

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**10 класс****Задача 10.1****Возможное решение**

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Выберем систему отсчёта, связанную с точкой начала торможения, а ось направим по направлению скоростей. Тогда уравнения движения Волка и Зайца принимают вид

$$x_1 = v_1 t_1 - \frac{at^2}{2}, \quad x_2 = l_0 + v_2 t, \quad (1) \quad \text{в момент встречи } t_e \text{ координаты}$$

равны, следовательно, $v_1 t_e - \frac{at_e^2}{2} = l_0 + v_2 t_e$. (2) Решая квадратное уравнение

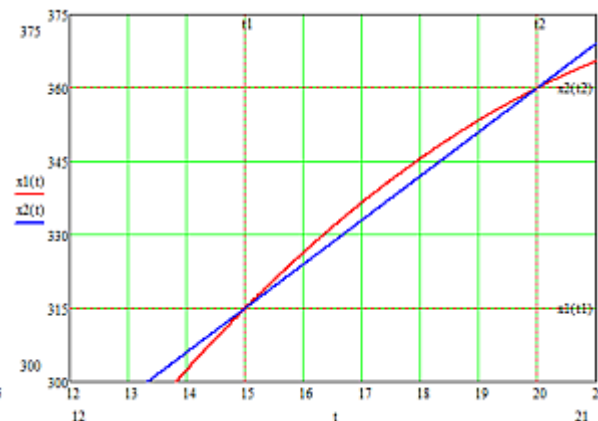
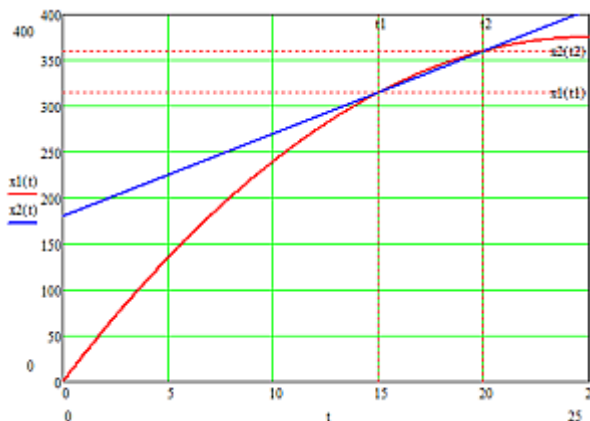
$$at_e^2 - 2(v_1 - v_2)t_e + 2l_0 = 0, \text{ получаем } t_e = \frac{(v_1 - v_2) \pm \sqrt{(v_1 - v_2)^2 - 2al_0}}{a}. \quad (3)$$

Расчёт (применение СИ обязательно):

$$t_e = \frac{(30 - 9) \pm \sqrt{(30 - 9)^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot 180}}{1,2} = \frac{21 \pm \sqrt{441 - 432}}{1,2} = \frac{21 \pm 3}{1,2} = 15 \text{ с}; 20 \text{ с}.$$

Волк сможет поравняться с Зайцем через 15 с и 20 с после начала торможения, а Заяц либо сразу ответить ему, либо через 5 секунд после первой встречи.

При графическом решении для повышения точности желательно построить графики зависимостей $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в двух масштабах по координате и времени. Обязательно указать координаты точек пересечения $t_{e1} = 15$ с и $t_{e2} = 20$ с, $x_{e1} = 315$ м и $x_{e2} = 360$ м.



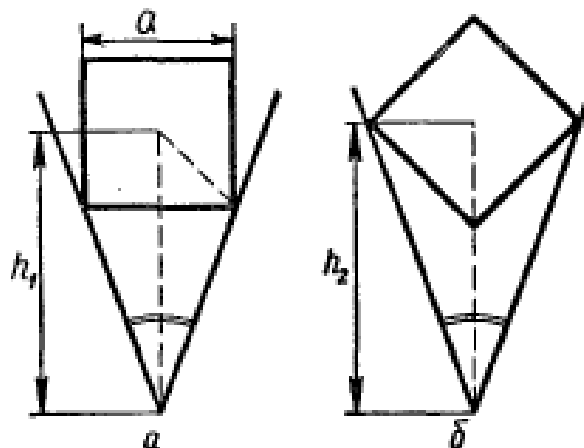
Примерные критерии оценивания	Баллы
Указание на выбор системы отсчёта	1
Запись уравнений движения (1)	1
Запись уравнения момента встречи (2)	1
Формула для расчета момента встречи (3)	1
Расчет первого момента времени встречи 15 с	1
Расчет второго момента времени встречи 20 с и его толкование	1
Построение по всем правилам графика	3
Расчёт координат точек встречи 315 м и 360 м	1
Указание на выбор системы отсчёта	1
Запись уравнений движения (1)	1

Задача 10.2**Возможное решение**

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

На кубик действуют три силы: сила тяжести и две силы нормальной реакции плоскостей.

При равновесии линии действия этих сил должны пересекаться в одной точке (иначе сумма моментов сил относительно оси, проходящей через точку пересечения двух сил, не будет равна нулю). В силу симметрии задачи это условие выполняется в двух случаях, показанных на рис. Одно из указанных положений равновесия кубика устойчиво, другое – неустойчиво. В положении устойчивого равновесия потенциальная энергия кубика должна быть минимальной. Из геометрии очевидно, что в случае, показанном на рис. а, высота центра масс равна



$$h_1 = \frac{a}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ + \frac{a}{2} = \frac{a}{2} (\sqrt{3} + 1) \approx 1,37a, \quad (1)$$

В случае, показанном на рис. б,
$$h_2 = \frac{a\sqrt{2}}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ = \frac{a\sqrt{2}\sqrt{3}}{2} = a\sqrt{1,5} \approx 1,22a. \quad (2)$$

Вариант:
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\frac{a}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ + \frac{a}{2}}{\frac{a\sqrt{2}}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ} = \frac{\sqrt{3} + 1}{\sqrt{6}} \approx 1,12 > 1. \quad (3)$$

Следовательно, устойчиво положение, показанное на рис. б. К такому же выводу можно прийти, рассматривая моменты силы тяжести и равнодействующей сил реакции плоскостей и учитывая, что точка приложения этой равнодействующей находится в точке пересечения сил реакции.

Примерные критерии оценивания	Баллы
Указание про 3 силы, действующие на кубик	1
Указание, что линии действия сил должны пересекаться в одной точке	1
Возможные 2 варианта расположения кубика	2
Указание, что равновесие может быть устойчивым и неустойчивым	1
Указание на принцип минимума потенциальной энергии	2
Расчет высот центра масс в обоих случаях	2
Вывод о положении равновесия	1

Задача 10.3**Возможное решение**

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Сразу заметим, что, исходя из итоговых формул, перевод в СИ необязателен. В использовании шкалы Кельвина тоже нет необходимости. А формула $m = \rho V$ подразумевается. В результате переливаний воды из первого сосуда во второй, а затем из второго сосуда в первый, массы (объёмы) воды в сосудах остались прежними, а температура воды в первом сосуде понизилась на $\Delta t_1 = 1^\circ\text{C}$. Это равноценно отдаче водой, находящейся в первом сосуде, количества теплоты $|Q_1| = cm_1(t_1 - t_3), \quad (1)$

где c – удельная теплоёмкость воды. По закону сохранения энергии это количество теплоты было передано воде во втором сосуде $|Q_1| = cm_1(t_1 - t_3) = cm_2(t_4 - t_2)$, (2)

где t_4 – установившаяся температура во втором сосуде после первого переливания воды.

Отсюда
$$t_4 = \frac{m_1}{m_2}(t_1 - t_3) + t_2 = \frac{V_1}{V_2}(t_1 - t_3) + t_2 = \frac{5}{1}(60 - 59) + 20 = 25^\circ\text{C}, \quad (3)$$

После переливания части воды Δm из первого сосуда во второй можно составить уравнение теплового баланса $c\Delta m(t_1 - t_4) = cm_2(t_4 - t_2)$. (4)

Отсюда
$$\Delta m = m_2 \frac{t_4 - t_2}{t_1 - t_4} = m_2 \frac{\frac{V_1}{V_2}(t_1 - t_3) + t_2 - t_2}{t_1 - \frac{V_1}{V_2}(t_1 - t_3) - t_2} = m_2 \frac{\frac{V_1}{V_2}(t_1 - t_3)}{t_1 - t_2 - \frac{V_1}{V_2}(t_1 - t_3)},$$

$$\Delta V = \frac{V_1 V_2 (t_1 - t_3)}{V_2 (t_1 - t_2) - V_1 (t_1 - t_3)}. \quad (5)$$

Численный расчёт
$$\Delta V = \frac{5 \cdot 1 \cdot (60 - 59)}{1(60 - 20) - 5(60 - 59)} \text{ л} = \frac{5}{40 - 5} \text{ л} = \frac{5}{35} \text{ л} = \frac{1}{7} \text{ л} = 0,143 \text{ л}.$$

Допустимо не получение итоговой формулы, а решение и вычисления по частям. Ответ может быть дан в литрах или килограммах. Также в виде простой или десятичной дроби.

Примерные критерии оценивания	Баллы
Указание на закон сохранения энергии	1
Запись формулы (10.3.2)	2
Указание на применение уравнения теплового баланса	1
Запись формулы (10.3.4)	2
Получение итоговой формулы и правильный расчёт по ней или расчёт по частям	4

Задача 10.4

Возможное решение

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Сопротивление цилиндрической проволоки
$$R = \frac{\rho l}{S}, \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление материала, S – площадь поперечного сечения, l – длина проволоки. Тогда

$$R_c = \frac{\rho c}{S} = \frac{\rho}{S} \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (2)$$

где $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Отсюда получаем
$$R_c = \sqrt{R_a^2 + R_b^2} = 5,00 \text{ Ом} \quad (3)$$

Мысленно подключим источник с напряжением U к точкам C и D . Из симметрии задачи и по закону сохранения заряда сумма входящих и выходящих токов в узле одинакова.

Для узла D :
$$I = I_a + I_b, \quad (4)$$

Для узла A :
$$I_a = I_c + I_b. \quad (5)$$

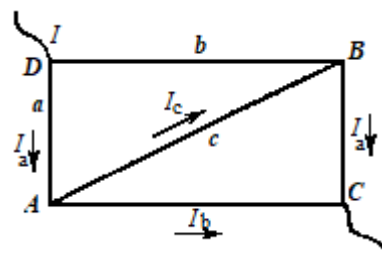
По закону последовательного соединения проводников для участка DAC

$$U = I_a R_a + I_b R_b. \quad (6)$$

Для участка $DABC$

$$U = I_a R_a + I_c R_c + I_a R_a = 2I_a R_a + (I_a - I_b) R_c = I_a (2R_a + R_c) - I_b R_c. \quad (7)$$

Получили систему уравнений



$$\begin{cases} U = I_a R_a + I_b R_b \\ U = I_a (2R_a + R_c) - I_b R_c \end{cases} \quad (8)$$

Решая которую, получаем ток

$$\begin{cases} UR_c = I_a R_a R_c + I_b R_b R_c \\ UR_b = I_a (2R_a + R_c) R_b - I_b R_c R_b \end{cases}, \quad U(R_b + R_c) = I_a [R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c].$$

$$I_a = \frac{U(R_b + R_c)}{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c}. \quad (10.4.9)$$

Тогда общий ток

$$\begin{aligned} I = I_a + I_b &= I_a + \frac{U - I_a R_a}{R_b} = \frac{U + I_a (R_b - R_a)}{R_b} = \frac{U + \frac{U(R_b + R_c)}{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c} (R_b - R_a)}{R_b} = \\ &= U \left(\frac{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c + (R_b + R_c)(R_b - R_a)}{R_b (R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c)} \right) = U \left(\frac{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c + R_b^2 - R_b R_a + R_b R_c - R_a R_c}{R_b (R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c)} \right) = \\ &= U \frac{R_a R_b + R_b^2 + 2R_b R_c}{R_b (R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c)} = U \frac{R_a + R_b + 2R_c}{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c}. \end{aligned}$$

$$I = U \frac{R_a + R_b + 2R_c}{R_a R_c + 2R_a R_b + R_b R_c}. \quad (10)$$

Окончательно, сопротивление всей цепи между указанными точками

$$R_{DC} = \frac{U}{I} = \frac{2R_a R_b + (R_a + R_b) R_c}{R_a + R_b + 2R_c}, \text{ или } R_{DC} = \frac{U}{I} = \frac{2R_a R_b + (R_a + R_b) \sqrt{R_a^2 + R_b^2}}{R_a + R_b + 2\sqrt{R_a^2 + R_b^2}}. \quad (11)$$

$$\text{Расчёт } R_{DC} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 4 + (3 + 4) \cdot 5}{3 + 4 + 2 \cdot 5} \text{ Ом} = \frac{59}{17} \text{ Ом} = 3,47 \text{ Ом}.$$

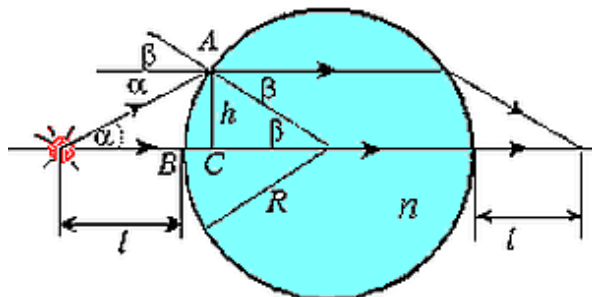
Примерные критерии оценивания	Баллы
Запись формулы сопротивления цилиндрического проводника (1)	1
Запись формулы для сопротивления R_c (2)	1
Расчёт этого сопротивления (3)	1
Выражения (4) и (5) для 2-х узлов	1
Применение закона последовательного соединения проводников для 2-х участков	1
Получена система 2-х уравнений (8)	1
Решена эта система уравнений	2
Получено выражение для общего тока (10)	1
Проведён расчёт до числового значения	1

Задача 10.5

Возможное решение

(В работах учащихся могут быть предложены и другие правильные способы решения)

Изображение источника находится, очевидно, в точке пересечения любого луча пучка и осевого луча (см. рис.). В силу симметрии расположения источника света и его изображения относительно центра шара и вследствие обратимости световых лучей луч внутри шара пойдет горизонтально. Т.к. пучок лучей узкий, лучи параксиальные, то можно пренебречь длиной отрезка BC по сравнению с радиусом шара R и расстоянием l . По закону преломления света в точке A



$$\sin(\alpha + \beta) = n \sin \beta. \quad (1)$$

Из очевидных геометрических соображений

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l}, \quad \sin \beta = \frac{h}{R}. \quad (2)$$

Учитывая малость углов, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \alpha + \beta = n\beta, \\ \alpha = \frac{h}{l}, \\ \beta = \frac{h}{R}. \end{cases} \quad (3)$$

Подставим второе и третье уравнение в первое

$$\frac{h}{l} + \frac{h}{R} = n \frac{h}{R}, \quad \frac{1}{l} + \frac{1}{R} = n \frac{1}{R}, \quad \frac{1}{l} = n \frac{1}{R} - \frac{1}{R} = \frac{1}{R}(n-1).$$

Получаем

$$R = l(n-1). \quad (4)$$

Примечание для жюри. Комбинацию формул тонкой линзы $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

использовать категорически нельзя по физическим соображениям, хотя формально используя условие задачи, $\frac{2}{l} = (n-1) \frac{2}{R}$, $\frac{1}{l} = \frac{n-1}{R}$, можно получить верный ответ.

Примерные критерии оценивания	Баллы
Вывод о том, что изображение в точке пересечения лучей	1
Вывод о том, что внутри шара лучи горизонтальны	1
Применение закона преломления	1
Применение тригонометрических формул (2)	1
Учёт малости углов	2
Получена система 3-х уравнений (3)	1
Решена эта система уравнений	2
Получено выражение для радиуса (4)	1