



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

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

Задача № 1 (10 баллов)

Какую наименьшую начальную скорость нужно сообщить при ударе футбольному мячу, чтобы он перелетел через стену высотой H , находящуюся на расстоянии S от удара? Траектория мяча касается стены не в вершине параболы, а на ее нисходящей ветви (см.рис.1.).

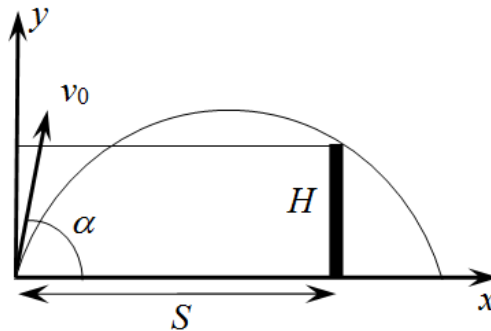


Рис.1.

Возможное решение и критерии оценивания:

Получим уравнение траектории движения мяча.

Координата x меняется по закону

$$x = v_{0x}t,$$
$$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$

Координата y меняется по закону

$$y = v_{0y}t - gt^2/2$$
$$v_{0y} = v_0 \sin\alpha \quad (2 \text{ балла})$$

Получить уравнение траектории – значит связать непосредственно x и y , исключив t .

$$t = x / v_{0x}$$

Получим

$$y = (v_{0y}/v_{0x})x - gx^2/2v_{0x}^2 = x \operatorname{tg}\alpha - gx^2/2v_0^2 \cos^2\alpha$$

Т.е уравнение траектории мяча

$$H = s \operatorname{tg}\alpha - gs^2/2v_0^2 \cos^2\alpha \quad (4 \text{ балла})$$

Перепишем в другом виде

$$gs^2/v_0^2 = -H + (s \cdot \sin 2\alpha - H \cdot \cos 2\alpha) \quad (1 \text{ балл})$$

Максимально возможное значение стоящего в скобках выражения равно $(H^2 + S^2)^{1/2}$



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

Таким образом

$$gs^2/v_0^2 < (H^2 + S^2)^{1/2} \text{ или}$$

$$v_{0\min} = (g (H + (H^2 + S^2)^{1/2}))^{1/2} \quad (3 \text{ балла})$$

Критерии оценивания	
1. Записаны законы изменения координат	2 балла
2. Получено уравнение траектории движения мяча	4 балла
3. Получено уравнение для исследования начальной скорости на минимум	1 балл
4. Получено выражение для минимальной начальной скорости	3 балла
Всего	10 баллов



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

Задача № 2 (10 баллов)

В калориметре находится кусок льда при температуре $t_0 = 0$ °С. В калориметр доливают воду массой $m = 10$ кг, взятую при температуре $t_1 = 9,9$ °С. Чтобы удержать кусок льда под водой сразу после добавления в калориметр воды, к нему требуется приложить направленную вертикально вниз силу $F_1 = 3$ Н. Какую силу F_2 , направленную вертикально вниз, необходимо приложить к куску льда для его удержания под водой после установления теплового равновесия в калориметре? Теплообменом с калориметром и окружающими телами можно пренебречь. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 0,33$ МДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c_в = 4,2$ кДж/(кг·°С), плотность воды $\rho_в = 10^3$ кг/м³, плотность льда $\rho_л = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Возможное решение и критерии оценивания:

Если V_0 – начальный объём льда, то согласно закону Архимеда должно выполняться условие: $F_1 + \rho_л V_0 g = \rho_в V_0 g$.

Отсюда
$$V_0 = \frac{F_1}{(\rho_в - \rho_л) \cdot g} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, \quad (1 \text{ балл})$$

а начальная масса льда

$$m_л = \frac{\rho_л F_1}{(\rho_в - \rho_л) \cdot g} = 2,7 \text{ кг}. \quad (1 \text{ балл})$$

Количество теплоты, которое отдаст вода при охлаждении до $t_0 = 0$ °С, равно

$$Q_1 = m \cdot c_в \cdot (t_1 - t_0) = 415,8 \text{ кДж}. \quad (1 \text{ балл})$$

Количество теплоты, которое требуется для расплавления всего льда,

$$Q_2 = m_л \lambda = 891 \text{ кДж}. \quad (1 \text{ балл})$$

Из сопоставления этих данных следует, что тепловое равновесие в калориметре установится при температуре $t_0 = 0$ °С, и расплавится не весь лед. После установления термодинамического равновесия в калориметре останется лед объемом V , который согласно уравнению теплового баланса можно определить из условия

$$\lambda \cdot \rho_л \cdot (V_0 - V) = m \cdot c_в \cdot (t_1 - t_0). \quad (2 \text{ балла})$$

Согласно закону Архимеда при этом справедливо равенство

$$F_2 + \rho_л V g = \rho_в V g. \quad (1 \text{ балл})$$

Из приведённых соотношений получаем, что



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

$$F_2 = F_1 - \frac{m \cdot g \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_0) \cdot (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})}{\lambda \cdot \rho_{\text{л}}} \quad (2 \text{ балла})$$

$$F_2 = 3 - \frac{10 \cdot 10 \cdot 4200 \cdot (9,9 - 0) \cdot (1000 - 900)}{0,33 \cdot 10^6 \cdot 900} = 1,6 \text{ Н} \quad (1 \text{ балл})$$

Критерии оценивания	
1. Получено выражение для начального объема льда	1 балл
2. Получено выражение для начальной массы льда	1 балл
3. Рассчитано количество теплоты, отданное водой при охлаждении	1 балл
4. Рассчитано количество теплоты, требующееся для расплавления всего льда	1 балл
5. Записано уравнение теплового баланса	2 балла
6. Записан закон Архимеда для конечного объема льда	1 балл
7. Получено выражение для силы F_2	2 балла
8. Получено значение силы F_2	1 балл
Всего	10 баллов



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

Задача № 3 (10 баллов)

В технике широко распространены так называемые электронные ключи. В цепи роль электронного ключа может выполнять полупроводниковый диод – электронное устройство, которое пропускает электрический ток только в одном направлении (на рис.1. пропускному направлению соответствует направление справа налево (по стрелке), сопротивление диода пренебрежимо мало; в направлении слева направо ток не проходит, диод «закрыт»). В электрической цепи, представленной на рисунке, сопротивление резистора R_1 составляет 15 Ом, а сопротивление резистора R_2 , параллельно которому подсоединен электронный ключ D , составляет 16 Ом. Определите сопротивление резистора R_3 , если суммарная мощность, выделяемая на резисторах R_2 и R_3 , не зависит от полярности приложенного напряжения.

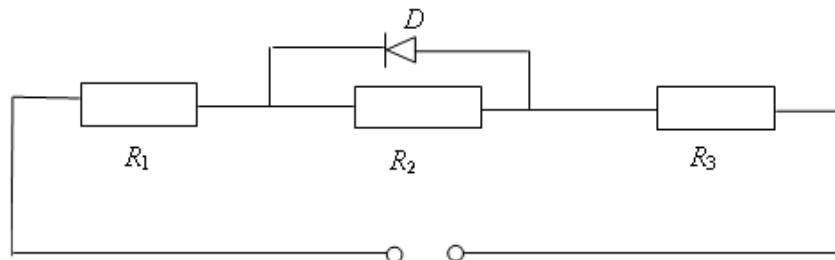
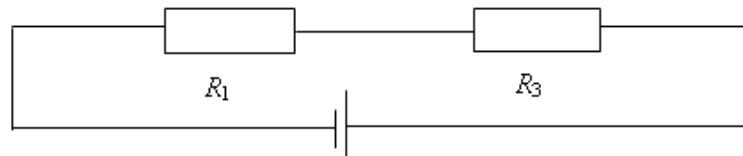


Рис.1.

Возможное решение и критерии оценивания:

1-й способ подключения: слева – отрицательный полюс источника. Эквивалентная схема:



(16балл)

Для этой цепи:

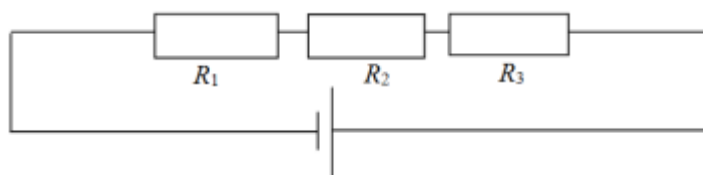
$$I = \frac{U}{R_1 + R_3} \quad (16\text{балл})$$

Суммарная мощность на втором и третьем резисторах:

$$P = I^2 R_3 = \frac{U^2 \cdot R_3}{(R_1 + R_3)^2} \quad (16\text{балл})$$

2-й способ подключения: слева – положительный полюс источника.

Эквивалентная схема:



Для этой цепи:



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

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1 \text{ балл})$$

Суммарная мощность на втором и третьем резисторах:

$$P = I^2 \cdot (R_2 + R_3) = \frac{U^2 \cdot (R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} \quad (1 \text{ балл})$$
$$\frac{U^2 \cdot R_3}{(R_1 + R_3)^2} = \frac{U^2 \cdot (R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

Отсюда получаем:

$$R_3^2 + R_2 \cdot R_3 - R_1^2 = 0 \quad (2 \text{ балла})$$

С учетом того, что $R_3 > 0$, получаем расчетную формулу:

$$R_3 = \frac{R_2}{2} \cdot \left(-1 + \sqrt{\left(\frac{2R_1}{R_2}\right)^2 + 1} \right) \quad (2 \text{ балла})$$

$$R_3 = \frac{16}{2} \cdot \left(-1 + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 15}{16}\right)^2 + 1} \right) = 9 \text{ (Ом)} \quad (1 \text{ балл})$$

Критерии оценивания	
1. Приведены эквивалентные схемы электрической цепи	1 балл
2. Получено выражение для тока при первом способе подключения	1 балл
3. Получено выражение для мощности на 2-ом и 3-ем резисторах при первом способе подключения	1 балл
4. Получено выражение для тока при втором способе подключения	1 балл
5. Получено выражение для мощности на 2-ом и 3-ем резисторах при втором способе подключения	1 балл
6. Получено квадратное уравнение для нахождения R_3	2 балла
7. Получено выражение для нахождения R_3	2 балла
8. Получено значение R_3	1 балл
Всего	10 баллов

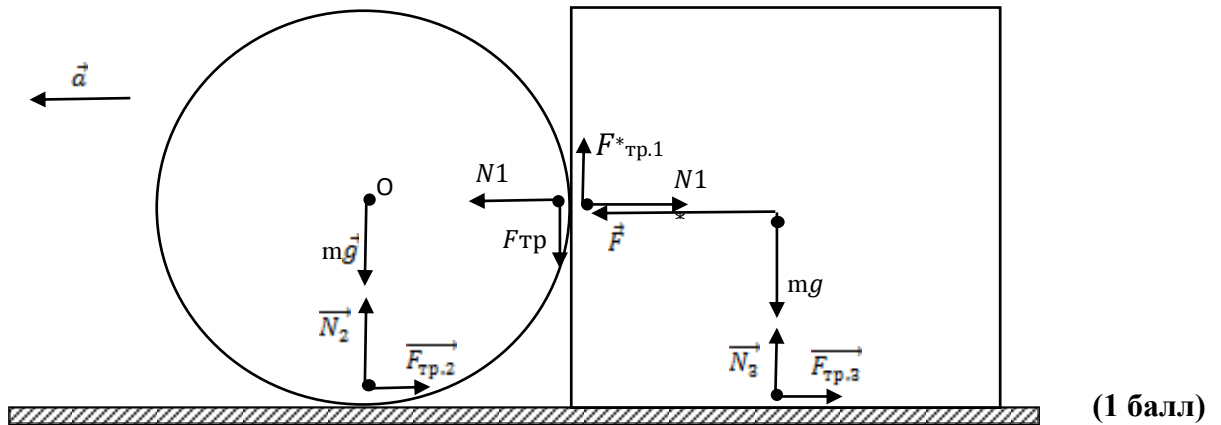


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2020-2021 гг.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
ФИЗИКА
10 КЛАСС

Задача № 4 (10 баллов)

На горизонтальной поверхности лежат касающиеся друг друга кубик и цилиндр массы $m = 0,5$ кг каждый. С какой минимальной горизонтальной силой F , направленной вдоль прямой проходящей через центры тел, надо толкать кубик, чтобы при движении системы цилиндр не вращался? Коэффициенты трения обоих тел о поверхность и между собой одинаковы и равны $\mu = 0,3$.

Возможное решение и критерии оценивания:



Если цилиндр не вращается, то суммарный момент всех приложенных к нему сил равен нулю.

Правило моментов (например, относительно точки O): $F_{тр.1} \cdot R = F_{тр.2} \cdot R$, откуда получено, что $F_{тр.1} = F_{тр.2}$, а, значит, $\mu N_1 = \mu N_2$, т.е.

$$N_1 = N_2 \quad (2 \text{ балла})$$

По III закону Ньютона

$$F_{тр.1}^* = F_{тр.1}, \text{ а } N_1^* = N_1. \quad (1 \text{ балл})$$

II закон Ньютона (в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси) для цилиндра и для куба:

$$ma = N_1 - F_{тр.2} = N_1 - \mu N_2 = N_1 - \mu N_1 = N_1 \cdot (1 - \mu)$$

$$N_2 = mg + F_{тр.1} = mg + \mu N_1$$

$$ma = F - N_1^* - F_{тр.3} = F - N_1 - \mu N_3$$

$$N_3 = mg - F_{тр.1}^* = mg - \mu N_1 \quad (2 \text{ балла})$$

Из полученной системы уравнений определены

$$N_1 = \frac{mg}{1 - \mu} \text{ и } a = g \quad (1 \text{ балл})$$

Получено выражение для F :

$$F = 2mg \cdot (1 + \mu) \quad (2 \text{ балла})$$

Получено правильное числовое значение

$$F = 13 \text{ Н.} \quad (1 \text{ балл})$$



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

Критерии оценивания	
1. Изображены все силы, действующие на кубик и цилиндр.	1 балл
2. Указано, что если цилиндр не вращается, то суммарный момент всех приложенных к нему сил равен нулю. Записано правило моментов (например, относительно точки O), откуда получено, что $N_1 = N_2$	2 балла
3. Указано, что по III закону Ньютона $F_{тр.1}^* = F_{тр.1}$, а $N_1^* = N_1$	1 балл
4. Записан II закон Ньютона (в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси) для цилиндра и для куба	2 балла
5. Из полученной системы уравнений определены $N_1 = \frac{mg}{1-\mu}$ и $a = g$	1 балл
6. Получено выражение для F	2 балла
7. Получено правильное числовое значение $F = 13$ Н	1 балл
Всего	10 баллов



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

Задача № 5 (10 баллов)

Луч света направлен из воды в воздух так, что происходит полное отражение на границе вода – воздух. Сможет ли этот луч выйти в воздух, если на поверхность воды налить слой прозрачного масла, показатель преломления которого превышает показатель преломления воды? Покажите на рисунке ход лучей.

Возможное решение и критерии оценивания:

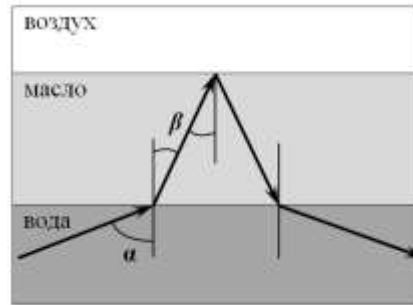


Рис.1

После преломления на границе вода – масло луч падает на границу масло – воздух под углом β , меньшим, чем α (см. рис.1.) (1 балл)

Предельный угол полного отражения у масла меньше, чем у воды. (1 балл)

Из закона преломления $\sin\beta = n_{\text{в}} \sin\alpha / n_{\text{м}}$ (2 балла)

По условию $\sin\alpha > 1/n_{\text{в}}$ (2 балла)

Следовательно $\sin\beta > 1/n_{\text{м}}$, т.е выйти из масла в воздух луч не сможет. (2 балла)

Рисунок (2 балла)

Критерии оценивания	
1. После преломления на границе вода – масло луч падает на границу масло – воздух под углом β , меньшим, чем α	1 балл
2. Предельный угол полного отражения у масла меньше, чем у воды	1 балл
3. Из закона преломления $\sin\beta = n_{\text{в}} \sin\alpha / n_{\text{м}}$	2 балла
4. По условию $\sin\alpha > 1/n_{\text{в}}$	2 балла
5. Следовательно $\sin\beta > 1/n_{\text{м}}$, т.е выйти из масла в воздух луч не сможет	2 балла
6. Наличие рисунка	2 балла
Всего	10 баллов