

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников
2017-2018 учебный год**

КЛЮЧИ по физике – 10 класс

Задача 1.

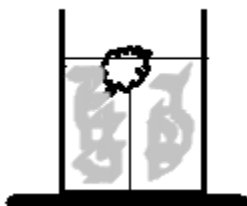
Граната, брошенная вертикально вверх, в верхней точке разорвалась на множество одинаковых осколков летящих с одинаковыми скоростями 20 м/с. Определить интервал времени, в течение которого осколки падали на землю.

(10 баллов)

Возможное решение	
<p>Пусть t_1 (t_2) - время движения осколка летящего вертикально вниз (вертикально вверх). Запишем уравнения движения осколков:</p> $0 = H - v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (1); \quad 0 = H + v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \quad (2)$ <p>Анализ движения осколков приводит к выводу: раньше всех упадёт на землю осколок, летящий вертикально вниз (t_1). Больше время затратит на падение осколок, летящий t_2. Тогда искомое время $\Delta t = t_2 - t_1$; Решая совместно уравнения (1) и (2), получаем: $\Delta t = t_2 - t_1 = 4$ с.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: <i>описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (время движения осколков, интервал времени);</i> представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов: <i>записаны уравнения движения осколков движения в общем виде</i></p>	1
<p><i>для первого осколка $0 = H - v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$</i></p>	2
<p><i>для второго осколка $0 = H + v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$;</i></p>	2
<p><i>большее время затратит на падение осколок, летящий t_2;</i></p>	1
<p><i>искомое время $\Delta t = t_2 - t_1$;</i></p>	1
<p><i>проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу;</i> <i>представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины $\Delta t = 4$ с.</i></p>	2
	1

Задача 2.

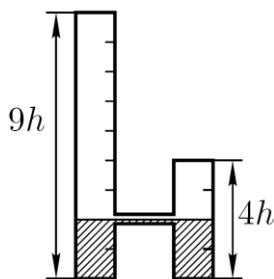
Кусок льда привязан нитью ко дну цилиндрического сосуда с водой (см. рис.). Над поверхностью воды находится некоторый объём льда. Нить натянута с силой $T = 1$ Н. На сколько и как изменится уровень воды в сосуде, если лёд растает? Площадь дна сосуда $S = 400$ см², плотность воды $\rho = 1$ г/см³.



(10 баллов)

Возможное решение	
<p>Запишем условие плавания куска льда в воде: $m_{\text{л}}g + T = F_A = \rho_{\text{в}} V_{\text{п.ч.}}g$; где $V_{\text{п.ч.}}$ – объём погружённой в воду части куска льда. Найдём первоначальный уровень воды в сосуде $h_1 = \frac{V_0 + V_{\text{п.ч.}}}{S}$ (1), где V_0 – первоначальный объём воды в сосуде до таяния льда.</p> <p>Соответственно $h_2 = \frac{V_0 + V_1}{S}$ (2), где h_2 – уровень воды в сосуде, после таяния льда, V_1 – объём воды, полученной из льда. Решая совместно (1) и (2), получаем $h_1 - h_2 = (V_{\text{п.ч.}} - V_1)/S$; найдём $V_{\text{п.ч.}} = (m_{\text{л}}g + T)/(\rho_{\text{в.г}})$. Учтём $m_{\text{л}} = m_1$, где m_1 – масса воды, полученной из льда $m_1 = \rho_{\text{в}}V_1$; $V_1 = m_{\text{л}}/\rho_{\text{в}}$. Тогда $h_1 - h_2 = ((m_{\text{л}}g + T)/\rho_{\text{в.г}} - m_{\text{л}}/\rho_{\text{в}})/S = 2,5 \text{ мм}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p><i>сделан пояснительный рисунок, с указанием всех действующих сил;</i></p> <p><i>описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</i></p> <p>представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов:</p> <p><i>записано условие плавания куска льда в воде:</i></p> <p>$m_{\text{л}}g + T = F_A = \rho_{\text{в}} V_{\text{п.ч.}}g$;</p> <p><i>записали формулу для расчета h_1;</i></p> <p><i>записали формулу для расчета h_2;</i></p> <p><i>проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу:</i></p> <p>$h_1 - h_2 = (V_{\text{п.ч.}} - V_1)/S$;</p> <p>$V_{\text{п.ч.}} = (m_{\text{л}}g + T)/(\rho_{\text{в.г}})$;</p> <p>$V_1 = m_{\text{л}}/\rho_{\text{в}}$;</p> <p>$h_1 - h_2 = ((m_{\text{л}}g + T)/\rho_{\text{в.г}} - m_{\text{л}}/\rho_{\text{в}})/S$.</p> <p><i>Представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины:</i></p> <p>$h_1 - h_2 = 2,5 \text{ мм}$</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

Задача 3.



Какой максимальный объём воды плотностью $\rho_1 = 1,0 \text{ г/см}^3$ можно налить в H-образную несимметричную трубку с открытыми верхними концами, частично заполненную маслом плотностью $\rho_2 = 0,8 \text{ г/см}^3$? Площадь горизонтального сечения вертикальных частей трубки равна S . Объёмом горизонтальной части трубки можно пренебречь. Вертикальные размеры трубки и высота столба масла приведены на рисунке (высоту h считать заданной).

Примечание. Затыкать открытые концы трубки, наклонять её или выливать из неё масло запрещено. **(10 баллов)**

Ответ: $4.25 \cdot hS$.

Решение: Важно, чтобы в коротком колене осталось как можно меньше масла. Тогда в высокой трубке можно будет создать столб максимальной высоты, превышающей $4h$. Для этого начнём наливать воду в правое колено. Так будет продолжаться до тех пор, пока уровень воды не достигнет $2h$ в правом колене, а уровень масла, соответственно, – $3h$ в левом. Дальнейшее вытеснение масла в левое колено невозможно, так как граница раздела масло-вода в правом колене станет выше соединительной трубки, и в левое колено начнёт поступать вода. Процесс добавления воды придётся прекратить, когда верхняя граница масла в правом колене достигнет верха колена. Условие равенства давлений на уровне соединительной трубки даёт:

$$(2h+x) \cdot \rho_2 = h \rho_1 + h \rho_2$$

откуда превышение уровня воды в правом колесе над соединительной трубкой $x = 0,25h$. Окончательно, удалось налить столб воды высотой $4,25h$ и объемом $4.25 \cdot hS$.

Задача 4.

Как-то поспорили два друга: можно ли стать искусственным спутником какого-либо небесного тела, двигаясь со скоростью гоночного велосипеда. Попробуйте выяснить вопрос: какого размера должно быть гравитирующее тело, чтобы мог появиться искусственный спутник-велосипедист. Для простоты предположите, что тело однородное и шарообразное, орбита "спутника" располагается вблизи поверхности. Средняя плотность тела $\rho = 3.5 \text{ г/см}^3$. Скорость велосипедиста можно принять за 54 км/ч . Найдите радиус этого небесного тела. Значение гравитационной постоянной $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$.

(10 баллов)

Ответ: $R = (v/2)\sqrt{3/(\pi G\rho)} = 15 \text{ км}$.

Решение:

Движение искусственного спутника массой m (велосипедиста) происходит с постоянной скоростью v по окружности радиуса R с центростремительным ускорением v^2/R под действием силы гравитационного притяжения небесного тела GmM/R^2 . Второй закон Ньютона для этого движения имеет вид:

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{mM}{R^2}$$

Массу небесного тела можно найти, зная его среднюю плотность и используя формулу объема шара (2б).

$$M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 .$$

Тогда $\frac{v^2}{R} = G \frac{1}{R^2} \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi G \rho R$, откуда искомый радиус:

$$R = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{3}{\pi G \rho}} .$$

Вычисления в системе СИ дают:

$$R = \frac{15}{2} \sqrt{\frac{3}{3.14 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 3500}} = 15000 \text{ м} = 15 \text{ км}$$