

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2024/25 учебный год
Решение
9 класс

Задача 1.

Витя Перестукин из страны невыученных уроков капает из пипетки капли воды в алюминиевый калориметр массой 30 г. Сколько минимальное количество капель воды ему нужно сбросить с высоты 5 м, чтобы термометр, точность которого 0.01 градус, зафиксировал изменение температуры, при условии, что объем одной капли 0.05 см^3 ? Трением пренебречь. Удельная теплоемкость алюминия $0.92 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{С}$, удельная теплоемкость воды $4.2 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{С}$, плотность вещества капли 1 г/см^3 , ускорение свободного падения принять за 10 м/с^2 .

Решение:

При падении капли ее потенциальная энергия переходит в кинетическую, которая после удара идет на нагревание калориметра и капли:

$$mgh = cM\Delta t + c_1 m \Delta t, \quad (1)$$

где m — масса капли, M — масса калориметра, c — удельная теплоемкость калориметра, c_1 — удельная теплоемкость воды.

Масса капли:

$$m = \rho V_{\text{кап}}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1) получим:

$$\rho V_{\text{кап}} gh = cM\Delta t + c_1 \rho V_{\text{кап}} \Delta t$$

Выразим объем:

$$V_{\text{кап}} = \frac{cM\Delta t}{\rho gh - c_1 \rho \Delta t} \quad (3)$$

Число капель:

$$N = \frac{V_{\text{кап}}}{V_0}, \quad (4)$$

где V_0 — объем одной капли.

Подставив (3) в (4) получим:

$$N = \frac{cM\Delta t}{V_0\rho(gh - c_1\Delta t)} \quad (5)$$

Для того чтобы термометр зафиксировал изменение температуры, нужно, чтобы оно было хотя бы 0.01 градус, следовательно $\Delta t = 0.01$.

$$N = \frac{920 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 0.01}{0.05 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot (10 \cdot 5 - 4200 \cdot 0.01)} = 690$$

Ответ: 690

Критерии оценки (10 баллов):

Получено выражение (1)	2
Получено выражение (3)	2
Получено выражение (5)	2
Определено изменение температуры 0.01 °C	2
Правильно получен числовой ответ	2

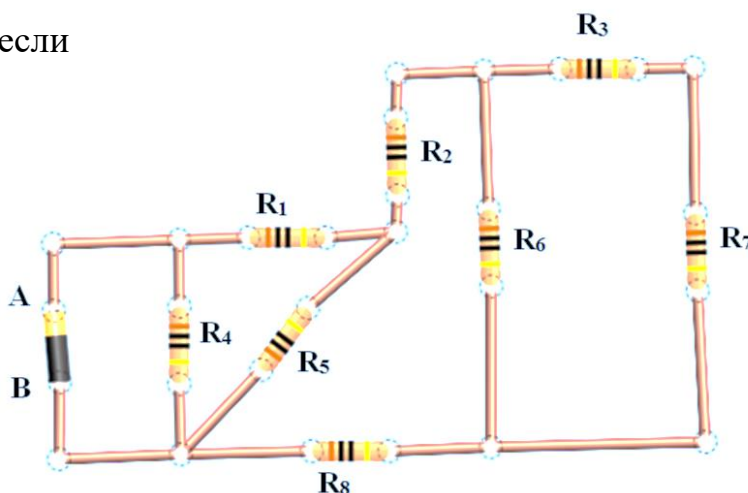
Задача 2.

Витя Перестукин и его кот Кузя взяли восемь резисторов и соединили их в цепь как показано на рисунке. Помогите им найти сопротивление участка цепи между точками А и В, если

$$R_1 = R_5 = R_8 = 12 \text{ Ом}$$

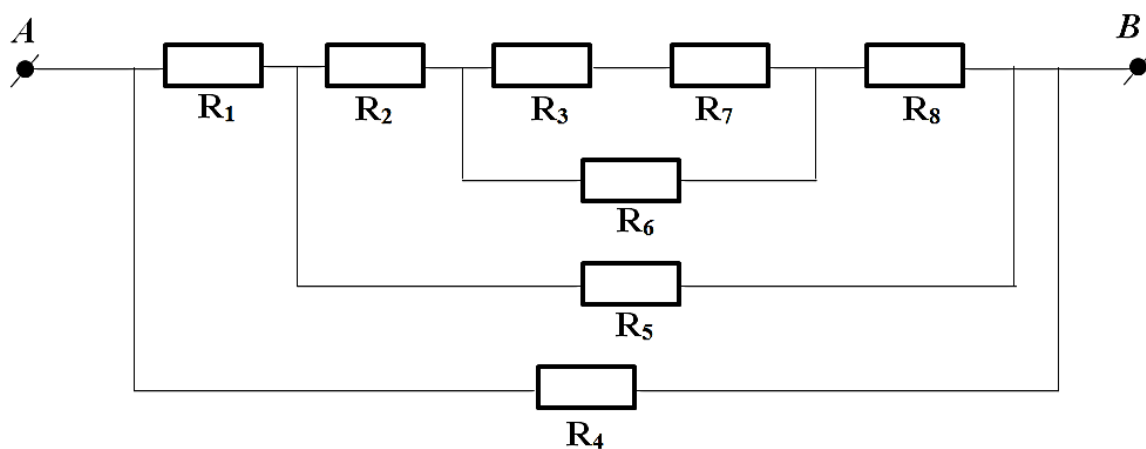
$$R_2 = R_6 = R_7 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ом}, R_4 = 24 \text{ Ом}$$



Решение:

Начертим эквивалентную схему:



Используя формулы для последовательно и параллельного соединения получим:

$$R_{37} = 6 + 6 = 12 \text{ Ом} \quad (1)$$

$$R_{376} = R_I = (12 \cdot 6) / (12 + 6) = 4 \text{ Ом} \quad (2)$$

$$R_{2I8} = 6 + 4 + 12 = 22 \text{ Ом} \quad (3)$$

$$R_{2I85} = R_{II} = (22 \cdot 12) / (22 + 12) = 7.76 \text{ Ом} \quad (4)$$

$$R_{III} = 12 + 7.76 = 19.76 \text{ Ом} \quad (5)$$

$$R_{III4} = (19.76 \cdot 24) / (19.76 + 24) = 10.8 \text{ Ом} \quad (6)$$

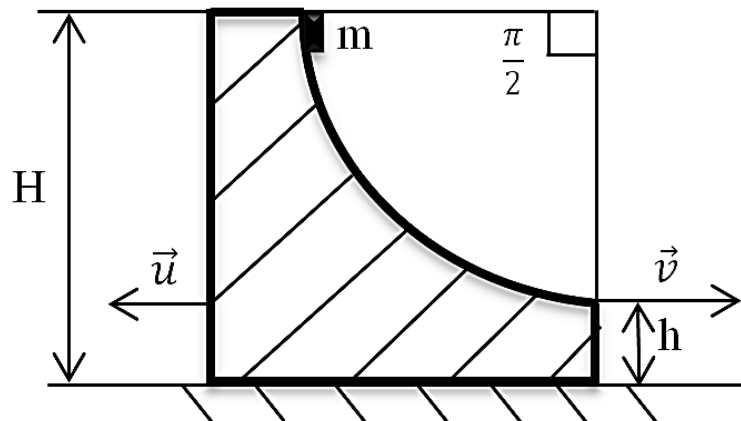
Ответ: 10.8 Ом

Критерии оценки (10 баллов):

Построена эквивалентная схема цепи	2
Получено выражение (1)	1
Получено выражение (2)	2
Получено выражение (3)	1
Получено выражение (4)	1
Получено выражение (5)	1
Получено выражение (6)	2

Задача 3.

Гладкая горка с внутренней сферической поверхностью находится на горизонтальном столе. На горку Витя положил и отпустил без толчка ластик. Отношение масс $m/M = 0.5$. Указанные на рисунке размеры: $H = 1.5$ м, $h = 0.5$ м. Определите расстояние от ластика до горки в момент падения ластика на стол. Трения не учитывать.



Решение:

Запишем закон сохранения энергии:

$$mg(H - h) = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} \quad (1)$$

Запишем закон сохранения импульса:

$$Mu = mv \quad (2)$$

Обозначим:

$$\Delta H = H - h$$

$$\frac{m}{M} = \frac{u}{v} = k \quad (3)$$

Выразим из (1) с учетом (3) скорость ластика

$$v = \sqrt{\frac{2g\Delta H}{1+k}} \quad (4)$$

Выразим из (1) с учетом (3) скорость горки

$$u = k \sqrt{\frac{2g\Delta H}{1+k}} \quad (5)$$

Расстояние от ластика до горки в момент падения ластика на стол:

$$\Delta s = (\vec{v} - \vec{u})t \quad (6)$$

Где время:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (7)$$

Подставив (4), (5), (7) в (6) получим:

$$\Delta s = 2 \sqrt{\frac{h(H-k)(1-k)}{1+k}} \quad (8)$$

$$\Delta s = 2 \sqrt{\frac{0.5 \cdot 0.25}{1.5}} \approx 0.165 \text{ (м)}$$

Ответ: 0.165 м

Критерии оценки (10 баллов):

Записан закон сохранения энергии (1)	1
Записан закон сохранения импульса (2)	1
Получено выражение (4)	2
Получено выражение (5)	2
Получено выражение (8)	2
Правильно получен числовой ответ (6)	2

Задача 4.

Витя Перестукин вморозил в кусочек льда плотностью 900 кг/м^3 и объемом 350 см^3 латунный шарик, плотность которого 8700 кг/м^3 , а объем в четыре раза меньше объема льда. Смекнув, что если он поместит в высокую емкость с водой плотностью 1000 кг/м^3 и площадью основания сосуда 50 см^2 , кусок льда с шариком, после того как весь лед растает, вода из него не

выльется, поскольку объем воды в сосуде гораздо больше объема льда. Помогите рассчитать Вите, как изменится уровень воды в сосуде после того, как лед растает?

Решение:

Кусок льда с замороженным медным шариком будет находиться на дне сосуда.

Найдем конечный объем, когда весь лед растает:

$$V_1 = \frac{V}{4} + \frac{\rho_{\text{л}} \frac{3}{4} V}{\rho_{\text{в}}} \quad (1)$$

Объем воды в сосуде после того, как лед растает, изменится на

$$\Delta V = V_1 - V = \Delta h \cdot S = \frac{V}{4} + \frac{3V}{4} \cdot \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} - V = \frac{3V}{4} \left(\frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} - 1 \right) \quad (2)$$

Выразим из (2) уровень воды Δh в сосуде после того, как лед растает

$$\Delta h = \frac{3V}{4S} \left(\frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} - 1 \right) \quad (3)$$

$$\Delta h = \frac{3 \cdot 350}{4 \cdot 50} (0.9 - 1) = -0.525 \text{ (см)}$$

Уровень воды понизится

Ответ: уровень воды понизится на 0.525 см.

Критерии оценки (10 баллов):

Определено, что кусок льда с замороженным медным шариком будет на дне сосуда	1
Получено выражение (1)	2
Получено выражение (2)	2
Получено выражение (3)	2
Правильно получен числовой ответ	2
Определено, что уровень воды понизится	1

Задача 5.

Витя Перестукин застрял в лабиринте забытых домашних заданий. Чтобы вернуться домой, ему нужно экспериментально исследовать зависимость скорости тележки от времени и описать прямолинейное движение этого тела. Мальчик спускал тележку с наклонной плоскости и при помощи датчика времени фиксировал изменение скорости с течением времени. По данным эксперимента он построил график $v_x(t)$.

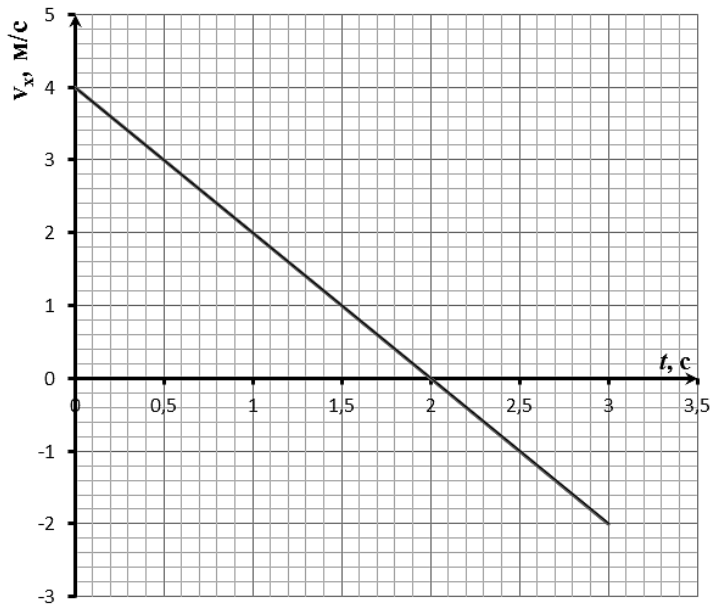


Рис.1. График зависимости скорости тела от времени

Помогите Вите решить задачу дальше и вернуться домой.

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 $l(t)$.

Решение:

Из графика $v_x(t)$ начальная скорость $v_0 = 4$ м/с,

$$a = \Delta v / \Delta t$$

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

$$1) \quad x = x_0 + v_0 t + at^2/2$$

$$\underline{x = -6 + 4t - t^2}$$

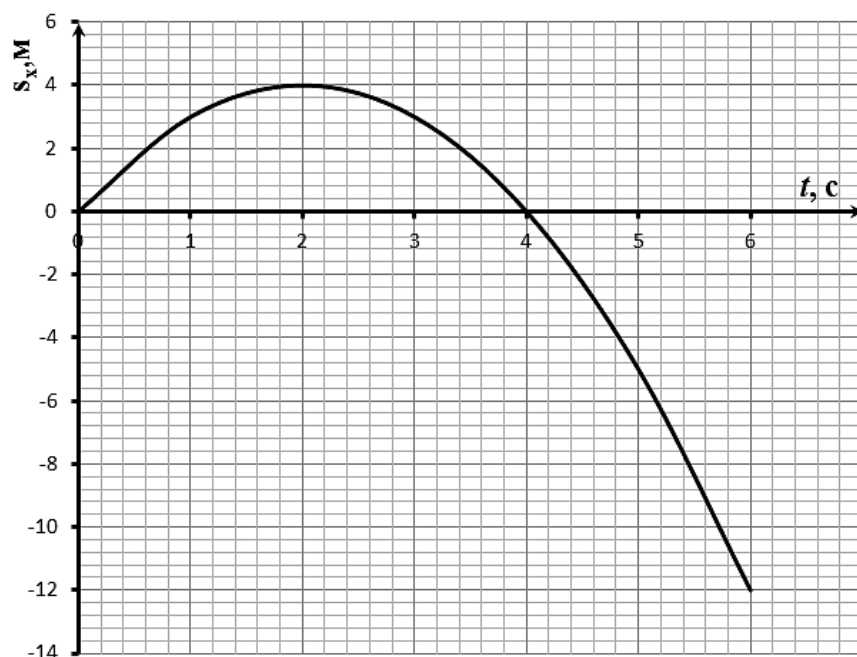
$$2) \quad v = v_0 + at$$

$$\underline{v = 4 - 2t}$$

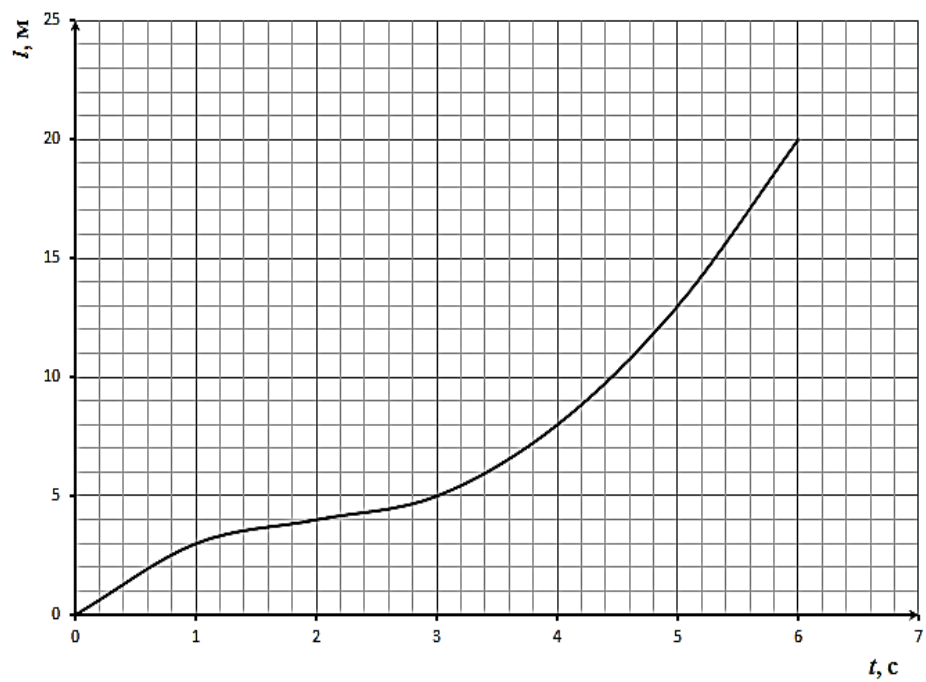
$$3) \quad s = v_0 t + at^2/2$$

$$\underline{s = 4t - t^2}$$

4)



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 оценки (10 баллов):

Получено уравнение координаты	2
Получено уравнение проекции скорости	1
Получено уравнение проекции перемещения	1
Построен график зависимости перемещения от времени $s_x(t)$	3
Построен график зависимости пути от времени $l(t)$	3