Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Специализированный учебно-научный центр

ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ

9 класс

Физико-математический профиль

21 марта 2026 года

ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.Математический минимум

1.1.(1 балл) Считая величину t_0 известной, выразите из записанного уравнения величину t

$$mc(t-t_0)+2mc(t-2t_0)+3mc(t-3t_0)+4mc(t-4t_0)+5mc(t-5t_0)+6mc(t-6t_0)+7mc(t-7t_0)+8mc(t-8t_0)+9mc(t-9t_0)+10mc(t-10t_0)=0.$$

1.2.(1 балл) В записанной системе уравнений известны величины t_1 и t_2. Из системы уравнений выразите величину t_0 и отношение υ/u.

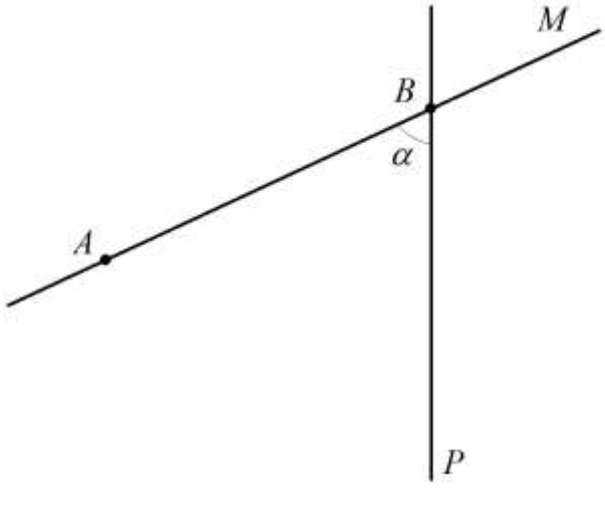
$$\begin{cases} t_1=\dfrac{S}{\upsilon+u}; \\ t_2=\dfrac{S}{\upsilon-u}; \\ t_0=\dfrac{S}{\upsilon}. \end{cases}$$

1.3. (1 балл) Из системы уравнений определите величину i. Известны только величины R и ε.

$$\begin{cases} I_1\cdot R+(I_1-i)\cdot 3R=\varepsilon; \\ I_1\cdot R+i\cdot 5R-I_2\cdot 2R=0; \\ i\cdot 5R+(I_2+i)\cdot 4R-(I_1-i)\cdot 3R=0. \end{cases}$$

1.4. (2 балла) Исключив из записанных уравнений величину t, получите формулу, в которой переменная y выражается через υ_0, υ и g

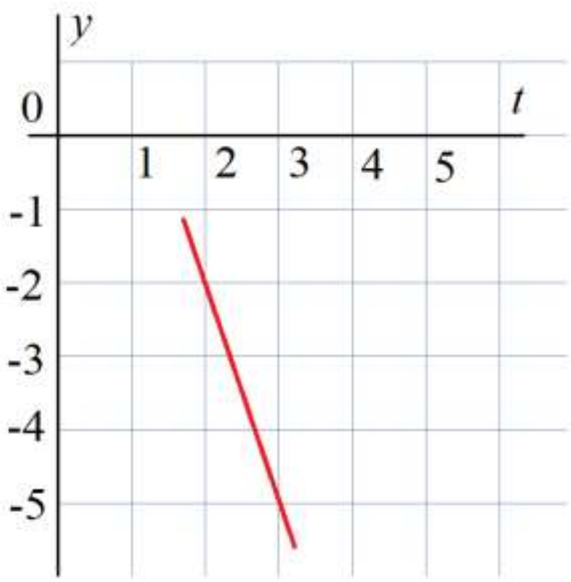
$$\upsilon=\upsilon_0-g\cdot t;$$
$$y=\upsilon_0\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}.$$



1.5. (2 балла) Линия AM составляет с вертикалью BP угол $\alpha = 60^0$. Длина отрезка АВ равна υ. На каком расстоянии от точки B нужно поставить точку C на прямой BP, чтобы треугольник ABC был прямоугольным?

Примечание:

$$sin30^0=\frac{1}{2};\ cos30^0=\frac{\sqrt{3}}{2}.$$



1.6. (3 балла) Линейная функция задается уравнением $y(x) = k \cdot x + b$.

По участку графика линейной зависимости, представленной на рисунке, определите коэффициенты k и b и запишите уравнение $y(t)$.

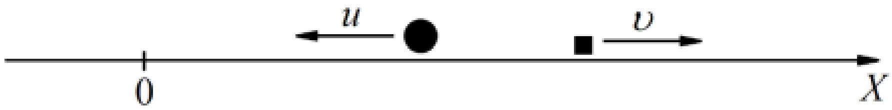
Ответы:

1.1	$7t_0$	1
1.2	$\frac{v}{u} = \frac{t_1 + t_2}{t_1 - t_2}$; $t_0 = \frac{2t_1 t_2}{t_1 + t_2}$	0,5 0,5
1.3	$i = \frac{\varepsilon}{85R}$	1
1.4	$y = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$	2
1.5	$BC = 2 \cdot AB = 2v$; $BC = \frac{AB}{2} = \frac{v}{2}$. Полный балл ставится за любой из ответов	2
1.6	$-3t + 4$	3

Примечание: балл ставится только за правильные ответы, промежуточные вычисления не оцениваются. Если есть только ответ без вычислений, то балл не выставляется

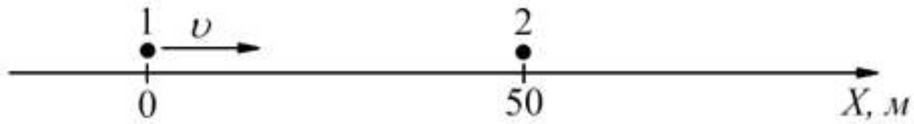
2.Догонялки-обгонялки-отставалки (6 баллов)

Договоримся, что если тело движется по оси OX, то его скорость будем считать положительной, если тело движется против оси OX, то его скорость мы будем считать отрицательной.

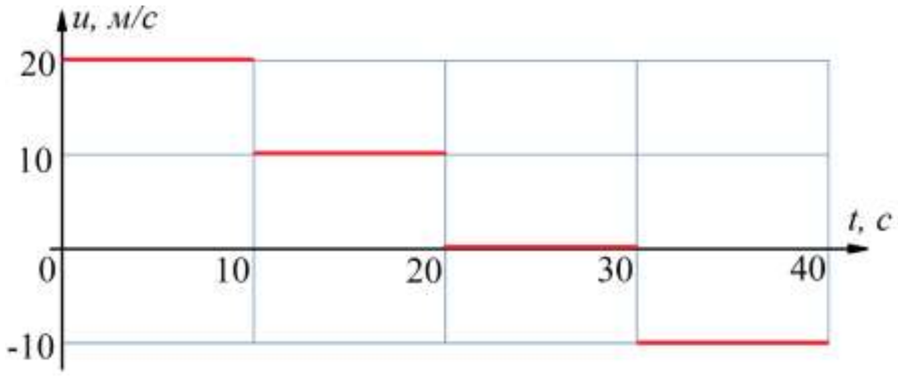


Например, на рисунке кубик движется по оси OX, а шарик – против, поэтому для скорость кубика $\upsilon > 0$, а скорость шарика $u < 0$.

Пусть две частицы движутся вдоль ось OX по прямым линиям. В момент начала наблюдения ($t = 0$) первая частица находится в начале координат и далее движется равномерно и прямолинейно с постоянной скоростью υ = 10 м/с.



Второе тело в момент начала наблюдения имеет координату x_0 = 50 м. График зависимости от времени скорости второй частицы приведен на рисунке.



Определите:

►Как с течением времени меняется расстояние между частицами (рассматриваем 40 с движения);

►Постройте график полученной зависимости.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

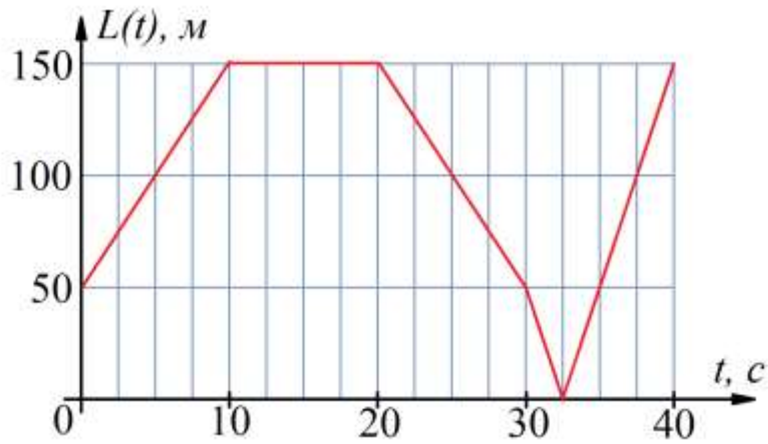
Рассмотрим первые 10 с движения. Частицы движутся в одинаковом направлении первая со скоростью υ = 10 м/с, вторая со скоростью u_1 = 20 м/с. За эти 10 секунд первая частица пройдет путь 10 * 10 = 100 м по оси OX, вторая – путь 20 * 10 = 200 м в том же направлении. Так как вторая частица в момент начала наблюдения имела координату 50 м, то в момент времени t_1 = 10 с расстояние между частицами будет равно

$$L(10) = 50 + 200 - 100 = 150 \text{ м}.$$

Рассмотрим следующие 10 секунд, скорости и направления движения частиц одинаковы, поэтому расстояние между ними не меняется.

Следующие 10 секунд вторая частица покоится, следовательно, первая к ней приближается, проходя за 10 с путь 100 м, поэтому в момент времени 30 с расстояние будет равно 150 – 100 = 50 м.

Далее по графику мы видим, что следующие 10 секунд вторая частица движется против оси OX со скоростью 10 м/с. Расстояние между частицами уменьшается, через 2,5 секунды после начала этого участка движения частицы встретятся (частицы движутся навстречу с одинаковыми скоростями 10 м/с, им суммарно нужно пройти расстояние 50 м), то есть расстояние между ними будет равно 0 в момент времени 32,5 с. Далее первая частица продолжает двигаться по оси OX, вторая против оси OX, поэтому расстояние между ними будет увеличиваться. До момента 40 с пройдет 7,5 с для такого участка движения, поэтому в момент времени 40 секунд расстояние между частицами будет равно



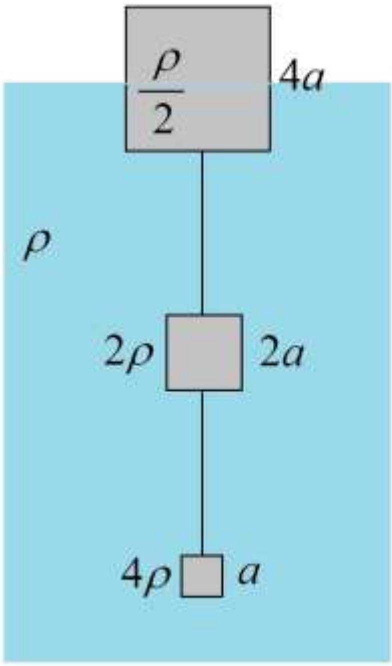
$$L(40) = 7{,}5 \cdot (10 + 10) = 150 \text{ м.}$$

График зависимости расстояния от времени приведен на рисунке.

Критерии проверки:

2.1	Рассмотрен первый участок движения $0 < t < 10$ с, описано, как движутся частицы, найдено расстояние между ними в момент 10 с. Из них: *Определение по графику скорости второй частицы;* *Описание движения;* *Найдено расстояние между ними* *Если не учтено 50 метров, то* Если пункт выполнен без описания, но получен правильный ответ, то ставится полный балл	1 0,25 0,25 0,5 - 0,5	
2.2	Рассмотрен второй участок движения $10 < t < 20$ с, описано, как движутся частицы, найдено расстояние между ними в момент 20 с. Из них: *Определение по графику скорости второй частицы;* *Описание движения;* *Найдено расстояние между ними* Если пункт выполнен без описания, но получен правильный ответ, то ставится полный балл	1 0,25 0,25 0,5	
2.3	Рассмотрен третий участок движения $20 < t < 30$ с, описано, как движутся частицы, найдено расстояние между ними в момент 30 с. Из них: *Определение по графику скорости второй частицы;* *Описание движения;* *Найдено расстояние между ними*	1 0,25 0,25 0,5	

	Если пункт выполнен без описания, но получен правильный ответ, то ставится полный балл		
2.4	Рассмотрен четвертый участок движения $30 < t < 40$ с, Из них: *Указано, что вторая частица движется в обратном направлении;* *Найден момент времени, когда расстояние между частицами равно 0,* *Найдено расстояние между частицами в 40 с*	1,5 *0,5* *0,5* *0,5*	
2.5	Правильно построен график зависимости расстояния между частицами от времени *Оси подписаны и оцифрованы;* *Правильно указаны все ключевые расстояния (по 0,25 за каждое, включая начальные 50 м, не более 1 балла в сумме)* *Указан момент времени, когда расстояние 0 (по графику этот момент хорошо определяется)* Если последний участок движения – отрицательное расстояние, то	1,5 *0,25* *1* *0,25* *-0,25*	



3.Поплавок (7 баллов)

Поплавок изготовлен из трёх кубиков с ребрами a, 2a и 4a, плотность которых равны, 4ρ, 2ρ и ρ/2, связанных кусками легкой лески. В жидкости с плотностью ρ данная система плавает так, как показано на рисунке, причем самый большой кубик погружён в жидкость частично. Определите:

►объёмы и массы всех кубиков;

►глубину погружения верхнего кубика в жидкость.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Определим массы и объёмы кубиков.

Верхний кубик имеет объём

$$V_1 = (4a)^3 = 64a^3,$$

массу

$$m_1 = \frac{\rho}{2}(4a)^3 = 32\rho a^3.$$

Средний кубик имеет объём

$$V_2 = (2a)^3 = 8a^3,$$

массу

$$m_2 = 2\rho(2a)^3 = 16\rho a^3.$$

Нижний кубик имеет объём

$$V_3 = a^3,$$

массу

$$m_3 = 4\rho a^3.$$

Запишем условие покоя системы: сумма сил Архимеда, действующих на кубики равна сумме сил тяжести

$$\rho g(4a)^2 h + \rho g \cdot 16a^3 + \rho g a^3 = (32\rho a^3 + 16\rho a^3 + 4\rho a^3)g.$$

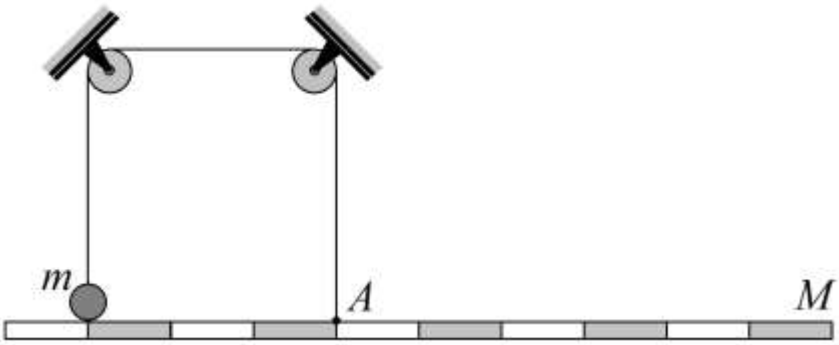
Из записанного выражения определяем глубину погружения h верхнего кубика

$$h = \frac{43}{16}a.$$

Критерии проверки:

3.1	Определены массы и объёмы кубиков (по 0,25 за каждое выражение)	1,5	
3.2	Записано условие покоя системы, либо записано условие покоя каждого кубика (по 1,5 балла за каждое правильное выражение	4,5	
3.3	Получен ответ для h	1	

4.Статика стержня (6 баллов)



Изучая основы равновесия, восьмиклассники подвесили жесткий однородный прямой стержень так, как показано на рисунке. В точке A к стержню прикреплена лёгкая нерастяжимая нить, которая перекинута через два неподвижных блока. Ко второму концу нити прикреплен шарик массой m. Масса стержня M. Стержень цветными метками разделен на части равных длин.

Определите:

► отношение масс M/m;

►силу натяжения нити;

►силу взаимодействия шарика и стержня.

Трения в блоках нет. Массы блоков пренебрежимо малы.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

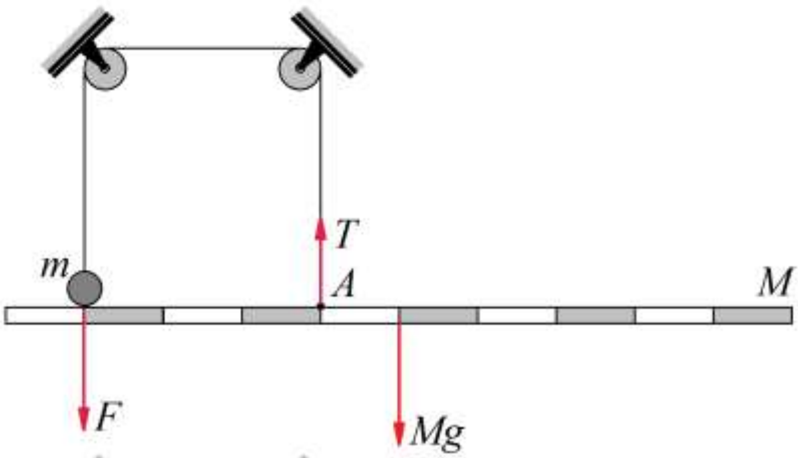
Расставим силы, действующие на шарик и стержень, запишем условие равновесия обоих.

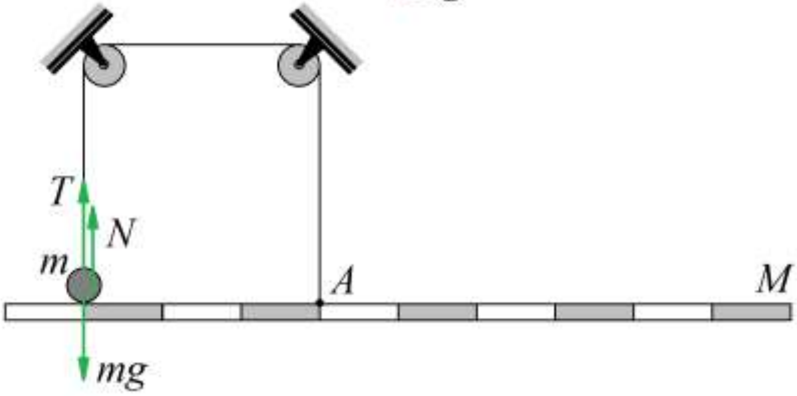
На шарик действуют: сила тяжести mg, сила натяжения нити T и сила реакции опоры (стержня) N

$$N + T = mg. \qquad (1)$$

На стержень действуют: шарик с силой F (по третьему закону Ньютона $F = N$), сила тяжести Mg и сила натяжения нити. Условие покоя стержня:

$$T = F + Mg. \qquad (2)$$





Запишем правило моментов для стержня относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости чертежа через точку крепления нити A,

$$F \cdot 3a = Mg \cdot a. \qquad (3)$$

Здесь a – длина участка стержня, ограниченного метками (длина стержня равна $10a$).

Из записанных выражений определяем отношение масс стержня и шарика

$$\frac{M}{m} = \frac{3}{5}.$$

Сила натяжения нити равна

$$T = \frac{4}{3}Mg.$$

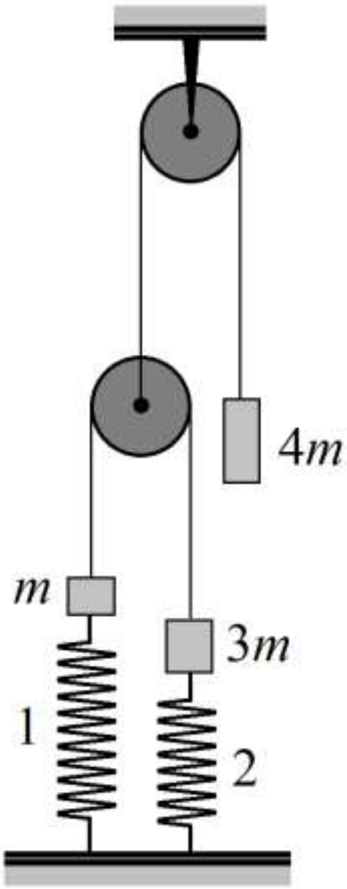
Сила взаимодействия шарика и стержня равна

$$N = \frac{1}{3}Mg.$$

Критерии проверки:

4.1	Есть рисунок, на рисунке правильно расставлены силы (по 0,25 за каждую) В случае отсутствия чертежа с силами дальнейшие действия не оцениваются!	1,5	
4.2	Записано условие покоя шарика	1	
4.3	Для стержня записано условие покоя (1 балл) и правило моментов (1 балл)	2	
4.4	Получено отношение $\frac{M}{m} = \frac{3}{5}$.	0,5	
4.5	Найдена сила натяжения нити $T = \frac{4}{3}Mg.$	0,5	
4.6	Найдена сила взаимодействия $N = \frac{1}{3}Mg.$	0,5	

5. Равновесие на пружинках (4 балла)



Система, состоящая из трех грузов с массами m, $3m$ и $4m$, соединённых нитями, перекинутыми через блоки, удерживается в равновесии с помощью двух пружин.

Определите:

►силу упругости первой пружины;

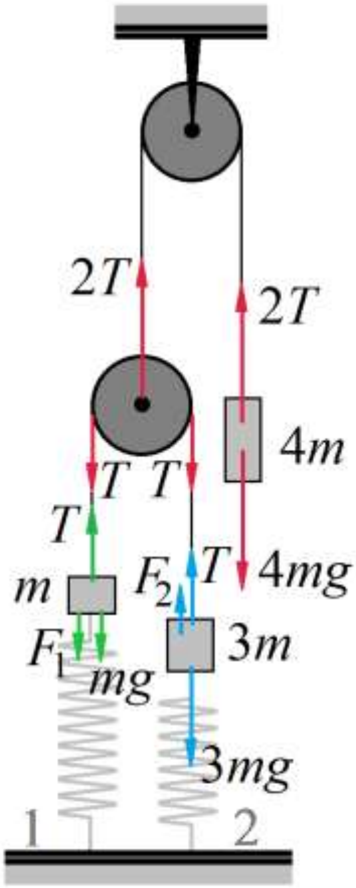
►сжата или растянута первая пружина?;

►силу упругости второй пружины;

►сжата или растянута вторая пружина?

Нити и блоки имеют пренебрежимо малые массы, трение в блоках отсутствует, нити нерастяжимы, свободные участки нитей вертикальны.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:



Рассмотрим груз массой $4m$ и запишем условие покоя для него, обозначив силу натяжения нити, привязанной к нему, $2T$

$$2T = 4mg.$$

Рассмотрев покой подвижного блока, получим, что сила натяжения нити, связывающей грузы m и $3m$ равна T, причём

$$T = 2mg.$$

Рассмотрим груз массой m. На него вверх действует сила натяжения нити $T = 2mg$, а вниз – сила тяжести, равная mg. Чтобы груз находился в покое, нужно, чтобы сила упругости пружины действовала вниз, то есть пружина должна быть растянута, и равна

$$F_1 = mg.$$

Рассмотрим груз массой $3m$. На него вверх действует сила натяжения нити $T = 2mg$, а вниз – сила тяжести, равная $3mg$. Чтобы груз находился в покое, нужно, чтобы сила упругости пружины действовала вверх, то есть пружина должна быть сжата, и равна

$$F_2 = mg.$$

Критерии проверки:

5.1	Записано условие равновесия тела $4m$, найдена сила натяжения верхней нити	1	
5.2	Для подвижного блока получено отношение сил (T и $2T$)	0,5	
5.3	Записано условие покоя тела m Указаны сила тяжести и сила упругости Сила упругости пружины направлена вниз,	 0,25 0,5 0,25	

	Сила упругости пружины равна mg, пружина растянута	0,25	
5.4	Записано условие покоя тела $3m$ Указаны сила тяжести и сила упругости Сила упругости пружины направлена вверх, Сила упругости пружины равна mg, пружина сжата	 0,25 0,5 0,25 0,25	

6.Теплообмен на двоих (4 балла)

Два тела, изготовленные из одного материала, имеющие различные начальные температуры и массы $5m$ и $2m$, помещены в калориметр. За некоторое время тело, имеющее массу $5m$ нагрелось на Δt_5. Определите изменение температуры тела массой $2m$.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Так как тела помещены в калориметр, то обмениваются теплом только между собой. Запишем уравнение теплового баланса

$$5mc \cdot \Delta t_5 + 2mc \cdot \Delta t_2 = 0.$$

Здесь c – удельная теплоёмкость тела.

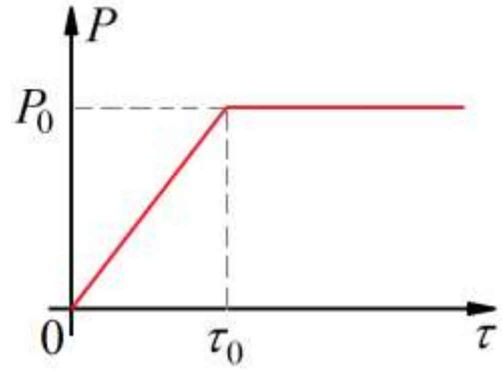
Из записанного уравнения выразим изменение температуры тела массой $2m$

$$\Delta t_2 = -\frac{5}{2}\Delta t_5.$$

Критерии проверки:

6.1	Правильно записано уравнение теплового баланса *(оцениваются только правильные знаки для изменения температур, т.е уравнение вида* $5mc \cdot \Delta t_5 = 2mc \cdot \Delta t_2$ *считается неправильным и не оценивается)*	2	
6.2	Удельные теплоёмкости тел одинаковы	0,5	
6.3	Найдено изменение температуры тела массой $2m$ *Если для изменения температуры тела получен неправильный знак, то балл не выставляется*	1,5	

7. Ледяные зависимости (6 баллов)



К куску льда массой m = 2 кг и температурой $t_0 = -20\,°C$ начинают подводить мощность, которая меняется со временем по закону $P = \alpha\tau$, где α – постоянный коэффициент. В момент времени $\tau_0 = 40$ с лёд начинает плавиться, а мощность достигает значения P_0 и далее перестает меняться.

Определите:

►Единицы измерения α (0,5 балла)

►Значение P_0 (1 балл)

►Значение α (0,5 балла)

►Момент времени τ_1 от начала нагрева, когда весь лёд растает (1 балл)

►Момент времени τ_2 от начала нагрева, когда температура воды достигнет 100 $°C$ (1 балл)

►Постройте график зависимости температуры от времени для данных процессов (2 балла). Получите теоретическую зависимость. Правильный график, построенный без обоснований, будет оцениваться не более, чем в 1 балл!

Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot°C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}36\cdot10^5\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, удельная теплоемкость воды $c_2 = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot°C}$. Тепловыми потерями и теплоемкостью нагревателя пренебречь.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Определим единицы измерения коэффициента α.

$$\alpha = \frac{P}{\tau} \ \rightarrow [\alpha] = \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$$

Запишем уравнение теплового баланса для нагрева льда.

Для нагревания льда до температуры 0^0С потребуется количество теплоты Q, равное

$$Q = cm(0^0C - t_0).$$

Это количество теплоты получается от нагревателя переменной мощности за время $\tau_0 = 40$ с, количество теплоты Q будет равно площади под графиком зависимости мощности от времени для участка от 0 с до $\tau_0 = 40$ с,

$$Q = \frac{P_0\tau_0}{2}.$$

Из записанных выражений находим значение P_0

$$P_0 = \frac{2c_1m(0^0C - t_0)}{\tau_0};$$

$$P_0 = 4200\ \text{Вт}.$$

Посчитаем значение коэффициента α

$$\alpha = \frac{P_0}{\tau_0};\ \ \alpha = 105\ \text{Вт/с}.$$

Рассмотрим процесс плавления льда, запишем уравнение теплового баланса для этого этапа

$$\lambda m = P_0(\tau_1 - \tau_0).$$

Из этого уравнения выразим τ_1

$$\tau_1 = \frac{\lambda m}{P_0} + \tau_0; \quad \tau_1 = 200 \text{ с.}$$

Запишем уравнение теплового баланса для нагрева воды

$$c_2 m(100^0\text{C} - 0^0\text{C}) = P_0(\tau_2 - \tau_1).$$

Определим момент времени, прошедший от начала нагревания, когда температура воды достигнет 100^0С

$$\tau_2 = \frac{c_2 m(100^0\text{C} - 0^0\text{C})}{P_0} + \tau_1; \quad \tau_2 = 400 \text{ с.}$$

Для аккуратного построения графика нужно получить теоретическую зависимость температуры от времени для трех участков: $[0; \tau_0]$, $[\tau_0; \tau_1]$, $[\tau_1; \tau_2]$.
На первом этапе (нагревается лёд, мощность нагревателя переменная) имеем

$$cm(t - t_0) = \frac{P\tau}{2} = \frac{\alpha\tau^2}{2}.$$

Отсюда получаем зависимость температуры от времени для первого участка

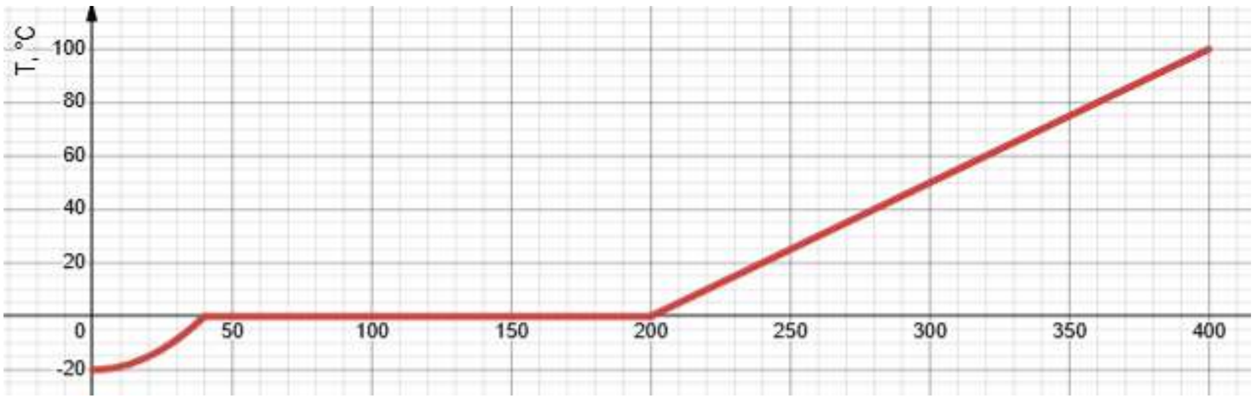
$$t = \frac{\alpha\tau^2}{2c_1 m} + t_0;$$

$$t = \frac{105 \cdot \tau^2}{2 \cdot 2100 \cdot 2} - 40.$$

На втором участке температура системы не меняется, так как происходит плавление льда, температура равна 0^0С.
На третьем участке мощность нагревателя уже не зависит от времени, значит уравнение теплового баланса выглядит следующим образом

$$c_2 m(t - t_1) = P_0(\tau - \tau_1) \rightarrow t = \frac{P_0}{c_2 m}\tau - \frac{P_0 \tau_1}{c_2 m} + t_1.$$

Следовательно, на этом участке зависимость температуры от времени линейная. Поскольку все характерные времена мы уже посчитали ранее, то можно строить график – см.рис.

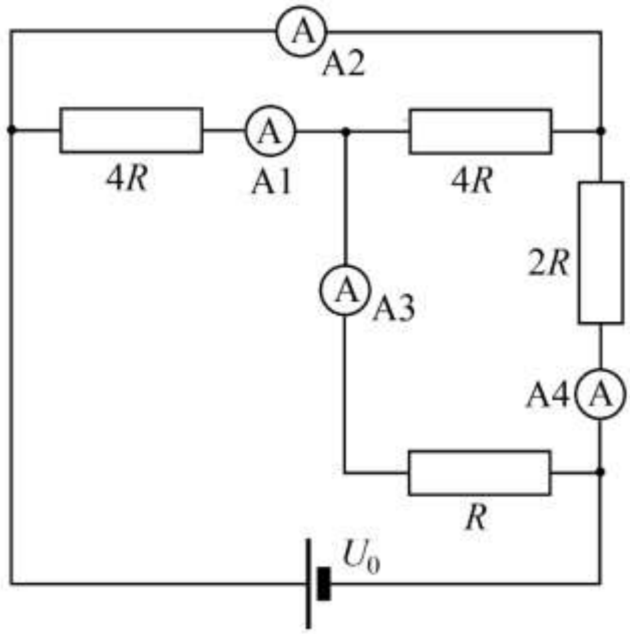


Критерии проверки:

7.1	Единицы измерения α Вт/с	0,5	
7.2	Найдено значение P_0 = 4200 Вт	1	
7.3	Определено значение коэффициента α = 105 Вт/с	0,5	

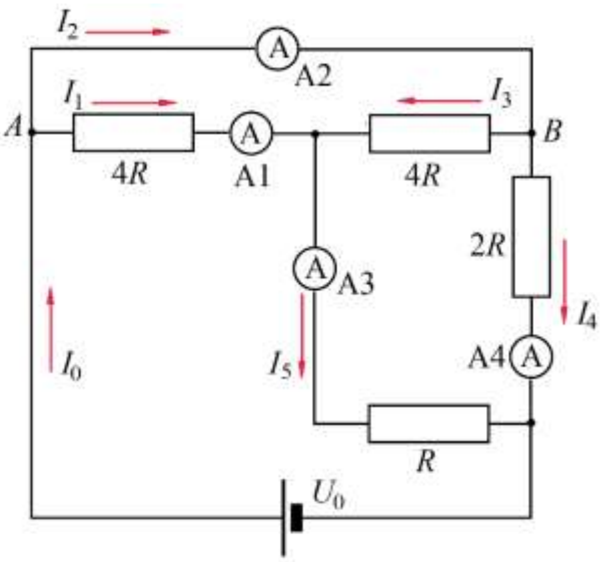
7.4	Определено τ_1 Из них: *Записано* $\lambda m = P_0(\tau_1 - \tau_0)$. *Выражено* $\tau_1 = \frac{\lambda m}{P_0} + \tau_0$; $\tau_1 = 200$ с.	1 *0,5* *0,5*	
7.5	Определено τ_2 Из них: *Записано* $c_2 m(100^0\text{C} - 0^0\text{C}) = P_0(\tau_2 - \tau_1)$ *Выражено* $\tau_2 = \frac{c_2 m(100^0\text{C} - 0^0\text{C})}{P_0} + \tau_1$; $\tau_2 = 400$ с.	1 *0,5* *0,5*	
7.6	Построение графика зависимости температуры от времени, *Из них:* *Есть правильный график, указаны все ключевые точки по времени и температуры;* *Оси подписаны и оцифрованы, указаны единицы измерения;* *Правильно указан качественный вид графиков на всех участках* *Теоретическое обоснование хода графика:* *Первый участок* *Третий участок*	2 *0,25* *0,25* *0,5* *0,75* *0,25*	

8. Амперметры и резисторы (7 баллов)

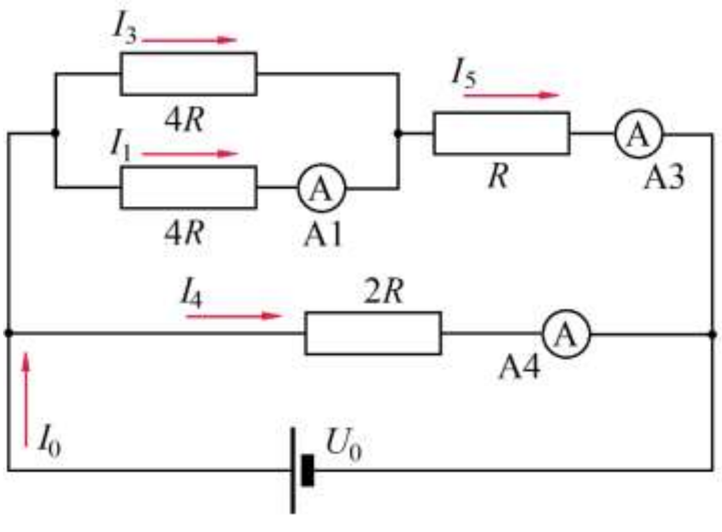


На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения, четырех резисторов и четырех идеальных амперметров. Напряжение источника U_0 = 12 В. Показания третьего амперметра А3 равны 2 А.
Найдите:
►полное сопротивление цепи R_0, выразив его через R (2 балла)
►показания А1 (1 балл)
►показания А4 (1 балл)
►силу тока в подводящих проводах (подводящие провода соединяют источник и схему) I_0 (1 балл)
►показания А2 (1 балл)
►значение R (1 балл)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:



Расставим токи и перерисуем цепь, чтобы определить общее сопротивление. Так как амперметры идеальные – их можно не учитывать при расчете эквивалентного сопротивления. Кроме того, потенциалы тех точек, которые соединены проводом, который содержит амперметр, одинаковы (сопротивление равно нулю). Поэтому потенциалы точки А и точки В одинаковы.
Следовательно, схему можно перерисовать – см. рисунок.
Теперь определим полное сопротивление цепи. Два резистора $4R$ соединены параллельно, эквивалентное сопротивление равно $2R$, к ним последовательно при-соединён резистор с номиналом R, к этом цепочке параллельно подключён резистор $2R$. Поэтому общее сопротивление $R_0 = 1{,}2\,R$.
Определим токи силы токов через резисторы. Два параллельно соединённых резистора



номиналом по $4R$: напряжения на них одинаковы, номиналы одинаковы, следовательно,

$$I_1 \times 4R = I_2 \times 4R \rightarrow I_1 = I_2.$$

Через резистор R сила тока обозначена I_5, при этом

$$I_5 = I_1 + I_2 = 2I_1 = 2\text{ А} \rightarrow I_1 = 1\text{ А}.$$

Определим ток I_4. Так как эквивалентное сопротивление верхней ветки равно $3R$, а резистор с номиналом $2R$ присоединен к этой ветке параллельно, то напряжения на них одинаковы, поэтому

$$I_5 \times 3R = I_4 \times 2R \rightarrow I_4 = \frac{3}{2}I_5 = 3\text{ А}.$$

Ток в подводящих проводах равен

$$I_0 = I_4 + I_5 = 5\text{ А}.$$

Определим показания второго амперметра

$$I_2 = I_0 + I_1 = 4\,A.$$

Зная ток в подводящих проводах, напряжение источника и полное сопротивление цепи, определим значение R

$$U_0 = I_0 R_0 = 1{,}2 I_0 R \rightarrow R = \frac{U_0}{1{,}2 I_0} = \frac{12}{1{,}2 \cdot 5} = 2\text{ Ом}.$$

Критерии проверки:

8.1	Получено $R_0 = 1{,}2\,R$ *В случае наличия правильных частичных расчётов ставится по 0,5 баллов (за каждое эквивалентное сопротивление двух резисторов)*	2	
8.2	Определено значение $I_1 = 1$ А	1	
8.3	Определено значение $I_4 = 3$ А	1	
8.4	Найдена сила тока в подводящих проводах $I_0 = I_4 + I_5 = 5$ А	1	
8.5	Показания второго амперметра $I_2 = I_0 + I_1 = 4\,A$	1	
8.6	Определено значение R = 2 Ом	1	