МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Государственное бюджетное учреждение
дополнительного образования Краснодарского края
«ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОДАРЕННОСТИ»

350000 г. Краснодар,
ул. Красная, 76
тел. 259-84-01
E-mail: cro.krd@mail.ru

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2017-2018 учебный год

Муниципальный этап

8 класс, ответы

Председатель предметно-методической комиссии: Богатов Н.М., д.ф.-м.н., профессор

Задача 1. В стакан с водой опустили стеклянную трубку с прикрепленной к ней линейкой (смотри рисунок 1). Потом начали капать в трубку масло, пока оно полностью не вытеснило воду из трубки. Высота столба масла составила h_2=107 мм, разница между уровнем масла и воды Δh=7 мм. Определите плотность масла, если плотность воды p_1=1 г/см^3. Известно, что масло плавает на поверхности воды и диаметр трубки достаточно большой, чтобы не учитывать капиллярные явления.

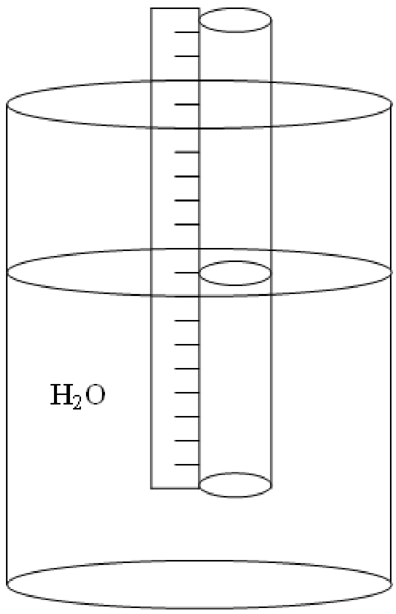


Рисунок 1

Решение:

Рассмотрим данную систему как систему сообщающихся сосудов. В таком случае на конце трубки, заполненной маслом, будет наблюдаться состояние равенства давления, как масла, так и воды на одном и том же уровне. Следовательно, можно будет составить следующее равенство $p_1gh_1=p_2gh_2$, где h_1 – уровень воды, h_2 – уровень масла, а p_2 – плотность масла. Отсюда,

$p_2=p_1*h_1/h_2$. Разница между уровнем масла и воды составляет 7мм, значит, уровень воды h_1 относительно нижнего конца трубки может быть либо $h_2-\Delta h=100$ мм, либо $h_2+\Delta h=114$ мм. Решая уравнение с двумя разными значениями h_1, получим два значения p_2 - 0,93 г/см^3 и 1,06 г/см^3 . Так, как нам известно, что масло плавает в воде, то его плотность должна быть меньше плотности воды. Следовательно, уровень воды был ниже уровня масла и $p_2=0,93$ г/см^3.

Критерии:

Сформулировано условие равенства давлений на границе раздела масла и воды – 1 балл. Записана формула, выражающая условие равенства давлений на границе раздела масла и воды – 1 балл. Выведена формула для определения плотности масла – 2 балла. Есть предположения о двух возможных по условию значениях уровня воды (только одно) – 2 балла (1 балл). Обоснован выбор реально наблюдаемого значения уровня воды – 1 балл. Правильно определен формулой или численно уровень воды – 1 балл. Правильно рассчитана плотность масла – 2 балла.

Итого 10 баллов.

Задача 2. Вася уронил в бассейн плиту из пенополистерола, на которой было написано, что его плотность $p=400$ кг/м^3. Поднимая ее с поверхности воды, он измерил силу, которая понадобилась для ее извлечения из воды, и она составила 30 Н. Выдержит ли эта плита банку мастики весом 4,2 кг, не утонув? Плотность воды считать 1000 кг/м^3.

Решение:

Сила, которая понадобилась для извлечения плиты из воды, равна силе тяжести: $F_1=mg=pVg$, где m – масса тела, $V= F_1/ pg$ - объем тела. Чтобы ответить на вопрос задачи надо сравнить вес банки мастики с силой Архимеда F_A для полностью погруженной плиты. Условие равновесия при полном погружении $F_2+mg= F_A =p_1Vg$, где p_1 – плотность воды, а F_2 – сила, необходимая для полного погружения плиты. Учитывая, что $F_1=mg$, получим $F_A=F_1+F_2=p_1g*F_1/pg=F_1p_1/p$, где p - плотность пенополистерола. Следовательно, $F_2=F_1p_1/p–F_1=F1(p_1/p–1)=45$Н. Банка с мастикой давит на плиту с силой $F_N=mg=41,16$Н. Так как $F_N<F_2$, банка мастики не сможет утопить плиту.

Критерии:

Записана формула для силы тяжести, действующей на плиту – 1 балл. Записана формула для определения объема плиты (или вычислен объем плиты) – 1 балл. Записано условие равновесия при полном погружении – 1 балл. Записана формула для силы Архимеда – 1 балл. Получена формула для определения силы F_2, вызывающей полное погружение, – 2 балла. Рассчитана сила F_2, вызывающая полное погружение, – 1 балл. Сформулировано условие нахождения на плаву плиты с банкой мастики - 1 балл. Обоснован верный ответ – 2 балла.

Итого 10 баллов.

Задача 3. В калориметр добавили 5 порций воды. Первая порция имела массу m=1 г и температуру t=10 С. Каждая следующая порция была на один грамм больше, а температура в два раза меньше предыдущей. Найти установившуюся температуру смеси. Потерями теплоты пренебречь.

Решение 1:

Количество теплоты, которое выделится при остывании всей воды в системе от температуры t до 0С.

$Q1=cmt+2mct/2+3mct/4+4mct/8+5mct/16=((9/16)+3)cmt$

Количество теплоты, пошедшей на нагревание всей воды, имеющей массу $m+2m+3m+4m+5m=15m$, от 0С до искомой температуры T: $Q2 = 15cmT$.

Система теплоизолированная, следовательно, в ней выполняется закон сохранения энергии: Q1 = Q2. Уравнение для определения установившейся температуры: $((9/16)+3)cmt = 15cmT$. Формула для вычисления установившейся температуры: $T=(57t/16)/15=2{,}375$ С.

Критерии 1: В общем виде записано выражение для количества теплоты, выделившейся при остывании всей воды в системе до 0С – 2 балла. Выполнено упрощение полученного выражения – 1 балл. В общем виде записано выражение для количества теплоты, пошедшей на нагревание всей воды в системе от 0С до искомой температуры – 2 балла. Выполнено упрощение этого выражения – 1 балл. Сформулировано положение о сохранении энергии – 1 балл. Составлено уравнение для определения искомой температуры – 1 балл. Получена формула для вычисления установившейся температуры – 1 балл. Рассчитано значение установившейся температуры – 1 балл.

Решение 2:

Количества теплоты, необходимой для изменения температуры тела на Δt: $\Delta Q = cm\Delta t$. Уравнение теплового баланса в теплоизолированной системе:

$cm(t – T) + 2mc(t/2 – T) + 3mc(t/4 – T) + 4mc(t/8 – T) + 5mc(t/16 – T) = 0.$

Упрощение уравнения теплового баланса:

$(t – T) + 2(t/2 – T) + 3(t/4 – T) + 4(t/8 – T) + 5(t/16 – T) = 0,$

$t + t + 3t/4 + 4t/8 + 5t/16 = T + 2T + 3T +4T +5T,$

$(9/16)+3)t = 15T.$

Формула для вычисления установившейся температуры: $T=(57t/16)/15$.

Рассчитано значение $T = 2{,}375$ С.

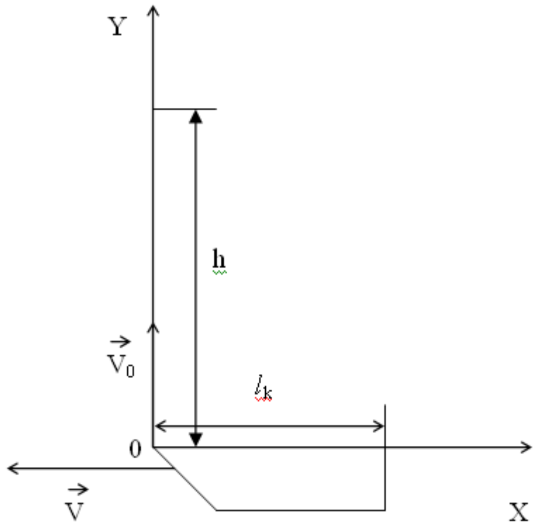
Критерии 2: Записано выражение для количества теплоты, необходимой для изменения температуры тела на Δt – 2 балла. Составлено правильное уравнение теплового баланса – 3 балла. Выполнено упрощение уравнения теплового баланса – 3 балла. Получена формула для установившейся температуры – 1 балл. Рассчитано значение установившейся температуры – 1 балл.

Итого 10 баллов.

Задача 4. Моряк, находящийся на носу стоящего катера, подкинул вертикально вверх камень на высоту h=10 метров. После броска катер начал двигаться со скоростью V= 7,2 км/ч. Упадет ли камень на палубу катера, если длина катера l_k=6 м. Сопротивлением воздуха и начальным ускорением катера пренебречь.

Решение:

Составим схему движения:



Представим данную ситуацию как два независимых движения: камня относительно оси Y на высоту h и моряка на носу катера относительно оси X после начала движения катера. В системе отсчета, связанной с землей, надо вычислить время t движения камня относительно оси Y и определить, пройдет ли за это время нос катера расстояние S по оси X, больше чем его длина. Камень упадет на палубу катера, если $S < l_k$. Запишем уравнения движения камня относительно оси Y: $y(t)=V_0t–gt^2/2$; $V_y(t)=V_0–gt$. В наивысшей точке подъема имеем $y(t_1)=h$; $V(t_1)=0$, где $t_1=t_2/2$ так как время подъема и время падения камня одинаковы. Т.е. $h=V_0t_1-gt_1^2/2$ и $0=V_0-gt_1$. Из этого следует, что $V_0=gt_1=gt_2/2$ и $h=gt_1^2-gt_1^2/2=gt_2^2/8$. Воспользовавшись последней формулой, вычислим общее время движения камня $t_2=(8h/g)^{1/2}=2{,}9$с. Теперь запишем уравнение движения носовой части катера относительно оси X: $x(t)= – V^*t$. Катер пройдет расстояние $S=V^*t_2=5{,}8$м. Сравним это расстояние с длинной катера 6м. Получается, что за время полета камня катер не успеет покинуть точку падения камня и он упадет на палубу в 5,8 метрах от носа и 0,2 м от кормы.

Критерии:

Сформулировано условие падения камня на палубу – 1 балл. Записаны уравнения движения камня по оси Y: y(t) – 1 балл, $V_y(t)$ – 1 балл. Выведена формула для времени подъема (или движения) камня – 2 балла. Рассчитано время движения камня – 1 балл. Записано уравнение движения катера – 2 балла. Рассчитано расстояние, которое пройдет катер – 1 балл. Определена точка падения камня относительно носа (кормы) катера – 1 балл.

Итого 10 баллов.