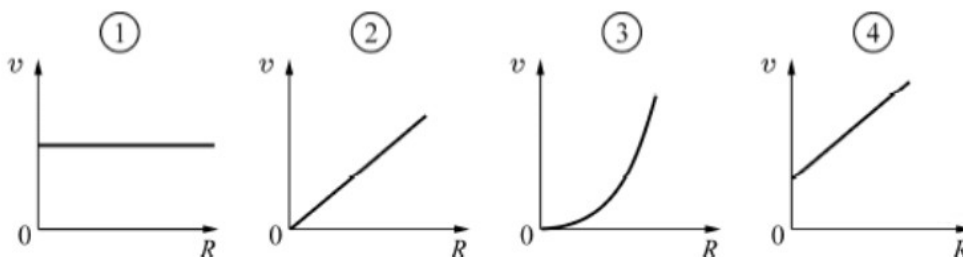


## 1. Движение

1. Два поезда идут навстречу друг другу: один ускоренно на север, другой — замедленно на юг. Как направлены ускорения поездов? Укажите сторону света.

**Решение:** одинаково (на север).

2. Диск равномерно вращается вокруг оси, которая перпендикулярна плоскости диска и проходит через его центр. К плоскости диска прилипли мелкие песчинки. Четыре ученика нарисовали график зависимости модуля скорости  $v$  песчинки от ее расстояния  $R$  до центра диска. Какой график является правильным?



**Решение:** Зависимость линейной какой-либо точки вращающегося тела от угловой скорости и радиуса  $v = \omega R$ . Эта зависимость линейная, причем точка, находящаяся в центре диска скорости не имеет, то есть при радиусе равном нулю линейная скорость точки также равна нулю. Следовательно, верным является **второй** график.

**Ответ:** 2.

3. Велосипедист проехал половину пути со скоростью  $v_1 = 10$  км/ч. Затем половину оставшегося времени движения он ехал со скоростью  $v_2 = 8$  км/ч, а потом, проколов шину, до конца пути шел пешком со скоростью  $v_3 = 4$  км/ч. Найдите среднюю скорость велосипедиста на всем пути. Ответ дайте в км/ч.

**Решение:**

По условию времена прохождения второго и третьего участков одинаковы:  $t_2 = t_3$ . Тогда длины участков пропорциональны скоростям:  $s_2 = v_2 t_2$  и  $s_3 = v_3 t_3$ , или  $s_2 v_3 = s_3 v_2$ . Значит,  $s_2 = 2s_3$ . Первый участок составляет половину от всего пути:  $s = 2s_1$ , причем  $s = s_1 + s_2 + s_3$ . Откуда:  $s_1 = 3s_3$  и  $s = 6s_3$ .

Полное время движения:  $t = t_1 + t_2 + t_3$ , откуда:  $\frac{s}{v_{\text{cp}}} = \frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_3}{v_3}$ . Разделим последнее уравнение на  $s_3$ :

$$\frac{6}{v_{\text{cp}}} = \frac{3}{v_1} + \frac{2}{v_2} + \frac{1}{v_3}.$$

Переходим к числам:  $\frac{6}{v_{\text{cp}}} = \frac{3}{10} + \frac{2}{8} + \frac{1}{4}$ .

Окончательно:  $v_{\text{cp}} = 7,5$  км/ч.

**Ответ: 7,5 км/ч.**

4. Аэростат начинает подниматься вертикально вверх с постоянным ускорением  $a$ . Через время  $t_1 = 10$  с от начала подъема из него выпал предмет, и упал на землю через время  $t_2 = 5$  с после этого. Сопротивление воздуха не учитывать, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Определите ускорение аэростата  $a$  с точностью до сотых.

**Решение:**

Разобьем движение предмета на два участка и рассмотрим их отдельно.

а) Движение вместе с аэростатом вертикально вверх с ускорением  $a$ . За время  $t_1$  скорость и перемещение составили:  $v_{1x} = at$ ,  $s_{1x} = \frac{at_1^2}{2}$ .

б) Свободный полет тела с ускорением  $g$ . Конечная скорость первого участка для второго является начальной. Если рассматривать интервал от начала второго участка до момента падения на землю, то перемещение предмета противоположно перемещению на первом участке:  $s_{2x} = -s_{1x}$ . Итак:  $v_{2x} = v_{1x} - gt_2$ ,  $s_{2x} = v_{1x}t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = -\frac{at_1^2}{2}$ .

Исключая неизвестные, из последнего уравнения находим:  $a = \frac{gt_2^2}{(2t_2 + t_1)t_1} = 1,25$  м/с<sup>2</sup>.

**Ответ: 1,25 м/с<sup>2</sup>.**

5. Двигаясь вниз по течению реки, катер под железнодорожным мостом обогнал плот. Достигнув автомобильного моста, расположенного на расстоянии  $L_1 = 3$  км от железнодорожного, катер быстро развернулся и пошел вверх против течения. Пройдя расстояние  $L_2 = 2$  км, он снова повстречал плот. Определите скорость течения реки, если по озеру катер ходит со скоростью  $v = 36$  км/ч. Ответ выразите в м/с.

**Решение:**

Если перейти в систему отсчета (СО), связанную с водой, то плот в ней покоится, а катер движется как по озеру с постоянной скоростью  $v$ . Следовательно, время, которое катер плыл после встречи с плотом до автомобильного моста, равно времени, которое он плыл затем до второй встречи:  $t_1 = t_2$ .

Вернемся в исходную СО, связанную с Землей. Пусть скорость течения равна  $u$ , тогда:  $L_1 = (v + u)t_1$  (по течению),  $L_2 = (v - u)t_2$  (против течения). Разделим формулы друг на друга:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{v + u}{v - u},$$

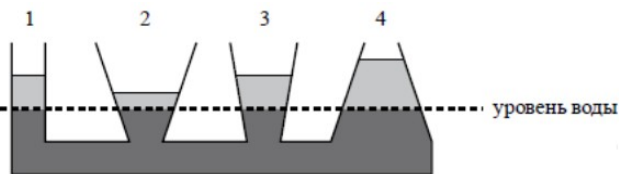
откуда:

$$u = v \cdot \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} = \frac{v}{5} = 2 \text{ м/с}.$$

**Ответ: 2 м/с (7,2 км/ч).**

## 2. Давление

1. В сообщающиеся сосуды поверх воды налиты четыре различные жидкости, не смешивающиеся с водой (см. рис.). Уровень воды в сосудах остался одинаковым. Какая жидкость имеет наименьшую плотность? Укажите номер.



**Решение:**

Гидростатическое давление, создаваемое столбом жидкости рассчитывается по формуле  $p = \rho gh$ , где  $\rho$  — плотность жидкости,  $h$  — высота столба жидкости. Уровень воды в сосудах остался одинаков, следовательно, давление, создаваемое жидкостями, налитыми поверх воды, одинаково. Для создания одного и того же давления высота столба жидкости тем выше, чем меньше плотность жидкости. Таким образом, наименее плотная жидкость — жидкость под номером 4.

**Ответ:** 4.

2. На столе стоят один на другом два однородных куба. Длина ребра нижнего куба в 3 раза больше, чем длина ребра верхнего. Определите отношение плотности материала верхнего куба к плотности материала нижнего, если верхний куб оказывает на нижний в 2 раза меньшее давление, чем нижний на стол. Результат округлите до десятых долей.

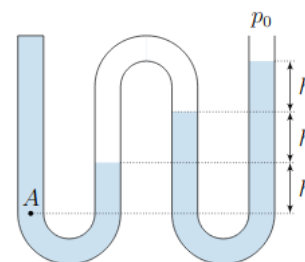
**Решение:** Давление верхнего куба на нижний  $p_2 = \frac{m_2 g}{S_2} = \frac{\rho_2 a^3 g}{a^2}$ ;

давление нижнего куба на стол  $p_1 = \frac{m_1 g}{S_1} = \frac{\rho_2 a^3 g + 27 \rho_1 a^3 g}{9a^2}$ . Запишем отношение давлений:

$$2 = \frac{\rho_2 a^3 g + 27 \rho_1 a^3 g}{9a^2} \cdot \frac{a^2}{\rho_2 a^3 g} = \frac{27 \rho_1 + \rho_2}{9 \rho_2} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{27}{17} \cong 1,588 \approx 1,6.$$

**Ответ:** 1,6

3. Изогнутая трубка заполнена водой и воздухом (см. рис.). Определите давление в точке А системы, если  $h = 20$  см. Ответ дайте в кПа. ( $p_0 = 100$  кПа)

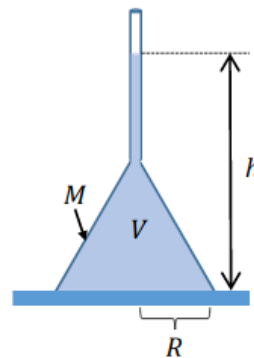


**Решение:**

$$p_A = p_0 + 2\rho gh = 104 \text{ кПа}$$

**Ответ: 104 кПа**

4. Коническая воронка массы  $M=1$  кг, опрокинута вверх дном, заканчивается длинной узкой легкой трубкой. Радиус конуса воронки  $R=10$  см, объем -  $V=4$  л. Оказавшийся внизу край воронки тщательно приклеили к столу. Максимальное усилие на разрыв, которое способен выдержать клей,  $F=110$  Н. До какой высоты  $h$  над столом надо налить воду в воронку, чтобы она начала просачиваться на стол? Ответ выразить в сантиметрах и округлить до целых. Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.



**Решение**

На воду вместе с воронкой действуют три силы: сила тяжести, сила реакции стола, вызванная давлением воды, и склеивающая сила. Предельное условие равновесия воды вместе с колоколом:

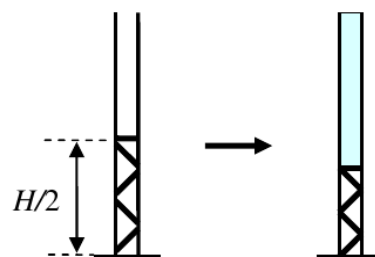
$$\rho g h \pi R^2 = (M + \rho V)g + F.$$

Отсюда

$$h = \frac{(M + \rho V)g + F}{\rho g \pi R^2} \cong 51 \text{ см.}$$

**Ответ:  $h = \frac{(M + \rho V)g + F}{\rho g \pi R^2} \cong 51$  см.**

5. Мензурка высотой  $H = 20$  см установлена вертикально. В нижней ее половине находится пружина жесткостью  $k = 14$  Н/м, закрытая сверху тонкой легкой непроницаемой для воды крышечкой, которая без трения может перемещаться внутри мензурки. Сколько грамм воды плотностью  $1$  г/см<sup>3</sup> надо аккуратно налить в мензурку сверху, чтобы заполнить ее до верхнего края?



Площадь поперечного сечения мензурки  $S = 4$  см<sup>2</sup>. Для расчетов принять  $g = 10$  Н/кг. Давление воздуха не учитывать (считать, что воздух выходит из объема с пружиной ровно настолько, чтобы давление не изменялось).

**Решение:**

Обозначим величину деформации пружины в состоянии, при котором вода налита до самого края, символом  $x$ . Ясно, что масса налитой воды  $m = \rho S \left( \frac{H}{2} + x \right)$ , а ее вес уравновешивается силой упругости пружины

$$mg = \rho S \left( \frac{H}{2} + x \right) g = kx \Rightarrow x = \frac{\rho S H g}{2(k - \rho S g)} \Rightarrow m = \frac{k}{k - \rho S g} \frac{\rho S H}{2} = 56 \text{ г.}$$

**Ответ: 56 г.**

### 3. Работа. Энергия. Тепло

1. При подъеме груза электромотор в течение времени  $t$  развивал мощность  $3N$ , а затем в течение времени  $4t$  — мощность  $N$ . С какой средней мощностью должен был работать мотор, чтобы за то же время поднять этот же груз?

**Решение:** 
$$N_{\text{ср}} = \frac{3N * t + N * 4t}{t + 4t} = \frac{7Nt}{5t} = 1,4N$$

**Ответ:**  $1,4N$ .

2. Для мытья машины часто используют мойку высокого давления. Она равномерно подает воду объемом 80литров в минуту, скорость струи воды при вылете из моечного оборудования такова, что если расположить шланг вертикально, то вода поднимается до высоты 90метров. В основе работы аппарата лежит его двигатель, КПД которого 50%. Чему равна мощность такого двигателя? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ дать в ваттах, округлив до целого числа.

**Возможное решение:**

КПД двигателя равен:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}}$$

Где полезная и затраченная работы равны соответственно:

$$A_{\text{пол}} = \rho_{\text{в}} * V * g * h$$

$$A_{\text{затр}} = N * t$$

Где  $V$  – объем воды, поданной за минуту;  $h$  – высота, до которой поднимается вода;  $N$  – мощность двигателя.

Решая полученную систему уравнений:

$$N = \frac{\rho_{\text{в}} * V * g * h}{\eta * t}$$

Подставляя численные значения:

$$N = 2400 \text{ Вт}$$

**Ответ:** 2400 Вт

3.

С крыши строящегося небоскреба сорвался кирпич массой 5 кг. При падении на землю он упал на стакан с 250 мл воды, из-за чего она начала кипеть. С какой высоты должен был упасть кирпич массой 5 кг, если известно, что на нагревание воды пойдет 60% выделившейся энергии, а изначально температура воды была 95°C? Трением пренебречь. Ответ дайте в метрах, округлив до целых.

**Решение:**

Запишем закон сохранения энергии с учетом КПД:

$$\eta mgh = cm_B \Delta t$$
$$h = \frac{cm_B \Delta t}{\eta mg} = 175 \text{ м.}$$

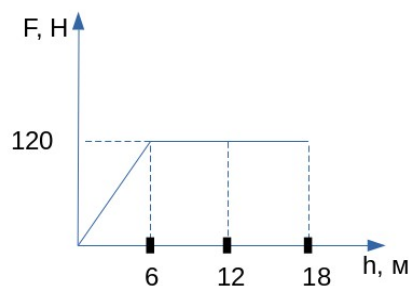
**Ответ: 175 м.**

4. Канат длиной  $l = 6$  м и массой  $m = 12$  кг, лежащий на земле, подняли за один из концов на высоту, равную трем длинам каната. Какую минимальную работу при этом пришлось совершить?

**Решение:**

Построим график зависимости силы, действующей на поднимаемый конец каната, от высоты подъема.

Совершаемая работа будет численно равна площади под графиком.



$$A = \frac{18 \text{ м} + 12 \text{ м}}{2} \cdot 120 \text{ Н} = 1800 \text{ Дж}$$

**Ответ: 1800 Дж.**

5. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 200 м/с, пробивает доску толщиной 2 см и вылетает со скоростью 100 м/с. Определите силу сопротивления доски, считая ее постоянной. Ответ приведите в ньютонах.

**Решение:**

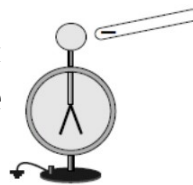
Выпишем закон сохранения энергии: изменение кинетической энергии пули переходит в тепло, выделяющееся за счет работы силы сопротивления со стороны доски,  $E_{к2} - E_{к1} = A_{сопр}$ . Таким образом, сила сопротивления доски равна

$$F_{сопр} = \frac{|A_{сопр}|}{d} = \frac{E_{к1} - E_{к2}}{d} = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2d} = \frac{0,01 \text{ кг} \cdot ((200 \text{ м/с})^2 - (100 \text{ м/с})^2)}{2 \cdot 0,02 \text{ м}} = 7500 \text{ Н.}$$

**Ответ: 7500 Н.**

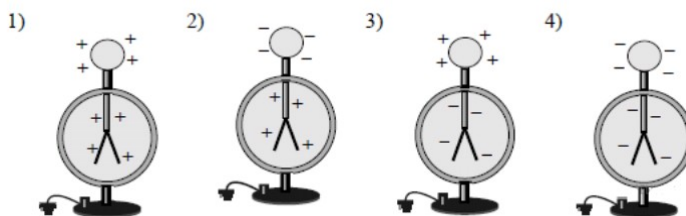
## 4. Электричество

1. Отрицательно заряженную эбонитовую палочку поднесли, не касаясь, к шару незаряженного электроскопа. В результате листочки электроскопа разошлись на некоторый угол (см. рис.). Укажите номер рисунка, на котором правильно показано распределение заряда в электроскопе.



**Решение:**

При поднесении отрицательно заряженной палочки к электроскопу

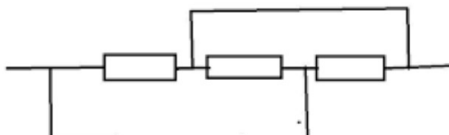


электроны отталкиваются от нее. Таким образом, на листочках электроскопа образуется избыток электронов, то есть отрицательный заряд, а на шаре электроскопа будет положительный заряд. Такая ситуация изображена на рисунке 3.

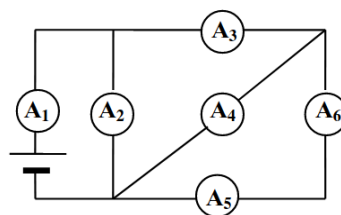
**Ответ: 3.**

2. Три сопротивления соединены последовательно. Как, не разъединяя цепь, с помощью дополнительных проводов соединить эти сопротивления параллельно? Нарисуйте схему.

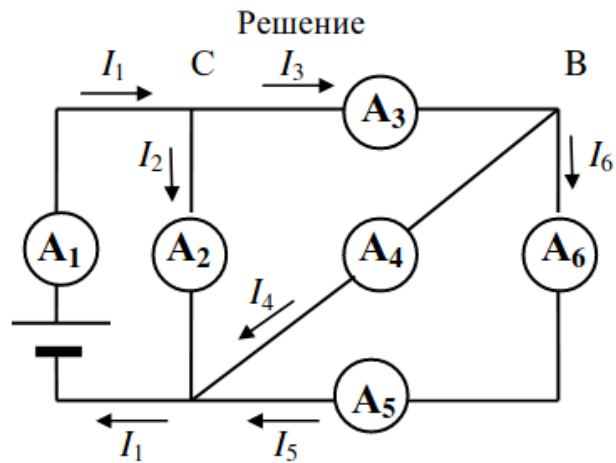
**Решение:**



3. Схема, приведенная на рисунке, содержит шесть одинаковых амперметров и источник постоянного напряжения. Наименьшая сила тока, которую показывают амперметры, равна  $I = 1$  А. Определите показание амперметра  $A_1$ .







1. Выберем направления токов через амперметры, как на рисунке. Обозначим ток, текущий через амперметр  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ),  $I_i$ , а сопротивления амперметров  $R$ . Наименьший ток течет через амперметры  $A_5$  и  $A_6$ , поэтому  $I_5 = I_6 = I = 1 \text{ А}$ .

2. Напряжения на амперметре  $A_4$  равно сумме напряжений на амперметрах  $A_5$  и  $A_6$ :  $U_4 = I_4 R = I_5 R + I_6 R = 2IR$ . Тогда  $I_4 = 2I = 2 \text{ А}$ .

Запишем первое правило Кирхгофа в узле В и найдем силу тока  $I_3$  через амперметр  $A_3$ :  $I_3 = I_4 + I_6 = 3I = 3 \text{ А}$ .

Напряжение на амперметре  $A_2$  равно сумме напряжений на амперметрах  $A_3$  и  $A_4$ :  $U_2 = I_2 R = I_3 R + I_4 R = 5IR$ . Тогда  $I_2 = 5I = 5 \text{ А}$ .

Запишем первое правило Кирхгофа в узле С и найдем силу тока  $I_1$  через амперметр  $A_1$ :  $I_1 = I_3 + I_2 = 8I = 8 \text{ А}$ .

**Ответ: 8 А.**

4. Электровоз, работающий при напряжении 3 кВ, развивает при скорости 12 м/с силу тяги 340 кН. КПД двигателя электровоза равен 85%. Чему равна сила тока в обмотке электродвигателя?

**Решение:**

1. Найдем полезную мощность двигателя электровоза:

$$P = F \cdot v = 340 \cdot 10^3 \cdot 12 = 4,08 \cdot 10^6 = 4,08 \text{ МВт},$$

где  $F$  — сила тяги,  $v$  — скорость.

2. Найдем полную мощность двигателя электровоза:

$$P_{\text{полн}} = \frac{P}{\eta} = \frac{4,08}{0,85} = 4,8 \text{ МВт},$$

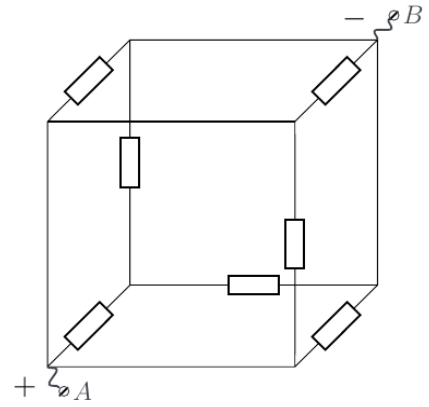
где  $\eta$  — КПД.

3. Найдем силу тока в обмотке двигателя:

$$P_{\text{полн}} = U \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P_{\text{полн}}}{U} = \frac{4,8 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^3} = 1600 \text{ А}.$$

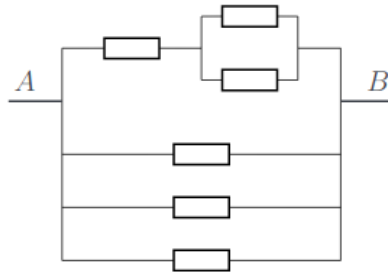
Ответ: 1600 А.

5. В семь рёбер проволочного куба впаяны одинаковые резисторы с сопротивлением (см. рис.). Сопротивление проводников в остальных рёбрах пренебрежимо малы. Определите сопротивление этой цепи. Ответ дайте в виде обыкновенной дроби.



**Решение:**

Стянем все пустые участки в точки. При этом один из резисторов оказывается замкнут сам на себя и может быть удален из схемы. Остальные шесть образуют простую цепь (см. рис.).



Сопротивление этой цепи несложно находим:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{2}{3R} = \frac{11}{3R} \Rightarrow R_{AB} = \frac{3R}{11}.$$

**Ответ:**  $\frac{3R}{11} \approx 0,27 R$