

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2025-2026 года.
Муниципальный этап. 9 класс.
Время выполнения 230 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов.
Поясняйте свой ответ. Желаем успехов!

Задача 1. Два тела движутся равномерно вдоль одной прямой. Если тела движутся навстречу друг другу, то расстояние между ними уменьшается на 16 метров за каждые 10 секунд. Если эти тела с такими же по модулю скоростями движутся в одном направлении, то расстояние между ними увеличивается на 3 метра за каждые 5 секунд. Определите числовое значение скорости каждого тела относительно неподвижной системы отсчёта.

Решение.

Выбор направления координатной оси не влияет на числовое значение ответа задачи т. к. по условию задачи требуется определить модуль скорости первого и второго тела. Решение задачи основано на законе сложения скоростей и уравнениях кинематических величин при равномерном движении. При движении тел навстречу друг другу уменьшающееся расстояние l_1 равно сумме путей, пройденных телами за время t_1 :

$$l_1 = vt_1 + ut_1 = t_1(v + u) \text{ или } v + u = \frac{l_1}{t_1}.$$

Поскольку во втором случае расстояние между телами l_2 увеличивается, то одно из тел имеет большую скорость, и поэтому можно записать:

$$l_2 = vt_2 - ut_2 = t_2(v - u) \text{ или } v - u = \frac{l_2}{t_2}.$$

Сложив правые и левые части полученных уравнений, получим: $2v = \frac{l_1}{t_1} + \frac{l_2}{t_2}$; и после подстановки числовых значений получим: $v = 1,1 \text{ м/с}$.

Вычитая правые и левые части полученных уравнений, тогда имеем: $2u = \frac{l_1}{t_1} - \frac{l_2}{t_2}$; и после подстановки числовых значений получаем, что: $u = 0,5 \text{ м/с}$.

№	Критерии	Баллы
1	Записано выражение для расстояния между телами при их движении навстречу друг другу	3
2	Записано выражение для расстояния между телами при их движении в одном направлении	3
3	Приведены безошибочные вычисления	2
4	Получен правильный ответ	2

Ответ: 1,1 и 0,5 м/с.

Задача 2.

Экспериментатор Глюк, исследуя свойства жидкостей, взял пустой теплоизолированный калориметр ёмкостью 100 см^3 и налил туда 98 см^3 горячего керосина. Затем он взял кусок льда при температуре 0°C и аккуратно, но быстро поместил его в калориметр. Дождавшись наступления теплового равновесия, Глюк обнаружил, что весь лёд растаял, температура керосина опустилась до 0°C , а суммарный объём содержимого калориметра снова стал равен 98 см^3 . Чему же была равна начальная температура керосина, взятого Глюком? Удельная теплоёмкость керосина равна $2100 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, удельная теплота плавления льда — 330 кДж/кг . Плотности воды, льда и керосина, соответственно, равны 1000 кг/м^3 , 900 кг/м^3 и 800 кг/м^3 . Теплоёмкостью калориметра и тепловым расширением керосина пренебречь.

Решение.

Превращаясь в воду, лёд уменьшает свой объём на 10%. Это значит, что для удовлетворения условию задачи, Глюк должен положить в калориметр такой кусочек льда, чтобы часть керосина вылилась из сосуда. Пусть V — объём льда ($V > 2 \text{ см}^3$). Тогда объём оставшегося в калориметре керосина будет равен $(100 \text{ см}^3 - V)$.

При таянии льда его объём станет $\rho_{\text{л}}V / \rho_{\text{в}} = 0,9V$, а общий объём содержимого уменьшится до 98 см^3 , поэтому получаем, что:

$$100 \text{ см}^3 - V + 0,9V = 98 \text{ см}^3 \Rightarrow 0,1V = 2 \text{ см}^3 \Rightarrow V = 20 \text{ см}^3.$$

Пусть t — начальная температура керосина. Запишем уравнение теплового баланса для содержимого калориметра:

$$c_k \rho_k \cdot 80 \text{ см}^3 (t - 0^\circ \text{C}) = \lambda \rho_l \cdot 20 \text{ см}^3.$$

Таким образом получаем:

$$t = \frac{\lambda \rho_l \cdot 20 \text{ см}^3}{c_k \rho_k \cdot 80 \text{ см}^3} = \frac{330000 \text{ Дж/кг} \cdot 900 \text{ кг/м}^3}{2100 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ \text{C}) \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 4} \approx 44,2^\circ \text{C}.$$

№	Критерии	Баллы
1	Идея о том, что при погружении льда часть керосина выливается	2
2	Записана формула для объёма керосина ($100 \text{ см}^3 - V$)	1
3	Найдено, что объём льда равен 20 см^3	2
4	Правильно записано уравнение теплового баланса	3
5	Найдена начальная температура керосина $t \approx 44,2^\circ \text{C}$	2

Ответ: $44,2^\circ \text{C}$.

Указание проверяющим:

Уравнении теплового баланса (п. 4) должно включать правильные значения объёма/массы керосина и льда, иначе баллы за этот пункт не ставятся.

Задача 3.

Вода в цилиндрическом сосуде сечением 225 см^2 разделена на два слоя. Верхний слой пресной воды имеет толщину 5 см . Плотность пресной воды 1 г/см^3 , нижний слой воды толщиной 10 см солёный. Плотность солёной воды $1,2 \text{ г/см}^3$. В сосуд опускают куб с ребром 10 см . Плотность вещества куба равна плотности пресной воды. Определите высоту выступающей из воды части куба при его плавании.

Решение.

Обозначим: S — площадь сечения сосуда, h — толщина слоя пресной воды, a — длина ребра куба, ρ_1 — плотность пресной воды, ρ_2 — плотность солёной воды, x — искомая величина.

Так как $a > h$, то новая толщина слоя пресной воды при плавании куба определяется формулой:

$$h' = h \cdot \frac{S}{S - a^2}.$$

Из уравнения силы Архимеда $F_A = \rho_0 mg / \rho$ и условия равновесия куба при плавании получаем, что:

$$\rho_1 h \cdot \frac{S}{S - a^2} \cdot a^2 + \rho_2 (a - x - h \cdot \frac{S}{S - a^2}) \cdot a^2 = \rho_1 a^3$$

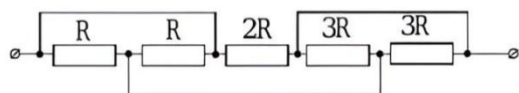
Находим высоту выступающей части куба:

$$x = (a - h \cdot \frac{S}{S - a^2}) \cdot \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = 1,67 \text{ мм}$$

№	Критерии	Баллы
1	Записано выражение для новой толщины слоя пресной воды	2
2	Записано правильное выражение для силы Архимеда	4
3	Записано условие равновесия кубика при плавании	2
4	Проведены безошибочные вычисления	1
5	Получен правильный ответ	1

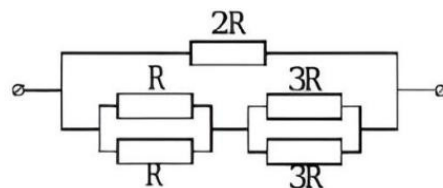
Ответ: $1,67 \text{ мм}$.

Задача 4. Найти сопротивление цепи. Сопротивления резисторов указаны на рисунке.



Решение.

Сделаем эквивалентную цепь с помощью деформации проводов:



Параллельно включенные резисторы дают сопротивления соответственно $R/2$ и $3R/2$. Поскольку они включены в цепь последовательно, то они дают сопротивление равное $2R$. Параллельно включенные резисторы $2R$ и $2R$ дают сопротивление R .

Тогда, получим, что $R_{\text{общ}} = R$.

№	Критерии	Баллы
1	Получена эквивалентная цепь	5
2	Найдены сопротивления участков схемы с резисторами R и $3R$	2
3	Рассчитаны сопротивления при последовательном и параллельном соединении резисторов	2
4	Получен правильный результат	1

Ответ: R .

Задача 5. Псевдоэксперимент

Экспериментатор Глюк решил повторить опыты Галилео Галилея и экспериментально исследовать зависимость скорости тележки от времени и описать прямолинейное движение этого тела. Он спускал тележку с наклонной плоскости и при помощи датчика времени фиксировал изменение скорости с течением времени. По данным эксперимента он построил график проекции скорости $v_x(t)$.

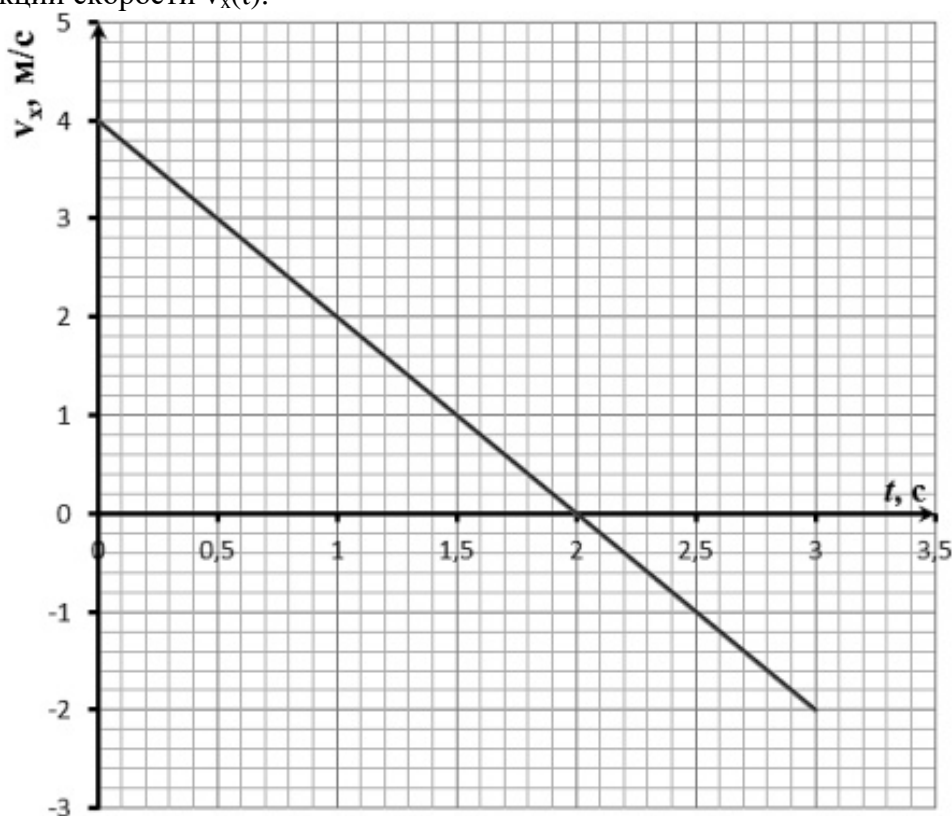


Рис.1. График зависимости скорости тела от времени

По графику проекции скорости запишите:

1) уравнение координаты (начальную координату считать равной -6);

- 2) уравнение проекции скорости;
- 3) уравнение проекции перемещения;
- 4) постройте график зависимости перемещения от времени $s_x(t)$;
- 5) постройте график зависимости пути от времени $l(t)$.

Оборудование: лист миллиметровой бумаги формата А5.

Примечание: решение без графической обработки данных оценивается в 0 баллов.

Решение.

1) Из графика $v_x(t)$ найдем начальную скорость $v_0 = 4$ м/с, а ускорение будет равно:

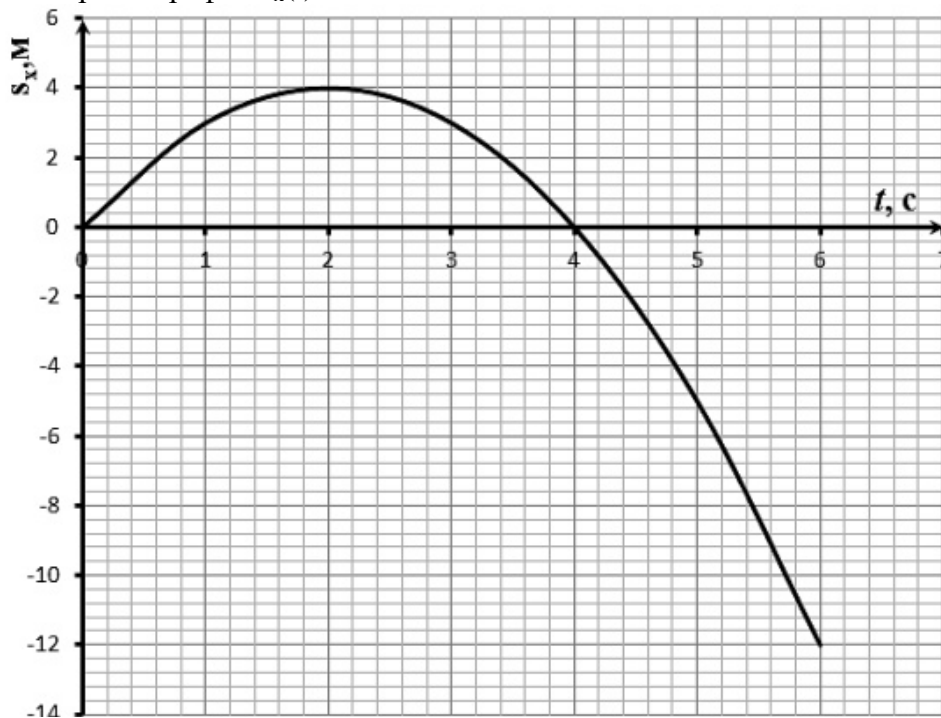
$$a = \Delta v / \Delta t = (0 - 4) / (2 - 0) = -2 \text{ м/с}^2.$$

Из общего уравнения $x = x_0 + v_0 t + at^2/2$ и получаем уравнение движения равное: $x = -6 + 4t - t^2$.

2) Из уравнения скорости $v = v_0 + at$ имеем: $v = 4 - 2t$.

3) Из уравнения пути $s = v_0 t + at^2/2$ имеем: $s = 4t - t^2$.

4) Построим график $s_x(t)$.



5) Для построения графика $l(t)$ воспользуемся построенным графиком $s_x(t)$. При движении в сторону, противоположную оси ОХ (когда $s_x < 0$), путь положителен, причем $l = |s_x|$, т.е. зависимость $l(t)$ неубывающая. Чтобы получить график $l(t)$ из графика $s_x(t)$, нужно симметрично отразить отрезок графика при $t > 4$ с вверх.



№	Критерии	Баллы
1	Получено уравнение координаты	2
2	Получено уравнение проекции скорости	1
3	Получено уравнение проекции перемещения	1
4	Построен график зависимости перемещения от времени $s_x(t)$	3
5	Построен график зависимости пути от времени $l(t)$	3
6	Определена точка $U = 1,6$ В, которая может соответствовать как резистору, так и нелинейному элементу	1

Перечисленные ниже критерии касаются не существа графика, а его оформления. При этом если график является неверным по существу, график не оценивается.

№	Критерии	Баллы	Пояснения
1	Размер графика	0,5	График должен занимать не менее 70–80 % от предложенного формата миллиметровой бумаги
2	Расположение и ориентация осей графика	0,5	По оси абсцисс откладывается независимая величина, по оси ординат – зависимая
3	Подписывание осей графика	0,5	Около осей должны быть указаны откладываемые величины, единицы их измерения и (при необходимости) десятичный множитель
4	Оцифровка осей графика	0,5	Штрихи на осях должны наноситься через равные интервалы и попадать на основные линии миллиметровой бумаги. При оцифровке штрихов следует использовать натуральные числа и числа, кратные 2, 5. Интервал между числами 2–4 см
5	Точки графика	0,5	Должны соответствовать таблице и оставаться видимыми на фоне линии. При необходимости наносятся с учётом

			погрешности измерения
6	Линия графика	0,5	Плавная кривая. На графиках должны быть проведены «усредняющие» линии. Вместо «усредняющих» линий не допускается проведение ломаных, последовательно соединяющих экспериментальные точки. Линейный участок графика должен строиться по линейке