

Семинар по школьной олимпиадной физике

8 КЛАСС



Организатор: Анатолий Найдин



г. Томск, ТФТЛ

2024

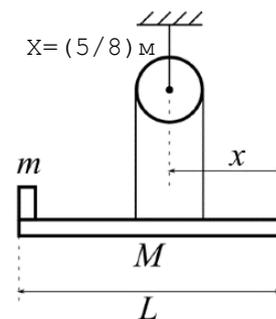
Занятие 1. Молекулы

I. Вопросы:

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. Покажите, что 1 г/см^3 равен 1000 кг/м^3 .
4. Какие преобразования энергии происходят при подъеме человеком груза на некоторую высоту?
5. Большая мельница малой водой не вертится (дигорская пословица). Так ли это?
6. Для покупки порции мороженого Пете не хватило 7 копеек, а Маше – 1 копейки. Тогда они сложили все свои деньги, но все равно не смогли купить даже одну порцию. Сколько стоит одна порция мороженого? $8 > M \geq 7$, т.е. 7

II. Задачи:

1. Машина едет четверть общего пути со скоростью $v = 25 \text{ км/ч}$, четверть от общего времени со скоростью $v = 30 \text{ км/ч}$ и остальной участок дороги со скоростью $v = 10 \text{ км/ч}$. Найти среднюю скорость в км/ч с точностью до десятых. Выразить третий путь и третье время. Ответ 17,6
2. Колена сообщающихся сосудов представляют собой три одинаковые вертикально расположенные трубки площадью сечения 1 см^2 каждая. Трубки частично заполнены водой. В одну из трубок заливают масло объемом 100 см^3 , при этом масло не перелилось в другие трубки. Насколько повысится уровень воды в остальных трубках? 30 см
3. Система из небольшого груза массы $m = 2 \text{ кг}$, однородной балки длиной $L = 1 \text{ м}$ и массой $M = 6 \text{ кг}$, блока и невесомой, нерастяжимой нити находится в равновесии (см. рисунок). Найдите расстояние x по горизонтали от вертикальной линии, проходящей через ось блока, до правого края балки.



III. Сегодня начнём знакомиться с молекулярной физикой.

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

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

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

свойства и состоящая из атомов, объединённых химическими связями.

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

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

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

Сколько атомов содержится в 12 г углерода? $N_A = 0,012 \text{ кг/моль}$ – 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 (ν)** – свойство макроскопического тела, измеряемое отношением массы вещества к его молярной массе:

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

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

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

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 капля тумана имеет радиус 0,3 мкм. Из сколько миллиардов молекул воды состоит эта капля?

V. Олимпиада.

1. Дрон летел по маршруту база – пункт А – пункт Б – база. При движении от базы до пункта А дрон летел с постоянной скоростью, превышающей среднюю. При движении от пункта А до пункта Б дрон двигался с постоянной скоростью, равной средней. При возвращении на базу из пункта Б, у дрона сели аккумуляторы, и его скорость стала в 3 раза меньше средней. При этом от базы до пункта А дрон пролетел за время в 3 раза меньшее, чем время его движения от пункта Б на базу. Во сколько раз скорость дрона при движении от базы до пункта А превышает скорость дрона при движении от пункта Б до базы? 3
2. Школьник поставил на одну чашу равноплечих весов сосуд, доверху наполненный жидкостью, и уравновесил весы, поставив на другую чашу гирю. Затем он аккуратно положил в сосуд небольшой камень, который утонул. Вылившуюся при этом жидкость школьник собрал в легкий стаканчик и поставил стаканчик на чашу с гирей. Весы снова оказались в равновесии. Какова плотность камня, если плотность жидкости равна 0,9 кг/литр? Массой стаканчика пренебречь. 1800 кг/м^3 $m_{\Gamma} = \rho_{\text{ж}} V$. $m_{\text{к}} + \rho_{\text{ж}}(V - V_{\text{к}}) = m_{\Gamma} + \rho_{\text{ж}} V_{\text{к}}$

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. Имеется два сосуда. В одном находятся 1 г молекулярного водорода H_2 , в другом – 8 г молекулярного кислорода O_2 . В каком сосуде находится большее количество вещества? В сосуде с водородом
7. Сколько кислорода использовано в реакции соединения водорода с кислородом, если использовано 3 г водорода? 24 г

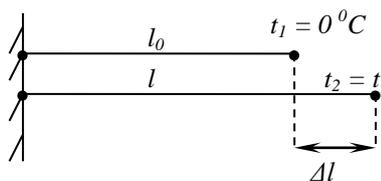
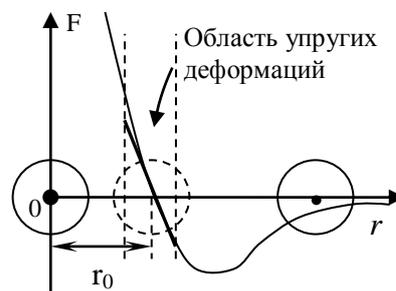
II. Задачи (блиц):

1. Сколько молекул содержится в 1 кг воды. Каковы масса и объём одной молекулы воды?
2. Какова масса куска золота, содержащего 10^{25} атомов?
3. 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. $\approx 0,4 \text{ нм}$

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. $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot t$. Δl – абсолютное удлинение тела. Отсюда $l = l_0(1 + \alpha t)$, где α – коэффициент линейного расширения твердого тела. Как биметаллическая пластина реагирует на

изменение температуры? И-за теплового расширения Эйфелева башня «вырастает» к лету на 15 см. Объемное расширение тел. $V = V_0(1 + \beta t)$, где β – коэффициент объемного расширения тела. $\beta = 3\alpha$. При измерении температуры тела ртутным термометром расширяется и ртуть, и стекло. Почему же ртуть поднимается вверх по тонкой трубке?

Учет и использование теплового расширения в технике: паропроводы, зазоры между рельсами, расширение мостов, железобетон, биметаллические пластины. 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. При 0°C отмерено 500 м алюминиевой проволоки. Какой будет длина проволоки при повышении температуры до 30°C ? $\alpha = 0.0000239 \text{ 1/град}$. 500,4 м.
2. Стальная труба при $t_1 = 20^\circ\text{C}$ имеет длину $l_1 = 10,7$ м. Насколько удлинится труба при пропускании по ней пара с температурой $t_2 = 420^\circ\text{C}$? 48 мм
3. Стальной обруч диаметром 1 м при 15°C должен быть надет на колесо диаметром 1,005 м. До какой температуры должен быть нагрет обруч? 460°C
4. Железнодорожные рельсы имеют длину 25 м и изготовлены из стали. Как изменяется их длина, если годовые изменения температуры колеблются от 30°C до -30°C ? $\alpha_{\text{ст}} = 11,3 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ 17 мм
5. Керосин содержится в стальной цистерне цилиндрической формы, высота которой 6,0 м. При температуре 0°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°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 объемного расширения жидкости $10^{-3} \text{ град}^{-1}$. 70°C . Тело плавает, поэтому вес тела равен весу вытесненной жидкости и плотности их должны сравняться, поэтому $m/V_{\text{ж}} = m/V_{\text{ш}}$.
2. Какую длину $l_{0\text{C}}$ и $l_{0\text{M}}$ при температуре 0°C должны иметь стальной и медный стержни, чтобы при любой температуре разность их длин составляла $\Delta l = 10$ 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.
3. Диаметр стеклянной пробки, застрявшей в горлышке флакона, $d_0 = 2,5$ 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 $\alpha_1 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. 0,01 мм

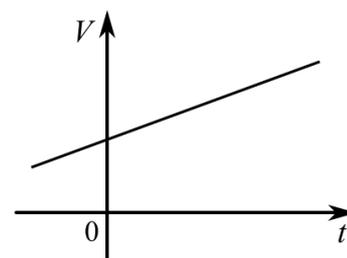
Вопросы (блиц):

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 объёмного расширения стекла и ртути?
7. Почему в железобетоне при нагревании и охлаждении бетон не отделяется от железа?

Олимпиада

1. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $t_2 = 42^\circ\text{C}$ равно $L = 5$ см. В термометре находится $m = 2$ г ртути. Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ 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 $\rho = 13,6$ г/см³. 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 , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
- 2) Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до $t_2 = 42^\circ\text{C}$. $0,185$ мм³.
- 3) Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. $3,7 \cdot 10^{-3}$ мм².

Занятие 3. Внутренняя энергия

I. Вопросы (блиц):

1. Если только что сваренное яйцо опустить в холодную воду, то потом оно легко чистится. Почему?
2. Сумма двух чисел равна 180, а частное от деления большего на меньшее число равно 5. Найдите эти числа. 150 и 30
3. На дне сосуда с водой лежит металлический шар. Как будет изменяться вес груза 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 $0,8 \text{ м}^3$. $4,2 \text{ кг}$, $5,3 \text{ кг/м}^3$
2. В железнодорожную цистерну погрузили нефть объемом 50 м^3 при температуре $+40^\circ\text{C}$. Какой объем нефти выгрузили, если на станции назначения температура воздуха была -40°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 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. Демонстрация падения свинцового шара на стальную плиту. Работа силы тяжести. Работа всегда показывает, какая энергия перешла от одного тела к другому или из одного вида в другой. Куда девалась кинетическая энергия?! Исчезла?! Нет! В какую новую форму энергии перешла механическая энергия свинцового шарика?

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

$$U = (E_{K_1} + E_{K_2} + \dots + E_{K_N}) + (E_{\text{П}_1} + E_{\text{П}_2} + \dots + E_{\text{П}_N})$$

Какими способами можно изменить внутреннюю энергию тела?

Способ 1:

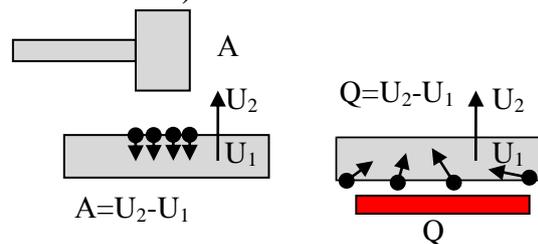
- Совершение работы над телом: $A = U_2 - U_1$.
- Совершение работы самим телом.

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

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 передается некоторое количество теплоты: $Q = U_2 - U_1$. При теплопередаче телу сразу передается неупорядоченное (хаотическое) движение.



IV. Задачи:

1. Какая масса углекислого газа растворена в бутылке с лимонадом объемом $0,5 \text{ л}$, если на одну молекулу газа приходится $5,56 \cdot 10^5$ молекул воды? $2,2 \text{ мг}$
2. В чайник со свистком налили 810 г воды и поставили на электрическую плитку мощностью 900 Вт . Через 7 мин раздался свисток. Каков КПД плитки. Начальная температура воды 20°C . 72%
3. Патрон травматического пистолета «Оса» содержит резиновую пулю массой $8,4 \text{ г}$. Определите КПД выстрела, если пуля при выстреле приобрела скорость 140 м/с . Масса порохового заряда патрона $0,18 \text{ г}$, удельная теплота сгорания пороха $3,8 \text{ МДж/кг}$. 12%

V. Олимпиада:

1. В воде с температурой 0°C плавает ледяной куб массой $1,5\text{ кг}$, в котором есть полость объемом 12 см^3 . В полость очень медленно наливают ртуть с температурой t . Точно в тот момент, когда полость заполняется ртутью, ледяной кубик уходит на дно. Найти температуру ртути, наливаемой в полость. 1) объем куба. 2) баланс. 3) равенство плотностей куба и воды. 16°C
2. За время $t_1 = 90\text{ с}$ температура воды в электрочайнике несколько повысилась. Каков КПД чайника, если время его охлаждения вместе со всей водой до первоначальной температуры $t_2 = 8,5\text{ мин}$, а количество теплоты, пошедших на нагревание чайника и воды относятся между собой, как $1:4$? 68%
Рассказать о мощности тепловых потерь

Вопросы (блиц):

1. Чем отличаются разные способы изменения внутренней энергии?
2. Зависит ли внутренняя энергия тела от его движения и положения относительно других тел?
3. Закрытую пробирку погрузили в горячую воду. Изменилась ли кинетическая и потенциальная энергия молекул воздуха в пробирке? Если изменилась, то как?
3. Известно, что на высотах порядка 1000 км средние квадратичные скорости молекул газов, входящих в состав атмосферного воздуха, соответствуют температуре примерно 2000°C . Почему же не плавают оболочки искусственных спутников Земли, летающих на такой высоте?
4. Может ли тело обладать механической энергией, но не иметь внутренней энергии?
5. Ветер из щели особенно холоден (японская пословица). Почему?
6. Почему после шторма вода в море часто бывает теплее, а бывает и холоднее?

Занятие 4. Способы теплопередачи

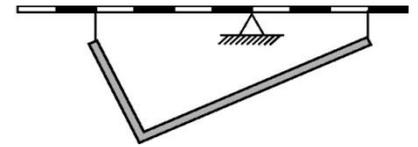
I. Вопросы (блиц):

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. Объем 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?

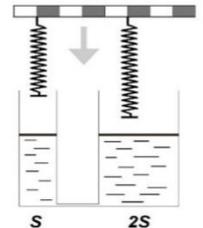
II. Задачи (блиц):

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 Н, а второй – 2 Н. Рычаг находится в горизонтальном положении и действует на небольшую опору с силой 10 Н. Чему равна масса детали? На каком расстоянии от опоры находится центр тяжести рычага, если длина рычага 30 см? 700 г, 7,7 см.

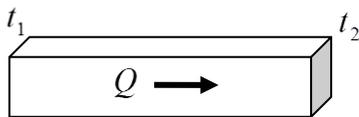


3. Две пружины жёсткостью k (длинная) и $2k$ (короткая) отличаются по длине на ℓ . Их прикрепляют к однородной массивной балке длиной 8ℓ . Затем конструкцию устанавливают на лёгкие тонкие поршни сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью плотностью ρ , сечения которых S и $2S$. При этом балка принимает горизонтальное положение. Определите массу балки M . $M=1,6k\ell/g$. Уровень жидкости будет выше на h в левом сосуде. Новая длина пружины 1 + 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 α – 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 $\frac{E_{\text{пог}}}{t} = \frac{E_{\text{изл}}}{t}$ внутренняя энергия (температура) тела остается неизменной.

IV. Задачи (блиц):

1. Известно, что если температура на улице равна -20°C , то в комнате температура

равна 20°C , а если температура на улице равна -40°C , то в комнате устанавливается температура $+10^{\circ}\text{C}$. Найдите температуру батареи, отапливающей комнату. 60°C

2. При температуре на улице -15°C температура в комнате $+25^{\circ}\text{C}$. Какой станет температура t в комнате при температуре на улице -30°C , если температура отопительной батареи осталась прежней, равной $+45^{\circ}\text{C}$? Почему температура в комнате меньше температуры батареи? 20°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 мм , разность температур на наружной и внутренней поверхностях $0,1^{\circ}\text{C}$. 1944 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°C
2. Для поддержания в доме постоянной температуры 20°C в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на 15°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°C , 5°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. Земля непрерывно излучает энергию в космическое пространство. Почему же Земля не замерзает?
4. Есть четыре причины, почему происходит потеря тепла человеком. Назовите их.
5. Если курица стоит на одной ноге, то это к стуже. Можете ли вы объяснить эту

народную примету?

- Почему в северных широтах живут белые медведи, а в южных – бурые медведи? Почему негры черные, а скандинавы светлые?
- Почему в сухой парилке даже при 110°C опасно задерживаться более чем на 10 мин?

II. Задачи (блиц):

- При температуре на улице -20°C работающая батарея поддерживает в комнате температуру 16°C . Когда кроме батареи включили электроплитку мощностью 1 кВт, в комнате установилась температура 22°C . Определите тепловую мощность батареи. 6 кВт
- 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°C , 17°C

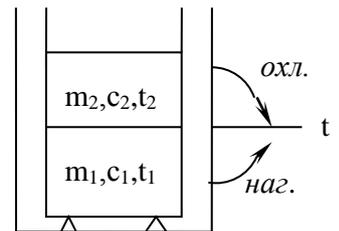
III. Изменение внутренней энергии тела при теплообмене.

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

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

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

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



Какое количество теплоты получает тело при нагревании до некоторой температуры, такое и отдает при охлаждении до прежней температуры.

Устройство калориметра. Разность температур указывает на направление теплообмена! 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):

- Теплоемкость стального шарика объемом 100 см^3 равна $360 \text{ Дж}/^{\circ}\text{C}$. Имеет ли этот шарик полость? не имеет. Можно просто посчитать теплоемкость $c=460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$
- Две модели самолета сделаны из латуни и имеют одинаковую форму, но вторая имеет вдвое больше размеры. Перед покраской их поместили в печь для обезжиривания, а затем вынули и поставили остывать. Первая модель остыла на 2°C за 30 с. За какое время настолько же остынет большая модель, если внешние условия не изменятся? 60 с. Почему дети быстрее замерзают на холоде?
- Меняет ли заметно температуру кофе добавление в него холодного молока? Предположите, что в чашку кофе (около 200 г при 95°C) добавляется 10 г молока при 5°C и что удельная теплоемкость молока и удельная теплоемкость кофе примерно равны. Понизится меньше, чем на 5°C .
- 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 ч? 3024 кДж.

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

Олимпиада:

1. Есть два стакана с водой разной температуры. В первом стакане находится некоторое количество холодной воды, а во втором – вдвое большее количество горячей воды. Когда из первого стакана перелили некоторую массу воды во второй стакан, температура воды в нем понизилась на величину ΔT . После этого из второго стакана вернули такую же массу воды в первый стакан, и количество воды в стаканах стало равно первоначальному количеству. Насколько повысилась температура воды в первом стакане? $\Delta T_x = 2\Delta T$ (чер. внут)
2. В трёх сосудах находится вода массой m , $2m$ и $4m$ при температуре $t = 20^{\circ}\text{C}$, $3t$ 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°C (внут)
3. Мама привела малыша на берег реки. Солнце нагрело камни до 40°C , но вода в реке была холодной (18°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 — $900\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Ответы: [10] 26°C . [11] 25°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. Есть 2 кг воды с температурой 20°C и 3 кг воды с температурой 60°C . Определите температуру смеси.
6. Почему хорошие кастрюли имеют толстый слой алюминия или меди в дне?
7. Почему в центре материка в июле низкое давление, а в январе – высокое?
8. Почему тонкий кристаллик льда тает быстрее, чем толстый кристалл той же массы?

Разное

1. Какой энергией обладала шаровая молния, если она нагрела на 600°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°C , 70°C и 50°C соответственно. После установления теплового равновесия в сосуд добавляют две новые порции воды: массой 400 г при 20°C и массой 300 г при температуре 70°C . Определите конечную температуру в сосуде. Вода из сосуда не выливается, теплоемкостью сосуда можно пренебречь. Тепловыми потерями пренебрегите. $51,7^{\circ}\text{C}$

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 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,5 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась $50,0^{\circ}\text{C}$, 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 см^2 при неизменном уровне воды в раковине? 2,5 м/с
 - 2) Предскажите результат измерения температуры воды в раковине. 26°C .
3. 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° , он выключил нагреватель, и, выждав 5 секунд, замерил температуру воды. Оказалось, что она упала на 1° . Понимая, что через некоторое время он будет купаться в совсем холодной воде, он решил оставить подогрев, но лишь на мощности $P = 1400 \text{ Вт}$. До какой наименьшей температуры остынет вода в ванне, если температура воздуха в комнате Леопольда поддерживается равной 20° ? 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°C
4. 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.

Занятие 6. Сгорание топлива.

I. Вопросы (блиц):

1. Почему на морозе язык не прилипает к металлическим монетам?
2. Частное в 2 раза меньше делимого и в 6 раз больше делителя. Найдите частное.
3. В полведра воды комнатной температуры (20°C) влили четверть ведра кипящей воды. Какая стала температура в ведре?
4. В чём причина различия между морским и континентальным климатом?
5. Что эффективнее использовать в качестве грелки: 1 кг парафина при 60°C или 1 кг воды при той же температуре? Теплопроводность парафина в 2 раза меньше, чем у воды, а теплоемкость – меньше примерно на 25%.
6. Почему в медицинских термометрах используют ртуть, а, например, не спирт?
7. При распиливании бревна пила нагревается сильнее, чем дерево. Почему?
8. Что требует больше времени: нагревание воды на примусе от 10 до 20°C или от 90 до 100°C ?
9. 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°C , поместили в сосуд с водой, температура которой 20°C . Тепловое равновесие наступило при 60°C . До какой температуры остынет тело, если его еще раз опустить в точно такой же сосуд с водой температуры 20°C ? Потерями тепла пренебречь. $42,8^{\circ}\text{C}$
2. Сосуд объемом 1,5 л полностью заполнен водой, имеющей температуру 0°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°C . Плотность тела меньше плотности воды. Найдите температуру, до которой нагреется вода. 32°C
3. В кастрюле находится 5 кг воды. На её нагревание от температуры 40°C до температуры 41°C требуется 10 с. Найдите время, которое понадобится для того, чтобы нагреть эту воду от температуры 90°C до температуры 91°C . Мощность плиты 2500 Вт. Считайте, что тепловые потери пропорциональны разности температур воды и окружающей среды. Температура окружающей среды равна 20°C . Теплоемкостью кастрюли можно пренебречь. Удельная теплоемкость 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)** – величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг.

$$Q = mq$$

Величина, показывающая, какую часть составляет полезно используемая теплота

от всей выделившейся при сгорании топлива в процентах, называется коэффициентом полезного действия нагревательной установки.

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

IV. Задачи (блиц):

1. В чайник со свистком налили 810 г воды и поставили на электрическую плитку мощностью 900 Вт. Через 7 мин раздался свисток. Каков КПД плитки. Начальная температура воды 20°C. 72%
2. С помощью маленького нагревателя мощностью 250 Вт воду в ведре удалось довести до максимальной температуры 40°C. Каков объем воды в ведре, если после отключения нагревателя температура понизилась на 1°C за 2 минуты. Теплоемкостью нагревателя и ведра пренебречь. 7,1 л
3. Калорийность гамбургера массой 100 г порядка 500 ккал. Оцените в процентах увеличение калорийности гамбургера, если мы будем употреблять его в пищу горячим. 1%
4. 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 $v = 1,5$ м/с. Масса печи равна $M = 4$ т. Коэффициент трения нижней поверхности печи о снег равен $\mu = 0,05$. Емеля топит печь древесным углём с удельной теплотой сгорания $q = 36,3$ МДж/кг. Вычислите, с какой равномерной скоростью m/t Емеля должен подбрасывать уголь в печь, чтобы поддерживать равномерное движение печи. Считать, что только 20% энергии от сгорания топлива расходуется на работу против силы трения. Печь может двигаться, только пока Емеля ее топит дровами. Пренебречь сопротивлением воздуха и изменением массы печи из-за сгорания топлива, которое Емеля везет с собой. 1,5 кг/ч
2. 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 м². Тепловые потери через поверхности домика составляют 0,015 кВт/м² (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°C. Максимальная температура воды в начале отопительного сезона 100°C. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·°C. Определить объём накопителя тепловой энергии (воды). 93,6 м³
3. Теплоизолированный калориметр заполнен до краев жидкостью с температурой $t_0 = 10$ °C, плотностью ρ_1 и удельной теплоёмкостью c . В калориметр поместили брусок, плотность которого $3\rho_1$, а удельная теплоемкость $c/3$. После установления теплового равновесия без потерь тепла во внешнюю среду, температура в калориметре стала равна $t_1 = 30$ °C. Какой станет температура в

калориметре t_2 , если в него опустить ещё один такой же брусок? Бруски в жидкость погружаются полностью. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

Вопросы (блиц):

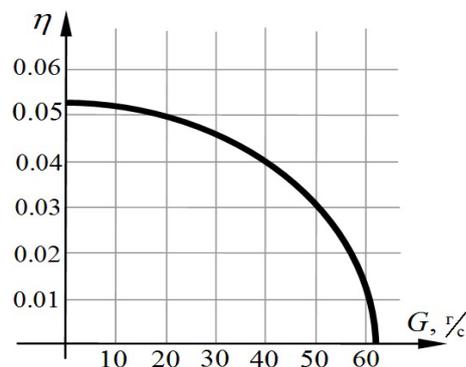
1. Можно ли обычным ртутным термометром измерить температуру одной капли горячей воды?
2. Почему при помощи одной спички древесную лучину зажечь можно, а крупное полено нельзя?
3. Почему порох невыгодно использовать как топливо, а бензином нельзя заменить порох в артиллерийских орудиях?
4. Теплотворная способность сосновых дров больше, чем березовых. Почему же говорят, что березовые дрова жарче горят?

Разное

1. В ванну налита вода температуры 20°C . В нее начинают наливать горячую воды из-под крана при температуре 80°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°C . Вода в ванне быстро перемешивается, так что температура воды в ванне и температура вытекающей из сливного отверстия воды одинаковы.

Олимпиада:

1. 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°C . Включили нагреватель. Через 1,5 мин после включения вода снова закипела. Найдите температуру водопроводной воды. 16°C
2. Компания друзей-физиков пошла в поход. Во время привала было решено приготовить чай. Одному физика 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°C пять литров (20°C) чая? Удельная теплота сгорания дров $q = 10^7$ Дж/кг, удельную теплоемкость чая примите равной $c_{\text{ч}} = 4200$ Дж/кг · град. Считайте, что дрова подкладываются с некоторой выбранной постоянной скоростью.



Занятие 7. Закон сохранения энергии.

I. Вопросы (блиц):

1. Почему дуть на горящую свечу, мы ее гасим, а, дуть на горящий уголь – заставляем его гореть ярче?
2. Корова вчетверо дороже собаки, а лошадь вчетверо дороже коровы. Собака, 2 коровы и лошадь стоят 200 тысяч рублей. Сколько стоит корова? 32000
3. Откуда в биотопливе берется энергия?
4. Почему при помощи одной спички древесную лучину зажечь можно, а крупное полено нельзя?
5. Почему при увеличении солености увеличивается теплопроводность воды, а теплоемкость уменьшается?
6. Не должна ли потенциальная энергия угля, сожженного на пятом этаже, дать дополнительную теплоту?
7. Как вы думаете, чем ограничена скорость бега?
8. Почему при обилии кислорода в атмосфере все вокруг не возгорается самопроизвольно?

II. Задачи:

1. Термометр подержали над огнём. После того, как горелку выключили, показания термометра упали от 100°C до 99°C за две секунды. За сколько времени показания термометра уменьшатся от 60°C до 59°C , если температура в лаборатории 20°C ? 4 с
2. В калориметр налили ложку горячей воды, после чего его температура возросла на 5°C . После того, как добавили вторую ложку той же горячей воды, температура калориметра возросла на 3°C . На сколько градусов увеличится температура калориметра, если в него добавить третью ложку той же горячей воды? Теплообменом с окружающей средой пренебречь. 1°C (2°C)
3. Какова мощность электрического котла, если температура подающей трубы 40°C , температура обратной трубы 80°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 (демонстрация с пробиркой и с цилиндром для взрыва горючей смеси).

Сохраняется ли энергия при переходе ее от одного тела к другому или при превращении из одного вида в другой?

$$Q + A = \Delta U$$

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 сообщенной этому устройству энергии. Почему такое устройство невозможно?

IV. Задачи (блиц):

1. Чтобы выправить плоскую стальную деталь массой 50 г, рабочий стучит по ней молотком массой 500 г. Скорость молотка непосредственно перед ударом 2 м/с, скорость отскока 1 м/с. На сколько градусов нагреется деталь после 100 быстро следующих один за другим ударов, если ей передается 20% энергии, передаваемой молотом при каждом ударе? $0,6^{\circ}\text{C}$.
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°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°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
5. Сколько тепла выделилось из висящего над городом облака, если средняя толщина слоя выпавшего дождя по городу 1 мм, а высота облака 1 км?
6. Уровень воды в водохранилище гидроэлектростанции находится на 200 м выше турбины гидрогенератора. Мощность одного гидрогенератора на этой ГЭС составляет 600 МВт, его КПД 95%; диаметр водовода, направляющего поток воды на генератор, равен 7,5 м, расход воды на один генератор $360 \text{ м}^3/\text{с}$. Ускорение свободного падения принять равным $10 \text{ м}/\text{с}^2$. Определите, на сколько повышается температура воды сразу за плотиной ГЭС. $0,05^{\circ}\text{C}$

Олимпиада:

1. Температура окружающей подводную лодку воды равна 4°C . Ядерный реактор лодки мощностью 0,4 ГВт при непрерывной работе имеет КПД 40%. Оцените минимальный расход охлаждающей двигатель заборной воды. На выходе из системы охлаждающая вода не должна иметь температуру выше 40°C . 1600 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. В калориметр с водой вливают ложку горячей воды, при этом температура в воды в калориметре возросла на 5°C . После этого в него влили опять ложку горячей воды и температура воды поднялась еще на 3°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. Почему пушечный ствол от холостого выстрела нагревается сильнее, чем от выстрела со снарядом?
3. Что будет, если долго толочь воду в ступе?
4. Какие превращения энергии происходят при выстреле из орудия? при стрельбе из лука? при колебаниях маятника?
5. Почему спичка после сгорания деформируется и уменьшается в размерах?
6. Почему передняя ось телеги больше стирается и чаще загорается, чем задняя?
7. Мороженое тает быстрее, если его размешивать ложечкой. Почему?

Разное

1. Для поддержания в доме постоянной температуры 20°C в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на 15°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
3. Опишите превращения энергии при упражнениях на велотренажере.
4. Какой минимальной высоты должен быть водопад, чтобы падающая вода нагревалась на 1°C ?
5. Красное пятно на лице от пощечины - результат превращения кинетической энергии движущейся руки в свет. Так ли это?

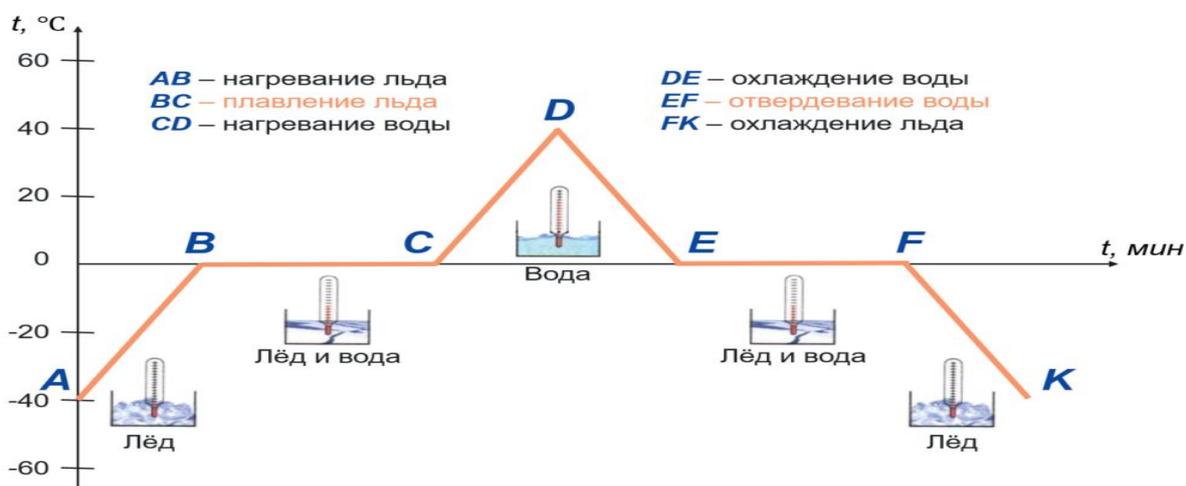
6. Звёзды образуются путём сжатия под действием собственной гравитации. Почему при этом возрастает температура звезды?
7. На что потребуется больше энергии: чтобы вскипятить стакан воды или чтобы поднять ведро воды на пятый этаж? Что вы можете добавить к этому списку?

II. Задачи (блиц):

1. Железный шар, падая свободно, достигает скорости 41 м/с и, ударившись о землю, подпрыгнул на высоту 1,2 м. На сколько при этом изменилась температура шара, если 40% кинетической энергии шара пошло на увеличение внутренней энергии земли в месте удара. 1°C
2. В калориметр вливают 1 ложку теплой воды. При этом его температура возрастает на 2°C . После того, как в калориметр влили ещё одну ложку тёплой воды, температура возросла ещё на 1°C а сколько градусов увеличится температура в калориметре, если в него влить ещё 26 ложек воды? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте. $2,6^{\circ}\text{C}$
3. 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 ΔT 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.

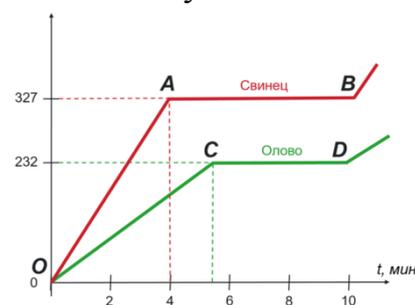


**Кр
ист**

аллизация – переход вещества из жидкого состояния в твердое состояние. При нагревании твердого тела подводимая энергия идет на увеличение кинетической энергии его частиц, (температура увеличивается) и на увеличение потенциальной энергии (объем изменяется), а при плавлении – только на увеличение потенциальной энергии.

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

$$Q_{\text{пл}} = m\lambda.$$



IV. Задачи (блиц):

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

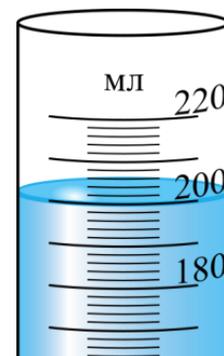
Олимпиада:

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°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°C , плавает кусок льда массой $m_{\text{л}} = 100$ г, в который вмерзла 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°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°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

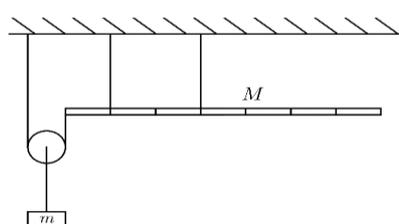
Вопросы (блиц):

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°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?

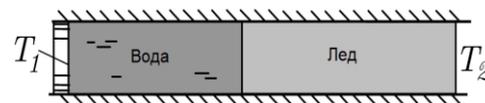


Олимпиада:

1. Вода массой 200 г при температуре 7°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 кг/м^3 , плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность материала монеты 9000 кг/м^3 , удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, удельная теплоемкость монетки $430 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$. $-12,55^{\circ}\text{C}$
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 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°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°C больше, чем вначале. Какое максимальное время τ_2 может потребоваться для дальнейшего нагревания содержимого калориметра нагревателем еще на 2°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 $2,3$ Вт/(м·град), воды - $0,56$ 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°C . Чай охлаждают по следующей методике. В него опускают кусочек льда массой $M/9$ при 0°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 кДж/кг, теплообменом с окружающей средой пренебречь. Найдите минимальное количество кусочков льда, необходимых для понижения температуры напитка таким способом ниже 30°C . Определите массу сахара в чае после его охлаждения.
11. В теплоизолированный сосуд налит некоторый объем воды при температуре



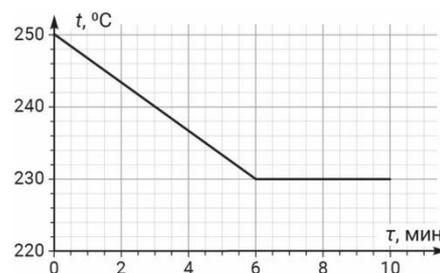
20°C. В воду погрузили закрытую пробирку с шариком льда при температуре 0°C. Как только лед растаял пробирку вынули, а воду быстро перемешали. При этом оказалось, что температура воды понизилась на 1°C. Затем талую воду из пробирки добавили в сосуд. Какая температура воды установится в сосуде, если взять 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 большой шар снеговика, растопил и нагрел его до 100 С° в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до 60 С°. Какой станет температура, если к имеющимся «уликаам» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика 0 С°, удельная теплота плавления снега $\lambda=330$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды $c=4200$ Дж/(кг·С°)



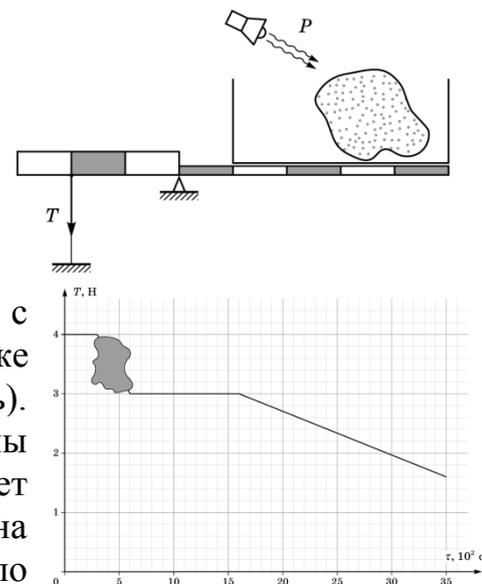
13. В калориметре находится лёд при температуре -10°C . В него добавляют 50 г воды, имеющей температуру 30°C . После установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной -2°C . Определите первоначальную массу льда в калориметре. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью 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 $N = 22$ 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 $c = 220$ Дж/(кг·С°). Определите массу загадочного вещества. Ответ выразите в килограммах, округлите до десятых.
- 4) Также Баг узнал, что удельная теплота плавления вещества $\lambda = 60$ кДж/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; $m = 0,2$ кг
- 2) мощность P , с которой нагревали содержимое сосуда; $P = 115$ 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°C нагрели, сообщив ему 10^6 Дж теплоты. Определите температуру вещества после нагревания. 28°C
5. Почему перед началом хоккейного матча судья всегда достает шайбу из холодильника?
6. При температуре 0°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):

2. В калориметр с водой массой 1 кг опустили мокрый снег. Масса снега 250 г, начальная температура воды 20°C . После плавления снега температура воды в калориметре стала равной 5°C . Сколько воды содержалось в снегу? 77
3. Сколько времени потребуется, чтобы разморозить мамонта $M = 8$ т, если на размораживание индейки $m = 5$ кг в естественных условиях требуется 2 дня? 25

4. В теплоизолированном сосуде под легким поршнем находится смесь воды со льдом при температуре 0°C . Площадь поршня $S = 100 \text{ см}^2$. Вблизи дна цилиндра находится нагревательный элемент мощностью $P = 3 \text{ кВт}$. В какую сторону и с какой скоростью будет перемещаться поршень при плавлении льда? $0,1 \text{ мм/с}$
5. В калориметр, содержащий $1,7 \text{ кг}$ воды при 100°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

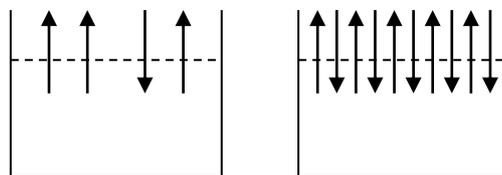
III. Два способа парообразования: испарение и кипение.

Парообразование с поверхности жидкости называется испарением.

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

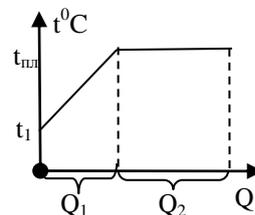
Скорость испарения жидкости зависит:

- 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°C давление насыщенного водяного пара $760 \text{ мм.рт.ст.} \approx 101 \text{ кПа}$, а его плотность 598 г/м^3 .

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

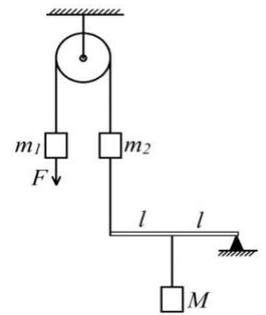
1. Находившаяся в стакане вода массой 200 г полностью испарилась за 20 сут. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 с ? $3,8 \cdot 10^{18}$
2. В теплоизолированном сосуде лежит кусок льда при температуре 0°C . В сосуд небольшими порциями начинают впускать пар при температуре 100°C до тех пор, пока в нем не окажется 100 г воды при 100°C . Какое количество теплоты пар передаст содержимому сосуда? 57 кДж
3. 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°C

Олимпиада:

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

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

2. С какой вертикально направленной силой F следует удерживать груз массой m_1 для того, чтобы изображённая на рисунке конструкция из блока, невесомых нитей, лёгкого стержня и грузов находилась в равновесии? Массы грузов $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $M = 3$ кг. Трение в оси блока нет. 25 Н

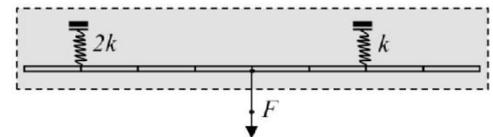


3. В воде с температурой 0°C плавает ледяной куб массой 1,5 кг, в котором есть полость объемом 12 см^3 . В полость очень медленно наливают ртуть с температурой t . Точно в тот момент, когда полость заполняется ртутью, ледяной кубик уходит на дно. Найти температуру ртути, наливаемой в полость. Когда лед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

Олимпиада:

1. В калориметре смешали $m_1 = 60$ г льда при температуре $t_1 = -15^{\circ}\text{C}$ и $m_2 = 30$ 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 $c_v = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж}/\text{кг}$. Удельная теплота парообразования воды $\gamma = 2300 \text{ кДж}/\text{кг}$. Ответ: 80 граммов.

2. 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°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 кДж/(кг·С), удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг, нагревом самого сосуда и потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь. Считайте также, что испарением воды при температуре ниже температуры кипения можно пренебрегать. Температура кипения воды в условиях эксперимента 100°С, количество воды в сосуде в начале каждого эксперимента одинаково. 1,3 кВт.

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

II. Задачи (блиц):

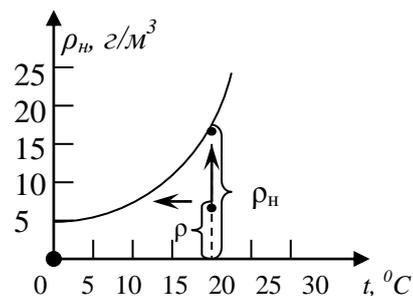
1. Приготовление пищи в кастрюле-скороварке ведется при температуре 108°C и повышенном давлении. Какая часть воды испарится после разгерметизации скороварки. Атмосферное давление нормальное, теплообменом при установлении теплового равновесия пренебречь. 1,5 %
2. С какой минимальной скоростью влетает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

III. Абсолютная влажность воздуха (ρ) – плотность водяного пара в атмосфере.

В зависимости от температуры, времени суток и метеоусловий пар может быть насыщен, близок к насыщению или далек от него.

График плотности насыщенного водяного пара от температуры нарисовать на доске.

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



Как можно увеличить относительную влажность воздуха?

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

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

3. **Понижение температуры воздуха** (на примерах): $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$; $p_1 = 10 \text{ г/м}^3$; $p_1 = 17,54 \text{ г/м}^3$; $r_1 = 57\%$; $t_2 = 15^{\circ}\text{C}$; $p_n = 12,8 \text{ г/м}^3$; $r_2 = 78\%$.

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°C , относительная влажность воздуха 45%. Найти упругость водяного пара и точку росы. $9,3 \text{ г/см}^3$. 10°C
2. Найти относительную влажность воздуха в комнате при 18°C , если точка росы 10°C . 58%
3. Относительная влажность воздуха в комнате при температуре 16°C составляет 65%. Как изменится она при понижении температуры до 12°C ? 84%
4. Температура воздуха 20°C , относительная влажность 60%. При какой температуре выпадет роса? 12°C

5. При какой максимальной влажности воздуха в комнате бутылка молока, взятая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике 5°C , а в комнате 25°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°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°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°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°C ешь мороженое, пар изо рта начинает идти сильнее?

Разное

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

Олимпиада:

1. Лестница длиной 4 м приставлена к гладкой стене под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом 0,2. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем она начнет скользить? Массой лестницы можно пренебречь. $\approx 1,4$ 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 л воды при комнатной температуре и поставили его на электрическую плиту. Когда через 10 мин вода закипела, в чайник добавили ещё некоторое количество такой же воды. После этого вода вновь закипела через 5 мин. Какой объём воды добавили в чайник? Мощность электрической плиты постоянна, тепловыми потерями можно пренебречь. 1 л
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°C его относительная влажность равна 90 %, а температура понизилась до 15°C ? 2,8 г
2. В сауне объемом 10 м^3 , разогретой до 100°C , установилась влажность 30%. В сауне расплескали 2 л воды, но температура не изменилась. Какой теперь может стать влажность? 63%
3. В каждом кубическом метре воздуха вечером при температуре 18°C содержалось 8,2 г водяных паров. Выпала ли роса ночью, когда температура воздуха понизилась до 12°C ? Плотность насыщенного водяного пара при 18°C равна $15,3 \text{ г/м}^3$, при 12°C – $10,6 \text{ г/м}^3$. Не выпадет, влажность станет 77%
4. В сосуд объемом 5 кубических метров внесли в блюдо с 200 г воды. Никаких

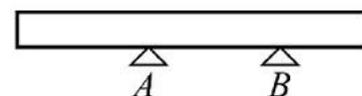
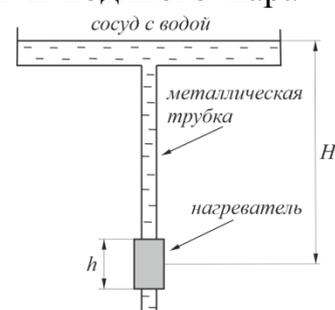
водяных паров изначально в сосуде не было. Сосуд герметично закрыли и дождались установления равновесия. Температура в сосуде 25°C , плотность насыщенного пара воды при этой температуре 23 г/м^3 . Найдите массу воды, оставшуюся на блюдце. $188,5 \text{ г}$

III. Задачи (блиц):

1. В калориметр, содержащий лед массой 100 г при температуре 0°C , впустили пар, температура которого 100°C . Сколько воды окажется в калориметре после того, как весь лед растает? $112,5 \text{ г}$
2. К чайнику с кипящей водой подводится каждую секунду энергия, равная $1,13 \text{ кДж}$. Найти скорость истечения пара из носика чайника, площадь сечения которого равна 1 см^2 . 5 м/с
3. 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:

1. Школьник собирается вскипятить воду объемом 1 л , температура которой равна 25°C , разделив её на две части, в двух электрических чайниках. Вместимость каждого чайника составляет 1 л , мощности чайников – 1 кВт и $1,5 \text{ кВт}$. За какое минимальное время можно вскипятить всю воду? Плотность воды равна 1000 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 .
2. На рисунке показана модель гейзера, состоящая из сосуда с водой, металлической трубки, верхний конец которой открыт в сосуд, а нижний закрыт, и нагревателя, расположенного у нижнего конца этой трубки. Если нагреватель включить, из трубки в сосуд через равные промежутки времени начнет выбрасываться фонтан, состоящий из горячей воды и водяного пара (что и наблюдается в природе у настоящих гейзеров). Оцените время между выбросами такого устройства. Высота столба воды до нагревателя $H = 10 \text{ м}$, 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 мин
3. Однородная доска длиной ℓ лежит на двух опорах. Опора А находится на расстоянии $a = \ell/3$ от левого конца доски. Небольшой груз кладут на доску слева от А. Известно, что если положить его на расстоянии, большим $a/2$, от А, то равновесие доски нарушится. Если же положить этот груз справа от опоры В, то доска сохраняет равновесие, независимо от расстояния между В и грузом. На каком расстоянии b от правого конца доски может находиться опора В? $\ell/4$



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?

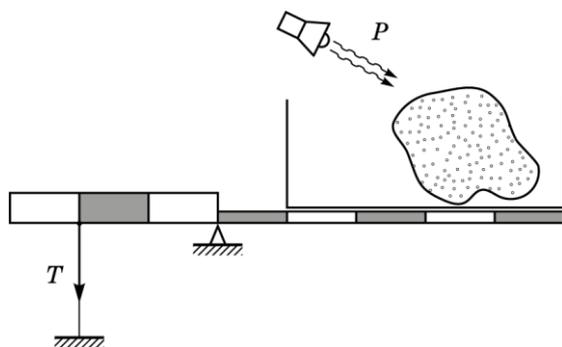
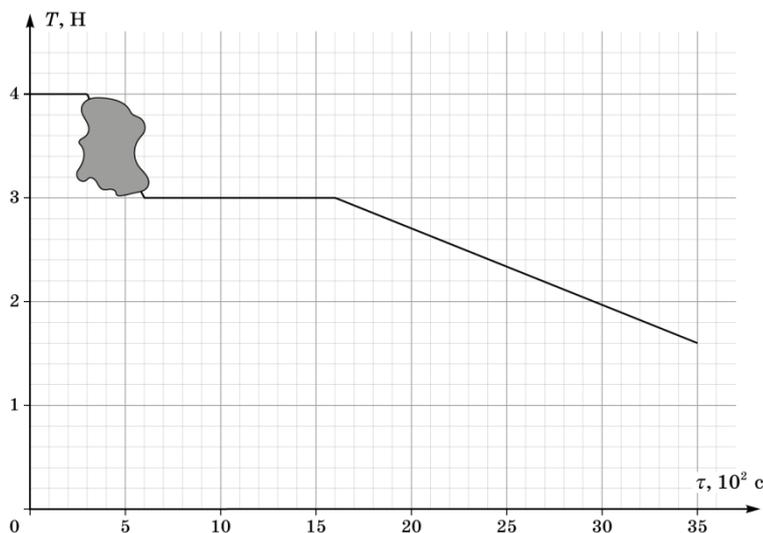
Олимпиада:

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.

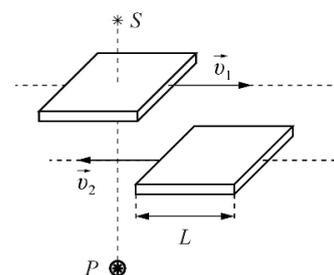
2. На неоднородном рычаге, установленном на опору, стоит вертикальный сосуд прямоугольного сечения. Слева рычаг привязан тонкой невесомой нитью к жесткому основанию. При этом нить не натянута, рычаг горизонтален. В сосуд кладут кусок льда, после чего нагревают его содержимое с постоянной мощностью (тепловыми 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°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 $L = 1$ м. Если сигнал по пути от источника к приёмнику проходит только через одну из пластин, то приёмник зажигает жёлтую лампочку, если через две – то красную. В некоторый момент времени на $t_1 = 3$ с зажглась жёлтая лампочка, затем $t_2 = 3$ с горела красная, а потом в течение $t_3 = 1$ с – опять жёлтая. Определите, за какое время τ одна пластина проезжает мимо другой.



Занятие 12. Тепловые двигатели.

I. Вопросы (блиц):

1. 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 замёрзнете одновременно! Что будет, если выйти в открытый космос без скафандра?

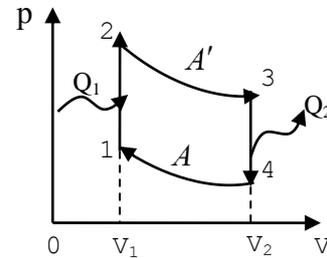
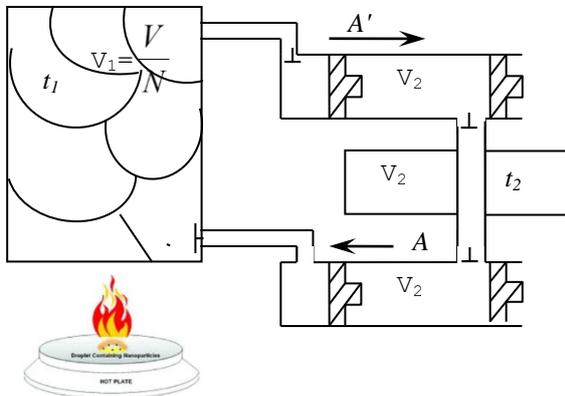
II. Задачи (блиц):

1. Масса воды в чашке 200 г, площадь поверхности воды 30 см^2 , ее температура 100°C . Считая, что весь поднимающийся над чашкой пар имеет температуру 100°C и плотность $0,58\text{ кг/м}^3$, оцените скорость остывания чашки с водой.

Скорость подъема пара 0,05 м/с. 0.24 град/с

2. Имеется бассейн с водой объемом 10 м^3 при температуре 25°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 $0,5 \text{ кВт}$ и КПД 80% , если неочищенная вода поступает в него при 20°C ? $0,55 \text{ кг}$

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: $A_{пол} = A' - A = Q_1 - Q_2 = N \cdot t = F \cdot S$.

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

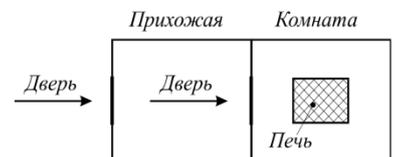
КПД идеальной машины: $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% , \eta < \eta_{max}$

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 10^5 Па , площадь поршня $0,5 \text{ м}^2$. $0,02\%$

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.



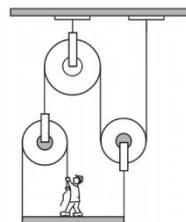
Теплопроводящими являются только двери. В комнате установлена печь, выделяющая постоянную мощность P . Если дверь между комнатой и прихожей открыта, а на улицу закрыта, то по всему дому устанавливается температура $t_1 = 8^\circ\text{C}$. Какая температура установится в комнате и прихожей, если закрыть 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.

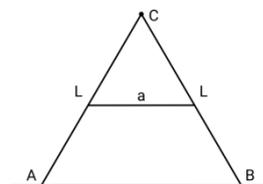
1. В котле паровоза вода с начальной температурой 20°C доводится до кипения, испаряется и в пароперегревателе нагревается до 300°C . Перегретый пар поступает в паровую машину, коэффициент полезного действия которой равен 30%. Чему равна мощность паровой машины, если расход воды равен $7,2 \text{ м}^3/\text{ч}$? 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 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):

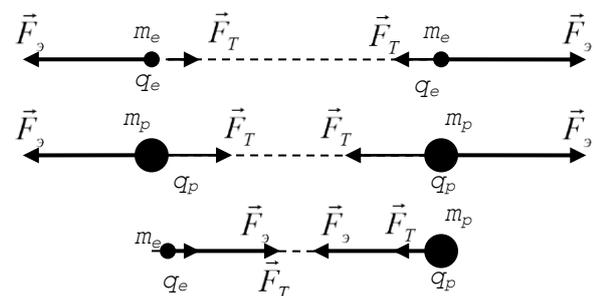
1. Как зависит КПД турбины от начальных параметров пара?
2. В магазин привезли 25 ящиков яблок с яблоками 3 сортов, причем в каждом ящике лежали яблоки одного сорта. Найдется ли среди них 9 ящиков одного сорта? $3 \times 8 + 1$ (найдется)
3. Я иду от дома до школы 30 минут, а мой брат – 40 минут. Через 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°C , а температура совершивших работу газов 410°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



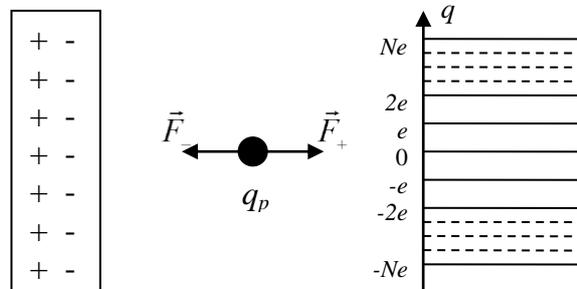
¹⁹ Кл. _Воображаемое взаимодействие двух протонов: $q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Воображаемое взаимодействие электрона с протоном. Два вида электрических зарядов: $q_e = -1$ элементарный заряд = $-e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Одноименно заряженные частицы отталкиваются друг от друга, а разноименно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

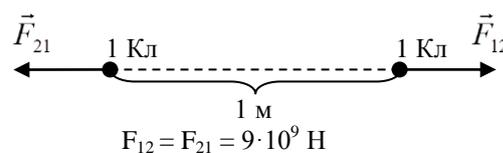


Закон сохранения электрического заряда: $q_1 + q_2 + \dots + q_N = q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N$

Электрический заряд не создается и не уничтожается!

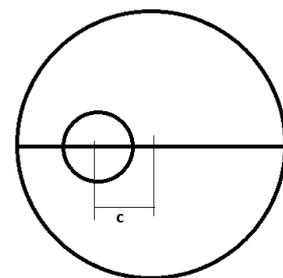
Закон Кулона. Два неподвижных точечных заряда $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

взаимодействуют друг с другом в вакууме с силой **F**, величина которой пропорциональна произведению зарядов **q₁** и **q₂** и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними **r²**. Коэффициент пропорциональности в формуле закона Кулона: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$.



IV. Задачи (блиц):

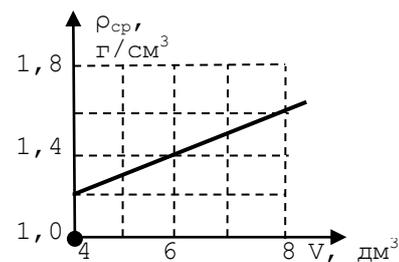
1. Эбонитовая палочка получила заряд $-1,6 \cdot 10^{-6}$ Кл. Определите число избыточных электронов на ней. 10^{13}
2. Два одинаковых металлических шарика с зарядами 4 нКл и -10 нКл привели в соприкосновение и после этого раздвинули. Какие заряды будут на шариках после этого? -3 нКл



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 ρ_0 . 14 л, $0,8 \text{ г/см}^3$



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^2 . В установившемся режиме разность температур воды на входе и на выходе системы охлаждения составляет 20°C . Найти скорость течения воды в трубке. 0,18 м/с

Занятие 14. Электрическое поле.

I. Вопросы (блиц):

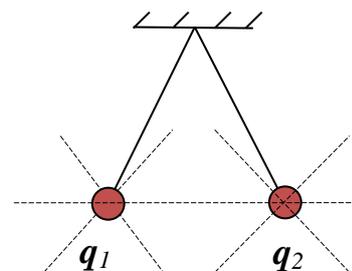
1. Баллончики с гелием для надувания воздушных шаров нельзя использовать вблизи линий высокого напряжения и во время грозы. Почему?
2. После того, как сделали 72 распила, получилось 90 поленьев. Сколько бревен было распилено? Сколько распилов было на одном бревне? 18. 4
3. Остап и Киса разделили между 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%
4. Среднее время жизни молнии порядка 0,002 с. Сила тока в канале молнии около 20 кА. Какой заряд проходит по каналу? 40 Кл
5. Заряд электрона равен: 1) -16 нКл; 2) -1,6 пКл; 3) -0,16 аКл; 4) -1600 фКл.
6. Телефон с аккумулятором емкостью 3600 мА·ч полностью зарядился за 2 часа. Какой заряд получил аккумулятор за первые 50 секунд? 90 Кл
7. 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):

1. Два одинаковых металлических шарика с одноименными зарядами привели в соприкосновение. В результате заряд одного из шариков увеличился на 50%. Во сколько раз изменился заряд второго шарика? 0,75
2. 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
3. С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга? 1 мН

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



Свойства поля:

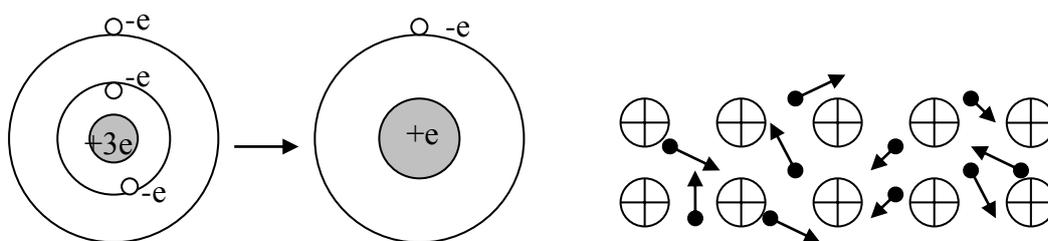
- Создается электрическими зарядами.
- Действует на электрические заряды, помещенные в него, с некоторой силой (демонстрация). Электрическая сила (\vec{F}_3) - сила, с которой электрическое поле действует на помещенный в него заряд.
- Поле не ограничено в пространстве, но убывает с расстоянием.
- Поле взаимопроницаемо (в одной и той же области пространства может находиться несколько полей).
- Электрическое поле материально (обладает энергией).

Измерение напряженности электрического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \cdot [E] = \left[\frac{H}{Кл} \right].$$

Зная напряженность поля, можно измерить силу: $\vec{F}_3 = q\vec{E}$

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.

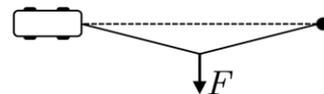
IV. Задачи (блиц):

1. Металлический шар радиусом $r = 0,1$ м несёт заряд $q = 314$ нКл. Какова поверхностная плотность заряда σ ? $25 \cdot 10^{-6}$ Кл/м²

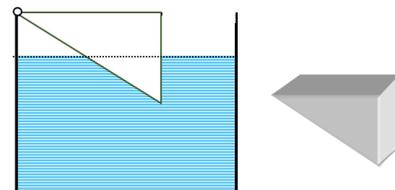
- Шарик массой $m = 5$ г с зарядом $q = 0,5$ мкКл висит на нити с коэффициентом упругости $k = 150$ Н/м. При включении горизонтального однородного электрического поля нить отклоняется от вертикали и после установления равновесия оказывается удлинённой на $\Delta l_1 = 1$ мм по сравнению с её длиной без электрического поля. Чему равна напряжённость E электрического поля?
Ответ: $3,9 \cdot 10^5$ Н/Кл.
- 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
- Медная монета массой 5 г обладает положительным зарядом 0,8 мкКл. Какую долю своих электронов потеряла монета? $1,05 \cdot 10^{-10}$

Олимпиада.

- 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.



- 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/см³. Центр тяжести прям. треугольника $(2/3)a$; 312 г/см³



- 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/м³

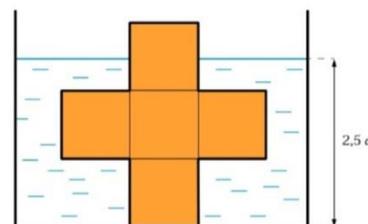
Вопросы (блиц):

- Как можно обнаружить электрическое поле?
- Как доказать, что электрическое поле обладает энергией?
- Свободно плавающий в воздухе мыльный пузырь наэлектризовали. Как изменился его радиус? увеличиться
- Перечислите и опишите действия (используемые материалы и методику), при которых маленький металлический шар зарядится положительно без прикосновения к заряженному телу.
- На каких опытах можно доказать, что электрическое поле действует с силой на другие заряженные тела?
- 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 кг/м^3 . Атмосферное давление 10^5 Па. С какой силой вода и атмосфера действуют на фигурку? С какой силой фигурка давит на дно? 247,5 Н; 512 Н



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

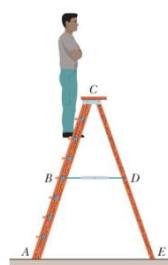
Источник тока — контакт металлов, то есть металлы не просто проводники, а «двигатели» электричества.

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 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 $85,4 \text{ кг}$ стоит на стремянке, располагаясь вертикально. Ступни его ног находятся на шестой ступеньке и на высоте $1,8 \text{ м}$ 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 плоте из одинаковых бревен, погруженных на 80% своего объема. Одно бревно отсоединилось от плота и, чтобы его не потерять, человек положил это бревно сверху на плот. После этого остальные бревна погрузились уже на 88% своего объема. Сколько всего было бревен? $N = 11$

Вопросы (блиц):

1. Что понимают под электрическим током?
2. Какова роль источника тока?
3. За счет, каких видов энергии может происходить разделение зарядов в источнике тока?
4. Почему квадрокоптеры не летают несколько часов?
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 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 σ ? $2,5$ мкКл/м²
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!

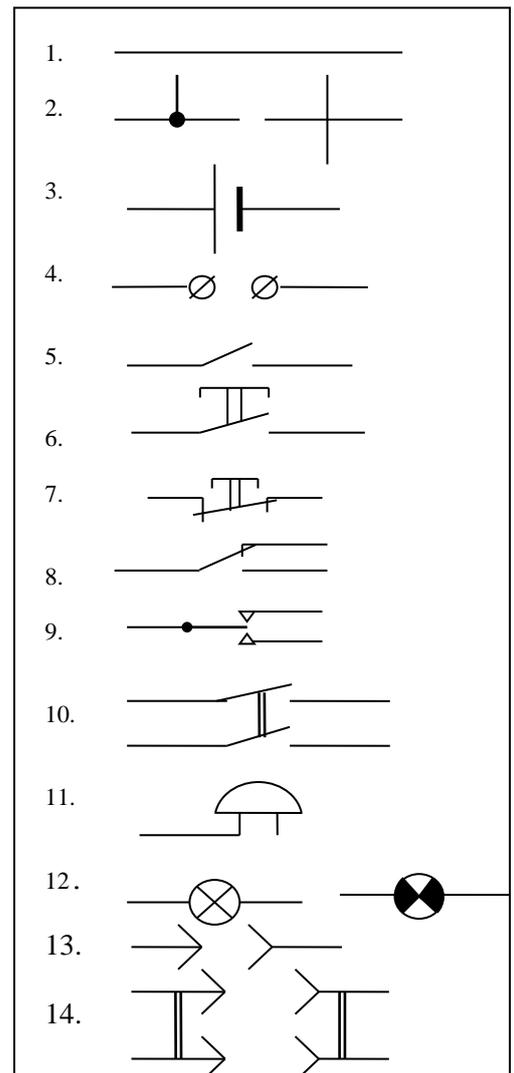
Электричество - самая универсальная энергия на земле!

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:

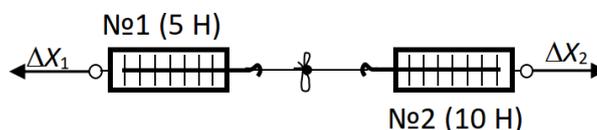
1. С каким ускорением к Земле будет двигаться тело массой $m = 0,5$ г с электрическим зарядом $q = 10^{-6}$ Кл в электрическом поле Земли напряжённостью $E \approx 100$ В/м? 10 м/с²
2. Определить модуль и направление силы, действующей на заряд $q_1 = 4$ нКл, помещённый посередине между двумя точечными 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.
3. Придумайте схему соединения гальванического элемента, звонка и двух кнопок, расположенных так, чтобы можно было позвонить из двух разных мест.
4. Предложите систему сигнализации между двумя помещениями, используя два



электрических звонка и две звонковые кнопки.

5. Предложите схему электрической цепи с использованием двухполюсного переключателя.

Олимпиада:

Занятие 17. Сила тока.

I. Вопросы (блиц):

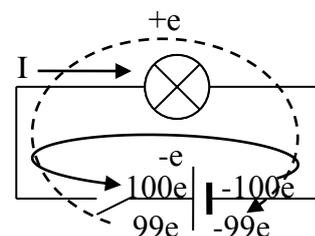
1. Что такое электрический ток?
2. Магазин готовится к **Черной пятнице**. Персонал накануне переклеивает ценники на товарах. На сколько процентов надо повысить цену товаров накануне дня скидок, чтобы при скидке в 20% цена в **Черную пятницу** была на 20% выше первоначальной? 50%
3. Почему капли дождя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

II. Задачи (блиц):

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

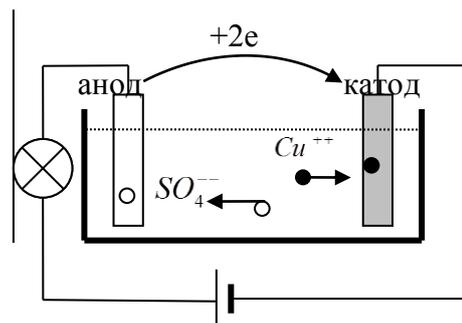
III. Простейшая электрическая цепь (рисунок на доске). **Направление электрического тока в цепи.** Переход электрона с клеммы "-" на клемму "+" источника тока эквивалентен переносу элементарного заряда $+e$ с клеммы "+" на клемму "-". Если за время t через спираль лампочки прошло N электронов, то $q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

Единица силы тока в Си: $1 \text{ А} = 1 \text{ Кл/с}$. 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 схождение, 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.

$$q = I \cdot t \quad \text{Единица электрического заряда в СИ: } 1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с.}$$

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 объёма. 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: $q = 0,01\text{ Кл}$.
4. Определите силу электрического тока, если через поперечное сечение проводника за $0,4\text{ с}$ 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.

II. 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 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.

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

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:

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/с²
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 β — постоянный коэффициент. Масса Васи равна $m_0 = 50$ кг. 1) Найдите значение коэффициента пропорциональности β , если расстояние от сарая до овина мальчик (без сена) преодолевает за время $t_0 = 40$ с. 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.

III. 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

- Карлсон написал дробь $10/97$. Малыш может одновременно: 1) прибавлять любое натуральное число к числителю и к знаменателю; 2) умножить числитель и знаменатель на одно и то же натуральное число. Может ли Малыш с помощью этих действий получить $1/2$? Прибавлять 77
- Напряжение на участке цепи 2 В. Объясните, что это означает.
- Какая энергия запасена в аккумуляторе, на котором написано 1,5 В и 200 мА·ч?
- Почему лампа, включенная в городскую сеть, излучает значительно больше света и тепла, чем лампа от карманного фонаря, при прохождении по ним тока одинаковой силы?
- Где больше средняя скорость упорядоченного движения электронов: в нити лампы или в проводах, подводящих к ней ток?
- Есть ли внутри проводника с током электрическое поле?
- 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:

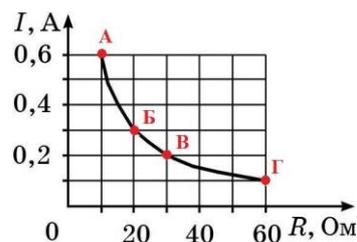
- Заряженная частица массы m и зарядом q начинает двигаться в однородном электрическом поле. Какое расстояние пройдет частица за время t , если электрическое напряжение между начальной и конечной точкой траектории равно U ? $S = t \cdot (qU/2m)^{1/2}$.
- Пылинка массой $m = 5$ нг, несущая на себе $N = 10$, 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.

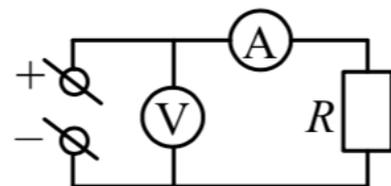
Формула для определения сопротивления проводника постоянного сечения: $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

Удельное сопротивление материала проводника (ρ) равно сопротивлению проводника из данного материала длиной 1 м и площадью

поперечного сечения 1 мм²: $\rho = \frac{RS}{l} \cdot 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

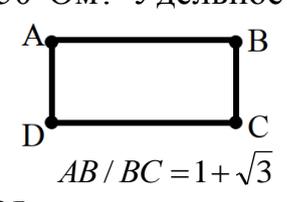
Зависимость сопротивления от температуры: $R = R_0(1 + \alpha t) \rightarrow \rho = \rho_0(1 + \alpha t)$.

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? $0,1 \text{ В}$
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. $1,25 \text{ Ом}$
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°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? $2,4 \text{ Ом}$
 - 2) На сколько нужно изменить сопротивление реостата R_2 , чтобы напряжение на проволоке не изменилось? $0,8 \text{ Ом}$.

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 A и B, то оно окажется в 2 раза больше, чем сопротивление, измеренное между точками B и C. Определите, во сколько раз отличаются длины сторон прямоугольника.
 

$$AB/BC = 1 + \sqrt{3}$$
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 $2,2 \text{ мм}$. Определите сопротивление 1 км его длины. $0,4 \text{ Ом}$



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?

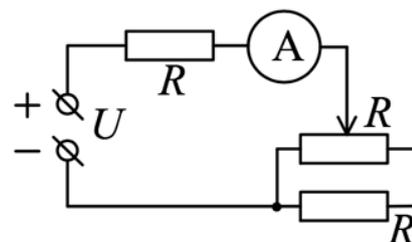
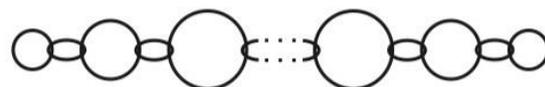
3. На одном и том же станке производят проволоки из разных металлов. Настроив станок на диаметр проволоки в 0.5 мм^2 , работник его запускает. Чтобы контролировать длину наматываемой проволоки, по ней пропускают небольшой ток. Когда сопротивление всей проволоки достигает необходимого значения, проволока 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 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 $\rho_{\text{уд}} = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}$. 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) $3 \div 4 \text{ А}$

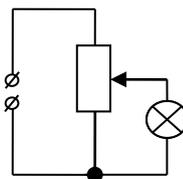
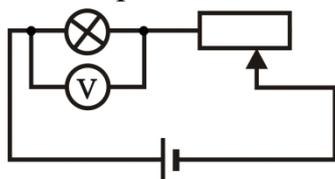


Занятие 20. Соединение резисторов.

I. Вопросы (блиц):

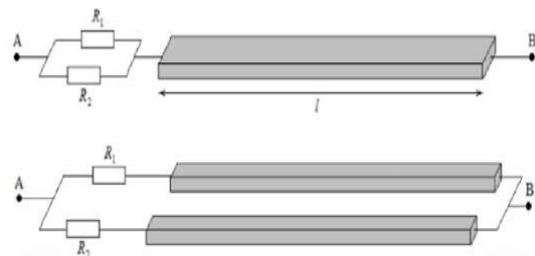
1. Проводник разрезали вдоль, а образовавшиеся части соединили последовательно. Как изменилось его сопротивление? Увел. в 4 раза

- 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
- Как отрезать кусок провода сопротивлением 5 Ом, если есть линейка?
- Проволоку длиной 1 м растянули так, что ее длина стала 110 см. На сколько процентов увеличилось при этом ее сопротивление? 12,1%
- 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
- 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.
- На концах медного провода длиной $\ell = 5$ м поддерживается напряжение $U = 1$ В. Определить плотность тока j в проводе. Ответ: $1,18 \cdot 10^7$ А/м².
- Почему на розетках указывают не силу тока, а напряжение?
- Начертите схему цепи с электродвигателем, в которой бы можно было изменять и измерять силу тока, поступающего в обмотки электродвигателя.
- Объясните последствия перемещения движка реостата вправо (рис. 1).
- Объясните последствия перемещения движка потенциометра вверх (рис. 2).

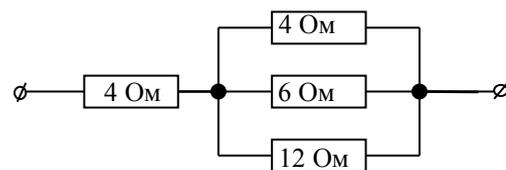


II. Задачи (блиц):

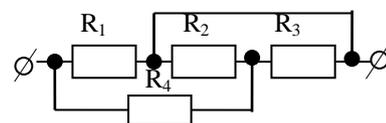
- Между пунктами N и M протянута двухпроводная линия связи сопротивлением 0,75 кОм. Расстояние между M и N равно 40 км. На каком расстоянии от M произошло замыкание линии, если вольтметр показывает 10 В, а амперметр 0,04 А? 10 км
- Участок электрической цепи состоит из двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 5$ и $R_2 = 15$ Ом и длиной однородной металлической пластины. Длина пластины ℓ 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.

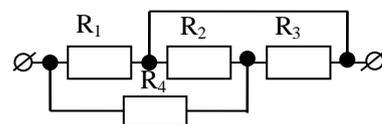
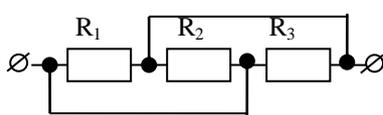
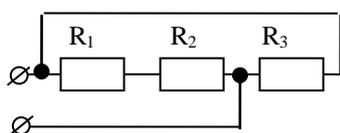
$$R_{ш} = \frac{R_A}{n-1}$$

Расширить пределы измерения вольтметра. $R_{доп} = R_V(n-1)$.

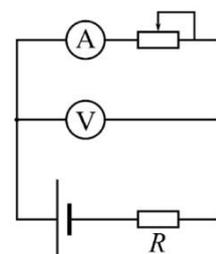
Идеальный амперметр в цепи можно временно заменить проводом, а идеальный вольтметр временно удалить из неё!

IV. Задачи:

- Вольтметр, соединенный последовательно с резистором сопротивлением $R_1 = 510 \text{ Ом}$, при включении в сеть с напряжением $U = 100 \text{ В}$ показывает $U_1 = 25 \text{ В}$, а соединенный последовательно с неизвестным резистором R_2 , показывает $U_2 = 50 \text{ В}$. Найдите сопротивление резистора R_2 . 170 Ом
- Внешняя цепь гальванического элемента составлена из трех резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ Ом}$. Найти общее сопротивление.

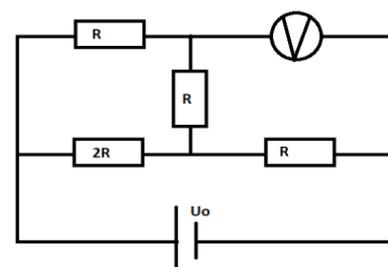
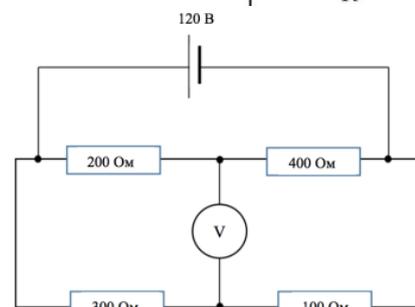


- Из проволоки постоянного поперечного сечения изготовлен квадрат ABCD. При подключении источника постоянного напряжения при помощи проводов с малым сопротивлением к соседним вершинам квадрата A и B полная сила тока в цепи равна 64 мА . Какой силы ток будет протекать по стороне AD, если тот же источник напряжения подключить к вершинам A и C? 24 мА
- В цепи, изображенной на рисунке, сопротивление вольтметра $R_V = 10 \text{ кОм}$, сопротивление амперметра $R_A = 1 \text{ Ом}$. При изменении сопротивления реостата изменяется ток через амперметр I_A и напряжение U_V на вольтметре. При токе через амперметр $I_{A1} = 15 \text{ мА}$ вольтметр показал $U_{V1} = 3 \text{ В}$, а при токе $I_{A2} = 30 \text{ мА}$ – напряжение $U_{V2} = 1,5 \text{ В}$. Определите, чему равны R и U_0 . Что покажет вольтметр, если ток через амперметр будет близок к нулю? 98 кОм , $4,5 \text{ В}$.



Олимпиада:

- 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 (см. рисунок). 50 В (Ид. Уд)
- Определить показания вольтметра, изображенного на рисунке, если напряжение на батарее 12 В , а сопротивление $R = 100 \text{ Ом}$. 9 В
- Чтобы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной 5 км , к одному ее концу присоединили источник с напряжением 10 В .



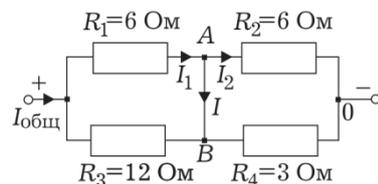
При этом оказалось, что если провода у другого конца линии разомкнуты, ток через источник 2 А, а если замкнуты накоротко, то ток через источник 3 А. Найдите сопротивление изоляции в месте повреждения. Сопротивление каждого провода линии 2 Ом. 0,62 Ом

Вопросы (блиц):

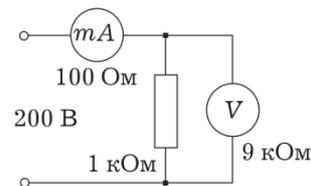
1. При параллельном соединении резисторов, их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого из них. Как это можно объяснить?
2. Кондуктор автобуса имеет возможность подать сигнал водителю с двух разных точек в салоне. Какой должна быть схема электрической цепи со звонком для этого?
3. К источнику постоянного напряжения подключен последовательно резистор и реостат. Как изменяется напряжение на резисторе в зависимости от сопротивления реостата?
4. При параллельном соединении резисторов, их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого из них. Как это можно объяснить?
5. К электрической цепи из двух последовательно соединенных резисторов 1 Ом и 2 Ом подключен источник постоянного напряжения 12 В. Если параллельно первому резистору подключить идеальный амперметр, то каковы будут его показания?

Разное.

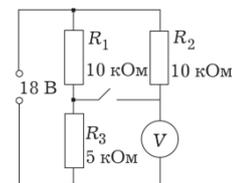
1. К источнику постоянного напряжения подключены последовательно друг к другу два одинаковых миллиамперметра, которые показывают ток 2 мА. Параллельно одному из них подключают вольтметр, при этом показания этого миллиамперметра уменьшаются до 1,6 мА, а вольтметр показывает 0,6 В. Что показывает второй миллиамперметр? Чему равно напряжение источника? Каковы внутренние сопротивления приборов?



2. 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



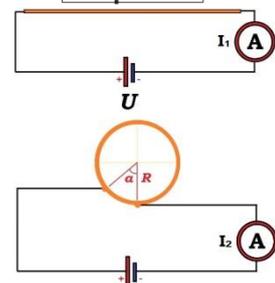
3. Вычислите показания измерительных приборов в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке. На схему подано напряжение $U = 200$ В.



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

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

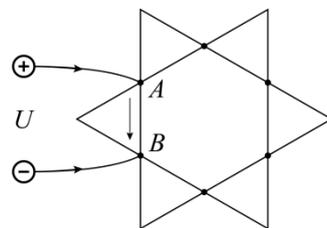
сопротивлением $R_0 = 1$ Ом каждый. Из ящика выведены 3 клеммы, присоединенные к схеме. Омметр, подключенный к клемме 1 и клемме 2, показывает сопротивление $R = 0,75$ Ом. То же самое он показывает, если его подключить к клеммам 2 и 3. Измеренное сопротивление между клеммами 1 и 3 оказалось не равным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



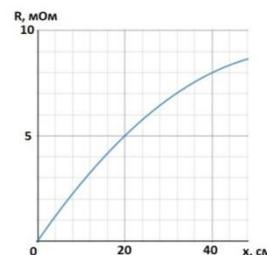
6. Электрическая цепь состоит из соединённых последовательно источника постоянного напряжения, идеального амперметра и длинной однородной проволоки постоянного сечения. При этом амперметр показывает ток силой I_1 . Эту же проволоку сворачивают в окружность, спаивают концы и подключают клеммы питания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

Олимпиада:

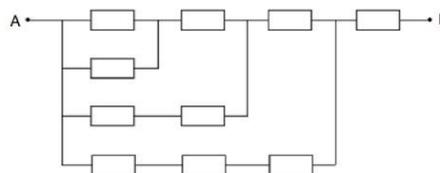
1. Два одинаковых равносторонних треугольника (сопротивление каждой из сторон $R = 30$ Ом) спаяли так, что получился контур, который подключили к источнику постоянного напряжения $U = 50$ В. (см. рис.). Найдите силу I тока в подводящих проводах. Сопротивление подводящих проводов пренебрежимо мало.



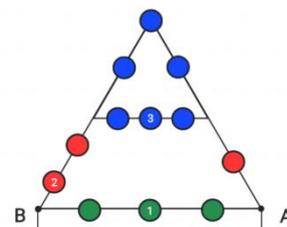
2. Школьнику дали задание — измерить зависимость сопротивления провода от его длины. Школьник решил начать делать измерения, не доставая из коробки провод. Он вытащил часть провода из коробки таким образом, что концы провода остались внутри. Один контакт омметра он расположил на произвольном участке вытянутого провода, а второй начал плавно отодвигать от первого. Результаты данного эксперимента вы можете увидеть на графике зависимости показания омметра от расстояния между клеммами вдоль провода. Объясните, почему на графике зависимость нелинейная? Какова минимально возможная длина провода в коробке?



3. Участок АВ электрической цепи состоит из одинаковых резисторов. Эквивалентное сопротивление этого участка равно $R_1 = 2117$ Ом. У нас в распоряжении есть один соединительный провод с очень маленьким сопротивлением, которым можно соединить любые две точки этой цепи. Известно, что при соединении некоторых двух точек сопротивление участка АВ стало равно $R_2 = 986$ Ом. Найдите и укажите хотя бы одну такую пару точек.



4. Новогодняя гирлянда сделана из соединительных проводов и лампочек накаливания, и она подключена к источнику постоянного тока к точкам А и В, как показано на рисунке. Лампочки разных цветов имеют разное сопротивление. Найдите отношение напряжений на лампочках 1 и 3, если напряжения на лампочках 2 и 3 равны. Ответ округлите до целых.



5. Изолированный металлический провод закопан в землю, и над поверхностью земли находятся лишь два его конца. Любопытный школьник, в распоряжении которого были батарея, амперметр и кусок такого же провода длиной $\ell_1 = 1$ м, решил определить длину закопанного провода. Для этого он

сначала подключил амперметр непосредственно к полюсам батареи, и амперметр показал силу тока $I_0 = 8$ А. Затем он подключил к батарее последовательно амперметр и свой кусок провода. При этом сила тока в цепи оказалась равна $I_1 = 2$ А. Наконец, он подключил к батарее последовательно амперметр, свой кусок провода и закопанный провод, и в этом случае $I_2 = 0,2$ А. Какова же длина закопанного провода в метрах?

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. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. <https://naidin.ru>