Семинар по школьной олимпиадной физике

ОЛИМПИАДНАЯ ФИЗИКА 8 КЛАСС

Наука - это не формальная логика, она нуждается в свободной игре ума в такой же степени, как и любое другое творческое искусство. Это правда, что этому дару трудно обучиться, но его развитие можно поощрять у тех, кто им уже обладает.

Макс Борн

Организатор: Анатолий Найдин

г. Томск, ТФТЛ

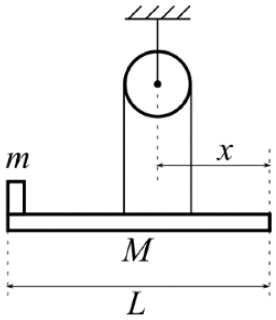
2024

Занятие 1. Молекулы

I. *Вопросы (повторим математику):*

1. Первый фонтан наполняет бассейн за 2 часа 30 минут, а второй – за 3 часа 45 минут. За какой время наполнят бассейн оба фонтана, работая вместе? 1 ч 30 м
2. Двадцать пять яиц без рубля стоят пять рублей без пяти яиц. Сколько стоит десяток яиц? 2 руб
3. В коробке лежат 14 шаров – синих, зеленых и красных. Синих в семь раз больше, чем красных. Сколько в коробке зеленых шаров? 6
4. За два года завод снизил объем выпускаемой продукции на 51%, при этом каждый год он снижался на одно и то же число процентов. На сколько? 30%
5. В классе 40 учеников. Найдется ли такой месяц в году, в который отмечают свой день рождения не меньше чем 4 ученика этого класса? 12·3= 36, а 4 попадут
6. Известно, что в январе четыре пятницы и четыре понедельника. На какой день недели приходится 1 января? Вторник

II. *Задачи:*



1. Система из небольшого груза массы m = 2 кг, однородной балки длиной L = 1 м и массой M = 6 кг, блока и невесомой, нерастяжимой нити находится в равновесии. Найдите расстояние x по горизонтали от вертикальной линии, проходящей через ось блока, до правого края балки. X=(5/8)м
2. Две пружины разной длины ℓ_1 = 10 см и ℓ_2 = 20 см, жесткости которых k_1 = 200 Н/м k_2 = 100 Н/м, вставлены одна в другую и скреплены концами. Каковы длина составной пружины и ее жесткость? 13,3 см. 333 Н/м
3. Машина едет четверть общего пути со скоростью υ = 25 км/ч, четверть от общего времени со скоростью υ = 30 км/ч и остальной участок дороги со скоростью υ = 10 км/ч. Найти среднюю скорость в км/ч с точностью до десятых. Выразить третий путь и третье время. Ответ 17,6

III. Сегодня начнём знакомиться с молекулярной физикой. Прежде всего, ответим на вопрос: «Что изучает молекулярная физика»? Какие физические явления изучает молекулярная физика? Явления, обусловленные движением молекул?! Примеры: нагревание, кипение, испарение, плавление. Эти явления называются тепловыми, поскольку обусловлены изменением температуры тел. В Древней Греции человек объяснял тепловые явления переходом «огня». Физические объекты, с которыми происходят тепловые явления: газ, жидкость, твёрдое тело.

Молекулярная физика изучает тепловые явления, а также свойства и поведение вещества на основе представлений о его молекулярном строении.

1. **Макроскопическое тело –** тело, состоящее из большого числа частиц.
2. **Атом** – мельчайшая часть химического элемента, носитель его свойств. При взаимодействии элементов их атомы объединяются, образуя основную единицу нового вещества - молекулу. Возможные комбинации атомов (сколько?): H_2O, O_2, H_2, HCl, H_2SO_4. Вещество построено из атомов и молекул. Примеры: гелий, железо, вода.
3. **Молекула** – мельчайшая частица вещества, сохраняющая его химические свойства и состоящая из атомов, объединённых химическими связями.

4. **Относительная молекулярная масса (μ_B)** – отношение массы молекулы данного вещества к 1/12 массы атома углерода.

$$\mu_B = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}$$

Примеры: $\mu_O = 16$; $\mu_C = 12$; $\mu_H = 1$; $\mu_{O_2} = 32$; $\mu_{H_2O} = 18$; $\mu_{CO_2} = ?$

Сколько атомов содержится в 12 г углерода? $N_A = 0{,}012$ *кг/моль* – число Авогадро. 1 моль любого вещества содержит число частиц, равное числу Авогадро:

$$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ 1/\text{моль}.$$

Чему равна масса одного моля углерода, атомарного водорода, молекулярного кислорода, воды?

5. **Молярная масса (M_B)** – масса одного моля данного вещества.

Примеры: $M_{CO_2} = 0{,}044$ кг/моль, M_{CH_4} - ?

6. **Количество вещества (ν)** – свойство макроскопического тела, измеряемое отношением массы вещества к его молярной массе:

$$\nu = \frac{m}{M_B}.$$

Как узнать число частиц в теле? $N = \nu \cdot N_A$

Как измерить массу атома или молекулы данного вещества? $m_0 = \frac{M_в}{N_A}$

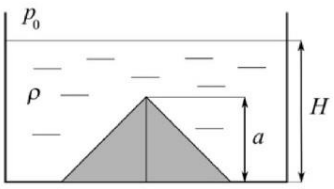
Зная количество вещества ($\nu = \frac{m}{M_B}$), можно определить число частиц в теле ($N = \nu \cdot N_A$), а также определить массу одной частицы.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Сколько частиц содержат 5 молей данного вещества?
2. Какова масса 50 молей углекислого газа?
3. Какова масса молекулы кислорода?
4. Определить число молекул в 200 г воды?
5. Микроскопическая капелька тумана имеет радиус 0,3 мкм. Из сколько миллиардов молекул воды состоит эта капелька?

V. Олимпиада.

1. Школьник поставил на одну чашу равноплечих весов сосуд, доверху наполненный жидкостью, и уравновесил весы, поставив на другую чашу гирю. Затем он аккуратно положил в сосуд небольшой камень, который утонул. Вылившуюся при этом жидкость школьник собрал в легкий стаканчик и поставил стаканчик на чашу с гирей. Весы снова оказались в равновесии. Какова плотность камня, если плотность жидкости равна 0.9 кг/литр? Массой стаканчика пренебречь. 1800 кг/м^3 $m_г = \rho_ж V$. $m_к + \rho_ж(V - V_к) = m_г + \rho_ж V_к$
2. Из пунктов А и В, двигаясь равномерно, вышли навстречу друг другу два человека. Встретившись через некоторое время, они дошли до противоположных пунктов и продолжили движение обратно. Через какое время от начала движения они встретятся второй раз (ответ выразить в единицах времени первой встречи)? $t_2 = 3t_1$. Также предлагается рассмотреть и второй случай, когда один человек двигается настолько быстрее второго, что успевает дойти до противоположного пункта и повернуть обратно, а второй тем временем просто идет вперед.
3. Фигурку, склеенную из двух половинок куба со стороной a, приклеили ко дну сосуда. В сосуд налили жидкость плотности

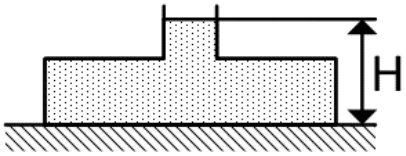


ρ до высоты H > a. Определите величину и направление силы, с которой жидкость давит на фигурку. Атмосферное давление равно p_0. $F = (\rho g H + p_0)2a^2 - \rho g a^3$

Вопросы:

1. Препарат содержит в молекуле восемь атомов углерода, девять атомов водорода, один атом азота и два атома кислорода. Какова молекулярная формула препарата, его относительная молекулярная масса и молярная масса?
2. Поиграем словами! Каждое последующее слово должно начинаться на последнюю букву последнего физического слова.
3. Какова масса 20 моль ацетилена C_2H_2?
4. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 2,7 кг?
5. Сравните число молекул N_1 в 1 г водорода и число молекул N_2 в 1 г кислорода.
6. Почему гелия нет в нашем организме, хотя после водорода это наиболее распространенный элемент во Вселенной?
7. Одинаковые ли количества вещества содержат 10^{20} молекул кислорода и молекул азота?
8. Сколько молей воды образуется из шести молей атомарного кислорода и 6 молей молекулярного водорода?
9. Хозяин нанял работника на год за 12 рублей и кафтан. Но тот, проработав только 7 месяцев, захотел уйти. При расчете он получил кафтан и 5 рублей. Сколько стоит кафтан? 4,8 р
10. В турнире по волейболу, прошедшем в один круг, 20% всех команд не выиграли ни одной игры. Сколько было команд? 5
11. Сумма пяти последовательных целых чисел равна 875. Найдите меньшее из этих чисел. 173
12. Загаданы 4 числа. Их попарные суммы: -2, 1, 3, 5. 7, 10. Найдите все загаданные числа. Система 6 уравнений с четырьмя неизвестными. -3. 1. 4. 6.
13. Если взять «то» да «это» и еще половину «того» да «этого» - сколько процентов от трех четвертей «того» да «этого» это составит? 200

Разное



1. Колена сообщающихся сосудов представляют собой три одинаковые вертикально расположенные трубки площадью сечения 1 см^2 каждая. Трубки частично заполнены водой. В одну из трубок заливают масло объёмом 100 см^3, при этом масло не перелилось в другие трубки. Насколько повысится уровень воды в остальных трубках? 30 см
2. В дне цилиндрической кастрюли площади 7 дм^2 просверлили отверстие площадью 2 дм^2 и вставили в нее пластмассовую трубку. Масса кастрюли с трубкой равна 2 кг, высота кастрюли 30 см. Кастрюля стоил на ровном листе резины вверх дном. Сверху в трубку осторожно наливают воду. До какого уровня H можно налить воду, чтобы она не вытекала снизу? 0.7 м. Без атм.

Олимпиада

Занятие 2. Тепловое расширение

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ч**ему равна молярная масса азотной кислоты HNO_3? 63
2. Сравнить число молекул N_1 в одном моле двухатомного газа – молекулярного кислорода O_2 и число молекул N_2 в одном моле трехатомного газа - озона O_3.
3. **И**меется 10 г одноатомного газа гелия – He. Сколько моль содержит это количество? 2,5
4. **П**ри сгорании углерода 12 г углерода соединились с 32 г кислорода. Изменилось ли при этом количество вещества? Да! Стал 1 моль.
5. **С**равните число молекул N_1 в 1 г водорода и число молекул N_2 в 1 г кислорода.
6. Имеется два сосуда. В одном находятся 1 г молекулярного водорода H_2, в другом – 8 г молекулярного кислорода O_2. В каком сосуде находится большее количество вещества? В сосуде с водородом
7. **М**икроскопическая пылинка углерода (C) обладает массой 0,1 нг. Определить, из скольких молекул она состоит. $5\cdot10^{12}$
8. Сколько кислорода использовано в реакции соединения водорода с кислородом, если использовано 3 г водорода? 24 г

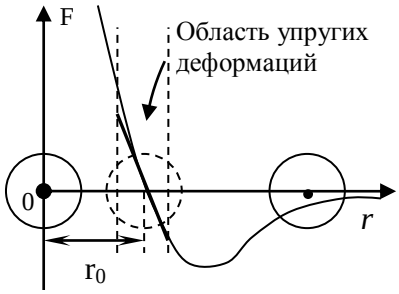
II. *Задачи (блиц):*

1. **С**колько молекул содержится в 1 кг воды. Каковы масса и объём одной молекулы воды? $334{,}4\cdot10^{23}$. $3\cdot10^{-23}$ г. $3\cdot10^{-29}$ м^3
2. Какова масса куска золота, содержащего 10^{25} атомов? 3,27 кг
3. На одну молекулу тяжелой воды D_2O приходится 6800 молекул обычной воды H_2O. Сколько тонн природной воды нужно переработать, чтобы получить тяжелую воду массой 1,00 кг? 6 т
4. Считая, что объем молекулы воды равен $1{,}1\cdot10^{-23}$ см^3, найти, какой процент от всего пространства, занятого водой, приходится на долю самих молекул. 36,7 %

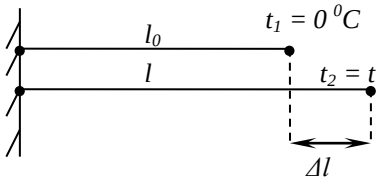
III. Основные положения молекулярной физики:

- Всё вещество состоит из частиц, молекул или атомов.
- Молекулы находятся в беспрерывном хаотическом движении.
- Молекулы взаимодействуют друг с другом.

График равнодействующей сил притяжения и сил отталкивания в зависимости от расстояния между центрами молекул. Когда расстояние между центрами молекул порядка диаметра молекулы $r_0 = d_0$, силы притяжения и силы отталкивания уравновешивают друг друга. При сближении молекул силы отталкивания возрастают быстрее, чем силы притяжения, поэтому при нагревании среднее расстояние между центрами соседних молекул должно возрастать!?



Демонстрация расширения стальной проволоки при пропускании по ней электрического тока. Это явление надо учитывать. При нагревании наружная электропроводка должна провисать. Величина расширения большинства материалов близка к прямой пропорциональной зависимости от



увеличения температуры. $\Delta l = \alpha \cdot \ell_o \cdot t$. $\Delta \ell$ – абсолютное удлинение тела. Отсюда $\ell = \ell_o(1+\alpha t)$, где α – коэффициент линейного расширения твердого тела. Как биметаллическая пластина реагирует на изменение температуры? И-за теплового расширения Эйфелева башня «вырастает» к лету на 15 см. Объемное расширение тел. $V = V_0(1 + \beta t)$, где β – коэффициент объемного расширения тела. $\beta = 3\alpha$. *При измерении температуры тела ртутным термометром расширяется и ртуть, и стекло. Почему же ртуть поднимается вверх по тонкой трубке?*

Учет и использование теплового расширения в технике: паропроводы, зазоры между рельсами, расширение мостов, железобетон, тепловое реле, термометр. Наименьшим коэффициентом линейного расширения обладают: кварцевое стекло $\alpha = 3 \cdot 10^7$ $1/^0C$; инвар (36% никеля, 0,4% марганца, 0,4% углерода, остальное?).

IV. *Задачи (блиц):*

1. **С**тальная труба при $t_1 = 20^0C$ имеет длину $\ell_1 = 10,7$ м. Насколько удлинится труба при пропускании по ней пара с температурой $t_2 = 420^0C$? $\Delta l = \alpha \cdot \ell \cdot \Delta t$. 48 мм
2. Стальной обруч диаметром 1 м при 15^0C должен быть надет на колесо диаметром 1,005 м. До какой температуры должен быть нагрет обруч? 460^0C
3. **К**еросин содержится в стальной цистерне цилиндрической формы, высота которой 6,0 м. При температуре 0°С нефть не доходила до верхнего края цистерны на 20 см. При какой температуре керосин перельется через край цистерны? Температурный коэффициент объёмного расширения керосина 10^{-3} град$^{-1}$. 36^0C

V. Олимпиада

1. Шар плавает в жидкости, погрузившись в нее на 95%. На сколько следует повысить температуру системы, чтобы шар погрузился в жидкость полностью? Считать, что нагрев идет медленно и температуры жидкости и шара все время равны. Коэффициент линейного расширения материала шара 10^{-4} град$^{-1}$, коэффициент объемного расширения жидкости 10^{-3} град$^{-1}$. 70^0C. Тело плавает, поэтому вес тела равен весу вытесненной жидкости $V_{0ж} = 0,95V_{0ш}$. При нагревании плотности их должны сравняться, поэтому $V_ж = V_ш$.

2. Какую длину l_{0C} и l_{0M} при температуре 0°С должны иметь стальной и медный стержни, чтобы при любой температуре разность их длин составляла $\Delta l = 10$ см? Коэффициент линейного расширения стали $\alpha_c = 1.2 \cdot 10^{-5}$ град$^{-1}$, меди $\alpha_м = 1.7 \cdot 10^{-5}$ град$^{-1}$. В том числе и при нулевой температуре. $l_{0C} = 35$см. $l_{0M} = 25$ см

3. Диаметр стеклянной пробки, застрявшей в горлышке флакона, $d_0 = 2,5$ см. Чтобы вынуть пробку, горлышко нагрели до температуры $t_1 = 150$ °С. Сама пробка успела при этом нагреться до температуры $t_2 = 50$ °С. Какой зазор l между горлышком и пробкой образовался при этом? Температурный коэффициент линейного расширения стекла $\alpha_1 = 8 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$. 0,01 мм

4. Оцените минимальное время, за которое гоночный автомобиль с полным приводом массой 1000 кг и двигателем мощностью 100 кВт на ровной асфальтовой горизонтальной дороге сможет разогнаться до скорости 100 км/ч, стартуя с нулевой начальной скоростью. Коэффициент трения шин об асфальт 0,7. Сопротивлением воздуха и трением качения пренебречь. 4,88 с

Вопросы (блиц):

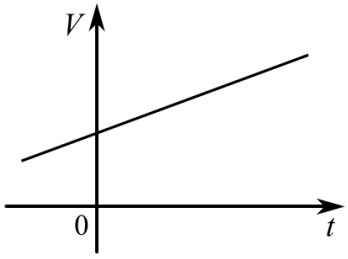
1. Почему тонкий стакан, в который налили горячей воды, остается целым?
2. Как поступить, если металлическая завинчивающаяся пробка от стеклянной или пластмассовой бутылки не откручивается?
3. Одинаково ли меняются при нагревании размеры сплошного стержня и трубки, если у них одинаковые диаметр и длина?
4. Раскалённый кварцевый стакан можно без вреда для него опустить в холодную воду. Чем объясняется такое свойство кварца?
5. Почему в системе водяного отопления расширение воды при нагреве не вызывает разрыва труб?
6. Стальной шарик плавает в ртути. Увеличится или уменьшится глубина его погружения, если повысить температуру?
7. Почему штукатурка на зданиях осыпается, если между кирпичной стеной и штукатуркой попадает дождевая вода?
8. Металлический шарик, проходящий сквозь металлическое кольцо, застревает в нем, если шарик нагреть. Что произойдет, если нагреть не шарик, а кольцо?
9. Как отразилось бы на показаниях термометра равенство коэффициентов объёмного расширения стекла и ртути?
10. Почему в железобетоне при нагревании и охлаждении бетон не отделяется от железа?
11. Внуку столько месяцев, сколько бабушке лет, а вместе им 78 лет. Сколько лет внуку? 6 лет
12. Шесть косцов выпили бочонок кваса за 8 часов. Сколько косцов за 3 часа выпьют такой же бочонок кваса? 16

Разное

1. Оцените размер молекулы NaCl, если плотность кристалла поваренной соли составляет 2,17 г/см^3 . Справка: $6 \cdot 10^{23}$ молекул натрия имеют массу 23 г, а такое же количество молекул хлора имеют массу 35 г. ≈ 0,4 нм
2. Стальной резервный бак автомобиля объемом V = 60 л заполнен бензином при температуре $t_1 = 10^0$C. Коэффициент объемного расширения бензина $\beta = 0{,}9 \cdot 10^{-3}$ град$^{-1}$, коэффициент линейного расширения стали $\alpha_{ст} = 11{,}3 \cdot 10^{-6}$ град$^{-1}$. Сколько бензина выльется из бака при температуре $t_2 = 25^0$C? $\Delta V = V(\beta - 3\alpha)\Delta t \approx$ 0,78 л.
3. При 0^0C отмерено 500 м алюминиевой проволоки. Какой будет длина проволоки при повышении температуры до 30^oC? α =0.0000239 1/град. 500,4 м.
4. Железнодорожные рельсы имеют длину 25 м и изготовлены из стали. Как изменяется их длина, если годовые изменения температуры колеблются от 30^0C до -30^0C? $\alpha_{ст} = 11{,}3 \cdot 10^{-6}$ град$^{-1}$ 17 мм
5. Поплавок объемом V = 5 л целиком погружен в жидкость и удерживается от всплывания нитью, закрепленной на дне. Начальная температура жидкости t_1 = 10°C. На какую величину ΔF изменится сила натяжения нити, если жидкость нагреть до температуры t_2 = 20 °C? Температурный коэффициент объемного расширения жидкости в данном интервале температур $\alpha = 1{,}5 \cdot 10^{-4}$ K^{-1}. Тепловым расширением поплавка пренебречь. $7{,}5 \cdot 10^{-2}$ Н

Олимпиада

1. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками t_1 = 35°C и t_2 = 42°C равно L = 5 см. В термометре находится m = 2 г ртути. Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t, измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре t_{100} = 100°C объем ртути в β = 1,018 раза больше объема ртути при t_0 = 0°C. Плотность ртути при температуре t_0 = 0°C считайте равной ρ = 13,6 г/см^3. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.



1) Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t, измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m, ρ, β, t_0, t_{100}, t.
2) Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от t_1 = 35°C до t_2 = 42°C. 0,185 мм^3.
3) Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. 3,7·10^{-3} мм^2.

Занятие 3. Внутренняя энергия

I. *Вопросы (блиц):*

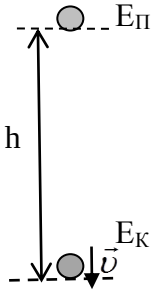
1. **Е**сли только что сваренное яйцо опустить в холодную воду, то потом оно легко чистится. Почему?
2. **Н**а дне сосуда с водой лежит металлический шар. Как будет изменяться вес шара при нагревании воды? увел.
3. **Ч**то общего и в чем различие между молями разных веществ?
4. Как измерить температуру тела термометром, если температура окружающей среды + 45°C?
5. **В**о сколько раз в 3 г водорода больше молекул, чем в 9 г воды? 3
6. Если холодный ртутный термометр поместить в емкость с горячей водой, то уровень ртути сначала немного понизится, а затем будет повышаться. Почему?
7. **П**очему ареометр плавает в холодной воде и тонет в горячей?

II. *Задачи (блиц):*

1. Имеется 8·10^{25} молекул кислорода. Определите массу газа. Определите также плотность газа, если его объем 0,8 м^3. 4,2 кг, 5,3 кг/м^3
2. В железнодорожную цистерну погрузили нефть объемом 50 м^3 при температуре + 40^{0}C. Какой объем нефти выгрузили, если на станции назначения температура воздуха была —40^{0}C? β = 900·10^{-6} 1/град. 46,4 м^3
3. **И**дёт дождь. Капли дождя движутся вертикально вниз с постоянной скоростью 10 м/с (из-за сопротивления воздуха). В одном кубометре воздуха находятся в среднем 200 капель, а масса одной капли равна 150 мг. На улице стоит цилиндрическая бочка с вертикальными стенками. С какой скоростью поднимается уровень воды в бочке в результате дождя? 0,3 мм/с

III. Потенциальная ($E_П$=mgh) и кинетическая ($Eк$ = $\frac{m\upsilon^2}{2}$) энергии, их

взаимопревращение. Падение свинцового шара на стальную плиту. Работа силы тяжести. Работа всегда показывает, какая энергия перешла от одного тела к другому или из одного вида в другой. Куда девалась кинетическая энергия?! Исчезла?! Нет! В какую новую форму энергии перешла механическая энергия свинцового шарика?



Внутренняя энергия (U) – сумма кинетической энергии частиц, составляющих тело, плюс их потенциальная энергия:

$$U = (E_{K_1} + E_{K_2} + ... + E_{K_N}) + (E_{П_1} + E_{П_2} + ... + E_{П_N}).$$

Кинетическая энергия одной молекулы воды при комнатной температуре порядка $5 \cdot 10^{-21}$ Дж, но их в стакане воды порядка $6 \cdot 10^{24}$, а поэтому их полная энергия (кинетическая) порядка 30000 Дж, того же порядка потенциальная энергия, а поэтому внутренняя энергия 60000 Дж. Много это или мало? Такой энергией обладает молот массой 1 т на высоте 6 м. Не так-то просто и не всегда можно использовать внутреннюю энергию? А механическую? Пример с горячим паром.

Какими способами можно изменить внутреннюю энергию тела?

Способ 1:

- **Совершение работы над телом** (демонстрация с трубкой Тиндаля, разгибание и сгибание проволоки, трения рук друг о друга, деформация свинца, опыты с растяжением резинки от воздушного шарика): $\boldsymbol{A = U_2 - U_1}$.
- **Совершение работы самим телом** (демонстрация образования тумана при совершении работы воздухом).

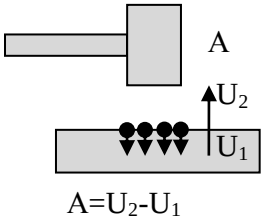
Внутренняя энергия тела увеличивается при совершении работы над телом, и уменьшается – при совершении работы самим телом.

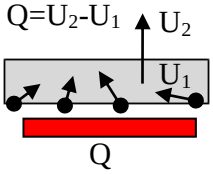
Объяснение 1-го способа изменения внутренней энергии на основе молекулярно-кинетических представлений. При совершении работы над телом, ему передаётся упорядоченное движение, которое потом становится неупорядоченным.

Способ 2:

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом называется теплопередачей (теплообменом).

Нагревание чайника с водой на электроплитке. Говорят, что телу передаётся некоторое количество теплоты: $\boldsymbol{Q = U_2 - U_1}$. При теплопередаче телу сразу передаётся неупорядоченное (хаотическое) движение.





IV. *Задачи:*

1. Какая масса углекислого газа растворена в бутылке с лимонадом объемом 0,5 л, если на одну молекулу газа приходится $5{,}56 \cdot 10^5$ молекул воды? 2,2 мг
2. Пятью ударами молотка гвоздь забили в деревянную стену. Какую силу нужно приложить к шляпке гвоздя, чтобы выдернуть его? Масса молота 200 г, скорость перед ударом 5 м/с, длина гвоздя 10 см. 125 Н
3. **П**атрон травматического пистолета «Оса» содержит резиновую пулю массой 8,4 г. Определите КПД выстрела, если пуля при выстреле приобрела скорость 140 м/с. Масса порохового заряда патрона 0,18 г, удельная теплота сгорания пороха 3,8 МДж/кг. 12%

V. Олимпиада:

1. Есть два стакана с водой разной температуры. В первом стакане находится некоторое количество холодной воды, а во втором – вдвое большее количество горячей воды. Когда из первого стакана перелили некоторую массу воды во второй стакан, температура воды в нем понизилась на величину ΔT. После этого из второго стакана вернули такую же массу воды в первый стакан, и количество воды в стаканах стало равно первоначальному количеству. Насколько повысилась температура воды в первом стакане? $\Delta T_x=2\Delta T$ (чер. внут)
2. В трёх сосудах находится вода массой m, 2m и 4m при температуре t = 20°C, 3t и 2t соответственно. Порцию воды из первого сосуда переливают во второй. Затем такую же по массе порцию из второго сосуда переливают в третий. И в завершение, такую же порцию из третьего сосуда переливают в первый. В результате в первом сосуде устанавливается равновесная температура t_1 = 28°C, а во втором – t_2 = 54°C. Определите новую температуру t_3 в третьем сосуде. Тепловыми потерями и теплоёмкостью сосудов можно пренебречь. 41^0C (внут)
3. В тридесятом царстве, в серебряном государстве, где серебро ничего не стоит, решили удешевить используемые золотые монеты. Монеты весом 98 г из чистого золота стали чеканить того же размера и формы, но из сплава золота с серебром. При этом монета считалась дешевой, когда она переставала тонуть в ртути. Плотность золота 19,6 г/см^3, серебра 10,8 г/см^3, ртути 13,6 г/см^3.
   1) На сколько грамм минимум дешевая монета должна быть легче золотой? минимум на 30 г.
   2) Сколько процентов составляет стоимость такой монеты от золотой? ≈ 32%

Вопросы (блиц):

1. Чем отличаются разные способы изменения внутренней энергии?
2. Почему при растворении обычно температура понижается?
3. Зависит ли внутренняя энергия тела от его движения и положения относительно других тел?
4. Известно, что на высотах порядка 1000 км средние квадратичные скорости молекул газов, входящих в состав атмосферного воздуха, соответствуют температуре примерно 2000^0C. Почему же не плавятся оболочки искусственных спутников Земли, летающих на такой высоте?
5. Может ли тело обладать механической энергией, но не иметь внутренней энергии?
6. Ветер из щели особенно холоден (японская пословица). Почему?
7. Почему после шторма вода в море часто бывает теплее, а бывает и холоднее?
8. Почему при трении головки спички о коробок спичка воспламеняется?

В тот момент, когда человек чиркает спичкой о коробок, температура спичечной головки в месте контакта повышается до 200 градусов.

9. Сумма двух чисел равна 180, а частное от деления большего на меньшее число равно 5. Найдите эти числа. 150 и 30
10. Миша, Коля и Лёша играют в настольный теннис: игрок, проигравший партию, уступает место игроку, не участвовавшему в ней. В итоге оказалось, что Миша сыграл 9 партий, а Коля — 19. Сколько партий сыграл Лёша? 10

Олимпиада

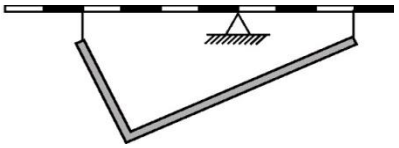
Занятие 4. Способы теплопередачи

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ч**ем обусловлена теплота кружки горячего чая?
2. **З**акрытую пробирку погрузили в горячую воду. Изменилась ли кинетическая и потенциальная энергия молекул воздуха в пробирке? Если изменилась, то как?
3. Если теплота есть не что иное, как движение молекул, то чем отличается горячий, но покоящийся футбольный мяч от холодного, но быстро движущегося?
4. **О**бъём сосуда с газом увеличили вдвое, выпустив половину газа при неизменной температуре. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде, его плотность и внутренняя энергия?
5. **С**пичка загорается при трении ее о коробок. Она вспыхивает и при внесении ее в пламя свечи. В чем сходство и различие причин, приведших к воспламенению спички?
6. Увеличивает ли сильный ветер температуру переносимого им воздуха?
7. **П**очему, спускаясь по канату "на руках", можно обжечься? Какое количество теплоты может выделиться, если высота каната h = 5 м, а масса человека m = 70 кг?
8. Как качели ни качай - придет время, остановятся (тамильская пословица). Почему?
9. Почему из проколотой шины выходит с шипением холодный воздух?
10. Почему при вбивании гвоздя его шляпка нагревается слабо, а когда гвоздь уже вбит, то нескольких ударов достаточно, чтобы сильно нагреть шляпку?

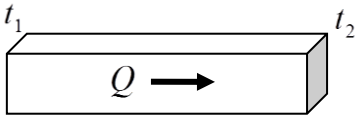
II. *Задачи (блиц):*

1. Определить массу капли воды, при составлении всех молекул которой вплотную друг к другу получилась бы нить, опоясывающая весь земной шар. Диаметр молекулы воды 0,17 нм. 7 мкг



2. Изогнутая деталь, подвешенная на вертикальных нитях к неоднородному рычагу, находится в равновесии, как показано на рисунке. Сила натяжения одной нити равна 5 Н, а второй – 2 Н. Рычаг находится в горизонтальном положении и действует на небольшую опору с силой 10 Н. Чему равна масса детали и масса рычага? На каком расстоянии от опоры находится центр тяжести рычага, если длина рычага 30 см? 700 г, 300 г, 7 см.

III. Теплообмен. Установление теплового равновесия при теплообмене. Как передается тепло? Теплота может передаваться из одного места в другое тремя различными способами: с помощью **теплопроводности, конвекции, излучения.** Когда металлическая ложка помещается в горячий суп, то ее свободный конец вскоре нагревается. Почему? Перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым участкам в результате теплового движения и взаимодействия частиц, называется **теплопроводностью.** Почему различные вещества имеют разную теплопроводность? Формула теплопроводности: $Q = \alpha\cdot(t_1 - t_2)\tau$, где



$$Q = k\frac{(t_1 - t_2)}{\ell}S\cdot\tau$$

α – коэффициент теплопроводности.

Жидкости и газы могут быстро передать тепло благодаря конвекции. **Конвекция** – перенесение энергии самими струями газа или жидкости. Движущийся воздух называют **конвекционным потоком**, а его повторяющийся путь – **конвекционной ячейкой.**

Каким образом передается энергия от Солнца к Земле через почти пустое пространство? **Источники излучения –** любые нагретые тела: почва, Солнце и звезды, свеча, лед. Количество энергии, излучаемой в единицу времени нагретым телом, зависит от температуры тела, от цвета поверхности тела, от площади поверхности тела.

Приемники излучения. Количество поглощенной телом в единицу времени энергии зависит от ее цвета (демонстрация с теплоприемником) и от площади поверхности тела.

Если тело поглощает излучение, то его внутренняя энергия увеличивается. Нагретое тело излучает больше энергии. При равенстве $\frac{E_{пог}}{t} = \frac{E_{изл}}{t}$ внутренняя энергия (температура) тела остается неизменной.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Известно, что если температура на улице равна -20^{0}С, то в комнате температура равна 20^{0}С, а если температура на улице равна -40^{0}С, то в комнате устанавливается температура +10^{0}С. Найдите температуру батареи, отапливающей комнату. 60^{0}С
2. При температуре на улице –15°С температура в комнате +25°С. Какой станет температура t в комнате при температуре на улице –30°С, если температура отопительной батареи осталась прежней, равной +45°С? Почему температура в комнате меньше температуры батареи? 20^{0}С
3. Рассчитайте количество теплоты, теряемое за сутки, через оконный проём со стеклопакетом, если известно, что сторона квадратного окна 1 м, толщина стеклопакета 0,5 см, температура в комнате 21^{0}С, на улице 0^{0}С. *k* – удельная теплопроводность вещества, равная для стекла 0,84 Вт/ (м · ^{0}С). 305 МДж

V. Олимпиада

1. Людей, купающихся зимой в проруби, называют «моржами». Оцените время, за которое температура воды продвинется до рецепторов кожи, удаленных от ее поверхности на расстояние около $4 \cdot 10^{-4}$ м. Поскольку живые ткани более чем на 90% состоят из воды, их тепловые свойства можно считать близкими к свойствам воды. 1 с
2. Две модели самолета сделаны из латуни и имеют одинаковую форму, но вторая имеет вдвое больше размеры. Перед покраской их поместили в печь для обезжиривания, а затем вынули и поставили остывать. Первая модель остыла на 2^{0}С за 30 с. За какое время настолько же остынет большая модель, если внешние условия не изменятся? 60 с.

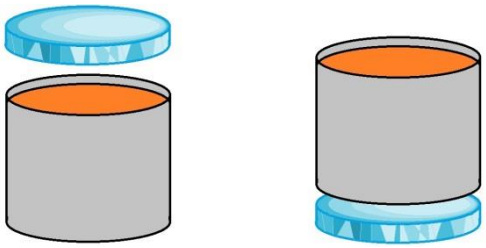
Почему дети быстрее замерзают на холоде?

3. Для поддержания в доме постоянной температуры 20^{0}С в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на 15^{0}С, и для поддержания в доме прежней температуры

приходится подкладывать дрова в 1,5 раза чаще. Определите температуру воздуха на улице при похолодании. Какая температура установилась бы в доме, если бы дрова подкладывали с прежней частотой? -25^{0}С, 5^{0}С

Вопросы (блиц):

1. Почему нагретые детали в воде охлаждаются быстрее, чем на воздухе?
2. Почему белый автомобиль на Солнце нагревается меньше, чем черный?
3. Почему в белой ночной рубашке спать теплее, чем в черной рубашке?
4. Почему в центре курортного города более жарко, чем на набережной?
5. Назовите причины, почему нам так некомфортно сидеть на камнях или железе?
6. Чем меньше температура нагретого тела, тем медленнее идет его охлаждение. Почему?
7. Когда замерзает поверхность пруда, то обнаруживается, что каждое равное увеличение толщины льда занимает больше времени, даже если воздух надо льдом остается при той же низкой температуре. Почему это так?
8. Почему космонавты, которые выходят в открытый космос, надевают блестящие скафандры?
9. Крылья самолетов, поверхности воздушных метеозондов красят серебристой краской.
10. Имеется цилиндрическая алюминиевая кружка с горячим чаем и цилиндр из льда такого же радиуса, что и кружка, находящийся при очень низкой температуре. Лед можно положить сверху на чашку, а можно поставить чашку на лед. В каком случае чай быстрее охладиться?

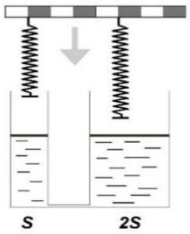


11. Если на тебя одеты металлические предметы, то ожог в парилке обеспечен. Почему?
12. Почему ту часть печи, на которой готовят пищу, покрывают чугунной плитой?
13. Пламя свечи стремится удалиться от горячего жала электрического паяльника или другого нагревателя (эффект Людвига – Соре). Почему?
14. Почему секциям батарей центрального отопления придают ребристую форму, а не круглую, как у обычных труб?
15. В зимний день температура внутренней поверхности стены много ниже температуры помещения, а температура наружной поверхности стены много выше температуры наружного воздуха. Объясните это.
16. Какие явления будут наблюдаться, если стакан с водой выставить на солнечный свет?
17. Каким кипятильником можно вскипятить воду в кастрюле с меньше затратой энергии, если их мощности 600 Вт и 1 кВт?
18. Участникам школьной викторины было предложено 30 вопросов. За правильный ответ давали 13 очков, а за неправильный списывали 10. Один из участников ответил на все вопросы и набрал 160 очков. Сколько правильных ответов он дал? 20

19. Слава взял у товарища книгу на три дня. В первый день он прочитал половину книги, во второй – треть оставшихся страниц, а количество страниц, прочитанных в третий день, было равно половине числа страниц, прочитанных в первые два дня. Успел ли Слава прочитать книгу? Успеет.

Разное

1. Какое количество теплоты за сутки теряет человек путем теплопроводности через кожу, если считать коэффициент теплопроводности кожи равным 0,25 Вт/(м·^{0}С)? Поверхность тела 1,8 м^2, толщина кожи 2 мм, разность температур на наружной и внутренней поверхностях 0,1^{0}С. 1944 кДж
2. При температуре на улице -20^{0}С работающая батарея поддерживает в комнате температуру 16^{0}С. Когда кроме батареи включили электроплитку мощностью 1 кВт, в комнате установилась температура 22^{0}С. Определите тепловую мощность батареи. 6 кВт
3. При температуре на улице $t_2 = -5^\circ$С комнатный термометр показывает $t_1 = 25^\circ$С. Какая температура t'_1 будет в доме, если наступит похолодание до $t'_2 = -30^\circ$С? Все прочие условия, включая температуру батарей отопления $t_, = 70^\circ$С, считайте одинаковыми в обоих случаях. 10^{0}С
3. Две пружины жёсткостью k (длинная) и 2k (короткая) отличаются по длине на ℓ. Их прикрепляют к однородной массивной балке длиной 8ℓ. Затем конструкцию устанавливают на лёгкие тонкие поршни сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью плотностью ρ, сечения которых S и 2S. При этом балка принимает горизонтальное положение. Определите массу балки M. M=1,6kℓ/g. Уровень жидкости будет выше на h в левом сосуде. Новая длина пружины 1 + h, больше, равно новой 2



Занятие 5. Количество теплоты.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Почему в холодную погоду собаки спят, свернувшись клубком, а птицы сидят нахохлившись?
2. **П**очему чашки для чая имеют форму с заметным расширением к верхнему краю?
3. Нынче модны чашки (пиалы) с двойным дном - в таких ёмкостях горячий напиток остывает медленнее. Почему?
4. Земля непрерывно излучает энергию в космическое пространство. Почему же Земля не замерзает?
5. Если просунуть руку в кастрюлю с кипящей водой, то ожога не избежать, а если просунуть руку в горячую духовку с температурой 300^{0}С, то ожог маловероятен. Почему?
6. В термосе минимизированы все три типа теплопередачи. Так ли это?
7. **Е**сть четыре причины, почему происходит потеря тепла человеком. Назовите их.
8. Если курица стоит на одной ноге, то это к стуже. Можете ли вы объяснить эту народную примету?
9. **П**очему в северных широтах живут белые медведи, а в южных – бурые

медведи? Почему негры черные, а скандинавы светлые?

10. **П**очему размеры млекопитающих резко возрастали в эпохи, отличающиеся холодным климатом? Почему на Земле не встречаются теплокровные насекомые? $U / Q_{из} \propto r$
11. **П**ри температуре 5^0С снег весной медленнее тает, чем при температуре 10^0С. Почему?

II. *Задачи (блиц):*

1. Площадь бетонной стены, выходящей на улицу, равна 40 м^2, коэффициент теплопроводности бетона 1,2 Вт/(м·К). Толщина стены 60 см, температура воздуха снаружи равна -20°С, а в комнате +22°С. Определить потерю тепла через эту стену за сутки. 290 МДж
2. **О**топление кухни организовано с помощью системы электрического тёплого пола. Сначала он работал в базовом режиме, и на кухне установилась температура t_1 = 18°С. Затем его мощность увеличили в 4 раза, и температура на кухне возросла до t_2 = 21°С. Какая температура t_x установится на кухне, если базовую мощность увеличить в 9 раза? Определите температуру t_0 воздуха на улице. 26^0С. 17^0С

III. Изменение внутренней энергии тела при теплообмене.

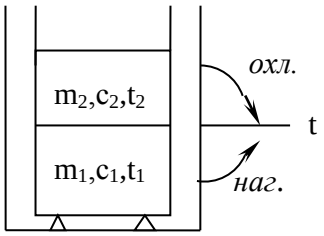
Количество теплоты (Q) – свойство тела передавать (приобретать) хаотическое движение при теплообмене, приводящее к изменению его внутренней энергии, измеряемое при нагревании по формуле:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

А при охлаждении?

$$Q = mc(t_1 - t_2)$$

Теплоемкость тела (С) – количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1°С: $Q = C\Delta t = C(t_2 - t_1)$



Какое количество теплоты получает тело при нагревании до некоторой температуры, такое и отдает при охлаждении до прежней температуры. Устройство калориметра. Измерение количества теплоты. Формула домохозяйки:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. Теплоемкость стального шарика объемом 100 см^3 равна 360 Дж/^{0}С. Имеет ли этот шарик полость? не имеет. Можно просто посчитать теплоемкость с=460 Дж/(кг·^{0}С)
2. В чайник со свистком налили 810 г воды и поставили на электрическую плитку мощностью 900 Вт. Через 7 мин раздался свисток. Каков КПД плитки. Начальная температура воды 20^0С. 72%
3. Меняет ли заметно температуру кофе добавление в него холодного молока? Предположите, что в чашку кофе (около 200 г при 95°С) добавляется 10 г молока при 5°С и что удельная теплоемкость молока и удельная теплоемкость кофе примерно равны. Понизится меньше, чем на 5°С.
4. **В** батарею отопления вода поступает по трубе при температуре t_1 = 50^0 С, а выходит при температуре t_2 = 48^0 С. Сечение трубы S = 4 см^2, скорость воды υ = 0,25 м/с. Какое количество теплоты получит помещение от этой батареи за 1 ч?

3024 кДж.

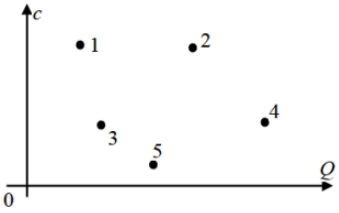
5. Два тела имеют температуры t. Если первое нагреть до температуры 5t и привести в тепловой контакт со вторым, установится температура 4t. Какая установится температура, если до температуры 5t нагреть второе тело и привести его в контакт с первым телом с температурой t? $t_x = 2t$

V. Олимпиада:

1. В бане имеются емкости для воды разного объема. В ушат налили воду, нагретую до температуры кипения $t_{кип} = 100^0C$, а в лохань – воду при комнатной температуре $t_{ком} = 20^0C$. Вылив всю эту воду в большой бак, получили воду с температурой $t = 70^0C$. Какая температура воды в баке получится, если вместо этого в ушат налить воду комнатной температуры, а в лохань – кипяток и потом всю воду из них перелить в бак? Теплоемкость сосудов считать малой, тепловыми потерями пренебречь. 50^0C
2. За время $\tau_1 = 90$ с температура воды в электрочайнике несколько повысилась. Каков КПД чайника, если время его охлаждения вместе со всей водой до первоначальной температуры $\tau_2 = 8{,}5$ мин, а количество теплоты, пошедших на нагревание чайника и воды относятся между собой, как 1:4? 68% Рассказать о мощности тепловых потерь
3. Фирма ЧайОК выпускала электросамовары объемом $V_1 = 4$ л с мощностью подогрева $P_1 = 4$ кВт. Холодная вода от начальной температуры 0°С доходила в них до кипения за 500 секунд. Выйдя на международный рынок, фирма стала выпускать самовары той же формы, но объемом $V_2 = 13{,}5$ л (3 галлона) с увеличенной мощностью подогрева $P_2 = 13{,}5$ кВт. Быстрее, медленнее или за те же 500 секунд вода будет доходить до кипения в таких самоварах? Материал и толщина стенок одинакова у больших и маленьких самоваров.
   В большем самоваре вода будет нагреваться быстрее за 470 с.
4. Чайник с водой при температуре $t_0 = 20^0C$ нагрелся на газовой горелке до $t_1 = 40^0C$ за время $\tau_1 = 2$ мин. Желая ускорить нагрев, половину воды вылили, и еще через $\tau_2 = 1$ мин температура воды достигла $t_2 = 55^0C$. Так как и это показалось медленным, вылили еще половину оставшейся воды, но при этом случайно задели кран горелки, вдвое убавив ее мощность. Через какое время τ_3 после этого чайник все таки нагрелся до $t_3 = 100^0C$. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь. 3 мин. Учесть теплоемкость чайника.

Вопросы (блиц):

1. Объясни японскую пословицу: «Быстро нагревается, быстро остывает».
2. Почему дети замерзают в холодной воде быстрее взрослых?
3. Рычаг в смесителе на кухне может быть повернут на 90^0 влево (течет только горячая вода), и на 90^0 вправо (течет только холодная вода). На сколько градусов нужно повернуть рычаг, чтобы вода имела температуру 30^0C. Температура горячей воды 60^0C, температура холодной воды 20^0C. 45^0 вправо.
4. Если годовой сток рек станет меньше, то и зима будет холоднее. Почему?
5. Почему домохозяйки знают, сколько времени надо варить яйцо?
6. В лаборатории провели измерения удельной теплоемкости пяти твёрдых тел, имеющих одинаковую массу.



Изменений агрегатного состояния вещества в процессе эксперимента не происходило. Результаты измерений нанесли на график, по одной оси которого откладывалась удельная теплоемкость с, а по другой — количество теплоты Q, подведённой к телам при их нагревании. К сожалению, масштаб по осям со временем был утрачен. Определите:

1) какому телу было передано больше всего теплоты? 4
2) у какого тела изменение температуры оказалось самым большим, а у какого — самым маленьким? 5, 1
3) у каких тел изменения температуры оказались одинаковыми? 3,2

7. Есть 2 кг воды с температурой 20^0С и 3 кг воды с температурой 60^0С. Определите температуру смеси.
8. Какие явления будут наблюдаться, если стакан с водой выставить на солнечный свет?
9. Почему хорошие кастрюли имеют толстый слой алюминия или меди в дне?
10. Почему в центре материка в июле низкое давление, а в январе – высокое?
11. Почему тонкий кристаллик льда тает быстрее, чем толстый кристалл той же массы?
12. В классе провели контрольную работу по физике. Средняя оценка мальчиков 3,8, девочек – 3,5, класса – 3·(8/13). Сколько писали контрольную работу, если учеников в классе больше 20, но меньше 30? 26

Разное

1. Какой энергией обладала шаровая молния, если она нагрела на 600^0С участок железной трубы длиной 5 см? Наружный радиус трубы 15 мм, внутренний радиус 12 мм. с = 460 Дж/(кг·^{0}С). Р = 7,8 г/см^3. 27,4 кДж
2. Тело составлено из трёх частей одинакового объёма, но с разными плотностями, которые относятся друг к другу как $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3 = 1 : 2 : 4$. Удельные теплоёмкости этих частей — также разные и относятся друг к другу как $c_1 : c_2 : c_3 = 3 : 2 : 1$. Найти среднюю удельную теплоёмкость тела, если $c_1 = c$. $c_x = 11/21$ с
3. В теплоизолированном сосуде сначала смешивают три порции воды 100 г, 200 г и 300 г с начальными температурами 20^0С, 70^0С и 50^0С соответственно. После установления теплового равновесия в сосуд добавляют две новые порции воды: массой 400 г при 20^0С и массой 300 г при температуре 70^0С. Определите конечную температуру в сосуде. Вода из сосуда не выливается, теплоемкостью сосуда можно пренебречь. Тепловыми потерями пренебрегите. 51,7^{0}С
4. Литр воды нагрелся в электрическом чайнике за одну минуту с 10^0С до 30^0С. После этого из чайника налили стакан тёплой воды объемом 200 мл и снова включили чайник в сеть. Через какое время (после начала вторичного нагревания) чайник закипит? Потери тепла не учитывать. через 2 мин 48 с
5. Сосуд объемом 1,5 л полностью заполнен водой, имеющей температуру 0^0С. Затем в этот сосуд опускают тело массой 0,5 кг с удельной теплоемкостью 4000 Дж/(кг^{0}С) и температурой 99^0С. Плотность тела меньше плотности воды. Найдите температуру, до которой нагреется вода.
6. В высокий легкий стакан с площадью дна 50 см^2 налита вода массой 200 г и начальной температурой 0°С. Затем в воду каплями массой по 1,36 г начинает

капать ртуть температурой 100°С. Каждую секунду в стакан падает 10 капель ртути. Плотность воды 1000 кг/м^3, ртути 13600 кг/м^3; теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·град), ртути 140 Дж/(кг·град).

1) Каким будет давление жидкости на дно стакана через 50 секунд? 1760 Па.

2) Какой будет температура воды в стакане через 50 секунд? 10,2°С.

3) Постройте примерный график зависимости температуры воды в стакане от времени за 1000 секунд.

Олимпиада:

1. В перерыве между дежурствами дядя Степа решил приготовить себе чай с молоком. Для этого он налил в чашку уже остывшее до комнатной температуры молоко объемом 140 мл. После чего добавил к нему 500 мл чая из кипящего чайника. Определите теплоемкость чашки, если ее установившаяся температура вместе с готовым напитком стала 80 градусов, а в кабинете поддерживается температура в 21 градус. Теплоемкость чая считать равной теплоемкости молока и принять за 4200 Дж/(кг·°С). Потерями тепла пренебречь.
2. Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось 0,5 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,5 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась 50,0°С, а температура холодной воды 18,0 °С. Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться.
   1) С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением 8 см^2 при неизменном уровне воды в раковине? 2,5 м/с
   2) Предскажите результат измерения температуры воды в раковине. 26^{0}С.
3. В теплоизолированном сосуде находится охлаждающая жидкость при температуре t_0 = 10°С. Также имеются N = 5 одинаковых деталей, нагретых до температуры t = 50°С. Сначала одну деталь опускают в жидкость. После установления теплового равновесия охлаждённую деталь вытаскивают и заменяют её другой нагретой. Цикл с охлаждением и заменой деталей повторяют, пока не кончатся детали. Какой станет температура жидкости? Теплоёмкость одной детали в 10 раз меньше теплоёмкости всего сосуда вместе с охлаждающей жидкостью. Охлаждающая жидкость в процессах не переливается и не испаряется. А если 10 деталей? 25,2^{0}С. 34,6^{0}С
4. Мама привела малыша на берег реки. Солнце нагрело камни до 40°С, но вода в реке была холодной (18°С). Чтобы искупать малыша, мать набрала в ведёрко 5 л воды и стала греть её, опуская в ведёрко камни. Чтобы вода не выплёскивалась, она клала в ведро только один камень, ждала, пока температуры выровняются, вынимала камень и клала следующий. Какой будет температура воды, когда из неё достанут четвёртый камень? До какой температуры нагрелась бы вода, если все 4 камня можно было бы положить в ведёрко одновременно? Оба ответа дайте в градусах Цельсия. Масса каждого камня равна 2,8 кг, удельная теплоёмкость — 900 Дж/(кг·К). Ответы: 26^{0}С. [11] 25^{0}С

Занятие 6. Сгорание топлива.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Почему на морозе язык не прилипает к металлическим монетам?
2. **В** полведра воды комнатной температуры (20^0C) влили четверть ведра кипящей воды. Какая стала температура в ведре? 46^0C
3. **П**очему каша у краев тарелки остывает быстрее?
4. **Н**асколько увеличится объем куска меди ΔV при сообщении ему количества теплоты Q? $\Delta V = 3\alpha Q/(c\rho)$
5. **Н**а асфальтированных улицах пляжных курортов часто нарисованы белые полосы. Зачем?
6. **В**ерно ли, что при теплообмене тепло всегда передается от тела с большей внутренней энергией к телу с меньшей внутренней энергией? Нет
7. Корпус прибора состоит из 400 г алюминия и 800 г меди. Чему равна удельная теплоемкость корпуса? 573,3 Дж/(кг·^{0}C)
8. В чём причина различия между морским и континентальным климатом?
9. Что эффективнее использовать в качестве грелки: 1 кг парафина при 60^0C или 1 кг воды при той же температуре? Теплопроводность парафина в 2 раза меньше, чем у воды, а теплоемкость – меньше примерно на 25%.
10. Почему в медицинских термометрах используют ртуть, а, например, не спирт?
11. **П**ри распиливании бревна пила нагревается сильнее, чем дерево. Почему?
12. Что требует больше времени: нагревание воды на примусе от 10 до 20^0C или от 90 до 100^0C?

13. Двое в столовой взяли на третье чай. Первый сразу растворил в стакане сахар, второй сначала съел первое и второе, а потом положил в стакан сахар и растворил его. Кто будет пить более горячий чай?

II. *Задачи (блиц):*

1. Некоторое тело, нагретое до температуры 90^0C, поместили в сосуд с водой, температура которой 20^0C. Тепловое равновесие наступило при 60^0C. До какой температуры остынет тело, если его еще раз опустить в точно такой же сосуд с водой температуры 20^0C? Потерями тепла пренебречь. $42{,}8^0$C
2. Сосуд объемом 1,5 л полностью заполнен водой, имеющей температуру 0^0C. Затем в этот сосуд опускают тело массой 0,5 кг с удельной теплоемкостью 4000 Дж/(кг^{0}C) и температурой 99^0C. Плотность тела меньше плотности воды. Найдите температуру, до которой нагреется вода. 32^0C
3. **В к**астрюле находится 5 кг воды. На её нагревание от температуры 40°C до температуры 41°C требуется 10 с. Найдите время, которое понадобится для того, чтобы нагреть эту воду от температуры 90°C до температуры 91°C. Мощность плиты 2500 Вт. Считайте, что тепловые потери пропорциональны разности температур воды и окружающей среды. Температура окружающей среды равна 20°C. Теплоёмкостью кастрюли можно пренебречь. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C). 19 с

III. Горение - первая химическая реакция, с которой познакомился первобытный человек.

$2C + O_2 \rightarrow 2CO + Q$ – при недостатке кислорода.

$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q$ – при достатке кислорода.

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2 + Q$ (взрыв метана).

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + Q$ (гремучий газ).

Все виды топлива массой 1 кг выделяют разное количество теплоты. $Q = mq$

Удельная теплота сгорания (q).

Коэффициент полезного действия нагревательной установки (КПД).

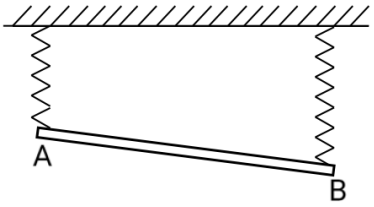
$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{зат}} 100\,\%$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. **Н**аружные стены квартиры имеют общую площадь 80 м^2 и толщину 50 см. Температура внутри квартиры равна 23^{0}С, снаружи - минус 15°С. Сколько дров необходимо сжечь для поддержания такой температуры в течение суток? КПД печи составляет 50%, удельная теплота сгорания дров равна 8 МДж/кг, теплопроводность материала стены - 0,6 Вт/(м·^{0}С)? 79 кг
2. **С** помощью маленького нагревателя мощностью 250 Вт воду в ведре удалось довести до максимальной температуры 40°С. Каков объем воды в ведре, если после отключения нагревателя температура понизилась на 1°С за 2 минуты. Теплоемкостью нагревателя и ведра пренебречь. 7,1 л
3. Если ваш организм нуждается в 2000 ккал ежедневно и мог бы получать их из бензина, то, сколько бы его понадобилось каждый день? Сколько бы это стоило? Если бы вы могли использовать электрическую энергию, то, сколько понадобилось бы киловатт-часов? 183 г. 2,33 кВт·ч. 7 руб.

V. Олимпиада:

1. **Е**меля едет на печи по заснеженному полю. Скорость печи постоянна по модулю и по направлению и равна v = 1,5 м/с. Масса печи равна M = 4 т. Коэффициент трения нижней поверхности печи о снег равен μ = 0,05. Емеля топит печь древесным углём с удельной теплотой сгорания q = 36,3 МДж/кг. Вычислите, с какой равномерной скоростью m/t Емеля должен подбрасывать уголь в печь, чтобы поддерживать равномерное движение печи. Считать, что только 20% энергии от сгорания топлива расходуется на работу против силы трения. Печь может двигаться, только пока Емеля ее топит дровами. Пренебречь сопротивлением воздуха и изменением массы печи из-за сгорания топлива, которое Емеля везет с собой. 1,5 кг/ч
2. **В** чайник налили водопроводную воду и включили нагреватель. Через 9 мин вода закипела. Нагреватель выключили и сразу долили в чайник водопроводную воду. Установилось тепловое равновесие, температура воды в чайнике уменьшилась на 12^{0}С. Включили нагреватель. Через 1,5 мин после включения вода снова закипела. Найдите температуру водопроводной воды. Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми. Мощность нагревателя не изменяется.16^{0}С
3. Однородный стержень массы m = 1 кг и длины L = 1 м, висит на двух пружинах (см. рис). Пружины в нерастянутом состоянии имеют равную длину, причем коэффициент жесткости левой пружины в n = 4 раза больше правой.



   1) Груз какой массы надо подвесить в точку А, чтобы стержень стал горизонтален? M = 1,5 m

2) На каком расстоянии от точки А нужно подвесить груз массы 3m, чтобы стержень стал горизонтален? 0,1 м

4. Теплоизолированный калориметр заполнен до краев жидкостью с температурой $t_0 = 10^0$C, плотностью ρ_1 и удельной теплоёмкостью c. В калориметр поместили брусок, плотность которого $3\rho_1$, а удельная теплоемкость $c/3$. Объем калориметра в 10 раз больше объема бруска. После установления теплового равновесия без потерь тепла во внешнюю среду, температура в калориметре стала равна $t_1 = 30^0$C. Какой станет температура в калориметре t_2, если в него опустить ещё один такой же брусок? Бруски в жидкость погружаются полностью. Теплоемкостью калориметра пренебречь. 48^0C

Вопросы (блиц):

1. Откуда в биотопливе берется энергия?
2. Почему сырые дрова горят хуже сухих и дают меньше тепла?
3. Почему порох невыгодно использовать как топливо, а бензином нельзя заменить порох в артиллерийских орудиях?
4. Откуда берется копоть, когда горит керосин?
5. Не должна ли потенциальная энергия угля, сожженного на пятом этаже, дать дополнительную теплоту?
6. Почему при обилии кислорода в атмосфере все вокруг не возгорается самопроизвольно?
7. Теплотворная способность сосновых дров больше, чем березовых. Почему же говорят, что березовые дрова жарче горят?
8. Частное в 2 раза меньше делимого и в 6 раз больше делителя. Найдите частное. 12
9. Почему сырые дрова горят хуже сухих и дают меньше тепла?
10. На столе стоит 35 тарелок: 20 - вверх дном, 15 – вниз дном. За один ход разрешается взять любые 2 тарелки и перевернуть их. За сколько ходов можно добиться того, чтобы все тарелки лежали вверх дном? невозможно

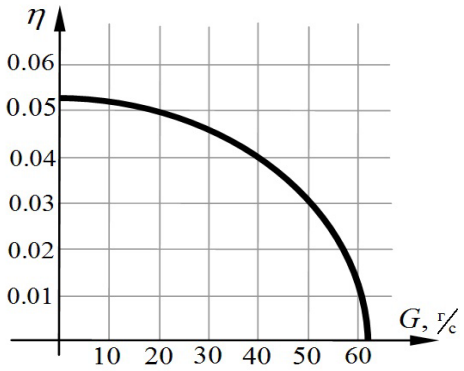
Разное

1. В ванну налита вода температуры 20^0C. В нее начинают наливать горячую воды из-под крана при температуре 80^0C. Сливное отверстие в ванне открыто и работает так, что уровень воды в ванне с течением времени не меняется. Вначале напор воды в кране составлял 1 л/мин, затем напор стали медленно менять так, чтобы температура вытекающей из сливного отверстия воды равномерно росла с течением времени. Определите напор в кране в тот момент, когда температура вытекающей из сливного отверстия воды равна 60^0C. Вода в ванне быстро перемешивается, так что температура воды в ванне и температура вытекающей из сливного отверстия воды одинаковы.
2. В легкий стакан объема 0,25 л налито 200 г воды температурой 20°C и сыплют мелкий горячий песок (100°C) плотности 3 г/см^3 и теплоемкости 1400 Дж/(кг·°C). Теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·°C). Какой будет температура системы, когда стакан полностью заполнится? Ответ: 36°C.
3. Калорийность гамбургера массой 100 г порядка 500 ккал. Оцените в процентах увеличение калорийности гамбургера, если мы будем употреблять его в пищу горячим. 1%

4. При нагревании на плите кастрюли с водой температура воды увеличилась от 90 ˚С до 92 ˚С за 1 мин. Какая доля энергии, получаемой водой, рассеивается в окружающем пространстве, если время остывания той же воды от 92 ˚С до 90 ˚С равно 9,0 мин? 0,1

Олимпиада:

1. Кот Леопольд, отдыхая на северном полюсе, решил искупаться в специальной ванне с подогревом. Он налил в ванну 10 кг воды, и включил подогрев на максимальной мощности. Доведя температуру воды до 50^0, он выключил нагреватель, и, выждав 5 секунд, замерил температуру воды. Оказалось, что она упала на 1^0. Понимая, что через некоторое время он будет купаться в совсем холодной воде, он решил оставить подогрев, но лишь на мощности P = 1400 Вт. До какой наименьшей температуры остынет вода в ванне, если температура воздуха в комнате Леопольда поддерживается равной 20^0? Теплообменом между водой и котом Леопольдом пренебрегите. Считайте, что потери теплоты происходят со свободной поверхности воды в ванне и пропорциональны разности температур воды и окружающего воздуха. 25^0С
2. Энергонезависимая система отопления коттеджа состоит из домика с батареями отопления, подъемного аккумулятора тепловой энергии в виде бочки с водой, и солнечного коллектора для подогрева воды в теплое время года. Площадь поверхности дома 100 м^2. Тепловые потери через поверхности домика составляют 0,015 кВт/м^2 (в среднем за отопительный сезон). Длительность отопительного сезона 6 месяцев (октябрь-март включительно). Длительность сезона накопления тепловой энергии 6 месяцев. Температура воды в конце отопительного сезона составляет 40°С. Максимальная температура воды в начале отопительного сезона 100°С. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·°С. Определить объём накопителя тепловой энергии (воды). 93,6 м^3
3. Компания друзей-физиков пошла в поход. Во время привала было решено приготовить чай. Одному физику стало интересно, как КПД системы костер-чай. зависит от количества подкладываемых в секунду дров. После серии аккуратных измерений он получил такой график (см. рисунок). За какое наименьшее время можно на таком костре подогреть до 100^0С пять литров (20^0С) чая? Удельная теплота сгорания дров q = 10^7 Дж/кг, удельную теплоемкость чая примите равной $c_ч$ = 4200 Дж/кг • град. Считайте, что дрова подкладываются с некоторой выбранной постоянной скоростью.



Занятие 7. Закон сохранения энергии.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **П**очему дуя на горящую свечу, мы ее гасим, а, дуя на горящий уголь – заставляем его гореть ярче?
2. Почему при помощи одной спички древесную лучину зажечь можно, а крупное полено нельзя?

3. **Ч**то охлаждается быстрее – ванна, наполненная горячей водой, или стакан с горячим чаем? Почему?
4. Почему алмазы всегда холодные? Большая теплопроводность
5. **Е**сли годовой сток рек станет меньше, то и зима будет холоднее. Почему?
6. Почему при увеличении солености увеличивается теплопроводность воды, а теплоемкость уменьшается?
7. Почему сырые спички не загораются?
8. Можно ли обычным ртутным термометром измерить температуру одной капли горячей воды?
9. **П**очему горение твердого и жидкого топлива происходит только на поверхности?
10. **К**ак вы думайте, чем ограничена скорость бега?

II. *Задачи:*

1. Термометр подержали над огнём. После того, как горелку выключили, показания термометра упали от 100^0С до 99^0С за две секунды. За сколько времени показания термометра уменьшаться от 60^0С до 59^0С, если температура в лаборатории 20^0С? 4 с
2. **В** калориметр налили ложку горячей воды, после чего его температура возросла на 5^0С. После того, как добавили вторую ложку той же горячей воды, температура калориметра возросла на 3^0С. На сколько градусов увеличится температура калориметра, если в него добавить третью ложку той же горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь. 2^0С
3. Какова мощность электрического котла, если температура подающей трубы 40^0С, температура обратной трубы 80^0С, расход воды 2 л/с? 336 кВт

III. Энергия бывает механическая (кинетическая и потенциальная), внутренняя (тепловая, химическая, ядерная), электрическая, магнитная, солнечная. Примеры передачи энергии от одного тела к другому и превращения энергии из одного вида в другой. Только мобильные телефоны во всем мире ежегодно растрачивают 10^9 кВт·ч энергии! **Механическую энергию легко превратить во внутреннюю энергию**. Почему? Демонстрация обратного процесса, то есть превращение внутренней энергии в механическую энергию. Сохраняется ли энергия при переходе ее от одного тела к другому или при превращении из одного вида в другой? Джоуль. Механический эквивалент теплоты: 1 ккал = 4190 Дж ≈ 4200 Дж. Майер – судовой врач. Почему нагревается вода после шторма? Гельмгольц.

$$Q + A = \Delta U;\ \mathbf{Q = \Delta U + A'}$$ ***- главбух природы.***

Закон сохранения энергии: Энергия не исчезает и не создается. Она только может переходить от одного тела к другому или превращаться из одного вида в другой, при этом полная энергия Вселенной остается неизменной.

Вечный двигатель - это воображаемое устройство, вырабатывающее полезную работу большую, чем количество сообщённой этому устройству энергии. Почему такое устройство невозможно?

IV. *Задачи (блиц):*

1. Чтобы выправить плоскую стальную деталь массой 50 г, рабочий стучит по ней молотком массой 500 г. Скорость молотка непосредственно перед ударом 2 м/с, скорость отскока 1 м/с. На сколько градусов нагреется деталь после 100 быстро

следующих один за другим ударов, если ей передается 20% энергии, передаваемой молотом при каждом ударе? 0,7^{0}С.

2. На обнаруженной в Космосе планете ускорение свободного падения в 5 раз больше, чем на Земле. Космонавты, высадившиеся на этой планете, построили для нужд научной станции гидроэлектростанцию, для чего возвели плотину высотой 100 м. Оцените, какую мощность может развивать такая плотина, если оказалось, что в водохранилище до плотины и у подножия плотины температура воды отличается на 1°С, а ежесекундно через плотину проходит 2 тонны воды. 1,6 МВт
3. При трении двух одинаковых тел массой 150 г каждое температура их через одну минуту повысилась на 10^{0}С. Какова средняя мощность, развиваемая при трении? Удельная теплоемкость каждого тела 460 Дж/(кг·^{0}С). Тепловые потери не учитывать. 23 Вт
4. Стеклянный шарик объемом 0,2 см^3 равномерно падает в воде. Какое количество теплоты выделится при перемещении шарика на 6 м? Плотность стекла 2,4 г/см^3. 16,8 мДж

V. Олимпиада:

1. **Т**емпература окружающей подводную лодку воды равна 4^{0}С. Ядерный реактор лодки мощностью 0,4 ГВт при непрерывной работе имеет КПД 40%. Оцените минимальный расход охлаждающей двигатель забортной воды. На выходе из системы охлаждающая вода не должна иметь температуру выше 40^{0}С. 4000 кг/с
2. **В** трубу постоянного сечения каждую секунду закачивают постоянный объем воды с температурой на входе t_0 = 10^{0}С. На одном из участков воду подогревают до t_1 = 50^{0}С. Где-то до участка, где подогревается жидкость, в трубе появилась течь. Температура на выходе стала равной t_2 = 55^{0}С. Найдите отношение расхода воды в течи к полному расходу воды. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. 1/9
3. **Т**урист Николай Петрович опоздал на 5 минут к отплытию своего теплохода, отправившегося вниз по реке. На счастье хозяин быстроходного катера согласился помочь Николаю Петровичу. Догнав теплоход и высадив незадачливого туриста, катер тут же отправился в обратный путь. Сколько времени прошло с момента отплытия катера до его возвращения? Считайте, что скорость теплохода относительно воды в 3 раза больше скорости течения реки, а скорость катера — в 5 раз. Догоняет 10 мин, возвращается 15 мин, всего 25 мин.
4. В калориметр с водой вливают ложку горячей воды, при этом температура в воды в калориметре возросла на 5°С. После этого в него влили опять ложку горячей воды и температура воды поднялась еще на 3°С. На сколько градусов возрастет температура воды в калориметре, если в него влить еще 48 ложек горячей воды. Теплообменом с окружающей средой и массой калориметра пренебречь 18,9 °С.

Вопросы:

1. За счет, какой энергии совершается работа по перемещению ртути в термометре при измерении температуры тела?
2. Почему пушечный ствол от холостого выстрела нагревается сильнее, чем от выстрела со снарядом?

3. В процессе сжатия над газом совершена работа 60 МДж, при этом он передал окружающей среде 40 МДж тепла. Определите изменение внутренней энергии тела.
4. Объясните, почему и как трение между движущимися частями машины приводит к выделению тепла.
5. Какие превращения энергии происходят при выстреле из орудия? при стрельбе из лука? при колебаниях маятника?
6. Почему спичка после сгорания деформируется и уменьшается в размерах?
7. Какова наиболее вероятная последовательность превращения различных видов энергии при рубке дров топором?
8. Почему передняя ось телеги больше стирается и чаще загорается, чем задняя?
9. Мороженое тает быстрее, если его размешивать ложечкой. Почему?
10. Корова вчетверо дороже собаки, а лошадь вчетверо дороже коровы. Собака, 2 коровы и лошадь стоят 200 тысяч рублей. Сколько стоит корова? 32000

Разное

1. Для поддержания в доме постоянной температуры 20^0С в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на 15^0С, и для поддержания в доме прежней температуры приходится подкладывать дрова в 1,5 раза чаще. Определите температуру воздуха на улице при похолодании. Какая температура установилась бы в доме, если бы дрова подкладывали с прежней частотой?

Олимпиада:

1. Школьник Вася хочет измерить удельную теплоемкость неизвестной жидкости. Известно, что эта жидкость образует с водой однородную смесь, но не взаимодействует с ней никак, кроме теплообмена. Плотность жидкости равна плотности воды. У Васи есть только два одинаковых термоса и один термометр. Вася частично заполнил один из термосов неизвестной жидкостью при температуре $t_1 = 20^0$С. Второй термос Вася полностью заполнил водой при температуре $t_2 = 80^0$С. Затем он перелил часть воды из второго термоса в первый так, что первый термос был заполнен полность, и в нем установилась температура $t_3 = 55^0$С. Затем Вася перелил часть смеси из первого термоса во второй, заполнив второй термос полностью, и в нем установилась температура $t_4 = 70^0$С. Определить по этим данным удельную теплоемкость неизвестной жидкости. Потерями тепла пренебречь.

Занятие 8. Плавление.

I. *Вопросы (блиц):*

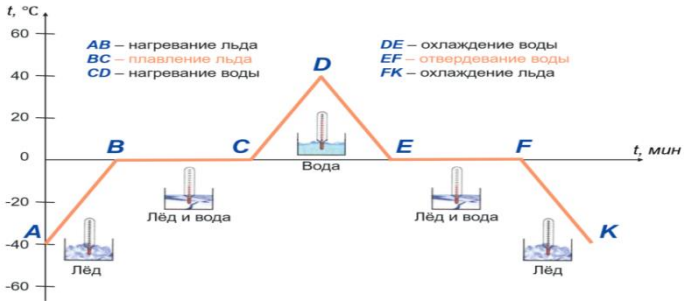
1. **П**ри заморозках в пчелиных ульях слышится «гудение» пчел. Почему?
2. **П**очему при слабом морозе снежок слепить легко, а при сильном это сделать невозможно?
3. Два одинаковых стальных шарика упали с одной и той же высоты. Первый упал в вязкий грунт, а второй, ударившись о камень, отскочил и был пойман рукой на некоторой высоте. Какой из шариков больше нагрелся?
4. **В** некотором процессе идеальному газу сообщено 700 Дж теплоты, а внешние силы совершили над газом работу 500 Дж. Насколько изменилась внутренняя

энергия газа в этом процессе? 1200 Дж

5. Опишите превращения энергии при упражнениях на велотренажере.
6. **К**акой минимальной высоты должен быть водопад, чтобы падающая вода нагревалась на 1^0С? 420 м
7. Красное пятно на лице от пощечины - результат превращения кинетической энергии движущейся руки в свет. Так ли это?
8. **З**вёзды образуются путём сжатия под действием собственной гравитации. Почему при этом возрастает температура звезды?
9. На что потребуется больше энергии: чтобы вскипятить стакан воды или чтобы поднять ведро воды на пятый этаж? Что вы можете добавить к этому списку?

II. *Задачи (блиц):*

1. Железный шар, падая свободно, достигает скорости 41 м/с и, ударившись о землю, подпрыгнул на высоту 1,2 м. На сколько при этом изменилась температура шара, если 40% кинетической энергии шара пошло на увеличение внутренней энергии земли в месте удара. $0{,}12^0$С
2. В калориметр вливают 1 ложку теплой воды. При этом его температура возрастает на 2^0С. После того, как в калориметр влили ещё одну ложку тёплой воды, температура возросла ещё на 1^0С. На сколько градусов увеличится температура в калориметре, если в него влить ещё 26 ложек воды? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте. $2{,}6^0$С
3. **В** сосуд с горячей водой опустили работающий нагреватель мощностью P = 50 Вт. В результате температура воды повысилась на $\Delta t = 1^0$С за время $\tau_1 = 100$ с. Если бы воду не нагревали, то ее температура понизилась бы на ту же величину $\Delta t = 1^0$С за время $\tau_2 = 200$ с. Какова масса воды? Теплоемкостью сосуда пренебречь. 0,79 кг

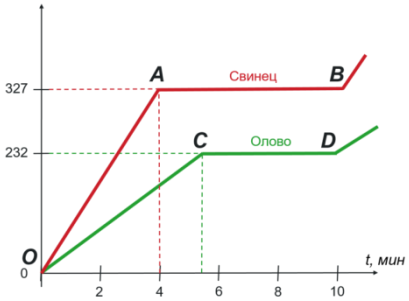


III. Плавление – переход вещества из твердого состояния в жидкое состояние.

Температура плавления ($t_{пл}$) – температура, при которой кристаллическое вещество плавится.

Кристаллизация – переход вещества из жидкого состояния в твердое состояние.

При нагревании твердого тела подводимая энергия идет на увеличение кинетической энергии его частиц, (температура увеличивается) и на увеличение потенциальной энергии (объем изменяется), а при плавлении – только на увеличение потенциальной энергии.



Удельная теплота плавления и кристаллизации (λ) – количество теплоты, необходимое для полного расплавления 1 кг данного вещества при температуре плавления.

$$Q_{пл} = m\lambda.$$

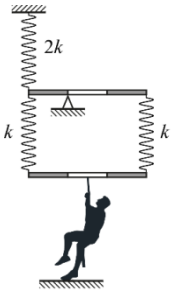
IV. *Задачи (блиц):*

1. В калориметр помещают одинаковые массы воды при температуре 10^0С и льда при температуре -10^0С. Какая максимальная доля льда может при этом расплавиться? 6%

2. **В** калориметре находится 2 кг воды при температуре 5^0С. Туда опускают кусок льда массой 5 кг при температуре -40^0С. Какая температура установится в состоянии теплового равновесия? Сколько льда будет в калориметре? 0^0С, 6,1 кг
3. Зимой, при температуре окружающего воздуха $t_0 = -10^0$ С, каждый квадратный метр озера отдаёт в воздух 200 кДж тепла в час. Оцените через какое время после начала образования льда, на поверхность водоёма сможет выйти рыбак, если безопасная толщина льда составляет 10 см? Температура воды $t_в = 0^0$С. Удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, его удельная теплоёмкость 2100 Дж/кг·^{0}С, плотность льда 900 кг/м^3. Скорость теплоотдачи считать постоянной. Ответ: ≈153,2 часа.

V. Олимпиада:

1. Плоская льдинка плавает в сосуде с водой, имеющей температуру $t_0 = 0^0$С. Минимальная масса груза, который необходимо положить на льдинку, чтобы она полностью погрузилась в воду, равна m_1= 100 г. Если эту льдинку охладить до температуры t_1 и снова положить в тот же сосуд с водой, по-прежнему имеющей температуру t_0, то после установления теплового равновесия для полного погружения льдинки в воду на неё необходимо будет положить груз минимальной массы m_2 = 110 г. Определите температуру t_1? – $16{,}2^0$С
2. В воде с температурой 0^0С плавает ледяной куб массой 1,5 кг, в котором есть полость объемом 12 см^3. В полость очень медленно наливают ртуть с температурой t. Точно в тот момент, когда полость заполняется ртутью, ледяной кубик уходит на дно. Найти температуру ртути, наливаемой в полость. 1) объем куба. 2) баланс. 3) равенство плотностей куба и воды. $15{,}1^0$С
3. Система состоит из трёх лёгких пружин и двух лёгких стержней. Коэффициенты жёсткости пружин указаны на рисунке. Верхний стержень на трети своей длины прикреплён к шарнирной опоре.



   1) Как изменится (в какую сторону и на сколько) длина верхней пружины, если к середине нижнего стержня приложить внешнюю силу F, направленную вертикально вниз? Сжимается: $\Delta x_1 = F/(4k)$.
   2) Чему равен коэффициент k_0 – жёсткости системы, если на неё действовать внешней вертикальной силой, приложенной к середине нижнего стержня? Углы поворота стержней малы. Пружины остаются вертикальными. Если допустим левая пружина растянулась на Δx_1 то правая на $4\Delta x_1$. $k_0 = (2/5)F/\Delta x_1 = (8/5)k$.

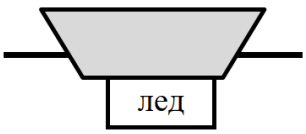
Вопросы (блиц):

1. При какой температуре плавится асфальт?
2. Кварцевая посуда прочна и никогда не лопается. Кварца на Земле много. Почему же не делают посуду из кварца? Температура плавления кварца 1625°С.
3. При температуре 0^0С вода может быть либо жидкостью, либо твердым телом – льдом. Почему?
4. Если одну сосульку опустить в замерзающую воду, а вторую - в раствор поваренной соли той же температуры, то через несколько минут диаметр первой сосульки заметно увеличится, а второй - уменьшится. Почему?
5. Почему с наступлением зимы мелкие и небольшие пруды покрываются льдом раньше, чем глубокие и большие водоемы?
6. Объясни осетинскую пословицу: «Золото в огне не плавится».

7. В чем заключаются физические принципы выветривания и разрушения твердых горных пород?
8. Может ли песок быть жидким?
9. Почему трещат и разрушаются кристаллики соли на раскаленной плите?
10. В один из стаканов вливают 50 г воды при 0^0С, а в другой бросают 50 г льда при той же температуре. В каком из стаканов температура будет выше?
11. Четверо товарищей покупают лодку. Первый вносит половину суммы, вносимой остальными. Второй вносит треть суммы, вносимой остальными, третий – четверть суммы, вносимой остальными, а четвертый – 130 рублей. Сколько стоит лодка? 600 руб
12. Кузнец соединил 5 цепей, по 3 звена каждая, в одну цепь, раскрыв 4 кольца и снова их заковав. Нельзя ли было выполнить работу быстрее? Одно звено разделить на три кольца (2) , а потом этими звеньями соединить четыре оставшихся куска (4), всего 6 ковок

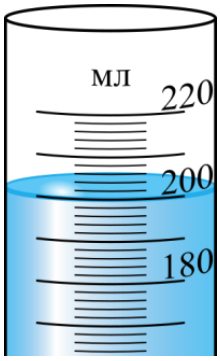
Разное

1. Акватория Азовского моря составляет $38 \cdot 10^3$ км^2. Толщина льда 200 мм. Температура на нижней поверхности льда 0°С, а на верхней - минус 15°С. Теплопроводность льда 2,3 Вт/(м·К). Найти мощность теплового потока, передаваемого водой через слой льда в атмосферу. 6,6 ТВт
2. В сосуде при температуре t = 0°С находится вода и кусок льда, примерзший ко дну сосуда. При сообщении содержимому сосуда тепла Q = 60 кДж 10% льда расплавилось, а вся оставшаяся часть всплыла на поверхность. Каким стал уровень воды в сосуде, если в начальный момент он был h = 20 см? Площадь сечения сосуда S= 200 см^2, плотность воды $\rho_в$ = 1 г/см^3, плотность льда $\rho_л$ = 0,9 г/см^3, удельная теплота плавления льда λ = 333 кДж/кг. 19 см
3. У рыбаков случился большой улов рыбы, и наполняемое судно-холодильник уже погрузилось до допустимого уровня, однако каждую минуту в него поступают новые 100 кг улова. Для остановки дальнейшего погружения, был предложен следующий способ: начать замораживать дно судна, чтобы к нему примерзал лед. Найдите необходимую для этого мощность отъема тепла холодильной установкой. Считайте, что температура забортной воды 0°С, теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·град), удельная теплота замерзания льда 336000 Дж/кг, а его плотность 900 кг/м^3. Ответ: ≈ 5 МВт.



Олимпиада:

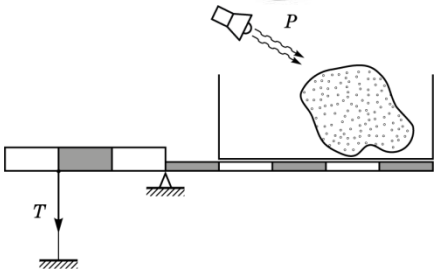
1. Вода массой 200 г при температуре 7^0С находится в измерительном цилиндре. В цилиндр поместили льдинку массой 10 г, взятую при температуре её плавления. Какая температура установится в цилиндре через продолжительное время? Теплообменом с окружающей средой можно пренебречь. Затем в цилиндр поместили вторую льдинку, также имеющую массу 10 г и взятую при температуре её плавления. Какая температура установится в цилиндре через продолжительное время. Каким будет уровень воды в измерительном цилиндре через продолжительное время после помещения туда второй льдинки?



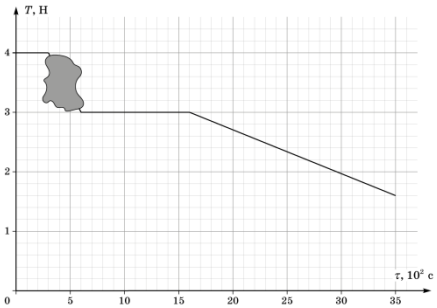
2. Две одинаковые высокие теплоизолированные трубки заполнены до высоты h = 25 см. Первая – льдом, вторая – водой при температуре t = 10^0C. Воду выливают на лед и сразу же отмечают ее уровень. После завершения теплообмена оказалось, что уровень повысился на Δh = 0,5 см. Какова была начальная температура льда? -119^0C
3. В переохлажденной воде объемом 0,5 литра на дне лежит монета массой 10 грамм. Как только жидкость слегка встряхнули, монетка оказалась единственным очагом кристаллизации, и на ней стал намораживаться лед. Определите начальную температуру воды, если при достижении нуля градусов монетка начала всплывать? Лед не примерзает к сосуду, плотность льда 900 кг/м^3, плотность воды 1000 кг/м^3, плотность материала монеты 9000 кг/м^3, удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплоемкость монетки 430 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $3{,}3\cdot10^5$ Дж/кг. -12,55°C
4. Приемлемая толщина снежного покрова, по которой может проехать спецтранспорт не может превышать 0,15 м. Если толщина покрова больше, то необходимо предварительно расчистить колею шириной 2,5 м. Существует два возможных способа расчистки пути: плавление снега с помощью теплогенератора, работающего на жидком топливе, и механическая уборка снега путем отбрасывания его в стороны с начальной скоростью не менее 15 м/с. Плотность снега 200 кг/м^3, а его удельная теплота плавления $\lambda = 3{,}4 \cdot 10^5$ Дж/кг. Во сколько раз отличается минимальная мощность, расходуемая на расчистку пути от снега для движения спецтранспорта при двух описанных способах? Определите минимальные затраты мощности для передвижения спецтранспорта, оснащённого наиболее эффективной, из предложенных, системой уборки снега, со скоростью 10 м/с по дороге с высотой снежного покрова 0,8 м. Механический способ уборки снега эффективнее в 3000 раз
5. В калориметре находилось M_0 = 300 г воды. В него насыпали m = 60 г мокрого снега, состоящего на 60% из кристалликов льда и 40% жидкой воды, После установления равновесия температура содержимого калориметра оказалась равна t_1 =36,0°C . Какова была начальная температура воды в калориметре? 52,8^{0}C. Сколько еще таких же порций нужно добавить, чтобы последняя добавленная порция растаяла не полностью? 5
6. В сосуд, наполненный до краев водой с температурой t_0 = 44^0C, аккуратно опускают кубик льда. После завершения теплообмена в сосуде устанавливается температура t_1 = 33^0C. До какой величины t_2 изменится температура воды в сосуде, если в него отпустить не один, а сразу два таких кубика? При плавлении кубики не касаются дна сосуда. 22^{0}C
7. В калориметр с m_0 = 200 г воды при температуре t_0 = 60^0C поместили три кубика льда массой m = 10 г каждый, имеющие температуры t_1 = -10^0C. t_2 = -20^0C и t_3 = -30^0C. Какая температура установится в калориметре? 40,3^{0}C.
8. В калориметре находится некоторая масса льда. После того как в калориметр на τ_1 = 1 мин опустили нагреватель, в нем оказался лед, имеющий температуру на 2^0C больше, чем вначале. Какое максимальное время τ_2 может

потребоваться для дальнейшего нагревания содержимого калориметра нагревателем еще на 2^0С? Тепловыми потерями пренебречь. 83 мин

9. «Правильный» снеговик устроен так, что центры его соприкасающихся шаров располагаются на одной линии, и все шары имеют общую касательную. Александр решил провести «убийство» такого снеговика, состоящего из трёх шаров, «без следов». Для этого он взял больший шар снеговика, растопил и нагрел его до 100 С° в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до 60 С°. Какой станет температура, если к имеющимся «уликам» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика 0 С°, удельная теплота плавления снега λ=330 кДж/кг, удельная теплоемкость воды с=4200 Дж/(кг·С°)



10. На неоднородном рычаге, установленном на опору, стоит вертикальный сосуд прямоугольного сечения. Слева рычаг привязан тонкой невесомой нитью к жесткому основанию. Отметки на рычаге делят его на 8 равных по длине частей. Боковая грань сосуда параллельна плоскости рисунка. При этом нить не натянута, рычаг горизонтален. В сосуд кладут кусок льда, после чего нагревают его содержимое с постоянной мощностью (тепловыми потерями, а также теплоёмкостью сосуда можно пренебречь). Одновременно с этим строят график зависимости силы натяжения нити от времени (начало графика совпадает с моментом начала нагрева). График приведён на рисунке. Один из участков графика утерян по неосторожности экспериментатора (на него пролилась тушь). Определите, что произошло в конце утерянного участка графика (момент перелома). А также найдите:



1) массу m куска льда; m = 0,2 кг
2) мощность P , с которой нагревали содержимое сосуда; P = 115 Вт
3) начальную температуру t_0 льда. $t_0 = -81$◦С

Занятие 9. Испарение и конденсация.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ко**гда при ходьбе снег прилипает к подошве? А когда скрипит? Почему?
2. **Ал**маз разделили на две части. Цена получившихся бриллиантов пропорциональна квадрату (кубу) их массы. В каком случае общая цена бриллиантов будет минимальной? Два случая: $m_1 = m_2 = M/2$ и $m_1 = M$ и $m_2 = 0$.
3. **К**аково происхождение узоров на поверхности оцинкованного железа?
4. Почему град образуется в мощном кучевом облаке при сильных восходящих потоках воздуха? Почему град, образовавшийся в нижней части облака, темный, а образовавшийся в верхней части – светлый?

5. **Ку**сок льда массой 2 кг при температуре -20^{0}С нагрели, сообщив ему 10^6 Дж теплоты. Определите температуру вещества после нагревания. 28^{0}С
6. **По**чему перед началом хоккейного матча судья всегда достает шайбу из холодильника?
7. **По**чему вода при замерзании в бутылке и расширении не выталкивает пробку, занимая больший объём, а разрывает бутылку на части?
8. Каким способами можно добиться, чтобы вода оставалась жидкой при температуре – 5°С?
9. **М**окрый предмет замерзает на морозе очень быстро, а между тем, когда начинаются морозы, влажная почва обычно промерзает вглубь меньше, чем сухая. В чем здесь дело? При замерзании выделяется теплота и замедляется конвекция.

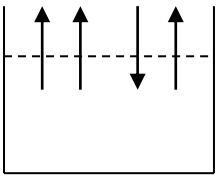
II. *Задачи (блиц):*

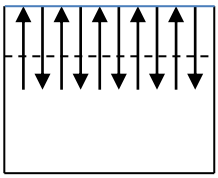
1. **В к**алориметр с водой массой 1 кг опустили мокрый снег. Масса снега 250 г, начальная температура воды 20^{0}С. После плавления снега температура воды в калориметре стала равной 5^{0}С. Сколько воды содержалось в снегу? 77 г.
2. Сколько времени потребуется, чтобы разморозить мамонта М = 8 т, если на размораживание индейки m =5 кг в естественных условиях требуется 2 дня?25
3. В телоизолироваанном сосуде под легким поршнем находится смесь воды со льдом при температуре 0^{0}С Площадь поршня S = 100 см^2. Вблизи дна цилиндра находится нагревательный элемент мощностью Р = 3 кВт. В какую сторону и с какой скоростью будет перемещаться поршень при плавлении льда? 0,1 мм/с
4. В калориметр, содержащий 1,7 кг воды при 100С, бросают один за другим три кубика из сильно замороженного льда одинаковой массы (следующий кубик бросают после того, как установится равновесие, нарушенное предыдущим кубиком). Первый кубик растаял полностью, от второго осталась едва заметная льдинка, третий совсем не таял. Какой будет масса льда в калориметре после установления теплового равновесия? Теплоемкостью калориметра и теплообменом с окружающими телами пренебречь. 107 г

III. Два способа парообразования: **испарение и кипение.**

Парообразование с поверхности жидкости называется испарением.

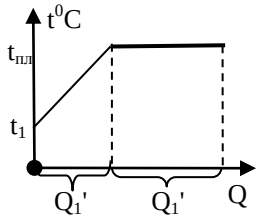
Для того чтобы испарение жидкости происходило при постоянной температуре, к ней необходимо подводить тепло.





Скорость испарения жидкости зависит: 1) От рода жидкости; 2) От температуры жидкости; 3) От площади свободной поверхности жидкости; 4) От скорости ветра над поверхностью жидкости; 5) От плотности пара данной жидкости над ее поверхностью.

Пар, находящийся в равновесии со своей жидкостью, называют **насыщенным паром.** Давление насыщенного пара. Как зависит давление насыщенного пара от температуры? Теплый воздух удерживает больше влаги, чем холодный! При температуре 100^{0}С давление насыщенного водяного пара 760 мм.рт.ст. ≈ 101 кПа, а его плотность 598 г/м^3.



Кипение – парообразование по всему объему жидкости. При кипячении из воды выходит весь газ. Температура, при которой жидкость кипит, называется температурой кипения ($t_{кп}$).

Изменение атмосферного давления на 20 мм.рт.ст. соответствует изменению температуры кипения на 0,7°С.

Удельная теплота парообразования и конденсации (r) – количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости в пар при температуре кипения.

Количество теплоты, необходимое для испарения данной массы жидкости при температуре кипения:

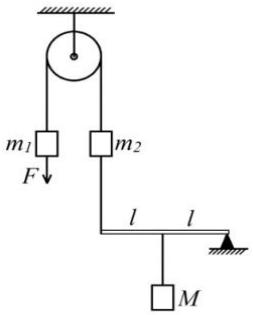
$$Q_{пар} = mr.$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. **В о**чень жаркий день дедушка сварил морс любимому внуку. Затем он поставил кувшин с морсом на стол, положив туда 5 кусков льда массой m_1 = 10 г каждый. Масса морса равна m_2 = 500 г, масса кувшина m_3 = 600 г, а лед, кувшин и морс первоначально находились в состоянии теплового равновесия при температуре 0^0С. Сразу после того, как весь лед растаял, масса морса в кувшине стала равна m_4 = 543,0 г. Какое количество теплоты было получено из окружающей среды всем содержимым кувшина в процессе плавления льда? 36,4 кДж.
2. В теплоизолированном сосуде лежит кусок льда при температуре 0^0С. В сосуд небольшими порциями начинат впускать пар при температуре 100^0С до тех пор, пока в нем не окажется 100 г воды при 100^0С. Какое количество теплоты пар передаст содержимому сосуда? 57 кДж
3. В калориметр, содержащий m_1 = 2 кг воды при температуре t_1 = 5^0С, положили кусок льда, масса которого m_2 = 5 кг и температура t_2 = -40^0С, и впустили m_3 = 0,5 кг водяного пара при температуре t_3 = 100^0С. Определите температуру калориметра после завершения процессов теплообмена. 0^0С

Олимпиада:

1. После прошедшего града на натянутой горизонтальной прочной сетке с шириной ячейки 4 мм остались градины разного размера. Градины диаметром 5 мм провалились через ячейки через 10 мин. Через какое время провалятся через ячейки градины диаметром 2,5 см? Считайте, что выпавший град имеет температуру 0^0С, все градины имеют шарообразную форму, нити, из которых изготовлена сетка, очень тонкие и очень плохо проводят тепло. 3,5 ч.
   Радиус градины будет убывать с постоянной скоростью: $\rho S\Delta R=\alpha S(t-0^0C)\tau/\lambda$.
2. С какой вертикально направленной силой F следует удерживать груз массой m_1 для того, чтобы изображённая на рисунке конструкция из блока, невесомых нитей, лёгкого стержня и грузов находилась в равновесии? Массы грузов m_1 = 1 кг, m_2 = 2 кг, M = 3 кг. Трение в оси блока нет. 25 Н



3. В калориметре смешали m_1 = 60 г льда при температуре t_1 = −15°С и m_2 = 30 г водяного пара при температуре t_2 = +100°С. Чему равна масса воды в системе после установления теплового равновесия? Примечание. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебрегите. Ответ: 80 граммов.

Вопросы (блиц):

1. При какой температуре происходит испарение?
2. Почему многие вещи, высыхая, коробятся? Одна поверхность предмета сохнет скорее, чем другая, и быстрее сжимается.

3. Лунная пыль оказалась настолько сухой, насколько это вообще возможно. Почему?
4. Почему шипучие напитки в откупоренном виде достаточно быстро выдыхаются?
5. Почему лампочка накаливания со временем темнеет?
6. Теплопередача от одного тела к другому происходит только в том случае, если между ними существует разность температур. Почему же испаряется налитая в блюдце вода, имеющая температуру окружающего воздуха? Ведь для испарения воды необходимо определённое количество теплоты, которое из соседнего пространства вода получить не может. Как же происходит испарение?
7. Сухое молоко получают путём выпаривания его в сосуде, откуда непрерывно откачивают воздух, причем температура выпаривания намного ниже 100 °С. Какие физические закономерности положены в основу этого процесса?
8. Почему в крышке современного чайника не делают дырочку?
9. Почему говорят, что если белый след тянется за самолетом через все небо, то следует ждать ухудшения погоды?
10. Как и почему изменится время закипания воды в открытой кастрюле на плитке при следующих действиях?
    - Воду из широкой кастрюли перелить в узкую кастрюлю.
    - Кастрюлю закрыть крышкой.
    - Воду в кастрюле посолить.
    - Долить в кастрюлю горячей воды из чайника.
    - Воду в кастрюле помешивать ложкой.
11. Гуманитарий Вася собрал 100 кг грибов. Оказалось, что их влажность 99%. Вася решил высушить грибы. В результате влажность грибов снизилась до 98 %. Помогите Васе найти массу грибов после подсушивания. Какова будет масса грибов после сушки?
12. На мельнице имеется три жернова. На первом из них за сутки можно смолоть 60 четвертей зерна, на втором 54 четверти, а на третьем 48 четвертей. Некто хочет смолоть 81 четверть зерна за наименьшее время на этих трех жерновах. За какое наименьшее время можно смолоть зерно и сколько зерна для этого надо насыпать на каждый жернов?

Разное

1. Находившаяся в стакане вода массой 200 г полностью испарилась за 20 сут. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 с? $3{,}8\cdot10^{18}$
2. В сосуде Дьюара хранится жидкий азот массой 1,26 кг при температуре –195°С. Он испаряется за 48 ч. За сколько часов в том же сосуде растает лед массой 188 г при температуре 0°С? Температура окружающего воздуха 30°С. Удельную теплоту плавления льда считайте равной 336 кДж/кг, удельную теплоту парообразования азота – равной 188 кДж/кг. Скорость подвода теплоты внутрь сосуда пропорциональна разности температур снаружи и изнутри.

Олимпиада:

1. Инженер проводит серию экспериментов, в которых сосуд с водой при комнатной температуре, равной 25°С, нагревается в течение фиксированного времени (одного и того же в разных экспериментах) с постоянной мощностью. При мощности нагрева 12 кВт по итогам эксперимента в сосуде совсем не осталось воды. Во втором эксперименте мощность нагрева была снижена на некоторую величину, и в результате в сосуде осталось 20% от начального количества воды. В третьем эксперименте инженер ещё раз понизил мощность на такую же величину, и в сосуде осталось уже 50% воды. При какой мощности нагрева в сосуде останется вся изначально находившаяся в нем вода при температуре кипения? Удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг·С), удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг, нагревом самого сосуда и потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь. Считайте также, что испарением воды при температуре ниже температуры кипения можно пренебрегать. Температура кипения воды в условиях эксперимента 100°С, количество воды в сосуде в начале каждого эксперимента одинаково. 1,3 кВт..

Занятие 10. Влажность.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **З**имой ветровое стекло автомобиля с помощью специального вентилятора обдувается воздухом. С какой целью? воздух испаряет кристаллики льда.
2. **По**чему лунные «моря» и марсианские «каналы» безводны? Почти при отсутствии атмосферного давления жидкость мгновенно выкипает.
3. **К**аким образом морские корабли оставляют следы в облаках?
4. **Поч**ему лед, полученный из кипяченой воды прозрачен, а из не кипяченой воды – нет? Мутный лед вызван растворенными в воде газами.
5. Учащенное дыхание — очень эффективный способ избавления от лишнего тепла, если ваши размеры невелики. Как это понимать?
6. **П**очему на морозе с ветром нос быстрее замерзает, чем на морозе без ветра?
7. Какими способами можно охладить воду в бутылке, и какой, из них самый быстрый? Самый экономичный?
8. Почему подпрыгивает крышка чайника во время кипения?
9. В старину людей удивляло, что почти одним и тем же движением губ можно и согреть руки и остудить чай. Как объясните это вы?
10. В условиях невесомости телам космонавтов становится очень сложно избавиться от лишнего тепла. Почему?

II. *Задачи (блиц):*

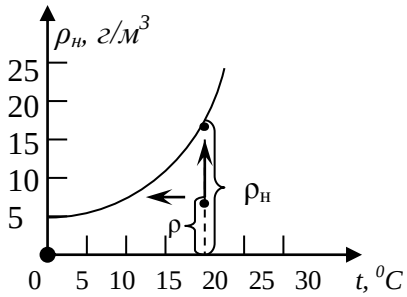
1. Приготовление пищи в кастрюле-скороварке ведется при температуре 108^0С и повышенном давлении. Какая часть воды испарится после разгерметизации скороварки. Атмосферное давление нормальное, теплообменом при установлении теплового равновесия пренебречь. 1,5 %
2. С какой минимальной скоростью влетает железное метеорное тело в атмосферу Земли, если при этом оно испаряется? Испарение метеорного тела происходит достаточно быстро. Его начальная температура -269^0; температура плавления 1535^0С; температура кипения 3050^0С; удельная теплота испарения 6300 кДж/кг:

удельная теплоемкость 640 Дж/(кг·^{0}С): удельная теплота плавления 270 кДж/кг. 4 км/с

3. **В** оставленном над костром котелке кипит вода. Масса воды в котелке убывает со скоростью 1,6 г/мин. Пошел сильный дождь, при этом масса воды в другом таком же котелке, стоящим в стороне от костра, начала увеличиваться со скоростью 1 г/мин. С какой скоростью начала увеличиваться или уменьшатся масса воды в котелке над костром? Температура дождевых капель равна температуре воздуха 20^{0}С. Необходим подогрев падающих в ведро капель. 1,45 г/мин

III. Абсолютная влажность воздуха (ρ) – плотность водяного пара в атмосфере. В зависимости от температуры, времени суток и метеоусловий пар может быть насыщен, близок к насыщению или далек от него.

График плотности насыщенного водяного пара от температуры нарисовать на доске.



Относительная влажность воздуха (r): $r = \frac{\rho}{\rho_н} 100\%.$

Как можно увеличить относительную влажность воздуха?

1. **Испарение**. **Существует предельная масса воды, которую при данной температуре можно испарить в помещении!**
2. **Понижение температуры воздуха** (на примерах): *t_1 = 20^{0}С; p_1 = 10 г/м^3; p_1 = 17,54 г/м^3, r_1 = 57%; t_2 = 15°С; $p_н$ = 12,8 г/м^3, r_2 = 78%.*

Точка росы ($t_р$) – температура, при которой водяной пар в воздухе становится насыщенным. Какие параметры пара в воздухе можно рассчитать, зная точку росы (на примерах)? Почему утром трава становится мокрой?

3. **Уменьшение объём сосуда, содержащего влажный воздух, при неизменной температуре:** $\rho = \frac{m}{V}$.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Найти относительную влажность воздуха в комнате при 18^{0}С, если точка росы 10°С. 58%
2. Относительная влажность воздуха в комнате при температуре 16^{0}С составляет 65%. Как изменится она при понижении температуры до 12^{0}С? 84%
3. Температура воздуха 20°С, относительная влажность 60%. При какой температуре выпадет роса? 12^{0}С
4. При какой максимальной влажности воздуха в комнате бутылка молока, взятая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике 5°С, а в комнате 25°С. 37%
5. Капля дождя имеет диаметр 2 мм и падает со скоростью около 5 м/с. На какое расстояние за сутки «упадёт» облако, если оно состоит из капелек размера 0,01 мм? 5 см
6. Воздух в комнате объемом 50 м^3 имеет температуру 27^{0}С и относительную влажность 30%. Сколько времени должен работать увлажнитель воздуха, распыляющий 2 кг воды в час, чтобы относительная влажность в комнате повысилась до 70%?

Дополнительная информация. Почему при высокой температуре мы чувствуем себя плохо?

Индекс дискомфорта = 0,81·t + 0,01·r·(0,99·t –14,3) + 46,3. Здесь t – температура в градусах Цельсия, r – относительная влажность в процентах. Индекс дискомфорта принимает значения от 70 до 90. Если он выше 75 – довольно тепло, выше 80 – так тепло, что вызывает потоотделение, выше 85 – невыносимо жарко. Какие ещё дополнительные факторы учитывали бы вы при подсчете индекса дискомфорта?

Олимпиада:

1. **На**сыщенный водяной пар при температуре 100^0С занимает объем 20 л. Путем изотермического сжатия объем пара уменьшают до 10 л. Чему равна работа внешних сил (работа равна количеству выделившегося тепла)? 13,8 кДж
2. **На** улице при 17^0С относительная влажность воздуха составляет 60%. При умеренной физической нагрузке через легкие человека проходит 15 л воздуха за 1 мин. Выдыхаемый воздух имеет температуру 34^0С и относительную влажность 100%. Какую массу воды теряет тело человека за 20 минут за счет дыхания? 8,7 г
3. **Ту**ман состоит из огромного количества мельчайших капелек воды, неподвижно висящих в воздухе. Масса капелек в 1 л воздуха составляет 1 г. Маленькая капля воды начинает падать на землю с высоты 5 м, "впитывая" встречные капельки. Считая, что капля сохраняет форму шара, найдите ее диаметр перед падением на землю. $\rho_1 4\pi r^2 \Delta r = \rho_2 \pi r^2 \Delta h$. 2,6 мм

Капли при чихании распространяются в виде облака на 7–8 метров от источника и в зависимости от влажности воздуха их взвесь может находиться в воздухе от нескольких секунд до нескольких минут.

Вопросы (блиц):

1. Почему роса обильно выпадает после жаркого сухого дня, особенно в конце лета?
2. Почему зимой на улице при дыхании заметно выделение пара, а летом нет? При дыхании носом пар не заметен и зимой. Почему?
3. Обычно при похолодании образование облаков усиливается. Почему же в хорошую погоду облака "тают" к вечеру, хотя в это время становится холоднее?
4. Можно ли с помощью электроплитки и термометра (часов) определить, в какой емкости находится соленая вода, а в какой – пресная вода?
5. Почему запотевают очки, когда человек с мороза входит в комнату?
6. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится вода и ее пар. Как будет меняться масса воды при выдвигании поршня из сосуда?
7. Алмаз имеет очень маленькую теплоемкость по сравнению со стеклом. Поэтому, если подышать на него, то он почти не запотевает. Почему? Как еще можно отличить бриллиант от стекла?
8. Назовите условия возникновения тумана.
9. Почему, когда при температуре 0^0С ешь мороженое, пар изо рта начинает идти сильнее?
10. Для покупки 4 карандашей мне не хватает 3 рублей. А если я куплю 3 карандаша, то у меня останется 6 рублей. Сколько у меня денег? 33 руб

Разное

1. Температура воздуха 23^0С, относительная влажность воздуха 45%. Найти упругость водяного пара и точку росы. 9,3 г/см^3. 10^0С

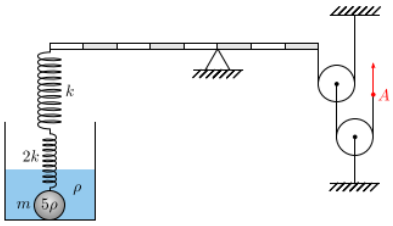
Олимпиада:

1. Лестница длиной 4 м приставлена к гладкой стене под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом 0,2. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем она начнет скользить? Массой лестницы можно пренебречь. ≈ 1,4 м

Занятие 11. Решение задач.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **П**очему роса вечером бывает теплее, чем утром?
2. Чем объяснить, что вода, находящаяся в глиняном сосуде, имеет температуру ниже температуры окружающего воздуха? При каких условиях температура воды в этом сосуде будет такой же, как и окружающего воздуха?
3. **По**чему осенью облака оказываются ближе к земле, чем летом? холодно
4. С какой силой нужно потянуть нить за точку А, чтобы груз оторвался от дна стакана? Удлинение пружин пренебрежимо мало по сравнению с длиной рычага. F = 8mg/3



5. Почему «взрываются» зерна кукурузы при приготовлении попкорна?
6. **П**очему кипящее масло обжигает сильнее, чем кипящая вода?
7. **М**ожно ли довести воду до кипения, подогревая ее стоградусным паром при нормальном атмосферном давлении?
8. **Ес**ли открыть бутылку с газированной водой, которую вы охлаждали в морозильнике, и часть ее успела превратиться в лед, то вас обольет струями газировки. Почему?
9. **По**чему зимой в теплой комнате низкая влажность воздуха?
10. **По**чему при высокой влажности воздуха насекомые летают ниже? Уменьшение плотности воздуха и намокание крыльев.
11. Шерсть гладят горячим утюгом через мокрую тряпку. Почему так поступают?
12. Почему происходит извержение гейзеров?
13. В чайник налили 2 л воды при комнатной температуре и поставили его на электрическую плиту. Когда через 10 мин вода закипела, в чайник добавили ещё некоторое количество такой же воды. После этого вода вновь закипела через 5 мин. Какой объём воды добавили в чайник? Мощность электрической плиты постоянна, тепловыми потерями можно пренебречь. 1 л
14. Недавно в засушливом регионе на Аравийском полуострове был проведен эксперимент по созданию искусственного дождя. В его ходе в пустыне пошел ливень и град. Как вы думаете, что собой представлял данный эксперимент? Как бы вы предложили вызвать дождь в пустыне?
15. Теплоотдача любого организма в окружающую среду осуществляется тремя путями: теплопроводностью, конвекцией, излучением и испарением. Количественное соотношение между ними зависит главным образом от температуры и влажности окружающей среды. Приведите примеры.

II. *Задачи (блиц):*

1. **Ско**лько воды выделится из кубического метра воздуха, если при 20^0С его

относительная влажность равна 90 %, а температура понизилась до 15^0С?2,8 г

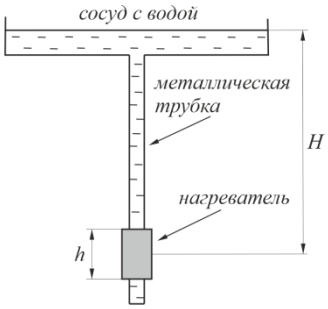
2. В сауне объемом 10 м^3, разогретой до 100^0С, установилась влажность 30%. В сауне расплескали 2 л воды, но температура не изменилась. Какой теперь может стать влажность? 63%
3. В каждом кубическом метре воздуха вечером при температуре 18^0С содержалось 8,2 г водяных паров. Выпала ли роса ночью, когда температура воздуха понизилась до 12^0С? Плотность насыщенного водяного пара при 18^0С равна 15,3 г/м^3, при 12^0С – 10,6 г/м^3. Не выпадет, влажность станет 77%
4. **В** сосуд объемом 5 кубических метров внесли блюдце с 200 г воды. Никаких водяных паров изначально в сосуде не было. Сосуд герметично закрыли и дождались установления равновесия. Температура в сосуде 25^0С, плотность насыщенного пара воды при этой температуре 23 г/м^3. Найдите массу воды, оставшуюся на блюдце. 85 г

III. *Задачи (блиц):*

1. В калориметр, содержащий лед массой 100 г при температуре 0^0С, впустили пар, температура которого 100^0С. Сколько воды окажется в калориметре после того, как весь лед растает? 112,5 г
2. **К** чайнику с кипящей водой подводится ежесекундно энергия, равная 1,13 кДж. Найти скорость истечения пара из носика чайника, площадь сечения которого равна 1 см^2. 8 м/с
3. **В** колбе находилась, вода при t = 0°С. Откачивая из колбы воздух и водяные пары, всю воду заморозили. Какая часть воды испарилась, если притока тепла извне не было? 12,5%

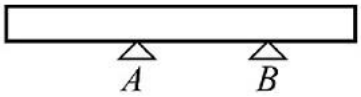
IV. Олимпиада:

1. **Ш**кольник собирается вскипятить воду объёмом 1 л, температура которой равна 25^0С, разделив её на две части, в двух электрических чайниках. Вместимость каждого чайника составляет 1 л, мощности чайников – 1 кВт и 1,5 кВт. За какое минимальное время можно вскипятить всю воду? Плотность воды равна 1000 кг/м^3, удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг · °С). Теплоёмкостями банки и кипятильника, а также потерями теплоты пренебречь. Чайники должны закипеть одновременно. Ответ. 126.
2. **На** рисунке показана модель гейзера, состоящая из сосуда с водой, металлической трубки, верхний конец которой открыт в сосуд, а нижний закрыт, и нагревателя, расположенного у нижнего конца этой трубки. Если нагреватель включить, из трубки в сосуд через равные промежутки времени начнет выбрасываться фонтан, состоящий из горячей воды и водяного пара (что и наблюдается в природе у настоящих гейзеров). Оцените время между выбросами такого устройства. Высота столба воды до нагревателя H = 10 м, площадь сечения трубки S = 10 см^2, мощность нагревателя P = 1 кВт, длина нагреваемой им части трубки h = 20 см. Плотность воды ρ ≈1000 кг/м^3, ее удельная теплоемкость c ≈ 4200 Дж/(кг·град), атмосферное давление p_0 ≈ 10^5 Па. Трубка заполняется водой из сосуда (комнатной температуры). 84 с



3. **О**днородная доска длиной ℓ лежит на двух опорах. Опора А находится на

расстоянии $a = \ell/3$ от левого конца доски. Небольшой груз кладут на доску слева от А. Известно, что если положить его на расстоянии, большим $a/2$, от А, то равновесие доски нарушится. Если же положить этот груз справа от опоры В, то доска сохраняет равновесие, независимо от расстояния между В и грузом. На каком расстоянии b от правого конца доски может находится опора В? $\ell/4$



Вопросы (блиц):

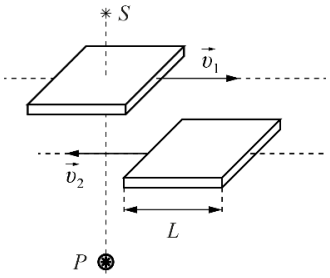
1. Почему пар обжигает сильнее воды той же температуры?
2. Когда водяной пар конденсируется на чистой поверхности зеркала в ванной, на нем можно нарисовать картину. После испарения жидкости картина исчезает. Но если стекло запотевает, картина вновь возникает. Почему?
3. Как отразится невесомость в космическом корабле на процессе кипячения воды?
4. Почему гаснет свеча в сильной струе воздуха?
5. Почему в вагонах трамвая иней образуется главным образом на стеклах и на различных металлических частях?
6. Почему эпидемия гриппа регулярно происходит в зимнее время года (воздушно-капельный путь передачи инфекции)?
7. Как ускорить закипание воды в чайнике?
8. Сын втрое моложе отца. Когда сын родился, отцу было 24 года. Сколько лет сыну? 12
9. Сколько понадобится пятаков, чтобы разменять 59 копеек пятнадцатью монетами по 3 и 5 копеек? 7
10. Один человек может скосить траву в поле за 6 часов, другой – за 5, третий - за 4, четвертый – за 3, пятый – за 2. За какое время эти пятеро, работая вместе, скосят траву с поля, если будут работать в темпе, указанном выше? 41 мин 23 с.

Олимпиада:

1. Дети слепили снеговика, состоящего из трех однородных снежных шаров радиусов $R_1 = 40$, $R_2 = 30$ и $R_3 = 20$ см. Пока температура воздуха по Цельсию была очень близкой к нулю, но отрицательной, снеговик сохранял свою форму. Но однажды на улице потеплело, и установилась постоянная положительная температура. Снеговик начал таять, и за $T = 40$ мин высота снеговика уменьшилась на $d = 2$ см. Считайте, что тепло подводится ко всем участкам поверхности снеговика равномерно; отклонением от неравномерности в точках соприкосновения шаров, а также нижнего шара и земли, пренебрегите. При таянии снеговик не разваливается. За какое время весь снеговик растает? Постройте график зависимости высоты снеговика от времени.
2. Решил как-то Константин попить чай с печеньками. Залив чайный пакетик кипятком, Константин обнаружил, что чай оказался слишком горячим. Поэтому, добавив в чай молоко температурой $T_2 = 4^0$C, Константин стал ждать, когда чай с молоком остынет до $T_{ком} = 50^0$C. Сколько времени предстоит Константину ждать комфортной для него температуры чая? Считать, что объем всей кружки 200 мл, отношение объемов воды и молока 4:1. Остывание

происходит по закону $\Delta T = \alpha\sqrt{t}$, где $\Delta T = T - T_{ком}$ – разница температур жидкости, t – время остывания от температуры T до $T_{ком}$, $\alpha = 1{,}6^0C/\sqrt{c}$ - постоянный коэффициент.

3. Между источником сигнала S и приёмником P перпендикулярно соединяющей их прямой движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями две пластины длиной L = 1 м. Если сигнал по пути от источника к приёмнику проходит только через одну из пластин, то приёмник зажигает жёлтую лампочку, если через две – то красную. В некоторый момент времени на t_1 = 3 с зажглась жёлтая лампочка, затем t_2 = 3 с горела красная, а потом в течение t_3 = 1 с – опять жёлтая. Определите, за какое время τ одна пластина проезжает мимо другой.



Занятие 12. Тепловые двигатели.

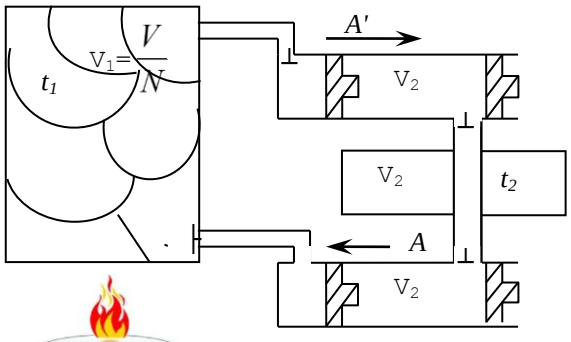
I. *Вопросы (блиц):*

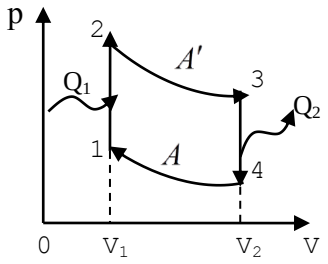
1. **По**чему удельная теплота испарения вещества линейно зависит от температуры?
2. **По**чему на морозе газовая зажигалка дает тусклое пламя или вообще его не дает?
3. Почему кипящая вода течет из крана не сразу, а через некоторое время?
4. **Ка**к объяснить способность некоторых людей ходить по горячим углям? Капли воды на сковородке, опыты с жидким азотом, горячий утюг.
5. Почему нагревается атмосфера?
6. **Час**то можно видеть, как хозяйки, желая ускорить варку, усиливают огонь под кастрюлей. Правилен ли этот прием?
7. **До**бро пожаловать в космос, где вы вскипите и замерзнете одновременно! Что будет, если выйти в открытый космос без скафандра?

II. *Задачи (блиц):*

1. **Ма**сса воды в чашке 200 г, площадь поверхности воды 30 см^2, ее температура 100°C. Считая, что весь поднимающийся над чашкой пар имеет температуру 100°C и плотность 0,58 кг/м^3, оцените скорость остывания чашки с водой. Скорость подъема пара 0,05 м/с. 0.24 град/с
2. Имеется бассейн с водой объемом 10 м^3 при температуре 25^{0}C. В него выливают дробь, состоящую из капелек расплавленного свинца, общей массой 1 кг и температурой 500^{0}C. Оцените массу испарившейся воды. 30 г
3. Сколько очищенной воды можно получить за 1 ч с помощью дистиллятора мощностью 0,5 кВт и КПД 80%, если неочищенная вода поступает в него при 20^{0}C? 0,55 кг

III. Перевести работу в теплоту можно со стопроцентной эффективностью — вы





делаете это каждый раз, когда трете озябшие руки. Обратный процесс – превращение тепла в работу (внутреннюю энергию топлива в механическую энергию) – начал использовать лишь 300 лет назад, Как это ему удалось? **Тепловой двигатель** – устройство, предназначенное для превращения внутренней энергии топлива в механическую энергию. Произведенная им работа показывает, какая энергия передается от одного физического объекта (какого?) к другому (какому?) при их взаимодействии.

Формула для КПД теплового двигателя: $A_{пол} = A' - A = Q_1 - Q_2 = N \cdot t = F \cdot S$.

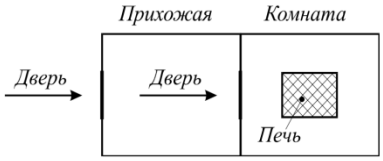
$$\boxed{\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.}$$

КПД идеальной машины: $\eta_{мах} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$, $\eta < \eta_{мах}$

IV.

1. **Те**пловая машина выполняет работу по подъему ящиков. Она состоит из цилиндрического сосуда с легким поршнем, под которым находится кипящая вода при температуре несколько больше 100^0С. Ящик массой 15 кг ставят на поршень и медленно поднимают. Наверху ящик снимают с поршня, а пар выпускают. Определите КПД тепловой машины. Атмосферное давление 10^5 Па, площадь поршня 0,5 м^2. 0,02%
2. **В к**отле паровоза вода с начальной температурой 20^0С доводится до кипения, испаряется и в пароперегревателе нагревается до 300^0С. Перегретый пар поступает в паровую машину, коэффициент полезного действия которой равен 30%. Чему равна мощность паровой машины, если расход воды равен 7,2 м^3/ч? Ответ дайте в МВт, округлив до целых. Удельная теплота парообразования воды — 2,3 МДж/кг, средняя теплоёмкость водяного пара в диапазоне 100–300^0С равна 1,86 кДж/(кг·^{0}С). 1,8 МВт.

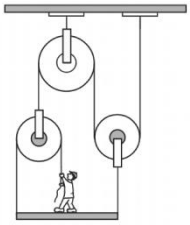
2. В некотором доме стенки, крыша и пол изготовлены из полностью теплоизолирующих материалов. Теплопроводящими являются только двери. В комнате установлена печь, выделяющая постоянную мощность P. Если дверь между комнатой и прихожей открыта, а на улицу закрыта, то по всему дому устанавливается температура t_1 = 8°С. Какая температура установится в комнате и прихожей, если закрыть обе двери? Температура воздуха на улице t_2 = -10°С. $t_{пр}$ = 8°с, $t_{ком}$ = 26°С.



Олимпиада.

1. **Эл**ектростанция на геотермальной воде работает следующим образом. Перегретый пар при температуре t_1 = 232^0С используется для вращения турбины генератора, а затем конденсируется в воде при t_2 = 50^0С и откачивается в землю, где вода снова нагревается. Электрическая мощность станции P = 84000 кВт. Определите: а) максимально возможный КПД станции; б) фактический КПД станции; 3) количество теплоты Q, отводимой от конденсатора в течение t = 24 ч. Средняя удельная теплоемкость перегретого водяного пара 1,86 кДж/(кг ^{0}С). $\eta_{max} \approx$ 36%. η = 8,9 %. Q ≈ 74,3 · 10^{12} Дж. Весь цикл нагревания воды, испарения и нагревания пара и конденсация перегретого пара при 50^0С.
2. **В т**еплоизолированном сосуде содержатся равные массы воды и льда при температуре t_0 = 0^0С. В сосуд добавляют лед, масса которого в 5 раз больше суммарной массы воды и льда, первоначально находившихся в нем.

Температура добавленного льда равна t_1 = -30^{0}С. Какая температура t установится в сосуде? Теплоемкостью сосуда пренебречь. 261,5 К



3. **Ч**еловек стоит на платформе и тянет веревку с такой силой, чтобы система блоков не двигалась. Для этого он прикладывает силу, равную 200 Н. Найдите массу платформы, если масса человека равна 80 кг. Считается, что все блоки невесомы. Трением между блоками и нитью пренебречь. 40 кг

Вопросы (блиц):

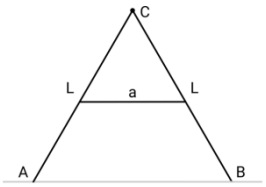
1. Как зависит КПД турбины от начальных параметров пара?
2. Тепловая машина с КПД, равным η = 20%, совершает в каждом цикле работу А = 100 Дж. Сколько теплоты Q_1 получает при этом машина от нагревателя и сколько Q_2 отдает холодильнику? 500 Дж. 400 Дж.
3. Почему организация движения автомобилей на магистралях без светофоров повышает энергоэффективность работы двигателя?
4. Почему очищают котлы от накипи?
5. Почему при низких температурах двигатели самолетов развивают большую мощность (все рекорды установлены зимой)?
6. Под классификацию нетипичных тепловых двигателей внутреннего сгорания также попадает огнестрельное оружие, дизель-молот и свободнопоршневой генератор газа. Что вам о них известно?
7. Я иду от дома до школы 30 минут, а мой брат – 40 минут. Через сколько минут я догоню брата, если он вышел из дома на 5 минут раньше, чем я? 15 мин
8. Есть 10 мешков с монетами, в 9 из них монеты по 10 г каждая, а в одном фальшивые по 9 г каждая. Есть весы, которые показывают общий вес положенных на них монет. За какое минимальное число взвешваний можно найти мешок с фальшивыми монетами? 3
8. На третий этаж Женя поднялся за 2 минуты. Сколько времени у него займет подъем на девятый этаж? 8 минут
9. Сумма двух чисел равна 51. Найдите меньшее число из этих чисел, если 30% одного равно 60% другого. 17

Разное

1. Автомобиль равномерно движется по горизонтальной дороге. Определите массу автомобиля, если для прохождения 142 км пути при средней силе сопротивления движению, равной 0,03 веса автомобиля, было израсходовано 15 л бензина. КПД двигателя равен 20%. 2,2 т
2. Двигатель реактивного самолета с КПД 20% при полете со скоростью 1800 км/ч развивает силу тяги 86 кН. Определите расход (в т) керосина за 1 час полета. Теплота сгорания керосина $4{,}3\cdot10^7$ Дж/кг. 18 т
3. В бензиновом двигателе каждую минуту сгорает 30 г бензина. Треть теплоты сгорания идет на совершение двигателем механической работы, а две трети передается воде, текущей по трубке и охлаждающей двигатель. Площадь поперечного сечения трубки 1 см^2. В установившемся режиме разность температур воды на входе и на выходе системы охлаждения составляет 20^{0}С. Найти скорость течения воды в трубке. 0,18 м/с

Олимпиада.

1. Найти расход топлива на 100 км пробега автомобиля, если мощность его мотора при скорости 72 км/ч равна 50 кВт, а КПД равен 40%. Теплотворная способность бензина 45 МДж/кг. 13,9 кг
2. Человек ростом h = 1.7 м и массой M = 60 кг решил сделать ремонт в ванной комнате с гладким кафельным полом. Для этого он взял у приятеля лестницу, которая состоит из двух пролётов AC и CB, соединённых шарнирно в верхней точке C. Каждый пролёт имеет длину L = 2 м и массу m = 3 кг. От раздвигания лестницу удерживает лёгкий шнур длиной a = 1 м с концами, закреплёнными в точках, расположенных на расстояниях 0.5L от точки C. Человек поднялся по лестнице до её верхней точки (точка C).



   1) На каком расстоянии от пола находится голова человека? Ответ: [3.42; 3.44]
   2) С какой силой давит на пол лестница в точке B? Ответ: [329; 331]
   3) Чему равна сила натяжения шнура? Ответ: [363; 365]
   4) Какой минимальный коэффициент трения между полом и лестницей может удержать человека от падения при обрыве шнура? Ответ: [0.54; 0.56]

Занятие 13. Электрический заряд.

I. *Вопросы (блиц):*

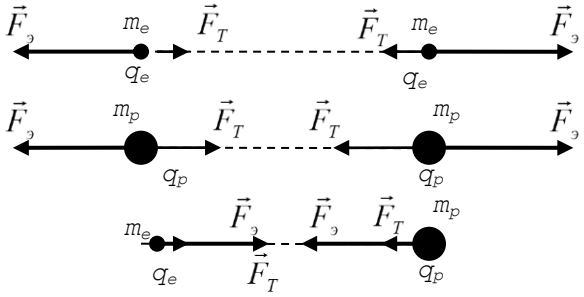
1. **П**очему тепловой двигатель не может работать без холодильника?
2. **Те**пловая машина в каждом цикле получает Q_1 = 100 Дж теплоты и отдает Q_2 = 60 Дж. Если рабочий цикл совершается за t = 0,5 с, то какова развиваемая машиной мощность N? 80 Вт
3. **За** счет какой энергии совершается работа по перемещению ртути в термометре при измерении температуры у человека?
4. **Че**м объяснить, что двигатели внутреннего сгорания имеют более высокий КПД, чем паровые машины?
5. **Те**пловая машина имеет КПД 40%, Каким станет КПД машины, если количество теплоты, потребляемое за цикл, увеличится на 20%, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшится на 10%? 55%
6. Какими способами можно увеличить силу тяги воздушно-реактивного двигателя?
7. **К**огда работа автомобильного двигателя эффективней - зимой или летом?

II. *Задачи (блиц):*

1. **Дв**игатель макси скутера Ymaha TMax развивает мощность 25 кВт при скорости 108 км/час. Какой путь проделает такой мотороллер, если у него в баке помещается 15 л бензина? КПД двигателя принять равным 45%. 260 км
2. Автомобиль массой $m = 4{,}6\cdot10^3$ кг трогается с места на подъеме с углом наклона $\alpha = 30°$ и, двигаясь равномерно, за t = 40 с проходит S = 200 м. Коэффициент трения качения $\mu = 0{,}02$, КПД $\eta = 20\%$. Найти расход бензина на этом участке и мощность двигателя (q=46 МДж/кг). 0,51 кг. 117 кВт.
3. **Пр**и движении автомобиля при воспламенении горючей смеси образуются газы, температура которых 650^0С, а температура совершивших работу газов 410^0С. Определите силу тяги автомобиля, если на расстоянии 12 км

израсходовано 0,8 кг топлива с удельной теплотой сгорания 40 МДж/кг. КПД этого двигателя как у идеальной тепловой машины. 0,7 кН

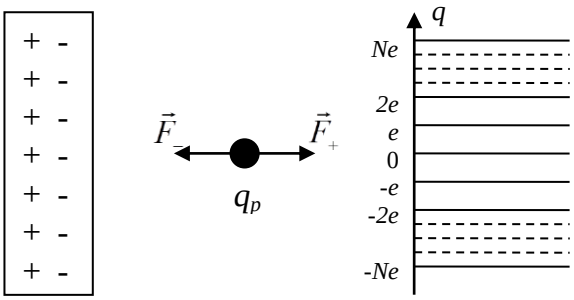
III. Электромагнитное взаимодействие позволяет открывать замки магнитными ключами, передавать информацию по каналам связи, управляет спутниками GPS и смартфонами в руке. Возникает оно благодаря наличию у частиц электрического заряда. Строение вещества. Электроны, протоны, нейтроны.



Электроны обладают массой и поэтому притягиваются друг к другу, но электроны обладают электрическим зарядом и поэтому отталкиваются друг от друга с большими силами. Электрический заряд всех электронов одинаков (электроны тождественны друг другу) и равен: q_e = 1 элементарный заряд = e = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл. Воображаемое взаимодействие двух протонов: q_p = e = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл. Воображаемое взаимодействие электрона с протоном. Два вида электрических зарядов: q_e= - 1 элементарный заряд = - e = - 1 ,$6\cdot10^{-19}$ Кл. Одноименно заряженные частицы отталкиваются друг от друга, а разноименно заряженные – притягиваются друг к другу.

Воображаемое взаимодействие двух нейтронов. Нейтроны не обладают электрическим зарядом. *Вопрос:* Частица может быть без заряда, а заряд без частицы...?

Электрический заряд (q) - свойство частицы, определяющее ее способность к электромагнитным взаимодействиям, измеряемое в кулонах (единицах элементарного заряда).



Заряд тел. Если тело имеет избыток электронов, то оно заряжено отрицательно, а если недостаток, то положительно: (q =N·e), где N – целое число.

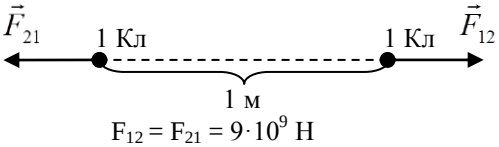
Электрический заряд (q) – свойство тела, определяющее его способность к электромагнитным взаимодействиям, измеряемое в кулонах.

Закон сохранения электрического заряда: $q_1+q_2+...+q_N=q_1'+q_2'+...+q_N'$

Электрический заряд не создается и не уничтожается!

$$\left|\vec{F}_{12}\right|=\left|\vec{F}_{21}\right|=F=k\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}$$

Закон Кулона. Два неподвижных точечных заряда взаимодействуют друг с другом в вакууме с силой F, величина которой пропорциональна произведению зарядов q_1 и q_2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними r^2. Коэффициент пропорциональности в формуле закона Кулона: k = $9\cdot10^9$ Н·м^2/Кл^2.



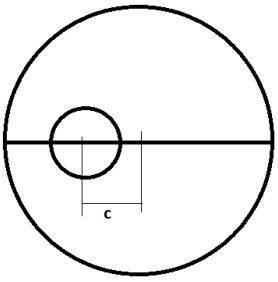
IV. *Задачи (блиц):*

1. Эбонитовая палочка получила заряд -$1{,}6\cdot10^{-6}$ Кл. Определите число избыточных электронов на ней. 10^{13}
2. Два одинаковых металлических шарика с зарядами 4 нКл и -10 нКл привели в соприкосновение и после этого раздвинули. Какие заряды будут на шариках

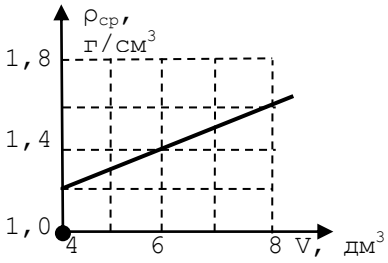
после этого? -3 нКл

V. Олимпиада.

1. Из бумаги вырезали круг радиусом R = 20 см. Внутри этого круга на расстоянии c = 9 см от его центра вырезали маленький круг радиусом r = 5 см. Определить, на каком расстоянии от центра большого круга будет располагаться центр масс. 0,6 см



2. Наполненный воздухом сферический мячик, который погружён глубоко в воду, всплывает с постоянной скоростью 50 см/с, а такой же по размерам сплошной резиновый шарик тонет со скоростью 40 см/с. С какой установившейся скоростью они будут двигаться в воде, если их соединить легкой нерастяжимой нитью? Силу сопротивления воды при движении в ней считайте пропорциональной скоростям движения тел, а силу Архимеда – одинаковой как в покое, так и при движении. 5 см/с
3. Если в сосуд объемом V_0, доверху заполненный жидкостью, опускать камни плотностью $\rho = 2{,}2$ г/см^3, то в зависимости от их объема V ($V < V_0$) средняя плотность содержимого сосуда будет изменяться, как показано на графике. Определите объем **сосуда V_0 и плотность жидкости ρ_0.** 14 л, 0,8 г/см^3



Вопросы (блиц):

1. Если резиновой трубкой (шлангом) ударить по столу, то она электризуется. Почему?
2. Каким образом можно удалить с заряженного проводника, помещённого на изоляторе, половину его заряда?
3. Для зарядки электроскопа обычно не просто касаются палочкой шарика электроскопа, а проводят ею по поверхности шарика. Почему касание шарика палочкой может оказаться недостаточным для зарядки электроскопа?
4. Почему кошка зимой не любит, чтобы ее гладили?
5. Какие физические слова начинаются на букву З?
6. Можно ли на концах стеклянной палочки получить два одновременно существующих разноименных заряда?
7. При бурении скважины неожиданно вырывается мощный фонтан нефти, который почти сразу воспламеняется. Можно ли предотвратить это явление?
8. Бывали случаи, когда быстро поднимающийся аэростат загорался в воздухе. Чем это объяснить?
9. После того, как сделали 72 распила, получилось 90 поленьев. Сколько бревен было распилено? Сколько распилов было на одном бревне? 18. 4
10. Фермер продал трех баранов и купил двух свиней, добавив еще 20 фунтов. Затем он продал еще двух баранов и за их цену купил одну свинью. Все бараны продавались по одной цене и все свиньи стоили одинаково. Сколько стоили один баран и одна свинья. 20 фунт, 40 фунт
11. Остап и Киса разделили между собой выручку. Остап подумал, что если бы он

взял на 40% больше, то доля Кисы уменьшилась бы на 60%. Как изменилась бы доля Кисы, если бы Остап взял себе на 50% больше? Уменьшилась на 75%

12. В магазин привезли 25 ящиков яблок с яблоками 3 сортов, причем в каждом ящике лежали яблоки одного сорта. Найдется ли среди них 9 ящиков одного сорта? 3x8 +1 (найдется)

Разное

1. Два точечных заряда 50 нКл разделены расстоянием 10 см. С какой силой заряды действуют друг на друга? Сколько фундаментальных единиц заряда содержит каждый из них?
2. Суммарная величина двух зарядов q_1 и q_2 равна 6 мкКл. Разнесенные на расстояние 3 м, они взаимодействуют с силой равной 8 мН. Определите величину каждого заряда, если они одноименные.
3. Каково отношение электрической и гравитационной сил, с которыми два протона действуют друг на друга?

Занятие 14. Электрическое поле.

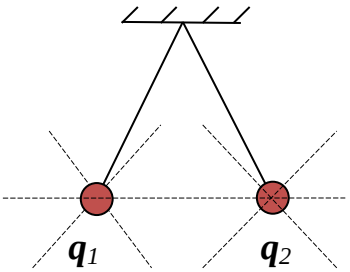
I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ба**ллончики с гелием для надувания воздушных шаров нельзя использовать вблизи линий высокого напряжения и во время грозы. Почему?
2. **Ес**ли заряженную эбонитовую палочку положить на стол, утратит ли она весь имеющийся на ней заряд?
3. Сколько элементарных зарядов содержит электрический заряд 1 Кл?
4. **Ест**ь несколько одинаковых металлических шарика, один из которых имеет заряд 16 нКл. Как получить шарик с зарядом 2 нКл?
5. **Ка**к изменится сила электростатического взаимодействия между двумя точечными зарядами, если расстояние между ними уменьшить в 3 раза и один из зарядов увеличить в 3 раза?
6. Заряд электрона равен: 1) -16 нКл; 2) -1,6 пКл; 3) -0,16 аКл; 4) -1600 фКл.
7. Почему не рекомендуется перевозить бензин в полиэтиленовых канистрах?
8. **В л**ужу, имевшую заряд +25·q, упали 34 дождевые капли с зарядом –q каждая. Каким стал электрический заряд лужи после дождя?

II. *Задачи (блиц):*

1. Два одинаковых металлических шарика с одноименными зарядами привели в соприкосновение. В результате заряд одного из шариков увеличился на 50%. Во сколько раз изменился заряд второго шарика? 0,75
2. **Ка**кой заряд имел бы шарик из железа массой 1 г, если бы удалось удалить из него миллионную долю содержащихся в нем электронов? 44,5 мКл
3. **С** какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга? 1 мН

III. Как передается взаимодействие тел? Два ученика на веревках. Вокруг каждого заряженного тела существует **электрическое поле**, посредством которого осуществляется взаимодействие между электрически заряженными телами.



Свойства поля:

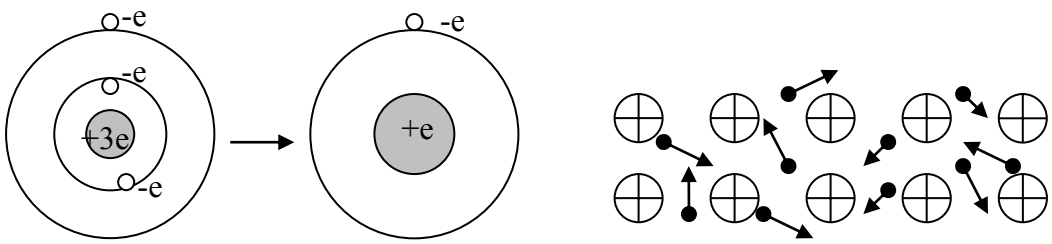
- **Создается электрическими зарядами.**

- **Действует на электрические заряды, помещенные в него, с некоторой силой (демонстрация). Электрическая сила ($\vec{F}_э$) - сила, с которой электрическое поле действует на помещенный в него заряд.**
- **Поле не ограничено в пространстве, но убывает с расстоянием.**
- **Поле взаимопроникаемо (в одной и той же области пространства может находиться несколько полей).**
- **Электрическое поле материально (**обладает энергией**).**

Измерение напряженности электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$. **[E] =** $\left[\frac{Н}{Кл}\right]$.

Зная напряженность поля, можно измерить силу: $\vec{F}_э = q\vec{E}$

Строение металла (литий). Атом лития. Нейтральность атома. **Атом лития -**

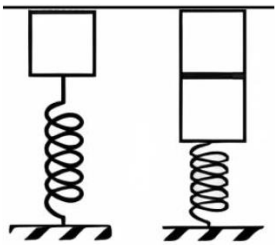


положительный однозарядный ион лития и электрон. Объяснение свойств металла - проводника на основе электронных представлений**. Проводники –** вещества, хорошо проводящие электрический ток**.** Каждый электрик хотя бы раз в жизни был проводником! **Движение электронов в металле под действием электрического поля** (перемещение роя комаров под действием слабого ветра). **Тепловое действие электрического тока** в металле объясняется взаимодействием электронов с ионами решетки.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Шарик массой m = 5 г с зарядом q = 0,5 мкКл висит на нити с коэффициентом упругости k = 150 Н/м. При включении горизонтального однородного электрического поля нить отклоняется от вертикали и после установления равновесия оказывается удлиненной на $\Delta\ell_1$ = 1 мм по сравнению с ее длиной без электрического поля. Чему равна напряженность E электрического поля? Ответ: $3{,}9\cdot10^5$Н/Кл.
2. **Че**му равен диаметр капельки масла в опыте Милликена, когда она несет на себе один избыточный электрон, если ее можно удержать от падения электрическим полем напряженностью $1\cdot10^4$ Н/Кл? $0{,}37\cdot10^{-4}$ см
3. Медная монета массой 5 г обладает положительным зарядом 0,8 мкКл. Какую долю своих электронов потеряла монета? $1{,}05\cdot10^{-10}$

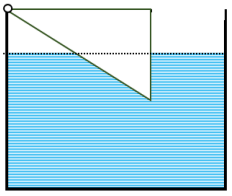
Олимпиада.



1. **С** помощью слесарных инструментов мастер изготовил два алюминиевых **кубика.** Полная боковая поверхность каждого составляла S = 384 см^2. Первый кубик мастер аккуратно поставил на пружину. В положении равновесия верхняя грань кубика стала вровень с горизонтальной чертой на стене. Второй кубик мастер расположил так, то он своей нижней гранью попадал на уровень черты на стене. Мастер поставил второй кубик на первый и отпустил. Оказалось, что

после установления равновесия верхняя грань второго кубика снова совпала с чертой на стене. Определите жесткость пружины k. 173 Н/м

2. **О**днородный клин уравновешен в сосуде с водой, так как это показано на рисунке. Клин опирается вершиной на стенку сосуда (вершина клина закреплена «шарнирно»). Верхняя его грань параллельна уровню воды и погружен клин в воду на половину своей высоты (половину вертикального катета). Определите плотность материала клина. Плотность воды 1 г/см^3. Центр тяжести прям. треугольника (2/3)а; 312 кг/м^3



3. **Пу**ть имеется кружка с чаем температуры 100^{0}С. В неё опускают ложку из холодильника 0^{0}С, а при установлении равновесия её вытаскивают и снова помещают в холодильник. Сколько раз нужно повторить эту процедуру, чтобы чай остыл до 30^{0}С? Теплоёмкость чая считайте равной C_1 = 1050 Дж/^{0}С, теплоёмкость ложки C_2 = 270 Дж/^{0}С. Теплообменом чая с воздухом пренебречь. 5,26 то есть 6 раз
4. Школьник поставил на одну чашу равноплечих весов сосуд, доверху наполненный жидкостью, и уравновесил весы, поставив на другую чашу гирю. Затем он аккуратно положил в сосуд небольшой камень, который утонул. Вылившуюся при этом жидкость школьник собрал в легкий стаканчик и поставил стаканчик на чашу с гирей. Весы снова оказались в равновесии. Какова плотность камня, если плотность жидкости равна 0.9 кг/литр? Массой стаканчика пренебречь. 1800 кг/м^3

Вопросы (блиц):

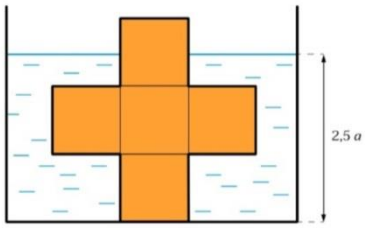
1. Как можно обнаружить электрическое поле?
2. Как доказать, что электрическое поле обладает энергией?
3. Металлический шар радиусом r = 0,1 м несёт заряд q = 314 нКл. Какова поверхностная плотность заряда σ? $25\cdot10^{-6}$ Кл/м^2
4. Свободно плавающий в воздухе мыльный пузырь наэлектризовали. Как изменился его радиус? увеличиться
5. Перечислите и опишите действия (используемые материалы и методику), при которых маленький металлический шар зарядится положительно без прикосновения к заряженному телу.
6. На каких опытах можно доказать, что электрическое поле действует с силой на другие заряженные тела?
7. Что общего и в чем различия между гравитационным и электростатическим полем?
8. Почему расходятся листочки электроскопа, если его головки коснуться заряженным телом?
9. Действует ли гравитационное поле на электрическое поле?

Разное

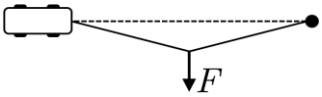
1. Два положительных точечных заряда q_1 = 8 нКл и q_2 =12 нКл расположены на расстоянии 4 м друг от друга. Какова напряженность электрического поля в точке, расположенной на прямой, соединяющей заряды:
   а) между зарядами на расстоянии 1 м от заряда q_2;
   б) на расстоянии 3 м от заряда q_2 и 7 м от заряда q_1?

Олимпиада.

1. Фигурка, составленная из 5 одинаковых деревянных кубиков с длиной ребра a = 5 см, частично находится в воде. Высота уровня воды 2,5 a. Вода под фигурку не подтекает. Плотность дерева 700 кг/м^3. Атмосферное давление 10^5 Па. С какой силой вода и атмосфера действуют на фигурку? С какой силой фигурка давит на дно? 247,5 Н; 512 Н



2. Чтобы вытащить машину из канавы, водитель использует трос жёсткостью k = 100000 Н/м и длиной L = 8 м. Он натянул его между машиной и деревом, а сам потянул за середину троса так, как показано на рисунке. Какую силу ему надо приложить к тросу, чтобы вытащить машину? Известно, что для того, чтобы вытащить машину без троса, требуется приложить усилие F_0 = 1000 Н. Ответ: 100 Н.



Занятие 15. Электрический ток.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Как надо поступить, чтобы наэлектризовать металлический стержень?
2. **На** пробный заряд 5 нКл действует сила 2 · 10^{-4} Н. Какова напряженность электрического поля в точке, где находится заряд? 40 кН/м
3. **Ка**пля масла массой 4 · 10^{-14} кг имеет электрический заряд q = 4,8 · 10^{-19} Кл. Какова напряженность электрического поля Е, если капля находится в равновесии в поле тяжести Земли? 833 кН/м
4. **Од**ин металлический шар заряжен положительно, другой - отрицательно. Как изменится масса шаров после их соприкосновения?
5. Каким образом, имея в распоряжении два одинаковых заряженных металлических шарика, можно изменить заряд одного из них в 4 раза?
6. **По**чему сближаются листочки заряженного электроскопа, если к его шарику поднести руку?
7. **По**чему заряженная металлическая гильза на шелковой нити притягивается к руке?
8. Что произойдет после того, как ученик прикоснется к отрицательно заряженному металлическому шару?

II. *Задачи (блиц):*

1. **Ма**ленький шарик массой m = 0,3 г подвешен на тонкой шёлковой нити и имеет заряд q_1 = 3·10^{-7} Кл. Каким станет натяжение нити, если снизу к заряду q_1 поднести на расстояние r = 0,3 м другой шарик с одноимённым электрическим зарядом q_2 = 50 нКл? 1,44 мН
2. Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити и помещен в однородное электрическое поле напряженностью 10^6 Н/Кл, направленное горизонтально. На какой угол отклонится нить от вертикали, если заряд шарика 10^{-8} Кл? Как измерить электрическую силу? 26,6^0
3. Электрон движется в конденсаторе в направлении силовой линии. Какая сила F действует на него, если он снизил скорость от υ_1= 2·10^6м/с до υ_2=1,5·10^6м/с за микросекунду? Масса электрона m_e = 9,1·10^{-31}кг. Ответ: 4,5·10^{-19} Н

III. Что такое электрический ток? Электрический ток обеспечивает коммуникацию людей, плавку металлов, производство химических соединений, работу станков. Электрическую энергию вырабатывают на электрических станциях (ТЭС, ТЭЦ, ГЭС, АЭС, ГеоЭС). Оттуда она по проводам передается потребителям (электродвигатели, электропечи, лампы накаливания).

Электрический ток – упорядоченное или направленное движение свободных заряженных частиц в среде под действием электрического поля.

Устройства, создающие электрическое поле, называют источниками электрического тока или генераторами**. Источник тока** – это устройство, в котором происходит преобразование какого-либо вида энергии (механической, химической, световой и тепловой энергии) в электрическую энергию. **Клеммы (электроды) источника тока.** В зависимости от того, какая именно энергия превращается в электрическую энергию, выделяют такие **виды источников тока:**

- механические – электрофорные машины, индукционные генераторы;
- тепловые – термопары, термогенераторы (металлы не только проводники, но и «двигатели» электричества);
- световые (фотоэлектрические) – солнечные батареи и фотоэлементы;
- химические – гальванические элементы и аккумуляторы.

Г

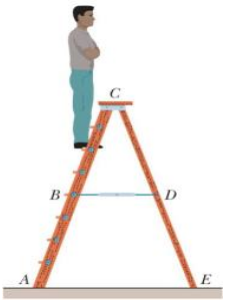
На электростанциях электрический ток получают с помощью индукционных генераторов переменного и постоянного тока (демонстрация).

Электрический аккумулятор – обратимый источник тока для накопления электроэнергии и для питания различных устройств.

Перемещающиеся в проводнике электроны содержатся в самом проводнике, а не производятся генераторами. Перемещаясь, электроны переносят электрический заряд. **Сила электрического тока (I)** – свойство тока переносить электрический заряд, измеряемое отношением перенесенного за данный промежуток времени заряда, к этому промежутку времени: $I = q/t$. **В Си**: 1 А = 1 Кл/1 с.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Ночью потребление электроэнергии меньше, чем днем. На гидроаккумулирующих станциях, используя ночной избыток энергии, закачивают воду в бассейн, расположенный на некоторой высоте, а днем вода, вытекая из бассейна, вращает генераторы, и производит электроэнергию. Определить мощность N, отдаваемую гидроаккумулирующей станцией, если объем закачиваемой воды V = 22 млн. м^3, высота подъема воды H = 8 м и вода расходуется в течение времени t = 5 ч. Ответ:100 МВт
2. **Ши**рина ленты генератора Ван де Граафа d = 20 см. Заряженный участок ленты движется вертикально вверх со скоростью, модуль которой υ = 10 см/с. Поверхностная плотность избыточных зарядов на ленте σ = 40 мкКл/м^2. Определите направление и силу электрического тока, обусловленного движением ленты. 0,8 мкА



Олимпиада.

а. **У с**тремянки, показанной на рисунке, опорные стороны АС и СЕ шарнирно скреплены в точке С и имеют одинаковую длину. Две лёгкие нити, которые связывают опорные стороны стремянки расположены на высоте вдвое меньшей, чем точка С, и имеют длину 0,76 м. Одна из нитей BD изображена на рисунке. Мужчина массой 85,4 кг стоит на стремянке, располагаясь

вертикально. Ступни его ног находятся на шестой ступеньке и на высоте 1,8 м от пола. Считайте, что пол гладкий, а лестница лёгкая. Находим все размеры.

1) Чему равна суммарная сила реакции пола, действующая на левую опорную сторону стремянки? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. 534 Н
2) Чему равна суммарная сила реакции пола, действующая на правую опорную сторону стремянки? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. 320 Н
3) Найдите модуль силы натяжения нити BD. 101 Н? Реакции в точке С.

2. Три тела А, В и С нагреты до температур $t_A = 10^0$C, $t_B = 40^0$C и $t_C = 80^0$C. Если привести в тепловой контакт тела А и В, то их равновесная температура окажется равной $t_{AB} = 20^0$C. Если привести в тепловой контакт тела С и В, то их температура станет равной $t_{CB} = 60^0$C. Определить, какая температура установится, если: а) привести в контакт тела А и С; б) привести в контакт все три тела. 33^0C. 35^0C
3. **Че**ловек плывет на плоте из одинаковых бревен, погруженных на 80% своего объема. Одно бревно отсоединилось от плота и, чтобы его не потерять, человек положил это бревно сверху на плот. После этого остальные бревна погрузились уже на 88% своего объема. Сколько всего было бревен? N = 11

Вопросы (блиц):

1. Что понимают под электрическим током?
2. Какова роль источника тока?
3. За счет, каких видов энергии может происходить разделение зарядов в источнике тока?
4. Почему квадрокоптеры не летают несколько часов?
5. Какие источники тока называют гальваническими?
6. Приведите примеры существующих вокруг нас источников энергии, которые можно использовать для получения электрической энергии.

Разное.

1. Какой заряд приобрел бы медный шар объема 1 л, если бы удалось удалить из него все электроны проводимости? Плотность меди 8900 кг/м^3. Считайте, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости, а в куске меди массой 64 г содержится $6 \cdot 10^{23}$ атомов. 13,35 МКл.

Олимпиада.

1. Шар радиуса R закреплен на нити на дне бассейна. Верхняя точка шара находится на уровне поверхности воды. Чему равна сила давления воды F_1 на верхнюю половину поверхности шара и сила давления воды F_2 на его нижнюю половину? Выразить ответ через модуль силы Архимеда, действующей на шар. Рассчитать по половинкам шара. Ответ: $0{,}25F_A$. $1{,}25F_A$

Занятие 16. Электрическая цепь.

I. *Вопросы (блиц):*

1. В чем состоит отличие проводников от изоляторов?
2. **По**чему не засоряются провода, по которым течет электрический ток?
3. **Чт**о является причиной, вызывающей упорядоченное движение свободных заряженных частиц в среде? Какую роль играет источник тока?
4. **Бу**дут ли количественно отличаться взаимодействия двух одинаковых

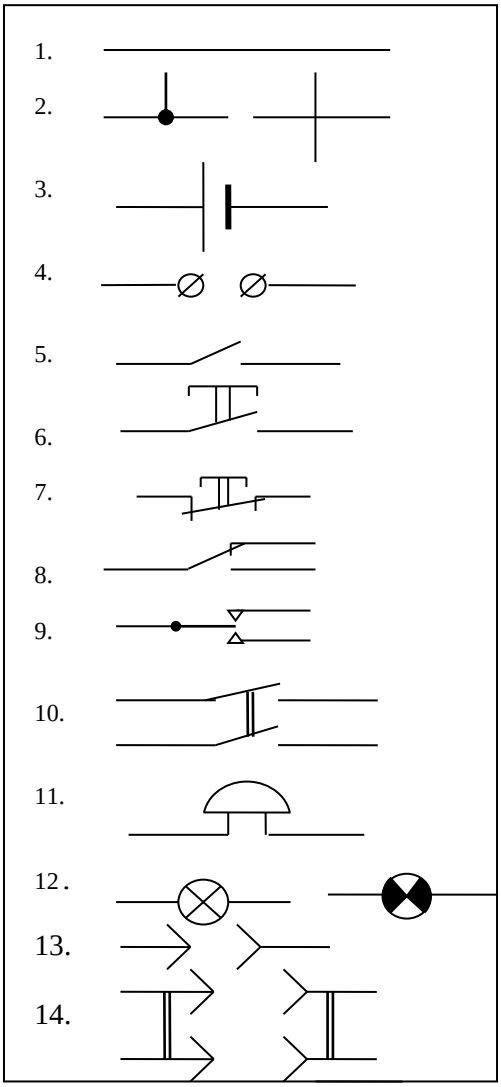
проводящих шаров, если их заряды в одном случае одноименные, а в другом – разноименные?

5. **Ка**кие вы знаете источники тока?
6. Каким образом аккумулятор запасает электрическую энергию?
7. **О**пишите превращения энергии в цепи батарейки карманного фонаря?
8. **Су**ществуют аккумуляторы инерционные, гидравлические, тепловые и электрические. Что между ними общего и в чем различие?

II. *Задачи:*

1. Металлический шар радиусом r = 0,1 м несёт заряд Q = 314 нКл. Какова поверхностная плотность заряда σ? 2,5 мкКл/м^2
2. **Дв**а одинаковых точечных отрицательных заряда находятся в воздухе на расстоянии r = 0,3 м друг от друга и взаимодействуют с силой F = $2{,}56\cdot10^{-5}$ Н. Определить значение этих зарядов и количество избыточных электронов на каждом заряженном теле. -16 нКл. $1\cdot10^{11}$
3. Два заряда, один из которых в k = 3 раза больше другого, находясь в вакууме на расстоянии r = 0,3 м, взаимодействуют с силой F = 30 Н. Определить величины зарядов. q_1 = 10 мкКл. q_2 = 30 мкКл

III. Что мы уже знаем об электрическом токе? В источнике тока за счет энергии неэлектрического происхождения совершается работа по переносу электрических зарядов, что приводит к возникновению электрического поля, которое обладает энергией. Это поле передает энергию свободным заряженным частицам в среде. Энергия, приобретенная частицами, может быть использована для вращения ротора электродвигателя или свечения лампочки накаливания.



Преимущества электрической энергии:

- Можно передавать по проводам на большие расстояния с малыми потерями.
- Электрическая энергия удобно распределяется между потребителями.
- С помощью простых устройств легко преобразуется в д**ругие виды энергии.**
- **Электрической энергией легко можно управлять.**

Устройство, в котором электроны могут совершать круговое движение, называется **электрической цепью.** Проводник разрывается, как правило, в двух местах: в одном помещают **источник энергии**, который сообщает некоторый импульс энергии электронам проводимости, в другом – **потребитель тока**, где этот импульс энергии преобразуется в другую форму энергии. **Электрическая цепь** – источники тока, приемники, замыкающие устройства, соединенные между собой

проводами. Ток, который течет, не изменяя направления, называют **постоянным током**. **Электрическая схема –** "снимок" электрической цепи. Схема простейшей электрической цепи на доске. *Вопрос.* В чем разница между понятиями «цепь» и «схема»? **Условные обозначения**, применяемые в технике, зарисовать в тетрадь.

1. Провод
2. Соединение и пересечение проводов
3. Гальванический элемент
4. Клеммы источника тока
5. Ключ однополюсный
6. Кнопка звонковая нормально разомкнутая
7. Кнопка звонковая нормально замкнутая
8. Переключатель однополюсный на два положения
9. Переключатель однополюсный на три положения
10. Выключатель двухполюсный
11. Электрический звонок
12. Лампочка накаливания (осветительная, сигнальная).
13. Однополюсная вилка и гнездо.
14. Двухполюсная вилка и розетка.

IV. *Задачи:*

1. **С к**аким ускорением к Земле будет двигаться тело массой m = 0,5 г с электрическим зарядом q = 10^{-6} Кл в электрическом поле Земли напряжённостью E ≈ 100 Н/Кл, направленным к Земле? 10 м/с^2
2. **Оп**ределить модуль и направление силы, действующей на заряд q_1 = 4 нКл, помещённый посередине между двумя точеными зарядами q_2 = 30 нКл и q_3 = − 50 нКл, если они находятся в вакууме на расстоянии r_{23} = 0,6 м. 32 мкН

Олимпиада:

1. **На** двух одинаковых каплях воды находится по одному избыточному электрону. Определить массу капли, если сила Кулона уравновешивается силой их гравитационного взаимодействия. $1{,}858 \cdot 10^{-9}$ кг
2. **У ш**кольника есть два динамометра, №1 и №2, с длинами шкалы по L = 20 см. Динамометры рассчитаны на максимальную нагрузку P_1 = 5 Н и P_2 = 10 Н, соответственно. Подвижные части динамометров соединены нерастяжимой ниткой, как показано на рисунке. В исходной ситуации динамометры расположены так, что динамометр №1 показывает нагрузку величиной F_1 = 1 Н. Затем школьник сначала сместил динамометр №1 влево на ΔX_1 = 8 см, а потом сместил динамометр №2 вправо на ΔX_2 = 4 см. Каким после всех этих смещений стало показание динамометра №1? Считать, что пружины подчиняются закону Гука. 3 Н

3. Крокодил Гена стоит на высокой башне, отпускает камень и измеряет интервал времени между моментом, когда камень был отпущен и моментом, когда слышен звук удара камня об основание башни. Он оказался T = 5 с. Найдите высоту башни, если скорость звука в воздухе равна c = 340 м/с. 112,25 м
4. Упражнения по составлению электрических схем.

Вопросы (блиц):

1. Какой переключатель надо использовать, чтобы собрать такую электрическую цепь с двумя лампочками, в которой при включении одной лампочки

обязательно бы выключалась вторая, и наоборот? Нарисовать схему цепи.

2. Будут ли количественно отличаться взаимодействия двух одинаковых проводящих шаров, если их заряды в одном случае одноименные, а в другом – разноименные?
3. В автомобилях устанавливается сигнализация поворотов с использованием однополюсного переключателя на три положения. Начертите схему цепи.
4. Придумайте схему соединения гальванического элемента, звонка и двух кнопок, расположенных так, чтобы можно было позвонить из двух разных мест.
5. Предложите систему сигнализации между двумя помещениями, используя два электрических звонка и две звонковые кнопки.
6. Предложите схему электрической цепи с использованием двухполюсного переключателя.
7. В стакане синие, красные и зеленые карандаши. Всего 20 штук. Синих в 6 раз больше чем зеленых, красных меньше, чем синих. Сколько в стакане красных карандашей? 2.
8. В леспромхозе решили вырубить участок леса. Чтобы успокоить экологов, директор леспромхоза сказал: «Мы будем рубить только сосны, их в лесу 99%, а после рубки они составят 98% всех деревьев». Какую часть леса собирается вырубить леспромхоз? 50%

Олимпиада:

Занятие 17. Сила тока.

I. *Вопросы (блиц):*

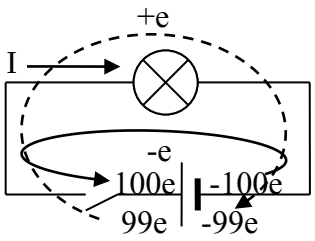
1. Что такое электрический ток?
2. **По**чему капли дождя или тумана образуются на ионах или электронах в воздухе?
3. **Оц**ените время, по истечении которого потребитель начнёт получать электроэнергию после подключения ЛЭП к источнику тока, если ЛЭП имеет длину L = 60 км.
4. По какой причине может не гореть лампочка в электрической цепи?
5. При открытой дверце холодильника внутри холодильника горит лампочка. Стоит закрыть дверцу, и лампочка тухнет. Предложите схему этой электрической цепи.
6. **За**рисовать схему электрической цепи, включающую источник тока, ключ, а также параллельно подключённые звонок, электродвигатель и лампочку накаливания.
7. **Явл**яется ли гальванический элемент (источник тока) источником электрических зарядов?
8. **Ка**кие действия электрического тока наблюдаются при его прохождении по металлическому проводнику?

II. *Задачи (блиц):*

1. Из медного провода площадью поперечного сечения 0,5 мм^2 свита круглая петля радиусом 50 см. Чтобы совершить один оборот в петле, электрону требуется в среднем 10 ч. Какой ток идет по проводу? Считать, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости. $n = 8{,}45 \cdot 10^{28}$ м$^{-3}$. 0,59 А

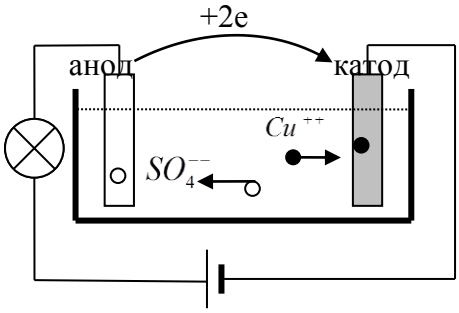
2. **Э**лектростатический способ – один из самых эффективных способов очистки воздуха от пыли. Стеклянный куб с пыльным воздухом помещают в однородное электростатическое поле, силовые линии которого перпендикулярны двум граням куба. Определите, через какое время после включения поля вся содержащаяся в кубе пыль осядет. Сторона куба равна a, напряженность поля E. Считать, что все пылинки одинаковы, каждая имеет заряд q. Примечание: сила сопротивления воздуха пропорциональная скорости тела F = kυ , где k – известная постоянная величина. $t = \frac{ak}{qE}$

III. Простейшая электрическая цепь (рисунок на доске). **Направление электрического тока в цепи**. Переход электрона с клеммы "-" на клемму "+" источника тока эквивалентен переносу элементарного заряда +e с клеммы "+" на клемму "-". Если за время t через спираль лампочки прошло N электронов, то $q = Ne$ и $I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t}$.



Единица силы тока в Си: 1 А = 1 Кл/1 с. Чтобы измерить силу тока I, необходимо измерить N и t. Можно ли это сделать? Нет!

Тепловое действие тока. Зависит ли **тепловое действие тока** от направления тока в проводнике? От силы тока? Можно ли измерить силу тока по его тепловому действию? Нет! Почему? Метод неоперативный и неточный.



Химическое действие электрического тока. Да! Катод и анод. **Металл всегда выделяется на катоде!** Можно ли установить направление тока по его химическому действию? Зависит ли химическое действие тока от силы тока? Да! Масса выделившегося на катоде металла за время t: $m = Nm_0$, перенесенный заряд: $q = N \cdot q_0$. Измеряя массу металла, выделившегося на катоде, можно измерить перенесенный заряд и силу тока. Метод неоперативный и неточный. **Сила электрического тока (I)** – свойство тока переносить электрический заряд, измеряемое отношением перенесенного за данный промежуток времени заряда, к этому промежутку времени: $I = \frac{q}{t}$.

Магнитное действие электрического тока. Единица силы тока, устанавливаемая по его магнитному действию. На взаимодействии катушки с током и магнита построены приборы, измеряющие силу тока – **амперметры.**

Сила электрического тока (I) – свойство тока переносить электрический заряд, измеряемое по его магнитному действию (действиям) в амперах.

$q = I \cdot t$ Единица электрического заряда в СИ: 1 Кл = 1 А·1 с.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Сколько электронов в секунду должно проходить через спираль лампочки накаливания карманного фонарика, чтобы она горела нормальным накалом?
2. В одном из электронных синхротронов электроны движутся по приблизительно круговой орбите длиной 240 м. Во время цикла ускорения на этой орбите обращается обычно 10^{14} электронов. Скорость электронов практически равна скорости света. Чему равна сила тока? 20 А

3. **Ав**томобильный электродвигатель-стартер в течение 3 с работал от батареи аккумуляторов при силе тока 150 А. Когда автомобиль двинулся в путь, генератор стал подзаряжать аккумуляторы при силе тока 4,5 А. За какое время восстановится прежнее состояние батареи? 100 с

Олимпиада:

1. **Во**да течёт по садовому шлангу с объемным расходом 450 см^3/с. Чему равен ток электронов I_e? Число Авогадро $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/моль. 2,41 МА.
2. **Пу**стой цилиндрический стакан с толстыми стенками и тонким дном закрыт тонкой легкой крышкой и плавает в воде, будучи погруженным на 2/3 внешнего объема. Вода начинает медленно просачиваться сквозь крышку. Какая часть внутреннего объема стакана должна заполниться водой, чтобы он начал тонуть, если внутренний радиус стакана составляет 70% его внешнего радиуса? 67%
3. **Пе**тя и Катя делают модели воздушных шаров, наполняя гелием стандартную резиновую оболочку. Катя сделала свою летающую модель с максимальной массой корзины m. Петя решил сделать модель с корзиной массой 2m. Для этого он надул гелием резиновую оболочку своего шара до вдвое большего объёма. Взлетит ли модель Пети? Вроде взлетит. Первое уравнение нужно умножить на 2, после этого два уравнения необходимо сравнить.
4. Оцените длину шкурки, которую снимают, почистив килограмм картошки. Считайте, что картофелины имеют форму шара радиуса R = 3 см, среднюю плотность 1,17 г/см^3. Ширину шкурки примите равной 1 см. Во сколько раз изменится длина снятой шкурки, если размер каждой картофелины в 1,5 раз меньше? Килограмм какой картошки можно быстрее почистить: крупной или мелкой? 8,55 м. 12,8 м. Крупной

Вопросы (блиц):

1. Как объяснить, что в обычных условиях металл электрически нейтрален?
2. Почему корпус самолета во время полета электризуется? Каким образом "снимают" заряды с корпуса самолета во время полета?
3. Что представляет собой электрический ток в металлах?
4. Чему равен заряд, протекающий в проводнике за время 5 с при силе тока 2 мА? Ответ: q = 0,01 Кл.
5. Определите силу электрического тока, если через поперечное сечение проводника за 0,4 с прошло $6 \cdot 10^{18}$ электронов.
6. Что представляет собой электрический ток в электролитах?
7. Как возникают ионы в растворе медного купороса?
8. Почему светильники уличного освещения в городе загораются почти одновременно?
9. Магазин готовится к **Черной пятнице**. Персонал накануне переклеивает ценники на товарах. На сколько процентов надо повысить цену товаров накануне дня скидок, чтобы при скидке в 20% цена в **Черную пятницу** была на 20% выше первоначальной? 50%
10. Некто имеет трех коней да богатое седло за 55 рублей. Оседланный первый конь стоит столько, сколько стоят вместе неоседланный второй и третий кони. Оседланный же второй конь стоит столько, сколько стоят вместе неоседланные первый и третий кони, а оседланный третий конь стоит столько

же, сколько стоят вместе неоседланные первый и второй кони. Найти цену каждого коня. 55

Разное

1. Определить заряд, переданный шару радиусом r = 4 см, если его поверхностная плотность заряда $\sigma = 5\cdot10^{-5}$ Кл/м^2. 1 мкКл
2. Сколько электронов проходит каждую секунду через поперечное сечение зонда диаметром 10 нм при плотности туннельного тока $7\cdot10^5$ А/м^2? $3{,}4\cdot10^8$

Занятие 18. Электрическое напряжение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **На** основании, каких явлений можно заключить, что электрический ток имеет определенное направление?
2. **Ср**еднее время жизни молнии порядка 0,002 с. Сила тока в канале молнии около 20 кА. Какой заряд проходит по каналу? 40 Кл
3. **Те**лефон с аккумулятором емкостью 3600 мА·ч полностью зарядился за 2 часа. Какой заряд получил аккумулятор за первые 50 секунд? 90 Кл
4. На цоколе электрической лампочки написано (60 В, 200 мА). Сколько электронов проходит через поперечное сечение спирали лампочки за 30 с?
5. **Че**му равна сила тока, когда 1000 положительных однозарядных иона натрия проходят через клеточную мембрану за 4 мкс? $0{,}4\cdot10^{-10}$
6. Определите плотность тока в проводнике сечением 2 мм^2 при силе тока 30 мА. Ответ: j = 15 кА/м^2.
7. Какое действие электрического тока наблюдается всегда? Магнитное
8. **При** электролизе положительные ионы перенесли за 10 с на катод заряд +10 Кл, а отрицательные - на анод за это время такой же по величине, но отрицательный заряд. Чему равна сила тока цепи? 1 А
9. **Ис**пользуя два однополюсных переключателя на два положения, придумайте схему проводки, которая бы давала возможность любому из двух пассажиров купе, лежащих на противоположных полках, включать или выключать одну общую лампочку.
10. Почему при смешивании снега с поваренной солью, температура смеси понижается?
11. В ЭВМ импульс тока от одного устройства к другому необходимо передать за время 1 нс. Можно ли это устройство соединить проводником длиной 40 см?

II. *Задачи (блиц):*

1. Одинаковые металлические шарики, заряженные одноименными зарядами q и 4q, находятся на некотором расстоянии друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. Во сколько раз нужно изменить расстояние между ними, чтобы сила их взаимодействия осталась прежней? Увеличить в 1,25 раза
2. **На** тонкой шелковой нити подвешен шарик массой 0,6 г, имеющий положительный заряд 1 нКл. Снизу к нему подносят шарик, заряженный отрицательным зарядом –13 нКл. При каком расстоянии между шариками нить разорвется, если максимальная сила натяжения нити 10 мН? 5,4 мм
3. Двигатель автомобиля заводят стартером. Для включения стартера сила тока в его цепи должна быть равна 300 А, поэтому во избежание порчи аккумулятора

его включают лишь на 15 с. Какое количество электронов проходит через стартер за это время? $2{,}8\cdot10^{22}$

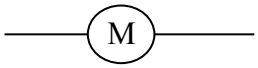
III. От каких факторов зависит сила тока в цепи? **Электрическое поле обладает свойством передавать энергию электронам проводимости проводника.**

$U=\frac{A'}{q}$. 1 В = 1 Дж/1 Кл. Что такое 1 эВ? 1 эВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж.

А если между двумя точками поля с напряжением U перемещается заряд q? $\boxed{A'=qU}$

Чем больше электрическое напряжение, тем большую энергию передает электрическое поле свободным зарядам, тем с большей скоростью они движутся и, следовательно, тем больше сила тока.

Перенесенный электрический заряд легко измерить: $q=I\cdot t$, напряжение измеряют вольтметром, поэтому работа электрического тока $A'=qU=U\cdot I\cdot t$. **Если электрический ток протекает через резистор, то $A'=Q$, а если через мотор, то $A'=A+Q$.** Обозначение мотора на электрических схемах:



КПД мотора: $\boxed{\eta=\frac{A}{A'}\cdot100\%}$.

Тепловое действие тока зависит не только от силы тока, но и от напряжения.

Модель цепи. Электрические явления сопровождаются превращениями одного вида энергии в другой, при этом электрическим полем совершается работа!

IV. *Задачи (блиц):*

1. При подключении электроплитки к источнику тока с напряжением 120 В, через ее спираль протекает ток 10 А. Какое количество теплоты отдаст плитка окружающей среде за 1 ч? Нарисуйте схему электрической цепи. 4,32 МДж
2. **Эл**ектродвигатель, включенный в электрическую цепь с постоянным напряжением 24 В, за время работы 30 мин совершил механическую работу 840 кДж. Найти работу электрического тока и КПД двигателя, если через обмотку двигателя протекал ток силой 20 А. Нарисуйте схему. 864 кДж. 97%

Олимпиада:

1. **Ви**нни-Пух и Пятачок решили запустить атмосферный зонд – шарик, наполненный гелием, с привязанной к нему коробочкой датчиков. Чтобы шарик не улетел, к нему прикрепили длинный шнур. Оказалось, что максимальная высота, на которую может подняться такой зонд, равна 100 м. Пятачок рефшил увеличить высоту подъёма и надул шфар сильнее, увеличив его объём вдвое. Максимальная высота подъёма в этом случае оказалась равна 250 м. На какую высоту сможет подняться такой шарик без коробочки датчиков? Изменениями плотности воздуха с высотой, массой оболочки и объёмом коробочки пренебречь. Ветра нет. 300 м
2. **Во**сьмикласснику Васе поручили перетащить копну сена массой M = 600 кг из овина в сарай, расстояние между которыми L = 100 м. Известно, что скорость v мальчика обратно пропорциональна квадрату его массы m вместе с грузом и может быть выражена формулой $v=\beta/m^2$, где β — постоянный коэффициент. Масса Васи равна m_0 = 50 кг. 1) Найдите значение коэффициента пропорциональности β, если расстояние от сарая до овина мальчик (без сена) преодолевает за время t_0 = 40 с. 6250 кг^2·м/с. 2) Определите, какое минимальное время понадобится Васе, чтобы равными порциями перенести всё сено без

учета времени возврата за следующей порцией. Для этого случая найдите массу одной порции сена. 50 кг. Переносит порциями массой x и найти минимум времени через производную. 32 мин. С учетом времени возврата: 38,8 мин.

3. **В** высокий легкий стакан с площадью дна 50 см^2 налита вода массой 200 г и начальной температурой 0°С. Затем в воду каплями массой по 1,36 г начинает капать ртуть температурой 100°С. Каждую секунду в стакан падает 10 капель ртути. Плотность ртути 13600 кг/м^3; теплоемкость ртути 140 Дж/(кг·град). а) Каким будет давление жидкости на дно стакана через 50 секунд? 1760 Па. б) Какой будет температура воды в стакане через 50 секунд? 10,2^{0}С

Вопросы (блиц):

1. Нарисуйте схему электрической цепи, в которой с включением электродвигателя зажигалась бы сигнальная лампочка. Приборы рассчитаны на одинаковое напряжение.
2. Начертите схему цепи с электродвигателем, в которой можно было бы измерять силу тока, поступающего в обмотки электродвигателя и напряжение на них.
3. Какое действие тока используют для проверки годности батарейки «на вкус»?
4. Предложите схему электрической цепи, в которой одновременно с включением электродвигателя гасла бы одна сигнальная лампочка и зажигалась бы другая сигнальная лампочка.
5. За счет чего нагревается резистор при протекании по нему электрического тока?
6. Мама положила на стол сливы и сказала детям, чтобы они, вернувшись из школы, разделили их поровну. Первой пришла Аня и взяла треть, потом пришел Боря и взял треть оставшихся слив. Затем пришел Витя и взял 4 сливы – треть оставшихся слив. Сколько слив оставила мама? 27

Олимпиада:

1. Кольцо из проволоки радиусом 10 см заряжено положительно и несет заряд 5 нКл. Найти напряженность электрического поля на оси кольца на расстоянии от центра кольца, равном: 0, 5, 8, 10 и 15 см. Построить график. 0, 1607 Н/Кл, 1714 Н/Кл.

Занятие 19. Закон Ома.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Какие вы знаете, действия тока и от чего они зависят?
2. **На**пряжение на участке цепи 2 В. Объясните, что это означает.
3. **Ка**кая энергия запасена в аккумуляторе, на котором написано 1,5 В и 200 мА·ч?1,08 кДж
4. Почему лампа, включенная в городскую сеть, излучает значительно больше света и тепла, чем лампа от карманного фонаря, при прохождении по ним тока одинаковой силы?
5. **Гд**е больше средняя скорость упорядоченного движения электронов: в нити лампы или в проводах, подводящих к ней ток?
6. **В ч**ем отличие тока малого напряжения и тока большого напряжения?
7. Есть ли внутри проводника с током электрическое поле?

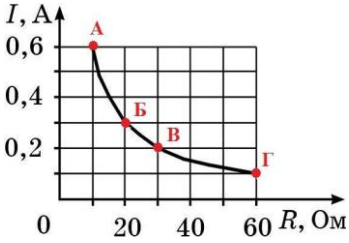
8. **Оп**ределите заряд, который прошел через поперечное сечение проводника в течение 10 с при равномерном нарастании тока в проводнике от нуля до 3 А?15

II. *Задачи:*

1. Заряженная частица массы m и зарядом q начинает двигаться в однородном электрическом поле. Какое расстояние пройдет частица за время t, если электрическое напряжение между начальной и конечной точкой траектории равно U? $S = t\cdot(qU/2m)^{1/2}$.
2. Приводной ремень генератора Ван-де-Граафа обладает электрическим зарядом с поверхностной плотностью σ = 5 мКл/м^2. Ремень шириной d = 0,5 м движется со скоростью υ = 20 м/с. 1) Какой ток I соответствует такому движению ремня? 1) 0,05 А. 2) Если заряд переносится между точками с разностью потенциалов 100 кВ, то какой должна быть мощность мотора N, способного приводить в движение ремень? 2) N > 5 кВт.
3. **Пы**линка массой $m = 5$ нг, несущая на себе $N = 10$ электронов, прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 1$ МВ. Какова кинетическая энергия T пылинки? Какую скорость v приобрела пылинка? 1,6 пДж. 0,8 м/с.

III. А от каких факторов зависит сила тока? $I \sim \upsilon$ ~ $F_э$ ~ E ~ U. Сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах (I ~ U). Проводник, в котором сила тока прямо пропорциональна напряжению, называется **резистором**.

Электрическое сопротивление (R) – свойство вещества противодействовать протекающему по нему току, измеряемое в Омах. Сила тока в резисторе при неизменном напряжении обратно пропорциональна его сопротивлению. (I ~ 1/R)



Закон Ома:

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

Электрическое сопротивление (R) – свойство электрической цепи (вещества) противодействовать протекающему по ней электрическому току, измеряемое при постоянном напряжении на ее концах отношением этого напряжения к силе тока.

Формула для определения сопротивления проводника постоянного сечения: $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

Удельное сопротивление материала проводника (ρ): $\rho = \frac{RS}{l}$. $1\frac{Ом \cdot мм^2}{м} = 1\cdot 10^{-6} Ом \cdot м$

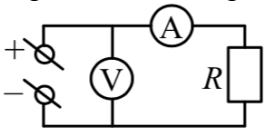
Зависимость сопротивления от температуры: $R = R_0(1+\alpha t)$.

Устройство реостата: обмотка, ползунок, контакты, корпус.

Первый способ изменения силы тока в цепи (реостат).

Последовательное и параллельное соединение проводников.

Параллельно включенные бытовые приборы находятся при одинаковом напряжении, а через электрический счетчик и предохранители протекает общий ток. Можно включать и отключать отдельные потребители тока без помех для других.



IV. *Задачи (блиц):*

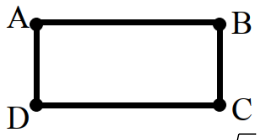
1. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, R = 3 кОм, показание амперметра I = 1 мА. Чему равна цена деления идеального вольтметра, если его стрелка отклонилась на 30 делений? 0,1 В
2. **Эл**ектродвигатель трамвая работает при силе тока 80 А и напряжении 400 В.

Двигаясь равномерно при силе тяги двигателя 4 кН, трамвай за время 10 с проезжает 60 м. Найдите сопротивление обмотки электродвигателя. 1,25 Ом

3. Два куска медной проволоки имеют одинаковую массу. Площадь поперечного сечения одного из них в 4 раза больше площади поперечного сечения другого. Какой кусок проволоки имеет большее сопротивление и во сколько раз? Пер.16
4. Стальная проволока и реостат соединены последовательно и подключены к источнику постоянного тока. Сопротивление проволоки при 0°С равно R_0 = 2 Ом, а начальное сопротивление реостата R_2 = 4 Ом. Проволоку нагревают на Δt = 100°С. Коэффициент температурного сопротивления стальной проволоки $\alpha = 2\cdot10^{-3}$ 1/°С. 1) Чему равно сопротивление R_1 нагретой стальной проволоки? 2,4 Ом 2) На сколько нужно изменить сопротивление реостата R_2, чтобы напряжение на проволоке не изменилось? 0,8 Ом.

Олимпиада:

1. **Ск**олько витков проволоки следует вплотную намотать на фарфоровую трубку радиусом 10 см, чтобы изготовить реостат сопротивлением 50 Ом? Удельное сопротивление проволоки $5\cdot10^{-6}$ Ом·м, ее диаметр 2 мм. 50
2. **Пр**ямоугольник ABCD сделан из однородной проволоки. Если измерить сопротивление между точками A и B, то оно окажется в 2 раз больше, чем сопротивление, измеренное между точками B и C. Определите, во сколько раз отличаются длины сторон прямоугольника. Сопротивления сторон пропорциональны длинам.



$AB / BC = 1 + \sqrt{3}$

3. **Чт**обы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной 5 км, к одному ее концу присоединили источник с напряжением 10 В. При этом оказалось, что если провода у другого конца линии разомкнуты, ток через источник 2 А, а если замкнуты накоротко, то ток через источник 3 А. Найдите сопротивление изоляции в месте повреждения. Сопротивление каждого провода линии 2 Ом. Пусть сопротивление единицы длины провода λ. 0,62 Ом
4. Кабель воздушной линии электропередачи состоит из сердечника и окружающих его слоев проводов. Сердечник обычно изготавливают из стали, а окружающие слои из алюминия. Количество проводов сердечника и окружающих слоев кабеля указывают в виде дроби, например, структура кабеля, изображенного на рисунке, обозначается 1/18. Этот кабель изготовлен из проволок диаметром 2,2 мм. Определите сопротивление 1 км его длины. 0,4 Ом

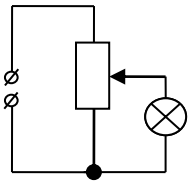
5. На Таинственном острове есть подземное озеро площади S = 0,35 км^2 и средней глубины h = 20 м, на дне которого лежит подводная лодка капитана Немо. Объем лодки $V_Л$ = 7000 м^3. Когда лодка утонула, озеро было пресным, но каждый год из-за просачивания морской воды озеро становится всё более соленым. При этом уровень озера остается постоянным: с поверхности озера происходит медленное испарение. Известно, что плотность морской воды $\rho_М$ = 1035 кг/м^3, а плотность лодки Немо $\rho_Л$ = 1020 кг/м^3. Сколько кубометров морской воды должно просочиться в озеро, чтобы лодка всплыла? 3996000 м^3.

Вопросы (блиц):

1. Что изменилось на участке цепи, если включенный параллельно этому участку вольтметр показывает увеличение напряжения?
2. По медной и железной проволокам одинаковой длины и диаметра текут одинаковые токи. Каково отношение напряжений на концах этих проволок? 5,7
3. Погрешность при измерении удельного сопротивления меди при температуре 20^0С составила 0,002 Ом·мм^2/м. Какова точность измерения?
4. Токонесущий (третий) стальной рельс метрополитена имеет поперечное сечение 55 см^2. Каково сопротивление 10 км рельса? ≈ 0,18 Ом.

У всех поездов метро есть специальные токоприёмники, которые скользят по контактному рельсу и принимают 825 вольт.

5. Количество проволок данного диаметра в каждом следующем слое, окружающем сердечник в кабеле воздушной линии электропередачи, больше на шесть, чем в предыдущем слое. С чем связана такая закономерность?
6. Сопротивление человеческого тела в среднем составляет 50 кОм. Какое напряжение опасно для человека, если известно, что ток силой более 10 мА может оказаться смертельным?
7. Змей Горыныч имел три головы на шеях одинаковой толщины. Электрическое сопротивление первой – 500 Ом, второй – 1000 Ом, третьей – 2000 Ом. Вторая голова имеет шею длиной 5 м. Какова длина остальных шей дракона? Ответ обосновать.

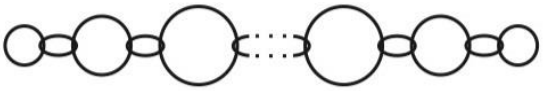


8. Объясните последствия перемещения движка потенциометра вверх.
9. Как изменяется сопротивление проволоки при ее растяжении?
10. Как отрезать кусок провода сопротивлением 5 Ом, если есть линейка?
11. Объясните, почему сопротивление проводника зависит от его материала, длины, площади поперечного сечения?
12. Имеется моток медной проволоки (без изоляции). Как, имея весы и омметр, найти длину и площадь поперечного сечения проволоки?

Разное.

1. В аккумуляторе площадь поверхности свинцовых пластин 300 см^2, расстояние между ними 2 см. Пластины погружены в водный раствор серной кислоты с удельным сопротивлением 0,015 Ом·м. Определите сопротивление слоя кислоты между пластинами. 0,01 Ом

Олимпиада:



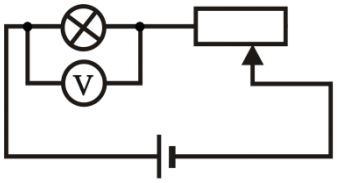
1. Из серебряной проволоки массой m = 3,91 г изготовили кольца разного диаметра, которые соединили в цепочку. Электрическое сопротивление между концами такой цепочки R = $1{,}00\cdot10^{-2}$ Ом. Вычислите длину цепочки, если известно, что плотность серебра ρ = 10,5 г/см^3, а удельное сопротивление $\rho_{уд} = 1{,}49\cdot10^{-6}$ Ом·см. Диаметр поперечного сечения проволоки много меньше диаметра самого маленького колечка. Проволока натянута. Электрическим сопротивлением колец в месте контакта пренебречь.
2. На одном и том же станке производят проволоки из разных металлов. Настроив станок на диаметр проволоки в 0.5 мм^2, работник его запускает. Чтобы контролировать длину наматываемой проволоки, по ней пропускают

небольшой ток. Когда сопротивление всей проволоки достигает необходимого значения, проволока обрезается. Станок завершил работу и обрезал проволоку. Работник увидел, что намотанная на бобышку проволока оказалась слишком длинной. После проверки он обнаружил, что вместо вольфрама с удельным сопротивлением $5{,}6\cdot10^{8}$ Ом·м, он использовал медь, удельное сопротивление которой $1{,}68\cdot10^{8}$ Ом·м. Определите длину получившейся медной проволоки, если длина вольфрамовой должна была равняться трем километрам. 10 км.

Занятие 20. Соединение резисторов.

I. *Вопросы (блиц):*

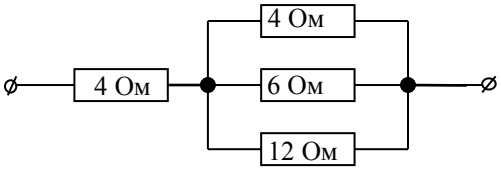
1. Проводник разрезали вдоль, а образовавшиеся части соединили последовательно. Как изменилось его сопротивление? Увел. в 4 раза
2. **Со**противление резистора, измеренное в лаборатории, оказалось 7,4 Ом. Точность измерения 4%. Какова абсолютная погрешность измерения? Каков результат измерения? 0,3 Ом. R = (7,4 ± 0,3)) Ом
3. Найти изменение веса и сопротивления провода из одного и того же материала, если при неизменной длине взять провод вдвое большего диаметра.
4. **П**роволоку длиной 1 м растянули так, что ее длина стала 110 см. На сколько процентов увеличилось при этом ее сопротивление? 12,1%
5. **Со**противления двух проводников круглого сечения, имеющих одинаковую длину и изготовленных из одного материала, относятся как 1:2. Какой из них тяжелее и во сколько раз? Первый в 2 раза
6. Алюминиевая и медная проволоки имеют равные массы и одинаковые площади поперечного сечения. Какая из них обладает большим сопротивлением и во сколько раз? Алюминиевая в 5,4 раза больше.
7. **На** концах медного провода длиной ℓ = 5 м поддерживается напряжение U = 1 В. Определить плотность тока j в проводе. Ответ: $1{,}18\cdot10^{7}$ А/м^2.
8. **По**чему на розетках указывают не силу тока, а напряжение?
9. Начертите схему цепи с электродвигателем, в которой бы можно было изменять и измерять силу тока, поступающего в обмотки электродвигателя.
10. **Об**ъясните последствия перемещения движка реостата вправо.



II. *Задачи (блиц):*

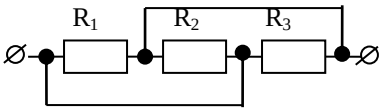
1. Между пунктами M и N протянута двухпроводная линия связи сопротивлением 1 кОм. Расстояние между M и N равно 40 км. На каком расстоянии от M произошло замыкание линии, если вольтметр показывает 10 В, а амперметр 0,04 А? 10 км
2. **В т**остере в качестве нагревательного элемента используется нихромовая спираль сопротивлением R = 80 Ом при комнатной температуре. В момент включения тостера ток в цепи составляет I_0 = 1,5 А. До какой температуры нагревается спираль, если перед выключением тостера ток равен I = 1,3 А? Температурный коэффициент $\alpha = 0{,}0004\ 1/^{0}C$. $408^{0}C$

III. Смешанное соединение. *Задача:* Четыре резистора соединены по схеме, приведенной на рисунке. Напряжение между точками A и B равно 18 В. Определить общее сопротивление и токи в отдельных проводниках. 6



Ом. 3 А, 1,5 А, 1 А, 0,5 А.

Эквивалентные схемы.



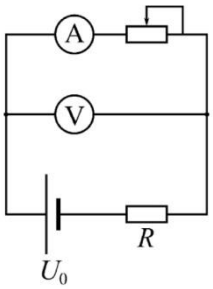
Задача: Внешняя цепь гальванического элемента составлена их трех резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом. Найти общее сопротивление. 1/3 Ом

Точки на одном проводе можно соединять друг с другом.

Расширить пределы измерения гальванометра (амперметра). **Шунт** - устройство, которое позволяет электрическому току протекать в обход какого-либо участка схемы, обычно представляет собой низкоомный резистор, катушку или проводник. $R_ш = \frac{R_A}{n-1}$. **Расширить пределы измерения вольтметра**. $R_{доп} = R_V(n-1)$. **Идеальный амперметр в цепи можно временно заменить проводом, а идеальный вольтметр временно удалить из неё!**

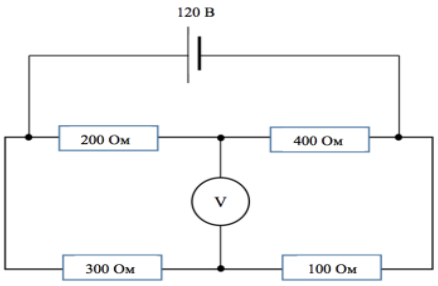
IV. *Задачи:*

1. **Во**льтметр, соединенный последовательно с резистором сопротивлением R_1 = 510 Ом, при включении в сеть с напряжением U = 100 В показывает U_1 = 25 В, а соединенный последовательно с неизвестным резистором R_2, показывает U_2 = 50 В. Найдите сопротивление резистора R_2. 170 Ом
2. **Эл**ектрический прибор подключен к источнику постоянного напряжения проводами сечением S_1 = 1 мм^2. При подключении прибора оказалось, что напряжение на приборе меньше напряжения на выходе источника на α_1 = 10%. Какой должна быть площадь сечения подводящих проводов той же длины для того, чтобы напряжение уменьшалось на α_2 = 1%? Равенство токов через провод и прибор в двух случаях. $S_2 = 11S_1$
3. Из проволоки постоянного поперечного сечения изготовлен квадрат ABCD. При подключении источника постоянного напряжения при помощи проводов с малым сопротивлением к соседним вершинам квадрата A и B полная сила тока в цепи равна 64 мА. Какой силы ток будет протекать по стороне AD, если тот же источник напряжения подключить к вершинам A и C? 24 мА



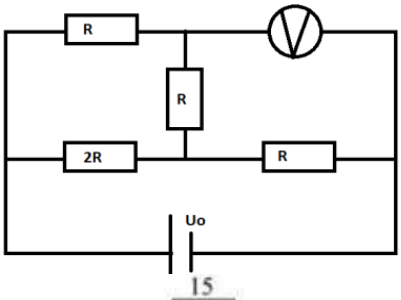
4. В цепи, изображенной на рисунке, сопротивление вольтметра R_V = 10 кОм, сопротивление амперметра R_A = 1 Ом. При изменении сопротивления реостата изменяется ток через амперметр I_A и напряжение U_V на вольтметре. При токе через амперметр I_{A1} = 15 мА вольтметр показал U_{V1} = 3 В, а при токе I_{A2} = 30 мА – напряжение U_{V2} = 1,5 В. Определите, чему равны R и U_0. Что покажет вольтметр, если ток через амперметр будет близок к нулю? 98 кОм. 4,5 В.

V. Олимпиада:

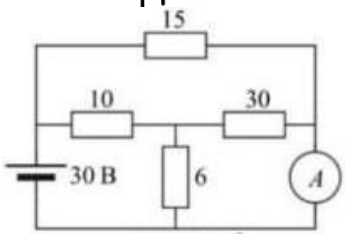


1. **Эл**ектрическая цепь состоит из четырёх резисторов, идеального источника питания с напряжением на выводах 120 В и идеального вольтметра. Что показывает вольтметр? Сопротивления резисторов указаны на схеме. 50 В (Ид. Уд)

2. **Оп**ределить показания вольтметра, изображенного на рисунке, если напряжение на батареи 12 В, а сопротивление R = 100 Ом. 9 В

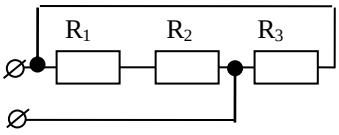


3. Определите показания идеального амперметра в приведенной на рисунке схеме. Сопротивления резисторов указаны в Омах. 4 А



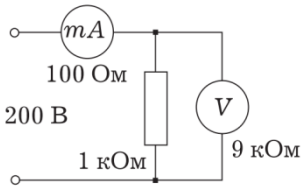
Вопросы (блиц):

1. Кондуктор автобуса имеет возможность подать сигнал водителю с двух разных точек в салоне. Какой должна быть схема электрической цепи со звонком для этого?
2. Внешняя цепь гальванического элемента составлена их трех резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом. Найти общее сопротивление.

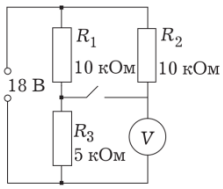


3. При параллельном соединении резисторов, их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого из них. Как это можно объяснить?
4. У вас есть два резистора на 3 Ом каждый, и один резистор на 6 Ом. Как их надо соединить в цепь, чтобы получить общее сопротивление 7,5 Ом? 5 Ом? 1,2 Ом?
5. К электрической цепи из двух последовательно соединенных резисторов 1 Ом и 2 Ом подключен источник постоянного напряжения 12 В. Если параллельно первому резистору подключить идеальный амперметр, то каковы будут его показания?

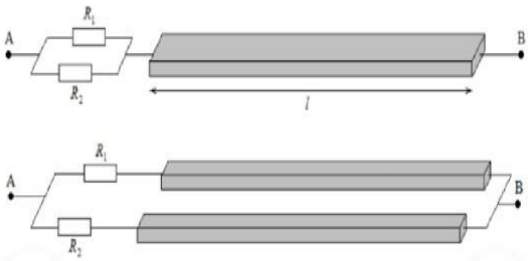
Разное.



1. Вычислите показания измерительных приборов в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке. На схему подано напряжение U =200 В .
2. Какое напряжение в электрической цепи, изображённой на рисунке, покажет идеальный вольтметр ($R_V \to \infty$) и неидеальный вольтметр (R_V = 20 кОм): а) при разомкнутом ключе, б) при замкнутом ключе? а) 12 В, 18 В. б) 9 В, 8 В

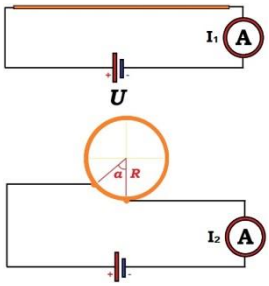


3. В черном ящике смонтирована схема из 4-х резисторов сопротивлением R_0 = 1 Ом каждый. Из ящика выведены 3 клеммы, присоединенные к схеме. Омметр, подключенный к клемме 1 и клемме 2, показывает сопротивление R = 0,75 Ом. То же самое он показывает, если его подключить к клеммам 2 и 3. Измеренное сопротивление между клеммами 1 и 3 оказалось не равным нулю. Чему равно это сопротивление? 1 Ом
3. Участок электрической цепи состоит из двух резисторов с сопротивлениями R_1 = 5 и R_2 = 15 Ом и длинной однородной металлической пластины. Длина пластины ℓ много большее ее ширины и толщины, а сопротивление всех соединительных проводов пренебрежимо мало. При этом общее сопротивление участка АВ равно R_0 = 10 Ом. Пластину разрезали продольно на две половины, как показано на рисунке.



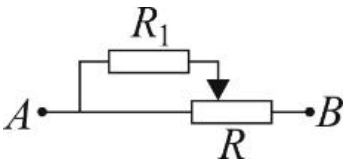
Чему теперь стало равно общее сопротивление R участка цепи AB? 11,375 Ом

4. Электрическая цепь состоит из соединённых последовательно источника постоянного напряжения, идеального амперметра и длинной однородной проволоки постоянного сечения. При этом амперметр показывает ток силой I_1. Эту же проволоку сворачивают в окружность, спаивают концы и подключают клеммы питания к двум точкам, образующим дугу в 30^0. Амперметр в общей цепи начинает показывать ток I_2. Какое будет соотношение показаний амперметра n = I_1/I_2? 11/144

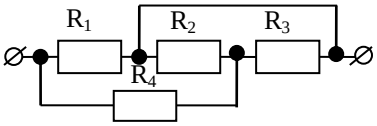


5. Резистор сопротивлением R_1 подключен к реостату с сопротивлением R и длиной L. Найдите сопротивление RAB цепи между точками A и B, если движок реостата находится на расстоянии x от его левого конца.

$$R = R\left(\frac{R_1 x}{R_1 L + Rx} + \frac{l - x}{L}\right)$$



6. Внешняя цепь гальванического элемента составлена их трех резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1$ Ом. Найти общее сопротивление. 0,6 Ом



7. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2. Сопротивление резистора равно R, сопротивление амперметра R/100, сопротивление вольтметра 9R. Найдите отношение I_2/I_1 показаний амперметра в схемах. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь. 1,002

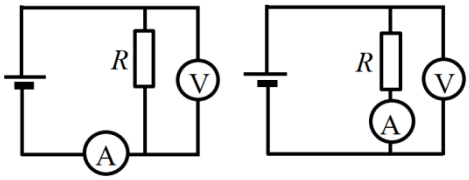
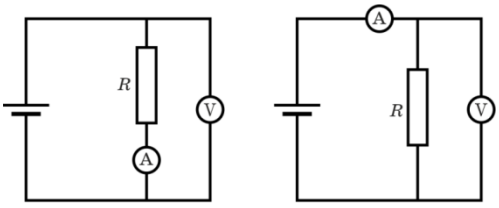


Схема 1 Схема 2

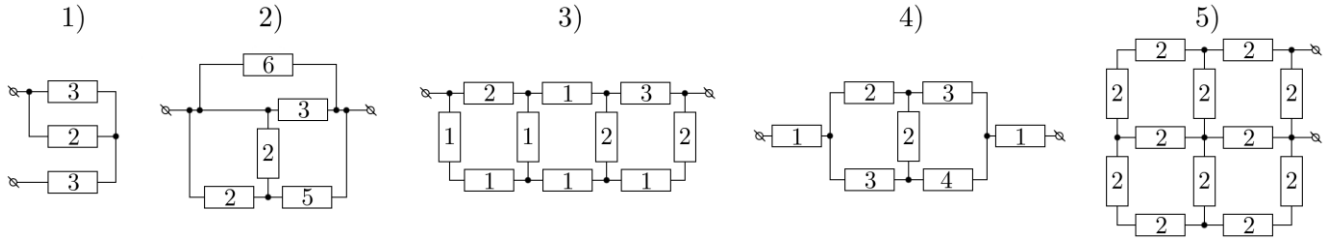
Олимпиада:

1. Для измерения сопротивления резистора используют первый раз схему 1, а второй раз — схему 2. Сопротивление амперметра R_A = 0,1 Ом, а сопротивление вольтметра R_V = 100 Ом. Расчетным значением сопротивления считают отношение показаний вольтметра к показаниям амперметра. При измерении по какой схеме отличие расчетного значения сопротивления от истинного будет меньше, если истинное сопротивление резистора R = 1 Ом? Чему будет равно это отличие? Ответ: схемой 2; ΔR_2 = 0,01 Ом.



1 2

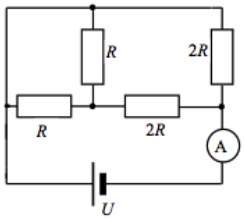
2. Расположите приведённые схемы в порядке увеличения общего сопротивления. В ответе укажите цифры в нужном порядке в виде пятизначного числа (то есть без пробелов и запятых). Ответ: 52314.



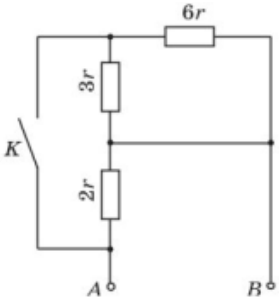
Занятие 21. Симметрия электрических схем.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Чтобы рука рабочего не попала под пресс, для его включения используют две кнопки (для правой и левой руки). Нарисуйте возможную электрическую схему цепи.
2. **К и**сточнику постоянного напряжения подключен последовательно резистор и реостат. Как изменяется напряжение на резисторе в зависимости от сопротивления реостата? При увеличении сопротивления реостата уменьшается.
3. **Им**еется источник тока напряжением 6 В, реостат сопротивлением 30 Ом и две лампочки, на которых написано: 3,5 В, 0,35 А и 2,5 В, 0,5 А. Как собрать цепь, чтобы лампочки работали в нормальном режиме? Чему должно быть равно сопротивление реостата? 16,7 Ом
4. **Ид**еальный амперметр в цепи, схема которой изображена на рисунке, показывает силу тока I = 9 мА. Определите сопротивление резистора R, если напряжение идеального источника U = 6 В. 600 Ом

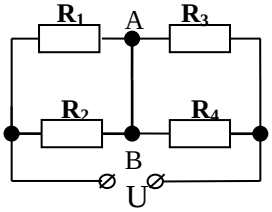


5. **Ка**ким сопротивлением R должен обладать реостат, чтобы с помощью его можно было изменять напряжение от 150 до 300 В при последовательном включении с постоянным сопротивлением 60 Ом? На какое напряжение он должен быть рассчитан? R = 60 Ом; U = 150 В.
6. **Эл**ектрическая цепь состоит из пяти одинаковых резисторов, соединенных последовательно. Параллельно одному из резисторов присоединили еще один такой же резистор. Как изменилось электрическое сопротивление цепи? уменьшилось
7. Определите общее сопротивление электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом и разомкнутом ключе К. Сопротивление r известно. r, 2r.



II. *Задачи (блиц):*

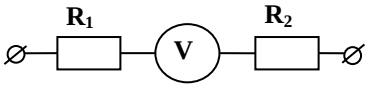
1. **Ра**ссчитайте ток через перемычку АВ в схеме, приведенной на рисунке. Величины сопротивлений таковы: R_1 = 3 Ом, R_2 = 6 Ом, R_3 = R_4 = 4 Ом. Напряжение на клеммах 12 В. **Точки на одном проводе можно соединять друг с другом.** 0,5 А



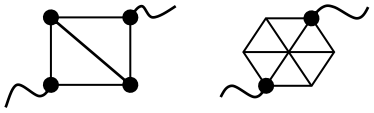
2. При подключении амперметра к сети постоянного напряжения через резистор сопротивлением 100 Ом сила тока, проходящего через амперметр, равна 40 мА. Если в цепь включить последовательно с амперметром не один, а два таких резистора, то сила тока станет равной 24 мА. Определите напряжение сети. 5,6 В
3. К источнику питания последовательно подключены два вольтметра. Показания первого вольтметра равны U_1 = 3 В, показания второго U_2 = 6 В. Если в схему последовательно с первыми двумя подключить третий вольтметр, то его показания будут равны U_3 = 3,6 В. Определите показания каждого вольтметра, если второй и третий вольтметры соединить параллельно, последовательно с ними соединить первый вольтметр и подключить их к тому же источнику. Напряжение источника и соотношение между сопротивлениями вольтметров. показания

каждого вольтметра во всех трех случаях. 4,5 В

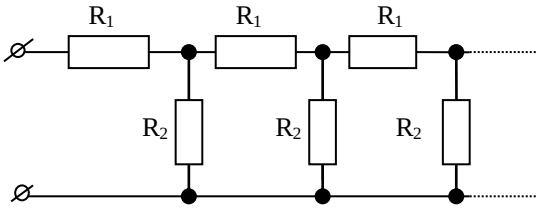
4. На участке цепи напряжение 24 В, сопротивления резисторов 4 Ом и 46 Ом, сопротивление вольтметра 110 Ом. Определите показания вольтметра. 16,5 В



III. Симметрия электрической схемы – свойство некоторых схем совмещаться с собой при поворотах вокруг некоторой оси. Если схема симметрична, то никакими приборами нельзя установить, сделан поворот или не сделан! Резисторы или провода, по которым не течет ток, нужно удалять из цепи.



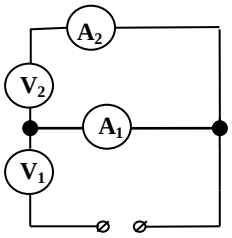
Задача: Определите сопротивление проволочной сетки, если сопротивление каждого звена r. 1) r; 2) 0,8 r.



Бесконечная цепь.

Задача: На рисунке 1 изображена бесконечная цепь, образованная повторением одного и того же элемента, состоящего из сопротивления R_1 = 2 Ом, R_2 = 4 Ом. Найти сопротивление этой цепи. 4 Ом

IV. *Задачи:*



1. Отношение падения напряжения на вольтметрах V_1 и V_2 равно 10. Сопротивления у всех вольтметров одинаковые, как и у амперметров. Нужно найти отношение сопротивления вольтметра к сопротивлению амперметра. $R_V / R_A = 8$
2. **Для** измерения величины неизвестного сопротивления *R* была собрана схема, изображенная на рисунке 1. При этом амперметр показал I_1 = 1 мА, а вольтметр U_1 = 4,8 В. После этого собрали другую схему (Рис. 2) из тех же элементов, при этом приборы показали ток I_2 = 2,5 мА и напряжение U_2 = 4,4 В. Какова же истинная величина *R*? 2,8 кОм

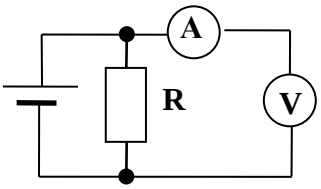


Рис. 1

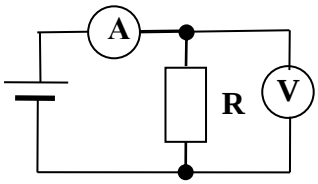
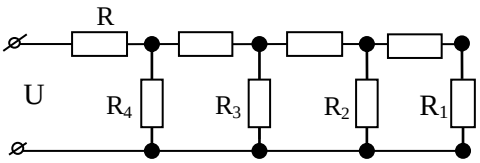


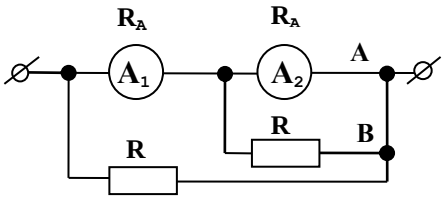
Рис. 2

Олимпиада:

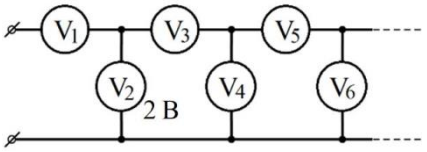
1. **В с**хеме, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ =1 Ом. При подаче на вход системы напряжения U = 5 В, напряжения на этих резисторах равны соответственно U_1 = 1 В, U_2 = 2 В, U_3 = 3 В, U_4 = 4 В. Вычислите сопротивление R крайнего левого резистора в схеме. 0,1 Ом



2. **В** электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, первый амперметр показывает ток 15 мА. Сопротивление каждого резистора 1 Ом, внутреннее сопротивление каждого амперметра – 0,5 Ом. Найдите ток, текущий через перемычку АВ. 17,5 мА



3. **Ко**гда цепь, собранную из очень большого числа одинаковых вольтметров, подключили к источнику напряжения, оказалось, что показания второго вольтметра V_2 равно 2 В. Найдите показания вольтметров V_1 и V_3.

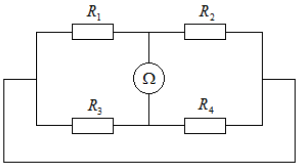


Бесконечная цепь. Выражаем общее сопротивление и силу тока в цепи через сопротивление

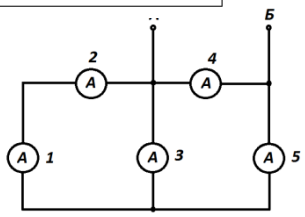
вольтметра. Ток делится на два рукава. U_1= 3,24 В. U_3 = 1,24 В.

Вопросы (блиц):

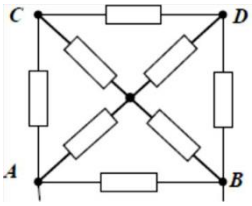
1. В каких случаях необходимо использовать последовательное (параллельное) соединение потребителей электрической энергии?
2. В схеме, показанной на рисунке, сопротивления резисторов равны R_1 = 40 Ом, R_2 = 60 Ом, R_3 = 30 Ом, R_4 = 70 Ом. Что показывает омметр? Ответ: 45 Ом.



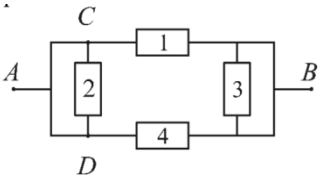
3. Цепь состоит из 2-омного резистора, последовательно соединенного с параллельно соединенными между собой резисторами в 12 и 6 Ом. Какова сила тока в 6-омном резисторе, если на всю цепь подано напряжение 4 В?



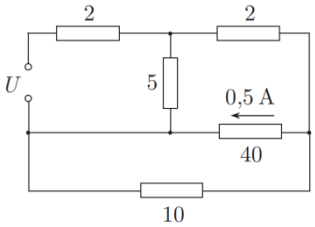
4. Пять одинаковых неидеальных амперметров соединены так, как показано на рисунке. К точкам А и Б подсоединяют идеальный источник питания. Определите сумму показаний всех амперметров, если известно, что показания первого амперметра I_1=2 мА. Ответ: 24 мА.



5. Определите эквивалентное сопротивление R_{AB}, если сопротивление каждого проводника между узлами, к которым он подключен, равно R, независимо от его длины на рисунке. Узлы на рисунке отмечены жирными точками. (8/15)R
6. Назовите достоинства и недостатки последовательного (параллельного) соединения потребителей электрической энергии.

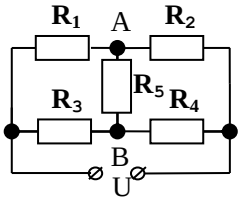


7. Если все резисторы на схеме по 2 Ом, то чему равно ее сопротивление? 1 Ом
8. Катер проплывает 90 км по течению за то же самое время, что 70 км против течения. Какое расстояние за это же время может проплыть плот? 10 км

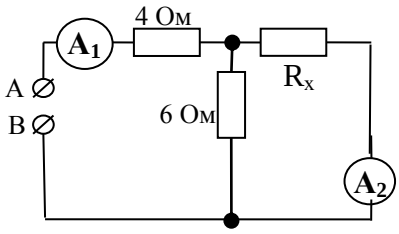


Разное.

1. В схеме на рисунке указаны сопротивления (в омах) и ток через одно из сопротивлений. Определить все токи и подаваемое напряжение. Через резистор 10 Ом течет ток 2 А, U = 40 В.

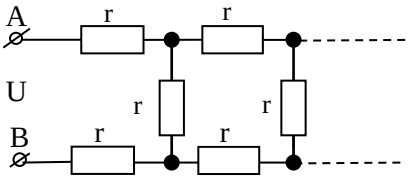


2. Даны сопротивления резисторов: R_1 = 60 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 90 Ом. При каком значении сопротивления резистора R_4 ток, текущий по резистору R_5 будет равен нулю? 30 Ом
3. Из куска проволоки сопротивлением 10 Ом сделали кольцо. Где к кольцу следует присоединить провода, подводящие ток, чтобы сопротивление кольца оказалось равным 1 Ом? 1,13 Ом, 8,87 Ом



4. Определите сопротивление R_x и сопротивление цепи между точками А и В, если первый амперметр показывает 3 А, а показания второго амперметра равны 1,5 А. 6 Ом, 7 Ом

Олимпиада:

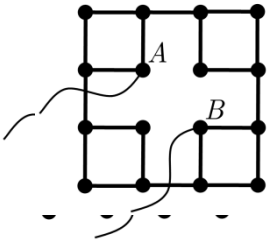


1. Электрическая цепь состоит из некоторого числа, содержащих три сопротивления r = 1 Ом. Определите сопротивление R между точками А и В цепи, если

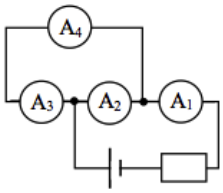
количество звеньев равно двум. Определите сопротивление R_∞ между точками А и В цепи, если количество звеньев очень велико, т.е. цепочка бесконечная. На сколько процентов сопротивление цепочки в первом случае R отличается от ее сопротивления R_∞ во втором случае? Какой ток будет течь через каждое сопротивление первого звена бесконечной цепочки, если на схему подать напряжение U = 5,46 В? (2,75-2,73)/2,75=0,7%

Занятие 22. Работа и мощность тока.

I. *Вопросы (блиц):*



1. Электрическая цепь состоит из одинаковых проводников сопротивлением R = 10 Ом, образующих сетку. К узлам А и В подключён омметр. Определите его показания. Ответ дайте в Омах с точностью до целых. Поворачиваем вокруг оси на 180^0 (5+15+10). Ответ: 25.



2. В каких случаях необходимо использовать последовательное (параллельное) соединение потребителей электрической энергии?
3. **К б**атарее с резистором подсоединяют одинаковые амперметры так, как указано на рисунке. Амперметр A_1 показал 3 А. Что показывают остальные амперметры? I_2 =2 А. $I_3 = I_4$ = 1 А.
4. Почему лампочка накаливания сгорает обычно при включении?
5. Почему молния расщепляет деревья?
6. **Че**му равно сопротивление между двумя вершинами треугольника, составленного из трех резисторов сопротивлением R каждый? 2/3 R
7. **Об**ъясните последствия замыкания ключа в схеме (рис. 1).
8. **Вы**числите показания идеальных амперметра и вольтметра в электрических цепях, схемы которых изображены на рисунках 2,3,4. Напряжение источника

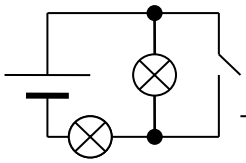


Рис. 1

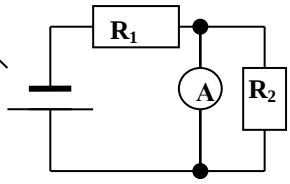


Рис. 2

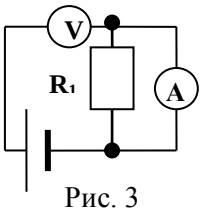


Рис. 3

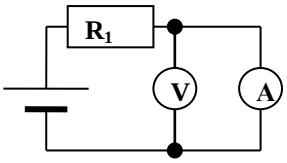
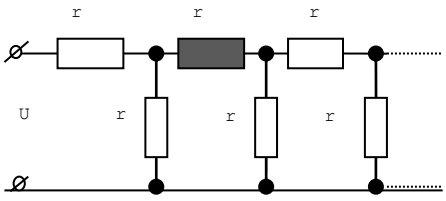


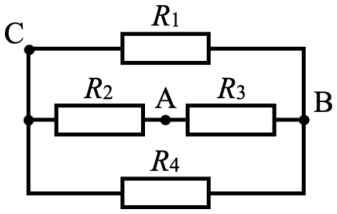
Рис. 4

тока 6 В, сопротивления резисторов R_1 = 1 Ом, R_2 = 2 Ом.

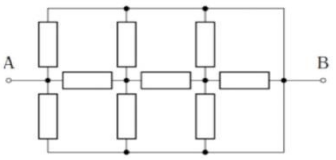
II. *Задачи:*



5. **Бе**сконечная цепь подключена к источнику с напряжением U = 10 В. Сопротивление резисторов равно 100 Ом. Найдите силу тока, протекающего через затемненный резистор. Ответ выразите в мА и округлите до целого. 24 мА



6. **В** электрической схеме, показанной на рисунке, сопротивления резисторов равны R_1 = R, R_2 = 1,25 R и R_3 = R_4 = 3 R. К клеммам А и В подключили источник постоянного напряжения U = 32 В. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, подключенный между клеммами А и С? 20 В.
7. Найти эквивалентное сопротивление участка АВ электрической Цепи, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления всех



резисторов одинаковы и равны R = 615 Ом. 226 Ом?

III. Какую энергию сообщает источник тока с напряжением U заряду q? $A_{ст}$ = A' = qU!

Превращения энергии: $A = A' = qU = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$

Электрическая энергия удобна тем, что легко превращается в другие виды энергии. Если в цепи резистор: A' = $Q = I^2Rt$ **– закон Джоуля - Ленца.**

В электродвигателе часть электрической энергии превращается в механическую энергию: $A' = Q + A, \quad \eta = \frac{A}{A'}100\%.$

$$P = \frac{A'}{t} = U \cdot I = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

Электрическая мощность (P).

Зная мощность, можно рассчитать работу электрического тока: $A' = Pt$ и КПД цепи с мотором.

IV. *Задачи (блиц):*

1. **Ка**кой ток течет в лампе мощностью 6 Вт, подключенной к источнику напряжением 60 В, на которое она рассчитана? Какая мощность будет выделяться на лампе, если напряжение источника 70 В? 0,1 А. 8,2 Вт.

Номинальные параметры – значения (включая их допуски) напряжения, тока, мощности, устанавливаемые изготовителем оборудования для его нормальной работы.

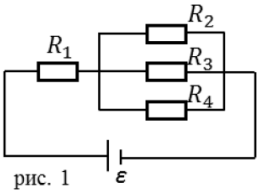


рис. 1

2. В электрической цепи, представленной на рисунке 1, сопротивления всех резисторов одинаковы $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$. Мощность, выделяемая на резисторе R_4, составляет P = 30 Вт. После того как включение резистора R_4 в цепь изменили на последовательное с резистором R_3 (см. рис. 2), общая сила тока в цепи уменьшилась на ΔI = 2 А. Определите ЭДС источника ε, считая его внутреннее сопротивление пренебрежимо малым. 36 В

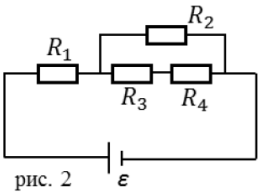
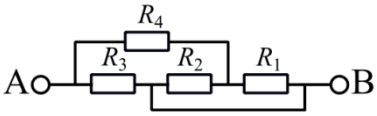


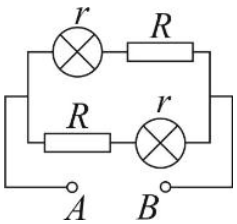
рис. 2

V. Олимпиада:

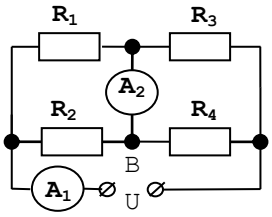
1. **В ц**епи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов R_1 = 5 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 10 Ом, R_4 = 6 Ом. Контакты A и B подключают к источнику постоянного напряжения U=10 В.



   1) Найдите эквивалентное сопротивление $R_{ЭКВ}$ цепи. 5 Ом
   2) Найдите мощность P, которая рассеивается на всей цепи. 20 Вт
   3) На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? 3
   4) Найдите эту наименьшую мощность $P_{мин}$. 10 Вт



2. **Сх**ема электрической цепи, состоящей из двух одинаковых ламп и двух резисторов, изображена на рисунке. Между точками A и B поддерживается постоянное напряжение. Сопротивление каждого резистора равно R = 3 Ом. Известно, что если в этой цепи вместо одной из ламп подключить резистор с сопротивлением R, то мощность, выделяемая во всей цепи, увеличится в k = 2 раза. Найдите сопротивление лампы r. Ответ: r = (4k – 3)R = 15 Ом.

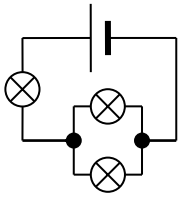


3. Во время лабораторной работы Костя собрал схему из четырех резисторов и двух амперметров. При напряжении 2 В он снял

показания амперметров (A_1 = 1 мА, A_2 = 0 мА), после чего начал понемногу увеличивать напряжение в цепи до тех пор, пока не обнаружил, что его резисторы достаточно легко плавятся. Спалив третий резистор (R_3), Константин не растерялся и снова снял показания (U = 14 В, A_1 = 3 мА, A_2 = 2 мА). Определите сопротивление всех резисторов. Амперметры идеальные, резистор после плавления не проводит ток. Из первой схемы выражаем $I_2 = I_1R_1/R_2$ и $I_4 = I_3R_3/R_4$, потом их приравниваем $I_1R_1/R_2= I_3R_3/R_4$. $R_1/R_2= R_3/R_4$. **Мост.**
Из второй схемы: R_1 = 5 кОм. R_2 = 10 кОм. R_3 = 2/3 кОм. R_4 = 4/3 кОм.

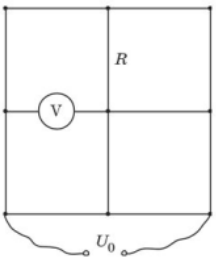
Вопросы (блиц):

1. Почему протекающий по резистору электрический ток нагревает его?
2. В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q. Чему будет равно количество выделившейся теплоты, если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока? 4*Q*
3. Что необходимо сделать, чтобы вдвое увеличить мощность, рассеиваемую на резисторе?
4. На заводе установлены 500 электродвигателей с полезной мощностью 5 кВт и с КПД 75%. Как изменится потребляемая мощность, если путем конструктивных изменений удастся повысить КПД двигателей до 82%? Будет 2730 кВт (уменьшится на 600 кВт).
5. Электроплитку мощностью 440 Вт и электроплитку мощностью 880 Вт включили в сеть, соединив их последовательно. В какой из плиток и во сколько раз выделяется больше теплоты? В первой в 2 раза.
6. Остается ли постоянной мощность, потребляемая лампочкой, при различных накалах?
7. На рисунке все лампочки одинаковые. Какие из них светятся одинаково ярко? Какую лампу нужно выключить, чтобы другие лампы погасли? Какая лампа светит ярче других?



8. Через спираль лампочки карманного фонаря каждую минуту переносится такой же заряд, как и при ударе молнии. Почему же столь несопоставимы производимые ими эффекты?

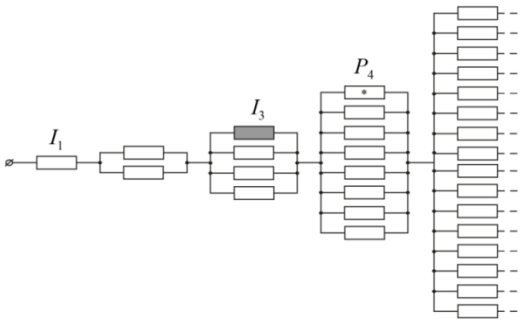
Разное.



1. Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R. Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R. К сетке подключен источник напряжения U_0 = 10 В. Найдите показания вольтметра. 2 В
2. Робот-квадрокоптер используется для фотосъемки местности. Определите, сможет ли такой робот подняться на высоту 1 км, если его масса равна 4 кг, а емкость его электрической батареи составляет 10 Вт·ч. Нет. 900 м
3. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением U = 380 В и потребляет ток силой I_1 = 10 А, когда кран поднимает груз массой M = 1,4 т со скоростью υ = 20 см/с. С какой скоростью поднимается груз, когда через мотор течет ток силой I_2 = 15 А? КПД механических передач крана η = 90%. 26 см/с

Олимпиада:

1. Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от аккумулятора. Определите максимальное расстояние, проходимое электромобилем без подзарядки при движении с постоянной скоростью равной 108 км/ч, если масса аккумуляторов 2425 кг, а суммарный КПД системы аккумулятор-двигатель-колеса составляет 0,75. Вся энергия аккумулятора затрачивается на работу двигателя. Энергоемкость аккумуляторов составляет 50 (Вт · ч)/кг. Коэффициент аэродинамического сопротивления электромобиля равен 0,3, площадь его поперечного сечения 2,5 м^2, масса без аккумулятора 800 кг. Удельная сила трения при качении колёс электромобиля 0,1 Н/кг. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости.
2. К идеальному источнику с напряжением U_0 подключают цепь, состоящую из одинаковых резисторов с сопротивлением R = 2 кОм, сгруппированных в звенья. В каждом последующем звене в 2 раза больше резисторов, чем в предыдущем. Звеньев бесконечно много. Сила тока в резисторе, отмеченном серым цветом, равна I_3 = 2 мА.



   1) Определите силу тока I_1 в миллиамперах. Ответ: 8
   2) Определите падение напряжения U_3 на отмеченном цветом резисторе. Ответ выразите в вольтах. Ответ: 4
   3) Определите тепловую мощность P_4, выделяющуюся на резисторе, отмеченном знаком *. Ответ выразите в милливаттах. Ответ: 2
   4) Определите напряжение источника U_0. Ответ выразите в вольтах. Ответ: 32

Занятие 23. Нагревательные приборы.

I. *Вопросы (блиц):* Исмагилову решить Васину задачу!

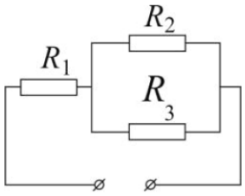
1. **Мо**щность электрического утюга равна 0,6 кВт. Вычислите работу тока в нём за 1,5 ч. Сколько при этом расходуется энергии? 3,2 МДж. Цена? 3,5 р
2. Две лампы, имеющие одинаковую мощность P = 4,5 Вт, рассчитаны на разные напряжения: U_1 = 3 В и U_2 = 6 В. Чему равны их сопротивления в номинальном режиме? 2 Ом. 8 Ом
3. **Ес**ли сделать лампочку из тех же материалов, все размеры спирали которой были бы ровно в 2 раза больше, то чему бы равнялась ее мощность? В 2 раза больше!
4. **Эл**ектрическая мощность вычисляется, в том числе, по формуле $P = U^2/R$. Значит ли это, что если лампу накаливания, рассчитанную на 220 В, включить в сеть напряжением 127 В, то мощность лампы уменьшится в 3 раза? нет
5. Нарисуйте схему соединения в электрической цепи батарейки, лампочки, звонка и двух ключей, при которой лампочка загорается при включении звонка, но может быть включена и при неработающем звонке. Лампочка и ключ рассчитаны на одинаковое напряжение.
6. **По**чему электродвигатель, работающий вхолостую, нагревается меньше, чем

когда он нагружен? При нагрузке через обмотку течет больший ток.

7. **Из** люстры с пятью лампочками выкрутили две лампочки. Как изменилась сила тока в магистрали и потребляемая люстрой мощность? уменьшится.

II. *Задачи (блиц):*

1. **Эл**ектромотор с сопротивлением обмотки 2 Ом приводится в движение от сети с напряжением 110 В. Мотор потребляет ток силой 10 А. Какую мощность потребляет мотор? 1100 Вт Каков КПД мотора? 82%
2. В результате протекания по цилиндрическому проводнику электрического тока температура проводника увеличилась на $\Delta t = 10^0$С по сравнению с температурой окружающей среды и далее не увеличивалась. Затем проводник отключили от источника, отрезали 1/10 часть его длины и подключили к тому же источнику напряжения. Насколько в этот раз его температура будет превышать температуру окружающей среды? Считать, что удельное сопротивление проводника не зависит от температуры в рассматриваемых интервалах изменения температур. 12,3^{0}С



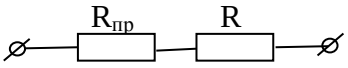
3. В схеме, показанной на рисунке, R_1 = 1 Ом, R_2 = 2 Ом, R_3 = 3 Ом. Известно, что на сопротивлении R_1 выделяется мощность N_1 = 25 Вт. Какая мощность N_2 выделяется на сопротивлении R_2? 8,7 Вт

III. Количество теплоты, выделяемое электрическим током в резисторе, определяется формулой: $A' = Q = qU = UI \cdot t = \frac{U^2}{R} t = I^2 R \cdot t$. **При последовательном соединении выделяется большее количество теплоты в том резисторе, у которого сопротивление больше, а при параллельном соединении – в том, у которого сопротивление меньше.** За счёт сознательного увеличения сопротивления участка цепи можно добиться локализованного выделения тепла в этом участке. По этому принципу работают электронагревательные приборы. **Электронагревательный элемент - проводник с высоким сопротивлением.** Одной из основных характеристик резистора является **рассеиваемая мощность. Рассеиваемая мощность - это мощность, которую резистор может рассеять без повреждения.**

На резисторе указывается его сопротивление и мощность рассеяния. Соединительные провода также рассчитаны на определенную силу тока. Например, для медного провода сечением в 1 мм² нормальное значение силы тока составляет 10 А. Если мы будем подавать больше, то провод либо начнет греться, либо плавиться.

На колбах ламп накаливания или на цоколе указаны основные показатели потребляемой мощности и номинального напряжения, от которого может запитываться источник света.

КПД электрической цепи: $\eta = \frac{P_{пол}}{P} 100\% = \frac{R}{R + R_{пр}} 100\%$.

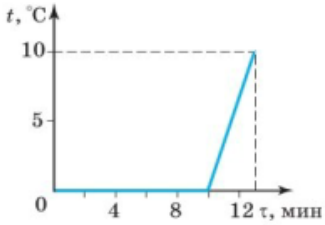


IV. *Задачи (блиц):*

1. При работе электромотора мощностью 400 Вт он нагревается на 10^{0}С за 50 с непрерывной работы. Чему равен КПД мотора? Теплоемкость мотора 500 Дж/К. 75%
2. Если две лампочки подключить последовательно, то первая имеет мощность 22,5 Вт, а если параллельно, то эта же лампочка имеет мощность 160 Вт. Чему равна в каждом из случаев мощность второй лампочки? Напряжение сети постоянно и равно 220 В. Для последовательного – 37,5 Вт, для параллельного – 96 Вт.
3. **Пр**и испытании новой модели электрического чайника оказалось, что вода

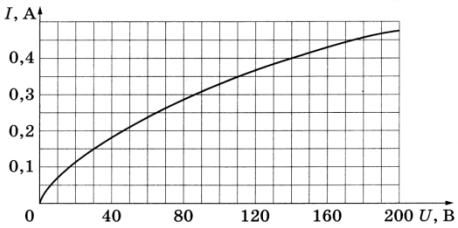
нагревается почти до 100^0С, но все же не закипает. Чайник рассчитан на мощность нагревателя P и напряжение 110 В. Тогда чайник подключили к сети 220 В. За какое время чайник выкипит наполовину? Масса воды в чайнике M. Теплота парообразования воды λ. Крышка чайника плотно закрывается. Чайник изготовлен из металла. Два уравнения и решение системы. $\tau = \lambda M/6P$.

4. В калориметр с водой и льдом порузили проволоку сопротивленим R = 800 Ом и стали пропускать ток I = 1 А. На графике приведена зависимость температуры t в калориметре от времени τ. Определите начальную массу льда m_1 и начальную массу воды m_2 в жидком состоянии. 1,41 кг. 2 кг. Всего 3,43 кг



V. Олимпиада:

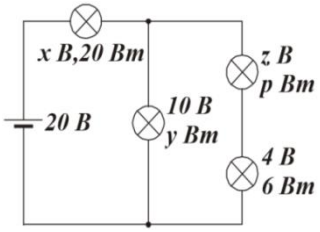
1. **На** рисунке изображен график тока в лампе накаливания I=I(U). Найдите мощность, выделяющуюся на резисторе, включенным последовательно с лампой в сеть с напряжением 220 В, если сила тока в цепи равна 0,4 А. По графику тока напряжение на лампе 140 В. 32 Вт.



Как быть, если сила тока в лампе неизвестна, а известно сопротивление резистора?

2. **Н**а сколько процентов уменьшился диаметр нити накала вследствие испарения, если для поддержания прежней температуры пришлось повысить напряжение на 1%? Считать, что теплоотдача нити в окружающее пространство пропорциональна площади ее поверхности. $\alpha 2\pi r\ell = U^2/R$. $U_1^2 r_1 = U_2^2 r_2$. 1%?

3. **Ма**льчик Вася нашел в кладовке четыре старые электрические лампочки. На каждой из них когда-то были написаны ее рабочее напряжение и мощность, но часть надписей стерлась. Вася собрал из лампочек цепь, показанную на рисунке, подключил ее к источнику напряжения 20 В и обнаружил, что все лампочки горят нормальным накалом (совершенно невероятное совпадение, но будем считать, что Васе повезло). Восстановите стершиеся на лампочках надписи. 10 В. 5 Вт. 6 В и 9 Вт.



4. Сопротивление R спирали зависит от температуры по закону $R = R_0 + \alpha(t - t_0)$, где t - температура спирали, R_0 = 10 Ом, $\alpha = 40{,}0 \cdot 10^{-3}$ Ом/^{0}С, $t_0 = 20^0$С. На спираль подаётся напряжение U = 220 В, и за время τ_1 = 100 мкс она нагревается от t_0 до $t_1 = 80^0$С. При данных температурах и временах излучением и теплоотдачей можно пренебречь.
   1) До какой температуры t_2 нагреется спираль за время τ_2 = 334 мкс от момента включения? $t_2 = 188^0$С
   2) Определите теплоёмкость спирали. $C = 7{,}2 \cdot 10^{-3}$ Дж/ ^{0}С

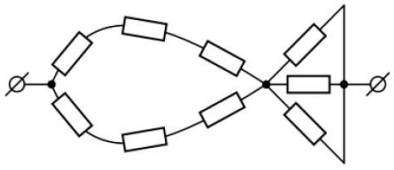
Вопросы (блиц):

1. На что указывает сильное нагревание штепсельных розеток и вилок при работе электрических приборов?
2. Полный электрический чайник в сети 220 В закипает за 8 минут. За какое время закипят два таких чайника, включенных параллельно в сеть 110 В? 32 м
3. Лампочку, рассчитанную на напряжение 110 В, включили в сеть с напряжением 220 В через реостат. Чему равно КПД цепи?

4. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Напряжение сети 200 В. Какое количество чайников мощностью 400 Вт каждый можно включить одновременно?
5. Пропустим ток одинаковой силы через медные провода равного сечения: через "голый" провод и через "одетый" в изоляцию. Казалось бы, что более нагретым должен оказаться изолированный провод. В действительности же всё наоборот. В чём тут дело? Излучение и теплопроводность меньше.
6. Если к некоторому сопротивлению приложить напряжение 100 В, ток через сопротивление будет равен 1 А. Какая мощность будет выделяться, если то же напряжение приложить к вдвое большему сопротивлению? 50 Вт
7. Почему лампочка накаливания сгорает обычно при включении?
8. Почему КПД ламп накаливания очень низкий и составляет около 5%?
9. 12-вольтовый автомобильный аккумулятор может обеспечить электрический заряд в 160 ампер-часов. 1) Каков полный запас энергии аккумулятора? 1) 6,91 МДж. 2) Как долго сможет этот аккумулятор питать электрическую лампочку в 150 Вт? 2) 12,8 ч.
10. Почему может перегореть лампочка накаливания, включенная в электрическую цепь?
11. Как переделать электроплитку, рассчитанную на напряжение 220 В, на 110 В, при этом не меняя и не укорачивая ее спираль?
12. За какое время две одинаковые параллельно соединенные спирали дадут такое же количество теплоты, которое выделяется при их последовательном соединении за 20 минут?
13. 10 человек решили организовать клуб и собрали для этого определенную сумму вступительных взносов. Если бы организаторов было на 5 человек больше, то каждый из них внес бы на 100 долларов меньше. Сколько денег внес каждый из организаторов? 300 $
14. Двое рабочих за день могут напилить 3 поленницы дров, а наколоть – 6 поленниц. Сколько поленниц дров они должны напилить, чтобы успеть наколоть их в тот же день? 2

Разное

1. Электромотор подключен к источнику тока напряжением 12 В. Какую механическую мощность развивает мотор при протекании по его обмоткам тока 2 А, если при полном затормаживании якоря мотора сила тока в цепи 8 А?18
2. Электрическая плитка мощностью P = 1,5 кВт нагревает до кипения m = 1 кг воды комнатной температуры t = 20^0C за время τ = 5 мин. Оцените, спустя какое время после этого вода полностью выкипит? Для оценки тепловых потерь при нагревании можно использовать эффективную температуру воды, равную среднему арифметическому ее максимальной и минимальной температуры (60^0C). 52 мин
3. На вывеске из одинаковых светящихся трубок собрано символическое изображение рыбы.
   1) Где трубки вывески светятся ярче (мощнее): в туловище "рыбы", или в ее хвосте? Во сколько раз?



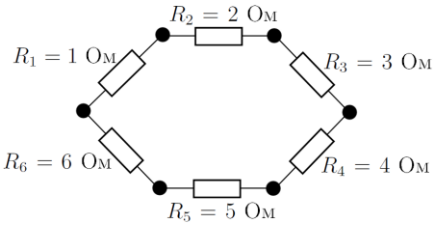
2) Чему равно сопротивление одной светящейся трубки, если при подаче напряжения 220 В вся вывеска потребляет мощность 220 Вт?

Ответ: 1) в "туловище" трубки светятся ярче в 9/4 раза. Ответ: 2) 120 Ом.

4. На спирали кипятильника при подключении к сети напряжением 220 В выделяется мощность 1 кВт. Масса спирали кипятильника составляет 100 г. Удельное сопротивление материала кипятильника 10^{-6} Ом · м, плотность материала кипятильника 9 г/см^3.
   1) Каково сопротивление кипятильника? 48 Ом
   2) Сколько времени потребуется, чтобы нагреть 1 кг воды, взятой из ведра со смесью воды и льда, до кипения? Считайте, что вся выделяемая на кипятильнике мощность идет на нагревание воды, а потерями тепла можно пренебречь.7 мин
   3) Какова длина спирали кипятильника? 23 м
   4) Какова толщина спирали кипятильника? Сечение спирали считайте круглым. 0,78 мм

Олимпиада:

1. Достаточно длинная медная проволочка диаметром d_1 = 0,2 мм перегорает при токе I_1 = 10 А. При каком токе перегорит проволочка диаметром d_2 = 0,4 мм? I_2 = 28 А
2. Шесть резисторов сопротивлениями R_1 = 1 Ом, R_2 = 2 Ом, R_3 = 3 Ом, R_4 = 4 Ом, R_5 = 5 Ом и R_6 = 6 Ом соединены последовательно и замкнуты кольцом. К двум контактам получившейся цепи (чёрные точки на рисунке) подключили источник постоянного напряжения так, что сопротивление цепи между этими контактами максимально. Напряжение источника U = 36 В. Найдите мощность P_3, выделяющуюся на резисторе R_3. Ответ приведите в Вт, округлив до целых. Ответ: 39.



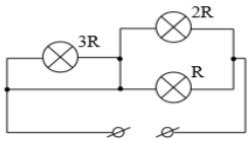
3. Садовод установил на своём участке бассейн цилиндрической формы, чтобы порадовать внуков. Радиус этого бассейна R = 1.5 м. Для того, чтобы вода прогревалась быстрее, садовод решил положить на дно бассейна секцию тёплого пола. После этого он планировал заполнить ёмкость, подключить тёплый пол к сети и таким образом нагревать воду. В инструкции к тёплому полу он прочитал, что данное устройство рассчитано на напряжение U = 220 В и при этом выделяет тепловую мощность P = 900 Вт.
   1) Какое количество теплоты выделяет тёплый пол в течение 10 минут? Ответ выразите в килоджоулях. 540
   2) Глубина воды в бассейне равна 1 м. За какое время вода нагреется на 1 °C? Потерями тепла через дно и боковые стенки бассейна можно пренебречь. Испарение не учитывать. 9.1
   3) К садоводу приехал внук, который начал изучать электричество в школе. Ему стало интересно, что произойдёт, если взять ещё одну точно такую же секцию и присоединить её последовательно с первой секцией. Во сколько раз изменится скорость нагрева воды после добавления второй секции

тёплого пола? При расчётах делите новую скорость на старую. Скоростью нагрева называется изменение температуры воды за единицу времени. 0.5

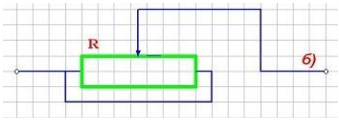
4) За какое время будет нагреваться на 1 °С то же количество воды после этой модификации? 18.3

Занятие 24. ЭДС.

I. *Вопросы (блиц):*

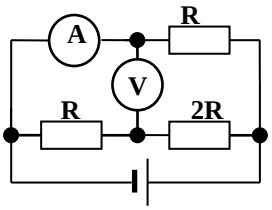


1. **Ка**кая из ламп будет потреблять большую мощность (гореть ярче)?
2. На одной плитке, подключенной на некоторое время к источнику тока, выделяется некоторое количество теплоты Q. Сколько тепла выделится за то же время на двух одинаковых плитках, если их подключить к источнику тока последовательно (параллельно)? 0,5 Q. 2Q
3. **Дл**я данной схемы включения реостата постройте график зависимости общего сопротивления цепи R от положения ползунка реостата R_x. По графику определите максимальное сопротивление реостата. Отсчет начинайте слева направо. R/4



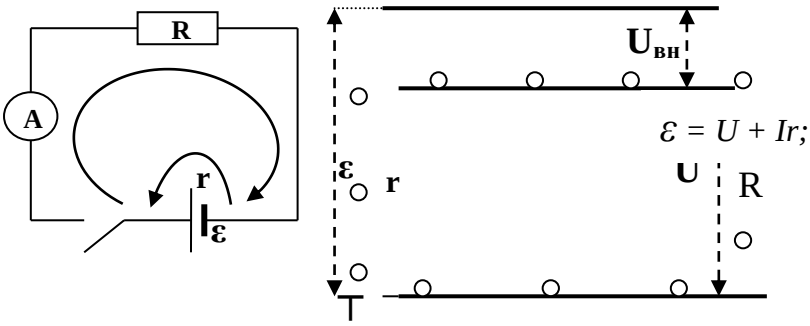
4. Почему мощность лампочки накаливания уменьшается со временем?
5. **Дв**е электрические лампочки номинальной мощностью P_1 = 40 Вт и P_2 = 100 Вт с номинальным напряжением 220 В, включены в сеть с напряжением 220 В последовательно. На какой лампочке при этом выделяется за одно и то же время большее количество теплоты и во сколько раз? 2,5
6. Почему провода, подводящие электрический ток к электрокамину, почти не нагреваются?
7. **Дл**я чего нить лампы накаливания свивают в спираль и полученную спираль еще раз свивают? Если распрямить спираль, то уменьшится температура спирали.
8. В трамвайном вагоне для освещения служат 5 ламп, соединенных последовательно. Как изменится расход электроэнергии, если число ламп сократить до четырех? Увеличится в 1,25раза.
9. **По**чему в момент включения, когда температура нити лампы еще не достигла рабочего состояния, возрастает вероятность перегорания нити?

II. *Задачи:*



1. **В с**хеме, изображенной на рисунке, амперметр показывает 2 А, а вольтметр 3 В. Все приборы идеальные. Найти напряжение источника и мощность, выделяемую батарейкой. 9 В. 24 Вт
2. Какую массу нефти нужно сжечь на тепловой электростанции, чтобы по телевизору, потребляющему ток силой 1,2 А при напряжении 220 В, посмотреть фильм продолжительностью 90 минут? КПД электростанции 35%. Удельная теплота сгорания нефти $4{,}6 \cdot 10^7$ Дж/кг. 88,5 г
3. Ученик подключил амперметр напрямую к источнику тока, в результате через прибор потек ток силой 20 А. У амперметра есть предохранитель – тонкая медная проволока длиной 20 мм и площадью сечения 0,01 мм^2. Успеет ли предохранитель расплавиться и спасти прибор, если такой ток амперметр выдерживает не дольше 0,02 с? Прибор сгорит раньше.

III. Простейшая электрическая цепь с источником тока и её схема на доске.



Механическая аналогия замкнутой электрической цепи на доске. Каким образом $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$; “падающие” на клемму “-” электрические заряды вновь оказываются на клемме “+”? $\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q} \rightarrow A_{ст} = q\varepsilon$. Если бы внутренний участок цепи не обладал сопротивлением, то $A' = A$ и $U = \varepsilon$. Поскольку все источники тока обладают внутренним сопротивлением, то $U \leq \varepsilon$. $\varepsilon = U + U_{вн}$. $U = IR$. $U_{вн} = Ir$.

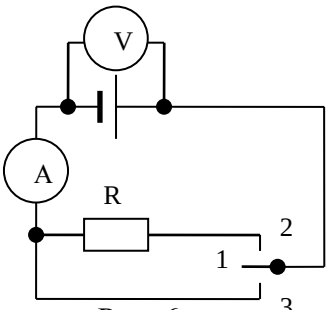


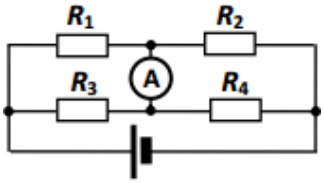
Рис. 6

1) I = 0 (цепь разомкнута), U = ε;
2) r = 0 (идеальный источник тока), ε = U; 3) r ≠ 0, I ≠ 0, U < ε.

Задача: Внутреннее сопротивление источника тока 0,5 Ом, а его ЭДС 1,5 В. Сопротивление потребителя 2,5 Ом. Сопротивление амперметра и подводящих проводов ничтожно мало, а сопротивление вольтметра очень велико. Определить показания амперметра и вольтметра для положений 1, 2 и 3 переключателя П. **При коротком замыкании** ток от данного источника тока максимален (демонстрация), а напряжение на клеммах источника тока минимально! **ЭДС** – максимальное напряжение, которое может дать данный источник тока!

IV. *Задачи (блиц):*

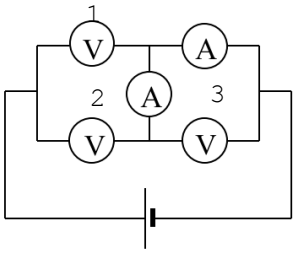
1. **На**пряжение на концах разомкнутой батареи равно 1,55 В. При замыкании ее на нагрузку сопротивлением 3 Ом напряжение на ней 0,95 В. Каково внутреннее сопротивление батареи? 1,9 Ом
2. Емкость автомибильного аккумулятора 60 А·ч. Если вы забыли выключить фары автомобиля в гараже, каждая из которых потребляет мощность 50 Вт, то через какое время аккумулятор полностью разрядится? Напряжение в цепи освещения 12 В. Накал лампочек уменьшается до нуля. Средняя мощность.50 Вт. 14,4 ч
3. В схеме, показанной на рисунке, сопротивление всех соединительных проводов пренебрежимо мало. При разомкнутой цепи напряжение на клеммах источника равно 12 В. Сопротивления резисторов равны R_1 = 2 Ом, R_3 = 6 Ом, R_2 = R_4 = 5 Ом, внутреннее сопротивление источника r = 1 Ом. Амперметр можно считать идеальным.
   1) Чему равна сила тока в ветви с источником? 2,4 А.
   2) Какую величину силы тока показывает амперметр? 0,6 А



Олимпиада:

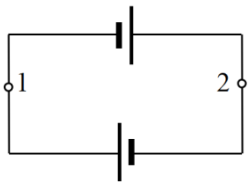
1. **Для** изготовления нагревателя имеется кусок нихромовой проволоки сопротивлением 1 кОм. Нагреватель рассчитан на напряжение 220 В. Какой наибольшей мощности нагреватель можно сделать из этой проволоки, если максимальная сила тока через проволоку равна 1 А? Ток через проволоку 0,22 А, его можно увеличить 4,54 раза, разрежу на 4 части и их соединю параллельно. 880 Вт

2. **К и**сточнику тока с ЭДС ε = 6 В и внутренним сопротивлением r = 1 Ом подключена нагрузка — резистор R. При какой величине R тепловая мощность на нагрузке максимальна? Чему равна эта максимальная мощность? $P = UI = (\varepsilon - Ir)I$. Дальше нахождение максимума. 9 Вт. При r = R КПД цепи50%
3. **Ла**бораторная электроплитка, сопротивление спирали которой R = 20 Ом, включена в сеть последовательно с резистором сопротивлением R_0 = 10 Ом. При длительном включении плитка нагрелась от температуры t_0 = 20 °С до максимальной температуры t_1 = 52 °С. До какой максимальной температуры t_x нагреется плитка, если параллельно ей включить еще одну такую же плитку? Мощность, выделяемая на одной плитке во втором случае. 38^0С
4. Двигатель робота работает от идеального аккумулятора с ЭДС ε = 30 В. Известно, что сила, с которой двигатель натягивает наматывающийся на вал прочный легкий трос, прямо пропорциональна силе тока, текущего в обмотке. Когда закрепленный робот поднимает вверх с помощью этого троса груз массой m = 1 кг, ток в обмотке равен I_1 = 2 А при установившейся скорости подъема υ_1 = 3,2 м/с. С какой установившейся скоростью закрепленный робот будет подтягивать этим же тросом тот же груз по горизонтальной поверхности? Коэффициент трения между грузом и поверхностью μ = 0,4. Ответ 4,88 м/с.
5. Из трех одинаковых вольтметров и двух одинаковых амперметров собрали электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Известно, что показания амперметров отличаются в 3 раза. Найти показания всех трех вольтметров. Напряжение источника равно U_0 = 2,7 В. Сопротивление вольтметра больше сопротивления амперметра, сопротивление источника равно нулю. У меня: $R_V = 3R_A$. U_1 = 0 В. U_2 = 1,8 В. U_3 = 0,9 В.

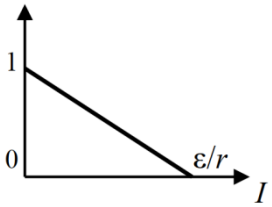


Вопросы (блиц):

1. Почему гальванический элемент с небольшой - порядка нескольких вольт - Ток короткого замыкания источника 2 А, ЭДС источника 4 В. Чему равна равно внутреннее сопротивление источника? 2 Ом
2. К точкам 1 и 2 подключены две одинаковые батарейки с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом каждая. Что покажет вольтметр, подключенный к этим точкам? Ток 15 А. $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$



3. Чему равна разность потенциалов между полюсами батарейки с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом, не включенной в электрическую цепь? 0
4. К источнику тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r присоединен реостат. Какая характеристика цепи в зависимости от силы тока I в ней приведена на графике? $U(I)$



5. Почему источники ЭДС и тока называют активными элементами электрических схем, а сопротивления и проводимости – пассивными?
6. Почему при включении в сеть электроутюга (электроплитки) накал ламп в квартире сразу же заметно падает, но вскоре возрастает, достигая примерно прежнего уровня?

7. Почему при коротком замыкании напряжение на клеммах источника тока близко к нулю, ведь ток в цепи имеет наибольшее значение?
8. Трава на лугу растет одинаково густо и быстро. 70 коров могут съесть ее за 24 дня, а 30 коров за 60 дней. Какое количество коров может пастись на этом лугу неограниченное время? 3

Разное:

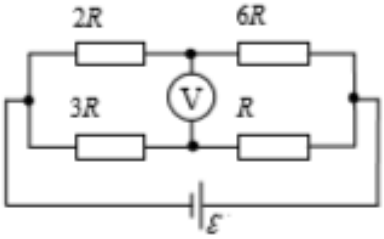
1. Запуск автомобильного стартера СТ230 током 300 А производится от аккумуляторной батареи 6СТ-90 с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением $8 \cdot 10^{-3}$ Ом. Сопротивление соединительных проводов $4 \cdot 10^{-3}$ Ом. Каков КПД системы пуска? 70%

Занятие 25. Магнитное поле.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Какие превращения энергии происходят в фонарике, работающем от батарейки?
2. **На** батарее карманного фонаря имеется надпись: ЭДС 4,5 В, а на лампочке указано напряжение 3,5 В. Почему допускается такая разница в напряжении?
3. Как изменится электроемкость плоского конденсатора, если площадь пластин уменьшить в 2 раза, а расстояние между обкладками увеличить в 2 раза? Ответ: уменьшится в 4 раза.
4. **По**чему гальванический элемент с небольшой - порядка нескольких вольт - ЭДС может дать значительный ток, а электрофорная машина, ЭДС которой достигает десятков тысяч вольт, дает ток ничтожной силы?
5. **По**чему свет фар автомобиля тускнеет во время запуска двигателя?
6. **При** каких условиях от данного элемента можно получить максимальный ток?
7. Многие думают, что батарейки хранят электрический заряд. Так ли это?
8. Изменится ли ЭДС элемента Вольта, если его электроды сблизить?
9. **Оп**ределите внутреннее сопротивление источника питания, ЭДС которого 6 В, если сила тока короткого замыкания 400 мА. Ответ: r = 15 Ом.
10. Что общего и в чем различие между аккумулятором, батарейкой и конденсатором?
11. **По**чему при работе аккумуляторные батареи нагреваются?
12. Можно ли осуществить короткое замыкание при ремонте выключателя?
13. Почему при низкой температуре аккумуляторы дронов быстро разряжаются?

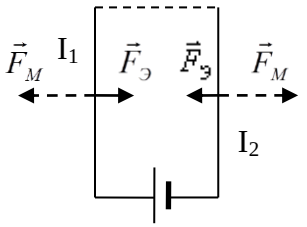
II. *Задачи (блиц):*

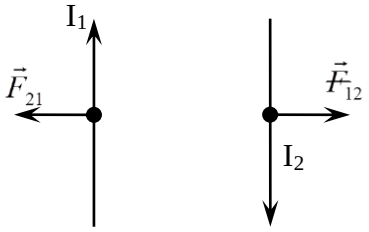


1. В термоядерной установке Токамак Т-10 мощность электрического разряда в импульсе $3 \cdot 10^{6}$ кВт, продолжительность разряда 1 с. Какую емкость должна иметь батарея конденсаторов при напряжении 20 кВ, используемая в качестве накопителя энергии? 15 Ф
2. Два последовательно соединенных конденсатора с емкостями 2 мкФ и 6 мкФ зарядили от источника постоянного напряжения 120 В. Определите напряжение на каждом конденсаторе. 90 В. 30 В.
3. **На**йдите показания идеального вольтметра в схеме на рисунке, если ЭДС идеального источника Ɛ = 70 В. Какими станут показания вольтметра, если его

поменять местами с источником? 35 В.

III. Взаимодействие полосок при протекании по ним токов противоположного направления (демонстрация). Мы имеем новый тип взаимодействия - вместо





«слабого» притяжения наблюдается «сильное» отталкивание.

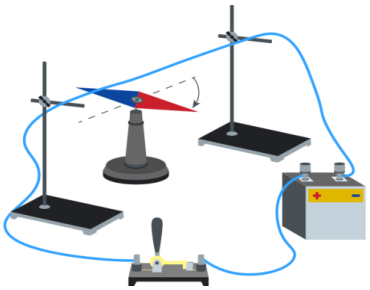
Вокруг проводов с током формируется что-то вроде «магнитного чехла»!

Основные свойства магнитного поля:

1. Магнитное поле создается проводниками с током (движущимися заряженными частицами) и намагниченными телами. Электричество создает магнетизм!

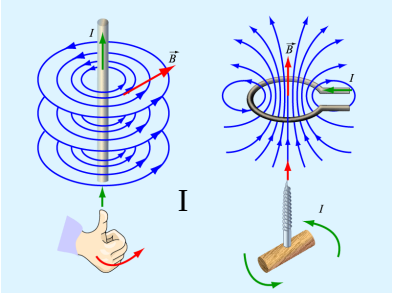
2. Магнитное поле действует на проводники с током (движущиеся заряженные частицы) и на намагниченные тела.

3. Магнитное поле материально (обладает энергией).



Магнитное поле – физический объект, посредством которого осуществляется взаимодействие между проводниками с током, движущимися заряженными частицами и намагниченными телами.

Как обнаружить магнитное поле в пространстве? Магнитное поле направлено от южного полюса к северному полюсу свободно установившейся магнитной стрелки.

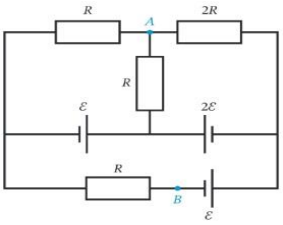


Мнемоническое правило правой руки для определения направления магнитного поля вокруг проводника с током: Если большой палец правой руки будет смотреть по току в проводе, а четыре других будут расположены так, как будто мы заводим мотоцикл, то именно в этом направлении будет вращаться магнитное поле.

Правило буравчика.

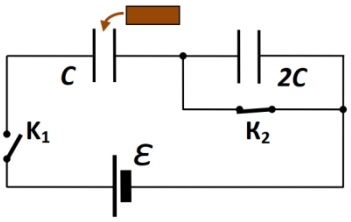
IV. *Задачи:*

1. **Е**сли подключить к источнику ЭДС два одинаковых вольтметра, соединив их параллельно или последовательно, то вольтметры покажут одинаковое напряжение 8 В. Вычислите ЭДС источника. 24 В
2. В схеме, изображенной на рисунке, определите разность потенциалов точек А и В: $\varphi_A - \varphi_B$. Источник питания считайте идеальным. Известно, что напряжение на нем U = 10 В. 22 В

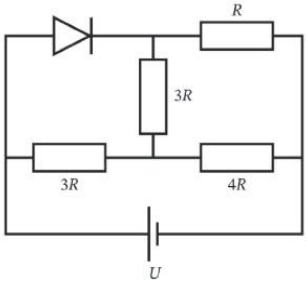


Олимпиада:

1. **В с**хеме, показанной на рисунке, конденсаторы изначально разряжены. После замыкания ключа K_1 заряд конденсатора с емкостью C стал равен q = 5 мкКл. Затем ключ K_2 разомкнули, а после этого конденсатор C полностью заполнили диэлектриком с проницаемостью ε = 3. Какой заряд после этого будет на конденсаторе емкостью 2C? 6 мкКл.



2. **Для** определения места повреждения изоляции между проводами двухпроводной линии длиной L = 5,6 км к одному из концов линии подсоединили батарею с ЭДС ε = 24 В. Оказалось, что если провода у второго конца линии разомкнуты, то сила тока через батарею I_1 = 1,5 А, а если замкнуты накоротко, то сила тока через батарею I_2 = 2 А. Сила тока короткого замыкания батареи I_0 = 96 А. Сопротивление каждого провода линии R = 7 Ом. Найдите расстояние от конца линии, к которому присоединяли батарею, до места повреждения провода. 4,2 км
3. Из четырех резисторов и идеального диода собрана электрическая цепь, схема которой показана на рисунке. Сопротивление R = 1кОм. Определите силу тока через диод, если напряжение на идеальном источнике тока U = 11 В. 12 мА

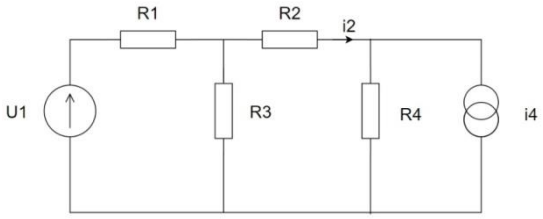


Вопросы (блиц):

1. Будет ли обычный компас работать в автомобиле?
2. Как можно обнаружить присутствие магнитного поля в данной области пространства? Какие приборы или устройства необходимы для этого?
3. По полому медному цилиндру течёт постоянный ток в направлении, параллельном оси. Намагнитится ли стальной стержень, помещённый внутри цилиндра?
4. Как обнаружить постоянный электрический ток в проводе, не касаясь его руками?
5. Каким образом можно исследовать магнитное поле?
6. Могут ом магнитные поля взаимодействовать друг с другом?
7. Как проще всего узнать, намагничена ли стальная пилка у лобзика?
8. Какое правило определяет связь между направлением тока в проводнике и направлением его магнитных линий? Сформулируйте его.
9. Сколько будет полторы трети от 100? 50
10. В семье четыре взрослых человека. Если Маше удвоят стипендию, то общий доход семьи возрастет на 5%, если вместо этого дедушке удвоят пенсию – то на 15%, если же зарплату удвоят маме, то на 25%. Как возрастет доход всей семьи, если зарплату удвоят папе? 55%

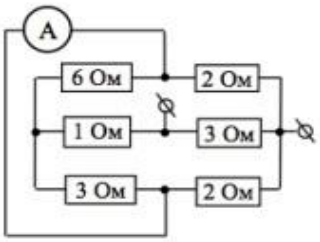
Олимпиада:

1. В Умном городе есть уличный фонарь, состоящий из нескольких ламп. На схеме лампы представлены в виде резисторов. Фонари 1, 3 и 4 никак не регулируются и их сопротивление постоянно. Фонарь 2 подстраивается под окружающую среду, увеличивая свою яркость, снижая свое сопротивление. К фонарю 2 подключен автомат, который следит за недостаточно умным фонарем, чтобы он не пропускал через себя слишком большой ток. Фонарь питается как от городской сети с напряжением U_1, так и от источника тока, берущего энергию земли I_4. Считать, что энергия земли постоянная, как и сила тока этого источника. Параметры схемы: U_1 = 220 В, I_4 = 10 А, R_1 = 2,5 Ом, R_3 = 3,7 Ом, R_4 = 1,1 Ом. Какое минимальное



сопротивление должно быть у фонаря 2, чтобы сработал элемент защиты при токе I_2 = 25 А?

2. Что покажет идеальный амперметр, если к выводам схемы, изображенной на рисунке, подключить к идеальному источнику тока с ЭДС 12 В? 0,5 А



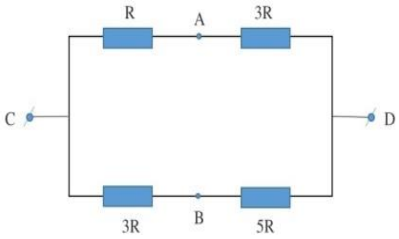
Занятие 26. Магнитные свойства вещества.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Мо**гут ли магнитные поля взаимодействовать друг с другом?
2. **Ла**мпочка мощностью 500 Вт рассчитана на напряжение 110 В. Определите дополнительное сопротивление, позволяющее включить лампочку в сеть с напряжением 220 В без изменения ее мощности. 24,4 Ом
3. Как направлено магнитное поле катушки с током?
4. Полосовой магнит разделили на две равные части и получили два магнита. Будут ли эти магниты оказывать такое же действие, как и целый магнит?
5. Чем магнитное взаимодействие отличается от электростатического и что между ними общего?
6. Как надо расположить две магнитные стрелки друг относительно друга, чтобы они находились в положении устойчивого равновесия?
7. **Ка**к определить знаки полюсов аккумуляторной батареи, пользуясь компасом и переносной лампой?
8. **По**чему возникают магнитные поля на Солнце?
9. **К с**ети 220 В последовательно (параллельно) подключили две лампочки: одна 60 Вт, вторая 150 Вт. Какая лампочка будет гореть ярче? Первая
10. Вокруг проводника с током появилось магнитное поле. Что является источником энергии этого поля?

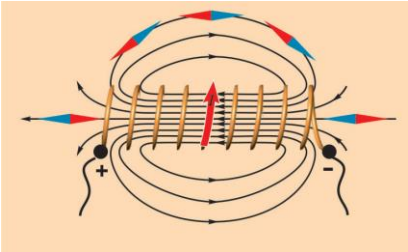
II. *Задачи:*

1. **Ко**нденсатор емкостью в 100 пФ заряжен до разности потенциалов в 90 В. После отключения батареи, конденсатор соединяют параллельно с незаряженным конденсатором неизвестной емкости. Определить емкость этого конденсатора, если конечное напряжение оказалось равным 30 В? 210 пФ.
2. Конденсатор емкостью 8 мкФ, заряженный до напряжения 100 В, присоединили для подзарядки к источнику тока с напряжением 200 В. Какое количество теплоты выделилось при подзарядке? 40 мДж
3. **Ес**ли в схеме, изображенной на рисунке, между точками А и В включить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение U_v = 21 В. Когда между теми же точками включен идеальный амперметр, то он показывает ток I_A = 1 А. Найдите сопротивление R и напряжение U между точками C и D. Между точками C и D напряжение постоянно. 8,4 Ом. 168 В



III. Магнитное, поле вокруг прямого проводника с током. Правило правой руки. Линия магнитного поля.

Магнитное поле кольцевого тока. Спектр магнитного поля кольцевого.



Магнитное поле соленоида. Обозначение катушки и катушки с сердечником на электрических схемах.

Однородное магнитное поле (демонстрация). **Соленоид (катушка)** предназначен для получения сильных однородных магнитных полей. Обозначение катушки с сердечником на схемах:

Магнитное поле постоянного магнита. Ампер показал, что провода или катушки, в которых проходит электрический ток, ведут себя как магниты. Вне магнита линии выходят из северного полюса магнита и входят в южный полюс. Наиболее густо линии расположены у полюсов магнита.

Особенности линий магнитного поля:

- Всегда замкнутые линии (вихревое поле);
- Нигде не начинаются и не заканчиваются;

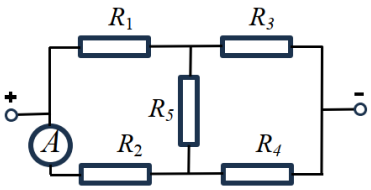
Магнитная индукция ($\vec{B}$) – силовая характеристика данной точки магнитного поля. [B]=[Тл].

Парамагнетики. Во внешнем магнитном поле кольцевой ток (магнитная стрелка) стремится повернуться так, чтобы направление его магнитного поля совпало с направлением внешнего поля. Атомы ферромагнетика – маленькие магнитные стрелки. Что будет происходить с этими магнитными стрелками во внешнем магнитном поле? Проникает ли магнитное поле внутрь вещества? Как влияет на ориентацию магнитных стрелок (атомов) тепловое движение, вязкость? **Парамагнетики - вещества, слабо усиливающие магнитное поле.**

Ферромагнетики – вещества, в десятки тысяч раз усиливающие внешнее магнитное поле. Ферромагнетики отличаются тем, что их намагниченность, появляющаяся в очень слабом магнитном поле в сотни тысяч раз больше, чем у парамагнетика. Например, чтобы в парамагнетике получить такую же намагниченность, какая появляется у железного образца в поле 0,01 Тл, необходимо иметь внешнее поле 1000 Тл. Почему? Доменная структура ферромагнетика (**домен** – область спонтанной намагниченности). Почему ферромагнетик остается намагниченным после выключения внешнего поля? **Электромагнит -** катушку с сердечником из ферромагнитного материала.

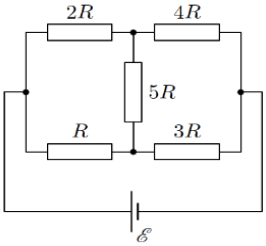
IV. Олимпиада:

1. **В** тостере в качестве нагревательного элемента используется нихромовая спираль (α = 0,0004 K^{-1}) сопротивлением R = 80 Ом при комнатной температуре t_1 = 20^0C. В момент включения тостера ток в цепи составляет I_0 = 1,5 А. До какой температуры нагревается спираль, если перед выключением тостера ток равен I = 1,3 А? $t_2 \approx 800^0$C



2. **На**йдите ток через резистор R_3, если идеальный амперметр в схеме на рисунке показывает ток 100 мА. $R_1 = R_3 = R_4$=2 кОм, R_2=1 кОм, R_5 = 3,14 кОм. Решаем, как учили. Получилось I_5 = 0. Ответ: 75 мА
3. Электроплитка имеет две спирали (два нагревательных элемента), которые можно включать в сеть либо по отдельности, либо соединяя их последовательно или параллельно. Будем считать, что сопротивления спиралей не зависят от температуры. Оказалось, что если включить в сеть только первую спираль, то электроплитка нагревается до температуры t_1 = 180^0C, а если

включить только вторую спираль, то плитка нагревается до температуры t_2 = 220^0C. До какой температуры нагреется плитка при: 1) последовательном включении спиралей; 2) параллельном включении спиралей? Указание. Поток тепла от плитки во внешнюю среду пропорционален разности температур между плиткой и воздухом в комнате. Температуру воздуха считать постоянной и равной t_0 = 20^0C. 1) ≈ 109^0C; 2) 380^0C



4. В схеме, изображённой на рисунке, найдите ток через резистор сопротивлением 5R. Величины ε и R известны. Внутренним сопротивлением источника пренебречь. ε/85R

Вопросы (блиц):

1. Каким образом можно узнать, есть ли ток в проводе, не пользуясь амперметром?
2. Как направлено магнитное поле вокруг дугообразного магнита? Являются ли линии магнитного поля замкнутыми?
3. Сколько доменов в составе магнита размером 10х20х100 мм? Разделим объем магнита на объем домена: 20 000/0,000001 = 20 000 000 000 шт.
4. Почему отсутствуют магнитные полюсы у магнитного поля прямого проводника с током?
5. Есть ли магнитные полюсы у магнитного поля кольцевого проводника с током? Соленоида?
6. В чем преимущество электромагнитов перед постоянными магнитами? Больше магнитная индукция, изменение магнитного поля, дистанционное управление.
7. Что произойдет с гвоздем, на который намотан изолированный провод, если по проводу потечет электрический ток?
8. С какой целью на полюсах сердечника электромагнита подъёмного крана иногда делают медные напайки? **Ч**тобы якорь после прекращения тока сразу отрывался от сердечника электромагнита.
9. Чем создается магнитное поле постоянного магнита?
10. С какой целью на полюсах сердечника электромагнита подъёмного крана иногда делают медные напайки?
11. Магнитный микрометр предназначен для измерения толщины слоя лака или краски, покрывающей ферромагнитные предметы. Действие прибора основано на измерении силы притяжения при отрыве магнита от окрашенного предмета. Как при этом определяется толщина слоя краски?
12. При вращении магнита на отвертке, магнит постоянно поднимается вверх. Объясните с точки зрения физики, почему так происходит? Чтобы вращать магнит, отвертку мы тоже вращаем.
13. Почему железный сердечник, внесенный в катушку с током, притягивает железные предметы?
14. О чем «говорит» (информирует нас) картина магнитного поля, полученная с помощью железных опилок?
15. Почему магниты притягиваются к холодильнику?
16. Одинаково ли влияния постукивания в процессе намагничивания тела и на уже намагниченное тело?

17. Сколько понадобится пятаков, чтобы разменять 59 копеек пятнадцать монетами по 3 и 5 копеек? 7
18. Я отпил 1/6 чашечки кофе и долил в нее молоко. Затем выпил 1/3 чашки и долил в нее молоко. Потом я выпил полчашки и опять долил в нее молоко. Наконец, я выпил полную чашку. Чего я выпил больше: кофе или молока? Поровну

Разное

Занятие 27. Сила Ампера.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **По**чему ударами молотка можно размагнитить сильный магнит, а легким постукиванием по стальному стержню можно его намагнитить?
2. **До** каких пор можно делить магнит?
3. **Со**ставьте схему сигнализации, при которой во время пожара в охраняемом помещении на щите диспетчера загорается сигнальная лампочка.
4. **Ка**к взаимодействуют соседние витки соленоида, когда по ним течёт ток?
5. Почему сильный магнит притягивает фрагменты кожи, на которые нанесена татуировка черной или сине-черной краской?
6. Как изготовить электромагнит, подъемную силу которого можно регулировать?
7. Сколько доменов в составе магнита размером 10x20x100 мм? Разделим объем магнита на объем домена: 20 000/0,000001 = 20 000 000 000 шт.
8. **От**вечая у доски, Вова сказал, что между электрическими и магнитными явлениями нет никакой разницы, и получил двойку. Почему?
9. Почему магнитное поле дугообразного магнита интенсивнее поля полосового магнита?
10. **Ко**гда нет перемещения, тогда нет и работы в механическом смысле. На что же расходуется электроэнергия, подводимая к электромагниту, когда он "держит" груз?

II. *Задачи (блиц):*

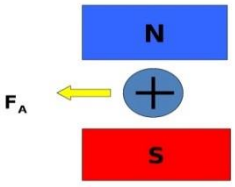
1. **Пл**оский воздушный конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U и отключен от источника тока. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить расстояние между его обкладками в 3 раза? $A=CU^2$.
2. Конденсатор емкостью C присоединен к источнику тока с напряжением U. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно увеличить расстояние между обкладками конденсатора в 3 раза? $A=CU^2/3$.
3. Обмотка мощного электромагнита питается постоянным током и потребляет мощность P = 5 кВт. Для предотвращения перегрева обмотки магнит снабжен охлаждающим устройством, по которому течет вода, поглощающая = 84% выделяющегося в обмотке тепла. Определить необходимый расход воды (в кубических метрах за секунду), если температура воды не должна повышаться более чем на $\Delta t = 25^0$C. $V/\tau = 4\cdot10^{-5}$ м^3/с

III. Сила Ампера. Сила перпендикулярна как индукции магнитного поля, так и проводнику с током. **Правило левой руки** для определения направления силы.

С помощью сильного магнита можно установить, постоянный или переменный

ток течет по проводу!

От чего зависит сила Ампера, действующая со стороны магнита на ток? $F_A = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha$. α - угол между направлениями тока и вектора индукции магнитного поля.



Электрическая сила ($\vec{F}_э$): $\vec{F}_э = q\vec{E}$ **.** Взаимодействие параллельных

токов.

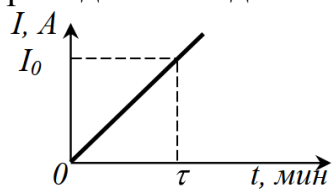
Электрический двигатель — это устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую энергию. **Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы. Громкоговоритель.**

IV. *Задачи (блиц):*

1. **На**йти величину и направление вектора магнитной индукции, в котором проводник находится в равновесии, если длина проводника 20 см и его масса 5 г. Сила тока в проводнике равна 12,5 А и направлена из чертежа. 0,02 Тл
2. Определите электрическую силу, действующую на пылинку с зарядом 10 мкКл в однородном электрическом поле с напряженностью 0,3 кН/Кл. 3 мН
3. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,4 м друг от друга. На них лежит стержень перпендикулярно рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускать ток 50 А? Коэффициент трения стержня о рельсы 0,2. Масса стержня 0,5 кг. 0,05 Тл
4. При работе электромотора сила тока равна 0,25 А. КПД электромотора 90%. Определите, до какого значения увеличится сила тока, если полностью затормозить его ротор? 2,5 А

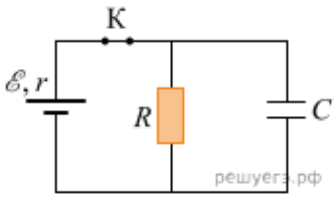
Олимпиада:

1. **На** горизонтальном столе лежит прямолинейный проводник массой m и длиной ℓ. Линии однородного магнитного поля направлены перпендикулярно проводнику под углом 90^0 к поверхности стола. Ток в проводнике медленно изменяется по закону, приведённому на рисунке. В какой момент времени проводник начнёт двигаться? Коэффициент трения между стержнем и поверхностью стола равен μ, модуль магнитной индукции равен B. Влиянием подводящих проводов пренебречь. $t = \dfrac{\mu m g \tau}{I_0 B \ell}$



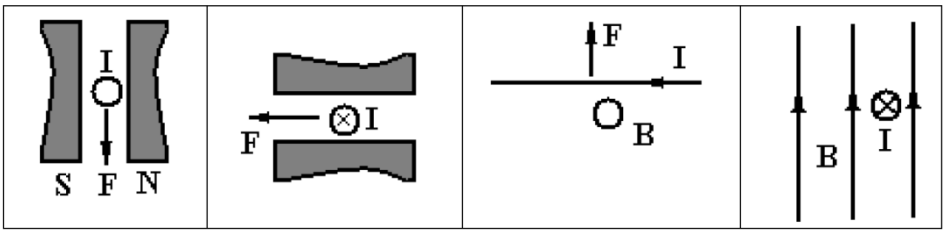
2. **Про**вод длиной 15 см согнут в виде прямоугольного равнобедренного треугольника и помещен в магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны его плоскости. Через гипотенузу треугольника идет ток 2 А. Какая сила действует на каждый из катетов, если индукция магнитного поля 0,1 Тл? 6,2 мН

3. **В** электрической схеме, показанной на рисунке, ключ *К* замкнут. Заряд конденсатора 2 мкКл, ЭДС батарейки 24 В, ее внутреннее сопротивление 5 Ом, сопротивление резистора 25 Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа *К* в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь. 20 мкДж



Вопросы (блиц):

1. В магнитное поле, направленное в доску, помещен провод, по которому течет ток справа налево. Определите направление силы Ампера.
2. Ток в горизонтальном проводе течет с юга на север. Куда направлена сила, действующая на провод со стороны магнитного поля Земли в Томске?
3. В каком случае сила действия магнитного поля на проводник с током равна нулю?
4. На приведенных ниже рисунках представлены различные случаи взаимодействия магнитного поля с током. Восполните недостающие данные в каждой ситуации.



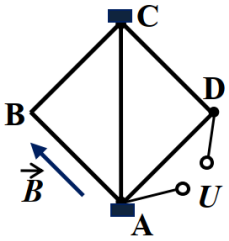
6. При сложении двух целых чисел Коля поставил лишний ноль на конце одного из слагаемых и получил в сумме 6641 вместо 2411. Какие числа он складывал? 470 и 1141

Разное

1. Через аккумулятор под конец его зарядки течет ток 4 А и напряжение на его клеммах 12,6 В. При разрядке того же аккумулятора током 6 А напряжение составляет 11,1 В. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора, а также определите ток короткого замыкания. 12 В. 0,15 Ом. 80 А
2. Батарейка для карманного фонаря имеет ЭДС 4,5 В и внутреннее сопротивление 3,5 Ом. Сколько таких батареек надо соединить последовательно, чтобы питать лампу, рассчитанную на напряжение 127 В и мощность 60 Вт? 60
3. Фигура в форме куба спаяна из 12 одинаковых тонких проволочек длиной ℓ каждая и расположена таким образом, что две грани куба горизонтальны. Куб соединен с источником постоянного тока в двух вершинах, расположенных на главной диагонали, и находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого вертикальны. Определите результирующую силу Ампера, действующую на куб, если сила тока в подводящих проводах равна I, а модуль магнитной индукции равен B? Сделайте рисунок. $F = IB\ell\sqrt{2}$

Олимпиада:

1. Количество теплоты, которую спираль электроплитки отдает окружающей среде в единицу времени, прямо пропорциональна разности температур спирали и окружающей среды. При подключении



электроплитки к источнику напряжения U_1 = 220 В с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением ее спираль разогрелась до температуры t_1 = 1000^0С. При этом температура в кухне поддерживалась постоянной и равной t_0 = 20^0С . До какой температуры в той же кухне разогреется спираль, если увеличить напряжение источника до 230 В? Температурный коэффициент сопротивления для спирали электроплитки $\alpha = 4\cdot10^{-4}$ $К^{-1}$. 6250^0С

2. Из медной проволоки изготовлен квадратный контур с перемычкой. Контур подключен к источнику постоянного напряжения U = 1,5 В между точками A и D и помещен в магнитное поле с индукцией B = 8 мТл, причем силовые линии лежат в плоскости контура и параллельны двум его сторонам. Найдите величину и направление силы, действующей на контур со стороны магнитного поля. Удельное сопротивление проволоки ρ = 0,018 мкОм·м, площадь сечения проволоки S = 1,8 $мм^2$, длина стороны квадрата a = 1 м. 1,9 Н

Занятие 28. Прямолинейное распространение света.

I. *Вопросы (блиц):*

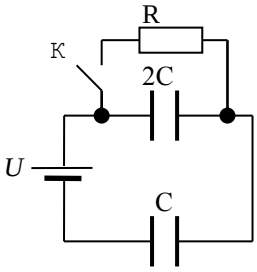
1. **В м**агнитное поле, направленное из доски, помещен провод, по которому течет ток слева направо. Определите направление силы Ампера. вниз
2. **Ви**тки обмоток электрических генераторов или трансформаторов могут деформироваться и даже разорваться при прохождении по ним большой силы тока (например, при коротком замыкании). Почему?
3. Чему равна сила Ампера, действующая на замкнутый контур с током в однородном магнитном поле? Нулю
4. **Ку**да направлена сила Ампера, если прямолинейный проводник с током располагается под углом к линиям индукции однородного магнитного поля?
5. **Пр**едложите конструкцию электромагнитного ограничителя силы тока.
6. **В к**аком случае сила действия магнитного поля на проводник с током равна нулю?
7. **То**к в горизонтальном проводе течет с юга на север. Куда направлена сила, действующая на провод со стороны магнитного поля Земли в Томске? На восток
8. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током, в каждом из приведенных случаев.

9. **По**чему электродвигатель может сгореть, если остановить его ротор?

II. *Задачи:*

1. Вентилятор включен в сеть с напряжением 220 В, по его обмотке течет ток 5 А. Если удерживать лопасти вентилятора, не давая им вращаться, то вентилятор начнет греться. При этом выделяется тепловая мощность 2,2 кВт. Найти КПД вентилятора. 50%
2. **В м**агнитном поле на двух тонких проводниках горизонтально подвешен проводящий стержень, масса которого 20 г, а длина 0,5 м. Силовые линии

магнитного поля направлены горизонтально и перпендикулярны к стержню. Найти индукцию магнитного поля, если при прохождении через стержень тока 5 А сила натяжения проводников увеличилась в два раза. 0,08 Тл



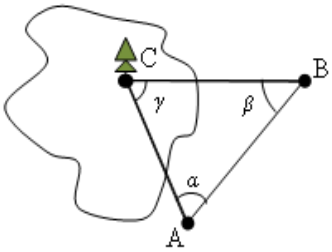
3. Какое количество теплоты выделится на резисторе после замыкания ключа *К*? $Q = CU^2/6$

III. Свет – переносчик действия (энергии) на расстояние. **Свет** – видимое излучение. **Оптика** – раздел физики, посвященный изучению света. **Световое** (оптическое) излучение создается **источниками света.** Свет перемещается от источника к приемнику с огромной скоростью без какого-либо толчка. Естественные и искусственные источники света. Тепловые и люминесцентные источники света (электролюминесценции и фотолюминесценции)

Два способа передачи действия на расстояние и две теории на природу света.

Световой пучок. **Световой луч** – линия, вдоль которой распространяется световая энергия. Геометрическая оптика – наука о световых лучах. **Световой луч - ось узкоого светового пучка.**

1. **Световые лучи распространяются независимо друг от друга (**демонстрация с двумя светофильтрами; фотоны не взаимодействуют между собой).
2. **В однородной (химия одинакова) и изотропной (физика одинакова) среде световые лучи распространяются прямолинейно.**



Образование тени и полутени. Солнечные и лунные затмения.

Метод триангуляции (определение расстояний до недоступных объектов). АВ - базис, *α* и *β* измеряются. *γ = 180° - α - β.*

$\frac{\sin\alpha}{CB} = \frac{\sin\beta}{CA} = \frac{\sin\gamma}{AB}$. Параллакс.

IV. *Задачи (блиц):*

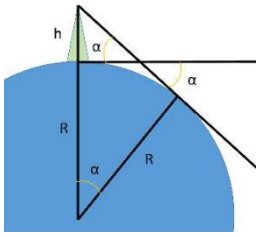
1. **На** каком расстоянии видно с Останкинской башни высотой около 300 м? 62 км
2. **Ту**рист, находясь на расстоянии d = 100 м от здания, хочет оценить его высоту. Он помещает на расстоянии L = 50 см от глаза телефон длиной ℓ = 10 см и видит, что телефон закрывает половину высоты H здания. Какую оценку высоты здания он получает? 40 м
3. Мальчик ростом h = 1,5 метра идёт под фонарём, который висит на высоте 2h = 3 метра. С какой скоростью перемещается тень мальчика, если он идёт со скоростью υ = 2 м/с? 4 м/с
4. На какой минимальной высоте должен лететь воздушный шар радиусом R = 10 м, чтобы совсем не создавать тени при освещении Солнцем, находящимся в зените? Угловой размер Солнца $\alpha = 0{,}5^0$. Как изменится ответ, если лучи будут падать под углом 45^0 к горизонту? 2292 м. 1621 м

V. Олимпиада:

1. **Ко**мар двигался над водой по прямой с постоянной скоростью υ = 1 м/с и в конце движения сел на поверхность воды. За 5 с до посадки он находился на высоте h =3 м от поверхности воды. Косинус угла падения солнечных лучей на поверхность воды равен 0,6. Падающий солнечный луч, благодаря которому образуется тень комара, и его траектория лежат в одной вертикальной

плоскости. Определите скорость, с которой двигалась тень комара по поверхности воды? Ответ: 0 м/с (вдоль луча) или 1,6 м/с (навстречу падающему лучу).

2. **В р**омане «Таинственный остров» путешественники, чтобы удостовериться, что они на острове, взобрались на одиночную высокую гору. Находясь на самой вершине, инженер Сайрус Смит заметил, что на закате, когда диск Солнца коснулся горизонта, подножие горы как раз скрылось в тени. Найдите из этих данных высоту горы. Рефракцию не учитывать. Решение сопроводите чертежом. α = 32′(известно). $\cos\alpha = R/(R+h)$. $h = 276$ м.



3. **Уч**енику удалось тщательно отметить тень от взлетевшего воздушного шара на горизонтальной поверхности: длина полутени 5 м, ширина 2,5 м, длина тени 1 м. Этого оказалось достаточно для того, чтобы определить диаметр непрозрачного сферического шара и высоту, на которую он успел подняться. Угловой диаметр Солнца в этот день составлял $\Delta\alpha = 0{,}53^0$. $\ell_T \cos\alpha = d$ (ширина полутени тени). $\alpha = 60^0$. $\Delta\alpha L_T = D$ (ширина тени). L_T – длина тени). Диаметр. 109 м, 1,5 м
4. Мяч радиуса r освещается источником света в форме шара с радиусом $2r$. Расстояние между центром источника и центром мяча равно $5r$. Определите радиус полутени, которую мяч отбрасывает на плоский экран, если тень от мяча является точкой. Прямая линия, проходящая через центры источника и мяча, перпендикулярна экрану. 4r

Вопросы (блиц):

1. Почему тень от ног человека на земле резко очерчена, а тень от головы расплывчата?
2. Непрозрачный круг освещается точечным источником света, находящимся на расстоянии 1 м от центра круга. На экране, параллельном плоскости круга, образуется круглая тень, радиус которой в 2 раза больше радиуса круга. Определите расстояние от круга до экрана. 1 м
3. Две с половиной тысячи лет назад Фалес Милетский при помощи шеста определил высоту египетской пирамиды. Как ему это удалось, если на саму пирамиду он не поднимался?
4. Шарик, освещенный точечным источником света, отбрасывает тень на экран. Диаметр шарика меньше диаметра его тени в 10 раз. Во сколько раз расстояние от источника до шарика меньше расстояния от шарика до экрана? В 9 раз
5. Почему в комнате, освещаемой одной лампой, получаются довольно резкие тени от предметов, а в комнате, где источником освещения служит люстра, такие тени не наблюдаются?
6. Измерения показали, что длина тени от предмета равна его высоте. Какова высота Солнца над горизонтом?
7. Почему "провода" в линиях оптической связи могут пересекаться друг с другом?
8. Одинаковые стипендии двух студенток повысили: отличнице на 100%, а хорошистке на 50%. В следующем семестре отличница получила «четверку» и ей понизили стипендию до уровня хорошистки. На сколько процентов ей

понизили стипендию.

9. Носки считаются парой, если они одного цвета. Наугад из ящика с носками двух разных цветов выбирают три произвольных носка. Какова вероятность того, что из трех выбранных носков будет хотя бы одна пара? 100%
10. Отвечая у доски, Петя сказал, что между электрическими и магнитными явлениями нет ничего общего, и тут же получил двойку. Почему?

Разное

1. За какое время отвесно падающие лучи Солнца могли бы растопить слой льда толщиной в 1 см, покрывающий Землю, при условии, что солнечное нагревание каждого 1 м^2 поверхности Земли составляет $2{,}1\cdot10^4$ Дж/мин? 40 мин
2. Капитан корабля осматривает поверхность моря с капитанского мостика, а матрос — с мачты, в 3 раза более высокой, чем мостик (считая высоты от уровня воды). Во сколько раз отличаются площади поверхности моря, видимые матросу и капитану? Ответ: 3 раза

Олимпиада:

1. Блазар 6С 001403+811827 на данный момент считается самым ярким известным активным ядром галактики. Его светимость составляет $1{,}2\cdot10^{41}$ Вт. На каком расстоянии от Земли он должен находиться, чтобы Земля получала от него в единицу времени столько же энергии, сколько получает от Солнца? Солнечная постоянная 1,37 кВт/м^2 – это полное количество лучистой энергии Солнца, падающей за 1 с на площадку 1 м^2, расположенную перпендикулярно солнечным лучам и удаленную от Солнца на расстояние, равное радиусу земной орбиты. 84 пк.

Занятие 29. Отражение света.

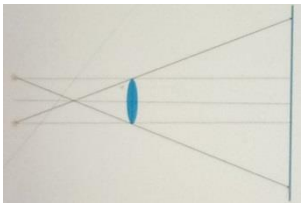
I. *Вопросы (блиц):*

1. Что больше: облако или его тень?
2. **На**блюдая Землю, марсианский астроном видит, что Солнцем освещена ровно половина видимого диска. Найдите расстояние от Марса до Земли, если известно, что Земля и Марс находятся на расстоянии 147 и 245 миллионов километров от Солнца. $196\cdot10^6$ км
3. Почему светящаяся лампочка от карманного фонарика при удалении от нее видна все хуже и хуже?
4. **По**чему неровности дороги днем видны хуже, чем ночью при освещении дороги фарами автомобиля? В свете фар маленькие неровности создают большие тени.
5. **Ма**льчик устроил «театр теней». Он осветил маленькой лампочкой лошадку высотой h = 10 см, а на стене получил тень от нее высотой H = 30 см. Во сколько раз расстояние ℓ от лампочки до лошадки меньше, чем расстояние L от лошадки до стены? Ответ: 2 раза.
6. Сколько времени свет идет от Солнца до Земли?
7. **При** сильной облачности можно увидеть светлые и темные лучи, выходящие из облаков вблизи Солнца. Как они возникают? Через промежутки в облаках
8. **Ба**бушка испекла Колобок диаметром 5 см и положила его остывать на подоконник. В тот момент, когда Солнце нижним краем коснулось подоконника, Дедушка заметил, что видимый диаметр Колобка в точности

равен диаметру Солнца. Вычислите расстояние от Дедушки до Колобка. 5,7 м

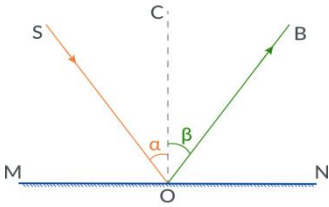
II. *Задачи (блиц):*

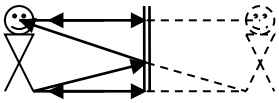
1. **Ту**рист наблюдает за проходящим вдали поездом. Он знает, что длина вагона 30 м. Подняв в вытянутой руке карандаш, он, глядя только правым глазом, совместил острие карандаша с «хвостом» последнего вагона. Затем, глядя только левым глазом, он заметил, что острие карандаша переместилось на 7 вагонов. Задумавшись на несколько секунд, турист сказал, что до поезда X километров. Определите X. Известно, что длина вытянутой руки 65 см, а расстояние между зрачками глаз 6,5 см. 2,1 км
2. Два источника света освещают диск, как показано на рисунке. Определите, чему равна ширина кольца, образованного полутенью на экране, если радиус диска равен 7 см. Расстояние между диском и экраном в 3 раза больше, чем расстояние между источниками и диском. 56 см

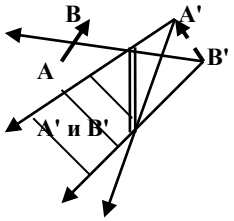


3. **По**здним вечером молодой человек идет с постоянной скоростью υ_0 = 1,4 м/с от фонарного столба высотой H = 3 м к стене. Расстояние от столба до стены равно L = 8,4 м. В некоторый момент на стене появляется тень человека. Она растет до тех пор, пока человек не приблизится к стене вплотную. С какой средней скоростью υ тень двигалась по стене? $\upsilon_T = \upsilon_Ч \cdot H/L$. 0,5 м/с

III. Зеркальное отражение света. Угол падения и угол отражения. Закон отражения света. Важнейшее свойство световых лучей, которое вытекает из закона отражения света: **обратимость световых лучей.** Диффузное отражение света. **Альбедо** – коэффициент, который показывает, какая доля энергии падающего луча отражается от поверхности, характеристика диффузной отражательной способности поверхности. **Плоское зеркало.** Построение изображения точки в плоском зеркале. **Оптическое изображение** – картина, получающаяся после прохождения световых лучей через оптическую систему. Мнимое изображение точки. Построение изображения предмета. **Область видения изображения предмета**. Расстояния от предмета до плоского зеркала (*d*) и от зеркала до изображения предмета (*f*) равны: *d* = *f*. **Сферические зеркала:** Фокус зеркала. $F = R/2$. Прожектор.







IV. *Задачи (блиц):*

1. **Со**лнечные лучи составляют с горизонтом угол 62^0. Как надо расположить плоское зеркало по отношению к земле, чтобы направить лучи горизонтально (рассмотреть 2 случая)? 59^0. 31^0
2. **Аль**пинист оказался на краю ущелья глубиной 100 м, стороны которого образуют равнобедренный треугольник. Ближняя к альпинисту сторона ущелья покрыта пеплом и полностью поглощает свет, а дальняя представляет собой гладкую обледеневшую поверхность и зеркально отражает свет. При какой ширине ущелья альпинист не увидит света своего фонарика, отраженного от зеркальной стороны? Считайте, что размеры альпиниста много меньше глубины ущелья, а воздух в горах настолько чистый, что свет фонарика виден

на несколько километров. 200 м

3. **Кр**углый бассейн радиусом R = 5 м залит до краев водой. Над центром бассейна на высоте h = 3 м от поверхности воды висит лампа. На какое максимальное расстояние от края бассейна может отойти человек, рост которого H = 1,8 м, чтобы все еще видеть отражение лампы в воде? $x = H \cdot R / h$=3
4. Угол между падающим и отраженным лучами в 8 раз больше угла между падающим лучом и плоскостью зеркала. Вычислите угол падения луча. 72^0

Олимпиада:

1. **Ка**кого радиуса должна быть зеркальная сфера, подвешенная у потолка, чтобы направленным на нее световым пучок радиуса r можно было осветить отраженным светом каждый угол (весь пол) в комнате любых размеров? r/R=√2/2
2. **В ф**окусе сферического зеркала прожектора помещен источник света в виде светящегося диска радиусом r = 1 см. Найти диаметр D освещенного пятна на стене, расположенной на расстоянии L = 500 м от прожектора перпендикулярно главной оптической оси, если фокусное расстояние сферического зеркала F = 4 м, а диаметр зеркала d = 1 м. Тангенс угла расходимости tgα = r/R. Луч из фокуса идет параллельно, а от края диска расходится на малый угол. $D = 2Lr / F + d$. Ответ: 3,5 м
3. **В б**ольшой темной комнате стоит круглый столик с зеркальной столешницей, в центре которой укреплена свеча высотой h_0 = 20 см. Свечу поджигают, и на горизонтальном потолке появляется яркий блик, размер которого изменяется по мере равномерного горения свечи. Через какое время радиус блика изменится на 10%, если расстояние от столешницы до потолка равно H = 2 м, а свеча полностью сгорает за время t = 2 часа?

Угол падения на край стола, равен углу отражения. Решая два уравнения при неизвестных R и h_2 находим, что сгорит 2 см свечи. Ответ: 0,2 часа=12 минут.

4. По трем параллельным железнодорожным путям едут три поезда 1, 2 и 3. Поезд 2 едет строго на север со скоростью 45 км/ч. В одном из вагонов поезда 2 стоит пассажир. В дверце тамбура он видит, как в плоском зеркале отражения поездов 1 и 3. Ему кажется, что поезд 1 движется со скоростью 10 км/ч строго на север, а поезд 3 движется со скоростью 10 км/ч на юг. Определите скорости движения (по модулю и направлению) поездов 1 и 3 относительно земли. Дверца тамбура расположена перпендикулярно направлению движения поезда.

Вопросы (блиц):

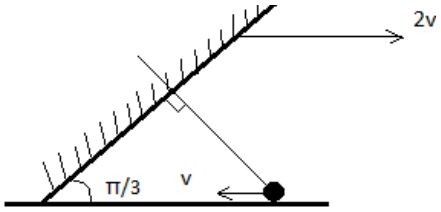
1. Вы бросаете мяч в сторону зеркала со скоростью 5 м/с. С какой скоростью летит на вас изображение мяча? Чему равна скорость изображения мяча в системе отсчета, связанной с реальным мячом?
2. Световой луч падает на плоское зеркало, лежащее на столе, под углом падения 53^0. Под каким углом следует расположить зеркало, чтобы отраженный луч был вертикальным? $26{,}5^0$
3. Луч лазера падает на плоское зеркало под углом 10° к нему. Чему равен угол между падающим и отраженным лучами? Ответ: 160°
4. Далеко ли от вас до изображения Солнца в плоском зеркале?
5. Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен 30^0.Чему будет равен угол отражения света, если повернуть зеркало на 10^0? 40^0
6. Как будет выглядеть лужа в свете фар приближающегося к пешеходу

автомобиля!

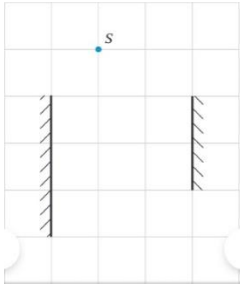
7. Как зависит величина изображения предмета от расстояния предмета до плоского зеркала? Не зависит.
8. Светлое пятно от солнечного зайчика, полученное с помощью плоского зеркала прямоугольной формы, повторяет форму зеркала на близко расположенной стене и имеет эллиптическую форму на стене, расположенной далеко от зеркала. Объясните это явление. На стене изображение зеркала, когда стена находится близко, и изображение Солнца, когда стена расположена далеко.
9. Две бесконечные отражающие полуплоскости образуют прямой утол. Найти в градусах предельно большой угол падения светового луча на одно из зеркал, чтобы после отражения в каждом зеркале луч выходил в противоположном направлении. Ответ: $\alpha = 90°$. При каких углах падения вообще такое возможно?
10. В правительстве страны Липутандии 20 министров. По крайней мере один из них честен. Из любых двух министров хотя бы один продажен. Сколько всего честных министров в правительстве Липутандии? 1
11. Старший брат выше младшего на 50 см, а тень старшего брата длиннее тени младшего на 75 см. Определите рост младшего брата, если длина его тени 180 см. 120 см

Разное

1. Взрыв Тунгусского метеорита наблюдался на горизонте в городе Киренске в 350 км от места взрыва. Определите, на какой высоте произошел взрыв. 9,6 км
2. При помощи проекционного фонаря, дающего световой пучок в виде конуса, на экране получен светлый круг радиусом R_1 = 0,5 м. Переместив фонарь в сторону экрана на расстояние r = 1,2 м, получили круг радиусом R_2 = 0,2 м. На каком расстоянии r_x находился фонарь от экрана во втором случае? 0,8 м
3. По столу катится шарик со скоростью v. В противоположном направлении со скоростью 2v перемещают поступательно плоское зеркало. Поверхность зеркала составляет угол π/3 с поверхностью стола. Найдите скорость шарика относительно зеркала и покажите её направление. С какой скоростью (по модулю) относительно стола перемещается изображение шарика в зеркале? Ответ: Относительно зеркала v′ = 3v, относительно земли $v_{отн} = \sqrt{19}$ v.

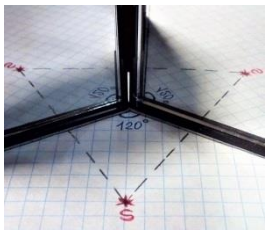


4. На зеркальный шар падает узкий параллельный пучок света, ось которого проходит через центр шара. Диаметр отраженного от шара пучка, измеренный на расстоянии 12 см от центра шара, оказался в два раза больше диаметра падающего пучка. Найдите радиус шара. 6 см
5. Рядом с системой двух параллельных зеркал S_1 и S_2 конечного размера располагается точечный источник света S. Определите, сколько всего изображений источника света S дает данная система зеркал. Постройте все изображения и укажите их области видения.



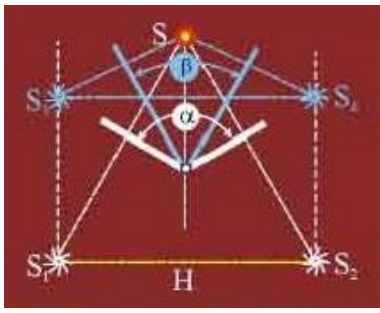
6. Человек, рост которого h = 1.75 м, находится на расстоянии l = 6 м от столба высотой H = 7 м. На каком расстоянии от себя человек должен положить на Землю горизонтальное маленькое плоское зеркало, чтобы видеть в нём изображение верхушки столба? 1.2 м

7. Зеркало как поверхность цилиндра представляет собой интересную оптическую конструкцию. Какой угол обзора предоставляет такой прибор, если наблюдатель находится на расстоянии 30 см от оси цилиндра, при этом радиус сечения цилиндра равен 5 см. $\sin\alpha=1/6$



Олимпиада:

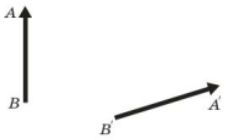
1. Два плоских зеркала составляют двугранный угол 120^0. В биссекторной плоскости расположен точечный источник света. Расстояние между первыми мнимыми изображениями источника равно 20 см. Чему будет равно расстояние между изображениями, если двугранный угол уменьшить в два раза?
2. На экваторе Солнце в полдень стоит в зените. На какой минимальной высоте должен находиться в этот момент центр воздушного шара радиуса 3 м, чтобы на земной поверхности не наблюдалась полная тень? 643 м



Занятие 30. Преломление света.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Пл**оское зеркало может вращаться вокруг горизонтальной оси. Луч лазерной указки падает на зеркало под углом 10^0. На какой угол повернется отраженный луч, если зеркало повернуть на 25^0? 50^0
2. **Че**ловек, стоящий на берегу озера, видит на гладкой поверхности воды изображение Солнца. Как будет перемещаться это изображение при удалении человека от озера? Будет **приближаться к берегу.**
3. **Че**ловек приближается к зеркалу под углом φ к его плоскости со скоростью V. С какой скоростью приближается человек к своему изображению? $2V\cos\varphi$
4. Почему в цехах с рассеянным освещением огранщикам алмазов в бриллианты трудно работать?
5. Недалеко от зеркальной витрины стоит человек, а ближе к витрине находится фонарный столб. Построением найдите положение, при котором наблюдатель будет видеть в витрине столб, загораживающий человека.
6. **На** рисунке показан предмет АВ и его изображение А′В′ в плоском зеркале. Определите построением положение зеркала.



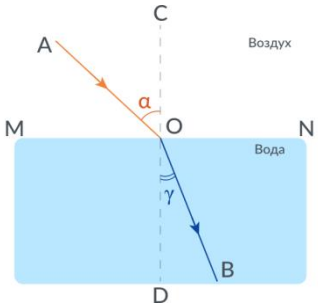
7. **По**чему хорошо видны фигуры, нарисованные на запотевшем оконном стекле?
8. **Ес**ли поверхность воды колеблется, то изображения предметов (Луны и Солнца) в воде также колеблются. Почему?
9. Почему иногда ночью зимой над уличными фонарями видны вертикальные световые столбы?

II. *Задачи (блиц):*

1. Человек ростом H = 1,8 м, видит Луну по направлению, составляющему угол 60^0 с горизонтом. На каком расстоянии от себя человек должен положить на землю плоское зеркало, чтобы в нём узреть отражение Луны. 1,04 м
2. **На** какой высоте находится аэростат А, если с маяка высотой H = 34 м он виден под углом α = 15,6° над горизонтом, а его изображение в озере видно под углом β = 17,1° под горизонтом? 720 м

3. Два робота движутся по соревновательному полю, разделенному на две части непрозрачной перегородкой. Одна из ограничивающих стен – зеркальная, и она перпендикулярна перегородке и в течении некоторого интервала времени движется от нее со скоростью u = 1 м/с. Первый робот, на котором размещена небольшая яркая лампа, движется со скоростью v_1 = 2 м/с, направленной под углом α = 30° к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Второй, оснащенный видеокамерой, движется со скоростью v_2 = 2 м/с перпендикулярно этой плоскости. По данным видеозаписи определяется скорость изображения робота 1 относительно робота 2. Найдите величину этой скорости. 2 м/с

III. Преломление света на границе раздела двух прозрачных сред.



Закон преломления света: $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21}$

Абсолютный показатель преломления среды (*n*) - показатель преломления данной среды по отношению к вакууму. Физический смысл абсолютного показателя преломления: $n = c/\upsilon$. Абсолютные показатели преломления некоторых сред: $n_{возд}$ = 1,0003, n_{H_2O} = 1,33; $n_{ст}$ = [1,5 (крон) - 1,9 (флинт)].

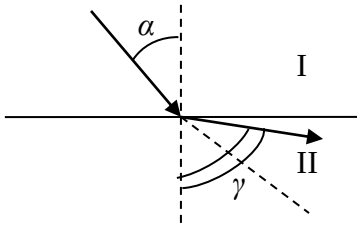
Медленнее свет распространяется в прозрачной среде, чем в вакууме!

Среда с большим показателем преломления называется оптически более плотной.

Соотношение между абсолютными показателями преломления двух сред и их относительным показателем преломления: $n_{21} = n_2/n_1$.

Прохождение светового луча из оптически менее плотной среды в оптически более плотную среду: $n_2 > n_1$, sinα > sinγ.

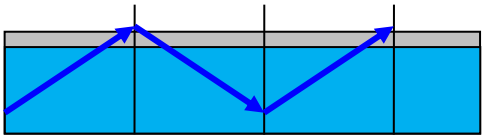
Прохождение светового луча из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду: $n_1 > n_2$, sinγ > sinα.



Если луч переходит из оптически более плотной в оптически менее плотную среду, то он отклоняется от перпендикуляра к границе раздела двух сред.

При некотором угле падения, называемом предельным, $\gamma \to 90°$ и свет во вторую среду не проходит: $\sin\alpha_{пред} = n_{21}$.

Полное отражение – отражение света на границе раздела двух сред, при котором луч света не проходит во вторую среду, полностью отражаясь на границе.



IV. *Задачи (блиц):*

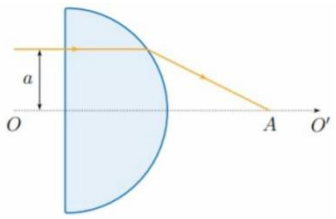
1. Луч света идет из воздуха в спирт (1,36). Разность углов падения и преломления равна α – β = 15°. Найти угол падения α и угол преломления β. Ответ: 48,3°; 33,3°
2. Бассейн прямоугольной формы шириной 4,30 м и глубиной 5,00 м полностью заполнен водой. Сторона в 4,30 м ориентирована с востока на запад. Бассейн находится на экваторе, так что Солнце в полдень находится в зените. Оцените, в какое время дно бассейна окажется полностью в тени. Считайте, что показатель преломления воды равен 1,33. 16.00
3. Угол падения луча на поверхность водоёма 60^0, показатель преломления воды 1,33. Определить, под каким углом к горизонту нужно поставить плоское зеркало на дне водоёма, чтобы отражённый от него луч вышел из воды

вертикально вверх? $20{,}5^0$

4. **На** поверхности озера, имеющего глубину H = 2 м, находится круглый плот радиусом R = 8 м. Найдите радиус полной тени от плота на дне озера при освещении рассеянным светом. 5,74 м

Олимпиада:

1. **У с**амой поверхности воды в реке летит комар, стая рыб находится на расстоянии 2 м от поверхности воды. Каково максимальное расстояние до комара, на котором он еще виден рыбам на этой глубине? ≈ 3 м
2. **Ве**рхний и нижний край бассейна с водой ученик видит одновременно, когда угол зрения составляет 14^0 с горизонтом. Под каким новым углом зрения он должен смотреть, чтобы верхний край бассейна совместился с центром бассейна? 51
3. Тонкий пучок лучей света падает перпендикулярно на плоскую поверхность половины оптически прозрачного шара. Радиус шара R, расстояние от луча до оси OO', проходящей через центр шара O, равно a = 0,6R, показатель преломления материала шара 4/3. Найти расстояние от точки O до точки A пересечения луча, преломлённого на сферической поверхности, с осью OO′. OA = (20/7)R ≈ 2,86R



4. Над поверхностью воды в бассейне висит фонарь. Под фонарем на глубине 1 м находится водолаз. На какой высоте над водой висит фонарь, если по наблюдениям водолаза расстояние до фонаря составляет 3 м. Показатель преломления воды 4/3. ≈ 1,5 м

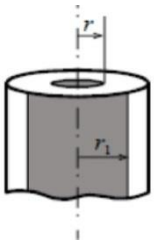
Вопросы (блиц):

1. Почему попавший в воду комок снега становится невидимым?
2. Почему задолго до восхода Солнца начинает светать?
3. Если поверхность воды не совсем спокойна, то предметы, лежащие на дне, кажутся колеблющимися. Объясните явление.
4. Религиозные люди утверждают, что лишь в день Пасхи при восходе солнце "играет" (диск солнца колеблется, меняет свою форму и цвет). Как объяснить видимое колебание диска восходящего солнца? переменная неоднородность воздуха
5. В пустынях у поверхности песка температура воздуха может достигать 50°C и выше, а на высоте нескольких метров температура может быть уже всего 20°C. Плотность воздуха у поверхности будет около 1,1 кг/м^3, а на высоте уже 1,2 кг/м^3. Такой перепад считается довольно резким, для данного интервала высот. Разность **коэффициентов преломления** в разных средах приводит к замысловатым оптическим явлениям. Каким?
6. В утренние и предвечерние часы отражение Солнца в спокойной воде слепит глаза, а в полдень его можно рассмотреть, не жмурясь. Почему?
7. Почему пена на лимонаде белая, а не янтарная и не темная, как напиток в кружке?
8. Когда отцу было 27 лет, сыну было 3 года, а сейчас сыну в 3 раза меньше лет, чем отцу. Сколько лет сейчас каждому из них? Сыну 12, отцу 36
9. Таня может купить 12 карандашей и 6 ручек. Но она решила купить ручек и карандашей поровну. Сколько ручек и сколько карандашей она купила? 9, 8 или

7

Разное:

1. В 2007 году рядом с испанским городом Севилья была построена солнечная электростанция мощностью 11 МВт. Эта электростанция состоит из 624 зеркал-гелиостатов, поворачивающихся вслед за ходом Солнца и фокусирующих солнечные лучи на специальной башне-приемнике. В башне солнечные лучи нагревают циркулирующий по трубам расплав солей азотной кислоты, которые затем передают накопленное тепло воде, превращая ее в пар. Пар вращает турбину генератора, вырабатывая электрическую энергию. Определите КПД такой электростанции, если площадь каждого зеркала составляет 120 $м^2$, а среднее значение мощности солнечного излучения, приходящегося на 1 $м^2$ земной поверхности, равно 1 кВт.
2. Луч света падает на горизонтальную поверхность водоема под углом α. На горизонтальном дне водоема лежит зеркало. Определите расстояние между точкой падения луча на поверхность водоема и точкой выхода луча из воды после отражения от зеркала, если глубина водоема H. При каком условии луч не выйдет в воздух? Показатель преломления воды n. $\ell = 2Htg\gamma$.



3. Если смотреть с большого расстояния сбоку на стеклянный капилляр с внутренним радиусом r, то кажется, что этот радиус равен r_1. Вычислите показатель преломления стекла. $n = r'/r$

Занятие 31. Призма.

I. *Вопросы (блиц):*

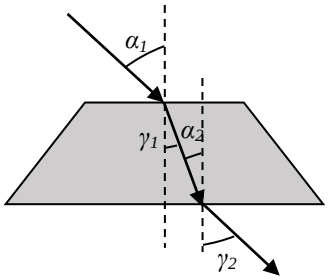
1. Почему Солнце и Луна у горизонта кажутся овальными?
2. Два наблюдателя одновременно определяют высоту Солнца над горизонтом, но один находится под водой, а другой на воздухе. Для кого из них Солнце выше над горизонтом?
3. **По**верхность водоема ровная, показатель преломления воды примерно равен 4/3. Каким может быть максимальный угол отклонения от вертикали световых лучей в воде, если небо затянуто облаками? $41{,}4^0$
4. **В в**оздухе вблизи поверхности воды, почти касаясь ее, находится маленькая светящаяся лампочка. Предельный угол полного отражения для воды 49º. В каких пределах изменяется угол преломления лучей в воде? от 0 до 49^0
5. Чему равен показатель преломления данной среды, если скорость света в ней составляет половину скорости света в вакууме. 2
6. Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза соответственно равны 1,33; 1,5; 2,42. В каком из этих веществ, предельный угол полного внутреннего отражения, при выходе в воздух, имеет максимальное значение?
7. **Ка**кой угол образуется между отраженным и преломленным лучом, если угол падения луча на границу раздела двух сред $\alpha = 18^0$, а угол преломления в три раза меньше угла падения. 156^0
8. Почему, находясь в лодке, трудно попасть острогой в рыбу?

9. **По**чему в замерзшей луже те области, где подо льдом образовалась прослойка воздуха, кажутся серебристыми?
10. **По**чему волосы темнеют, когда намокают?
11. Зачем стёкла автомобильных фар делают рифлёными, а не гладкими? Рифленое стекло рассеивает свет.
12. **По**чему не видно глаз человека в темных очках, хотя сам человек через такие очки видит достаточно хорошо?
13. С погруженной подводной лодки наблюдают за пролетающим над ней самолетом. Во сколько раз кажущаяся высота самолета больше истинной? А кажущаяся скорость?

II. *Задачи (блиц):*

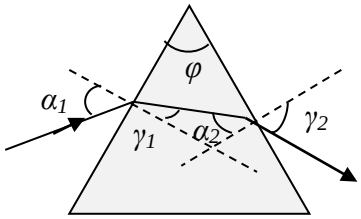
1. Какова кажущаяся глубина реки для человека, смотрящего на предмет, лежащий на дне? Угол, составляемый лучом зрения с перпендикуляром к поверхности воды, равен 70^0? Глубина 2 м. 0,72
2. На воздухе у аквалангиста в маске угол обзора $\varphi = 111^0$. Определить угол обзора у аквалангиста в воде. $\gamma = 76^0$
3. **Ча**йка сидит на спокойной поверхности моря. К ней на глубине h = 5 м подплывает акула. На какое расстояние по горизонтали L может подплыть акула к чайке, прежде чем та сможет заметить акулу? ≈ 5,7 м

II. Ход лучей через **плоскопараллельную стеклянную пластинку**.



Ход лучей в треугольной призме:

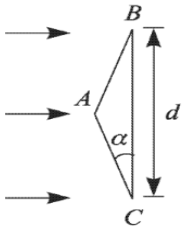
$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = n;\ \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2} = \frac{1}{n};\ \gamma_1 + \alpha_2 = \varphi.$$



Принцип обратимости световых лучей. Если световой луч падает на преломляющую грань призмы под малым углом, то угол отклонения луча призмой определяется формулой: $\delta = \varphi(n - 1)$

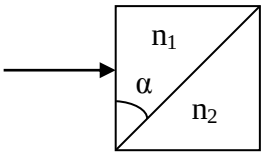
IV. *Задачи:*

1. **Лу**ч света падает на стеклянную пластинку толщиной d = 20 мм с показателем преломления n = 1,5 под углом $\alpha = 64^\circ 10'$. Преломившись на первой поверхности пластины, луч отражается от ее задней поверхности и, преломившись вторично, снова выходит в воздух. Как велика длина пути s луча в стекле? 5 см.
2. На равнобедренную стеклянную призму падает широкий параллельный пучок света, перпендикулярный грани BC, ширина которой d = 5см. На каком расстоянии L от грани BC преломленный призмой свет разделится на два непересекающихся пучка? Показатель преломления стекла n = 1,5, угол при основании призмы α = 5,7° . При расчетах использовать принцип малости углов. 49,4 см



3. Призма с преломляющим углом $\varphi = 60^0$ сделана из стекла с показателем преломления n = 1,75. При каком угле α падения луча на одну из граней призмы выход луча из второй грани становится невозможным? $\alpha < 48^0$

V. Олимпиада:



1. Если пучок параллельных лучей будет падать под углом 45^0 на плоскую поверхность стеклянного полуцилиндра с показателем преломления √2, то из какой его части будут выходить лучи света? 1/6 = 30^0
2. Луч света падает на систему из двух клиньев с преломляющим углом 0,02 рад и показателем преломления 1,4 и 1,7 соответственно. Определите угол отклонения луча такой системой. 0,004 рад
3. На кварцевый клин с углом при вершине α = 15◦, падает из воздуха луч света под углом β = 30◦ к нормали к поверхности клина. Под каким углом γ к нормали к другой поверхности луч выходит из клина в воздух? Коэффициент преломления кварца n = 1,5. возможны два решения: $\gamma \approx 58^0$ и $\gamma \approx 7^0$.
4. Луч света проходит симметрично через призму с преломляющим углом α при вершине. Как связан угол поворота луча φ с углом α? $\varphi = n\sin\frac{\alpha}{2}$

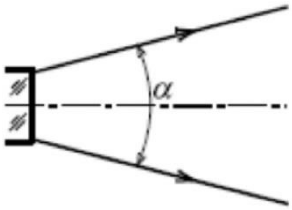
Вопросы (блиц):

1. В каком направлении пловец, нырнувший в воду, видит заходящее Солнце?
2. Почему блестят драгоценные камни?
3. Почему обнаружение подводных лодок или больших косяков рыбы удобно производить с самолёта?
4. Экспериментатор рассматривает рисунок, находящийся от него на некотором расстоянии. Увеличится или уменьшится видимое расстояние, если он начнет рассматривать рисунок через толстую плоскопараллельную стеклянную пластину?
5. Ловец жемчуга выпускает на глубине изо рта оливковое масло и, блики на поверхности воды исчезают. Почему?
6. Постройте ход луча через плоскопараллельную пластинку, если ее показатель преломления меньше показателя преломления окружающей среды.
7. Почему зимой во время тумана видимость заметно улучшается, когда начинает идти снег?

Разное

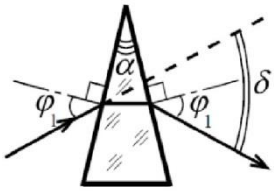
1. На поверхности воды плавает непрозрачный шар радиусом 1 м, наполовину погруженный в воду. На какой максимальной глубине нужно поместить под центром шара точечный источник света, чтобы ни один световой луч не прошел в воздух? 1,33 м
2. Луч отражается от плоского зеркала, падая на него под углом падения α = 30°. На какое расстояние сместится отраженный луч параллельно самому себе, если поверхность зеркала покрыть стеклом толщиной d = 3 см? Показатель преломления стекла n = 1,5. 1,84 см
3. Луч света падает перпендикулярно к грани призмы, у которой преломляющий угол φ = 10°. Угол отклонения луча, вышедшего из призмы, от первоначального направления θ = 27°. Определить показатель преломления n стекла призмы. 3,6
4. Луч падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной 3 см под углом 70°. Определите смещение луча внутри пластинки. 2 см

5. Обычно световоды изготавливают в виде тонких стеклянных нитей, центральная часть которых – «сердцевина» - состоит из кварцевого стекла с малым коэффициентом поглощения света, а «рубашка» - из вещества с меньшим показателем преломления. Пусть показатель преломления «сердцевины» равен $n_1 = 1,5$, а «рубашки» - $n_2 = 1,25$. Найдите максимально возможную апертуру α (угол расхождения) лучей, исходящих из такого оптического волокна. 67^0



Олимпиада:

1. Нижняя поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки посеребрена. На пластинку сверху падает луч света. В результате от нее отражаются два параллельных луча, расстояние между которыми a = 2 см. Определите толщину пластинки d, если угол падения луча 60^0, а показатель преломления стекла $n = \sqrt{3}$. 3,46 см
2. На призму с преломляющим углом α под углом φ_1 падает луч света. Из призмы этот луч выходит под тем же углом φ_1. Найдите угол отклонения луча δ.



3. Тонкий клин с углом 0,02 рад при вершине изготовили из стекла с показателем преломления 1,5 и опустили в бассейн с водой. Найдите угол отклонения луча, распространяющегося в воде и проходящего сквозь клин. 0,023 рад

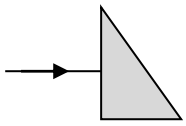
Занятие 32. Линза.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Почему мнимое изображение предмета (например, карандаша) при одном и том же освещении в воде получается менее ярким, чем в зеркале?
2. При смешивании одеколона и воды получается жидкость молочного цвета. Почему смесь становится мутной, хотя составляющие её части прозрачны?

В одеколоне содержатся эфирные масла. В спирте они растворимы, а в воде - практически нет.

3. Если вода прозрачная, то почему одежда, попавшая под нее и намокшая, становится темнее?
4. На дне водоема находится точечный источник света. Во сколько раз максимальное время, необходимое лучу света для того, чтобы выйти из воды, больше минимального. 1,52
5. Воздух прозрачен для света, вода также. А пена - пузыри воды, наполненные воздухом, - непрозрачна. Почему?
6. Если в тонкий стакан налить примерно до половины воды и посмотреть на нее снизу, то вода вам покажется блестящей, похожей на ртуть. Почему?
7. В центре полого толстостенного шара из стекла находится точечный источник света. Будут ли преломляться световые лучи, распространяясь от источника через стенки шара?
8. Почему с моста лучше видно рыбу, плавающую в реке, чем с низкого берега?
9. Почему барашки на гребнях морских волн белые?
10. Укажите дальнейший ход луча через треугольную стеклянную призму.

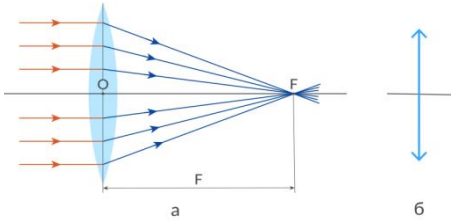


11. Чем отличается отражение света от явления полного внутреннего отражения?

II. *Задачи (блиц):*

1. Человек рассматривает зрачок своего глаза в плоском зеркале толщиной d = 1,5 см на расстоянии наилучшего зрения. На каком расстоянии от зеркала расположен глаз человека? $\ell = 0{,}5 \cdot d_0 - 2 \cdot d/n = 10{,}5$ см
2. Рыба неподвижно стоит на глубине d = 0,55 м от поверхности воды. Вы смотрите вертикально вниз с высоты h = 1 м над поверхностью воды и хотите сфотографировать рыбу. На какое расстояние l следует сфокусировать фотоаппарат? 1,41 м
3. На столе лежит лист бумаги. Луч света, падающий на бумагу под углом $\alpha = 45°$, образует на нем светлое пятно. На сколько сместится это пятно, если на бумагу положить стеклянную пластину толщиной $h = 2$ см? $S = \dfrac{2h\sin\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = 1{,}6 мм$

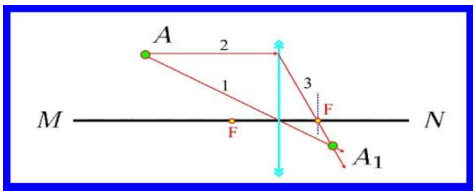
III. Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Демонстрации линз из набора. Основные точки и линии: центры и радиусы сферических поверхностей, оптический центр,



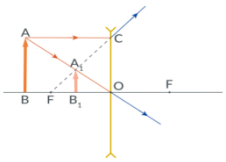
$$F = \frac{1}{(n_{21} - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}. \qquad D = \frac{1}{F}. \qquad [D] = [дптр]$$

оптическая ось, главная оптическая ось, главный фокус собирающей линзы, фокальная плоскость, фокусное расстояние, оптическая сила линзы.

Собирающая линза ($F > 0$). **Замечательные лучи.**



Построение изображения предмета в собирающей линзе (крайние точки). Где и какое изображение предмета мы получим, если предмет расположен за двойным фокусом, на двойном фокусном расстоянии от линзы, между фокусом и двойным фокусом, в фокальной плоскости и между фокусом и линзой (мнимое изображение предмета нельзя наблюдать на экране). **Собирающая линза может давать: а) действительное уменьшенное, увеличенное или равное предмету изображение; в) мнимое увеличенное изображение предмета.**



Построение изображения предмета в **рассеивающей линзе.** Какое изображение предмета мы получаем в рассеивающей линзе?

IV. *Задачи:*

1. На рисунке 3 штриховой линией показана главная оптическая ось линзы и ход произвольного луча через неё. Построением найдите главные фокусы этой линзы.

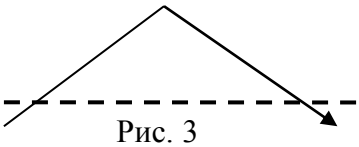


Рис. 3

2. Постройте изображение предмета AB в собирающей и рассеивающей линзах, изображенных на рисунке 4.

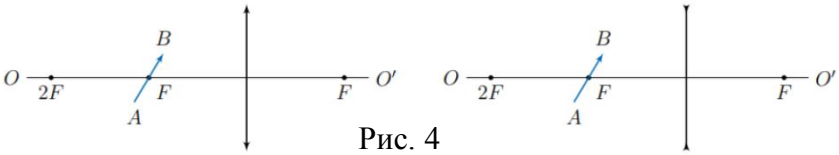
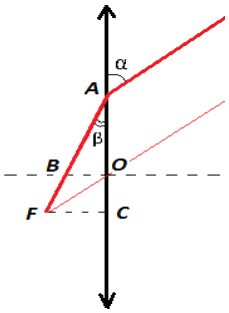


Рис. 4

V. Олимпиада:

1. Плоский тонкий предмет был расположен параллельно плоскости тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. Линзу заменили на собирающую с таким же фокусным расстоянием. Куда нужно переместить предмет вдоль главной оптической оси так, чтобы размер его изображения не изменился? В ответе укажите один знак: «+», если передвинуть к линзе, или «−», если от линзы. На какое расстояние нужно передвинуть предмет вдоль главной оптической оси так, чтобы размер его изображения не изменился? Ответ дайте в сантиметрах с точностью до целых. Ответы: [9] − [10]. 20.

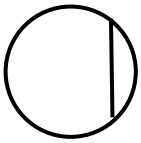


2. Тонкий луч света падает на тонкую собирающую линзу на расстоянии x=10 см от её оптического центра. Угол между падающим лучом и плоскостью линзы $\alpha=45^0$, между преломлённым лучом и плоскостью линзы $\beta=30^0$. Определите её фокусное расстояние. Ответ: ≈13,7 см.
3. Собирающая линза L_1 с известным диаметром D создает действительное изображение S_1 точечного источника S, не лежащего на главной оптической оси этой линзы. На рисунке покажите штриховкой область, из которой наблюдатель может видеть изображение S_1.

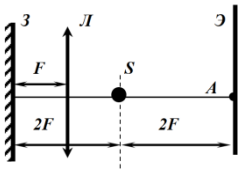
Занятие 33. Формула линзы.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Может ли плоско-выпуклая линза рассеивать параллельные лучи?
2. Большой показатель преломления, а значит и малый предельный угол полного отражения, придаёт огранённому алмазу сильный блеск и игру света. Объясните
3. **По**чему пена на лимонаде белая, а не янтарная и не темная, как напиток в кружке?



4. **Ли**нзу с фокусным расстоянием 25 см разрезали так, как показано на рисунке. Чему равно фокусное расстояние у каждой из частей линзы?
5. Как изменится фокусное расстояние линзы, если температура ее повысится?
6. Края линзы обрезали. Изменилось ли при этом ее фокусное расстояние (доказать построением)?
7. Половина у линзы закрывают непроницаемым экраном. Что произойдет при этом с изображением?



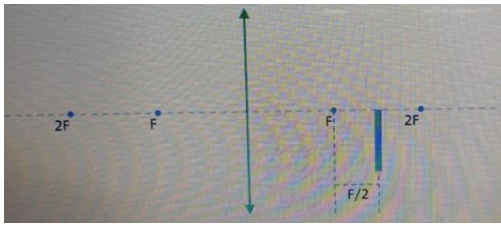
8. Точечный источник света S, плоское зеркало З, собирающая тонкая линза Л и экран Э расположены так, как показано на рисунке. Как изменится освещенность в точке А экрана, если плоское зеркало подвинуть параллельно самому себе влево на расстояние d? не изменится.
9. **От** чего зависит оптическая сила тонкой линзы?
10. **Во** сколько раз отличаются фокусные расстояния двояковыпуклых линз, если у второй линзы показатель преломления и радиусы кривизны обеих поверхностей в 1,5 раза больше, чем у первой?

II. *Задачи:*

1. Изображение карандаша в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием

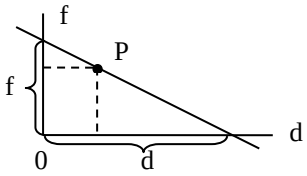
20 см показано на рисунке. Найдите построением изображение самого карандаша и рассчитайте, на каком расстоянии от линзы он находится, если длина карандаша в 2 раза больше длины его изображения. 60 см

2. Найти фокусное расстояние двояковыпуклой линзы с радиусом кривизны 30 см, изготовленной из стекла с показателем преломления 1,5. Чему равна оптическая сила линзы? 3,3 дптр



3. На собирающую линзу с фокусным расстоянием 17 см падает пучок света, параллельный ее главной оптической оси. На каком расстоянии от этой линзы нужно поставить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием 7 см, чтобы пучок, пройдя обе линзы, остался параллельным? 10 см

III. Построение изображения предмета в собирающей линзе (рисунок на доске). Вывод **формулы линзы:**



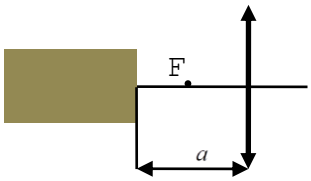
$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f-F}{F}; \qquad \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}. \qquad \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Модель линзы и формула линзы. Исследовать с помощью формулы линзы и модели линзы все случаи с демонстрациями. Результат в таблицу:

Г = 1/(d/F – 1). 1) d = F, Г→∞. 2) d = 2F, Г = 1. 3) d→∞, Г→0. 4) d = $\frac{1}{2}$F, Г = - 2.

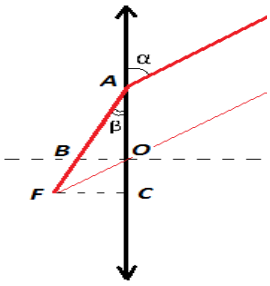
d	$d \to \infty$	$d = 2F$	$F < d < 2F$	$d = F$	$d < F$
f	$f \to F$	$2F$	$f > 2F$	∞	$f < 0$
изображение	0<Г<1	Г=1	Г>1	Г→∞	Г≤ -1

Если линза рассеивающая, то куда ставить перекладину? Каким будет изображение предмета в этой линзе?



IV. *Задачи:*

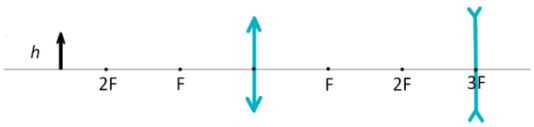
1. Перед собирающей линзой с фокусным расстоянием F находится длинная лента шириной h. Лента протянута вдоль главной оптической оси линзы. Расстояния от ближайшего края ленты до линзы равно a, причем a > F. Вычислите площадь изображения ленты. $S = \frac{F^2}{a-F}h$
2. Пучок параллельных световых лучей падает перпендикулярно на тонкую собирающую линзу с оптической силой 5 дптр. Диаметр линзы 6 см, диаметр светового пучка на экране 12 см. На каком расстоянии от линзы помещен экран? 60 см
3. Тонкий луч света падает на тонкую собирающую линзу на расстоянии x = 10 см от её оптического центра. Угол между падающим лучом и плоскостью линзы α = 45^0, между преломлённым лучом и плоскостью линзы β = 30^0. Определите её фокусное расстояние. Ответ: ≈13,7 см.



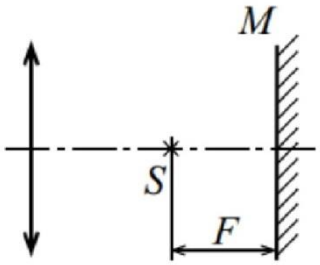
4. Тонкая линза дает на экране изображение предмета с линейным увеличением Γ_1 = 2. Во сколько раз α нужно изменить расстояние между предметом и изображением, чтобы получить на экране изображение предмета с увеличением Γ_2 = 3? 32/27=1,185

V. Олимпиада:

1. Астроном хочет взять с собой в поход лупу для разведения огня. У одной линзы фокусное расстояние 20 см и диаметр 5 см, а у другой – фокусное расстояние 50 см, а диаметр 10 см. Какой из них будет легче поджечь тонкую деревянную палочку? Во сколько раз будет отличаться время поджога? Вторая линза собирает в 4 раза больше солнечной энергии, чем первая, но на большей в 6,25 площади, которая ~ F^2. Первая линза дает большую в 1,6 раза концентрацию энергии (светосилу).
2. Тонкая линза создаёт изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси, с увеличением Г = 4. Предмет перемещают (не трогая линзу) вдоль главной оптической оси и получают изображение с тем же увеличением. При этом предмет остаётся по одну сторону линзы. 1) Линза собирающая или рассеивающая? 2) Найти отношение перемещения предмета к фокусному расстоянию линзы. 0,5
3. Стержень высотой h = 3 см находится на расстоянии d = 10 см от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F = 4 см. На расстоянии в 3 раза больше фокусного от нее поместили рассеивающую линзу. Фокусное расстояние рассеивающей линзы равно F. 1) На каком расстоянии от первой линзы будет изображение предмета, полученное в рассеивающей линзе? 2) Определите высоту полученного изображения. 9,7 см. 0,86 см.

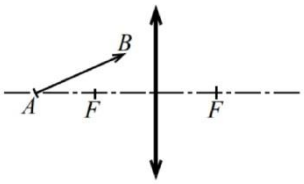


4. На главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположено плоское зеркало M (перпендикулярно оси) и точечный источник света S. Оптическая система формирует два действительных изображения источника, расположенных на расстоянии 2F/3 друг от друга. Найдите расстояние от линзы до зеркала, если расстояние от источника света до зеркала равно F. Ответ: $d_1 + F = 3F$.



Вопросы (блиц):

1. Имеются две одинаковые сферические колбы и настольная лампа. Известно, что в одной колбе вода, в другой – спирт. Как определить содержимое сосудов, не прибегая к взвешиванию?
2. Линза, плоскость которой вертикальна, формирует действительное перевернутое изображение пламени свечи. Свечу немного отодвинули от линзы. Что стало с размером изображения?
3. Пучок параллельных световых лучей падает на линзу с оптической силой $D_1 = -10$ дптр. На каком расстоянии за ней нужно поставить соосно линзу с оптической силой $D_2 = +2{,}5$ дптр, чтобы из второй линзы лучи пучка вышли параллельно? 30 см
4. Предложите наибольшее число способов измерения фокусного расстояния собирающей линзы. Какой из способов наиболее точный?
5. Можно ли на экране с помощью рассеивающей линзы получить изображение свечи?
6. Постройте изображение стрелки AB, находящейся перед

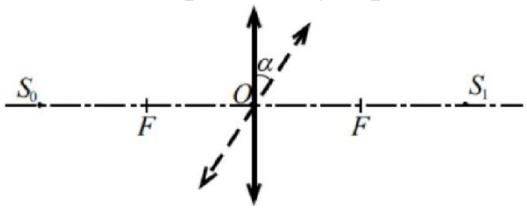


тонкой собирающей линзой.

7. Тане не хватает 2 рублей для покупки 8 воздушных шариков. Если она купит 5 шариков, то у нее останется 10 рублей. Сколько стоит один воздушный шарик?
8. Пять участников олимпиады стали ее победителями, набрав по 15, 14 и 13 баллов и заняв соответственно первое, второе и третье места. Сколько участников заняли каждое призовое место, если вместе они набрали 69 баллов? 1, 3 и 1

Разное

1. Луч света, испущенный точечным источником света S_0, находящимся на главной оптической оси на расстоянии d = 2F от линзы, после прохождения сквозь собирающую линзу, пересекает ее главную оптическую ось в точке S_1. Линзу наклонили на угол $\alpha = 30^0$ относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через оптический центр линзы. В какую сторону относительно прежнего положения сместится изображение источника S_0? Где будет изображение при повороте на угол $\alpha = 60^0$? Как изменится изображение при повороте на угол $\alpha > 60^0$?



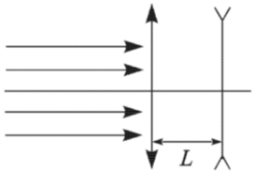
Олимпиада:

1. Вдоль главной оптической оси собирающей линзы поместили тонкий стержень. Расстояние от линзы до ближайшего торца стержня равно d_1, а до дальнего конца - соответственно d_2. Длина действительного изображения стержня равна длине самого стержня. Вычислите фокусное расстояние линзы F. $F = d_1 \cdot d_2 /(d_1 + d_2)$.

Занятие 34. Оптические приборы.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Дв**е собирающие линзы с фокусными расстояниями F_1 = 10 см и F_2 = 15 см расположены вдоль общей главной оптической оси на расстоянии L = 30 см друг от друга. Где следует поместить точечный источник света, чтобы идущие от него лучи после прохождения обеих линз образовали пучок лучей, параллельных главной оптической оси? Два варианта. 30 см от первой или 60 см от второй.
2. **Сп**ичка расположена в фокальной плоскости рассеивающей линзы. Во сколько раз изображение спички меньше ее длины?
3. **Жу**чок ползёт по главной оптической оси тонкой собирающей линзы со скоростью υ = 0,2 см/с. Экспериментатор наблюдает за движением жучка от точки A до точки B, где OA = 3F, OB = 2F , O — оптический центр линзы, а F — её фокусное расстояние. Определите среднюю скорость изображения жучка. 2υ
4. **Ра**сстояние между предметом и его изображением, создаваемым тонкой линзой, равно 0,5 F, где F – фокусное расстояние линзы. Какое это изображение – действительное или мнимое?



5. **Пе**ред собирающей (рассеивающей) линзой находится точечный источник света. Покажите штриховкой область, из которой можно видеть изображение этого источника.

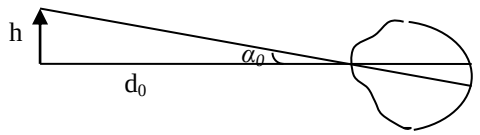
II. *Задачи(блиц):*

1. **То**нкая собирающая линза с фокусным расстоянием F_1 = 0,6 м и тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием F_2 = −1 м имеют общую оптическую ось и расположены на расстоянии L = 0,2 м друг от друга. На собирающую линзу вдоль общей оптической оси падает пучок параллельных лучей света. На каком расстоянии x от рассеивающей линзы он будет сфокусирован? 1/1,5 ≈ 0,67 м
2. Тонкая нить лампы длиной 4 мм расположена на расстоянии 90 см от экрана, параллельного нити. Найдите оптическую силу тонкой линзы, с помощью которой на этом экране можно получить четкое изображение нити длиной 8 мм.
3. На оптической оси линзы с фокусным расстоянием 20 см помещена светящаяся точка на расстоянии 30 см от линзы. По другую сторону от линзы в ее фокальной плоскости находится экран. Определить диаметр пятна на экране, если диаметр линзы 3 см. 2 см

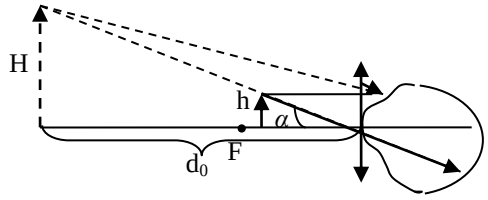
III. Проекционный аппарат – устройство, предназначенное для получения действительного и увеличенного изображения предмета. **Фотоаппарат** – устройство, предназначенное для получения уменьшенного действительного изображения предмета. **Глаз – как оптическая система.** Чтобы при изменении расстояния от предмета до глаза, расстояние от хрусталика до сетчатки оставалось неизменным, необходимо изменить фокусное расстояние глаза (менять кривизну хрусталика). С помощью аккомодации оптическую силу хрусталика можно менять примерно от 19 до 33 диоптрий.

Аккомодация – это способность глаза отчетливо видеть близкие и удаленные объекты без особого напряжения. Ближняя и дальняя точка аккомодации. У нормального глаза d_1 = 25 см, $d_2 \to \infty$. Угол, под которым виден предмет, называется углом зрения. Наименьший угол, начиная с которого изображения двух точек сливаются и перестают быть различимыми, называется пределом разрешения глаза (порядка 1/60 градуса).

Дальнозоркость и близорукость — что это? Дефекты зрения. Очки.



Расстояние наилучшего зрения: $d_0 \approx 25$ *см.* **Лупа.** Фокусное расстоянием порядка 4-5 см. Из подобия треугольников: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0} \approx \frac{d_0}{F}$.



Увеличение оптического прибора (Г) - отношение тангенса угла зрения при наблюдении объекта через прибор к тангенсу угла зрения при наблюдении объекта с расстояния наилучшего зрения. Линзы Левенгука.

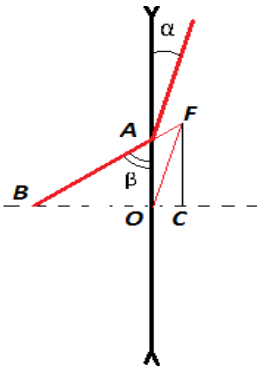
IV. *Задачи (блиц):*

1. Среднее расстояние от хрусталика глаза до сетчатки 18,3 мм. Найти максимальную и минимальную оптическую силу глаза человека с нормальным зрением. 58,6 дптр. 54,6 дптр

2. **Т**елескоп-рефрактор в Иоркской обсерватории в штате Висконти имеет объектив диаметром D = 102 см с фокусным расстоянием $F_{об}$ = 19,4 м. Фокусное расстояние окуляра равно $F_{ок}$ = 10 см.
   1) Каково угловое увеличение Г телескопа? а) $Г = F_{об}/F_{ок} = 194$.
   2) Каков размер изображения H при наблюдении лунного кратера диаметром D = 1500 м, если расстояние между Землейи Луной составляет $L = 3{,}85 \cdot 10^8$ м? $H = D(F_{об}/L) \approx 7{,}6 \cdot 10^{-2}$ мм.
   3) На каком расстоянии d′ кажется находящимся кратер при наблюдении его с помощью этого телескопа? в) $d' = L/Г \approx 2 \cdot 10^6$ м.
3. Какие очки вы припишете близорукому человеку для прогулки, который может читать текст, расположенный от глаз не далее 20 см, а какие дальнозоркому для чтения, который может читать текст, расположенный от глаз не ближе 50 см? На примере решения данной задачи выписать себе рецепт очков. – 10 дптр. 2 дптр

V. Олимпиада:

1. Близорукий человек может различать предметы, находящиеся не дальше ℓ = 3,62 м. Для исправления зрения он носит контактные линзы. На каком расстоянии d_0 от глаз должен поместить этот человек книгу, если он хочет комфортно читать ее, не снимая линз? Ответ: d_0 = 26,9 см.
2. Тонкий луч света падает на тонкую рассеивающую линзу на расстоянии x = 10 см от её оптического центра. Угол между падающим лучом и плоскостью линзы $\alpha = 30^0$, между преломлённым лучом и плоскостью линзы $\beta = 45^0$. Определите её фокусное расстояние. Ответ: ≈13,7 см.



3. Зеркало как поверхность цилиндра представляет собой интересную оптическую конструкцию. Какой угол обзора предоставляет такой прибор, если наблюдатель находится на расстоянии 30 см от оси цилиндра, при этом радиус сечения цилиндра равен 5 см. Рассчитать, где будет изображение луча от A и ход луча. $170{,}4^0$

Вопросы (блиц):

1. Почему проекционный аппарат дает увеличенное изображение предмета, а фотоаппарат – уменьшенное.
2. Биолог, рассматривая спору гриба в микроскоп, определил диаметр её изображения d = 1,2 см. Каков истинный размер споры, если объектив микроскопа даёт стократное увеличение, а окуляр - шестикратное?
3. Биолог, рассматривая спору гриба в микроскоп, определил диаметр её изображения d= 1,2 см. Каков истинный размер споры, если объектив микроскопа даёт стократное увеличение, а окуляр - шестикратное? 20 мкм
4. Телескопическая система представляет собой две линзы, расстояние между которыми равно сумме их фокусных расстояний. Параллельный пучок света, идущий от небесных светил, проходит через объектив, и изображение светила получается в фокальной плоскости объектива. Это изображение служит предметом для окуляра, из которого лучи выходят снова параллельным пучком и, следовательно, не могут дать изображения. Как же тогда видят светила астрономы?

5. При съемке некоторой сцены получается правильная экспозиция, если относительное отверстие объектива 1/16 и время выдержки 2 с. Если открыть диафрагму до 1/2, какую выдержку нужно взять? Как это повлияет на глубину резкости?
6. Раскалённая нить электрической лампы кажется значительно толще той же нити в холодном состоянии. Почему? Сильное раздражение от светлого и яркого предмета распространяется по сетчатке глаза. Поэтому яркие предметы на тёмном фоне всегда кажутся больше своих истинных размеров (явление иррадиации).
7. Найти фокусное расстояние лупы, изготовленной из кварца. Радиус кривизны одной поверхности линзы 16 см, второй 8 см. 9,9 см
8. Постройте ход лучей в лупе, дающей 5-кратное увеличение.
9. Каким образом с помощью мобильных телефонов получают качественные фотоснимки при жестко закрепленном объективе?
10. Зачем в фотоаппаратах используется диафрагма, если яркость изображений при этом уменьшается?
11. Каким образом рыбы осуществляют аккомодацию своего зрения, ведь у них хрусталик сферический?
12. Почему в очках для плавания хорошо видно под водой, а без них – плохо?
13. При каких условиях вогнутая линза будет: а) собирающей; б) рассеивающей?
14. Почему с наступлением темноты очертания предметов перестают быть резкими?

Разное.

1. Высота предмета 5 см. Линза дает на экране действительное изображение высотой 15 см. Предмет передвинули на 1,5 см от линзы и, передвинув экран на некоторое расстояние, снова получили изображение высотой 10 см. Найти фокусное расстояние линзы. 9 см
2. Телескоп с диаметром объектива D наведен на отдаленную светящуюся точку. Из окуляра телескопа выходит параллельный пучок лучей, образующий на экране круглое светлое пятно диаметром d. Определить увеличение телескопа. Г= D/d.
3. Определите увеличение лупы с фокусным расстоянием F . $\Gamma = 1 + \frac{d_0}{F}$

Занятие 35. Олимпиада.

ОЛИМПИАДА 8 кл.

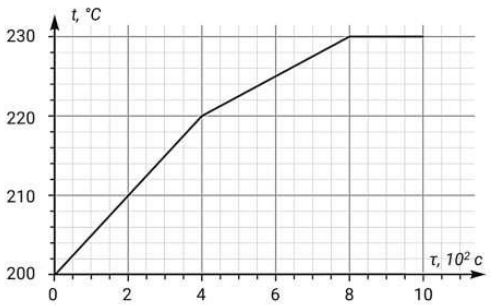
1. Пределом прочности материала называют максимальное механическое напряжение, которое он способен выдержать, прежде чем начать разрушаться. В таблице представлены данные о плотности и пределе прочности некоторых материалов.

Материал	Плотность, кг/м^3	Предел прочности, МПа
Алюминий	2700	300
Бронза	7500	750
Вольфрам	19250	100
Сталь	7800	600

1) Выберите материал с наибольшей прочностью. Бронза

2) С какой силой надо растянуть стальной трос площадью сечения s = 1 мм2, чтобы он разрушился? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых. Ответ: 600
3) Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из алюминия, прежде чем она разрушится под собственным весом? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых. Ответ: 11.1
4) Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из стали, прежде чем она разрушится под собственным весом? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых. Ответ: 7.7
5) Какой максимальной высоты можно построить сплошную цилиндрическую башню из стали и алюминия? Ответ выразите в километрах, округлите до десятых. Ответ: засчитывается в диапазоне [14.8; 15.0]

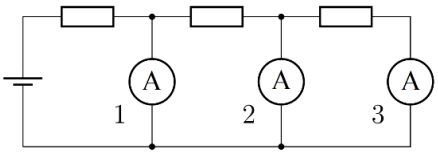
2. Некоторое количество металла в твёрдом состоянии поместили в теплоизолированный электрический тигель и начали нагревать. На графике показана зависимость температуры содержимого от времени. В некоторый момент времени мощность нагрева снизилась из-за поломки.



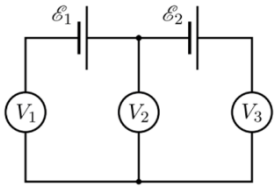
1) В какой момент времени это произошло? Ответ выразите в секундах, округлите до целых. Ответ: 400
2) Определите отношение старой мощности к новой. Ответ округлите до целых. Ответ: 2
3) Металл в тигле начал плавиться. Определите температуру плавления. Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых. Ответ: 230
4) В какой момент времени началось бы плавление без поломки? Ответ выразите в секундах, округлите до целых. Ответ: 600
5) К моменту $\tau = 1000$ с расплавилось $\Delta m = 1$ кг металла. Удельная теплота плавления $\lambda = 60$ кДж/кг. Определите мощность нагревателя после поломки. Ответ выразите в ваттах, округлите до целых. Ответ: 300
6) Определите время, в течение которого в тигле расплавился весь металл. Удельная теплоёмкость металла c = 230 Дж/кг·∘C. Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Ответ: засчитывается в диапазоне [172; 176]

3. На лабораторной работе ученикам было предложено изучить свойства предохранителя со следующими характеристиками: 1) предельная сила тока — 2 А; 2) длина проволоки — 1.5 см; 3) диаметр проволоки — 0.1 мм; 4) материал проволоки — свинец. Удельная теплоёмкость свинца — 120 Дж/кг·∘C, удельная теплота плавления свинца — 25 кДж/кг, температура плавления свинца — 327 ∘C, плотность свинца — 11.4·103 кг/м^3, удельное сопротивление свинца — $0.207 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.
1) Перегорит ли предохранитель, если по нему пустить ток величиной 3.5 А? да
2) Перегорит ли предохранитель, если по нему пустить ток величиной 1300 мА? нет
3) Чему равна масса свинцового проводника? 1,34 мг
4) Каким сопротивлением обладает свинцовый проводник? 0.4 Ом

5) Через какое время свинцовый проводник полностью расплавится при достижении током предельного значения? Считайте, что начальная температура проводника равна 27 °С и всё тепло, выделяющееся при прохождении тока по проводнику, идёт на его нагрев. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых. Ответ: 0.1



4. Цепь, схема которой представлена на рисунке, собрана из трех одинаковых резисторов и трех одинаковых амперметров. Показания первого и третьего вольтметров I_1 = 10 мА и I_3 = 4 мА соответственно. Найдите показания I_2 второго амперметра. Связываем токи через напряжения, решая 3 уравнения, получаем $R_A = R\frac{2}{3}(1+\sqrt{2})$. 6,5 мА



5. Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, собрана из двух разных источников и трёх одинаковых вольтметров. ЭДС правого источника известна и равна $\mathcal{E}_2$ = 10 В, правый вольтметр показывает напряжение U_3 = 12 В. Найти показания двух остальных вольтметров и ЭДС левого источника. Внутренним сопротивлением источников пренебречь. U_1 = 10 В, U_2 = 2 В, ε_1 = 12 В

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский и др.; Ред. А.В. Перышкин. – М.: Просвещение, 1984.
2. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
3. В.А. Касьянов. Физика. 10, 11 кл. − М.: Дрофа,2002.
4. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе.- М.: Просвещение, 1972.
5. В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. - М.: Просвещение, 1972.
6. Д. Джанколи. Физика.- М.: Мир,1989.
7. А.А. Найдин. Использование обобщающих таблиц при формировании понятий. Физика в школе, 3 (1989).
8. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
9. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
10. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн.– М; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа,

2010 г.
15. А.А. Найдин. Система задач из одной задачи?! //ИД "Первое сентября", газета "Физика", № 8,2011 г.
16. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
17. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
18. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
19. Физика. 10—11 кл.: Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / С.М. Козел, В. А. Коровин, В. А. Орлов. — М.: Мнемозина, 2001. — 254 с.: ил.
20. Кондратьев А.С., Приняткин Н.А. Современные технологии обучения физике: Учеб. пособие. — СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2006.
21. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. https://naidin.ru