

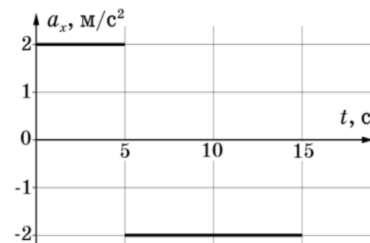
Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап

10-й класс

Время выполнения – 3 астрономических часа 50 минут.

Максимум – 50 баллов.

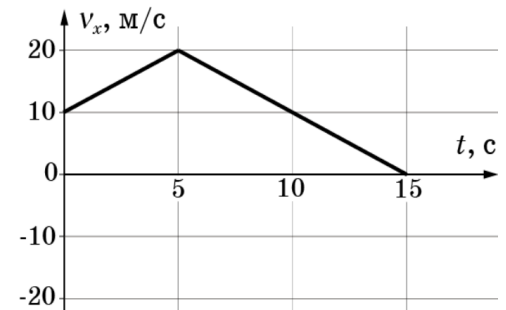
1. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения a_x от времени t для частицы с момента начала наблюдения до момента её остановки. Определите максимальную скорость v_{\max} частицы и путь s , пройденный ей за 15 с.



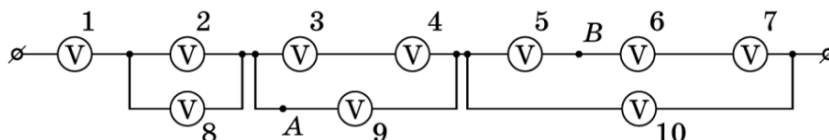
Возможное решение

В момент $t = 15$ с. частица должна остановиться. К этому моменту её скорость изменится на

$\Delta v = 2 * 5 - 2 * (15 - 5) = -10$ м/с (величина Δv пропорциональна площади под графиком $a(t)$). Значит, начальная скорость $v_0 = 10$ м/с. Теперь можно построить полноценный график $v(t)$. Максимальная скорость частицы будет в момент $t = 5$ с. : $v_{\max} = 20$ м/с. Путь, пройденный частицей, соответствует площади под графиком $v(t)$: $s=175$ м.



2. Электрическая цепь составлена из 10 одинаковых вольтметров. Показания вольтметра № 1 равны $U_1 = 12$ В. Определите показания остальных вольтметров и напряжение между точками A и B .



Возможное решение

1. Показания вольтметра U определяются силой тока I , текущего через него: $U = IR$, где R – сопротивление вольтметра.

2. При параллельном соединении приборов сила тока делится в отношении, обратном сопротивлениям участков, поэтому

$$I_2 = I_8 = I_1 / 2;$$

$$I_3 = I_4 = I_9 / 2 = I_1 / 3;$$

$$I_5 = I_6 = I_7 = I_{10} / 3 = I_1 / 4.$$

3. Из п.1 и 2 получаем (см. табл.)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U , В	12	6	4	4	3	3	3	6	8	9

4. Напряжение между точками A и B цепи равно $U_{AB} = U_9 + U_5 = 11$ В.

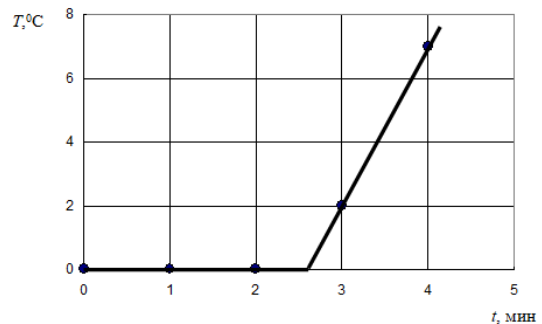
Примечание: общее напряжение в цепи $U_0 = U_1 + U_8 + U_9 + U_{10} = 35$ В.

3. В калориметре плавает в воде кусок льда. В калориметр опускают нагреватель постоянной мощности $N = 50$ Вт и начинают ежеминутно измерять температуру воды. В течение первой и второй минут температура воды не изменяется, к концу третьей минуты

увеличивается на $\Delta T_1 = 2^\circ\text{C}$, а к концу четвёртой минуты ещё на $\Delta T_2 = 5^\circ\text{C}$. Сколько граммов воды и сколько граммов льда было изначально в калориметре? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Возможное решение

Построим график зависимости температуры воды в калориметре T от времени t . Известно, что он должен состоять из горизонтального (плавление льда) и наклонного (нагрев образовавшейся воды) участков. Имеющиеся данные позволяют однозначно восстановить зависимость температуры от времени, которое будем отсчитывать от момента включения нагревателя (см. рис.).



Из графика можно найти, сколько времени продолжалось таяние льда. Действительно, зависимость температуры воды от времени после того, как весь лёд растаял, даётся формулой $T = at + b$.

Мы знаем, что при $t = 3 \text{ мин.}$ $T = 2^\circ\text{C}$, а при $t = 4 \text{ мин.}$ $T = 7^\circ\text{C}$.

Отсюда $2 = 3a + b$, $7 = 4a + b$.

Решая полученную систему, находим $a = 5$, $b = -13$ и $T = 5t - 13$.

Время таяния льда t_1 определяется по точке пересечения этой наклонной прямой с прямой $T = 0$. Отсюда $t_1 = 13/5 = 2,6 \text{ мин} = 156 \text{ с}$.

Из уравнения теплового баланса найдём начальную массу льда: $m = N t_1 / \lambda \approx 23,6 \text{ г}$.

После того, как лёд растает, вся получившаяся вода массой $(m + M)$, где M - масса воды, изначально бывшей в калориметре, нагревается на $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ за $t_2 = 1 \text{ мин.} = 60 \text{ с}$. Значит, $c(m + M)\Delta T = N t_2$ и начальная масса воды $M = N t_2 / c\Delta T - m \approx 119 \text{ г}$.

4. При рытье колодца глубиной $h = 15 \text{ м}$ и площадью $S = 1 \text{ м}^2$ пришлось вынимать грунт разной плотности. Первые семь метров глубины приходилось вынимать смесь песка и камней такую, что десятилитровое ведро смеси весило 18 кг . Дальше пошёл один песок, и поднимать приходилось более лёгкие ведра, по 15 кг каждое. Какую работу нужно было совершить по перемещению грунта из колодца на поверхность, чтобы выкопать такой колодец? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$.

Возможное решение

Масса смеси песка и камней равна $M_1 = \rho_1 h_1 S$,

где h_1 - глубина, до которой в колодце попадалась смесь песка и камней. Плотность смеси ρ_1 можно найти, разделив массу смеси в ведре m_1 на объём ведра V

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V} = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Так как M_1 пришлось извлекать из колодца со средней глубины $h_1/2$, то на её извлечение из колодца будет затрачена работа $A_1 = \frac{1}{2} m_1 h_1^2 S g = 441 \text{ кДж}$.

Массу извлечённого из колодца песка находим как $M_2 = \rho_2 (h - h_1) S$, где плотность песка находим, разделив массу песка в ведре m_2 на объём ведра V

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V} = 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Массу M_2 извлекают на поверхность со средней глубины $h_1 + (h - h_1)/2$, совершая при этом работу $A_2 = \frac{1}{2} m_2 (h^2 - h_1^2) S g = 1320 \text{ кДж}$.

Полная работа, затраченная на извлечение грунта из колодца

$$A = A_1 + A_2 = \frac{1}{2} \frac{m_1}{V} h_1^2 S g + \frac{1}{2} \frac{m_2}{V} (h^2 - h_1^2) S g = 1761 \text{ кДж}.$$

5. Псевдоэксперимент

В баллистической лаборатории получили зависимость значений скорости v брошенного вверх шарика от его высоты h над уровнем стола. Результаты измерений для последовательных моментов времени представлены в таблице.

1. Известно, что в одном из измерений (возможно и в первом) скорость была определена неверно. Найдите в каком. Для этого постройте график с результатами измерений в таких координатах, в которых он должен быть линейным.

2. Рассчитайте максимальную высоту подъёма шарика над столом.

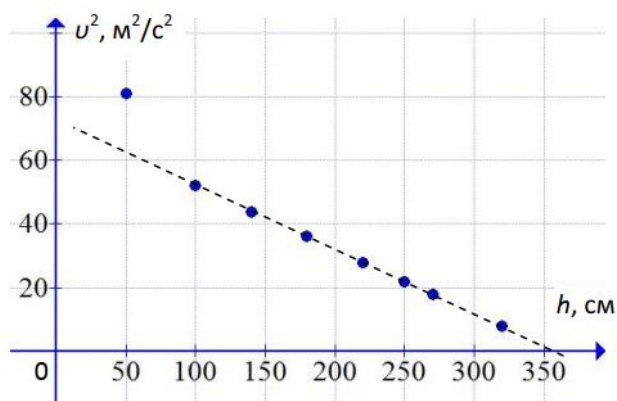
3. Через какое время после первого измерения шарик упал на стол? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

№	1	2	3	4	5	6	7	8
h , см	100	180	220	270	320	250	140	50
v , м/с	7,2	6,0	5,3	4,2	2,8	4,7	6,6	9,0

Оборудование: лист миллиметровой бумаги формата А5 для построения графика.

Возможное решение

Из закона сохранения энергии $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ получаем $v^2 = v_0^2 - 2gh$, где v_0 - скорость на уровне стола. Следовательно, зависимость скорости от высоты будет линейной, например, в осях $v^2(h)$. Нанесём экспериментальные точки



1. Все точки, кроме соответствующей $h = 50$ м, лежат на одной прямой, т. е. для неё скорость определена неверно (**6 баллов только при наличии графика**).

2. Максимальная высота подъёма шарика над столом соответствует пересечению графика с осью h в районе $H = 365$ см. Это и будет максимальной высотой подъёма (**2 балла**).

3. Время полёта с высоты $h_1 = 100$ см до падения с начальной скоростью $7,2$ м/с можно найти, рассмотрев квадратное уравнение $0 = 1 + 7,2t - 5 \cdot t^2$ (получено из уравнения движения $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$). Выбираем положительный корень $t \approx 1,6$ с. (**2 балла**).

Критерии и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике в Архангельской области в 2023/24 учебном году приводятся в соответствии с системой оценивания регионального этапа и осуществляются по критериям, предложенным центральной предметно-методической комиссией. При этом муниципальным предметно-методическим комиссиям рекомендуется оценивать выполнение заданий согласно стандартной методике оценивания решений, если нет специальных указаний.

Каждое задание оценивается в 10 баллов.

Максимальный балл – 50.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7–9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки, не влияющие на знак ответа
5–7	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3–5	Решение содержит пробелы в образовании, приведены не все необходимые для решения уравнения
1–2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное или отсутствует