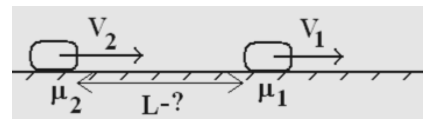
Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников
в 2023-2024 учебном году

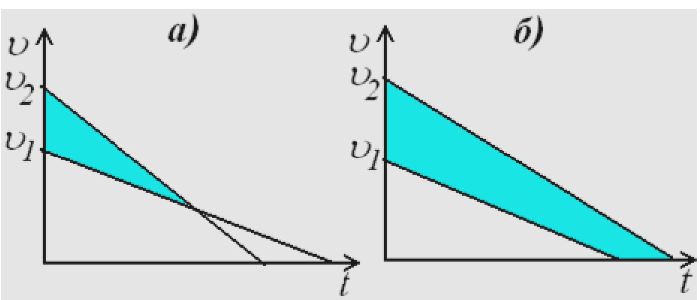
Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

1. Мягкое соприкосновение



По горизонтальной опоре вправо движутся хрупкие детали. Коэффициенты трения первой детали с опорой $\mu_1 = 0{,}2$, а у второй $\mu_2 = 0{,}3$. Их скорости в начальный момент $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 2{,}7$ м/с. При какой начальной дистанции между деталями вторая догонит первую без удара? Ответьте на этот же вопрос, если начальные скорости деталей $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 3{,}3$ м/с. Примите ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

Возможное решение



Условие мягкого соприкосновения равенство скоростей при соприкосновении. При соприкосновении «на ходу» сравниваются ненулевые скорости при встрече (график зависимости скорости от времени слева). Но возможна ситуация, когда сначала останавливается передняя деталь, а вторая останавливается позднее в момент соприкосновения (график зависимости скорости от времени справа). На этих графиках начальная дистанция «площадь» окрашенной фигуры.

При скоростях $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 2{,}7$ м/с происходит контакт с выравниванием скоростей на ходу, случай *а)*. Аналитически

$$\upsilon_1 - \mu_1 gt = \upsilon_2 - \mu_2 gt;\ \upsilon_1 t - \mu_1 gt^2/2 + L = \upsilon_2 t - \mu_2 gt^2/2;$$
$$L = (\upsilon_2 - \upsilon_1)^2/2(\mu_2 - \mu_1)g = 0{,}245 \text{ м.}$$

При начальных скоростях $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 3{,}3$ м/с происходит контакт с остановкой второй детали при контакте с уже стоящей первой. Тогда

$L = \upsilon_2^2/2\mu_2 g - \upsilon_1^2/2\mu_1 g = 0{,}815$ м, а не $0{,}845$ м (такой ответ получился бы при использовании первой формулы)!

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2023-2024 учебном году

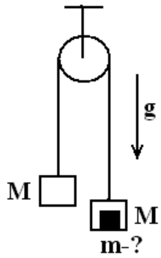
Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания

	Этапы решения	*соотношения*	*Балл*
1	Рассмотрен вариант соприкосновения, когда **скорости деталей равны при столкновении**		**1**
2	Построен график и найдена соответствующая площадь, или решение найдено аналитически для первого случая	$L = (\upsilon_2 - \upsilon_1)^2/2(\mu_2 - \mu_1)g$	**3**
3	Получен числовой ответ для $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 2{,}7$ м/с	*0,245* м	**1**
2	Рассмотрен вариант соприкосновения, когда первый останавливается, а второй догоняет первый и останавливается в момент столкновения		**1**
3	Построен график и найдена соответствующая площадь, или решение найдено аналитически для второго варианта мягкого соприкосновения.	$L = \upsilon_2^2/2\mu_2 g - \upsilon_1^2/2\mu_1 g$	**3**
4	Получен числовой ответ для $\upsilon_1 = 2$ м/с и $\upsilon_2 = 3{,}3$ м/с	*0,815* м	**1**
		итого	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

2. Обрыв нити



Коробки равных масс *M* связаны нитью, пропущенной через блок без трения. Если в обе коробки помещать одинаковые грузы, то нить обрывается, начиная с массы одного груза $m_0 = 0{,}8M$. Какой максимальной массы m груз можно поместить только в одну коробку, чтобы он опускался без обрыва нити?

Возможное решение

При помещении в коробки одинаковых грузов равновесие сохранится. Тогда из условия равновесия найдется приводящее к обрыву критическое натяжение нити, а именно $T_k = (M + m_o)g = 1{,}8Mg$ <1 балл>. При помещении груза только в одну коробку равновесие нарушится и возникнет ускорение. Из подразумеваемой нерастяжимости нити ускорения коробки справа и слева одинаковы по величине, справа оно направлено вниз, а слева вверх <2 балла>.

Обозначим величину ускорения *a*, и применим 2-й закон Ньютона в граничном случае, когда натяжение нити достигло T_k <1 балл>.

В применении к пустой коробке слева $Ma = T_k – Mg$ <2 балла>.

В применении к коробке с грузом справа $(M + m)a = (M + m)g – T_k$ <2 балла>.

Откуда критическое значение массы $m = 8M$! (при меньшей массе нить не оборвётся) <2 балла>.

Можно по массам получить натяжение нити $T = 2M(M + m)g/(2M + m)$ (T монотонно растёт с увеличением m) и найти критическое значение массы из условия $T = T_k$.

Критерии оценивания

	Этапы решения	*соотношения*	*Балл*
1	Нахождение критического натяжения	$T_k = (M + m_o)g = 1{,}8Mg$	**1**
2	Связь величин и направлений ускорений		**2**
3	Рассмотрение граничного случая	$T = T_k$.	**1**
4	Применение 2 закона Ньютона к коробке	$Ma = T_k – Mg$ (аналог)	**2**
5	-/- -/- -/- -/- -/- -/- к коробке с грузом	$(M + m)a = (M + m)g – T_k$	**2**
6	Нахождение критической массы	$m = 8M$	**2**
		итого	**10**

Комментарий: Можно по массам получить натяжение нити $T = 2M(M + m)g/(2M + m)$ (T монотонно растёт с увеличением m) и найти критическое значение массы из условия $T = T_k$. При этом без изменения баллов лишь слегка видоизменяются соотношения этапов 4 и 5, а 3 этап становится предпоследним.

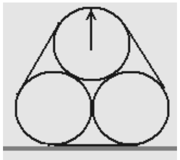
Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников в 2023-2024 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

3. Три трубы

Три одинаковые трубы, массой m каждая, охвачены натянутой петлёй из резиновой ленты. При какой наименьшей силе натяжения ленты T_1 они останутся прижаты друг к другу, находясь на горизонтальном полу? При какой наименьшей силе натяжения T_2 трубы не расползутся при равномерном подъёме по вертикали за верхнюю трубу? Трения нет, ускорение свободного падения g.



Возможное решение

В первом случае наименьшее натяжение T_1 достигается при обращении в ноль нормального давления нижних труб друг на друга. Силы нормального давления N со стороны нижних труб на верхнюю из симметрии одинаковы и направлены по прямой, соединяющей центры. Из равновесия верхней трубы по вертикали имеем $(N – T_1)\sqrt{3} = mg$, а из равновесия нижней трубы по горизонтали $(3/2)T_1 = (1/2)N$. Тогда $T_1 = mg\sqrt{3}/6$.

Во втором случае наименьшее натяжение T_2 достигается при обращении в ноль нормального давления верхней трубы на нижние. Из равновесия системы в целом имеем, что сила, приложенная к верхней трубе при отрыве от пола $F = 3mg$. А из равновесия верхней трубы по вертикали ы нормального давления N со стороны нижних труб на верхнюю из симметрии одинаковы и направлены по прямой, соединяющей центры. Из равновесия верхней трубы по вертикали имеем $T_2\sqrt{3} + mg = F$, откуда $T_2 = mg2\sqrt{3}/3$.

Критерии оценивания

	Этапы решения	*соотношения*	*балл*
1	В первом случае наименьшее натяжение T_1 достигается при обращении в ноль нормального давления нижних труб друг на друга.		**1**
2	Равновесие верхней трубы по вертикали	$(N – T_1)\sqrt{3} = mg$	**1**
3	равновесия нижней трубы по горизонтали	$(3/2)T_1 = (1/2)N$	**2**
4	Получен ответ для T_1	$T_1 = mg\sqrt{3}/6$	**1**
5	Во втором случае наименьшее натяжение T_2 достигается при обращении в ноль нормального давления верхней трубы на нижние.		**1**
6	Равновесие системы в целом (либо сумма уравнений по вертикали)	$F = 3mg$	**2**
7	равновесия верхней трубы по вертикали	$T_2\sqrt{3} + mg = F$	**1**
8	Получен ответ для T_2	$T_2 = mg2\sqrt{3}/3$.	**1**
		итого	**10**

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников
в 2023-2024 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

4. Три медных бруска

Для проведения эксперимента взяли три медных бруска. Один из них массы M = 3 кг нагрет, а у двух – комнатная температура. Нагретый брусок привели в длительный контакт с бруском массы m = 2,5 кг комнатной температуры. При этом температура нагретого бруска уменьшилась на Δt = 10 °С. Затем брусок массы M перенесли и привели в контакт с другим бруском комнатной температуры. Какова масса этого второго бруска, если у бруска массы M температура упала ещё на Δt = 10 °С? Обменом тепла с внешней средой пренебречь.

Возможное решение

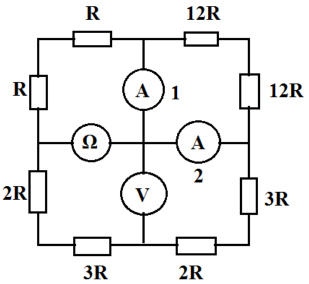
На первый взгляд кажется, что без знания комнатной температуры t_1 и начальной температуры t_2 нагретого бруска не обойтись. Однако это не так.
Конечная общая температура после первого контакта равна $t_2 – \Delta t$ <1 балл>.
Приращение температуры бруска массы m $\Delta t_1 = t_2 – \Delta t – t_1$.<1 балл>.
Уравнения теплового баланса для первого контакта (с удельная теплоёмкость):
$Mc\Delta t = mc(t_2 – \Delta t – t_1)$ или $M\Delta t = m(t_2 – \Delta t – t_1)$ <2 балла>.
Совершенно аналогично, конечная общая температура после второго контакта равна $t_2 – 2\Delta t$ <1 балл>.
Приращение температуры бруска массы неизвестной массы m_x
$\Delta t_2 = t_2 – 2\Delta t – t_1$.<1 балл>.
А из уравнения теплового баланса имеем $M\Delta t = m_x(t_2 – 2\Delta t – t_1)$ <2 балла>.
Из уравнений теплового баланса имеем соотношения:
$M\Delta t/m = t_2 – \Delta t – t_1$; $M\Delta t/m_x = t_2 – 2\Delta t – t_1$, исключая из них лишние неизвестные находим
$m_x = Mm/(M – m) = 15$ кг <2 балла>.

Критерии оценивания

	Этапы решения	*соотношения*	*Балл*
1	Нахождение конечной температуры (1 контакт)	$t_2 – \Delta t$	**1**
2	Нахождение конечной температуры (2 контакт)	$t_2 – 2\Delta t$	**1**
3	Приращение температуры (1 контакт)	$\Delta t_1 = t_2 – \Delta t – t_1$	**1**
4	Приращение температуры (2 контакт)	$\Delta t_2 = t_2 – 2\Delta t – t_1$	**1**
5	Тепловой баланс (1 контакт)	$M\Delta t = m(t_2 – \Delta t – t_1)$	**2**
6	Тепловой баланс (2 контакт)	$M\Delta t = m_x(t_2 – 2\Delta t – t_1)$	**2**
7	Нахождение искомой массы	$m_x = Mm/(M – m) = 15$ кг	**2**
		итого	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*10.00*	*13.00*

5. Приборы в квадрате



В цепи, схема которой представлена на рисунке, омметр показывает сопротивление 1000 Ом, а вольтметр – напряжение 3,0 В. Определите показания амперметров. Найдите значение сопротивления R. Амперметры и вольтметр идеальные.

Возможное решение:

Внутри омметра находится батарейка. Сопротивление, которое показывает омметр $R_\Omega = \frac{U}{I}$, где U – напряжение на омметре, I – ток через него. Через сопротивления 12R ток не идет, т.к. напряжение на идеальных амперметрах равно нулю. Пусть ток через первый амперметр I_1, через второй – I_2, тогда для верхнего левого квадрата $U = I_1 \cdot 2R$. Для нижнего участка $U = I_2 \cdot 10R$. Напряжение вольтметра $V = I_2 \cdot 5R$. Ток через омметр $I = I_1 + I_2$; Из полученных уравнений выражаем $I_1 = 5\,I_2$, $R_\Omega = \frac{U}{I} = \frac{I_2 \cdot 10R}{6\,I_2} = \frac{5R}{3} = \frac{2V}{6\,I_2}$; тогда $R = \frac{3}{5}R_\Omega$; $I_2 = \frac{V}{3R_\Omega} = 1$ мА, $I_1 = \frac{5V}{3R_\Omega} = 5$ мА

Комментарии: Можно записывать правила Кирхгофа или использовать метод узловых потенциалов, при правильном использовании ставить баллы за аналогичные уравнения. Исходно омметр может быть заменен на ЭДС с внутренним сопротивлением.

Критерии оценивания:

		баллы
1.	Сопротивление, которое показывает омметр $R_\Omega = \frac{U}{I}$, где U – напряжение на омметре, I – ток через него.	**1**
2.	Через сопротивления 12R ток не идет	**1**
3.	Ток через омметр $I = I_1 + I_2$	**1**
4.	Законы Ома для участка цепи $U = I_1 \cdot 2R$; $U = I_2 \cdot 10R$	**1**
5.	$V = I_2 \cdot 5R$ или аналогичное	**1**
6.	Найдено сопротивление $R = \frac{3}{5}R_\Omega = 600$ Ом	**1**
7.	Найден ток $I_2 = \frac{V}{3R_\Omega} = 0{,}001$ А $= 1$мА,	**2**
8.	Найден ток $I_1 = \frac{5V}{3R_\Omega} = 0{,}005$ А $= 5$мА,	**2**
	Сумма баллов:	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*08.11.2023*	*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 приводится два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.