

Возможные решения задач 10 класса
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2025-2026

Задача 1. Как мы знаем, Новый год в разных местах планеты наступает в разные моменты времени из-за разных часовых поясов. Москва находится в третьем часовом поясе, Камчатка в двенадцатом примерно на одной широте $\varphi = 60^\circ$. Тогда если в момент наступления нового года на Камчатке вылететь на самолёте с определённой скоростью вдоль параллели в Москву, можно будет «встречать» Новый год в течении всего полета и успеть загадать все-все-все желания!

С какой же скоростью придётся лететь? Ответ приведите в км/ч, округлив до целого. Радиус Земли считать равным $R_3 = 6400$ км.

Решение.

1. Поверхность Земного шара условно поделена на 24 часовых пояса. Самолет должен лететь с такой скоростью, чтобы каждый часовой пояс преодолевать за 1 ч.

2. В первом приближении Земля представляет собой шар, поэтому путь, пройденный самолетом за 1 ч, будет равен $\frac{1}{24}$ длины окружности сечения поверхности Земли на широте φ :

$$S = \frac{1}{24} 2\pi R, \quad (1)$$

где $R = R_3 \cos \varphi$ – радиус этой окружности. Тогда

$$S = \frac{1}{24} 2\pi R_3 \cos \varphi = \frac{\pi}{12} R_3 \cos \varphi. \quad (2)$$

$$S = \frac{\pi}{12} 6400 \cdot 0,5 \approx 838 \text{ км}.$$

4. Скорость самолета определяется по формуле:

$$v = \frac{S}{t},$$

где $t = 1$ ч.

5. Рассчитаем скорость:

$$v = \frac{838 \text{ км}}{1 \text{ ч}} = 838 \text{ км/ч}.$$

Ответ: 838 км/ч.

Критерии оценивания задачи 1

1.	Вывод, что самолет должен лететь с такой скоростью, чтобы каждый часовой пояс преодолевать за 1 час.	3 балла
2.	Получено выражение (1)	2 балла
3.	Получена формула (2)	2 балла
4.	Вычислено правильное значение пути S	1 балл
5.	Приведена формула для расчета скорости самолета	1 балл
6.	Вычислено правильное значение скорости v	1 балл
	Итого	10 баллов

Задача 2. При осмотре места происшествия полицейский Сидоров обнаружил длинный наклонный шурф в земле. Наклонный шурф – это наклонная горная выработка, проходимая с земной поверхности. Наклон шурфа к горизонту составлял $\beta = 50^\circ$. Солнце и ось шурфа находились в одной вертикальной плоскости. Высота Солнца над горизонтом составляла $\alpha = 30^\circ$. Под каким углом γ к горизонту полицейский Сидоров должен разместить зеркало, чтобы луч попал на дно шурфа?

Решение:

Возможны два варианта решения.

Вариант 1

1. Сделаем пояснительный рисунок:

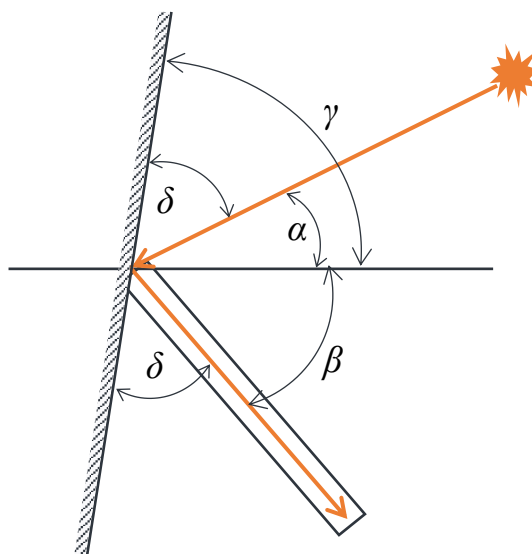


Рис. 1

Солнечный луч идёт под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту.

2. Зеркало должно быть расположено так, чтобы отражённый луч попал на дно шурфа, наклоненного на $\beta = 50^\circ$ к горизонту. Закон отражения гласит, что угол отражения равен углу падения. Поэтому угол между падающим лучом и плоскостью зеркала и угол между отраженным лучом и плоскостью зеркала равны между собой. Обозначим их через δ .

3. Определим, под каким углом к горизонту γ полицейский Сидоров должен разместить зеркало, чтобы луч попал на дно шурфа в этом случае.

Из рис. 1 следует:

$$\gamma = \alpha + \delta.$$

Найдем угол δ .

$$180^\circ = 2\delta + \alpha + \beta$$

$$2\delta = 180^\circ - \alpha - \beta.$$

$$\delta = \frac{180^\circ - \alpha - \beta}{2}$$

$$\delta = \frac{180^\circ - 30^\circ - 50^\circ}{2} = 50^\circ.$$

Вычислим угол γ :

$$\gamma = 30^\circ + 50^\circ = 80^\circ.$$

Вариант 2

Солнце находится с противоположной стороны.

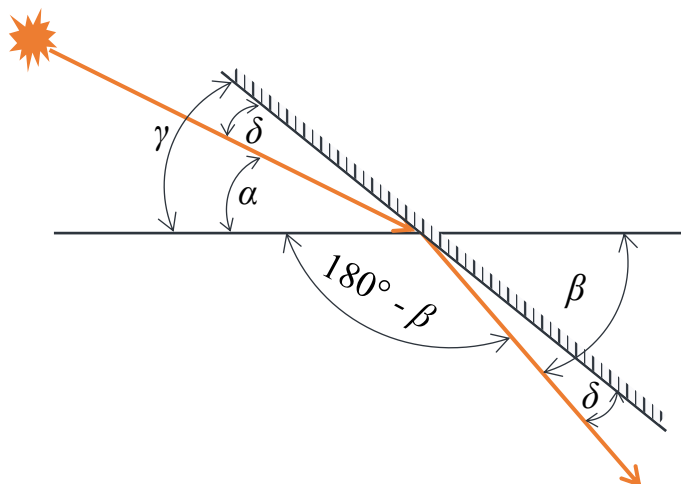


Рис. 2

Из рис. 2 следует:

$$\gamma = \alpha + \delta$$

Найдем угол δ

$$2\delta + \alpha + (180^\circ - \beta) = 180^\circ$$

$$2\delta = \beta - \alpha$$

$$\delta = \frac{\beta - \alpha}{2}$$

$$\delta = \frac{50^\circ - 30^\circ}{2} = 10^\circ$$

Вычислим угол γ :

$$\gamma = 30^\circ + 10^\circ = 40^\circ.$$

Ответ: угол размещения зеркала к горизонту:

в варианте 1 $\gamma = 80^\circ$;

в варианте 2 $\gamma = 40^\circ$.

Критерии оценивания задачи 2

1.	Отмечено, что существует два варианта решения.	1 балл
2.	Сформулирован закон отражения света следствие из него.	1 балл
3.	Выполнен рисунок для первого варианта и показано, что искомый угол $\gamma = \alpha + \delta$.	2 балла
4.	Правильно составлено уравнение для определения δ в первом варианте и найден угол γ .	2 балл
5.	Выполнен рисунок для второго варианта и показано, что искомый угол $\gamma = \alpha + \delta$.	2 балла
6.	Правильно составлено уравнение для определения δ во втором варианте и найден угол γ .	2 балла
	Итого	10 баллов

Задача 3.

Миша и его друг Андрей собрались поехать на озеро на велосипедах. К озеру можно проехать по прямой лесной дороге. Так как Миша и Андрей договорились двигаться каждый со своей постоянной скоростью, то им удалось рассчитать время и место предстоящей встречи.

Первым выехал Миша. Через некоторое время вслед за ним отправился в путь Андрей. Неожиданно Андрей сделал вынужденную техническую остановку, из-за чего он определил, что встреча с Мишей состоится на 45 минут позже запланированной. Но и Миша сделал непредсказуемую остановку и, продолжив движение, не зная об остановке Андрея, решил, что его догонят на 15 км ближе расчетного места встречи. Настоящая встреча

показала, что в своих расчётах Андрей ошибся на полчаса, а Миша на 9 км. Определите скорости Андрея и Миши.

Решение.

Построим графики движения велосипедистов.

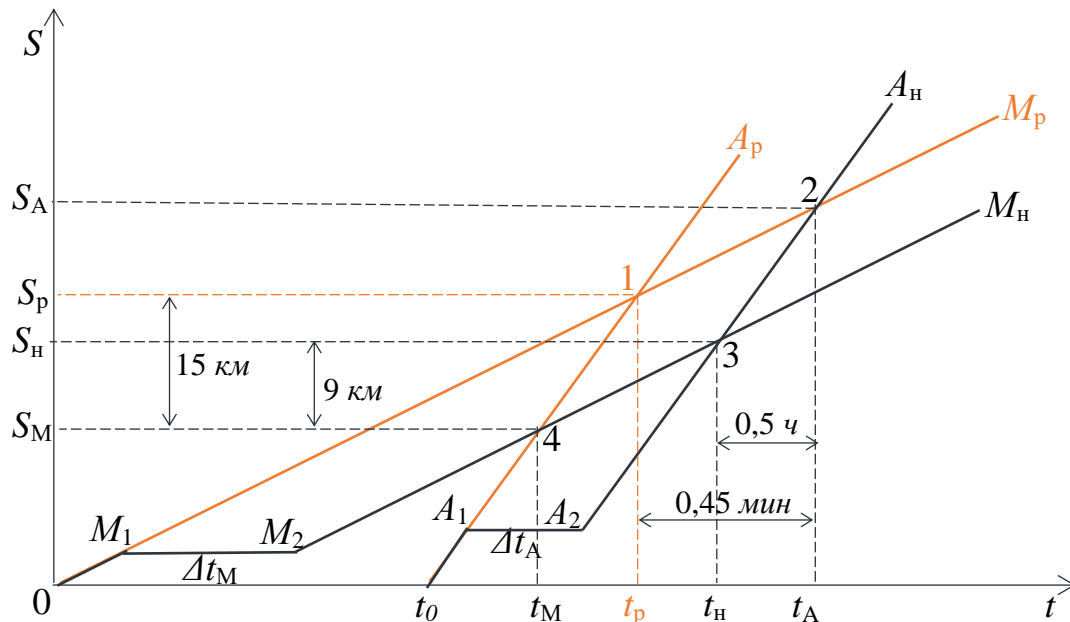


Рис. 1.

$0 - M_1 - M_p$ – расчетный график движения Миши;

$t_0 - A_1 - A_p$ – расчетный график движения Андрея;

$0 - M_1 - M_2 - M_n$ – настоящий график движения Миши;

$t_0 - A_1 - A_2 - A_n$ – настоящий график движения Андрея;

Δt_M и Δt_A – задержки в пути Миши и Андрея, соответственно;

1 – расчетная точка встречи;

3 – настоящая точка встречи;

2 – предполагаемая Андреем точка встречи;

4 – предполагаемая Мишей точка встречи;

На рисунке также обозначены координаты соответствующих точек.

Скорость Андрея равна тангенсу угла наклона стороны 4-1 в параллелограмме 1-2-3-4:

$$v_A = \frac{S_p - S_M}{t_p - t_M} = \frac{S_p - S_M}{t_A - t_n}.$$

$t_p - t_M = t_A - t_n$ по свойствам параллелограмма.

По условию задачи $S_p - S_M = 15 \text{ км}$, а $t_A - t_n = 0,5 \text{ часа}$. Тогда

$$v_A = \frac{15 \text{ км}}{0,5 \text{ ч}} = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Скорость Миши равна тангенсу угла наклона стороны 4-3 в параллелограмме 1-2-3-4:

$$v_M = \frac{S_H - S_M}{t_H - t_M} = \frac{S_H - S_M}{t_A - t_P}.$$

$t_H - t_M = t_A - t_P$ по свойствам параллелограмма.

По условию задачи $S_H - S_M = 9 \text{ км}$, а $t_A - t_P = \frac{3}{4} \text{ часа}$. Тогда

$$v_M = \frac{9 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} = 12 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: Скорость Андрея $v_A = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Скорость Миши $v_M = 12 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Критерии оценивания задачи 3

1.	Правильное построение графиков движения.	4 балла
2.	Идея метода нахождения скоростей велосипедистов через тангенсы углов наклона сторон параллелограмма 1-2-3-4.	3 балла
3.	Определение $t_P - t_M = t_A - t_H$ и $t_H - t_M = t_A - t_P$ по свойствам параллелограмма.	2 балла
4.	4) Определение численных значений скоростей велосипедистов.	1 балл
	Итого	10 баллов

Задача 4. Для научных исследований необходимо собрать $m = 150 \text{ г}$ вещества из облака космической пыли с плотностью $\rho = 10^{-8} \text{ г/м}^3$ в некоторой области межзвездного пространства. Для этого туда запустили цилиндрический зонд массой $M = 0,5 \text{ кг}$ с внутренним диаметром $D = 0,5 \text{ м}$ со скоростью $v_0 = 150000 \text{ км/ч}$ относительно частиц пыли, направленной вдоль его оси. Переднее основание цилиндра открыто, а заднее заглушено. Частицы пыли, попадающие внутрь цилиндра, поглощались им.

Определите какой путь потребуется преодолеть зонду для выполнения поставленной задачи (ответ приведите в км, округлив до целого; считать $\pi = 3,14$), сколько времени потребуется ему на это (ответ приведите в часах,

округлив до целого) и какова будет скорость зонда в конце пути (ответ приведите в км/ч, округлив до целого).

Решение.

Необходимая масса вещества находится в объеме цилиндра с диаметром основания D и высотой, равной расстоянию S , пройденному зондом. Отсюда:

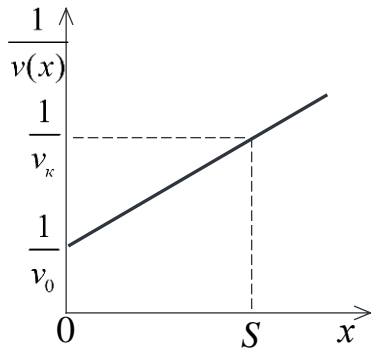
$$S = \frac{4m}{\pi \rho D^2}. \quad (1)$$

Из закона сохранения импульса в проекции на направление движения $Mv_0 = (M + m)v_k$ следует, что скорость зонда в конце пути

$$v_k = \frac{Mv_0}{M + m} = \frac{v_0}{1 + \frac{m}{M}}. \quad (2)$$

Если бы скорость зонда была постоянной, то время в пути определилось бы как: $t = \frac{S}{v_0} = S \frac{1}{v_0}$, то есть как площадь под графиком зависимости обратной

скорости от пройденного пути. В случае переменной скорости, время в пути



определим также как площадь под графиком зависимости обратной скорости от пройденного пути x : $\frac{1}{v(x)} = f(x)$. В нашем случае, из (2) следует,

что

$$\frac{1}{v(x)} = \frac{1}{v_0} + \frac{\pi \rho D^2}{4Mv_0} x \quad (3)$$

является линейной зависимостью. Тогда время, необходимое зонду для сбора необходимой массы вещества можно найти как площадь трапеции с основаниями $\frac{1}{v_0}$ и $\frac{1}{v_k}$ и высотой S .

$$t = \left(2 + \frac{m}{M} \right) \frac{2m}{\pi \rho D^2 v_0}. \quad (4)$$

Ответ: Пройденный зондом путь $S = 76433121$ км.

Скорость зонда в конце: $v_k = 115385$ км/ч.

Время зонда в пути: $t = 586$ ч.

Критерии оценивания задачи 4

1.	Получена правильная формула (1) для расчёта пути, пройденного зондом.	1 балл
2.	Вычислено правильное значение пути, пройденного зондом.	1 балл
3.	Получена правильная формула (2) для расчета скорости зонда в конце пути.	2 балла
4.	Вычислено правильное значение скорости зонда в конце пути.	1 балл
5.	Показано, что зависимость обратной скорости от пройденного пути линейная (уравнение (3)), и что это можно использовать для нахождения времени зонда в пути.	2 балла
6.	Получена правильная формула для расчета времени зонда в пути (4).	2 балла
7.	Вычислено правильное значение времени зонда в пути.	1 балл
	Итого	10 баллов

Задача 5

Определить по какой из схем, представленных на рисунке 1, соединены резисторы R_1 , R_2 и R_3 .

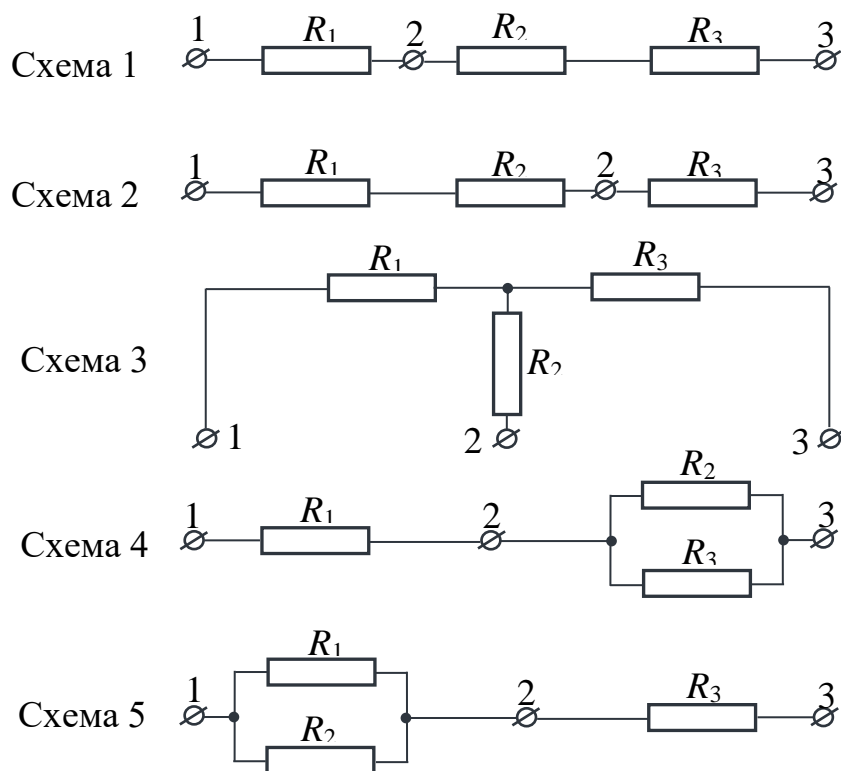


Рис. 1. Схемы соединений резисторов.

Показания приборов пробника (рис. 2.) при поочередном подключении его щупов a и b к клеммам схемы 1 и 2, затем 2 и 3 и, наконец, к клеммам 1 и 3, показаны на рисунках 3, 4, и 5.

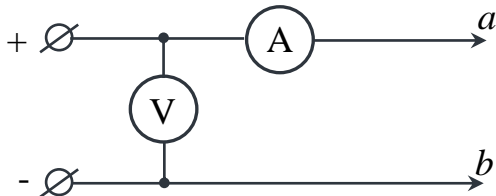


Рис. 2. Схема пробника.



Рис. 3. К клеммам 1 и 2.



Рис. 4. К клеммам 2 и 3.

Рис. 5. клеммам 1 и 3.

Обоснуйте свой выбор схемы, а также почему каждая из оставшихся схем не подошла.

В выбранной вами схеме определите сопротивления резисторов R_1 , R_2 и R_3 и их погрешности ΔR_1 , ΔR_2 и ΔR_3 . Считать приборную погрешность равной значению единицы последнего разряда показания прибора.

Решение.

Составим таблицу измерений.

Таблица 1.

Таблица измерений.

	Клеммы 1 и 2	Клеммы 2 и 3	Клеммы 1 и 3
$U, В$	$1,5030 \pm 0,0010$	$9,020 \pm 0,010$	$5,970 \pm 0,010$
I, mA	$5,020 \pm 0,010$	$18,000 \pm 0,010$	$15,050 \pm 0,010$
$R, Ом$	$299,4 \pm 0,8$	$501,1 \pm 0,8$	$396,7 \pm 0,9$

Рассчитаем сопротивления между парами клемм по закону Ома для участка цепи и внесем результаты в таблицу 1:

$$R_{12} = \frac{1,5030}{5,020} \approx 299,4 \text{ Ом}; \quad \Delta R_{12} = 299,4 \left(\frac{0,001}{1,503} + \frac{0,01}{5,02} \right) \approx 0,8 \text{ Ом}.$$

$$R_{23} = \frac{9,02}{18,0} \approx 501,1 \text{ Ом}; \quad \Delta R_{23} = 501,1 \left(\frac{0,01}{9,02} + \frac{0,01}{18} \right) \approx 0,8 \text{ Ом}.$$

$$R_{13} = \frac{5,97}{15,05} \approx 396,7 \text{ Ом}; \quad \Delta R_{13} = 396,7 \left(\frac{0,01}{5,97} + \frac{0,01}{15,05} \right) \approx 0,9 \text{ Ом}.$$

Выбираем схему соединения резисторов.

Для первой, второй, четвертой и пятой схемы должно выполняться равенство: $R_{12} + R_{23} = R_{13}$. По полученным данным это равенство не выполняется.

Для схемы 3 это равенство не должно выполняться, но должны выполняться равенства: $R_{12} = R_1 + R_2$; $R_{23} = R_2 + R_3$; $R_{13} = R_1 + R_3$.

Проверим это, определив R_1 , R_2 и R_3 .

Для этого составим систему уравнений и решим ее.

$$\begin{cases} R_1 + R_2 = R_{12}; \\ R_2 + R_3 = R_{23}; \\ R_1 + R_3 = R_{13}. \end{cases} \quad (1)$$

Откуда:

$$R_1 = \frac{1}{2}(R_{12} + R_{13} - R_{23}) = 97,5 \text{ Ом}. \quad \Delta R_1 = \frac{1}{2}(\Delta R_{12} + \Delta R_{13} + \Delta R_{23}) \approx 1,3 \text{ Ом}.$$

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_{23} + R_{12} - R_{13}) = 201,9 \text{ Ом} . \Delta R_2 = \frac{1}{2}(\Delta R_{12} + \Delta R_{13} + \Delta R_{23}) \approx 1,3 \text{ Ом} .$$

$$R_3 = \frac{1}{2}(R_{13} + R_{23} - R_{12}) = 299,2 \text{ Ом} . \Delta R_3 = \frac{1}{2}(\Delta R_{12} + \Delta R_{13} + \Delta R_{23}) \approx 1,3 \text{ Ом} .$$

Получили:

$$R_1 = (97,5 \pm 1,3) \text{ Ом} ;$$

$$R_2 = (201,9 \pm 1,3) \text{ Ом} ;$$

$$R_3 = (299,2 \pm 1,3) \text{ Ом} .$$

Проверим равенства:

$$R_1 + R_2 = (299,4 \pm 2,6) \text{ Ом} ; \quad R_{12} = (299,4 \pm 0,8) \text{ Ом} .$$

$$R_2 + R_3 = (501,1 \pm 2,6) \text{ Ом} ; \quad R_{23} = (501,1 \pm 0,8) \text{ Ом} .$$

$$R_1 + R_3 = (396,7 \pm 2,6) \text{ Ом} ; \quad R_{13} = (396,7 \pm 0,9) \text{ Ом} .$$

В пределах погрешностей измерений, равенства выполняются. Следовательно, резисторы R_1 , R_2 и R_3 соединены по схеме 3.

Критерии оценивания задачи 5

1.	Составлена таблица измерений.	1 балл
2.	Правильно определены сопротивления R_{12} , R_{23} и R_{13}	1 балл
3.	Получены правильные формулы для оценки погрешностей сопротивлений ΔR_{12} , ΔR_{23} и ΔR_{13} и правильно определены их величины.	1 балл
4.	Обоснован выбор схемы	2 балла
5.	Правильно составлена система уравнений (1).	1 балл
6.	Приведено правильное решение система уравнений (1).	2 балла
7.	Получены формулы для оценки погрешностей сопротивлений ΔR_1 , ΔR_2 и ΔR_3 и правильно определены их величины.	1 балл
8.	Проведен анализ правильности выбора схемы.	1 балл
	Итого	10 баллов