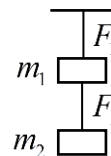


**Задания очного отборочного тура**  
**Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом»**  
**Физика, 10 класс, комплект 1**  
**2017 г.**

1. Два груза подвешены на двух легких веревках, так, как показано на рисунке. Отношение сил натяжения верхней и нижней веревки известно:  $F_1 : F_2 = 3 : 1$ . Найти отношение масс верхнего и нижнего грузов  $m_1 : m_2$ .



**Решение.** Из условий равновесия грузов

$$F_1 = (m_1 + m_2)g$$

$$F_2 = m_2g$$

получим (деля первое уравнение на второе):

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_1}{F_2} - 1 = 2$$

**Критерии оценки задачи**

- использованы условия равновесия грузов – 0,5 балла
- получена правильная система равновесия двух грузов – 1 балл
- получен правильный окончательный ответ – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

2. В калориметре находится вода с температурой  $T = 20^\circ \text{C}$ . В калориметр опустили нагреватель, и через время  $\Delta t = 10$  мин из калориметра выкипела  $1/6$  часть воды. Через какое время выкипит еще такая же масса воды? Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг·град), удельная теплота парообразования воды  $L = 2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг. Теплоемкостью калориметра пренебречь, считать, что вся энергия, сообщаемая калориметру, тратится только на нагрев воды и ее испарение.

**Решение.** Интенсивное испарение воды происходит при температуре кипения. Поэтому можно считать, что при сообщении воде тепла она сначала нагревается до температуры кипения, а затем начинает испаряться. Поэтому для времени выкипания шестой части воды условие теплового баланса дает

$$P\Delta t = cm(T_0 - T) + \frac{1}{6}mL \quad (1)$$

где  $P$  - мощность нагревателя,  $T_0 = 100^\circ \text{C}$  – температура кипения воды. Аналогично для выкипания еще одной шестой части воды (при том, что вода уже имеет температуру кипения) получаем из условия теплового баланса

$$P\Delta t_1 = \frac{1}{6}mL \quad (2)$$

Деля формулу (1) на формулу (2), получим

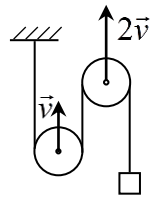
$$\Delta t_1 = \frac{L\Delta t}{6c(T_0 - T) + L} = 6,7 \text{ мин}$$

### Критерии оценки задачи

1. использовано правильное уравнение теплового баланса для первого процесса – 0,5 балла
2. правильно найдено (или формула или число) отношение масс воды и льда – 0,5 балла
3. использована правильная идея нахождения температуры воды и получена правильная конечная формула – 0,5 балла
4. получен правильный числовой ответ – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

3. В системе, изображенной на рисунке, левый блок движется вверх со скоростью  $v$ , правый - вверх со скоростью  $2v$ . В каком направлении и с какой скоростью движется груз?



**Решение.** Очевидно, что груз перемещается потому, что перемещаются блоки. Поэтому

для нахождения скорости груза свяжем перемещения блоков с перемещением груза. За некоторый интервал времени  $\Delta t$  левый блок переместится вверх на величину  $v\Delta t$ , правый – вверх на величину  $2v\Delta t$ . Тогда длина веревки слева от левого блока уменьшится на  $v\Delta t$ , между блоками увеличится на  $2v\Delta t - v\Delta t = v\Delta t$ . Поэтому длина куска веревки справа от правого блока не изменится, но точка правого блока, от которой этот кусок начинается, поднимется на величину  $2v\Delta t$ . Это и будет перемещение груза за время  $\Delta t$  -  $\Delta x_{gp} = 2v\Delta t$ . Отсюда заключаем, что скорость груза направлена вверх и равна

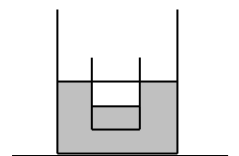
$$v_{gp} = \frac{\Delta x_{gp}}{\Delta t} = 2v$$

### Критерии оценки задачи

1. Правильная идея нахождения скорости груза – нахождение его перемещения за какой-то вспомогательный интервал времени – 0,5 балла
2. Попытка связать перемещение груза с перемещениями блоков – 0,5 балла
3. Правильное определение направления скорости груза – 0,5 балла
4. Правильная формула для скорости груза – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

4. В цилиндрическом стакане с водой, стоящим на столе, плавает другой цилиндрический стакан, в который также налито некоторое количество воды. Как изменится уровень воды в большом стакане, если в малый налить массу воды  $m$ ?



Площадь сечения большого стакана  $3S$ , малого -  $S$ . Плотность воды  $\rho$ . При наливании воды в малый стакан он не опускается на дно большого. Стенки стаканов очень тонкие.

**Решение.** Условие равновесия плавающего стакана дает

$$Mg + mg = \rho g V_{н.ч.}$$

где  $M$  - масса плавающего стакана,  $m$  - масса воды в нем,  $V_{н.ч.}$  - объем погруженной в воду части стакана. Очевидно, для погруженной в воду части стакана можно записать  $V_{н.ч.} = Sh_1 + Sh_2$ , где  $h_1$  - высота слоя воды в стакане,  $h_2$  - разность уровней воды в большом и малом стакане. Отсюда получаем

$$Mg + mg = \rho g Sh_1 + \rho g Sh_2$$

А поскольку стенки плавающего стакана – тонкие, произведение  $\rho Sh_1$  равно массе воды налитой в плавающий стакан. Отсюда заключаем, что разность уровней воды в большом и малом стаканах определяется только массой плавающего стакана и не зависит от массы воды в нем  $M = \rho Sh_2$ . А поскольку слой воды в малом стакане увеличивается на величину

$$\Delta h = \frac{\Delta m}{\rho S}$$

то на эту величину увеличится расстояние от поверхности воды в большом стакане до дна малого стакана. Используя это условие, найдем подъем уровня воды в большом стакане.

Пусть малый стакан при наливании в него воды опустился на величину  $\Delta x_1$  (по отношению к своему первоначальному положению). Тогда он вытеснил дополнительно из большого стакана объем воды  $\Delta x_1 S$ . Это вытеснение приводит к поднятию уровня в большом стакане на величину  $\Delta x_2$ , которую можно найти из очевидного соотношения

$$(3S - S)\Delta x_2 = S\Delta x_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta x_2 = \frac{\Delta x_1}{2}$$

А поскольку  $\Delta x_2 + \Delta x_1 = \Delta h$ , находим из предыдущей формулы

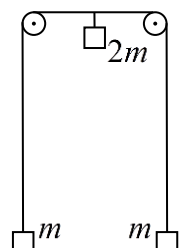
$$\Delta x_1 = \frac{2\Delta h}{3} = \frac{2\Delta m}{3\rho S}$$

### Критерии оценки задачи

1. использовано правильное условие равновесия стакана в воде – 0,5 балла
2. доказано, что разность уровней в стакане и в остальном сосуде определяется только массой стакана и не зависит от количества воды в нем – 0,5 балла
3. понята и правильно использовано условие повышения воды в сосуде при погружении стакана – 0,5 балла
4. получена правильная окончательная формула – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

5. Через два блока, находящихся на одной высоте на расстоянии  $2l$  друг от друга, переброшена очень длинная нить. К концам нити привязаны грузы массой  $m$ , к середине – груз массой  $2m$ . В начальный момент грузы удерживают так, что нить между блоками горизонтальна, а затем отпускают. Найти скорости грузов через достаточно большое



время. Боковые грузы за это время не успели подняться до блоков.

**Решение.** Очевидно, центральный груз начнет опускаться с ускорением (его силу тяжести не смогут компенсировать силы натяжения нити между блоками). Однако через достаточно большое время (при условии, что боковые грузы еще не успевают подняться к блокам) система тел будет двигаться с постоянной скоростью. Действительно, когда центральный груз опустится достаточно сильно, участки нити между блоками расположатся практически вертикально. Поэтому сила тяжести действующая на центральный груз -  $2m\vec{g}$ , будет компенсироваться силами тяжести крайних грузов – две силы по  $m\vec{g}$ . Следовательно, ускорение тел будет равно нулю, и тела будут двигаться с постоянными скоростями.

Скорости тел найдем по закону сохранения энергии. Пусть крайние тела поднялись на величину  $x$ . Это приведет к увеличению потенциальной энергии системы на величину  $2mgx$ . Но центральные участки нити, которые будут практически вертикальны будут иметь длину  $x+l$  (длина  $x$  «пришла» от боковых участков нити, куски нити длиной  $l$  были в начальный момент слева и справа от центрального груза). Поэтому убыль потенциальной энергии за счет опускания центрального груза равна

$$2mg(x+l)$$

Поэтому потенциальная энергия системы тел уменьшилась на величину  $2mgl$ . Поэтому закон сохранения энергии (с учетом того, что при практически вертикальном расположении нитей скорости всех грузов одинаковы) дает

$$2mgl = 2\frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$$

Отсюда получаем

$$v = \sqrt{gl}$$

### Критерии оценки задачи

1. понято, что через большой интервал времени тела будут двигаться с постоянными скоростями – 0,5 балла
  2. использован закон сохранения энергии для нахождения скоростей – 0,5 балла
  3. правильно найдена убыль потенциальной энергии через большое время – 0,5 балла
  4. получен правильный ответ – 0,5 балла
- Максимальная оценка за задачу– 2 балла