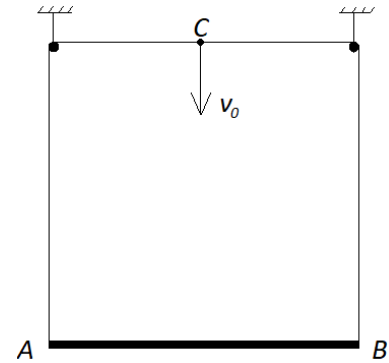


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2018-19 учебный год. 10 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1.

Твердый стержень АВ подвешен на идеальной нити, которая перекинута через маленькие неподвижные блоки. Стержень и нить образуют квадрат со стороной $a = 27$ см. В точке С к нити прикреплен небольшой грузик. В начальный момент времени грузик стали тянуть вертикально вниз с постоянной скоростью $v_0 = 0,5$ см/с. На какую высоту поднимется стержень к моменту соприкосновения с грузиком? Определите скорость стержня в этот момент времени и время, затраченное стержнем на это перемещение.

Автор: Гусев Андрей Владиславович



Возможное решение

1) Пусть к моменту встречи с грузиком стержень поднялся на высоту h .

Тогда: $EF^2 = ED^2 + DF^2$

EF равно изначальной длине нити $0,5a$ от блока до точки С плюс дополнительный кусок нити длиной h , прошедший через блок.

$$(0,5a + h)^2 = (a - h)^2 + (0,5a)^2$$

В результате, получаем: $h = a/3 = 9$ см

2) Скорость нити равна скорости стержня.

Рассмотрим маленький промежуток времени Δt для произвольного положения грузика. За это время он опустился на расстояние s , а веревка вытянулась на величину r . Эти расстояния связаны между собой соотношением: $r = s \cdot \cos\alpha$.

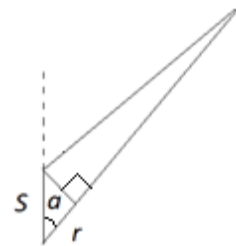
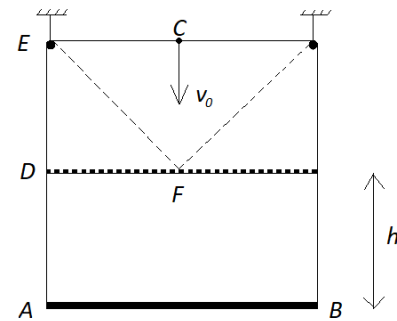
Скорости пропорциональны соответствующим расстояниям. Следовательно, связь между скоростями груза и стержня: $v_{ст} = v_0 \cdot \cos\alpha$.

Для момента встречи $\cos\alpha = CF:FE = \left(\frac{2a}{3}\right) : \left(\frac{5a}{6}\right) = 0,8$.

Окончательный результат:

$$v_{ст} = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ м/с.}$$

3) Время движения стержня и груза одинаковые. Груз до встречи прошел $a - h = 18$ см. Следовательно, искомое время: $t = \frac{a-h}{v_0} = \frac{18}{0,5} = 36$ с.

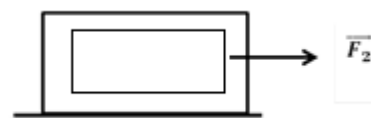


Критерии оценивания

1.	Выведена связь между стороной квадрата и искомой высотой $(0,5a + h)^2 = (a - h)^2 + (0,5a)^2$ или аналогичная	2 балла
2.	Рассчитана высота $h = a/3 = 9$ см	1 балл
3.	Найдена связь между скоростями груза и стержня $v_{ст} = v_0 \cdot \cos\alpha$	3 балла
4.	Рассчитана скорость стержня в момент встречи $v_{ст} = 0,4$ м/с	2 балла
5.	Найдено перемещение груза $a - h = 18$ см	1 балл
6.	Найдено искомое время	1 балл

Задача №2.

При проведении лабораторной работы ученик вертикально подвесил цилиндр к динамометру, который при этом показал значение $F_1 = 1,5\text{ Н}$. Затем ученик положил цилиндр в горизонтальный желоб с углом раствора $\alpha = 60^\circ$, расположенный симметрично относительно вертикальной оси, и начал тянуть цилиндр вдоль желоба с постоянной скоростью (см. рис.), при этом динамометр показал значение $F_2 = 0,3\text{ Н}$.



1) Определите коэффициент трения между цилиндром и желобом?

2) Каким будет ускорение цилиндра, если наклонить желоб под углом $\beta = 10^\circ$ к горизонту?

Автор: Баланов Василий Юрьевич.

Возможное решение

При вертикальном подвешивании $mg = F_1 = 1,5\text{ Н}$.

При горизонтальном перемещении цилиндра с постоянной скоростью по желобу сумма действующих на него сил равна нулю. В проекции на горизонтальную ось получим: $F_2 = 2F_{\text{тр}} = 2\mu N$.

В проекции на вертикальную ось: $mg = 2N\sin(\frac{\alpha}{2})$.

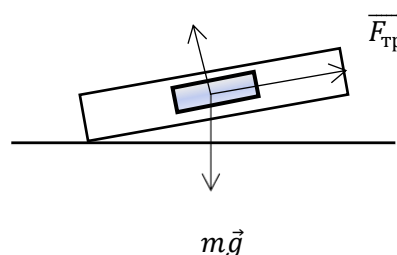
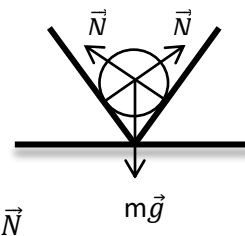
Из уравнений получаем $\mu = \frac{F_2 \sin(\frac{\alpha}{2})}{mg} = 0,1$

При наклоне желоба под углом β к горизонту, из второго закона Ньютона на ось, параллельную желобу, получаем:

$$ma = mg\sin\beta - 2\mu N.$$

На ось перпендикулярную желобу: $2N \sin(\frac{\alpha}{2}) = mg\cos\beta$.

Получаем $a = g(\sin\beta - \frac{\mu\cos\beta}{\sin(\frac{\alpha}{2})})$ и если $\text{tg}\beta < \frac{\mu}{\sin(\frac{\alpha}{2})}$, то $a = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ и цилиндр не будет скользить вниз, что соответствует углу $\beta = 10^\circ$.



Критерии оценивания

1.	Рисунок с верно расставленными силами	1 балл
2.	Вес цилиндра равен $mg = F_1 = 1,5\text{ Н}$	1 балл
3.	23Н в проекции на горизонтальную ось $F = 2F_{\text{тр}}$	1 балл
4.	23Н в проекции на вертикальную ось $mg = 2N\sin(\frac{\alpha}{2})$.	1 балл
5.	Получено $\mu = \frac{F\sin(\frac{\alpha}{2})}{mg} = 0,1$	1 балл
6.	23Н в проекции на ось, параллельную желобу $ma = mg\sin\beta - 2\mu N$	1 балл
7.	23Н в проекции на ось, перпендикулярную желобу $2N \sin(\frac{\alpha}{2}) = mg\cos\beta$	1 балл
8.	Проведен анализ и сделан вывод, что цилиндр не будет скользить	2 балла
9.	Получен ответ $a = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	1 балл

Задача №3.

Брусочки с массами $m_1 = m$ и $m_2 = 2m$ связаны нитью длиной L и положены на горизонтальный стол. Между брусками вставляют легкую пружинку, жесткость которой k , а

длина в недеформированном состоянии - $2L$. Нить пережигают и бруски разъезжаются. Определите:

- 1) установившуюся скорость каждого бруска, если стол гладкий;
- 2) соотношения между коэффициентами трения брусков о стол, если стол шершавый и известно, что бруски остановились одновременно.

Автор: *Рогальский Юрий Константинович*

Возможное решение

Вопрос №1

Запишем закон сохранения импульса: $m_1 v_1 = m_2 v_2$.

Запишем закон сохранения энергии: $\frac{kL^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$.

Решив систему уравнений получим: $v_1 = L \sqrt{\frac{2k}{3m}}$, $v_2 = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$

Вопрос №2

Если силы упругости действуют в течение времени τ , а силы трения в течение времени t , то изменения импульса (Δp) каждого бруска за все время движения:

$\Delta p = F_{\text{упр}} \tau - F_{\text{тр1}} t = 0 = F_{\text{упр}} \tau - F_{\text{тр2}} t$, значит $F_{\text{тр1}} = F_{\text{тр2}}$

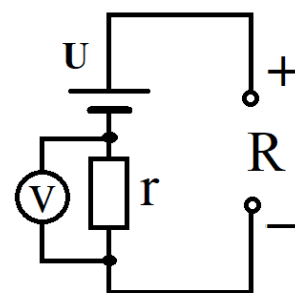
$F_{\text{тр1}} = \mu_1 mg$, $F_{\text{тр2}} = \mu_2 2mg$, откуда $\mu_1 = 2\mu_2$.

Критерии оценивания

1.	Закон сохранения импульса $m_1 v_1 = m_2 v_2$	2 балла
2.	Закон сохранения энергии $\frac{kL^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$	2 балла
3.	Получен ответ на первый вопрос $v_1 = L \sqrt{\frac{2k}{3m}}$, $v_2 = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{2k}{3m}}$	2 балла
4.	Записан закон сохранения импульса для каждого из брусков $\Delta p = F_{\text{упр}} \tau - F_{\text{тр1}} t = 0 = F_{\text{упр}} \tau - F_{\text{тр2}} t$ или записаны другие уравнения, позволяющие выразить отношение коэффициентов трения.	3 балла
5.	Получен ответ $\mu_1 = 2\mu_2$	2 балла

Задача №4.

Упрощенная электрическая схема электронного мультиметра, работающего в режиме измерения сопротивления, показана на рисунке. Элементы мультиметра (источник напряжения U и вольтметр V) считайте идеальными. После измерения напряжения на внутреннем сопротивлении r мультиметр «пересчитывает» эти показания в значение сопротивления внешней цепи R , и отображает их на своем индикаторе.



1. Получите формулу, выражающую R через V , U и r , которая используется мультиметром для определения внешнего сопротивления R через параметры мультиметра U , r и значение напряжения на вольтметре V .

2. Неграмотный экспериментатор взял два **разных** мультиметра и соединил их, подключив «-» первого к «+» второго, а «+» первого к «-» второго. Он очень удивился, когда на одном из мультиметров увидел показания: $X = -1$ Ом, ведь сопротивление не бывает отрицательным. Какое показание он увидел на втором мультиметре?

3. Что покажут три **одинаковых** мультиметра с внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом каждый, если их соединить последовательно? («+» первого подключен к «-» второго и так далее, а «+» третьего подключен к «-» первого.)

Автор: *Воронцов Александр Геннадьевич*

Возможное решение

1. Так как вольтметр идеальный, то ток через него не идет, значит $V = r \cdot I$, где I – общий ток в цепи.

Закон Ома для полной цепи дает $U = I(R+r)$.

Исключая I получим: $R = \frac{U}{I} - r = r\left(\frac{U}{V} - 1\right)$.

2. Пусть U_1, U_2 – напряжения источников, r_1, r_2 – внутренние сопротивления мультиметров. Для двух мультиметров показания каждого из них проще выразить через силу тока: $I = \frac{U_1 + U_2}{r_1 + r_2}$.

Для первого прибора показания $X_1 = \frac{U_1}{I} - r_1 = \frac{U_1 r_1 + U_1 r_2 - U_1 r_1 - U_2 r_1}{U_1 + U_2} = \frac{U_1 r_2 - U_2 r_1}{U_1 + U_2}$.

Аналогично для второго: $X_2 = \frac{U_2}{I} - r_2 = \frac{U_2 r_1 - U_1 r_2}{U_1 + U_2}$.

Заметим, что $X_1 = -X_2$. Значит показания второго мультиметра составят +1 Ом.

3. Для трех одинаковых мультиметров, соединенных последовательно, сила тока равна: $I = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{3U}{3r} = \frac{U}{r}$.

Получаем показания $R = \frac{U}{I} - r = 0$ Ом.

Критерии оценивания

7.	Связь показаний вольтметра с общим током $V = r \cdot I$	1 балл
8.	Закон Ома $U = I(R+r)$	1 балл
9.	Получено выражение $R = r\left(\frac{U}{V} - 1\right)$	1 балл
10.	Выражен общий ток в цепи $I = \frac{U_1 + U_2}{r_1 + r_2}$	1 балл
11.	Выражены показания первого мультиметра $X_1 = \frac{U_1 r_2 - U_2 r_1}{U_1 + U_2}$	2 балла
12.	Выражены показания второго мультиметра $X_2 = \frac{U_2 r_1 - U_1 r_2}{U_1 + U_2}$	1 балл
13.	Найден ответ на второй вопрос +1 Ом	1 балл
14.	Выражен общий ток в цепи $I = \frac{3U}{3r}$	1 балл
15.	Найдены показания мультиметров в третьем вопросе 0 Ом	1 балл

Задача №5

Жидкостный термометр - прибор для измерения температуры, основанный на тепловом расширении жидкости. В данной задаче Вам необходимо определить теплоемкость нижней части термометра, которая является резервуаром жидкости, при помощи которой производится измерение температуры (см. рисунок).

Считайте, что при нагревании резервуара с жидкостью, остальная часть термометра практически не нагревается.

При решении задачи опишите последовательность ваших действий, а также почему Вы делаете именно так. Не забудьте про повторные измерения.

Плотность воды равна 1000 кг/м^3 , удельная теплоемкость воды равна $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, теплоемкость стекла мала по сравнению с теплоемкостью воды.

Оборудование. Термометр, пробирка, шприц, стакан с холодной водой, стакан с горячей водой (выдается по требованию), салфетки для поддержания рабочего места в порядке.

Резервуар с жидкостью



Возможное решение

Автор: Фокин Андрей Владимирович

1. Из стакана с водой при помощи шприца набрать нужное количество воды (V). Количество воды должно быть таким, чтобы была возможность полностью погрузить в нее резервуар термометра, но не слишком большим, чтобы зафиксировать изменение температуры в конце опыта. Перелить воду в пробирку. Пробирку при этом держать за край, для того чтобы избежать ее нагрева теплом рук.

2. Опустить в пробирку термометр, погружая только резервуар. Измерить начальную температуру воды (T_0) в пробирке. В идеале она не должна отличаться от комнатной температуры.

3. Определить температуру горячей воды в стакане (T_1). Эта температура равна температуре резервуара термометра. При измерении в горячую воду опускать только резервуар термометра. Можно убедиться, что остальная часть термометра практически не нагревается.

4. Как только показания термометра перестанут изменяться, быстро перенести термометр в пробирку с водой, погрузив в холодную воду только резервуар термометра. Дождаться установления теплового равновесия и определить конечную температуру (T_2). В процессе переноса температура термометра может измениться в следствии теплоотдачи на 2-5 К.

5. Повторим измерения для нового объема жидкости 3-5 раз.

6. Используя уравнение теплового баланса, определим теплоемкость резервуара с жидкостью

$$C = \frac{cm(T_2 - T_0)}{(T_1 - T_2)}$$

7. Массу воды в пробирке определим по формуле $m=\rho V$.

8. Теплообменом между водой в пробирке и окружающей средой можно пренебречь, т.к. разность температур сравнительно невелика.

9. Полученный результат усредним и запишем в виде ответа.

10. При оценивании работы необходимо провести измерения на оборудовании, которое было выдано участникам олимпиады. Результаты авторских измерений в таблице.

Начальная температура воды в пробирке, °С	24	24	24	25	Среднее значение
Начальная температура термометра и горячей воды, °С	74	64	59	49	
Установившаяся температура в пробирке с термометром, °С	29	27	29	26	
Объем воды, мл	2	3	1	4	
Теплоемкость воды, Дж/(г*К)	4,2	4,2	4,2	4,2	
Теплоемкость термометра, Дж/К	0,93	1,02	0,70	0,73	

Критерии оценивания

1.	Предложен разумный и реализуемый метод	1 балл
2.	Метод описан и обоснован	2 балла
3.	Выполнение необходимых измерений	2 балла
4.	Запись уравнения теплового баланса и получение расчетной формулы	2 балла
5.	Повторные измерения	2 балла
6.	Результат (отличие от результата жюри не более, чем на 50%)	1 балл

Рекомендации для организаторов:

Комплект оборудования для учащегося:

1. Термометр с диапазоном измерения от 0 °С до 100°С – 1 шт.
2. Пробирка стеклянная с нетолстыми стенками – 1 шт.

3. Шприц одноразовый, 5 мл или 10 мл без иглы – 1 шт.
4. Стакан с водой комнатной температуры (объем воды 100-150 мл) – 1 шт
5. Стакан с горячей водой – 1 шт.
6. Бумажные салфетки для поддержания рабочего места в порядке – 2 шт.

Особенности подготовки оборудования:

В ходе проведения работы участникам может понадобиться горячая вода, поэтому в аудитории необходимо предусмотреть наличие электрического чайника с горячей водой и возможность его подогрева в ходе олимпиады (один на аудиторию).

Для слива использованной воды можно использовать ведро (одно на аудиторию) или раковину в кабинете.

Стоит предусмотреть тряпку для устранения случайно пролитой воды.

Пробирка должна быть такой, чтобы в нее мог входить термометр, причем резервуар термометра должен касаться дна, при этом пробирка не должна быть очень большой (т.е. значительный запас по размерам пробирки не нужен).