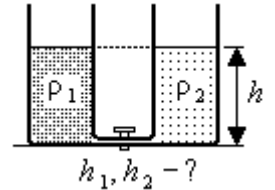


Физика. 10 класс

1. Сообщающиеся сосуды с разными жидкостями. Два одинаковых цилиндрических стакана установлены вертикально на горизонтальной плоскости и в нижней части соединены тонкой трубкой с закрытым краном. В левый и правый стаканы до одной высоты $h = 20$ см налили воду и масло плотностью $\rho_1 = 1,0$ г/см³ и $\rho_2 = 0,9$ г/см³ соответственно. Найдите установившуюся высоту столбов жидкостей h_1 и h_2 в левом и правом сосудах после открывания крана. Считайте, что жидкости не перемешиваются.



Решение:

Если уровень более тяжелой жидкости (воды) опустится на Δh , то часть воды высотой Δh перетечет в другой стакан и будет в нем находиться в нижней части. Тогда из условия равновесия жидкостей, записанного как равенство давлений в них по обе стороны соединительной трубки, получаем:

$$\rho_1 g(h - \Delta h) = \rho_1 g \Delta h + \rho_2 g h,$$

$$\Delta h = h(\rho_1 - \rho_2)/(2\rho_1),$$

$$h_1 = h - \Delta h = h(\rho_1 + \rho_2)/(2\rho_1) = 19 \text{ см},$$

$$h_2 = h + \Delta h = h(3\rho_1 - \rho_2)/(2\rho_1) = 21 \text{ см}.$$

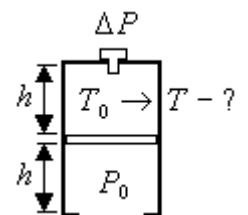
Здесь g - ускорение свободного падения.

Ответ: $h_1 = h(\rho_1 + \rho_2)/(2\rho_1) = 19$ см; $h_2 = h(3\rho_1 - \rho_2)/(2\rho_1) = 21$ см.

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
На сколько опустилась жидкость слева, настолько же и поднялась справа	2
Запись условия равновесия	6
Решение последнего и ответ	2
Сумма баллов:	10

2. Сосуд с клапаном. На воздухе в открытом снизу и закрепленной вертикальном цилиндре с газом при температуре $T_0 = 200$ К посередине находится легкий поршень, который может свободно без трения двигаться. Внизу на конце цилиндра установлены выступы, которые могут удерживать поршень. В верхней части цилиндра сделан клапан, который открывается при перепаде давления $\Delta P = 0,1 P_0$, где P_0 - атмосферное давление. До какой температуры T необходимо нагреть газ в цилиндре, чтобы клапан открылся?



Решение:

Так как в цилиндре количество газа не изменяется, то по закону Менделеева-Клапейрона получаем:

$$PV/T = \text{const},$$

$$P_0(Sh)/T_0 = (P_0 + \Delta P)(2Sh)/T,$$

$$T = 2T_0(P_0 + \Delta P)/P_0 = 440 \text{ К}.$$

Здесь S - площадь поршня и учтено, что первоначально из-за невесомости поршня давление газа в цилиндре равно атмосферному P_0 .

Ответ: $T = 2T_0(P_0 + \Delta P)/P_0 = 440$ К.

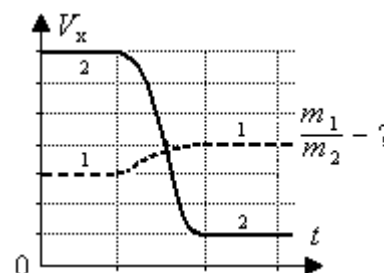
**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2021-2022 учебный год**

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
За давление равно атмосферному до состояния упора поршня	2
За уравнение Менделеева-Клапейрона	6
Решение уравнения и ответ	2
Сумма баллов:	10

3. Столкновение двух тел. Для двух сталкивающихся тел, движущихся вдоль одной оси Ox , зависимость скорости от времени показана на графике пунктирной линией для тела 1 и сплошной - для тела 2.

- а) Найдите отношение масс m_1/m_2 этих тел.
б) Является ли взаимодействие этих тел абсолютно упругим?



Решение:

Если V - цена одного деления на вертикальной оси скорости на графике, то отсюда следует, что скорость первого тела до столкновения равна $3V$, второго - равна $7V$, а после столкновения скорость первого тела становится равной $4V$, а второго - равной V . С учетом этого из закона сохранения импульса получаем:

$$m_1(3V) + m_2(7V) = m_1(4V) + m_2V,$$

$$m_1 = 6m_2,$$

$$m_1/m_2 = 1/6.$$

Первое тело догоняет второе и после столкновения скорость первого тела уменьшается, а второго - увеличивается.

Взаимодействие тел не является абсолютно упругим, так как кинетическая энергия до взаимодействия больше кинетической энергии после взаимодействия:

$$E_{\text{кин}}^{\text{до}} > E_{\text{кин}}^{\text{после}},$$

$$m_1(3V)^2/2 + m_2(7V)^2/2 > m_1(4V)^2/2 + m_2V^2/2,$$

$$(6m_2)(3V)^2/2 + m_2(7V)^2/2 > (6m_2)(4V)^2/2 + m_2V^2/2,$$

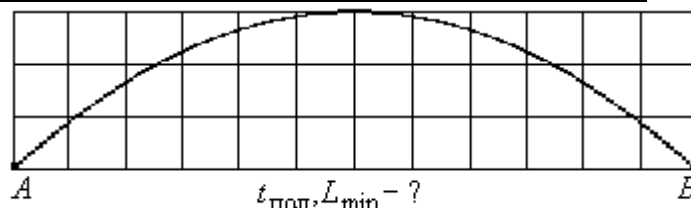
$$103/2 > 97/2.$$

Ответ: а) $m_1/m_2 = 1/6$; б) нет, не является.

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Считывание скоростей тел до и после	1
Запись закона сохранения импульса	3
Решение последнего для масс	2
Отыскание кинетических энергий до и после	2
Их сравнение и вывод о взаимодействии	2
Сумма баллов:	10

4. Два салюта. В темноте из закрепленной одной пушки с интервалом времени в 2 с запустили два сигнальных (светящихся) снаряда, которые свободно в поле тяжести полетели в вертикальной плоскости. Фотокамера с открытым



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2021-2022 учебный год**

объективом издали со стороны, перпендикулярной этой плоскости, запечатлела траектории полета снарядов, которые оказались наложенными друг на друга. После обработки полученного изображения на компьютере на нем подрисовали еще координатную сетку с квадратными ячейками со стороной 60 м и получилась показанная на рисунке картина.

- а) Сколько времени $t_{\text{пол}}$ каждый из снарядов находился в свободном полете?
 б) На какое минимальное расстояние L_{min} снаряды сблизилась в полете (пока еще ни один из них не успел упасть на землю)?
 в) Через какое время t после второго выстрела снаряды оказались на минимальном расстоянии друг от друга?

Положение пушки на фотографии отмечено точкой А, а место падения снарядов на землю - точкой В, сопротивлением воздуха можно пренебречь, ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение:

1) Во-первых, из-за того, что траектории снарядов одинаковы, то их время полета одинаково и у снарядов одинаковые начальные углы и скорости.

2) Из рисунка видно, что максимальная высота подъема

$$h_{\text{max}} = (60 \text{ м}) \cdot 3 = 180 \text{ м.}$$

Такой высоте, как это следует из рассмотрения падения в проекции на вертикальное направление, соответствует следующее время падения:

$$h_{\text{max}} = gt^2/2,$$

$$t_{\text{пад}} = (2h_{\text{max}}/g)^{1/2} = (2 \cdot 180/10)^{1/2} = 6 \text{ с.}$$

3) Так как при этом время падения равно времени подъема, то время полета каждого снаряда равно

$$t_{\text{пол}} = 2t_{\text{пад}} = 12 \text{ с.}$$

4) Так как из рисунка следует, что дальность полета равна

$$L_{\text{пол}} = (60 \text{ м}) \cdot 12 = 720 \text{ м,}$$

и при полете горизонтальная компонента скорости у снарядов не изменяется, то она равна

$$V_x = L_{\text{пол}}/t_{\text{пол}} = (720 \text{ м})/(12 \text{ с}) = 60 \text{ м/с.}$$

5) Так как у снарядов одинаковые и не изменяющиеся во времени горизонтальные проекции скоростей, то при полете разность их горизонтальных координат не изменяется и равна значению, на которое успеет удалиться первый снаряд до выстрела второго

$$\Delta x = V_x \tau = (60 \text{ м/с})(2 \text{ с}) = 120 \text{ м,}$$

где $\tau = 2 \text{ с}$ - интервал между выстрелами.

б) С учетом этого минимальное расстояние между снарядами будет в такой момент, когда разность их вертикальных координат равна нулю $\Delta y = 0$ (они находятся на одной высоте), и тогда

$$L_{\text{min}} = [(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2]^{1/2} = \Delta x = 120 \text{ м.}$$

7) Из рисунка следует, что когда на одной высоте расстояние между снарядами равно 120 м, то второй снаряд от пушки по горизонтали сместился на

$$x_2 = (60 \text{ м}) \cdot 5 = 300 \text{ м.}$$

С учетом этого время полета второго снаряда до такого момента равно

$$t = x_2/V_x = (300 \text{ м})/(60 \text{ м/с}) = 5 \text{ с.}$$

Отметим, что последнее время можно получить и другим (вычислительным) способом.

Ответ: а) $t = 12 \text{ с}$; б) $L_{\text{min}} = 120 \text{ м}$; в) $t = 5 \text{ с}$.

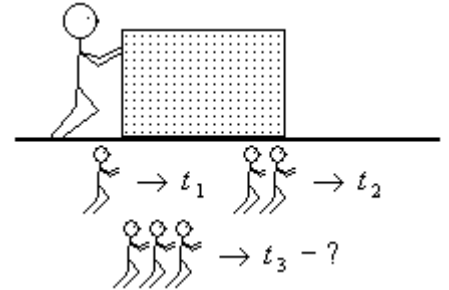
Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
За пункт (1)	1
За пункт (2)	1

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2021-2022 учебный год**

За пункт (3)	1
За пункт (4)	1
За пункт (5)	2
За пункт (6)	2
За пункт (7)	2
Сумма баллов:	10

5. Толкание льдины на льду. На горизонтальной ледяной поверхности гномы проводили опыты с льдиной. Для этого они стали толкать льдину по прямой дистанции, разгоняя ее из состояния покоя. Оказалось, что один гном, толкая льдину, может всю дистанцию пройти за время $t_1 = 70$ с, два гнома, толкая льдину уже вместе, могут пройти эту же дистанцию за время $t_2 = 14$ с. За какое время t_3 такую же дистанцию смогут пройти три гнома, также толкая льдину вместе? Предполагается, что каждый гном действует на льдину с одинаковой горизонтальной силой, и льдина при этом не крутится. Должен быть получен не приближенный, а точный ответ.



Решение:

Пусть F - сила действия одного гнома, $F_{\text{тр}}$ - действующая на льдину сила трения, m - масса льдины, L - длина дистанции. Тогда в случае одного гнома по второму закону Ньютона ускорение льдины равно

$$a_1 = (F - F_{\text{тр}})/m.$$

С другой стороны это ускорение можем выразить из кинематики равноускоренного движения:

$$a_1 t_1^2 / 2 = L,$$

$$a_1 = 2L/t_1^2.$$

С учетом последнего выражения для a_1 первое уравнение можем переписать в следующем виде:

$$F - F_{\text{тр}} = 2Lm/t_1^2.$$

В случае двух гномов после замены F на $2F$ и t_1 на t_2 последнее уравнение переписывается в следующем виде:

$$2F - F_{\text{тр}} = 2Lm/t_2^2.$$

Это же уравнение в случае трех гномов после замены F на $3F$ и t_1 на t_3 можем переписать в таком виде:

$$3F - F_{\text{тр}} = 2Lm/t_3^2.$$

Собственно говоря, на этом физика закончилась. Осталось решить систему последних трех уравнений и найти t_3 , исключив F и $F_{\text{тр}}$ и сократив L и m . Это можно сделать разными способами, например, стандартным методом последовательного исключения.

Все-таки приведем одно из решений этой системы уравнений. Для этого в ней второе уравнение умножим на 2 и из него вычтем первое и третье уравнения. После этого F и $F_{\text{тр}}$ сокращаются и получается одно следующее уравнение:

$$4Lm/t_2^2 - 2Lm/t_1^2 - 2Lm/t_3^2 = 0.$$

Остается из этого уравнения после преобразования найти t_3 :

$$1/t_3^2 = 2/t_2^2 - 1/t_1^2,$$

$$t_3^2 = 1/(2/t_2^2 - 1/t_1^2) = t_1^2 t_2^2 / (2t_1^2 - t_2^2),$$

$$t_3 = t_1 t_2 / (2t_1^2 - t_2^2) = 10 \text{ с.}$$

Ответ: $t_3 = t_1 t_2 / (2t_1^2 - t_2^2) = 10$ с.

*Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2021-2022 учебный год*

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Запись необходимого второго закона Ньютона	2
Запись уравнения кинематики	1
Получение уравнения, связывающего силы и время	2
Распространение последнего уравнения на второй случай	2
Его же на третий случай	2
Решение уравнений и ответ	1
Сумма баллов:	10