Олимпиада школьников «Курчатов» по физике – 2026

Отборочный этап. 7 класс

Задача 1 / 1. На испытательном стенде для изучения равновесия механических систем используется невесомая горизонтальная штанга, установленная на идеальном шарнире в точке O (шарнир расположен не в середине штанги). Слева от O в узлах A и B (причём A ближе к O, чем B) закреплены два калибровочных модуля масс $7m$ и $5m$ соответственно. Справа от O в узле C закреплён модуль массы $8m$. Штанга находится в равновесии, при этом $OC = 4\,OA$. Найдите отношение $\dfrac{AB}{OA}$. Ответ дайте с точностью до целого числа.

Возможное решение

Обозначим $OA = h$, $AB = x$. Тогда $OB = h + x$, а из условия $OC = 4h$. Запишем условие равновесия моментов относительно точки O:

$$8m \cdot OC = 7m \cdot OA + 5m \cdot OB.$$

Подставим выражения для расстояний:

$$8m \cdot 4h = 7m \cdot h + 5m \cdot (h + x).$$

Сократим на m и упростим:

$$32h = 7h + 5h + 5x = 12h + 5x,$$

$$20h = 5x, \qquad x = 4h.$$

Следовательно,

$$\frac{AB}{OA} = \frac{x}{h} = 4.$$

Ответ: 4.

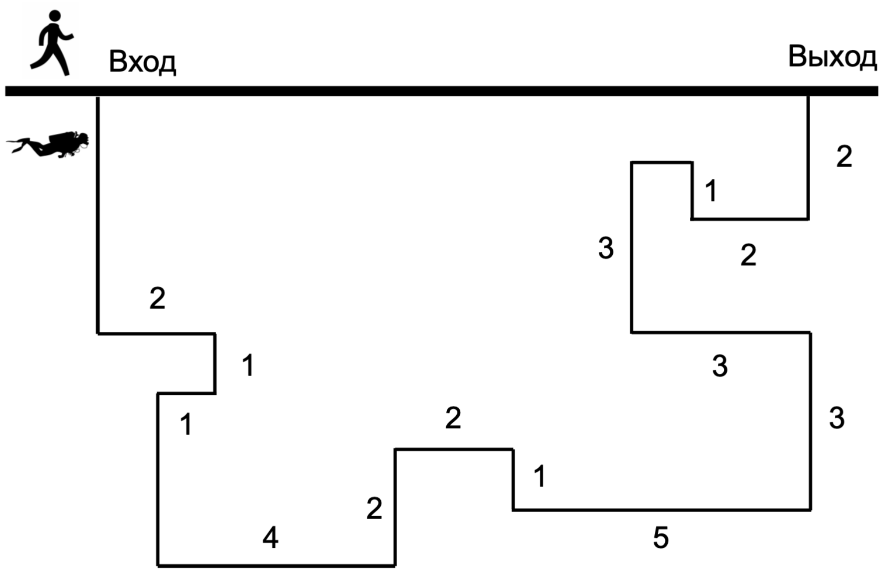
Задача 1 / 2. На испытательном стенде для изучения равновесия механических систем используется невесомая горизонтальная штанга, установленная на идеальном шарнире в точке O (шарнир расположен не в середине штанги). Слева от O в узлах A и B (причём A ближе к O, чем B) закреплены два калибровочных модуля масс $6m$ и $2m$ соответственно. Справа от O в узле C закреплён модуль массы $5m$. Штанга находится в равновесии, при этом $OC = 4\,OA$. Найдите отношение $\dfrac{AB}{OA}$. Ответ дайте с точностью до целого числа.

Ответ: 6.

Задача 2 / 1. В затопленном карьере проложен тренировочный маршрут для ныряльщика. Маршрут состоит из горизонтальных участков и вертикальных участков (спуски и подъёмы) и задан схемой на рисунке. Длины участков на схеме отмечены числами: участки с номером 1 имеют протяжённость 100 м, 2 — 200 м, 3 — 300 м, 4 — 400 м, 5 — 500 м.

Ныряльщик плывёт по горизонтальному участку со скоростью 0,9 км/ч. Благодаря комплексу снаряжения, на вертикальном спуске он движется в 2 раза быстрее, а на вертикальном подъёме — в 2 раза медленнее, чем по горизонтали.

Пока ныряльщик проходил маршрут *от входной точки до выходной точки* (см. схему), спасатель на поверхности пошел напрямую от входа до выхода со скоростью 3 км/ч. Сколько времени спасатель ждал ныряльщика у выходной точки? Ответ дайте в минутах с точностью до целого числа.



Возможное решение

Скорость движения ныряльщика по горизонтали $v = 0{,}9$ км/ч, при спуске $v_{\downarrow} = 2v = 1{,}8$ км/ч, при подъёме $v_{\uparrow} = v/2 = 0{,}45$ км/ч.

По схеме определим протяженность горизонтальных участков:

$$L_{\text{гор}} = 2 + 1 + 4 + 2 + 5 + 3 + 1 + 2 = 20 \text{ участков по 100 м.}$$

Суммарный подъём от нижнего уровня к выходу состоит из вертикальных участков протяженностью $L_{\text{вверх}} = 2 + 3 + 3 + 2 = 10$ участков по 100 м.

Суммарный спуск от точки входа при движении к выходу состоит из вертикальных участков протяженностью $L_{\text{вниз}} = 4 + 1 + 3 + 1 + 1 = 10$ участков по 100 м.

Тогда время движения ныряльщика:

$$t_{\text{ныр}} = \frac{L_{\text{гор}}}{v} + \frac{2L_{\text{вверх}}}{v} + \frac{L_{\text{вниз}}}{2v}.$$

Рассчитаем это время:

$$t_{\text{ныр}} = \frac{2000 + 2000 + 500}{900} = 5 \text{ ч} = 300 \text{ мин.}$$

Расстояние между входом и выходом по поверхности также определим по схеме:

$$(1 + 4 + 2 + 5) \cdot 100 \text{ м} = 1200 \text{ м},$$

поэтому время движения спасателя равно

$$t_{\text{сп}} = \frac{1200 \text{ м}}{3000 \text{ м/ч}} = 0{,}4 \text{ ч} = 24 \text{ мин.}$$

Следовательно, время ожидания:

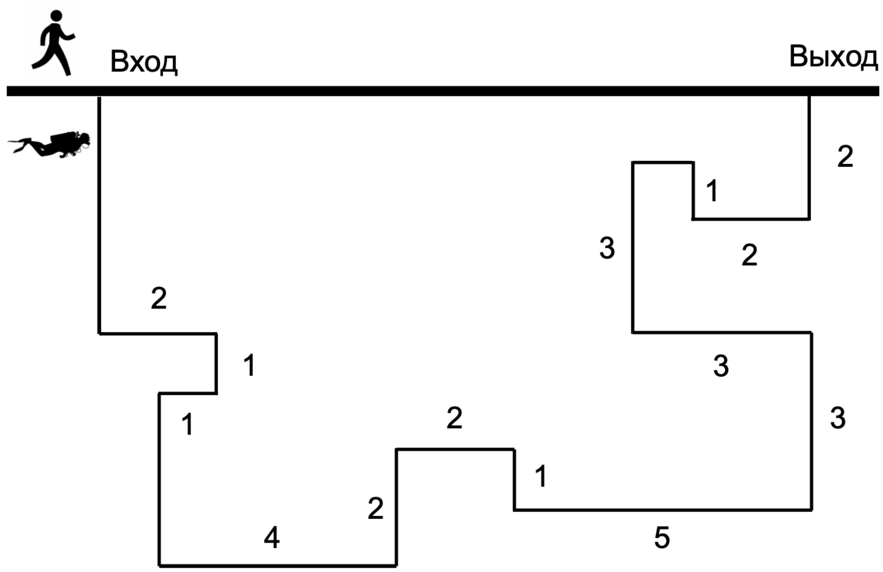
$$t_{\text{ожид}} = t_{\text{ныр}} - t_{\text{сп}} = 276 \text{ мин.}$$

Ответ: 276 *мин.*

Задача 2 / 2. В затопленном карьере проложен тренировочный маршрут для ныряльщика. Маршрут состоит из горизонтальных участков и вертикальных участков (спуски и подъёмы) и задан схемой на рисунке. Длины участков на схеме отмечены числами: участки с номером 1 имеют протяжённость 100 м, 2 — 200 м, 3 — 300 м, 4 — 400 м, 5 — 500 м.

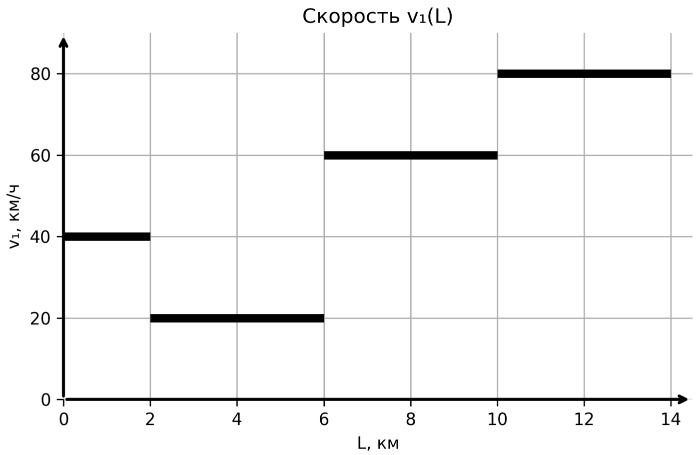
Ныряльщик плывёт по горизонтальному участку со скоростью 0,75 км/ч. Благодаря комплексу снаряжения, на вертикальном спуске он движется в 2 раза быстрее, а на вертикальном подъёме — в 2 раза медленнее, чем по горизонтали.

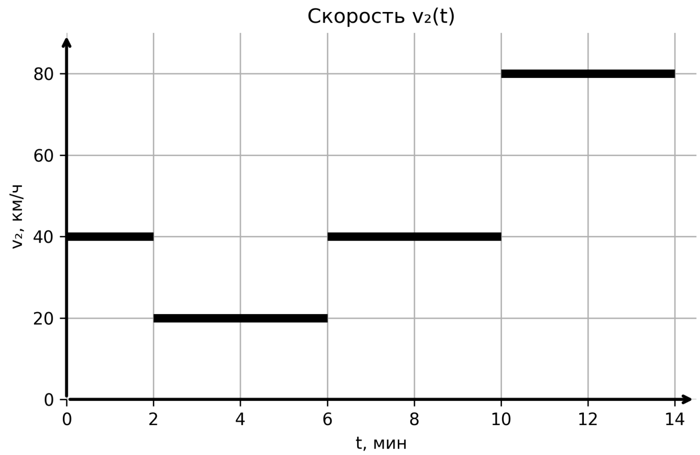
Пока ныряльщик проходил маршрут *от входной точки до выходной точки* (см. схему), спасатель на поверхности пошел напрямую от входа до выхода со скоростью 4 км/ч. Сколько времени спасатель ждал ныряльщика у выходной точки? Ответ дайте в минутах с точностью до целого числа.



Ответ: 342 *мин.*

Задача 3 / 1. Два автомобиля одновременно выехали навстречу друг другу по прямой дороге из двух населённых пунктов. Регистратор первого автомобиля записывает скорость v_1 в зависимости от пройденного пути L, а регистратор второго — скорость v_2 в зависимости от времени движения t. Показания регистраторов приведены на графиках. Известно, что через 10 минут после начала движения автомобили встретились. Какое расстояние между автомобилями будет через 2 минуты после встречи? Ответ дайте в километрах с точностью до десятых.





Возможное решение

Опишем аналитически зависимость $v_1(L)$, используя значения из первого графика:

$$v_1 = \begin{cases} 40, & 0 \le L < 2, \\ 20, & 2 \le L < 6, \\ 60, & 6 \le L < 10, \\ 80, & 10 \le L \le 14, \end{cases} \qquad \text{(км/ч)}$$

а зависимость $v_2(t)$ опишем аналитически, используя второй график (время t в минутах):

$$v_2 = \begin{cases} 40, & 0 \le t < 2, \\ 20, & 2 \le t < 6, \\ 40, & 6 \le t < 10, \\ 80, & 10 \le t \le 14, \end{cases} \qquad \text{(км/ч)}.$$

Автомобили встретились через 10 минут, то есть через $\frac{1}{6}$ часа.

Сначала первый автомобиль прошёл 2 км со скоростью 40 км/ч:

$$t_1 = \frac{2}{40} \text{ ч} = 0{,}05 \text{ ч} = 3 \text{ мин}.$$

До встречи остаётся $10 - 3 = 7$ минут. На участке $2 \le L < 6$ первый автомобиль движется со скоростью 20 км/ч, поэтому за 7 минут он проедет

$$\Delta L = 20 \cdot \frac{7}{60} = \frac{7}{3} \text{ км},$$

и к моменту встречи его путь равен

$$L_{\text{встр}} = 2 + \frac{7}{3} = \frac{13}{3} \text{ км}.$$

Значит, в момент встречи первый автомобиль всё ещё находится на участке со скоростью 20 км/ч и в ближайшие 2 минуты скорость не изменится (до $L = 6$ км ему осталось $\frac{5}{3}$ км, на это нужно 5 минут).

Через 2 минуты после встречи ($\frac{2}{60} = \frac{1}{30}$ часа):

$$s_1 = 20 \cdot \frac{1}{30} = \frac{2}{3} \text{ км}.$$

Для второго автомобиля после $t = 10$ минут скорость равна 80 км/ч, поэтому за 2 минуты он проедет

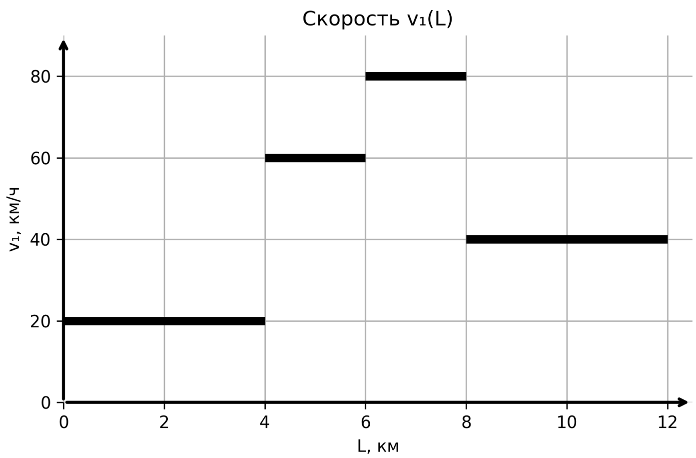
$$s_2 = 80 \cdot \frac{1}{30} = \frac{8}{3} \text{ км}.$$

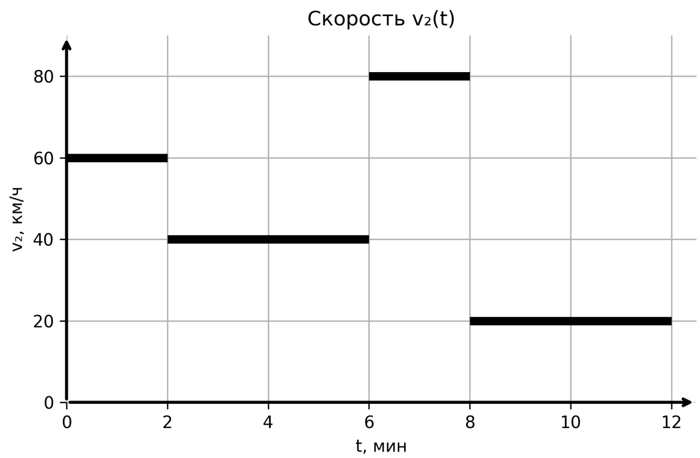
Так как после встречи автомобили разъезжаются в противоположные стороны, расстояние между ними через 2 минуты равно

$$S = s_1 + s_2 = \frac{2}{3} + \frac{8}{3} = \frac{10}{3} \text{ км}.$$

Ответ: $\frac{10}{3}$ *км* $\approx 3{,}3$ *км.*

Задача 3 / 2. Два автомобиля одновременно выехали навстречу друг другу по прямой дороге из двух населённых пунктов. Регистратор первого автомобиля записывает скорость v_1 в зависимости от пройденного пути L, а регистратор второго — скорость v_2 в зависимости от времени движения t. Показания регистраторов приведены на графиках. Известно, что через 10 минут после начала движения автомобили встретились. Какое расстояние между автомобилями будет через 2 минуты после встречи? Ответ дайте в километрах с точностью до десятых.





Ответ: $\frac{4}{3}$ *км* $\approx 1{,}3$ *км.*

Задача 4 / 1. Цилиндрический поплавок плавает в воде, находясь в вертикальном положении, при этом длина погруженной части поплавка равна $h_0 = 12$ см. Если к нижнему концу поплавка прикрепить груз (груз полностью находится в воде), то длина погруженной части поплавка станет равна $h_1 = 18$ см. Если тот же груз снять и положить на верхнее основание поплавка, то груз остаётся над водой (поплавок не наклоняется, вода не покрывает верхнее основание поплавка), а длина погруженной части поплавка станет равна $h_2 = 20$ см. Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3. Найдите плотность $\rho_г$ материала груза. Ответ дайте в кг/м^3 с точностью до целого числа.

Возможное решение

Пусть S – площадь поперечного сечения поплавка, m_0 – масса поплавка, V – объём груза, m – масса груза.

В исходном положении сила тяжести и сила Архимеда, действующие на поплавок, уравновешивают друг друга:

$$\rho g S h_0 - m_0 g = 0, \quad (1)$$

(1) Груз прикреплён снизу и полностью в воде.

В данном состоянии условие равновесия поплавка с грузом запишется в виде:

$$\rho g h_1 S + \rho g V - m_0 g - mg = 0. \quad (2)$$

(2) Груз лежит сверху и не погружен в воду.

В данном состоянии условие равновесия поплавка с грузом видоизменяется, так как груз не погружен в жидкость, следовательно, на него действует только сила тяжести:

$$\rho g h_2 S - m_0 g - mg = 0. \quad (3)$$

Вычтем из уравнения (3) уравнение (1), чтобы получить выражение для массы груза:

$$\rho g h_2 S - m_0 g - mg - (\rho g S h_0 - m_0 g) = 0 \implies m = \rho (h_2 - h_0) S.$$

Вычтем из уравнения (3) уравнение (2), чтобы получить выражение для объёма груза:

$$\rho g h_2 S - m_0 g - mg - (\rho g h_1 S + \rho g V - m_0 g - mg) = 0 \implies V = (h_2 - h_1) S.$$

Тогда плотность груза:

$$\rho_г = \frac{m}{V} = \frac{\rho(h_2 - h_0)}{h_2 - h_1} = 4000 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: $\rho_г = 4000$ *кг/м*^{3}.

Задача 4 / 2 Цилиндрический поплавок плавает в воде, находясь в вертикальном положении, при этом длина погруженной части поплавка равна $h_0 = 10$ см. Если к нижнему концу поплавка прикрепить груз (груз полностью находится в воде), то длина погруженной части поплавка станет равна $h_1 = 14$ см. Если тот же груз снять и положить на верхнее основание поплавка, то груз остаётся над водой (поплавок не наклоняется, вода не покрывает верхнее основание поплавка), а длина погруженной части поплавка станет равна $h_2 = 18$ см. Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3. Найдите плотность $\rho_г$ материала груза. Ответ дайте в кг/м^3 с точностью до целого числа.

Ответ: 2000 *кг/м*^{3}.

Задача 5 / 1. Экспериментатор Глюк приобрёл необычные сувенирные часы. Из-за дефекта механизма минутная стрелка движется неравномерно: первую половину круга (от «12» до «6») она проходит с угловой скоростью $\omega_1 = 450°/\text{ч}$, а вторую половину круга (от «6» до «12») — со скоростью $\omega_2 = 900°/\text{ч}$. На сколько минут реального времени будут спешить такие часы за каждый час своего «собственного» времени? Ответ дайте с точностью до целого числа.

Теоретическая справка: Угловая скорость ω минутной стрелки – физическая величина, равная: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$, где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – изменение между начальным (φ_1) и конечным (φ_2) положением минутной стрелки, а $\Delta t = t_2 - t_1$ – промежуток времени прошедший от начального (t_1) до конечного (t_2) момента движения стрелки.

Возможное решение

Полный оборот минутной стрелки соответствует углу $360°$. Таким образом, каждая половина круга составляет $\alpha = 180°$.

Найдем время (в реальных часах), затраченное на прохождение каждой половины круга:

$$T_1 = \frac{\alpha}{\omega_1} = \frac{180}{450} = 0,4 \text{ ч},$$

$$T_2 = \frac{\alpha}{\omega_2} = \frac{180}{900} = 0,2 \text{ ч}.$$

Суммарное реальное время одного полного оборота стрелки составляет:

$$T = T_1 + T_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ ч}.$$

Переведем это значение в минуты: $0,6 \times 60 = 36$ минут.

В исправных часах минутная стрелка совершает полный оборот ровно за 60 минут. Часы Глюка совершают оборот за 36 минут реального времени. Следовательно, за каждый свой «час» они будут спешить на:

$$\Delta t = 60 - 36 = 24 \text{ минуты}.$$

Ответ: 24 *мин.*

Задача 5 / 2. Экспериментатор Глюк приобрёл необычные сувенирные часы. Из-за дефекта механизма минутная стрелка движется неравномерно: первую половину круга (от «12» до «6») она проходит с угловой скоростью $\omega_1 = 360°/\text{ч}$, а вторую половину круга (от «6» до «12») — со скоростью $\omega_2 = 720°/\text{ч}$. На сколько минут реального времени будут спешить такие часы за каждый час своего «собственного» времени? Ответ дайте с точностью до целого числа.

Теоретическая справка: Угловая скорость ω минутной стрелки – физическая величина, равная: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$, где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – изменение между начальным (φ_1) и конечным (φ_2) положением минутной стрелки, а $\Delta t = t_2 - t_1$ – промежуток времени прошедший от начального (t_1) до конечного (t_2) момента движения стрелки.

Ответ: 15 *мин.*