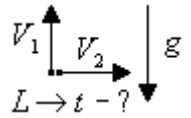


**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

**Физика. 9 класс**

**1. Взаимное удаление тел.** С вершины высокой башни из одной точки одновременно запустили два тела. Первому из них сообщили скорость  $V_1 = 3$  м/с вертикально вверх, а второму - скорость  $V_2 = 4$  м/с в горизонтальном направлении. Через какое время  $t$  расстояние между телами будет равным  $L = 10$  м? Считайте, что тела не успевают упасть, и сопротивлением воздуха можно пренебречь.



*Решение:*

*Первый способ решения:*

Выбрав стандартным образом прямоугольную систему координат с началом в точке запуска, выразим координаты тел через время  $t$ :

$$x_1 = 0, y_1 = V_1 t - g t^2 / 2,$$

$$x_2 = V_2 t, y_2 = -g t^2 / 2.$$

С учетом этих координат и теоремы Пифагора выразим расстояние между телами и после преобразования получим ответ:

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = L^2,$$

$$(V_2 t)^2 + (V_1 t)^2 = L^2,$$

$$t^2 = L^2 / (V_1^2 + V_2^2),$$

$$t = L / (V_1^2 + V_2^2)^{1/2} = 2 \text{ с.}$$

*Второй способ решения:*

В системе одного из тел, независимо от ускорения свободного падения, тела относительно друг друга движутся с постоянной скоростью, равной геометрической сумме взаимно перпендикулярных скоростей  $V_1$  и  $V_2$ . Тогда модуль их относительной скорости и необходимое время равны

$$V_{\text{от}} = (V_1^2 + V_2^2)^{1/2},$$

$$t = L / V_{\text{от}} = L / (V_1^2 + V_2^2)^{1/2} = 2 \text{ с.}$$

*Ответ:*  $t = L / (V_1^2 + V_2^2)^{1/2} = 2 \text{ с.}$

**Критерии оценивания по первому способу решения:**

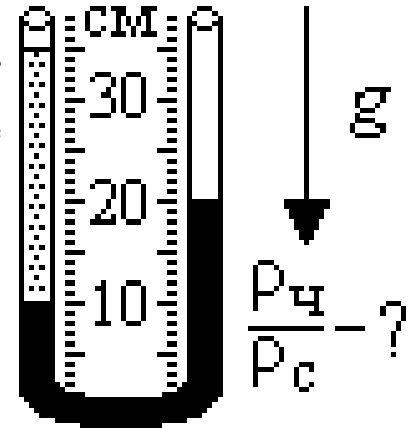
Шаги выполнения задания	Число баллов
Введение координатной системы и запись координат тел в зависимости от времени	3
Запись аналога уравнения $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = L^2$	4
Решение последнего и ответ	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**Критерии оценивания по второму способу решения:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Переход в систему одного из тел или сразу запись относительной скорости с учетом теоремы Пифагора	7
Ответ для времени	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

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

**2. В опыте** в вертикально установленную  $U$ -образную трубку налили две жидкости ("серую" и "черную"). Получилась показанная на рисунке ситуация. Во сколько раз плотность "черной" жидкости в правом колене  $U$ -образной трубки больше плотности "серой" жидкости в левом колене? Считайте, что жидкости между собой не смешиваются.



*Решение:*

Как следует из рисунка, слева верхний и нижний уровни "серой" жидкости находятся соответственно на высотах

$$h_1 = 35 \text{ см,}$$

$$h_2 = 10 \text{ см,}$$

а справа верхний уровень "черной" жидкости - на высоте

$$h_3 = 20 \text{ см.}$$

Для записи условия равенства давлений жидкостей на горизонтальном уровне границы раздела жидкостей (на высоте  $h_2 = 10$  см) учтем, что высота столба "серой" жидкости с плотностью  $\rho_c$  равна

$$h_c = h_1 - h_2 = 35 \text{ см} - 10 \text{ см} = 25 \text{ см,}$$

а "черной" жидкости с плотностью  $\rho_{ч}$  равна

$$h_{ч} = h_3 - h_2 = 20 \text{ см} - 10 \text{ см} = 10 \text{ см.}$$

Тогда из условия равенства давлений на этом уровне окончательно находим:

$$\rho_c g h_c = \rho_{ч} g h_{ч},$$

$$\rho_{ч} / \rho_c = h_c / h_{ч} = 25 / 10 = 2,5 \text{ раз,}$$

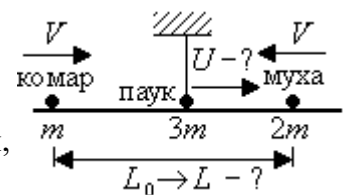
где  $g$  - ускорение свободного падения.

*Ответ:*  $\rho_{ч} / \rho_c = 2,5$  раз.

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Считывание необходимых данных с рисунка	2
Условие равновесия (формулировка)	2
Его запись в форме уравнения	4
Решение последнего и ответ	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**3. Муха-Цокотуха.** На паутинке подвешена в горизонтальном положении легкая соломинка. На ней сидят Комар массой  $m$ , Муха-Цокотуха массой  $2m$  и Паук массой  $3m$ , которые в равновесии расположились так, что Паук находится в точке крепления паутинки, а Муха-Цокотуха и Комар - по разные стороны от паутинки так, что расстояние между ними  $L_0 = 48$  см. Муха и Комар одновременно побежали по соломинке навстречу друг другу с одинаковыми скоростями  $V = 3$  см/с.



а) С какой скоростью  $U$  в направлении Мухи должен побежать по соломинке одновременно с ними Паук, чтобы соломинка оставалась в горизонтальном положении?

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

- б) Через какое время  $t$  Паук добежит до Мухи?  
в) Какое расстояние  $L$  станет между Мухой и Комаром в этот момент?

*Решение:*

Пусть в начальный момент Комар находится на расстоянии  $L_1$  от паутины, а Муха на расстоянии  $L_2 = L_0 - L_1$ . Эти расстояния можем найти из условия равновесия соломинки:

$$mL_1 = (2m)L_2,$$

$$L_1 = 2(L_0 - L_1),$$

$$L_1 = 2L_0/3,$$

$$L_2 = L_0 - L_1 = L_0 - 2L_0/3 = L_0/3.$$

Из условия равновесия соломинки через некоторое время  $t$  находим скорость паука:

$$m(L_1 - Vt) = (2m)(L_2 - Vt) + (3m)(Ut),$$

$$(2L_0/3 - Vt) = 2(L_0/3 - Vt) + 3Ut,$$

$$U = V/3 = 1 \text{ см/с.}$$

Встреча Паука и Мухи произойдет через время

$$t = L_2/(V + U) = (L_0/3)/(V + V/3) =$$

$$= L_0/(4V) = 4 \text{ с.}$$

К этому моменту расстояние между Мухой и Комаром будет равно

$$L = L_0 - (V + U)t = L_0 - 2V[L_0/(4V)] =$$

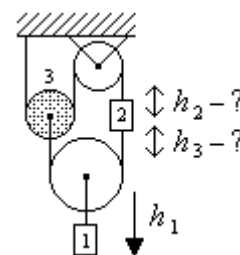
$$= L_0/2 = 24 \text{ см.}$$

*Ответ:* а)  $U = V/3 = 1 \text{ см/с}$ ; б)  $t = L_0/(4V) = 4 \text{ с}$ ; в)  $L = L_0/2 = 24 \text{ см}$ .

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Условие равновесия соломинки в начале получение $L_1$ и $L_2$	1
Условия равновесия соломинки через некоторое время $t$	2
Решение последнего и отыскание $U$	2
Получение $t$	2
Получение $L$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**4. Система с блоками и грузами.** В механической системе верхний блок своей осью прикреплен к потолку и является неподвижным, нижний и средний блоки - подвижные, части нерастяжимой нити, идущей к блокам, вертикальны. Нижний груз 1, прикрепленный к оси нижнего блока, опустили на  $h_1 = 3,5$  см. Нижний груз 1, прикрепленный к оси нижнего блока, опустили на  $h_1 = 3,5$  см. На сколько и в какую сторону (вверх или вниз) при этом сместятся другой груз 2 и средний блок?



*Решение:*

При рассуждениях будем учитывать, что длина нити не изменяется. Для определенности за положительное выберем смещение всех тел вниз. Тогда при опускании левого блока на  $h_3$  он вытягивает у верхней нити часть длиной  $2h_3$ , а груз 2 вытягивает часть длиной  $h_2$  и для этой верхней нити из-за ее нерастяжимости можем записать уравнение

$$h_2 + 2h_3 = 0.$$

При опускании нижнего блока на  $h_1$  он у нижней нити вытягивает часть длиной  $2h_1$ . Еще у этой нити левый блок освобождает часть длиной  $h_3$  и груз также освобождает часть длиной  $h_2$ . Поэтому для этой нижней нити из-за ее нерастяжимости можем записать уравнение

$$2h_1 = h_2 + h_3.$$

Решение системы этих двух уравнений дает:

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

$$h_2 = -2h_3,$$

$$2h_1 = (-2h_3) + h_3 = 0,$$

$$h_3 = -2h_1 = -7 \text{ см},$$

$$h_2 = -2h_3 = -2(-2h_1) = 4h_1 = 14 \text{ см}.$$

Так как  $h_3$  отрицательно, а  $h_2$  положительно, то левый блок поднимается вверх, а груз опускается вниз.

*Ответ:*  $h_2 = 4h_1 = 14$  см, вниз;  $h_3 = 2h_1 = 7$  см, вверх.

**Критерии оценивания:**

<b>Шаги выполнения задания</b>	<b>Число баллов</b>
Запись условия неизменности длины верхней части нити	3
Запись условия неизменности длины верхней части нити	3
Решение для $h_2$	2
Решение для $h_3$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>