

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 1. Средняя скорость. На тренировочном полете самолет, летающий по кругу, проходит первый круг со средней путевой скоростью 300 км/ч и начинает следующий круг. С какой постоянной скоростью он должен пролететь второй круг для того, чтобы эта скорость оказалась в два раза больше средней путевой скорости за два круга?

Возможное решение:

Пусть длина одного круга равна S , а средняя путевая скорость за два круга равна V . Тогда по определению средней путевой скорости:

$$V = S_0 / t_0, \text{ где } S_0 - \text{ весь путь, а } t_0 - \text{ все время движения. (1 балл)}$$

$$\text{Т.к. } t_0 = t_1 + t_2, \text{ то } V = 2S / (S/V_1 + S/2V) \text{ (4 балла)}$$

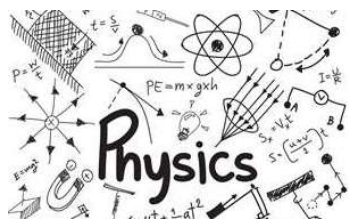
$$\Rightarrow V = 4VV_1 / (2V + V_1) \Rightarrow V = 3V_1 / 2 = 450 \text{ км/ч. (4 балла)}$$

Искомая скорость прохождения второго круга равна $u = 2V = 900$ км/ч. (1 балл)

Максимум за задачу 10 баллов.

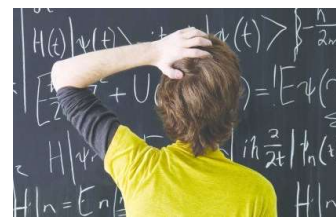
Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений стоит придерживаться следующего общего подхода к проверке данной задачи:

- использование определения средней путевой скорости – 1 балл;
- получение верного выражения для связи между средней путевой скоростью, скоростью на первом круге и скоростью на втором круге – 4 балла;
- получение верного значения для средней путевой скорости – 4 балла;
- получение верного численного ответа для скорости на втором круге – 1 балл.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 2. Красители. Известные изобретатели Винтик и Шпунтик наладили в Цветочном городе производство красителей. Краситель «муругий» выпускается в форме кубических кристаллов, каждый из которых содержит один миллиард молекул, а краситель «наномуругий» производится в форме кубических кристаллов по 27 молекул в каждом. Экспертная комиссия в составе Знайки и Незнайки решила провести с красителями сравнительные испытания. Для этого один кристалл «муругия» положили в первый стакан воды, а во второй стакан положили кристаллы «наномуругия» такой же общей массы (количество воды в стаканах одинаково). Через одну секунду в воде первого стакана оказалось 6 миллионов молекул красителя. Оцените, сколько молекул красителя через этот же промежуток времени будет в воде второго стакана. При оценке принять, что в раствор переходят только те молекулы, которые находятся на поверхности кристалла. Температуру кристаллов и воды считать одинаковыми.

Возможное решение:

Кристалл обычного красителя содержит один миллиард молекул, то есть 10^9 молекул. Так как объем пропорционален длине ребра в кубе, то вдоль каждого ребра такого кристалла укладывается 1000 молекул красителя. **(2 балла)**

Площадь поверхности куба $6a^2$, поэтому на поверхности кристалла находится $1000^2 \cdot 6 = 6$ миллионов молекул. **(2 балла)**

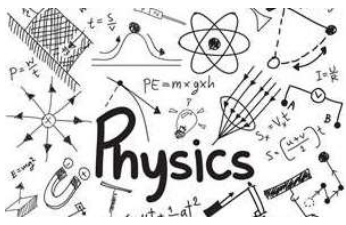
По условию задачи именно столько молекул оказалось в первом стакане за 1 секунду, значит, за это время весь поверхностный слой кристалла растворился. Так как условия растворения одинаковы в обоих стаканах, то и с кристаллов нанокрасителя тоже растворится поверхностный слой молекул. **(2 балла)**

В кристалле нанокрасителя 27 молекул. Значит, на одном его ребре укладывается 3 молекулы, т.е. все молекулы кроме центральной – поверхностные (участник может показать это с помощью рисунка). Поэтому за 1 секунду весь такой кристалл растворяется. **(2 балла)**

Чтобы получить такую же общую массу красителя, как в первом стакане, во второй необходимо положить не один, а много кристаллов ($N = 10^9/27 = 37\,037\,037$ кристаллов, но вычисление этого количества не является обязательным!!!). При этом все они полностью растворились, значит, во втором стакане окажется один миллиард молекул через 1 секунду. **(2 балла).**

Максимум за задачу 10 баллов.

Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 3. На теплоходе. Во время речной прогулки семиклассник Егор прошел по плывущему параллельно берегу теплоходу от кормы к носу и обратно. Скорость Егора относительно его приятеля Артура, сидящего на берегу, была при этом равна 11,4 м/с и 8,6 м/с соответственно. Рассчитайте, какое расстояние относительно Артура прошел за это время теплоход. Известно, что длина палубы теплохода 70 метров, а скорости Егора относительно палубы и теплохода относительно берега постоянны.

Возможное решение:

Теплоход идет по реке с некоторой скоростью v_T относительно берега. Поэтому скорости Егора относительно берега при ходьбе от кормы к носу $v_1 = v_T + v_e$ (**2 балла**), а от носа к корме $v_2 = v_T - v_e$ (**2 балла**), где v_e – скорость Егора относительно теплохода. Из этих двух уравнений получим, что скорость Егора: $v_e = (v_1 - v_2)/2 = 1,4$ м/с (**1 балл**), а скорость теплохода $v_T = (v_1 + v_2)/2 = 10$ м/с (**1 балл**).

Время движения Егора по палубе теплохода туда и обратно:

$$t = 2L/v_e, \text{ где } L=70 \text{ м – длина палубы теплохода. (2 балла)}$$

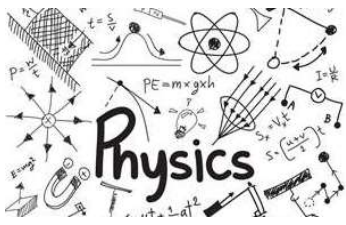
За это время теплоход пройдет относительно Артура, сидящего на берегу, путь

$$S = v_T \cdot t = 2Lv_T/v_e = 1000 \text{ метров. (2 балла)}$$

Ответ: 1000 метров.

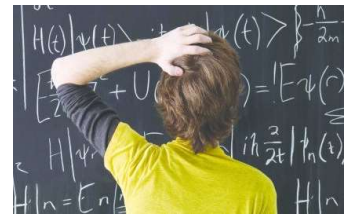
Максимум за задачу 10 баллов.

Примечание: Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Задача 4. На тот берег. Однажды Мальчик-с-пальчик, путешествуя по свету, дошел до широкой реки. В реке поперек нее он увидел цепочку камней и решил перебраться через речку, перепрыгивая с камня на камень. Известно, что ширина каждого камня 0,5 метра, расстояние между соседними камнями 1 метр, расстояние между берегом и ближайшим к нему камнем также 1 метр. С берега до первого камня Мальчик-с-пальчик прыгает с горизонтальной скоростью 7 м/с, затем идет к краю камня и прыгает на второй камень. Далее идет к его краю, прыгает на следующий и т.д. Так как мальчик быстро устает, то с каждым прыжком его скорость уменьшается на 0,3 м/с, но время прыжка всегда одинаково и равно 0,2 с. Кроме того известно, что прыжок Мальчик-с-пальчик всегда совершает с края камня (или с края берега), а по камням между прыжками идет с постоянной скоростью 1 м/с. Определите максимальную ширину реки, через которую Мальчик-с-пальчик сможет перебраться описанным способом. Сколько времени ему на это потребуется?

Возможное решение:

Данную задачу участники могут решать самыми разными способами, в том числе и последовательными расчетами каждого прыжка. Любой способ решения, который не содержит физических ошибок и приводит к верному результату, считается верным и оценивается на максимальный балл. Ниже приводятся два возможных (но не единственно возможных!) решения.

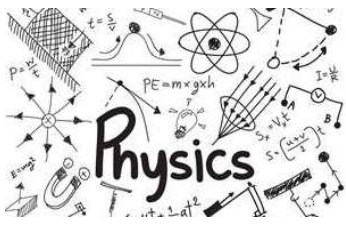
Способ № 1.

Будем последовательно рассматривать каждый прыжок.

Прыжок 1. Скорость 7 м/с, потраченное время 0,2 секунды, пройденное расстояние 1,4 метра. Так как от берега до камня 1 метр, то мальчик пролетел еще 0,4 метра камня и приземлился за 0,1 метр от края камня. На движение по камню понадобилось 0,1 с.

Прыжок 2. Скорость 6,7 м/с, потраченное время 0,2 секунды, пройденное расстояние 1,34 м. Пролетел над камнем $1,34 - 1 = 0,34$ м, по камню осталось пройти 0,16 м. На движение по камню затрачивается 0,16 с.

Прыжок 3. Скорость 6,4 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетел расстояние 1,28 м. Над камнем $1,28 - 1 = 0,28$ м, по камню прошел 0,22 м, потратил 0,22 с.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



Прыжок 4. Скорость 6,1 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетел расстояние 1,22 м. Над камнем $1,22 - 1 = 0,22$ м, по камню 0,28 м., потратил на это 0,28 с.

Прыжок 5. Скорость 5,8 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетел расстояние 1,16 м, из них над камнем $1,16 - 1 = 0,16$ м, по камню 0,34 м, потратил на это 0,34 с.

Прыжок 6. Скорость 5,5 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетел 1,1 метра, из них над камнем $1,1 - 1 = 0,1$ м, по камню 0,4 м, потратил 0,4 с.

Прыжок 7. Скорость 5,1 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетел 1,04 м.

Прыжок 8. Скорость 4,8 м/с, время прыжка 0,2 с, пролетает 0,96 м – не допрыгнет.

Итак, мальчик может сделать только 7 прыжков, т.е. седьмой прыжок уже должен быть с крайнего камня на противоположный берег. На прыжки мальчик потратит $7 \cdot 0,2 = 1,4$ с. Ширина реки $7 \cdot 1 + 6 \cdot 0,5 = 10$ метров.

По шести камням мальчик шел: $0,1 + 0,16 + 0,22 + 0,28 + 0,34 + 0,4 = 1,5$ с.

Таким образом, на том берегу он окажется через 2,9 с.

Ответ: 10 м и 2,9 с.

Способ № 2.

Пусть $v=7$ м/с – скорость первого прыжка, $u=1$ м/с – скорость перемещения мальчика по камню, $\Delta v=0,3$ м/с – уменьшение скорости за один прыжок, $d=1$ м – расстояние между камнями, $b=0,5$ м – ширина камня, $\tau=0,2$ с – время прыжка.

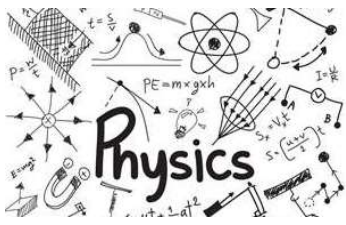
Так как скорость мальчика уменьшается, то на каком-то прыжке он просто не сможет допрыгнуть до следующего камня. На основании этого и определяется максимальная ширина реки.

Мальчик не сможет допрыгнуть до следующего камня или берега, когда его скорость станет меньше, чем $d/\tau = 5$ м/с.

На прыжке под номером N скорость мальчика станет равна: $v - \Delta v(N-1)$, так что можно найти номер прыжка, который станет последним:

$$d/\tau = v - \Delta v(N-1), \quad (1)$$
$$N \approx 7,67.$$

Таким образом, Мальчик-с-пальчик сможет прыгнуть 7 раз, а дальше уже не допрыгнет до берега или следующего камня.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

7 класс, 2020/2021 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 40 баллов.



За 7 прыжков мальчик переместится на расстояние $7d + 6b = 10$ м. Так что максимальная ширина реки, которую он сможет преодолеть, равна 10 метров. На прыжки он потратит $t_1 = 7 \cdot 0,2 = 1,4$ с.

Для ответа на второй вопрос необходимо учесть, что мальчик каждый раз приземляется в разные точки камней, поэтому каждый раз тратит разное время на то, чтобы дойти от места приземления до края камня.

Для камня под номером n это время определяется так:

$$t_n = \frac{b - ((v - (n - 1)\Delta v)\tau - d)}{u}. \quad (2)$$

Камней у нас всего 6 (раз семь прыжков), так что просуммируем и получим:

$$t = 6 \frac{b + d - v\tau}{u} + \frac{(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)\Delta v\tau}{u} = 1,5 \text{ с.}$$

Тогда на то, чтобы перебраться через реку, мальчику понадобится $T = t + t_1 = 2,9$ с.

Ответ: 10 м и 2,9 с.

Критерии оценивания:

| | |
|--|-----------------|
| 1 способ: | |
| Верный анализ каждого из прыжков с расчетом пройденных расстояний и времен перемещения по камням | 6 баллов |
| Определено, сколько всего будет прыжков | 1 балл |
| Определена ширина реки | 1 балл |
| Верно найдено общее время движения | 2 балла |
| | |
| 2 способ: | |
| Записано выражение (1) или аналогичное ему | 2 балла |
| Определено число прыжков | 2 балла |
| Определена ширина реки | 1 балл |
| Записано выражение (2) или аналогичное ему | 2 балла |
| Определено время, потраченное на перемещение по камням | 2 балла |
| Определено полное время | 1 балл |
| Итого за задачу: 10 баллов. | |