

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Прежде чем изложить возможные решения задач и критерии их оценивания, предметная комиссия по физике считает необходимым объяснить, почему в задании включены именно эти задачи.

Конкурсный отбор проводится в физико-математические и физико-технические классы двухгодичного потока. В случае поступления за два года обучения в СУНЦ учащимся нужно будет пройти достаточно непростой путь обучения в классах с профильным изучением физики (7 часов в неделю). В этих классах чётко сформулирован минимальный уровень требований к знаниям по физике – знание теоретического материала в объёме кодификатора ЕГЭ и умение решать задачи повышенного и высокого уровня из открытого банка заданий ЕГЭ. Все учащиеся, которые обладают объёмом знаний и умений ниже «этой планки» получают по физике неудовлетворительные оценки как при текущем обучении, так и на сессиях. Такой подход позволяет учащимся, соблюдающим учебную дисциплину, за два года качественно подготовиться к сдаче ЕГЭ на высокие баллы на уроках, без привлечения дополнительных ресурсов..

Стандартный профильный уровень физики в 10 – 11 классе составляет 5 часов в неделю. Задания ЕГЭ рассчитаны именно на такой объём часов. Поскольку количество часов в классах с профильным уровнем изучения физики в СУНЦ больше 5 часов, то при условии соблюдения учебной дисциплины (работа на уроках, выполнение домашних заданий, своевременное изучение теоретического материала) учащиеся могут на уроках в сопровождении учителя подготовиться ещё и к перечневым олимпиадам по физике.

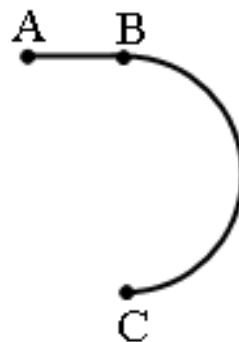
Заметим, мы не говорим о факультативах, внеурочной работе, мы говорим только о работе на уроках.

При таком подходе нам очень важно уже на входе в СУНЦ задать определённую планку минимальных требований – это умение решать задачи из открытого банка заданий ЕГЭ только той тематики, которая на сегодняшний день доступна абитуриентам и соответствует программе вступительных испытаний. Все эти вопросы изучаются в 7, 8 или 9 классах, а в 10 -11ых классах к их повторному изучению, как правило, не возвращаются.

Задачи, включённые в конкурсное задание, в основном взяты из открытого банка заданий ЕГЭ. Они немного модифицированы, добавлены дополнительные вопросы, ответы на которые могут помочь при решении задачи. Задачи 7 и 9 взяты из муниципального этапа олимпиад по физике для восьмого класса.

Таким образом, цель данного задания – проверить знания в соответствии с заданными федеральными стандартами требованиями.

1. Стартуя из точки A (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки B , после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным вплоть до точки C . Траектория BC – полуокружность.



Обозначим ускорение тела a , длину отрезка $AB = S$.

1.1. Чему равна скорость в точке B ? (1 балл)

1.2. Чему равен радиус окружности? Выразите его через a и S . (1 балл)

1.3. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок BC , больше, чем на участок AB , если модуль ускорения на обоих участках одинаков? (3 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Скорость в точке B равна

$$V_B = \sqrt{2aS}.$$

Время движения на участке AB равно

$$t_{AB} = \frac{V_B}{a} = \frac{\sqrt{2S}}{\sqrt{a}}.$$

Рассмотрим участок BC . Так как модуль ускорения остается таким же, что и на участке AB , а скорость движения постоянна, то центростремительное ускорение равно

$$a_{цс} = a = \frac{V_B^2}{R} = \frac{2aS}{R}.$$

Из записанного выражения находим радиус окружности R

$$R = 2S.$$

Время движения на участке BC равно

$$t_{BC} = \frac{\pi R}{V_B} = \frac{2\pi S}{\sqrt{2aS}} = \pi \frac{\sqrt{2S}}{\sqrt{a}}.$$

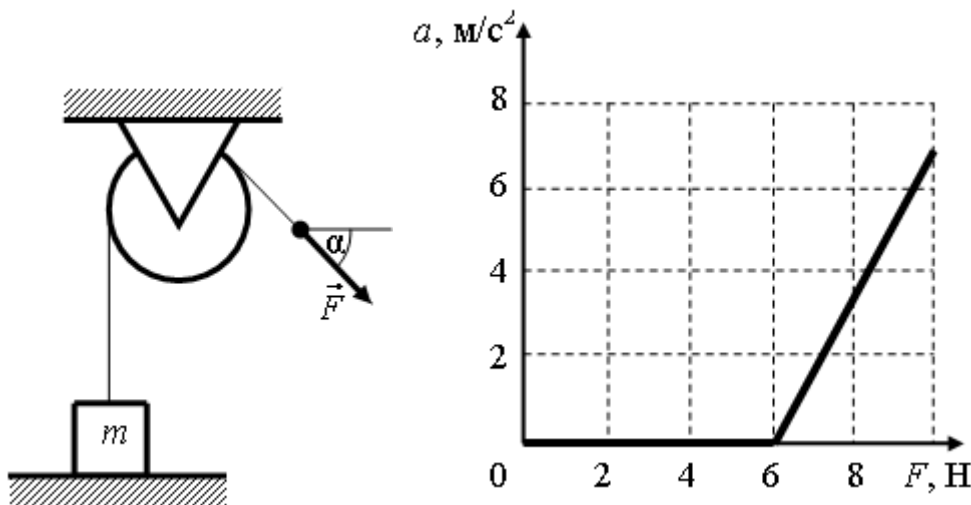
Определим отношение времён движения

$$\frac{t_{BC}}{t_{AB}} = \pi.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
1.1.	Чему равна скорость в точке B ?	1
1.2.	Чему равен радиус окружности? Выразите его через a и S .	1
1.3.	Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок BC , больше, чем на участок AB ?	3
	<i>определено время движения на AB</i>	1
	<i>определено время движения на BC</i>	1,5
	<i>найдено отношение</i>	0,5
	ИТОГ	5

2. Массивный груз, покоящийся на горизонтальной опоре, привязан к лёгкой нерастяжимой верёвке, перекинутой через идеальный блок. К верёвке прикладывают постоянную силу F , направленную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Зависимость модуля ускорения груза от модуля силы F представлена на графике.



2.1. Чему равна сила натяжения нити при значениях силы F в диапазоне от 0 до 6 Н? (0,5 баллов)

2.2. Чему равна масса груза? (2 балла)

2.3. Чему равна сила натяжения нити при значении силы $F = 10$ Н? С каким ускорением при этом движется груз? (2 балла)

2.4. Пусть конец нити, к которому приложена сила F переместился в направлении действия силы на 10 см? На сколько при этом поднялся груз? (0,5 баллов)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Сила натяжения нити T при значениях силы F в диапазоне от 0 до 6 Н равна F . Из данного графика видим, что при значениях силы F , больших 6 Н, груз поднимается. Подъём начинается при $F = 6$ Н, в этот момент сила натяжения нити становится равной силе тяжести, поэтому

$$mg = 6 \text{ Н.}$$

Откуда получаем, что масса груза равна

$$m = 0,6 \text{ кг.}$$

По графику можно определить, что при $F = 10$ Н ускорение груза равно $a = 7 \text{ м/с}^2$.

Запишем второй закон Ньютона

$$ma = T - mg.$$

Тогда ускорение равно

$$a = \frac{T}{m} - g;$$

$$a = 6,7 \text{ м/с}^2.$$

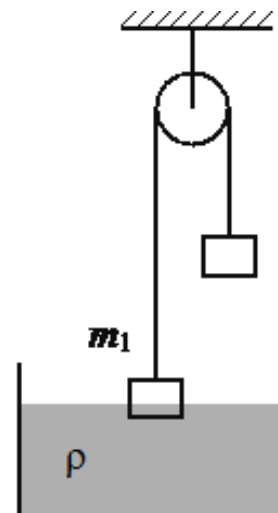
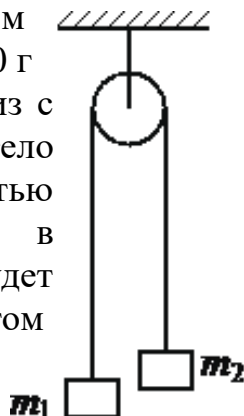
Так как нить нерастяжима, то если один ее конец перемещается на 10 см, то второй также на 10 см, поэтому груз поднимается на 10 см.

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
---	---------------------	----------

2.1.	Сила натяжения нити при значениях силы F в диапазоне от 0 до 6 Н? $T = F$	0,5
2.2.	Масса груза <i>Рассмотрен случай $F = 6$ Н, $a = 0$ указано, что $T = mg$ при $a = 0$ найдена $m = 0,6$ кг</i>	2 0,5 1,0 0,5
2.3.	Сила натяжения нити при значении силы $F = 10$ Н? С каким ускорением при этом движется груз? <i>Если по графику найдено ускорение a (7 м/с²) Если записан второй закон Ньютона И из него найдено ускорение $6,7$ м/с²</i>	2 0,5 1 0,5
2.4.	Пусть конец нити, к которому приложена сила F переместился в направлении действия силы на 10 см? На сколько при этом поднялся груз?	0,5
	ИТОГ	5

3. Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой $m_1 = 500$ г движется из состояния покоя вниз с ускорением a . Если первое тело опустить в воду с плотностью $\rho = 1000$ кг/м³, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в воду части тела равен $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м³.



3.1. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. (2 балла)

3.2. Определите ускорение a первого тела при движении в воздухе. (3 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

На оба тела в воздухе действуют силы тяжести (вертикально вниз) и сила натяжения нити T (вертикально вверх). Если первое тело находится в воде, то на него кроме сил тяжести и натяжения нити T' действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх.

Для случая в воздухе ускорение равно

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g.$$

Для второго случая

$$T' = m_2 g;$$

$$T' + F_{\text{выт}} = m_1 g.$$

Из последних двух выражений можно определить силу натяжения нити во втором случае

$$T' = m_1 g - F_{\text{выт}} = m_1 g - \rho g V;$$

$$T' = 3,5 \text{ Н.}$$

Зная силу натяжения T' , можно определить массу второго тела

$$m_2 = \frac{T'}{g};$$

$$m_2 = \frac{3,5}{10} = 0,35 \text{ кг.}$$

Теперь можно найти ускорение тел при движении в воздухе

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g;$$

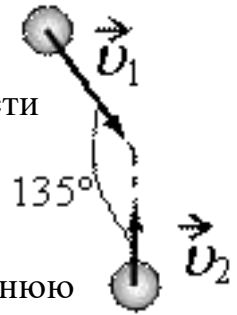
$$a = \frac{0,5 - 0,35}{0,5 + 0,35} 10 = 1,8 \text{ м/с}^2.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
---	---------------------	----------

3.1.	Рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях	2
3.2.	<p>Определите ускорение a первого тела при движении в воздухе</p> <ul style="list-style-type: none"> - записаны вторые законы Ньютона для тел (системы); - указаны приближения – нить нерастяжима, поэтому ускорения тел одинаковы, нить невесома, поэтому натяжение по всей длине одинаково, трения в блоке нет (блок невесом), натяжения нити слева и справа от блока одинаково - проделаны математические преобразования - получен ответ 	<p>До 3</p> <p>1,6</p> <p>0,6</p> <p>0,5</p> <p>0,3</p>
	ИТОГ	5

4.Одинаковые маленькие шары движутся со скоростями, указанными на рисунке, и абсолютно неупруго соударяются, в результате чего слипаются. Известно, что до соударения скорости шаров равны $V_1 = 2\sqrt{V_2}$, а $V_2 = V$.



4.1.Чему будет равен и как будет направлен импульс шаров после их столкновения. (2 балла)

4.2.Какая часть кинетической энергии перешла во внутреннюю энергию системы шаров? (3 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

При такой записи условия задачи в V_1 коэффициент, значение которого равно 2 имеет размерность

$$\sqrt{\frac{M}{c}}.$$

Запишем закон сохранения импульса

$$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{U}.$$

Спроецируем на оси

$$OX: m_1V_1\cos 45^\circ = (m_1 + m_2)U_x;$$

$$OY: m_1V_1\sin 45^\circ - m_2V_2 = (m_1 + m_2)U_y.$$

С учётом того, что массы шаров одинаковы,

а $V_1 = 2\sqrt{V_2}$ и $V_2 = V$ получим

$$U_x = \sqrt{\frac{V}{2}};$$

$$U_y = \frac{\sqrt{2V} - V}{2}.$$

Модуль импульса после соударения равен

$$p = m\sqrt{V^2 + V(4 - 2\sqrt{2V})}$$

Запишем закон сохранения энергии, обозначив изменение внутренней энергии системы ΔW

$$\frac{m(2\sqrt{V})^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = \frac{2m(U)^2}{2} + \Delta W.$$

Из записанного уравнения получим, что изменение внутренней энергии равно

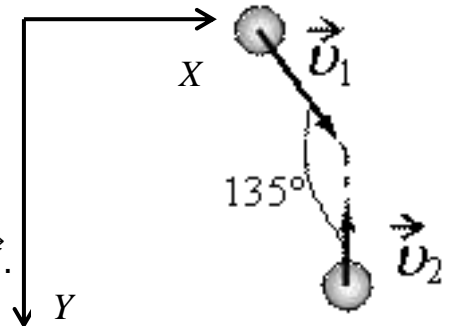
$$\Delta W = mV\sqrt{2V}.$$

Суммарная кинетическая энергия до соударения равно

$$E = \frac{m}{2}(4V + V^2).$$

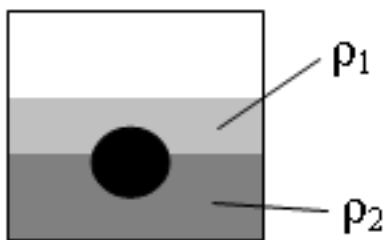
Отношение равно

$$\frac{Q}{E} = \frac{2\sqrt{2V}}{4 + V}.$$



КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мах балл
4.1	Чему будет равен и как будет направлен импульс шаров после их столкновения? <i>- верно записан закон сохранения импульса (либо вектор, либо в проекциях)</i> <i>- найден модуль + найдено направление</i>	До 2 <i>1</i> <i>0,5+ 0,5</i>
4.2.	Какая часть кинетической энергии перешла во внутреннюю энергию системы шаров? <i>- записан закон сохранения механической энергии с учетом изменения внутренней энергии системы шаров</i> <i>- найдено изменение кинетической энергии системы шаров</i> <i>- определено отношение</i>	До 3 <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i>
	ИТОГ	5



5. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Известно, что выше границы раздела жидкостей находится одна четверть объёма шарика.

5.1. Определить выталкивающую силу, действующую на шарик. (3 балла)

5.2. Чему равно плотность шарика ρ ? (2 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Выталкивающая сила равна

$$F_{\text{выт}} = 2\rho_1 g \frac{3}{4}V + \rho_1 g \frac{1}{4}V = \frac{7}{4}\rho_1 gV.$$

Запишем условие плавания шарика

$$F_{\text{выт}} = mg.$$

Так как масса шарика равна

$$m = \rho_{\text{ш}}V,$$

то

$$\rho_{\text{ш}}Vg = \frac{7}{4}\rho_1 gV.$$

Таким образом плотность шарика равна

$$\rho_{\text{ш}} = \frac{7}{4}\rho_1;$$

$$\rho_{\text{ш}} = 700 \text{ кг/м}^3.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
5.1.	Определение выталкивающей силы, действующей на шарик	2
	- верное определение без вывода	1
	- верное определение с получением формулы	2
5.2.	Определение плотности шарика	До 3
	- записан первый закон Ньютона;	1
	- масса шара выражена через плотность и объём;	0,5
	- проделаны математические преобразования;	1
	- получен ответ	0,5
ИТОГ		5

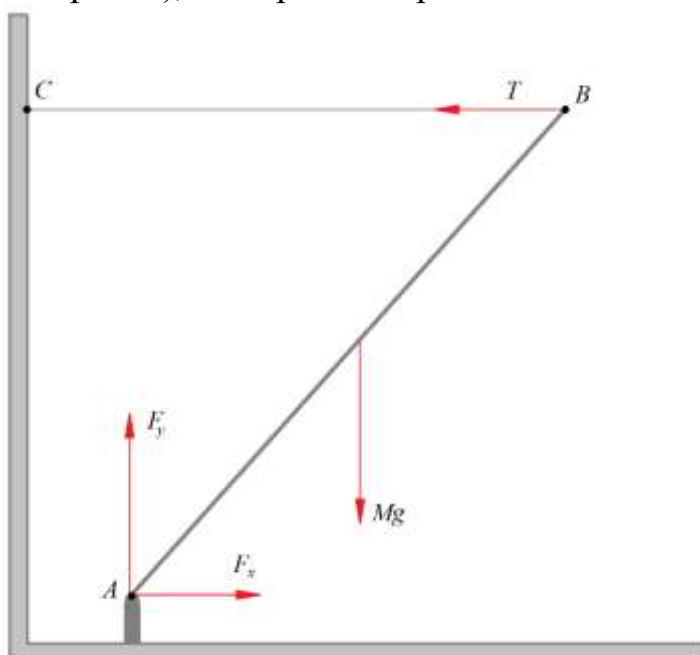
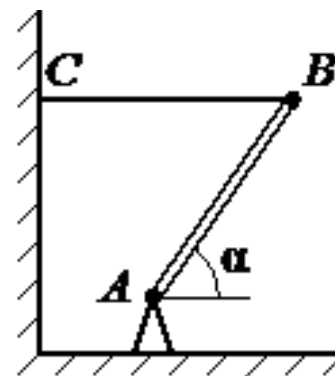
6. Тонкий однородный стержень AB шарнирно закреплён в точке A и удерживается горизонтальной нитью BC (см. рисунок). Трение в шарнире пренебрежимо мало. Масса стержня $m = 1$ кг, угол его наклона к горизонту $\alpha = 45^\circ$.

6.1. Сделайте рисунок, на котором укажите все силы, действующие на стержень. (2 балла)

6.2. Найдите модуль силы F , действующей на стержень со стороны шарнира. (3 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Силы, действующие на стержень указаны на рисунке. Это – сила тяжести Mg , сила натяжения нити T и сила реакции в шарнире F . Точка приложения силы тяжести – середина стержня (по условию стержень однороден), сила реакции разложена на две составляющие – горизонтальную F_x



и вертикальную F_y .

Запишем условие покоя стержня

$$F_x = T;$$

$$F_y = Mg.$$

Запишем правило моментов относительно точки A для определения силы натяжения нити T

$$TL \sin \alpha = Mg \frac{L}{2} \cos \alpha.$$

Из записанных соотношений получаем, что

$$F_x = T = \frac{Mg}{2} \operatorname{ctg} \alpha.$$

Тогда модуль силы реакции шарнирной опоры равен

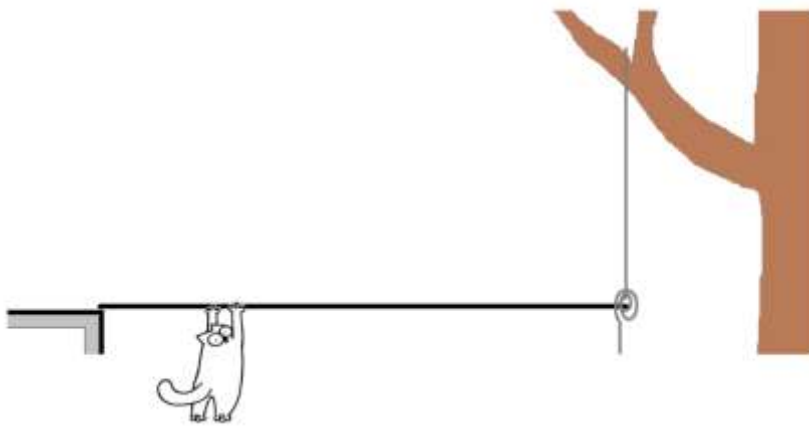
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = Mg \sqrt{\frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha}{4} + 1};$$

$$F = 11,2 \text{ Н.}$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
6.1.	Рисунок с указанием сил, действующих на стержень - сила тяжести с точкой приложения; - сила натяжения нити; - сила реакции опоры.	До 2 0,5 0,5 1
6.2.	Определение модуля силы F , действующей на стержень со стороны шарнира - записано условие покоя стержня (первый закон Ньютона) и правило моментов для какой-либо точки либо дважды правило моментов относительно двух разных точек;	До 3 2

	<i>- проделаны математические преобразования;</i>	<i>0,5</i>
	<i>- получен ответ</i>	<i>0,5</i>
	ИТОГ	5



7. После урагана во дворе оказался тяжелый стержень, который одним концом опирается на балкон, а второй конец запутался в веревке. Масса стержня $M = 10$ кг, длина $L = 1$ м. Стержень горизонтален. По стержню от балкона к дереву решил

перебраться кот Саймон массой $m = 6$ кг. Известно, что прочность веревки 74 Н. 7.1. На каком расстоянии от балкона будет находиться кот, когда веревка оборвется (3 балла)?

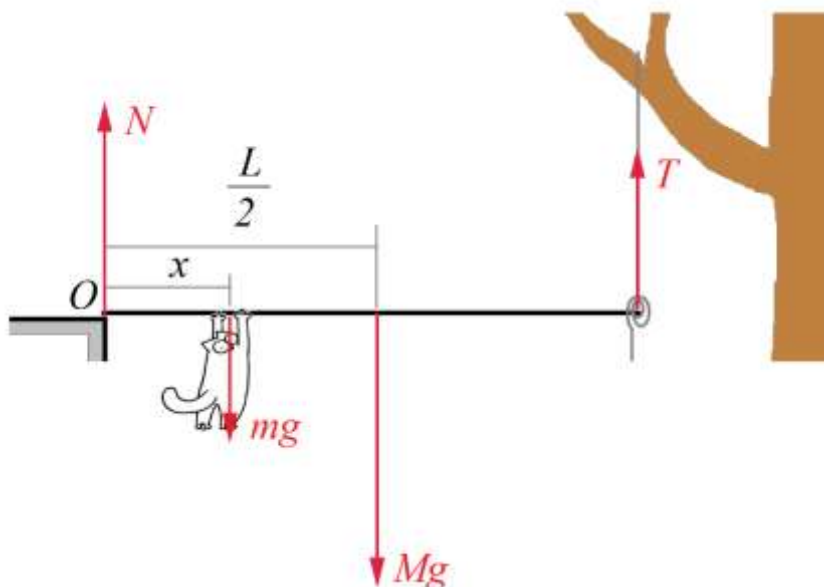
7.2. Чему равна в этот момент сила давления на балкон (2 балла)?

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Пусть кот уже находится в том положении, когда нить вот-вот порвется. Сделаем рисунок, расставим силы, запишем условие равновесия стержня и правило моментов (стержень в равновесии и горизонтален) относительно края, находящегося на балконе (т. О).

$$Mg \frac{L}{2} + mgx = TL;$$

$$T + N = (M + m)g.$$



Из первого выражения находим расстояние, на котором будет находиться кот в момент обрыва веревки

$$x = \frac{TL}{mg} - \frac{ML}{m \cdot 2};$$

$$x = 0,4 \text{ м.}$$

Из второго находим силу реакции N в этот момент

$$N = (M + m)g - T;$$

$$N = 86 \text{ Н.}$$

КРИТЕРИИ

ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
7.1	Расстоянии от балкона в момент обрыва веревки - сделан рисунок, расставлены все силы	До 3

	- записан первый закон Ньютона для системы кот+стержень и правило моментов либо дважды правило моментов относительно двух разных осей;	0,5 1,5
	- записано условие обрыва	0,5
	- проделаны математические преобразования, получен ответ	0,5
7.2.	Сила давления на балкон	До 2
	- система уравнений для решения задачи записана в таком виде, что там присутствует данная сила	1
	- проделаны математические преобразования, получен ответ в числовом виде (при обрыве нити)	1
	ИТОГ	5

8. В школьном физическом кружке изучали уравнение теплового баланса. В одном из опытов использовали два калориметра. В первом калориметре находилось 300 г воды, во втором – 200 г льда и 200 г воды при 0 °С. Теплоёмкостью калориметров пренебречь.

Какой была первоначальная температура воды в первом калориметре, если после добавления в него всего содержимого второго в первом калориметре установилась температура 2 °С? (5 баллов)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Запишем уравнение теплового баланса, введя следующие обозначения $m_1 = 300$ г масса теплой воды, её начальную температуру обозначим t_0 , m_2 – масса холодной воды, она же масса льда. Конечную температуру обозначим $t = 2^\circ\text{C}$. Удельную теплоёмкость воды обозначим c , удельную теплоту плавления льда – L .

$$m_1c(t - t_0) + m_2L + 2m_2c(t - 0) = 0.$$

Выразим отсюда начальную температуру воды

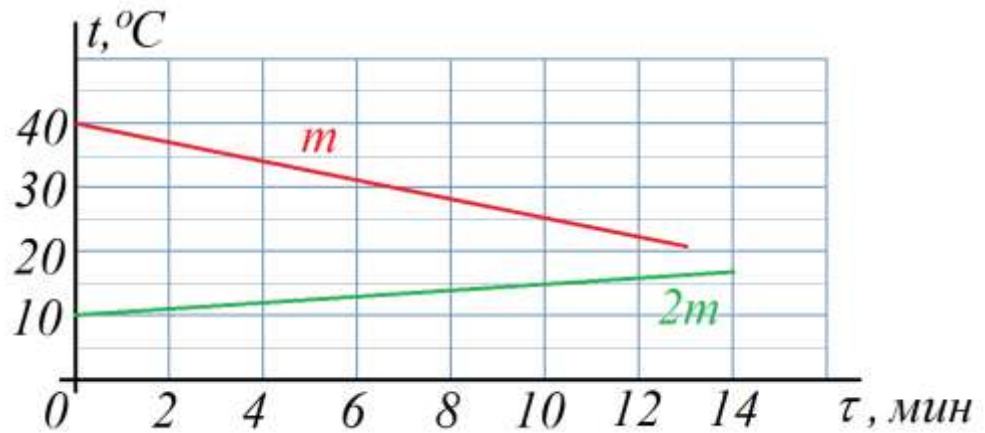
$$t_0 = t \left(1 + \frac{2m_2}{m_1} \right) + \frac{m_2L}{m_1c};$$

$$t_0 = 58^\circ\text{C}.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
8.1.	Верно записано уравнение теплового баланса <i>если записаны только отдельные формулы (количество теплоты для нагревания, охлаждения, плавления)</i>	2 <i>не более 1 балла</i>
8.2.	Проделаны математические преобразования, получен ответ в общем виде	2
8.3.	Получен верный числовой ответ	1
	ИТОГ	5

9. Два тела массами m и $2m$ приведены в тепловой контакт и могут обмениваться теплом только друг с другом. График зависимости температуры тел от времени представлен на рисунке.



9.1. Найдите отношение удельных теплоёмкостей тел c_{2m}/c_m (2 балла)

9.2. Определите конечную температуру тел. (1 балл)

9.3. В какой момент времени теплообмен между телами прекратится (секунды)? (1 балл)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

По графику определим, что за 10 минут тело массой m остыло на 15°C , а тело массой $2m$ нагрелось на 5°C . Так как тела обмениваются теплом только между собой, то

$$c_m m \cdot \Delta t_m - c_{2m} 2m \cdot \Delta t_{2m} = 0.$$

Отсюда определяем отношение теплоёмкостей

$$\frac{c_{2m}}{c_m} = \frac{m \cdot \Delta t_m}{2m \cdot \Delta t_{2m}};$$

$$\frac{c_{2m}}{c_m} = \frac{15}{2 \cdot 5} = \frac{3}{2}.$$

Определим конечную температуру t . Для этого снова запишем уравнение теплового баланса

$$c_m m(t - 40) + \frac{3}{2} c_m 2m(t - 10) = 0;$$

$$t = 17,5^{\circ}\text{C}.$$

Момент времени, когда прекратится теплообмен, можно определить из графика, однако, это будет не очень точно (на графике мало линий сетки). Поэтому лучше записать уравнение зависимости температуры какого-то тела от времени и определить, в какой момент температура станет равной $17,5^{\circ}\text{C}$. Сделаем это для тела m

$$t_m(\tau) = 40 - \frac{15}{10} \tau.$$

Температура тела станет равной $17,5^{\circ}\text{C}$ в момент времени

$$17,5 = 40 - \frac{15}{10} \tau_0;$$

$$\tau_0 = 15 \text{ минут} = 900 \text{ с}.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мах балл	Балл проверки
9.1.	Отношение удельных теплоёмкостей тел c_{2m}/c_m	2	
9.2.	Конечная температура тел	1	
9.3.	Момент окончания теплообмена (секунды)	1	
	ИТОГ	4	

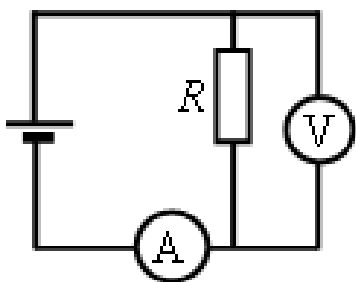


Схема 1

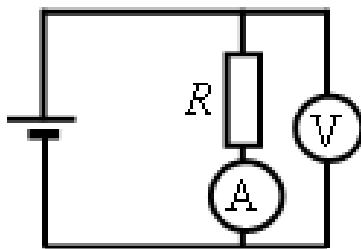


Схема 2

10. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно R , сопротивление амперметра $R/100$, сопротивление вольтметра $9R$. В первой схеме показания амперметра равны

I_1 . Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

10.1. Каковы показания вольтметра в первой схеме (2 балла)

10.2. Каковы показания амперметра во второй схеме? (2 балла)

10.3. Каковы показания вольтметра во второй схеме? (2 балла)

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Ниже приводится наиболее вероятный путь, который, с точки зрения предметной комиссии, будет выбран абитуриентами при решении этой задачи. Это не означает, что нет других способов решения.

Определим полное сопротивление первой схемы

$$R_1 = \frac{R}{100} + \frac{R \cdot 9R}{R + 9R} = \frac{91}{100} R.$$

Сила тока через амперметр в этой схеме равна

$$I_1 = \frac{U_0}{\frac{91}{100} R} = \frac{100}{91} \frac{U_0}{R}.$$

Здесь U_0 – напряжение источника.

Из записанного выражения определим отношение $\frac{U_0}{R}$

$$\frac{U_0}{R} = \frac{91}{100} I_1.$$

Показания вольтметра в первой схеме

$$V_1 = U_0 - I_1 \frac{R}{100} = \frac{9}{10} I_1 R.$$

Определим полное сопротивление второй схемы

$$R_1 = \frac{9R \left(R + \frac{R}{100} \right)}{9R + R + \frac{R}{100}} = \frac{909}{1001} R.$$

Показания вольтметра во второй схеме

$$V_1 = U_0 = \frac{91}{100} I_1 R.$$

Напряжение на ветви «резистор+амперметр» равно напряжению источника U_0 , поэтому

$$U_0 = I_2 \left(R + \frac{R}{100} \right) = \frac{101}{100} I_2 R.$$

Так как

$$\frac{U_0}{R} = \frac{91}{100} I_1,$$

то

$$I_2 = \frac{91}{101} I_1.$$

КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ:

№	Содержание критерия	Мак балл
10.1.	Показания вольтметра в первой схеме	2
	<i>Определено только сопротивление первой схемы</i>	1
10.2.	Показания амперметра во второй схеме	2
10.3	Показания вольтметра во второй схеме	2
	<i>Если по 10.2. и 10.3 определено только сопротивление второй схемы</i>	1 балл
	ИТОГ	6