



**Критерии оценивания**  
**Максимальное количество баллов – 50 баллов.**  
**Время выполнения заданий – 230 мин.**

**Задача № 1 (10 баллов)**

Мотоциклист въезжает на высокий берег рва, параметры которого указаны на рис. 1. Какую минимальную скорость  $v_0$  должен иметь мотоциклист в момент отрыва, чтобы перескочить через ров?

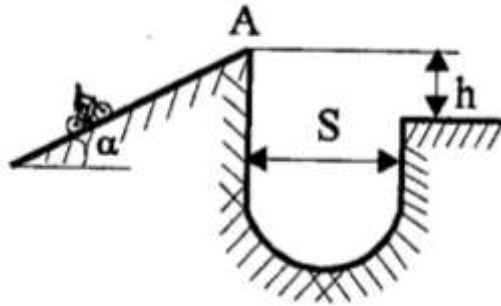


Рис. 1.

**Возможное решение и критерии оценивания:**

В условии задачи заданы следующие параметры:

- а) угол  $\alpha$  вылета мотоциклиста; (1 балл)
- б) ширина  $S$  рва;
- в) высота  $h$  рва.

Запишем зависимости  $y = y(t)$  и  $x = x(t)$ :

$$\begin{aligned}x &= v_0 \cos \alpha t; \\ y &= h + v_0 \sin \alpha t - g t^2 / 2.\end{aligned} \quad (3 \text{ балла})$$

Для момента времени  $t_0$  приземления мотоциклиста на другой стороне рва эти зависимости принимают вид ( $x = S$ ;  $y = 0$ );

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha \cdot t_0 \\ -h = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - g t_0^2 / 2 \end{cases} \quad (2 \text{ балла})$$
$$\begin{cases} t_0 = S / (v_0 \cos \alpha) \\ -h = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = S t g \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \end{cases}$$

Отсюда

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = S t g \alpha + h; \quad v_0^2 = \frac{g S^2}{2 \cos^2 \alpha (S t g \alpha + h)}$$

$$v_0 = \frac{S}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{g}{2(S t g \alpha + h)}} \text{ – минимальная необходимая скорость мотоциклиста. (4 балла)}$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

<b>Критерии оценивания</b>	
1. Указано, что угол $\alpha$ – это угол вылета мотоциклиста	1 балл
2. Записаны зависимости координат мотоциклиста от времени	3 балла
3. Получена система уравнений для случая успешного преодоления рва с минимальной скоростью в момент отрыва	2 балла
4. Получено выражение для минимальной скорости в момент отрыва	4 балла
Всего	10 баллов



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача № 2 (10 баллов)**

Два груза небольшого размера соединены нитью длиной  $\ell$  и лежат на цилиндрической гладкой поверхности радиуса  $R$  (рис. 1.). При равновесии грузов угол между вертикалью и радиусом, проведенным к грузу массы  $m_1$ , равен  $\alpha$ . Найдите массу второго груза.

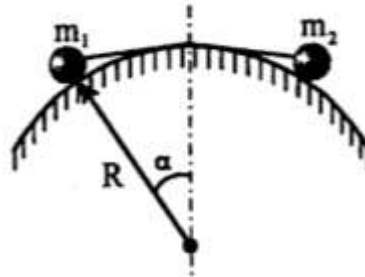


Рис. 1.

**Возможное решение и критерии оценивания:**

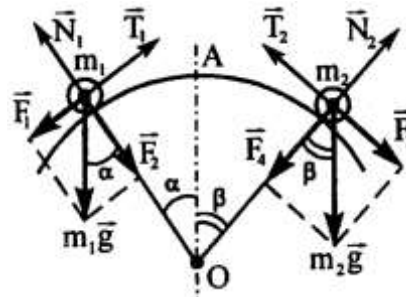


Рис. 2.

**(2 балла)**

Запишем уравнения равновесия каждого груза в векторном виде (см.рис. 2).

$$\begin{cases} 0 = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1 \\ 0 = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2 \end{cases}$$

**(2 балла)**

$\vec{T}_1, \vec{T}_2$  – силы натяжения нити

$\vec{T}_1 = -\vec{T}_2; T_1 = T_2$  - нити невесомы.

$\vec{N}_1, \vec{N}_2$  - силы реакции на грузы со стороны цилиндрической поверхности.

Запишем уравнения равновесия грузов в проекциях на радиус, проведенный из центра кривизны поверхности (т. О) к каждому грузу, и на касательную к поверхности в точках расположения грузов:

$$\begin{cases} 0 = T_1 - F_1 \\ 0 = N_1 - F_2 \end{cases} \quad \begin{cases} 0 = T_2 - F_3 \\ 0 = N_2 - F_4 \end{cases}$$

**(2 балла)**

Отсюда



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

$$\begin{cases} T_1 = F_1 = m_1 g \sin \alpha \\ N_1 = F_2 = m_1 g \cos \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} T_2 = F_3 = m_2 g \sin \beta \\ N_2 = F_4 = m_2 g \cos \beta \end{cases}$$
$$T_1 = T_2;$$
$$m_1 g \sin \alpha = m_2 g \sin \beta$$
$$m_1 \sin \alpha = m_2 \sin \beta$$
$$m_2 = \frac{m_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

(1 балл)

Длина дуги, заключенной между грузами, составляет

$$\ell = R(\alpha + \beta),$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – углы, измеренные в радианах. Длина данной дуги равна длине нити, связывающей грузы. Тогда

$$\ell = R\alpha + R\beta$$

$$R\beta = \ell - R\alpha$$

$$\beta = \frac{\ell - R\alpha}{R} = \frac{\ell}{R} - \alpha$$

(2 балла)

$$m_2 = \frac{m_1 \sin \alpha}{\sin\left(\frac{\ell}{R} - \alpha\right)} \text{ - масса второго груза.}$$

(1 балл)

Критерии оценивания	
1. Приведен чертеж с указанием всех сил, действующих на грузы	2 балла
2. Записаны уравнения равновесия для каждого груза в векторном виде	2 балла
3. Записаны уравнения равновесия для каждого груза в проекциях	2 балла
4. Система уравнений решена относительно массы $m_2$	1 балл
5. Получено выражение для угла $\beta$	2 балла
6. Найдено окончательное выражение для расчета массы $m_2$	1 балл
Всего	10 баллов

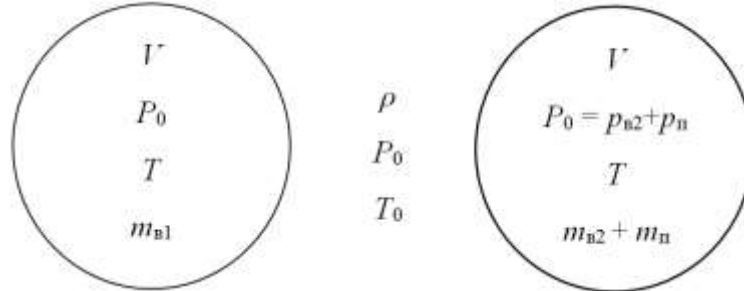


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача № 3 (10 баллов)**

Два шара-зонда одинаковой вместимостью  $V = 1 \text{ м}^3$  заполняют воздухом при температуре  $T = 373 \text{ К}$  и давлении  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Подъемные силы шаров, один из которых заполнен сухим воздухом, а другой – влажным, отличаются на  $\Delta F = 0,72 \text{ Н}$ . Определите относительную влажность воздуха во втором шаре. Молярные массы сухого воздуха и воды принять равными соответственно  $29 \text{ г/моль}$  и  $18 \text{ г/моль}$ .

**Возможное решение и критерии оценивания:**



$\rho, p_0, T_0$  – плотность, давление и температура окружающего воздуха.

$m_{в1}$  – масса воздуха в первом зонде,  $m_{в2}$  – масса воздуха во втором зонде,  $m_{п}$  – масса пара во втором зонде.

$$F_n = F_a - mg = \rho g V - mg - \text{подъемная сила зонда} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\Delta F = (m_{в1} - m_{в2} - m_{п})g \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{в1} = \frac{p_0 \cdot V \cdot \mu_{в}}{RT}, m_{в2} = \frac{p_{в2} \cdot V \cdot \mu_{в}}{RT}, m_{п} = \frac{p_{п} \cdot V \cdot \mu_{п}}{RT} \quad (2 \text{ балла})$$

$$p_0 = p_{в2} + p_{п}, \quad (1 \text{ балл})$$

где  $p_{в2}$  – парциальное давление воздуха во втором зонде,  $p_{п}$  – парциальное давление пара во втором зонде. Давление насыщенного пара при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $P_0$ , тогда

$$p_{п} = \varphi \cdot p_0 \quad (2 \text{ балла})$$

$$\frac{\Delta F}{g} = \frac{V}{RT} \cdot (p_0 (\mu_{в} - \varphi \cdot \mu_{п}) - p_{в2} \cdot \mu_{в}) = \frac{V}{RT} \cdot (p_0 (\mu_{в} - \varphi \cdot \mu_{п}) - (p_0 - \varphi \cdot p_0) \cdot \mu_{в}) =$$

$$= \frac{V}{RT} \cdot \varphi \cdot p_0 (\mu_{в} - \mu_{п})$$

$$\varphi = \frac{\Delta F \cdot RT}{V \cdot g \cdot p_0 (\mu_{в} - \mu_{п})} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\varphi = \frac{0,72 \cdot 8,31 \cdot 373}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 (29 \cdot 10^{-3} - 18 \cdot 10^{-3})} \approx 0,2 \quad (1 \text{ балл})$$



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

$$\varphi \approx 20\%$$

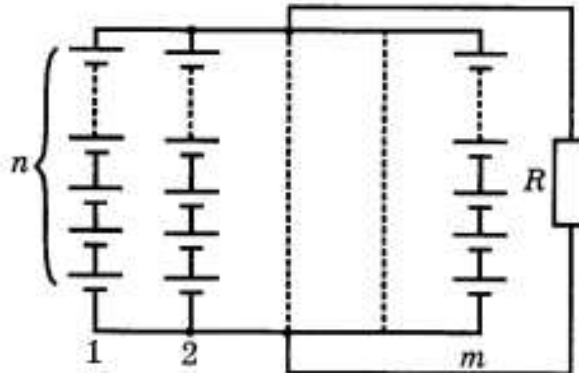
<b>Критерии оценивания</b>	
1. Записано выражение для подъемной силы зонда	1 балл
2. Получено выражение для разности подъемных сил зондов	1 балл
3. Записаны выражения для масс воздуха и массы водяного пара	2 балла
4. Записан закон Дальтона для второго зонда	1 балла
5. Приведено выражение для парциального давления водяного пара	2 балла
6. Получено выражение для относительной влажности воздуха	2 балла
7. Рассчитана относительная влажность воздуха	1 балла
Всего	10 баллов



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача № 4 (10 баллов)**

$N$  одинаковых элементов надо соединить в батарею согласно схеме, показанной на рисунке. Внутреннее сопротивление каждого элемента  $r$ . При каких значениях  $m$  и  $n$  сила тока через резистор с сопротивлением  $R$ , подключенный к батарее, будет наибольшей?



**Возможное решение и критерии оценивания:**

Обозначим ЭДС каждого элемента  $E$ , тогда полная ЭДС батареи  $nE$ , ее внутреннее сопротивление  $\frac{nr}{m}$ . Поскольку  $m = \frac{N}{n}$ , то сила тока через резистор будет равна

$$I = \frac{nE}{\left(\frac{nr}{m}\right) + R} = \frac{NE}{nr + \left(\frac{N}{n}\right)R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Минимальное значение знаменателя этого выражения достигается при  $nr = NR/n$ .

То есть

$$n = (NR/r)^{1/2} \text{ и } m = (Nr/R)^{1/2} \quad (5 \text{ баллов})$$

При этом внутреннее сопротивление батареи совпадает с сопротивлением нагрузки.

Критерии оценивания	
1. Получена формула для силы тока через резистор	5 баллов
2. Получены соотношения для $m$ и $n$	5 баллов
Всего	10 баллов



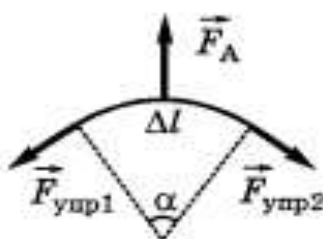
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
ФИЗИКА  
11 КЛАСС

**Задача № 5 (10 баллов)**

По жесткому кольцу из медной проволоки течет ток силой  $I = 5$  А. Кольцо находится в перпендикулярном к его плоскости магнитном поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Объясните причину появления в проволоке механического напряжения. И найдите растягивающее механическое напряжение в проволоке, если радиус кольца  $R = 5$  см, а площадь сечения проволоки  $S = 3$  мм<sup>2</sup>. Магнитным взаимодействием между различными участками кольца можно пренебречь.

**Возможное решение и критерии оценивания:**

Выберем малый элемент кольца. На него будет действовать сила Ампера и две равные по модулю силы упругости (см. рисунок).



(2 балла)

$$F_A = I B \Delta l \sin(90^\circ),$$

$$F_A = I B R \alpha$$

(2 балла)

Воспользуемся малостью угла  $\alpha$ .

Из условия равновесия следует, что  $F_{\text{упр}} = F_A / (2 \sin \alpha / 2) = I B R$

(3 балла)

Механическое напряжение

$$\Delta = F/S = I B R / S$$

(2 балла)

$$\Delta = 42 \text{ кПа}$$

(1 балл)

Критерии оценивания	
1. Приведен чертеж с указанием сил, действующих на элемент кольца	2 балла
2. Записано выражение для силы ампера	2 балла
3. Получена формула для силы упругости с учетом малости угла $\alpha$ .	3 балла
4. Получено выражение для механического напряжения	2 балла
5. Рассчитано значение механического напряжения	1 балл
Всего	10 баллов