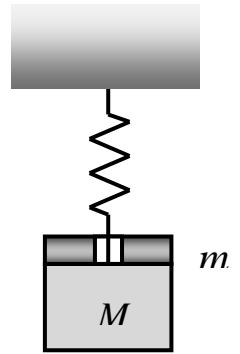




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача 1. Груз на пружине (10 баллов)**

На груз массы  $M$ , висящий на пружине жесткостью  $k$ , кладут перегрузок массы  $m$ , удерживая груз в первоначальном положении, а затем его отпускают (см. рис.). Найти максимальное значение силы, действующей на перегрузок со стороны груза.



**Возможное решение и критерии оценивания:**

1. Правильно определён условие начального равновесия в виде  $kx_0 = Mg$ .

(1 балл)

2. Записан закон сохранения энергии в виде

$$\frac{1}{2}kx_0^2 + (M + m)g(x_m - x_0) = \frac{1}{2}kx_m^2, \text{ где } x_0 = \frac{Mg}{k}. \quad (3 \text{ балла})$$

3. Правильно выполнены преобразования и получено решение квадратного уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}kx_0^2 + (M + m)g(x_m - x_0) &= \frac{1}{2}kx_m^2, \\ \frac{1}{2}kx_0^2 + (M + m)gx_m - (M + m)gx_0 &= \frac{1}{2}kx_m^2, \\ \frac{1}{2}kx_0^2 - (M + m)gx_0 &= \frac{1}{2}kx_m^2 - (M + m)gx_m, \text{ где } x_0 = \frac{Mg}{k}, \\ \frac{1}{2}k\left(\frac{Mg}{k}\right)^2 - (M + m)g \cdot \frac{Mg}{k} &= \frac{1}{2}kx_m^2 - (M + m)gx_m. \end{aligned}$$

После преобразований получаем уравнение

$$x_m^2 - 2(M + m) \cdot \frac{g}{k} \cdot x_m + (M + 2m) \cdot M \cdot \left(\frac{g}{k}\right)^2 = 0,$$

решение, которого имеет вид

$$x_1 = M \cdot \frac{g}{k} = x_0,$$

$$x_2 = (M + 2m) \cdot \frac{g}{k} = x_m. \quad (2 \text{ балла})$$

4. Правильно выбрана система отсчета, а второй закон Ньютона для системы «груз-перегрузок» и отдельно для перегрузка представлен в виде системы двух уравнений

$$\begin{cases} (M + m) \cdot \vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}} = (M + m) \cdot \vec{a}, \\ m \cdot \vec{g} + \vec{N} = m \cdot \vec{a}. \end{cases} \quad (2 \text{ балла})$$

5. Правильно выполнен переход от действий над векторами к действиям над их координатами и получено решение системы уравнений:

$$OY: \begin{cases} -(M + m) \cdot g + F_{\text{упр}} = -(M + m) \cdot a, \\ -m \cdot g + N = -m \cdot a. \end{cases}$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

Тогда

$$\begin{cases} a = g + \frac{F_{\text{упр}}}{(M + m)}, \\ N = m \cdot (g - a), \end{cases}$$

отсюда получаем

$$N = \frac{m}{(M + m)} \cdot F_{\text{упр}}, \text{ где } F_{\text{упр}} = kx_m.$$

Тогда

$$N = \frac{m}{(M + m)} \cdot kx_m, \text{ где } x_m = (M + 2m) \cdot \frac{g}{k},$$

$$N = \left( \frac{M + 2m}{M + m} \right) \cdot mg.$$

**(2 балла)**



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача 2. Подвижный поршень (10 баллов)**

Тонкий подвижный теплопроводящий поршень делит герметичный цилиндр объемом  $V = 3,7$  л на две части. В одной части находится вода, в другой – воздух при давлении  $p = 0,32$  атм. Начальная температура в цилиндре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ . При медленном нагревании поршень в некоторый момент начинает двигаться, при температуре  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  останавливается и при дальнейшем нагревании остается неподвижным. Найдите полную массу воды в цилиндре. Объемом жидкости можно пренебречь по сравнению с объемом цилиндра. Давление насыщенных паров воды при температуре  $20^\circ\text{C}$  равно  $p_{20} = 0,023$  атм. Силу тяжести и трение поршня о цилиндр не учитывать.

**Возможное решение:**

$p_{\text{пара}} < p_{20} < p_{\text{возд. 1}}$ , следовательно, начальный объем пара равен 0.

Давления и температуры по обе стороны от поршня одинаковы. В этих условиях отношение объемов равно отношению количеств вещества, поэтому поршень движется только тогда, когда испаряется вода, и его остановка при  $100^\circ\text{C}$  означает, что вся вода уже испарилась, но пар еще насыщенный.

Давление насыщенного пара при  $t_2 = 100^\circ\text{C}$   $p_{\text{н}} = 1$  атм.

Т.к. поршень перестал двигаться,  $p_{\text{возд.}} = p_{\text{н}} = 1$  атм.

Для начального и конечного состояний воздуха запишем уравнения состояния:

$$\begin{cases} pV = \nu_{\text{возд.}} RT_1 \\ p_{\text{н}} V_{\text{возд.}} = \nu_{\text{возд.}} RT_2 \end{cases}$$

Отсюда  $\frac{pV}{p_{\text{н}} V_{\text{возд.}}} = \frac{T_1}{T_2}$ , следовательно,  $V_{\text{возд.}} = \frac{pT_2}{p_{\text{н}}T_1} \cdot V$ ,  $V_{\text{пара}} = V - \frac{pT_2}{p_{\text{н}}T_1} \cdot V = V \cdot (1 - \frac{pT_2}{p_{\text{н}}T_1})$ .

Уравнение состояния для пара:

$$p_{\text{н}} V_{\text{пара}} = \nu_{\text{пара}} RT_2 = \frac{m_{\text{пара}}}{M_{\text{пара}}} \cdot RT_2,$$

$$m_{\text{пара}} = \frac{p_{\text{н}} M_{\text{пара}} V \cdot (1 - \frac{pT_2}{p_{\text{н}}T_1})}{RT_2} = \frac{M_{\text{пара}} V}{R} \cdot (\frac{p_{\text{н}}}{T_2} - \frac{p}{T_1}).$$

$$m_{\text{пара}} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{8,31} \cdot (\frac{1 \cdot 10^5}{373} - \frac{0,32 \cdot 10^5}{280}) \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)} = 1,2 \text{ г.}$$

**Рекомендации по проверке:**

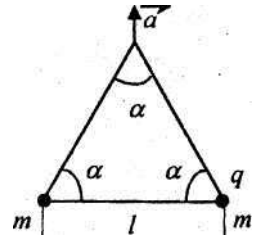
Определен начальный объем (начальное количество) пара	1 балл
Указано условие движения поршня	1 балл
Указано, что испарилась вся вода и пар является насыщенным	1 балл
Записаны уравнения состояния для начального и конечного состояний воздуха, для пара	3 балла (по 1 баллу за уравнение)
Получен объем пара при $100^\circ\text{C}$	1 балл
Указано значение давление насыщенного водяного пара при $100^\circ\text{C}$	1 балл
Получено выражение для массы пара	1 балл
Значения величин переведены в единицы СИ и выполнен правильный расчет	1 балл



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача 3. Шарики (10 баллов)**

Два маленьких проводящих шарика, имеющие массу  $m$  и заряд  $q$ , находятся в вершинах равностороннего треугольника, составленного из легких нитей длиной  $l$  (см. рис.). Систему поднимают вертикально вверх с ускорением  $a$ , равным по модулю  $g$ . Определите натяжение нити, соединяющей шарики. Покажите на рисунке силы, действующие на заряженные шарики. Задачу решите в общем виде.



**Возможное решение и критерии оценивания:**

Рассмотрим условия ускоренного движения левого (по рис.) заряда. На этот заряд действуют:

1.  $T_1$ - сила натяжения нити, связывающая заряд с точкой подвеса.
2.  $T_2$ - сила натяжения нити, связывающая заряды.
3.  $mg$ - сила тяжести.
4.  $F_k$  – сила кулоновского отталкивания со стороны второго заряда.

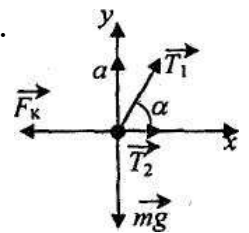


Рис 2 балла

Тогда:

$$m\vec{a} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_k \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$ma_x = T_{1x} + T_{2x} + mg_x + F_{kx} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$ma_y = T_{1y} + T_{2y} + mg_y + F_{ky} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$ma = T_1 \sin \alpha - mg \quad T_1 = (ma + mg) / \sin \alpha$$

$$0 = T_1 \cos \alpha + T_2 - F_k \quad T_2 = F_k - T_1 \cos \alpha$$

$$T_2 = F_k - m(a + g) \cos \alpha / \sin \alpha = kq^2 / l^2 - m(a + g) / \tan \alpha \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

Используем числовые данные задачи:

$$T_2 = kq^2 / l^2 - m(g + g) / \tan 60^\circ$$

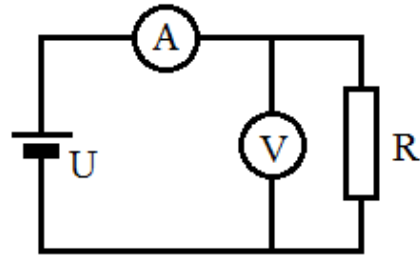
$$T_2 = kq^2 / l^2 - 2\sqrt{3} mg / 3 \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача 4. Показания приборов (10 баллов)**

В схеме, приведённой на рисунке, показания приборов таковы: амперметра  $I_1 = 1 \text{ A}$ , вольтметра  $U_1 = 1 \text{ B}$ . Напряжение на клеммах источника  $U = 4 \text{ B}$ , сопротивление резистора  $R = 2 \text{ Ом}$ .



Каковы будут показания приборов, если их поменять местами?

**Возможное решение и критерии оценивания:**

Обозначим сопротивления вольтметра  $R_V$ , сопротивление амперметра  $R_A$ , сила тока через приборы: амперметр  $I_A = I_1$ , вольтметр  $I_V$ , сопротивление  $I_R$ ; напряжения на них: на амперметре  $U_A$ , на вольтметре  $U_V = U_1$ , на резисторе  $U_R$ .

Определим напряжение на амперметре

$$U = U_A + U_V \Rightarrow U_A = U - U_V;$$

$$U_V = U_1 \Rightarrow U_A = U - U_1;$$

$$U_A = 4 - 1 = 3 \text{ B}.$$

**- 1 балл**

Воспользуемся законом Ома и определим сопротивление амперметра

$$R_A = \frac{U_A}{I_1};$$

$$R_A = \frac{3}{1} = 3 \text{ Ом}.$$

**- 1 балл**

Из данных задачи легко определить полное сопротивление схемы.

$$R_{\text{полное}} = \frac{U}{I_1};$$

$$R_{\text{полное}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ Ом}.$$

**- 1 балл**

По схеме определяем, что вольтметр и резистор соединены параллельно, а амперметр подключён к ним последовательно, поэтому полное сопротивление цепи равно

$$R_{\text{полное}} = R_A + \frac{R R_V}{R + R_V}. \quad \text{— 1 балл}$$

Определим отсюда сопротивление вольтметра  $R_V$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

$$R_V = \frac{R(R_{\text{полное}} - R_A)}{R + R_A - R_{\text{полное}}};$$

$$R_V = \frac{2(4 - 3)}{2 + 3 - 4} = 2 \text{ Ом.}$$

- 1 балл

Теперь поменяем приборы местами и определим их показания.

Сначала определим полное сопротивление новой схемы. Параллельно с резистором включён амперметр, последовательно к этому участку подключён вольтметр, поэтому

$$R'_{\text{полное}} = R_V + \frac{RR_A}{R + R_A};$$

$$R'_{\text{полное}} = 2 + \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = \frac{16}{5} \text{ Ом.}$$

- 1 балл

Это позволяет определить силу тока через вольтметр

$$I'_V = \frac{U}{R'_{\text{полное}}};$$

$$I'_V = \frac{4}{\frac{16}{5}} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ А.}$$

- 1 балл

Напряжение на вольтметре равно

$$U'_V = R_V \cdot I'_V;$$

$$U'_V = 2 \cdot 1,25 = 2,5 \text{ В.}$$

- 1 балл

Определим напряжение на амперметре

$$U = U'_V + U'_A \Rightarrow U'_A = U - U'_V;$$

$$U'_A = 4 - 2,5 = 1,5 \text{ В.}$$

- 1 балл

Воспользуемся законом Ома и найдём силу тока через амперметр, то есть его показания в этом случае

$$I'_A = \frac{U'_A}{R_A};$$

$$I'_A = \frac{1,5}{3} = 0,5 \text{ А.}$$

- 1 балл



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Рекомендации по проверке:**

Написаны отдельные формулы, имеющие отношение к задаче, но решения задачи нет, при этом решения задачи нет	1 балл
Рассмотрена первая схема, найдены сопротивления приборов. Если найдено сопротивление одного из них, то ставить 2-3 балла.	До 5 баллов
Во второй схеме определено полное сопротивление	2 балла
Определены показания приборов во второй схеме	3 балла

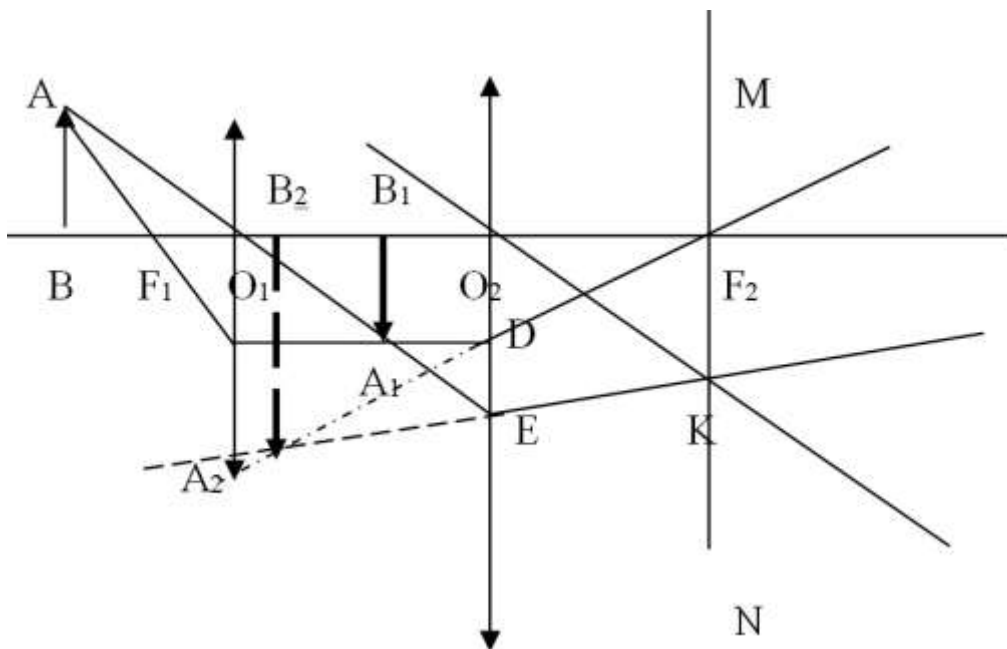


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача 5. Микроскоп (10 баллов)**

Вася и Петя приняли участие в конкурсе проектов. Они изготовили микроскоп, который состоит из объектива и окуляра, расстояние между главными фокусами, которых 18 см. Найдите увеличение, даваемое изготовленным микроскопом, если фокусные расстояния объектива и окуляра соответственно равны 2 мм и 40 мм. Постройте изображение предмета, даваемое этим микроскопом.

**Возможное решение и критерии оценивания:**



**Рис. 5 баллов.**

Построим в микроскопе изображение предмета  $AB$ , который обычно помещают вблизи фокальной плоскости объектива. Для построения изображения точки  $A$  предмета  $AB$  возьмем два луча, исходящих из этой точки (рис.).

Первый луч, проходящий через фокус  $F_1$  объектива, после преломления пойдет параллельно главной оптической оси до пересечения с окуляром в точке  $D$ . После преломления в окуляре луч пройдет через его фокус  $F_2$ .

Второй луч, падающий на оптический центр  $O_1$  объектива, не изменит своего направления и пересечет окуляр в точке  $E$ . Чтобы найти, как пойдет этот луч после преломления в окуляре, проведем через точку  $F_2$  фокальную плоскость  $MN$  и побочную оптическую ось, параллельную этому лучу и пересекающую фокальную плоскость в точке  $K$ . Тогда второй луч после преломления в окуляре пройдет также через эту точку.

Точка  $A_2$  пересечения продолжений первого и второго лучей, вышедших из окуляра, является мнимым изображением точки  $A$ . Опуская из точки  $A_2$





ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2019/20 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

перпендикуляр на главную оптическую ось, получим мнимое, увеличенное и перевернутое изображение  $A_2B_2$  предмета  $AB$ .

Поскольку микроскоп состоит из двух линз (объектив и окуляр), то увеличение микроскопа:

$$k = k_1 k_2 \quad (1 \text{ балл}) \quad (1)$$

Где  $k_1$  — увеличение объектива;  $k_2$  — увеличение окуляра. По определению, увеличение объектива:

$$k_1 = f_1 / d_1 \quad (1 \text{ балл}) \quad (2)$$

Так как  $f_1 \approx l$  и  $d_1 \approx F_1$ , то  $k_1 \approx l / F_1$ . Окуляр действует как лупа, поэтому

$$k_2 = L / F_2 \quad (2 \text{ балла}) \quad (3)$$

Где  $L = 0,25$  м – расстояние наилучшего зрения.

Подставив (2) и (3) в (1), получим

$$k = lL / F_1 F_2 ; k = 0,18 * 0,25 / 0,002 * 0,04 = 562 \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

**Рекомендации по проверке:**

Выполнено построение хода лучей	5 балла
Записана формула увеличения двух линз	1 балл
Записана формула увеличения первой линзы	1 балла
Записана формула увеличения второй линзы	2 балла
Выполнен корректный расчет	1 балл