

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап 2025/26 учебный год 9 класс

Задача 1.

Три стратегии чемпиона: спринтер, гонщик, тактик

Два знаменитых российских велосипедиста – Денис Меньшов (чемпион «Вуэльты Испании») и Павел Тонков (победитель «Джиро д'Италия») решили провести тренировочный заезд на круглом треке радиусом $R = 40$ м. Меньшов движется по окружности с постоянной по модулю скоростью 4 м/с. Тонков стоит на месте и решает, как лучше построить свою стратегию:

1. Вариант «Спринтер»

Если Тонков выберет движение по диаметру трека с постоянным ускорением a , с каким минимальным ускорением он должен стартовать, чтобы встретиться с Меньшовым в точке, диаметрально противоположной старту? Ответ округлите до сотых.

2. Вариант «Гонщик»

Если Тонков решит двигаться по окружности в том же направлении, что и Меньшов, какую постоянную по модулю скорость (отличную от скорости Меньшова) он должен поддерживать, чтобы их первая встреча произошла ровно через 30 секунд? Ответ округлите до сотых.

3. Вариант «Тактик»

Какой будет скорость Тонков, если он выберет движение в противоположном направлении для встречи с Денисом Меньшовым через те же 30 секунд? Ответ округлите до сотых.

Решение:

1. Вариант «Спринтер»:

Найдем длину окружности по формуле $L = 2\pi R$

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 = 251,2 \text{ м.}$$

Время, за которое Денис Меньшов доедет до точки диаметрально противоположной старту (половина окружности): $t = L / 2v_1$

$$t = 251,2 / (2 \cdot 4) = 31,4 \text{ с.}$$

Уравнение движения Павла Тонкова:

$$s = a \cdot t^2 / 2 \quad (1)$$

где $s = 2R$

Необходимое ускорение из (1): $a = 2 \cdot 2 \cdot R / t^2$

$$a = 2 \cdot 2 \cdot 40 / (31,4)^2 \approx 0,16 \text{ м/с}^2.$$

2. Вариант «Гонщик»:

Расстояние, которое проедет Меньшова за 30 секунд: $S_1 = v_1 \cdot t$;

$$S_1 = 4 \cdot 30 = 120 \text{ м}$$

Это меньше длины полного круга ($251,2$ м), значит, он не успеет сделать полный круг

Чтобы догнать Меньшова, Тонков должен проехать больше на длину окружности:

$$S_2 = S_1 + L \quad (2)$$

$$S_2 = 120 + 251,2 = 371,2 \text{ м}$$

Скорость Тонкова за те же 30 секунд: $v_2 = S_2 / t$;

$$v_2 = 371,2 / 30 = 12,37 \text{ м/с}$$

3. Вариант «Тактик»:

Сумма пройденных расстояний составляет длину окружности:

$$v_1 t + v_2 t = L \quad (3)$$

Подставляем значения:

$$4 \cdot 30 + v_2 \cdot 30 = 251,2$$

Скорость Тонкова:

$$v_2 = (251,2 - 120) / 30 \approx 4,37 \text{ м/с}$$

Ответ: $0,16 \text{ м/с}^2$; $12,37 \text{ м/с}$; $4,37 \text{ м/с}$

Критерии оценки (10 баллов):

Верно определена длина окружности $L = 2\pi R$	1
Верно определен путь Меньшова до точки встречи (половина окружности) в варианте «Спринтер»	1
Верно рассчитано время движения Меньшова в варианте «Спринтер»	1
Верно записано уравнение движения Павла Тонкова (1) в варианте «Спринтер»	1
Правильно получен числовой ответ в варианте «Спринтер»	1
Верно рассчитан путь Меньшова за 30 секунд в варианте «Гонщик»	1

Верно определено выражение (2) в варианте «Гонищик»	1
Верно рассчитана скорость Тонкова в варианте «Гонищик»	1
Верно определено выражение (3) в варианте «Тактик»	1
Верно рассчитана скорость Тонкова в варианте «Тактик»	1

Задача 2.

Таймер чайника: от нагрева до остывания

На спортивной базе тренер использует электрический чайник для подогрева воды во время восстановительных процедур. Известно, что при мощности 250 Вт чайник нагревает 1,2 кг воды от 58 °С до 59,5 °С за 45 секунд. Если выключить чайник, то, за какое время та же масса воды остынет с 59,5 °С обратно до 58 °С? Теплоёмкостью чайника пренебречь, ответ округлите до целых.

Решение:

1. Найдём количество теплоты, переданное воде при нагреве:

$$Q_{\text{нагрев}} = P \cdot t \quad (1)$$

$$Q_{\text{нагрев}} = 250 \cdot 45 = 11250 \text{ Дж}$$

2. Вычислим, сколько теплоты потребуется для нагрева воды:

$$Q_{\text{воды}} = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (2)$$

$$Q_{\text{воды}} = 4200 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 7560 \text{ Дж}$$

3. Разница между подведённой и полезной энергией:

$$Q_{\text{потери}} = Q_{\text{нагрев}} - Q_{\text{воды}} \quad (3)$$

$$Q_{\text{потери}} = 11250 - 7560 = 3690 \text{ Дж}$$

Эта энергия теряется в окружающую среду за 45 секунд.

4. Найдём скорость теплопотерь:

$$P_{\text{потери}} = Q_{\text{потери}} / t \quad (4)$$

$$P_{\text{потери}} = 3690 / 45 = 82 \text{ Вт}$$

5. Теперь рассмотрим остывание воды:

При остывании с 59,5 °С до 58 °С вода теряет:

$$Q_{\text{остывание}} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{остывание}} = 4200 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 7560 \text{ Дж} \quad (5)$$

Но теперь нет подводимой энергии, и тепло уходит только за счёт потерь ($P_{\text{потери}} = 82 \text{ Вт}$).

6. Время остывания:

$$t_{\text{остывание}} = Q_{\text{остывание}} / P_{\text{потери}} \quad (6)$$

$$t_{\text{остывание}} = 7560 / 82 \approx 92 \text{ с}$$

Ответ: 92 с

Критерии оценки (10 баллов):

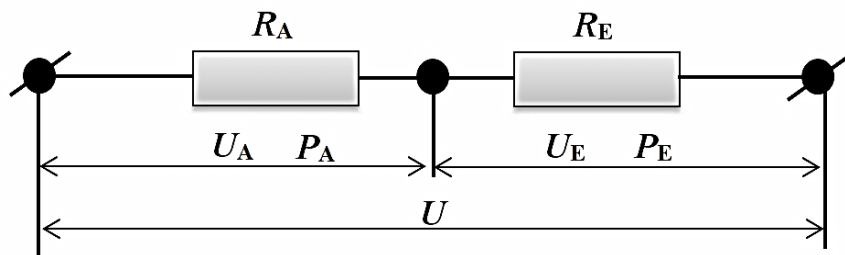
Верно записана формула (1)	1
Найдено количество теплоты, переданное воде при нагреве	1
Верно записана формула (2)	1
Вычислено количество теплоты, необходимое для нагрева воды	1
Верно найдена разница между подведённой и полезной энергией (теплопотери) (3)	1
Верно вычислена скорость теплопотерь (мощность потерь) (4)	1
Верно вычислено количество теплоты, теряемое при остывании (5)	1
Указано, что при остывании тепло уходит только за счёт мощности потерь $P_{\text{потери}}$	1
Записана формула для расчета времени остывания (6)	1
Верно получен конечный ответ	1

Задача 3.

Схватка в розетке: бегун против штангиста

Два спортсмена, бегун Алексей Данилов и штангист Егор Климонов, решили сэкономить на тренажёрном зале и подключили свои электромассажёры в одну розетку последовательно. Они договорились использовать одинаковые аппараты по 100 Вт и делить плату за электричество поровну. Но каждый решил перехитрить другого: Алексей взял аппарат на 180 Вт, а Егор – на 60 Вт. Чей массажёр будет работать эффективнее и получит больше мощности для восстановления мышц, а кто останется без должного восстановления и провалит следующий старт?

Решение:



\$U\$ – напряжение сети

1. Мощность, выделяемая на лампах при подключении:

$$P_A = \frac{U_A^2}{R_A} \quad (1)$$

$$P_E = \frac{U_E^2}{R_E} \quad (2)$$

2. Напряжение на лампах при подключении:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_A}{R_E} \quad (3)$$

$$U = U_A + U_E \quad (4)$$

3. Определение сопротивления ламп по номинальной мощности \$P_1\$ и \$P_2\$:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_A} \quad (5)$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_E} \quad (6)$$

Из уравнений (1)-(6) получаем:

$$P_A = \frac{P_2^2 \cdot P_1}{(P_1 + P_2)^2} \quad (7)$$

$$P_E = \frac{P_1^2 \cdot P_2}{(P_1 + P_2)^2} \quad (8)$$

$$P_A = \frac{60^2 \cdot 180}{(180 + 60)^2} = 11.25 \text{ Вт}$$

$$P_E = \frac{180^2 \cdot 60}{(180 + 60)^2} = 33.75 \text{ Вт}$$

Ответ: больше нагрузки получают мышцы Егора Климова (штангиста), так как его массажёр работает с большей мощностью. Алексей Данилов (бегун) останется без должного восстановления, так как мощность его аппарата крайне мала, и он провалит следующий старт.

Критерии оценки (10 баллов):

Записана формула для мощности через напряжение и сопротивление (1) и (2)	1
Указано, что при последовательном подключении сила тока \$I\$ через оба прибора одинакова (3)	1
Указано, что при последовательном подключении общее напряжение делится (4)	1
Определение сопротивления ламп по номинальной мощности \$P_1\$ и \$P_2\$ (5) и (6)	1
Выведены формулы (7) и (8)	2
Верно рассчитана реальная мощность на аппарате Алексея	1
Верно рассчитана реальная мощность на аппарате Егора:	1
Дан полный и аргументированный ответ на вопрос задачи	2

Задача 4.

Победный кубок с секретом

После грандиозной победы на чемпионате мира по футболу команде вручили роскошный кубок в форме идеального куба, сделанный из платины. Однако позже выяснилось, что внутри платинового куба есть кубическая полость, заполненная алюминием (как символ лёгкости и скорости, приведшей к победе). Средняя плотность всего кубка оказалась равной \$9500 \text{ кг/м}^3\$, при этом плотность платины составляет \$21450 \text{ кг/м}^3\$, а плотность алюминия – \$2700 \text{ кг/м}^3\$. Стенки платиновой части кубка имеют везде

одинаковую толщину h . Найдите отношение толщины стенок h к длине ребра L всего кубка. Ответ округлите до сотых долей.

Решение:

Объём всего кубка:

$$V_{\text{общ}} = L^3 \quad (1)$$

Объём внутренней полости (куба из алюминия):

$$V_{\text{внут}} = (L - 2h)^3 \quad (2)$$

Объём платиновой оболочки:

$$V_{\text{пл}} = L^3 - (L - 2h)^3 \quad (3)$$

Масса кубка:

$$m = \rho \cdot V$$

Масса платины:

$$m_{\text{пл}} = 21450 \cdot (L^3 - (L - 2h)^3) \quad (4)$$

Масса алюминия:

$$m_{\text{ал}} = 2700 \cdot (L - 2h)^3 \quad (5)$$

Общая масса:

$$m_{\text{общ}} = m_{\text{пл}} + m_{\text{ал}} \quad (6)$$

Средняя плотность:

$$\rho_{\text{ср}} = m_{\text{общ}} / V_{\text{общ}} \quad (7)$$

$$9500 = (21450 \cdot (L^3 - (L - 2h)^3) + 2700 \cdot (L - 2h)^3) / L^3$$

Обозначим $a = L - 2h$ и умножим обе части на L^3

$$9500 \cdot L^3 = 21450 \cdot (L^3 - a^3) + 2700 \cdot a^3$$

$$9500 \cdot L^3 = 21450 \cdot L^3 - 21450 \cdot a^3 + 2700 \cdot a^3$$

$$-11950 \cdot L^3 = -18750 \cdot a^3$$

$$\frac{a^3}{L^3} = \frac{11950}{18750} = \frac{239}{375}$$

$$\frac{a}{L} = \sqrt[3]{\frac{239}{375}} = 0,86$$

$$L - 2h = 0,86L$$

$$-2h = 0,14L$$

$$h/L = 0,07$$

Ответ: 0,07

Критерии оценки (10 баллов):

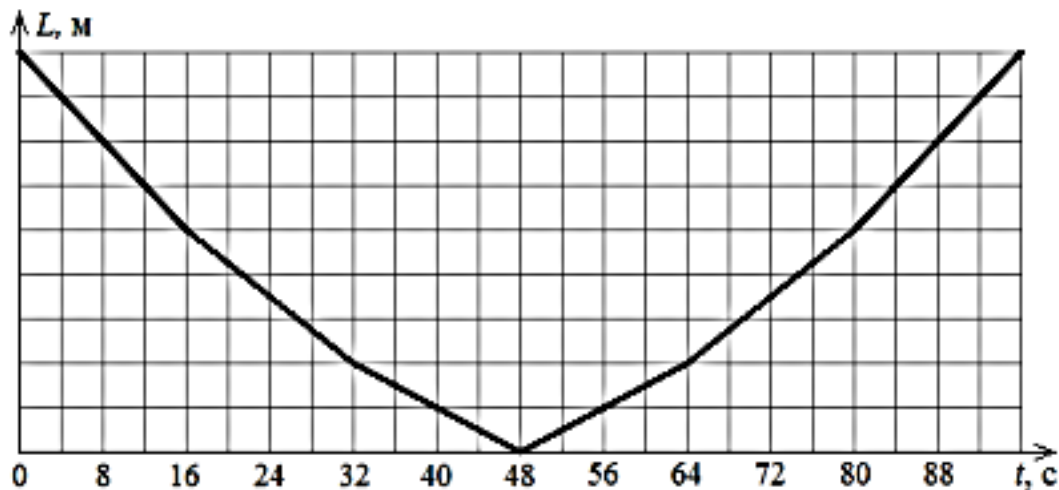
Записан объём всего кубка (1)	1
Записан объём внутренней полости (куба из алюминия) (2)	1
Записан объём платиновой оболочки (3)	1
Записана масса платины (4)	1
Записана масса алюминия (5)	1
Записана общая масса (6)	1
Записана средняя плотность (7)	1
Получен верный ответ	3

Задача 5.

Забег на встречных дорожках со сложным покрытием

Два киберспортсмена, Данил Крышковец и Станислав Поторак, управляют своими аватарами в виртуальном забеге. Их цифровые бегуны движутся по прямому тоннелю навстречу друг другу, причём стартовые скорости абсолютно одинаковы. Ровно в центре трассы находится аномальная зона – участок длиной 900 метров, покрытый цифровым песком. При входе в эту зону аватары резко теряют скорость из-за сильного трения. Каждый спортсмен забегает на этот проблемный участок со своей стороны. Скорость движения в песке у обоих аватаров одинакова, но всегда меньше, чем на нормальной поверхности.

Тренер визуализировал данные с сервера, построив график зависимости расстояния L между аватарами от времени t .



1. Найдите скорость бегунов на участке с цифровым песком. Ответ выразите в км/ч, округлите до целого числа.
2. Чему равна скорость бегунов на обычном покрытии? Ответ выразите в км/ч, округлите до целого числа.
3. Найдите расстояние между бегунами в начальный момент времени. Ответ выразите в метрах, округлите до целого числа.

Решение:

1. Пусть скорость аватаров на дороге равна u , а на песке – v ($u > v$ по условию). Аватары встретились через 48 с (расстояние между ними в точке $t = 48$ с было равно нулю).

Можно выделить 3 участка равномерного уменьшения и 3 участка равномерного увеличения расстояния между аватарами: 0 с – 16 с, 16 с – 32 с, 32 с – 48 с, 48 с – 64 с, 64 с – 80 с, 80 с – 96 с.

На первом участке скорость сближения самая большая, на втором чуть меньше, а на третьем самая маленькая. Отсюда можно сделать вывод о том, что на первом участке оба аватара движутся по дороге (скорость сближения $2u$), на втором – первый аватар забежал на песок, и его скорость упала, а второй продолжал двигаться по дороге (скорость сближения $u + v$), на третьем и четвертом – оба аватара ехали по мосту с уменьшенной скоростью (скорость сближения и отдаления $2v$), а на пятом участке первый аватар сошел с песка (скорость отдаления $u + v$).

Следовательно, первый аватар двигался по участку с песком длиной 900 м в течение $64 - 16 = 48$ секунд.

Тогда скорость аватара по песку:

$$v = 900/48 = 18,75 \text{ м/с} = 67,5 \approx 68 \text{ км/ч.} \quad (1)$$

2. Пусть одна клеточка по оси L равна x , тогда за время $48 - 32 = 16$ с аватары пробежали расстояние $2x$ со скоростью сближения:

$$2v = 18,75 + 18,75 = 37,5 \text{ м/с.}$$

Следовательно, $2x = 2v \cdot t$,

$$x = (37,5 \cdot 16) / 2 = 300 \text{ м.} \quad (2)$$

Тогда скорость вне песка находим из $2v = 4x / (16 - 0)$

$$v = (4 \cdot 300) / (16 \cdot 2) = 37,5 \text{ м/с} = 135 \text{ км/ч.} \quad (3)$$

3. Расстояние между аватарами в начальный момент времени равно $9x$ $L = 9 \cdot 300 = 2700$ м. (4)

Ответ: 68 км/ч; 135 км/ч; 2700 м.

Критерии оценки (10 баллов):

Корректное определение трёх сегментов графика и описание состояния бегунов на каждом из них (оба на обычной поверхности; один в песке, другой на обычной; оба в песке).	2
Верно определено время встречи аватаров (48 с)	1
Верно определена скорость аватара по песку (1)	2
Верно определено значение одной клеточки по оси ординат (2)	2
Верно найдена скорость аватаров вне песка (3)	2
Верно найдено расстояние между аватарами в начальный момент времени	1