

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ЮНИОР»**  
**ПО ФИЗИКЕ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2024-2025 учебный год**  
**8 КЛАСС**

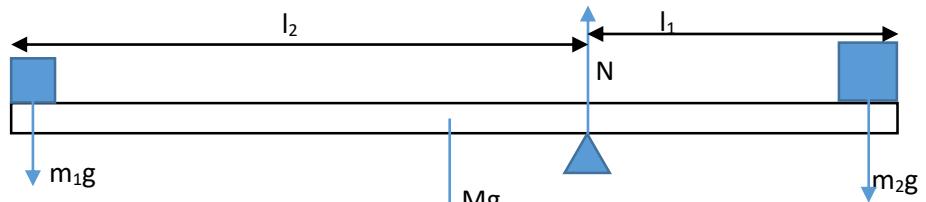
**ОТВЕТЫ**

**Максимальное количество баллов – 50 баллов**

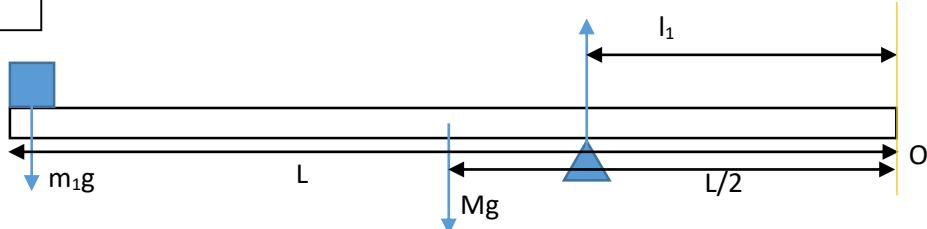
**Задача 1.** На концах стержня массой 10 кг и длиной 2 м, находятся два ящика массами 20 и 10 кг соответственно. Где необходимо установить опору, чтобы система находилась в равновесии?

Решение:

Дано:
$m_1=10 \text{ кг}$
$m_2=20 \text{ кг}$
$M=10 \text{ кг}$
$L=2 \text{ м}$
$l_1, l_2?$

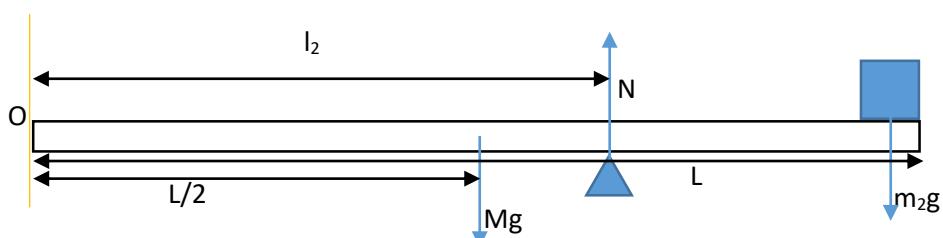


1)



$$(1) N \cdot l_1 = M \cdot g \cdot (L/2) + m_1 \cdot g \cdot L$$

2)



$$(2) N \cdot l_2 = M \cdot g \cdot (L/2) + m_2 \cdot g \cdot L$$

$$L = l_1 + l_2 \quad l_2 = L - l_1$$

$$\begin{cases} N \cdot l_1 = M \cdot g \cdot (L/2) + m_1 \cdot g \cdot L & (1) \\ N \cdot (L - l_1) = M \cdot g \cdot (L/2) + m_2 \cdot g \cdot L & (2) \end{cases} \quad (2)/(1)$$

$$\frac{(L-l_1)}{l_1} = \frac{Mg_2^{\frac{L}{2}} + m_2gL}{Mg_2^{\frac{L}{2}} + m_1gL}$$

$$\frac{L}{l_1} - 1 = \frac{50}{30} \quad \frac{L}{l_1} = \frac{80}{30} \quad l_1 = 2 * \frac{30}{80} \quad l_1 = 0,75\text{м} \quad l_2 = 1,25\text{м}$$

*Сделан правильный чертёж - 3 балла*

*верно обозначены места приложения сил – 1 балл*

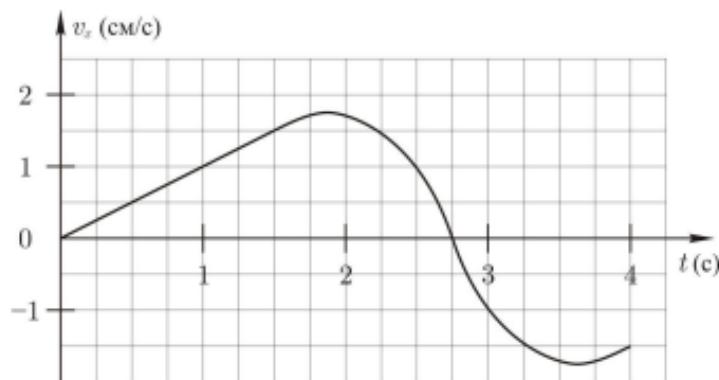
*Записаны моменты силы всех объектов - 3 балла (по одному за каждый)*

*Правильно записано правило моментов – 2 балла*

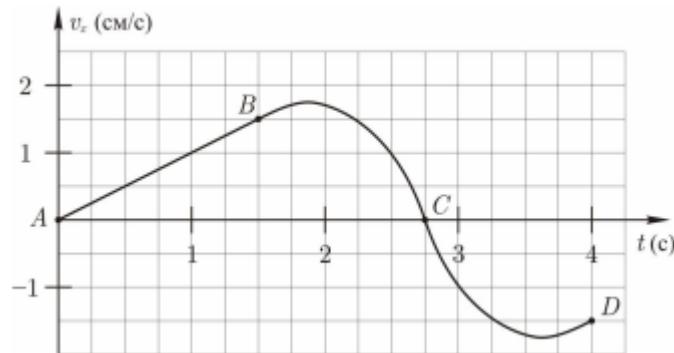
*Получен конечный ответ - 1 балл*

*Максимум 10 баллов*

**Задача 2.** Частица движется вдоль оси Ох. На рисунке приведён график зависимости  $v_x(t)$  – проекции скорости частицы на ось Ох от времени. Найдите модуль перемещения частицы от начала движения ( $t=0$  с) до момента времени  $t=4$  с.



**Возможное решение:**



Решение будем находить графическим способом (см. рис.).

Участки ВС и СD графика симметричны, поэтому модуль перемещения частицы на участке ВD равен нулю. Остаётся только участок АВ графика, модуль перемещения на котором легко найти, поскольку этот участок линеен. Искомый модуль перемещения рассчитывается как площадь треугольника в координатах скорость-время:

$$s = \frac{1}{2} \cdot v_B \cdot t_B$$

где  $v_B$  и  $t_B$  – значение скорости и времени в точке В.

В итоге,

$$s = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 1,5 \text{ с} = 1,125 \text{ см.}$$

Ответ:  $s=1,125$  см.

*Критерии оценивания:*

**1 балл:** высказана идея о нахождении перемещения геометрическим способом

**2 балла:** отмечена симметрия участков ВС и СD

**3 балла:** указано, что модуль перемещения на участке ВD равен нулю

**2 балла:** записано выражение для нахождения модуля перемещения

**2 балла:** получен правильный ответ

*Максимум за задание – 10 баллов.*

1. **Задача 3.** Кубик внутри пустого стакана поконится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестает изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 2 см. Сделать рисунок с указанием направлений сил в обоих случаях.

### Возможное решение:

Дано:	
$\Delta x_1 = 1 \text{ см}$	СИ $= 0,01 \text{ м}$
$\Delta x_2 = 2 \text{ см}$	$= 0,02 \text{ м}$
$\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3$	
$\rho_k - ?$	

### Решение:

Пусть  $\Delta x_1$  – исходная деформация пружины,  $\Delta x_2$  – деформация пружины в конечном состоянии,  $\rho_e$  – плотность воды,  $\rho_k$  – плотность кубика.

Можно направить ось  $y$  вертикально вверх, на кубик в первом случае действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила упругости  $F_{y1}$ , направленная вверх (рис. 1). Тогда второй закон Ньютона для случая, когда пружина сжата, в проекции на ось  $y$  с учётом закона Гука имеет вид:

$$0 = F_{y1} - mg \quad (1)$$

где  $m$  – масса кубика,  $g$  – ускорение свободного падения.

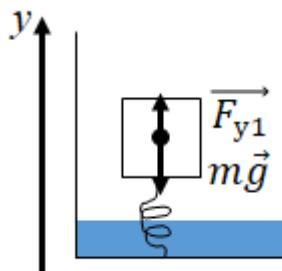


Рис. 1. Направления сил в первом случае.

По закону Гука

$$F_{y1} = k\Delta x_1 \quad (2)$$

где  $k$  – жёсткость пружины.

По мере наполнения стакана водой пружина начинает разжиматься и в итоге будет растянута на 2 см, то есть направление силы упругости сменится на противоположное, а её модуль будет равен  $F_{y2}$ , при этом кубик будет полностью погружен в воду. На кубик со стороны воды будет действовать сила Архимеда  $F_a$ , направленная вверх (рис. 2).

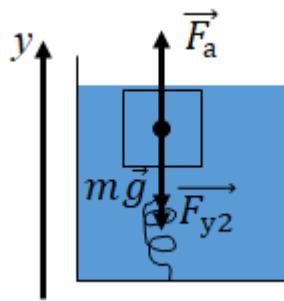


Рис. 2. Направления сил во втором случае.

Тогда второй закон Ньютона для конечного положения кубика в проекции на ось  $y$  примет вид

$$0 = F_a - F_{y2} - mg \quad (3)$$

По закону Гука

$$F_{y2} = k\Delta x_2 \quad (4)$$

Сила Архимеда вычисляется как

$$F_a = \rho_b g V_k \quad (5)$$

где  $V_k$  – объём кубика, с учётом определения плотности равный

$$V_k = \frac{m}{\rho_k} \quad (6)$$

Тогда из выражений (1)–(6) можно получить

$$0 = \rho_b g \frac{m}{\rho_k} - k\Delta x_2 - k\Delta x_1 \quad (7)$$

Если учесть  $mg$  из (1), то (7) с учётом (2) примет вид

$$k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = k\Delta x_1 \frac{\rho_b}{\rho_k} \quad (8)$$

Отсюда можно получить итоговое выражение для плотности кубика

$$\rho_k = \frac{\rho_b \Delta x_1}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,01 \text{ м}}{0,01 \text{ м} + 0,02 \text{ м}} \approx 333 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ:  $\rho_k \approx 333 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

*Критерии оценивания:*

**2 балла:** Сделан правильный рисунок для первого случая с указанием действующих на кубик сил.

**1 балл:** Записан второй закон Ньютона в первом случае (1).

**1 балл:** Записан закон Гука (2) или (4).

**2 балла:** Сделан правильный рисунок для второго случая с указанием действующих на кубик сил.

**1 балл:** Записан второй закон Ньютона во втором случае (3).

**1 балл:** Использована формула для силы Архимеда (5).

**1 балл:** Записана корректная итоговая формула для плотности кубика.

**1 балл:** Получен правильный ответ (в диапазоне от 330 кг/м<sup>3</sup> до 336 кг/м<sup>3</sup> включительно).

*За каждое верно выполненное действие баллы складываются. При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл за каждую ошибку. Максимум за задание – 10 баллов.*

**Задача 4.** В калориметр, содержащий 1,5 кг воды при 20°C, положили 1 кг льда, имеющего температуру –10°C. Какая температура установится в калориметре?

Дано:	СИ
$m_w = 1,5 \text{ кг}$	
$t_w = 20^\circ\text{C}$	$T_w = 293 \text{ К}$
$m_l = 1 \text{ кг}$	
$t_l = -10^\circ\text{C}$	$T_l = 263 \text{ К}$
$t_n = 0^\circ\text{C}$	$T_n = 273 \text{ К}$
$c_w = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	
$c_l = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	
$\lambda_l = 330000 \text{ Дж/кг}$	
$T = ?$	

#### **Возможное решение:**

##### **Перевод температуры в К не обязателен!**

Пусть  $m_w$  – масса воды,  $m_l$  – масса льда,  $t_w$  – начальная температура воды в °C,  $t_l$  в °C,  $t_n$  – температура плавления льда в °C,  $c_w$  и  $c_l$  – удельные теплоёмкости воды и льда соответственно,  $\lambda_l$  – удельная теплота плавления льда.

Из условия задачи неизвестно, растает ли лёд полностью, начнёт плавиться или даже вообще не начнёт плавиться. Значит, нужно провести расчёт количества теплоты. Для начала определим численно

количество теплоты  $Q_w$ , выделяемое водой при охлаждении до температуры плавления, по формуле:

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{п}}) \quad (1)$$

При подстановке числовых значений:

$$Q_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 1,5 \text{ кг} \cdot (20 - 0) = 126000 \text{ Дж}$$

Далее посчитаем количество теплоты, идущее на нагревание льда до температуры плавления, по формуле

$$Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_{\text{п}} - t_{\text{л}}) \quad (2)$$

При подстановке числовых значений:

$$Q_{\text{в}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot (0 - (-10)) = 21000 \text{ Дж}$$

Также следует рассчитать количество теплоты, требуемое для плавления льда

$$Q_{\text{пл}} = \lambda_{\text{л}} m_{\text{л}} \quad (3)$$

После подстановки числовых значений

$$Q_{\text{пл}} = 330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} = 330000 \text{ Дж}$$

Видно, что количество теплоты  $Q_{\text{в}}$  больше, чем  $Q_{\text{л}}$ , поэтому лёд нагреется до температуры плавления. При этом  $Q_{\text{в}} < Q_{\text{л}} + Q_{\text{пл}}$ , поэтому весь лёд не расплавится, в итоге установится температура  $t=0$ .

Ответ:  $t=0$ .

### *Критерии оценивания^*

**3 балла:** Высказана идея, что из условия задачи неизвестно, растает ли лёд полностью, начнёт плавиться или даже вообще не начнёт плавиться, поэтому нужно рассчитывать и сравнивать количества теплоты.

**2 балла:** Записано выражение для определения количества теплоты, выделяемого водой при охлаждении (1).

**2 балла:** Записано выражение для определения количества теплоты, идущего на нагревание льда (2).

**2 балла:** Записано выражение для определения количества теплоты, требуемого для плавления льда (3).

**1 балл:** Получен правильный ответ.

За каждое верно выполненное действие баллы складываются. При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на **1 балл** за каждую ошибку. Максимум за задание – **10 баллов**.

Если получено итоговое выражение с физически правильными, но альтернативными рассуждениями, то за все критерии ставится суммарно **10 баллов**, за каждую физическую или математическую ошибку отнимается **1 балл**.

**Задача 5.** Стальной осколок, падая с высоты 430 м, нагрелся на 0,5 °C в результате совершения работы сил сопротивления воздуха. Чему равна скорость осколка у поверхности Земли?

Удельная теплоёмкость стали 500 Дж/ кг·°C

Решение:

Используем закон сохранения энергии

$$E_p = Q + E_k \quad \text{2 балла}$$

Потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию и энергию нагрева осколка.

$E_p = mgh$  - потенциальная энергия, где  $m$ -масса осколка **1 балл**

$g$ - ускорение свободного падения =10 м/с<sup>2</sup>

$h$ - высота, с которой осколок падает.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad \text{кинетическая энергия, где } m\text{-масса осколка} \quad \text{1 балл}$$

$v$ - скорость у поверхности Земли м/с.

$Q = m c \Delta t$  - количество теплоты при нагревании осколка за счёт работы сил сопротивления воздуха, , где  $m$ -масса осколка **1 балл**

$c$ - удельная теплоёмкость стали 500 Дж/ кг·°C

$\Delta t$  –температура на которую нагрелся осколок.

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + m c \Delta t \quad \text{2 балла}$$

$$\text{Выражаем скорость } v = \sqrt{2gh - 2c\Delta t} \quad \text{2 балла}$$

Подставляем числовые значения

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 430 - 2 \cdot 500 \cdot 0.5} = 90 \text{ м/с.} \quad \text{1 балл}$$

*Максимум за задание – **10 баллов**.*