщили?

#### *Практическое занятие 19*

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. ТВЕРДЫЕ ТЕЛА»

#### *1. Теоретическая часть.*



Твердые тела:

$$\sigma = \frac{F_{\text{упр}}}{S}; \quad \sigma = E \cdot |\varepsilon|; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}; \quad \Delta l = l - l_0; \quad S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$\sigma$  - механическое напряжение, [Па];

$\varepsilon$  - относительное удлинение, [-];

$E$  - модуль Юнга, [Па];

$\Delta l$  - удлинение тела, [м];

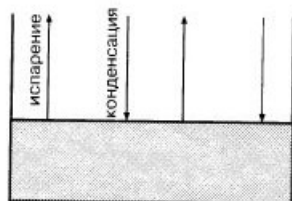
$S$  - площадь поперечного сечения, [м<sup>2</sup>];

$l_0$  - начальная длина тела, [м];

$D$  - диаметр, [м];

$F$  - сила, [Н].

### НАСЫЩЕННЫЙ И НАНАСЫЩЕННЫЙ ПАР, ВЛАЖНОСТЬ



Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется

**насыщенным.**

Давление  $p_n$  насыщенного пара зависит только от температуры.

Если  $p < p_n$ , пар называется

**ненасыщенным.**

Давление  $p$  ненасыщенного пара зависит и от объема.

Относительная влажность  $\varphi$  равна отношению парциального давления пара к давлению

насыщенного пара при данной температуре:  $\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$ .

**Точка росы** — температура, при которой водяной пар становится насыщенным.

### ПСИХРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Показания сухого термо- метра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Относительная влажность, %										
15	100	92	80	71	61	52	44	36	27	20	
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	
27	100	93	85	78	71	64	58	52	47	41	
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	
29	100	93	86	79	72	65	59	54	49	43	
30	100	93	86	79	73	66	60	55	50	44	

Зависимость давления  $P$  и плотности  $\rho$  насыщенного водяного пара от температуры

t, °С	P, кПа	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>	t, °С	P, кПа	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>
- 5	0,40	3,2	11	1,33	10,0
0	0,61	4,8	12	1,40	10,7
1	0,65	5,2	13	1,49	11,4
2	0,71	5,6	14	1,60	12,1
3	0,76	6,0	15	1,71	12,8
4	0,81	6,4	16	1,81	13,6
5	0,88	6,8	17	1,93	14,5
6	0,93	7,3	18	2,07	15,4
7	1,0	7,8	19	2,20	16,3
8	1,06	8,3	20	2,33	17,3
9	1,14	8,8	25	3,17	23,0
10	1,23	9,4	50	12,3	83,0

2. Задачи к практическому занятию:

1. Напишите названия определений:

Деформация, при которой происходит смещение слоев тела друг относительно друга, называется.....

Деформация, которая полностью исчезает после прекращения действия внешних сил, называется.....

Зависимость физических свойств от направления внутри кристалла называют....

Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют....

2. Давление водяного пара при температуре  $14^{\circ}\text{C}$  было равно 1 кПа. Был ли этот пар насыщенным?
3. Плотность водяного пара при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  равна  $23 \text{ г/м}^3$ . Насыщенный это пар или ненасыщенный?
4. При каком давлении вода будет кипеть при  $19^{\circ}\text{C}$ ?
5. Почему запотевают очки, когда человек с мороза входит в комнату?
6. Как по внешнему виду отличить в бане трубу с холодной водой от трубы с горячей?
7. Парциальное давление водяного пара в воздухе при  $19^{\circ}\text{C}$  было 1,1 кПа. Найдите относительную влажность.
8. Сухой термометр психрометра показывает  $16^{\circ}\text{C}$ , а влажный  $8^{\circ}\text{C}$ . Относительная влажность, измеренная по волосному гигрометру, равна 30%. Правильны ли показания гигрометра?
9. Влажный термометр психрометра показывает  $10^{\circ}\text{C}$ , а сухой  $14^{\circ}\text{C}$ . Найдите относительную влажность, парциальное давление и плотность водяного пара.
10. Как объяснить происхождение поговорки «Как с гуся вода»?
11. Можно ли носить воду в решете?
12. Какого вида деформации испытывают: а) сверло; б) сиденье скамейки; в) зубья пилы; г) винт мясорубки; д) ножка скамейки; е) натянутая струна гитары?
13. Проволока длиной 5,4 м под действием нагрузки удлинилась на 2,7 мм. Определите относительное удлинение проволоки.
14. Какова должна быть площадь поперечного сечения стального стержня, чтобы при нагрузке 25 кН растягивающее напряжение равнялось 60 МПа?
15. Балка длиной 5 м с площадью поперечного сечения  $100 \text{ см}^2$  под действием сил по 10 кН, приложенных к ее концам, сжалась на 1 см. Найдите относительное сжатие и механическое напряжение.
16. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Найдите относительное и абсолютное удлинения.
17. Найдите механическое напряжение, возникающее в стальном тросе при его относительном удлинении 0,001.
18. На сколько удлинится проволока длиной 3 м и диаметром 0,12 мм под действием гири весом 1,5 Н? Деформацию считать упругой.

## *Практическое занятие 20*

### *Изопроцессы*

#### *Теоретическая часть*

Состояние некоторой массы газообразного вещества характеризуют зависимыми друг от друга физические величины, называемые параметрами состояния. К ним относятся объем  $V$ , давление  $p$ , температура  $T$ .

Всякое изменение состояния тела (системы тел) называется термодинамическим процессом.

Для изучения и сравнения различных термодинамических процессов их изображают графически.

Изопроцессами называют термодинамические процессы, протекающие в системе с неизменной массой при постоянном значении одного из параметров состояния системы.

Процесс, протекающий в газе, при котором объём остаётся постоянным, называется изохорным.

Закон Шарля: давление газа данной массы при постоянном объёме возрастает линейно с увеличением температур

Процесс, протекающий в газе, при котором давление остаётся постоянным, называется изобарным.

Закон Гей-Люссака: объём газа данной массы при постоянном давлении возрастает линейно с увеличением температуры.

Процесс, протекающий в газе, при котором температура остаётся постоянным, называется изотермическим.

Закон Бойля-Мариотта: давление газа данной массы при постоянной температуре убывает с увеличением объёма.

Для произвольной массы  $m$  газа с молярной массой  $M$  справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона:

$R=8,31$  — молярная (универсальная) газовая постоянная.

В другом виде уравнение состояния идеального газа можно записать в виде:  
 $p=nkT$ ,

где  $n$  — концентрация газа, то есть число частиц в единице объёма газа,

$N_A$  — постоянная Авогадро,

$k$  — постоянная Больцмана.

**Закон Бойля-Мариотта:**  $P_1V_1 = P_2V_2$

**Закон Гей-Люссака:**  $V_1/T_1 = V_2/T_2$

**Закон Шарля:**  $P_1/T_1 = P_2/T_2$

#### Задания для практического решения

1. Газ, имеющий объём  $0,001 \text{ м}^3$ , изотермически расширился до объёма  $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Под каким давлением находился газ, если после расширения оно стало  $5,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ?
2. Во сколько раз увеличится давление газа в колбе электрической лампочки, если после ее включения температура газа повысилась от  $15^\circ\text{C}$  до  $300^\circ\text{C}$ ?
3. Газ занимал объём  $12,32 \text{ л}$ . Его охладили при постоянном давлении на  $45\text{K}$ , и его объём стал равен  $10,52 \text{ л}$ . Какова была первоначальная температура газа?
4. В сосуде вместимостью  $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится газ массой  $12 \text{ г}$ , температура которого  $177^\circ\text{C}$ . При какой температуре плотность этого газа будет равна  $6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^3$ , если давление останется неизменным?

#### Практическое занятие 21

##### Изопроцессы

На занятии рассматриваются задачи

1. При температуре  $-13^\circ\text{C}$  давление газа в закрытом сосуде было  $260 \text{ кПа}$ . Каким будет давление при температуре  $37^\circ\text{C}$ ?

2. В сосуде объемом  $0,5 \text{ м}^3$  находится газ под давлением  $400 \text{ кПа}$ . Какой объем будет занимать этот газ при давлении  $250 \text{ кПа}$ ? Температура газа постоянна.
3. Газ нагрет от  $27^\circ\text{C}$  до  $477^\circ\text{C}$  при постоянном давлении. В результате его объем увеличился на  $5 \text{ л}$ . Определить первоначальный объем газа.
4. Газ нагрет от  $27^\circ\text{C}$  до  $277^\circ\text{C}$  при постоянном давлении. В результате его объем увеличился на  $3 \text{ л}$ . Определить первоначальный объем газа.
5. Газ, занимающий объем  $1,0 \text{ л}$ , изобарно расширяется до  $3,0 \text{ л}$ , и температура газа становится равной  $157^\circ\text{C}$ . Какой была начальная температура газа?
6. Определите давление газа, занимавшего объем  $0,25 \text{ л}$ , если при давлении газа  $0,95 \cdot 10^5 \text{ Па}$  его объем был равен  $0,23 \text{ л}$ . Процесс считайте изотермическим.
7. Газ объёмом  $9,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $273 \text{ К}$  и давлении  $10^5 \text{ Па}$  изменяет температуру до  $288 \text{ К}$  и объём его становится  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Найти каким станет давление

*Практическое занятие 22, 23*  
 Электростатика. Часть 1,2  
 Теоретическая часть

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §84-99 (стр.277-327)

*1. Вопросы к практическому занятию*

1. Какие взаимодействия называют электромагнитными?
2. Что такое элементарный заряд?
3. Как можно определить, имеет тело заряд или не имеет?
4. Приведите примеры явлений, вызванных электризацией тел, которые вы наблюдали в повседневной жизни.
5. Почему при перевозке бензина к цистерне прикрепляют металлическую цепь, касающуюся земли?
6. Сформулируйте закон сохранения электрического заряда.
7. Приведите примеры явлений, в которых наблюдается сохранение заряда.
8. В чём сходство и различие закона всемирного тяготения и закона Кулона?
9. При каком условии заряженное тело можно считать точечным зарядом?
10. Как определяется единица заряда?
11. Чему равен заряд протона?

*3. Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А4, №№ 1-7 (стр.281); № 1-4, № А1-А5 (стр.285); № 1-2 (стр.291); № А1-А3 (стр.294); № А1-А4 (стр.297), № 1-5 (стр.288); № С1-С3 (стр.289); № 1-3, № А1, В2 (стр.307); № А1-А3, № 1-3 (стр.313); № А1-А42, № 1-2 (стр.326), № С1-С3 (стр.302); № 1-7, № А1-А2, № С1-С3 (стр.302); № 1-5 (стр.329)

*Практическое занятие 24*  
 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»  
 1. Теоретическая часть.

$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$  – закон сохранения электрического заряда.

$F_k = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon \cdot R^2}$  – закон Кулона.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$  – формула для вычисления напряженности электрического поля.

$E = \frac{k \cdot |q_0|}{\varepsilon \cdot R^2}$  – напряженность поля точечного заряда.

$$A = q \cdot E \cdot \Delta d$$

$A = -\Delta W_n$  – формулы для вычисления работы электрического поля.

$W_n = q \cdot E \cdot d$  – потенциальная энергия.

$\varphi = \frac{W_n}{q}$ ;  $\varphi = E \cdot d$  – формулы для вычисления потенциала.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

$U = \frac{A}{q}$  – формулы для вычисления напряжения.

$E = \frac{U}{\Delta d}$  – связь между напряженностью и напряжением.

$C = \frac{q}{U}$  – емкость конденсатора.

$W_n = \frac{q \cdot U}{2}$ ;  $W_n = \frac{q^2}{2C}$ ;  $W_n = \frac{C \cdot U^2}{2}$ ; – формулы для вычисления энергии заряженного конденсатора.

$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$  – емкость плоского конденсатора.

<p><math>q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}</math> – заряд протона;  <math>q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}</math> – заряд электрона;  <math>q_1, q_2</math> – электрические заряды, [Кл];  <math>F</math> – сила, [Н];  <math>\varepsilon</math> – диэлектрическая проницаемость среды, [-];  <math>d</math> – расстояние между пластинами конденсатора, [м];  <math>\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}</math> – электрическая постоянная;  <math>C</math> – емкость (или емкость) конденсатора, [Ф].</p>	<p><math>E</math> – напряженность, <math>\left[ \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right]</math> или <math>\left[ \frac{\text{В}}{\text{м}} \right]</math>;  <math>A</math> – работа, [Дж];  <math>U</math> – напряжение, [В];  <math>W_n</math> – потенциальная энергия, [Дж];  <math>\varphi</math> – потенциал, [В] (Вольт);  <math>S</math> – площадь пластин конденсатора, [м<sup>2</sup>];  <math>R</math> – расстояние между телами, [м].</p>
--	---

<b>Диэлектрические проницаемости веществ</b>			
Винипласт.....	3,5	Парафинированная бумага.....	2,2
Вода.....	81	Слюда.....	6
Керосин.....	2,1	Стекло.....	7
Масло.....	2,5	Текстолит.....	7
Парафин.....	2	Спирт.....	26

## 2. Задачи к практическому занятию:

1. Капля, имеющая положительный заряд  $+e$ , при освещении потеряла один электрон. Каким стал заряд капли?

- 1) 0; 2)  $-2e$ ; 3)  $+2e$ ; 4)  $+e$ .
2. С нейтрального тела сняли заряд  $+20$  Кл, а затем передали заряд  $-5$  Кл. В результате тело обладает зарядом  
1)  $-5$  Кл; 2)  $+15$  Кл; 3)  $-20$  Кл; 4)  $-25$  Кл.
  3. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных заряженных тел при увеличении заряда на каждом теле в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 2 раза?
  4. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных заряженных тел при увеличении расстояния между ними в 3 раза и увеличении заряда одного из тел в 3 раза?
  5. Определите силу, с которой притягиваются два заряда  $0,2$  мкКл и  $-12$  нКл в воде на расстоянии  $30$  мм.
  6. Заряд равный  $-2$  мкКл помещен в спирт на расстоянии  $5$  см от другого заряда. Определите значение и знак другого заряда, если заряды притягиваются с силой  $0,5$  Н.
  7. Два равных электрических заряда, находящихся на расстоянии  $6$  см, отталкиваются с силой  $8,4$  Н. Определите их величину.
  8. Два заряда по  $4$  нКл взаимодействуют с силой  $0,8$  мН в воде. Определите расстояние между зарядами.
  9. Какова напряженность поля в точке, в которой на заряд  $5$  нКл действует сила  $3 \cdot 10^{-10}$  Н? Определите заряд, создающий поле, если рассматриваемая точка удалена от него на  $100$  мм.
  10. На расстоянии  $5$  см от заряда  $4$  нКл, находящегося в жидком диэлектрике, напряженность поля равна  $28,8$  кВ/м. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?
  11. Напряженность однородного электрического поля равна  $5$  МН/Кл. Какую работу совершит поле по перемещению заряда  $20$  нКл на  $20$  см по направлению линий напряженности электрического поля?
  12. До какого напряжения нужно зарядит конденсатор емкостью  $4$  мкФ, чтобы сообщить ему заряд  $44$  нКл?
  13. Наибольшая емкость конденсатора  $60$  мкФ. Какой заряд он накопит при его подключении к полюсам источника постоянного напряжения  $40$  В?
  14. Найдите емкость плоского конденсатора, изготовленного из алюминиевой фольги длиной  $1,5$  м и шириной  $0,9$  м. Толщина парафинированной бумаги  $0,1$  мм.
  15. Заряд конденсатора  $4$  нКл, напряжение между пластинами  $500$  В. Рассчитайте энергию заряженного конденсатора.
  16. При сообщении конденсатору заряда, равного  $5$  мкКл, его энергия оказалась равной  $0,01$  Дж. Определите напряжение на обкладках конденсатора.
  17. Площадь каждой пластины плоского конденсатора  $200$  см<sup>2</sup> и расстояние между ними  $1$  см. Найдите энергию электростатического поля, если напряженность поля равна  $5 \cdot 10^5$  Н/Кл.

### *Практическое занятие 25.*

#### Законы постоянного тока. Часть 1

##### 1. Теоретическая часть

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский - §100-107 (стр.331-351)

##### 2. Вопросы к практическому занятию

1. Что определяет среднюю скорость дрейфа свободных электронов?
2. Почему единицу тока определяют по магнитному взаимодействию?
3. Что такое удельное сопротивление проводника?
4. Почему лампы в квартире соединяют параллельно, а лампочки в ёлочных гирляндах — последовательно?
5. Сопротивление каждого проводника равно  $1$  Ом. Чему равно сопротивление двух таких проводников, соединённых: 1) последовательно; 2) параллельно?
6. Сопротивление каждого из проводников, соединённых в квадрат, и проводников, образующих диагонали квадрата, равно  $r$ . Определите эквивалентное сопротивление при

подключении источника тока: 1) к соседним вершинам; 2) к вершинам, лежащим на одной диагонали. В точке пересечения диагоналей контакта нет.

### 7. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А2, № 1-2 (стр.335); № 1-2, № А1-А4 (стр.337), № 1-52 (стр.342), № 1-2, № А1-А4 (стр.340); № 1-6, №№ А1-А5 (стр.345), № 1-7 (стр.353), № 1-3 (стр.347); № 1-4, № А1-А5 (стр.350), № С1-С5 (стр.353)

### Практическое занятие 26 Законы постоянного тока. Часть 2 1. Теоретическая часть

*Закон Ома для участка цепи. Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.*

$$I = \frac{U}{R}$$

здесь I – сила тока в участке цепи, U – напряжение на этом участке, R – сопротивление участка.

*Закон Ома для полной цепи. Сила тока прямо пропорциональна сумме ЭДС цепи, и обратно пропорциональна сумме сопротивлений источника и цепи.*

$$I = \frac{E}{r + R}$$

где E – ЭДС, R- сопротивление цепи, r – внутреннее сопротивление источника.

Ток короткого замыкания

$$I = E/r.$$

**10000 вольт r=10000000 ом 1000/10000000=0,00001**

220 вольт (127 вольт) I=U/R=220/2000=0.11 а (0,1 ампера смертельный ток)

Удельное сопротивление показывает какое сопротивление будет иметь материал, взятый в

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

форме куба с ребром 1 м.

$\rho$  удельное сопротивление S площадь сечения провода l длина

серебро

медь

золото

алюминий

железо

#### Задача 1

Рассчитать силу тока, проходящую по медному проводу длиной 100м, площадью поперечного сечения 0,5мм<sup>2</sup>, если к концам провода приложено напряжение 6,8В.

Дано:

$$l=100\text{м}$$

$$S=0,5\text{мм}^2$$

$$U=6,8\text{В}$$

I-?

**Решение:**

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \rho \frac{l}{S}$$

$$R = \frac{0,017 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}} 100\text{м}}{0,5\text{мм}^2} = 3,4 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{6,8\text{В}}{3,4 \text{ Ом}} = 2\text{А}$$

**Ответ:** Сила тока равна 2А.

### Задачи

1. Обмотка реостата сопротивлением 84 Ом выполнена из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$ . Какова длина проволоки?
2. Определите плотность тока, протекающего по константовому проводнику длиной 5 м, при напряжении 12 В.

Дано	Решение	Вычисления
L=5 м $\rho = 0,48 \cdot 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ U=5В Найти J=?	J=I/S, I=U/R $R = \rho \frac{l}{S}$ J=U/RS=U/(( $\rho l/S$ )S)= U/ $\rho l$	J=U/ $\rho l = 12/0,48 \cdot 10^6 \cdot 5 =$ $= 0,000005 \text{ А/м}^2 =$ $= 5 \text{ мкА/м}^2$

3. Медный провод длиной 5 км имеет сопротивление 12 Ом. Определите массу меди, необходимой для его изготовления.

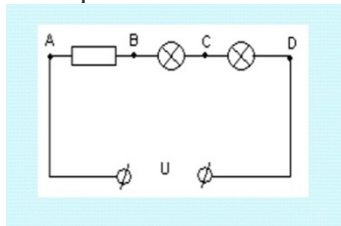
### Практическое занятие 27.

#### Законы постоянного тока. Часть 3

На занятии рассматриваются практические задачи

1. Кабель состоит из двух стальных жил площадью поперечного сечения  $0,6 \text{ мм}^2$  каждая и четырёх медных жил площадью поперечного сечения  $0,85 \text{ мм}^2$  каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока 0,1 А?
2. Какие сопротивления можно получить, имея три резистора по 6 кОм?
3. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключён реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника тока.
4. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключённом к элементу с ЭДС 1,1 В, сила тока равна 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента?
5. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока 30 А мощность во внешней цепи равна 180 Вт, а при силе тока 10 А эта мощность равна 100 Вт.
6. При питании лампочки от элемента 1,5 В сила тока в цепи равна 0,2 А. Найти работу сторонних сил в элементе за 1 мин.

7. В электрическую цепь включены последовательно резистор сопротивлением 5 Ом и две электрические лампы сопротивлением 500 Ом. Определите общее сопротивление цепи.



Найти ток в цепи при напряжении 200 вольт и падение напряжения на сопротивлениях

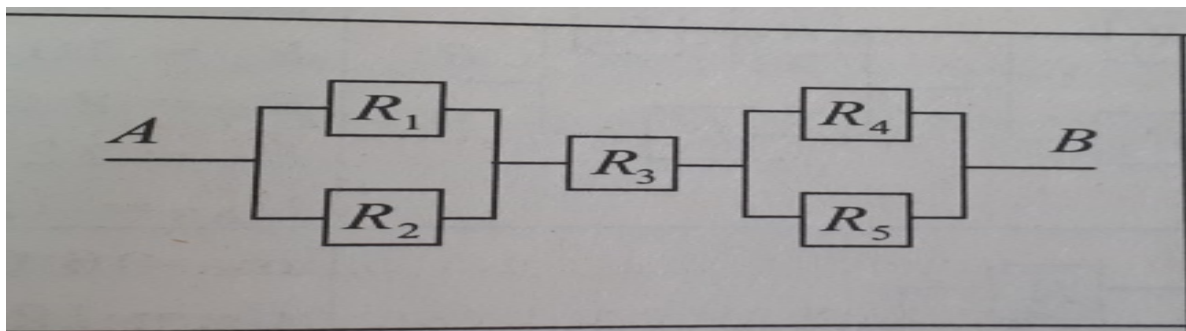
Дано	Решение	Вычисления
$R=5$ ом $R_{л}=500$ Ом $N_{л}=2$ Найти  $R_{общ}=?$ $I=?$ $U_R=?$	Сопротивления включены последовательно $R_{общ}=R+2 \cdot R_{л}$ $I=U/R_{общ}$ $U=I \cdot R$ $U=U_{л}+U_{л}+U_R$	$R_{общ}=R+2 \cdot R_{л}=5+2 \cdot 500=1005$ Ом  $I=U/R_{общ}=200/1005=0,199$ а $U_R=I \cdot R=0,199 \cdot 5=0,995$ в $U_{л}=I \cdot R=0,199 \cdot 500=99,5$ в $U=U_{л}+U_{л}$ $+U_R=0,995+99,5+99,5=$ $=200$ вольт

Дано  $R_1 = 6$  Ом,  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом,  $R_4 = 3$  Ом,  $R_5 = 6$  Ом,  $U_{R_1} = 4$  В.

Найти

общее сопротивление  $R - ?$

ток в неразветвленной части цепи  $I - ?$



Дополнительно

1. Две электрические лампочки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой лампочки равно 360 Ом, второй 240 Ом. Какая из лампочек потребляет большую мощность и во сколько раз?

2. При ремонте электрической плитки спираль была укорочена на 0,1 первоначальной длины. Во сколько раз изменилась мощность плитки?

3. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В, при этом сила тока в его обмотке равна 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает на высоту 19 м за 50 с?

4. Троллейбус массой 11 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно 550 В и КПД 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02.

5. Почему электронагревательные приборы делают из материала с большим удельным сопротивлением?

6. Электромотор питается от сети с напряжением 220 В. Сопротивление обмотки мотора 2 Ом. Сила потребляемого тока 10 А. Найти потребляемую мощность и КПД мотора.

7. Конденсатор ёмкостью 100 мкФ заряжается от напряжения 500 В за 0,5 с. Каково среднее значение силы зарядного тока?

8. Элемент с внутренним сопротивлением 4 Ом и ЭДС 12 В замкнут проводником с сопротивлением 8 Ом. Какое количество теплоты будет выделяться во внешней части цепи за 1 с?

9. Найти сопротивление каркаса куба, составленного из проволок с одинаковыми сопротивлениями.

10. По медному проводнику с поперечным сечением 1 мм<sup>2</sup> течёт ток с силой 10 А. Определите среднюю скорость упорядоченного движения (скорость дрейфа) электронов в проводнике.

$$I = \frac{U}{R} \text{ Закон Ома для участка цепи; } I = \frac{\varepsilon}{R + r} \text{ - Закон Ома для полной цепи}$$

$$I = \frac{q}{t}; \quad U = \frac{A}{q}; \quad R = g \cdot \frac{l}{S}; \quad A = U \cdot I \cdot t; \quad P = \frac{U^2}{R}; \quad Q = I^2 \cdot R \cdot t;$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2;$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2; \text{ - Законы последовательного соединения проводников}$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2;$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2;$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2; \text{ - Законы параллельного соединения проводников}$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2};$$

#### 1. Задачи к практическому занятию:

1. Ответьте на вопросы:

1) Электрическим током называется...

2) За направление тока принимают...

3) Напряжение на участке можно измерить...

4) Силу тока на участке цепи измеряют...

5) Какими носителями электрического заряда создается ток в металлах?

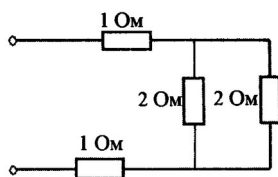
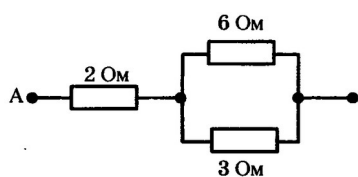
6) Какими носителями электрического заряда создается ток в газах?

7) Какими носителями электрического заряда создается ток в растворах или расплавах электролитов?

8) Какими носителями электрического заряда создается ток в полупроводниках?

1. Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. За какое время пройдет по проводнику заряд 60 Кл?

2. Линия электропередачи имеет длину 200 км, площадь поперечного сечения алюминиевой токоведущей жилы  $150 \text{ мм}^2$ , сила тока в ней 150 А. Определите падение напряжения на линии.
3. Через спираль электроплитки при напряжении 220 В проходит ток 4 А. Какова сила тока в спирали при напряжении 120 В?
4. Чему равно электрическое сопротивление нагревателя, если при силе тока 0,2 А на нем за 4 минуты выделилось 960 Дж теплоты?
5. Количество теплоты, выделяемое за 54 минуты проводником с током, равно 20 кДж. Определите силу тока в проводнике, если его сопротивление равно 10 Ом.
6. Электрическая плитка рассчитана на напряжение 220 В при силе тока 2 А. Сколько тепла выделится в спирали плитки за одну минуту?
7. К источнику тока с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 2 Ом подключен реостат, сопротивление которого 6 Ом. Найдите количество теплоты, выделяющееся в цепи за 40 минут.
8. Цепь состоит из трех последовательно соединенных проводников сопротивлением 2; 3 и 5 Ом. Начертите схему цепи. Найдите силу тока в цепи, напряжение на концах каждого проводника, если напряжение на зажимах всей цепи 20 В.
9. Два проводника сопротивлением 4 и 12 Ом соединены параллельно и включены в цепь напряжением 30 В. Найдите силу тока в каждом проводнике и в неразветвленной части цепи. (Начертите схему цепи)
10. На цоколе лампочки карманного фонаря написано: 3,5 В; 0,28 А. Найдите сопротивление в рабочем режиме и потребляемую мощность.
11. На баллоне сетевой лампы накаливания написано: 220 В; 60 Вт. Найдите силу тока и сопротивление в рабочем режиме.
12. В цепь последовательно включены источник тока с ЭДС равной 12 В и два резистора с сопротивлением 2 Ом и 5 Ом. Сила тока в цепи 1А. Найдите внутреннее сопротивление источника.
13. При серебрении изделия на катоде за 30 минут отложилось серебро массой 4,55 гр. Определите силу тока при электролизе. ( $k = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ )
14. Нарисовать схему соединения резисторов  $R = 3 \text{ Ом}$ ,  $R = 4 \text{ Ом}$  и  $R = 12 \text{ Ом}$ , при котором общее сопротивление цепи равно 6 Ом.
15. Чему равно сопротивление цепи на рисунке?



*Практическое занятие 28, 29*  
 Электрический ток в различных средах.  
 1. Теоретическая часть

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §108-111 (стр.355-371)

**Постоянный электрический ток** – ток, значение и направление которого не изменяется с течением времени.

**Сила тока** – величина, характеризующая быстроту переноса заряда в проводнике через поперечное сечение.

$$I = \frac{q}{t} \text{ [I]} = \text{А}; \text{ Плотность тока - } j = \frac{I}{S} \text{ j} = \text{[А/м}^2\text{]}$$

**Сопротивление проводника** – величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника.

$$R = \rho \frac{l}{S} \text{ [R]} = \text{Ом}$$

**$R = R_0(1+\alpha \cdot t)$** - зависимость сопротивления проводника от его температуры.

$R_0$  – сопротивление проводника при  $00\text{C}$ ,  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

**ЭДС** – величина, характеризующая отношение работы сторонних сил к значению положительного заряда, переносимого внутри источника.

$$\varepsilon = \frac{A_{cm}}{q} \text{ [}\varepsilon\text{]} = \text{В}$$

**Закон Ома для участка цепи:** сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорционально его сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R} \text{ Мощность тока - } P = U \cdot I \text{ [P]} = \text{Вт}$$

**Закон Ома для полной цепи:** сила тока в цепи прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешней и внутренней цепей.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

**Закон Фарадея:** масса выделившегося вещества на электроде прямо пропорциональна заряду, прошедшего через электролит.

$$m = k \cdot I \cdot t \text{ (кг)}, \text{ где } k \text{ - электрохимический эквивалент, [k] = \text{кг/Кл}}$$

**Полупроводники** – вещества, занимающие промежуточную позицию между проводниками и диэлектриками, отличаются от проводников сильной зависимостью удельной проводимости от концентрации примесей, температуры и различных видов излучения.

**Задание на выполнение работы:**

Необходимо найти все величины указанные в таблице знаком «?», если в таблице стоит знак « - » то эту величину находить не нужно.

**По предложенным данным необходимо найти величины  $I$ ,  $q$ ,  $U$ ,  $R$  и  $l$**

Вариант	I, мА	q, Кл	t, мин	U, В	R, Ом	ℓ, см	ρ, Ом·м	S, см <sup>2</sup>
1.	500	?	2	?	?	300	5,6·10 <sup>-8</sup>	2
2.	?	?	5	30	5	?	2,6·10 <sup>-8</sup>	3
3.	800	?	10	?	?	50	1,59·10 <sup>-8</sup>	4
4.	?	?	4	50	10	?	1·10 <sup>-6</sup>	1,5

По предложенным данным необходимо найти величины R, Aст, и q.

Вариант	R, Ом	R0, Ом	α, 0С-1	t, 0С	ε, В	Aст, Дж	q, Кл
1.	?	20	0,0045	1200	5	?	0,02
2.	?	30	0,0068	900	12	0,36	?
3.	?	50	0,0048	1500	9	?	0,05
4.	?	14	0,0004	600	8	0,56	?

По предложенным данным необходимо найти величины R, и r.

Вариант	R, Ом	I, мА	ε, В	r, Ом
1.	?	500	4,5	0,3
2.	6,5	800	5,6	?
3.	?	400	6	0,2
4.	9	200	3	?

#### 4. Решить задачу на электролиз.

**В-1.** Электрическая плитка мощностью 1 кВт с нихромовой спиралью предназначена для включения в сеть с напряжением  $U = 220$  В. Сколько метров проволоки радиусом 0,3 мм надо взять для изготовления спирали. Температура нити равна 7000С? ( $\rho_0 = 1$  мкОм·м,  $\alpha = 0,4 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>)

**В-2.** При электролизе раствора серной кислоты с сопротивлением 0,4 Ом за 50 мин выделилось 3,3 л водорода при нормальных условиях. Определить мощность, расходуемую на нагревание электролита.

**В-3.** При электролизе раствора серной кислоты за 2 ч 23 мин выделилось 5 л водорода при нормальных условиях. Определить сопротивление раствора, если мощность тока 32,5 Вт.

**В-4.** Определить толщину h слоя меди, выделившейся за время  $t = 5$  ч при электролизе медного купороса, если плотность тока  $j = 80$  А/м<sup>2</sup>.

На занятии:

**Ответить на вопросы:**

**В-1.** Как возникает электрический ток в газах? В чем отличие самостоятельного и несамостоятельного разряда в газах?

**В-2.** До каких пор будет происходить электролиз медного купороса, если оба электрода медные? Оба электрода угольные?

**В-3.** Что такое собственная проводимость полупроводника? Как зависит проводимость полупроводника от температуры? Чем отличается донорная примесь от акцепторной?

**В-4.** Почему диод не пропускает ток в обоих направлениях? Какая характеристика диода является основной?

## 2. Вопросы к практическому занятию

1. Чем отличаются проводники от полупроводников.
2. Что определяет упорядоченного движения электронов в металле.
3. Какие частицы находятся в узлах кристаллической решетки металла.
4. Каковы главные технические трудности использования сверхпроводников на практике.

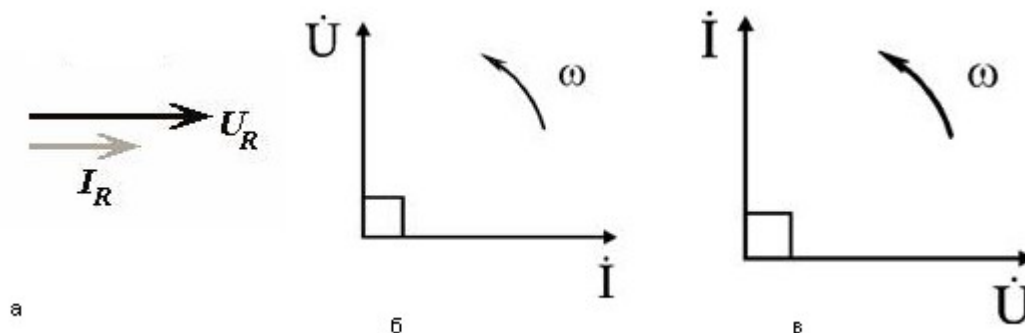
## 3. Задачи к практическому занятию

1. Проводящая сфера радиусом  $R=5$  см помещена в электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. Насколько увеличится масса сферы, если отложение меди длится 30 мин, а электрический заряд, поступающий на каждый квадратный сантиметр поверхности сферы за 1 с, равен 0,01 Кл
2. Длинная проволока, на концах которой поддерживается постоянное напряжение, накалилась докрасна. Половину проволоки опустили в холодную воду. Почему часть проволоки, оставшаяся над водой, нагревается сильнее
3. Спираль электрической плитки перегорела и после соединения концов оказалась несколько короче. Как изменилось количество теплоты, выделяемое плиткой за единицу времени
4. Алюминиевая обмотка электромагнита при температуре  $0^\circ\text{C}$  потребляет мощность 5 кВт. Чему будет равна потребляемая мощность, если во время работы температура обмотки повысится до 60, а напряжение останется неизменным? Что будет, если неизменным останется ток в обмотке
5. Для покрытия цинком металлических изделий в электролитическую ванну помещен цинковый электрод массой  $m=0,01$  кг. Какой заряд должен пройти через ванну, чтобы электрод полностью израсходовался? Электрохимический эквивалент цинка  $k=3,4 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.
6. При силе тока 1,6 А на катоде электролитической ванны за 10 мин отложилась медь массой 0,316 г. Определите электрохимический эквивалент меди.
7. Как надо расположить электроды, чтобы электролитически покрыть внутреннюю поверхность полого металлического предмета
8. При никелировании детали в течение 2 ч сила тока, проходящего через ванну, была 25 А. Электрохимический эквивалент никеля  $k=3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл, его плотность  $8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна толщина слоя никеля, выделившегося на детали, если площадь детали  $S=0,2$  м<sup>2</sup>
9. Однородное электрическое поле напряженностью  $E$  создано в металле и в вакууме. Одинаковое ли расстояние пройдет за одно и то же время электрон в том и другом случаях? Начальная скорость электрона равна нулю.
10. Определите скорость электронов при выходе из электронной пушки в двух случаях, при разности потенциалов между анодом и катодом 500 и 5000 В

Физика. 10 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № А1-А2 (стр. 361); № А1-А2,

Практическое занятие 30  
Цепи переменного тока

Теоретическая часть.



Пример расчета

Цепь переменного тока содержит последовательно соединенные резистор с сопротивлением  $R_1=6$  Ом, индуктивность с индуктивным сопротивлением  $X_L=10$  Ом, резистор с сопротивлением  $R_2=2$  Ом и конденсатор с емкостным сопротивлением  $X_C=4$  Ом (см. рис. 1).

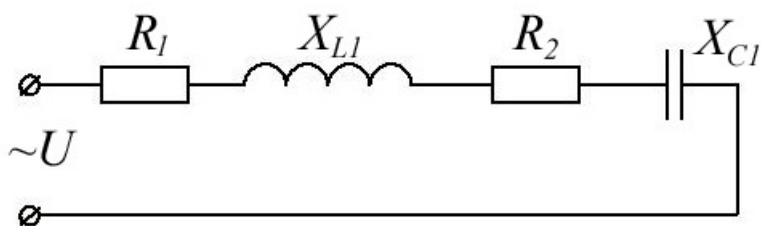


рис. 1.

К цепи приложено напряжение  $U = 50$  В (действующее значение). Определить: 1) полное сопротивление цепи; 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжения на каждом сопротивлении. Начертите в масштабе, векторную диаграмму цепи.

Решение.

1. Определяем полное сопротивление цепи:

$$z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(6 + 2)^2 + (10 - 4)^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Определяем ток:

$$I = \frac{U}{z} = 50/10 = 5 \text{ А}$$

3. Определяем угол сдвига по фазе между током и напряжением цепи:

$$\sin \phi = \frac{X_L - X_C}{z} = \frac{10 - 4}{10} = 0,6$$

. Откуда  $\phi \approx 36^\circ$ .

4. Определяем активную мощность цепи:  $P = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 5^2 \cdot (6 + 2) = 200 \text{ Вт}$   
или  $P = U \cdot I \cdot \cos \phi = 50 \cdot 5 \cdot 0,8 = 200 \text{ Вт}$ ,

$$\cos \phi = \frac{R_1 + R_2}{z} = \frac{6 + 2}{10} = 0,8$$

Здесь коэффициент мощности цепи.

5. Определяем реактивную мощность цепи:  $Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 5^2 \cdot (10 - 4) = 200 \text{ вар}$   
или  $Q = U \cdot I \cdot \sin \phi = 50 \cdot 5 \cdot 0,6 = 150 \text{ вар}$

6. Определяем полную мощность цепи:

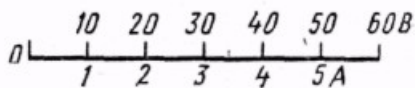
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250 \text{ ВА} \quad \text{или} \quad S = U \cdot I = 50 \cdot 5 = 250 \text{ ВА}$$

7. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \quad U_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \cdot 2 = 10 \text{ В}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В} \quad U_C = I \cdot X_C = 5 \cdot 4 = 20 \text{ В}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаемся масштабом по току:  $m_I = 1 \text{ А/см}$  (в 1 см — 1,0 А) и масштабом по напряжению:  $m_U = 10 \text{ В/см}$  (в 1 см — 10 В).



Построение векторной диаграммы (см. рис. 2) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали, длина вектора тока:

$$|\vec{I}| = \frac{I}{m_I} = \frac{5}{1} = 5 \text{ см}$$

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях  $R_1$  и  $R_2$ , длины которых определяем по формулам:

$$|\vec{U}_{R1}| = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{30}{10} = 3 \text{ см} \quad |\vec{U}_{R2}| = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{10}{10} = 1 \text{ см}$$

Из конца вектора напряжения на активном сопротивлении  $R_2$  -  $\vec{U}_{R2}$ , откладываем в сторону опережения вектора тока на  $90^\circ$  вектор падения напряжения на индуктивном сопротивлении -  $\vec{U}_L$ , его длина:

$$|\vec{U}_L| = \frac{U_L}{m_U} = \frac{50}{10} = 5 \text{ см}$$

Из конца вектора  $\vec{U}_L$  откладываем в сторону отставания от вектора тока на  $90^\circ$  вектор падения напряжения на конденсаторе  $\vec{U}_C$ , его длина:

$$|\vec{U}_C| = \frac{U_C}{m_U} = \frac{20}{10} = 2 \text{ см}$$

Геометрическая сумма векторов  $\vec{U}_{R2}$ ,  $\vec{U}_L$ ,  $\vec{U}_C$  равна полному напряжению  $\vec{U}$ , приложенному к цепи.

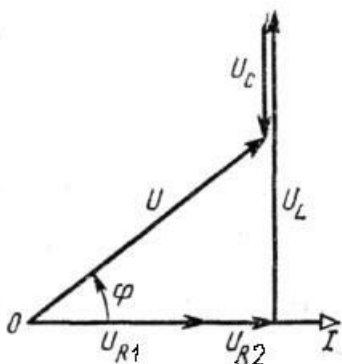
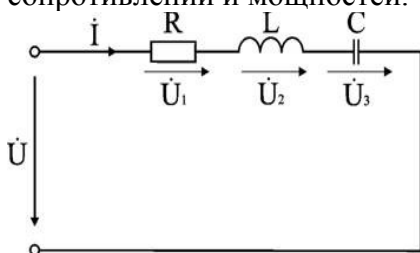


Рис. 2

**Задача 1.** Электрическая цепь, показанная на рис. питается от источника синусоидального тока с частотой 200 Гц и напряжением 120 В.

Дано:  $R = 4 \text{ Ом}$ ,  $L = 6,37 \text{ мГн}$ ,  $C = 159 \text{ мкФ}$ . Вычислить ток в цепи, напряжения на всех участках, активную, реактивную, и полную мощности. Построить векторную диаграмму, треугольники сопротивлений и мощностей.



### Решение

1. Вычисление сопротивлений участков и всей цепи

✓ Индуктивное реактивное сопротивление

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 3,14 \times 200 \times 6,37 \cdot 10^{-3} = 8 \text{ Ом.}$$

✓ Емкостное реактивное сопротивление

$$X_C = 1 / (2\pi f C) = 1 / (2 \times 3,14 \times 200 \times 159 \cdot 10^{-6}) = 5 \text{ Ом.}$$

✓ Реактивное и полное сопротивления всей цепи:

$$X = X_L - X_C = 8 - 5 = 3 \text{ Ом; } Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ Ом.}$$

2. Вычисление тока и напряжений на участках цепи

✓ Ток в цепи

$$I = U / Z = 120 / 5 = 24 \text{ А}$$

✓ Напряжения на участках:

$$U_1 = R I = 24 \cdot 4 = 96 \text{ В; } U_2 = X_L I = 24 \cdot 8 = 192 \text{ В; } U_3 = X_C I = 24 \cdot 5 = 120 \text{ В.}$$

3. Вычисление мощностей

✓ Активная мощность

$$P = R I^2 = U_1 I = 2304 \text{ Вт}$$

✓ Реактивные мощности:

$$Q_L = X_L I^2 = U_2 I = 4608 \text{ вар; } Q_C = X_C I^2 = U_3 I = 2880 \text{ вар.}$$

✓ Полная мощность цепи

$$S = UI = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = 2880 \text{ ВА.}$$

Из треугольника определим величину полного сопротивления  $Z$  и угол фазового сдвига  $\varphi$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 5 \text{ Ом};$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{3}{4} = 37^\circ$$

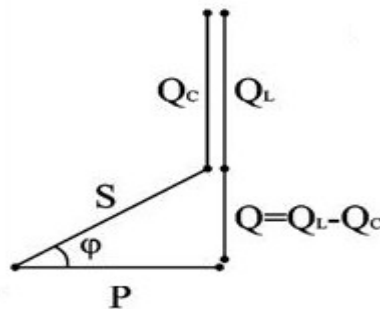
Следовательно, в данной цепи ток отстает по фазе от напряжения на угол  $\varphi$ . Зная величину тока  $I$ , определим мощности для отдельных элементов и всей цепи.

$$P = 2304 \text{ Вт}; Q_L = 4608 \text{ ВАр};$$

$$Q_C = 2880 \text{ вар.}$$

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

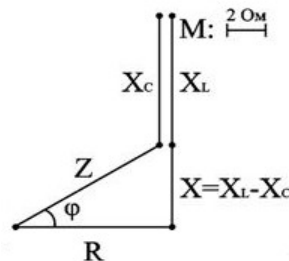
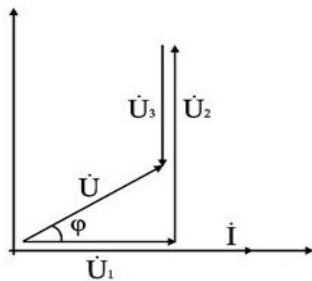
Треугольник мощностей в масштабе: в 1 см – 1000 Вт (вар); (ВА), построим на основе выражения для полной мощности  $S^2 = P^2 + (Q_L - Q_C)^2$



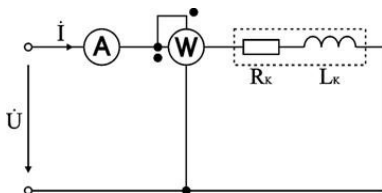
Треугольник мощностей

Для построения векторных диаграмм по току и напряжениям примем начальную фазу тока равной нулю, т.к. ток  $I$  в данной схеме является одним и тем же для всех элементов в цепи.

**Векторная диаграмма тока и напряжения. Треугольник сопротивлений**



**Задача 2.** Катушка индуктивности подключена к сети с напряжением  $U = 100 \text{ В}$ . Ваттметр показывает значение  $P_K = 600 \text{ Вт}$ , амперметр:  $I = 10 \text{ А}$ . Определить параметры катушки  $R_K, L_K$ .



### Решение

1. Вычисление полного сопротивления катушки

$$Z_K = U / I = 100 / 10 = 10 \text{ Ом.}$$

2. Вычисление активного сопротивления катушки  $R_K$

Ваттметр измеряет активную мощность, которая в данной схеме потребляется активным сопротивлением  $R_K$ .

$$R_K = P_K / I^2 = 600 / 100 = 6 \text{ Ом.}$$

### 3. Вычисление индуктивности катушки $L_K$

$$Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2}, \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} = \sqrt{100 - 36} = 8 \text{ Ом};$$
$$X_K = 2\pi f L_K; \quad L_K = X_K / (2\pi f) = 8 / (2\pi \times 50) = 0,025 \text{ Гн.}$$

#### Дополнительные вопросы к задаче 2

##### 1.. Как решить задачу другим способом?

Параметры катушки индуктивности можно определить, рассчитав полную мощность  $S_K$  и реактивную мощность катушки  $Q_K$ .

$$S_K = U I = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ ВА.}$$

$$Q_K = \sqrt{S_K^2 - P_K^2} = \sqrt{1000^2 - 600^2} = 800 \text{ Вар.}$$

$$R_K = P_K / I^2 = 6 \text{ Ом}; \quad X_K = Q_K / I^2 = 8 \text{ Ом}; \quad Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} = 10 \text{ Ом.}$$
$$L_K = X_K / (2\pi f) = 8 / (2\pi \times 50) = 0,025 \text{ Гн.}$$

##### 2. Записать законы изменения тока и всех напряжений для данной цепи.

Определим угол фазового сдвига между током  $i(t)$  и приложенным напряжением  $u(t)$

$$\varphi = \arctg(X_K / R_K) = \arctg(8 / 6) = 53^\circ.$$

В цепи с активнo-индуктивной нагрузкой напряжение опережает ток на угол  $\varphi = 53^\circ$ . Амплитуды тока и напряжения определим, зная действующие значения тока и напряжения

$$I_m = \sqrt{2}I = 14,1 \text{ А}; \quad U_m = \sqrt{2}U = 141 \text{ В.}$$

Законы изменения тока  $i(t)$  и напряжения  $u(t)$  запишутся в следующем виде:

$$i(t) = 14,1 \sin \omega t; \quad u(t) = 141 \sin(\omega t + 53^\circ).$$

Для записи напряжений  $u_R(t)$  и  $u_L(t)$  определим их величины

$$U_R = R I = 60 \text{ В}; \quad U_{Rm} = \sqrt{2} \times 60 = 84,8 \text{ В};$$

$$U_L = X_L I = 80 \text{ В}; \quad U_{Lm} = \sqrt{2} \times 80 = 113 \text{ В.}$$

На активном сопротивлении  $R_K$  ток  $i(t)$  и напряжение  $u_R(t)$  по фазе совпадают. При протекании тока через индуктивность  $L_K$  возникает фазовый сдвиг  $\varphi = 90^\circ$  между током  $i(t)$  и напряжением  $u_L(t)$ .

$$u_R(t) = 84,8 \sin \omega t; \quad u_L(t) = 113 \sin(\omega t + 90^\circ).$$

### 1.3. Задачи для самоконтроля

**Задача 1.** Напряжение на индуктивности  $L = 0,1$  Гн в цепи синусоидального тока изменяется по закону  $u_L = 141 \sin(1000t - 30^\circ)$ . Записать закон изменения тока на индуктивности.

**Задача 2.** Ток в емкости  $C = 0,1$  мкФ равен  $i = 0,1 \sin(400t + \pi/3)$  А. Записать закон изменения напряжения на емкости.

**Задача 3.** На участке цепи с последовательно включенными активным сопротивлением  $R = 160$  Ом и емкостью  $C = 26,54$  мкФ мгновенное значение синусоидального тока  $i = 0,1 \sin 314t$  А.

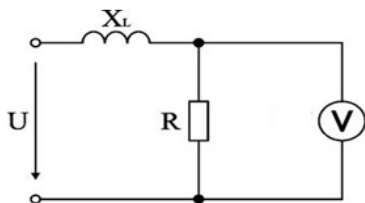
Записать закон изменения напряжений на емкости и на всем участке цепи. Чему равны действующие значения этих величин?

**Задача 4.** Амплитудное значение напряжения переменного тока с периодом  $T = 2,23$  мсек. Равно 220 В. Определить действующее значение напряжения и его частоту.

**Задача 5.** В цепь с напряжением 220 В включены реостат с сопротивлением  $R_1 = 5$  Ом, катушка с сопротивлением  $R_2 = 3$  Ома и  $X_L = 4$  Ома и емкость с сопротивлением  $X_C = 10$  Ом. Определить ток в цепи.

**Задача 6.** К катушке с индуктивностью 10 мГн и сопротивлением  $R = 4,7$  Ом приложено напряжение 25 В при частоте 150 Гц. Определить ток катушки.

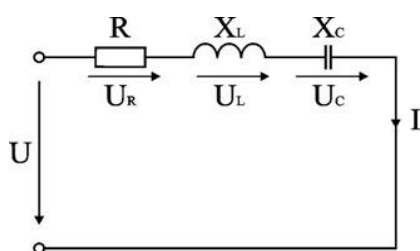
**Задача 7.** Для схемы определить показания вольтметра, если задано:



Варианты заданий. Вариант соответствует порядковому номеру студента в журнале.

№ варианта	U, В	$X_L$ , Ом	R, Ом
1	50	3	4
2	100	6	8
3	40	2	3
4	55	5	8
5	45	6	4
6	70	3	6
7	80	7	5
8	85	8	2
9	90	4	2
10	95	10	4
11	75	9	7
12	60	5	5
13	120	12	4
14	25	6	10
15	30	11	7

**Задача 8.** Для схемы определить  $U_L$ .

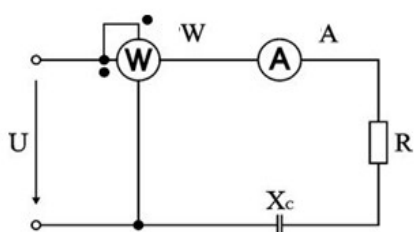


Варианты заданий.

№ варианта	U, В	$U_R$ , В	$U_C$ , В
1	10	6	2
2	10	8	4
3	5	4	5
4	5	3	6
5	15	6	4
6	17	5	2
7	25	8	6

8	20	9	6
9	16	4	5
10	8	3	2
11	9	3	2
12	15	6	3
13	18	5	4
14	19	9	7
15	20	11	6

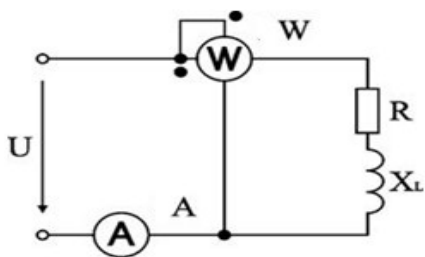
**Задача 9.** Для схемы определить  $X_c$ .



Варианты заданий.

№ варианта	U, В	W Вт	A, А
1	150	500	5
2	140	700	7
3	160	900	8
4	120	300	6
5	100	250	5
6	200	600	5
7	240	800	7
8	220	1000	10
9	130	350	8
10	180	900	9
11	170	1200	11
12	140	800	8
13	230	500	15
14	215	400	10
15	210	800	9

**Задача 10.** Для схемы определить величину приложенного напряжения U.



### Варианты заданий.

№ варианта	W Вт	$X_L$ Ом	A , А
1	96	8	4
2	105	6	3
3	100	4	2
4	130	6	2
5	140	10	5
6	80	6	3
7	92	5	2
8	107	7	3
9	120	8	5
10	145	12	8
11	92	9	3
12	109	7	4
13	85	8	3
14	125	10	6
15	135	7	4

### Вопросы для самоконтроля

1. Какими параметрами характеризуются синусоидальный ток или напряжение?
2. Каково соотношение между амплитудным и действующим значениями величин, изменяющихся во времени по синусоидальному закону?
3. Построить векторную диаграмму напряжения и тока для участка цепи с резистором.
4. Как величина индуктивного и емкостного реактивных сопротивлений зависит от частоты питающего напряжения?
5. Построить векторные диаграммы для участков цепи с идеальной индуктивностью и идеальной емкостью.
6. Как определяют активное, реактивное и полное сопротивления цепи, содержащей последовательно включенные катушку, резистор и конденсатор.
7. Привести формулы для расчета активной, реактивной и полной мощностей цепи, содержащей последовательно включенные катушку, резистор и конденсатор.
8. Построить треугольники напряжений, сопротивлений и мощностей для участка цепи с последовательным соединением R и L, с последовательным соединением R и C.
9. Построить векторную диаграмму для цепи, содержащей последовательно включенные катушку, резистор и конденсатор.
10. Определить понятие угла сдвига фаз  $\varphi$ .

11. Дать определение активной мощности. В каких единицах измеряется активная мощность? Нарисовать схему включения ваттметра.
12. В чем заключается разница между активной, реактивной и полной мощностями?
13. Дайте определение резонанса токов и напряжений в цепи. Свойства цепи при резонансе.

### *Практическое занятие 31.*

Магнитное поле. Электромагнитная индукция

#### *1. Теоретическая часть*

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §1-6 (стр.5-30)

#### *2. Вопросы к практическому занятию*

1. Какие взаимодействия называют магнитными?
2. Перечислите основные свойства магнитного поля.
3. Как ориентируются в однородном магнитном поле замкнутый контур с током и магнитная стрелка?
4. Что называют линиями магнитной индукции?
5. Какие поля называют вихревыми?
6. Чем вихревое поле отличается от потенциального?
7. Как определяется модуль вектора магнитной индукции?
8. Чему равен модуль вектора силы Ампера?
9. Сформулируйте правило для определения направления силы Ампера.
10. В каких единицах выражается магнитная индукция?

#### *3. Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

#### **Задача:**

За 5 мс магнитный поток, пронизывающий контур, убывает с 9 до 4 мВб. Найти ЭДС индукции в контуре.

Дано:

$$\Delta t = 5 \text{ мс} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с},$$

$$\Phi_1 = 9 \text{ мВб} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Вб},$$

$$\Phi_2 = 4 \text{ мВб} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}.$$

Найти  $\varepsilon$ .

Решение.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{9 \cdot 10^{-3} \text{ Вб} - 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ с}} =$$

$$= 1 \text{ В}.$$

Ответ:  $\varepsilon = 1 \text{ В}$ .

**Задания:**

1. За 5 мс магнитный поток, пронизывающий контур, убывает с 9 до 4 мВб. Найти ЭДС индукции контура.
2. Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 2000 витков при возбуждении в нём ЭДС индукции 120 В.
3. Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$ , чтобы при изменении магнитной индукции от 0,2 до 0,3 Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В?

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-2 (стр.6); № 1-4 (стр.10); № 1-4 (стр.13); № 1-3 (стр.15); № 1-3 (стр.20), № 1-4 (стр.24)

*Практическое занятие 32*  
Электромагнитная индукция  
*Теоретическая часть*

Закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю

скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:  $E_i = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Знак «минус» показывает, что ЭДС индукции и скорость изменения магнитного потока имеют разные знаки. Правило Ленца: возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он был вызван.

ЭДС индукции в движущихся проводниках:  $E_i = vBl \sin \alpha$ . Эта формула справедлива для любого проводника длиной  $l$ , движущегося со скоростью  $v$  в однородном магнитном поле.

Магнитный поток:  $\Phi = LI$ ,  $L$  - индуктивность контура или коэффициент самоиндукции.

Магнитный поток измеряется в Вб, индуктивность – Гн, сила тока – А. Энергия магнитного поля

равна той работе, которую должен совершить источник, чтобы создать данный ток.:  $W = \frac{L \cdot I^2}{2}$ .

Величину  $X_c$ , обратную произведению циклической частоты на электрическую ёмкость конденсатора, называют ёмкостным сопротивлением.  $X_c = 1/\omega C$ . Индуктивное сопротивление  $X_L = \omega L$  называют индуктивным сопротивлением. Период свободных электрических колебаний контура  $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §7-12 (стр.31-52)

*Вопросы к практическому занятию*

1. В чем главное отличие переменных электрических и магнитных полей от постоянных?
2. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
3. Как должен двигаться замкнутый проводящий контур в однородном магнитном поле, не зависящем от времени: поступательно или вращательно, чтобы в нем возник индукционный ток?
4. Как определяется направление индукционного тока?
5. Возникнет ли в кольце с разрезом электрическое поле, если подносить к нему магнит?
6. Что называется магнитным потоком (потоком магнитной индукции)?
7. Почему закон электромагнитной индукции формулируется для ЭДС, а не для силы тока?
8. Как формулируется закон электромагнитной индукции?
9. Почему в формуле для закона электромагнитной индукции стоит знак «—»?

*Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

1. Найти ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25 м, перемещающемся в однородном магнитном поле индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции.
2. Каково сопротивление конденсатора ёмкостью 4 мкФ в цепях с частотой переменного тока 50 Гц и 400 Гц?
3. Каково индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 0,2 Гн при частоте 50 Гц и 400 Гц?
4. Конденсатор включён в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока в цепи этого конденсатора 2,5 А. Какова ёмкость конденсатора?
5. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии электропередачи, если действующее напряжение 430 кВ?
6. В цепь переменного тока частотой 400 Гц включена катушка индуктивностью 0,1 Гн. Конденсатор какой ёмкости надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?

7. Какую ёмкость должен иметь конденсатор для того, чтобы состоящий из этого конденсатора и катушки индуктивностью 10 мГн колебательный контур радиоприёмника был настроен на волну 1000 м?

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-3 (стр.30); № 1-2 (стр.33); № 1-4 (стр.35); № 1-4 (стр.39); № 1-2 (стр.41); № 1 (стр.42); № 1-5 (стр.45); № 1-2 (стр.46); № 1-2 (стр.49), № 1-7 (стр.50)

### Практическое занятие 33

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»

##### 1. Теоретическая часть.

$F_A = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$  - формула, для определения силы Ампера.

$F_{Л} = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$  - формула для определения силы Лоренца.

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ ;  $\Phi = L \cdot I$  - формулы для вычисления магнитного потока.

$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ ;  $\varepsilon_i = n \cdot \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ ;  $\varepsilon_i = B \cdot v \cdot l \cdot \sin \alpha$  формулы для вычисления ЭДС индукции.

$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$  - изменение магнитного потока.

$\Delta I = I_2 - I_1$  - изменение силы тока.

$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$ ;  $I = \frac{q}{t}$  - сила индукционного тока.

$\varepsilon_{is} = L \cdot \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$  - формула для вычисления ЭДС самоиндукции.

$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2}$  - формула для вычисления энергии магнитного поля.

#### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

$F_A$ - сила Ампера, [Н]; $I$ - сила тока в проводнике, [А]; $B$ - магнитная индукция, [Тл]; $l$ - длина проводника, [м]; $\alpha$ - угол; $F_{Л}$ - сила Лоренца, [Н]; $q$ - заряд частицы, [Кл]; $v$ - скорость, [м/с]; $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ - скорость изменения магнитного потока, [Вб/с]; $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ - скорость изменения силы тока, [А/с];	$\Phi$ - магнитный поток, [Вб]; $\Delta \Phi$ - изменение магнитного потока, [Вб]; $\varepsilon_i$ - ЭДС индукции, [В]; $\varepsilon_{is}$ - ЭДС самоиндукции, [В]; $n$ - число витков, [-]; $\Delta t$ - время, [с]; $L$ - индуктивность, [Гн]; $W_m$ - энергия магнитного поля, [Дж]; $\Delta I$ - изменение силы тока, [А]; $R$ - сопротивление, [Ом]; $S$ - площадь, [м <sup>2</sup> ].
--	---

##### 2. Задачи к практическому занятию:

1. В однородное магнитное поле внесён проводник с током, направление которого указано на рис.1 – рис.5. Определите направление силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля.
2. Определите направление тока в проводнике, находящемся в однородном магнитном поле, если действующая на проводник сила имеет направление, указанное на рис.6.
3. Определите направление вектора магнитной индукции, если сила Ампера и сила тока направлены так, как указано на рис.7 – рис.9.

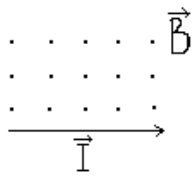


рис.1

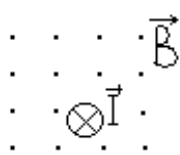


рис.2

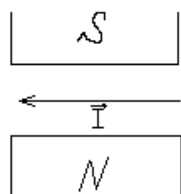


рис.3

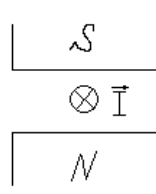


рис.4

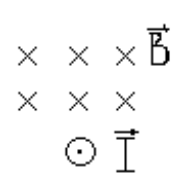


рис.5

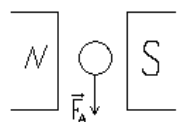


рис.6

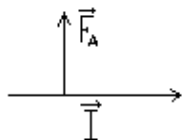


рис.7

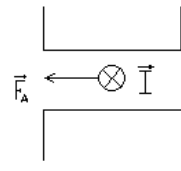


рис.8

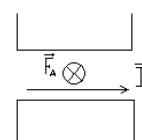


рис.9

4. Какая сила действует на провод длиной 30 см в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 5,2 Тл, если ток в проводе 10 А, а угол между направлением тока и линиями магнитной индукции  $30^\circ$ ?
5. На провод с током длиной 1 м магнитное поле действует с силой 0,4 Н. Определите силу тока в проводе, если известно, что угол между направлением тока и линиями магнитной индукции  $60^\circ$ , а магнитная индукция равна 4 мТл.
6. На проводник длиной 50 см с током 2 А однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл действует с силой 0,05 Н. Вычислите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.
7. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 4 Тл, движется электрон со скоростью 0,2 Мм/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Вычислите силу, действующую на электрон.
8. Электрон движется по окружности радиуса 10 см в однородном магнитном поле с индукцией 4 мТл перпендикулярно линиям индукции. Определите скорость движения электрона.
9. Частица с зарядом  $2 \cdot 10^{-15}$  Кл движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 0,07 Тл. Определите радиус орбиты частицы, если ее скорость 1900 м/с.
10. Магнитный поток через катушку, состоящую из 75 витков, равен 4,8 мВб. Рассчитайте время, за которое должен исчезнуть этот поток, чтобы в катушке возникла ЭДС индукции, равная 0,74 В. Определите силу индукционного тока, если сопротивление катушки 0,24 Ом.
11. Катушка перемещается в магнитном поле, индукция которого 2 Тл, со скоростью 0,6 м/с. ЭДС индукции равна 24 В. Найдите активную длину проволоки в катушке, если активные части ее перемещаются перпендикулярно линиям индукции.
12. Определите индуктивность катушки, если при равномерном изменении тока в ней за 0,1 с от нуля до 10 А возникла ЭДС самоиндукции 60 В.
13. Определите энергию магнитного поля катушки, в котором при токе 7,5 А магнитный поток равен 2,3 Вб. Число витков в катушке - 120. Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится в 3 раза?
14. Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивление которого 0,03 Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 12 мВб?
15. Какова скорость изменения силы тока в обмотке реле с индуктивностью 3,5 Гн, если в ней возбуждается ЭДС самоиндукции 105 В.
16. Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью 3 Гн присоединяют к источнику тока с ЭДС 15 В и ничтожно малым внутренним сопротивлением. Через какой промежуток времени сила тока в катушке достигнет 50 А?
17. Индуктивность катушки 0,2 мГн. При каком токе энергия магнитного поля равна 0,2 мкДж?

18. В катушке, индуктивность которой равна 0,4 Гн, возникла ЭДС, равная 20 В. Рассчитайте изменение силы тока и энергию магнитного поля катушки, если это произошло за 0,2с.
19. Проволочное кольцо радиусом 5 см расположено в однородном магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл так, что вектор индукции перпендикулярен плоскости кольца. Определите ЭДС индукции, возникающую в кольце, если его повернуть на угол 90° за время, равное 0,1 с.
20. Размеры катушки изменили так, что ее индуктивность увеличилась в 2 раза. Ток в катушке уменьшили в 2 раза. Как изменилась энергия магнитного поля катушки?
21. Ток в катушке уменьшился с 12 до 8 А. При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на 2 Дж. Какова индуктивность катушки и энергия ее магнитного поля в обоих случаях?

### Практическое занятие 34

Механические колебания. Электромагнитные колебания.

#### Теоретическая часть

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §13-28 (стр.53-115)

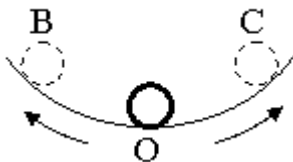
Колебания, рассматриваемые в разделе «Механика», называются механическими, при которых рассматриваются изменения положений, скоростей, ускорений и энергий каких-либо тел или их частей.

Силу, под действием которой происходит колебательный процесс, называют возвращающей силой.



Простейшим видом периодических колебаний являются гармонические колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Гармоническая колебательная система (система тел, совершающих колебания) обычно имеет одно положение, в котором может пребывать сколь угодно долго – положение равновесия О.



Отклонения от положения равновесия называют смещением, и обозначается X, а наибольшее смещение (точки В или С) называется амплитудой колебания и обозначается А.

Периодические колебания совершаются циклично. Движение в течение одного цикла (когда тело, пройдя все промежуточные положения, возвращается в исходное) называется полным колебанием (О-С-О-В-О). Время одного полного колебания называется периодом

колебания (обозначается Т). Если тело за время t совершает n полных колебаний то

$$T = \frac{t}{n}$$

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

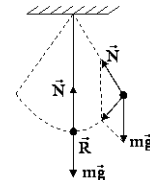
а  $\frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \nu$  и называется частотой колебаний. Число колебаний за  $2\pi$  единиц времени называется циклической (круговой) частотой и обозначается  $\omega$ :  $\omega = 2\pi\nu$ .

Математическая запись гармонического колебания:

$$X = A \cos(\omega t + \varphi_0) = A \cos \varphi$$

$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin \varphi$$

где  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза колебания (физическая величина, определяющая положение



колебательной системы в данный момент времени),  $\varphi_0$  – начальная фаза колебания

Простейшими колебательными системами являются:

а) математический маятник – материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести.

Период колебания определяется уравнением:

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

Период  $T$  зависит лишь от длины маятника и местоположения (удалённости от центра Земли или другого небесного тела), которое определяется величиной ускорения свободного

$$\left( g = \gamma \frac{M}{r^2} \right);$$

падения

б) пружинный маятник – материальная точка, закреплённая на абсолютно упругой пружине.

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

Период колебания определяется уравнением:

### Задача

Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,5 кН/м, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с?

Дано:

$$k = 0,5 \text{ кН/м} = 500 \text{ Н/м},$$

$$x = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м},$$

$$v = 3 \text{ м/с}.$$

Найти:  $m$

Решение.

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; m = k \frac{x^2}{v^2} = k \left( \frac{x}{v} \right)^2 = ;$$

$$= 500 \text{ Н/м} \cdot \left( \frac{0,06 \text{ м}}{3 \text{ м/с}} \right)^2 = 0,2 \text{ кг}.$$

Ответ:  $m = 0,2 \text{ кг}$ .

### 1. Вопросы к практическому занятию

1. Какие колебания называют свободными?
2. При каких условиях в системе возникают свободные колебания?
3. Какие колебания называют вынужденными? Приведите примеры вынужденных колебаний.
4. Какие колебания называют гармоническими?
5. Как связаны ускорение и координата при гармонических колебаниях?
6. Как связаны циклическая частота колебаний и период колебаний?
7. Почему частота колебаний тела, прикрепленного к пружине, зависит от его массы, а частота колебаний математического маятника от массы не зависит?



### Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

1. Найти массу груза, который на пружине жёсткостью 250Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
2. Груз, подвешенный на пружине жёсткостью 600Н/м, совершает гармонически колебания. Какой должна быть жёсткость пружины, чтобы частота колебаний уменьшилась в 2 раза?
3. Пружинный маятник массой 0,16 кг совершает гармонические колебания. Какой должна стать масса этого маятника, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза?
4. Как изменится период колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 4 раза, а массу груза уменьшить в 4 раза?
5. Девушка-горянка несёт на коромысле вёдра с водой, период собственных колебаний которых 1,6 с. При какой скорости движения девушки вода начнёт особенно сильно выплёскиваться из вёдер, если длина её шага 60 см?
6. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волны?
7. По поверхности жидкости распространяется волна со скоростью 2,4 м/с при частоте 2 Гц. Какова разность фаз для точек, лежащих на одном луче и отстоящих друг от друга на 90 см?
8. Амплитуда колебаний математического маятника  $A=10$  см. Наибольшая скорость маятника 0,5 м/с. Определите длину такого маятника, если ускорение свободного падения равно  $10 \text{ м/с}^2$ .
9. Если длину математического маятника уменьшить в 4 раза, то как изменится частота его малых колебаний?
10. Маятник при свободных колебаниях отклонился в крайнее положение 15 раз в минуту. Какова частота колебаний?
11. При свободных колебаниях пружинного маятника максимальное значение его потенциальной энергии 10 Дж, максимальное значение его кинетической энергии 10 Дж. Какова полная механическая энергия груза и пружины?
12. Маятник длиной 1 м совершил 60 колебаний за 2 минуты. Найти ускорение свободного падения для данной местности

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-3 (стр.58); № 1-5 (стр.69); № 1-4 (стр.76); № 1-2 (стр.82); № 1-2 (стр.84); № 1-2 (стр.86); № 1-3 (стр.90); № 1-2 (стр.92); № 1-3 (стр.98); № 1-3 (стр.103); № 1-7 (стр.107), № 1-5 (стр.109)

### Практическое занятие 35

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ»

#### 1. Теоретическая часть.

$$x(t) = X_{\max} \cdot \sin \omega t;$$

$$x(t) = X_{\max} \cdot \cos \omega t$$

- уравнения механических колебаний (общий вид).

$T = \frac{t}{N}$  - формула для определения периода колебаний.

$\nu = \frac{N}{t}$  - формула для определения частоты колебаний.

$T = \frac{1}{\nu}$ ;  $\nu = \frac{1}{T}$  - связь между периодом и частотой колебаний.

$\omega = 2\pi \cdot \nu$  - формула для определения циклической частоты.

$\varphi = \omega \cdot t$  - формула для определения фазы колебаний.

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$  - формула для определения периода колебаний математического маятника.

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$  - формула для определения периода колебаний пружинного маятника.

$q = q_{\max} \cdot \cos \omega t$

$i = I_{\max} \cdot \cos \omega t$  - уравнения электромагнитных колебаний.

$u = U_{\max} \cdot \cos \omega t$

$$W_m = \frac{Li^2}{2}$$

$$W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

превращения энергии в колебательном контуре.

$$W_{\text{э/м}} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2_{\max}}{2C} = \frac{LI^2_{\max}}{2}$$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$  - Формула Томсона (формула для вычисления периода колебаний).

$I_{\text{д}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$  - действующее значение силы тока.

$U_{\text{д}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$  - действующее значение напряжения.

$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$ ;  $X_c = \frac{1}{2\pi \cdot \nu \cdot C}$ ; - формулы для вычисления емкостного сопротивления.

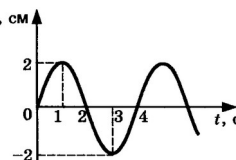
$X_L = \omega \cdot L$ ;  $X_L = 2\pi \cdot \nu \cdot L$ ; - формулы для вычисления индуктивного сопротивления.

$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{R}$ ;  $I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{X_c}$ ;  $I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{X_L}$  - формулы для вычисления действующего значения силы тока.

$k = \frac{N_1}{N_2}$ ;  $k = \frac{U_1}{U_2}$ ;  $k = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$  - формулы для нахождения коэффициента трансформации.

## 2. Задачи к практическому занятию:

1. Пружинный маятник совершил 16 колебаний за 4 секунды. Определите период и частоту его колебаний.
2. Нитяной маятник колеблется с частотой 2 Гц. Определите период колебаний и число колебаний в минуту.
3. Период собственных малых колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника уменьшить в 4



4. На рисунке представлен график зависимости координаты  $x$  тела от времени  $t$  при гармонических колебаниях вдоль оси  $Ox$ . Чему равны амплитуда  $x_{\max}$  колебаний,  $T$  период колебаний и  $\nu$  частота колебаний?
5. Уравнение движения гармонического колебания имеет вид:  $x = 0,06 \cdot \cos 100\pi t$ . Каковы амплитуда, частота и период колебаний?
6. Гирия массой 2 кг подвешена на тонком шнуре. Если ее отклонить от положения равновесия на 20 см, а затем отпустить, она совершает свободные колебания как математический маятник. Что произойдет с периодом колебаний гири, максимальной потенциальной энергией гири и частотой ее колебаний, если начальное отклонение гири будет равно 10 см? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1)увеличится; 2)уменьшится; 3)не изменится.

Период	
Частота	
Максимальная потенциальная энергия гири	

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

7. Вычислите действующее значение силы тока, если амплитуда силы тока 200 мА.
8. Вычислите амплитудное значение напряжения, если действующее значение напряжения 120 В.
9. Определите емкостное сопротивление конденсатора емкостью 20 мкФ при частоте переменного тока 2 МГц.
10. Какова емкость батареи конденсаторов, сопротивление которой в цепи переменного тока стандартной частоты равно 40 Ом?
11. Определите индуктивное сопротивление катушки, если индуктивность ее 4 мГн, а частота 200 Гц.
12. Индуктивное сопротивление катушки 35 Ом. Определите индуктивность катушки, если циклическая частота переменного тока 500 Гц?
13. Катушка включена в цепь переменного тока стандартной частоты. При напряжении 220 В сила тока равна 5 А. Какова индуктивность катушки?
14. Конденсатор включен в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в цепи 120 В. Сила тока в цепи этого конденсатора 3 А. Какова емкость конденсатора?
15. Трансформатор понижает напряжение от значения 22кВ до значения 110В. Во вторичной его обмотке 110 витков. Сколько витков содержится в его первичной обмотке?
16. Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 100 мА. Какова амплитуда напряжения на конденсаторе, если  $L=1$ Гн,  $C=1$  мкФ?
17. В колебательном контуре электроемкость 60 мкФ, индуктивность 75 Гн. Конденсатор зарядили до напряжения 100 В. Найдите электрическую энергию, сообщенную конденсатору, и максимальный ток в контуре.
18. На какой диапазон частот можно настроить колебательный контур, если его индуктивность равна 2 мГн, а емкость может меняться от 69 пФ до 533 пФ?
19. Индуктивность колебательного контура 500 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 1 МГц. Какую емкость следует выбрать?
20. При измерении индуктивности катушки частота электрических колебаний в контуре оказалась 1МГц. Емкость эталонного конденсатора 200 пФ. Какова индуктивность катушки?

*Практическое занятие 36*  
 Механические волны  
 1. Теоретическая часть

2. Вопросы к практическому занятию

1. Какие волны называются поперечными, а какие продольными?
2. Может ли в воде распространяться поперечная волна?
3. Что определяет амплитуду колебаний шаров в рассмотренной модели?
4. Как должна двигаться частица, чтобы она излучала электромагнитные волны?
5. Почему обычный (закрытый) колебательный контур нельзя использовать для излучения и регистрации электромагнитных волн?
6. Чему равна скорость распространения электромагнитных взаимодействий?
7. Передающий и приемный вибраторы расположены взаимно перпендикулярно. Возникнут ли колебания в приемном вибраторе?
8. От чего зависит амплитуда автоколебаний в генераторе на транзисторе?
9. Как устроен простейший детекторный радиоприемник?

3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 6 м/с. Каковы период и частота колебаний бакена, если длина волны 3 м

Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волн

На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжелый якорь. От места бросания якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что волна дошла до него через 50 с, расстояние между соседними гребнями волн 0,5 м, а за 5 с было 20 всплесков о берег. Как далеко от берега находилась лодка

На поверхности воды распространяется волна со скоростью 2,4 м/с при частоте колебаний 2 Гц. Какова разность фаз в точках, лежащих на одном луче и отстоящих друг от друга на 10, 60, 90, 120 и 140 см

Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает 4,3 м, а для самого высокого женского голоса 25 см. Найти частоты колебаний этих голосов

Частотный диапазон рояля от 90 до 9000 Гц. Найти диапазон длин звуковых волн в воздухе

Во время грозы человек услышал гром через 15 с после вспышки молнии. Как далеко от него произошел разряд

Когда наблюдатель воспринимает по звуку, что самолет находится в зените, он видит его под углом  $\alpha = 73^\circ$  к горизонту. С какой скоростью летит самолет

Мотоциклист, движущийся по прямолинейному участку дороги, увидел, как человек, стоящий у дороги, ударил стержнем по висящему рельсу, а через 2 с услышал звук. С какой скоростью двигался мотоциклист, если он проехал мимо человека через 36 с после начала наблюдения

Звук взрыва, произведенного в воде вблизи поверхности, приборы, установленные на корабле и принимающие звук по воде, зарегистрировали на 45 с раньше, чем он пришел по воздуху. На каком расстоянии от корабля произошел взрыв

Какая из величин и во сколько раз изменится при переходе звука из воздуха в воду частота или длина волны

Кто чаще взмахивает крылышками при полете комар или муха

Как на слух отличить, работает ли электродрель вхолостую или сверлит отверстие

Расстояние до преграды, отражающей звук, 68 м. Через какое время человек услышит эхо

При измерении глубины моря под кораблем при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приема ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Какова глубина моря под кораблем

Почему в пустом зрительном зале звук громче и раскатистей, чем в зале, заполненном публикой  
Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-2 (стр.127); № 1-2 (стр.130); № 1-3 (стр.132); № 1-4 (стр.139); № 1-2 (стр.143); № 1-3 (стр.146); № 1-3 (стр.149); № 1-2 (стр.152); № 1-2 (стр.157); № 1-2 (стр.159), № 1-3 (стр.139); № 1-3 (стр.166).

### Практическое занятие 37

#### Электромагнитные волны.

##### Теоретическая часть

Формулы, используемые при решении задачи на Электромагнитные волны

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
Длина волны	$\lambda$	м	$\lambda = cT$ ; $\lambda = c / \nu$
Скорость волны в вакууме	$c$	м/с	$c = 3 \cdot 10^8$
Период колебаний	$T$	с	$T = \lambda / c$ ; $T = 1 / \nu$
Частота колебаний	$\nu$	Гц	$\nu = c / \lambda$ ; $\nu = 1 / T$
Число колебаний	$N$		$N = t / T$ ; $N = \nu t$

**Задача № 1.** Радиостанция работает на волне длиной 25 м. Какова частота излучаемых колебаний?

Дано:

$$\lambda = 25 \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

---

$\nu - ?$

Решение:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{25} = 12 \cdot 10^6 \text{ (Гц)} = 12 \text{ (МГц)}$$

Ответ: 12 МГц

**Задача № 2.** Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

Дано:

$$t = 2,56 \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

---

$s - ?$

Решение:

$$2s = ct;$$

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2,56}{2} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ (м)} = 384 \text{ 000 (км)}$$

Ответ: 384 000 км

**Задача № 3.** В каком диапазоне длин волн может работать приёмник, если ёмкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от  $C_1 = 50$  пФ до  $C_2 = 500$  пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна  $L = 20$  мкГн?

► Решение.

Скорость электромагнитной волны в вакууме:  $c = \lambda \cdot \nu$ ,

Длина волны и её частота связаны друг с другом

соотношением  $c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$ .

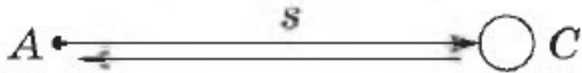
Длина волны, воспринимаемая радиоприёмником  $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$ .

Минимальная длина волны соответствует ёмкости конденсатора  $C_1$ , максимальная — ёмкости  $C_2$ .

► Ответ.  $\lambda_{\min} = 60$  м,  $\lambda_{\max} = 188$  м.

**Задача № 4.** На каком расстоянии  $s$  от антенны радиолокатора А находится объект С, если отражённый от него радиосигнал возвратился обратно через промежуток времени  $\tau = 200$

мкс?



► Решение.

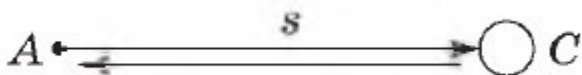
Скорость электромагнитной волны в вакууме:  $c = \lambda \cdot \nu$ ,

Скорость радиоволны, излучённой радиолокатором, равна  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с. Поэтому время  $\tau$ , за которое радиосигнал проходит путь  $2s$  — туда и обратно, — согласно (3.67),

$$\tau = \frac{2s}{c}, \text{ откуда } s = \frac{c\tau}{2}.$$

► Ответ.  $s = 30$  км.

**Задача № 5.** Каким может быть максимальное число импульсов, испускаемых радиолокатором за время  $t = 1$  с, при разведывании цели, находящейся на расстоянии  $s = 30$  км от него?



► Решение. Расстояние  $s$  до объекта радиолокатора определяют по времени  $\tau$ , прошедшему с момента излучения импульса радиоволн до момента приёма отражённого импульса:

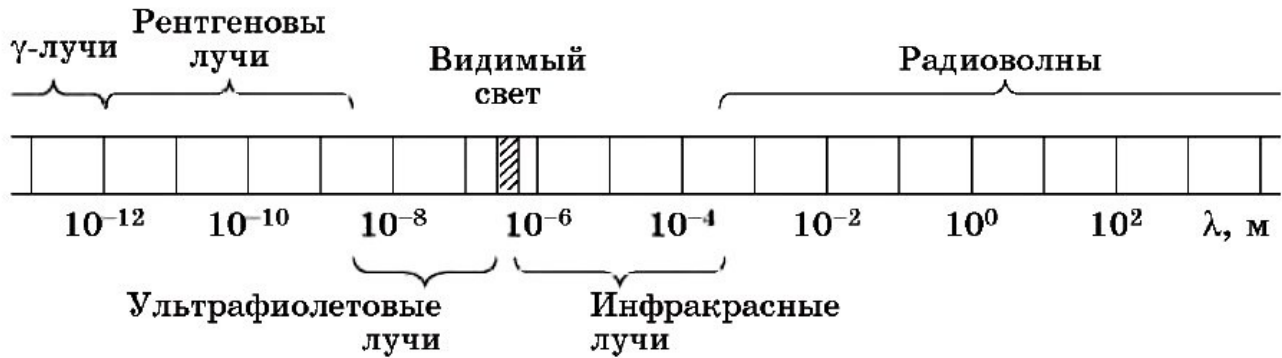
$$\tau = \frac{2s}{c}.$$

Каждый следующий импульс не может быть отправлен раньше, чем придёт ответ на предыдущий. Поэтому максимальное число импульсов, излучённых за время  $t$ ,

$$N = \frac{t}{\tau} = \frac{ct}{2s}.$$

► Ответ.  $N = 5000$ .

Таблица для решения Задачи на Электромагнитные волны.



Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §29-43 (стр.116-171)

Практическое занятие 38

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ»

1. Теоретическая часть.

$T = \frac{t}{N}$  - формула для определения периода колебаний.

$\nu = \frac{N}{t}$  - формула для определения частоты колебаний.

Механические волны:	Электромагнитные волны
$\lambda = \nu \cdot T$ - формула для определения длины волны через период.	$\lambda = c \cdot T$ - формула для определения длины волны через период.
$\lambda = \frac{\nu}{\nu}$ - формула для определения длины волны через частоту.	$\lambda = \frac{c}{\nu}$ - формула для определения длины волны через частоту.
$T = \frac{1}{\nu}, \nu = \frac{1}{T}$ .	$T = 2\pi\sqrt{LC}$ - Формула Томсона (формула для вычисления периода колебаний).
$\lambda$ - длина волны [м];	$R = \frac{c \cdot t}{2}$ - расстояние до цели (ее местонахождение).
$\nu$ - скорость [м/с];	$\lambda$ - длина волны, [м];
$\nu$ - частота колебаний [Гц];	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ - скорость;
$T$ - период колебаний [с].	$\nu$ - частота колебаний, [Гц];
	$T$ - период колебаний, [с];
	$C$ - емкость конденсатора, [Ф];
	$L$ - индуктивность катушки, [Гн];
	$R$ - расстояние, [м];
	$t$ - время, [с].

2. Задачи к практическому занятию:

1. Ответьте на вопросы:
  - 1) Волна – это...
  - 2) Тембр звука – это...
  - 3) Громкость звука – это...
  - 4) Эхо – это...
  - 5) Когерентные источники – это...
  - 6) Перечислите виды электромагнитных излучений.
  - 7) Перечислите виды радиосвязи.
2. С какой скоростью распространяется волна, если длина волны 2 м, а период колебаний частиц в волне 0,2 с?
3. Лодка качается на волне с частотой 0,5 Гц. Какова скорость этой волны, если расстояние между соседними гребнями равно 3 м?
4. Человек, стоящий на берегу моря, определил, что расстояние между следующими друг за другом гребнями волн равно 8 м. Кроме того, он подсчитал, что за 1 минуту мимо него прошло 24 волновых гребня. Определите скорость распространения волны.
5. Скорость распространения волны равна 400 м/с, а длина её — 2 м. Вычислите, какое количество полных колебаний будет совершено данной волной за время, равное 0,1 с?
6. Упругая волна переходит из одной среды, в которой ее скорость равна  $v$ , в среду, где ее скорость в 2 раза меньше. Как изменяется частота и длина волны?
7. Происходит ли перенос вещества и энергии при распространении бегущей волны в упругой среде?
8. Наблюдатель услышал раскат грома спустя 6 с после вспышки молнии. На каком расстоянии произошел грозовой разряд.
9. Определите скорость звука в воде, если источник звука, колеблющийся с периодом 2 мс, возбуждает в воде волны длиной 2,9 м.
10. При настройке приемника индуктивность катушки колебательного контура возросла в 4 раза, а емкость конденсатора увеличилась в 9 раз. Как изменилась длина волны принимаемых радиоволн?
11. Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется в зависимости от времени по закону  $i = 0,2 \sin 2 \cdot 10^5 \pi t$  (А). Чему равна длина излучаемой волны? Найдите период и частоту колебаний.
12. Радиолокационный импульс, отраженный от цели, возвратился через 0,8 мкс после излучения локатора. Чему равно расстояние от локатора до цели?
13. Ретранслятор телевизионной программы «Орбита» установлен на спутнике связи «Радуга», который движется по круговой орбите на высоте 36000 км над поверхностью Земли, занимая постоянное положение относительно Земли. Сколько времени распространяется сигнал от передающей станции до телевизоров системы «Орбита»?
14. Радиопередатчик работает на частоте 6 МГц. Рассчитайте индуктивность выходного контура передатчика, если его электроемкость 100 пФ.
15. Радиостанция ведет передачу на частоте 75 МГц. Найдите длину волны.
16. В радиоприемнике один из коротковолновых диапазонов может принимать передачи, длина волны которых 24-26 м. Найдите частотный диапазон.
17. Катушка приемного контура радиоприемника имеет индуктивность 1 мкГн. Какова емкость конденсатора, если идет прием станции, работающей на длине волны 1000 м?
18. На каком диапазоне длин волн работает приемник, если емкость конденсатора в его колебательном контуре можно плавно изменять от 200 до 1800 пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна 60 мкГн?
19. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 300 м за время, равное периоду звуковых колебаний с частотой 2 кГц?

### Практическое занятие 39

#### Световые волны. Часть 1

##### 1. Теоретическая часть

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §44-60 (стр.172-259)

##### 2. Вопросы к практическому занятию

1. В чем состояла основная трудность при измерении скорости света?
2. Как с помощью закона отражения построить изображение точечного источника света в плоском зеркале?
3. Почему нельзя использовать плоское зеркало в качестве киноэкрана?
4. Каков физический смысл показателя преломления?
5. Чем отличается относительный показатель преломления от абсолютного?
6. На тетради написано красным карандашом «отлично» и зеленым — «хорошо». Имеется два стекла — зеленое и красное. Через какое стекло надо смотреть, чтобы увидеть слово «отлично»?
7. Почему только узкий световой пучок дает спектр после прохождения сквозь призму, а у широкого пучка окрашенными оказываются лишь края?
8. Что такое дисперсия света?
9. Какие волны называют когерентными?
10. Что называют интерференцией?

##### 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-2 (стр.175); № 1-2 (стр.179); № 1-2 (стр.182); № 1-4 (стр.194), № 1-9 (стр.184), № 1-7 (стр.195); № 1-2 (стр.202); № 1-5 (стр.206); № 1-3 (стр.217), № 1-2 (стр.223).

### Практическое занятие 40

#### Световые волны. Часть 2

##### 1. Теоретическая часть

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §44-60 (стр.172-259)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \text{const}; \quad n = \frac{c}{v}; \quad \lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$\Delta d = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} - \text{max (усиление света);} \quad \Delta d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} - \text{min (ослабление света).}$$

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$$

скорость света в вакууме.

$n$  - показатель преломления, [-];

$\alpha$  - угол падения;

$\gamma$  - угол отражения;

$\beta$  - угол преломления;

$\lambda$  - длина волны, [м];

$v$  - скорость, [м/с];

$\nu$  - частота колебаний, [Гц].

Градусы	Синусы	Тангенсы	Градусы	Синусы	Тангенсы	Градусы	Синусы	Тангенсы
1	0,0175	0,0175	31	0,5150	0,6009	61	0,8746	1,804
2	0,0349	0,0349	32	0,5299	0,6249	62	0,8829	1,881
3	0,0523	0,0524	33	0,5446	0,6494	63	0,8910	1,963
4	0,0698	0,0699	34	0,5592	0,6745	64	0,8988	2,050
5	0,0872	0,0875	35	0,5736	0,7002	65	0,9063	2,145
6	0,1045	0,1051	36	0,5878	0,7265	66	0,9135	2,246
7	0,1219	0,1228	37	0,6018	0,7536	67	0,9205	2,356
8	0,1392	0,1405	38	0,6157	0,7813	68	0,9272	2,475
9	0,1564	0,1584	39	0,6293	0,8098	69	0,9336	2,605
10	0,1736	0,1763	40	0,6428	0,8391	70	0,9397	2,747
11	0,1908	0,1944	41	0,6561	0,8693	71	0,9455	2,904
12	0,2079	0,2126	42	0,6691	0,9004	72	0,9511	3,078
13	0,2250	0,2309	43	0,6820	0,9325	73	0,9563	3,271
14	0,2419	0,2493	44	0,6947	0,9657	74	0,9613	3,487
15	0,2588	0,2679	45	0,7071	1,0000	75	0,9659	3,737
16	0,2756	0,2867	46	0,7193	1,036	76	0,9703	4,011
17	0,2924	0,3057	47	0,7314	1,72	77	0,9744	4,331
18	0,3090	0,3249	48	0,7431	1,111	78	0,9781	4,705
19	0,3249	0,3443	49	0,7547	1,150	79	0,9816	5,145
20	0,3640	0,3640	50	0,7660	1,192	80	0,9848	5,671
21	0,3839	0,3839	51	0,7771	1,235	81	0,9877	6,314
22	0,4040	0,4040	52	0,7880	1,280	82	0,9903	7,115
23	0,4245	0,4245	53	0,7986	1,327	83	0,9925	8,114
24	0,4452	0,4452	54	0,8090	1,376	84	0,9945	9,514
25	0,4663	0,4663	55	0,8192	1,428	85	0,9962	11,43
26	0,4877	0,4877	56	0,8290	1,483	86	0,9976	14,30
27	0,5095	0,5095	57	0,8387	1,540	87	0,9986	19,08
28	0,5317	0,5317	58	0,8480	1,600	88	0,9994	28,64
29	0,5543	0,5543	59	0,8572	1,664	89	0,9998	57,29
30	0,5000	0,5774	60	0,8660	1,732	90	1,0000	

Вещество	Показатель преломления относительно воздуха
Вода (при 20 °С)	1,33
Кедровое масло (при 20 °С)	1,52
Сериуглерод (при 20 °С)	1,63
Лед	1,31
Каменная соль	1,54
Кварц	1,54
Рубин	1,76
Алмаз	2,42
Различные сорта стекла	от 1,47 до 2,04

Красный	(7,6-6,2)10 <sup>-7</sup> м	Зеленый	(5,6-5)10 <sup>-7</sup> м
Оранжевый	(6,2-5,9)10 <sup>-7</sup> м	Голубой	(5-4,8)10 <sup>-7</sup> м
Желтый	(5,9-5,6)10 <sup>-7</sup> м	Синий	(4,8-4,5)10 <sup>-7</sup> м
		Фиолетовый	(4,5-3,8)10 <sup>-7</sup> м

1. Задачи к практическому занятию:

1. Ответьте на вопросы:

1) Астрономическим методом впервые измерил скорость света:

А) И. Физо; Б) О. Ремер; В) Г. Герц; Г) Х. Гюйгенс; Д) А.С. Попов.

- 2) Какой ученый впервые измерил скорость света лабораторным методом?  
 А) И. Физо; Б) О. Ремер; В) А. Майкельсон; Г) Х. Гюйгенс; Д) Т. Юнг.
- 3) Постоянная величина, входящая в закон преломления света, называется...
- 4) Показатель преломления среды относительно вакуума называют...
- 5) Волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную разность фаз, называют...
- 6) Зависимость показателя преломления вещества от частоты (длины) волны называется....
- 7) Минимумы при интерференции от двух источников возникают при условии:  
 А)  $\Delta d = k \cdot \lambda$ ; Б)  $\Delta d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ; В)  $d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ ; Г)  $d \cdot \sin \varphi = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ; Д)  $\Delta d = k \cdot \lambda^2$
- 8) Максимумы при интерференции от двух источников возникают при условии:  
 А)  $\Delta d = k \cdot \lambda$ ; Б)  $\Delta d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ; В)  $d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ ; Г)  $d \cdot \sin \varphi = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ; Д)  $\Delta d = k \cdot \lambda^2$
- 9) Огибание волной малых препятствий называется....
- 10) Сложение двух когерентных волн называется.....
- 11) Способность электромагнитной волны проходить через одноосный кристалл в определенном направлении называется.....
2. Показатель преломления воды для красного света 1,331, а для фиолетового 1,343. Найдите скорости распространения этих волн в воде.
3. Длина волны красного света в воздухе 780 нм. Найдите частоту колебаний.
4. Частота света  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равна длина волны в воздухе, соответствующая этой частоте, и какова окраска света этой частоты?
5. Два когерентных световых пучка достигают некоторой точки пространства с разностью хода 2 мкм. Что произойдет в этой точке: усиление или ослабление света, если свет 1) красного цвета ( $\lambda = 760$  нм); 2) желтого цвета ( $\lambda = 600$  нм); 3) фиолетового цвета ( $\lambda = 400$  нм).
6. Сравнить скорость света во льду и каменной соли.
7. Свет падает на поверхность рубина.  
 а) Каков угол преломления, если угол падения  $30^\circ$ ?  
 б) Каков угол падения, если угол преломления  $15^\circ$ ?
8. Луч света переходит из воды в алмаз, угол падения равен  $40^\circ$ . Найдите угол преломления.
9. Найдите показатель преломления алмаза, если предельный угол полного отражения для алмаза равен  $25^\circ$ .
10. Луч света падает на поверхность льда под углом  $30^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность воды, чтобы угол преломления оказался таким же?
11. Почему пальцы, опущенные в воду, кажутся короткими? Объясните?
12. Построить изображение в собирающей линзе, если предмет находится между линзой и ее главным фокусом.
13. Построить изображение в рассеивающей линзе, если предмет находится за двойным фокусом.
14. Найдите период решетки, если дифракционное изображение первого порядка получено на расстоянии 2,43 см от центрального, а расстояние от решетки до экрана 1 м. Решетка была освещена светом с длиной волны 486 нм.
15. Излучают ли обычные источники света когерентные волны?
16. Каков характер световых волн?
17. Как меняется частота фиолетового излучения при переходе луча из вакуума в воду?

Специальная теория относительности создана в 1905 году А. Эйнштейном. Она является новым представлением, пришедшим на место классических понятий о пространстве и времени. Механика Ньютона изучает движение тел при малых скоростях, т.е. в

$$v \ll c. \quad (c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}).$$

случаях

Вспомним теорию преобразований Галилея. Она позволяет вычислять координаты и скорость двух тел относительно друг друга, которые движутся относительно инерциальных систем отсчета К и К'.

В частном случае система отсчета К' движется по оси Х системы отсчета К (рис. 5.1). В этом случае преобразования Галилея относительно неподвижной системы отсчета будут записаны в следующем виде:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \quad (5-1)$$

В начальном случае ( $t=0$ ) оси двух систем совпадают.

Согласно преобразованиям Галилея при переходе из одной системы отсчета в другую систему отсчета скорости будут

$$v_x = v'_x + v, \quad v_y = v'_y, \quad v_z = v'_z. \quad (5-2)$$

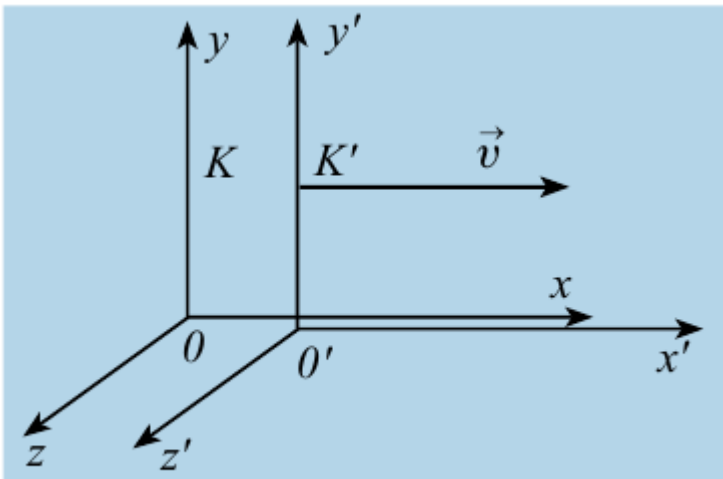


Рис. 5.1.

Ускорение тела во всех системах отсчета будет одинаковым:

$$a_x = a'_x, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z. \quad (5-3)$$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

**Значит, второй закон Ньютона в классической механике при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую систему отсчета сохраняет свою форму.**

На основе теории Максвелла скорость распространения электромагнитных волн во всех инерциальных системах отсчета одинакова и равна скорости распространения света в вакууме.

Независимость скорости света от системы отсчета или скорости движения тел отсчета (отражающие света зеркалом) экспериментально доказана А. Майкельсоном и Э. Морли.

Из этого вытекает, что скорость распространения электромагнитных волн (в данном случае свет) инвариантна относительно преобразования Галилея. Если электромагнитная волна в

вышеупомянутой системе отсчета  $K'$  распространяется со скоростью  $v$ , ее скорость в системе отсчета  $K$  должна быть  $v + c$ , но не  $c$ !

Такое противоречие решено А. Эйнштейном. Он отказался от классических представлений о пространстве и времени. Эйнштейн предложил свою теорию относительности, где в отличие от классической физики физические величины, которые считались абсолютными, в том числе время, в релятивистской физике (от англ. relativity - относительность) приняли относительные величины.

Теория относительности заключается в комплексе законов механики, включающем в себя законы движения тел, движущихся с меньшей скоростью, чем скорость света, но ближе к ней, и дали название «релятивистская механика». Основу специальной теории относительности Эйнштейна составляет два постулата - принцип относительности и принцип постоянства скорости света:

1. **Принцип постоянства скорости света: скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета одинакова и постоянна и не зависит от движения источника и регистрирующих приборов.**
2. **Принцип относительности Эйнштейна: в любых инерциальных системах отсчета все физические явления при одних и тех же условиях протекают одинаково. Значит, все законы физики во всех инерциальных системах отсчета имеют одинаковую форму.**

Постулаты Эйнштейна и математические анализы, проведенные на их основе, показали, что преобразования Галилея не подходят для релятивистских случаев. В этом случае имеют место преобразования Лоренца. Эти преобразования объясняют все релятивистские эффекты при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую систему отсчета, при близких к

скорости света скоростях. При малых скоростях они  $(v \ll c)$  переходят к формуле преобразования Галилея. **Таким образом, теория относительности не исключает классическую механику Ньютона, а определяет границу его применения.**

Кинематические формулы преобразования координаты и времени в специальной теории относительности называются преобразованиями Лоренца, которые были предложены в 1904 году.

Преобразования Лоренца для системы отсчета, рассмотренные на рис. 5.1, записываются в следующей форме:

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$y = y'$	$y' = y$
$z = z'$	$z' = z$
$t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$\beta = v/c$	

Релятивистский закон сложения скоростей

Из преобразований Лоренца следует ряд важных результатов и выводов по свойствам пространства и времени. Первый из них - это эффект релятивистского сокращения времени.

Представим себе, что в точке  $X$  системы  $K'$  в промежутке времени  $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ , происходил

периодический процесс. Здесь:  $t'_2$  и  $t'_1$  - показатели часов в системе отсчета  $K'$ .

Период происхождения этого процесса в системе отсчета К будет:  $\tau = t_2 - t_1$ . Используя преобразования Лоренца, напишем выражение времени  $t_2$  и  $t_1$ :

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'_2}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'_1}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}};$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5-4)$$

Значит, если  $\tau > \tau_0$  в системе, движущейся относительно неподвижной системы отсчета, течение времени замедляется.

Точно по этому принципу можно доказать, что в релятивистских системах уменьшается длина.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Здесь:  $l_0$  и  $l$  - длина тела в неподвижной и движущейся системах отсчета.

Таким образом, линейный размер тела, движущегося относительно неподвижного наблюдателя, укорачивается. Этот релятивистский эффект называется сокращением длины по Лоренцу. Один из важных результатов, вытекающих из преобразования Лоренца, это релятивистский закон сложения скоростей.

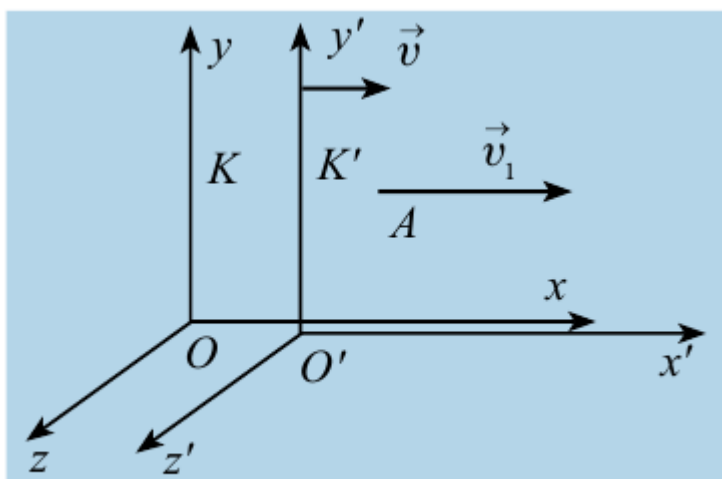


Рис. 5.2.

Представим себе, что тело движется со скоростью  $v_1$  по оси  $x'$  в подвижной системе отсчета  $K'$ . В свою очередь система отсчета  $K'$  движется со скоростью  $v$  относительно неподвижной системы отсчета. В ходе движения оси  $x$  и  $x'$  совпадают, а оси  $y$  и  $y'$ ,  $z$  и  $z'$  взаимно параллельные (рис. 5.2).

Если скорость тела относительно системы отсчета К' будет  $v_1$ , и

относительно системы отсчета К будет  $v_2$ , тогда релятивистский закон сложения скоростей пишется в следующем виде:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}} \quad (5-5)$$

Если скорость намного меньше, чем скорость света,  $v \ll c, v_1 \ll c$ , тогда членом

$$\frac{v_1 + v}{c^2} \text{ можно пренебречь, } \frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0.$$

При этом релятивистский закон сложения скоростей

превратится в закон сложения скорости в классической механике:  $v_2 = v_1 + v$

Если  $v_1 = c$ , тогда согласно постулатам Эйнштейна должно быть  $v_2 = c$ . На самом

$$v = \frac{c + v}{1 + \frac{c \cdot v}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c.$$

деле:

Зависимость массы от скорости

Принцип относительности Эйнштейна объясняет инвариантность всех законов природы при переходе из одной системы отсчета в другую систему отсчета. Это означает, что формулы, выражающие все законы природы, относительно преобразований Лоренца, должны быть инвариантными. Однако уравнения механики Ньютона оказались неинвариантными в отношении преобразований Лоренца. При малых скоростях второй закон Ньютона пишется в виде:

$$m \vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}. \quad \text{Если } m \vec{v} = \vec{p} \text{ импульс тела, тогда } m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p} \text{ является}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}.$$

изменением импульса тела, и можно было записать:

В этих формулах, в

частности в  $m \vec{v} = \vec{p}$  масса рассматривалась как постоянная. Что интересно, при больших скоростях это уравнение также не меняет свою форму. При больших скоростях меняется только

масса. Если масса тела в покое  $m_0$ , то масса тела  $m$  при скорости движения  $v$  определяется по формуле:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \text{ где } \beta = \frac{v}{c}. \quad (5-6)$$

На рисунке 5.3 приводится график зависимости массы от скорости. При скорости тела  $\vec{v}$  будет намного меньше

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

скорость света, член

от единицы очень мало отличается и будет:  $m \approx m_0$ .

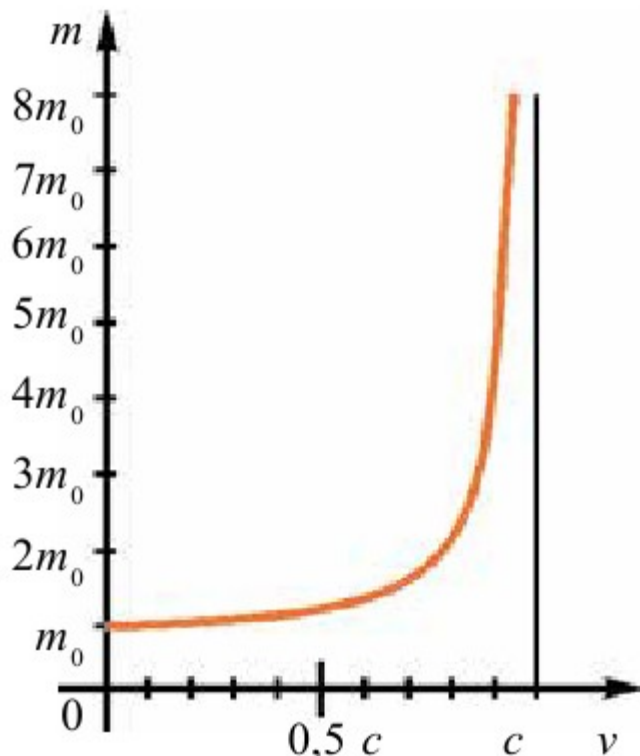


Рис. 5.3.

Таким образом, как описал Ньютон, масса тела не зависит от скорости и импульс тела зависят от его скорости.

В релятивистской механике закон сохранения энергии выполняется, как и в классической

механике. Кинетическая энергия тела  $E_k$  равна работе для изменения его скорости или

выполненной работе внешних сил для передачи скорости, т.е.  $\Delta E_k = E_k = A$ . Когда

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m v^2,$$

$$\Delta m = m - m_0,$$

кинетическая энергия увеличится на

масса изменится на

$$\Delta m = \frac{\Delta E_k}{c^2}.$$

будет равна:

Выражение общей энергии тела на основе теории относительности Эйнштейн вывел в следующем виде:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5-7)$$

Значит, полная энергия тела или системы тел в релятивистской механике равна произведению массы  $m$  при движении и квадрата скорости света. Это является формулой Эйнштейна и называется законом взаимосвязи массы и энергии.

Полная энергия тела равна  $E = m_0 c^2 + E_k$ , здесь,  $E_k$  - кинетическая энергия

тела,  $E_0 = m_0 c^2$  - энергия тела в покое.

При превращении частицы, имеющей массу покоя, частица с массой покоя  $m_0 = 0$ , ее энергия покоя превращается в кинетическую энергию вновь созданных частиц. Это и есть доказательство того, что частица или тела имеют энергию покоя.

В теории относительности кинетическая энергия тела определяется из следующего:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5-8)$$

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{и} \quad E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Из формулы можно определить связь между энергией и импульсом. Эту формулу запишем в следующем виде:

$$\left( \frac{p}{m_0 c} \right)^2 = \frac{\frac{v^2}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad \left( \frac{E}{m_0 c^2} \right)^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (5-9)$$

Из этих уравнений можно вывести формулу:  $E^2 = (m_0 c^2)^2 + (p \cdot c)^2$ . Отсюда можно сделать вывод. Если тело или частица находится в покое, их импульс равен  $p = 0$  и тогда полная энергия

$E^2 = E_0^2 = (m_0 c^2)^2$   
равна энергии покоя.

Из этой формулы следует, что если частица не имеет массы покоя ( $m_0 = 0$ ), она может иметь энергию и импульс, т.е.  $E = p \cdot c$ . Такие частицы называются частицами, не имеющими массы покоя.

Примером таких частиц можно привести фотон. Масса покоя фотона равна нулю, но имеет и импульс, и энергию. Частицы, лишённые массы покоя в состоянии покоя не существуют, и они во всех инерциальных системах отсчёта движутся с ограниченными скоростями  $c$ .

Пример решения задачи №1

В противоположном направлении от Земли движутся два космических корабля. Их скорость движения относительно Земли равна  $0,5c$ . Найдите скорость первого корабля относительно второго корабля?

$$v_1 = 0,5c$$

Дано:  $v_2 = -0,5c$  Найти:  $v_{\text{отн}} = ?$

$$v_{\text{отн}} = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$$

Формула:

$$v_{\text{отн}} = \frac{0,5c - (-0,5c)}{1 - \frac{0,5c \cdot (-0,5c)}{c^2}} = \frac{c}{1,25} = 0,8c.$$

Решение:

*Ответ:  $0,8c$ .*

*Задачи для решения*

17.1 При какой относительной скорости  $v$  движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?

17.2 Какую скорость  $v$  должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в 2 раза?

17.3 Мезоны космических лучей достигают поверхности Земли с самыми разнообразными скоростями. Найти релятивистское сокращение размеров мезона, скорость которого равна 95% скорости света.

17.4 Во сколько раз увеличивается продолжительность существования нестабильной частицы по часам неподвижного наблюдателя, если она начинает двигаться со скоростью, составляющей 99% скорости света?

17.5 Мезон, входящий в состав космических лучей, движется со скоростью, составляющей 95 % скорости света. Какой промежуток времени  $\Delta t$  по часам неподвижного наблюдателя соответствует одной секунде "собственного времени" мезона?

17.6 На сколько увеличится масса  $\alpha$ -частицы при ускорении ее от начальной скорости, равной нулю, до скорости, равной  $0,9c$  скорости света?

- 17.7 Найти отношение  $e/m$  заряда электрона к его массе для скоростей: а)  $v \ll c$ ; б)  $v=2 \cdot 10^8$  м/с; в)  $v=2,2 \cdot 10^8$  м/с; г)  $v=2,4 \cdot 10^8$  м/с; д)  $v=2,6 \cdot 10^8$  м/с; е)  $v=2,8 \cdot 10^8$  м/с. Составить таблицу и построить графики зависимостей  $m$  и  $e/m$  от величины  $\beta=v/c$  для указанных скоростей.
- 17.8 При какой скорости  $v$  масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя?
- 17.9 До какой энергии  $W_k$  можно ускорить частицы в циклотроне, если относительное увеличение массы частицы не должно превышать 5%? Задачу решить для: а) электронов; б) протонов; в) дейтронов.
- 17.10 Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти электрон, чтобы его скорость составила 95% скорости света?
- 17.11 Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти протон, чтобы его продольные размеры стали меньше в 2 раза?
- 17.12 Найти скорость  $v$  мезона, если его полная энергия в 10 раз больше энергии покоя.
- 17.13 Какую долю  $\beta$  скорости света должна составлять скорость частицы, чтобы ее кинетическая энергия была равна ее энергии покоя?
- 17.14 Синхрофазотрон дает пучок протонов с кинетической энергией  $W_k=10$  ГэВ. Какую долю  $\beta$  скорости света составляет скорость протонов в этом пучке?
- 17.15 Найти релятивистское сокращение размеров протона в условиях предыдущей задачи.
- 17.16 Циклотрон дает пучок электронов с кинетической энергией  $W_k=0,67$  МэВ. Какую долю  $\beta$  скорости света составляет скорость электронов в этом пучке?
- 17.17 Составить для электронов и протонов таблицу зависимости их кинетической энергии  $W_k$  от скорости  $v$  (в долях скорости света) для значений  $\beta$ , равных: 0,1; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,95; 0,999.
- 17.18 Масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя. Найти кинетическую энергию  $W_k$  электрона.
- 17.19 Какому изменению массы  $\Delta m$  соответствует изменение энергии на  $\Delta W=4,19$  Дж?
- 17.20 Найти изменение энергии  $\Delta W$ , соответствующее изменению массы на  $\Delta m=1$  а. е. м
- 17.21 Найти изменение энергии  $\Delta W$ , соответствующее изменению массы  $\Delta m=m_e$ .
- 17.22 Найти изменение массы  $\Delta m$ , происходящее при образовании  $\nu=1$  моль воды, если реакция образования воды такова:  $2H_2 + O_2=2H_2O + 5,75 \cdot 10^5$  Дж.
- 17.23 При делении ядра урана  $^{235}_{92}U$  освобождается энергия  $W=200$  МэВ. Найти изменение массы  $\Delta m$  при делении  $\nu=1$  моль урана.
- 17.24 Солнце излучает поток энергии  $P=3,9 \cdot 10^{26}$  Вт. За какое время  $\tau$  масса Солнца уменьшится в 2 раза? Излучение Солнца считать постоянным

*Практическое занятие 42*  
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ»  
*Задачи к практическому занятию*

**Скорость света. Дисперсия света**

- №1. Чему равна скорость света, если расстояние от Луны до Земли, примерно равное  $3,84 \cdot 10^5$  км, он проходит за 1,28 с?
- №2. Меняются ли длина волны и частота колебаний в световом излучении при переходе луча из вакуума в какую-либо другую среду?
- №3. Известно, что человек воспринимает излучение с частотой от  $4 \cdot 10^{14}$  Гц до  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц как световое. Определите интервал длин волн электромагнитного излучения в вакууме, вызывающего у человека световое ощущение.
- №4. В глаз человека проникает электромагнитное излучение частотой  $9,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Воспримет ли человек это излучение как свет? Какова длина волны этого излучения в вакууме?
- №5. Длина волны желтого света в вакууме равна 0,589 мкм. Какова частота колебаний в таком световом излучении?
- №6. На опыте было установлено, что показатель преломления воды для крайних красных лучей в спектре видимого света равен 1,329, а для крайних фиолетовых — 1,344. Определите скорости распространения красных и фиолетовых лучей в воде. Какая скорость больше и на сколько?
- №7. Луч белого света падает под углом  $30^\circ$  на призму, преломляющий угол которой равен  $45^\circ$ . Определите угол между крайними лучами спектра по выходе из призмы, если показатель преломления стекла призмы для крайних лучей спектра равен 1,52 и 1,67.

**Интерференция света**

- №1. Можно ли для определения длины световой волны использовать явление отражения и преломления света?
- №2. Почему для получения интерференционной картины в пленках они должны быть тонкими?
- №3. При освещении тонкой пленки параллельными белыми лучами наблюдается радужная окраска пленки. Чем это можно объяснить?
- №4. Почему масляные пятна на поверхности воды имеют радужную окраску?
- №5. При освещении пленки монохроматическим светом в одних местах видны светлые пятна, а в других — темные. Чем это можно объяснить?
- №6. Тонкая пленка толщиной 0,5 мкм освещена желтым светом с длиной волны 590 нм. Какой будет казаться эта пленка в проходящем свете, если показатель преломления вещества пленки равен 1,48, а лучи направлены перпендикулярно поверхности пленки? Что будет происходить с окраской пленки, если ее наклонять относительно лучей света?
- №7. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при ее освещении светом с длиной волны 750 нм, перпендикулярным поверхности пластинки, она в отраженном свете казалась: а) красной, б) черной?
- №8. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 2 мкм. Определите, усилится или ослабится свет в этой точке, если в нее приходят: а) красные лучи с длиной волны 760 нм; б) желтые лучи с длиной волны 600 нм; в) фиолетовые лучи с длиной волны 400 нм.
- №9. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 8,6 м. Наблюдение

ведется в отраженном свете. Измерениями установлено, что радиус четвертого темного кольца (считая центральное темное пятно нулевым)  $r_4 = 4,5$  мм. Найдите длину волны падающего света.

№10. Для измерения толщины волоса его положили на стеклянную пластинку и сверху прикрыли другой пластинкой. Расстояние от волоса до линии соприкосновения пластинок, которой он параллелен, оказалось равным 20 см. При освещении пластинок красным светом с длиной волны 750 нм на 1 см длины оказалось восемь полос. Определите толщину волоса.

№11. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло ( $\lambda_1 = 631$  нм). Расстояние между соседними красными полосами при этом равно 3 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло ( $\lambda_2 = 400$  нм). Найдите расстояние между соседними синими полосами. Считайте, что за время измерений форма пленки не меняется и свет падает перпендикулярно к поверхности пленки.

№12. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. При наблюдении интерференционных полос в отраженном свете ртутной дуги ( $\lambda = 546,1$  нм) оказалось, что расстояние между пятью полосами 2 см. Найдите угол клина. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды равен 1,33.

### **Дифракция; поляризация света**

№1. Почему радиоволны огибают здания, а световые волны, также являющиеся электромагнитными, нет?

№2. Почему красный свет рассеивается туманом меньше, чем свет другого цвета?

№3. Почему в центральной части спектра, полученного на экране при освещении дифракционной решетки белым светом, всегда наблюдается белая полоса?

№4. Расстояние между экраном и дифракционной решеткой, имеющей 125 штрихов на 1 мм, равно 2,5 м. При освещении решетки светом с длиной волны 420 нм на экране видны синие линии. Определите расстояние от центральной линии до первой линии на экране.

№5. Дифракционная решетка, постоянная которой равна 0,004 мм, освещается светом с длиной волны 687 нм. Под каким углом к решетке нужно проводить наблюдение, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?

№6. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 нм второй спектр виден под углом  $15^\circ$ .

№7. При освещении дифракционной решетки светом с длиной волны 627 нм на экране получились полосы, расстояние между которыми оказалось равным 39,6 см. Зная, что экран расположен на расстоянии 120 см от решетки, найдите постоянную решетки.

№8. Какое число штрихов на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ( $\lambda = 546,1$  нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом  $19^\circ 8'$ ?

№10. Найдите наибольший порядок спектра для желтой линии натрия ( $\lambda = 589$  нм), если постоянная дифракционной решетки равна 2 мкм.

№11. На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр, падает плоская монохроматическая волна. Длина волны 500 нм. Определите наибольший порядок спектра, который можно наблюдать при нормальном падении лучей на решетку.

### *Практическое занятие 43*

#### Источники света и спектральные приборы Теоретическая часть

Мякишев Г. Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В. М. Физика. Учебник для образовательных организаций М.: Просвещение, 2019. С. 246 – 258.

Тепловое излучение – это излучение нагретых тел.

Электролюминесценция - это свечение, сопровождающее разряд в газе.

Катодолюминесценция - это свечение твердых тел, вызванное бомбардировкой их электронами.

Хемилюминесценция - это свечение, которое возникает при выделении энергии в некоторых химических реакциях. Фотолуминесценция - это свечение тела непосредственно под воздействием падающего на него излучения.

Спектральная плотность потока излучения  $I(\nu)$  - интенсивность излучения, приходящаяся на единицу частотного интервала.

Спектры излучения представляют собой набор частот или длин волн, которые содержатся в излучении вещества.

Непрерывный (или сплошной) спектр - это спектр, в котором представлены волны всех длин волн в данном диапазоне.

Линейчатый спектр - это спектр, представляющий собой цветные линии различной яркости, разделённые широкими тёмными полосами.

Полосатый спектр представляет собой спектр, состоящий из отдельных полос, разделённых темными интервалами.

Темными линиями на фоне непрерывного спектра являются линии поглощения, которые вместе образуют спектр поглощения.

Спектральный анализ - это метод определения химического состава вещества по его спектру.

Шкала электромагнитных волн: низкочастотное излучение; радиоизлучение; инфракрасные лучи; видимый свет; ультрафиолетовые лучи; рентгеновские лучи;  $\gamma$ -излучение.

**Спектральный анализ.** Явление дисперсии используется в науке и технике в виде метода определения состава вещества, получившего название спектрального анализа. В основе этого метода лежит изучение света, излучаемого или поглощаемого веществом. ***Спектральным анализом** называется метод изучения химического состава вещества, основанный на исследовании его спектров.*

Получение и анализ спектров играют большую роль в теоретической и прикладной оптике, астрономии, криминалистике и т. д.

Ни один из источников света не даёт монохроматического света, т. е. света строго определенной длины волны. В этом нас убеждают опыты по разложению света в спектр с помощью призмы, а также опыты по интерференции и дифракции. Та энергия, которую несет с собой свет от источника, определенным образом распределена между волнами всех длин, входящих в состав светового пучка. Можно сказать, что энергия распределена по частотам, так как между длиной волны и частотой существует простая связь:

$$\lambda\nu=c.$$

Полагаться на глаз при оценке распределения энергии нельзя, так как глаз обладает избирательной чувствительностью к свету (максимум его чувствительности лежит в желто-зеленой области спектра).

**Спектральные аппараты.** Для получения и исследования спектров используют спектральные аппараты. Наиболее простые – призма и дифракционная решетка. Более точные – спектроскоп и спектрограф.

*Спектроскопом называется прибор, с помощью которого визуально исследуется спектральный состав света, испускаемого некоторым источником.*

*Спектрографом называется прибор, которым спектр регистрируется на фотопластинке.*

Принцип действия прибора основан на явлении дисперсии.

**Дисперсия** – зависимость показателя преломления света от длины волны или частоты.

**Спектры излучения.** Спектральный состав излучения у различных веществ имеет весьма разнообразный характер. Однако все спектры делятся на три типа: а) сплошной спектр; б) линейчатый спектр; полосатый спектр.

**а) Сплошной спектр (непрерывный) спектр.** Накаленные твердые и жидкие тела и газы (при большом давлении) испускают свет, разложение которого дает сплошной спектр, в котором спектральные цвета непрерывно переходят один в другой.

Сплошные спектры одинаковы для разных веществ, и поэтому их нельзя использовать для определения состава вещества.

**б) Линейчатый спектр.** Возбужденные атомы разреженных газов или паров испускают свет, разложение которого дает линейчатый спектр, состоящий из отдельных цветных линий. Каждый химический элемент имеет характерный для него линейчатый спектр. Атомы таких веществ не взаимодействуют друг с другом и излучают свет только определенных длин волн.

Изолированные атомы данного химического элемента излучают строго

определенные длины волн. Это позволяет по спектральным линиям судить о химическом составе источника света.

**в) Полосатый спектр.** Спектр молекулы состоит из большого числа отдельных линий, сливающихся в полосы, четкие с одного края и размытые с другого. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом. Серии очень близких линий группируются на отдельных участках спектра и заполняют целые полосы.

В 1860 г. немецкие ученые Г. Кирхгоф и Р. Бунзен, изучая спектры металлов, установили следующие факты:

- 1) каждый металл имеет свой спектр;
- 2) спектр каждого металла строго постоянен;
- 3) яркость линий зависит от концентрации элемента в данном веществе.

**4. Спектры поглощения.** Если белый свет от источника, дающего сплошной спектр, пропускается через пары исследуемого вещества и затем разлагается в спектр, то на фоне сплошного спектра наблюдаются темные линии поглощения в тех же самых местах, где находились бы линии спектра испускания паров исследуемого элемента. Такие спектры получили название спектров поглощения.

*Атомы поглощают излучение лишь тех длин волн, которые они могут испускать при данной температуре.*

**Применение спектрального анализа.** Наблюдая спектры, ученые получили возможность «заглянуть» внутрь атома.

С помощью спектрального анализа можно обнаружить данный элемент в составе сложного вещества, если даже его масса не превышает  $10^{-10}$  г. Линии, присущие данному элементу, позволяют качественно судить о его наличии. Яркость линий дает возможность (при соблюдении стандартных условий возбуждения) количественно судить о наличии того или иного элемента. Спектральный анализ можно проводить и по спектрам поглощения. Именно линии поглощения в спектре Солнца и звезд позволяют исследовать химический состав этих небесных тел.

В астрофизике по спектрам можно определить многие физические характеристики объектов: температуру, давление, скорость движения, магнитную индукцию и др.

Основные направления применения спектрального анализа таковы:

1. физико-химические исследования;
2. машиностроение, металлургия;
3. атомная индустрия;
4. астрономия, астрофизика,
5. криминалистика.

#### Вопросы к практическому занятию

1. Каковы виды излучения и их источники
2. Назовите спектры химических веществ, спектральный анализ;
3. Каково практическое применение спектрального анализа;
4. Что такое спектральный аппарат;
5. Что такое шкала электромагнитных излучений
6. Что понимают под спектром?
7. Чем отличается спектр, полученный с помощью дифракционной решетки, от спектра, полученного с помощью трехгранной призмы
8. Какой спектр дает раскаленный кусок железа? Расплавленное железо? Пары железа?
9. Является ли спектр лампы накаливания непрерывным?

#### *Практическое занятие 44*

Атомная физика. Физика атомного ядра

#### *Теоретическая часть*

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §69-73 (стр.260-278)

#### *1. Вопросы к практическому занятию*

1. Чему равна постоянная Планка?
2. В чем состоят основные законы фотоэффекта?
3. Какие факты свидетельствуют о наличии у света корпускулярных свойств?
4. Что такое красная граница фотоэффекта?
5. Как определить энергию, массу и импульс фотона, зная частоту световой волны?
6. Что понимается под словами корпускулярно-волновой дуализм?
7. Почему отрицательно заряженные частицы атома не оказывают заметного влияния на рассеяние  $\alpha$ -частиц?
8. Почему  $\alpha$ -частицы не могли бы рассеиваться на большие углы, если бы положительный заряд атома был распределен по всему его объему?

9. Почему планетарная модель атома не согласуется с законами классической физики?
10. В чем заключаются противоречия между постулатами Бора и законами классической механики и классической электродинамики?
11. Какое излучение наблюдается при переходах электрона в атоме водорода на второй энергетический уровень?
12. Чем отличается излучение лазера от излучения лампы накаливания?
13. Перечислите основные применения лазеров.
14. Почему выяснить природу  $\alpha$ -лучей оказалось гораздо сложнее, чем в случае  $\beta$ -лучей?
15. Счетчик регистрирует  $\beta$ -частицы радиоактивного препарата очень малой интенсивности. Происходят ли срабатывания счетчика через одинаковые интервалы времени?
16. Существуют ли изотопы у бария, относительная атомная масса которого 137,34?
17. Каковы главные особенности ядерных сил?
18. Что называют энергетическим выходом ядерной реакции?
19. В чем главное отличие ядерных реакций на нейтронах от ядерных реакций, вызываемых заряженными частицами?
- 20.

### 3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский № 1-2 (стр.200); № 1-2 (стр.262); № 1-2 (стр.265), № 1-3 (стр.275); № 1-2 (стр.278); № 1-2 (стр.284), № 1-2 (стр.291); №1 (стр.299); №1 (стр.301); №1 (стр.302); №1 (стр.305); № 1-2 (стр.309); № 1-3 (стр.311); № 1-2 (стр.316); № 1-2 (стр.320); № 1-2 (стр.322); № 1-2 (стр.330).

№1. Имеется ли какая-нибудь связь между частотой движения электрона вокруг ядра атома водорода и частотой его излучения? Определите частоту и период обращения электрона для первой и второй орбит.

№2. Как по теории Бора объясняется совпадение спектров испускания и спектров поглощения паров и газов?

№3. Зависит ли спектр испускания атомов от степени их ионизации?

№4. Может ли атом водорода поглотить фотон, энергия которого превосходит энергию связи атома?

№5. Рассчитайте, на какое наименьшее расстояние  $\alpha$ -частица, имеющая скорость  $1,9 \cdot 10^7$  м/с, может приблизиться к ядру атома золота, двигаясь по прямой, проходящей через центр ядра. Масса  $\alpha$ -частицы  $6,6 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд  $\alpha$ -частицы  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл, заряд ядра золота  $1,3 \cdot 10^{-17}$  Кл.

№6. Сколько квантов с различной энергией могут испускать атомы водорода, если их электроны находятся на третьем возбужденном уровне? Схема энергетических уровней атома водорода приведена на рисунке 244.

№7. Определите частоту излучения атомов водорода при переходе электронов со второй орбиты на первую.

№8. Чему равен потенциал ионизации атома водорода, находящегося в основном состоянии?

№9. Под действием бомбардирующих электронов с кинетической энергией 1,892 эВ водород светится. Какого цвета линия получена в спектре?

№10. Определите длину волны излучения атомов водорода при переходе с четвертой орбиты на вторую. Какому цвету соответствует это излучение?

№11. При электрическом разряде в трубке, наполненной криптоном-86, излучаются световые кванты, соответствующие разности энергий двух состояний атома  $E_2 - E_1 = 3,278 \cdot 10^{-19}$  Дж. Найдите цвет и длину волны этого излучения, принятую сейчас во всем мире в качестве естественного эталона единицы длины.

№12. При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ.

Какова длина волны излучения, которое испускают пары ртути при переходе атомов в основное состояние?

№13. Для ионизации атома кислорода необходима энергия около 14 эВ. Найдите частоту излучения, которое может вызвать ионизацию.

№14. Для однократной ионизации атома неона требуется энергии 21,6 эВ, для двукратной ионизации—41 эВ, для трехкратной —64 эВ. Какую степень ионизации можно получить, облучая неон рентгеновскими лучами, наименьшая длина волны которых равна 25 нм?

№15. При освещении гелия рентгеновскими лучами с длиной волны  $10^{-10}$  м происходит ионизация гелия. Зная, что энергия ионизации гелия равна 24,5 эВ, определите скорость электрона, покидающего атом гелия. Начальной кинетической энергией электрона можно пренебречь.

### *Практическое занятие 45*

#### *Законы радиоактивного распада*

##### *Теоретическая часть*

Физика. 11 класс : / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский §99-101 (стр.293-299), §105 (стр.303-306), §107-111 (стр.312-324)

#### *Вопросы к практическому занятию.*

1. Закон радиоактивного распада.
2. Что такое период полураспада?

#### *Задачи к практическому занятию*

На занятии рассматриваются:

Физика. 11 класс: / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский упр. 14, стр. 330-331. № 1-7.

№1. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

№2. Сколько процентов радиоактивных ядер кобальта останется через месяц, если период полураспада равен 71 дню?

№3. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Найдите период полураспада.

№4. Какая часть атомов радиоактивного кобальта  $^{58}_{27}\text{Co}$  распадается за 20 суток, если период полураспада равен 72 суткам. Сколько времени понадобится, чтобы распалась такая же часть ядер изотопа  $^{60}_{27}\text{Co}$ , период полураспада которого составляет 5,3 года?

№5. Сколько атомов радона распадается за 1 сутки из 106 атомов?

№6. При длительной работе атомного реактора в тепловыделяющих элементах накапливается значительное количество радиоактивных изотопов различных химических элементов. Среди них изотопы йода  $^{131}_{53}\text{I}$ ,  $^{133}_{53}\text{I}$ ,  $^{135}_{53}\text{I}$ . Периоды полураспада этих изотопов равны соответственно 8 сут, 20 ч и 7 ч. При аварии на Чернобыльской АЭС выброс этих изотопов составил значительную долю от общего количества. Определите, какая доля ядер каждого из изотопов йода распалась к концу первого месяца после аварии на Чернобыльской АЭС.

№7. Среди радиоактивных загрязнений, вызванных аварией на Чернобыльской АЭС, наиболее опасными являются долгоживущие продукты деления, такие, как стронций-90 и цезий-137. Вычислите, сколько времени должно пройти к моменту, когда активность этих загрязнений уменьшится в 10 раз. Периоды полураспада  $^{90}_{38}\text{Sr}$  — 28 лет,  $^{137}_{55}\text{Cs}$  — 30 лет.

### *Практическое занятие 46*

#### *Радиоактивные превращения*

##### *1. Теоретическая часть*

2. Вопросы к практическому занятию

1. Ядерные реакции.
2. Правила Содди и Фаянса.
3. Закон радиоактивного распада.
4. Энергия связи ядер атомов??
5. Что такое дефект массы?
6. Что такое период полураспада?
7. Опишите действие радиоактивных излучений на человека.
8. Что такое радиоактивные изотопы и где их используют.

3. Задачи к практическому занятию

На занятии рассматриваются:

Физика. 11 класс: / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский упр. 14, стр. 330-331. № 1-7.

- №1. Почему радиоактивные препараты хранят в толстостенных свинцовых контейнерах?
- №2. Каковы преимущества кобальтовой пушки перед рентгеновской установкой при обнаружении дефектов внутри изделий?
- №3. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании  $\gamma$ -лучей его ядрами?
- №4. Чем обусловлена потеря энергии  $\alpha$ -частицами при их движении в воздухе?
- №5. При изучении излучения радиоактивного препарата были обнаружены  $\alpha$ -частицы с двумя различными длинами пробега. Какое заключение можно сделать из этого факта?
- №6. Найдите число протонов и нейтронов, входящих в состав трех изотопов магния:
- №7. Какой изотоп образуется из  ${}^{83}\text{Li}$  после одного  $\beta$ -распада и одного  $\alpha$ -распада?
- №8. Какой изотоп образуется из  ${}^{239}\text{U}$  после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?
- №9. Во что превращается изотоп тория  ${}^{234}\text{Th}$ , ядра которого претерпевают три последовательных  $\alpha$ -распада?
- №10. В какой элемент превращается  ${}^{210}\text{Pb}$  после трех последовательных  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?
- №11. Какой изотоп образуется из  ${}^{238}\text{U}$  после трех  $\alpha$ -распадов и двух  $\beta$ -распадов?
- №12. Ядра изотопа  ${}^{232}\text{Th}$  претерпевают  $\alpha$ -распад, два  $\beta$ -распада и еще один  $\alpha$ -распад. Какие ядра получаются после этого?
- №13. Ядро изотопа  ${}^{213}\text{Bi}$  получилось из другого ядра после последовательных  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Что это за ядро?
- №14. Ядро  ${}^{216}\text{Po}$  образовалось после двух последовательных  $\alpha$ -распадов. Из какого ядра получилось ядро полония?

*Практическое занятие 47*

Энергия ядерных реакций

Теоретическая часть

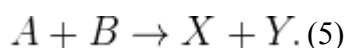
**Энергетический выход ядерной реакции**

Обсуждая энергию связи, мы видели, что в результате ядерных процессов масса системы частиц не остаётся постоянной. Это, в свою очередь, приводит к тому, что кинетическая энергия продуктов ядерной реакции отличается от кинетической энергии исходных частиц.

Прежде всего напомним, что полная энергия  $E$  частицы массы  $m$  складывается из её энергии покоя  $mc^2$  и кинетической энергии  $K$ :

$$E = mc^2 + K.$$

Пусть в результате столкновения частиц  $A$  и  $B$  происходит ядерная реакция, продуктами которой служат частицы  $X$  и  $Y$ :



Полная энергия системы частиц сохраняется:

$$E_A + E_B = E_X + E_Y,$$

то есть

$$(m_A c^2 + K_A) + (m_B c^2 + K_B) = (m_X c^2 + K_X) + (m_Y c^2 + K_Y). (6)$$

Кинетическая энергия исходных частиц равна  $K_A + K_B$ . Кинетическая энергия продуктов реакции равна  $K_X + K_Y$ . *Энергетический выход*  $Q$  ядерной реакции — это разность кинетических энергий продуктов реакции и исходных частиц:

$$Q = (K_X + K_Y) - (K_A + K_B).$$

Из (6) легко получаем:

$$Q = (m_A + m_B - m_X - m_Y)c^2. (7)$$

Если  $Q > 0$ , то говорят, что реакция идёт *с выделением энергии*: кинетическая энергия продуктов реакции *больше* кинетической энергии исходных частиц. Из (7) мы видим, что в этом случае суммарная масса продуктов реакции *меньше* суммарной массы исходных частиц.

Если же  $Q < 0$ , то реакция идёт *с поглощением энергии*: кинетическая энергия продуктов реакции *меньше* кинетической энергии исходных частиц. Суммарная масса продуктов реакции в этом случае *больше* суммарной массы исходных частиц.

#### Задачи для практического занятия

- №1. Нейтрон сталкивается с неподвижным ядром атома водорода, атома углерода, атома свинца. Какую часть своей скорости потеряет нейтрон при ударе в каждом случае?
- №2. Для замедления быстрых нейтронов можно использовать, например, тяжелую воду или углерод. В каком из этих замедлителей нейтрон испытывает большее число столкновений, пока его скорость не снизится до тепловой?
- №3. Почему нейтроны легче проникают в ядра атомов, чем другие частицы?
- №4. Найдите энергию связи ядер  ${}^{42}\text{He}$ ,  ${}^{73}\text{Li}$ ,  ${}^{2713}\text{Al}$ .
- №5. Найдите энергию связи ядер  ${}^{31}\text{H}$  и  ${}^{32}\text{He}$ . Какое из этих ядер более устойчиво?
- №6. Найдите удельную энергию связи ядра дейтерия.
- №7. Найдите удельную энергию связи ядер атомов следующих элементов и по полученным данным постройте диаграмму зависимости удельной энергии связи от массового числа.
- №8. Напишите ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке бора  ${}^{115}\text{B}$   $\alpha$ -частицами и сопровождаемую выделением нейтронов.
- №9. При бомбардировке изотопа алюминия  ${}^{2713}\text{Al}$   $\alpha$ -частицами получается радиоактивный изотоп фосфора  ${}^{3015}\text{P}$ , который затем распадается с выделением позитрона. Напишите уравнения обеих реакций.

№10. При бомбардировке ядер железа  $^{56}_{26}\text{Fe}$  нейтронами образуется  $\beta$ -радиоактивный изотоп марганца с массовым числом 56. Напишите реакцию получения искусственного радиоактивного марганца и реакцию происходящего с ним  $\beta$ -распада.

№11. При бомбардировке изотопа бора  $^{10}\text{B}$   $\alpha$ -частицами образуется изотоп азота-13. Какая при этом выбрасывается частица? Изотоп азота-13 является радиоактивным, дающим позитронный распад. Напишите уравнения реакций.

№12. Ядро атома бора при бомбардировке быстрыми протонами распадается на три частицы, треки которых в камере Вильсона показаны на рисунке 250. Какие это частицы? Напишите уравнение ядерной реакции.

№13. Ядерные реакции классифицируют по виду бомбардирующей ядро частицы. Какая бомбардирующая частица применялась в следующих реакциях:

№14. Часто ядерные реакции записывают в виде  $X(a,b)V$ , где  $X$  — материнское ядро,  $V$  — дочернее ядро,  $a$  — частица, вызвавшая реакцию,  $b$  — частица, образовавшаяся в результате реакции. Запишите недостающие обозначения в следующих реакциях:

№15. Найдите энергию, поглощенную или выделившуюся в результате реакций:

№16. При облучении ядер бора-11 протонами получается бериллий-8. Какие еще ядра получаются в этой реакции и сколько энергии выделяется в этой реакции?

№17. При облучении лития-7 протонами получается гелий-4. Напишите эту реакцию. Сколько энергии выделяется при такой реакции? Считая, что эта энергия распределяется поровну между двумя  $\alpha$ -частицами, найдите их скорость. Начальную кинетическую энергию протона и ядра лития принять равными нулю.

№1. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа урана-235 и имеющей КПД, равный

### *Практическое занятие 48*

#### *Ядерная энергетика*

#### *Теоретическая часть*

Ядерным реактором называется устройство, в котором осуществляется управляемая реакция деления ядер.

Ядра урана, особенно ядра изотопа  $^{235}_{92}\text{U}$ , наиболее эффективно захватывают медленные нейтроны. Вероятность захвата медленных нейтронов с последующим делением ядер в сотни раз больше, чем быстрых. Поэтому в ядерных реакторах, работающих на естественном уране, используются замедлители нейтронов для повышения коэффициента размножения нейтронов. Процессы в ядерном реакторе схематически изображены на рисунке 1. **Основные элементы ядерного реактора.** На рисунке 1 приведена схема энергетической установки с ядерным реактором.

Основными элементами ядерного реактора являются: ядерное горючее ( $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{239}_{94}\text{Pu}$  и др.), замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.), и устройство для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор — вещества, которые хорошо поглощают нейтроны). Снаружи реактор окружают защитной оболочкой, задерживающей  $\gamma$ -лучение и нейтроны. Оболочку делают из бетона с железным заполнителем.

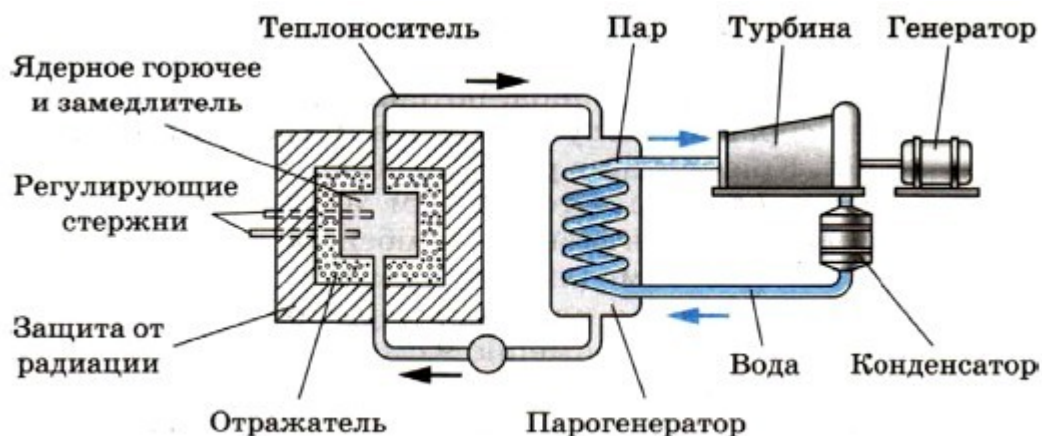


Рис. 13.16



**Ферми Энрико (1901—1954)** — великий итальянский физик, внесший большой вклад в развитие современной теоретической и экспериментальной физики. В 1938 г. эмигрировал в США. Одновременно с Дираком создал квантовую статистическую теорию электронов и других частиц (статистика Ферми — Дирака). Разработал количественную теорию  $\beta$ -распада — прототип современной квантовой теории взаимодействия элементарных частиц. Сделал ряд фундаментальных открытий в нейтронной физике. Под его руководством в 1942 г. впервые была осуществлена управляемая ядерная реакция.

Лучшим замедлителем является тяжелая вода. Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжелую воду. Хорошим замедлителем считается также графит, ядра которого не поглощают нейтроны.

Критическая масса. Коэффициент размножения  $k$  может стать равным единице лишь при условии, что размеры реактора и соответственно масса урана превышают некоторые критические значения. Критической массой называют наименьшую массу делящегося вещества, при которой еще может протекать цепная ядерная реакция.

При малых размерах слишком велика утечка нейтронов через поверхность активной зоны реактора (объем, в котором располагаются стержни с ураном).

С увеличением размеров системы число ядер, участвующих в делении, растет пропорционально объему, а число нейтронов, теряемых вследствие утечки, увеличивается пропорционально площади поверхности. Поэтому, увеличивая размеры системы, можно достичь значения коэффициента размножения  $k \approx 1$ . Система будет иметь критические размеры, если число нейтронов, потерянных вследствие захвата и утечки, равно числу нейтронов, полученных в процессе деления. Критические размеры и соответственно критическая масса определяются типом ядерного горючего, замедлителем и конструктивными особенностями реактора.

Для чистого (без замедлителя) урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , имеющего форму шара, критическая масса примерно равна 50 кг. При этом радиус шара равен примерно 9 см (уран очень тяжелое вещество). Применяя замедлители нейтронов и отражающую нейтроны оболочку из бериллия, удалось снизить критическую массу до 250 г.

**Курчатов Игорь Васильевич (1903—1960)** — советский физик и организатор научных исследований, трижды Герой Социалистического Труда. В 1943 г. возглавлял научные работы, связанные с атомной проблемой. Под его руководством были созданы первый в Европе атомный реактор (1946) и первая советская атомная бомба (1949). Ранние работы относятся к исследованию сегнетоэлектриков, ядерных реакций, вызываемых нейтронами, искусственной радиоактивности. Открыл существование возбужденных состояний ядер с относительно большим «временем жизни».



Управление реактором осуществляется при помощи стержней, содержащих кадмий или бор. При выдвинутых из активной зоны реактора стержнях  $k > 1$ , а при полностью вдвинутых стержнях  $k < 1$ . Вдвигая стержни внутрь активной зоны, можно в любой момент времени приостановить развитие цепной реакции. Управление ядерными реакторами осуществляется дистанционно с помощью ЭВМ.

Реакторы на быстрых нейтронах. Построены реакторы, работающие без замедлителя на быстрых нейтронах. Так как вероятность деления, вызванного быстрыми нейтронами, мала, то такие реакторы не могут работать на естественном уране.

Реакцию можно поддерживать лишь в обогащенной смеси, содержащей не менее 15% изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$ . Преимущество реакторов на быстрых нейтронах в том, что при их работе образуется значительное количество плутония, который затем можно использовать в качестве ядерного топлива. Эти реакторы называются *реакторами-размножителями*, так как они воспроизводят делящийся материал. Строятся реакторы с коэффициентом воспроизводства до 1,5. Это значит, что в реакторе при делении 1 кг изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$  получается до 1,5 кг плутония. В обычных реакторах коэффициент воспроизводства 0,6—0,7.

Первые ядерные реакторы. Впервые цепная ядерная реакция деления урана была осуществлена в США коллективом ученых под руководством Энрико Ферми в декабре 1942 г.

В нашей стране первый ядерный реактор был запущен 25 декабря 1946 г. коллективом физиков, который возглавлял наш замечательный ученый Игорь Васильевич Курчатов. В настоящее время созданы различные типы реакторов, отличающихся друг от друга как по мощности, так и по своему назначению.

В ядерных реакторах, кроме ядерного горючего, имеются замедлитель нейтронов и управляющие стержни. Выделяемая энергия отводится теплоносителем.

### Вопросы и задачи к практическому занятию

1. Что такое критическая масса?
2. Для чего в атомном реакторе используется замедлитель нейтронов?
3. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа урана-235 и имеющей КПД, равный

### Практическое занятие 49

#### Элементарные частицы

#### Теоретическая часть

Этап первый. От электрона до позитрона: 1897—1932 гг. (Элементарные частицы — «атомы Демокрита» на более глубоком уровне.)

Когда греческий физик Демокрит назвал простейшие нерасчленимые далее частицы атомами (слово атом, напомним, означает «неделимый»), то ему, вероятно, все представлялось в принципе не очень сложным. Различные предметы, растения, животные состоят из неделимых, неизменных частиц. Превращения, наблюдаемые в мире, — это простая перестановка атомов. Все в мире течет, все изменяется, кроме самих атомов, которые остаются неизменными.

Но в конце XIX в. было открыто сложное строение атомов и был выделен электрон как составная часть атома. Затем, уже в XX в., были открыты протон и нейтрон — частицы, входящие в состав атомного ядра. Поначалу на все эти частицы смотрели точно так, как Демокрит смотрел на атомы: их считали неделимыми и неизменными первоначальными сущностями, основными кирпичиками мироздания.

**Этап второй. От позитрона до кварков: 1932—1964 гг.** (Все элементарные частицы превращаются друг в друга.) Ситуация привлекательной ясности длилась недолго. Все оказалось намного сложнее: как выяснилось, неизменных частиц нет совсем. В самом слове *элементарная* заключается двойкий смысл. С одной стороны, элементарный — это само собой разумеющийся, простейший. С другой стороны, под элементарным понимается нечто фундаментальное, лежащее в основе вещей (именно в этом смысле сейчас и называют *субатомные частицы* элементарными).

Считать известные сейчас элементарные частицы подобными неизменным атомам Демокрита мешает следующий простой факт. Ни одна из частиц не бессмертна. Большинство частиц, называемых сейчас элементарными, не может прожить более двух миллионных долей секунды, даже в отсутствие какого-либо воздействия извне. Свободный нейтрон (нейтрон, находящийся вне атомного ядра) живет в среднем 15 мин.

Лишь частицы *фотон, электрон, протон и нейтрино* сохраняли бы свою неизменность, если бы каждая из них была одна в целом мире (нейтрино лишено электрического заряда, и его масса покоя, по-видимому, равна нулю).

Но у электронов и протонов имеются опаснейшие собратья — *позитроны и антипротоны*, при столкновении с которыми происходит взаимное уничтожение этих частиц и образование новых.

Фотон, испущенный настольной лампой, живет не более  $10^{-8}$  с. Это то время, которое ему нужно, чтобы достичь страницы книги и поглотиться бумагой.

Лишь нейтрино почти бессмертны, так как они чрезвычайно слабо взаимодействуют с другими частицами. Однако и нейтрино гибнут при столкновении с другими частицами, хотя такие столкновения случаются крайне редко.

Итак, в вечном стремлении к отысканию неизменного в нашем изменчивом мире ученые оказались не на «гранитном основании», а на «зыбком песке».

**Все элементарные частицы превращаются друг в друга, и эти взаимные превращения — главный факт их существования.**

Превращения элементарных частиц ученые наблюдали при столкновениях частиц высоких энергий. Представления о неизменности элементарных частиц оказались несостоятельными. Но идея об их неразложимости сохранилась. Элементарные частицы уже далее неделимы, но они неисчерпаемы по своим свойствам. Вот что заставляет так думать.

Пусть у нас возникло естественное желание исследовать, состоит ли, например, электрон из каких-либо других *субэлементарных частиц*. Что нужно сделать для того, чтобы попытаться расчлнить электрон? Можно придумать только один способ. Это тот же способ, к которому прибегает ребенок, если он хочет узнать, что находится внутри пластмассовой игрушки, — сильный удар.

Разумеется, по электрону нельзя ударить молотком. Для этого можно воспользоваться другим электроном, летящим с огромной скоростью, или какой-либо иной движущейся с большой скоростью элементарной частицей. Современные ускорители сообщают заряженным частицам скорости, очень близкие к скорости света.

Что же происходит при столкновении частиц сверхвысокой энергии? Они отнюдь не дробятся на нечто такое, что можно было бы назвать их составными частями. Нет, они рождают новые частицы из числа тех, которые уже фигурируют в списке элементарных частиц. Чем больше энергия сталкивающихся частиц, тем большее количество частиц рождается. При этом возможно появление частиц с большей массой, чем сталкивающиеся частицы. Главное, что надо отметить, — это то, что всегда выполняется закон сохранения энергии.

На рисунке 14.1 вы видите результат столкновения ядра углерода, имевшего энергию 60 млрд эВ (жирная верхняя линия), с ядром серебра фотоэмульсии. Ядро раскалывается на осколки, разлетающиеся в разные стороны. Одновременно рождается много новых элементарных частиц — пионов. Подобные реакции при столкновениях релятивистских ядер, полученных в ускорителе, впервые в мире осуществлены в лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований в г. Дубне под руководством академика А. М. Балдина. Лишенные электронной оболочки ядра были получены путем ионизации атомов углерода лазерным лучом.



Рис. 14.1

Возможно, конечно, что при столкновениях частиц с недоступной пока нам энергией будут рождаться и какие-то новые, еще неизвестные частицы. Но сути дела это не изменит. Рождаемые при столкновениях новые частицы никак нельзя рассматривать как составные части частиц-«родителей». Ведь «дочерние» частицы, если их ускорить, могут, не изменив своей

природы, породить, в свою очередь, при столкновениях сразу несколько таких же в точности частиц, какими были их «родители», да еще и множество других частиц.

Итак, по современным представлениям, элементарные частицы — это первичные, неразложимые далее частицы, из которых построена вся материя. Однако неделимость элементарных частиц не означает, что у них отсутствует внутренняя структура.

**Этап третий. От гипотезы о кварках (1964 г.) до наших дней.** (Большинство элементарных частиц имеет сложную структуру.) В 60-е гг. возникли сомнения в том, что все частицы, называемые сейчас элементарными, полностью оправдывают это название. Основание для сомнений простое: этих частиц очень много.

Открытие новой элементарной частицы всегда составляло и сейчас составляет выдающийся триумф науки. Но уже довольно давно к каждому очередному триумфу начала примешиваться доля беспокойства. Триумфы стали следовать буквально друг за другом.

Была открыта группа так называемых странных частиц: К-мезонов и гиперонов с массами, превышающими массу нуклонов. В 70-е гг. к ним прибавилась большая группа частиц с еще большими массами, названных *очарованными*.

Кроме того, были открыты короткоживущие частицы с временем жизни порядка  $10^{-22}$ — $10^{-23}$  с. Эти частицы были названы *резонансами*, и их число перевалило за двести.

Вот тогда-то (в 1964 г.) М. Гелл-Манном и Дж. Цвейгом была предложена модель, согласно которой все частицы, участвующие в сильных (ядерных) взаимодействиях, — *адроны* — построены из более фундаментальных (или первичных) частиц — *кварков*.

Кварки имеют дробный электрический заряд  $+\frac{2}{3}e$  и  $-\frac{1}{3}e$ . Протоны и нейтроны состоят из трех кварков.

В настоящее время в реальности кварков никто не сомневается, хотя в свободном состоянии они не обнаружены и, вероятно, не будут обнаружены никогда. Существование кварков доказывают опыты по рассеянию электронов очень высокой энергии на протонах и нейтронах. Число различных кварков равно шести. Кварки, насколько сейчас известно, лишены внутренней структуры и в этом смысле могут считаться истинно элементарными.

Легкие частицы, не участвующие в сильных взаимодействиях, называются *лептонами*. Их тоже шесть, как и кварков (электрон, три вида нейтрино и еще две частицы — мюон и тау-лептон с массами, значительно большими массы электрона).

### Вопросы к практическому занятию

#### 1 вариант

1. Элементарная частица пи-нуль-мезон  $\pi^0$  распадается на два  $\gamma$ -кванта. Найдите частоту  $\gamma$ -излучения, если масса покоя этой частицы равна 264,3 массам электрона.
2. Какие частицы называются элементарными?
3. Какие частицы состоят из кварков?
4. Какие частицы называются истинно нейтральными?
5. Как определить заряд частицы в камере Вильсона?
6. Каков главный факт существования элементарных частиц?

7. Перечислите все стабильные элементарные частицы.
8. Что является переносчиком гравитационного взаимодействия?
9. За счёт чего осуществляется взаимодействие между протонами и нейтронами при сильном взаимодействии?
10. Что такое кварки?
11. Какие частицы называются частицами-резонансами?
12. Записать реакцию бета-распада радиоактивных ядер, обусловленную слабым взаимодействием.
13. Что понимают под антивеществом?
14. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовались два  $\gamma$ -кванта. Под каким углом друг от друга они разлетелись? Какая частота  $\gamma$ -квантов, возникающих при указанных условиях?
15. Лептоны – это....

## 2 вариант

1. Найдите частоту  $\gamma$ -излучения, образующегося при термоядерной реакции:  
 ${}_1\text{H}^1 + {}_1\text{H}^3 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + \gamma$ , если  $\alpha$ -частица приобретает энергию 19,7 МэВ.
2. Перечислите частицы, которые в настоящее время считаются истинно элементарными.
3. Чем отличаются мезоны от барионов
4. Скорость  $\alpha$ -частицы в среднем в 15 раз меньше скорости  $\beta$ - частицы. Почему  $\alpha$  - частица слабее отклоняется магнитным полем?
5. Чем отличается частица от античастицы?
6. При аннигиляции электрона и позитрона образовались два  $\gamma$ -кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции
7. Все ли элементарные частицы имеют античастицу?
8. Какие типы фундаментальных взаимодействий вы знаете?
9. Посредством чего осуществляется электромагнитное взаимодействие между заряженными частицами и что является переносчиком взаимодействия?
10. За счёт чего происходит обмен между кварками при сильном взаимодействии?
11. Фундаментальные частицы- это...
12. Что является переносчиком слабого взаимодействия?
13. Электромагнитное и слабое взаимодействия являются проявлением единого...
14. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовались два  $\gamma$ -кванта. Под каким углом друг к другу они разлетятся? Какова длина волны  $\gamma$ -кванта?
15. На какие классы делятся все элементарные частицы?

## *Практическое занятие 50* Общая физическая картина Теоретическая часть

Физика знакомит нас с наиболее общими законами природы, управляющими течением процессов в окружающем нас мире и во Вселенной в целом.

Цель физики заключается в отыскании общих законов природы и в объяснении конкретных процессов на их основе. По мере продвижения к этой цели перед учеными постепенно вырисовывалась величественная и сложная картина единства природы. Мир представляет собой

не совокупность разрозненных, независимых друг от друга событий, а разнообразные и многочисленные проявления одного целого.

**Механическая картина мира.** Многие поколения ученых поражала и продолжает поражать величественная и цельная картина мира, которая была создана на основе механики Ньютона. Согласно Ньютону весь мир состоит «из твердых, весомых, непроницаемых, подвижных частиц». Эти «первичные частицы абсолютно тверды: они неизмеримо более тверды, чем тела, которые из них состоят, настолько тверды, что они никогда не изнашиваются и не разбиваются вдребезги». Отличаются они друг от друга главным образом количественно, своими массами. Все богатство, все качественное многообразие мира — это результат различий в движении частиц. Внутренняя сущность частиц остается на втором плане.

Основанием для такой единой картины мира послужил всеобъемлющий характер открытых Ньютоном законов движения тел. Этим законам с удивительной точностью подчиняются как громадные небесные тела, так и мельчайшие песчинки, гонимые ветром. И даже ветер — движение невидимых глазом частиц воздуха — подчиняется тем же законам. На протяжении долгого времени ученые были уверены, что единственными фундаментальными законами природы являются законы механики Ньютона. Французский ученый Лагранж считал, что «нет человека счастливее Ньютона: «...ведь только однажды одному человеку суждено построить картину мира».

Однако простая механическая картина мира оказалась несостоятельной. При исследовании электромагнитных процессов выяснилось, что они не подчиняются механике Ньютона. Дж. Максвелл открыл новый тип фундаментальных законов, которые не сводятся к механике Ньютона, — это законы поведения электромагнитного поля.

**Электромагнитная картина мира.** В механике Ньютона предполагалось, что тела непосредственно через пустоту действуют друг на друга и эти взаимодействия осуществляются мгновенно (теория дальнего действия). После создания электродинамики представления о силах существенно изменились. Каждое из взаимодействующих тел создает электромагнитное поле, которое с конечной скоростью распространяется в пространстве. Взаимодействие осуществляется посредством этого поля (теория близко- действия).

Электромагнитные силы чрезвычайно широко распространены в природе. Они действуют в атомном ядре, атоме, молекуле, между отдельными молекулами в макроскопических телах. Это происходит потому, что в состав всех атомов входят электрически заряженные частицы. Действие электромагнитных сил обнаруживается и на очень малых (ядро), и на космических (электромагнитное излучение звезд) расстояниях.

Развитие электродинамики привело к попыткам построить *единую электромагнитную картину мира*. Все события в мире по этой картине управляются законами электромагнитных взаимодействий.

Кульминации электромагнитная картина мира достигла после создания специальной теории относительности. Было понято фундаментальное значение конечности скорости распространения электромагнитных взаимодействий, создано новое учение о пространстве и времени, найдены релятивистские уравнения движения, заменяющие уравнения Ньютона при больших скоростях.

Если во времена расцвета механической картины мира делались попытки свести электромагнитные явления к механическим процессам в особой среде (мировом эфире), то

теперь уже стремились, наоборот, вывести законы движения частиц из электромагнитной теории. Частицы вещества пытались рассматривать как «сгустки» электромагнитного поля. Однако свести все процессы в природе к электромагнитным не удалось. Уравнения движения частиц и закон гравитационного взаимодействия не могут быть выведены из теории электромагнитного поля. Кроме того, были открыты электрически нейтральные частицы и новые типы взаимодействий. Природа оказалась сложнее, чем предполагали вначале: ни единый закон движения, ни единственная сила не способны охватить всего многообразия процессов в мире.

**Единство строения материи.** Мир чрезвычайно разнообразен. Но как это ни удивительно, вещество звезд точно такое же, как и вещество, из которого состоит Земля. Атомы, из которых состоят все тела Вселенной, совершенно одинаковы. Живые организмы состоят из тех же атомов, что и неживые.

Все атомы имеют одинаковую структуру и построены из элементарных частиц трех видов. У них есть ядра из протонов и нейтронов, окруженные электронами. Ядра и электроны взаимодействуют друг с другом посредством электромагнитного поля, квантами которого являются фотоны.

Взаимодействие же между протонами и нейтронами в ядре осуществляют в основном те мезоны, которые представляют собой кванты ядерного поля. При распаде нейтронов появляются нейтрино. Кроме того, открыто много других элементарных частиц. Но только при взаимодействии частиц очень больших энергий они начинают играть заметную роль.

В первой половине XX в. был открыт фундаментальный факт: *все элементарные частицы способны превращаться друг в друга.*

В 70-е гг. было установлено, что все сильно взаимодействующие частицы состоят из субэлементарных частиц — кварков шести видов. Истинно элементарными частицами являются лептоны и кварки.

После открытия элементарных частиц и их превращений на первый план единой картины мира выступило *единство в строении материи.*

В основе этого единства лежит материальность всех элементарных частиц. *Различные элементарные частицы — это различные конкретные формы существования материи.*

**Современная физическая картина мира.** Единство мира не исчерпывается единством строения материи. Оно проявляется и в законах движения частиц, и в законах их взаимодействия.

Несмотря на удивительное разнообразие взаимодействий тел друг с другом, в природе, по современным данным, имеются лишь четыре типа сил. Это *гравитационные силы, электромагнитные, ядерные и слабые взаимодействия.* Последние проявляются главным образом при превращениях элементарных частиц друг в друга. С проявлением всех четырех типов сил мы встречаемся в безграничных просторах Вселенной, в любых телах на Земле (в том числе и в живых организмах), в атомах и атомных ядрах, при всех превращениях элементарных частиц.

Революционное изменение классических представлений о физической картине мира произошло после открытия квантовых свойств материи. С появлением квантовой физики, описывающей

движение микрочастиц, начали вырисовываться новые элементы единой физической картины мира.

Разделение материи на вещество, имеющее прерывное строение, и непрерывное поле потеряло абсолютный смысл. Каждому полю соответствуют кванты этого поля: электромагнитному полю — фотоны, ядерному — мезоны, а на более глубоком уровне — глюоны, осуществляющие взаимодействие кварков.

В свою очередь, все частицы обладают волновыми свойствами. Корпускулярно-волновой дуализм присущ всем формам материи.

Описание, казалось бы, взаимоисключающих корпускулярных и волновых свойств в рамках одной теории оказалось возможным благодаря тому, что законы движения всех без исключения микрочастиц носят статистический (вероятностный) характер. Этот факт делает невозможным однозначное предсказание того или иного поведения микрообъектов.

Принципы квантовой теории являются совершенно общими, применимыми для описания движения всех частиц, взаимодействий между ними и их взаимных превращений.

Итак, современная физика, несомненно, демонстрирует нам черты единства природы. Но все же многого, быть может, даже самую физическую суть единства мира выяснить пока еще не удалось.

Неизвестно, почему существует столь много различных элементарных частиц, почему они имеют те или иные значения массы, заряда и других характеристик. До сих пор все эти величины определяются экспериментально.

Однако все отчетливее вырисовывается связь между различными типами взаимодействий. Электромагнитные и слабые взаимодействия уже объединены в рамках одной теории. Выяснена структура большинства элементарных частиц.

«Здесь скрыты столь глубокие тайны и столь возвышенные мысли, что, несмотря на старания сотен остроумнейших мыслителей, трудившихся в течение тысяч лет, еще не удалось проникнуть в них, и радость творческих исканий и открытий все еще продолжает существовать». Эти слова, сказанные Галилеем три с половиной столетия назад, нисколько не устарели.

**Научное мировоззрение.** Фундаментальные законы, устанавливаемые в физике, по своей сложности и общности намного превосходят те факты, с которых начинается исследование любых явлений. Но они столь же достоверны и объективны, как и знания о простых явлениях, наблюдаемых непосредственно. Эти законы не нарушаются никогда, ни при каких условиях.

#### *Вопросы к практическому занятию*

1. Что означает в переводе с греческого слово «физика?»:

а) космос; б) природа; в) наука; г) материя; д) закон.

2. К какому разделу физики относится «физика земли»?

а) физиогномика; б) механика; в) геофизика; г) физическая химия.

3. Какое понятие является ключевым в физической картине мира?

а) пространство; б) время; в) тело; в) материя; г) вещество.

4. К какой физической картине мира относится следующая характерная особенность: «Материя - вещественная субстанция, состоящая из атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса»?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

5. К какой физической картине мира относится следующая характерная особенность: «Пространство и время никак не связаны с движением тел, они имеют абсолютный характер»?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

6. К какой физической картине мира относится следующая характерная особенность: «Пространство и время связаны с процессами, происходящими в поле, то есть они несамостоятельны и зависимы от материи»:

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

7. К какой физической картине мира относится следующая характерная особенность: «Взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, то есть действия могут передаваться в пустом пространстве с какой угодно скоростью»?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

8. К какой физической картине мира не относится следующая характерная особенность: «Взаимодействия любого характера передаются от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью»?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

9. Кто из учёных ввел в физику понятие «электромагнитное поле»?

- а) Джеймс Максвелл; в) Майкл Фарадей;
- б) Исаак Ньютон; г) Хендрик Лоренц.

10. Кто разработал теорию электромагнитного поля?

- а) Джеймс Максвелл; б) Исаак Ньютон;
- в) Майкл Фарадей; г) Хендрик Лоренц.

11. В рамках какой физической картины мира сложилась континуальная модель реальности?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

12. В какую физическую картину мира впервые было введено понятие вероятности?

- а) релятивистская картина мира; в) механистическая картина мира;
- б) электромагнитная картина мира; г) квантово-полевая картина мира.

13. Кто открыл электрон и объяснил его природу?

- а) Эрнест Резерфорд; б) Джозеф Томсон;

в) Уильям Томсон; г) Нильс Бор.

14. Теория относительности, созданная А. Эйнштейном, основывается на постулатах:

- а) постоянства скорости света; в) относительности;
- б) тяготения; г) симметрии.

15. Теория относительности установила зависимости:

- а) пространства и массы; в) пространства и времени;
- б) массы и энергии; г) пространства и энергии.

16. К динамическим законам физики относятся:

- а) законы классической механики;
- б) законы электродинамики;
- в) законы квантовой механики;
- г) законы релятивистской квантовой механики.

17. К статистическим законам физики относятся:

- а) законы классической механики;
- б) законы квантовой механики;
- в) законы электродинамики;
- г) законы релятивистской квантовой механики.

18. Детерминизм - учение о:

- а) неопределённости; в) причинности;
- б) соответствии; г) относительности.

19. Принцип современной физики, согласно которому теории, справедливость которых была экспериментально установлена для определённой группы явлений, с построением новой теории не отбрасываются, но сохраняют своё значение для прежней области явлений как предельное выражение законов новых теорий, это:

- а) принцип относительности; в) принцип соответствия;
- б) принцип дополнительности; г) принцип неопределённости.

20. Принцип современной физики, согласно которому при экспериментальном исследовании микрообъекта могут быть получены одновременно точные данные либо об его энергии и импульсе, либо о поведении в пространстве и времени, это:

- а) принцип относительности; в) принцип соответствия;
- б) принцип дополнительности; г) принцип неопределённости.

21. Квантово-механический принцип, согласно которому дополняющие друг друга физические величины (например, координата и импульс) не могут одновременно принимать точные значения и быть точно измеренными: большая точность в измерении одной из величин влечёт за собой большую неопределённость в другой, это:

- а) принцип относительности; в) принцип соответствия;
- б) принцип дополнительности; г) принцип неопределённости.

22. Революция в естествознании к началу XX в. была связана с открытием:

- а) закона всемирного тяготения; в) закона сохранения энергии;

б) явления фотоэффекта; г) явления радиоактивности.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Список основной литературы**

1. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под редакцией Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2019.
2. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаруги; под редакцией Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2019.

#### **Список дополнительной литературы:**

1. Логвиненко, О.В. Физика eПриложение: учебник / Логвиненко О.В. — Москва : КноРус, 2020. — 437 с. — <https://www.book.ru/book/934314>.
2. Трофимова, Т.И. Физика. Теория, решение задач, лексикон: справочник / Трофимова Т.И. — Москва : КноРус, 2021. — 315 с. — (СПО). — <https://www.book.ru/book/936794>