ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
10 класс

Задача 1. Два камня

Из одной точки горизонтальной поверхности одновременно бросают два камня с одинаковой по модулю начальной скоростью $v_0 = 20$ м/с под разными острыми углами к горизонту. Известно, что максимальные высоты подъёма камней отличаются на $h = 10$ м, а время полёта второго камня в три раза больше времени полёта первого. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1. Найдите времена полёта камней.

2. Найдите промежуток времени между их приземлениями.

3. Во сколько раз дальность полёта второго камня больше дальности полёта первого? Ответ округлите до десятых.

Задача 2. Брусок на конвейере

Длинная горизонтальная лента конвейера движется параллельно своим боковым краям с постоянной скоростью $v = 3$ м/с. По ленте скользит брусок. В некоторый момент скорость бруска относительно земли направлена перпендикулярно боковым краям ленты и равна $u = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения между бруском и лентой $\mu = 0{,}8$. Принять $g = 10$ м/с^2.

1. Найдите время, за которое модуль скорости бруска относительно ленты уменьшится в два раза. Ответ округлите до десятых секунды.

2. Найдите модуль скорости бруска относительно земли в этот момент. Ответ округлите до десятых метра в секунду.

3. Найдите максимальную ширину ленты, при которой брусок независимо от своего положения поперёк ленты обязательно достигнет одного из боковых краёв до прекращения скольжения. Ответ округлите до десятых метра.

Задача 3. Куб из резисторов

Из двенадцати одинаковых проволочных резисторов сопротивлением $R = 12$ Ом каждый собрали каркас в форме куба. Один из резисторов, образующий ребро куба, перегорел, поэтому ток через это ребро не проходит.

1. Найдите эквивалентное сопротивление каркаса между вершинами, являвшимися концами перегоревшего ребра.

2. Во сколько раз изменилось сопротивление между этими вершинами после перегорания резистора? В ответе приведите отношение большего сопротивления к меньшему с точностью до десятых.

3. Какая тепловая мощность будет выделяться во всём каркасе после перегорания, если к этим вершинам подключить идеальный источник напряжения $U = 6$ В?

Задача 4. Два зеркала

Два плоских зеркала образуют двугранный угол $60°$. Внутри угла расположен точечный источник света S, находящийся на расстоянии $L = 10$ см от каждого зеркала.

1. Сколько различных изображений источника образует система зеркал?

2. Каково минимальное расстояние между двумя изображениями? Ответ округлите до целых сантиметров.

3. Каково максимальное расстояние между двумя изображениями? Ответ округлите до целых сантиметров.

4. Какое максимальное число последовательных отражений от зеркал может испытать луч, испущенный источником? Лучи, попадающие точно в линию пересечения зеркал, не рассматриваются.

Задача 5. Намокание

Вертикально закрепили в лапке штатива полоску фильтровальной бумаги, на которую нанесена шкала с ценой деления 0,5 см. Нижний конец полоски погрузили в воду на $x_0 = 15$ мм. В момент погружения примем $t = 0$. Вода начала постепенно подниматься по бумаге вследствие капиллярных явлений. Будем измерять величину x — полную длину намокшей части полоски от её нижнего края до верхней границы намокания.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты:

x, мм	15	20	25	30	35	40	45	50	55	65
t, с	0	16	53	91	155	212	319	418	552	900

Задание:

1. Постройте график зависимости $x(t)$.
2. Используя экспериментальные данные, предложите приближённую формулу, описывающую зависимость $x(t)$.
3. Определите численные значения всех постоянных величин, входящих в предложенную формулу, и укажите их единицы измерения.

ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания
заданий
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
10 класс

Задача 1. Два камня

Обозначим вертикальные составляющие начальных скоростей через v_{1y} и v_{2y}.

Для тела, брошенного с поверхности земли и приземляющегося на ту же высоту,

$$T = \frac{2v_y}{g}.$$

По условию

$$T_2 = 3T_1,$$

следовательно,

$$v_{2y} = 3v_{1y}.$$

Положим $v_{1y} = u$. Тогда $v_{2y} = 3u$.

Максимальная высота подъёма тела равна

$$H = \frac{v_y^2}{2g}.$$

По условию разность высот равна 10 м:

$$\frac{(3u)^2 - u^2}{2g} = 10.$$

При $g = 10$ м/с^2 получаем

$$\frac{8u^2}{20} = 10,$$

откуда

$$u^2 = 25, \qquad u = 5 \text{ м/с}.$$

Значит,

$$v_{1y} = 5 \text{ м/с}, \qquad v_{2y} = 15 \text{ м/с}.$$

Времена полёта:

$$T_1 = \frac{2 \cdot 5}{10} = 1 \text{ с},$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 15}{10} = 3 \text{ с}.$$

Промежуток времени между приземлениями:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 2 \text{ с}.$$

Для определения дальностей найдём горизонтальные составляющие начальных скоростей:

$$v_{1x} = \sqrt{v_0^2 - v_{1y}^2} = \sqrt{20^2 - 5^2} = 5\sqrt{15} \text{ м/с},$$

$$v_{2x} = \sqrt{20^2 - 15^2} = 5\sqrt{7} \text{ м/с}.$$

Дальности полёта равны

$$L_1 = v_{1x} T_1 = 5\sqrt{15},$$

$$L_2 = v_{2x} T_2 = 15\sqrt{7}.$$

Поэтому

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{15\sqrt{7}}{5\sqrt{15}} = 3\sqrt{\frac{7}{15}} \approx 2{,}049.$$

С точностью до десятых

$$\frac{L_2}{L_1} \approx 2{,}0.$$

Ответ: $T_1 = 1$ с; $T_2 = 3$ с; $\Delta T = 2$ с; дальность второго камня примерно в 2,0 раза больше.

Критерии проверки — 10 баллов

- **2 балла** — использована связь $T = 2v_y/g$ и получено $v_{2y} = 3v_{1y}$.
- **1 балл** — использована формула $H = v_y^2/(2g)$.
- **2 балла** — получено $v_{1y} = 5$ м/с и $v_{2y} = 15$ м/с.
- **1 балл** — получены $T_1 = 1$ с и $T_2 = 3$ с.
- **1 балл** — получено $\Delta T = 2$ с.
- **1 балл** — правильно найдены горизонтальные составляющие скоростей.
- **1 балл** — правильно найдены дальности или их отношение.
- **1 балл** — получен ответ $L_2/L_1 \approx 2{,}0$.
-

Задача 2. Брусок на конвейере

Направим ось x вдоль движения ленты, а ось y — поперёк ленты.

Скорость ленты относительно земли:

$$\vec{v} = (3; 0) \text{ м/с}.$$

В рассматриваемый момент скорость бруска относительно земли:

$$\vec{u} = (0; 4) \text{ м/с}.$$

Следовательно, начальная скорость бруска относительно ленты равна

$$\vec{w_0} = \vec{u} - \vec{v} = (-3; 4) \text{ м/с},$$

а её модуль

$$w_0 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ м/с}.$$

Сила трения скольжения направлена противоположно относительной скорости. Модуль ускорения, создаваемого трением,

$$a = \mu g = 0{,}8 \cdot 10 = 8 \text{ м/с}^2.$$

Поскольку скорость ленты постоянна, модуль относительной скорости уменьшается равномерно. Когда он уменьшится вдвое,

$$w = \frac{w_0}{2} = 2{,}5 \text{ м/с}.$$

Тогда

$$t = \frac{w_0 - w}{a} = \frac{5 - 2{,}5}{8} = 0{,}3125 \text{ с}.$$

С точностью до десятых:

$$\boxed{t \approx 0{,}3 \text{ с}}.$$

Направление относительной скорости во время скольжения не меняется, поэтому при уменьшении её модуля вдвое сам вектор также уменьшается вдвое:

$$\vec{w} = (-1{,}5; 2) \text{ м/с}.$$

Скорость бруска относительно земли:

$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{w} = (3; 0) + (-1{,}5; 2) = (1{,}5; 2) \text{ м/с}.$$

Её модуль:

$$u = \sqrt{1{,}5^2 + 2^2} = 2{,}5 \text{ м/с}.$$

Полное время скольжения до исчезновения относительной скорости:

$$t_0 = \frac{w_0}{\mu g} = \frac{5}{8} = 0{,}625 \text{ с}.$$

Поперечная составляющая скорости бруска в начале равна 4 м/с, а к моменту прекращения скольжения уменьшается до нуля. Поэтому максимальное поперечное перемещение удобно найти как площадь треугольника под графиком $u_y(t)$:

$$s_y = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 0{,}625 = 1{,}25 \text{ м}.$$

Чтобы брусок из любого положения поперёк ленты гарантированно достиг края, ширина ленты не должна превышать этого перемещения:

$$b_{\max} = 1{,}25 \text{ м} \approx 1{,}3 \text{ м}.$$

Ответ: 0,3 с; 2,5 м/с; 1,3 м.

Критерии проверки — 10 баллов

- **1 балл** — правильно записана относительная скорость $\vec{w}_0 = \vec{u} - \vec{v}$.
- **1 балл** — получено $w_0 = 5$ м/с.
- **1 балл** — получено $a = \mu g = 8$ м/с².
- **2 балла** — получено время $t \approx 0{,}3$ с.
- **1 балл** — правильно найден вектор скорости относительно земли в пункте 2.
- **1 балл** — получено $u = 2{,}5$ м/с.
- **1 балл** — найдено время прекращения скольжения $t_0 = 0{,}625$ с.
- **1 балл** — найдено поперечное перемещение 1,25 м.
- **1 балл** — получен ответ $b_{\max} \approx 1{,}3$ м.

Задача 3. Куб из резисторов

Обозначим концы перегоревшего ребра через A и B.

Сначала найдём сопротивление каркаса после перегорания. Благодаря симметрии относительно плоскости, проходящей через A, B и центр куба, две вершины, соседние с A и не совпадающие с B, имеют одинаковый потенциал. Их можно мысленно объединить в один узел X. Аналогично две соответствующие вершины рядом с B объединяются в узел Y.

От A до X два резистора R соединены параллельно:

$$R_{AX} = \frac{R}{2}.$$

Так же

$$R_{YB} = \frac{R}{2}.$$

Между X и Y есть две параллельные ветви. В первой два резистора R соединены параллельно, поэтому

$$R_a = \frac{R}{2}.$$

Во второй ветви после объединения равно-потенциальных вершин последовательно соединены сопротивления

$$\frac{R}{2}, \quad R, \quad \frac{R}{2},$$

поэтому

$$R_b = 2R.$$

Эквивалентное сопротивление между X и Y:

$$R_{XY} = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b} = \frac{\frac{R}{2} \cdot 2R}{\frac{R}{2} + 2R} = \frac{2R}{5}.$$

Тогда сопротивление каркаса после перегорания:

$$R_{\text{после}} = \frac{R}{2} + \frac{2R}{5} + \frac{R}{2} = \frac{7R}{5}.$$

При $R = 12$ Ом:

$$R_{\text{после}} = \frac{7 \cdot 12}{5} = 16{,}8 \text{ Ом}.$$

Теперь найдём сопротивление до перегорания. До перегорания прямое ребро сопротивлением R было подключено между теми же вершинами A и B параллельно всей остальной части каркаса сопротивлением $7R/5$:

$$R_{\text{до}} = R \parallel \frac{7R}{5}.$$

Следовательно,

$$R_{\text{до}} = \frac{R \cdot \frac{7R}{5}}{R + \frac{7R}{5}} = \frac{7R}{12}.$$

При $R = 12$ Ом:

$$R_{\text{до}} = 7 \text{ Ом}.$$

Отношение большего сопротивления к меньшему:

$$\frac{R_{\text{после}}}{R_{\text{до}}} = \frac{16{,}8}{7} = 2{,}4.$$

После перегорания мощность, выделяющаяся во всём каркасе,

$$P = \frac{U^2}{R_{\text{после}}} = \frac{6^2}{16{,}8} = \frac{15}{7}\ \text{Вт} \approx 2{,}14\ \text{Вт}.$$

Ответ: 16,8 Ом; сопротивление увеличилось в 2,4 раза; $P \approx 2{,}14$ Вт.

Критерии проверки — 10 баллов

- **2 балла** — обосновано равенство потенциалов симметричных вершин.
- **2 балла** — правильно преобразована сеть между узлами X и Y.
- **2 балла** — получено $R_{\text{после}} = 7R/5 = 16{,}8$ Ом.
- **2 балла** — получено $R_{\text{до}} = 7R/12 = 7$ Ом.
- **1 балл** — получено отношение 2,4.
- **1 балл** — получена мощность $P \approx 2{,}14$ Вт.

Задача 4. Два зеркала

Рассмотрим сечение системы плоскостью, перпендикулярной линии пересечения зеркал. В сечении зеркала превращаются в две прямые, образующие угол $60°$.

Поскольку источник находится на одинаковом расстоянии от обоих зеркал, он лежит на биссектрисе угла. Пусть расстояние от вершины угла до источника равно r. Тогда расстояние до каждой стороны угла равно

$$L = r\sin 30° = \frac{r}{2}.$$

Отсюда

$$r = 2L = 20\ \text{см}.$$

Последовательные отражения источника удобно рассматривать методом развёртки: вместо отражения лучей последовательно отражаем сам угол. Так как

$$\frac{360°}{60°} = 6,$$

полная развёртка содержит шесть равноотстоящих положений на окружности радиуса 20 см. Одно из них соответствует самому источнику, остальные пять — его изображениям. Поэтому

$$\boxed{N = 5}.$$

Шесть положений образуют вершины правильного шестиугольника радиуса 20 см. Среди пяти изображений минимальное расстояние соответствует соседним вершинам. Это хорда, стягивающая угол $60°$:

$$d_{\min} = 2r\sin 30° = r = 20\ \text{см}.$$

Следовательно,

$$\boxed{d_{\min} = 20 \text{ см}}.$$

Среди изображений есть пары, находящиеся в диаметрально противоположных вершинах окружности, поэтому

$$d_{\max} = 2r = 40 \text{ см}.$$

Следовательно,

$$\boxed{d_{\max} = 40 \text{ см}}.$$

Для определения максимального числа последовательных отражений снова используем развёртку. После каждого отражения вместо изменения направления луча можно зеркально отразить соответствующий сектор, а сам луч продолжить по прямой. Границы соседних развёрнутых секторов представляют собой лучи, выходящие из одной точки через каждые $60°$.

Прямая, не проходящая через вершину системы, при движении в одном направлении может пересечь границы, направления которых укладываются в угловой интервал менее $180°$. Поэтому она может последовательно пересечь не более трёх таких границ. Три пересечения достижимы, если направить луч почти в сторону вершины, но немного мимо неё. Значит, максимально возможное число последовательных отражений равно

$$\boxed{3}.$$

Ответ: 5 изображений; 20 см; 40 см; 3 отражения.

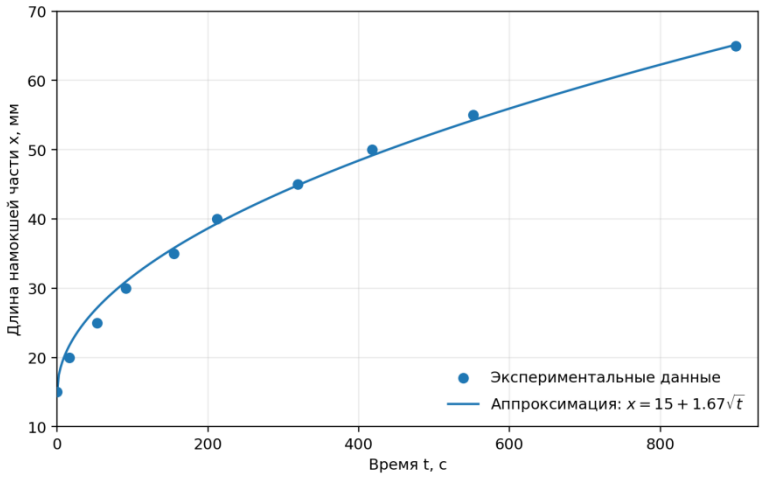
Критерии проверки — 10 баллов

- **1 балл** — получено расстояние до вершины $r = 20$ см.
- **2 балла** — правильно определено число изображений: 5.
- **2 балла** — построена или описана развёртка изображений на окружности.
- **1 балл** — получено $d_{\min} = 20$ см.
- **1 балл** — получено $d_{\max} = 40$ см.
- **1 балл** — использована развёртка луча для анализа отражений.
- **1 балл** — обосновано, что возможно не более трёх отражений.
- **1 балл** — указан достижимый максимум: 3 отражения.

Задача 5. Намокание

1. Построение графика $\boldsymbol{x(t)}$

По таблице наносим экспериментальные точки на координатную плоскость. При $t = 0$ уже имеем $x = 15$ мм, поскольку нижние 15 мм полоски изначально погружены в воду. График возрастает, но его наклон постепенно уменьшается. Следовательно, зависимость не является линейной и по виду близка к зависимости типа квадратного корня.



Экспериментальные точки и сглаживающая кривая

2. Поиск вида зависимости

Введём высоту распространения воды выше первоначально намокшего участка:

$$h = x - x_0, \qquad x_0 = 15 \text{ мм}.$$

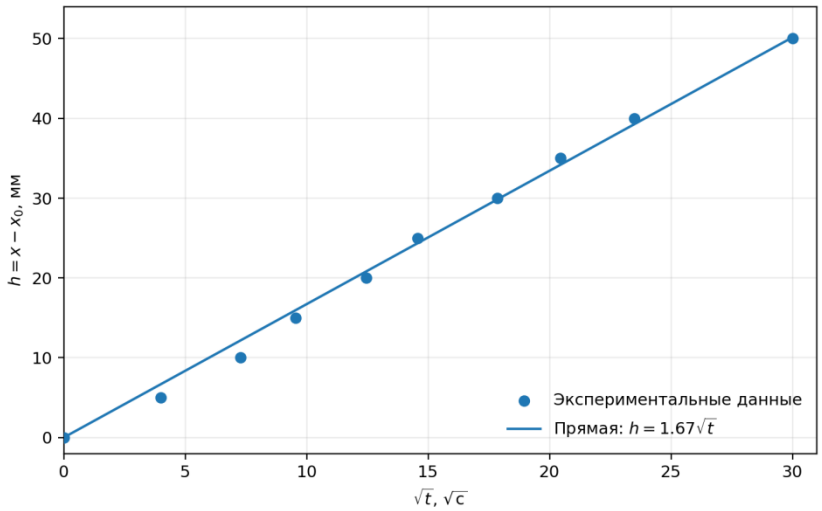
Для экспериментальных точек получаем:

t, с	0	16	53	91	155	212	319	418	552	900
h, мм	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50

Проверим зависимость вида

$$h = a\sqrt{t}.$$

Если она верна, то график h от $\sqrt{t}$ должен быть близок к прямой, проходящей через начало координат. Экспериментальные данные подтверждают это:



Линеаризация: зависимость h от квадратного корня из времени

Следовательно, эксперимент можно описать формулой

$$\boxed{x = x_0 + a\sqrt{t}}.$$

3. Определение постоянных

Первая постоянная известна непосредственно из постановки опыта:

$$\boxed{x_0 = 15 \text{ мм}}.$$

Коэффициент a можно определить по наклону сглаживающей прямой на графике $h(\sqrt{t})$. Для эталонной обработки всех точек используем прямую, проходящую через начало координат. Её коэффициент наклона равен

$$a = \frac{\sum h_i \sqrt{t_i}}{\sum t_i} \approx 1{,}67 \ \frac{\text{мм}}{\sqrt{\text{с}}}.$$

Поэтому искомая экспериментальная зависимость имеет вид

$$\boxed{x(t) \approx 15 + 1{,}67\sqrt{t}},$$

где x выражено в миллиметрах, а t — в секундах.

Эквивалентная форма:

$$(x - 15)^2 \approx Kt,$$

где

$$K = a^2 \approx 2{,}79 \ \frac{\text{мм}^2}{\text{с}}.$$

То есть также допустимо записать

$$\boxed{(x - 15)^2 \approx 2{,}79t}.$$

Проверка по отдельным точкам

Для $t = 900$ с формула даёт

$$x \approx 15 + 1{,}67\sqrt{900} = 15 + 1{,}67 \cdot 30 \approx 65{,}1 \text{ мм},$$

что практически совпадает с экспериментальным значением 65 мм.

Для $t = 418$ с:

$$x \approx 15 + 1{,}67\sqrt{418} \approx 49{,}2 \text{ мм},$$

тогда как экспериментальное значение равно 50 мм. Небольшие отклонения отдельных точек естественны для экспериментальных данных.

Ответ:

$$\boxed{x(t) \approx 15 + 1{,}67\sqrt{t}},$$

где x — в мм, t — в с; при этом

$$\boxed{x_0 = 15 \text{ мм}}, \qquad \boxed{a \approx 1{,}67 \ \frac{\text{мм}}{\sqrt{\text{с}}}}.$$

Эквивалентно:

$$\boxed{(x - 15)^2 \approx 2{,}79t}.$$

Критерии проверки

Максимум — **10 баллов**.

Элемент решения	Баллы
Правильно подписаны оси t и x, указаны единицы измерения	1
Выбран разумный масштаб и корректно нанесены экспериментальные точки	1
Проведена адекватная сглаживающая зависимость $x(t)$	1
Учтено начальное значение $x_0 = 15$ мм и введено $h = x - x_0$ либо выполнено эквивалентное преобразование	1
Установлено, что $h \sim \sqrt{t}$, либо эквивалентно $(x - x_0)^2 \sim t$	2
Записана формула $x = x_0 + a\sqrt{t}$ или эквивалентная	1
По экспериментальным данным определён коэффициент a или K	1
Получено разумное численное значение: $a \approx 1{,}67$ мм/$\sqrt{\text{с}}$ либо $K \approx 2{,}79$ мм^2/с	1
Правильно указаны единицы всех величин и записана итоговая формула	1

При графическом определении коэффициента допустим небольшой разброс. В качестве разумного диапазона можно засчитывать

$$1{,}6 \le a \le 1{,}75 \ \frac{\text{мм}}{\sqrt{\text{с}}},$$

или эквивалентный диапазон для K:

$$2{,}6 \le K \le 3{,}1 \ \frac{\text{мм}^2}{\text{с}}.$$

Если участник использует другую приближённую модель, она может быть оценена полностью только при наличии содержательного обоснования по экспериментальным данным и сопоставимого качества описания всех точек.