

**Первый (заочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» общеобразовательному предмету «физика»,
осень 2015 г.
8 КЛАСС**

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

З А Д А Ч А 1. У школьника Андрея есть стеклянная пробирка массой $M = 80$ г и вместительностью $V = 60$ мл. Он опустил пробирку в цилиндрический сосуд с водой и постепенно насыпал на дно пробирки песок до тех пор, пока она не погрузилась в воду по горлышко (см. рис.). Затем Андрей измерил массу песка, находившегося в пробирке в этот момент, и она оказалась равной $m = 12$ г. Внутренний радиус сосуда, в который опущена пробирка, равен $R = 5$ см. Плотность воды равна $\rho_B = 1$ г/см³. Определите по этим данным плотность стекла пробирки и вычислите, на сколько поднялся уровень воды в сосуде в результате погружения пробирки в воду.

Возможное решение:

Условие равновесия пробирки: $F_A = F_m + F_a$, где $F_A = \rho_B g V$, $F_T = (M + m)g$, вес воздуха $F_a = \rho_{\text{возд}} g V$. При этом $\rho_B g (V_{\text{ст}} + V) = M + m + \rho_{\text{возд}} V$. Отсюда, зная, что $M = \rho_{\text{ст}} V_{\text{ст}}$, получаем

$$\rho_{\text{ст}} = \frac{M \rho_B}{M + m + \rho_{\text{возд}} V - \rho_B V} = 2500 \text{ кг/м}^3$$

Так как $V_B = S \Delta h$, где Δh - уровень, на который поднялась вода. Объём вытесненной воды находим из выражения для силы Архимеда: $V_B = \frac{F_A}{g \rho_B}$. Тогда $\Delta h = \frac{V_B}{\pi R^2} = 1,1$ см

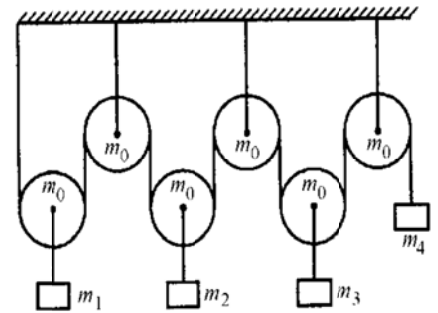
Примерные критерии оценивания:

Всего баллов за задачу – 25.

| Этапы частично верного решения | Баллы |
|--|-------|
| Сделан динамический чертёж, изображены сила тяжести, сила Архимеда, сила атмосферного давления | 5 |
| Верно записано условие равновесия, расписаны все силы | 5 |
| Верно найдено значение плотности стекла в общем виде (без расчёта) | 5 |
| Верно найден уровень воды в общем виде | 5 |

За арифметические ошибки снимаем 2-3 балла.

З А Д А Ч А 2. В системе, изображённой на рисунке, масса самого правого груза равна $m_4 = 1$ кг, а массы всех блоков одинаковы и равны $m_0 = 300$ г. Система уравновешена и неподвижна. Найдите массы грузов m_1 , m_2 и m_3 . Массой троса и трением в блоках пренебречь.



Возможное решение.

Правый груз m_4 уравновешивается левым $(m_3 + m_0)$ грузом, т.к. блок имеет массу, а масса неподвижного блока не влияет на условие равновесия. Учитывая, что подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза, можем записать условие равновесия: $(m_3 + m_0)g = 2m_4g$, откуда можно найти $m_3 = 1,7$ кг. $m_1 = m_2 = m_3 = 1,7$ кг

Примерные критерии оценивания:

Всего баллов за задачу – 30.

| Этапы частично верного решения | Баллы |
|--|-------|
| Сделан динамический чертёж, изображены все силы, действующие в системе | 10 |
| Верно записано условие равновесия, расписаны все силы | 15 |
| Верно найдено значение массы груза 3 | 20 |

За арифметические ошибки снимаем 2-3 балла.

З А Д А Ч А 3. Некоторая установка, выделяющая мощность 30 кВт, охлаждается водой, которая течет по спиральной трубке сечением 2 см². В установившемся режиме проточная вода нагревается на 15 °С. Определить скорость движения воды, считая, что мощность установки идет на нагревание воды. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³, удельная теплоемкость $c = 4190$ Дж/(кг•°С).

Возможное решение.

Уравнение теплового баланса: $Pt = c\rho Svt\Delta T$, откуда $v = \frac{P}{c\rho S\Delta T} = 2,39$ м/с

Примерные критерии оценивания:

Всего баллов за задачу – 20.

| Этапы частично верного решения | Баллы |
|---|-------|
| Записано уравнение теплового баланса | 10 |
| Найдена связь между скоростью движения воды и массой воды | 5 |
| Получен ответ в общем виде | 15 |

За арифметические ошибки снимаем 2-3 балла.

З А Д А Ч А 4. В фарфоровую чашку массой $m_{\text{ф}} = 100$ г, находящуюся при комнатной температуре $T_{\text{к}} = +20$ °С, наливают $m_1 = 150$ г горячего кофе при температуре $T_1 = +90$ °С. Затем достают из холодильника брикет мороженого, имеющий температуру $T_2 = -12$ °С, и серебряной ложкой (масса ложки $m_{\text{лож}} = 15$ г) кладут понемногу мороженое в кофе, каждый раз размешивая его. Так поступают до тех пор, пока не установится температура $T_3 = +45$ °С, когда кофе приятно пить. Оцените, сколько граммов мороженого надо положить для этого в кофе? Потерями тепла пренебречь. Считать известными удельные теплоёмкости воды $C_{\text{в}} = 4,2$ кДж/(г · °С), льда $C_{\text{л}} = 2,1$ кДж/(г · °С), серебра $C_{\text{с}} = 0,23$ кДж/(г · °С), фарфора $C_{\text{ф}} = 0,8$ кДж/(г · °С) и удельную теплоту плавления льда $\lambda = 340$ Дж/г

Возможное решение.

Прежде всего, нужно придумать модель, которую можно применить для описания процесса охлаждения кофе при помощи мороженого. Предположим, что мороженое по своим свойствам близко ко льду, то есть имеет примерно одинаковые с ним удельную теплоёмкость и удельную теплоту плавления, и столь же небольшую теплопроводность.

Предположим также, что для охлаждения кофе до требуемой температуры в него нужно будет положить мороженое ложечкой несколько раз. Будем считать, что при опускании в мороженое ложечка охлаждается до температуры брикета, а при опускании в кофе — нагревается до температуры напитка. Ввиду малой теплопроводности мороженого от ложечки прогревается только тонкий его слой, и при следующем заборе мороженого из того же места брикета отданная ложечкой теплота будет забрана обратно. В этом случае перенос теплоты ложечкой можно не учитывать. Но возможен и другой способ, когда мороженое берётся каждый раз из нового места брикета, и ложечка отдаёт ему тепло. Теперь можно пытаться решить задачу «в лоб», определяя температуру кофе после каждого следующего забора мороженого из брикета и размешивания

кофе. Однако, в задаче не спрашивается, сколько ложек мороженого нужно положить в кофе, а требуется лишь оценить необходимую массу мороженого. Поэтому попытаемся сначала решить задачу в первом приближении. Запишем уравнение теплового баланса для системы, состоящей из чашки, ложки, кофе и мороженого. Энергия, выделяющаяся при охлаждении кофе от температуры T_1 до температуры T_3 , равна $m_1 c_{\text{в}}(T_1 - T_3)$. Она идёт на нагрев фарфоровой чашки от комнатной температуры $T_{\text{к}}$ до температуры T_3 , на нагрев искомой массы мороженого m_2 от температуры T_2 до температуры $T_0 = 0^\circ\text{C}$, на плавление и дальнейший нагрев этой массы от температуры T_0 до температуры T_3 , а также, если забор мороженого осуществляется каждый раз из нового места брикета, — на нагрев серебряной ложки, которая может помещаться в мороженое и в кофе по несколько раз, нагреваясь на разное количество градусов, поскольку кофе постепенно охлаждается. Чтобы не рассматривать весь процесс детально (ведь мы ищем оценку), предположим, что ложечка погружается в мороженое и в кофе n раз и каждый раз нагревается на некоторую среднюю разность температур кофе и мороженого $T_{\text{ср}}$. Учитывая всё это, получаем уравнение:

$$m_1 c_{\text{в}}(t_1 - t_3) = m_{\text{ф}} c_{\text{ф}}(t_3 - t_{\text{комн}}) + m_2 (c_{\text{л}}(t_0 - t_2) + \lambda + c_{\text{в}}(t_3 - t_0)) + c_{\text{лож}} m_{\text{лож}} n \Delta T$$

Выразим отсюда искомую массу мороженого m_2 и подставим числовые значения известных величин. Из полученного соотношения видно, что последнее слагаемое числителя, которое описывает вклад в энергообмен серебряной ложки, имеет примерно одинаковый порядок со вторым слагаемым, описывающим нагрев фарфоровой чашки, и что оба они намного меньше первого слагаемого, отвечающего за охлаждение кофе. Действительно, предположим, что мороженое забирают ложечкой только один раз ($n = 1$). Среднюю разность температур мороженого и кофе можно считать примерно равной $T = 80^\circ\text{град}$

Тогда последнее слагаемое равно 276 Дж, и для массы мороженого m_2 находим: $m_2 = 47$ г.

Полученный результат означает, что ложечка слабо влияет на процесс охлаждения кофе, так как на её нагревание затрачивается очень небольшое количество тепла. Понятно также, что оценка средней разности температур $T_{\text{ср}}$ и числа заборов мороженого n почти не влияет на ответ. В самом деле, предположим, что мы клали мороженое в кофе в пять приёмов, то есть будем считать, что в ложечку помещается около 10 граммов мороженого. Тогда для массы мороженого m_2 получим 45 г,

то есть новое значение отличается от найденного ранее всего на два грамма (или примерно на 4%). После всего сказанного становится ясно, что при получении оценочного результата вклад ложки можно вообще не рассматривать, то есть можно не включать соответствующее слагаемое в уравнение теплового баланса — ответ от этого практически не изменится. то есть новое значение отличается от найденного ранее всего на два грамма (или примерно на 4%). После всего сказанного становится ясно, что при получении оценочного результата вклад ложки можно

вообще не рассматривать, то есть можно не включать соответствующее слагаемое в уравнение теплового баланса — ответ от этого практически не изменится.

Примерные критерии оценивания:

Всего баллов за задачу – 25.

| Этапы частично верного решения | Баллы |
|--|-------|
| Указаны тепловые процессы | 5 |
| Верно записано уравнение теплового баланса | 10 |
| Проведён анализ с последующим выводом о пренебрежении теплоёмкости ложки | 20 |
| Получен верный ответ в общем виде | 23 |

За арифметические ошибки снимаем 2-3 балла.