

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
Сибирский колледж транспорта и строительства

Сборник практических работ по учебному предмету

СОО.02.03 Физика  
для специальности

08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов

*базовая подготовка  
среднего профессионального образования*

Иркутск 2024

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИргУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИргУПС Трофимов Ю.А.

00920FD815CE68F8C4CA795540563D259C с 07.02.2024 05:46 по 02.05.2025 05:46 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебного предмета  
ООД.02.03 Физика специальности среднего профессионального образования.

РАССМОТРЕНО:

ЦМК математики, физики, географии,  
биологии, химии

Председатель ЦМК:

Новикова Т.П.

Протокол № 8

от «11» апреля 2024г.

Разработчик: Подгорнов С.В., преподаватель высшей квалификационной категории Сибирского  
колледжа транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет  
путей сообщения».

Содержание	
Введение.....	4
№1-4 Равномерное и равноускоренное движение.....	6
№5-8 Динамика и законы Ньютона.....	10
№9-12 Движение в гравитационном поле.....	12
№13-21 Решение задач по теме МКТ.....	14
№22-23 Решение задач по теме «Электрическое поле».....	21
№24 Решение задач по теме «Напряженность и потенциал».....	23
№25-27 Решение задач по теме «Емкость конденсатора».....	25
№28-29 Решение задач по теме «Законы постоянного тока».....	26
№30-31 Решение задач по теме «Законы Кирхгофа .....	28
№32 Решение задач по теме «Законы Фарадея.....	29
№33 Решение задач по теме «Законы Ампера».....	30
№34-41 Решение задач по теме «Электромагнитные колебания».....	31
№42 Решение задач по теме «Природа света. Волновые свойства света».....	33
№43-44 Решение задач по теме «Элементы квантовой физики».....	34
Информационное обеспечение обучения.....	37

## Введение

Учебный предмет ООД.02.03 Физика входит в состав цикла профильных дисциплин основной образовательной профессиональной программы. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине СОО.02.03 Физика составлены в соответствии с рабочей программой по данному учебному предмету.

Целями выполнения практических работ является:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов; аналитических, проектировочных, конструктивных и др.
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В процессе изучения физики очень большое значение имеет решение задач, так как оно позволяет закрепить теоретический материал курса, разобраться в различных законах и границах их применения, способствует их запоминанию. Кроме того, при этом развиваются навыки использования этих законов для выяснения конкретных практических вопросов. Таким образом, выполнение задач в практических работах является проверкой степени усвоения студентами теоретического материала и может служить критерием знания курса.

Предлагаемое пособие содержит материалы практических работ по физике (согласно рабочей программе), краткую теорию, предлагаемые студентам для теоретической подготовки к занятиям вопросы; подробные методические указания по решению задач; примеры решения задач; задачи для самостоятельного решения.

Практическая работа рассчитана на выполнение в течение двух учебных часов.

Примерный план решения задачи: 1. Работа над условием:

1) Краткая запись условия и выяснение смысла терминов (рисунки, чертежи).

2) Анализ физических явлений, процессов, описанных в задаче.

3) Запись упрощающих предположений.

2. Поиск необходимых уравнений, связывающих физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление, процесс.

3. Решение задачи в общем виде.

4. Анализ полученного результата (действие с наименованиями, проверка на частных случаях, решение другим способом).

5. Приведение всех данных к СИ (если это необходимо).

6. Получение числового ответа.

Оценка за выполнение практических работ выставляется по пятибалльной системе и учитывается как показатель текущей успеваемости студентов.

## Практическое занятие 1-4 Равномерное и равноускоренное движение

*Цель занятия:* усвоить методику решения данного типа задач.

*Контрольные вопросы*

1. Какое движение называется равномерным?
2. Отличие пути от перемещения?
3. Написать формулу равномерного движения в векторном виде?
4. Изобразить график равномерного движения в координатах  $X, t$  и  $v, t$ .
5. Мгновенная и средняя скорость, в чем отличие?
6. Интерпретация пути на графике равноускоренного движения в координатах  $v, t$ .

*Теоретический материал по теме  
с примерами решения типовых задач.*

### ЭЛЕМЕНТЫ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЫ

В курсе элементарной физики, как известно, приходится оперировать двумя категориями величин — скалярными и векторными.

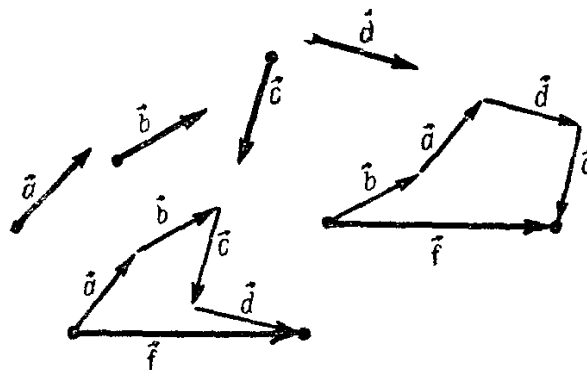
Существенным отличием вектора от скаляра является направленность вектора, чем и обусловлены особые правила действий над ними, носящие геометрический характер.

Формально векторные равенства имеют тот же вид, что и

скалярные, например,  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$ . Стрелки же над буквами означают, что мы имеем дело с векторами и, значит, операции над ними производятся по особым правилам. В частности, такая запись означает, что если  $a = 2$  и  $b = 3$ , то  $c$  не обязательно будет равно 5

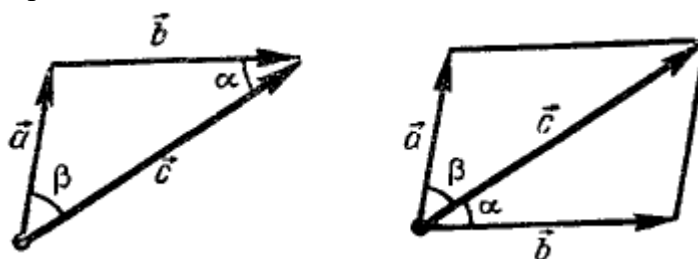
#### сложение векторов

Сложить несколько векторов — это значит заменить несколько на самом деле имеющихся векторов таким одним, который был бы эквивалентен всем замененным. Результирующий вектор находят как замыкающую той ломаной линии, звеньями которой являются составляющие векторы.



#### г) разложение вектора на составляющие

Часто бывает необходимо заменить один вектор такими несколькими, которые в сумме своей были бы эквивалентны этому замененному. Такая операция называется разложением вектора на составляющие векторы





33333333333333333333333333333333

Основные уравнения для определения места точки в системе отсчета и ее скорости “в каждый момент времени” для равноускоренного движения:

$$X = X_0 + V_0 t + At^2/2 \quad V = V_0 + At$$

При решении задач по механике в первую очередь (явно или неявно) мы выбираем систему отсчета (начало и направление осей координат). Это позволяет упростить вид уравнения (исключить  $X_0$  или  $V_0$ , выбрав за начальную точку системы отсчета ту, где они равны нулю)

\*\* Уклон длиной 100м лыжник прошел за 20с с  $a=0,3\text{м/с}^2$ . Найти скорость лыжника в начале и конце пути?

Выбрав в качестве начала системы координат точку начала пути, упростим уравнения

$$X = V_0 t + At^2/2$$

$$V = V_0 + At$$

Получили систему из двух уравнений с двумя неизвестными-  $V_0$  (начальная скорость) и  $V$  (скорость в конце пути).

Из математики мы знаем, что в случае, когда количество уравнений равно числу неизвестных, система имеет решение. Когда количество уравнений меньше чем числу неизвестных, мы можем лишь найти соотношения меж ними, чего нам порой достаточно (во сколько раз увеличилась скорость...)

Записав все условия задачи в виде формул, мы заканчиваем физическую часть задачи и остается чистая математика. Подставляем значения и имеем

$$100 = V_0 * 20 + 0.3 * 20^2 / 2 \Rightarrow V_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$V = 2 + 0.3 * 20 \Rightarrow V = 8 \text{ м/с}$$

\*\* Шарик бросают вверх с  $V_0$ . Найти максимальную высоту, на которую поднимется шарик.  $X_2 = ?$ ,

Пусть ось  $X$ , направлена вверх и начинается на земле ( $X_1 = 0$ ). С учетом направления (ускорение  $g$  направлено вниз) получим

$$X_2 = V_0 t - gt^2/2;$$

$$V_2 = V_0 - gt \quad \text{получаем 2 уравнения с 3 неизвестными (X2, t2 и v2)}$$

Третье уравнение- условие, что в верхней точке скорость = 0

$$V_2 = 0, \text{ откуда из второго ур-я получим } V_0 = gt, t = V_0/g$$

$$X_2 = 0 + V_0 V_0/g - g V_0 V_0 / (2g * g) = V_0^2 / 2g - V_0^2 / 2g = V_0^2 / 2g$$

Обычно при решении школьных задач указываются исчерпывающие данные и необходимо получить ответ в виде числа. В наших задачах зачастую мы ограничиваемся лишь формулой для вычисления.

Потому необходим способ проверки общего вида формулы. Это способ размерностей.

В уравнении размерность искомой величины слева и итоговая размерность формулы справа должны совпадать. Проверим это на нашей задаче.

$$X_2 = V_0^2 / 2g$$

$$m = (m/c)^2 / (m/c^2) = m \quad \text{Размерности совпали. С точностью до константа формула верна!}$$

\*\* При торможении автомобиль, движущийся со скоростью  $V_0 = 72 \text{ км/ч}$ , остановился через 5 с. Найти тормозной путь, считая ускорение автомобиля постоянным

Начало системы координат помещаем в точку начала торможения автомобиля. Точка с координатой  $X_1$  соответствует моменту остановки,  $t_1$  — время, прошедшее с момента начала торможения до остановки,  $V_{0x} = V_0$ ,  $a_x = -a$ .

Запишем основные уравнения теории для момента остановки  $t_1$ , учтя, что при этом автомобиль останавливается ( $V_{1x} = 0$ )

$$X_1 = V_0 t_1 - a t_1^2 / 2$$

$$V_{1x} = v_0 - a t_1 = 0$$

Имеем систему из двух уравнений с двумя неизвестными  $X_1$  и  $a$ . Выражая  $a$  из второго уравнения и подставляя его в первое, находим:  $X_1 = V_0 t_1 / 2 = 50 \text{ м}$ .

\*\* Тело падает с высоты  $h = 2000 \text{ м}$  ( $V_0 = 0$ ). За какое время оно пойдет последние 1020м?

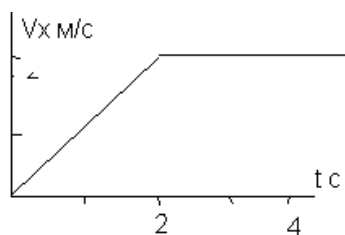
Если зафиксировать начало системы отсчета в точке начала движения и ось  $X$  направить вниз, то уравнение равноускоренного движения тела предстанет в виде

$$h = gt^2/2, \text{ откуда } t = \sqrt{2h/g}.$$





Кошка прыгает с подоконника высотой 1,25м горизонтально со скоростью 3м/с. На каком расстоянии от стены она приземлится?



Какой путь пройден телом к моменту t=4

**Практическое занятие 5-8  
Динамика и законы Ньютона.**

Цель занятия: усвоение методики решения задач с использованием законов Ньютона.

*Контрольные вопросы*

1. Определяет ли направление движения направление ускорения?
2. Если ускорение тела равно нулю, означает ли это, что на него не действуют силы?
3. Яблоко, лежащее на столе вагона, покатилося вперед, по направлению движения вагона. Как изменилось движение поезда?
4. **Согласны ли Вы с утверждением:**
  - если на тело не действует сила, то оно не движется;
  - если на тело перестала действовать сила, то оно останавливается;
  - тело обязательно движется туда, куда направлена сила;
  - если на тело действует сила, то скорость изменяется.

*Методические указания по выполнению задач*

**Динамика материальной точки  
(собственно законы Ньютона)**

Решение задач на законы Ньютона предполагает использование всех трех законов в своей совокупности независимо от конкретного вида задачи. Разъясним это.

1. Любое описание любого механического движения имеет смысл лишь при указании той системы отсчета, по отношению к которой измерены положение, скорость и ускорение интересующего нас тела, а также силы, действующие на это тело.

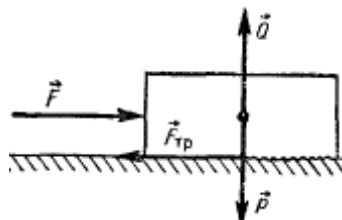
В школе рассматриваются только инерциальные системы отсчета и решение задачи, естественно, нужно начинать с фиксирования некоторой инерциальной системы отсчета, например, землю или любое тело, движущееся относительно нее равномерно.

Таким образом, ссылка на первый закон очевидна.

2. Определить характер движения тела невозможно без анализа сил, действующих на него. Но силы — это мера взаимодействия тел. Это означает, что без рассмотрения взаимодействия интересующего нас тела с другими телами задача решена быть не может. Взаимодействие же, а значит, и определение всех сил, действующих на исследуемое тело, немислимо без пользования третьим законом.

3. Так как изменение скорости тела определяется ускорением тела, а величина его определяется из второго закона, то ясна и его необходимость при решении механических задач. Необходимо отчетливо представить себе эту взаимосвязь всех трех законов Ньютона.

\*\* На столе лежит брусок, который пытаются сдвинуть вправо, прикладывая к нему силу  $F$ . Какова сила трения покоя?



Так как брусок покоится, то силы, действующие на него, уравновешены в любом направлении, в частности и вдоль поверхности стола. И потому из

$$\vec{a} = \frac{\vec{F} + \vec{F}_{тр. пок}}{m} \text{ из-за } a = 0 \text{ следует } \vec{F} + \vec{F}_{тр. пок} = 0,$$

откуда  $\vec{F}_{\text{тр. пок}} = -\vec{F}$ .

\*\*Путь, пройденный маг точкой, движущейся равномерно по окружности, составил 15м за 10с. Определить модуль центростремительного ускорения точки, если радиус окружности равен 15см.

Линейная скорость  $v=S/t=15 \text{ м}/10\text{с}=1,5\text{м}/\text{с}$ .  $a=V^2/R=15 \text{ м}/\text{с}^2$

\*\*Пуля массой 9г движется в пенопласте. За 5мс ее скорость уменьшилась с 250м/с до 200м/с. Найти силу сопротивления движению пули.

2й закон Ньютона в авторской формулировке  $\Delta p=ft$   $f=\Delta p/t=m(v_2-v_1)/t$   
 $=0,009\text{кг}*(250\text{м}/\text{с}-200\text{м}/\text{с})/0,005\text{с}=90\text{Н}$

\*\* Какую скорость относительно поверхности Земли должен иметь искусственный спутник, чтобы лететь по круговой орбите^ расположенной в плоскости экватора, на высоте А и 1600 км над Землей? Радиус Земли принять равным  $r_z = 6400 \text{ км}$ , ускорение свободного падения у ее поверхности  $g_0 = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ .

Если пренебречь силами притяжения, действующими на спутник со стороны небесных тел, и не учитывать сопротивление среды, можно с достаточной степенью точности считать, что на спутник при его движении действует только сила земного притяжения  $F_T$ .

Под действием этой силы спутник равномерно движется по окружности радиусом  $R_3+h$  с некоторой скоростью  $v$  относительно центра Земли. Сила притяжения сообщает спутнику нормальное ускорение равное по модулю  $v^2/(R_3 + h)$  и направленное к центру Земли.

Фактически, нам необходимо преодолеть силу притяжения земли. Модуль силы тяготения в уравнении второго закона Ньютона нужно представить в развернутом виде, используя закон всемирного тяготения:

$F=ma=mv^2/(R+h)=GmM/(R+h)^2$ , откуда  $v=\sqrt{GM/(R+h)}$ , те не зависит от массы тела.

#### Задача 1

. Если тележку тянуть с силой  $F_1 = 5 \text{ Н}$ , то ее ускорение будет  $a_1 = 0,2 \text{ м}/\text{с}^2$ . С какой силой  $F_2$  нужно тянуть, чтобы ее ускорение было  $a_2 = 2 \text{ м}/\text{с}^2$ ? Трением пренебречь.

#### Задача 2

. Какой станет скорость тела массой  $m = 5 \text{ кг}$ , движущегося со скоростью  $V_0 = 8 \text{ м}/\text{с}$ , если на расстоянии  $L=10\text{м}$  на тело будет действовать сила  $F= 12 \text{ Н}$ ?

#### Задача 3

Снаряд массой  $m = 2 \text{ кг}$  вылетает из ствола орудия в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 1000 \text{ м}/\text{с}$ . Определить силу давления  $F$  пороховых газов, считая ее постоянной, если длина ствола  $l = 3,5 \text{ м}$ .

#### Задача 4

**Вертолет поднимает автомобиль массой 5000кг с ускорением 0,6м/с<sup>2</sup>. Найти натяжение троса.**

#### Задача 5

**Локомотив тянет за собой два вагона. Во сколько раз при ускоренном движении натяжение в креплении локомотива с вагоном больше чем между первым и вторым вагоном?**

#### Задача 6

Через 20 с после начала электровоз развил скорость 4м/с. Найти силу, если масса эл-воза равна 184т. --  
 $F=m*a=184000\text{кг}*4\text{м}/\text{с} /20\text{с}=36,8\text{кН}$

#### Задача 7

**С каким ускорением будет всплывать находящийся под водой мяч массой 0,5кг, если действующая на него сила тяжести равна 5Н, архимедова сила- 10Н, а средняя сила сопротивления движению- 2Н?**

## Практическое занятие 9-12 Движение в гравитационном поле

Цель занятия: усвоение методики решения задач с использованием закона Всемирного тяготения.

### Контрольные вопросы

1. В чем физический смысл постоянства ускорения свободного падения?
2. Вес и невесомость.
3. Условия проявления невесомости на Земле.

### Методические указания по выполнению практических задач

\*\* Какую скорость относительно поверхности Земли должен иметь искусственный спутник, чтобы лететь по круговой орбите<sup>^</sup> расположенной в плоскости экватора, на высоте  $A$  и 1600 км над Землей? Радиус Земли принять равным  $R_3 = 6400$  км, ускорение свободного падения у ее поверхности  $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Если пренебречь силами притяжения, действующими на спутник со стороны небесных тел, и не учитывать сопротивление среды, можно с достаточной степенью точности считать, что на спутник при его движении действует только сила земного притяжения  $F_T$ .

Под действием этой силы спутник равномерно движется по окружности радиусом  $R_3+h$  с некоторой скоростью  $v$  относительно центра Земли. Сила притяжения сообщает спутнику нормальное ускорение равное по модулю  $v^2/(R_3 + h)$  и направленное к центру Земли.

Фактически, нам необходимо преодолеть силу притяжения земли. Модуль силы тяготения в уравнении второго закона Ньютона нужно представить в развернутом виде, используя закон всемирного тяготения:

$F=ma=mv^2/(R+h)=GmM/(R+h)^2$ , откуда  $v=\sqrt{GM/(R+h)}$ ,  $v$  не зависит от массы тела.

### Задача 1

Каков вес тела массой 1кг на Луне.  $R_L=1,73 \cdot 10^6 \text{ м}$ ,  $M_L= 7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$

### Задача 2

Во сколько раз уменьшится сила тяготения к земле при удалении тела от пов-ти Земли на расстояние- $R_3$ .

### Задача 3

Сила тяжести, действующая на камень массой 2кг, больше силы тяжести, действующей на камень массой 1кг. Почему более тяжелый камень не падает быстрее?

## Законы сохранения

Цель занятия: освоить методику решения задач на законы сохранения.

### Контрольные вопросы

1. Физическая величина, всегда неизменная в изолированной системе?
2. Как формулируется закон сохранения механической энергии?
3. Куда "уходит" механическая энергия?

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Законы сохранения импульса  $P=mv$  и механической энергии  $= mgh+mv^2/2$ , с которыми мы будем иметь дело есть результат симметрии мира относительно времени (энергия) и пространства(импульс). Мех энергия сохраняется, если "перека-

чиванию” потенциальной энергии в кинетическую ничто не мешает. Например при столкновении шаров энергия движения деформирует шары, заставляя работать силы упругости, и если форма шаров не восстановится (превышен предел упругости), то энергия вернется не полностью и часть ее уйдет на разрушение структуры шаров и о сохранении механической энергии речи уже не идет. Тут выручает закон сохранения импульса, который в отсутствие внешних взаимодействий (изолированная система) сохраняется всегда.

Задача

2 шара  $m_1=0,5\text{кг}$  и  $m_2=0,2\text{кг}$  движутся навстречу со скоростями  $v_1=1\text{м/с}$   $v_2=4\text{м/с}$  и центрально абсолютно неупруго сталкиваются (пластилиновые шары).  $V_{\text{после}}=?$

Выберем правое направление оси системы координат. Для изолированной системы выполняется закон сохранения импульса.

$m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$ , откуда  $v = (m_1v_1 - m_2v_2) / (m_1 + m_2) = -0,4\text{м/с}$ , т.е. новый шар будет двигаться влево.

Задача

Движущийся шар массой  $M$  ударяется в такой же неподвижный шар, после чего они движутся как одно целое. Какая часть мех. энергии перешла во внутреннюю?

Другими словами, надо найти отношение

$$E_{k1}/E_{k2} = (M(v_1)^2/2) / (2M(v_2)^2/2) = (v_1)^2 / 2(v_2)^2$$

Так как удар абсолютно неупругий (после столкновения шары не разлетелись), закон сохранения механической энергии не выполняется, но, поскольку система двух шаров замкнутая, выполняется закон сохранения импульса:

$$MV_1 = 2MV_2 \text{ или } V_1 = 2V_2$$

Используя это соотношение, легко продолжить

$$E_{k1}/E_{k2} = 4v_2^2 / 2v_2^2 = 2, \text{ что означает уменьшение энергии вдвое.}$$

Задача 1

Пуля 5г вылетает с 500м/с из ствола 50см. Средняя сила давления=?

Задача 2

Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса охотника с лодкой 200кг, масса заряда 20г, скорость дроби 500м/с.

Задача 3

Движущийся шар ударяется в такой же неподвижный шар, после чего они движутся как одно целое. Какая часть мех. энергии перешла во внутреннюю?

Задача 4

Каков соотношение при выстреле кин. энергии вылетающей дроби и ружья, если масса ружья в 100 раз больше массы заряда

## Практическая работа №13-21

### Решение задач по теме МКТ

Цель работы: закрепить знания об уравнении состояния идеального газа, научиться применять газовые законы при решении задач. Основные понятия и законы

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

Уравнение состояния идеального газа - уравнение, которое связывает между собой пять параметров идеального газа: массу ( $m$ ), молярную массу ( $M$ ), температуру ( $T$ ), давление ( $P$ ) и объём ( $V$ ). Это уравнение было получено экспериментально, но т.к. трудно провести эксперимент с изменением пяти параметров, то первоначально были установлены частные газовые законы, когда три параметра фиксировались, и определялась взаимосвязь двух других.

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.

#### Контрольные вопросы

1. Как распределяются молекулы газа по скоростям?
2. Можно ли применить основное уравнение МКТ для жидкости, почему.
3. Назовите макропараметры, однозначно определяющие состояние идеального газа.
4. Какой газ мы называем идеальным?
5. Приведите примеры "неидеальности" реальных газов в обычных условиях.
6. Что измеряется в молях?

#### Методические указания

$$p = 2/3n_0 E_k \quad \frac{\overline{m_0 v^2}}{2} = \frac{3kT}{2}$$

Моль- определенное количество частиц (молекул, атомов) однородного вещества, равное числу Авогадро. Похоже на коробку (6 бутылок) шампанского. Если знать массу одной частицы, можно найти массу одного моля (молярную массу) вещества. А массу одной частицы легко почитать, зная структуру, хим формулу вещества. Вода ( $H_2O$ ) состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Число Авогадро( $N_A$ ) – число атомов в 1г водорода. Кислород (сравни массу его молекулы с водородом) в 16 раз тяжелее водорода, а вода- в 18раз (1+1+16). Значит 1 Моль воды соответствует 18 г.

#### Пример решения типовой задачи

#### Задача

Из Контейнера с твердым литием изъяли 4 моль этого в-ва. При этом число атомов лития в контейнере уменьшилось на?

Поскольку один моль любого вещества соответствует  $N_A$  частиц, то 4 моля в 4 раза больше.

### Задача

Как изменится давление ид газа, если среднюю кин энергию теплового движения молекул газа уменьшить в 2 раза и концентрацию уменьшить в 2 раза?

$$p = 2/3n0E_k$$

$$P1/P2 = (2/3 * n0 * E_k) / (2/3 * n0/2 * E_k/2) = 4, \text{ т.е. давление уменьшится в 4 раза}$$

### Задача 1

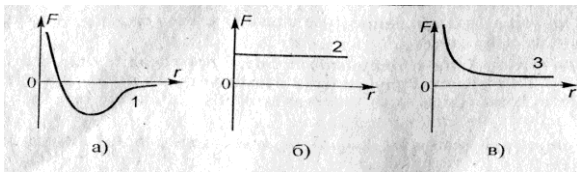
Как давление идеального газа зависит от средней кинетической энергии движения молекул? -- 1) не зависит +2)  $P \sim E_k \text{ ср}$  3)  $P \sim 1/E_k \text{ ср}$

### Задача 2

2 пустых сосуда одинакового объема заполнили газами: один азотом (атомная масса 14), другой гелием (атомная масса 2). Сравнить давления, которые эти газы оказывают на стенки сосудов  $P_n/P_{He}$ , если массы газов одинаковы.

### Задача 3

Какая из зависимостей соответствует идеальному газу?



Решения задач с применением уравнения Менделеева-Клапейрона.

### Контрольные вопросы

1. Для какой массы газа справедливо УМК?
2. Каковы причины отклонения расчетных значений макропараметров при большем давлении?
3. Можно ли применить УМК, если часть газа конденсировалась?
4. Какие изопроцессы Вы знаете?

### Методические указания

$$PV = m/M * RT$$

### ГАЗЫ

Состояние тел характеризуют совокупностью нескольких физических величин, называемых параметрами состояния. Важнейшими параметрами состояния газа являются его объем  $V$ , давление  $p$  и температура  $T$ .

Самый простой вид уравнение состояния имеет для идеальных газов. Идеальными называют газы, молекулы которых взаимодействуют друг с другом лишь при соударениях (отсутствует межмолекулярное притяжение и отталкивание) и объем молекул ничтожно мал по сравнению с объемом, занимаемым газом. Кроме того, предполагается, что соударение молекул происходит по законам абсолютно упругого удара. Реальные газы тем точнее подчиняются законам идеальных газов, чем меньше их давление и выше температура.

В молекулярной физике, химии и термодинамике вместо массы часто используется количество вещества, выраженное в молях. Моль — это количество вещества, в котором содержится количество частиц (молекул, атомов), равное числу Авогадро  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

Чтобы отмерить 1 моль твердого вещества, надо взять число граммов в-ва, равное относительной атомной массе (из таблицы Менделеева- во сколько раз частица этого в-ва тяжелее самого легкого атома- атома водорода, а точнее, 1/12 части атома углерода, который стабильнее по массе)

Для того чтобы отмерить нужное количество газа, удобнее воспользоваться законом Авогадро, согласно которому 1 моль идеального газа занимает при нормальных условиях ( $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$  Па- 1 атмосфера,  $T = 273$  К) объем  $V_m = 22,4$ л.

Уравнение состояния идеального газа называют уравнением Менделеева — Клапейрона.

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT = \frac{N}{N_A} RT$$

Здесь  $\nu$  - число молей (количество вещества в системе СИ),  $M$  - молярная масса (масса одного моля)

Уравнение М-К работает для любой массы идеального газа, указывая связь макропараметров  $P, V$  и  $T$ .

Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно (максимально использующей внутреннюю энергию газа), равен:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

\*\* Найти массу молекулы водорода, если  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  1/моль

Для молекулярного водорода ( $H_2$ ) масса одного моля (молярная масса) = 2г, что соответствует  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  1/моль молекул. Следовательно, масса одной молекулы  $m_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 0,33 \cdot 10^{-20} \text{ г}$

\*\*Для погружения и всплытия подводной лодки в ней имеются два сообщающихся между собой резервуара. В погруженном состоянии один из резервуаров емкостью  $V$  заполнен водой, во втором емкостью  $V_1$  находится сжатый воздух. Каково должно быть минимальное давление сжатого воздуха, чтобы при всплытии лодки с глубины  $H$  сжатый воздух полностью вытеснил воду из балластной цистерны? Атмосферное давление нормальное, изменением температуры воздуха при расширении пренебречь.

Решение. Если соединить резервуары, воздух во втором сосуде, начнет расширяться и вытеснит воду из балластной цистерны наружу. Так как масса и температура сжатого воздуха не меняются, то увеличение его объема вызовет понижение давления.

для неизменной температуры  $p_1 V_1 = p_2 V_2$

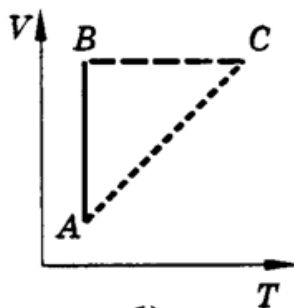
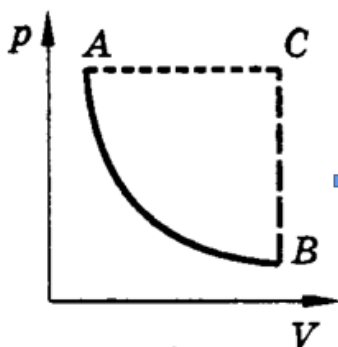
Рассмотрим каждый из параметров воздуха и выясним, какие из них нужно представить в развернутом виде. Давление  $p_1$  требуется определить по условию задачи, объем  $V_1$  - объем резервуара со сжатым воздухом,  $V_2$  - суммарный объем резервуаров, давление  $p_2$  можно найти, исходя из следующих соображений. Чтобы вытеснить воду из балластного резервуара, воздух во втором состоянии должен находиться под давлением, большим или равным гидростатическому давлению на глубине, т. е.

$$p_2 = p_a + \rho g H, \text{ где } \rho \text{ — плотность морской воды.}$$

Подставляя выражения для  $p_2$  и  $V_2$ ,

$V_2 = V_1 + V$  мы получим уравнение газового состояния в окончательном виде:

$$p_1 V_1 = (p_a + \rho g H)(V_1 + V) \quad \text{откуда} \quad p_1 = \frac{V + V_1}{V_1} (p_a + \rho g H).$$



\*\*Процесс, представленный на графике изобразить в координатах  $V$ - $T$  и  $P$ - $T$ .

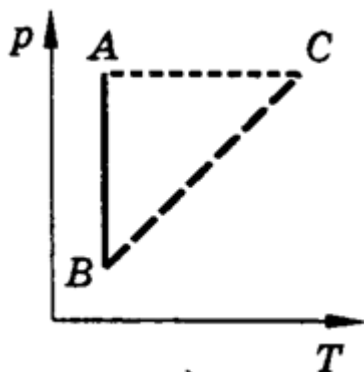
1) Решение начнем с точки А для графика  $V$ - $T$ . Из всех состояний газа точка А отличается минимальной температурой (она ближе к началу координат на графике  $P$ - $V$ ) и минимальным объемом, т.е. около начала координат на графике  $V$ - $T$ .

2) Из точки А удобнее идти в точку В. Это изотерма, а, значит, на графике  $V$ - $T$  - вертикальная прямая.

3) Далее из точки А перейдем в точку С. Это изобара (вдоль нее на  $P$ - $V$  графике давление не меняется), а, значит, на графике  $V$ - $T$  мы получим прямую, проходящую через начало координат. Действительно, в Ур-и М-К при  $P = \text{const}$   $V$  будет пропорционально  $T$ . Пересечение прямых 2) и 3) даст точку С.



Аналогичные рассуждения приведут нас к графику P-T



\*\* Сколько гелия потребуется для наполнения воздушного шара диаметром  $d=10$  м, чтобы шар мог поднять груз весом  $P=9,8$  кН при нормальном атмосферном давлении и температуре  $T=290$  К? Объемом груза пренебречь.

Решение. Для подъема воздушного шара необходимо, чтобы выталкивающая сила, равная по модулю весу вытесненного им воздуха  $P_v$ , была бы больше или в крайнем случае равна весу газа  $P_g$ , наполняющего оболочку шара, и весу  $P$  груза, т. е.  $P_v > P_g + P$ , или

$m_v g > m_g g + P$ , где  $m_v$  — масса воздуха, вытесненного шаром;  $m_g$  — масса газа (гелия), наполняющего оболочку.

Если бы масса воздуха  $m_v$  была известна, то из этого уравнения можно было бы определить массу гелия. Чтобы найти  $m_v$ , воспользуемся уравнением Менделеева — Клапейрона.

Воздух, окружающий шар, находится под атмосферным давлением  $p_a$  и имеет температуру  $T$ , поэтому для воздуха, имеющего объем оболочки  $V$ , уравнение газового состояния дает:

$$p_a V = \frac{m_v}{M_a} RT, \quad \text{где } M_a = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль — молярная масса воздуха.}$$

И наконец, последним соотношением, которое нужно использовать в решении, является

формула  $V = \frac{\pi d^3}{6}$  поскольку нам известен диаметр воздушного шара, а не его объем. В итоге масса гелия:

$$m_g = \frac{M_a p_a \pi d^3}{6RT} - \frac{P}{g}; \quad m_g \approx 530 \text{ кг}$$

#### Задача 1

Найти массу  $\text{CO}_2$  в баллоне  $V=6\text{см}^3$ ,  $P=8,3\text{МПа}$ ,  $T=27\text{С}$ ,  $M=0,044\text{кг/моль}$ .  
 $R=8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$

#### Задача 2

Найти среднюю квадратичную скорость мол-лы газа при  $0\text{С}$ ,  $M=0,019 \text{ Кг/Моль}$

#### Задача 3

Некоторое кол-во водорода находится при  $T_1=200\text{К}$  и  $P_1=400\text{Па}$ . Газ греют до  $T_2=10\,000\text{К}$ , при которой  $\text{H}_2$  распадается на атомы  $\text{H}$ . Найти давление  $P_2$ , если объем и масса постоянны.

#### Задача 4

16г кислорода при 2 ат объемом 5л. Как изменится  $T$ , если при увеличении давления до 5 атм его объем уменьшился на 1л?.

#### Задача 5

Найти массу молекулы водорода, если  $N_a=6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$   
 $M=0,002\text{кг/моль}$ .  $m_0=M/N_a=3,3 \cdot 10^{-27}\text{кг}$

Задача 6

Найти концентрацию молекул O<sub>2</sub>, если его давление 0,2МПа, а среднеквадратичная скорость молекул=700м/с, M=0,032кг/моль

Задача 7

При T<sub>1</sub>=20С, P<sub>1</sub>=6\*10<sup>5</sup>Па. Найти давление в шине во время движения, если T<sub>2</sub>=40С? Изменением объема пренебречь.

Задача 8

Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах авто, если при первоначальном давлении 80 кПа к концу такта сжатия T повышается с 50С до 250С, а объем уменьшается с 0,75 до 0,17 л?

**Тепловой баланс, первое начало термодинамики.**

*Контрольные вопросы*

1. Каковы способы передачи тепла?
2. Что входит во внутреннюю энергию тела?
3. Верно ли, что при 0К прекращается всякое движение?
4. Назовите реперные точки шкалы Кельвина.
5. ?
6. Каковы методы измерения производительности труда?
7. Какова методика расчёта производительности труда при каждом методе измерения производительности труда?

*Методические указания*

**ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

В молекулярной физике под внутренней энергией подразумевают часть ее.: кинетическую энергию хаотического движения микрочастиц (молекул, атомов, ионов, свободных электронов) и потенциальную энергию их взаимодействия друг с другом:

$$U = W_k + W_p = \sum m_i \frac{v_i^2}{2} + W_p$$

Все другие виды внутренней энергии тела (энергия электромагнитного излучения, электронных оболочек, внутриядерная) считаются неизменными и не влияющими на рассматриваемые процессы.

Изменение внутренней энергии и передача ее от одного тела к другому происходит в процессе взаимодействия тел. Есть два способа, две формы такого взаимодействия. При первом способе внутренняя энергия одного тела изменяется за счет изменения энергии упорядоченного (механического) движения частиц другого тела (механической работы, электризации, намагничивания, облучения). Мерой изменения-энергии упорядоченного движения частиц вещества в процессе макроскопического взаимодействия тел служит работа A.

Во втором случае изменение внутренней энергии происходит вследствие соударения хаотически движущихся молекул соприкасающихся тел.

Процесс изменения внутренней энергии тела, обусловленный передачей теплового движения молекул без совершения работы, внешней средой, называют тепловым процессом или процессом теплопередачи.

Мерой взаимодействия тел, приводящего к изменению энергии

хаотического движения и взаимодействия молекул (мерой энергии хаотического движения, переданной от одного тела к другому в процессе теплообмена), служит величина Q, называемая количеством теплоты.

2. Количество теплоты, подведенное к телу (системе тел), идет в общем случае на изменение внутренней энергии тела и на совершение телом работы над внешними телами (первое начало термодинамики — закон сохранения и превращения энергии с учетом тепловых явлений):

$$Q = \Delta U + A.$$

Количество теплоты  $Q$ , сообщенное телу, считают при этом положительным, отданное телом — отрицательным. Работу считают положительной, если тело за счет своей внутренней энергии совершает "работу над внешней средой, и отрицательной, если работа совершается над телом и за счет работы увеличивается внутренняя энергия.

Количество теплоты и работа являются мерами изменения внутренней энергии, количество теплоты — в процессе теплопередачи, работа — в процессе превращения механической энергии во внутреннюю.

**Пример 2.** При соблюдении необходимых предосторожностей вода может быть переохлаждена до температуры  $-10^\circ\text{C}$ . Сколько льда образуется из такой воды массой 1 кг если в нее бросить кусочек льда и этим вызвать замерзание воды? Какую температуру должна иметь переохлажденная вода, чтобы она целиком превратилась в лед? Удельная теплоемкость переохлажденной воды  $c_v = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , льда  $c_l = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,33 \text{ МДж}/\text{кг}$ .

**Решение.** Чтобы вода замерзла при охлаждении, в ней должны находиться неоднородные включения — центры кристаллизации, около которых начинается рост кристалликов льда. Если в переохлажденной воде искусственно создать центры кристаллизации, в ней начнет образовываться лед. Молекулы станут переходить в состояние, соответствующее минимуму их потенциальной энергии. Уменьшение потенциальной энергии одной части молекул воды, образующих лед, вызывает увеличение теплового движения остальных молекул, которое регистрируется нами как нагревание воды. По условию задачи можно пренебречь взаимодействием переохлажденной воды с окружающей средой, поэтому в результате частичной кристаллизации воды в ней произойдет только перераспределение энергии. Полная внутренняя энергия останется неизменной, и, следовательно, умень-

шение потенциальной энергии части молекул приведет к соответствующему увеличению кинетической энергии хаотического движения — повышению температуры системы.

Задача сводится к составлению уравнения теплового баланса при условии, что  $Q = 0$ ,  $A = 0$  с учетом агрегатного превращения.

При образовании из переохлажденной воды льда массой  $m_2$  потенциальная энергия молекул уменьшится на величину  $\Delta U_1 = \lambda m_2$

Эта энергия частично пойдет на нагревание образовавшегося льда от начальной температуры  $t_1$  до температуры  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  и частично на нагревание оставшейся после кристаллизации воды массой  $m_1$  на  $t_0 - t_1$  (дальнейшее нагревание невозможно, так как при  $0^\circ\text{C}$  кристаллизация воды прекратится). Таким образом, вследствие нагревания внутренняя энергия теплового движения молекул увеличится на

$\Delta U_2 = c_l m_2 (t_0 - t_1) + c_v m_1 (t_0 - t_1)$  По закону сохранения энергии  $\Delta U_1 = \Delta U_2$ , поэтому уравнение  $\lambda m_2 = c_l m_2 (t_0 - t_1) + c_v m_1 (t_0 - t_1)$  Кроме того,  $m_1 + m_2 = m_0$ .

Из этих соотношений находим массу образовавшегося льда:

$$m_2 = \frac{c_v (t_0 - t_1)}{\lambda + (c_v - c_l) (t_0 - t_1)} m_0, \quad m_2 = 0,12 \text{ кг}$$

Чтобы замерзла вся переохлажденная вода, энергия, выделившаяся при кристаллизации, должна полностью пойти на нагревание образовавшегося льда, т. е.

$$\lambda m_0 = c_l m_0 (t_0 - t_x) \quad \text{где } t_x \text{ — начальная температура переохлажденной воды.}$$

Из последнего уравнения находим:

$$t_x = -\frac{\lambda}{c_l}; \quad t_x = -160^\circ\text{C}$$

**\*\*1\*** В чашку с 500г льда при  $0^\circ\text{C}$  добавляют 200г воды при  $80^\circ\text{C}$ . Найти установившуюся  $T$  и что будет в чашке.?

**Варианты решения**

**I Метод оценок.** Хватит ли тепла воды, охлажденной до  $0^\circ\text{C}$ , чтобы растопить весь лед?  $Q_{\text{max}} = 4,2 \cdot 10^3 \cdot 80 = 0,2 \text{ Дж}$ , для всего льда  $Q_{\text{пл}} = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \text{ Дж}$ , т.е.  $Q_{\text{max}} < Q_{\text{пл}}$  - не весь лед растает. С учетом оценки тепл баланс  $m_{\text{всв}} 80 = \Delta m \lambda$   $\Delta m = 0,2 \text{ кг}$  растаявшего льда, т.е. будет 400г воды и 300г льда при  $0^\circ\text{C}$ .

II Предположение о фазе. Пусть будут и лед и вода, то Ур- тепл баланса даст решение. Если ошибочное предположение, что останется только вода, то баланс  $m\lambda + m\lambda_{\text{сл}}(t_1 - t_2) = m\lambda_{\text{пл}} + m\lambda_{\text{сл}}(t_1 - t_2)$  даст  $t_1$  меньше нуля, что невозможно, значит предположение неверно.

\*\* Какая часть затраченной на парообразование энергии идет на совершение работы? Уд теплота парообр-я  $\gamma$  при  $100^\circ\text{C} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ . Давл насыщ пара при  $100^\circ\text{C} = 10^5 \text{ Па}$ .

Решение. Пусть вода при  $100^\circ\text{C}$ , а пар над ней насыщенный. Сообщим системе  $Q$  тепла и  $\Delta m = Q/\gamma$  испарится. Дважды применив Ур-е М-К, имеем  $P\Delta V = \Delta m/M \cdot RT$ , но  $P\Delta V = A$  и  $A/Q = RT/(\gamma M) = 0,08 = 8\%$

#### Задача 1

Киломоль одноатомного газа нагревается на  $100\text{К}$  при постоянном объеме. Найти количество теплоты, сообщенное газу.

#### Задача 2

Баллон емкостью  $100 \text{ л}$  содержит  $5,76 \text{ кг}$  кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до  $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$  ( $1 \text{ атм} = 10^5$ )?

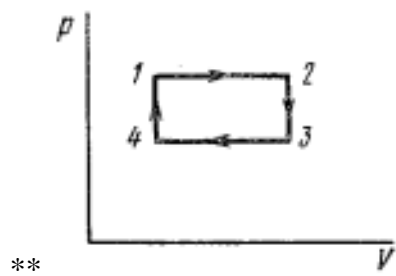
#### Задача 3

Манометр на баллоне со сжатым кислородом показывал при температуре  $-3^\circ\text{C}$  давление  $1,8 \cdot 10^6 \text{ Па}$ , а при температуре  $27^\circ\text{C}$  давление  $2 \cdot 10^6$ . Была ли утечка газа из баллона?

#### Задача 4

Определить внутреннюю энергию атомарного кислорода массой  $0,16 \text{ кг}$  при  $300\text{К}$ .

#### Задача 5



\*\*

На каких участках газ получал энергию.

## Практическая работа №22-23 Решение задач по теме «Электрическое поле»

Цель работы:

закрепить умение применять формулу напряжённости электрического поля, закон Кулона, закон сохранения электрического заряда и принцип суперпозиции полей при решении задач;  
способствовать развитию умения логического мышления;  
способствовать развитию познавательных способностей, самостоятельности, ответственности.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие потенциала от потенциальной энергии?
2. Зависит ли потенциальная энергия от величины заряда?

Методические указания по выполнению практических задач

### Решение задач на закон Кулона

Цель занятия: усвоить методику решения такого типа задач.

#### Заряды

1. Согласно закону Кулона модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами  $q_1$  и  $q_2$  находящимися на расстоянии  $r$  друг от друга в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , равен:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon r^2} \quad \text{где } k \text{ — постоянный коэффициент.}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \text{где } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

2. Если система тел не обменивается электрическими зарядами с телами, не принадлежащими этой системе, то алгебраическая сумма зарядов системы есть величина постоянная (закон сохранения зарядов):

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const}$$

1\*\* С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл на расстоянии 3 см?

$$--F = Kq_1q_2/R^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot (10 \cdot 10^{-9})^2 / (3 \cdot 10^{-2})^2 = 10^{-3} = 1 \text{ мН}$$

2\*\* Найти величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в масле на расстоянии 6 см они взаимодействуют с силой 0,4 мН.  $\epsilon = 2,2$

$$-- F = Kq^2/\epsilon R^2 \quad q = \sqrt{(F\epsilon R^2/K)} = 6 \cdot 10^{-2} \sqrt{(0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 / 9 \cdot 10^9)} = 1,88 \cdot 10^{-8} = 18,8 \text{ нКл}$$

3\*\* Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения?  $K = 9 \cdot 10^9$ .  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ .  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$

$$--(Kee/R^2) / (Gmm/R^2) = K/G \cdot (e/m)^2$$

$$=(9 \cdot 10^9 / 6,67 \cdot 10^{-11}) \cdot (1,76 \cdot 10^{11})^2 = 1,35 \cdot 10^{20} + 20 \cdot 3,1 \cdot 10^{22} = 4,2 \cdot 10^{22}$$

6\*\* Можно ли проводнику сообщить заряд  $4 \cdot 10^{-19}$ ?

- не кратен элементарному.

7\*\* Заряд мет шарика  $q = -1,6 \text{ нКл}$ ,  $\epsilon_0 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .  $N = q/e_0 = 10^{10}$

9\*\* Найти силу взаимодействия протона и Эл-на при  $R = 10^{-8} \text{ см}$ .

$$F = Fe^2/R^2 =$$

$$1,6^2 \cdot (10^{-19}) \cdot 10 \cdot 10^9 / (10^{-10})^2 = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

\*\*13 Три точечных заряда  $Q$  ---  $T_1$  > ---  $2Q$  ---  $T_2$  > ---  $4Q$  С какой силой натянуты нити если между зарядами расстояние  $L$

$$--Kq^2q/L^2 + Kq^4q/(2L)^2 - T_1 = 0$$

$$T_2 - K^2q^4q/L^2 - Kq^4q/(2L)^2 = 0$$

←-----

$$(4K^2q^2q + 4Kq^4q^2)/4L^2 = 3KQ^2/L^2 = T_1$$

$$(4K^2q^4q + Kq^4q)/4L^2 = 9KQ^2/L^2 = T_2$$

## Практическое занятие 24

### Напряженность и потенциал электрополя

#### Контрольные вопросы

1. В чем отличие потенциала от потенциальной энергии?
2. Зависит ли потенциальная энергия от величины заряда?

#### Методические указания по выполнению практических задач

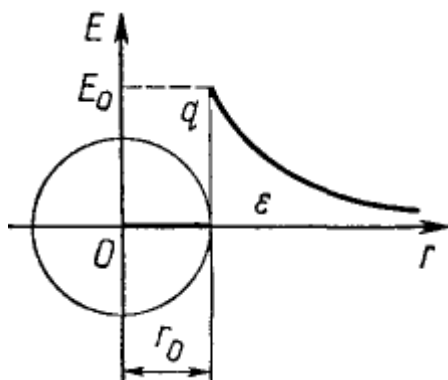
1. Напряженность электрического поля в данной точке пространства равна:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

где  $F$  — сила, действующая на точечный положительный (пробный) заряд  $q_0$ , помещенный в эту точку.

Модуль вектора напряженности электрического поля, создаваемого точечным зарядом  $q$  на расстоянии  $r$  от заряда, равен:

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$



Если на поверхности проводящего шара радиусом  $r_0$  равномерно распределен заряд  $q$ , то внутри шара напряженность поля всюду равна нулю. За пределами шара и на его поверхности напряженность поля точно такая, какую создавал бы заряд  $q$ , сосредоточенный в центре шара,

При перемещении заряда  $q$  в однородном электростатическом поле напряженностью  $E$  силы  $F$  поля совершают над зарядом работу  $A = F \cdot d = qEd$ ,

где  $d$  — модуль перемещения заряда вдоль силовой линии.

В зависимости от знака заряда и направления его перемещения по силовым линиям работа сил поля может быть и положительной, и отрицательной.

2. Всякая система зарядов обладает потенциальной энергией электрического взаимодействия. Потенциальная энергия измеряется работой, которую могут совершить электрические силы при удалении заряженных тел, собранных в систему, на бесконечно большие расстояния относительно друг друга. Для системы

двух точечных зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , удаленных на расстояние  $r$ , эта **работа**, а следовательно, и потенциальная энергия равны:

$$A = W_p = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad \text{если считать, что в бесконечности } W_\infty = 0.$$

Потенциал электрического поля в данной точке определяется отношением

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0}$$

где  $W_p$  — потенциальная энергия, которой обладает пробный заряд  $q_0$  вследствие его взаимодействия с полем в данной точке пространства. Здесь предполагается, что потенциальная энергия, а следовательно, и потенциал в точках, бесконечно удаленных от источника поля, равны нулю. Потенциал электрического поля, создаваемого точечным зарядом  $q$  на расстоянии  $r$  от него, равен:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

Знак потенциала в данной точке поля определяется знаком заряда, создающего это поле.

Если по поверхности проводящего шара радиусом  $r_0$  распределен заряд  $q$ , то внутри шара и на его поверхности потенциал всюду постоянен и равен

$$\varphi_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_0}$$

*Пример решения типовой задачи*

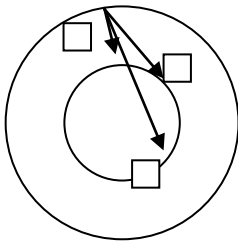
\*\* На расстоянии 1,1 м помещены 2 заряда 10 и -1 нКл. Найти напряженность поля в точке на прямой меж ними, где  $\varphi=0$

Решение Потенциал от шаров имеет разный знак и в точке, где общий потенциал=0, их модули с равняются  $\varphi = Kq_1/R_1 = Kq_2/(1,1-R_1)$

$$10/R = 1/(1,1-R) \quad 11-10R=R \quad R=1$$

$$E = \sum Kq/R = K(10/1 - 1/0,1^2) * 10^{-9} = (10+100) * 9 = 990 \text{ В/м}$$

Задача 1



Задача 2

Найти  $E$  и потенциал Эл поля заряда 36 нКл на расстоянии 9 см от него.

Задача 3

В некоторых двух точках поля точечного заряда  $E$  отличается в 4 раза.  $\varphi_1/\varphi_2=?$ .

Задача 4

На расстоянии 1 м от центра заряженного металлического шара радиусом 3 м потенциал = 3 в. Каков потенциал шара на расстоянии 3 м от центра.

Задача 5

Найти заряд заряженной сферы радиусом 5 см, если потенциал на расстоянии 50 см от пов-ти сферы = 4 в



## Практическое занятие 25-27

### Емкость уединенного проводника и конденсатора.

Цель занятия: усвоить методику решения задач темы.

Контрольные вопросы

1. Почему при сближении пластин конденсатора растет емкость?
2. Почему диэлектрик между пластинами увеличивает емкость?

Методические указания по выполнению практических задач

Емкость уединенного проводника, имеющего заряд  $q$  и потенциал  $\varphi$ , определяется

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

ся формулой

а для уединенного металлического шара  $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$$

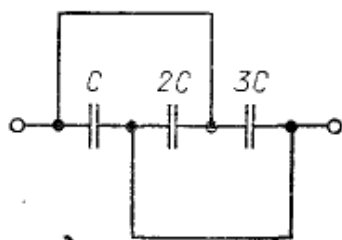
Для плоского конденсатора

Задача

Найти электрическую емкость Земли, приняв ее за проводящий шар. Решение.  $C_{ш} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R_{ш} = R/K = 6400 \cdot 10^3 / 9 \cdot 10^9 = 64 \cdot 10^5 / 9 \cdot 10^9 = 7,11 \cdot 10^{-4} = 711 \cdot 10^{-6} = 711 \text{ мкФ}$ . Емкость Земли как шара - всего 700 мкФ.

Задача

\*\*11.44. Конденсаторы соединили так, как показано на рисунке. Чему равна емкость батареи, если емкость каждого конденсатора в схеме равна  $C$ .



Решение. При внимательном рассмотрении становится очевидным, что конденсаторы соединены параллельно (каждый зажим схемы соединен с тремя обкладками). Следовательно, общая емкость батареи получается суммирование всех емкостей и равна  $6C$ .

Задача 1

$C = 5 \text{ пФ}$ ,  $U = 100 \text{ В}$ ,  $q$  каждой пластины = ?

Задача 2

Для  $S = 100 \text{ см}^2$ ,  $q = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ,  $U = 120 \text{ В}$ , найти расстояние между пластинами.

Задача 3

Проводник 1  $c = 10 \text{ пФ}$ ,  $q = 600 \text{ нКл}$ , Проводник 2  $c = 30 \text{ пФ}$ ,  $q = -200 \text{ нКл}$ . Найти заряды и потенциалы проводников после соединения их проволокой = ?

## Практическое занятие 28-29

### Решение задач на закон Ома.

Цель урока: отработка умения решения задач с применением законов Ома.

Теория

Закон Ома для участка цепи- если на участке электрической цепи, не содержащем ЭДС и имеющем сопротивление  $R$  поддерживать постоянную разность потенциалов (напряжение)  $(\varphi_1 - \varphi_2) = U$  то согласно закону Ома по участку течет ток

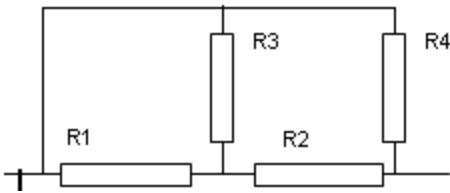
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для полной цепи- сила тока, текущего в замкнутой цепи, состоящей из проводников с общим сопротивлением  $R$  и элемента с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ , равна:

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

Напряжение на зажимах источника, замкнутого проводником с сопротивлением  $R$ , равно:

$$U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{R + r} = \mathcal{E} - Ir$$



Задача

\*\*  $R_1=4\text{ом}$ ,  $R_2=3\text{ом}$ ,  $R_3=12\text{ом}$ ,  $R_4=6\text{ом}$ ,  $R_{\text{экв}}=?$

Решение. Последовательно объединяем резисторы .

1)  $R_1-R_3$  параллельно,  $R=4*12/(4+12)=3\text{ом}$

2)  $R_{13}-R_2$  последовательно= $3+3=6\text{ом}$

3)  $R_{123}-R_4$  параллельно=  $6$  и  $6/2=3\text{ом}$

Задача

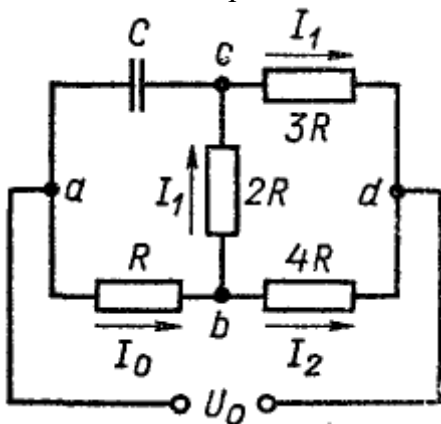
Гальванометр имеет сопротивление  $R_g = 50\text{ом}$  и ток  $I_g = 0,1\text{А}$ . Рассчитать дополнительный резистор, чтобы можно было измерять напряжение до  $100\text{В}$ .

Решение. При напряжении на схеме в  $100\text{В}$ , через гальванометр должен протекать ток  $0,1\text{А}$ . Значит на гальванометре будет падать напряжение  $U_g = I_g R_g = 0,1 * 50 = 5\text{В}$

Остальной напряжение ( $100 - 5 = 95\text{В}$ ) надо погасить на добавочном сопротивлении.  $R_1 = U/R = 95/0,1 = 950\text{ом}$

Задача

\*\* Найдите заряд на конденсаторе в схеме, изображенной на рисунке



Решение. Постоянный ток через конденсатор не проходит. Чтобы определить заряд на конденсаторе, нужно найти разность потенциалов на его обкладках равное разности потенциалов  $U_{ac}$  между точками  $a$  и  $c$ , равной в свою очередь сумме падений напряжений на резисторах сопротивлением  $R$  и  $2R$ , которое, в свою очередь, равно  $U_0$ -  $U_{ac} = U_0 - U_{3R}$ . Для всей цепи

$$I = \frac{U_0}{R + \frac{(2R + 3R)4R}{2R + 3R + 4R}} = \frac{9}{29} \frac{U_0}{R}$$

$$U_R = IR = 9/29 * U_0$$

$U_{bd} = U_0 - U_R = U_0 - 9/29 U_0 = 20/29 U_0$ , а оно делится меж  $2R$   $3R$ , оставляя для  $2R$   $U_{2R} = 2/5 * U_{bd} =$

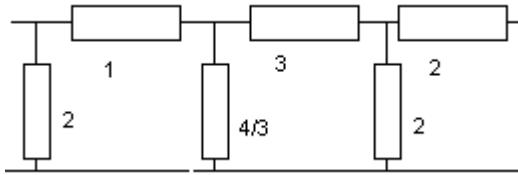
$$2/5 * 20/29 U_0 = 8/29 * U_0$$

В итоге  $U_{ac} = (9/29 + 8/29) U_0 = 17/29 U_0$ , а заряд на конденсаторе  $Q = CU = (17/29) * C * U_0$

Задача 1

ЭДС= $6\text{В}$ ,  $U_H=5,4\text{В}$ ,  $I=1,5\text{А}$ ,  $R_H$ ,  $r=?$

Задача 2



Найти эквивалентное сопротивление

## Практическое занятие 30-31

### Расчет сложных цепей методом Кирхгофа.

Цель занятия: усвоить методику расчета схем по Кирхгофу.

*Контрольные вопросы*

1. Что такое узловой ток?
2. Как выбирают контуры.
3. Сколько необходимо составить уравнений для тока?
4. Каков знак входящего в узел тока?

*Методические указания по выполнению практических задач*

Правила Кирхгофа

1 Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна 0 (закон сохранения заряда)

$$\sum I_i = 0$$

Токи, подходящие к узлу, считают положительными. Если в схеме N узлов, то по первому правилу К-фа можно составить N-1 независимых уравнений.

2 В любом произвольно выбранном замкнутом контуре разветвленной цепи алгебр сумма падений напряжений на отдельных участках контура равна алг сумме ЭДС, встречающихся при обходе этого контура по произвольно выбранному направлению.

$$\sum I_i R_i = \sum E_i$$

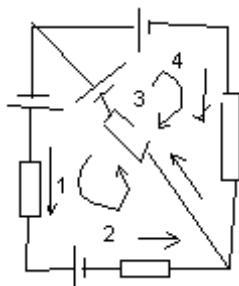
По второму правилу можно составить n-(N-1) ур-ний, где n-число неизвестных токов, а N-число узлов в схеме.

1 поставить направления токов в ветвях

2 написать 1 правило для всех узлов кроме одного

3 выбрать направления обхода для независимых контуров.

4 составить n-(N-1) ур-ний, где n-число неизвестных токов, а N-число узлов в схеме по 2 правилу.



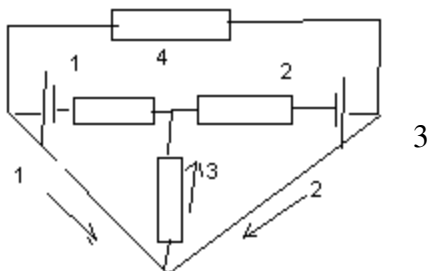
с левого верхнего узла  $I_3 - I_1 - I_4 = 0$

Контур левый  $E_1 - E_2 + E_3 = I_1(R_1 + R_2 + r_1 + r_2) + I_3(R_3 + r_3)$

Контур правый  $E_3 - E_4 = I_4(R_4 + r_4) + I_3(R_3 + r_3)$

Задача

Каждое  $R = 1 \text{ кОм}$ ,  $E_1 = 1,5 \text{ В}$ ,  $E_2 = 1,8 \text{ В}$ .  $R_4$  закорочено нижними- пренебрегаем, его  $I_4 = 0$ . Вт сопротивления источников  $= 0$ .



1-Нижний узел

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

2-Левый контур против часовой  $I_3 R + I_1 R = E_1$

3-Правый против часовой  $I_3 R + I_2 R = E_2$  суммируем 2 и

$$2 * I_3 R + (I_1 + I_2) R = E_1 + E_2 \quad [I_1 + I_2 = I_3 \text{ из 1}] \gg \gg$$

$$I_3 = (E_1 + E_2) / 3R = (1,5 + 1,8) / 3000 = 1,1 \text{ ма} \quad \text{Из 3 имеем}$$

$$I_2 = E_2 / R - I_3 = 1,8 / 1000 - 1,1 = 0,7 \text{ ма}$$

$$I_1 = I_3 - I_2 = 0,4 \text{ ма}$$

Задача 1

Найти ток в реостате если элементы подключены разноименными полюсами.  $E_1 = 8 \text{ В}$ ,  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $E_2 = 4 \text{ В}$ ,  $R_2 = 0,5 \text{ В}$ ,  $R = 5 \text{ Ом}$ .

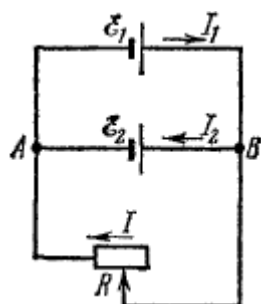
Задача 2

$E_1 = 22 \text{ В}$ ,  $r_1 = 0,2$ ,  $E_2 = 10 \text{ В}$  заряжается  $r_2 = 0,6 \text{ Ом}$ ,  $R = 10 \text{ Ом}$  лампа  $R_3$

Найти токи

Задача 3

$5 * R_1 = 1000 \text{ Ом}$ ,  $r_2 = 500 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 200 \text{ Ом}$ ,  $E_1 = 1,8 \text{ В}$ ,  $I_2 = 0,5 \text{ ма}$  найти



$E_2$

Решения задач на Закон Фарадея

Цель занятия: усвоить методику расчета задач по электролизу.

Контрольные вопросы

1. Почему не проводящая ток вода становится проводником?
2. Возможен ли такой эффект с керосином?
3. Что такое электрохимический эквивалент?

Методические указания для выполнения практических работ

Явление выделения составных частей растворенных в жидкости веществ при прохождении через нее электрического тока называют электролизом. Растворы, проводящие ток, называют электролитами.

Если за время  $t$  через электролит прошел заряд  $q$  и к каждому электроду подошло  $N$  ионов массой  $m_1$  то на катоде откладывается вещество массой  $m = Nm_1$ .

$$N = \frac{q}{q_u} = \frac{q}{ne}$$

Число ионов  $N = \frac{q}{q_u} = \frac{q}{ne}$ , где  $q_u$  — заряд иона;  $n$  — валентность вещества;  $e$  — заряд электрона. Учитывая все это, получим:

$$m = \frac{M}{nF} q = kq = kIt \quad (12.29)$$

Постоянное для всех веществ произведение  $eN_A = F$  называется постоянной Фарадея,

постоянное для данного вещества отношение  $\frac{M}{nF} = k$  называется электрохимическим эквивалентом вещества. Учитывая это, формулу можно переписать в виде:

$$m = \frac{M}{nF} q = kq = kIt \quad (\text{закон Фарадея})$$

Задача

По Числу Фарадея и числу Авогадро получить заряд одновалентного иона- Э-на  $e_0 = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль} / 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Задача

При электролизе нитрата серебра на катоде выделится за 1 час 12г Ag. U на зажимах ванны= 5,2в, Rр-ра= 1,5ом, ЭДС поляризации=0,7и. Найти валентность и число атомов Ag.  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$ ,  $\mu = 108 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

-Решение  $I = (U - E_{\text{пол}}) / R$ ,  $m = \mu / n \cdot It / F$ ,  $n = \mu It / (mF) = \mu (U - E_{\text{пол}}) t / (mFR) = 108 \cdot 10^{-3} \cdot (5,2 - 0,7) \cdot 3600 / (1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1,5) = 1$

Кол-во атомов, учтя валентность= Общ заряд/ $e_0$   $Q = It$

$N = (U - E_{\text{пол}}) t / (Re_0) = (5,2 - 0,7) \cdot 3600 / (1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) = 6,75 \cdot 10^{22}$

Задача 1

Найти элхим экв-т хлора, атомная масса которого 35, 453, валентность=1.

**Закон Ампера, Ленца**

*Цель занятия:* усвоить методику решения задач на законы Ампера и Ленца.

*Контрольные вопросы*

1. Как объясняют взаимодействие проводов с током?
2. Какие величины входят в правило левой руки?
3. Назовите правило правой руки.
4. Почему правило Ленца называют законом сохранения энергии?
5. Как определить направление магнитного поля вокруг проводника с током?

Теория

1 При движении электрических зарядов в пространстве, окружающем эти заряды, возникает магнитное поле.

Опытом установлено (закон Ампера), что на прямой проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, действует распределенная по проводнику сила, модуль которой равен:

$$F = IlB \sin \alpha$$

где  $I$  — сила тока в проводнике;  $l$  — длина проводника;  $B$  — модуль вектора индукции магнитного поля;  $\alpha$  — угол между направлением индукции магнитного поля и проводником.

Вектор  $F$  всегда перпендикулярен плоскости, в которой лежат проводник и вектор  $B$ .

Связь между направлениями вектора силы, тока и вектора индукции становится правилом левой руки.

На каждую заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, со стороны поля действует сила (сила Лоренца), модуль которой равен:

$$F_L = \frac{F}{N}, \quad \text{или} \quad F_L = qvB \sin \alpha.$$

Если в прямом проводнике сила тока  $I$ , то в точке, удаленной от проводника на расстояние  $r$  модуль вектора индукции магнитного поля равен:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r}$$

где  $\mu$  — магнитная проницаемость вещества — величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля, созданного током в данной среде, больше, чем индукция, созданная тем же

током в вакууме;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  — магнитная постоянная.

Поток вектора индукции однородного магнитного поля через плоскую поверхность площадью  $S$  равен:

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Задача

Заряженная частица идет по прямой. Можно ли говорить, что МП нет.

-- Нет- Может МП  $\parallel v$ , тогда  $F=0$ .

Задача

Пучок Эл-нов идет  $\parallel$  в одном направлении с током в проводнике. Как отклоняется пучок?.

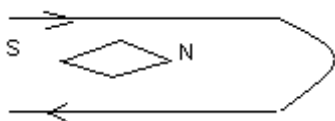
-- Отталкивается от провода, как антипараллельные токи.

Задача 1

К медному кольцу приближается магнит северным полюсом. Определить направление индукционного тока в кольце.

Задача 2

Как установится стрелка



Задача 3

Диверсанта подошел к линии электропередач постоянного тока. Имея вольтметр и компас надо определить в каком направлении находится электростанция.

Решение. 1) Вольтметром находим положительный провод (пусть это верхний провод)

2) Магнитной стрелой определяем направление магнитного поля вокруг этого провода, а по нему — направление тока. Ток течет от “+” к “-”, значит станция там, откуда идет ток по положительному проводу.

## Практическая работа №38-41

### Решение задач по теме «Электромагнитные колебания»

Цель работы: закрепить умение решать задачи на вычисление индуктивного, емкостного сопротивлений, действующего значения силы тока и его амплитудного значения. Основные понятия и формулы

Электромагнитные колебания — это периодические изменения со временем электрических и магнитных величин (заряда, силы тока, напряжения, напряжённости, магнитной индукции и др.) в электрической цепи.

Период свободных электромагнитных колебаний в контуре  $T=2\pi\sqrt{LC}$  - формула Томсона,

Колебательный контур

*Цель занятия:* усвоить методику решения задач с колебательным контуром.

*Контрольные вопросы*

1. От чего зависит период колебаний в контуре?
2. Какие колебания называются вынужденными?
3. В чем смысл резонанса?

Теория

Сопротивление  $R$  электрической цепи, не имеющей емкости и индуктивности, называют активным сопротивлением.

Сопротивление  $R_c$  участка цепи, содержащего конденсатор, называют емкостным сопротивлением.

$$R_c = \frac{E_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}$$

Сопротивление участка, содержащего индуктивность (индуктивное сопротивление), равно:

$$R_L = \omega L$$

Если три участка цепи, имеющие соответственно активное  $R$ , индуктивное  $R_L$  и емкостное  $R_c$  сопротивления, соединить последовательно, то полное сопротивление цепи переменному току будет равно:

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_c)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

*Задача*

На какую длину волны настроен колебательный контур с индуктивностью  $L$ , если максимальная сила тока в контуре равно  $I$  (макс), а максимальное напряжение на конденсаторе составляет  $U$  (макс). Скорость распространения электромагнитных волн равна  $v$

Решение

$$C = L I^2 / U^2$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$\lambda = v T$$

Задача

Входной контур радиоприемника состоит из катушки, индуктивность которой равна  $2.0$  мГн, и плоского конденсатора с площадью пластин  $10.0$  см<sup>2</sup> и расстоя-

нием между ними 2.0 мм. Пространство между пластинами заполнено слюдой с диэлектрической проницаемостью 7,5. На какую длину волны настроен радиоприемник?

Решение

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S / d$$

$$T = 2 \pi \sqrt{LC}$$

$$\lambda = V T$$

$$C = 5 \cdot 10^{-13}$$

$$T = 19,8 \cdot 10^{-8} \text{ с}$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 19,8 \cdot 10^{-8} = 59,4 \text{ м}$$

Задача 1

Максимальный заряд на обкладках конденсатора колебательного контура  $q_m = 10^{-6}$  Кл. Амплитудное значение силы тока в контуре  $I_m = 10^{-3}$  А. Определите период колебаний.

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Какие колебания называют электромагнитными?
2. Что называют переменным электрическим током?
3. Из каких элементов состоит колебательный контур?
4. От чего зависит период электромагнитных колебаний?
5. Чему равно ёмкостное сопротивление?
6. Чему равно индуктивное сопротивление? Методические указания

Решение задач об электромагнитных колебаниях в колебательном контуре связано с нахождением периода (или собственной частоты) колебаний контура с использованием формулы Томсона. При решении некоторых задач используются законы сохранения и превращения энергии в колебательном контуре.

- 1) Записать заданное уравнение и уравнение гармонических колебаний в общем виде;
- 2) сопоставив эти уравнения, определить величины, характеризующие колебания (амплитуду, частоту, период, фазу) и другие величины в соответствии с условием задачи;
- 3) в некоторых задачах, наоборот, по известным величинам, характеризующим колебательную систему, следует записать уравнение гармонических колебаний.

При решении задач по теме «Переменный ток» следует помнить, что это вынужденные электрические колебания, необходимо учитывать отличие действующего значения силы тока (напряжения) от амплитудного.



## Практическая работа № 42

### Решение задач по теме «Природа света. Волновые свойства света»

Основные понятия и формулы

Интерференция света — перераспределение интенсивности света в результате наложения (суперпозиции) нескольких световых волн.

Дифракция света — огибание электромагнитной волной препятствий соизмеримых с длиной волны.

Дифракционная решётка — оптический прибор, применяющийся для разложения световой излучения в спектр.

Поляризация света — выделение из пучка естественного света лучей с определенной ориентацией вектора напряженности электрического поля.

Полное внутреннее отражение — явление возврата светового луча в исходную среду после попадания на границу раздела двух сред при падении его из более оптически плотной среды в менее плотную.

Поляризатор — прибор, превращающий естественный свет в линейно-поляризованный.

Оптоволокно (оптические световоды) — нить из оптически прозрачного материала (стекло пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.

Спектральный анализ — совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на изучении спектров взаимодействия материи излучением, включая спектры электромагнитного излучения.

Естественный свет — оптическое излучение с быстро и беспорядочно изменяющимися направлениями напряженности электромагнитного поля.

Линейно-поляризованный свет — это электромагнитная волна, поляризованная таким образом, что направление вектора напряженности электрического поля остается неизменным

Задание. Решите задачи.

1 Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено А преломлением света Б отражением света В поляризацией света

2 Зелёная трава обладает способностью

А поглощать лучи зелёного цвета Б отражать лучи зелёного цвета В отражать лучи всех цветов

3 Наложение когерентных волн называют

А дисперсией Б интерференцией В дифракцией

4 В случае каких волн невозможна интерференция"

А световых Б звуковых В электромагнитных Г среди ответов АБВ нет правильного

5 Появление радуги на небе объясняется

А интерференцией света Б дифракцией света В различной преломляемостью лучей разного цвета

6 Явление поляризации свойственно

А любым волнам Б только поперечным волнам В только продольным волнам

7 Зависимость показателя преломления света в данной среде от длины волны называется А интерференцией света Б дифракцией света В дисперсией света

8 Белые предметы обладают способностью

А поглощать лучи всех цветов    Б отражать лучи всех цветов    В пропускать лучи того или иного цвета

9 Огибание волнами препятствий, сравнимых по размерам с длиной волны, называют А интерференцией    Б дифракцией    В поляризацией

10 Интерференцию света от двух ламп накаливания наблюдать нельзя, так как световые волны, излучаемые ими

А неполяризованы    Б некогерентны    В слишком малой интенсивности

11 Цветная окраска различных тонких плёнок объясняется

А только дифракцией света    Б только интерференцией света    В интерференцией и дифракцией света

12 Поляризацией света называют процесс

А изменение направления света    Б изменение интенсивности света

В ориентации колебаний вектора напряжённости световой волны в определённом направлении

13 Свет с длиной волны 500нм падает на дифракционную решётку с периодом 2мкм. Найти наибольший порядок максимума.

14 Задача

Длина волны жёлтых лучей в вакууме равна 580нм. Какова длина волны этих лучей в воде, если показатель преломления воды равен  $n=1,33$ ?

15 Задача

В некоторую точку пространства приходят волны длиной 700нм. Разность хода волн равна 3,5мкм. Усиление или ослабление света будет наблюдаться в данной точке?

16 Задача

У дифракционной решётки максимум второго порядка для света с длиной волны 400нм наблюдается под углом, для которого  $\sin \alpha = 0,04$ . Найти период этой решётки.  $d=?$

17 Задача

Какова ширина всего спектра второго порядка, полученном на экране, отстоящем на 2м от дифракционной решётки, на которой нанесены 500 штрихов на 1 мм? Длины волн света от 0,4мкм до 0,8мкм.

18 Какова длина световых волн в вакууме, если в стекле длина волн 680нм, а показатель преломления стекла равен  $n=1,5$ ?

19 Что будет наблюдаться — усиление или ослабление света — в точке схождения двух световых волн с длиной волны 600нм, если разность хода волн составляет 1,5мкм ?

20 Сколько штрихов на 1мм содержит дифракционная решётка , если на экране, отстоящем от решётки на 1м, расстояние между спектрами первого порядка равно 7,6см, а длина световых волн равна 0,38мкм?

## Практическая работа №43-44

### Решение задач по теме «Элементы квантовой физики»

Цель работы: закрепить умение применять формулу красной границы фотоэффекта и уравнение Эйнштейна при решении задач. Основные понятия и формулы  
Стремясь преодолеть затруднения классической теории при объяснении излучения чёрного тела, М. Планк в 1900 г. Высказал гипотезу: атомы испускают электромагнитную энергию отдельными порциями — квантами.

Энергия  $E$  каждой порции прямо пропорциональна частоте излучения.

Фотон — материальная, электрически нейтральная частица — квант электромагнитного поля.

Энергия фотона  $E=h\nu$ .

Фотоэффектом называется испускание электронов с поверхности металла под действием света.

Законы фотоэффекта:

1. Число электронов, выбиваемых за 1 с из вещества, пропорционально интенсивности света.
2. Кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света, а зависит от его частоты.
3. Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, т.е. существует наименьшая частота, при которой ещё фотоэффект.

Работа выхода - это характеристика металла (табличная величина). Она показывает, какую работу должен совершить электрон, чтобы преодолеть поверхностную разность потенциалов и выйти за пределы металла. Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Как излучается и поглощается свет атомами вещества?
2. Что называется фотоэффектом?
3. Что такое красная граница фотоэффекта?
4. Что называется работой выхода?
5. Что такое фотон?
6. Как определить энергию и импульс фотона?

Методические указания

При решении задач необходимо:

- 1) помнить о взаимосвязи между волновыми и квантовыми характеристиками частиц;
- 2) знать, что взаимодействие фотонов с веществом подчиняется законам сохранения энергии и импульса. Уравнение Эйнштейна является следствием закона сохранения энергии.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите красноволновую границу фотоэффекта для натрия, если работа выхода электрона из фотокатода  $A=2.3$  эВ.

Дано:

$$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \quad c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$A=2,3 \text{ эВ} = 3,68 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Найти  $\nu_{кр}$

Решение: Запишем уравнение для «красной границы» фотоэффекта и вычислим из него искомую длину волны  $h\nu = A_{\text{ВЫХ}}$  или  $\lambda = hc/A_{\text{ВЫХ}} = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

Задача 2. Работа выхода электронов из пластины  $A_{\text{ВЫХ}} = 6,3 \text{ эВ} = 10^{-18} \text{ Дж}$ . Определить, произойдет ли внешний фотоэффект, если на пластину падает свет с частотой  $\nu_1 = 8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ,  $\nu_2 = 3 \cdot 10^{16} \text{ Гц}$ . Найти:  $\nu_{\text{кр}}$ ?

Решение: Внешний фотоэлектрический эффект произойдет в том случае, если  $\nu > \nu_{\text{кр}}$ . Уравнение для красной границы фотоэффекта

$$h\nu_{\text{кр}} = A_{\text{ВЫХ}} \quad (1)$$

Из (1) определяем  $\nu_{\text{кр}} = A_{\text{ВЫХ}}/h = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ Гц}$ . При этой частоте фотоэффекта не произойдет. Во втором случае вычисления покажут, что фотоэффект произойдет.

Задача 3. При облучении фотоэлемента светом с частотой  $1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  фототок прекращается при задерживающем напряжении  $U = 4,1 \text{ В}$ . Определить  $A$ - работу выхода электрона с поверхности фото катода,  $\lambda$ - красную границу фотоэффекта.

Дано:

$\nu = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       Электрон может пролететь через тормозящее поле, разность потенциалов которого  $U$ , если

$$U = 4,1 \text{ В} \quad eU \leq mv^2/2$$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$       Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в данном случае имеет вид:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$        $e \cdot U = A_{\text{ВЫХ}} + eU \quad (2)$ , откуда  $A = h\nu - eU \quad (3)$

Найти:  $hc/\lambda = A_{\text{ВЫХ}}$ , откуда  $\lambda = hc/A_{\text{ВЫХ}}$

$$A_{\text{ВЫХ}} - ? \quad \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ:  $A = 4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ,  $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

### Пакет преподавателя

Выполнение и защита работ.

Работы проводятся с целью усвоения и закрепления практических умений и знаний, овладения профессиональными компетенциями. В ходе работы студенты приобретают умения, предусмотренные рабочей программой, учатся использовать и самостоятельно работать с оборудованием, проводить эксперименты, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания, подтверждать теоретические положения практическим опытом.

*Критерии оценок работ*

При оценивании работы студента учитывается следующее:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Каждый вид работы оценивается по 4-х бальной шкале.

Оценка «5» (отлично) ставится, за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором студент свободно и уверенно ориентируется; за умение практически применять теоретические знания, высказывать и обосновывать свои суждения. Оценка «5» (отлично) предполагает грамотное и логичное изложе-

ние ответа. При этом студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов;

Оценка «4» (хорошо) ставится, если выполнены требования к оценке 5, студент полно освоил учебный материал, владеет научно-понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет теоретические знания на практике, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют два-три недочета (неточности), не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» (удовлетворительно) ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности, в применении теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы; не умеет доказательно обосновать собственные суждения, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» (неудовлетворительно) ставится, если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может практически применять теоретические знания, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

## Информационное обеспечение обучения

### 1. Основная литература:

-Мякишев Г.Я. Физика. 10 кл.: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углубленный уровни / Г.Я Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский; под ред. Н.А.Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2022. - 432 с: ил. - (Классический курс)

-Мякишев Г.Я. Физика. 11 кл.: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углубленный уровни / Г.Я Мякишев, Б.Б.Буховцев, В.М.Чаругин; под ред. Н.А.Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2022. - 432 с: ил. - (Классический курс)

### 2. Дополнительная литература:

Жданов Л.С. Физика для средних специальных заведений: учебник/. Л.С. Жданов, Г. Л. Жданов - М.: Альянс, 2017, 572 с.