

# 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**

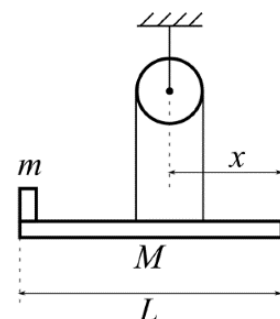
## Занятие 1. Молекулы

### 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?  $12 \cdot 3 = 36$ , 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.  $x = (5/8)L$
2. Две пружины разной длины  $\ell_1 = 10$  см и  $\ell_2 = 20$  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  $v = 25$  км/ч, четверть от общего времени со скоростью  $v = 30$  км/ч и остальной участок дороги со скоростью  $v = 10$  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?):  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ . 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 ( $\mu_B$ )** – отношение массы молекулы данного вещества к  $1/12$  массы атома углерода.

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

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

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

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

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

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

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

6. **Количество вещества ( $\nu$ )** – 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?  $m_0 = \frac{M_B}{N_A}$

**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 (ближ):**

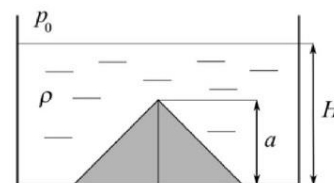
1. Сколько частиц содержат 5 молей данного вещества?
2. Какова масса 50 молей углекислого газа?
3. Какова масса молекулы кислорода?
4. Определить число молекул в 200 г воды?
5. Микроскопическая капелька тумана имеет радиус 0,3 мкм. Из сколько миллиардов молекул воды состоит эта капелька?

**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.  $1800 \text{ кг/м}^3$   $m_r = \rho_{ж} V$ .  $m_k + \rho_{ж}(V - V_k) = m_r + \rho_{ж} V_k$

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  $\rho$  до высоты  $H > a$ . Определите величину и направление силы, с которой жидкость давит на фигурку. Атмосферное давление равно  $p_0$ .

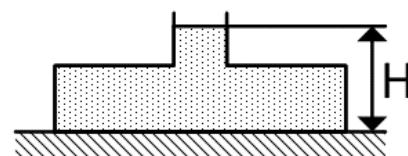
$$F = (\rho g H + p_0) 2a^2 - \rho g a^3$$

**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?

**Разное**

1. Колена сообщающихся сосудов представляют собой три одинаковые вертикально расположенные трубки площадью сечения  $1 \text{ см}^2$  каждая. Трубки частично заполнены водой. В одну из трубок заливают масло объемом  $100 \text{ см}^3$ , при этом масло не перелилось в другие трубки. Насколько повысится уровень воды в остальных трубках? 30 см
2. В дне цилиндрической кастрюли площади  $7 \text{ дм}^2$  просверлили отверстие площадью  $2 \text{ дм}^2$  и вставили в нее пластмассовую трубку. Масса кастрюли с трубкой равна 2 кг, высота кастрюли 30 см. Кастрюля стоит 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.



## Занятие 2. Тепловое расширение

**I. Вопросы (блиц):**

1. Чему равна молярная масса азотной кислоты  $HNO_3$ ? 63
2. Шесть косцов выпили бочонок кваса за 8 часов. Сколько косцов за 3 часа выпьют такой же бочонок кваса? 16
3. 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  $O_3$ .
4. Имеется 10 г одноатомного газа гелия – He. Сколько моль содержит это количество? 2,5
5. При сгорании углерода 12 г углерода соединились с 32 г кислорода. Изменилось ли при этом количество вещества? Да! Стал 1 моль.
6. Сравните число молекул  $N_1$  в 1 г водорода и число молекул  $N_2$  в 1 г кислорода.

7. 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
8. Микроскопическая пылинка углерода (C) обладает массой 0,1 нг. Определить, из скольких молекул она состоит.  $5 \cdot 10^{12}$
9. Сколько кислорода использовано в реакции соединения водорода с кислородом, если использовано 3 г водорода? 24 г

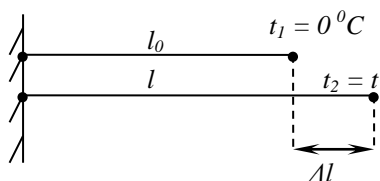
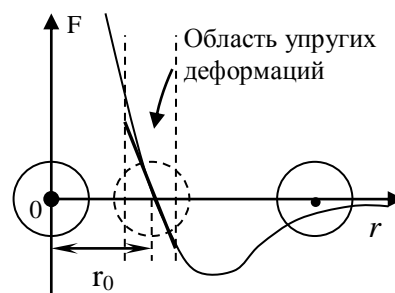
### II. Задачи (ближ):

1. Сколько молекул содержится в 1 кг воды. Каковы масса и объем одной молекулы воды?  $334,4 \cdot 10^{23}$ .  $3 \cdot 10^{-23}$  г.  $3 \cdot 10^{-29}$  м<sup>3</sup>
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  $1,1 \cdot 10^{-23}$  см<sup>3</sup>, 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 непрерывном 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 уравниваются 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.  $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot t$ .  $\Delta l$  – абсолютное удлинение тела. Отсюда  $l = l_0(1 + \alpha t)$ , где  $\alpha$  – 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  $\beta$  – 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  $\alpha = 3 \cdot 10^{-7} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ; инвар (36% никеля, 0,4% марганца, 0,4% углерода, остальное?).

#### IV. Задачи (блиц):

1. Стальная труба при  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  имеет длину  $l_1 = 10,7 \text{ м}$ . Насколько удлинится труба при пропускании по ней пара с температурой  $t_2 = 420^\circ\text{C}$ ? 48 мм
2. Стальной обруч диаметром 1 м при  $15^\circ\text{C}$  должен быть надет на колесо диаметром 1,005 м. До какой температуры должен быть нагрет обруч?  $460^\circ\text{C}$
3. Керосин содержится в стальной цистерне цилиндрической формы, высота которой 6,0 м. При температуре  $0^\circ\text{C}$  нефть не доходила до верхнего края цистерны на 20 см. При какой температуре керосин перельется через край цистерны? Температурный коэффициент объёмного расширения керосина  $10^{-3} \text{ град}^{-1}$ .  $36^\circ\text{C}$

#### 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  $10^{-4} \text{ град}^{-1}$ , коэффициент объёмного расширения жидкости  $10^{-3} \text{ град}^{-1}$ .  $70^\circ\text{C}$ . Тело плавает, поэтому вес тела равен весу вытесненной жидкости  $V_{\text{ож}} = 0,95V_{\text{ш}}$ . При нагревании плотности их должны сравняться, поэтому  $V_{\text{ж}} = V_{\text{ш}}$ .
2. Какую длину  $l_{\text{OC}}$  и  $l_{\text{OM}}$  при температуре  $0^\circ\text{C}$  должны иметь стальной и медный стержни, чтобы при любой температуре разность их длин составляла  $\Delta l = 10 \text{ см}$ ? Коэффициент линейного расширения стали  $\alpha_{\text{с}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ , меди  $\alpha_{\text{м}} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ . В том числе и при нулевой температуре.  $l_{\text{OC}} = 35 \text{ см}$ .  $l_{\text{OM}} = 25 \text{ см}$
3. Диаметр стеклянной пробки, застрявшей в горлышке флакона,  $d_0 = 2,5 \text{ см}$ . Чтобы вынуть пробку, горлышко нагрели до температуры  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ . Сама пробка успела при этом нагреться до температуры  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . Какой зазор  $l$  между горлышком и пробкой образовался при этом? Температурный коэффициент линейного расширения стекла  $\alpha_1 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ . 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. Стальной шарик плавает в ртути. Увеличится или уменьшится глубина его погружения, если повысить температуру?
4. Почему штукатурка на зданиях осыпается, если между кирпичной стеной и штукатуркой попадает дождевая вода?
5. Металлический шарик, проходящий сквозь металлическое кольцо, застревает в нем, если шарик нагреть. Что произойдет, если нагреть не шарик, а кольцо?
6. Как отразилось бы на показаниях термометра равенство коэффициентов

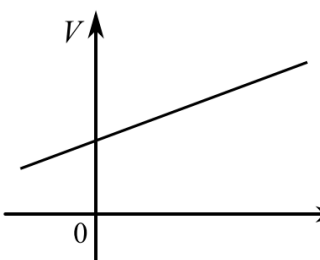
объемного расширения стекла и ртути?

7. Почему в железобетоне при нагревании и охлаждении бетон не отделяется от железа?

### Разное

1. Оцените размер молекулы NaCl, если плотность кристалла поваренной соли составляет  $2,17 \text{ г/см}^3$ . Справка:  $6 \cdot 10^{23}$  молекул натрия имеют массу 23 г, а такое же количество молекул хлора имеют массу 35 г.  $\approx 0,4 \text{ нм}$
2. При  $0^\circ\text{C}$  отмерено 500 м алюминиевой проволоки. Какой будет длина проволоки при повышении температуры до  $30^\circ\text{C}$ ?  $\alpha = 0,000239 \text{ 1/град}$ . 500,4 м.
3. Железнодорожные рельсы имеют длину 25 м и изготовлены из стали. Как изменяется их длина, если годовые изменения температуры колеблются от  $30^\circ\text{C}$  до  $-30^\circ\text{C}$ ?  $\alpha_{\text{ст}} = 11,3 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  17 мм
4. Поплавок объемом  $V = 5 \text{ л}$  целиком погружен в жидкость и удерживается от всплывания нитью, закрепленной на дне. Начальная температура жидкости  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ . На какую величину  $\Delta F$  изменится сила натяжения нити, если жидкость нагреть до температуры  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент объемного расширения жидкости в данном интервале температур  $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$ . Тепловым расширением поплавок пренебречь.  $7,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$

### Олимпиада

1. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками  $t_1 = 35^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 42^\circ\text{C}$  равно  $L = 5 \text{ см}$ . В термометре находится  $m = 2 \text{ г}$  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  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$  объем ртути в  $\beta = 1,018$  раза больше объема ртути при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Плотность ртути при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  считайте равной  $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ . Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.
  - 1) Следуя представленным опытными данным, запишите формулу зависимости объема  $V(t)$  ртути от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины:  $m, \rho, \beta, t_0, t_{100}, t$ .
  - 2) Найдите приращение  $\Delta V$  объема ртути при увеличении температуры от  $t_1 = 35^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 42^\circ\text{C}$ .  $0,185 \text{ мм}^3$ .
  - 3) Найдите площадь  $S$  поперечного сечения капилляра термометра.  $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$ .

### Занятие 3. Внутренняя энергия

#### I. Вопросы (блиц):

1. Если только что сваренное яйцо опустить в холодную воду, то потом оно легко чистится. Почему?
2. 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
3. На дне сосуда с водой лежит металлический шар. Как будет изменяться вес

шара при нагревании воды? увел.

4. Что общего и в чем различие между молями разных веществ?
5. Как измерить температуру тела термометром, если температура окружающей среды  $+45^{\circ}\text{C}$ ?
6. Во сколько раз в 3 г водорода больше молекул, чем в 9 г воды? 3
7. Если холодный ртутный термометр поместить в емкость с горячей водой, то уровень ртути сначала немного понизится, а затем будет повышаться. Почему?
8. Почему ареометр плавает в холодной воде и тонет в горячей?

### II. Задачи (блиц):

1. Имеется  $8 \cdot 10^{25}$  молекул кислорода. Определите массу газа. Определите также плотность газа, если его объем  $0,8 \text{ м}^3$ . 4,2 кг,  $5,3 \text{ кг/м}^3$
2. В железнодорожную цистерну погрузили нефть объемом  $50 \text{ м}^3$  при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$ . Какой объем нефти выгрузили, если на станции назначения температура воздуха была  $-40^{\circ}\text{C}$ ?  $\beta = 900 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град}$ .  $46,4 \text{ м}^3$
3. Идет дождь. Капли дождя движутся вертикально вниз с постоянной скоростью  $10 \text{ м/с}$  (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?  $0,3 \text{ мм/с}$

III. Потенциальная ( $E_{\text{П}} = mgh$ ) и кинетическая ( $E_{\text{К}} = \frac{mv^2}{2}$ ) 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:

$$U = (E_{\text{К}_1} + E_{\text{К}_2} + \dots + E_{\text{К}_N}) + (E_{\text{П}_1} + E_{\text{П}_2} + \dots + E_{\text{П}_N}).$$

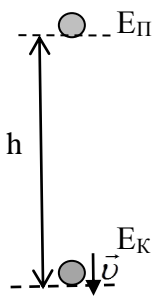
Кинетическая энергия одной молекулы воды при комнатной температуре порядка  $5 \cdot 10^{-21}$  Дж, но их в стакане воды порядка  $6 \cdot 10^{24}$ , а поэтому их полная энергия (кинетическая) порядка 30000 Дж, того же порядка потенциальная энергия, а поэтому внутренняя энергия 60000 Дж. Много это или 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):  $A = U_2 - U_1$ .
- **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 передается упорядоченное движение, которое потом становится неупорядоченным.

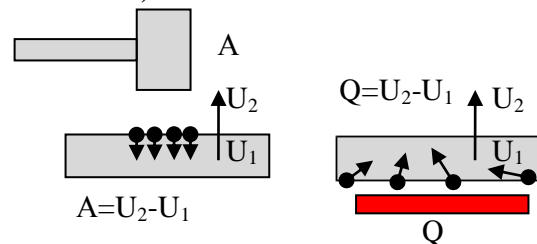




## Способ 2:

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:  $Q = U_2 - U_1$ . 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. Патрон 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  $\Delta T$ . 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  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $3t$  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  $t_1 = 28^\circ\text{C}$ , а во втором –  $t_2 = 54^\circ\text{C}$ . Определите новую температуру  $t_3$  в третьем сосуде. Тепловыми потерями и теплоёмкостью сосудов можно пренебречь.  $41^\circ\text{C}$  (внут)
3. В тридцатом 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  $19,6 \text{ г/см}^3$ , серебра  $10,8 \text{ г/см}^3$ , ртути  $13,6 \text{ г/см}^3$ .
  - 1) На сколько грамм минимум дешёвая монета должна быть легче золотой? минимум на 30 г.
  - 2) Сколько процентов составляет стоимость такой монеты от золотой?  $\approx 32\%$

### Вопросы (блиц):

1. Чем отличаются разные способы изменения внутренней энергии?
2. Сумма двух чисел равна 180, а частное от деления большего на меньшее число равно 5. Найдите эти числа. 150 и 30

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  $2000^{\circ}\text{C}$ . 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.

### Олимпиада

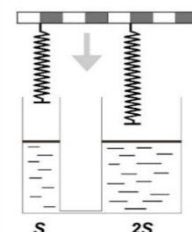
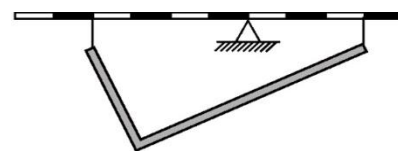
#### Занятие 4. Способы теплопередачи

##### I. Вопросы (блиц):

1. Чем обусловлена теплота кружки горячего чая?
2. 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.
3. Если теплота есть не что иное, как движение молекул, то чем отличается горячий, но покоящийся футбольный мяч от холодного, но быстро движущегося?
4. Объём 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. Почему из проколотой шины выходит с шипением холодный воздух?
6. Почему при вбивании гвоздя его шляпка нагревается слабо, а когда гвоздь уже вбит, то нескольких ударов достаточно, чтобы сильно нагреть шляпку?

##### II. Задачи (блиц):

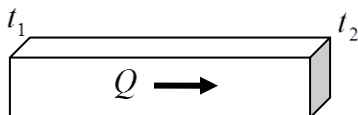
1. Определить массу капли воды, при составлении всех молекул которой вплотную друг к другу получилась бы нить, опоясывающая весь земной шар. Диаметр молекулы воды  $0,17\text{ нм}$ .
2. Изогнутая деталь, подвешенная на вертикальных нитях к массивному неоднородному рычагу, находится в равновесии, как показано на рисунке. Сила натяжения одной нити равна  $5\text{ Н}$ , а второй –  $2\text{ Н}$ . Рычаг находится в горизонтальном положении и действует на небольшую опору с силой  $10\text{ Н}$ . Чему равна масса детали? На каком расстоянии от опоры находится центр тяжести рычага, если длина рычага  $30\text{ см}$ ?  $700\text{ г}$ ,  $7,7\text{ см}$ .
3. Две пружины жёсткостью  $k$  (длинная) и  $2k$  (короткая) отличаются по длине на  $\ell$ . Их прикрепляют к однородной массивной балке длиной  $8\ell$ . Затем конструкцию устанавливают на лёгкие тонкие



поршни сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью плотностью  $\rho$ , 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  $l + h$ , больше, равно новой  $2$

**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  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности.



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

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  $\frac{E_{\text{пол}}}{t} = \frac{E_{\text{изл}}}{t}$  внутренняя энергия (температура) тела остается неизменной.

**IV. Задачи (блиц):**

1. Известно, что если температура на улице равна  $-20^{\circ}\text{C}$ , то в комнате температура равна  $20^{\circ}\text{C}$ , а если температура на улице равна  $-40^{\circ}\text{C}$ , то в комнате устанавливается температура  $+10^{\circ}\text{C}$ . Найдите температуру батареи, отапливающей комнату.  $60^{\circ}\text{C}$
2. При температуре на улице  $-15^{\circ}\text{C}$  температура в комнате  $+25^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура  $t$  в комнате при температуре на улице  $-30^{\circ}\text{C}$ , если температура отопительной батареи осталась прежней, равной  $+45^{\circ}\text{C}$ ? Почему температура в комнате меньше температуры батареи?  $20^{\circ}\text{C}$
3. Какое количество теплоты за сутки теряет человек путем теплопроводности через кожу, если считать коэффициент теплопроводности кожи равным  $0,25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ ? Поверхность тела  $1,8 \text{ м}^2$ , толщина кожи  $2 \text{ мм}$ , разность температур на наружной и внутренней поверхностях  $0,1^{\circ}\text{C}$ .  $1944 \text{ кДж}$

## V. Олимпиада

1. При температуре на улице  $t_2 = -5^\circ\text{C}$  комнатный термометр показывает  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ . Какая температура  $t'_1$  будет в доме, если наступит похолодание до  $t'_2 = -30^\circ\text{C}$ ? Все прочие условия, включая температуру батарей отопления  $t_3 = 70^\circ\text{C}$ , считайте одинаковыми в обоих случаях.  $10^\circ\text{C}$
2. Для поддержания в доме постоянной температуры  $20^\circ\text{C}$  в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на  $15^\circ\text{C}$ , 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?  $-25^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$

### Вопросы (блиц):

1. Почему нагретые детали в воде охлаждаются быстрее, чем на воздухе?
2. Чем меньше температура нагретого тела, тем медленнее идет его охлаждение. Почему?
3. На асфальтированных улицах пляжных курортов часто нарисованы белые полосы. Зачем?
4. Почему космонавты, которые выходят в открытый космос, надевают блестящие скафандры?
5. Крылья самолетов, поверхности воздушных метеозондов красят серебристой краской.

## Занятие 5. Количество теплоты.

### I. Вопросы (блиц):

1. Почему в холодную погоду собаки спят, свернувшись клубком, а птицы сидят нахохлившись?
2. В классе провели контрольную работу по физике. Средняя оценка мальчиков 3,8, девочек – 3,5, класса –  $3 \cdot (8/13)$ . Сколько писали контрольную работу, если учеников в классе больше 20, но меньше 30? 26
3. Почему чашки для чая имеют форму с заметным расширением к верхнему краю?
4. Нынче модны чашки (пиалы) с двойным дном - в таких ёмкостях горячий напиток остывает медленнее. Почему?
5. Земля непрерывно излучает энергию в космическое пространство. Почему же Земля не замерзает?
6. Если просунуть руку в кастрюлю с кипящей водой, то ожога не избежать, а если просунуть руку в горячую духовку с температурой  $300^\circ\text{C}$ , то ожог маловероятен. Почему?
7. В термосе минимизированы все три типа теплопередачи. Так ли это?
8. Есть четыре причины, почему происходит потеря тепла человеком. Назовите их.
9. Если курица стоит на одной ноге, то это к стуже. Можете ли вы объяснить эту народную примету?
10. Почему в северных широтах живут белые медведи, а в южных – бурые медведи? Почему негры черные, а скандинавы светлые?

11. Почему размеры млекопитающих резко возрастали в эпохи, отличающиеся холодным климатом? Почему на Земле не встречаются теплокровные насекомые?  $U / Q_{из} \propto r$
12. При температуре  $5^{\circ}\text{C}$  снег весной медленнее тает, чем при температуре  $10^{\circ}\text{C}$ . Почему?

**II. Задачи (блиц):**

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

**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:

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

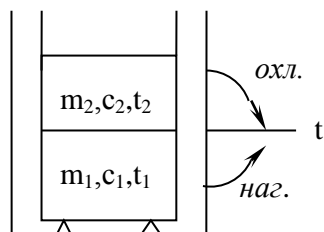
А при охлаждении?

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

Теплоемкость тела (C) – количество теплоты, необходимое для нагревания тела на  $1^{\circ}\text{C}$ :  $Q = C\Delta t = C(t_2 - t_1)$

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  $100 \text{ см}^3$  равна  $360 \text{ Дж/}^{\circ}\text{C}$ . Имеет ли этот шарик полость? не имеет. Можно просто посчитать теплоемкость  $c=460 \text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$
2. В чайник со свистком налили  $810 \text{ г}$  воды и поставили на электрическую плитку мощностью  $900 \text{ Вт}$ . Через  $7 \text{ мин}$  раздался свисток. Каков КПД плитки. Начальная температура воды  $20^{\circ}\text{C}$ .  $72\%$
3. Меняет ли заметно температуру кофе добавление в него холодного молока? Предположите, что в чашку кофе (около  $200 \text{ г}$  при  $95^{\circ}\text{C}$ ) добавляется  $10 \text{ г}$  молока при  $5^{\circ}\text{C}$  и что удельная теплоемкость молока и удельная теплоемкость кофе примерно равны. Понизится меньше, чем на  $5^{\circ}\text{C}$ .
4. В батарею отопления вода поступает по трубе при температуре  $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ , а выходит при температуре  $t_2 = 48^{\circ}\text{C}$ . Сечение трубы  $S = 4 \text{ см}^2$ , скорость воды  $v = 0,25 \text{ м/с}$ . Какое количество теплоты получит помещение от этой батареи за  $1 \text{ ч}$ ?  $3024 \text{ кДж}$ .

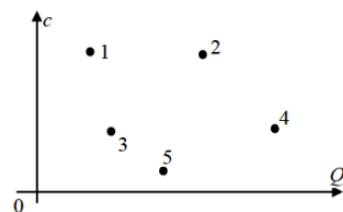
5. Два тела имеют температуры  $t$ . Если первое нагреть до температуры  $5t$  и привести в тепловой контакт со вторым, установится температура  $4t$ . Какая установится температура, если до температуры  $5t$  нагреть второе тело и привести его в контакт с первым телом с температурой  $t$ ?  $t_x = 2t$

#### V. Олимпиада:

1. В бане имеются емкости для воды разного объема. В ушат налили воду, нагретую до температуры кипения  $t_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C}$ , а в лохань – воду при комнатной температуре  $t_{\text{ком}} = 20^\circ\text{C}$ . Вылив всю эту воду в большой бак, получили воду с температурой  $t = 70^\circ\text{C}$ . 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.  $50^\circ\text{C}$
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  $0^\circ\text{C}$  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. Мама привела малыша на берег реки. Солнце нагрело камни до  $40^\circ\text{C}$ , но вода в реке была холодной ( $18^\circ\text{C}$ ). 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:  $26^\circ\text{C}$ . [11]  $25^\circ\text{C}$

#### Вопросы (блиц):

1. Объясни японскую поговорку: «Быстро нагревается, быстро остывает».
2. Почему дети замерзают в холодной воде быстрее взрослых?
3. Если годовой сток рек станет меньше, то и зима будет холоднее. Почему?
4. Почему домохозяйки знают, сколько времени надо варить яйцо?
5. 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  $c$ , 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
6. Есть 2 кг воды с температурой  $20^{\circ}\text{C}$  и 3 кг воды с температурой  $60^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру смеси.
7. Какие явления будут наблюдаться, если стакан с водой выставить на солнечный свет?
8. Почему хорошие кастрюли имеют толстый слой алюминия или меди в дне?
9. Почему в центре материка в июле низкое давление, а в январе – высокое?
10. Почему тонкий кристаллик льда тает быстрее, чем толстый кристалл той же массы?

### Разное

1. Какой энергией обладала шаровая молния, если она нагрела на  $600^{\circ}\text{C}$  участок железной трубы длиной 5 см? Наружный радиус трубы 15 мм, внутренний радиус 12 мм.  $c = 460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .  $\rho = 7,8 \text{ г}/\text{см}^3$ . 27,4 кДж
2. В теплоизолированном сосуде сначала смешивают три порции воды 100 г, 200 г и 300 г с начальными температурами  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $70^{\circ}\text{C}$  и  $50^{\circ}\text{C}$  соответственно. После установления теплового равновесия в сосуд добавляют две новые порции воды: массой 400 г при  $20^{\circ}\text{C}$  и массой 300 г при температуре  $70^{\circ}\text{C}$ . Определите конечную температуру в сосуде. Вода из сосуда не выливается, теплоемкостью сосуда можно пренебречь. Тепловыми потерями пренебрегите.  $51,7^{\circ}\text{C}$
3. Сосуд объемом 1,5 л полностью заполнен водой, имеющей температуру  $0^{\circ}\text{C}$ . Затем в этот сосуд опускают тело массой 0,5 кг с удельной теплоемкостью  $4000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$  и температурой  $99^{\circ}\text{C}$ . Плотность тела меньше плотности воды. Найдите температуру, до которой нагреется вода.
4. В высокий легкий стакан с площадью дна  $50 \text{ см}^2$  налита вода массой 200 г и начальной температурой  $0^{\circ}\text{C}$ . Затем в воду каплями массой по 1,36 г начинает капать ртуть температурой  $100^{\circ}\text{C}$ . Каждую секунду в стакан падает 10 капель ртути. Плотность воды  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , ртути  $13600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ , ртути  $140 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ .
  - 1) Каким будет давление жидкости на дно стакана через 50 секунд? 1760 Па.
  - 2) Какой будет температура воды в стакане через 50 секунд?  $10,2^{\circ}\text{C}$ .
  - 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  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ . Потерями тепла пренебречь.

2. Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось  $0,5 \text{ л}$  воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой –  $1,5 \text{ л}$  воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась  $50,0^\circ\text{C}$ , а температура холодной воды  $18,0^\circ\text{C}$ . Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться.


1) С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением  $8 \text{ см}^2$  при неизменном уровне воды в раковине?  $2,5 \text{ м/с}$

2) Предскажите результат измерения температуры воды в раковине.  $26^\circ\text{C}$ .

3. Три тела А, В и С нагреты до температур  $t_A = 10^\circ\text{C}$ ,  $t_B = 40^\circ\text{C}$  и  $t_C = 80^\circ\text{C}$ . Если привести в тепловой контакт тела А и В, то их равновесная температура окажется равной  $t_{AB} = 20^\circ\text{C}$ . Если привести в тепловой контакт тела С и В, то их температура станет равной  $t_{CB} = 60^\circ\text{C}$ . Определить, какая температура установится, если: а) привести в контакт тела А и С; б) привести в контакт все три тела.  $33^\circ\text{C}$ .  $35^\circ\text{C}$

## Занятие 6. Сгорание топлива.

### I. Вопросы (блиц):

1. Почему на морозе язык не прилипает к металлическим монетам?
2. В полведра воды комнатной температуры ( $20^\circ\text{C}$ ) влили четверть ведра кипящей воды. Какая стала температура в ведре?  $46^\circ\text{C}$
3. Почему каша у краев тарелки остывает быстрее?
4. Насколько увеличится объем куска меди  $\Delta V$  при сообщении ему количества теплоты  $Q$ ?  $\Delta V = 3\alpha Q/(\rho r)$
5. На асфальтированных улицах пляжных курортов часто нарисованы белые полосы. Зачем?
6. Верно ли, что при теплообмене тепло всегда передается от тела с большей внутренней энергией к телу с меньшей внутренней энергией? нет
7. В чём причина различия между морским и континентальным климатом?
8. Что эффективнее использовать в качестве грелки:  $1 \text{ кг}$  парафина при  $60^\circ\text{C}$  или  $1 \text{ кг}$  воды при той же температуре? Теплопроводность парафина в 2 раза меньше, чем у воды, а теплоемкость – меньше примерно на 25%.
9. Почему в медицинских термометрах используют ртуть, а, например, не спирт?
10. При распиливании бревна пила нагревается сильнее, чем дерево. Почему?
11. Что требует больше времени: нагревание воды на примусе от  $10$  до  $20^\circ\text{C}$  или от  $90$  до  $100^\circ\text{C}$ ? 
12. 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  $90^\circ\text{C}$ , поместили в сосуд с водой, температура которой  $20^\circ\text{C}$ . Тепловое равновесие наступило при  $60^\circ\text{C}$ . До какой температуры остынет тело, если его еще раз опустить в точно такой же сосуд с



водой температуры  $20^{\circ}\text{C}$ ? Потерями тепла пренебречь.  $42,8^{\circ}\text{C}$

2. Сосуд объемом 1,5 л полностью заполнен водой, имеющей температуру  $0^{\circ}\text{C}$ . Затем в этот сосуд опускают тело массой 0,5 кг с удельной теплоемкостью  $4000 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$  и температурой  $99^{\circ}\text{C}$ . Плотность тела меньше плотности воды. Найдите температуру, до которой нагреется вода.  $32^{\circ}\text{C}$
3. В кастрюле находится 5 кг воды. На её нагревание от температуры  $40^{\circ}\text{C}$  до температуры  $41^{\circ}\text{C}$  требуется 10 с. Найдите время, которое понадобится для того, чтобы нагреть эту воду от температуры  $90^{\circ}\text{C}$  до температуры  $91^{\circ}\text{C}$ . Мощность плиты 2500 Вт. Считайте, что тепловые потери пропорциональны разности температур воды и окружающей среды. Температура окружающей среды равна  $20^{\circ}\text{C}$ . Теплоёмкостью кастрюли можно пренебречь. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ . 19 с

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

$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + Q$  – при недостатке кислорода.

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + Q$  – при достатке кислорода.

$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + Q$  (взрыв метана).

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + Q$  (гремучий газ).

Все виды топлива массой 1 кг выделяют разное количество теплоты. **Удельная теплота сгорания ( $q$ ).**

$$Q = mq$$

**Коэффициент полезного действия нагревательной установки (КПД).**

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

**IV. Задачи (блиц):**

1. Наружные стены квартиры имеют общую площадь  $80 \text{ м}^2$  и толщину 50 см. Температура внутри квартиры равна  $23^{\circ}\text{C}$ , снаружи - минус  $15^{\circ}\text{C}$ . Сколько дров необходимо сжечь для поддержания такой температуры в течение суток? КПД печи составляет 50%, удельная теплота сгорания дров равна  $8 \text{ МДж}/\text{кг}$ , теплопроводность материала стены -  $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ ? 79 кг
2. С помощью маленького нагревателя мощностью 250 Вт воду в ведре удалось довести до максимальной температуры  $40^{\circ}\text{C}$ . Каков объем воды в ведре, если после отключения нагревателя температура понизилась на  $1^{\circ}\text{C}$  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.

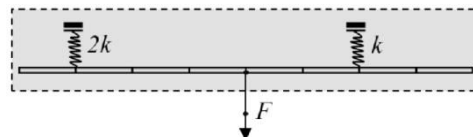
**Олимпиада:**

1. Емеля едет на печи по заснеженному полю. Скорость печи постоянна по модулю и по направлению и равна  $v = 1,5 \text{ м}/\text{с}$ . Масса печи равна  $M = 4 \text{ т}$ . Коэффициент трения нижней поверхности печи о снег равен  $\mu = 0,05$ . Емеля топит печь древесным углём с удельной теплотой сгорания  $q = 36,3 \text{ МДж}/\text{кг}$ . 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 топил дровами. Пренебечь 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  $12^{\circ}\text{C}$ . Включили нагреватель. Через 1,5 мин после включения вода снова закипела. Найдите температуру водопроводной воды. Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми. Мощность нагревателя не изменяется.  $16^{\circ}\text{C}$

3. Внутри черного ящика на двух легких пружинах жесткостью  $2k$  и  $k$  подвешена легкая палочка. Пружины работают как на растяжение, так и на сжатие. Чему равна эффективная жесткость черного ящика, если внешнюю силу прикладывают к нерастяжимой нити, выходящей наружу. Нить привязана к палочке в точке, указанной на рисунке. Чему равна максимальная и минимальная эффективная жесткость данного черного ящика, если точку крепления нити можно смещать вдоль палочки? Считайте, что деформации пружин настолько малы, что пружины остаются вертикальными.  $k_0 = 2,4k$ .  $k_{\max} = 3k$ .  $k_{\min} = 0,5k$



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

*Вопросы (блиц):*

1. Можно ли обычным ртутным термометром измерить температуру одной капли горячей воды?
2. Частное в 2 раза меньше делимого и в 6 раз больше делителя. Найдите частное.  
12
3. 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
4. Почему порох невыгодно использовать как топливо, а бензином нельзя заменить порох в артиллерийских орудиях?
5. Откуда берется копоть, когда горит керосин?
6. Теплотворная способность сосновых дров больше, чем березовых. Почему же говорят, что березовые дрова жарче горят?

**Разное**

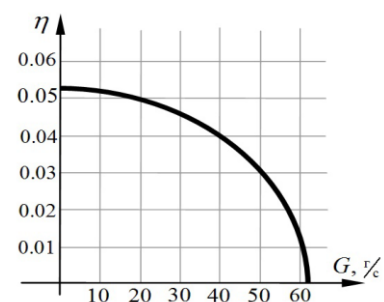
1. В ванну налита вода температуры  $20^{\circ}\text{C}$ . В нее начинают наливать горячую воды из-под крана при температуре  $80^{\circ}\text{C}$ . Сливное отверстие в ванне открыто и работает так, что уровень воды в ванне с течением времени не меняется.

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  $60^{\circ}\text{C}$ . Вода в ванне быстро перемешивается, так что температура воды в ванне и температура вытекающей из сливного отверстия воды одинаковы.

2. Калорийность гамбургера массой 100 г порядка 500 ккал. Оцените в процентах увеличение калорийности гамбургера, если мы будем употреблять его в пищу горячим. 1%
3. При нагревании на плите кастрюли с водой температура воды увеличилась от  $90^{\circ}\text{C}$  до  $92^{\circ}\text{C}$  за 1 мин. Какая доля энергии, получаемой водой, рассеивается в окружающем пространстве, если время остывания той же воды от  $92^{\circ}\text{C}$  до  $90^{\circ}\text{C}$  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  $50^{\circ}$ , он выключил нагреватель, и, выждав 5 секунд, замерил температуру воды. Оказалось, что она упала на  $1^{\circ}$ . 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  $20^{\circ}$ ? 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.  $25^{\circ}\text{C}$
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  $100\text{ м}^2$ . Тепловые потери через поверхности домика составляют  $0,015\text{ кВт/м}^2$  (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  $40^{\circ}\text{C}$ . Максимальная температура воды в начале отопительного сезона  $100^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды  $4200\text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Определить объём накопителя тепловой энергии (воды).  $93,6\text{ м}^3$
3. Компания друзей-физиков пошла в поход. Во время привала было решено приготовить чай. Одному физикау 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  $100^{\circ}\text{C}$  пять литров ( $20^{\circ}\text{C}$ ) чая? Удельная теплота сгорания дров  $q = 10^7\text{ Дж/кг}$ , удельную теплоемкость чая примите равной  $c_{\text{ч}} = 4200\text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$ . Считайте, что дрова подкладываются с некоторой выбранной постоянной скоростью.



## Занятие 7. Закон сохранения энергии.

### I. Вопросы (блиц):

1. Почему дую на горящую свечу, мы ее гасим, а, дую на горящий уголь – заставляем его гореть ярче?
2. Почему при помощи одной спички древесную лучину зажечь можно, а крупное полено нельзя?
3. Что охлаждается быстрее – ванна, наполненная горячей водой, или стакан с горячим чаем? Почему?
4. Почему алмазы всегда холодные? Большая теплопроводность
5. Если годовой сток рек станет меньше, то и зима будет холоднее. Почему?
6. Почему при увеличении солёности 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. Почему горение твердого и жидкого топлива происходит только на поверхности?
10. Как вы думаете, чем ограничена скорость бега?

### II. Задачи:

1. Термометр подержали над огнём. После того, как горелку выключили, показания термометра упали от  $100^{\circ}\text{C}$  до  $99^{\circ}\text{C}$  за две секунды. За сколько времени показания термометра уменьшаться от  $60^{\circ}\text{C}$  до  $59^{\circ}\text{C}$ , если температура в лаборатории  $20^{\circ}\text{C}$ ? 4 с
2. В калориметр налили ложку горячей воды, после чего его температура возросла на  $5^{\circ}\text{C}$ . После того, как добавили вторую ложку той же горячей воды, температура калориметра возросла на  $3^{\circ}\text{C}$ . На сколько градусов увеличится температура калориметра, если в него добавить третью ложку той же горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.  $2^{\circ}\text{C}$
3. Какова мощность электрического котла, если температура подающей трубы  $40^{\circ}\text{C}$ , температура обратной трубы  $80^{\circ}\text{C}$ , 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:  $1 \text{ ккал} = 4190 \text{ Дж} \approx 4200 \text{ Дж}$ . Майер – судовой врач. Почему нагревается вода после шторма? Гельмгольц.**

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

**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 (близи):

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 быстрых следующих один за другим ударов, если ей передается 20% энергии, передаваемой молотом при каждом ударе?  $0,7^{\circ}\text{C}$ .
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  $1^{\circ}\text{C}$ , 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  $10^{\circ}\text{C}$ . Какова средняя мощность, развиваемая при трении? Удельная теплоемкость каждого тела  $460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ . Тепловые потери не учитывать. 23 Вт
4. Стекланный шарик объемом  $0,2 \text{ см}^3$  равномерно падает в воде. Какое количество теплоты выделится при перемещении шарика на 6 м? Плотность стекла  $2,4 \text{ г}/\text{см}^3$ . 16,8 мДж

#### V. Олимпиада:

1. Температура окружающей подводную лодку воды равна  $4^{\circ}\text{C}$ . 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  $40^{\circ}\text{C}$ . 4000 кг/с
2. В трубу постоянного сечения каждую секунду закачивают постоянный объем воды с температурой на входе  $t_0 = 10^{\circ}\text{C}$ . На одном из участков воду подогревают до  $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ . Где-то до участка, где подогревается жидкость, в трубе появилась течь. Температура на выходе стала равной  $t_2 = 55^{\circ}\text{C}$ . Найдите отношение расхода воды в течи к полному расходу воды. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. 1/9
3. Турист 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  $5^{\circ}\text{C}$ . После этого в него влили опять ложку горячей воды и температура воды поднялась еще на  $3^{\circ}\text{C}$ . 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  $18,9^{\circ}\text{C}$ .

*Вопросы:*

1. За счет, какой энергии совершается работа по перемещению ртути в термометре при измерении температуры тела?
2. Корова вчетверо дороже собаки, а лошадь вчетверо дороже коровы. Собака, 2 коровы и лошадь стоят 200 тысяч рублей. Сколько стоит корова? 32000
3. Почему пушечный ствол от холостого выстрела нагревается сильнее, чем от выстрела со снарядом?
4. В процессе сжатия над газом совершена работа 60 МДж, при этом он передал окружающей среде 40 МДж тепла. Определите изменение внутренней энергии тела.
5. Объясните, почему и как трение между движущимися частями машины приводит к выделению тепла.
6. Какие превращения энергии происходят при выстреле из орудия? при стрельбе из лука? при колебаниях маятника?
7. Почему спичка после сгорания деформируется и уменьшается в размерах?
8. Почему передняя ось телеги больше стирается и чаще загорается, чем задняя?
9. Мороженое тает быстрее, если его размешивать ложечкой. Почему?

**Разное**

1. Для поддержания в доме постоянной температуры  $20^{\circ}\text{C}$  в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на  $15^{\circ}\text{C}$ , 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  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ . Вторым термосом Вася полностью заполнил водой при температуре  $t_2 = 80^{\circ}\text{C}$ . Затем он перелил часть воды из второго термоса в первый так, что первый термос был заполнен полностью, и в нем установилась температура  $t_3 = 55^{\circ}\text{C}$ . Затем Вася перелил часть смеси из первого термоса во второй, заполнив второй термос полностью, и в нем установилась температура  $t_4 = 70^{\circ}\text{C}$ . Определить по этим данным удельную теплоемкость неизвестной жидкости. Потерями тепла пренебречь.

## **Занятие 8. Плавление.**

**I. Вопросы (блиц):**

1. При заморозках в пчелиных ульях слышится «гудение» пчел. Почему?
2. Ученик должен был разделить число на 2 и к результату прибавить 3, а он по ошибке умножил число на 2 и от полученного произведения отнял 3. Ответ все

равно получился правильный. Какой? 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

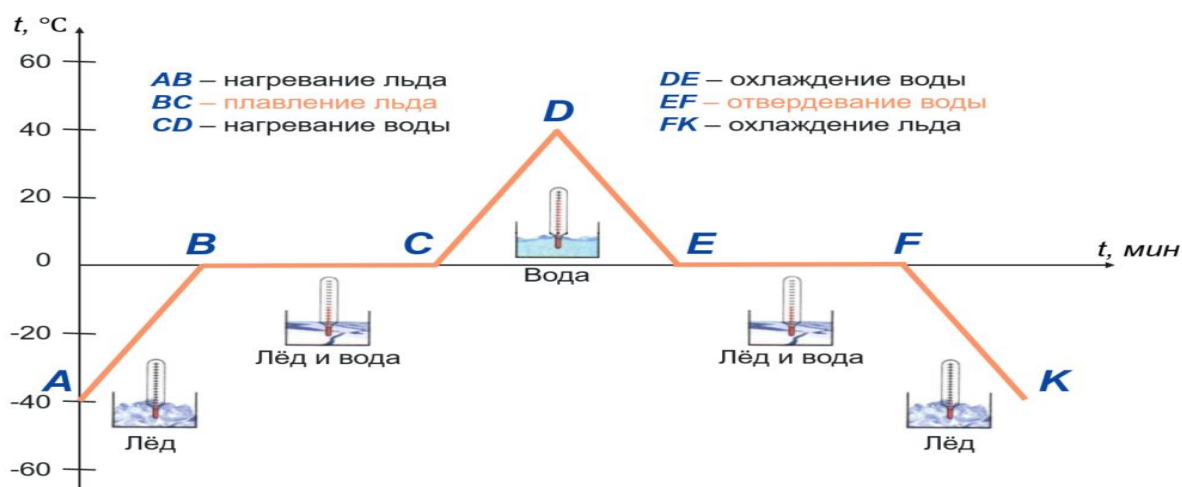
- Опишите превращения энергии при упражнениях на велотренажере.
- Какой минимальной высоты должен быть водопад, чтобы падающая вода нагревалась на  $1^{\circ}\text{C}$ ?
- Красное пятно на лице от пощечины - результат превращения кинетической энергии движущейся руки в свет. Так ли это?
- Звёзды образуются путём сжатия под действием собственной гравитации. Почему при этом возрастает температура звезды?
- 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):

- 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.  $1^{\circ}\text{C}$
- В калориметр вливают 1 ложку теплой воды. При этом его температура возрастает на  $2^{\circ}\text{C}$ . После того, как в калориметр влили ещё одну ложку тёплой воды, температура возросла ещё на  $1^{\circ}\text{C}$  а сколько градусов увеличится температура в калориметре, если в него влить ещё 26 ложек воды? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте.  $2,6^{\circ}\text{C}$
- В сосуд с горячей водой опустили работающий нагреватель мощностью  $P = 50$  Вт. В результате температура воды повысилась на  $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$  за время  $t_1 = 100$  с. Если бы воду не нагревали, то ее температура понизилась бы на ту же величину  $\Delta T$  за время  $t_2 = 200$  с. Какова масса воды? Теплоемкостью сосуда пренебречь. 0.79 кг

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

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

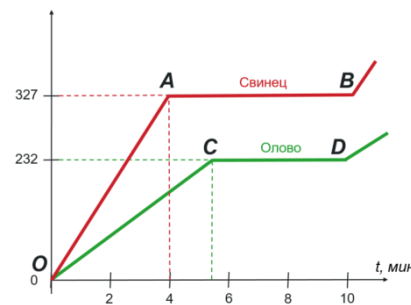


**Кристаллизация** – переход вещества из жидкого состояния в твердое состояние. При нагревании твердого тела подводимая энергия идет на увеличение кинетической энергии его частиц, (температура увеличивается) и на увеличение

потенциальной энергии (объем изменяется), а при плавлении – только на увеличение потенциальной энергии.

**Удельная теплота плавления и кристаллизации ( $\lambda$ )** – 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  $10^{\circ}\text{C}$  и льда при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . Какая максимальная доля льда может при этом расплавиться? 6%
2. В калориметре находится 2 кг воды при температуре  $5^{\circ}\text{C}$ . Туда опускают кусок льда массой 5 кг при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в состоянии теплового равновесия? Сколько льда будет в калориметре?  $0^{\circ}\text{C}$ , 6,1 кг
3. Зимой, при температуре окружающего воздуха  $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ , 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  $t_{\text{в}} = 0^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, его удельная теплоёмкость 2100 Дж/кг $\cdot^{\circ}\text{C}$ , плотность льда 900 кг/м $^3$ . Скорость теплоотдачи считать постоянной. Ответ:  $\approx 153,2$  часа.

#### Олимпиада:

1. Две одинаковые высокие теплоизолированные трубки заполнены до высоты  $h = 25$  см. Первая – льдом, вторая – водой при температуре  $t = 10^{\circ}\text{C}$ . Воду выливают на лед и сразу же отмечают ее уровень. После завершения теплообмена оказалось, что уровень повысился на  $\Delta h = 0,5$  см. Какова была начальная температура льда?  $-119^{\circ}\text{C}$
2. Плоская льдинка плавает в сосуде с водой, имеющей температуру  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ . 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  $t_1$ ? –  $16,2^{\circ}\text{C}$
3. В сосуде с водой, имеющей температуру  $0^{\circ}\text{C}$ , плавает кусок льда массой  $m_{\text{л}} = 100$  г, в который вмёрзла дробинка массой  $m_{\text{д}} = 5$  г. Какое минимальное количество теплоты  $Q$  нужно сообщить воде, чтобы кусок льда с дробинкой начал тонуть? Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1$  г/см $^3$ , плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 0,9$  г/см $^3$ , плотность свинца 11,3 г/см $^3$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  Дж/г. Как изменится ответ, если пренебречь объемом дробинки? 18,7 кДж
4. На поверхности воды, температура которой  $0^{\circ}\text{C}$ , плавает медный шарик, покрытый толстым слоем льда. Масса шарика с учетом ледяной корки 30 г. Этот шарик перемещают в сосуд с водой, объем которой равен 200 мл, а температура  $5^{\circ}\text{C}$ . Через некоторое время шарик уходит под воду и «зависает» в



воде, не опускаясь на дно. Чему равна масса шарика, когда он не покрыт льдом?  $M + m = 30$ .  $(M - \Delta M + m) / ((M - \Delta M) / \rho_{\text{л}} + m / \rho_{\text{м}}) = 1$ . 1,7 г

Вопросы (блиц):

1. При какой температуре плавится асфальт?
2. Почему перед началом хоккейного матча судья всегда достает шайбу из холодильника?
3. Почему с наступлением зимы мелкие и небольшие пруды покрываются льдом раньше, чем глубокие и большие водоемы?
4. Объясни осетинскую поговорку: «Золото в огне не плавится».
5. В чем заключаются физические принципы выветривания и разрушения твердых горных пород?
6. Может ли песок быть жидким?
7. Почему трещат и разрушаются кристаллики соли на раскаленной плите?
8. В один из стаканов вливают 50 г воды при  $0^{\circ}\text{C}$ , а в другой бросают 50 г льда при той же температуре. В каком из стаканов температура будет выше?
9. Один сапфир и два топаза

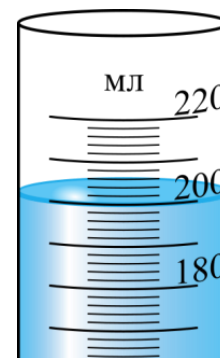
Ценней, чем изумруд, в три раза.

А семь сапфиров и топаз

Его ценнее в восемь раз.

Определить прошу я вас

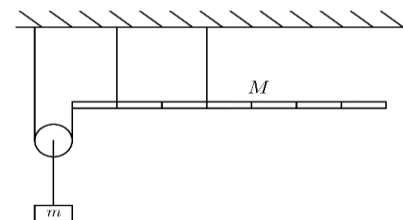
Сапфир ценнее иль топаз?



Олимпиада:

1. Вода массой 200 г при температуре  $7^{\circ}\text{C}$  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?

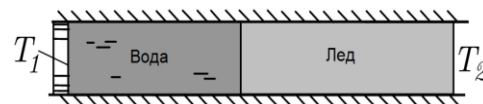
2. На двух нитях висит однородный стержень массы  $M$ . К его левому краю прикреплена нить, перекинутая через подвижный блок, который удерживает груз (рис. 2). При какой массе  $m$  этого груза система будет находиться в равновесии. Массой блока и нитей можно пренебречь. Отметки на стержне делят его на семь равных частей.



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  $900 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность материала монеты  $9000 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ ,

удельная теплоемкость монетки 430 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда  $3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг.  $-12,55^\circ\text{C}$

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  $200 \text{ кг/м}^3$ , 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  $t_1 = 36,0^\circ\text{C}$ . Какова была начальная температура воды в калориметре?  $52,8^\circ\text{C}$ . Сколько еще таких же порций нужно добавить, чтобы последняя добавленная порция растаяла не полностью? 5
6. В сосуд, наполненный до краев водой с температурой  $t_0 = 44^\circ\text{C}$ , аккуратно опускают кубик льда. После завершения теплообмена в сосуде устанавливается температура  $t_1 = 33^\circ\text{C}$ . 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.  $22^\circ\text{C}$
7. В калориметр с  $m_0 = 200$  г воды при температуре  $t_0 = 60^\circ\text{C}$  поместили три кубика льда массой  $m = 10$  г каждый, имеющие температуры  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ .  $t_2 = -20^\circ\text{C}$  и  $t_3 = -30^\circ\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре?  $40,3^\circ\text{C}$ .
8. В калориметре находится некоторая масса льда. После того как в калориметр на  $\tau_1 = 1$  мин опустили нагреватель, в нем оказался лед, имеющий температуру на  $2^\circ\text{C}$  больше, чем вначале. Какое максимальное время  $\tau_2$  может потребоваться для дальнейшего нагревания содержимого калориметра нагревателем еще на  $2^\circ\text{C}$ ? Тепловыми потерями пренебречь. 83 мин
9. Горизонтальная длинная теплоизолированная труба заполнена льдом. На левом конце поддерживается температура  $t_1 = 3^\circ\text{C}$ , на правом -  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ . Теплопроводность льда составляет  $2,3 \text{ Вт/(м·град)}$ , воды -  $0,56 \text{ Вт/(м·град)}$ . Какая часть льда (от общего объема трубы) находится в расплавленном состоянии? Ответ дайте в процентах, округлив до целых. 20%
10. В стакане находится горячий чай, в котором растворено 10 г сахара. Масса содержимого стакана  $M$ , температура  $100^\circ\text{C}$ . Чай охлаждают по следующей методике. В него опускают кусочек льда массой  $M/9$  при  $0^\circ\text{C}$ . После наступления теплового равновесия напиток перемешивают, так что сахар



равномерно распределяется по его объему, а затем избыток напитка сливают, так что его масса опять становится  $M$ . Удельную теплоемкость сладкого чая можно считать равной удельной теплоемкости воды, удельная теплота плавления льда  $336 \text{ кДж/кг}$ , теплообменом с окружающей средой пренебречь. Найдите минимальное количество кусочков льда, необходимых для понижения температуры напитка таким способом ниже  $30^{\circ}\text{C}$ . Определите массу сахара в чае после его охлаждения.

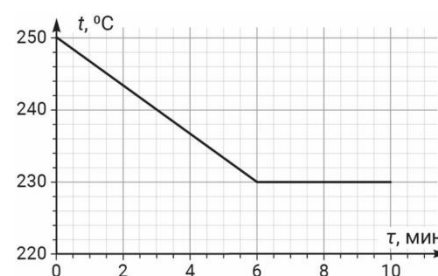
11. В теплоизолированный сосуд налит некоторый объем воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . В воду погрузили закрытую пробирку с шариком льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Как только лед растаял пробирку вынули, а воду быстро перемешали. При этом оказалось, что температура воды понизилась на  $1^{\circ}\text{C}$ . Затем талую воду из пробирки добавили в сосуд. Какая температура воды установится в сосуде, если взять еще 5 таких же шариков и друг за другом бросить их прямо в сосуд? Теплоемкостью сосуда и пробирки пренебречь.

12. «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  $100^{\circ}\text{C}$  в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до  $60^{\circ}\text{C}$ . Какой станет температура, если к имеющимся «уликаам» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика  $0^{\circ}\text{C}$ , удельная теплота плавления снега  $\lambda=330 \text{ кДж/кг}$ , удельная теплоемкость воды  $c=4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{C}^{\circ})$



13. В калориметре находится лёд при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . В него добавляют  $50 \text{ г}$  воды, имеющей температуру  $30^{\circ}\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $-2^{\circ}\text{C}$ . Определите первоначальную массу льда в калориметре. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

14. В поисках смысла жизни теоретик Баг проник в лабораторию своих коллег. Он обнаружил там установку, измеряющую температуру некой жидкости, и начал следить за экспериментом. Через 10 минут, когда уже вовсю шёл процесс кристаллизации, Бага спугнули внезапно вернувшиеся хозяева лаборатории, и он вылез в окно, прихватив с собой только полученный график зависимости температуры загадочной субстанции от времени.

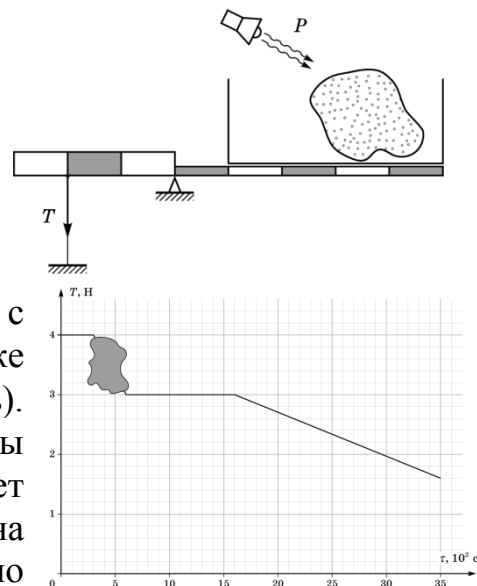


- 1) Определите температуру плавления загадочной субстанции. Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.
- 2) Теоретически, мощность отвода тепловой энергии этой установки составляет  $N = 22 \text{ Вт}$ . Какое количество теплоты потеряла субстанция от начала

наблюдения до начала кристаллизации? Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

- 3) Позже Баг узнал, что в руки коллегам попало вещество с удельной теплоёмкостью  $c = 220 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ . Определите массу загадочного вещества. Ответ выразите в килограммах, округлите до десятых.
- 4) Также Баг узнал, что удельная теплота плавления вещества  $\lambda = 60 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Сколько времени продолжалась кристаллизация после побега Бага? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

15. 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;  $m = 0,2 \text{ кг}$
- 2) мощность  $P$ , с которой нагревали содержимое сосуда;  $P = 115 \text{ Вт}$
- 3) начальную температуру  $t_0$  льда.  $t_0 = -81^\circ\text{C}$

## Занятие 9. Испарение и конденсация.

### I. Вопросы (блиц):

1. Когда при ходьбе снег прилипает к подошве? А когда скрипит? Почему?
2. Алмаз разделили на две части. Цена получившихся бриллиантов пропорциональна квадрату (кубу) их массы. В каком случае общая цена бриллиантов будет минимальной?  $m = M/2$  Показать производную?
3. 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
4. Кусок льда массой 2 кг при температуре  $-20^\circ\text{C}$  нагрели, сообщив ему  $10^6 \text{ Дж}$  теплоты. Определите температуру вещества после нагревания.  $28^\circ\text{C}$
5. Почему перед началом хоккейного матча судья всегда достаёт шайбу из холодильника?
6. При температуре  $0^\circ\text{C}$  вода может быть либо жидкостью, либо твердым телом – льдом. Почему?

7. Когда начинаются морозы, влажная почва, в том числе и в горах, промерзает вглубь меньше, чем сухая. Почему?

## II. Задачи (блиц):

- В калориметр с водой массой 1 кг опустили мокрый снег. Масса снега 250 г, начальная температура воды  $20^{\circ}\text{C}$ . После плавления снега температура воды в калориметре стала равной  $5^{\circ}\text{C}$ . Сколько воды содержалось в снегу? 77
- Сколько времени потребуется, чтобы разморозить мамонта  $M = 8$  т, если на размораживание индейки  $m = 5$  кг в естественных условиях требуется 2 дня? 25
- В теплоизолированном сосуде под легким поршнем находится смесь воды со льдом при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Площадь поршня  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Вблизи дна цилиндра находится нагревательный элемент мощностью  $P = 3$  кВт. В какую сторону и с какой скоростью будет перемещаться поршень при плавлении льда? 0,1 мм/с
- В калориметр, содержащий 1,7 кг воды при  $100^{\circ}\text{C}$ , 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

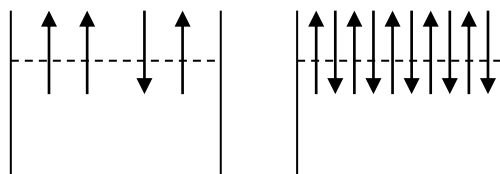
## III. Два способа парообразования: испарение и кипение.

**Парообразование с поверхности жидкости называется испарением.**

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

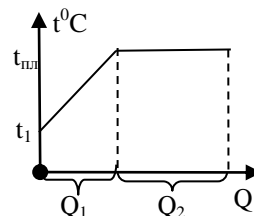
Скорость испарения жидкости зависит:

- От рода жидкости.
- От температуры жидкости.
- От площади свободной поверхности жидкости.
- От скорости ветра над поверхностью жидкости.
- 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  $100^{\circ}\text{C}$  давление насыщенного водяного пара 760 мм.рт.ст.  $\approx 101$  кПа, а его плотность  $598$  г/м<sup>3</sup>.

**Кипение** – парообразование по всему объему жидкости. При кипячении из воды выходит весь газ. Температура, при которой жидкость кипит, называется температурой кипения ( $t_{\text{кип}}$ ). Изменение атмосферного давления на 20 мм.рт.ст. соответствует изменению температуры кипения на  $0,7^{\circ}\text{C}$ .



**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:

$$Q_{\text{пар}} = mr.$$

## IV. Задачи (блиц):

- Находившаяся в стакане вода массой 200 г полностью испарилась за 20 сут. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 с?  $3,8 \cdot 10^{18}$

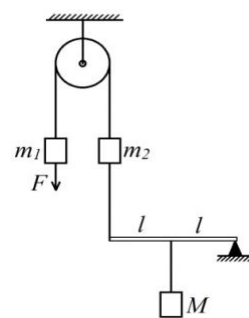
- В теплоизолированном сосуде лежит кусок льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . В сосуд небольшими порциями начинают впускать пар при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  до тех пор, пока в нем не окажется  $100\text{ г}$  воды при  $100^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты пар передаст содержимому сосуда?  $57\text{ кДж}$
- В калориметр, содержащий  $m_1 = 2\text{ кг}$  воды при температуре  $t_1 = 5^{\circ}\text{C}$ , положили кусок льда, масса которого  $m_2 = 5\text{ кг}$  и температура  $t_2 = -40^{\circ}\text{C}$ , и впустили  $m_3 = 0,5\text{ кг}$  водяного пара при температуре  $t_3 = 100^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру калориметра после завершения процессов теплообмена.  $0^{\circ}\text{C}$

### Олимпиада:

- После прошедшего града на натянутой горизонтальной прочной сетке с шириной ячейки  $4\text{ мм}$  остались градины разного размера. Градины диаметром  $5\text{ мм}$  провалились через ячейки через  $10\text{ мин}$ . Через какое время провалятся через ячейки градины диаметром  $2,5\text{ см}$ ? Считайте, что выпавший град имеет температуру  $0^{\circ}\text{C}$ , все градины имеют шарообразную форму, нити, из которых изготовлена сетка, очень тонкие и очень плохо проводят тепло.  $3,5\text{ ч}$ .

Радиус градины будет убывать с постоянной скоростью:  $\rho S \Delta R = \alpha S \Delta t / \lambda$ .

- 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  $m_1 = 1\text{ кг}$ ,  $m_2 = 2\text{ кг}$ ,  $M = 3\text{ кг}$ . Трение в оси блока нет.  $25\text{ Н}$

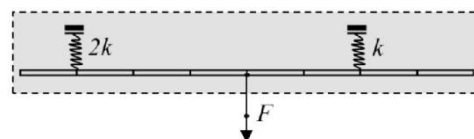


- В воде с температурой  $0^{\circ}\text{C}$  плавает ледяной куб массой  $1,5\text{ кг}$ , в котором есть полость объемом  $12\text{ см}^3$ . В полость очень медленно наливают ртуть с температурой  $t$ . Точно в тот момент, когда полость заполняется ртутью, ледяной кубик уходит на дно. Найти температуру ртути, наливаемой в полость. Когда лед с ртутью тонет, плотность куска равна плотности воды.  $14\text{ г}$ .  $13,5^{\circ}\text{C}$

### Олимпиада:

- В калориметре смешали  $m_1 = 60\text{ г}$  льда при температуре  $t_1 = -15^{\circ}\text{C}$  и  $m_2 = 30\text{ г}$  водяного пара при температуре  $t_2 = +100^{\circ}\text{C}$ . Чему равна масса воды в системе после установления теплового равновесия? Примечание. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебрегите. Удельная теплоёмкость воды  $c_v = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 330\text{ кДж}/\text{кг}$ . Удельная теплота парообразования воды  $\gamma = 2300\text{ кДж}/\text{кг}$ . Ответ:  $80\text{ граммов}$ .

- Внутри черного ящика на двух легких пружинах жесткостью  $2$  и подвешена легкая палочка. Пружины работают как на растяжение, так и на сжатие. Чему равна эффективная жесткость черного ящика, если внешнюю силу прикладывают к нерастяжимой нити, выходящей наружу. Нить привязана к палочке в точке, указанной на рисунке. Чему равна максимальная и минимальная эффективная жесткость данного черного ящика, если точку крепления нити можно смещать вдоль палочки? Считайте, что деформации пружин настолько малы, что пружины остаются вертикальными.



3. Инженер проводит серию экспериментов, в которых сосуд с водой при комнатной температуре, равной  $25^{\circ}\text{C}$ , 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  $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{C})$ , удельная теплота парообразования воды  $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$ , 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  $100^{\circ}\text{C}$ , количество воды в сосуде в начале каждого эксперимента одинаково. 1,3 кВт.

*Вопросы (блиц):*

1. Почему лед, полученный из кипяченой воды прозрачен, а из не кипяченой воды – нет?
2. При какой температуре происходит испарение?
3. Почему лампочка накаливания со временем темнеет?
4. 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?
5. Почему говорят, что если белый след тянется за самолетом через все небо, то следует ждать ухудшения погоды?
6. 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.

## **Занятие 10. Влажность.**

**I. Вопросы (блиц):**

1. Лунная пыль оказалась настолько сухой, насколько это вообще возможно. Почему?
2. 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
3. Каким образом морские корабли оставляют следы в облаках?
4. Учащенное дыхание — очень эффективный способ избавления от лишнего тепла, если ваши размеры невелики. Как это понимать?
5. Почему на морозе с ветром нос быстрее замерзает, чем на морозе без ветра?

- Какими способами можно охладить воду в бутылке, и какой, из них самый быстрый? Самый экономичный?
- Почему подпрыгивает крышка чайника во время кипения?
- В старину людей удивляло, что почти одним и тем же движением губ можно и согреть руки и остудить чай. Как объясните это вы?
- В условиях невесомости телам космонавтов становится очень сложно избавиться от лишнего тепла. Почему?

## II. Задачи (блиц):

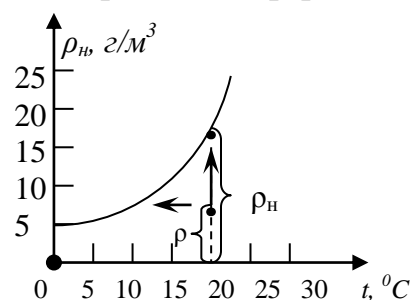
- Приготовление пищи в кастрюле-скороварке ведется при температуре  $108^{\circ}\text{C}$  и повышенном давлении. Какая часть воды испарится после разгерметизации скороварки. Атмосферное давление нормальное, теплообменом при установлении теплового равновесия пренебречь. 1,5 %
- С какой минимальной скоростью влетает железное метеорное тело в атмосферу Земли, если при этом оно испаряется? Испарение метеорного тела происходит достаточно быстро. Его начальная температура  $-269^{\circ}$ ; температура плавления  $1535^{\circ}\text{C}$ ; температура кипения  $3050^{\circ}\text{C}$ ; удельная теплота испарения  $6300 \text{ кДж/кг}$ ; удельная теплоемкость  $640 \text{ Дж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ; удельная теплота плавления  $270 \text{ кДж/кг}$ .  $4 \text{ км/с}$
- В оставленном над костром котелке кипит вода. Масса воды в котелке убывает со скоростью  $1,6 \text{ г/мин}$ . Пошел сильный дождь, при этом масса воды в другом таком же котелке, стоящим в стороне от костра, начала увеличиваться со скоростью  $1 \text{ г/мин}$ . С какой скоростью начала увеличиваться или уменьшаться масса воды в котелке над костром? Температура дождевых капель равна температуре воздуха  $20^{\circ}\text{C}$ .  $1,45 \text{ г/мин}$

## III. Абсолютная влажность воздуха ( $\rho$ ) – 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 ( $r$ ):** 
$$r = \frac{\rho}{\rho_n} 100\%.$$



Как можно увеличить относительную влажность воздуха?

- Испарение.** Существует предельная масса воды, которую при данной температуре можно испарить в помещении!
- Уменьшение объём сосуда, содержащего влажный воздух, при неизменной температуре:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

- Понижение температуры воздуха** (на примерах):  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho_1 = 10 \text{ г/м}^3$ ;  $\rho_1 = 17,54 \text{ г/м}^3$ ,  $r_1 = 57\%$ ;  $t_2 = 15^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho_n = 12,8 \text{ г/м}^3$ ,  $r_2 = 78\%$ .

**Точка росы ( $t_p$ )** – 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?

## IV. Задачи (блиц):



1. Температура воздуха  $23^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха 45%. Найти упругость водяного пара и точку росы.  $9,3 \text{ г/см}^3 \cdot 10^{\circ}\text{C}$
2. Найти относительную влажность воздуха в комнате при  $18^{\circ}\text{C}$ , если точка росы  $10^{\circ}\text{C}$ . 58%
3. Относительная влажность воздуха в комнате при температуре  $16^{\circ}\text{C}$  составляет 65%. Как изменится она при понижении температуры до  $12^{\circ}\text{C}$ ? 84%
4. Температура воздуха  $20^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 60%. При какой температуре выпадет роса?  $12^{\circ}\text{C}$
5. При какой максимальной влажности воздуха в комнате бутылка молока, взятая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике  $5^{\circ}\text{C}$ , а в комнате  $25^{\circ}\text{C}$ . 37%
6. 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

**Дополнительная информация.** Почему при высокой температуре мы чувствуем себя плохо? Индекс дискомфорта =  $0,81 \cdot t + 0,01 \cdot r \cdot (0,99 \cdot t - 14,3) + 46,3$ . 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. Насыщенный водяной пар при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  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  $17^{\circ}\text{C}$  относительная влажность воздуха составляет 60%. При умеренной физической нагрузке через легкие человека проходит 15 л воздуха за 1 мин. Выдыхаемый воздух имеет температуру  $34^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность 100%. Какую массу воды теряет тело человека за 20 минут за счет дыхания? 8,7 г
3. Туман 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. 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. Почему запотевают очки, когда человек с мороза входит в комнату?
4. 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?

5. Назовите условия возникновения тумана.
6. Почему, когда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  ешь мороженое, пар изо рта начинает идти сильнее?

### Разное

1. Воздух в комнате объемом  $50\text{ м}^3$  имеет температуру  $27^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность  $30\%$ . Сколько времени должен работать увлажнитель воздуха, распыляющий  $2\text{ кг}$  воды в час, чтобы относительная влажность в комнате повысилась до  $70\%$ ?

### Олимпиада:

1. Лестница длиной  $4\text{ м}$  приставлена к гладкой стене под углом  $60^{\circ}$  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.  $\approx 1,4\text{ м}$

## Занятие 11. Решение задач.

### I. Вопросы (блиц):

1. Почему роса вечером бывает теплее, чем утром?
2. Сын втрое моложе отца. Когда сын родился, отцу было  $24$  года. Сколько лет сыну?  $12$
3. Почему «взрываются» зерна кукурузы при приготовлении попкорна?
4. Можно ли с помощью электроплитки и термометра (часов) определить, в какой емкости находится соленая вода, а в какой – пресная вода?
5. Почему кипящее масло обжигает сильнее, чем кипящая вода?
6. Можно ли довести воду до кипения, подогревая ее стоградусным паром при нормальном атмосферном давлении?
7. Если открыть бутылку с газированной водой, которую вы охлаждали в морозильнике, и часть ее успела превратиться в лед, то вас обольет струями газировки. Почему?
8. Почему происходит извержение гейзеров?
9. В чайник налили  $2\text{ л}$  воды при комнатной температуре и поставили его на электрическую плиту. Когда через  $10\text{ мин}$  вода закипела, в чайник добавили ещё некоторое количество такой же воды. После этого вода вновь закипела через  $5\text{ мин}$ . Какой объём воды добавили в чайник? Мощность электрической плиты постоянна, тепловыми потерями можно пренебречь.  $1\text{ л}$
10. 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?
11. 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. Сколько воды выделится из кубического метра воздуха, если при  $20^{\circ}\text{C}$  его относительная влажность равна  $90\%$ , а температура понизилась до  $15^{\circ}\text{C}$ ?  $2,8\text{ г}$

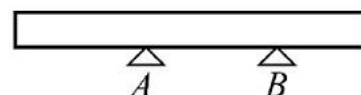
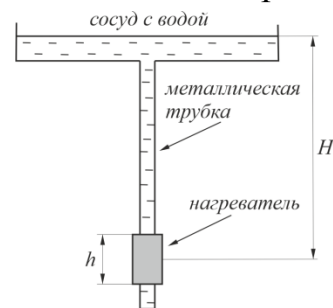
- В сауне объемом  $10 \text{ м}^3$ , разогретой до  $100^\circ\text{C}$ , установилась влажность  $30\%$ . В сауне расплескали  $2 \text{ л}$  воды, но температура не изменилась. Какой теперь может стать влажность?  $63\%$
- В каждом кубическом метре воздуха вечером при температуре  $18^\circ\text{C}$  содержалось  $8,2 \text{ г}$  водяных паров. Выпала ли роса ночью, когда температура воздуха понизилась до  $12^\circ\text{C}$ ? Плотность насыщенного водяного пара при  $18^\circ\text{C}$  равна  $15,3 \text{ г/м}^3$ , при  $12^\circ\text{C}$  –  $10,6 \text{ г/м}^3$ . Не выпадет, влажность станет  $77\%$
- В сосуд объемом  $5$  кубических метров внесли блюдце с  $200 \text{ г}$  воды. Никаких водяных паров изначально в сосуде не было. Сосуд герметично закрыли и дождалась установления равновесия. Температура в сосуде  $25^\circ\text{C}$ , плотность насыщенного пара воды при этой температуре  $23 \text{ г/м}^3$ . Найдите массу воды, оставшуюся на блюдце.  $188,5 \text{ г}$

### III. Задачи (блиц):

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

### IV. Олимпиада:

- Школьник собирается вскипятить воду объемом  $1 \text{ л}$ , температура которой равна  $25^\circ\text{C}$ , разделив её на две части, в двух электрических чайниках. Вместимость каждого чайника составляет  $1 \text{ л}$ , мощности чайников –  $1 \text{ кВт}$  и  $1,5 \text{ кВт}$ . За какое минимальное время можно вскипятить всю воду? Плотность воды равна  $1000 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоёмкость воды равна  $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ . Ответ выразите в секундах, округлите до целого числа. Ответ.  $126$ .
- 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  $H = 10 \text{ м}$ , площадь сечения трубки  $S = 10 \text{ см}^2$ , мощность нагревателя  $P = 1 \text{ кВт}$ , длина нагреваемой им части трубки  $h = 20 \text{ см}$ . Плотность воды  $\rho \approx 1000 \text{ кг/м}^3$ , ее удельная теплоемкость  $c \approx 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ , атмосферное давление  $p_0 \approx 10^5 \text{ Па}$ .  $8 \text{ мин}$
- Однородная доска длиной  $\ell$  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



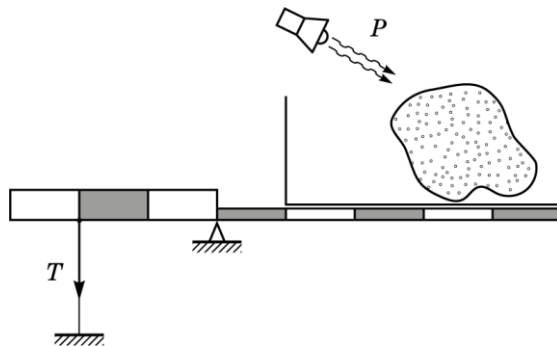
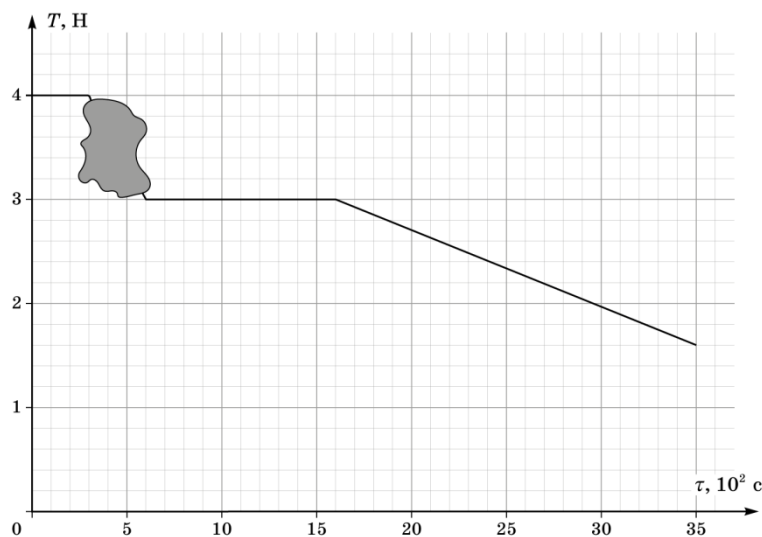
нарушится. Если же положить этот груз справа от опоры В, то доска сохраняет равновесие, независимо от расстояния между В и грузом. На каком расстоянии  $b$  от правого конца доски может находиться опора В?  $l/4$

**Вопросы (блиц):**

1. Почему пар обжигает сильнее воды той же температуры?
2. Почему гаснет свеча в сильной струе воздуха?
3. Почему в вагонах трамвая иней образуется главным образом на стеклах и на различных металлических частях?
4. Почему эпидемия гриппа регулярно происходит в зимнее время года (воздушно-капельный путь передачи инфекции)?
5. Как ускорить закипание воды в чайнике?

**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. На неоднородном рычаге, установленном на опору, стоит вертикальный сосуд прямоугольного сечения. Слева рычаг привязан тонкой невесомой нитью к жесткому основанию. 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). Отметки на рычаге делят его на 8 равных по длине частей. Боковая грань сосуда параллельна плоскости рисунка. Определите, что произошло в конце



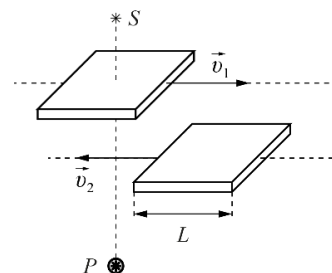
утерянного участка графика (момент перелома). А также найдите:

- 1) массу  $m$  куска льда; 0,2 кг
- 2) мощность  $P$ , с которой нагревали содержимое сосуда; 115 Вт.
- 3) начальную температуру  $t_0$  льда.  $-81^\circ\text{C}$ .

Справочные данные: удельная теплоёмкость льда  $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ , удельная теплота плавления льда  $330 \text{ кДж}/\text{кг}$ , удельная теплота парообразования воды  $2300 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

3. 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  $T_2 = 4^\circ\text{C}$ , Константин стал ждать, когда чай с молоком остынет до  $T_{\text{ком}} = 50^\circ\text{C}$ . 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  $\Delta T = T - T_{\text{ком}}$  – разница температур жидкости,  $t$  – время остывания от температуры  $T$  до  $T_{\text{ком}}$ ,  $\alpha = 1,6^\circ\text{C}/\sqrt{\text{с}}$  – постоянный коэффициент.

4. Между источником сигнала  $S$  и приёмником  $P$  перпендикулярно соединяющей их прямой движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями две пластины длиной  $L = 1 \text{ м}$ . 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  $t_1 = 3 \text{ с}$  зажглась жёлтая лампочка, затем  $t_2 = 3 \text{ с}$  горела красная, а потом в течение  $t_3 = 1 \text{ с}$  – опять жёлтая. Определите, за какое время  $\tau$  одна пластина проезжает мимо другой.



## Занятие 12. Тепловые двигатели.

### I. Вопросы (блиц):

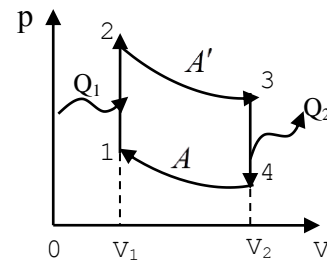
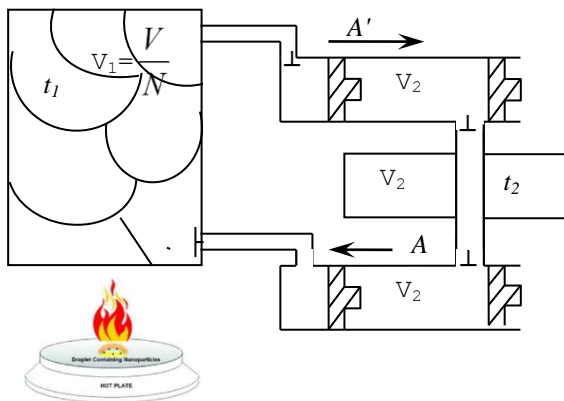
1. Почему удельная теплота испарения вещества линейно зависит от температуры?
2. На третий этаж Женя поднялся за 2 минуты. Сколько времени у него займет подъем на девятый этаж? 8 минут
3. Есть 10 мешков с монетами, в 9 из них монеты по 10 г каждая, а в одном фальшивые по 9 г каждая. Есть весы, которые показывают общий вес положенных на них монет. За какое минимальное число взвешиваний можно найти мешок с фальшивыми монетами? 3
4. Почему на морозе газовая зажигалка дает тусклое пламя или вообще его не дает?
5. Почему кипящая вода течет из крана не сразу, а через некоторое время?
6. Как отразится невесомость в космическом корабле на процессе кипячения воды?
7. Сумма двух чисел равна 51. Найдите меньшее из этих чисел, если 30% одного равно 60% другого. 17
8. Почему во влажной парилке выдержать высокую температуру невозможно?
9. Почему нагревается атмосфера?

10. Добро пожаловать в космос, где вы вскипите и замерзнете одновременно! Что будет, если выйти в открытый космос без скафандра?

**II. Задачи (блиц):**

1. Масса воды в чашке 200 г, площадь поверхности воды 30 см<sup>2</sup>, ее температура 100°C. Считая, что весь поднимающийся над чашкой пар имеет температуру 100°C и плотность 0,58 кг/м<sup>3</sup>, 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<sup>3</sup> при температуре 25°C. В него выливают дробь, состоящую из капелек расплавленного свинца, общей массой 1 кг и температурой 500°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°C? 0,55 кг

**II.** Перевести работу в теплоту можно со стопроцентной эффективностью — вы делаете это каждый раз, когда нажимаете на педаль тормоза в своем автомобиле. 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:**  $A_{пол} = A' - A = Q_1 - Q_2 = N \cdot t = F \cdot S$ .

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

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

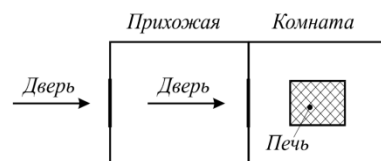
**IV. Задачи (блиц):**

1. Тепловая машина выполняет работу по подъему ящиков. Она состоит из цилиндрического сосуда с легким поршнем, под которым находится кипящая вода при температуре несколько больше 100°C. 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<sup>5</sup> Па, площадь поршня 0,5 м<sup>2</sup>. 0,02%

Паровой поршень обеспечивал такую мощность, что шахтерам удавалось поднять воду на высоту до 45 м! В насосе Ньюкомена поршень поднимается и опускается в зависимости от флуктуаций давления пара, причем обе стадии реализуются в одном и том же пространстве —

внутри цилиндра. Но, может быть, это неразумно? Уатт понял, что стоит выводить пар и конденсировать его в другом месте, в специальной охлаждающей камере. Выведение пара в нужный момент приводит к переходу поршня в нижнее положение, но при этом цилиндр остается горячим, и исчезает проблема конденсации пара.

2. В некотором доме стенки, крыша и пол изготовлены из полностью теплоизолирующих материалов. Теплопроводящими являются только двери. В комнате установлена печь, выделяющая постоянную мощность  $P$ .



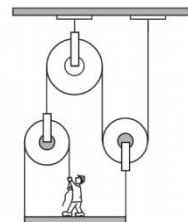
Если дверь между комнатой и прихожей открыта, а на улицу закрыта, то по всему дому устанавливается температура  $t_1 = 8^\circ\text{C}$ . Какая температура установится в комнате и прихожей, если закрыть обе двери? Температура воздуха на улице  $t_2 = -10^\circ\text{C}$ .  $t_{\text{пр}} = 8^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{ком}} = 26^\circ\text{C}$ .

### Олимпиада.

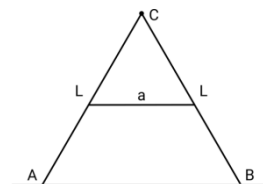
1. В котле паровоза вода с начальной температурой  $20^\circ\text{C}$  доводится до кипения, испаряется и в пароперегревателе нагревается до  $300^\circ\text{C}$ . Перегретый пар поступает в паровую машину, коэффициент полезного действия которой равен 30%. Чему равна мощность паровой машины, если расход воды равен  $7,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ? Ответ дайте в МВт, округлив до целых. Удельная теплоёмкость воды —  $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , удельная теплота парообразования воды —  $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$ , средняя теплоёмкость водяного пара в диапазоне  $100\text{--}300^\circ\text{C}$  равна  $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .  
 Ответ: 2 МВт.

2. В теплоизолированном сосуде содержатся равные массы воды и льда при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . В сосуд добавляют лед, масса которого в 5 раз больше суммарной массы воды и льда, первоначально находившихся в нем. Температура добавленного льда равна  $t_1 = -30^\circ\text{C}$ . Какая температура  $t$  установится в сосуде? Теплоемкостью сосуда пренебречь.  $261,5 \text{ К}$

3. Человек 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



4. Человек ростом  $h = 1,7 \text{ м}$  и массой  $M = 60 \text{ кг}$  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  $L = 2 \text{ м}$  и массу  $m = 3 \text{ кг}$ . От раздвигания лестницу удерживает лёгкий шнур длиной  $a = 1 \text{ м}$  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]

Вопросы (блиц):

1. Почему тепловой двигатель не может работать без холодильника?
2. За счет какой энергии совершается работа по перемещению ртути в термометре при измерении температуры у человека?
3. Почему очищают котлы от накипи?
4. Почему при низких температурах двигатели самолетов развивают большую мощность (все рекорды установлены зимой)?
5. Какими способами можно увеличить силу тяги реактивного двигателя?

### 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

## Занятие 13. Электрический заряд.

### I. Вопросы (блиц):

1. Как зависит КПД турбины от начальных параметров пара?
2. 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?  $3 \times 8 + 1$  (найдется)
3. 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
4. Чем объяснить, что двигатели внутреннего сгорания имеют более высокий КПД, чем паровые машины?
5. Тепловая 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%?
6. Какими способами можно увеличить силу тяги воздушно-реактивного двигателя?
7. Когда работа автомобильного двигателя эффективней - зимой или летом?

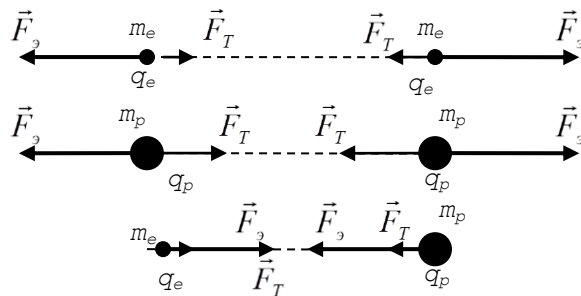
### II. Задачи (блиц):

1. Двигатель макси скутера Yamaha 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  $m = 4,6 \cdot 10^3$  кг трогается с места на подъеме с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  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. При движении автомобиля при воспламенении горючей смеси образуются газы, температура которых  $650^\circ\text{C}$ , а температура совершивших работу газов  $410^\circ\text{C}$ . Определите силу тяги автомобиля, если на расстоянии 12 км израсходовано 0,8 кг топлива с удельной теплотой сгорания 40 МДж/кг. КПД 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.



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  $= e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Воображаемое взаимодействие двух протонов:  $q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Воображаемое взаимодействие электрона с протоном. Два вида электрических зарядов:  $q_e = -1$  элементарный заряд  $= -e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Одноименно заряженные частицы отталкиваются друг от друга, а разноименно заряженные – притягиваются друг к другу.

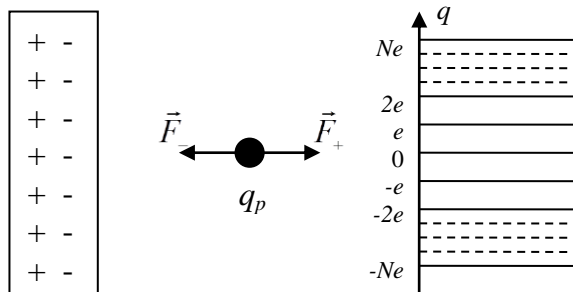


Воображаемое взаимодействие двух нейтронов. Нейтроны не обладают электрическим зарядом. *Вопрос:* Частица может быть без заряда, а заряд без частицы...?

**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:  $(q = N \cdot e)$ , где  $N$  – целое число.

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

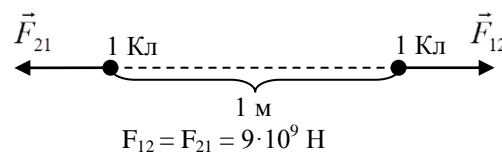


Закон сохранения электрического заряда:  $q_1 + q_2 + \dots + q_N = q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N$

Электрический заряд не создается и не уничтожается!

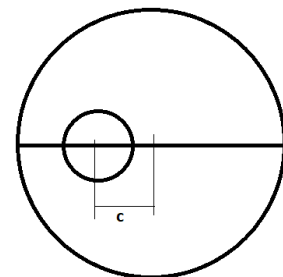
**Закон Кулона.** Два неподвижных точечных заряда  $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

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:  $k = 9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.



**IV. Задачи (блиц):**

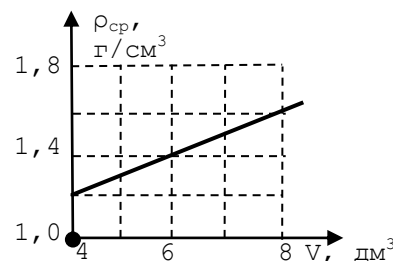
1. Эбонитовая палочка получила заряд  $-1,6 \cdot 10^{-6}$  Кл. Определите число избыточных электронов на ней.  $10^{13}$
2. Два одинаковых металлических шарика с зарядами 4 нКл и -10 нКл привели в соприкосновение и после этого раздвинули. Какие заряды будут на шариках после этого? -3 нКл



**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  $\rho = 2,2 \text{ г/см}^3$ , 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  $\rho_0$ . 14 л, 0,8 г/см<sup>3</sup>



Вопросы (блиц):

1. Если резиновой трубкой (шлангом) ударить по столу, то она электризуется. Почему?
2. Почему кошка зимой не любит, чтобы ее гладили?
3. Можно ли на концах стеклянной палочки получить два одновременно существующих разноименных заряда?
4. При бурении скважины неожиданно вырывается мощный фонтан нефти, который почти сразу воспламеняется. Можно ли предотвратить это явление?
5. Почему не рекомендуется перевозить бензин в полиэтиленовых канистрах?

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  $4,3 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ . 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<sup>2</sup>. В установившемся режиме разность температур воды на входе и на выходе системы охлаждения составляет 20<sup>0</sup>С. Найти скорость течения воды в трубке. 0,18 м/с

## Занятие 14. Электрическое поле.

I. Вопросы (блиц):

1. Баллончики с гелием для надувания воздушных шаров нельзя использовать вблизи линий высокого напряжения и во время грозы. Почему?
2. После того, как сделали 72 распила, получилось 90 поленьев. Сколько бревен было распилено? Сколько распилов было на одном бревне? 18. 4
3. 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

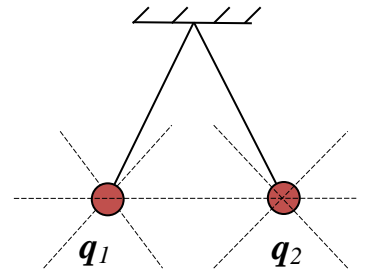
доля Кисы, если бы Остап взял себе на 50% больше? Уменьшилась на 75%

- Среднее время жизни молнии порядка 0,002 с. Сила тока в канале молнии около 20 кА. Какой заряд проходит по каналу? 40 Кл
- Заряд электрона равен: 1) -16 нКл; 2) -1,6 пКл; 3) -0,16 аКл; 4) -1600 фКл.
- Телефон с аккумулятором емкостью 3600 мА·ч полностью зарядился за 2 часа. Какой заряд получил аккумулятор за первые 50 секунд? 90 Кл
- В лужу, имевшую заряд  $+25 \cdot q$ , упали 34 дождевые капли с зарядом  $-q$  каждая. Каким стал электрический заряд лужи после дождя?

### II. Задачи (блиц):

- 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
- Какой заряд имел бы шарик из железа массой 1 г, если бы удалось удалить из него миллионную долю содержащихся в нем электронов? 1,7 мКл
- С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга? 1 мН

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



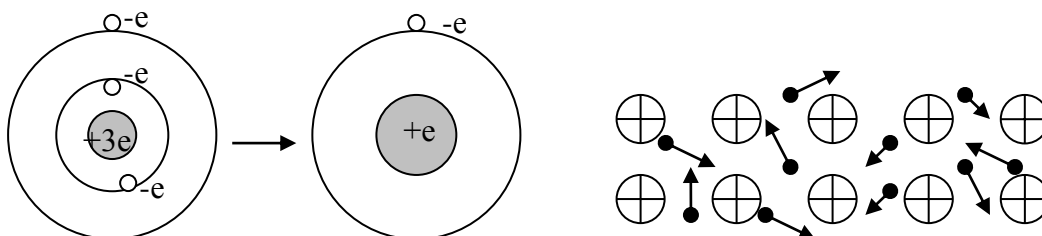
### Свойства поля:

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

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

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

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



**положительный однозарядный ион лития и электрон.** Хаотическое движение свободных электронов в металле. 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):

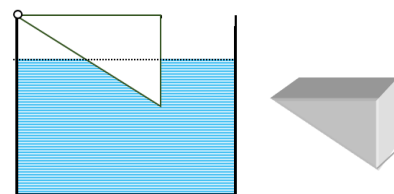
1. Металлический шар радиусом  $r = 0,1$  м несёт заряд  $q = 314$  нКл. Какова поверхностная плотность заряда  $\sigma$ ?  $25 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>
2. Шарик массой  $m = 5$  г с зарядом  $q = 0,5$  мкКл висит на нити с коэффициентом упругости  $k = 150$  Н/м. При включении горизонтального однородного электрического поля нить отклоняется от вертикали и после установления равновесия оказывается удлинённой на  $\Delta l_1 = 1$  мм по сравнению с её длиной без электрического поля. Чему равна напряжённость  $E$  электрического поля? Ответ:  $3,9 \cdot 10^5$  Н/Кл.
3. Чему равен диаметр капельки масла в опыте Милликена, когда она несёт на себе один избыточный электрон, если её можно удержать от падения электрическим полем напряжённостью  $1 \cdot 10^4$  В/м?  $0,37 \cdot 10^{-4}$  см
4. Медная монета массой 5 г обладает положительным зарядом 0,8 мкКл. Какую долю своих электронов потеряла монета?  $1,05 \cdot 10^{-10}$

#### Олимпиада.

1. 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.



2. Однородный 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<sup>3</sup>. Центр тяжести прям. треугольника  $(2/3)a$ ;  $312$  г/см<sup>3</sup>



3. 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<sup>3</sup>

#### Вопросы (блиц):

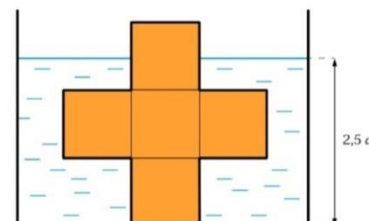
1. Как можно обнаружить электрическое поле?
2. Как доказать, что электрическое поле обладает энергией?
3. Свободно плавающий в воздухе мыльный пузырь наэлектризовали. Как изменился его радиус? увеличиться
4. Перечислите и опишите действия (используемые материалы и методику), при

которых маленький металлический шар зарядится положительно без прикосновения к заряженному телу.

5. На каких опытах можно доказать, что электрическое поле действует с силой на другие заряженные тела?
6. Почему расходятся листочки электроскопа, если его головки коснутся заряженным телом?
7. Действует ли гравитационное поле на электрическое поле?

### 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  $700 \text{ кг/м}^3$ . Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ . С какой силой вода и атмосфера действуют на фигурку? С какой силой фигурка давит на дно? 247,5 Н; 512 Н



### Занятие 15. Электрический ток.

#### I. Вопросы (блиц):

1. Как надо поступить, чтобы наэлектризовать металлический стержень?
2. 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
3. Один металлический шар заряжен положительно, другой - отрицательно. Как изменится масса шаров после их соприкосновения?
4. Каким образом, имея в распоряжении два одинаковых заряженных металлических шарика, можно изменить заряд одного из них в 4 раза?
5. Почему сближаются листочки заряженного электроскопа, если к его шартику поднести руку?
6. Почему заряженная металлическая гильза на шелковой нити притягивается к руке?
7. Что произойдет после того, как ученик прикоснется к отрицательно заряженному металлическому шару?

#### II. Задачи (блиц):

1. Маленький шарик массой  $m = 0,3 \text{ г}$  подвешен на тонкой шелковой нити и имеет заряд  $q_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ . Каким станет натяжение нити, если снизу к заряду  $q_1$  поднести на расстояние  $r = 0,3 \text{ м}$  другой шарик с одноименным электрическим зарядом  $q_2 = 50 \text{ нКл}$ ? 1,44 мН
2. Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити и помещен в однородное электрическое поле напряженностью  $10^6 \text{ Н/Кл}$ , направленное горизонтально. На какой угол отклонится нить от вертикали, если заряд шарика  $10^{-8} \text{ Кл}$ ? Как измерить электрическую силу? 26,6°
3. Электрон движется в конденсаторе в направлении силовой линии. Какая сила  $F$  действует на него, если он снизил скорость от  $v_1 = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$  до  $v_2 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$  за микросекунду? Масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ . Ответ:  $4,5 \cdot 10^{-19} \text{ Н}$

**III.** Что такое электрический ток? Электрический ток обеспечивает коммуникацию людей, плавку металлов, производство химических соединений, работу станков. Так, в автомобиле он запускает коленчатый вал двигателя, поджигает рабочую смесь, освещает дорогу, контролирует работу агрегатов и электропривода, создает звуковые сигналы. Электрическую энергию вырабатывают на электрических станциях (ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, 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 (обозначение на схемах). **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;
- световые (фотоэлектрические) – солнечные батареи и фотоэлементы;
- химические – гальванические элементы и аккумуляторы.

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

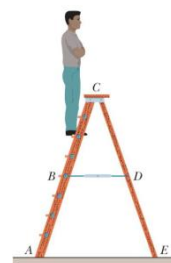
**Источник тока** — контакт металлов, то есть металлы не просто проводники, а «двигатели» электричества.

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

**Сила электрического тока (I)** – свойство тока переносить электрический заряд, измеряемое отношением перенесенного за данный промежуток времени заряда, к этому промежутку времени:  $I = q/t$ . **Единица силы тока в Си:**  $1 \text{ А} = 1 \text{ Кл}/1 \text{ с}$ .

#### 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  $V = 22 \text{ млн. м}^3$ , высота подъема воды  $H = 8 \text{ м}$  и вода расходуется в течение времени  $t = 5 \text{ ч}$ . Ответ:  $100 \text{ МВт}$
2. Ширина ленты генератора Ван де Граафа  $d = 20 \text{ см}$ . Заряженный участок ленты движется вертикально вверх со скоростью, модуль которой  $v = 10 \text{ см/с}$ . Поверхностная плотность избыточных зарядов на ленте  $\sigma = 40 \text{ мкКл/м}^2$ . Определите направление и силу электрического тока, обусловленного движением ленты.  $0,8 \text{ мкА}$



#### Олимпиада.

1. У стремянки, показанной на рисунке, опорные стороны AC и CE шарнирно скреплены в точке C и имеют одинаковую длину. Две лёгкие нити, которые связывают опорные стороны стремянки расположены на высоте вдвое меньшей, чем точка C, и имеют длину  $0,76 \text{ м}$ . 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.

- 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
2. 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:  $0,25F_A$ .  $1,25F_A$
3. Человек плывет на плоту 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?  
Почему не засоряются провода, по которым течет электрический ток?
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  $8900 \text{ кг/м}^3$ . 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.**

## **Занятие 16. Электрическая цепь.**

**I. Вопросы (блиц):**

1. В чем состоит отличие проводников от изоляторов?
2. 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.
3. 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%
4. Что является причиной, вызывающей упорядоченное движение свободных

заряженных частиц в среде? Какую роль играет источник тока?

5. Какие вы знаете источники тока?
6. Каким образом аккумулятор запасает электрическую энергию?
7. Опишите превращения энергии в цепи батарейки карманного фонаря?
8. Существуют 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  $\sigma$ ?  $2,5$  мкКл/м<sup>2</sup>
2. Два одинаковых точечных отрицательных заряда находятся в воздухе на расстоянии  $r = 0,3$  м друг от друга и взаимодействуют с силой  $F = 2,56 \cdot 10^{-5}$  Н. Определить значение этих зарядов и количество избыточных электронов на каждом заряженном теле.  $-16$  нКл.  $1 \cdot 10^{11}$
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 разделению 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 другие виды энергии.
- Электрической энергией легко можно управлять.

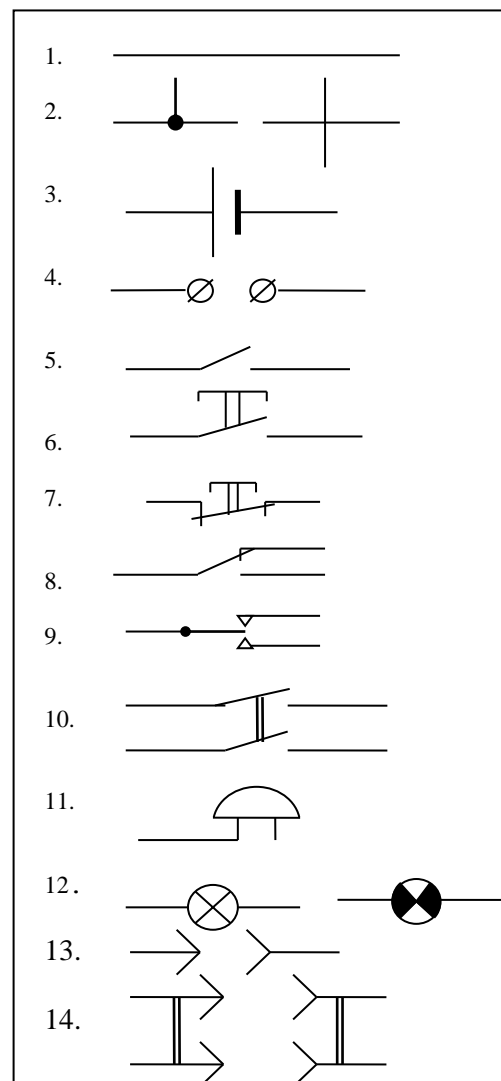
## Недостаток у электрической энергии только два:

- За нее нужно много платить!
- Нельзя долго накапливать и хранить на черный день!

Электричество - самая универсальная энергия на земле!

**Потребители электрической энергии** – устройства, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии. Чтобы включать и выключать в нужное время приемники электрической энергии, применяют ключи, рубильники, кнопки, выключатели. **Электрическая цепь** – источники тока, приемники, замыкающие устройства, соединенные между собой проводами.

Для того чтобы в электрической цепи ток мог





существовать длительное время, она должна быть замкнутой, т.е. состоять из проводящих элементов (демонстрация). **Электрическая схема** – "снимок" электрической цепи. Схема простейшей электрической цепи на доске.

**Условные обозначения**, применяемые в технике, зарисовать в тетрадь, ст. 71:

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.

### Практические указания по сборке электрической цепи.

*Вопрос.* В чем разница между понятиями «цепь» и «схема»?

### IV. Задачи:

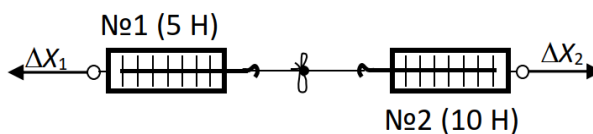
1. С каким ускорением к Земле будет двигаться тело массой  $m = 0,5$  г с электрическим зарядом  $q = 10^{-6}$  Кл в электрическом поле Земли напряжённостью  $E \approx 100$  В/м?  $10$  м/с<sup>2</sup>
2. Определить модуль и направление силы, действующей на заряд  $q_1 = 4$  нКл, помещённый посередине между двумя точечными 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 школьника 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  $\Delta X_1 = 8$  см, а потом сместил динамометр №2 вправо на  $\Delta X_2 = 4$  см. Каким после всех этих смещений стало показание динамометра №1? Считать, что пружины подчиняются закону Гука.  $3$  Н

*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. В автомобилях устанавливается сигнализация поворотов с использованием



однополюсного переключателя на три положения. Начертите схему цепи.

- Придумайте схему соединения гальванического элемента, звонка и двух кнопок, расположенных так, чтобы можно было позвонить из двух разных мест.
- Предложите систему сигнализации между двумя помещениями, используя два электрических звонка и две звонковые кнопки.
- Предложите схему электрической цепи с использованием двухполюсного переключателя.

### Олимпиада:

### Занятие 17. Сила тока.

#### I. Вопросы (блиц):

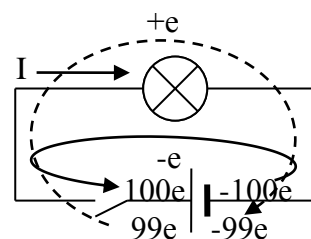
- Что такое электрический ток?
- Магазин готовится к **Черной пятнице**. Персонал накануне переклеивает ценники на товарах. На сколько процентов надо повысить цену товаров накануне дня скидок, чтобы при скидке в 20% цена в **Черную пятницу** была на 20% выше первоначальной? 50%
- Почему капли дождя или тумана образуются на ионах или электронах в воздухе?
- Оцените время, по истечении которого потребитель начнёт получать электроэнергию после подключения ЛЭП к источнику тока, если ЛЭП имеет длину  $L = 60$  км.
- По какой причине может не гореть лампочка в электрической цепи?
- При открытой дверце холодильника внутри холодильника горит лампочка. Стоит закрыть дверцу, и лампочка тухнет. Предложите схему этой электрической цепи.
- Зарисовать схему электрической цепи, включающую источник тока, ключ, а также параллельно подключённые звонок, электродвигатель и лампочку накаливания.
- Какие действия электрического тока наблюдаются при его прохождении по металлическому проводнику?
- Почему корпус самолета во время полета электризуется? Каким образом "снимают" заряды с корпуса самолета во время полета?

#### II. Задачи (блиц):

- Из медного провода площадью поперечного сечения  $0,5 \text{ мм}^2$  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.  $n = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ . 5,9 А
- Определить заряд, переданный шару радиусом  $r = 4$  см, если его поверхностная плотность заряда  $\sigma = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$ . 1 мкКл
- Сколько электронов проходит каждую секунду через поперечное сечение зонда диаметром 10 нм при плотности туннельного тока  $7 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$ ?  $3,4 \cdot 10^8$

#### 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

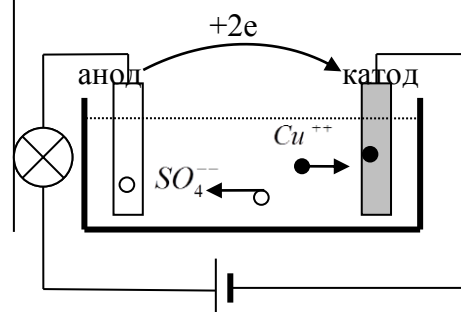


"+" на клемму "-". Если за время  $t$  через спираль лампочки прошло  $N$  электронов, то  $q = Ne$  и  $I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t}$ .

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

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.

**Демонстрация химического действия** электрического тока. Зависит ли химическое действие электрического тока от его направления? Да! Катод и анод. Греческое «катодос» (kathodos) означает сходжение, спуск. Соответственно «анодос» (anodos) — путь вверх.



**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:  $I = \frac{q}{t}$ .

**Демонстрация магнитного действия** 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:  $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$ .

#### 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. Автомобильный 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. Вода течёт по садовому шлангу с объемным расходом  $450 \text{ см}^3/\text{с}$ . Чему равен ток электронов  $I_e$ ? Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$ . 2,41 МА.
2. Пустой 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? Ответ выразить в % и округлить до целых. 67%

3. Петя 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 объема. Взлетит ли модель Пети? Вроде взлетит.

*Вопросы (блиц):*

1. Как объяснить, что в обычных условиях металл электрически нейтрален?
2. Что представляет собой электрический ток в металлах?
3. Чему равен заряд, протекающий в проводнике за время 5 с при силе тока 2 мА?  
Ответ:  $q = 0,01$  Кл.
4. Определите силу электрического тока, если через поперечное сечение проводника за 0,4 с прошло  $6 \cdot 10^{18}$  электронов.
5. Что представляет собой электрический ток в электролитах?
6. Как возникают ионы в растворе медного купороса?
7. Почему светильники уличного освещения в городе загораются почти одновременно?

**Олимпиада:**

### **Занятие 18. Электрическое напряжение.**

**I. Вопросы (блиц):**

1. На основании, каких явлений можно заключить, что электрический ток имеет определенное направление?
2. 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
3. На цоколе электрической лампочки написано (60 В, 200 мА). Сколько электронов проходит через поперечное сечение спирали лампочки за 30 с?
4. Чему равна сила тока, когда 1000 положительных однозарядных иона натрия проходят через клеточную мембрану за 4 мкс?  $0,4 \cdot 10^{-10}$
5. Определите плотность тока в проводнике сечением  $2 \text{ мм}^2$  при силе тока 30 мА.  
Ответ:  $j = 15 \text{ кА/м}^2$ .
6. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от 0 до 3 А в течение 10 с. Определить заряд, прошедший в проводнике за это время. 15 А
7. Какое действие тока используют для проверки годности батарейки «на вкус»?
8. Какое действие электрического тока наблюдается всегда? магнитное
9. Используя 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?  $2,8 \cdot 10^{22}$

### III. От каких факторов зависит сила тока в цепи?

**Электрическое поле обладает свойством передавать энергию электронам проводимости проводника.**

$$U = \frac{A'}{q} \quad 1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/1 Кл}$$

Какую энергию сообщает источник тока напряжением 1 В каждому электрону?

$$E_1 = \frac{1 \text{ Дж}}{N} = \frac{1 \text{ Дж}}{\frac{1 \text{ Кл}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1 \text{ эВ}$$

А если между двумя точками поля с напряжением  $U$  перемещается заряд  $q$ ?

$$A' = qU$$

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:

$$\text{КПД мотора: } \eta = \frac{A}{A'} \cdot 100\%$$



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

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. Электродвигатель, 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. Прямолинейное движение тела вдоль оси  $x$  описывается уравнением:  $x = 5 - 6t + 5t^2 + 3t^3$ . Найдите среднюю скорость тела (путевую и перемещения и среднее ускорение за первые 4 секунды движения. 65,2 м/с. 62 м/с. 46 м/с<sup>2</sup>
2. Винни-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 решил увеличить высоту подъёма и надул шар 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
3. Восьмикласснику 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  $\beta$  — постоянный коэффициент. Масса Васи равна  $m_0 = 50$  кг. 1) Найдите значение коэффициента пропорциональности  $\beta$ , если расстояние от сарая до овина мальчик (без сена) преодолевает за время  $t_0 = 40$  с. 2) Определите, какое минимальное время понадобится Васе, чтобы равными порциями перенести всё сено. Для этого случая найдите массу одной порции сена. Переносит порциями массой  $x$  и найти минимум времени.

**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. Предложите схему электрической цепи, в которой одновременно с включением электродвигателя гасла бы одна сигнальная лампочка и зажигалась бы другая сигнальная лампочка.
4. За счет чего нагревается резистор при протекании по нему электрического тока?

**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. Три купчихи – Сосипатра Титовна, Олимпиада Карповна и Поликсена Уваровна - сели пить чай. Олимпиада Карповна и Сосипатра Титовна выпили вдвоем 11 чашек. Поликсена Уваровна и Олимпиада Карповна – 15, а Сосипатра Титовна и Поликсена Уваровна – 14. Сколько чашек чая выпили все три купчихи вместе? 20
3. Карлсон написал дробь  $10/97$ . Малыш может одновременно: 1) прибавлять любое натуральное число к числителю и к знаменателю; 2) умножать числитель и знаменатель на одно и то же натуральное число. Может ли Малыш с помощью этих действий получить  $1/2$ ? Прибавлять 77
4. Напряжение на участке цепи 2 В. Объясните, что это означает.
5. Какая энергия запасена в аккумуляторе, на котором написано 1,5 В и 200 мА·ч?
6. Почему лампа, включенная в городскую сеть, излучает значительно больше света и тепла, чем лампа от карманного фонаря, при прохождении по ним тока одинаковой силы?
7. Где больше средняя скорость упорядоченного движения электронов: в нити лампы или в проводах, подводящих к ней ток?
8. Есть ли внутри проводника с током электрическое поле?
9. Определите заряд, который прошел через поперечное сечение проводника в течение 10 с при равномерном нарастании тока в проводнике от нуля до 3 А?

### II. Задачи:

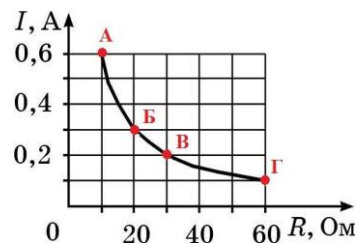
1. Заряженная частица массы  $m$  и зарядом  $q$  начинает двигаться в однородном электрическом поле. Какое расстояние пройдет частица за время  $t$ , если электрическое напряжение между начальной и конечной точкой траектории равно  $U$ ?  $S = t \cdot (qU/2m)^{1/2}$ .
2. Пылинка массой  $m = 5$  нг, несущая на себе  $N = 10$ , электронов прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 1$  МВ. Какова кинетическая энергия  $T$  пылинки? Какую скорость  $v$  приобрела пылинка? 1,2 пДж. 48 см/с.

**III.** А от каких факторов зависит сила тока?  $I \sim v \sim F_e \sim E \sim U$ . Сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах ( $I \sim U$ ). 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. ( $I \sim 1/R$ )

**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 ( $\rho$ )** равно сопротивлению проводника из данного материала длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм<sup>2</sup>:

$$\rho = \frac{RS}{l} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

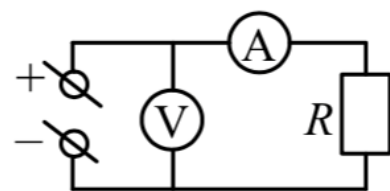
**Зависимость сопротивления от температуры:**

$$R = R_0(1 + \alpha t) \rightarrow \rho = \rho_0(1 + \alpha t).$$

Устройство реостата: обмотка, ползунок, контакты, корпус.

Первый способ изменения силы тока в цепи (реостат).

Последовательное и параллельное соединение проводников.

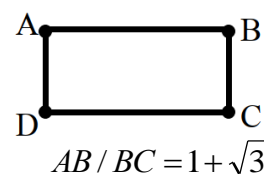


**IV. Задачи (блиц):**

1. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке,  $R = 3 \text{ кОм}$ , показание амперметра  $I = 1 \text{ мА}$ . Чему равна цена деления идеального вольтметра, если его стрелка отклонилась на 30 делений? 0,1 В
2. Электродвигатель 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  $0^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 2 \text{ Ом}$ , а начальное сопротивление реостата  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ . Проволоку нагревают на  $\Delta t = 100^\circ\text{C}$ . Коэффициент температурного сопротивления стальной проволоки  $\alpha = 2 \cdot 10^{-3} \text{ 1}^\circ\text{C}$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.
  - 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. Сколько витков проволоки следует вплотную намотать на фарфоровую трубку радиусом 10 см, чтобы изготовить реостат сопротивлением 50 Ом? Удельное сопротивление проволоки  $5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , ее диаметр 2 мм. 50
2. Прямоугольник ABCD сделан из однородной проволоки. Если измерить сопротивление между точками А и В, то оно окажется в 2 раз больше, чем сопротивление, измеренное между точками В и С. Определите, во сколько раз отличаются длины сторон прямоугольника.



3. 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

Вопросы (блиц):

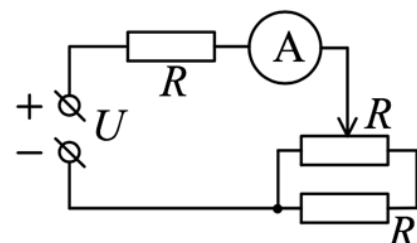
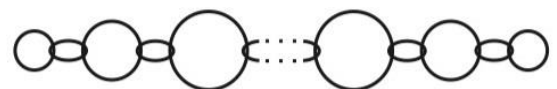
1. Что изменилось на участке цепи, если включенный параллельно этому участку вольтметр показывает увеличение напряжения?
2. Количество проволок данного диаметра в каждом следующем слое, окружающем сердечник в кабеле воздушной линии электропередачи, больше на шесть, чем в предыдущем слое. С чем связана такая закономерность?
3. На одном и том же станке производят проволоки из разных металлов. Настроив станок на диаметр проволоки в  $0,5 \text{ мм}^2$ , работник его запускает. Чтобы контролировать длину наматываемой проволоки, по ней пропускают небольшой ток. Когда сопротивление всей проволоки достигает необходимого значения, проволока обрывается. 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  $5,6 \cdot 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , он использовал медь, удельное сопротивление которой  $1,68 \cdot 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Определите длину получившейся медной проволоки, если длина вольфрамовой должна была равняться трем километрам. 10 км.
4. Сопротивление человеческого тела в среднем составляет 50 кОм. Какое напряжение опасно для человека, если известно, что ток силой более 10 мА может оказаться смертельным?
5. Как изменяется сопротивление проволоки при ее растяжении?
6. Объясните, почему сопротивление проводника зависит от его материала, длины, площади поперечного сечения?
7. Имеется моток медной проволоки (без изоляции). Как, имея весы и омметр, найти длину и площадь поперечного сечения проволоки?

Разное.

1. Определите электрический заряд, прошедший через поперечное сечение проводника сопротивлением 3 Ом при равномерном нарастании напряжения на концах проводника от 3 В до 6 В в течение 20 с.
2. В аккумуляторе площадь поверхности свинцовых пластин  $300 \text{ см}^2$ , расстояние между ними 2 см. Пластины погружены в водный раствор серной кислоты с удельным сопротивлением  $0,015 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Определите сопротивление слоя кислоты между пластинами. 0,01 Ом

Олимпиада:

1. Из серебряной проволоки массой  $m = 3,91 \text{ г}$  изготовили кольца разного диаметра, которые соединили в цепочку. Электрическое сопротивление между концами такой цепочки  $R = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$ . Вычислите длину цепочки, если известно, что плотность серебра  $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ , а удельное сопротивление  $\rho_{\text{вд}} = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Диаметр поперечного сечения проволоки много меньше диаметра самого маленького колечка. Проволока натянута. Электрическим сопротивлением колец в месте контакта пренебречь.
2. В каких пределах может изменяться показание идеального амперметра в электрической цепи, схема



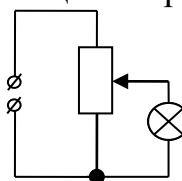
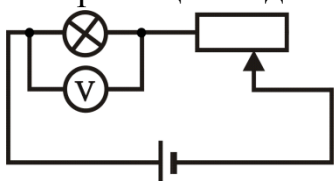
которой изображена на рисунке?  $U = 3 \text{ В}$ ,  $R = 1 \text{ Ом}$ .

- 1) А)  $0 \div 1 \text{ А}$ ; 2)  $1 \div 2 \text{ А}$ ; 3)  $2 \div 3 \text{ А}$ ; 4)  $3 \div 4 \text{ А}$

## Занятие 20. Соединение резисторов.

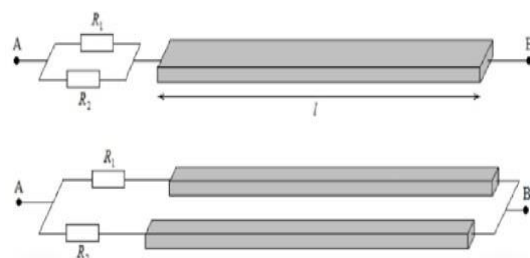
### I. Вопросы (блиц):

1. Проводник разрезали вдоль, а образовавшиеся части соединили последовательно. Как изменилось его сопротивление? Увел. в 4 раза
2. Король со свитой едут в столицу со скоростью 5 км/ч. Через каждый час он высылает в столицу гонца, который едет со скоростью 20 км/ч. С каким интервалом гонцы прибывают в столицу? 0,25 ч
3. Сопротивление резистора, измеренное в лаборатории, оказалось 7,4 Ом. Точность измерения 4%. Какова абсолютная погрешность измерения? Каков результат измерения?
4. Как отрезать кусок провода сопротивлением 5 Ом, если есть линейка?
5. Проволоку длиной 1 м растянули так, что ее длина стала 110 см. На сколько процентов увеличилось при этом ее сопротивление? 12,1%
6. Сопротивления 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
7. 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.
8. На концах медного провода длиной  $\ell = 5 \text{ м}$  поддерживается напряжение  $U = 1 \text{ В}$ . Определить плотность тока  $j$  в проводе. Ответ:  $1,18 \cdot 10^7 \text{ А/м}^2$ .
9. Почему на розетках указывают не силу тока, а напряжение?
10. Начертите схему цепи с электродвигателем, в которой бы можно было изменять и измерять силу тока, поступающего в обмотки электродвигателя.
11. Объясните последствия перемещения движка реостата вправо (рис. 1).
12. Объясните последствия перемещения движка потенциометра вверх (рис. 2).



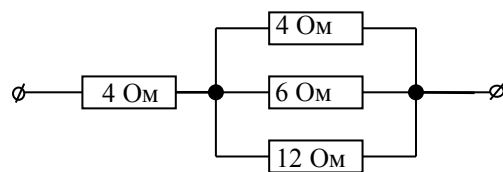
### II. Задачи (блиц):

1. Между пунктами N и M протянута двухпроводная линия связи сопротивлением 0,75 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. Участок электрической цепи состоит из двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 5$  и  $R_2 = 15$  Ом и длинной однородной металлической пластины. Длина пластины  $\ell$  много больше ее ширины и толщины, а сопротивление всех соединительных проводов пренебрежимо мало. При этом общее сопротивление участка АВ равно  $R_0 = 10$  Ом. Пластину

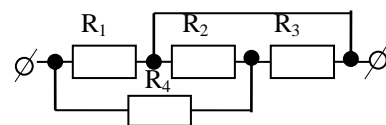


разрезали продольно на две половины, как показано на рисунке. Чему теперь стало равно общее сопротивление  $R$  участка цепи АВ? 11,375 Ом

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



**Эквивалентные схемы. Задача:** Внешняя цепь гальванического элемента составлена из трех резисторов с сопротивлением  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1$  Ом. Найти общее сопротивление. 0,6 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.

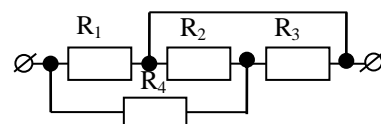
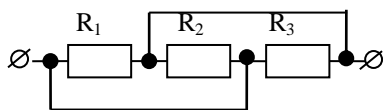
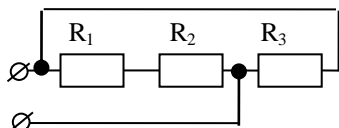
$$R_{ш} = \frac{R_A}{n-1}$$

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!**

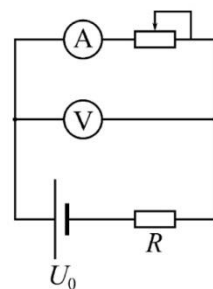
**IV. Задачи:**

- Вольтметр, 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
- Внешняя цепь гальванического элемента составлена из трех резисторов с сопротивлением  $R_1 = R_2 = R_3 = 1$  Ом. Найти общее сопротивление.



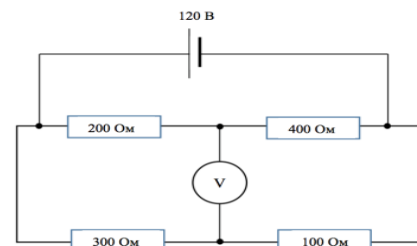
- Из проволоки постоянного поперечного сечения изготовлен квадрат ABCD. При подключении источника постоянного напряжения при помощи проводов с малым сопротивлением к соседним вершинам квадрата А и В полная сила тока в цепи равна 64 мА. Какой силы ток будет протекать по стороне AD, если тот же источник напряжения подключить к вершинам А и С? 24 мА

- 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.

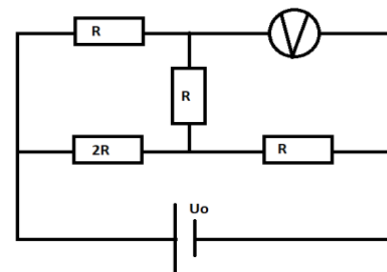


**V. Олимпиада:**

1. Электрическая 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. Определить показания вольтметра, изображенного на рисунке, если напряжение на батарее 12 В, а сопротивление  $R = 100 \text{ Ом}$ . 9 В



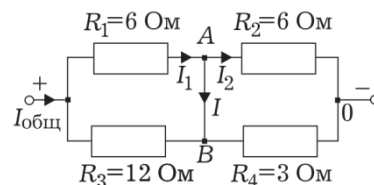
3. Чтобы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной 5 км, к одному ее концу присоединили источник с напряжением 10 В. При этом оказалось, что если провода у другого конца линии разомкнуты, ток через источник 2 А, а если замкнуты накоротко, то ток через источник 3 А. Найдите сопротивление изоляции в месте повреждения. Сопротивление каждого провода линии 2 Ом. 0,62 Ом

*Вопросы (блиц):*

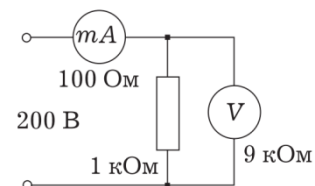
1. При параллельном соединении резисторов, их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого из них. Как это можно объяснить?
2. Кондуктор автобуса имеет возможность подать сигнал водителю с двух разных точек в салоне. Какой должна быть схема электрической цепи со звонком для этого?
3. Какие физические слова начинаются на букву Р?
4. К источнику постоянного напряжения подключен последовательно резистор и реостат. Как изменяется напряжение на резисторе в зависимости от сопротивления реостата?
5. При параллельном соединении резисторов, их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого из них. Как это можно объяснить?
6. 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.**

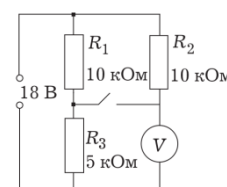
1. Вычислите, какую силу тока покажет идеальный амперметр, включённый между точками А и В электрической цепи, изображённой на рисунке 10. Напряжение источника 60 В. 3,3



2. Вычислите показания измерительных приборов в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке. На схему подано напряжение  $U = 200 \text{ В}$ .



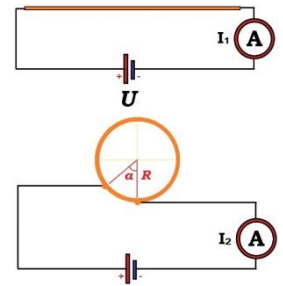
3. Какое напряжение в электрической цепи, изображённой на рисунке, покажет идеальный вольтметр ( $R_V \rightarrow \infty$ ) и неидеальный вольтметр ( $R_V = 20 \text{ кОм}$ ): а) при разомкнутом ключе, б) при замкнутом ключе? а) 12 В, 18 В. б) 9 В, 8 В



4. В черном ящике смонтирована схема из 4-х резисторов

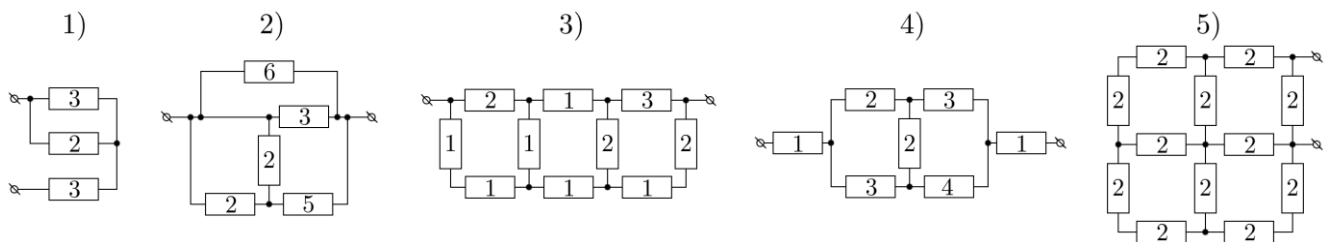
сопротивлением  $R_0 = 1$  Ом каждый. Из ящика выведены 3 клеммы, присоединенные к схеме. Омметр, подключенный к клемме 1 и клемме 2, показывает сопротивление  $R = 0,75$  Ом. То же самое он показывает, если его подключить к клеммам 2 и 3. Измеренное сопротивление между клеммами 1 и 3 оказалось не равным нулю. Чему равно это сопротивление? 1 Ом

5. 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  $30^\circ$ . Амперметр в общей цепи начинает показывать ток  $I_2$ . Какое будет соотношение показаний амперметра  $n = I_1/I_2$ ? 11/144



### Олимпиада:

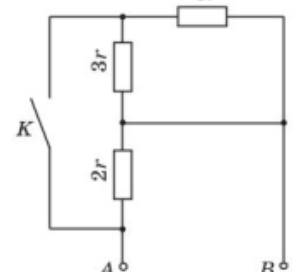
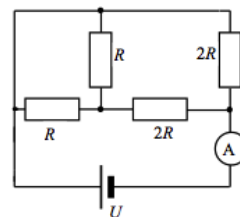
1. Расположите приведённые схемы в порядке увеличения общего сопротивления. В ответе укажите цифры в нужном порядке в виде пятизначного числа (то есть без пробелов и запятых). Ответ: 52314.



### Занятие 21. Симметрия электрических схем.

#### I. Вопросы (блиц):

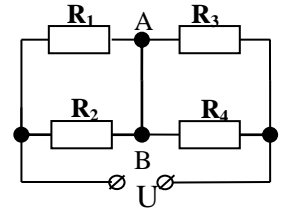
- Чтобы рука рабочего не попала под пресс, для его включения используют две кнопки (для правой и левой руки). Нарисуйте возможную электрическую схему цепи.
- Мешок картошки подешевел на 20%. На сколько процентов больше картошки можно теперь купить за ту же сумму денег? 25%
- Катер проплывает 90 км по течению за то же самое время, что 70 км против течения. Какое расстояние за это же время может проплыть плот? 10 км
- Имеется 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?
- Идеальный 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
- Электрическая цепь состоит из пяти одинаковых резисторов, соединенных последовательно. Параллельно одному из резисторов присоединили еще один такой же резистор. Как изменилось электрическое сопротивление цепи? Не изменилось



7. Определите общее сопротивление электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом и разомкнутом ключе К. Сопротивление  $r$  известно.  $r, 2r$ .

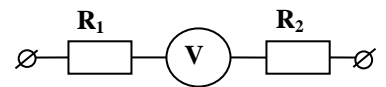
**II. Задачи (ближ):**

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

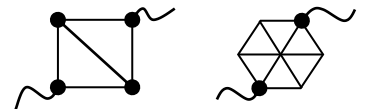


2. При подключении амперметра к сети постоянного напряжения через резистор сопротивлением 100 Ом сила тока, проходящего через амперметр, равна 40 мА. Если в цепь включить последовательно с амперметром не один, а два таких резистора, то сила тока станет равной 24 мА. Определите напряжение сети. 5,6 В

3. 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  $r$ .

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

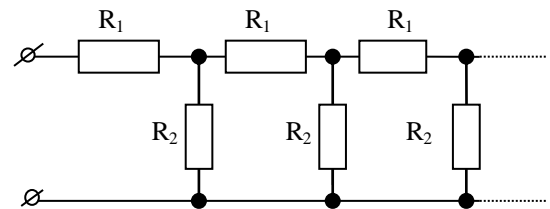
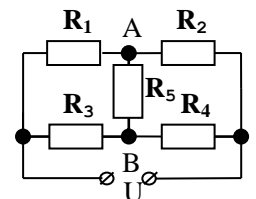


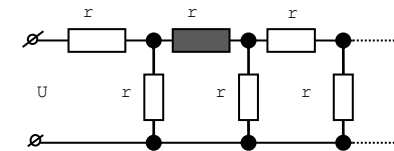
Рис. 1

**IV. Задачи:**

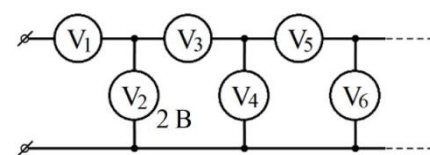
1. Даны сопротивления резисторов:  $R_1 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 90 \text{ Ом}$ . При каком значении сопротивления резистора  $R_4$  ток, текущий по резистору  $R_5$  будет равен нулю? 30 Ом



2. Бесконечная цепь подключена к источнику с напряжением  $U = 10 \text{ В}$ . Сопротивление резисторов равно 100 Ом. Найдите силу тока, протекающего через затемненный резистор. Ответ выразите в мА и округлите до целого. 24 мА

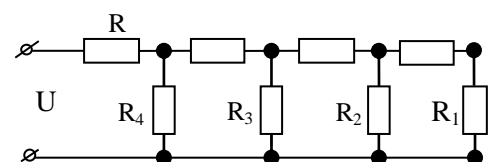


3. Когда цепь, собранную из очень большого числа одинаковых вольтметров, подключили к источнику напряжения, оказалось, что показания второго вольтметра  $V_2$  равны 2 В. Найдите: 1) показания вольтметров  $V_1$  и  $V_3$ ; 2) сумму показаний всех вольтметров. 3,24. 1,24. 5,24



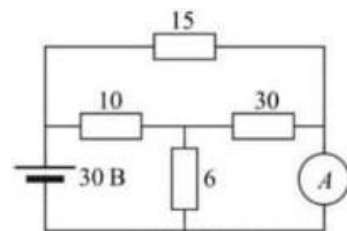
**Олимпиада:**

1. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ Ом}$ . При подаче на



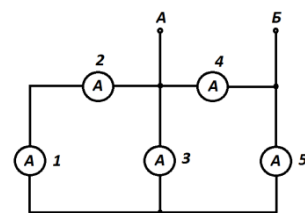
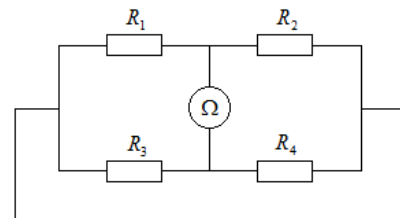
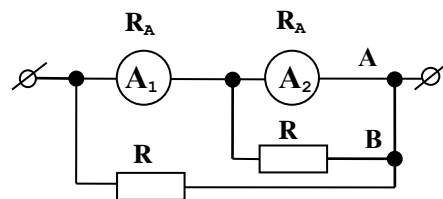
вход системы напряжения  $U = 5 \text{ В}$ , напряжения на этих резисторах равны соответственно  $U_1 = 1 \text{ В}$ ,  $U_2 = 2 \text{ В}$ ,  $U_3 = 3 \text{ В}$ ,  $U_4 = 4 \text{ В}$ . Вычислите сопротивление  $R$  крайнего левого резистора в схеме.  $0,1 \text{ Ом}$

2. Определите показания идеального амперметра в приведенной на рисунке схеме. Сопротивления резисторов указаны в Омах.  $4 \text{ А}$
3. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, первый амперметр показывает ток  $15 \text{ мА}$ . Сопротивление каждого резистора  $1 \text{ Ом}$ , внутреннее сопротивление каждого амперметра –  $0,5 \text{ Ом}$ . Найдите ток, текущий через перемычку АВ.  $17,5 \text{ мА}$



*Вопросы (блиц):*

1. В каких случаях необходимо использовать последовательное (параллельное) соединение потребителей электрической энергии?
2. В схеме, показанной на рисунке, сопротивления резисторов равны  $R_1 = 40 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 70 \text{ Ом}$ . Что показывает омметр? Ответ:  $45 \text{ Ом}$ .
3. Цепь состоит из 2-омного резистора, последовательно соединенного с параллельно соединенными между собой резисторами в  $12$  и  $6 \text{ Ом}$ . Какова сила тока в 6-омном резисторе, если на всю цепь подано напряжение  $4 \text{ В}$ ?
4. Пять одинаковых неидеальных амперметров соединены так, как показано на рисунке. К точкам А и В подсоединяют идеальный источник питания. Определите сумму показаний всех амперметров, если известно, что показания первого амперметра  $I_1 = 2 \text{ мА}$ . Ответ:  $24 \text{ мА}$ .
5. Назовите достоинства и недостатки последовательного (параллельного) соединения потребителей электрической энергии.

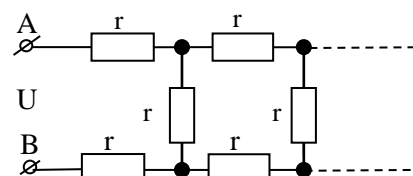


### Разное.

1. Вольтметр, подключённый к источнику постоянного напряжения через неизвестное сопротивление, показывает напряжение  $U_1 = 10 \text{ В}$ . Если к этому вольтметру присоединить параллельно второй такой же вольтметр, то показание каждого прибора составят  $U_2 = 8 \text{ В}$ . Найдите по этим данным напряжение  $U$  источника.
2. Из куска проволоки сопротивлением  $10 \text{ Ом}$  сделали кольцо. Где к кольцу следует присоединить провода, подводящие ток, чтобы сопротивление кольца оказалось равным  $1 \text{ Ом}$ ?  $1,13 \text{ Ом}$ ,  $8,87 \text{ Ом}$

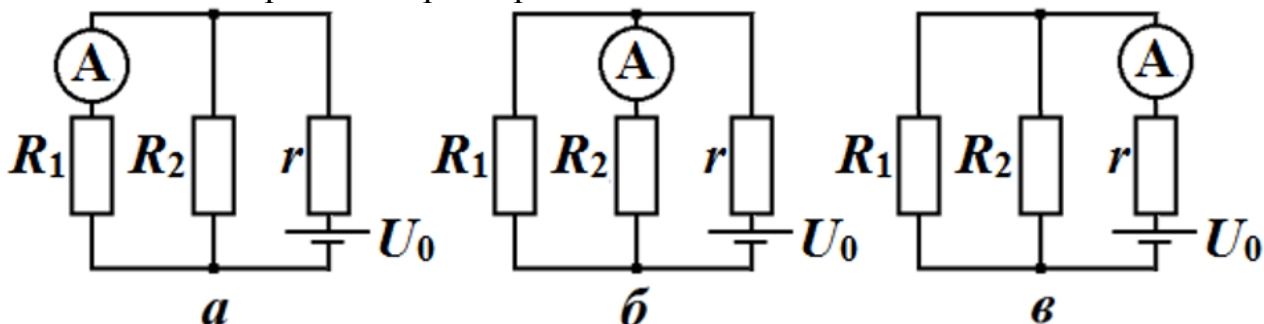
### Олимпиада:

1. Электрическая цепь состоит из некоторого числа, содержащих три сопротивления  $r = 1 \text{ Ом}$ . Определите сопротивление  $R$  между точками А и В цепи, если количество звеньев равно двум. Определите сопротивление  $R_\infty$  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  $R_\infty$  во втором случае? Какой ток будет течь через каждое сопротивление первого звена бесконечной цепочки, если на схему подать напряжение  $U = 5,46 \text{ В}$  ( $(2,75-2,73)/2,75=0,7\%$ )

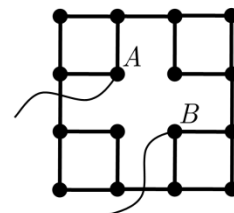
2. Электрическая схема состоит из трех параллельных ветвей: в одну включена батарейка с внутренним сопротивлением  $r$  (на схеме оно показано отдельно), в две другие – резистор сопротивлением  $R_1 = 2r$  и резистор сопротивлением  $R_2 = 3r$ . Если включить амперметр в левую ветку с  $R_1$  (см. рис. а), а затем в центральную ветвь с  $R_2$  (см. рис. б), то показания амперметра окажутся:  $I_1 = 56 \text{ мА}$  и  $I_2 = 40 \text{ мА}$ , соответственно. Какой ток  $I$  покажет амперметр, если включить его в правую ветвь с батарейкой (см. рис. в)? Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



## Занятие 22. Работа и мощность тока.

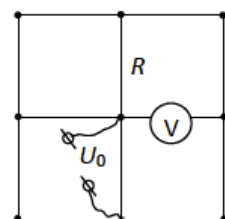
### I. Вопросы (блиц):

1. Электрическая цепь состоит из одинаковых проводников сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$ , образующих сетку (см. рисунок). К узлам А и В подключён омметр. Определите его показания. Ответ дайте в Омах с точностью до целых. Ответ: 25.

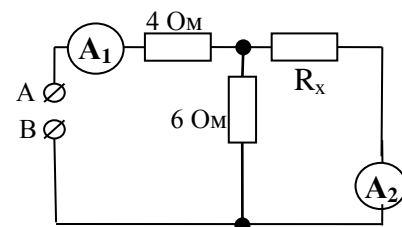


2. После каждой стирки объем куска мыла уменьшается на 20%. После скольких стирок он уменьшится не менее чем вдвое? 4

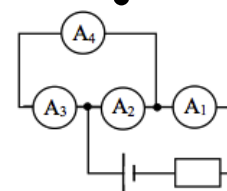
3. Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления  $R$ . Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно  $R$ . К сетке подключён источник напряжения  $U_0 = 14 \text{ В}$  так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра. 4 В



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



5. Чему равно сопротивление между двумя вершинами треугольника, составленного из трех резисторов сопротивлением  $R$  каждый?



6. К батарее с резистором подсоединяют одинаковые амперметры так, как указано на рисунке. Амперметр  $A_1$  показал 3 А. Что показывают остальные амперметры?  $I_2 = 2 \text{ А}$ .  $I_3 = I_4 = 1 \text{ А}$ .

7. Объясните последствия замыкания ключа в схеме (рис. 1).



8. Вычислите показания идеальных амперметра и вольтметра в электрических цепях, схемы которых изображены на рисунках 2,3,4. Напряжение источника

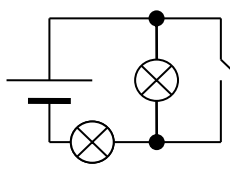


Рис. 1

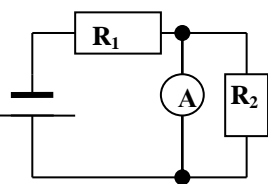


Рис. 2

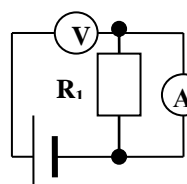


Рис. 3

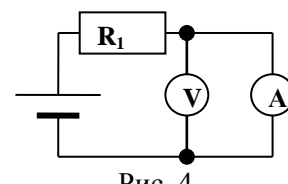
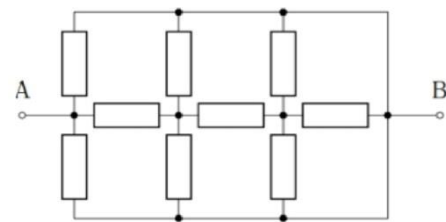


Рис. 4

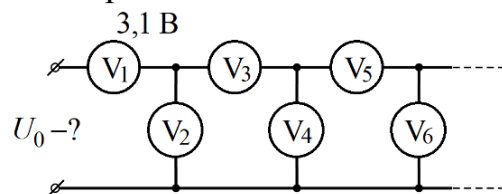
тока 6 В, сопротивления резисторов  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ .

**II. Задачи:**

1. Найти эквивалентное сопротивление участка АВ электрической Цепи, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 615 \text{ Ом}$ . 226 Ом?



2. Бесконечную цепь, собранную из одинаковых вольтметров, подключили к идеальному источнику с некоторым неизвестным напряжением  $U_0$  (см. рисунок). Найдите напряжение источника, если показания первого вольтметра V1 оказались равны 3,1 В. 5 В



**III.** Какую энергию сообщает источник тока с напряжением  $U$  заряду  $q$ ?

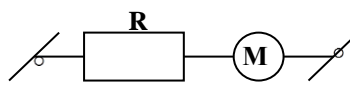
$$A_{\text{ст}} = A' = qU!$$

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:  $A' = Q + A$ ,  $\eta = \frac{A}{A'} 100\%$ .

**Электрическая мощность (P):** Зная мощность, можно рассчитать работу электрического тока:  $A' = Pt$ .

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

КПД цепи с мотором:   $\eta = \frac{A}{A'} 100\% = \frac{Nt}{IUt} 100\% = \frac{N}{P} 100\%$ .

**IV. Задачи (блиц):**

1. Какой 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.

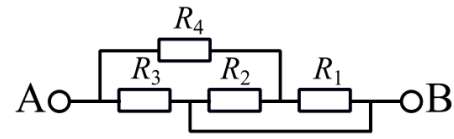
2. Робот-квадрокоптер используется для фотосъемки местности. Определите, сможет ли такой робот подняться на высоту 1 км, если его масса равна 4 кг, а емкость его электрической батареи составляет 10 Вт·ч. Нет. 900 м

3. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением  $U = 380 \text{ В}$  и потребляет ток силой  $I_1 = 10 \text{ А}$ , когда кран поднимает груз массой  $M = 1,4 \text{ т}$  со

скоростью  $v = 20$  см/с. С какой скоростью поднимается груз, когда через мотор течет ток силой  $I_2 = 15$  А? КПД механических передач крана  $\eta = 90\%$ . 26 см/с

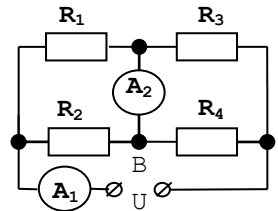
**Олимпиада:**

1. В цепи, 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 А и В подключают к источнику постоянного напряжения  $U=10$  В.



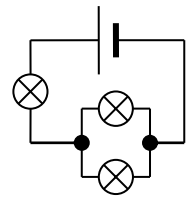
- 1) Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{ЭКВ}$  цепи. 3,58 Ом
- 2) Найдите мощность  $P$ , которая рассеивается на всей цепи. 28 Вт
- 3) На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? 2
- 4) Найдите эту наименьшую мощность  $P_{мин}$ .

2. 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.



**Вопросы (блиц):**

1. Почему протекающий по резистору электрический ток нагревает его?
2. Что необходимо сделать, чтобы вдвое увеличить мощность, рассеиваемую на резисторе?
3. 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.
4. Остается ли постоянной мощность, потребляемая лампочкой, при различных накалах?
5. На рисунке все лампочки одинаковые. Какие из них светятся одинаково ярко? Какую лампу нужно выключить, чтобы другие лампы погасли? Какая лампа светит ярче других?
6. Через спираль лампочки карманного фонаря каждую минуту переносится такой же заряд, как и при ударе молнии. Почему же столь несопоставимы производимые ими эффекты?
7. Почему электродвигатель, работающий вхолостую, нагревается меньше, чем когда он нагружен?



**Разное.**

1. 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

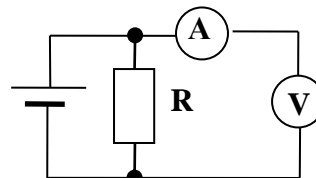


Рис. 1

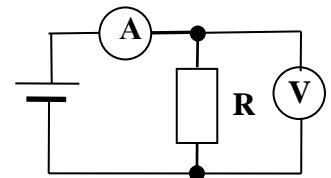
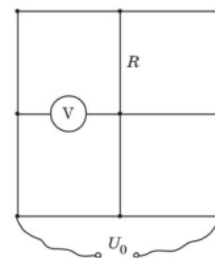


Рис. 2

2. 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

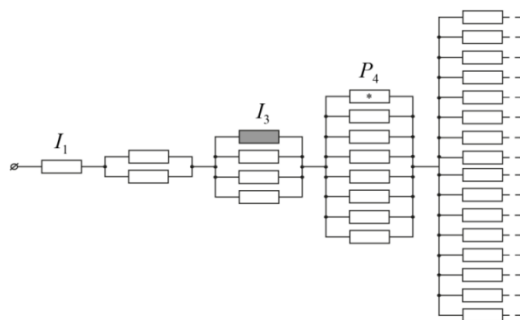


### Олимпиада:

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<sup>2</sup>, 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):

1. Мощность электрического утюга равна 0,6 кВт. Вычислите работу тока в нём за 1,5 ч. Сколько при этом расходуется энергии? Цена?
2. Двое рабочих за день могут напилить 3 поленицы дров, а наколоть — 6 полениц. Сколько полениц дров они должны напилить, чтобы успеть наколоть их в тот же день? 2
3. Если 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!
1. Электрическая 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?

2. 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.

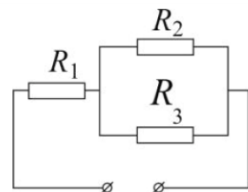
3. Почему молния расщепляет деревья?

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

**II. Задачи (блиц):**

1. Электромотор с сопротивлением обмотки 2 Ом приводится в движение от сети с напряжением 110 В. Мотор потребляет ток силой 10 А. Какую мощность потребляет мотор? Каков КПД мотора? 82%

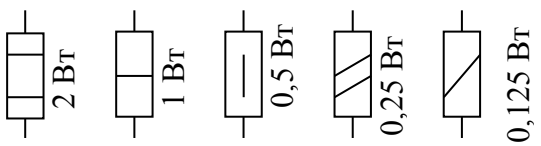
2. В результате протекания по цилиндрическому проводнику электрического тока температура проводника увеличилась на  $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$  по сравнению с температурой окружающей среды и далее не увеличивалась. Затем проводник отключили от источника, отрезали 1/10 часть его длины и подключили 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 $^{\circ}\text{C}$



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**

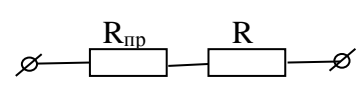
**соединении выделяется большее количество теплоты в том резисторе, у которого сопротивление больше, а при параллельном соединении – в том, у которого сопротивление меньше. За счёт сознательного увеличения сопротивления участка цепи можно добиться локализованного выделения**



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 мм<sup>2</sup> нормальное значение силы тока составляет 10 А. Если мы будем подавать больше, то провод либо начнет греться, либо плавиться.

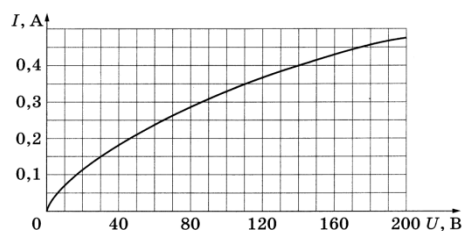
КПД электрической цепи:  $\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P} 100\% = \frac{R}{R + R_{\text{пр}}} 100\%$ .



**IV. Задачи (блиц):**

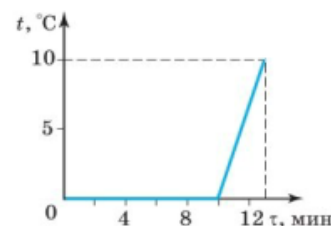
1. При работе электромотора мощностью 400 Вт он нагревается на 10 $^{\circ}\text{C}$  за 50 с непрерывной работы. Чему равен КПД мотора? Теплоемкость мотора 500 Дж/К. 75%

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. При испытании новой модели электрического чайника оказалось, что вода нагревается почти до  $100^{\circ}\text{C}$ , 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  $\lambda$ . Крышка чайника плотно закрывается. Чайник изготовлен из металла.  $\tau = \lambda M / 6P$ .
4. 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. 32 Вт



### Олимпиада:

1. В калориметр с водой и льдом порузили проволоку сопротивлением  $R = 800 \text{ Ом}$  и стали пропускать ток  $I = 1 \text{ А}$ . На графике приведена зависимость температуры  $t$  в калориметре от времени  $\tau$ . Определите начальную массу льда  $m_1$  и начальную массу воды  $m_2$  в жидком состоянии. 2 кг



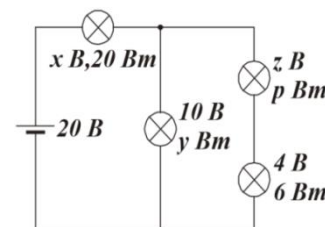
2. Сопротивление  $R$  спирали зависит от температуры по закону  $R = R_0 + \alpha(t - t_0)$ , где  $t$  - температура спирали,  $R_0 = 10 \text{ Ом}$ ,  $\alpha = 40,0 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}/^{\circ}\text{C}$ ,  $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$ . На спираль подаётся напряжение  $U = 220 \text{ В}$ , и за время  $\tau_1 = 100 \text{ мкс}$  она нагревается от  $t_0$  до  $t_1 = 80^{\circ}\text{C}$ . При данных температурах и временах излучением и теплоотдачей можно пренебречь.

1) До какой температуры  $t_2$  нагреется спираль за время  $\tau_2 = 334 \text{ мкс}$  от момента включения?  $t_2 = 188^{\circ}\text{C}$

2) Определите теплоёмкость спирали.  $C = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}/^{\circ}\text{C}$

3. На 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. 1%?

4. Мальчик 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 Вася повезло). Восстановите стершиеся на лампочках надписи. 10 В. 5 Вт. 6 В и 9 Вт.



### Вопросы (блиц):

1. На что указывает сильное нагревание штепсельных розеток и вилок при работе электрических приборов?
2. 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 \$

3. Лампочку, рассчитанную на напряжение 110 В, включили в сеть с напряжением 220 В через реостат. Чему равно КПД цепи?
4. Плавкий предохранитель рассчитан на силу тока 6 А. Можно ли при наличии такого предохранителя включать в сеть напряжением 220 В прибор мощностью 2400 Вт?
5. Почему может перегореть лампочка накаливания, включенная в электрическую цепь?
6. Как переделать электроплитку, рассчитанную на напряжение 220 В, на 110 В, при этом не меняя и не укорачивая ее спираль?
7. За какое время две одинаковые параллельно соединенные спирали дадут такое же количество теплоты, которое выделяется при их последовательном соединении за 20 минут?

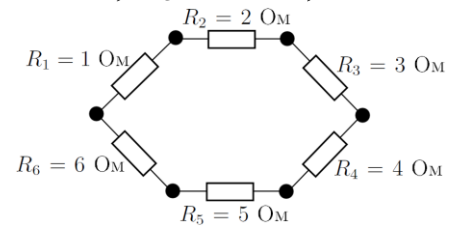
### Разное

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?
2. Электрическая плитка мощностью  $P = 1,5$  кВт нагревает до кипения  $m = 1$  кг воды комнатной температуры  $t = 20^{\circ}\text{C}$  за время  $\tau = 5$  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 ( $60^{\circ}\text{C}$ ). 52 мин
3. 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<sup>3</sup>.
  - 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 проволока диаметром  $d_1 = 0,2$  мм перегорает при токе  $I_1 = 10$  А. При каком токе перегорит проволока диаметром  $d_2 = 0,4$  мм?  $I_2 = 28$  А

2. Шесть резисторов сопротивлениями  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 5 \text{ Ом}$  и  $R_6 = 6 \text{ Ом}$  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  $U = 36 \text{ В}$ . Найдите мощность  $P_3$ , выделяющуюся на резисторе  $R_3$ . Ответ приведите в Вт, округлив до целых. Ответ: 39.

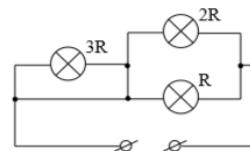


3. Садовод установил на своём участке бассейн цилиндрической формы, чтобы порадовать внуков. Радиус этого бассейна  $R = 1.5 \text{ м}$ . Для того, чтобы вода прогревалась быстрее, садовод решил положить на дно бассейна секцию тёплого пола. После этого он планировал заполнить ёмкость, подключить тёплый пол к сети и таким образом нагревать воду. В инструкции к тёплому полу он прочитал, что данное устройство рассчитано на напряжение  $U = 220 \text{ В}$  и при этом выделяет тепловую мощность  $P = 900 \text{ Вт}$ .
- 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  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ? 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  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  то же количество воды после этой модификации? 18.3

## Занятие 24. ЭДС.

### I. Вопросы (блиц):

1. Какая из ламп будет потреблять большую мощность (гореть ярче)?
2. Шахматист сыграл в турнире 20 партий и набрал 12,5 очков. На сколько партий больше он выиграл, чем проиграл? 5
3. Почему мощность лампочки накаливания уменьшается со временем?
4. Две электрические лампочки номинальной мощностью  $P_1 = 40 \text{ Вт}$  и  $P_2 = 100 \text{ Вт}$  включены в сеть последовательно. На какой лампочке при этом выделяется за одно и то же время большее количество теплоты и во сколько раз? 2,5
5. Почему провода, подводящие электрический ток к электрокамину, почти не нагреваются?
6. 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
7. В трамвайном вагоне для освещения служат 5 ламп, соединенных

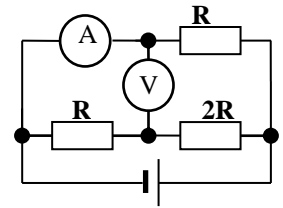


последовательно. Как изменится расход электроэнергии, если число ламп сократить до четырех? Увеличится в 1,25раза.

8. Почему в момент включения, когда температура нити лампы еще не достигла рабочего состояния, возрастает вероятность перегорания нити?

**II. Задачи:**

1. В схеме, изображенной на рисунке, амперметр показывает 2 А, а вольтметр 3 В. Все приборы идеальные. Найти мощность, выделяемую батареей. 40 Вт

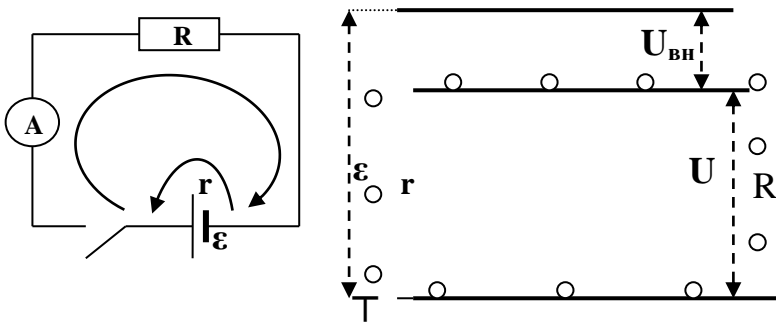


2. Какую массу нефти нужно сжечь на тепловой электростанции, чтобы по телевизору, потребляющему ток силой 1,2 А при напряжении 220 В, посмотреть фильм продолжительностью 90 минут? КПД электростанции 35%. Удельная теплота сгорания нефти  $4,6 \cdot 10^7$  Дж/кг. 88,5 г

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  $0,01 \text{ мм}^2$ . 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 “падающие” на клемму “-” электрические заряды вновь оказываются на клемме “+”?  $\epsilon = \frac{A_{cm}}{q} \rightarrow A_{cm} = q\epsilon$ . Если бы внутренний участок цепи не обладал сопротивлением, то  $A' = A$  и  $U = \epsilon$ . Поскольку все источники тока обладают

внутренним сопротивлением, то  $U \leq \epsilon$ .  $\epsilon = U + U_{вн}$ .  $U = IR$ .  $U_{вн} = Ir$ .

$$\epsilon = U + Ir; \quad I = \frac{\epsilon}{R+r};$$

1.  $I=0$  (цепь разомкнута),  $U = \epsilon$ ;
2.  $r=0$  (идеальный источник тока),  $\epsilon = U$ ;
3.  $r \neq 0, I \neq 0, U < \epsilon$ .

**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!

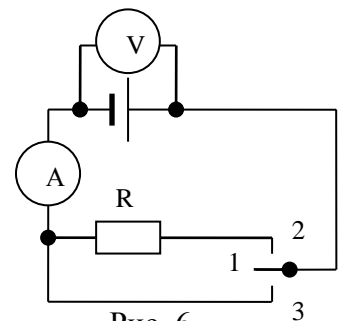
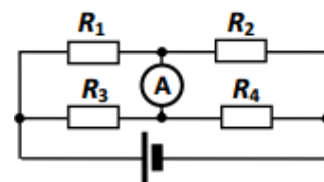


Рис. 6



#### IV. Задачи (блиц):

1. Напряжение 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 автомобильного 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. 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:

5. Лабораторная 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? 38С
6. К источнику тока с ЭДС  $\varepsilon = 6$  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? 1 Ом; 3 Вт.
7. 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? 48,4 кВт ( $R_{об} = 220$  Ом)
8. 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?
9. Двигатель робота работает от идеального аккумулятора с ЭДС  $\varepsilon = 30$  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  $v_1 = 3,2$  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  $\mu = 0,4$ .  
Ответ 4,88 м/с.

#### Вопросы (блиц):

1. Почему 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?

- 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
- Почему свет фар автомобиля тускнеет во время запуска двигателя?
- Почему при включении в сеть электроутюга (электроплитки) накал ламп в квартире сразу же заметно падает, но вскоре возрастает, достигая примерно прежнего уровня?
- При каких условиях от данного элемента можно получить максимальный ток?
- Изменится ли ЭДС элемента Вольта, если его электроды сблизить?
- Почему при коротком замыкании напряжение на клеммах источника тока близко к нулю, ведь ток в цепи имеет наибольшее значение?

### Олимпиада:

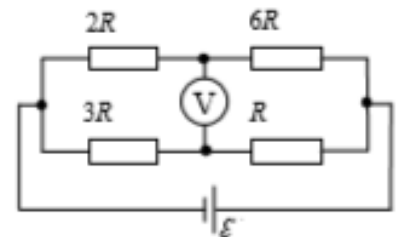
### Занятие 25. Магнитное поле.

#### I. Вопросы (блиц):

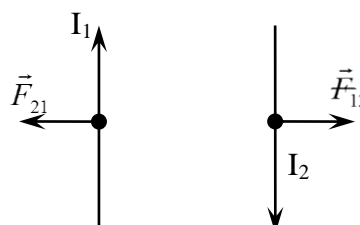
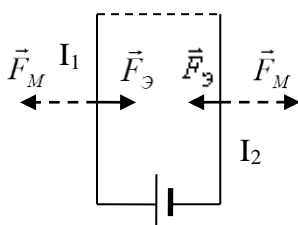
- Какие превращения энергии происходят в фонарике, работающем от батарейки?
- Сколько будет полторы трети от 100? 50
- Как изменится емкость плоского конденсатора, если площадь пластин уменьшить в 2 раза, а расстояние между обкладками увеличить в 2 раза? Ответ: уменьшится в 4 раза.
- Определите внутреннее сопротивление источника питания, ЭДС которого 6 В, если сила тока короткого замыкания 400 мА. Ответ:  $r = 15 \text{ Ом}$ .
- Почему при работе аккумуляторные батареи нагреваются?
- Почему при низкой температуре аккумуляторы дронов быстро разряжаются?
- Какая энергия запасена в аккумуляторе, на котором написано 1,5 В и 200 мА·ч?

#### II. Задачи (блиц):

- 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
- 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.
- Найдите показания идеального вольтметра в схеме на рисунке, если ЭДС идеального источника  $\mathcal{E} = 70 \text{ В}$ . 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

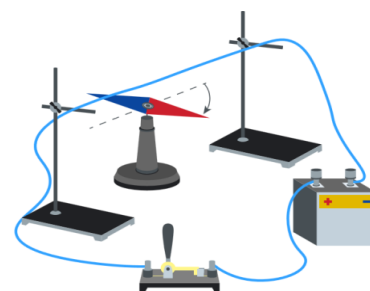


«слабого» притяжения наблюдается «сильное» отталкивание.

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

### Основные свойства магнитного поля:

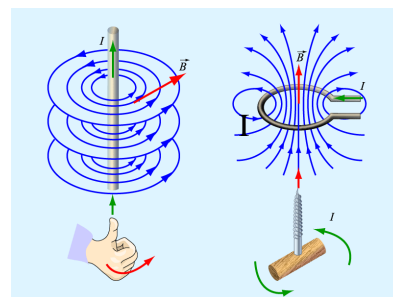
1. Магнитное поле создается проводниками с током (движущимися заряженными частицами) и намагниченными телами. Электричество создает магнетизм!
2. Магнитное поле действует на проводники с током (движущиеся заряженные частицы) и на намагниченные тела.
3. Магнитное поле материально (обладает энергией).



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

Как обнаружить магнитное поле в пространстве?

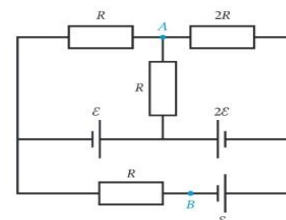
Магнитное поле направлено от южного полюса к северному полюсу свободно установившейся магнитной стрелки. Мнемоническое правило правой руки для определения направления магнитного поля вокруг проводника с током: Если большой палец правой руки будет смотреть по току в проводе, а четыре других будут расположены так, как будто мы заводим мотоцикл, то именно в этом направлении будет вращаться магнитное поле.



Правило буравчика.

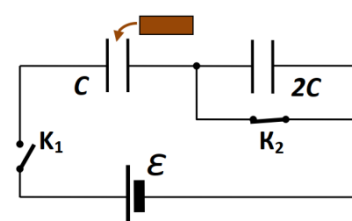
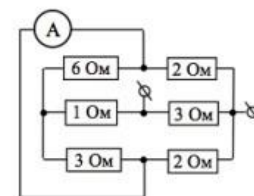
### IV. Задачи:

1. Если 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:  $\phi_A - \phi_B$ . Источник питания считайте идеальным. Известно, что напряжение на нем  $U = 10$  В. 22 В



### Олимпиада:

1. Что покажет идеальный амперметр, если к выводам схемы, изображенной на рисунке, подключить к идеальному источнику тока с ЭДС 12 В? 0,5 А
2. В схеме, показанной на рисунке, конденсаторы изначально разряжены. После замыкания ключа  $K_1$  заряд конденсатора с емкостью  $C$  стал равен  $q = 5 \text{ мкКл}$ . Затем ключ  $K_2$  разомкнули, а после этого конденсатор  $C$  полностью заполнили диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon = 3$ . Какой заряд после этого будет на конденсаторе емкостью  $2C$ ? 4 мкКл.
3. Для определения места повреждения изоляции между проводами двухпроводной линии длиной  $L = 5,6$  км к одному из концов линии подсоединили батарею с ЭДС  $\epsilon = 24$  В.



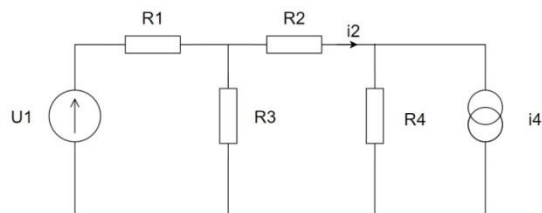
Оказалось, что если провода у второго конца линии разомкнуты, то сила тока через батарею  $I_1 = 1,5$  А, а если замкнуты накоротко, то сила тока через батарею  $I_2 = 2$  А. Сила тока короткого замыкания батареи  $I_0 = 96$  А. Сопротивление каждого провода линии  $R = 7$  Ом. Найдите расстояние от конца линии, к которому присоединяли батарею, до места повреждения провода. 4,2 км

*Вопросы (блиц):*

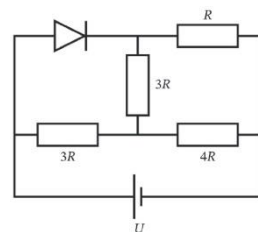
1. Будет ли обычный компас работать в автомобиле?
2. В семье четыре взрослых человека. Если Маше удвоят стипендию, то общий доход семьи возрастет на 5%, если вместо этого дедушке удвоят пенсию – то на 15%, если же зарплату удвоят маме, то на 25%. Как возрастет доход всей семьи, если зарплату удвоят папе? 55%
3. Как можно обнаружить присутствие магнитного поля в данной области пространства? Какие приборы или устройства необходимы для этого?
4. Как обнаружить постоянный электрический ток в проводе, не касаясь его руками?
5. Как проще всего узнать, намагничена ли стальная пилка у лобзика?
6. Какое правило определяет связь между направлением тока в проводнике и направлением его магнитных линий? Сформулируйте его.

**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 недостатком 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? Ответ округлить до сотых.



2. Из четырех резисторов и идеального диода собрана электрическая цепь, схема которой показана на рисунке. Сопротивление  $R = 1$  кОм. Определите силу тока через диод, если напряжение на идеальном источнике тока  $U = 11$  В. 12 мА



## Занятие 26. Магнитные свойства вещества.

**I. Вопросы (блиц):**

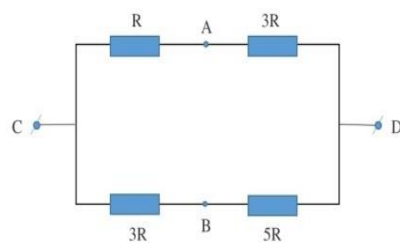
1. Как располагается магнитная стрелка в магнитном поле?
2. Я отпил 1/6 чашечки кофе и долил в нее молоко. Затем выпил 1/3 чашки и долил в нее молоко. Потом я выпил полчашки и опять долил в нее молоко. Наконец, я выпил полную чашку. Чего я выпил больше: кофе или молока?

Поровну

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. К сети 220 В последовательно (параллельно) подключили две лампочки: одна 60 Вт, вторая 150 Вт. Какая лампочка будет гореть ярче?
8. Вокруг проводника с током появилось магнитное поле. Что является источником энергии этого поля?

## II. Задачи:

1. Конденсатор 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? Какое количество теплоты выделилось? 210 пФ. 0,365 мкДж
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. Если 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 С и D. Между точками С и D напряжение постоянно. 8,4 Ом. 168 В



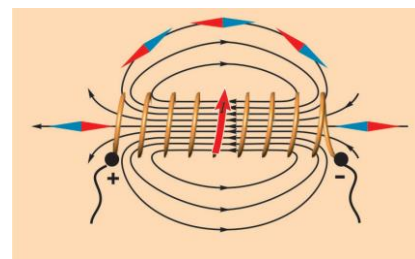
III. Магнитное, поле вокруг прямого проводника с током. Правило правой руки. Линия магнитного поля.

**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



**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:**

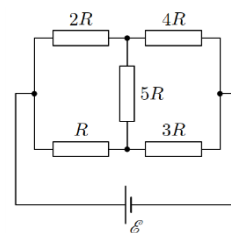
- Всегда замкнутые линии (вихревое поле);
- Нигде не начинаются и не заканчиваются.

У соленоида много общего с полосовым магнитом. Электрон, движущийся вокруг

ядра в атоме, представляет собой маленькую рамку с током или магнитную стрелку. Собственное магнитное поле электрона (частицы) – **спин**. **Магнитная индукция** ( $\vec{B}$ ) – силовая характеристика данной точки магнитного поля.  $[B]=[Тл]$ . Во внешнем магнитном поле кольцевой ток (магнитная стрелка) стремится повернуться так, чтобы направление его магнитного поля совпало с направлением внешнего поля. Что будет происходить с этими магнитными стрелками во внешнем магнитном поле? Проникает ли магнитное поле внутрь вещества? Как изменится при этом магнитное поле в веществе? Как влияет на ориентацию магнитных стрелок (атомов) тепловое движение, вязкость? **Парамагнетики**. **Ферромагнетики** – вещества, в десятки тысяч раз усиливающие внешнее магнитное поле. У здорового взрослого в организме находится, как правило, от трех до четырех граммов железа! Ферромагнетики отличаются тем, что их намагниченность, появляющаяся в очень слабом магнитном поле, в десятки и даже сотни тысяч раз больше, чем у парамагнетика. 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:

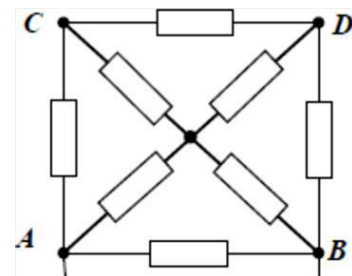
1. В тостере в качестве нагревательного элемента используется нихромовая спираль сопротивлением  $R = 80$  Ом при комнатной температуре. В момент включения тостера ток в цепи составляет  $I_0 = 1,5$  А. До какой температуры нагревается спираль, если перед выключением тостера ток равен  $I = 1,3$  А?  $t \approx 400^\circ\text{C}$
2. В схеме, изображённой на рисунке, найдите ток через резистор сопротивлением  $5R$ . Величины  $\varepsilon$  и  $R$  известны. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.  $\varepsilon/85R$
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  $t_1 = 180^\circ\text{C}$ , а если включить только вторую спираль, то плитка нагревается до температуры  $t_2 = 220^\circ\text{C}$ . 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  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . 1)  $\approx 109^\circ\text{C}$ ; 2)  $380^\circ\text{C}$



#### Вопросы (блиц):

1. Каким образом можно узнать, есть ли ток в проводе, не пользуясь амперметром?
2. Сколько понадобится пятаков, чтобы разменять 59 копеек пятнадцать монетами по 3 и 5 копеек? 7
3. Что произойдет с гвоздем, на который намотан изолированный провод, если по проводу потечет электрический ток?

4. Чем создается магнитное поле постоянного магнита?
5. Почему железный сердечник, внесенный в катушку с током, притягивает железные предметы?
6. О чем «говорит» (информирует нас) картина магнитного поля, полученная с помощью железных опилок?
7. Почему магниты притягиваются к холодильнику?
8. Одинаково ли влияния постукивания в процессе намагничивания тела и на уже намагниченное тело?



### Разное

1. К клеммам А и В цепи, схема которой показана на рисунке, подключен источник, создающий между этими клеммами напряжение  $U = 8,8$  В. Сопротивление всех резисторов схемы одинаково и равно  $R = 30$  Ом. Найти полный ток, текущий от А к В .

## Занятие 27. Сила Ампера.

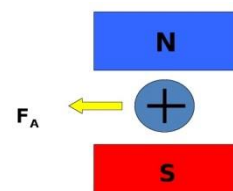
### I. Вопросы (блиц):

1. Почему ударами молотка можно размагнитить сильный магнит, а легким постукиванием по стальному стержню можно его намагнитить?
2. 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
3. Почему сильный магнит притягивает фрагменты кожи, на которые нанесена татуировка черной или сине-черной краской?
4. Как изготовить электромагнит, подъемную силу которого можно регулировать?
5. Почему магнитное поле дугообразного магнита интенсивнее поля полосового магнита?
6. Когда 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. Плоский 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  $\Delta t = 25^{\circ}\text{C}$ .  $V/\tau = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$

**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?**

$$F_A = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha$$

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



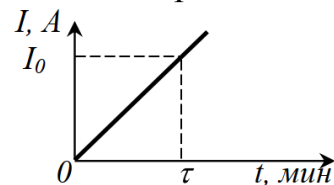
**Электрический двигатель** — это устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую энергию. **Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы. Громкоговоритель.**

**IV. Задачи (блиц):**

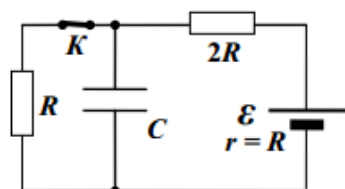
1. Найти величину и направление вектора магнитной индукции, в котором проводник находится в равновесии, если длина проводника 20 см и его масса 5 г. Сила тока в проводнике равна 12,5 А и направлена из чертежа. 0,02 Тл
2. Определите электрическую силу, действующую на пылинку с зарядом 10 мкКл в однородном 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

**V. Олимпиада:**

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

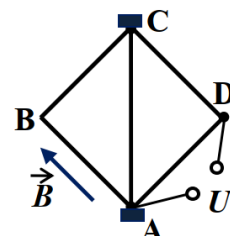


2. Провод длиной 15 см согнут в виде прямоугольного равнобедренного треугольника и помещен в магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны его плоскости. Через гипотенузу треугольника идет ток 2 А. Какая сила действует на каждый из катетов, если индукция магнитного поля 0,1 Тл? 8,8 мН



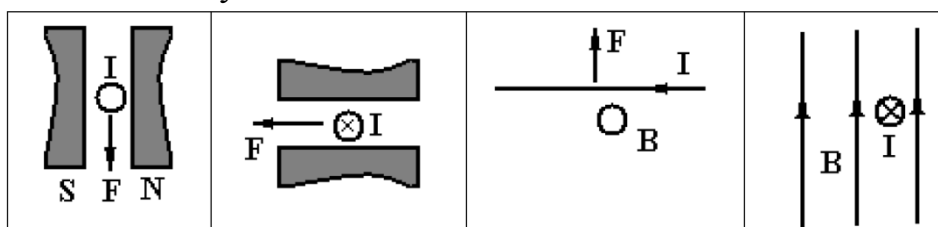


3. В схеме, изображенной на рисунке, ключ К в течение длительного времени был замкнут. Какое количество тепла выделится в сопротивлении R после размыкания ключа? Считать известными ЭДС источника, емкость конденсатора, и соотношения между величинами сопротивлений.  $(9/32)C\varepsilon^2$
4. Из медной 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  $\rho = 0,018$  мкОм·м, площадь сечения проволоки  $S = 1,8$  мм<sup>2</sup>, длина стороны квадрата  $a = 1$  м. 1,9 Н



Вопросы (блиц):

1. В магнитное поле, направленное в доску, помещен провод, по которому течет ток справа налево. Определите направление силы Ампера.
2. В турнире по волейболу, прошедшем в один круг, 20% всех команд не выиграли ни одной игры. Сколько было команд? 5
3. Ток в горизонтальном проводе течет с юга на север. Куда направлена сила, действующая на провод со стороны магнитного поля Земли в Томске?
4. В каком случае сила действия магнитного поля на проводник с током равна нулю?
5. На приведенных ниже рисунках представлены различные случаи взаимодействия магнитного поля с током. Восполните недостающие данные в каждой ситуации.



### 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  $\ell$  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 В? Сделайте рисунок.  $F = IB\ell\sqrt{2}$

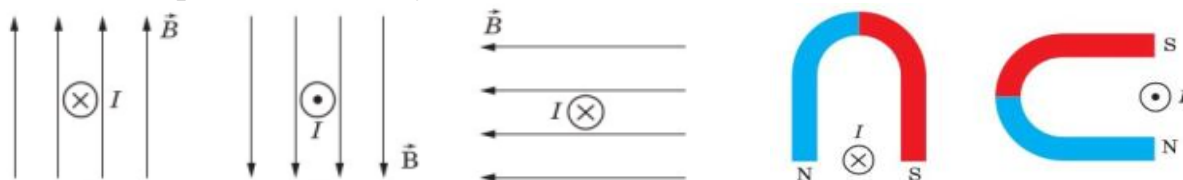
### Олимпиада:

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  $t_1 = 1000^\circ\text{C}$ . При этом температура в кухне поддерживалась постоянной и равной  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . До какой температуры в той же кухне разогреется спираль, если увеличить напряжение источника до 230 В? Температурный коэффициент сопротивления для спирали электроплитки  $\alpha = 4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .  $6250^\circ\text{C}$

### Занятие 28. Прямолинейное распространение света.

#### I. Вопросы (блиц):

1. В магнитное поле, направленное из доски, помещен провод, по которому течет ток слева направо. Определите направление силы Ампера.
2. 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.
3. Отвечая у доски, Петя сказал, что между электрическими и магнитными явлениями нет ничего общего, и тут же получил двойку. Почему?
4. Чему равна сила Ампера, действующая на замкнутый контур с током в однородном магнитном поле? Нулю
5. Куда направлена сила Ампера, если прямолинейный проводник с током располагается под углом к линиям индукции однородного магнитного поля?
6. Как направлено однородное магнитное поле, если ток в проводе направлен от нас, а сила Ампера действует на провод вниз? вправо
7. Почему не проскакивает «магнитная искра» при приближении двух магнитов друг к другу?
8. Ток в горизонтальном проводе течет с юга на север. Куда направлена сила, действующая на провод со стороны магнитного поля Земли в Томске?
9. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током, в каждом из приведенных случаев.



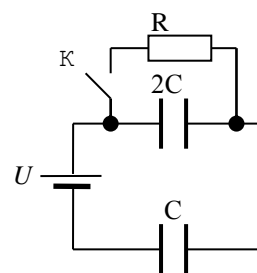
10. Почему электродвигатель может сгореть, если остановить его ротор?

#### 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 магнитном 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 в два раза. 0,08 Тл

3. Какое количество теплоты выделится на резисторе после замыкания ключа  $K$ ?  $Q = \frac{1}{6}CU^2$



**III. Приемники света** — это устройства, которые изменяют свои свойства под действием света и с помощью которых можно регистрировать световое излучение. Примеры. **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.

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.

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. Параллакс.

**IV. Задачи (блиц):**

1. На каком расстоянии видно с Останкинской башни высотой около 300 м? 62 км

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.

3. Турист, находясь на расстоянии  $d = 100$  м от здания, хочет оценить его высоту. Он помещает на расстоянии  $L = 50$  см от глаза телефон длиной  $\ell = 10$  см и видит, что телефон закрывает половину высоты  $H$  здания. Какую оценку высоты здания он получает? 40 м

4. 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  $v = 2$  м/с? 4 м/с

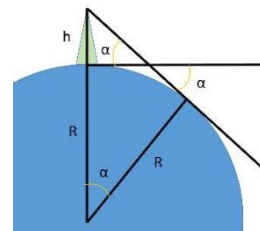
5. На какой минимальной высоте должен лететь воздушный шар радиусом  $R = 10$  м, чтобы не создавать полной тени при освещении Солнцем, находящимся в зените? Угловой размер Солнца  $\delta = 0,5^\circ$  Как изменится ответ, если лучи будут падать под углом  $45^\circ$  к горизонту? 2292 м. 1621 м

**V. Олимпиада:**

1. Комар двигался над водой по прямой с постоянной скоростью  $v = 1$  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 (по дну)? Ответ: 0 м/с или 1,6 м/с.

- 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.  $4r$
- Ученику 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  $0,53^\circ$ . 109 м, 1,5 м
- В романе «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.  $\alpha = 32''$   $h = 276$ м.



#### Вопросы (блиц):

- Почему тень от ног человека на земле резко очерчена, а тень от головы расплывчата?
- 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%
- 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?
- 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
- Почему в комнате, освещаемой одной лампой, получаются довольно резкие тени от предметов, а в комнате, где источником освещения служит люстра, такие тени не наблюдаются?
- Измерения показали, что длина тени от предмета равна его высоте. Какова высота Солнца над горизонтом?
- Почему "провода" в линиях оптической связи могут пересекаться друг с другом?

#### Разное

- За какое время отвесно падающие лучи Солнца могли бы растопить слой льда толщиной в 1 см, покрывающий Землю, при условии, что солнечное нагревание каждого  $1 \text{ м}^2$  поверхности Земли составляет  $2,1 \cdot 10^4$  Дж/мин? 40 мин

### Олимпиада:

1. Блазар 6С 001403+811827 на данный момент считается самым ярким известным активным ядром галактики. Его светимость составляет  $1,2 \cdot 10^{41}$  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  $1,37 \text{ кВт/м}^2$  – это полное количество лучистой энергии Солнца, падающей за 1 с на площадку  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно солнечным лучам и удаленную от Солнца на расстояние, равное радиусу земной орбиты. 84 пк.
2. Задача 1. («Курчатов», 2014, 9 ) Человек идёт ночью по улице, освещённой фонарями. В некоторый момент он обратил внимание на то, что тень, которую он отбрасывает перед собой, в два раза короче тени за его спиной. Пройдя 5 метров, он заметил, что ситуация изменилась: теперь тень за спиной в два раза короче тени перед ним. На каком расстоянии друг от друга стоят на этой улице фонарные столбы, если все они одинаковой высоты? 15 м
3. К выводам батарейки с ЭДС 6 В подключены три соединённые параллельно гибкие проволочки – красная, жёлтая и зелёная. По ним текут токи силой 5 А (по красной), 4 А (по жёлтой) и 3 А (по зелёной). Проволочки не выпрямлены, а смяты комком, но поскольку они покрыты изолирующим лаком, то в местах их механических контактов электрических контактов нет. Вся эта конструкция находится в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл. На всю красную проволочку (от места её контакта с «+» выводом батарейки до места контакта с «-» выводом батарейки действует сила Ампера, модуль которой равен 1 Н.
  - 1) Какая сила Ампера действует на жёлтую проволочку? Ответ выразите в Н, округлите до десятых долей.
  - 2) Какая сила Ампера действует на зелёную проволочку? Ответ выразите в Н, округлите до десятых долей.
  - 3) Какая сила Ампера действует на батарейку? Ответ выразите в Н,
  - 4) Чему равно расстояние от «+» вывода батарейки до «-» вывода, если вектор, соединяющий выводы батарейки, перпендикулярен направлению магнитного поля? Ответ выразите в см, округлите до целого числа.

### Занятие 29. Отражение света.

#### I. Вопросы (блиц):

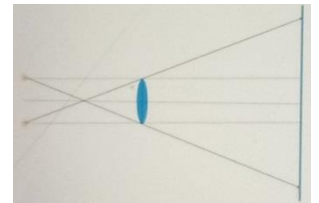
1. Что больше: облако или его тень?
2. Старший брат выше младшего на 50 см, а тень старшего брата длиннее тени младшего на 75 см. Определите рост младшего брата, если длина его тени 180 см. 120 см
3. Наблюдая Землю, марсианский астроном видит, что Солнцем освещена ровно половина видимого диска. Найдите расстояние от Марса до Земли, если известно, что Земля и Марс находятся на расстоянии 147 и 245 миллионов километров от Солнца.
4. Почему светящаяся лампочка от карманного фонарика при удалении от нее видна все хуже и хуже?
5. Почему неровности дороги днем видны хуже, чем ночью при освещении дороги

фарами автомобиля?

6. Мальчик 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  $\ell$  от лампочки до лошадки меньше, чем расстояние  $L$  от лошадки до стены? Ответ: 2 раза.
7. Сколько времени свет идет от Солнца до Земли?
8. При сильной облачности можно увидеть светлые и темные лучи, выходящие из облаков вблизи Солнца. Как они возникают?
9. Бабушка 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

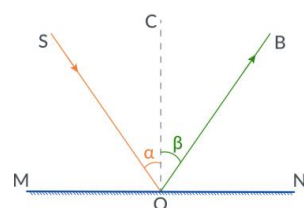
## II. Задачи (ближ):

1. Турист 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



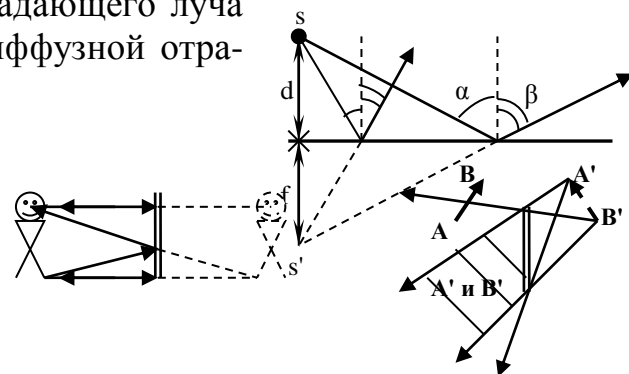
3. Поздним вечером молодой человек идет с постоянной скоростью  $v_0 = 1,4$  м/с от фонарного столба высотой  $H = 3$  м к стене. Расстояние от столба до стены равно  $L = 8,4$  м. В некоторый момент на стене появляется тень человека. Она растет до тех пор, пока человек не приблизится к стене вплотную.

С какой средней скоростью  $v$  тень двигалась по стене? 0,5 м/с



## III. Зеркальное отражение света. Важнейшее свойство световых лучей, которое вытекает из закона отражения света: **обратимость световых лучей**. Диффузное отражение света. **Альbedo** – коэффициент, который показывает, какая доля энергии падающего луча отражается от поверхности, характеристика диффузной отражательной способности поверхности.

### Плоское зеркало. Построение изображения предмета в плоском зеркале. **Оптическое изображение** – картина, получающаяся после прохождения световых лучей через оптическую систему. Мнимое изображение точки.



### Область видения изображения предмета.

Расстояния от предмета до плоского зеркала ( $d$ ) и от зеркала до изображения предмета ( $f$ ) равны:  $d = f$ . Равенство размеров предмет и изображения.

**Сферические зеркала:**  $F = \frac{R}{2}$ ;  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ;  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ .

**IV. Задачи (блиц):**

1. Солнечные лучи составляют с горизонтом угол  $62^\circ$ . Как надо расположить плоское зеркало по отношению к земле, чтобы направить лучи горизонтально (рассмотреть 2 случая)?  $59^\circ$ .  $31^\circ$
2. Угол между падающим и отраженным лучами в 8 раз больше угла между падающим лучом и плоскостью зеркала. Вычислите угол падения луча.  $72^\circ$
3. Круглый 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? 3 м
4. Альпинист 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

**Олимпиада:**

1. Какого радиуса должна быть зеркальная сфера, подвешенная у потолка, чтобы направленным на нее световым пучком радиуса  $r$  можно было осветить отраженным светом каждый угол (весь пол) в комнате любых размеров?  $r/R = \sqrt{2}/2$
2. 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.
3. В фокусе 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. 3,5 м

**Вопросы (блиц):**

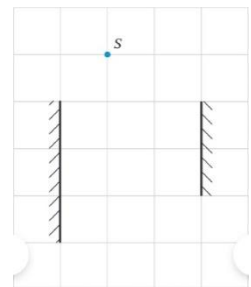
1. Человек, стоящий на берегу озера, видит на гладкой поверхности воды изображение Солнца. Как будет перемещаться это изображение при удалении человека от озера?
2. В правительстве страны Липутандии 20 министров. По крайней мере один из них честен. Из любых двух министров хотя бы один продажен. Сколько всего честных министров в правительстве Липутандии? 1
3. 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?

4. Далеко ли от вас до изображения Солнца в плоском зеркале?
5. Как будет выглядеть лужа в свете фар приближающегося к пешеходу автомобиля!
6. Как зависит величина изображения предмета от расстояния предмета до плоского зеркала? Не зависит.
7. 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.
8. Если 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?

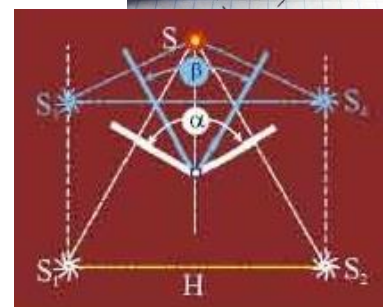
### Разное

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. 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
4. 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.
5. 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  $120^\circ$ . 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

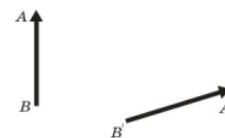




### Занятие 30. Преломление света.

#### I. Вопросы (блиц):

1. Плоское зеркало может вращаться вокруг горизонтальной оси. Луч лазерной указки падает на зеркало под углом  $10^\circ$ . На какой угол повернется отраженный луч, если зеркало повернуть на  $25^\circ$ ?  $50^\circ$
2. 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
3. Световой луч падает на плоское зеркало, лежащее на столе, под углом падения  $53^\circ$ . Под каким углом следует расположить зеркало, чтобы отраженный луч был вертикальным?  $26,5^\circ$
4. Луч лазера падает на плоское зеркало под углом  $10^\circ$  к нему. Чему равен угол между падающим и отраженным лучами? Ответ:  $160^\circ$
5. Почему в цехах с рассеянным освещением огранщикам алмазов в бриллианты трудно работать?
6. 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.
7. На рисунке показан предмет АВ и его изображение А'В' в плоском зеркале. Определите построением положение зеркала.
8. Почему хорошо видны фигуры, нарисованные на запотевшем оконном стекле?
9. Две бесконечные отражающие полуплоскости образуют прямой угол. 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:  $\alpha = 90^\circ$ . При каких углах падения вообще такое возможно?

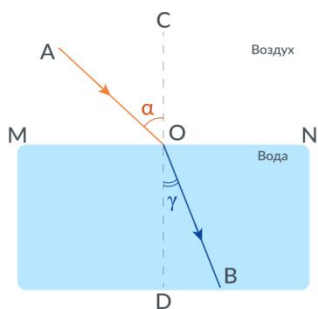


#### II. Задачи (блиц):

1. Человек ростом  $H = 1,8$  м, видит Луну по направлению, составляющему угол  $60^\circ$  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  $\alpha = 15,6^\circ$  над горизонтом, а его изображение в озере видно под углом  $\beta = 17,1^\circ$  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  $\alpha = 30^\circ$  к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Вторым, 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.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$$



### Закон преломления света:

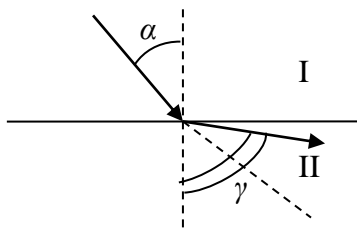
**Абсолютный показатель преломления среды ( $n$ )** - показатель преломления данной среды по отношению к вакууму. Физический смысл абсолютного показателя преломления:  $n = c/v$ . Абсолютные показатели преломления некоторых сред:  $n_{\text{возд}} = 1,0003$ ,  $n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,33$ ;  $n_{\text{см}} = [1,5 \text{ (крон)} - 1,9 \text{ (флинт)}]$ .

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:  $n_2 > n_1$ ,  $\sin \alpha > \sin \gamma$ .

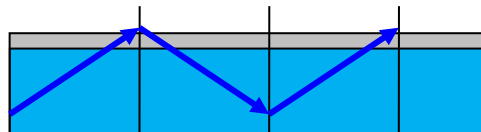
Прохождение светового луча из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду:  $n_1 > n_2$ ,  $\sin \gamma > \sin \alpha$ .



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,  $\gamma \rightarrow 90^\circ$  и свет во вторую среду не проходит:  $\sin \alpha_{\text{пред}} = n_{21}$ .

**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):

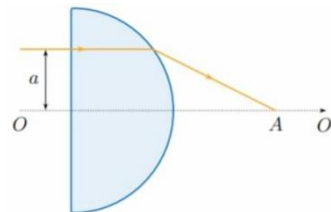
1. Луч света идет из воздуха в спирт (1,36). Разность углов падения и преломления равна  $\alpha - \beta = 15^\circ$ . Найти угол падения  $\alpha$  и угол преломления  $\beta$ . Ответ:  $48,3^\circ$ ;  $33,3^\circ$
2. Бассейн прямоугольной формы шириной 4,30 м и глубиной 5,00 м полностью заполнен водой. 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  $60^\circ$ , 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?  $20,5^\circ$
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 самой 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. Верхний и нижний край бассейна с водой ученик видит одновременно, когда угол зрения составляет  $14^\circ$  с горизонтом. Под каким новым углом зрения он

должен смотреть, чтобы верхний край бассейна совместился с центром бассейна? 51

3. 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
4. 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, преломленного на сферической поверхности, с осью  $OO'$ .  $2,86R$

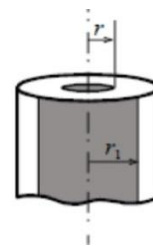


*Вопросы (блиц):*

1. Почему попавший в воду комок снега становится невидимым?
2. 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
3. Почему задолго до восхода Солнца начинает светать?
4. Если поверхность воды не совсем спокойна, то предметы, лежащие на дне, кажутся колеблющимися. Объясните явление.
5. Религиозные люди утверждают, что лишь в день Пасхи при восходе солнца "играет" (диск солнца колеблется, меняет свою форму и цвет). Как объяснить видимое колебание диска восходящего солнца? переменная неоднородность воздуха
6. Почему не видно глаз человека в темных очках, хотя сам человек через такие очки видит достаточно хорошо?
7. В утренние и предвечерние часы отражение Солнца в спокойной воде слепит глаза, а в полдень его можно рассмотреть, не жмурясь. Почему?
8. Зачем стёкла автомобильных фар делают рифлёными, а не гладкими?
9. Почему пена на лимонаде белая, а не янтарная и не темная, как напиток в кружке?

**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  $120 \text{ м}^2$ , а среднее значение мощности солнечного излучения, приходящегося на  $1 \text{ м}^2$  земной поверхности, равно 1 кВт.
2. Луч света падает на горизонтальную поверхность водоема под углом  $\alpha$ . 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  $n$ .  $\ell = 2H \operatorname{tg} \gamma$ .

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.  $n = r_1/r$

### 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. Чему равен показатель преломления данной среды, если скорость света в ней составляет половину скорости света в вакууме. 2
4. 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?
5. Какой угол образуется между отраженным и преломленным лучом, если угол падения луча на границу раздела двух сред  $\alpha = 18^\circ$ , а угол преломления в три раза меньше угла падения.  $156^\circ$
6. Почему, находясь в лодке, трудно попасть острой в рыбу?
7. Почему в замерзшей луже те области, где подо льдом образовалась прослойка воздуха, кажутся серебристыми?
8. Почему волосы темнеют, когда намокают?
9. 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  $70^\circ$ ? Глубина 2 м. 0,72
2. На воздухе у аквалангиста в маске угол обзора  $\varphi = 111^\circ$ . Определить угол обзора у аквалангиста в воде.  $\gamma = 76^\circ$
3. Чайка 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?  $\approx 5,7$  м

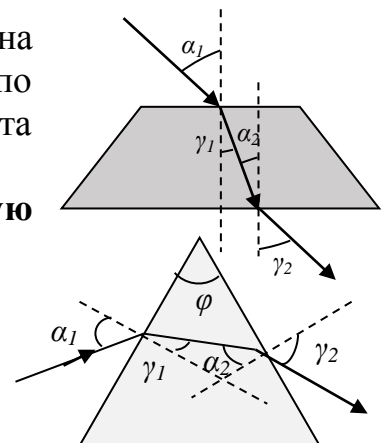
#### III. Ход лучей через плоскопараллельную стеклянную пластинку.

##### Ход лучей в треугольной призме:

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

##### Принцип обратимости световых лучей. Угол отклонения.

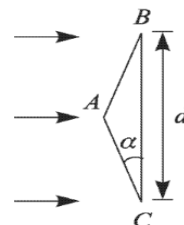
Если световой луч падает на преломляющую грань призмы под малым углом, то



угол отклонения луча призмой определяется формулой:  $\delta = \varphi(n - 1)$

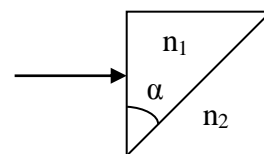
#### IV. Задачи:

1. Луч 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  $d = 5$  см. 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  $\alpha = 5,7^\circ$ . При расчетах использовать принцип малости углов. 49,4 см
3. Призма с преломляющим углом  $\varphi = 60^\circ$  сделана из стекла с показателем преломления  $n = 1,75$ . При каком угле  $\alpha$  падения луча на одну из граней призмы выход луча из второй грани становится невозможным?  $\alpha < 48^\circ$



#### V. Олимпиада:

1. 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
2. На кварцевый клин с углом при вершине  $\alpha = 15^\circ$ , падает из воздуха луч света под углом  $\beta = 30^\circ$  к нормали к поверхности клина. Под каким углом  $\gamma$  к нормали к другой поверхности луч выходит из клина в воздух? Коэффициент преломления кварца  $n = 1,5$ . возможны два решения:  $\gamma \approx 58^\circ$  и  $\gamma \approx 7^\circ$ .
3. Луч света проходит симметрично через призму с преломляющим углом  $\alpha$  при вершине. Как связан угол поворота луча  $\varphi$  с углом  $\alpha$ ?  $\varphi = n \sin \frac{\alpha}{2}$

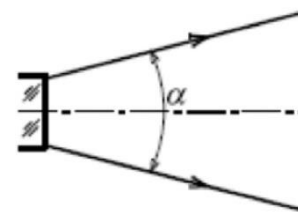


#### Вопросы (блиц):

1. Почему с моста лучше видно рыбу, плавающую в реке, чем с низкого берега?
2. В каком направлении пловец, нырнувший в воду, видит заходящее Солнце?
3. Почему блестят драгоценные камни?
4. Почему, когда едешь по сильно разогретому Солнцем шоссе, то иногда кажется, что видишь на дороге лужи?
5. Экспериментатор рассматривает рисунок, находящийся от него на некотором расстоянии. Увеличится или уменьшится видимое расстояние, если он начнет рассматривать рисунок через толстую плоскопараллельную стеклянную пластину?
6. Ловец жемчуга выпускает на глубине изо рта оливковое масло и, блики на поверхности воды исчезают. Почему?
7. Постройте ход луча через плоскопараллельную пластинку, если ее показатель преломления меньше показателя преломления окружающей среды.
8. Почему зимой во время тумана видимость заметно улучшается, когда начинает идти снег?

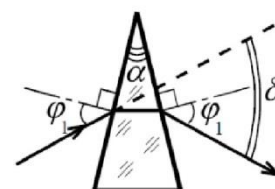
## Разное

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 света падает перпендикулярно к грани призмы, у которой преломляющий угол  $\varphi = 10^\circ$ . Угол отклонения луча, вышедшего из призмы, от первоначального направления  $\theta = 27^\circ$ . Определить показатель преломления  $n$  стекла призмы. 3,6
3. Луч падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной 3 см под углом  $70^\circ$ . Определите смещение луча внутри пластинки. 2 см
4. 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  $\alpha$  (угол расхождения) лучей, исходящих из такого оптического волокна.  $67^\circ$



## 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  $60^\circ$ , а показатель преломления стекла  $n = \sqrt{3}$ . 3,46 см
2. На призму с преломляющим углом  $\alpha$  под углом  $\varphi_1$  падает луч света. Из призмы этот луч выходит под тем же углом  $\varphi_1$ . Найдите угол отклонения луча  $\delta$ .
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

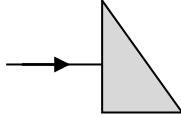


## Занятие 32. Линза.

### 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. Чтобы испечь хлеб, муку замешивают с равным ей по массе количеством воды. В печи тесто теряет 30% своей массы. Сколько нужно взять муки, чтобы испечь 7 тонн хлеба? 5 т
3. При смешивании одеколona и воды получается жидкость молочного цвета. Почему смесь становится мутной, хотя составляющие её части прозрачны? В одеколone содержатся эфирные масла. В спирте они растворимы, а в воде - практически нет.
4. Если вода прозрачная, то почему одежда, попавшая под нее и намочшая, становится темнее?

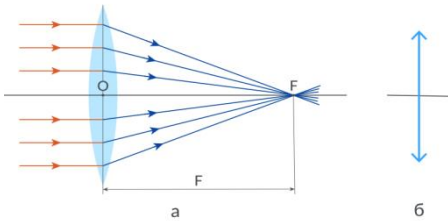
5. Трое мальчиков имеют по некоторому количеству яблок. Первый из мальчиков дает другим столько яблок, сколько каждый из них имеет. Затем второй мальчик дает двум другим столько яблок, сколько каждый из них теперь имеет; в свою очередь и третий дает каждому из двух других столько, сколько есть у каждого в этот момент. После этого у каждого из мальчиков оказывается по 8 яблок. Сколько яблок было вначале у каждого мальчика? 13. 7. 4.
6. Почему барашки на гребнях морских волн белые?
7. Укажите дальнейший ход луча через треугольную стеклянную призму.
8. Чем отличается отражение света от явления полного внутреннего отражения?



### II. Задачи (ближ):

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  $\alpha = 45^\circ$ , образует на нем светлое пятно. На сколько сместится это пятно, если на бумагу положить стеклянную пластину толщиной  $h = 2$  см?  $S = \frac{2h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 1,6 \text{ мм}$

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

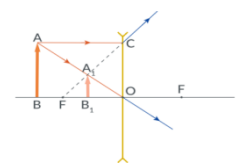
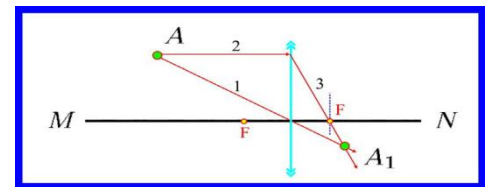


$$F = \frac{1}{(n_{21} - 1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad D = \frac{1}{F} \quad [D] = [\text{дптр}]$$

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 показано положение главной оптической оси линзы, светящаяся точка  $A$  и ее изображение  $A'$  (Рис. 1). Найдите положение линзы и постройте изображение предмета  $BC$ .
2. На рисунке показана собирающая линза, ее главная оптическая ось, светящаяся точка  $S$  и ее изображение  $S'$  (Рис. 2). Определите построением фокусы линзы.
3. На рисунке 3 штриховой линией показана главная оптическая ось линзы и ход произвольного луча через неё. Построением найдите главные фокусы этой линзы.
4. Постройте изображение предмета  $AB$  в собирающей и рассеивающей линзах, изображенных на рисунке 4.

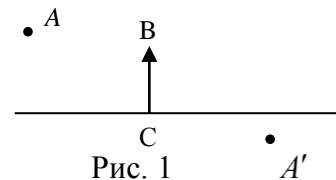


Рис. 1

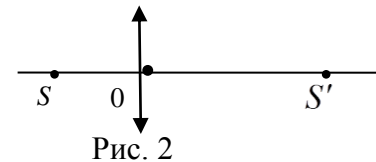


Рис. 2

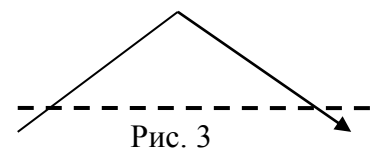


Рис. 3

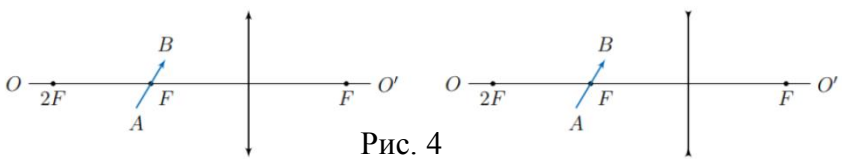
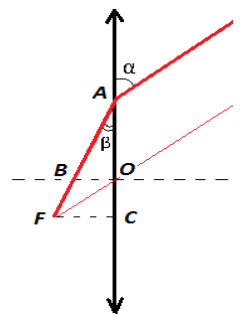


Рис. 4

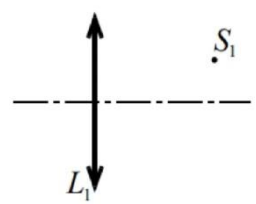
#### Олимпиада:

4. 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.
5. Тонкий луч света падает на тонкую собирающую линзу на расстоянии  $x=10$  см от её оптического центра. Угол между падающим лучом и плоскостью линзы  $\alpha=45^\circ$ , между преломлённым лучом и плоскостью линзы  $\beta=30^\circ$ . Определите её фокусное расстояние. Ответ:  $\approx 13,7$  см.
6. 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  $S_1$ .



#### Вопросы (блиц):

1. Можно ли с помощью лампочки и собирающей линзы изготовить прожектор?
2. Как, используя в качестве источника света Солнце, определить фокусное расстояние линзы?
3. Из двух стекол от часов склеили "выпуклую линзу". Как будет действовать эта линза на пучок лучей в воде?
4. Можно ли с помощью топора на Северном полюсе зажечь огонь?
5. Почему у линзы два фокуса, а у сферического зеркала только один?





6. Увидим ли мы изображение, если будем смотреть через собирающую линзу на предмет, помещенный в ее фокальной плоскости?

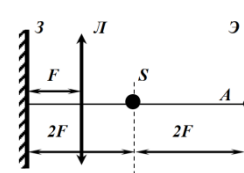
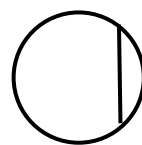
### Разное

1. Определите угол отклонения светового луча, падающего на треугольную призму с преломляющим углом  $\varphi = 1^\circ$ . Если показатель преломления материала призмы  $n = 1,5$ .  $0,5^\circ$

### Занятие 33. Формула линзы.

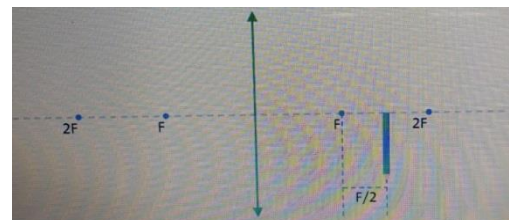
#### I. Вопросы (блиц):

1. Может ли плоско-выпуклая линза рассеивать параллельные лучи?
2. 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
3. Линзу с фокусным расстоянием 25 см разрезали так, как показано на рисунке. Чему равно фокусное расстояние у каждой из частей линзы?
4. Как изменится фокусное расстояние линзы, если температура ее повысится?
5. Края линзы обрезают. Изменилось ли при этом ее фокусное расстояние (доказать построением)?
6. Половина у линзы закрывают непрозрачным экраном. Что произойдет при этом с изображением?
7. 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.
8. 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?

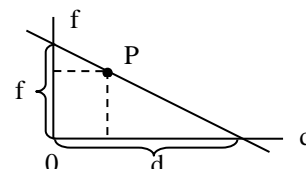


#### II. Задачи:

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:



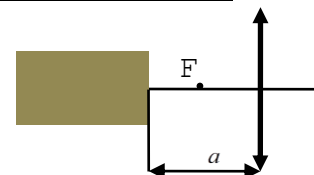
$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f-F}{F}; \quad \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}. \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

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

$\Gamma = 1/(d/F - 1)$ . 1)  $d = F$ ,  $\Gamma \rightarrow \infty$ . 2)  $d = 2F$ ,  $\Gamma = 1$ . 3)  $d \rightarrow \infty$ ,  $\Gamma \rightarrow 0$ . 4)  $d = \frac{1}{2}F$ ,  $\Gamma = -2$ .

$d$	$d \rightarrow \infty$	$d = 2F$	$F < d < 2F$	$d = F$	$d < F$
$f$	$f \rightarrow F$	$2F$	$f > 2F$	$\infty$	$f < 0$
изображение	$0 < \Gamma < 1$	$\Gamma = 1$	$\Gamma > 1$	$\Gamma \rightarrow \infty$	$\Gamma \leq -1$

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

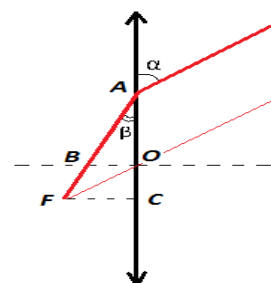


#### IV. Задачи:

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  $\alpha = 45^\circ$ , между преломлённым лучом и плоскостью линзы  $\beta = 30^\circ$ . Определите её фокусное расстояние. Ответ:  $\approx 13,7$  см.



4. Тонкая линза дает на экране изображение предмета с линейным увеличением  $\Gamma_1 = 2$ . Во сколько раз  $\alpha$  нужно изменить расстояние между предметом и изображением, чтобы получить на экране изображение предмета с увеличением  $\Gamma_2 = 3$ ?  $32/27=1,185$

#### V. Олимпиада:

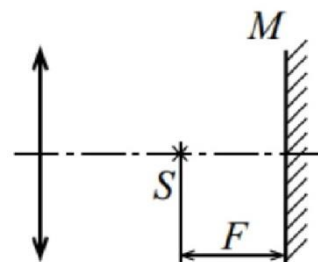
7. Астроном хочет взять с собой в поход лупу для разведения огня. У одной линзы фокусное расстояние 20 см и диаметр 5 см, а у другой – фокусное расстояние 50 см, а диаметр 10 см. Какой из них будет легче поджечь тонкую деревянную палочку? Во сколько раз будет отличаться время поджога? Вторая линза собирает в 4 раза больше солнечной энергии, чем первая, но на большей в 6,25 площади, которая  $\sim F^2$ . Первая линза дает большую в 1,6 раза концентрацию энергии (светосилу).

8. Тонкая линза создаёт изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси, с увеличением  $\Gamma = 4$ . 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

9. 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.

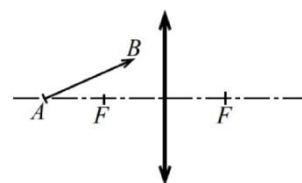


10. На главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположено плоское зеркало  $M$  (перпендикулярно оси) и точечный источник света  $S$ . Оптическая система формирует два действительных изображения источника, расположенных на расстоянии  $2F/3$  друг от друга. Найдите расстояние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



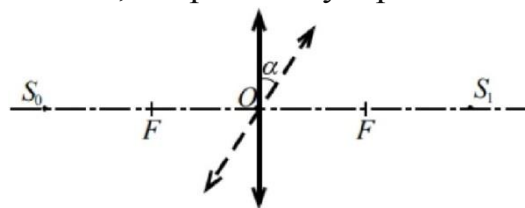
Вопросы (блиц):

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. 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?
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. Спичка расположена в фокальной плоскости рассеивающей линзы. Во сколько раз изображение спички меньше ее длины?
6. Можно ли на экране с помощью рассеивающей линзы получить изображение свечи?
7. Постройте изображение стрелки  $AB$ , находящейся перед тонкой собирающей линзой.



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  $\alpha = 30^\circ$  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  $\alpha = 60^\circ$ ? Как



изменится изображение при повороте на угол  $\alpha > 60^\circ$ ?

**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. Определить построением положение светящейся точки, если два луча после

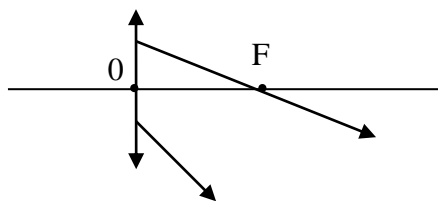


Рис. 1

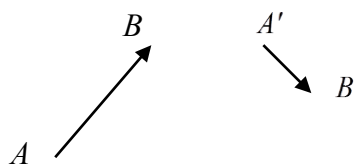


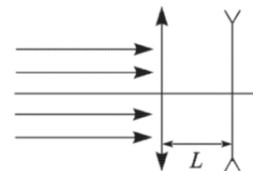
Рис. 2

преломления в линзе идут так, как изображено на *рисунке 1*.

2. Через один кран вода заполняет бак за 3 часа, а через второй – за 9 часов. За какое время заполнится бак, если открыть оба крана? 2,25 ч
3. Даны предмет  $AB$  и его изображение  $A'B'$ . Определите тип линзы, найдите ее главную оптическую ось и положение фокусов (*Рис. 2*).
4. Две 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.
5. Расстояние между предметом и его изображением, создаваемым тонкой линзой, равно  $0,5 F$ , где  $F$  – фокусное расстояние линзы. Какое это изображение – действительное или мнимое?
6. Перед собирающей (рассеивающей) линзой находится точечный источник света. Покажите штриховкой область, из которой можно видеть изображение этого источника.

**II. Задачи(блиц):**

1. Тонкая 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?  $1/1,5 \approx 0,67$  м
2. Тонкая нить лампы длиной 4 мм расположена на расстоянии 90 см от экрана, параллельного нити. Найдите оптическую силу тонкой линзы, с помощью

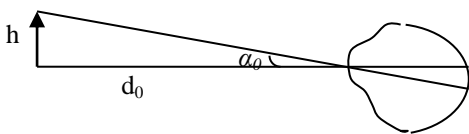


- которой на этом экране можно получить четкое изображение нити длиной 8 мм.
3. На оптической оси линзы с фокусным расстоянием 20 см помещена светящаяся точка на расстоянии 30 см от линзы. По другую сторону от линзы в ее фокальной плоскости находится экран. Определить диаметр пятна на экране, если диаметр 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,  $d_2 \rightarrow \infty$ . 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).

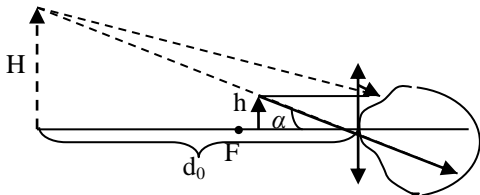
**Дальнозоркость и близорукость — что это? Дефекты зрения. Очки.**



**Расстояние наилучшего зрения:**  $d_0 \approx 25$  см.

**Лупа.** В качестве лупы используют собирающую линзу с фокусным расстоянием порядка 4-5 см.

Из подобия треугольников:  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha_0} \approx \frac{d_0}{F}$ .



**Увеличение оптического прибора ( $\Gamma$ )** – отношение тангенса угла зрения при наблюдении объекта через прибор к тангенсу угла зрения при наблюдении объекта с расстояния наилучшего зрения. Линзы Левенгука.

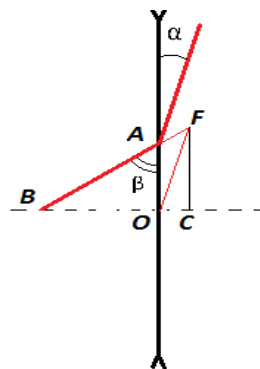
**IV. Задачи (блиц):**

- 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
- Определите увеличение лупы с фокусным расстоянием  $F$ .  $\Gamma = 1 + \frac{d_0}{F}$
- Телескоп-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.
  - Каково угловое увеличение  $\Gamma$  телескопа? а)  $\Gamma = F_{об}/F_{ок} = 194$ .
  - Каков размер изображения  $H$  при наблюдении лунного кратера диаметром  $D = 1500$  м, если расстояние между Землей и Луной составляет  $L = 3,85 \cdot 10^8$  м?  $H = D(F_{об}/L) \approx 7,6 \cdot 10^{-2}$  мм.
  - На каком расстоянии  $d'$  кажется находящимся кратер при наблюдении его с помощью этого телескопа? в)  $d' = L/\Gamma \approx 2 \cdot 10^6$  м.

4. 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  $\ell = 3,62$  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  $\alpha = 30^\circ$ , между преломлённым лучом и плоскостью линзы  $\beta = 45^\circ$ . Определите её фокусное расстояние. Ответ:  $\approx 13,7$  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.  $170,4^\circ$



#### 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. 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?
4. 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?
5. Найти фокусное расстояние лупы, изготовленной из кварца. Радиус кривизны одной поверхности линзы 16 см, второй 8 см. 9,9 см
6. Постройте ход лучей в лупе, дающей 5-кратное увеличение.
7. Каким образом с помощью мобильных телефонов получают качественные фотоснимки при жестко закрепленном объективе?
8. Зачем в фотоаппаратах используется диафрагма, если яркость изображений при этом уменьшается?
9. Каким образом рыбы осуществляют аккомодацию своего зрения, ведь у них хрусталик сферический?

10. Почему в очках для плавания хорошо видно под водой, а без них – плохо?
11. При каких условиях вогнутая линза будет: а) собирающей; б) рассеивающей?
12. 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.  $\Gamma = D/d$ .

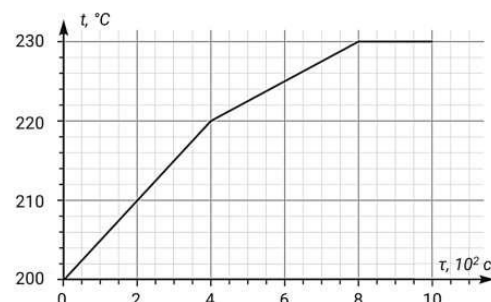
### Занятие 35. Олимпиада.

#### ОЛИМПИАДА 8 кл.

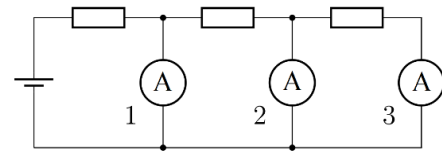
1. Пределом прочности материала называют максимальное механическое напряжение, которое он способен выдержать, прежде чем начать разрушаться. В таблице представлены данные о плотности и пределе прочности некоторых материалов.

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	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  $s = 1 \text{ мм}^2$ , 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

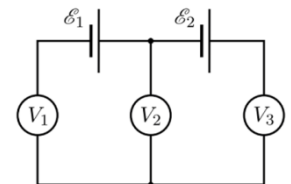


- 5) К моменту  $\tau = 1000$  с расплавилось  $\Delta m = 1$  кг металла. Удельная теплота плавления  $\lambda = 60$  кДж/кг. Определите мощность нагревателя после поломки. Ответ выразите в ваттах, округлите до целых. Ответ: 300
- 6) Определите время, в течение которого в тигле расплавился весь металл. Удельная теплоёмкость металла  $c = 230$  Дж/кг·°С. 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·°С, удельная теплота плавления свинца — 25 кДж/кг, температура плавления свинца — 327 °С, плотность свинца —  $11.4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, 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  $R_A = R \frac{2}{3} (1 + \sqrt{2}) \cdot 6,5$  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,  $\mathcal{E}_1 = 12$  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., Прияткин Н.А. Современные технологии обучения физике: Учеб. пособие. — СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2006.
21. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. <https://naidin.ru>