

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Свердловская область
2013-2014 учебный год
10 класс

Решение задач, рекомендации по проверке

Задача 1. Горизонтально летящая пуля массы m пробивает насквозь первоначально покоившийся шар массы M и вылетает со скоростью, вдвое меньшей первоначальной. Какая часть кинетической энергии пули превратилась во внутреннюю энергию?

Возможное решение:

1) Обозначив скорость пули до столкновения с шаром через v , а приобретаемую шаром скорость через V , записываем закон сохранения энергии для данного случая:

$$m \frac{v^2}{2} = \frac{m}{2} \left(\frac{v}{2} \right)^2 + M \frac{V^2}{2} + Q$$

где Q – приращение внутренней энергии системы, то есть выделяющееся при неупругом взаимодействии пули с шаром количество теплоты.

2) Скорость V можно найти с помощью закона сохранения импульса. Уравнение в проекции на горизонтальное направление записывается в виде:

$$mv = mv/2 + MV, \blacktriangledown \quad \text{что дает} \quad V = 1/2 \frac{m}{M} v$$

и находим

$$Q = \frac{mv^2}{2} \frac{1}{4} \left(3 - \frac{m}{M} \right)$$

3) Очевидно, что

$$\frac{Q}{E_{ko}} = \frac{1}{4} \left(3 - \frac{m}{M} \right) \blacksquare,$$

так как $E_{ko} = mv^2/2$

4) Полученный результат требует исследования. На первый взгляд может показаться, что единственным ограничением является требование неотрицательности отношения $Q/E_{ko} \geq 0$, что дает условие $3 - m/M \geq 0$ или $3 \geq m/M$

Учтем далее, что пробив шар насквозь, пуля может иметь скорость $v/2$ только при выполнении условия $m/M < 1$. Очевидно, что в зависимости от отношения масс во внутреннюю энергию может превратиться от половины (при $m \rightarrow M$) до трех четвертей (при $m \rightarrow 0$) первоначальной кинетической энергии.

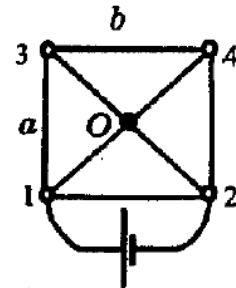
Имеет ли какой-нибудь смысл полученная формула $\blacksquare$ при $1 \leq m/M \leq 3$. Если $m = M$, из $\blacksquare$ следует $V = v/2$ – шар и пуля имеют одинаковую скорость, то есть пуля застревает в шаре. Это случай абсолютно неупругого удара.

При выполнении строгого неравенства $1 < m/M < 3$. после столкновения шар летит впереди пули со скоростью V , определяемой из $\blacktriangledown$: $v/2 < V < (3/2)v$. При таком неупругом ударе во внутреннюю энергию переходит до половины первоначальной кинетической энергии.

Наконец, если $m/M = 3$, то, $Q = 0$, то есть тепло вообще не выделяется: при ударе сохраняется механическая энергия. Это случай абсолютно упругого удара.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Получена формула ■ и выполнено полное исследование решения задачи	10
Получена формула ■ но не выполнено исследование решения	7
Правильно определена скорость шара	+1
Правильно записан закон сохранения импульса	+2
Правильно записан закон сохранения энергии	2
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 2. Из однородной проволоки одинакового сечения собрана электрическая цепь, схема которой показана на рисунке. Стороны прямоугольника $a=6$ см и $b=8$ см. Найдите отношение сопротивлений участков цепи $R_{1-3-4-2}$ и R_{1-2}



0) так как $R = \rho l/S$, очевидно, сопротивление 1 см проволоки можно принять равным r

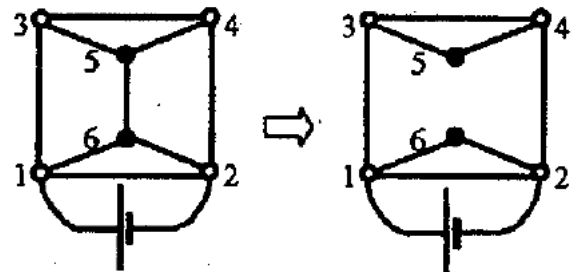
1) Рассмотрим точку О. Ее можно заменить проводом 5-6 (см. рис). Из симметрии задачи следует, что по проводу 5-6 ток не течет!

Очевидно, что

$$R_{1-2} = R_{3-4} = 8r, R_{1-3} = R_{2-4} = 6r$$

$$\text{а } R_{3-5} = R_{1-6} = R_{4-5} = R_{2-6} = 5r$$

(Обозначения точек см. на рис справа)



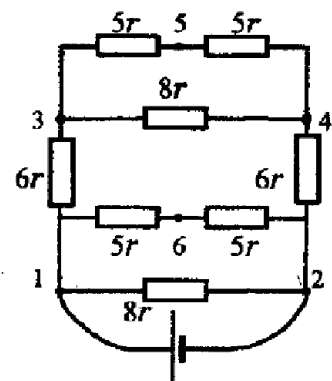
2) Режем схему по проводу 5-6 и рисуем эквивалентную схему

3) Сопротивление участка 1-(6)-2 $R_{1-6-2} = \frac{10r \cdot 8r}{10r + 8r}$

4) а сопротивление участка 1-3-(5)-4 -2 $R_{1-3-4-2} = R_{3-4} + 2 \cdot 6r = \frac{148r}{9}$

5)находим

$$\frac{R_{1-3-4-2}}{R_{1-(6)-2}} \approx 3,7$$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Дано правильное решение. Проведены все необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу.	10
Представлены соображения, содержащиеся в п.4), но рассуждения не доведены до конца	7
Представлены соображения, содержащиеся в п.3), но рассуждения не доведены до конца	6
Полностью выполнены преобразования схемы	5
Представлены отдельные соображения, содержащиеся в п.2)	4
Представлены соображения, содержащиеся в п.1)	3
Записана формула $R = \rho l / S$,	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 3. Очень ценный и хрупкий груз массой 1 т. подняли вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, затратив 4 МДж энергии. Затем этот же груз спустили вниз, затратив энергии в пять раз меньше. На какую высоту был поднят груз и чему равен коэффициент трения груза о поверхность?

Возможное решение

1) запишем, чему равна работа по подъему груза на высоту H в системе координат, связанной с землей

$$A = mgH + kmgH \operatorname{ctg} \alpha \quad \blacksquare$$

в системе отсчета, связанной с грузом (ось ординат параллельна наклонной плоскости) аналогичное выражение чуть длиннее так как нужно пройденный по наклонной плоскости путь L проецировать на оси координат, связанные с землей -

2) при движении вниз возможны 2 случая

а) груз скатывается вниз сам, и его приходится удерживать тогда

$$A_1 = mgH - kmgH \operatorname{ctg} \alpha \quad \text{при} \quad k \operatorname{ctg} \alpha < 1 \quad \blacktriangledown$$

б) груз приходится стягивать

$$A_2 = -mgH + kmgH \operatorname{ctg} \alpha \quad \text{при} \quad k \operatorname{ctg} \alpha > 1 \quad \blacktriangle$$

вне зависимости от выбранной системы отсчета

3) поделим ($\blacksquare$) на ($\blacktriangledown$) и ($\blacktriangle$) тогда получим два уравнения для определения k

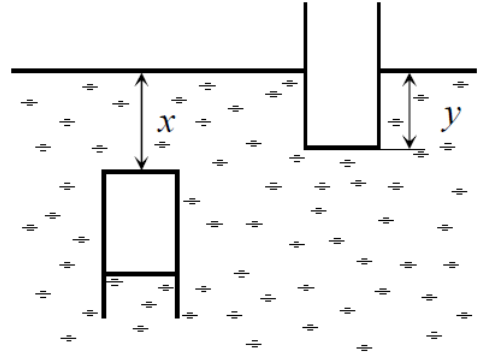
$$\frac{1 + k_1 \operatorname{ctg} \alpha}{1 - k_1 \operatorname{ctg} \alpha} = 5$$

$$\frac{1 + k_2 \operatorname{ctg} \alpha}{k_2 \operatorname{ctg} \alpha - 1} = 5$$

что дает $k_1 = 2/(3\sqrt{3})$ и $k_2 = 3/(2\sqrt{3})$ и соответственно, после подстановки и несложных вычислений, находим $H_1 = 240\text{м}$ и $H_2 = 160\text{м}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено правильное решение. Выполнен анализ. Приведены все необходимые соображения, применение которых необходимо для решения задачи. Проведены все необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу.	10
Представлены соображения, содержащиеся в п.3), но в вычислениях допущены арифметические ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.	7
Получены системы ($\blacktriangle$)-($\blacktriangledown$), без дальнейшего решения	5
Указано, что при движении вниз возможны 2 случая а) груз скатывается вниз сам, и его приходится удерживать и б) груз приходится стягивать	3
Представлены соображения, содержащиеся в п.1)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 4. Экспериментатор Глюк обратил внимание, что пустой цилиндрический стакан, высотой H , опущенный в воду вниз дном, плавает, но его дно погружается в воду на глубину y ($y < H$). Он решил перевернуть стакан. “На какую глубину x стакан нужно погрузить в воду, чтобы он начал тонуть?”- задумался экспериментатор Глюк, если пустой стакан, опущенный в воду вниз дном, плавает? Атмосферное давление в лаборатории Глюка- p_0 , плотность воды - ρ . Температура воды и воздуха поддерживается постоянной. Глубиной погружения стакана считать расстояние между поверхностью воды и дном стакана. Стакан погружают в воду так, что его дно остается параллельным поверхности.



Возможное решение.

1) При погружении стакана в воду из-за роста давления воды объем воздуха в стакане уменьшается, что приводит к уменьшению действующей на стакан выталкивающей силы. Поэтому при определенной глубине погружения стакан утонет.

2) Очевидно, стакан начнет тонуть при такой глубине погружения x , когда выталкивающая сила станет меньше действующей на стакан силы тяжести:

$$\rho g V = \rho g S h \leq Mg \quad \blacksquare$$

где M и S -масса и площадь сечения стакана; V и h -объем и высота столба воздуха в стакане, погруженном на глубину x .

3) Условие равновесия стакана, опущенного в воду вниз дном, дает

$$Mg = \rho g S y \quad \blacktriangledown$$

Из формул ($\blacksquare$), ($\blacktriangledown$) находим условие на высоту столба воздуха в стакане, при которой он начнет тонуть

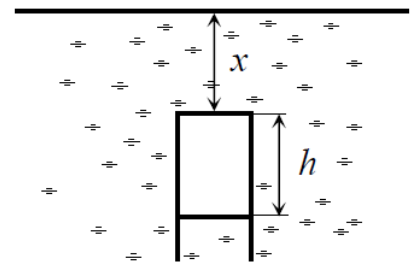
$$h \leq y$$

4) Таким образом, чтобы стакан утонул, его нужно погрузить в воду на такую глубину x , при которой высота столба воздуха в нем станет равна y . Эту глубину найдем из закона Клапейрона-Менделеева для воздуха в стакане. Так как в стакане атмосферный воздух, температура которого не меняется при погружении, то

$$p S y = p_0 S H$$

5) С другой стороны, давление воздуха в погруженном в воду стакане равно гидростатическому давлению в воде на той глубине, на которой находится поверхность воздуха в погруженном стакане. Поэтому

$$p = p_0 + \rho g(x + y)$$



Последние две формулы дают

$$p_0 H = p_0 y + \rho g (x + y) y$$

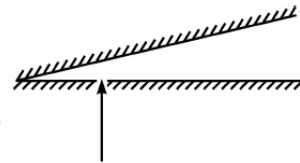
6) Решая последнее уравнение относительно x , найдем глубину погружения дна стакана x , при которой он начнет тонуть

$$x = \frac{p_0 (H - y)}{\rho g y} - y$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ. Проведены все необходимые физические обоснования математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу.	10
Представлены соображения п 5)	7
Представлены соображения п 4)	6
Записано условие равновесия п 3), проведен его анализ	5
Использована гипотеза 1), представлена формула ■	4
представлены только гипотеза, соответствующая п 1)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 5. Потерявшийся луч.

Два зеркала оказались сложенными под малым углом. Алиса направила через маленькое отверстие в одном из зеркал луч лазерной указки перпендикулярно этому зеркалу а наблюдательная Василиса насчитала только 12 отражений от этих зеркал. Под каким (примерно) углом сложены зеркала? - задумались подружки. А какой ответ дадите Вы? Но выразить ответ нужно только в целых градусах



Решение настолько очевидно, что оно сразу вынесено в критерии
 Ответ угол примерно равен 7° .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён и обоснован правильный ответ	10
Показано, что луч пропадает, если угол больше $\pi/2$, но ответ не получен	7
Показано, что при каждом следующем двойном отражении от зеркал угол луча с вертикалью увеличивается в два раза	5
На рисунке изображен примерный ход луча	3
Осуществлена попытка использовать закон отражения света	2
Остальные случаи	0