

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ**

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**

**2025-2026 УЧЕБНЫЙ ГОД**

**ОТВЕТЫ**

7 КЛАСС		8 КЛАСС		9 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл	№ задания	Максимальный балл	№ задания	Максимальный балл
1.	<u>10</u>	1.	<u>10</u>	1.	<u>10</u>
2.	<u>10</u>	2.	<u>10</u>	2.	<u>10</u>
3.	<u>10</u>	3.	<u>10</u>	3.	<u>10</u>
4.	<u>10</u>	4.	<u>10</u>	4.	<u>10</u>
				5.	<u>10</u>
Итого:	40 баллов	Итого:	40 баллов	Итого:	50 баллов

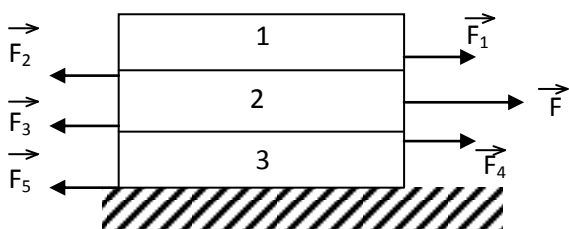
10 КЛАСС		11 КЛАСС	
1.	<u>10</u>	1.	<u>10</u>
2.	<u>10</u>	2.	<u>10</u>
3.	<u>10</u>	3.	<u>10</u>
4.	<u>10</u>	4.	<u>10</u>
5.	<u>10</u>	5.	<u>10</u>
Итого:	50 баллов	Итого:	50 баллов

**11 класс**

**Возможные решения задач**

**Задача №1. Доски**

На рисунке указаны только силы, действующие в горизонтальном направлении:  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5$  - силы трения между различными поверхностями;  $\vec{F}$  - сила, с которой тянут среднюю (вторую) доску.



В силу третьего закона Ньютона равны величины сил:  $F_1 = F_2$ ;  $F_3 = F_4$ . Согласно второму закону Ньютона (за

положительное принято направление действия силы  $\vec{F}$  ):

$$ma_1 = F_1 \quad (1)$$

$$ma_2 = F - F_2 - F_3 \quad (2)$$

$$ma_3 = F_4 - F_5 \quad (3)$$

Для дальнейшего анализа найдем возможное максимальное значение сил трения  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  :

$$F_{1\max} = F_{2\max} = \mu mg \quad (4)$$

$$F_{3\max} = F_{4\max} = 2\mu mg \quad (5)$$

$$F_{5\max} = 3\mu mg \quad (6)$$

Нижняя доска могла бы двигаться при условии  $F_4 > F_5$ ; при этом  $F_5 = 3\mu mg$ , но согласно (5) и (6)  $F_{4\max} < F_{5\max}$ . Отсюда следует, что нижняя доска при данных условиях задачи всегда покоится. Тогда  $F_4 = F_3 = 2\mu mg$ , т.к. средняя доска по условию движется. Если средняя доска выскальзывает из-под верхней (есть относительное движение поверхностей досок), то  $F_1 = F_2 = \mu mg$ . Условие  $a_2 > a_1$  (средняя доска выскальзывает из-под верхней) равносильно условию

$$F > F_1 + F_2 + F_3, \text{ отсюда } F > 4\mu mg,$$

т.е. минимальное значение силы  $F$  превышает значение  $4\mu mg$ .

При решении задачи существенно использован тот факт, что силы сухого трения  $0 \leq F_{\text{тр}} \leq \mu N$  ( $N$  – реакция опоры).

### Примерные критерии оценивания:

Построен рисунок и правильно указаны все горизонтальные силы.....	3
Составлена система уравнений движения.....	2
Выражены значения максимально возможных сил трения .....	2
Проведен анализ и найдено минимальное значение силы.....	3

### Задача №2. Подводный аппарат

Из уравнения состояния идеального газа следует, что

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

для любых двух состояний, поскольку при расширении количество вещества не изменяется.

Воздух выходит из баллона и вытесняет воду из балластных баков до тех пор, пока его давление не сравняется с давлением воды, которое складывается из атмосферного  $p_0$  и давления столба воды над подводным аппаратом:

$$p_2 = p_0 + \rho gh.$$

Тогда объём воздуха в конечном состоянии:

$$V_2 = \frac{p_1 T_2 V_1}{(p_0 + \rho g h) T_1} = 448 \text{ л}$$

Объём вытесненной из балластных баков воды - это объём воздуха вне баллона:

$$V = V_2 - V_1 = 448 - 10 = 438 \text{ л}$$

### Примерные критерии оценивания:

Записано уравнение через уравнение состояния идеального газа условие неизменности количества вещества при двух состояниях ..... 2

Записано уравнение для давления при погружении аппарата, в котором учитывается и атмосферное давление, и давление столба жидкости.....2

Выведена формула для нахождения объёма воздуха в конечном состоянии..... 2

Правильно вычислен объём воздуха в конечном состоянии.....1

Указание на то, что объём вытесненной воды это объём воздуха вне баллона.....2

Правильно вычислен объём вытесненной воды.....1

### Задача №3. Силовой экстрим

Покажем без формул, что изменение потенциальной энергии у шара меньше, чем у куба. Сила тяжести у куба и шара приложена к их центру масс, совпадающему с центром симметрии. Если бы центры их находились на одной высоте, то шар имел бы меньший объём, а значит, и массу. Но по условию задачи массы их одинаковы. Значит, диаметр шара должен быть несколько больше высоты ребра куба. Так как и куб, и шар стоят на полу, то центр шара будет расположен несколько выше центра куба. Но значит, на столько же он будет ниже у планки. Отсюда можно заключить, что при подъеме шара от пола до соприкосновения с планкой будет произведена несколько меньшая работа. Поэтому шар у планки приобретает меньшую потенциальную энергию, чем куб, а значит атлет поднимавший куб совершил большую работу, а значит одержал победу.

Теперь перейдем к числам. Высота поднятия центра масс куба равна

$$h = H - a = H - \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} = 1 - 0,46 = 0,54$$

При этом изменение потенциальной энергии куба:

$$\Delta E = mgh = 200 \cdot 10 \cdot 0,54 = 1080 \text{ (Дж)}.$$

Объём шара вычисляется по формуле:

$$V = \frac{4\pi}{3} R^3 = m / \rho.$$

Откуда предельная высота поднятия центра масс шара:

$$h' = H - 2R = H - \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\rho}} = 1 - 0,58 = 0,42$$

Изменение потенциальной энергии шара:

$$\Delta E' = mgh = 200 \cdot 10 \cdot 0,42 = 840 \text{ (Дж)}.$$

Значит изменения потенциальной энергии для куба и шара равны, соответственно, 1080 и 840 Дж.

Тогда атлет, поднявший куб, совершил работу большую, чем атлет поднявший шар на

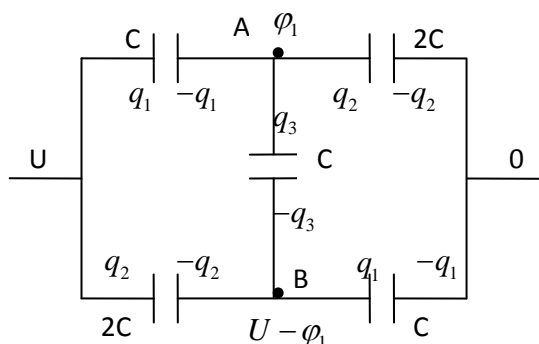
$$\Delta = \Delta E - \Delta E' = 1080 - 840 = 240 \text{ (Дж)},$$

А значит объективно атлет, поднявший куб, и является победителем.

### Примерные критерии оценивания:

Найдена предельная высота поднятия для куба.....	2
Представлена формула для нахождения изменения потенциальной энергии куба.....	2
Найдена предельная высота поднятия для шара.....	2
Представлена формула для нахождения изменения потенциальной энергии шара.....	2
Записана формула для нахождения разности работ по поднятию разных куба и шара.....	1
Вычислено значение разности работ по поднятию куба и шара.....	1

### Задача №4. Конденсаторы в цепи



Используя симметрию схемы, указываем значения зарядов на пластинах конденсаторов и выражаем их через потенциалы в узлах

$$q_1 = C(U - \varphi_1); \quad q_2 = 2C\varphi_1; \quad q_3 = C(2\varphi_1 - U).$$

Записываем условие электронейтральности узла А  
 $-q_1 + q_2 + q_3 = 0$ .

Из него получаем уравнение для потенциала в узле А  
 $2C\varphi_1 + C(2\varphi_1 - U) - C(U - \varphi_1) = 0$ .

Отсюда находим

$$\varphi_A = \varphi_1 = \frac{2}{5}U;$$

$$\varphi_B = \frac{3}{5}U;$$

$$\varphi_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = -\frac{1}{5}U.$$

$$\varphi_{AB} = -2 \text{ В}$$

Величины зарядов

$$q_1 = \frac{3}{5}CU; \quad q_2 = \frac{4}{5}CU.$$

Полный заряд на эквивалентной ёмкости

$$q = q_1 + q_2 = \frac{7}{5} CU$$

Отсюда эквивалентная ёмкость всей цепочки

$$C_{\Sigma} = \frac{7}{5} C$$

$$C_{\Sigma} = 28 \text{ мкФ}$$

### Примерные критерии оценивания:

Указание значений зарядов на пластинах конденсаторов.....	1
Выражение зарядов через потенциалы в узлах.....	1
Запись условия электронейтральности в каком-либо из узлов.....	1
Записано уравнение для нахождения потенциала в узле А или В.....	1
Определение значений электрических потенциалов в узлах А и В и вычисление $\varphi_{AB}$ .....	2
Записаны выражения для нахождения величин зарядов.....	2
Определена эквивалентная ёмкость всей цепочки.....	2

### Задача №5. Световое пятно

Решение №1. Общее решение для умеющих находить производные:

Согласно закону Снеллиуса

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad \text{или} \quad \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right)}{\sin \beta} = n.$$

$$\text{Отсюда} \quad \frac{\cos \omega t}{\sin \beta} = n, \quad \sin \beta = \frac{\cos \omega t}{n}.$$

Горизонтальная координата  $x$  пятна равна

$$x = H \tan \beta = \frac{H \sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} = \frac{H \cos \omega t}{\sqrt{n^2 - \cos^2 \omega t}}.$$

Скорость перемещения светового пятна  $V_x$  по дну водоема равна производной  $x$  по времени:

$$V_x = x'_t = -H\omega \frac{n^2 \sin \omega t}{(n^2 - \cos^2 \omega t)^{3/2}}.$$

В верхней точке  $\sin \omega t = \pi/2$ ,  $\cos \omega t = 0$  и скорость передвижения светового пятна по дну равна

$$V_x = -\frac{H\omega}{n}.$$

Решение №2. Простое решение:

Согласно закону Снеллиуса

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad \text{или}$$

Если источник света находится вблизи верхней точки (углы  $\alpha$  и  $\beta$  малы), то

$$\sin \alpha \cong \alpha; \quad \sin \beta \cong \beta; \quad \operatorname{tg} \beta = \beta.$$

Отсюда величина смещения светового пятна от вертикали с учетом

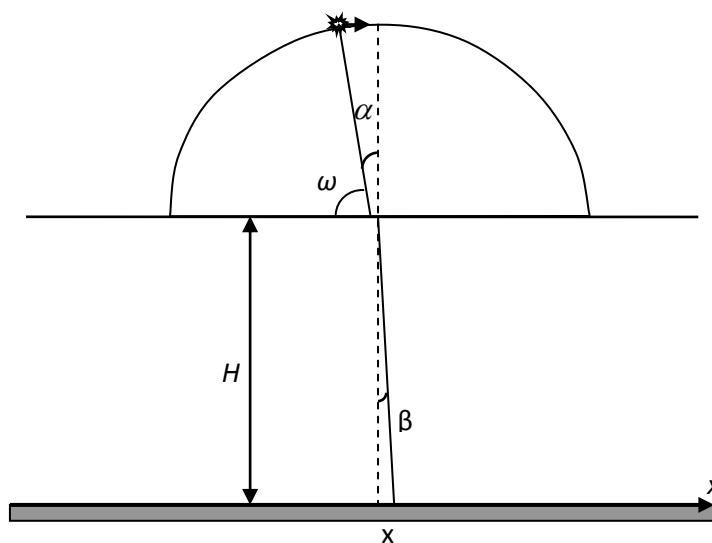
$$\alpha \cong \beta n$$

равна

$$\Delta x = 0 - x = 0 - H \cdot \operatorname{tg} \beta \cong -\beta H \cong -\frac{\alpha H}{n} = -\frac{\omega \Delta t H}{n}.$$

Величина скорости смещения пятна, соответствующая положению источника света вблизи верхней точки, равна

$$V_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\frac{\omega H}{n}.$$



**Примерные критерии оценивания решения №1:**

Запись закона Снеллиуса.....2

Формула для горизонтальной координаты  $x$  светового пятна .....2

Нахождение скорости перемещения светового пятна по дну водоёма вычислением производной.....4

Нахождение скорости перемещения светового пятна по дну водоёма, когда вектор скорости горизонтален (то есть источник света в верхней точке).....2

### Примерные критерии оценивания решения №2:

Запись закона Снеллиуса.....	2
Записано условие малости углов.....	1
Записано соотношение между углами падения и преломления при условии малости углов.....	1
Формула для смещения $\Delta x$ светового пятна от вертикали с учетом знака.....	4
Нахождение скорости перемещения светового пятна по дну водоёма, когда вектор скорости горизонтален (то есть источник света в верхней точке).....	2