ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ. 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Решения и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

Массивная горизонтальная плита движется вниз с постоянной скоростью V=4 м/с. Над плитой, на нити неподвижно относительно земли висит мячик. В тот момент, когда расстояние между плитой и мячиком было равно h=1 м, нить оборвалась. На какое максимальное расстояние от плиты удалится мячик после пятого отскока? Все соударения мячика с плитой абсолютно упругие. Ускорение свободного падения принять равным g=10 м/с^2.

Возможное решение

Перейдём в систему отсчета, связанную с неподвижной плитой. Тогда скорость мячика относительно плиты равна $v_0 = 4$ м/с и направлена вертикально вверх от плиты.

Отсюда максимальное расстояние между мячиком и плитой можно рассчитать по формуле $S_{MAX} = h + \frac{v_0^2}{2g}$.

Так как все соударения абсолютно упругие, то и после пятого отскока максимальное расстояние будет тем же.

Таким образом $S_{MAX} = h + \frac{v_0^2}{2g} = 1{,}8$ м.

Критерии оценивания

Для решения задачи осуществлен переход в систему отсчета, связанную с неподвижной плитой	**5 балла**
Рассчитано максимальное удаление мячика от плиты	**2 балла**
Сделан вывод, что при абсолютно упругом ударе максимальное удаление мяча от плиты будет одинаковым для любого количества отскоков	**2 балла**
Получен правильный числовой ответ для максимального расстояния от мячика до плиты после пятого отскока	**1 балл**

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 2 (10 баллов)

В теплоизолированный сосуд с жидкостью погружают нагретый кубик. При этом установившаяся температура жидкости больше первоначальной на 7 ^{0}С. Затем в сосуд добавляют еще один такой же кубик, предварительно вынув первый, и температура жидкости повышается еще на 6 ^{0}С. Как изменится температура в сосуде, если в него поместить третий такой же кубик, предварительно вынув второй? Жидкость из сосуда не выливается.

Возможное решение

Обозначим за $t_Ж$ – начальную температуру жидкости, $С_Ж$ – её теплоёмкость, а $t_К$ и $С_К$ – начальную температуру и теплоёмкость кубика. Так же: $\Delta t_1 = 7\,^0\text{С}$, $\Delta t_2 = 6\,^0\text{С}$ и Δt_3 – соответствующие изменения температуры системы после погружений кубиков.

Запишем уравнения теплового баланса. Так как $Q_{ПОЛ} = |Q_{ОТД}|$:

$C_Ж \cdot \Delta t_1 = С_К \cdot (t_К - (t_Ж + \Delta t_1))$, и равновесная температура системы после погружения первого кубика: $t_1 = t_Ж + \Delta t_1$ (1)

$C_Ж \cdot \Delta t_2 = С_К \cdot (t_К - (t_Ж + \Delta t_1 + \Delta t_2))$, и равновесная температура системы после погружения второго кубика: $t_2 = t_Ж + \Delta t_1 + \Delta t_2$ (2)

$C_Ж \cdot \Delta t_3 = С_К \cdot (t_К - (t_Ж + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3))$, и равновесная температура системы после погружения второго кубика: $t_2 = t_Ж + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ (3)

Если обозначить $t_К - (t_Ж + \Delta t_1)$, как $\Delta t_{К1}$, то уравнения 1,2 и 3 примут вид

$C_Ж \cdot \Delta t_1 = С_К \cdot \Delta t_{К1}$, (1)*

$С_К \cdot \Delta t_2 = С_К \cdot (\Delta t_{К1} - \Delta t_2)$ (2)*

$C_Ж \cdot \Delta t_3 = С_К \cdot (\Delta t_{К1} - \Delta t_2 - \Delta t_3)$ (3)*

Если разделить уравнение (2)* на уравнение (1)*, можно выразить $\Delta t_{К1} = \frac{\Delta t_1 \Delta t_2}{\Delta t_1 - \Delta t_2}$

Разделив уравнение (3)* на (1)*, получим $\frac{\Delta t_3}{\Delta t_1} = 1 - \frac{\Delta t_2}{\Delta t_{К1}} - \frac{\Delta t_3}{\Delta t_{К1}}$. Выразив Δt_3 и подставляя значение $\Delta t_{К1}$, окончательно имеем: $\Delta t_3 = \frac{(\Delta t_2)^2}{\Delta t_1} = 5{,}1\ ^0$ С.

Критерии оценивания

Правильно составлено уравнение теплового баланса после погружения первого кубика **2 балла**

Правильно составлено уравнение теплового баланса после погружения второго кубика **2 балла**

Правильно составлено уравнение теплового баланса после погружения третьего кубика **2 балла**

Получено выражение для зависимости изменения температуры Δt_3 в третьем случае (правильно решена система уравнений) **3 балла**

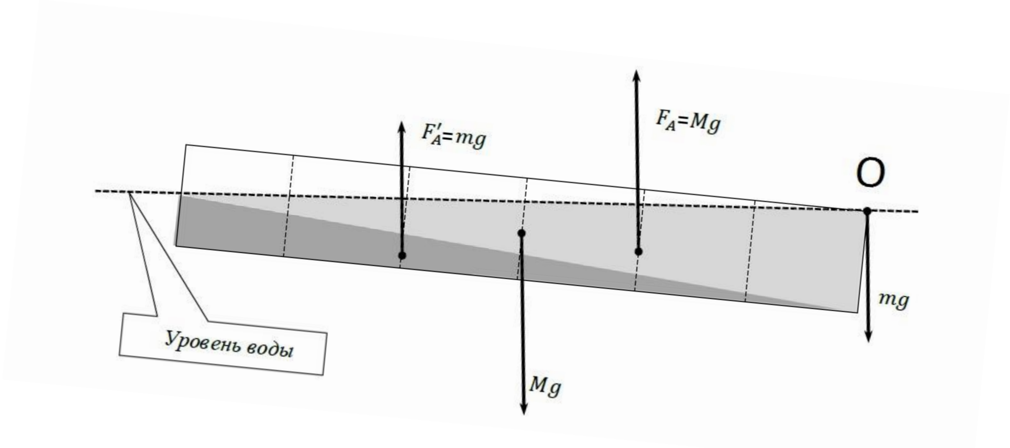
Получен правильный числовой ответ **1 балл**

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 3 (10 баллов)

В воде, наполовину погрузившись, плавает доска массой M=8 кг. Когда на конец доски села чайка, верхний край доски с этого конца опустился как раз до уровня воды. Найти массу чайки. При решении задачи считать, что доска имеет форму прямоугольного параллелепипеда, а толщина доски значительно меньше её длины.

Возможное решение



Так как длина доски значительно больше её ширины, угол её наклона очень мал. На рисунке изображены силы для случая, когда чайка села на край доски. Объём светло-серой части доски равен половине объема доски. Из условия задачи понятно, что на эту часть действует сила Архимеда $F_А$численно равная силе тяжести Mg, действующей на доску. Данная сила приложена к точке, совпадающей с центром масс этого треугольника, и находящейся на расстоянии равном одной трети длины доски от края, на который села чайка (точка О). **(+3,5 балла)**

Оставшаяся часть выталкивающей силы F'_A при этом численно равная силе тяжести mg, действующей на чайку. F'_A приложена к точке, совпадающей с центром масс темно-серого треугольника, и находящейся на расстоянии равном двум трети длины доски от края, на который села чайка (точка О). **(+3,5 балла)**

Запишем уравнение моментов относительно точки О: $Mg\frac{l}{2} = mg\frac{2l}{3} + Mg\frac{l}{3}$. **(+2 балла)**

Решением данного уравнения будет: $m = \frac{M}{4} = 2$ кг. **(+1 балл)**

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 4 (10 баллов)

Вольтамперная характеристика двух соединённых параллельно элементов, одним из которых является резистор сопротивлением R=50 Ом, а другим − неизвестный элемент Z, имеет вид $I = I_0 + \alpha U$, где $I_0 = 0{,}1$ А, а $\alpha = 0{,}004\ \frac{\text{А}}{\text{В}}$. Используя заданную вольтамперную характеристику, определите, чему будет равно напряжение на элементе Z, если к концам соединённых последовательно сопротивлению R и элементу Z подать общее напряжение U=5,5 В?

Возможное решение

Так как при параллельном соединении напряжения на концах элементов равны, а токи складываются, имеем: $I = 0{,}1 + 0{,}004U = I_R + I_Z$, где I_R – ток через резистор, который можно представить как $I_R = \frac{U}{R} = \frac{U}{50} = 0{,}02U$, а I_Z – ток через Z, который можно выразить из равенства $I = I_R + I_Z$, как $I_Z = I - I_R = 0{,}1 - 0{,}016U$. (3 балла)

При последовательном соединении ток, протекающий через элементы, будет один, а общее напряжение $U = 5{,}5$ В равно сумме напряжений на резисторе U_R, зависимость которого от протекающего тока можно представить как $U_R = IR = 50I$, и напряжения U_Z на элементе Z, зависимость которого от протекающего тока можно выразить из зависимости

$I = 0{,}1 - 0{,}016U$, как $U_Z = \frac{0{,}1 - I}{0{,}016} = 6{,}25 - 62{,}5I$. (3 балла)

Из $U = U_R + U_Z = 5{,}5$ В следует, что $6{,}25 - 12{,}5I = 5{,}5$.

Решением уравнения будет $I = 0{,}06\ A$. (3 балла)

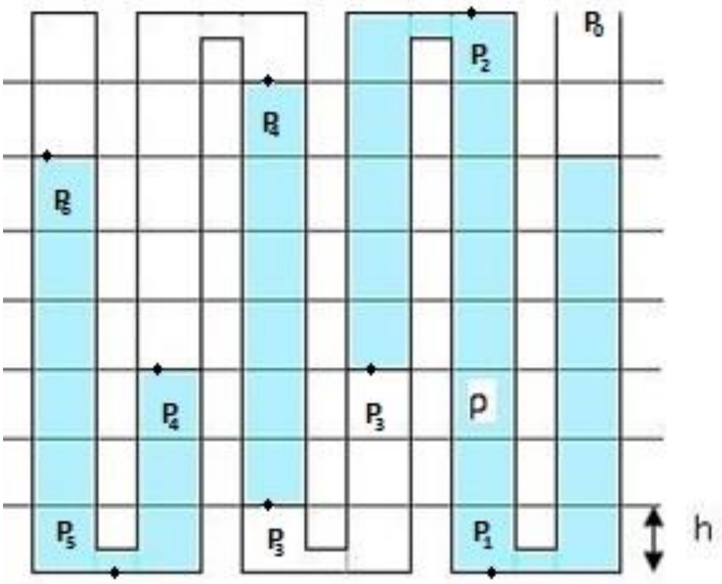
Подстановка значения тока в $U_Z = 6{,}25 - 62{,}5I$ дает величину напряжения на элементе Z $U_Z = 2{,}5$ В. (1 балл)

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 5 (10 баллов)

В длинную трубку с жидкостью попал воздух. Правое колено трубки открыто в атмосферу, остальные герметичны. Определите разность между максимальным и минимальным давлением в системе. Плотность жидкости ρ=1500 кг/м^3. Высота всех трубок одинакова и равна 8h, где h=**12** см. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2. Ответ дать в кПа. Округлить до десятых.

Возможное решение



Предположим, что атмосферное давление p_0. (+1 балл)

Тогда давление на дно в первом сосуде: $p_1 = p_0 + \rho g 6h$, (+1 балл)

в верхней точке второго сосуда: $p_2 = p_1 - \rho g 8h = p_0 - \rho g 2h$, (+1 балл)

на границе с первым воздушным пузырьком и в самом пузырьке: $p_3 = p_2 + \rho g 5h = p_0 + \rho g 3h$, (+1 балл)

на границе второго воздушного пузырька и внутри него: $p_4 = p_3 - \rho g 6h = p_0 - \rho g 3h$, (+1 балл)

на дне шестого сосуда: $p_5 = p_4 + \rho g 3h = p_0$, (+1 балл)

на границе с третьим воздушным пузырьком и внутри него: $p_6 = p_5 - \rho g 6h = p_0 - \rho g 6h$. (+1 балл)

Видно, что $p_{MAX} = p_1 = p_0 + \rho g 6h$, (+1 балл)
$p_{MIN} = p_6 = p_0 - \rho g 6h$ (+1 балл)
Тогда искомая разность давлений: $\Delta p = p_1 - p_6 = 12\rho g h = 21{,}6$ КПа (+1 балл)
Максимум за задачу – 10 баллов.

Всего за работу – 50 баллов.

Всякое полностью правильное решение *оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! В случае если решение какой-либо задачи отличается от авторского, эксперт (учитель) сам составляет критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи. При этом не допускается снижение баллов за плохой почерк, решение, отличное от авторского и т.д. При правильном решении, содержащем арифметическую ошибку (в том числе ошибку при переводе единиц измерения), оценка снижается на 1 балл.*