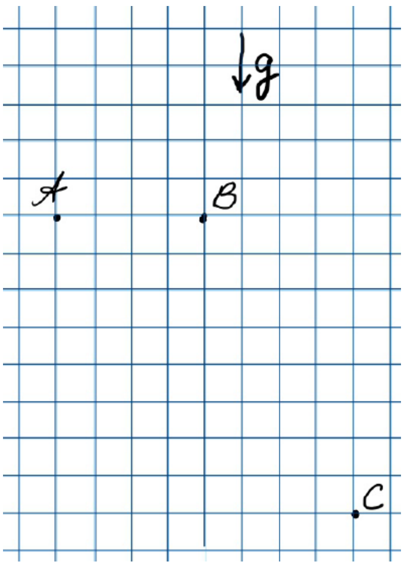
Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2024-2025 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

1. Полет по клеточкам

Экспериментатор Никита записывал на камеру бросок шарика в поле тяжести. Затем он перерисовал получившуюся траекторию в тетрадь, сохранив масштаб. Он отметил три точки, в которых шарик побывал последовательно (точки *A, B* и *C)*. Затем пришла маленькая сестра Никиты и стерла рисунок так, что остались видны только три отмеченные точки, причем точки *A* и *B* находятся на одной высоте. По данным точкам восстановите самую верхнюю точку траектории. Опишите построение. Зная, что между точками *A* и *B* было расстояние $l = 5$ м, найдите время полета между данными точками. Найдите значение скорости в точке *A*, и под каким углом к горизонту она была направлена. Ускорение свободного падения возьмите g=10 м/с^2.



Возможное решение:

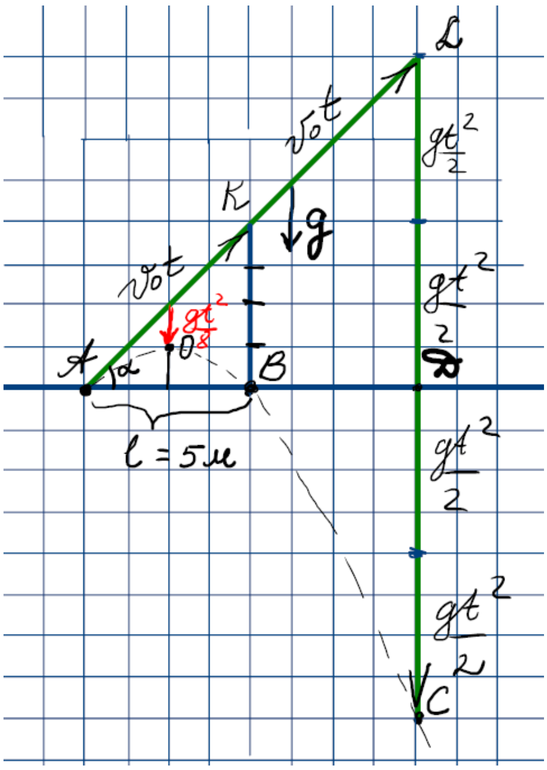
Промежутки времени между точками A и B и между точками B и C равны, так как по горизонтали пройдены одинаковые расстояния (движение по горизонтали равномерное). Запишем в векторной форме перемещение тела за время t и за время 2t:

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{v_0}t + \vec{g}\frac{t^2}{2}$$

$$\overrightarrow{AC} = 2\overrightarrow{v_0}t + \vec{g}\frac{(2t)^2}{2} = 2\overrightarrow{v_0}t + 4\vec{g}\frac{t^2}{2}$$

Где v_0 – скорость в точке *A*, если нарисовать эти вектора, то

$$KB = \frac{1}{4}LC = \frac{1}{2}LD = \frac{1}{2}CD,$$



Тогда через точки A и B проводим горизонтальную прямую, опускаем перпендикуляр из точки C на эту прямую, ставим точку D, делим расстояние CD пополам **по клеточкам или с помощью циркуля и линейки** и откладываем такое же расстояние вертикально вверх от точки B,

Предмет	***Класс***	***Дата***	***Время начала***	***Время окончания***
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

ставим точку K. Соединяем точки A и K - $\overrightarrow{AK} = \overrightarrow{v_0}t$. Из построенного видно, что длины $\left|\overrightarrow{AB}\right| = \overline{|BK|}$, тогда скорость направлена равна под углом α = 45° к горизонту.

Т.к. длина $\left|\overrightarrow{AB}\right| = \overline{|BK|} = l = 5$ м, получаем $g\frac{t^2}{2} = 5,$ и $t = 1c.$

$v_x t = v_0 t cos\alpha = \left|\overrightarrow{AB}\right| = l = 5,$ тогда $v_0 = \frac{l\sqrt{2}}{t} \approx 7$ м/с.

Вершина параболы находится посередине между точками A и B.

$$\overrightarrow{AO} = \overrightarrow{v_0}\frac{t}{2} + \vec{g}\frac{(t/2)^2}{2} = \overrightarrow{v_0}\frac{t}{2} + \vec{g}\frac{t^2}{8}$$

Чтобы найти точку O надо провести перпендикуляр к середине отрезка AB и отложить вертикально вниз от точки пересечения с $\overrightarrow{AK}$ отрезок $g\frac{t^2}{8} = \frac{KB}{4}$ (предварительно необходимо поделить KB на четыре части).

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания:

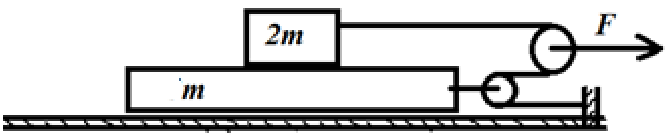
		баллы
1.	Равенство времен между A и B, между точками B и C, так как движение по горизонтали равномерное	**1**
2.	Выписано векторно $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{v_0}t + \vec{g}\frac{t^2}{2}$	**1**
3.	$\overrightarrow{AC} = 2\overrightarrow{v_0}t + \vec{g}\frac{(2t)^2}{2} = 2\overrightarrow{v_0}t + 4\vec{g}\frac{t^2}{2}$	**1**
4.	$\overrightarrow{AO} = \overrightarrow{v_0}\frac{t}{2} + \vec{g}\frac{({}^{t}/_{2})^2}{2} = \overrightarrow{v_0}\frac{t}{2} + \vec{g}\frac{t^2}{8}$	**1**
5.	Описано и обосновано построение KB (или вектора $\overrightarrow{v_0}t$)	**1**
6.	Найдено время t = 1c	**1**
7.	Найден угол α = 45°	**1**
8.	Найдена скорость $v_0 = \frac{l\sqrt{2}}{t} \approx 7$ м/с	**1**
9.	Описано построение точки O (вершины параболы)	**2**
	Сумма баллов:	**10**

Комментарии: часть этапов может быть решено стандартно через координаты, тогда п.2, п.3 и п.4 ставится полный балл за два правильных уравнения по оси x и y соответственно. В п.5 и п.9 требуется описание (и обоснование) метода построения, подразумевается, что мы умеем выполнять *стандартные* процедуры построений с помощью циркуля и линейки (т.е. строить перпендикуляры, делить пополам, откладывать отрезок с помощью циркуля, проводить параллельные прямые), здесь можно использовать еще клеточки.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

2. «Сила есть…»

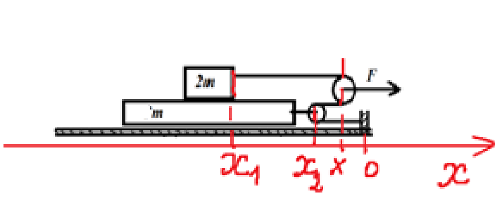
Систему грузов, имеющих массы $2m$ и m, тянут с помощью подвижного блока по гладкой горизонтальной поверхности, прикладывая горизонтальную силу F (см. рис.). Найдите ускорения тел, ускорение верхнего блока и силу натяжения нити. При каких значениях силы F грузы не будут проскальзывать друг по другу? Коэффициент трения между грузами μ. Массами блоков и нити можно пренебречь. Нить нерастяжима, ее свободные отрезки горизонтальны. Ускорение свободного падения g.

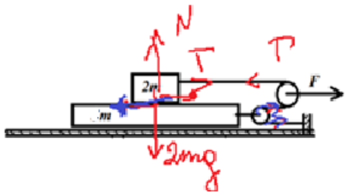


Возможное решение:

В общем случае запишем 2 закон Ньютона для тел, условие невесомости блока и нерастяжимости нити (кинематическая связь):

$$\begin{cases} F = 2T & (1) \quad \text{для верхнего блока} \\ 2ma_1 = T + F_{\text{тр}} & (2) \quad \text{верхнее тело по } Ox \\ N = 2mg & (3) \quad \text{верхнее тело по } Oy \\ ma_2 = 2T - F_{\text{тр}} & (4) \quad \text{нижнее тело вместе с блоком} \\ a = \frac{a_1 + 2a_2}{2} & (5) \quad \text{ускорение блока из кин. связи} \end{cases}$$





Кинематическую связь можно записать через неизменность длины нити:

$$(x - x_1) + (x - x_2) + (0 - x_2) = const$$

Откуда получается связь ускорений:

$$2a = 2a_2 + a_1$$

Или записать метод малых перемещений, или метод виртуальной работы:

$F\Delta x = T\Delta x_1 + 2T\Delta x_2$, тогда $2T\Delta x = T\Delta x_1 + 2T\Delta x_2$ и $2a = 2a_2 + a_1$

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Сила трения направлена вперед для верхнего тела, *можно посмотреть силы и ускорения без трения, либо рассматривать два случая исходно.*

В момент начала проскальзывания возникает пограничная ситуация: в системе действует максимально возможная сила трения $F_{тр} = \mu N$, но ускорения грузов одинаковы.

$$\begin{cases} 2ma_1 = \frac{F}{2} + 2\mu mg & \text{верхнее тело по } Ox \\ ma_1 = F - 2\mu mg & \text{нижнее тело вместе с блоком} \\ a = 1{,}5a_1 & \text{ускорение блока} \end{cases}$$

Получаем $a = 0{,}75\frac{F}{m}$, $a_1 = a_2 = 0{,}5\frac{F}{m}$; $F^* = 4\mu mg$

Если $F \le F^* = 4\mu mg$ проскальзывание между телами отсутствуем, они двигаются как одно целое с ускорениями $a_1 = a_2 = 0{,}5\frac{F}{m}$, $T = \frac{F}{2}$, получить ускорение можно и из уравнения движения двух тел вместе с одним ускорением ($3ma_1 = \frac{3F}{2}$)

Если $F \ge F^* = 4\mu mg$ возникает проскальзывание между телами тогда $F_{тр} = \mu N$:

$$\begin{cases} 2ma_1 = \frac{F}{2} + 2\mu mg & \text{верхнее тело по } Ox \\ ma_2 = F - 2\mu mg & \text{нижнее тело вместе с блоком} \\ a = \frac{a_1 + 2a_2}{2} = \frac{a_1}{2} + a_2 & \text{ускорение блока} \end{cases}$$

$$a_1 = \frac{F}{4m} + \mu g \qquad \text{верхнее тело}$$

$$a_2 = \frac{F}{m} - 2\mu g \qquad \text{нижнее тело}$$

$$a = \frac{9F}{8m} - \frac{3}{2}\mu g \qquad \text{ускорение блока}$$

Ответ: Проскальзывание есть при $F \ge 4\mu mg$, $a_1 = \frac{F}{4m} + \mu g$; $a_2 = \frac{F}{m} - 2\mu g$; $a = \frac{9F}{8m} - \frac{3}{2}\mu g, T = \frac{F}{2}$

Проскальзывания нет при $F \le 4\mu mg$, при этом $a = 0{,}75\frac{F}{m}$; $a_1 = a_2 = 0{,}5\frac{F}{m}$, $T = \frac{F}{2}$

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников
в 2024-2025 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания:

		баллы
1.	Определена сила натяжения нити (1)	**0,5**
2.	Правильно выбрано направление силы трения	**0,5**
3.	Записан 2-й закон Ньютона для верхнего груза (2)	**1**
4.	Записан 2-й закон Ньютона для нижнего груза (4)	**1**
5.	Найдена N для верхнего груза (3)	**0,5**
6.	Выражено ускорение блока через ускорения грузов (5)	**1**
7.	Указано условие начала проскальзывания грузов	**0,5**
8.	Найдены ускорения при отсутствии проскальзывания $a = 0{,}75\,\frac{F}{m}$ (0,5 балла); $a_1 = a_2 = 0{,}5\,\frac{F}{m}$ (0,5 балла)	**1**
9.	Найдены значения силы F, при которых проскальзывание отсутствует $F \le 4\mu mg$	**1**
10.	Найдены ускорения при наличии проскальзывания $$a_1 = \frac{F}{4m} + \mu g;\ a_2 = \frac{F}{m} - 2\mu g;\ a = \frac{9F}{8m} - \frac{3}{2}\mu g$$ *(по одному баллу за каждое)*	**3**
	Сумма баллов:	**10**

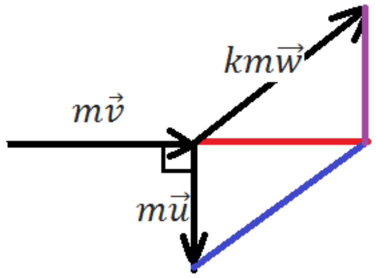
Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

3. Упругое столкновение

Ядра гелия — альфа-частицы — после упругого столкновения с ядрами атомов мишени и отклонении на прямой угол имеют кинетическую энергию в два раза меньшую начальной. Каково отношение массы ядер атомов мишени к массе альфа-частиц? Предположите, из чего сделана мишень.

Возможное решение:

Если энергия альфа-частицы стала в два раза меньше $\frac{mv^2}{4} = \frac{mu^2}{2}$, то ее скорость стала равной $u = v/\sqrt{2}$. Пусть масса мишени в k раз больше массы альфа-частицы, а w скорость мишени после взаимодействия, запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса:



$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{4} + \frac{kmw^2}{2}$$

$$m\vec{v} = m\vec{u} + km\vec{w}$$

Т.к. альфа-частица отклоняется под прямым угол, запишем теорему Пифагора: $(kmw)^2 = (mv)^2 + (mu)^2$, подставляем скорость u, получаем простую систему:

$$(kmw)^2 = \frac{3}{2}(mv)^2$$

$$kmw^2 = \frac{mv^2}{2}$$

и находим $k = 3$, тогда масса атомов мишени μ = 3*4=12 г/моль, что соответствует углероду, значит материалом мишени моет быть алмаз или графит.

Муниципальный этап

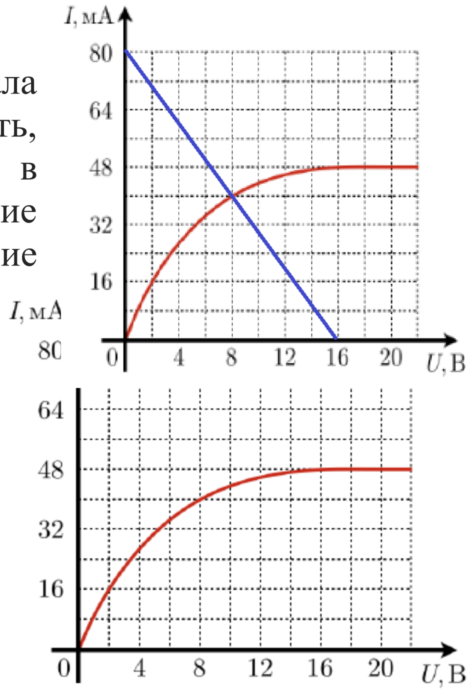
Всероссийской олимпиады школьников
в 2024-2025 учебном году

Предмет	***Класс***	***Дата***	***Время начала***	***Время окончания***
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

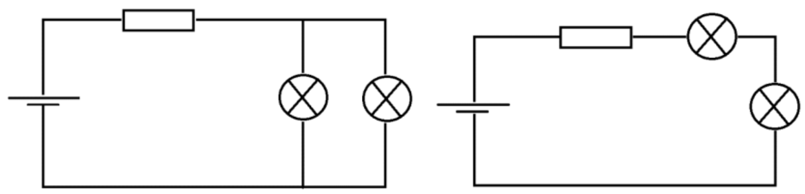
Критерии оценивания:

	Этапы решения	*соотношения*	*Балл*
1	Найдена скорость альфа-частицы после взаимодействия	$u = v/\sqrt{2}$	**1**
2	Закон сохранения энергии	$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{4} + \frac{kmw^2}{2}$	**2**
3	Закон сохранения импульса (векторно или сразу рисунок)	$m\vec{v} = m\vec{u} + km\vec{w}$	**1**
4	Записана теорема Пифагора для треугольника импульсов, или правильно расписаны два уравнения по осям	$(kmw)^2 = (mv)^2 + (mu)^2$	**2**
5	Найдено отношение масс	$k = 3$	**2**
6	Получена масса атомов мишени	μ = 3*4=12 г/моль	**1**
7	Сделан вывод, что это углерод (графит, алмаз)	C	**1**
		Итого:	**10**

4. ВАХ!



Две одинаковых лампы подключили в схему сначала параллельно, а потом последовательно. Мощность, выделяемая на каждой лампе, оказалась одинаковой в обоих случаях. Найдите эту мощность, если напряжение идеальной батареи U_0 = 24 В. Найдите сопротивление резистора. Какая мощность будет выделяться на лампе, если собрать схему из последовательно соединенных одной лампы, того же сопротивления и идеальной батареи с напряжением U = 16 В?



Вольтамперная характеристика (зависимость тока от напряжения) лампы приведена на рис.

Возможное решение:

В первой схеме ток через резистор равен $2I_1$ (параллельное соединение лампочек), тогда

$U_0 = 2I_1R + U_1$,

где R – сопротивление резистора, U_1 и I_1 – напряжение и ток на лампочках,

Во второй схеме лампочки соединены последовательно, ток через резистор равен току в лампочках, а напряжения на лампочках складываются (U_2 – напряжение на каждой из лампочек во второй схеме)

$U_0 = I_2R + 2U_2$

Мощность на каждой лампочке $P = I_1U_1$ в первой схеме равна I_2U_2 во второй схеме, поэтому токи и напряжения на лампочках в первой и второй схеме равны.

Приравнивая токи и напряжения и получаем простую систему уравнений:

$U_0 = 2I_1R + U_1$;

$U_0 = I_1R + 2U_1$,

откуда находим $U_1 = U_2 = U/3 = 8$В, ток в лампочке находим, используя ВАХ, $I_1 = I_2 = 40$ мА, затем находим R = 200 Ом.

Находим мощность, выделяемую на лампочках $P = I_1U_1 = 320$ мВт = 0,32 Вт

Для новой батарейки пишем $U = I_лR + U_л$, получаем зависимость

Iл = U/R - $U_л$/R , проводим эту прямую (нагрузочная прямая) Iл = (80 – 5$U_л$) мА и находим ток и напряжение на лампочке, как точку пересечения нагрузочной прямой и ВАХа. Получаем $I_л$= 40 мА, $U_л$ = 8В, и мощность $P = I_лU_л$ = 0,32 Вт, такую же, как и в первых двух схемах.

Критерии оценивания:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1.	Закон Ома для полной цепи (правила Кирхгофа) для 1 схемы *(Если использует $R_л$, то получает 1 балл)*	$U_0 = 2I_1R + U_1$	**2**
2.	Закон Ома для полной цепи (правила Кирхгофа) для 2 схемы *(Если использует $R_л$, то получает 1 балл)*	$U_0 = I_2R + 2U_2$	**2**
3.	Мощность на лампочках (*Если использует $R_л$ и пишет* $P=I^2$ *$R_л$, то получает 0)*	$P = I_1U_1 = I_2U_2$	**1**
4.	Нашли напряжение на лампочке	$U_1 = U_2 = U/3$ = 8В	**1**
5.	Используя ВАХ нашли ток на лампочке	$I_1 = I_2$ = 40 мА	**0,5**
6.	Нашли мощность	P = 0,32 Вт	**0,5**
7.	Для новой батарейки	$U = I_лR + U_л$	**1**
8.	Построили нагрузочную прямую	Iл = (80 – 5$U_л$) мА	**1**
9.	Нашли ток и напряжение	$I_л$= 40 мА, $U_л$ = 8В	**0,5**
10.	Нашли мощность	$P = I_лU_л$ = 0,32 Вт	**0,5**
		сумма за задачу:	**10**

Комментарии: Часть этапов могут быть объединены. Если используют сопротивление лампы, то за первую часть (п.1 – п.6 ставится 4 балла при правильном нахождении всех величин.)

Во второй части (п. 7 – п.10), если используется $R_л$, то максимум 1 балл, могут быть решения, где складываются ВАХ лампочки и ВАХ резистора, в этом случае, при правильном нахождении параметров также ставится полный балл)

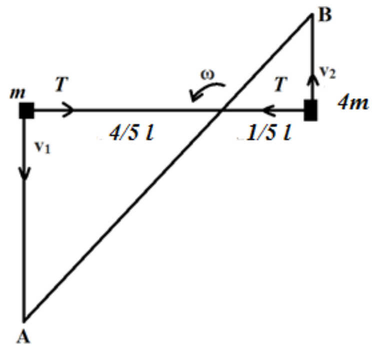
Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

5. В отрыв!

Два тела массы m и $4m$, связанные нитью длины l, вращаются на гладкой горизонтальной поверхности. Натяжение нити равно T. Нить пережигают, и тела начинают разлетаться. Найдите время, через которое расстояние между телами увеличится в два раза.

Возможное решение:

Тела вращаются исходно с одинаковой угловой скоростью вокруг центра масс, по окружностям с радиусами $R_1 = 4l/5$ и $R_2 = l/5$ соответственно. Расстояния до центра масс можно найти или из определения центра масс, или записав 2 закон Ньютона для обоих тел.



$ma_1 = m\omega^2 R_1 = T$

$4ma_2 = 4m\omega^2 R_2 = T$

$a_1 = \omega^2 R_1 = v_1^2/R_1$

$a_2 = \omega^2 R_2 = v_2^2/R_2$

$$\omega^2 = \frac{5T}{4ml}$$

После пережигания нити тела двигаются прямолинейно и равномерно со скоростями v_1 и v_2.

Расстояние между ними AB = L через время t выражаем через теорему Пифагора.

$$L = \sqrt{(v_1 t)^2 + (\tfrac{4l}{5})^2} + \sqrt{(v_2 t)^2 + (\tfrac{l}{5})^2} = l\sqrt{\omega^2 t^2 + 1} = l\sqrt{\frac{5Tt^2}{4ml} + 1}$$

Ищем t при $L = 2l$ $\qquad t = 2\sqrt{\frac{3ml}{5T}}$

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников
в 2024-2025 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1.	Вращение вокруг центра масс по соответствующим радиусам	$R_1 = 4l/5$ и $R_2 = l/5$	**1**
2.	Найдены центростремительные ускорения	$a_1 = \omega^2 R_1 = v_1^2/R_1$ $a_2 = \omega^2 R_2 = v_2^2/R_2$	**1**
3.	Записан второй закон Ньютона (если уже найдены R_1 и R_2 достаточно одного	$ma_1 = m\omega^2 R_1 = T$ $4ma_2 = 4m\omega^2 R_2 = T$	**1**
4.	Выражены v_1 или v_2 или ω (или их квадраты) через T	$v_1{}^2 = \frac{4Tl}{5m}$ $v_2{}^2 = \frac{Tl}{20m}$ $\omega^2 = \frac{5T}{4ml}$	**2**
5.	Разлет тел. Прямолинейное движение. Рисунок.		**2**
6.	Использование теоремы Пифагора для выражения расстояния между телами через время t после пережигания нити. 2 прямоугольных треугольника (можно подобие и один большой)		**1**
7.	Найдено время t	$t = 2\sqrt{\frac{3ml}{5T}}$	**2**
	Сумма за задачу:		**10**

Комментарии: Часть этапов могут быть объединены. Центр масс можно не находить, можно найти радиусы в том числе из подобия треугольников, тогда нужна связь v с угловой скоростью.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*10*	*11.11.2024*	*10.00*	*13.00*

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратится или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.