Муниципальный этап ВсОШ по физике

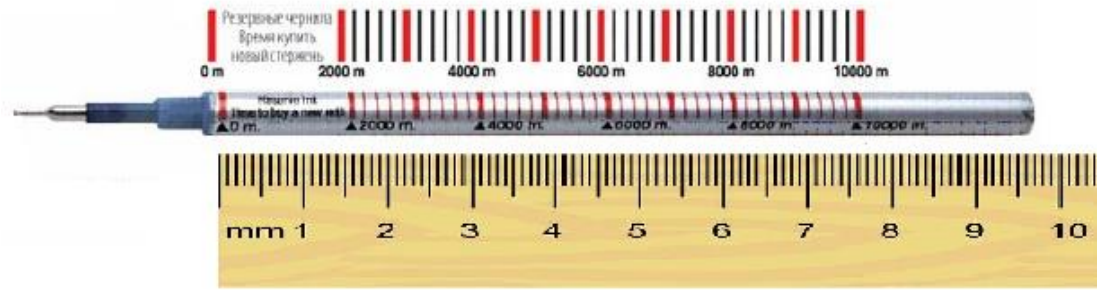
2026-2027 учебный год

7 класс

7.1. Сыктывкар-Архангельск. Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

7.2.Ручка. Производители некоторых стержней для ручек утверждают, что пасты в стержне хватает, чтобы начертить ею линию длиной 10 километров (10000 m (meters, метров) на рис.). На фото к такому стержню приложена сантиметровая линейка. Пусть ручку перемещают со скоростью $v = 10\,\frac{\text{см}}{\text{с}}$ (то есть с такой скоростью растет длина написанной ею линии). Сколько времени τ пройдет, прежде чем вся паста испишется (ответ выразите в часах)? С какой скоростью u относительно ручки в этом случае уменьшается длина столбика пасты в стержне? Ответ для u выразите в микрометрах (мкм) в секунду. 1 мкм – это одна миллионная секунды, 1 мкм $= \frac{1}{1000000}$ с $= 10^{-6}$с.

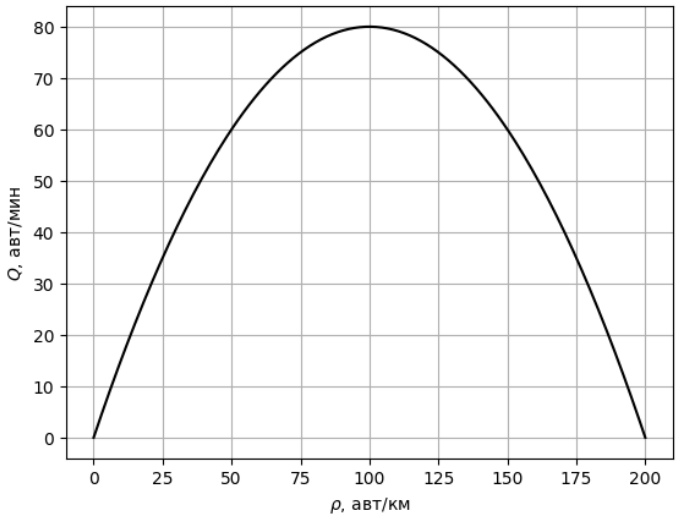
Не является рекламой.



7.3. Масло. Кусочек масла положили на раскалённый нож. Масло начало ползти со скоростью $v = 20\,\frac{\text{мм}}{\text{с}}$ и, двигаясь по горячему, таять с объемным расходом $q = 2$ мл/с. Когда кусочек прошел расстояние $l = 10$ см и достиг края ножа, от него уже ничего и не осталось. Чему равна масса кусочка масла m? Плотность масла $\rho = 900$ кг/м^3 .



7.4. Транспортный поток. Основными характеристиками описания движения автомобилей по некоторому участку дороги являются скорость автомобилей в потоке v (у всех одинаковая), плотность движения ρ (количество автомобилей на 1 км пути) и поток движения Q (количество автомобилей, проезжающих через любой участок дороги, в час).



На графике представлена зависимость потока движения автомобилей Q от его плотности ρ (см.рис.) для некоторого шоссе. Если $\rho = 0$, то есть дорога полностью пустая (автомобилей нет), то и $Q = 0$. При этом при большой плотности $\rho_{\text{макс}} = 200$ авт/км движение становится невозможным, так как образовалась пробка, и поток автомобилей опять равен $Q = 0$.

1) Чему равен максимально возможный поток Q_0 движения по этому шоссе? Чему равна скорость потока автомобилей v_0 при этом максимально возможном потоке движения?
2) Каковы максимально и минимально возможные скорости потока автомобилей $v_{\text{макс}}$ и $v_{\text{мин}}$ при потоке движения $Q = 60$ авт/мин?

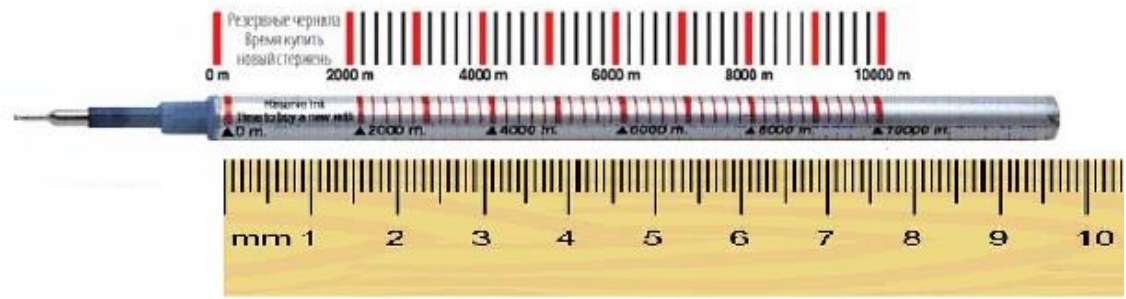
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

7 класс

7.1. Сыктывкар-Архангельск. Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

7.2.Ручка. Производители некоторых стержней для ручек утверждают, что пасты в стержне хватает, чтобы начертить ею линию длиной 10 километров (10000 m (meters, метров) на рис.). На фото к такому стержню приложена сантиметровая линейка. Пусть ручку перемещают со скоростью $v = 10\,\frac{\text{см}}{\text{с}}$ (то есть с такой скоростью растет длина написанной ею линии). Сколько времени τ пройдет, прежде чем вся паста испишется (ответ выразите в часах)? С какой скоростью u относительно ручки в этом случае уменьшается длина столбика пасты в стержне? Ответ для u выразите в микрометрах (мкм) в секунду. 1 мкм – это одна миллионная секунды, 1 мкм $= \frac{1}{1000000}$ с $= 10^{-6}$с.

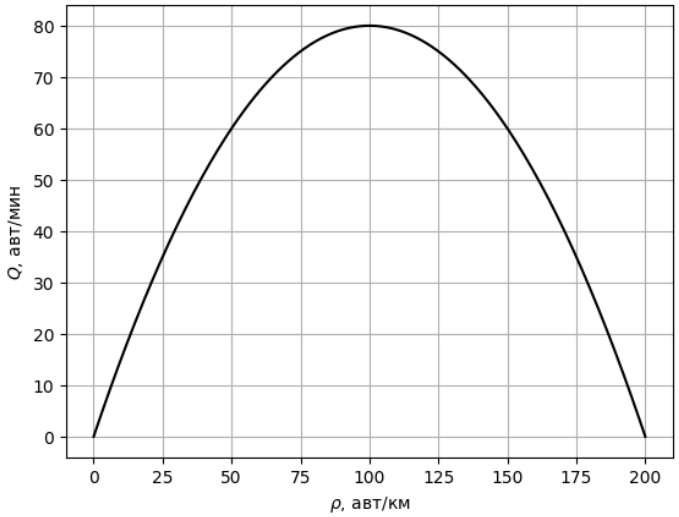
Не является рекламой.



7.3. Масло. Кусочек масла положили на раскалённый нож. Масло начало ползти со скоростью $v = 20\,\frac{\text{мм}}{\text{с}}$ и, двигаясь по горячему, таять с объемным расходом $q = 2$ мл/с. Когда кусочек прошел расстояние $l = 10$ см и достиг края ножа, от него уже ничего и не осталось. Чему равна масса кусочка масла m? Плотность масла $\rho = 900$ кг/м^3 .



7.4. Транспортный поток. Основными характеристиками описания движения автомобилей по некоторому участку дороги являются скорость автомобилей в потоке v (у всех одинаковая), плотность движения ρ (количество автомобилей на 1 км пути) и поток движения Q (количество автомобилей, проезжающих через любой участок дороги, в час).



На графике представлена зависимость потока движения автомобилей Q от его плотности ρ (см.рис.) для некоторого шоссе. Если $\rho = 0$, то есть дорога полностью пустая (автомобилей нет), то и $Q = 0$. При этом при большой плотности $\rho_{\text{макс}} = 200$ авт/км движение становится невозможным, так как образовалась пробка, и поток автомобилей опять равен $Q = 0$.

1) Чему равен максимально возможный поток Q_0 движения по этому шоссе? Чему равна скорость потока автомобилей v_0 при этом максимально возможном потоке движения?
2) Каковы максимально и минимально возможные скорости потока автомобилей $v_{\text{макс}}$ и $v_{\text{мин}}$ при потоке движения $Q = 60$ авт/мин?

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

Решения

7.1. **Сыктывкар-Архангельск.** Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

Решение.

Так как от Сыктывкара до Коноши путешественник движется с постоянной скоростью v_1, то средняя скорость в любой момент времени на этом участке также равна v_1. Следовательно, $v_1 = u_1 = 50{,}0$ км/ч.

Путь, пройденный до Коноши, равен средней скорости, умноженной на время: $S_1 = u_2 t_2 = 694$ км. Путь, пройденный до Плесецкой и Архангельска, аналогично, равны $S_{\text{Плесецкая}} = u_3 t_3 = 900$ км и $S_{\text{Архангельск}} = S_1 + S_2 = u_4 t_4 = 1100$ км. Следовательно, $S_2 = u_4 t_4 - S_1 = u_4 t_4 - u_2 t_2 = 406$ км. Весь путь между Коношей и Архангельском, в частности, между Плесецкой и Архангельском поезд проходил со скоростью $v_2 = \frac{S_{\text{Архангельск}} - S_{\text{Плесецкая}}}{t_4 - t_3} = \frac{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}{t_4 - t_3} = 50\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Весь путь на первом поезде занял время $\tau_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{u_2 t_2}{u_1} = 13{,}9$ ч, а на втором поезде $\tau_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{u_4 t_4 - u_2 t_2}{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}(t_4 - t_3) = 8{,}1$ ч. Тогда время пересадки в Коноше $\tau = t_4 - \tau_1 - \tau_2 = 4$ ч.

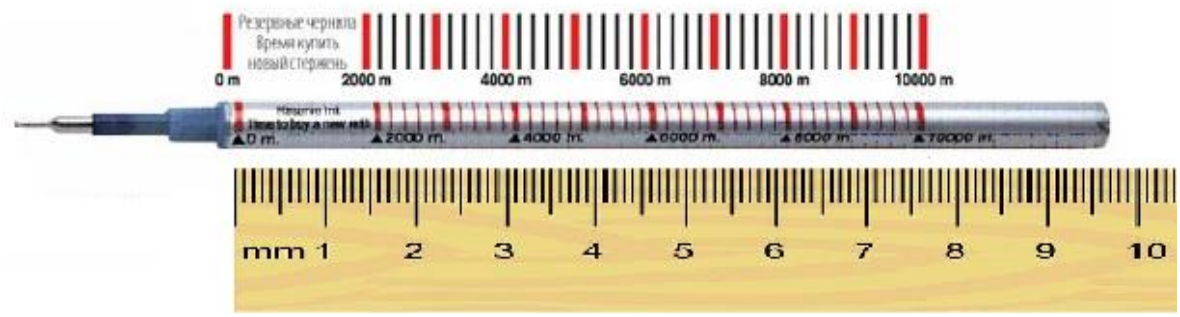
Критерии оценивания (10 баллов)

1	$v_1 = u_1 = 50{,}0$ км/ч	1 балл
2	$S_1 = u_2 t_2 = 694$ км	1 балл
3	$S_2 = u_4 t_4 - u_2 t_2 = 406$ км	2 балла
4	$v_2 = \frac{S_{\text{Архангельск}} - S_{\text{Плесецкая}}}{t_4 - t_3}$	1 балл
5	$v_2 = \frac{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}{t_4 - t_3} = 50\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}$	2 балла
6	Время на первом поезде $\tau_1 = \frac{u_2 t_2}{u_1} = 13{,}9$ ч	1 балл
7	Время на втором поезде $\tau_2 = \frac{u_4 t_4 - u_2 t_2}{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}(t_4 - t_3) = 8{,}1$ ч	1 балл
8	$\tau = 4$ ч	1 балл

7.2. Ручка

Производители некоторых стержней для ручек утверждают, что пасты в стержне хватает, чтобы начертить ею линию длиной 10 километров (10000 m (meters, метров) на рис.). На фото к такому стержню приложена сантиметровая линейка. Пусть ручку перемещают со скоростью $v = 10\frac{\text{см}}{\text{с}}$ (то есть с такой скоростью растет длина написанной ею линии). Сколько времени пройдет τ, прежде чем мы испишем всю пасту (ответ выразите в часах)? С какой скоростью u относительно ручки в этом случае уменьшается длина столбика пасты в стержне? Ответ для u выразите в микрометрах (мкм) в секунду. 1 мкм – это одна миллионная секунды $1\ \text{мкм} = \frac{1}{1000000}\text{с} = 10^{-6}\text{с}$.

Не является рекламой.



Решение.

Пусть с такой скоростью v испишут всю ручку, то есть проведут десятикилометровую линию. На это уйдет время, равное $\tau = \frac{10\ \text{км}}{v} = \frac{10\ \text{км}}{10\frac{\text{см}}{\text{с}}} = \frac{1000000\ \text{см}}{10\ \text{см/с}} = 100000\ \text{с} = 10^5\text{с} = \frac{10^5}{60\frac{\text{с}}{\text{мин}}\cdot 60\frac{\text{мин}}{\text{ч}}} = 27{,}8\ \text{ч}$.

В течение этого же времени τ длина столбика пасты 7,6 см (см.рис.) убывала со скоростью u. Значит $u = \frac{7{,}6\ \text{см}}{10^5\text{с}} = \frac{76000\ \text{мкм}}{10^5\text{с}} = 0{,}76\frac{\text{мкм}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Школьник понимает, что такое скорость (в любой форме)	1 балл
2	$\tau = \frac{10\ \text{км}}{10\frac{\text{см}}{\text{с}}}$	2 балла
3	$\tau = 27{,}8\ \text{ч}$	2 балла
4	10 км соответствуют 7,6 см (погрешность 5% допустима)	1 балл
5	$u = \frac{7{,}6\ \text{см}}{\tau}$	2 балла
6	$u = 0{,}76\frac{\text{мкм}}{\text{с}}$	2 балла



7.3. Масло. Кусочек масла положили на раскалённый нож. Масло начало ползти со скоростью $v = 20\,\frac{\text{мм}}{\text{с}}$ и, двигаясь по горячему, таять с объемным расходом $q = 2$ мл/с. Когда кусочек прошел расстояние $l = 10$ см и достиг края ножа, от него уже ничего и не осталось. Чему равна масса кусочка масла m? Плотность масла $\rho = 900$ кг/м^3 .

Решение.

Объем масла равен $V = m/\rho$. Время плавления масла $\tau_1 = V/\,q$.

Время движения масла по ножу равно $\tau_2 = \frac{l}{v}$.

Так как масло достигает края ножа и полностью плавится одновременно, то $\tau_1 = \tau_2$.

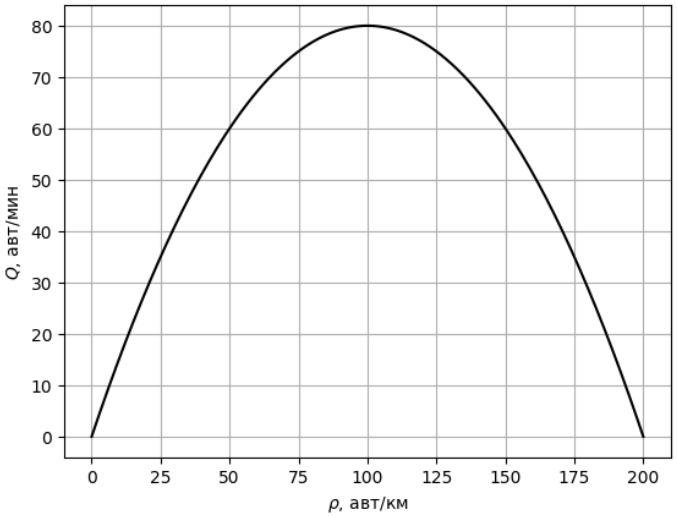
Следовательно, $\frac{l}{v} = \frac{V}{q} = \frac{m}{q\rho}$ и $m = \frac{lq\rho}{v} = \frac{10\text{ см}\cdot 2\frac{\text{мл}}{\text{с}}\cdot 900\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{20\frac{\text{мм}}{\text{с}}} = \frac{10\text{ см}\cdot 2\frac{\text{см}^3}{\text{с}}\cdot 0{,}9\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{2\frac{\text{см}}{\text{с}}} = 9$ г

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Формула для объема через массу и плотность $V = m/\rho$	1 балл
2	Формула времени таяния масла $\tau_1 = V/\,q$	2 балла
3	Формула времени достижения конца ножа $\tau_2 = \frac{l}{v}$	1 балл
4	Условие $\tau_1 = \tau_2$	1 балл
5	Окончательная формула $m = \frac{lq\rho}{v}$	2 балла
6	Продемонстрировано владение переводом единиц измерений	1 балл
7	Правильный численный ответ с указанием единиц измерения $m = 9$ г	2 балла

7.4. Транспортный поток.

Основными характеристиками описания движения автомобилей по некоторому участку дороги являются скорость автомобилей в потоке v (у всех одинаковая), плотность движения ρ (количество автомобилей на 1 км пути) и поток движения Q (количество автомобилей, проезжающих через любой участок дороги, в час).



На графике представлена зависимость потока движения автомобилей Q от его плотности ρ (см.рис.) для некоторого шоссе. Если $\rho = 0$, то есть дорога полностью пустая (автомобилей нет), то и $Q = 0$. При этом при большой плотности $\rho_{\text{макс}} = 200$ авт/км движение становится невозможным, так как образовалась пробка, и поток автомобилей опять равен $Q = 0$.

1) Чему равен максимально возможный поток Q_0 движения по этому шоссе? Чему равна скорость потока автомобилей v_0 при этом максимально возможном потоке движения?
2) Каковы максимально и минимально возможные скорости потока автомобилей $v_{\text{макс}}$ и $v_{\text{мин}}$ при потоке движения $Q = 60$ авт/мин?

Решение. На произвольном участке длиной L находятся $N = \rho L$ автомобилей. Каждый из этих автомобилей преодолевает этот участок за время $t = \frac{L}{v}$. Следовательно, поток движения равен $Q = \frac{N}{t} = \frac{\rho L}{\frac{L}{v}} = \rho v$. Значит скорость движения $v = Q/\rho$.

Максимальный поток движения равен $Q_0 = 80$ авт/мин достигается при плотности движения $\rho_0 = 100$ авт/км. Таким образом, $v_0 = \frac{Q_0}{\rho_0} = 48 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Потоку движения $Q = 60$ авт/мин соответствуют две плотности движения $\rho_1 = 50$ авт/км и $\rho_2 = 150$ авт/км. Скорость движения автомобилей при фиксированном потоке максимальна при минимальной плотности $\rho_1 = 50$ авт/км и минимальна при максимальной плотности $\rho_2 = 150$ авт/км. Таким образом, $v_{\text{макс}} = \frac{Q}{\rho_1} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и $v_{\text{мин}} = \frac{Q}{\rho_2} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

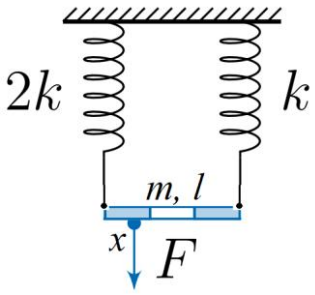
1	Выведена формула $v = Q/\rho$.	4 балла
2	$Q_0 = 80$ авт/мин	1 балл
3	$v_0 = \frac{Q_0}{\rho_0} = 48 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.	2 балла
4	Потоку $Q = 60$ авт/мин соответствуют две плотности движения $\rho_1 = 50$ авт/км и $\rho_2 = 150$ авт/км	1 балл
5	Ответы $v_{\text{макс}} = \frac{Q}{\rho_1} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и $v_{\text{мин}} = \frac{Q}{\rho_2} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	2 балла

Муниципальный этап ВсОШ по физике 2026-2027

8 класс

8.1. Сыктывкар-Архангельск. Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

8.2. Рычаг на пружинах. На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



1) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
2) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

8.3. Гидростатический эксперимент. Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

8.4. Лёд и вода. В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_\text{л} = -20$ °C) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_\text{в} = +20$ °C). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

1) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
2) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
3) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

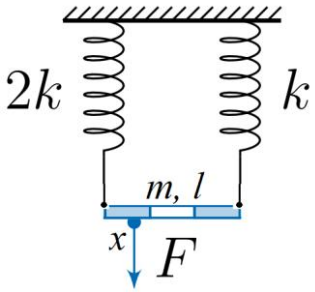
Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$°C. Удельная теплоемкость воды $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг·°C}}$, удельная теплоемкость льда $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг·°C}}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

8 класс

8.1. **Сыктывкар-Архангельск.** Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

8.2. Рычаг на пружинах. На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



1) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
2) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

8.3. Гидростатический эксперимент. Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

8.4. Лёд и вода. В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_\text{л} = -20$ °C) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_\text{в} = +20$ °C). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

1) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
2) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
3) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$°C. Удельная теплоемкость воды $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, удельная теплоемкость льда $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

8.1. Сыктывкар-Архангельск. Путешественник из Сыктывкара решил посетить Архангельск. Для этого он сначала проехал расстояние S_1 от Сыктывкара до Коноши на поезде с постоянной скоростью v_1, подождал в Коноше следующего поезда в течение времени τ, а затем проехал оставшееся расстояние S_2 от Коноши до Архангельска с постоянной скоростью v_2. Путешественник был снаряжен умными часами, умеющими показывать среднюю путевую скорость. Через время $t_1 = 2$ ч после выезда из Сыктывкара (около Микуни) средняя скорость была равна $u_1 = 50{,}0$ км/ч. Через $t_2 = 16$ ч, когда путешественник ждал следующего поезда в Коноше, средняя скорость была равна $u_2 = 43{,}4$ км/ч. Проезжая станцию «Плесецкая» через $t_3 = 22$ ч, часы показали $u_3 = 40{,}9$ км/ч. Подъезжая же к конечной станции «Архангельск-Город» через $t_4 = 26$ ч после старта поездки, средняя скорость составила $u_4 = 42{,}3$ км/ч. Определите по этим данным неизвестные параметры S_1, S_2, v_1, v_2 и τ.

Решение.

Так как от Сыктывкара до Коноши путешественник движется с постоянной скоростью v_1, то средняя скорость в любой момент времени на этом участке также равна v_1. Следовательно, $v_1 = u_1 = 50{,}0$ км/ч.

Путь, пройденный до Коноши, равен средней скорости, умноженной на время: $S_1 = u_2 t_2 = 694$ км. Путь, пройденный до Плесецкой и Архангельска, аналогично, равны $S_{\text{Плесецкая}} = u_3 t_3 = 900$ км и $S_{\text{Архангельск}} = S_1 + S_2 = u_4 t_4 = 1100$ км. Следовательно, $S_2 = u_4 t_4 - S_1 = u_4 t_4 - u_2 t_2 = 406$ км. Весь путь между Коношей и Архангельском, в частности, между Плесецкой и Архангельском поезд проходил со скоростью $v_2 = \frac{S_{\text{Архангельск}} - S_{\text{Плесецкая}}}{t_4 - t_3} = \frac{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}{t_4 - t_3} = 50\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Весь путь на первом поезде занял время $\tau_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{u_2 t_2}{u_1} = 13{,}9$ ч, а на втором поезде $\tau_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{u_4 t_4 - u_2 t_2}{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}(t_4 - t_3) = 8{,}1$ ч. Тогда время пересадки в Коноше $\tau = t_4 - \tau_1 - \tau_2 = 4$ ч.

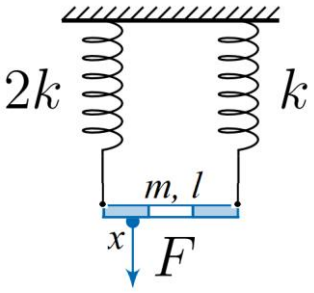
Критерии оценивания (10 баллов)

1	$v_1 = u_1 = 50{,}0$ км/ч	1 балл
2	$S_1 = u_2 t_2 = 694$ км	1 балл
3	$S_2 = u_4 t_4 - u_2 t_2 = 406$ км	2 балла
4	$v_2 = \frac{S_{\text{Архангельск}} - S_{\text{Плесецкая}}}{t_4 - t_3}$	1 балл
5	$v_2 = \frac{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}{t_4 - t_3} = 50\,\frac{\text{км}}{\text{ч}}$	2 балла
6	Время на первом поезде $\tau_1 = \frac{u_2 t_2}{u_1} = 13{,}9$ ч	1 балл
7	Время на втором поезде $\tau_2 = \frac{u_4 t_4 - u_2 t_2}{(u_4 t_4 - u_3 t_3)}(t_4 - t_3) = 8{,}1$ ч	1 балл
8	$\tau = 4$ ч	1 балл

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области 2026-2027

8.2. Рычаг на пружинах.

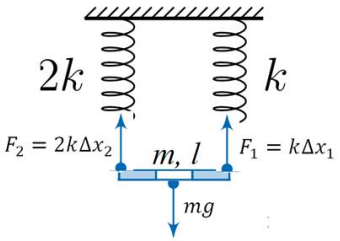
На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



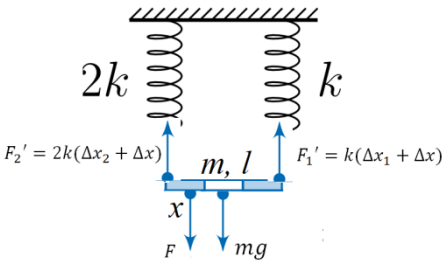
5) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
6) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

Решение.

1) На рычаг действует сила тяжести mg и две силы упругости $F_1 = k\Delta x_1$ и $F_2 = 2k\Delta x_2$. Запишем правило моментов для рычага относительно его левого конца: $mg \cdot \frac{l}{2} = F_1 \cdot l$. Откуда $\Delta x_1 = mg/2k$. Аналогично запишем правило моментов для рычага относительно его правого конца: $mg \cdot \frac{l}{2} = F_2 \cdot l$, откуда $\Delta x_2 = mg/4k$. Те же ответы можно было получить из других уравнений: правила моментов относительно центра масс рычага $F_1 \cdot \frac{l}{2} = F_2 \cdot \frac{l}{2}$ и равенства суммы сил нулю $F_1 + F_2 = mg$.



2) Пусть силу F приложили в таком месте, что рычаг снова оказался в горизонтальном положении, только на Δx ниже предыдущего состояния. Тогда удлинения пружин станут равны $\Delta x_1 + \Delta x$ и $\Delta x_2 + \Delta x$, а силы упругости $F_1' = k(\Delta x_1 + \Delta x)$ и $F_2' = 2k(\Delta x_2 + \Delta x)$. Запишем правило моментов относительно левого конца рычага: $Fx + mg\frac{l}{2} = F_1'l$, откуда $Fx = k\Delta xl$. Правило моментов относительно правого конца рычага $F(l - x) + mg\frac{l}{2} = F_2'l$ дает $F(l - x) = 2k\Delta xl$. Из предыдущих уравнений заключаем $x = \frac{l}{3}$.



Критерии оценивания (10 баллов)

1	Грамотная расстановка сил на рычаг	1 балл
2	Применение закона Гука: $F_1 = k\Delta x_1$ и $F_2 = 2k\Delta x_2$	1 балл
3	Записаны два правила моментов или «правило моментов + равенство нулю сил» для первого пункта	2 балла
4	Ответы на первый пункт $\Delta x_1 = mg/2k$ и $\Delta x_2 = mg/4k$	2 балла
5	Указано, что удлинения обеих пружин увеличатся на одинаковую величину	1 балл
6	Записаны два правила моментов или «правило моментов + равенство нулю сил» для второго пункта	2 балла
7	Ответ на второй пункт $x = \frac{l}{3}$	1 балл

8.3. **Гидростатический эксперимент**

Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

Решение.

Объем стекла равен разности внешнего и внутреннего объема стакана $V = V_{\text{вне}} - V_{\text{вну}}$.

Внутренний объем стакана $V_{\text{вну}} = \frac{m_1 - m}{\rho_0}$.

Условие плавания стакана, частично заполненного водой: $m_2 g = \rho_0 g V_{\text{вне}}$ (сила тяжести равна силе Архимеда), откуда внешний объем $V_{\text{вне}} = \frac{m_2}{\rho_0}$.

Плотность стекла $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m - m_2}\rho_0 = \frac{100}{45} \cdot 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \approx 2{,}2\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Объем стекла равен разности внешнего и внутреннего объема стакана $V = V_{\text{вне}} - V_{\text{вну}}$	1 балл
2	Найден внутренний объем стакана $V_{\text{вну}} = \frac{m_1 - m}{\rho_0}$	1 балл
3	Условие плавания тела (в любой форме)	1 балл
4	Условие плавания $m_2 g = \rho_0 g V_{\text{вне}}$	2 балла
5	Найден внешний объем стакана $V_{\text{вне}} = \frac{m_2}{\rho_0}$	1 балл
6	Формула плотности $\rho = \frac{m}{V}$	1 балл
7	Формульный ответ $\rho = \frac{m}{m_1 - m - m_2}\rho_0$	2 балла
8	Численный ответ $\rho \approx 2{,}2\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.	1 балл

8.4. Лёд и вода

В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_л = -20$ °C) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_в = +20$ °C). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

1) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
2) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
3) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$°C. Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot °C}$, удельная теплоемкость льда $c_в = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot °C}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336 \frac{кДж}{кг}$.

Решение.

Вначале вся вода превращается в лёд. Это продолжается до тех пор, пока лёд не нагреется до температуры плавления. В этот момент масса льда максимальна, а уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде: $m_1 c_в (t_в - t_0) + m_1 \lambda = m c_л (t_0 - t_л)$ (1)

Первый ответ $m_1 = m \frac{c_л (t_0 - t_л)}{c_в (t_в - t_0) + \lambda}$.

Далее лёд начинает таять (нагреваться он уже и еще не может, а теплую воду продолжают добавлять). Рассмотрим момент, когда его масса становится равна исходной. Уравнение теплового баланса в этом случае: $m_2 c_в (t_в - t_0) = m c_л (t_0 - t_л)$ (2)

Второй ответ $m_2 = m \frac{c_л (t_0 - t_л)}{c_в (t_в - t_0)}$.

Рассчитаем количество воды, необходимое для полного плавления льда: $m_3 c_в (t_в - t_0) = m\lambda + m c_л (t_0 - t_л)$ (3)

Третий ответ $m_3 = m \frac{c_л (t_0 - t_л) + \lambda}{c_в (t_в - t_0)}$.

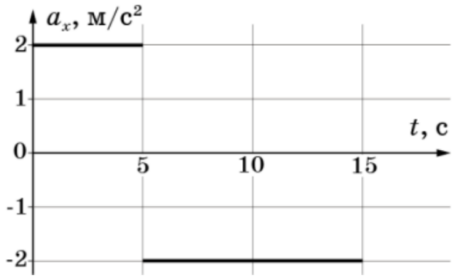
Критерии оценивания (10 баллов)

1	Описано, почему вначале масса льда увеличивается	1 балл
2	Указано, в какой момент масса льда начнет уменьшаться	1,5 балла
3	Уравнения теплового баланса	1 балл * 3 = 3 балла
4	Буквенные ответы (допустимы варианты, где t_0 считалось тождественным нулём)	0,5 балла * 3 = 1,5 балла
5	Численные ответы	1 балл * 3 = 3 балла

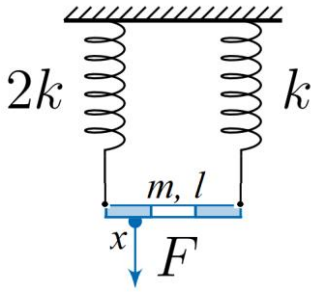
Муниципальный этап ВсОШ по физике 2026-2027

9 класс

9.1. Путь и перемещение. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси $0x$.



9.2. Рычаг на пружинах. На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



1) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
2) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

9.3. Гидростатический эксперимент. Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

9.4. Лёд и вода. В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_\text{л} = -20$ °C) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_\text{в} = +20$ °C). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

1) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
2) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
3) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

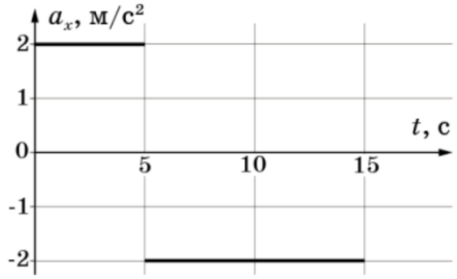
Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$°C. Удельная теплоемкость воды $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, удельная теплоемкость льда $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

9.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

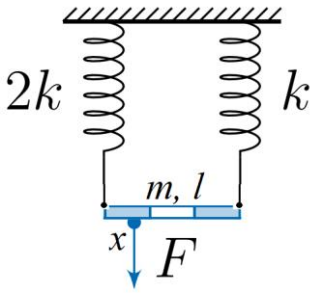
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

9 класс

9.1. Путь и перемещение. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси $0x$.



9.2. Рычаг на пружинах. На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



3) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
4) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

9.3. Гидростатический эксперимент. Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

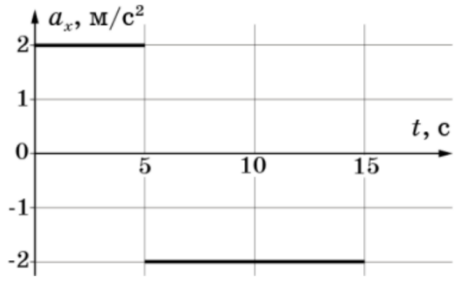
9.4. Лёд и вода. В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_\text{л} = -20$ °C) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_\text{в} = +20$ °C). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

4) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
5) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
6) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$°C. Удельная теплоемкость воды $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, удельная теплоемкость льда $c_\text{в} = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

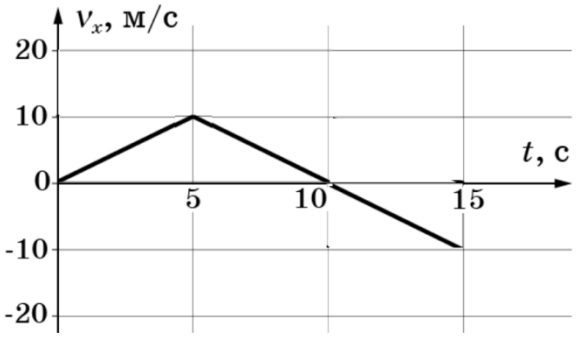
9.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

9.1. **Средняя скорость.** На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси *0x*.



Решение.

Изменение проекции скорости частицы за некоторое время $\Delta\tau$ равно произведению проекции ускорения на это время $\Delta v_x = a_x \Delta\tau$, что численно эквивалентно площади под графиком $a_x(t)$. С учетом этого начертим график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t (см.рис.).



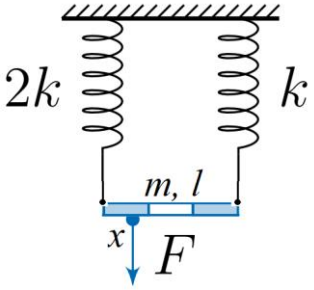
Изменение координаты Δx равно произведению проекции скорости v_x на время $\Delta\tau$: $\Delta x = v_x \Delta\tau$, то есть численно площади под графиком $v_x(t)$. Вначале частица сместилась вдоль оси x на $10 \cdot \frac{10}{2} = 50$ м, а потом против оси на $5 \cdot \frac{10}{2} = 25$ м. Путь равен суммарной длине траектории $50\text{ м} + 25\text{ м} = 75$ м, а перемещение равно модулю разности конечной и начальной координат $50\text{ м} - 25\text{ м} = 25$ м.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	$\Delta v_x = a_x \Delta\tau$	1 балл
2	Построен график $v_x(t)$: *Оси подписаны* *Равномерная оцифровка* *Верный вид графика*	4 балла *1 балл* *1 балл* *2 балла*
3	$\Delta x = v_x \Delta\tau$	1 балл
4	Найден путь 75 м	2 балла
5	Найдено перемещение 25 м	2 балла

9.2. Рычаг на пружинах.

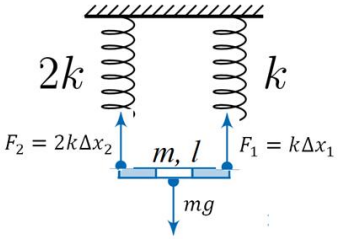
На левом рисунке однородный рычаг массой m и длиной l подвешен на легких пружинах с коэффициентами жесткости $2k$ и k.



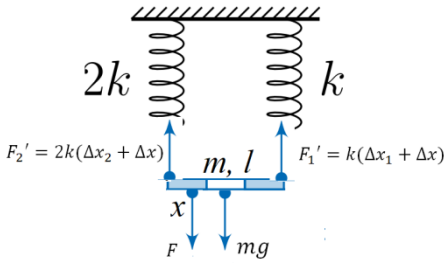
7) Чему равны удлинения правой Δx_1 и левой Δx_2 пружин, если рычаг находится в равновесии в горизонтальном положении?
8) На каком расстоянии x от левой пружины нужно прикладывать горизонтальную силу вниз, чтобы рычаг в состоянии равновесия вновь принял горизонтальное положение?

Решение.

3) На рычаг действует сила тяжести mg и две силы упругости $F_1 = k\Delta x_1$ и $F_2 = 2k\Delta x_2$. Запишем правило моментов для рычага относительно его левого конца: $mg \cdot \frac{l}{2} = F_1 \cdot l$. Откуда $\Delta x_1 = mg/2k$. Аналогично запишем правило моментов для рычага относительно его правого конца: $mg \cdot \frac{l}{2} = F_2 \cdot l$, откуда $\Delta x_2 = mg/4k$. Те же ответы можно было получить из других уравнений: правила моментов относительно центра масс рычага $F_1 \cdot \frac{l}{2} = F_2 \cdot \frac{l}{2}$ и равенства суммы сил нулю $F_1 + F_2 = mg$.



4) Пусть силу F приложили в таком месте, что рычаг снова оказался в горизонтальном положении, только на Δx ниже предыдущего состояния. Тогда удлинения пружин станут равны $\Delta x_1 + \Delta x$ и $\Delta x_2 + \Delta x$, а силы упругости $F_1' = k(\Delta x_1 + \Delta x)$ и $F_2' = 2k(\Delta x_2 + \Delta x)$. Запишем правило моментов относительно левого конца рычага: $Fx + mg\frac{l}{2} = F_1' l$, откуда $Fx = k\Delta x l$. Правило моментов относительно правого конца рычага $F(l - x) + mg\frac{l}{2} = F_2' l$ дает $F(l - x) = 2k\Delta x l$. Из предыдущих уравнений заключаем $x = \frac{l}{3}$.



Критерии оценивания (10 баллов)

1	Грамотная расстановка сил на рычаг	1 балл
2	Применение закона Гука: $F_1 = k\Delta x_1$ и $F_2 = 2k\Delta x_2$	1 балл
3	Записаны два правила моментов или «правило моментов + равенство нулю сил» для первого пункта	2 балла
4	Ответы на первый пункт $\Delta x_1 = mg/2k$ и $\Delta x_2 = mg/4k$	2 балла
5	Указано, что удлинения обеих пружин увеличатся на одинаковую	1 балл

	величину	
6	Записаны два правила моментов или «правило моментов + равенство нулю сил» для второго пункта	2 балла
7	Ответ на второй пункт $x = \frac{l}{3}$	1 балл

9.3. **Гидростатический эксперимент**

Пустой стеклянный стакан с толстыми стенками имеет массу $m = 100$ г, а стакан, полностью заполненный водой, имеет массу $m_1 = 300$ г. В стакан налили столько воды, что при погружении его в сосуд с водой, он оказался почти полностью погружен в воду. При этом масса стакана с водой оказалась равна $m_2 = 155$ г. Чему равна плотность стекла ρ, из которого изготовлен стакан, если плотность воды $\rho_0 = 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$?

Решение.

Объем стекла равен разности внешнего и внутреннего объема стакана $V = V_{\text{вне}} - V_{\text{вну}}$.

Внутренний объем стакана $V_{\text{вну}} = \frac{m_1 - m}{\rho_0}$.

Условие плавания стакана, частично заполненного водой: $m_2 g = \rho_0 g V_{\text{вне}}$ (сила тяжести равна силе Архимеда), откуда внешний объем $V_{\text{вне}} = \frac{m_2}{\rho_0}$.

Плотность стекла $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_1 - m - m_2}\rho_0 = \frac{100}{45} \cdot 1{,}0\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \approx 2{,}2\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Объем стекла равен разности внешнего и внутреннего объема стакана $V = V_{\text{вне}} - V_{\text{вну}}$	1 балл
2	Найден внутренний объем стакана $V_{\text{вну}} = \frac{m_1 - m}{\rho_0}$	1 балл
3	Условие плавания тела (в любой форме)	1 балл
4	Условие плавания $m_2 g = \rho_0 g V_{\text{вне}}$	2 балла
5	Найден внешний объем стакана $V_{\text{вне}} = \frac{m_2}{\rho_0}$	1 балл
6	Формула плотности $\rho = \frac{m}{V}$	1 балл
7	Формульный ответ $\rho = \frac{m}{m_1 - m - m_2}\rho_0$	2 балла
8	Численный ответ $\rho \approx 2{,}2\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.	1 балл

9.4. Лёд и вода

В сосуд с колотым льдом (масса льда $m = 200$ г, его температура $t_л = -20$ ℃) начинают медленно вливать воду (температура воды $t_в = +20$ ℃). При этом масса льда сначала увеличивается, а затем уменьшается.

4) При какой массе долитой воды m_1 масса льда принимает своё максимальное значение?
5) При какой ненулевой массе долитой воды m_2 масса льда равна начальной массе m?
6) При какой массе долитой воды m_3 масса льда становится равной нулю?

Теплоёмкостью сосуда и тепловыми потерями пренебречь. Вода из сосуда не выливается, а тепловое равновесие устанавливается очень быстро. Температура плавления льда $t_0 = 0$℃. Удельная теплоемкость воды $c_в = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ℃}$, удельная теплоемкость льда $c_в = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ℃}$, а удельная теплота плавления льда $\lambda = 336 \frac{кДж}{кг}$.

Решение.

Вначале вся вода превращается в лёд. Это продолжается до тех пор, пока лёд не нагреется до температуры плавления. В этот момент масса льда максимальна, а уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде: $m_1 c_в (t_в - t_0) + m_1 \lambda = m c_л (t_0 - t_л)$ (1)

Первый ответ $m_1 = m \frac{c_л (t_0 - t_л)}{c_в (t_в - t_0) + \lambda}$.

Далее лёд начинает таять (нагреваться он уже и еще не может, а теплую воду продолжают добавлять). Рассмотрим момент, когда его масса становится равна исходной. Уравнение теплового баланса в этом случае: $m_2 c_в (t_в - t_0) = m c_л (t_0 - t_л)$ (2)

Второй ответ $m_2 = m \frac{c_л (t_0 - t_л)}{c_в (t_в - t_0)}$.

Рассчитаем количество воды, необходимое для полного плавления льда: $m_3 c_в (t_в - t_0) = m\lambda + m c_л (t_0 - t_л)$ (3)

Третий ответ $m_3 = m \frac{c_л (t_0 - t_л) + \lambda}{c_в (t_в - t_0)}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Описано, почему вначале масса льда увеличивается	1 балл
2	Указано, в какой момент масса льда начнет уменьшаться	1,5 балла
3	Уравнения теплового баланса	1 балл * 3 = 3 балла
4	Буквенные ответы (допустимы варианты, где t_0	0,5 балла * 3 = 1,5 балла

	считалось тождественным нулём)	
5	Численные ответы	1 балл * 3 = 3 балла

9.5. **Одинаково мощные**

К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

Решение.

Общее сопротивление первой цепи равно $R_1 + r$. Тогда сила тока в цепи равна $I_1 = \frac{U_0}{R_1+r}$.

Мощность, выделяющаяся на резисторе R_1, равна $P = I_1^2 R_1 = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$.

Аналогично, мощность на резисторе R_2 равна $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$.

Из условия равенства мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r} = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$ нетрудно вывести итоговые ответы:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \text{ и } P = \frac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}\right)^2}$$

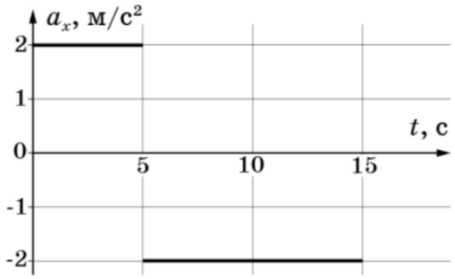
Критерии оценивания (10 баллов)

1	Общее сопротивление цепи равно сумме внутреннего сопротивления батарейки и сопротивления подключенного резистора	1 балл
2	Найден ток в одной из цепей (фактически, применен закон Ома для полной цепи)	2 балла
3	Продемонстрировано знание формул мощности электрического тока, например, $P = I_1^2 R_1$	1 балл
4	Итоговые выражения для мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$ и $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$	2 балла
5	$r = \sqrt{R_1 R_2}$	2 балла
6	$P = \frac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}\right)^2}$	2 балла

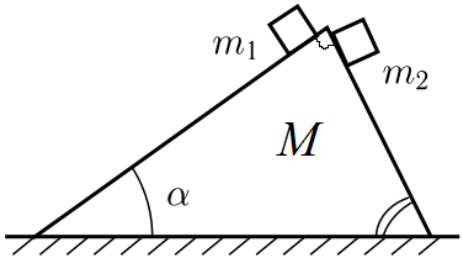
Муниципальный этап ВсОШ по физике 2026-2027

10 класс

10.1. Путь и перемещение. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси $0x$.



10.2. **Двое на клине.** Клин массой М, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?



10.3. Снежки. Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

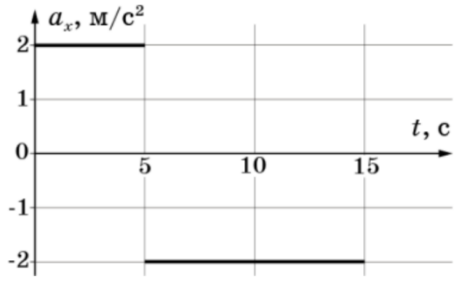
10.4. ФТЛ. На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

10.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

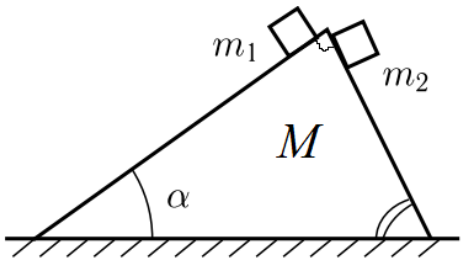
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

10 класс

10.1. Путь и перемещение. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси $0x$.



10.2. **Двое на клине.** Клин массой M, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?



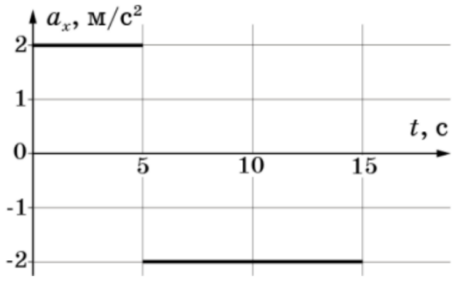
10.3. Снежки. Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

10.4. ФТЛ. На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

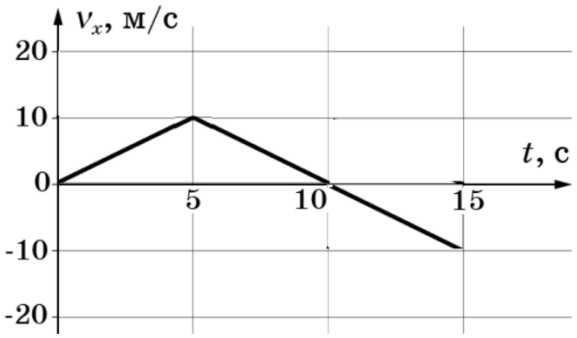
10.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

10.1. **Средняя скорость.** На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения частицы a_x от времени t. Начертите график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t, если ее начальная скорость была равна нулю. Определите путь и перемещение частицы за 15 с. Движение частицы происходит только вдоль оси *0x*.



Решение.

Изменение проекции скорости частицы за некоторое время $\Delta\tau$ равно произведению проекции ускорения на это время $\Delta v_x = a_x \Delta\tau$, что численно эквивалентно площади под графиком $a_x(t)$. С учетом этого начертим график зависимости проекции скорости частицы v_x от времени t (см.рис.).

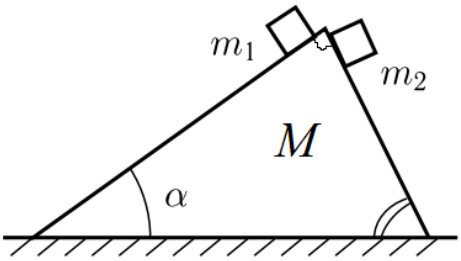


Изменение координаты Δx равно произведению проекции скорости v_x на время $\Delta\tau$: $\Delta x = v_x \Delta\tau$, то есть численно площади под графиком $v_x(t)$. Вначале частица сместилась вдоль оси x на $10 \cdot \frac{10}{2} = 50$ м, а потом против оси на $5 \cdot \frac{10}{2} = 25$ м. Путь равен суммарной длине траектории $50\text{ м} + 25\text{ м} = 75\text{ м}$, а перемещение равно модулю разности конечной и начальной координат $50\text{ м} - 25\text{ м} = 25\text{ м}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

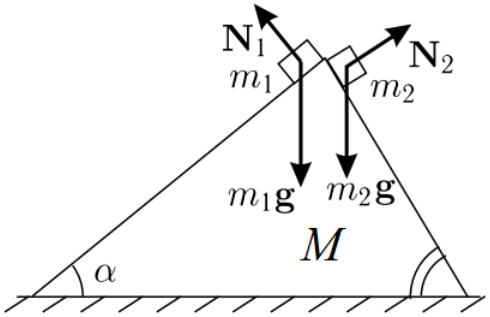
1	$\Delta v_x = a_x \Delta\tau$	1 балл
2	Построен график $v_x(t)$: *Оси подписаны* *Равномерная оцифровка* *Верный вид графика*	4 балла *1 балл* *1 балл* *2 балла*
3	$\Delta x = v_x \Delta\tau$	1 балл
4	Найден путь 75 м	2 балла
5	Найдено перемещение 25 м	2 балла

10.2. Двое на клине.



Клин массой М, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?

Решение.



Укажем силы, действующие на грузы (см.рис.), - силы тяжести и силы нормальной реакции.

Так как клин неподвижен, каждый из грузов движется вдоль соответствующей стороны клина с ускорениями $m_1a_1 = m_1g\ \sin\alpha \rightarrow a_1 = g\ \sin\alpha$ и $m_2a_2 = m_2g\ \cos\alpha \rightarrow a_2 = g\ \cos\alpha$.

Сумма сил, действующих на каждое из тел, вдоль оси, перпендикулярной ускорению будет равна нулю: $N_1 = m_1g\cos\alpha$ и $N_2 = m_2g\sin\alpha$.

Так как клин находится в равновесии, сумма сил, действующих на него, равна нулю, в частности, по горизонтальной оси. На клин, помимо его собственной силы тяжести Mg и общей силы реакции N_0 со стороны горизонтальной поверхности действуют силы реакции со стороны грузов (по 3 закону Ньютона, такие же, как на грузы по модулю, но противоположные по направлению). Тогда $N_1\sin\alpha = N_2\cos\alpha$, откуда $m_1 = m_2$ или $\frac{m_2}{m_1} = 1$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Указаны силы, действующие на грузы и на клин	1 балл
2	Записан второй закон Ньютона для обоих грузов на две оси	2 балла
3	Найдены ускорения $a_1 = g\sin\alpha$ и $a_2 = g\cos\alpha$	2 балла
4	Выражены силы реакции $N_1 = m_1g\cos\alpha$ и $N_2 = m_2g\sin\alpha$	2 балла
5	Условие равновесия клина $N_1\sin\alpha = N_2\cos\alpha$	2 балла

6	$\frac{m_2}{m_1} = 1$	1 балл

10.3. Снежки.

Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

Решение.

Уравнение движения снежков по оси $0y$ до удара: $y_1(t) = v_1 \sin\alpha_1\, t - \frac{gt^2}{2}$ и $y_2(t) = v_2 \sin\alpha_2\, t - \frac{gt^2}{2}$. Условие столкновения снежков $y_1(t) = y_2(t)$, откуда $v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$.

На центр масс двух снежков не действует никаких сил, кроме силы тяжести (в том числе во время столкновения снежков). Тогда искомое время $t_0 = \frac{2u_y}{g}$, где u_y – проекция начальной скорости центра масс снежков по оси $0y$. Скорость центра масс $u_y = \frac{mv_1 \sin\alpha_1 + mv_2 \sin\alpha_2}{2m} = v_1 \sin\alpha_1$. Тогда $t_0 = \frac{2v_1 \sin\alpha_1}{g}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Уравнения движения снежков $y_1(t) = v_1 \sin\alpha_1\, t - \frac{gt^2}{2}$ и $y_2(t) = v_2 \sin\alpha_2\, t - \frac{gt^2}{2}$	2 балла
2	Условие столкновения снежков $y_1(t) = y_2(t)$	1 балл
3	$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$	1 балл
4	Идея рассмотрения движения центра масс снежков	1 балл
5	$t_0 = \frac{2u_y}{g}$	1 балл
6	Найдена проекция скорости центра масс $u_y = \frac{mv_1 \sin\alpha_1 + mv_2 \sin\alpha_2}{2m} = v_1 \sin\alpha_1$	2 балла

7	$t_0 = \frac{2v_1 \sin \alpha_1}{g}$	2 балла

10.4. ФТЛ.

На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

Решение.

Заметим, что формула тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ обладает симметрией $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$. То есть если источник расположить на расстоянии f, то его изображение будет на расстоянии d, при этом расстояние между источником $d + f = f + d$ сохранится. Так что линзу необходимо переместить на расстояние $z = |f - d| = \left|\frac{Fd}{d-F} - d\right|$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Формула тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$	3 балла
2	Идея замены/симметрии $f \leftrightarrow d$ или честное решение квадратного уравнения	4 балла
3	$z = \|f - d\|$	1 балл
4	$z = \|f - d\| = \left\|\frac{Fd}{d - F} - d\right\|$	2 балла (без модуля – 1 балл)

10.5. Одинаково мощные

К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

Решение.

Общее сопротивление первой цепи равно $R_1 + r$. Тогда сила тока в цепи равна $I_1 = \frac{U_0}{R_1+r}$.

Мощность, выделяющаяся на резисторе R_1, равна $P = I_1^2 R_1 = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$.

Аналогично, мощность на резисторе R_2 равна $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$.

Из условия равенства мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r} = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$ нетрудно вывести итоговые ответы:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \text{ и } P = \frac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}\right)^2}$$

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Общее сопротивление цепи равно сумме внутреннего сопротивления батарейки и сопротивления подключенного резистора	1 балл
2	Найден ток в одной из цепей (фактически, применен закон Ома для полной цепи)	2 балла
3	Продемонстрировано знание формул мощности электрического тока, например, $P = I_1^2 R_1$	1 балл
4	Итоговые выражения для мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$ и $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$	2 балла
5	$r = \sqrt{R_1 R_2}$	2 балла
6	$P = \frac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}\right)^2}$	2 балла

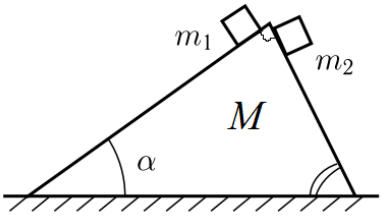
Муниципальный этап ВсОШ по физике 2026-2027

11 класс

11.1. Туда-сюда. Теплоизолированный цилиндрический сосуд с площадью поперечного сечения S заполнен гелием и закрыт сверху подвижным поршнем массой m на высоте h_0. Над поршнем вакуум.

1) На поршень кладут легкий стакан с песком массой m. На какой высоте h_1 установится поршень?
2) Из стакана маленькими порциями убирают песок. На какой высоте h_2 установится поршень, когда весь песок уберут?
3) Теперь в стакан маленькими порциями добавляют песок. На какой высоте h_3 установится поршень, когда в стакане опять окажется песок массой m?
4) Заполненный песком стакан убирают с поршня. На какую высоту h_4 вернется поршень?

Квазистатический адиабатический процесс идеального газа описывается уравнением адиабаты $PV^\gamma = const$, где $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ – отношение молярных теплоемкостей газа при постоянном давлении и объеме.



11.2. Двое на клине. Клин массой M, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?

11.3. Снежки. Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

11.4. ФТЛ. На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

11.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

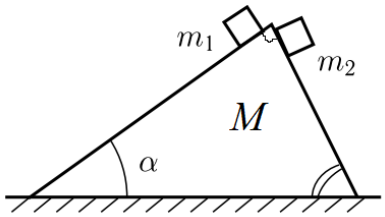
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады по физике в Архангельской области
2026-2027

11 класс

11.1. Туда-сюда. Теплоизолированный цилиндрический сосуд с площадью поперечного сечения S заполнен гелием и закрыт сверху подвижным поршнем массой m на высоте h_0. Над поршнем вакуум.

1) На поршень кладут легкий стакан с песком массой m. На какой высоте h_1 установится поршень?
2) Из стакана маленькими порциями убирают песок. На какой высоте h_2 установится поршень, когда весь песок уберут?
3) Теперь в стакан маленькими порциями добавляют песок. На какой высоте h_3 установится поршень, когда в стакане опять окажется песок массой m?
4) Заполненный песком стакан убирают с поршня. На какую высоту h_4 вернется поршень?

Квазистатический адиабатический процесс идеального газа описывается уравнением адиабаты $PV^\gamma = const$, где $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ – отношение молярных теплоемкостей газа при постоянном давлении и объеме.



11.2. Двое на клине. Клин массой М, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?

11.3. Снежки. Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

11.4. ФТЛ. На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

11.5. Одинаково мощные. К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

11.1. Туда-сюда.

Теплоизолированный цилиндрический сосуд с площадью поперечного сечения S заполнен гелием и закрыт сверху подвижным поршнем массой m на высоте h_0. Над поршнем вакуум.

1) На поршень кладут легкий стакан с песком массой m. На какой высоте h_1 установится поршень?
2) Из стакана маленькими порциями убирают песок. На какой высоте h_2 установится поршень, когда весь песок уберут?
3) Теперь в стакан маленькими порциями добавляют песок. На какой высоте h_3 установится поршень, когда в стакане опять окажется песок массой m?
4) Заполненный песком стакан убирают с поршня. На какую высоту h_4 вернется поршень?

Квазистатический адиабатический процесс идеального газа описывается уравнением адиабаты $PV^\gamma = const$, где $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ – отношение молярных теплоемкостей газа при постоянном давлении и объеме.

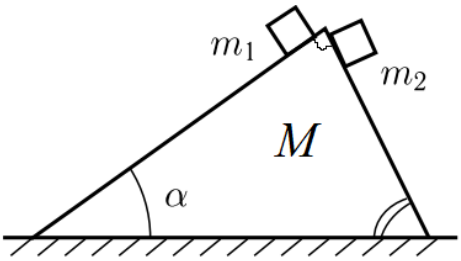
Решение. Запишем ЗСЭ для системы «газ+поршень+песок»: $2mgh_0 + \frac{3}{2}\frac{mg}{S}Sh_0 = 2mgh_1 + \frac{3}{2}\frac{2mg}{S}Sh_1$. Откуда $h_1 = \frac{7}{10}h_0$. Уравнение адиабаты здесь неприменимо, так как процесс неквазистатический.

Когда в стакан добавляют-убавляют песок маленькими порциями, «по песчинке», процесс можно считать квазистатическим. $\frac{2mg}{S}(h_1S)^\gamma = \frac{mg}{S}(h_2S)^\gamma = \frac{2mg}{S}(h_3S)^\gamma$. Из уравнения адиабаты получаем $h_2 = h_1 \cdot 2^{\frac{1}{\gamma}} = h_1 \cdot 2^{\frac{3}{5}} = 2^{\frac{3}{5}} \cdot \frac{7}{10}h_0$ и $h_3 = h_1 = \frac{7}{10}h_0$.

Рассмотрим процесс, когда с поршня резко убирают стакан. Запишем закон сохранения энергии для системы «газ+поршень»: $mgh_3 + \frac{3}{2}\frac{2mg}{S}Sh_3 = mgh_4 + \frac{3}{2}\frac{mg}{S}Sh_4$. Откуда $h_4 = \frac{8}{5}h_3 = \frac{28}{25}h_0$.

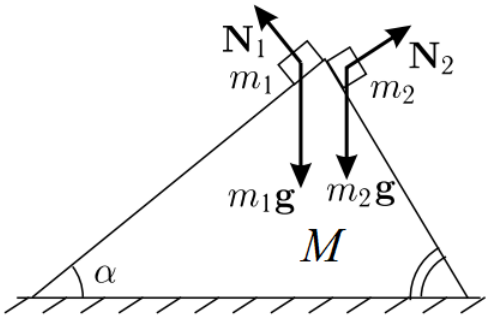
1	Продемонстрированы знания формул потенциальной энергии mgh, внутренней энергии газа $\frac{3}{2}PV$, давления $\frac{mg}{S}$. Вычислено $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 5/3$	0,5*4 = 2 балла
2	Верный ЗСЭ для первого пункта	2 балла
3	$h_1 = \frac{7}{10}h_0$	0,5 балла
4	Записано уравнение адиабаты для процессов из пунктов 2-3	2 балла
5	$h_2 = h_1 \cdot 2^{\frac{1}{\gamma}} = h_1 \cdot 2^{\frac{3}{5}} = 2^{\frac{3}{5}} \cdot \frac{7}{10}h_0$ (в любой форме)	0,5 балла
6	$h_3 = h_1 = \frac{7}{10}h_0$ (в любой форме)	0,5 балла
7	Верный ЗСЭ для 4 пункта	2 балла
8	$h_4 = \frac{8}{5}h_3 = \frac{28}{25}h_0$ (в любой форме)	0,5 балла

11.2. Двое на клине.



Клин массой М, сечение которого представляет собой прямоугольный треугольник с острым углом α, находится на гладком горизонтальном столе. С вершины клина одновременно начинают соскальзывать без трения два небольших тела. При каком отношении их масс m_2/m_1 клин будет находиться в равновесии во время их общего движения? Чему будут равны в этом случае ускорения грузов?

Решение.



Укажем силы, действующие на грузы (см.рис.), - силы тяжести и силы нормальной реакции.

Так как клин неподвижен, каждый из грузов движется вдоль соответствующей стороны клина с ускорениями $m_1a_1 = m_1g\ \sin\alpha \rightarrow a_1 = g\ \sin\alpha$ и $m_2a_2 = m_2g\ \cos\alpha \rightarrow a_2 = g\ \cos\alpha$.

Сумма сил, действующих на каждое из тел, вдоль оси, перпендикулярной ускорению будет равна нулю: $N_1 = m_1g\cos\alpha$ и $N_2 = m_2g\sin\alpha$.

Так как клин находится в равновесии, сумма сил, действующих на него, равна нулю, в частности, по горизонтальной оси. На клин, помимо его собственной силы тяжести Mg и общей силы реакции N_0 со стороны горизонтальной поверхности действуют силы реакции со стороны грузов (по 3 закону Ньютона, такие же, как на грузы по модулю, но противоположные по направлению). Тогда $N_1\sin\alpha = N_2\cos\alpha$, откуда $m_1 = m_2$ или $\frac{m_2}{m_1} = 1$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Указаны силы, действующие на грузы и на клин	1 балл

2	Записан второй закон Ньютона для обоих грузов на две оси	2 балла
3	Найдены ускорения $a_1 = g\sin\alpha$ и $a_2 = g\cos\alpha$	2 балла
4	Выражены силы реакции $N_1 = m_1 g\cos\alpha$ и $N_2 = m_2 g\sin\alpha$	2 балла
5	Условие равновесия клина $N_1\sin\alpha = N_2\cos\alpha$	2 балла
6	$\frac{m_2}{m_1} = 1$	1 балл

11.3. Снежки.

Петя и Вася, находясь на некотором расстоянии друг от друга, одновременно бросили с поверхности земли снежки. Петин снежок был запущен со скоростью v_1 под углом α_1 к горизонту. Вася же бросил свой снежок навстречу Петиному под углом α_2. Массы снежков равны. Ускорение свободного падения g.

1) Определите начальную скорость v_2 снежка Пети, если снежки абсолютно неупруго столкнулись в воздухе.
2) Через какое время t_0 после одновременного броска снежков на землю упадет один слипшийся снежок?

Решение.

Уравнение движения снежков по оси $0y$ до удара: $y_1(t) = v_1\sin\alpha_1\, t - \frac{gt^2}{2}$ и $y_2(t) = v_2\sin\alpha_2\, t - \frac{gt^2}{2}$. Условие столкновения снежков $y_1(t) = y_2(t)$, откуда $v_2 = v_1\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$.

На центр масс двух снежков не действует никаких сил, кроме силы тяжести (в том числе во время столкновения снежков). Тогда искомое время $t_0 = \frac{2u_y}{g}$, где u_y – проекция начальной скорости центра масс снежков по оси $0y$. Скорость центра масс $u_y = \frac{mv_1\sin\alpha_1 + mv_2\sin\alpha_2}{2m} = v_1\sin\alpha_1$. Тогда $t_0 = \frac{2v_1\sin\alpha_1}{g}$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Уравнения движения снежков $y_1(t) = v_1\sin\alpha_1\, t - \frac{gt^2}{2}$ и $y_2(t) = v_2\sin\alpha_2\, t - \frac{gt^2}{2}$	2 балла
2	Условие столкновения снежков $y_1(t) = y_2(t)$	1 балл
3	$v_2 = v_1\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$	1 балл

4	Идея рассмотрения движения центра масс снежков	1 балл
5	$t_0 = \frac{2u_y}{g}$	1 балл
6	Найдена проекция скорости центра масс $u_y = \frac{mv_1 \sin\alpha_1 + mv_2 \sin\alpha_2}{2m} = v_1 \sin\alpha_1$	2 балла
7	$t_0 = \frac{2v_1 \sin\alpha_1}{g}$	2 балла

11.4. ФТЛ.

На расстоянии d от плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F находится точечный источник света. На экране удалось поймать четкое изображение этого источника. Не перемещая экран и источник, линзу передвигают на некоторое расстояние так, что на экране опять получается четкое изображение источника. На какое расстояние z передвинули линзу?

Решение.

Заметим, что формула тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ обладает симметрией $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$. То есть если источник расположить на расстоянии f, то его изображение будет на расстоянии d, при этом расстояние между источником $d + f = f + d$ сохранится. Так что линзу необходимо переместить на расстояние $z = |f - d| = \left|\frac{Fd}{d-F} - d\right|$.

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Формула тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$	3 балла
2	Идея замены/симметрии $f \leftrightarrow d$ или честное решение квадратного уравнения	4 балла
3	$z = \|f - d\|$	1 балл
4	$z = \|f - d\| = \left\|\frac{Fd}{d-F} - d\right\|$	2 балла (без модуля – 1 балл)

11.5. Одинаково мощные

К одной батарейке подключили резистор сопротивлением R_1, а к другой такой же батарейке – резистор сопротивлением R_2. Оказалось, что на обоих резисторах выделяется одна и та же мощность P. Чему равны напряжение U_0 и внутреннее сопротивление r батареек?

Решение.

Общее сопротивление первой цепи равно $R_1 + r$. Тогда сила тока в цепи равна $I_1 = \frac{U_0}{R_1+r}$.

Мощность, выделяющаяся на резисторе R_1, равна $P = I_1^2 R_1 = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$.

Аналогично, мощность на резисторе R_2 равна $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$.

Из условия равенства мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r} = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$ нетрудно вывести итоговые ответы:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \text{ и } P = \frac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2}\right)^2}$$

Критерии оценивания (10 баллов)

1	Общее сопротивление цепи равно сумме внутреннего сопротивления батарейки и сопротивления подключенного резистора	1 балл
2	Найден ток в одной из цепей (фактически, применен закон Ома для полной цепи)	2 балла
3	Продемонстрировано знание формул мощности электрического тока, например, $P = I_1^2 R_1$	1 балл
4	Итоговые выражения для мощностей $P = \frac{U_0^2 R_1}{R_1+r}$ и $P = \frac{U_0^2 R_2}{R_2+r}$	2 балла

5	$r = \sqrt{R_1 R_2}$	2 балла
6	$P = \dfrac{U_0^2}{\left(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}\right)^2}$	2 балла