Разбор заданий муниципального этапа ВсОШ по физике для 7 класса

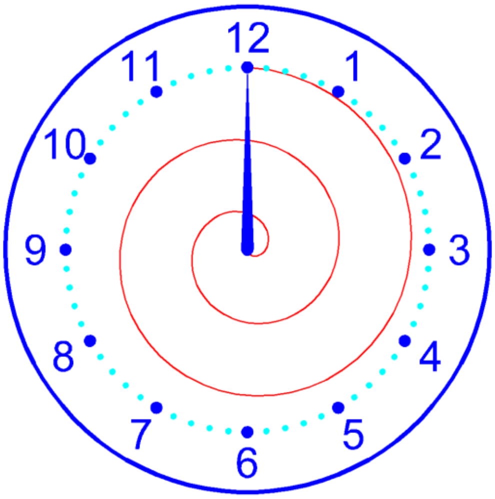
2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 40

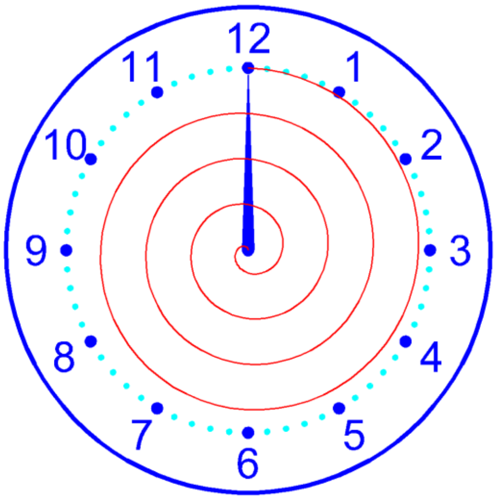
Задание № 1

Общее условие:

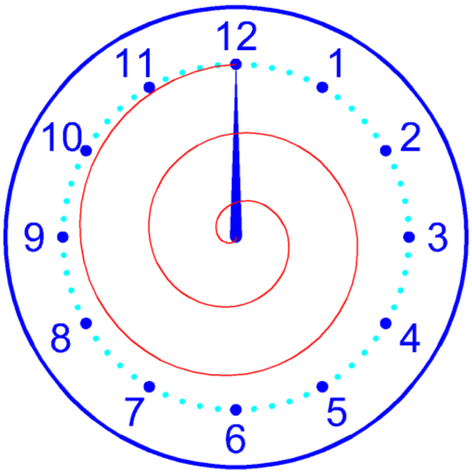
По секундной стрелке работающих часов ползет жук с равномерной скоростью, равной v = 0,00515 км/ч. Длина секундной стрелки l = 30 см.



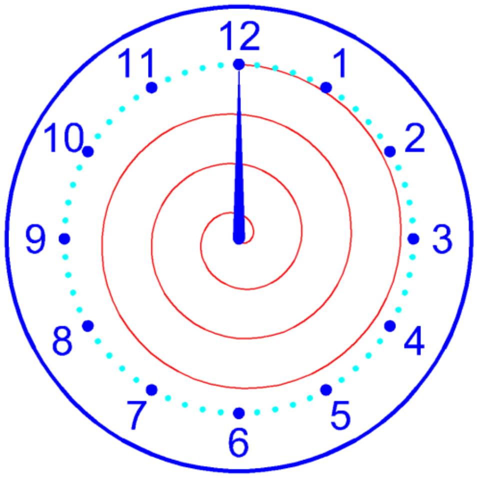
а



б



в



г

Условие:

Выразите скорость жука в сантиметрах в секунду. Ответ округлите до тысячных.

Ответ: 0,143

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Используя значение скорости, полученное в предыдущем задании, определите время, за которое жук проползет всю стрелку от начала до конца. Ответ выразите в секундах и округлите до целых.

Ответ: 210

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

На каком рисунке изображена траектория движения (красная линия) жука относительно циферблата часов, соответствующая условиям задачи и времени, найденному в предыдущем задании?

Варианты ответов:

Первый столбец	**Второй столбец**
○ Правильный	○ а
	○ б
	○ в
	○ г

Правильный ответ:

- Правильный — г

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Так как 1 км = 100000 см, а 1 ч = 3600 с, то скорость жука в сантиметрах в секунду равна: $v = 0{,}00515\ \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 0{,}00515 \cdot \frac{100000}{3600}\ \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 0{,}143\ \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

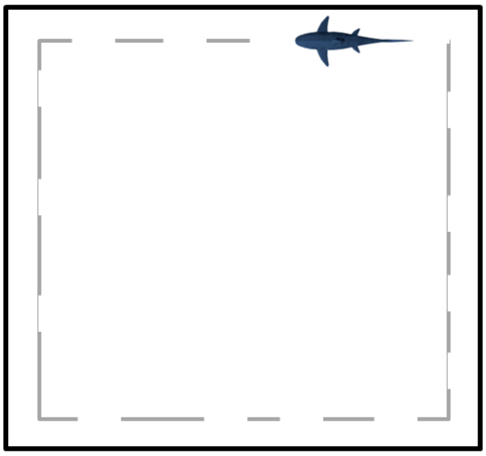
Время, за которое жук проползет всю стрелку от начала до конца, равно: $t = \frac{l}{v} = \frac{30\ \text{см}}{0{,}143\ \frac{\text{см}}{\text{с}}} \approx 210\ \text{с}$.

Так как жук ползет равномерно по секундной стрелке, а стрелка в свою очередь равномерно вращается вокруг своей оси, то жук будет двигаться относительно циферблата по спирали. Время движения жука 210 с = 3,5 мин. Перед тем как жук достигнет конца стрелки, стрелка совершит три полных оборота и еще пол-оборота. Этому соответствует рисунок г.

Задание № 2

Общее условие:

Синяя акула плывет со скоростью $v = 18$ км/ч вдоль стенок квадратного бассейна, описывая квадрат на постоянном расстоянии от прямолинейных участков стенок. За $t = 1$ минуту она огибает бассейн 3 раза. Длина каждой стенки $a = 30$ м.



Условие:

Найдите путь, пройденный акулой за 1 минуту. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 300

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Найдите путь, пройденный акулой за 1 оборот. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 100

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите расстояние между акулой и стенкой. Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

Ответ: 2,5

Точное совпадение ответа — 8 баллов

Решение.

Так как $18\ \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а 1 мин = 60 с, то путь, пройденный акулой за 1 минуту, равен: $l_1 = vt = 5\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 60\ \text{с} = 300\ \text{м}$.

Так как за 1 минуту акула огибает бассейн 3 раза, то путь, пройденный акулой за 1 оборот, равен: $l_2 = \frac{l_1}{3} = \frac{300\ \text{м}}{3} = 100\ \text{м}$.

Путь, пройденный акулой вдоль одной стенки, равен $a - 2x$, где x – искомое расстояние. Путь, пройденный акулой за один оборот, равен $4 \cdot (a - 2x)$, а за три оборота в 3 раза больше, $3 \cdot 4 \cdot (a - 2x)$, что по условию равно vt. Отсюда выразим x: $x = \dfrac{a - \frac{vt}{12}}{2} = \dfrac{30\ \text{м} - \dfrac{5\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 60\ \text{с}}{12}}{2} = 2{,}5\ \text{м}$.

Задание № 3

Общее условие:

У старого термометра выцвела шкала, из-за этого деления стали не видны (назовем его сломанным). К этому термометру вместо шкалы Цельсия прикреплена линейка со шкалой в сантиметрах. По этой шкале термометр показывает комнатную температуру, равную 38,7 см. При погружении в смесь воды со льдом, температура которой равна 0 °C, сломанный термометр показывает 12,4 см. Известно, что изменение показаний сломанного термометра на 1 см соответствует изменению показаний на 1,4 °F по шкале Фаренгейта.

Примечание: Перевод из шкалы Фаренгейта в шкалу Цельсия выполняется по формуле $t_C = (t_F - 32{,}00) \cdot \frac{5}{9}$. Все **промежуточные** расчеты округлять до сотых.

Условие:

Какова комнатная температура в градусах Цельсия? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 20,5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Условие:

Оцените минимальное значение, которое должна иметь шкала сломанного термометра, чтобы им можно было бы измерять температуру кипения воды, равную 100 °C? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 141

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Разность показаний сломанного термометра равна: $38,7-12,4=26,3$ см. Эта разность соответствует изменению по шкале Фаренгейта равному: $26,3\cdot 1,4=36,82$ °F. Температура воды со льдом по шкале Фаренгейта равна: $t_F=\frac{9}{5}t_C+32,00=\frac{9}{5}\cdot 0+32,00=32,00$ °F. Комнатная температура по шкале Фаренгейта равна: $32,00+36,82=68,82$ °F. Комнатная температура по шкале Цельсия равна: $t_C=\frac{5}{9}\cdot\left(t_F-32,00\right)=\frac{5}{9}\cdot\left(68,82-32,00\right)\approx 20,5$ °C.

Температура кипения воды по шкале Фаренгейта равна: $t_F=\frac{9}{5}t_C+32,00=\frac{9}{5}\cdot 100,00+32,00=212,00$ °F. Разность между температурой кипения воды и температурой воды со льдом по шкале Фаренгейта равна: $212,00-32,00=180,00$ °F. Эта разность соответствует изменению по шкале сломанного термометра: $\frac{180,00}{1,4}=128,57$ см. Минимальное значение, которое должна иметь шкала сломанного термометра, чтобы им можно было бы измерять температуру кипения воды, равно: $12,4+128,57\approx 141$ см.

Задание № 4

Общее условие:

Экспериментатор наблюдает за тем, как капли дождя через отверстие в навесе ежесекундно падают на чашеобразный лист растения. Он заметил, что когда лист наполняется определённым объемом воды, то под её тяжестью лист максимально прогибается и вся вода выливается на землю. После чего лист принимает первоначальное положение и в него снова набирается вода.

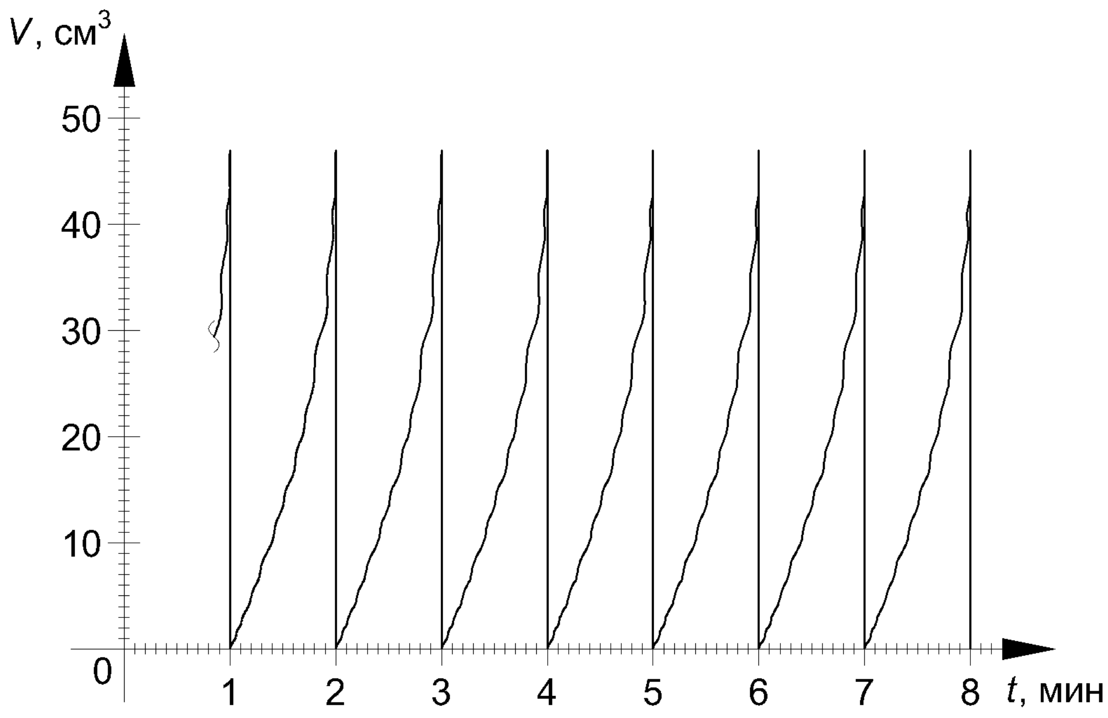
Когда в листе уже был некоторый объем воды, экспериментатор запустил секундомер и начал фиксировать время в те моменты, когда вода выливается из листа. При этом он не останавливал секундомер.

Результаты измерений он занес в таблицу.

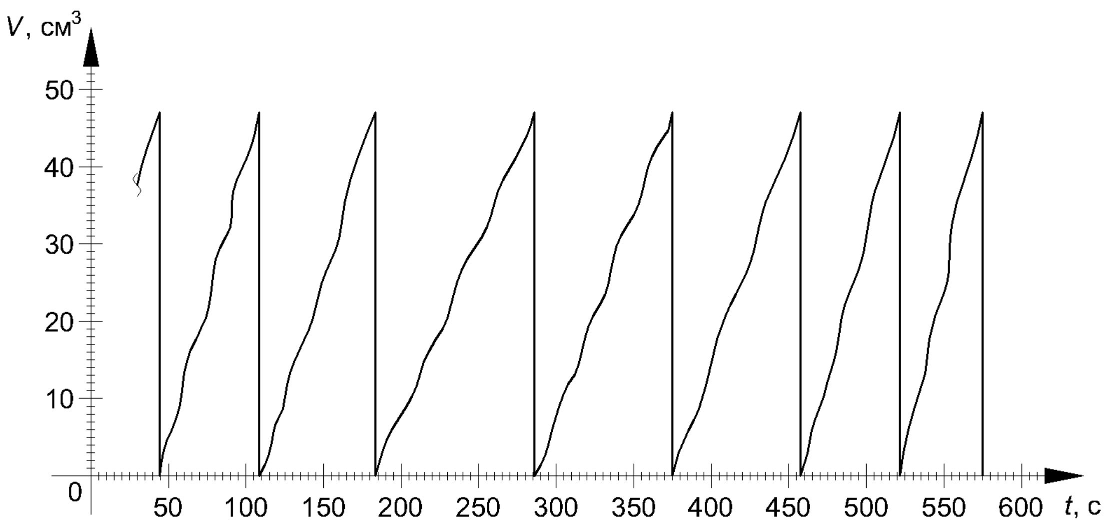
Номер момента фиксации	1	2	3	4	5	6	7	8
Время, с	53	130	220	343	450	549	626	690

После дождя экспериментатор с помощью мерного цилиндра определил, что лист, пред тем как прогнуться, наполняется объёмом $V_{\text{макс}} = 47$ см^3 воды.

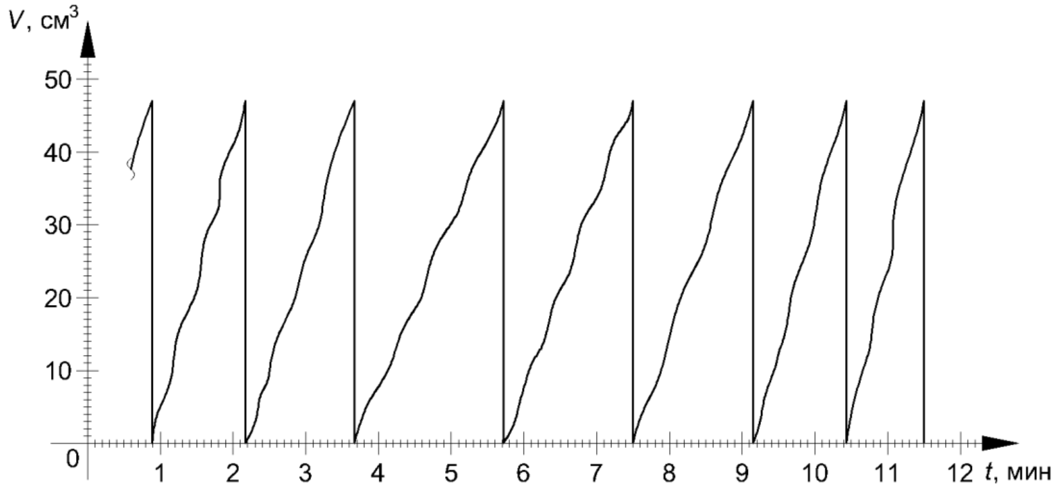
Примечание: Все **промежуточные** расчеты округлять до сотых.


V, см3
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
t, мин

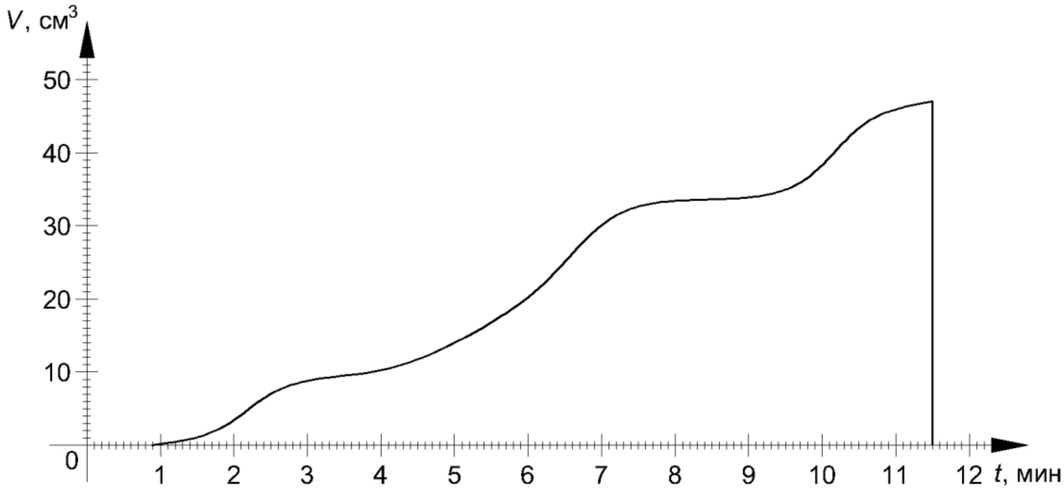
а


V, см3
50
40
30
20
10
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
t, с

б



в



г

Условие:

Какой график зависимости объема воды в листе *V* от времени *t* соответствует условиям задачи.

Варианты ответов:

Первый столбец

- Правильный

Второй столбец

- а
- б
- в
- г

Правильный ответ:

- Правильный — в

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите: в каком интервале времени средний объем капель был максимальным, а в каком – минимальным.

Варианты ответов:

Первый столбец

- Максимальный
- Минимальный

Второй столбец

- от 53 до 130 с
- от 220 до 343 с
- от 450 до 549 с
- от 549 до 626 с
- от 626 до 690 с

Правильные ответы:

- Максимальный — от 626 до 690 с
- Минимальный — от 220 до 343 с

Каждый верный ответ — 2 балла

Итого — 4 балла

Условие:

Определите средний объем капель за время наблюдения от 53 до 690 с. Ответ выразите в сантиметрах кубических, округлите до сотых.

Ответ: 0,52

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Определите: при каком объеме воды в листе экспериментатор начал отсчет времени, если считать, что в том интервале времени средний объем капель равнялся среднему объему капель за время наблюдения от 53 до 690 с, найденному в предыдущем задании. Ответ выразите в сантиметрах кубических, округлите до десятых.

Ответ: 19,4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Очевидно, что графики на рисунках *а, б* и *г* не соответствуют условиям задачи. Рассмотрим график на рисунке *в*. Цена деления по оси абсцисс равна $\frac{1}{10} = 0{,}1$ мин, что соответствует 6 с. Переведем время из секунд в минуты.

Номер момента фиксации	1	2	3	4	5	6	7	8
Время, с	53	130	220	343	450	549	626	690
Время, мин	0,88	2,17	3,67	5,72	7,50	9,15	10,43	11,50

Сравнивая график и данные в таблице, приходим к выводу, что график на рисунке *в* соответствует условиям задачи.

При максимальном среднем объеме капель интервал времени между последовательными выливаниями воды из листа будет минимальным, а участок графика будет наиболее крутым. При минимальном среднем объеме капель, наоборот, интервал времени между последовательными выливаниями воды из листа будет максимальным, а участок графика будет наиболее пологим. Из графика следует, что в интервале времени от 220 до 343 с средний объем капель был минимальным (график наиболее пологий), а в интервале времени от 626 до 690 с средний объем капель был максимальным (график наиболее крутой). Подтвердим приведенное рассуждение расчетами, помня, что капли падают раз в секунду, поэтому значение интервала времени между двумя выливаниями воды из листа будет численно равно количеству капель, упавших в лист в этом интервале времени:

1-й интервал: $$V_1 = \frac{47}{130-53} \approx 0{,}61 \text{ см}^3;$$

2-й интервал: $$V_2 = \frac{47}{220-130} \approx 0{,}52 \text{ см}^3;$$

3-й интервал: $$V_3 = \frac{47}{343-220} \approx 0{,}38 \text{ мм}^3;$$

4-й интервал: $$V_4 = \frac{47}{450-343} \approx 0{,}44 \text{ см}^3;$$

5-й интервал: $$V_5 = \frac{47}{549-450} \approx 0{,}47 \text{ см}^3;$$

6-й интервал: $$V_6 = \frac{47}{626-549} \approx 0{,}61 \text{ см}^3;$$

7-й интервал: $$V_7 = \frac{47}{690-626} \approx 0{,}73 \text{ см}^3.$$

Получаем, что в интервале времени от 220 до 343 с средний объем капель был минимальным, а в интервале времени от 626 до 690 с средний объем капель был максимальным.

За время наблюдения от 53 до 690 с упало 690 – 53 = 637 капель. За все это время в лист суммарно набиралось 7 · 47 = 329 см^3 воды. Поэтому средний объем капель равен: $V_{\text{ср}} = \frac{7 \cdot 47}{690-53} \approx 0{,}52 \text{ см}^3$.

За 53 с после начала отсчета в лист упало $n = 53$ капли. К уже имеющемуся объему воды в листе должен был добавиться объем воды, равный:

$\Delta V = V_{\text{ср}} n = 0{,}52 \cdot 53 \approx 27{,}56$ см^3. Тогда экспериментатор начал отсчет времени, когда в листе уже было: $V_0 = V_{\text{макс}} - \Delta V = 47{,}00 - 27{,}56 \approx 19{,}4$ см^3.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по физике

для 8 класса 2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов - 40

Задание № 1

Условие:

Две улитки одновременно начали движение с разных концов палочки навстречу друг другу, их увидела восьмиклассница Лиза и включила секундомер в момент встречи улиток. Первая улитка достигла левого конца палочки через 32 секунды, еще через 18 секунд вторая улитка доползла до правого конца палочки. Благодаря видеосъемке Лиза определила среднюю скорость первой улитки 80 мм/мин, а вторая улитка спряталась.

1) Определите среднюю скорость второй улитки. Ответ выразите в мм/мин и округлите до целых.

Ответ: 64

Точное совпадение: 3 балла

2) Определите длину палочки. Ответ выразите в мм и округлите до целых.

Ответ: 96

Точное совпадение: 3 балла

3) Определите относительную скорость сближения улиток. Ответ выразите в мм/с и округлите до десятых.

Ответ: 2,4 мм/с

Точное совпадение: 2 балла

4) Сколько времени ползли улитки от начала движения до встречи? Ответ выразите в с и округлите до целых.

Ответ: 40

Точное совпадение: 2 балла

Решение.

1. Время до встречи улиток равно t_x.

Из равенства расстояний, пройденных улитками, получим:

$$v_2 \cdot t_x = v_1 \cdot 32;$$

$$v_1 \cdot t_x = v_2 \cdot (32+18).$$

Разделим уравнения друг на друга, получим:

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{32}{50}$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{16}{25}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{5}$$

$$v_2 = 0{,}8 \cdot v_1$$

$$v_2 = 64 \text{ мм/мин}$$

2. Длина палочки = расстояние, пройденное первой улиткой после встречи + расстояние, пройденное второй улиткой после встречи

$$L = v_1 \cdot 32 + v_2 \cdot (32+18);$$

$$L = \frac{80}{60} \cdot 32 + \frac{64}{60} \cdot 50 = \frac{2560+3200}{60} = 96 \text{ мм}.$$

3. Относительная скорость сближения/удаления улиток:

$$v_1 + v_2 = \frac{80+64}{60} = 2{,}4 \text{ мм/с}.$$

4. Время до встречи улиток t_x найдем, используя одно из уравнений п. 1

   Из равенства расстояний, пройденных улитками, получим

$$v_2 \cdot t_x = v_1 \cdot 32; \qquad (1)$$

$$v_1 \cdot t_x = v_2 \cdot (32+18). \qquad (2)$$

например, из (1)

$$t_x = \frac{v_1}{v_2} \cdot 32 = 40 \text{ с},$$

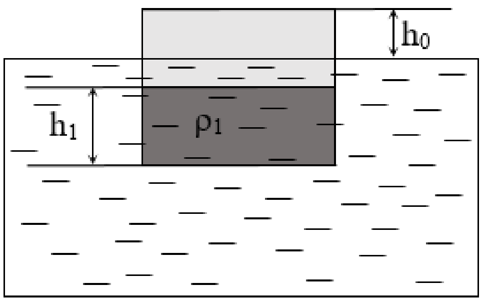
или из (2)

$$t_x = \frac{v_2}{v_1} \cdot 50 = 40 \text{ с}.$$

Задание № 2

Условие:

На свой день рождения восьмиклассница Лиза решила подать гостям блюдо «Сыр на плоту». Она взяла большую чашу с водой, небольшую разделочную доску в виде деревянного диска и такого же диаметра кусок сыра (смотри рисунок). Когда Лиза спустила свое блюдо на воду, оказалось, что часть сыра погрузилась в воду вместе с доской. Лиза измерила высоту выступающей над водой части сыра h_0 = 11 мм и удалила ее, причем линия среза прошла ровно вдоль уровня воды. К удивлению Лизы, урезанное блюдо также возвышалось над водой на высоту h_0. Плотность деревянного диска ρ_1 = 450 кг/м^3, плотность воды ρ_0 = 1000 кг/м^3.



1) Какого значения не должна превышать изначальная высота сыра, чтобы после срезания весь сыр находился над водой? Ответ выразите в см и округлите до десятых.

Ответ: 2,2

Точное совпадение: 2 балла

2) Определите плотность сыра. Ответ выразите в кг/м^3 и округлите до целых.

Ответ: 1000

Точное совпадение: 3 балла

3) Определите высоту доски. Ответ выразите в см и округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение: 3 балла

4) Найдите суммарный объем полостей (объем дырок) в 1 см^3 сыра, которым угощает Лиза, если известно, что такой же сыр без дыр имеет плотность 1,1 г/см^3. Массой воздуха в дырках сыра пренебречь. Ответ выразите в см^3 и округлите до десятых.

Ответ: 0,1 см^3

Точное совпадение: 2 балла

Решение.

1. Из условия следует, что

изначальная высота сыра, чтобы после срезания весь сыр находился над водой = высота сыра, который был отрезан + выступающая часть сыра

$$h_0 + h_0 = 2{,}2 \text{ см}.$$

2. Пусть общая высота сыра и доски H, а S площадь горизонтального сечения доски, $\rho_д$ – плотность дерева, ρ_c – плотность сыра. Силы Архимеда, действующие на систему до и после удаления части верхнего бруска, обозначим соответственно F_{A1} и F_{A2}, а общую массу системы соответственно m_1 и m_2.

Сыр и доска находятся в равновесии, когда

$$F_{A1} = m_1 g \text{ и } F_{A2} = m_2 g,$$

где

$$F_{A1} = \rho_0 g S(H-h_0),\ m_1 = \rho_д S h_1 + \rho_c S(H - h_1 - h_0);$$

$$F_{A2} = \rho_0 g S(H-2h_0),\ m_2 = \rho_д S h_1 + \rho_c S(H - h_1 - 2h_0).$$

Составим систему уравнений:

$$\rho_0 g S(H-h_0) = \rho_д g S h_1 + \rho_c g S(H - h_1);$$

$$\rho_0 g S(H-2h_0) = \rho_д g S h_1 + \rho_c g S(H - h_1 - h_0).$$

Вычтем одно уравнение из другого, получим

$$\rho_0 g S h_0 = \rho_c g S h_0;$$

$$\rho_c = \rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Отметим, что к этому соотношению можно было прийти и без использования выкладок. Мысленно поменяем сыр и доску местами. Равновесие (если не принимать во внимание устойчивость) не изменится, так как при расчете сил Архимеда и сил тяжести важны лишь объёмы погруженных частей тел и их полные объемы. Известно, что, если от полученной системы отделить часть сыра плотности ρ_c (после мысленного переворачивания сыром вниз), это никак не скажется на поведении оставшейся части конструкции, а это возможно только когда отделённая часть сыра находится в воде в состоянии безразличного равновесия, что соответствует равенству плотностей сыра и воды $\rho_c = \rho_0$).

3. Высоту доски найдем, подставляя $\rho_c = \rho_0$, в одно из уравнений в п. 2:

$$\rho_0 gS(H-h_0) = \rho_д gSh_1 + \rho_c gS(H - h_1) \ ; \qquad (1)$$

$$\rho_0 gS(H-2h_0) = \rho_д gSh_1 + \rho_c gS(H - h_1 - h_0) \ . \qquad (2)$$

Например, из (1) найдем

$$\rho_0 gS(H-h_0) = \rho_д gSh_1 + \rho_0 gS(H - h_1- h_0);$$

$$\rho_0 H- \rho_0 h_0 = \rho_д h_1 + \rho_0 H - \rho_0 h_1;$$

$$- \rho_0 h_0 = \rho_д h_1 - \rho_0 h_1;$$

$$h_1 = h_0 / (\rho_0 - \rho_д);$$

$$h_1 = 1{,}1/(1 - 0{,}45);$$

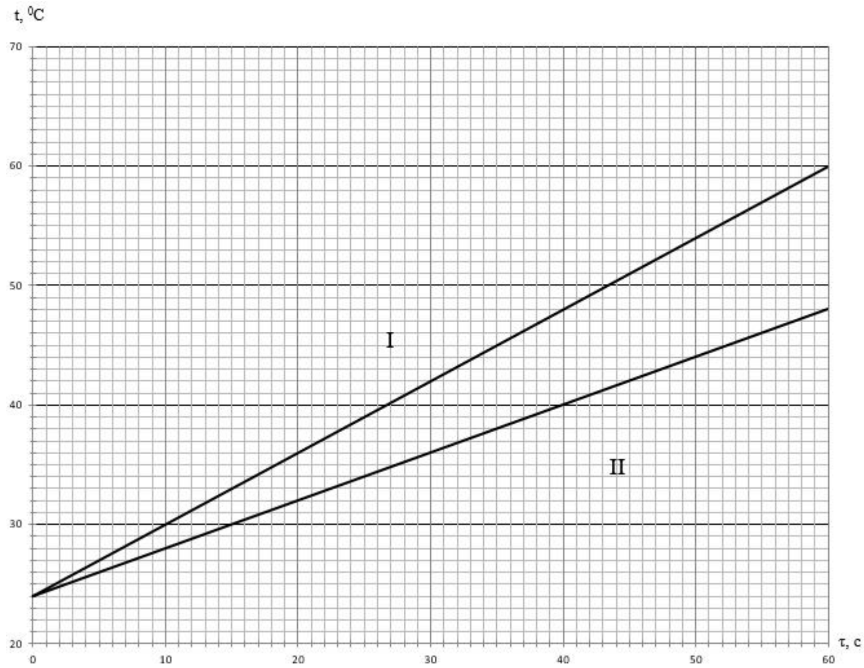
$$h_1 = 2 \text{ см}.$$

4. Масса 1 см^3 сыра с дырами равна m= $\rho \cdot V = 1 \cdot 1 = 1$ г массе сыра без дыр, тогда объем сыра без дыр равен $V_{бд} = m/\rho_{бд} = 1/1{,}1 \approx 0{,}9$ см^3. Объем воздуха в 1 см^3 равен $V_м = V – V_{бд} = 1 – 0{,}9 = 0{,}1$ см^3.

Задание № 3

Условие:

Восьмиклассница Лиза нашла в шкафу флакон с глицерином, который мама использует для мытья стекол, и решила исследовать его тепловые свойства. Она налила 100 г глицерина в калориметр с подогревом и включила прибор в сеть. Лиза построила график зависимости температуры глицерина от времени (график I на рисунке). Когда глицерин остыл пришла мама, она долила в калориметр некоторое количество глицерина и повторила измерения (график II на рисунке). Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3. Удельная теплоемкость глицерина 2430 Дж/(кг$\cdot^0$С), удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг$\cdot^0$С).



1) Сколько граммов глицерина долила мама? Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Ответ: 50

Точное совпадение: 4 балла

2) Вечером пришел папа, вылил глицерин, налил в калориметр 174 мл воды и повторил измерения. Где относительно первых двух расположен график папы?

а) выше графика I

б) совпадает с графиком I

в) между графиком I и графиком II

г) совпадает с графиком II

д) ниже графика II

Ответ: д

Точное совпадение: 3 балла

3) Известно, что глицерин хорошо растворяется в воде. Можно ли смешивая глицерин и воду создать смесь заданной теплоемкости и в каких пределах?

а) Да, от 2430 Дж/(кг$\cdot{}^0$С) до 4200 Дж/(кг$\cdot{}^0$С)

б) Да, от 430 Дж/(кг$\cdot{}^0$С) до 1200 Дж/(кг$\cdot{}^0$С)

в) Да, от 10430 Дж/(кг$\cdot{}^0$С) до 12200 Дж/(кг$\cdot{}^0$С)

г) Нет, как и температура, теплоемкость не может складываться при смешивании жидкостей

д) Да, от 230 Дж/(кг$\cdot{}^0$С) до 420 Дж/(кг$\cdot{}^0$С)

Ответ: а

Точное совпадение: 3 балла

Решение.

1. Пусть мощность нагревательного элемента равна P. Запишем уравнение теплового баланса для первого случая: $P\Delta\tau = cm\Delta t_1$.

После прихода мамы: $P\Delta\tau = c(m+\Delta m)\Delta t_2$.

Решая совместно эти уравнения, получим: $\Delta m = m(\Delta t_1/\Delta t_2 - 1)$,

Здесь c - удельная теплоемкость глицерина, m = 100 г - начальная масса глицерина, Δm – добавленная масса, $\Delta\tau$ – время нагревания, Δt_1, Δt_2 – изменение температуры глицерина в первом и во втором случае за одинаковое время нагревания.

Из графика находим: $\Delta\tau = 50$ с, $\Delta t_1 = 30°C$, $\Delta t_2 = 20°C$. После подстановки этих данных в уравнение для Δm получим: $\Delta m = 50$ г.

2. Из графика видно, что при $\tau = \tau_0 = 0$ с температура в комнате $t = t_0 = 24\ ^0C$. Из уравнения в п.1: $P\Delta\tau = cm\Delta t_1$., выразим явную зависимость t, ^0C от τ,с

$$P(\tau - \tau_0) = cm(t - t_0)$$

$$P\tau - P\tau_0 = cmt - cmt_0$$

$$P\tau - P\tau_0 + cmt_0 = cmt$$

$t = t_0 + \frac{P}{cm}(\tau - \tau_0)$, т.к. $\tau_0 = 0$

$t = t_0 + \frac{P}{cm}\tau$, (аналогично уравнению прямой $y = y_0 + k\cdot x$)

так как мощность нагревателя P во всех случаях постоянна, то коэффициент наклона прямой $k = \frac{P}{cm}$ будет тем меньше, чем больше будет произведение теплоемкости на массу. Так как у воды теплоемкость больше(4200 Дж/(кг·^{0}С) >2430 Дж/(кг·^{0}С)) и масса 174 г больше, чем масса глицерина в обоих случаях (100 г и 150 г соответственно), значит график для воды лежит ниже, графиков I и II, построенных для глицерина.

3. Удельная теплоемкость –количество теплоты, переданное телу массой 1 кг для его нагревания на один градус Цельсия. Если в системе не идут химические реакции, то количество теплоты переданное системе тел равно сумме количеств теплоты переданных каждому телу системы (свойство аддитивности, которым не обладает температура), поэтому из глицерина и воды можно получить смесь заданной теплоемкости, в пределах теплоемкостей компонент смеси.

Чтобы убедиться рассмотрим частный случай, смешаем 0,5 кг глицерина и 0,5 кг и нагреем полученный килограмм смеси на 1 ^{0}С. Количество теплоты, которое получит смесь равно ее удельной теплоемкости $4200\cdot0{,}5\cdot1+2430\cdot0{,}5\cdot1=2100+1215=3315$ Дж/(кг·^{0}С).

Задание № 4

Условие:

Восьмикласснице Лизе на день рождения папа подарил измерительный прибор – сосуд высотой 20 см, в резиновое дно которого встроены датчики давления. Желая проверить насколько хорошо откалиброван прибор, Лиза придумала хитроумный способ проверки: она поставила на дно сосуда металлическую деталь в виде прямоугольного параллелепипеда со сквозным отверстием прямоугольного сечения (рис. 1) и начала медленно наливать в него жидкость, причем жидкость не подтекала под деталь. Лиза построила график зависимости модуля силы давления на площадь под деталью, от уровня воды в сосуде (рис. 2). (Ускорение свободного падения 10 м/с^2)

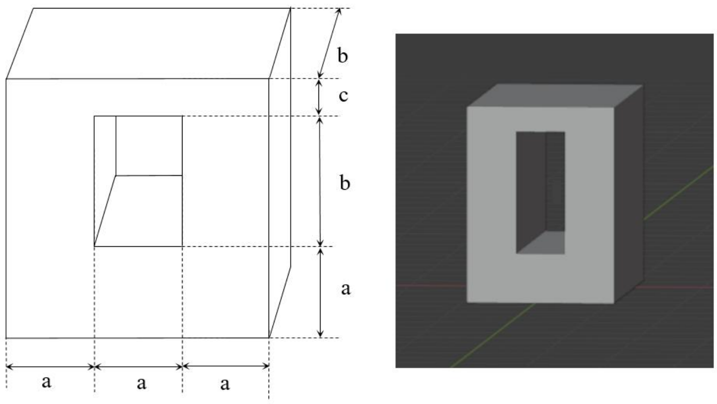


Рисунок 1

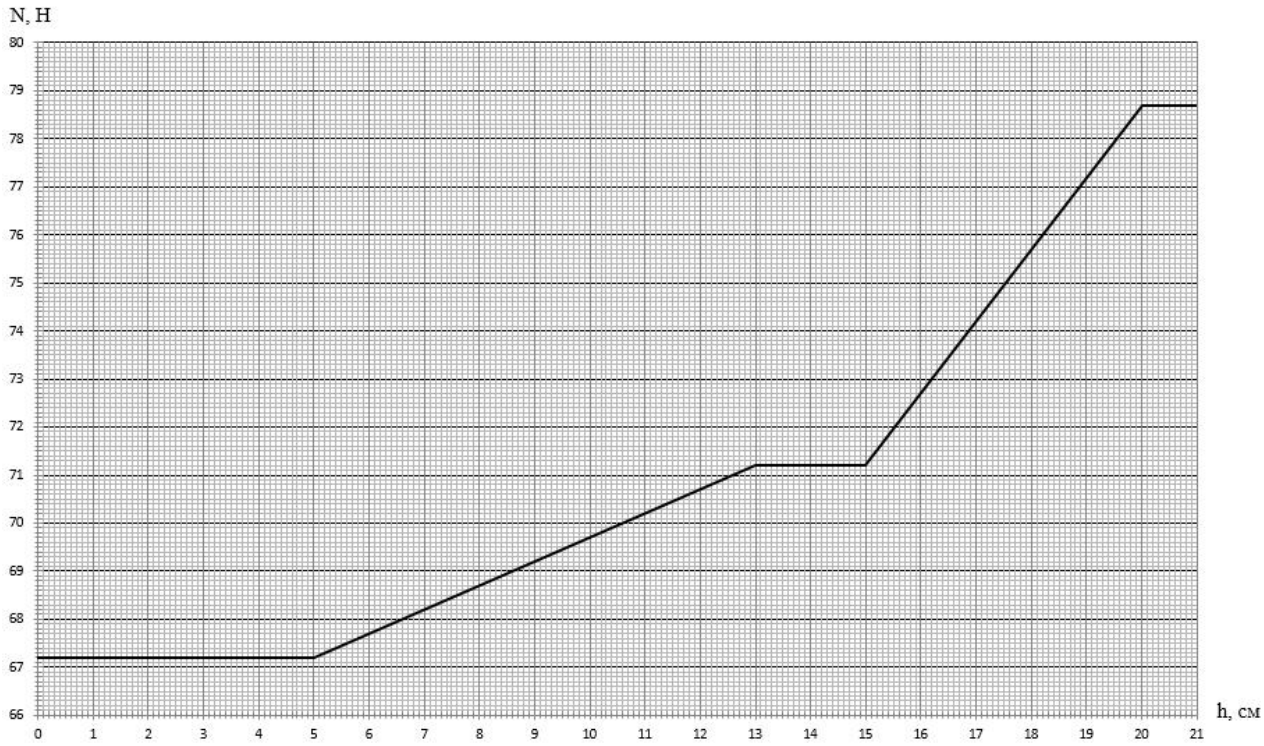


Рисунок 2

1) Проанализируйте график и определите ширину отверстия a. Ответ выразите в см и округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение: 1 балла

2) Проанализируйте график и определите высоту отверстия b. Ответ выразите в см и округлите до целых.

Ответ: 8

Точное совпадение: 1 балла

3) Проанализируйте график и определите высоту детали. Ответ выразите в см и округлите до целых.

Ответ: 15

Точное совпадение: 1 балл

4) Проанализируйте график и определите плотность металла, из которого изготовлена деталь. Ответ округлите до сотых выразите в г/см^3.

Ответ: 4,54

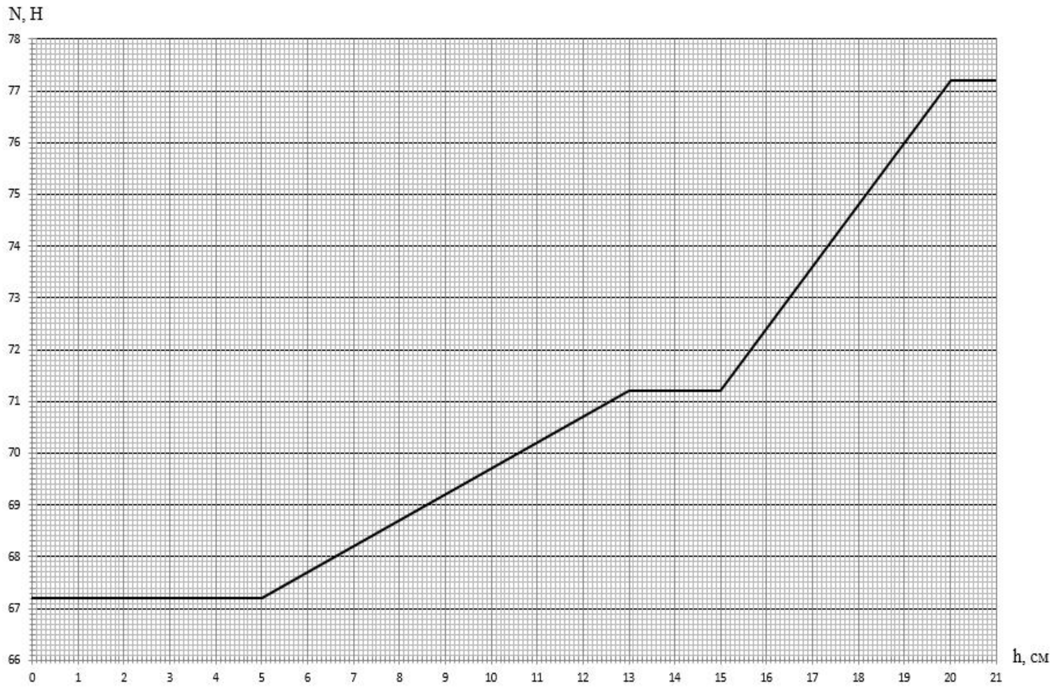
Точное совпадение: 2 балла

5) Проанализируйте график и определите плотность жидкости, которую наливала Лиза в сосуд. Ответ округлите до сотых выразите в г/см^3.

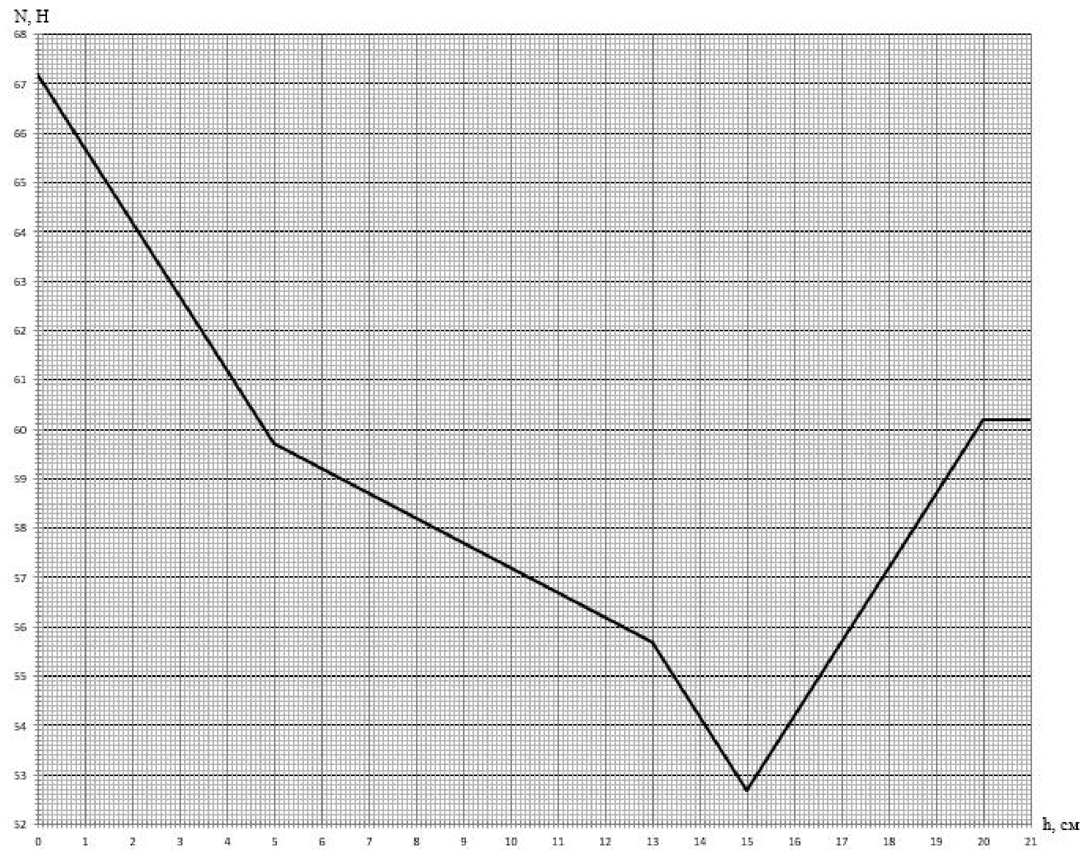
Ответ: 1,25

Точное совпадение: 2 балла

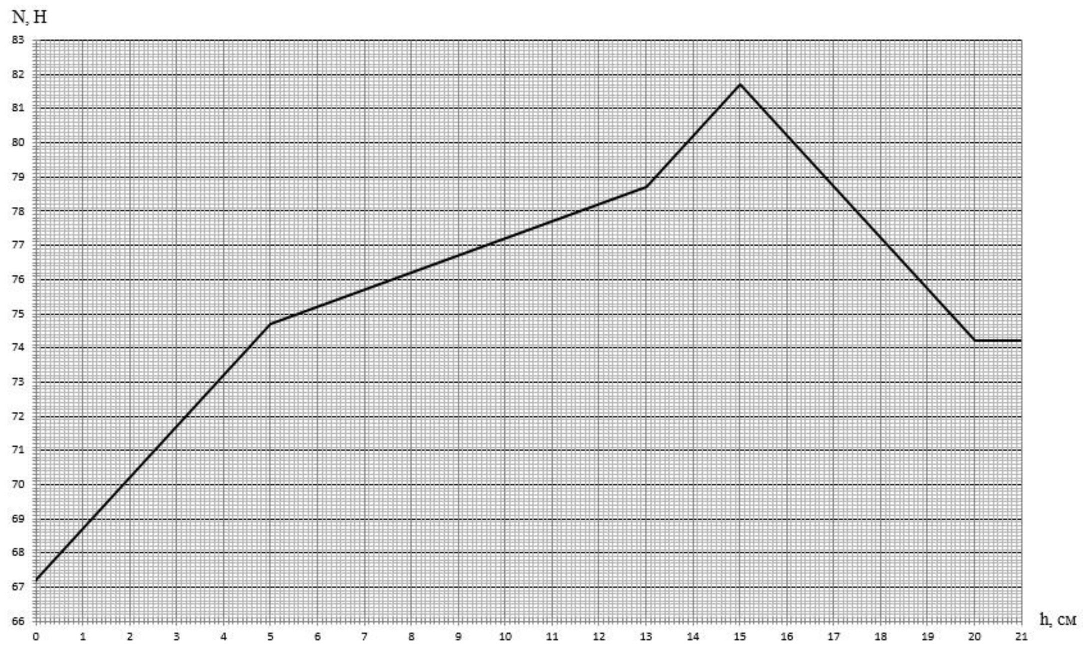
6) Как выглядел бы график зависимости модуля силы, с которой деталь давит на дно сосуда, от уровня воды в нем, если бы жидкость подтекала под деталь?



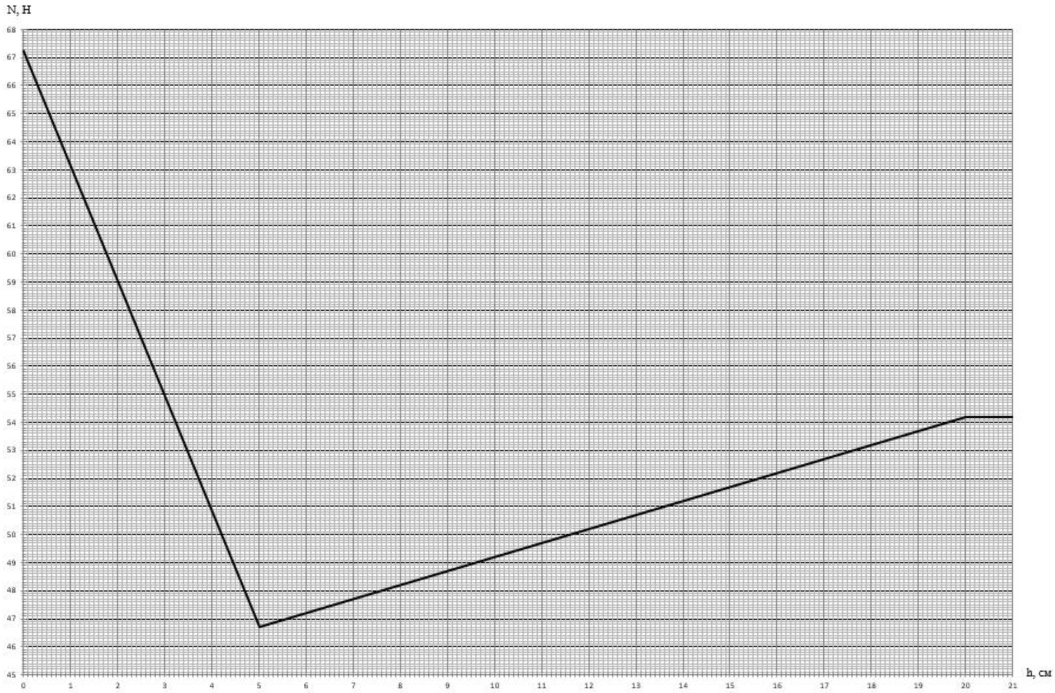
а



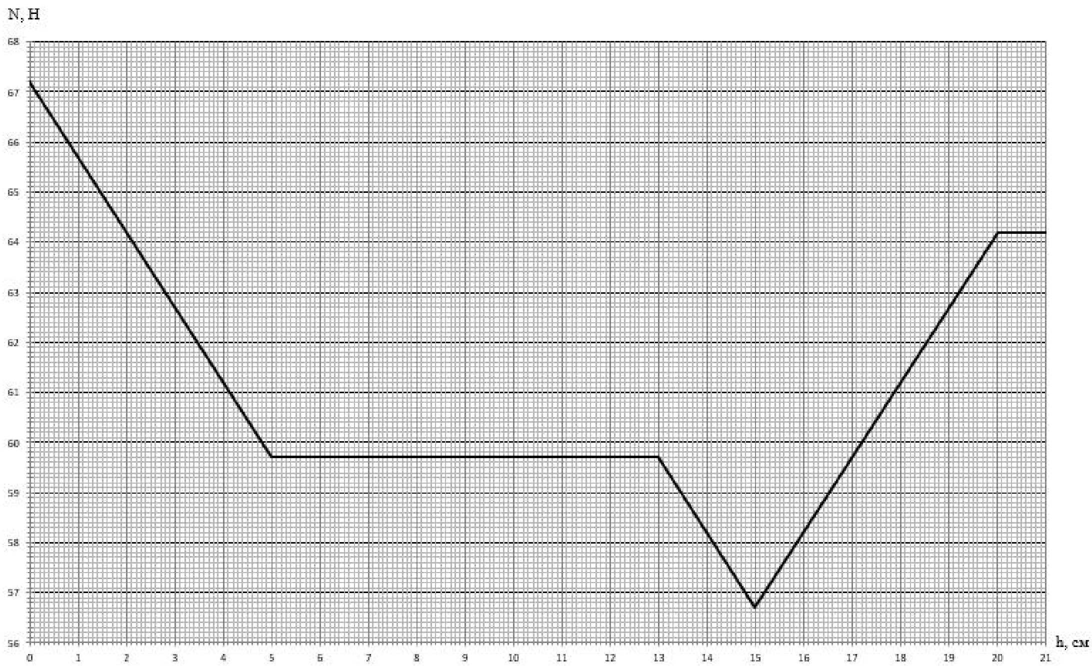
б



в



Г



Д


N, Н
79
78
77
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
h, см

е


N, Н
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
h, см

ж

з

Ответ: б

Точное совпадение: 3 балла

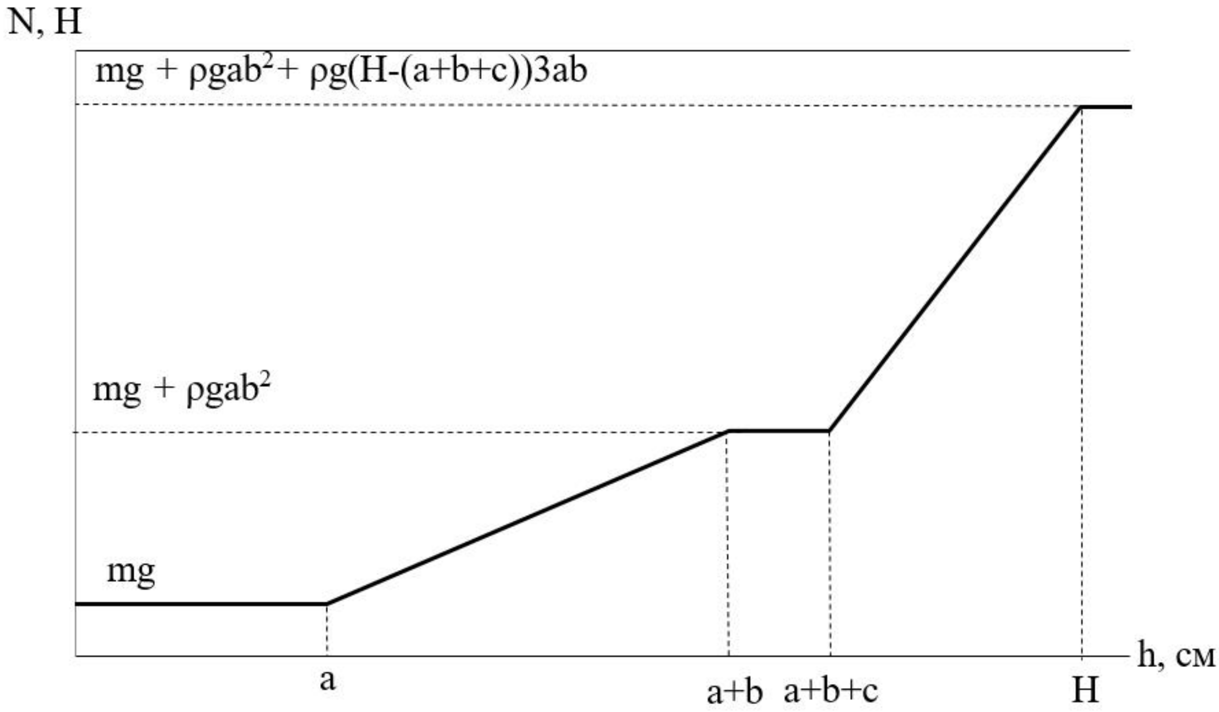
Решение.

1. Пусть Н – высота сосуда, ρ – плотность жидкосьти.

Найдем силу давления в зависимости от высоты уровня воды h в сосуде:

$h=0$:	$N=mg$
$0 < h \le a$:	$N= mg$, т.к. вода не подтекает под деталь.
$a < h \le a+b$:	$N= mg + \rho g(h-a)ab$
$a+b < h \le a+b+c$:	$N = mg + \rho gab^2$
$h > a+b+c$:	$N = mg + \rho gab^2 + \rho g(h-(a+b+c))3ab$
$h=H$:	$N = mg + \rho gab^2 + \rho g(H-(a+b+c))3ab$

Зависимость качественно представлена на графике:



Исходя из графика a = 5 см

2. Исходя из графика и п. 1:

a +b = 13 см

b = 8 см

3. Исходя из графика и п. 1:

высота детали равна a+b+c = 15 см

4. Исходя из рисунка 1, графика и п. 1:

mg = 67,2 Н, масса детали m = 6,72 кг = 6720 г

$V=3a^2b + 2ab^2 + 3abc = 600 + 640 + 240 = 1480$ см^3

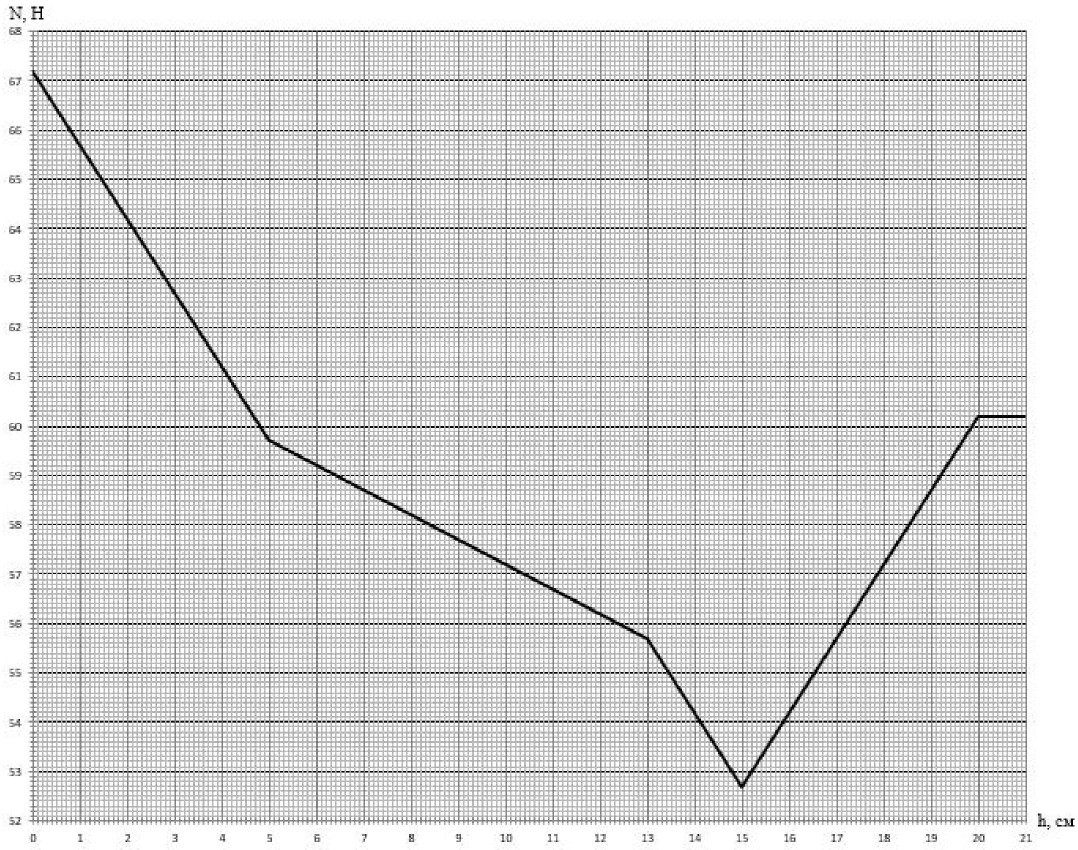
плотность металла m/V = 6720/1480 = 4,54 г/см^3

5. Исходя из рисунка 1, графика и п. 1:

масса жидкости над деталью [N(H)-N(a+b+c)]/g = (78,7 – 71,2)/10 = 0,75 кг = = 750 г, объем жидкости над деталью (H–(a+b+c))3ab = 5·3·5·8 = 600 см^3, плотность жидкости 750/600 = 1,25 г/см^3

6. Найдем силу давления в зависимости от высоты уровня воды h в сосуде:

$h=0$:	$N = mg$
$0 < h \leq a$:	$N = mg - \rho gh3ab$, т.к. вода подтекает под деталь.
$h = 5$ *см*	$N = 67{,}2 - 7{,}5 = 59{,}7$ *Н*
$a < h \leq a+b$:	$N = mg - \rho g3a^2b - \rho g(h-a)ab$
$h = 13$ *см*	$N = 59{,}7 - 4 = 55{,}7$ *Н*
$a+b < h \leq a+b+c$:	$N = mg - \rho gab(3a + b) - \rho g(h - (a+b))3ab$
$h = 15$ *см*	$N = 55{,}7 - 3 = 52{,}7$ *Н*
$h > a+b+c$:	$N = mg - \rho gab(3a + b + 3c) + \rho g(h-(a+b+c))3ab$
$h = H$: $h = 20$ *см*	$N = mg - \rho gab(3a + b + 3c) + \rho g(H-(a+b+c))3ab$ $N = 52{,}7 + 7{,}5 = 60{,}2$ *Н*



б

Разбор заданий муниципального этапа ВсОШ по физике для 9 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов – 50

Задание № 1

Общее условие:

ТЭЦ

Рязанская теплоэлектростанция (ТЭЦ), расположенная в области, где проживает профессор Гений Евгеньевич Чудаков, ежегодно вырабатывает тепловую энергию 273000 Гкал, посредствам нагревания воды от 20 ^{0}C до 90 ^{0}C при сжигании каменного угля. (1кал = 4,21 Дж; удельная теплоемкость воды c = 4200 Дж / (кг ^{o}C), удельная теплота сгорания каменного угля q =$2.7 \cdot 10^7$ Дж / кг, плотность воды ρ= 1000 кг / м^3)

Условие:

Рассчитайте, сколько воды необходимо нагреть, чтобы произвести всю тепловую энергию за год. Ответ выразите в мегатоннах, округлите до целых.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа - 2 балла

Условие:

Рассчитайте, сколько каменного угля необходимо сжечь для этого, если КПД нагревательной установки 85 %. Ответ выразите в килотоннах, округлите до целых.

Ответ: 50

Точное совпадение ответа - 2 балла

Условие:

До какой скорости можно разогнать всю нагретую горячую воду, если насосы совершают работу 200 ГДж? (вязким трением воды в трубах пренебречь). Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 10

Точное совпадение ответа - 2 балла

Условие:

Рассчитайте площадь поперечного сечения труб теплотрасс, по которым горячая вода поставляется потребителю. Ответ выразите в см^2, округлите до целых.

Ответ: 127

Точное совпадение ответа - 2 балла

Условие:

Сколько дополнительно каменного угля необходимо сжечь, чтобы обеспечить работу всех насосов, если КПД насосной станции 38 %? Ответ выразите в тоннах, округлите до целых.

Ответ: 19
Точное совпадение ответа - 2 балла

Решение.

1) Запишем формулу для вычисления количества теплоты, сообщаемое телу при нагревании:

$$Q_0 = cm_1(t - t_0)$$

Выразим массу воды

$$m_1 = \frac{Q_0}{\mathrm{c}(t - t_0)}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$m_1 = \frac{273000 * 10^9 * 4.21}{4200(90 - 20)} = 3.9 * 10^9 = 4 \text{ Мт}$$

2) Запишем формулу для КПД нагревательной установки

$$\eta = \frac{Q_0}{qm_2}$$

Выразим массу каменного угля

$$m_2 = \frac{Q_0}{q\eta}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$m_2 = \frac{273000 * 10^9 * 4.21}{2.7 * 10^7 * 0.85} = 50 * 10^6 = 50 \text{ кт}$$

3) Запишем формулу для работы

$$A = \frac{m_1 v^2}{2}$$

Выразим скорость, до которой можно разогнать нагретую воду

$$v = \sqrt{\frac{2A}{m_1}}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$v = \sqrt{\frac{2 * 200 * 10^9}{4 * 10^9}} = 10 \text{ м/с}$$

4) Запишем формулу для массы воды

$$m_1 = \rho * V = \rho * S * v * t$$

Выразим площадь поперечного сечения труб теплотрасс

$$S = \frac{m_1}{\rho * v * t}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$S = \frac{4 * 10^9}{1000 * 10 * 365 * 24 * 3600} = 127 \text{ см}^2$$

5) Запишем формулу для КПД насосной станции

$$\eta = \frac{A}{qm_3}$$

Выразим дополнительную массу каменного угля

$$m_3 = \frac{A}{q\eta}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$m_3 = \frac{200 * 10^9}{2.7 * 10^7 \ \ * 0.38} = 19493.18 \text{ кг} = 19 \text{ т}$$

Задание № 2

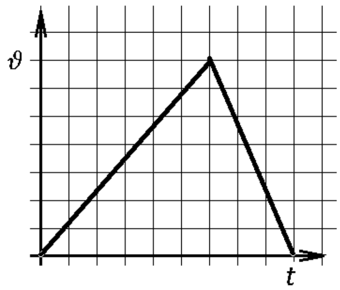
Общее условие:

«Успеть бы»

На часах было 9:51. Профессор Гений Евгеньевич Чудаков отправился на конференцию в соседний университет, которая запланированна на 10:00. При движении автобус может разгоняться с ускорением a_1=1 м/с^2 и тормозить с a_2=2 м/с^2. Известно, что между лабораторией профессора Чудакова и университетом 12 остановок, расстояние между которыми 0.6 км.

Условие:

Приняв масштабы по осям зависимости скорости автобуса от времени в условных единицах, определите за какое наименьшее время автобус доедет от одной остановки до другой. Ответ выразите в секундах, округлите до целых.



Ответ: 42

Точное совпадение ответа - 4 балла

Условие:

С какой скоростью автобус начинает тормозить до полной остановки. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 29

Точное совпадение ответа - 4 балла

Условие:

Сколько времени останется в запасе у профессора Чудакова до начало конференции, если автобус не останавливался на промежуточных остановках. Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 36

Точное совпадение ответа - 2 балла

Решение.

1) Из условия минимальности времени следует, что автобус сначала непрерывно разгоняется с максимальным ускорением до максимальной скорости v, а потом тормозит. Следовательно, график представляет собой треугольник с основанием t и высотой v.

Откуда можно записать $L = \frac{vt}{2}$,

Вместе с тем,$v=0+a_1t_1$ (1), а $0=v - a_2t_2$ (2), где $t_1 + t_2 = t$.

Подставляя (1) и (2) в последнее уравнение, получим

$$\frac{v}{a_1} + \frac{v}{a_2} = t \text{ (3)}$$

Но

$v = \frac{2L}{t}$

Или

vt=2L

Умножим на t правую и левую части (3):

$$\frac{vt}{a_1} + \frac{vt}{a_2} = t^2$$

Заменим vt на 2L:

$$\frac{2L}{a_1} + \frac{2L}{a_2} = t^2$$

Тогда

$$t = \sqrt{2L\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right)}$$

t=$\sqrt{1800} = 42{,}43 = 42$ с.

2) Пусть S_1, a_1, t_1, S_2, a_2 и t_2 – путь, ускорение и время во время ускорения, и путь, ускорение и время во время торможения.

Тогда: $S_1 = a_1 t_1^2 / 2$, $v_{01}=0$;

Так как $a_2 = \frac{v-v_0}{t_2} = -\frac{v}{t_2}$ след. $S_2 = vt_2 - \frac{a_2 t_2^2}{2} = vt_2 - \frac{vt_2}{2} = \frac{vt_2}{2}$

$a_1 t_1 = v = a_2 t_2$, откуда:

$S_1 = v t_1 / 2$;

$S_2 = v t_2 / 2$;

В итоге:

$$s = s_1 + s_2 = \frac{vt_1}{2} + \frac{vt_2}{2} = (t_1 + t_2)\frac{v}{2}$$

Откуда

$$v = \frac{2s}{t}$$

v= 2·600/42=28.57≈29 м/с

3) t= 42·12=504 с=8 минут и 24 секунды

51мин+8минут 24 секунды=59 минут и 24 секунды (36 секунд в запасе)

Задание № 3

Общее условие:

«Неизвестная жидкость»
Профессору Гению Евгеньевичу Чудакову попала в руки колба объёмом 50 миллилитров, наполненная до краев неизвестной жидкостью. Для идентификации содержимого он решил использовать простейший прибор для определения плотности – ареометр, который состоит из двух соосных одинаковых по длине цилиндров с соотношением их диаметров 3:1. Нижний цилиндр всегда погружен в жидкость, в узкой части верхнего цилиндра находится шкала, которая проградуирована в значениях плотности жидкости.

Условие:
Какую максимальную плотность жидкости можно измерить этим ареометром, если при погружении его в воду, над ее поверхностью остается ровно половина его верхнего цилиндра. Ответ выразите в кг/м^3, округлите до целых.

Ответ: 1056
Точное совпадение ответа - 4 балла

Условие:
Какую минимальную плотность жидкости можно измерить этим ареометром, если при погружении его в воду, над ее поверхностью остается ровно половина его верхнего цилиндра. Ответ выразите в кг/м^3, округлите до целых.

Ответ: 950
Точное совпадение ответа - 4 балла

Условие:
Сможет ли профессор Чудаков с помощью этого ареометра определить плотность неизвестной жидкости, если ее масса 0.0355 кг. Ответ выразите в кг/м^3, округлите до целых и запишите словами:
да, т.к. плотность жидкости ___кг/м^3
нет, так как плотность жидкости ____кг/м^3.

Ответ: Н/нет, так как плотность неизвестной жидкости **710** кг/м3
Точное совпадение ответа - 2 балла

Решение.

Пусть
ρ_0 – плотность воды;
m – масса ареометра;

l – высота каждого цилиндра;
r_1 и r_2 – радиусы верхнего и нижнего цилиндров;
$a = r_2 / r_1$.
При погружении в воду:

$$mg = \rho_0 \left(\pi r_2^2 l + \pi r_1^2 \frac{l}{2} \right) g \ (1)$$

Для жидкости с максимальной плотностью верхний цилиндр находится полностью над поверхностью жидкости:

$$mg = \rho_{max} \pi r_2^2 l g \ (2)$$

Для жидкости с минимальной измеряемой плотностью он погружается, оставаясь на плаву:

$$mg = \rho_{min} (\pi r_1^2 l + \pi r_2^2 l) g \ (3)$$

Из уравнения (1)
$m = \rho_0 \left(\pi r_2^2 l + \pi r_1^2 \frac{l}{2} \right)$, поделим обе части на r_1^2, получаем:

$$\frac{m}{\pi r_1^2 l} = \rho_0 (a^2 + \frac{1}{2})$$

Из (2) и (3):

$$\rho_{max} = \frac{m}{\pi r_2^2 l} = \frac{m}{\pi r_1^2 a^2 l} = \rho_0 \frac{(a^2 + \frac{1}{2})}{a^2}$$

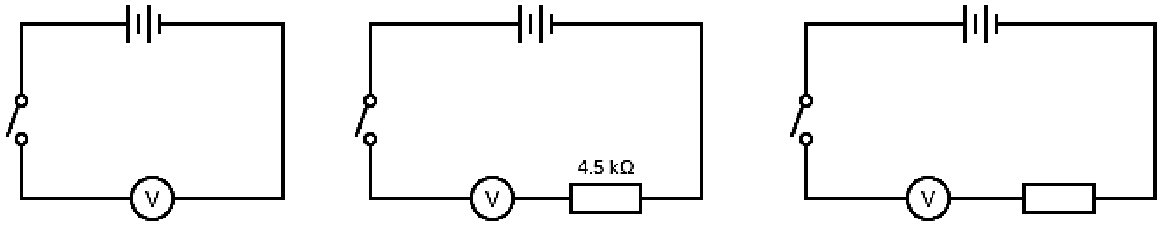
$$\rho_{min} = \frac{m}{\pi r_2^2 l + \pi r_1^2 l} = \frac{m}{\pi r_1^2 l \, (a^2 + 1)} = \rho_0 \frac{(a^2 + \frac{1}{2})}{a^2 + 1}$$

Подставим числовые значения и выполним вычисления
1) ρ_{max}=1055.56 ≈**1056** кг/м^3
2) ρ_{min}=**950** кг/м^3
3) **нет**, т.к. плотность неизвестной жидкости ρ=710 кг/м3

Задание № 4

Общее условие:

«Сгоревший резистор»



При ремонте неисправного электронного устройства профессор Чудаков обнаружил на плате сгоревший резистор. К счастью, у него был запасной резистор с таким же сопротивлением, но вся маркировка на нем выгорела. Чтобы определить сопротивление R резистора, он собрал три электрические цепи, схемы которых показаны на рисунке. Сначала к источнику постоянного напряжения Гений Евгеньевич подключил вольтметр. При этом стрелка вольтметра отклонилась на $n_0 = 23$ деления шкалы. Затем к источнику подключили последовательно соединенные вольтметр и резистор сопротивлением $R_1 = 4{,}5$ кОм. При этом стрелка вольтметра отклонилась на $n_1 = 14$ делений. И наконец, к источнику подключили последовательно соединенные вольтметр и резистор с неизвестным сопротивлением R. При этом стрелка вольтметра отклонилась на $n_2 = 8$ делений шкалы.

Условие:
Найдите сопротивление вольтметра. Ответ выразите в килоомах, округлите до целых.

Ответ: 7
Точное совпадение ответа - 5 баллов

Условие:
Найдите сопротивление резистора R. Ответ выразите в омах, округлите до целых.

Ответ: 13125
Точное совпадение ответа - 5 баллов

Решение.
1) Обозначим цену деления шкалы вольтметра буквой С. Тогда напряжение на клеммах источника $U_0 = C\,n_0$, а на вольтметре во втором случае $U_1 = Cn_1$.

Резистор R_1 и вольтметр соединены последовательно, значит на резисторе R_1 напряжение $U_0 - U_1 = C$ ($n_0 - n_1$), а сила тока в них одинакова.
Поэтому

$$\frac{U_0 - U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R_V} \quad \text{или} \quad \frac{C(n_0 - n_1)}{R_1} = \frac{Cn_1}{R_V} \ (1),$$

где Rv – сопротивление вольтметра.

$$R_V = \frac{n_1 R_1}{n_0 - n_1}$$

Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$R_V = \frac{14*4500}{(23-14)} = 7000 \text{ Ом} = 7 \text{ кОм}$$

2) Аналогично рассмотрев третий случай, получим уравнение

$$\frac{U_0 - U_2}{R} = \frac{U_V}{R_V} \quad \text{или} \quad \frac{C(n_0 - n_2)}{R} = \frac{Cn_2}{R_V}$$

где U_2 – напряжение на резисторе R
Uv – напряжение вольтметра
Отсюда сопротивление R равно

$$R = \frac{(n_0 - n_2)R_V}{n_2}$$

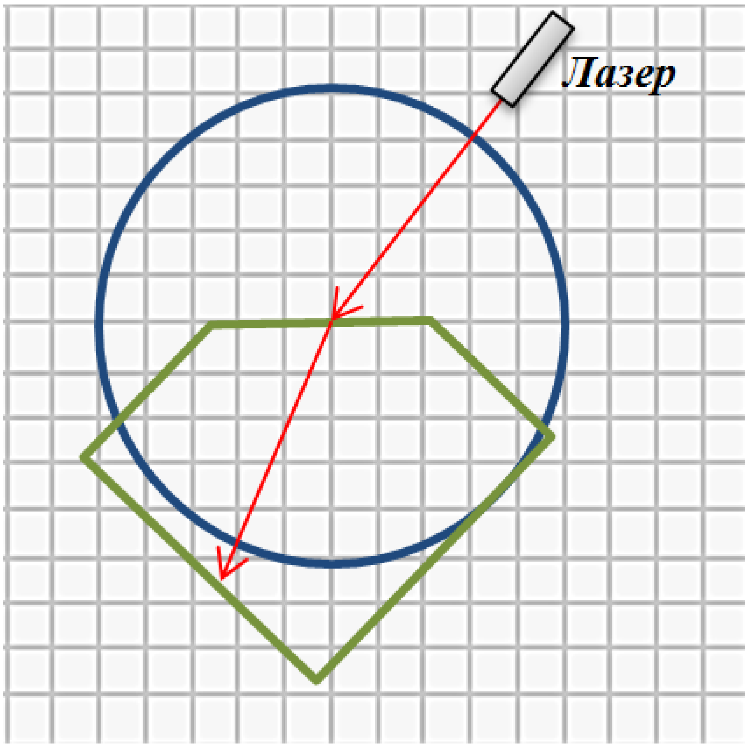
Подставим числовые значения в конечную формулу и выполним вычисления

$$R = \frac{(23-8)7000}{8} = 13125 \text{ Ом}$$

Задание № 5

Общее условие:

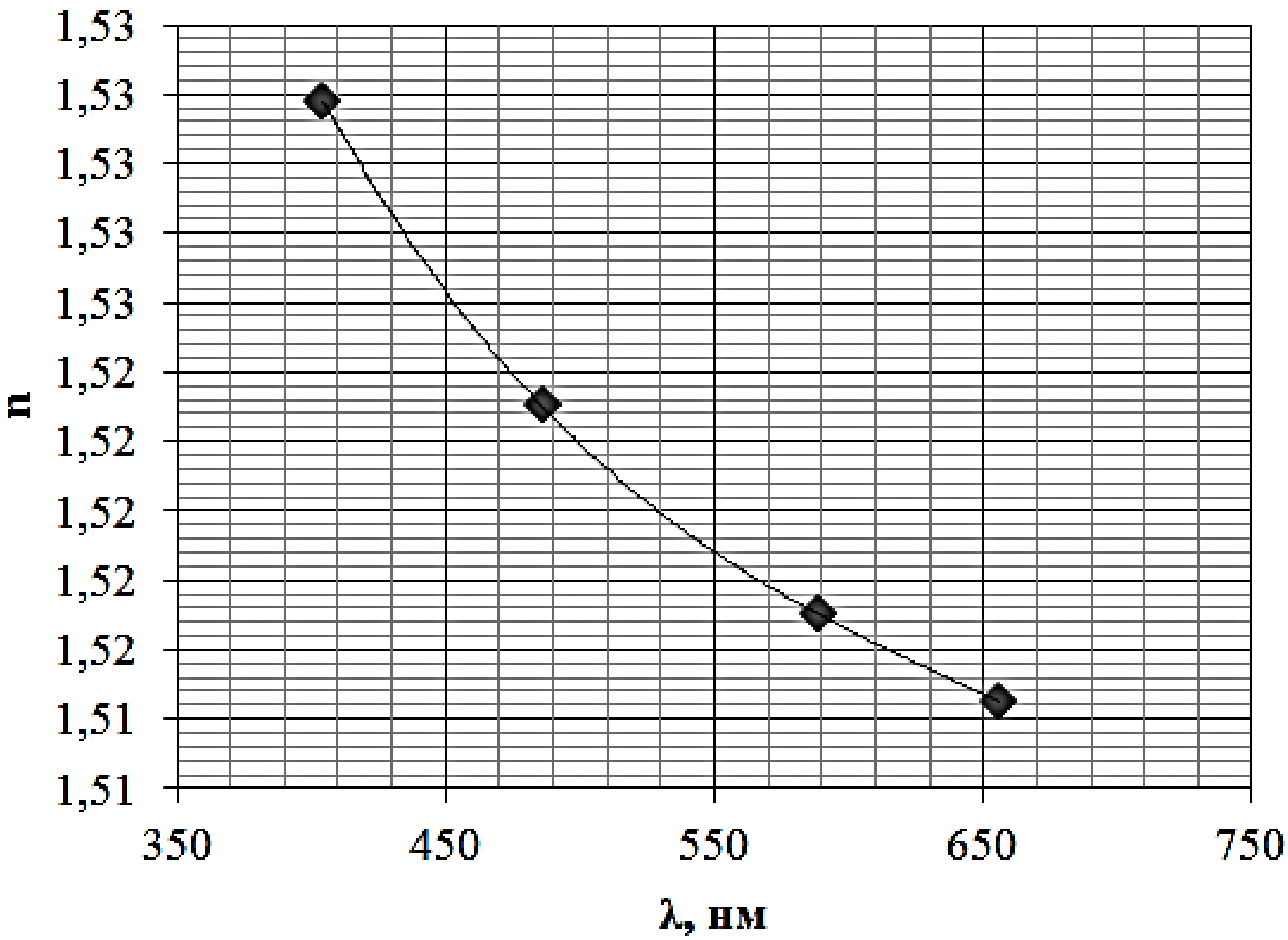
«Показатель преломления вещества»
Профессору Чудакову необходимо было определить показатель преломления прозрачного тела неправильной формы. Для этого он положил на клетчатый лист бумаги это тело и направил луч света лазерной указки под некоторым углом к его поверхности. Отметив на бумаге ход луча в воздухе и в теле, он нарисовал окружность с центром в точке его преломления (смотреть рисунок, вид сверху). С помощью этих построений Гений Евгеньевич определил показатель преломления материала пластинки.



Условие:
Чему оказался равен показатель преломления? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.5
Точное совпадение ответа - 3 балла

Условие:
Меняя лазерные указки, профессор Чудаков построил график зависимости показателя преломления тела неправильной формы от длины волны падающего на него света.



Найдите цену основных делений по оси абсцисс.

Ответ: 100
Точное совпадение ответа - 1 балл

Условие:

Найдите цену промежуточных делений по оси абсцисс.

Ответ: 20
Точное совпадение ответа - 1 балл

Условие:

Найдите цену основных делений по оси ординат.

Ответ: 0.002
Точное совпадение ответа - 1 балл

Условие:

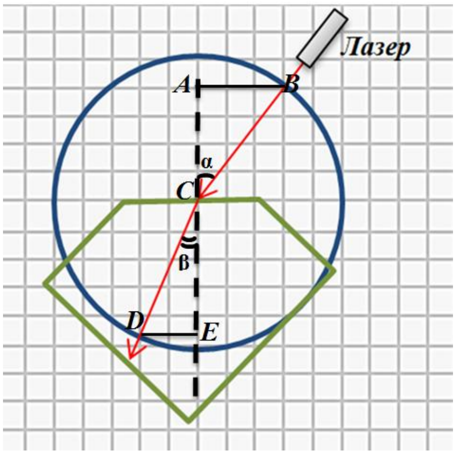
Найдите цену промежуточных делений по оси ординат.

Ответ: 0.0004
Точное совпадение ответа - 1 балл

Условие:

Используя график зависимости λ(n), определите отношение показателя преломления тела при длине волны 470 нм к показателю преломления при длине волны 550 нм. Ответ округлите до тысячных.

Ответ: 1.004
Точное совпадение ответа - 3 балла



Решение.

1) Согласно закону преломления Снеллиуса
$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ (1)

где n - показатели преломления сред, ∠α – угол падения, ∠β – угол преломления.
Из *Δ ABC* sin α = $\frac{AB}{CB}$ (2) и *Δ EDC* sin ∠β = $\frac{ED}{CD}$ *(3)*
где CB=CD – радиусы окружности.
Подставим (2) и (3) в (1):

$$n = \frac{AB}{CB} : \frac{ED}{CD} = \frac{AB * CD}{CB * ED} = \frac{AB}{ED}$$

Таким образом:

$$n = \frac{3}{2} = 1.5$$

2) $\text{ц. д.} = \frac{650-450}{2} = 100$

3) $\text{ц. д.} = \frac{650-550}{5} = 20$

4) $\text{ц. д.} = \frac{1.52-1.51}{5} = 0.002$

5) $\text{ц. д.} = \frac{1.522-1.52}{5} = 0.0004$

6) $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1.5284}{1.5228} = 1.004$

Разбор заданий муниципального этапа ВсОШ по физике для 10 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов – 50

Задача 1

Условие

Цилиндрическая бомба диаметром d = 10 см при взрыве разлетается на осколки, которые за время t = 2,2 с удаляются от оси цилиндра на расстояние S = 10 м. Сила тяжести и сила сопротивления воздуха не учитываются.

Военный инженер разработал установку, которая обеспечивает вращение бомбы вокруг своей оси с частотой ν = 600 оборотов в минуту.

Найдите среднюю скорость осколков в случае, когда бомба взрывается без вращения. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых.

Ответ: 4,5

Количество баллов за правильный ответ: 2

Найдите линейную скорость поверхности бомбы в случае вращения. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых.

Ответ: 3,1

Количество баллов за правильный ответ: 3

Найдите скорость осколков в случае вращения бомбы. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых.

Ответ: 5,5

Количество баллов за правильный ответ: 3

На какое расстояние от оси цилиндра разлетятся осколки за время t = 2,2 с в случае вращения бомбы? Ответ выразите в метрах и округлите до целых.

Ответ: 12

Количество баллов за правильный ответ: 2

Решение

Когда бомба покоится, осколки разлетаются в радиальном направлении на расстояние S = 10 м и средняя скорость осколков будет равна

$$v_0 = S / t, \qquad v_0 = 4{,}5 \text{ м/с}$$

Если бомба вращается, то линейная скорость точек на поверхности бомбы направлена по касательной и равна

$$v = 2\pi R / T = 2\pi\nu R = \pi\nu d,$$

где R – радиус бомбы, T – период ее вращения.

Истинная скорость, с которой разлетаются осколки, определяется по теореме Пифагора:

$$v_2 = \sqrt{v_0^2 + v^2} = \sqrt{\left(\frac{S}{t}\right)^2 + (\pi\nu d)^2} = \frac{1}{t}\sqrt{S^2 + \pi^2\nu^2 d^2 t^2}, \quad v_2 = 5{,}5 \text{ м/с}$$

Искомое расстояние, на которое разлетятся осколки в случае вращения бомбы

$$S_2 = v_2 \cdot t = \sqrt{S^2 + \pi^2\nu^2 d^2 t^2}, \quad S_2 = 12 \text{ м}$$

Задача 2

Условие

В теплоизолированный сосуд с водой погружена смесь из серебряных и стальных опилок с общей массой 150 г и температурой 100 ºС. Температура воды 15 ºС, а ее масса 250 г. Окончательно установившаяся температура составляет 20 ºС. Теплоемкость сосуда 42 Дж/К. Удельная теплоемкость серебра 230 Дж/(кг·К). Удельная теплоемкость стали 460 Дж/(кг·К). Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К).

Какова масса серебряных опилок в смеси? Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Ответ: 3

Количество баллов за правильный ответ: 4

Какова масса стальных опилок в смеси? Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Ответ: 147

Количество баллов за правильный ответ: 4

Какое количество теплоты было отдано опилками? Ответ выразите в килоджоулях и округлите до целых.

Ответ: 5

Количество баллов за правильный ответ: 2

Решение

Количество теплоты, отданной опилками, равно количеству теплоты, полученной водой и сосудом.

Найдем количество теплоты, полученной водой и сосудом:

$$Q = c_{\text{воды}} m_{\text{воды}}(20 - 15) + C_{\text{сосуда}}(20 - 15), \quad Q = 5460 \text{ Дж} \approx 5 \text{ кДж}$$

Массу стальных и серебряных опилок можно найти из системы уравнений:

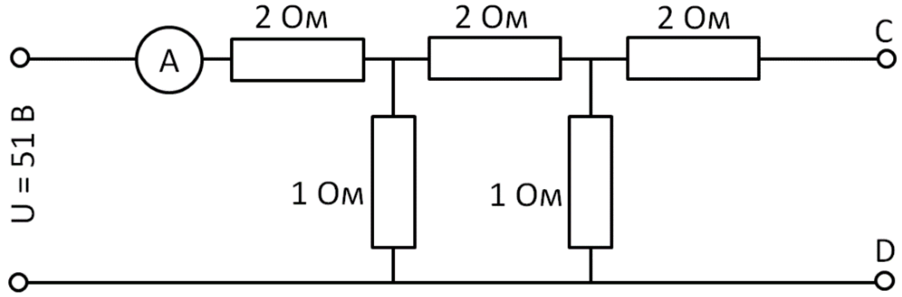
$$\begin{cases} m_{\text{стали}} + m_{\text{серебра}} = 0{,}15 \\ c_{\text{стали}} m_{\text{стали}}(100 - 15) + c_{\text{серебра}} m_{\text{серебра}}(100 - 15) = Q \end{cases}$$

Решив систему уравнений, получаем $m_{\text{стали}}$ = 147 г, $m_{\text{серебра}}$ = 3 г

Задача 3

Условие

Студент-электротехник собрал участок электрической цепи, изображенный на рисунке.



Затем он подключил вольтметр с очень большим внутренним сопротивлением к точкам C и D. Сопротивление амперметра бесконечно мало.

Рассчитайте общее сопротивление получившейся цепи. Ответ выразите в Омах и округлите до сотых.

Ответ: 2,75

Количество баллов за правильный ответ: 3

Найдите силу тока, проходящего через амперметр. Ответ выразите в Амперах и округлите до десятых.

Ответ: 18,5

Количество баллов за правильный ответ: 3

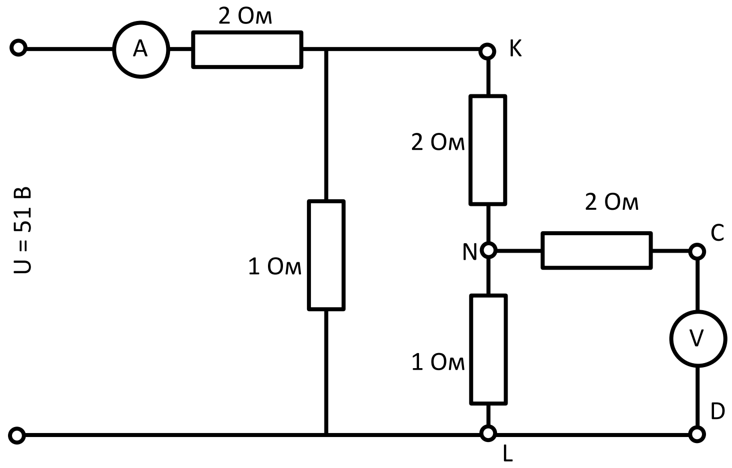
Определите показания вольтметра. Ответ выразите в Вольтах и округлите до целых.

Ответ: 5

Количество баллов за правильный ответ: 4

Решение

Составим эквивалентную схему:



Через вольтметр с очень большим внутренним сопротивлением ток практически не течет. Значит, ветвь, содержащую точку C, можно не учитывать в расчете общего сопротивления цепи:

$$R_{\text{общ}} = 2 + \frac{1 \cdot (2+1)}{1 + (2+1)} = 2{,}75 \text{ Ом}$$

По закону Ома для участка цепи, сила тока, протекающего через амперметр, равна

$$I = U / R_{\text{общ}}, \qquad I = 51 \text{ В} / 2{,}75 \text{ Ом} = 18{,}5 \text{ А}$$

Найдем силу тока, протекающего через участок KL, из уравнения

$$I_{KL} \cdot (2 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}) = (18{,}5 \text{ А} - I_{KL}) \cdot 1 \text{ Ом}, \qquad I_{KL} = 4{,}6 \text{ А}$$

Тогда напряжение на резисторе 1 Ом, к которому параллельно подключен вольтметр, равно

$$U = I_{KL} \cdot 1 \text{ Ом} = 4{,}6 \text{ В} \approx 5 \text{ В},$$

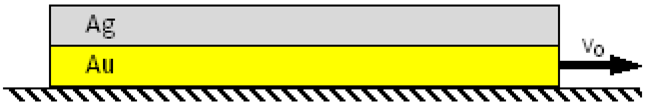
что соответствует показаниям вольтметра.

Задача 4

Условие

Грабители проникли в сокровищницу египетских фараонов и увидели, что на каменном саркофаге горизонтально друг на друге лежат две пластины: верхняя из серебра и нижняя из золота. Пластины имеют одинаковые размеры и форму прямоугольного параллелепипеда, сильно вытянутого вдоль.

Один из грабителей решил выбить золотую пластину из-под серебряной и резким ударом молота сообщил ей начальную скорость v_0 = 10 м/с, направленную строго вдоль пластин.



Пластины вплоть до самой остановки движутся поступательно. Коэффициенты трения между всеми соприкасающимися поверхностями одинаковы и равны μ = 0,5. Плотности золота и серебра составляют, соответственно, 20 г/см^3 и 10 г/см^3. Ускорение свободного падения 10 м/с^2.

Найдите модуль ускорения, с которым движется серебряная пластина. Ответ выразите в м/с^2 и округлите до целых.

Ответ: 5 м/с^2

Количество баллов за правильный ответ: 2

Найдите модуль ускорения, с которым движется золотая пластина. Ответ выразите в м/с^2 и округлите до целых.

Ответ: 10 м/с^2

Количество баллов за правильный ответ: 3

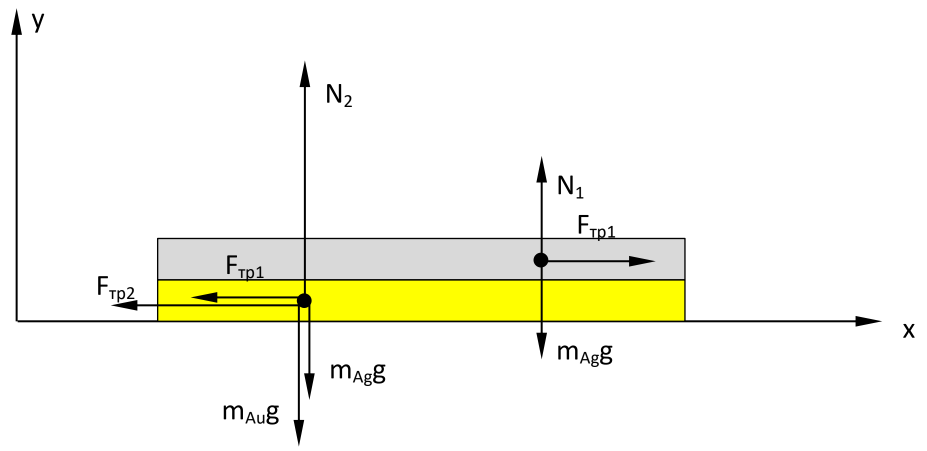
Определите, через какое время прекратится проскальзывание пластин друг относительно друга. Ответ выразите в секундах и округлите до сотых.

Ответ: 0,67 с

Количество баллов за правильный ответ: 5

Решение

Проскальзывание пластин друг относительно друга прекратится, когда они будут двигаться с одинаковыми скоростями, то есть $v_{Au} = v_{Ag}$. До этого момента относительно земли обе пластины движутся равноускоренно. Составим уравнения изменения скоростей пластин.



Рассмотрим серебряную пластину (верхнюю). На нее действуют сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения со стороны нижней пластины. По 2 закону Ньютона

ось y: $N_1 = m_{Ag}g$

ось x: $F_{тр1} = a_{Ag}m_{Ag}$, где $F_{тр1} = \mu N_1$

Найдем ускорение серебряной пластины

$\mu m_{Ag}g = a_{Ag}m_{Ag}$

$a_{Ag} = \mu g$, $a_{Ag} = 5$ м/с^2

Поскольку начальная скорость серебряной пластины была равна 0, то ее скорость меняется согласно уравнению

$v_{Ag} = a_{Ag}t = \mu gt$

Рассмотрим золотую пластину (нижнюю). На нее действуют собственная сила тяжести, сила давления верхней пластины, сила реакции опоры, сила трения со стороны верхней пластины и сила трения со стороны каменного саркофага. По 2 закону Ньютона

ось y: $N_2 = (m_{Ag} + m_{Au})g$

ось x: $-F_{тр1} - F_{тр2} = a_{Au}m_{Au}$, где $F_{тр1} = \mu N_1$ и $F_{тр2} = \mu N_2$

Найдем ускорение золотой пластины

$-\mu m_{Ag}g - \mu(m_{Ag} + m_{Au})g = a_{Au}m_{Au}$

$a_{Au} = -\mu g(1+2m_{Ag}/m_{Au})$, модуль ускорения $|a_{Au}| = 10$ м/с^2

Поскольку начальная скорость золотой пластины была равна v_0, то ее скорость может быть вычислена по уравнению

$v_{Au} = v_0 + a_{Au}t$

Скорости пластин сравняются, когда $v_{Ag} = v_{Au}$:

$\mu gt = v_0 - \mu g(1+2m_{Ag}/m_{Au})t$,

$$t = \frac{v_0}{\mu g} \cdot \frac{1}{2 + 2m_{Ag}/m_{Au}}$$

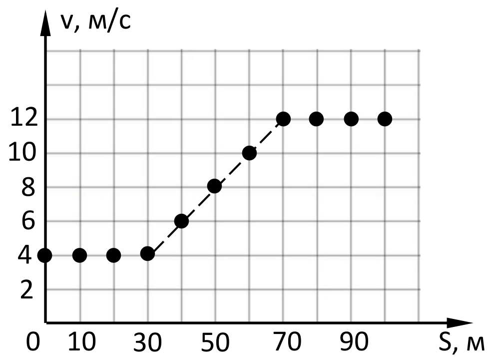
Так как пластины имеют одинаковый размер, отношение их масс равно отношению плотностей материалов, из которых они изготовлены. Поэтому

$$t = \frac{v_0}{\mu g} \cdot \frac{1}{2+2\rho_{Ag}/\rho_{Au}}, \quad t = 0{,}67 \text{ с}$$

Задача 5

Условие

Таня и Ваня десятиклассники, они увлекаются физикой и любят решать практические задачи. Однажды учитель дал им дополнительное задание. Нужно прокатиться на велосипеде, затем построить график зависимости скорости велосипеда от времени и ответить на некоторые вопросы. У Тани заболела нога, поэтому ребята договорились, что Ваня проведет эксперимент и построит график, а Таня будет анализировать экспериментальные данные и отвечать на вопросы учителя. На следующий день Ваня принес в школу следующий рисунок

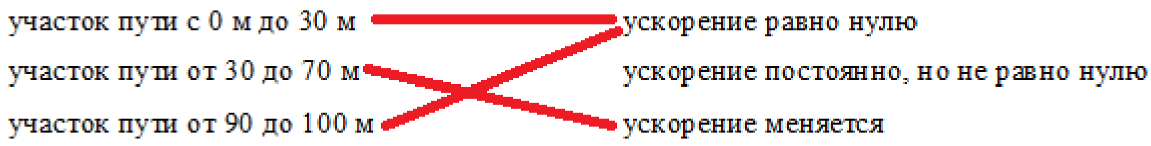


Таня увидела, что Ваня ошибся и по оси абсцисс записал вместо времени расстояние, но она смогла правильно проанализировать график и ответить на все вопросы учителя. А вы сможете? Считайте, что Ваня ехал по прямой дороге, никуда не сворачивая.

Установите соответствие:

участок пути с 0 м до 30 м	ускорение равно нулю
участок пути от 30 до 70 м	ускорение постоянно, но не равно нулю
участок пути от 70 до 100 м	ускорение меняется

Ответ:



Количество баллов за правильный ответ: 3 (по 1 баллу за каждую линию)

Сколько секунд велосипед двигался со скоростью, не превышающей 14,4 км/ч? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 7,5 с

Количество баллов за правильный ответ: 2

Найдите ускорение велосипеда в точке S = 50 м. Ответ выразите в м/с^2 и округлите до десятых.

Ответ: 1,6 м/с^2

Количество баллов за правильный ответ: 5

Решение

На участке пути с 0 м до 30 м велосипед движется равномерно, с постоянной скоростью, то есть ускорение равно нулю. На участке пути от 30 до 70 м меняется и скорость велосипеда, и его ускорение, так как в случае постоянного ускорения зависимость v(S) представляла бы собой параболу, перевёрнутую на 90 градусов. Участок пути от 90 до 100 м снова характерен для равномерного движения.

Переведя 14,4 км/ч в м/с, получим, что скорость не должна превышать 4 м/с. Такой участок единственный – от 0 до 30 м. Движение на нем равномерное, поэтому время может быть вычислено как

$$t = S/v, \quad t = 7{,}5 \text{ с}$$

По определению ускорения

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

По графику видим, что на участке от 30 м до 70 м скорость линейно зависит от расстояния, то есть ее можно задать зависимостью $v = k \cdot S + b$, где $k = (12–4)/(70–30) = 0{,}2$ с$^{-1}$, $b = -2$ м/с. Тогда в момент времени t скорость равна $v(t) = k \cdot S(t) + b$, а в момент времени $t + \Delta t$ скорость равна $v(t + \Delta t) = k \cdot S(t + \Delta t) + b$. Подставим это в формулу для ускорения

$$a = \frac{k \cdot S(t + \Delta t) + b - k \cdot S(t) - b}{\Delta t} = \frac{k \cdot (S(t + \Delta t) - S(t))}{\Delta t} = \frac{k \cdot \Delta S}{\Delta t}$$

Но $\frac{\Delta S}{\Delta t} = v$, значит $a = k \cdot V$. В точке S = 50 м ускорение равно $a = 0{,}2 \cdot 8 = 1{,}6$ м/с^2.

Разбор заданий муниципального этапа ВсОШ по физике для 11 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов – 50

Задание №1

Общее условие:

Тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. Ось x направлена горизонтально, а ось y – вертикально вверх. Начало координат совпадает с точкой броска. В приведенной таблице приведены результаты измерения проекции скорости тела v_y и значения координаты x в зависимости от времени наблюдения.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Проекция скорости v_y, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0
Координата x, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Используя данные из таблицы, определить (принять g=10 м/с^2):

Условие:

Определить проекцию скорости v_x в момент времени 0,2 с (в м/с) Ответ округлить до целых.

Ответ : 5

Точное совпадение ответа – 1 балл

Условие:

Определить угол, под которым тело брошено к горизонту. Ответ выразите в градусах и округлите до целых.

Ответ : 5

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

Определить, на какую максимальную высоту поднялось тело? Ответ выразите в метрах и округлите до сотых.

Ответ : 1.25

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

Определить начальную скорость тела. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых.

Ответ : 7.1

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

Определить радиус кривизны траектории в момент времени 0,5 с? Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

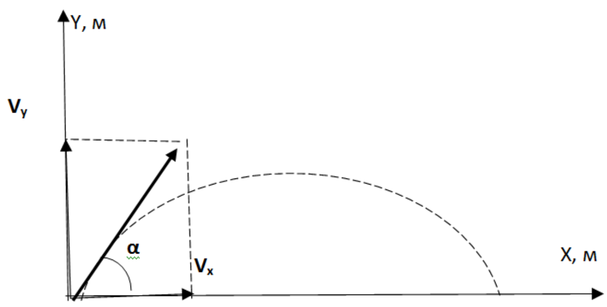
Ответ: 2.5

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение:

Движение тела, брошенного под углом к горизонту можно представить, как сумму двух движений, которые совершает тело одновременно.

Вдоль горизонтальной оси x движется равномерно со скоростью v_x.



Тогда v_x = const,

$$v_x = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{5-0{,}5}{1-0{,}1} = 5 \text{ м/с}.$$

Движение вдоль оси y равноускоренное. Найдем проекцию начальной скорости на ось y

$$v_x = v_{y0} - gt.$$

В момент времени t = 0,5 с $\quad v_y = 0$.

Тогда

$$v_{y0} = gt = 10 \cdot 0{,}5 = 5 \text{ м/с, а}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_{y0}}{v_x} = \frac{5}{5} = 1,$$

откуда $\alpha = 45^0$.

Максимальная высота подъема определяется по формуле:

$$h_m = \frac{v_{y0}^2}{2g} = \frac{5^2}{2 \cdot 10} = 1{,}25 \text{ м}.$$

Начальная скорость:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7{,}1 \text{ м/с}.$$

Центростремительное ускорение

$$a_ц = \frac{v^2}{R}.$$

В момент времени

$$t = 0{,}5 \text{ с} \quad v = v_x = 5 \text{ м/с, а}$$

$$a_ц = g = 10 \text{ м/с}^2.$$

Тогда

$$R = \frac{v^2}{a_ц} = \frac{5^2}{10} = 2{,}5 \text{ м}.$$

Задание № 2

Общее условие:

Свободно падающий с двухметровой высоты резиновый шарик после третьего отскока поднялся вверх всего лишь на высоту 25 см. Удары об пол считать неупругими, сопротивлением воздуха пренебречь, доля энергии, переходящая при одном ударе в тепловую энергию, постоянна.

Условие:

1. Какое количество энергии от первоначального запаса будет иметь шарик после первого удара? Ответ выразите в процентах и округлите до целых.

Ответ: 50

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

2. Какое количество энергии от первоначального запаса будет иметь шарик после второго удара? Ответ выразите в процентах и округлите до целых.

Ответ: 25

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

3. Какое количество энергии от первоначального запаса будет иметь шарик после третьего удара? Ответ выразите в процентах и округлите до десятых.

Ответ: 12.5

Точное совпадение ответа – 3 балла

Условие:

4. На какую высоту поднимется шарик после четвертого удара? Ответ выразите в сантиметрах и округлите до десятых.

Ответ: 12.5

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение.

1. Запишем закон сохранения энергии для серии трех ударов:

$$E_0=aE_0+aE_1+aE_2+E_3,$$

где

a – доля энергии, переходящая при ударе в тепловую энергию,

E_0 – исходная потенциальная энергия подъёма на высоту h_0 = 2м, по закону сохранения энергии равная кинетической энергии непосредственно перед 1-ым ударом,

$E_1 = a^2E_0$ – кинетическая энергия непосредственно перед 2-ым ударом,

$E_2 = a^3E_0$ – кинетическая энергия непосредственно перед 3-ым ударом,

E_3 – потенциальная энергия подъёма после 3-ого удара на финальную высоту h_3 = 25 см.

$$E_0 = aE_0+a^2E_0+a^3E_0+E_3,$$

$$1 = a+a^2+a^3+h_3/\ h_0,$$

$$a+a^2+a^3–(h_0 – h_3)/\ h_0 = 0.$$

Подставляя значения из условия, получаем:

$$a+a^2+a^3–7/8 = 0.$$

Данное уравнение легко решается, например, подбором. Учитывая, что в знаменателе свободного члена число $8 = 2^3$, не трудно понять, что корнем является

$$a = 1/2 = 50\%.$$

При каждом ударе шарик теряет 50% энергии.

После первого удара шарик потеряет 50% от первоначального запаса энергии.

2. После второго удара шарик потеряет 25% от первоначального запаса энергии.

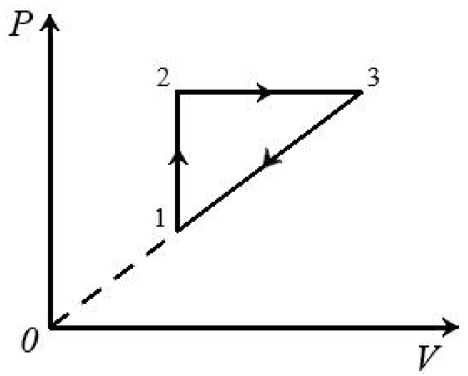
3. После третьего удара шарик потеряет 12.5% от первоначального запаса энергии.

4. При каждом отскоке его высота подъёма будет уменьшаться в 2 раза. Соответственно после четвертого удара шарик поднимется на 12.5 сантиметра.

Задание № 3

Общее условие:

Одноатомный идеальный газ совершает работу в цикле, изображенном на рисунке. Количество вещества газа равно 1 моль. Процесс 1 – 2 является изохорным, процесс 2 – 3 – изобарным. В процессе 3 – 1 давление прямо пропорционально объему. В состоянии 1 объем равен V_1, а в состоянии 3 он равен $2V_1$.



Условие:
Найти отношение максимальной и минимальной температур газа в цикле T_{max}/T_{min}. Ответ округлите до целых.
Ответ: 4
Точное совпадение ответа – 3 балла

Условие:
Найти отношение количества теплоты, полученного газом в процессе 1 – 2, к количеству теплоты, полученного газом в процессе 2 – 3. Ответ округлите до десятых.
Ответ: 0.3
Точное совпадение ответа – 3 балла

Условие:
Найти КПД η цикла в процентах. Ответ округлите до десятых
Ответ: 7.7%
Точное совпадение ответа – 4 балла

Решение.

1) Так как в процессе $3-1$ $P \sim V$, то $\frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_1} = 2$. Значит, $P_3 = 2P_1$. Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для состояний 1, 2 и 3, также учитывая, что $V_2 = V_1$ и $P_2 - P_3$:

состояние 1: $P_1 V_1 = RT_1$

состояние 2: $2P_1 V_1 = RT_2$

состояние 3: $4P_1 V_1 = RT_3$

откуда получаем соотношения $T_2 = 2T_1$ и $T_3 = 4T_1$. Максимальной является температура в состоянии 3, а минимальной – в состоянии 1. Таким образом,

$$\frac{T_{max}}{T_{min}} = \frac{T_3}{T_1} = 1.$$

2) Процесс $1-2$ является изохорным. Значит, работа $A_{12} - 0$. Первое начало термодинамики в этом процессе:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} RT_1.$$

Первое начало термодинамики для процесса $2-3$:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) + P_2 (V_3 - V_2) = 3RT_1 + 2P_1 V_1 = 5RT_1.$$

Таким образом, $\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = 0.3$.

3) Работа газа в процессе $3-1$ может быть найдена как площадь под графиком этого процесса в (P, V)-координатах:

$$A_{31} = \frac{1}{2} (P_1 + P_3)(V_1 - V_3) = -\frac{3}{2} P_1 V_1.$$

Первое начало термодинамики для процесса $3-1$:

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} R (T_1 - T_3) - \frac{3}{2} P_1 V_1 = -\frac{9}{2} RT_1 - \frac{3}{2} RT_1 = -6RT_1$$

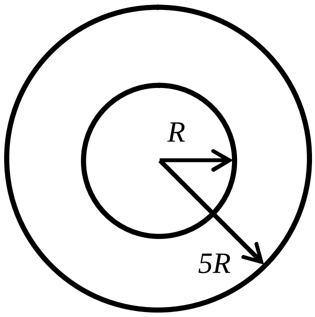
Газ получает тепло от нагревателя в процессах $1-2$ и $2-3$. Количество теплоты, полученное от нагревателя: $Q_н = Q_{12} + Q_{23} = \frac{13}{2} RT_1$. В процессе $3-1$ газ отдает тепло. Количество теплоты, отданное холодильнику: $Q_х = |Q_{31}| = 6RT_1$.

КПД цикла равно: $\eta = \frac{Q_н - Q_х}{Q_н} * 100 = \left(1 - \frac{12}{13}\right) * 100 = \frac{100}{13} \approx 7.7\%$.

Задание №4

Общее условие:

Заряженный до некоторого потенциала металлический шар находится внутри проводящей сферы с большим в 5 раз радиусом и с совпадением их центров. Изначально сфера не контактирует ни с чем. Затем сферу заземлили.



Условие:

1. Во сколько раз потенциал сферы до заземления будет ниже потенциала шара? Ответ округлить до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

2. Какое значение будет иметь потенциал сферы после заземления? Ответ выразить в вольтах и округлить до целых.

Ответ: 0

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

3. Как изменится разность потенциалов «шар – сфера» после заземления?

Ответ: Не изменится

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

4. Как изменится потенциал шара после заземления сферы?

Ответ: Уменьшится

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

5. На сколько процентов изменится потенциал шара после заземления сферы? Ответ округлить до целых.

Ответ: 20

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

1. Если заряжений проводящий шар радиуса R окружить концентрической проводящей сферой, то потенциал её на расстоянии 5R будет равен:

$$\varphi_{сф} = kq/5R,$$

где заряд шара

$$q = \varphi_{ш}R/k.$$

Таким образом, потенциал оболочки будет равен:

$$\varphi_{сф} = \varphi_{ш}/5.$$

2. Если теперь оболочку заземлить, то на нее придет такой заряд чтобы ее потенциал стал равным нулю.

3. При этом прошедший заряд распределится на вешней поверхности проводящей оболочки. Поле же между шаром и оболочкой останется неизменным, поэтому не изменится и разность потенциалов шар - сфера.

4. Было:

$$\Delta\varphi = \varphi_{ш} - \varphi_{ш}/5 = (4/5)\varphi_{ш}.$$

5. Стало:

$$\Delta\varphi = \varphi_{ш}' - 0 = (4/5)\varphi_{ш},$$

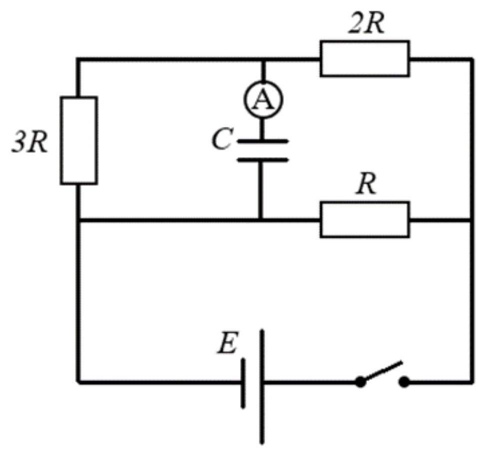
$$\varphi_{ш}' = (4/5)\varphi_{ш},$$

$$\varphi_{ш} - \varphi_{ш}' = 1/5 = 20\%.$$

Задание № 5

Общее условие:

В электрической цепи, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов равны R =2 Ом, 2R и 3R, ЭДС батареи равна E = 20 В, емкость конденсатора равна C =5 нФ. Все элементы цепи являются идеальными. В начальный момент времени ключ разомкнут, а конденсатор полностью разряжен. Затем ключ замыкают, и после установления равновесия в цепи снова размыкают. Найти:



Условие:

Какое значение покажет амперметр сразу после замыкания ключа? Ответ выразите в амперах и, если требуется, округлите до целых.

Ответ: 5 А

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

Какое напряжение будет на конденсаторе в установившемся режиме после замыкания ключа? Ответ выразите в вольтах, и, если требуется, округлите до целых.

Ответ: 12 В

Точное совпадение ответа – 2 балла

Условие:

Какое значение покажет амперметр сразу после размыкания ключа? Ответ выразите в амперах, и, если требуется, округлите до целых.

Ответ: 4 А

Точное совпадение ответа – 3 балла

Условие:

Какое количество теплоты выделится на резисторе с сопротивлением 3R после размыкания ключа? Ответ выразите в микроджоулях, и, если требуется, округлите до сотых.

Ответ: 0.18 мкДж

Точное совпадение ответа – 3 балла

Решение.

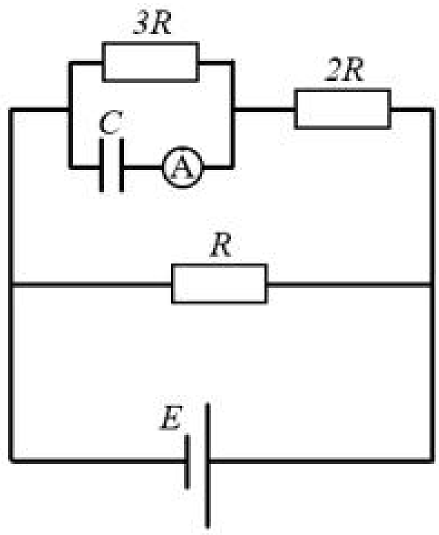


Рисунок 1

1) Когда ключ замкнут, схему электрической цепи можно эквивалентно представить в виде, представленном на рисунке 1. Сразу после замыкания ключа, напряжение на конденсаторе $U = 0$ В. Так как резистор $3R$ подключен параллельно к конденсатору, напряжение на нем также равно $U_3 = 0$ В, а значит сила тока через него $I_3 = U_3/3R = 0$ А. Тогда, весь ток I_2, проходящий через резистор $2R$, идет на конденсатор, и ток через амперметр:

$$I_A = I_2.$$

Так как $U = 0$ В, падение напряжения в верхней ветви цепи равно падению напряжению на резисторе $2R$: $U_2 = 2RI_2$. Падение напряжения в нижней ветви цепи равно: $U_1 = RI_1$. По законам параллельного соединения, оба эти напряжения равны ЭДС источника, откуда:

$$E = 2RI_2, \quad E = RI_1.$$

Следовательно, ток через резистор $2R$, а значит и через амперметр, равен

$$I_2 = I_A = E/2R = 5\ \text{А}$$

2) В установившемся режиме напряжение на конденсаторе постоянно, а значит ток через амперметр $I_A = 0$ А. Значит, через резисторы $2R$ и $3R$ текут одинаковые токи: $I_2 = I_3$. Падение напряжения на резисторе $3R$ равно напряжению на конденсаторе: $3RI_3 = U$, откуда получаем:

$$I_2 = I_3 = \frac{U}{3R}.$$

Падение напряжения в верхней ветви равно сумме напряжений на резисторе $2R$ и конденсаторе, и равно ЭДС источника:

$$2RI_2 + U = \frac{5}{3}U = E.$$

Таким образом, напряжение на конденсаторе $U = \frac{3}{5}E = 0.6E = 12$ В.

3) Когда ключ разомкнут, источник тока полностью исключается из цепи, и она представляется в виде рисунка 2. Таким образом, резистор $3R$ подключен параллельно конденсатору, ток через него равен

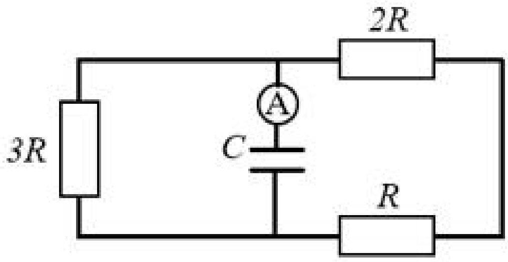


Рисунок 2

$$I_3 = \frac{U}{3R}.$$

Через резисторы R и $2R$ течет один и тот же ток, равный:

$$I_1 = I_2 = \frac{U}{2R + R} = \frac{U}{3R}$$

Таким образом, при размыкании ключа токи в правой и левой ветвях цепи одинаковы. Ток через амперметр равен $I_A = I_2 + I_3 = \frac{2U}{3R}$. Сразу после размыкания $I_A = \frac{2E}{5R} = 0.4\frac{E}{R} = 4$ А

4) Вся энергия, запасенная конденсатором, выделится в виде теплоты: $Q = \frac{CU^2}{2}$. На резисторе $3R$ выделяется тепло $Q_3 = 3RI_3^2\Delta t$. На резисторах

R и $2R$ суммарно выделяется тепло

$$Q_1 + Q_2 = RI_1^2\Delta t + 2RI_2^2\Delta t = 3RI_2^2\Delta t.$$

Но $I_3 = I_2$. Следовательно, $Q_3 = Q_1 + Q_2$. Тогда, с учетом $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2Q_3$, получаем ответ:

$$Q_3 = \frac{CU^2}{4} = 0.09CE^2 = 0.18 \text{ мкДж.}$$