

**Дополнительный отборочный (заочный) этап Всесибирской открытой  
олимпиады школьников по физике  
25.12.2021-15.01.2022**

**Задачи 8 класса**

Возможные решения. Максимальный балл за задачу – 10.

1) Средняя (за каждые 10 км пути) скорость машины показана на графике справа, считая от начала движения. Чему равнялась средняя скорость на той части пути, которую преодолела машина за второй и третий часы движения вместе?

*Решение:* По определению, средняя скорость движения по пути равна отношению длины пути к времени движения (+1 балл).

Как следует из приведенного графика, скорость около 60 км/ч у машины сохранялась первые 40 км после начала движения. На этот отрезок потребовалось  $40/60=2/3$  ч = 40 мин.

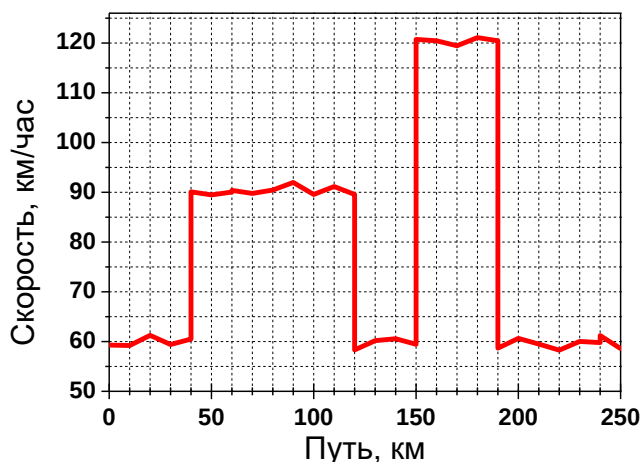
За следующие 20 минут машина, двигаясь со скоростью 90 км/ч, преодолела еще примерно  $90/3=30$  км. С этого момента (70 км от начала движения) начинается отсчет перемещения машины за второй и третий часы движения (+1 балл).

После этого она преодолела 50 км со скоростью 90 км/ч за  $5/9$  часа (+1 балл), уменьшила скорость до 60 км/ч и за  $1/2$  часа проехала 30 км (+1 балл). На эти два отрезка ей понадобилось всего  $5/9+1/2=19/18$  часа.

Затем скорость машины увеличилась до 120 км/ч, и следующий отрезок (40 км) примерно одинаковой скорости длился  $1/3$  часа (+1 балл). На эти три отрезка потребовалось время  $5/9+1/2+1/3=25/18$  часа.

В этот момент до конца третьего часа движения осталось  $11/18$  часа, и за этот промежуток времени машина проедет еще  $60 \cdot 11/18 \approx 36.7$  км (+1 балл).

Таким образом, за эти два часа поездки машина проехала  $50+30+40+36.7 \approx 156.7$  км (+1 балл), а ее средняя скорость составила примерно 78.3 км/ч (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

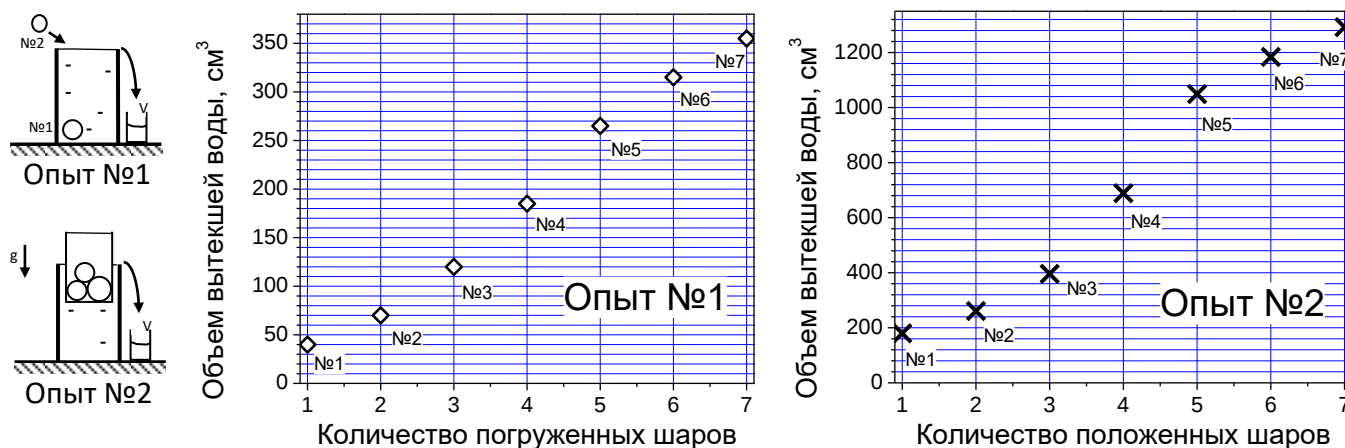


2) У школьника имеется 7 металлических шаров разного размера и сделанных из неизвестных ему металлов. Школьник пронумеровал эти шары от 1 до 7 и провел с ними две серии измерений:

а) Сначала он доверху заполнил большой сосуд водой. Затем он аккуратно опускал эти шары на дно сосуда и измерял общий объем вылившейся воды. Данные измерений показаны на графике №1.

б) В сосуд, также доверху заполненный водой, школьник опустил пустой пластиковый контейнер, в который могли бы поместиться все эти шары (контейнер с шарами при этом бы не утонул). После этого в контейнер осторожно помещались шары по одному, в прежнем порядке, и каждый раз снова измерялся общий объем вылившейся воды. Данные показаны на графике, расположенном справа.

Найдите по этим данным, сколько и каких шаров сделано из металла одного типа, считая шары сплошными. Какие металлы могли бы быть использованы при изготовлении этих шаров?



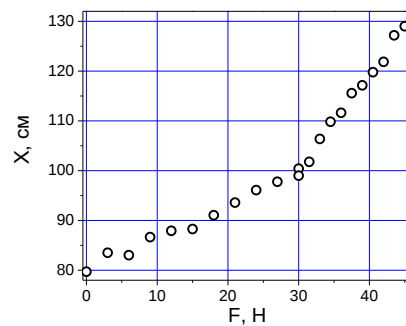
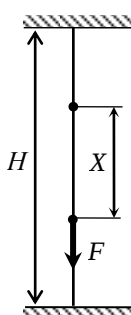
*Решение:*

В первом опыте определяются собственные объемы каждого из шаров: 40 см³ (№1), 30 см³ (№2), 50 см³ (№3), 65 см³ (№4), 80 см³ (№5), 50 см³ (№6), 40 см³ (№7) (всего 2 балла).

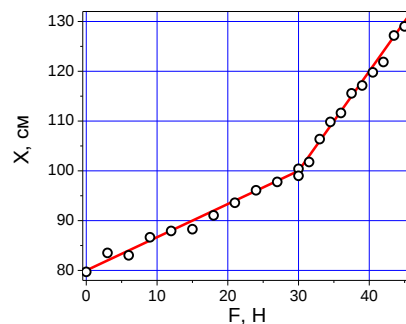
В опыте №2 определяется вес (mg) шара, равный, в соответствии с законом Архимеда (+1 балл), весу вытекающей через край воды. Вес контейнера, пока он плавает, на результат не влияет. Согласно данным на графике №2, примерные массы шаров следующие: 180 г (№1), 80 г (№2), 135 г (№3), 290 г (№4), 360 г (№5), 135 г (№6), 110 г (№7) (всего 3 балла).

Чистые металлы имеют характерную плотность, т.е по полученным данным надо определить плотность шаров (+1 балл). Расчет плотности показывает, что, с учетом приближенного характера данных, определяемых по графику, использованы два типа металлов с плотностью примерно 2.7 г/см³ (№2, №3, №6, №7) и 4.5 г/см³ (№1, №4, №5). Судя по плотности, этими металлами являются алюминий и титан. (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

**3)** Практически невесомая резинка растянута по вертикали между полом и потолком в комнате высотой  $H=2.40$  м. На ней есть два узелка, которые делят резинку на три равных части. К нижнему узелку прикладывают направленную вертикально вниз силу  $F$  и измеряют расстояние  $X$  между узелками. График зависимости  $X$  от  $F$  показан справа. Определите по этим данным коэффициент жесткости резинки, если он не зависит от натяжения резинки.



*Решение:* Обозначим искомый коэффициент жесткости  $k$ , начальное (при  $F=0$ ) натяжение резинки  $T_0$ , длину недеформированной резинки  $L_0$ . В этих обозначениях



$T_0 = k(H - L_0)$  (для получения ответа этого не нужно, но  $T_0$  и  $L_0$  тоже могут быть вычислены).

Разброс точек на графике на участках  $F < 30 \text{ Н}$  и  $F > 30 \text{ Н}$  сравнительно мал, а наклоны различаются довольно заметно. Поэтому представленные данные показывают, что на графике зависимости  $X(F)$  есть излом примерно при  $F = 30 \text{ Н}$  (+1 балл за указание на наличие и место излома с точностью не хуже 1 Н). Этот излом можно объяснить тем, что при  $F = 30 \text{ Н}$  нижняя треть резинки перестала быть растянутой и при дальнейшем увеличении  $F$  ее натяжение остается равным нулю и не влияет на растяжение верхней части (+3 балла).

Значит, при  $F > 30 \text{ Н}$ , когда растягивается только две трети длины резинки с коэффициентом жесткости  $3k/2$  (+1 балл), сила  $F$  увеличивается на 10 Н при растяжении на  $2 \cdot 20 = 40 \text{ см}$ , т.е.  $3k/2 \approx 10/0.4 = 25 \text{ Н/м}$  (+2 балла). Отсюда получаем, что  $k \approx 17 \text{ Н/м}$  (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

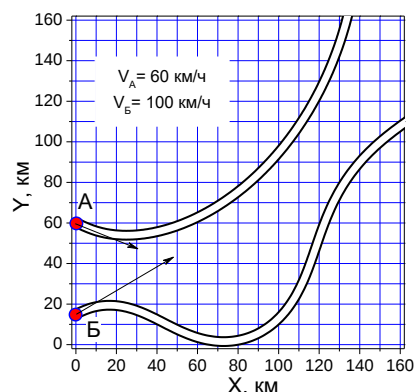
Это можно получить и другим образом. Если при  $F = 30 \text{ Н}$  расстояние между узлами равно 100 см, т.е. каждая из двух верхних (одинаковых) третей резинки имеет такую длину, то длина недеформированной трети резинки составляет 40 см. Отсюда следует, что полная деформация каждой из растянутых верхних третей резинки составляет примерно 60 см. Это позволяет вычислить коэффициент жесткости части резинки длиной  $L_0/3$  как  $k_1 \approx 30/0.6 = 50 \text{ Н/м}$ . Коэффициент жесткости этой, втрое более короткой части, равен  $3k$ , т.е. у всей резинки коэффициент жесткости  $k \approx 17 \text{ Н/м}$ .

Если корректно определена средняя жесткость по всему диапазону величины  $F$ , то всего ставится 3 балла. Хотя приведенный в условии график подразумевает, что нижний узелок в конце опустился ниже уровня пола (наверное, там был погреб).

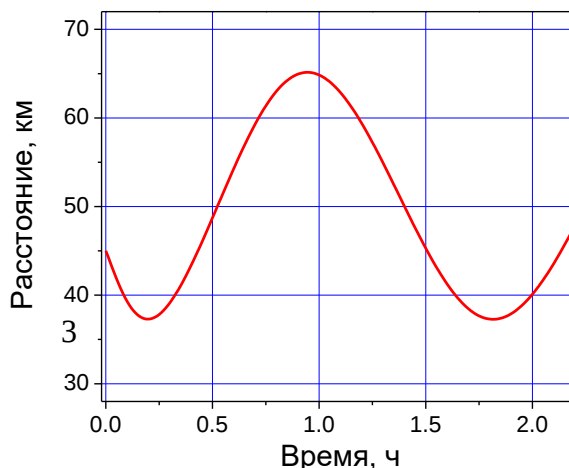
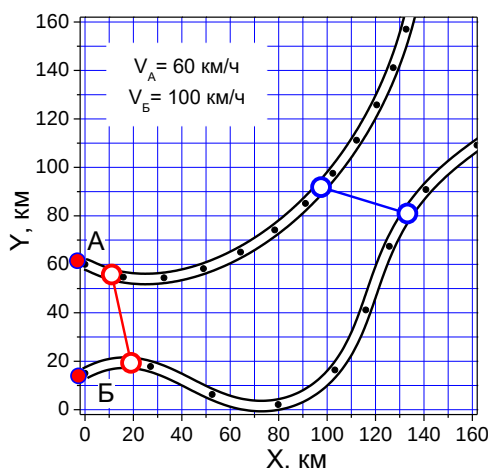
Для справки: в условиях задачи  $T_0 = 20 \text{ Н}$ , собственная длина всей резинки  $L_0 = 120 \text{ см}$ .

4) На карте изображены две дороги (см. справа). В некоторый момент времени в точках А и Б находятся две машины, которые двигаются с постоянными скоростями  $V_A = 60 \text{ км/ч}$  и  $V_B = 100 \text{ км/ч}$ , соответственно.

Строя на карте последовательно новые положения машин, в которых они оказываются каждые 10-15 минут, найдите минимальное расстояние между этими машинами на показанном участке карты. Отметьте соответствующие положения машин на карте. Указание: такие построения удобно выполнять с помощью циркуля.



Решение: Форма дорог и относительные скорости машин в данном случае подобраны так, что расстояния между машинами с большой точностью оказываются одинаковыми. На рисунке слева показаны некоторые последовательные положения машин в одинаковые моменты времени и выделены точки, соответствующие минимальному расстоянию около 37 км. Расчетная зависимость расстояния между машинами от времени показана на графике справа.



Полный балл за задачу ставится в том случае, когда сравниваются оба возможных варианта и делается вывод, что точности графического построения не хватает для однозначного выбора между ними. Например, к этому можно прийти, если проводить несколько разных вариантов построений.

Если однозначный выбор сделан на основании сравнения близких значений (на уровне 5%), то ставится 9 баллов. Если полученные значения расстояний различаются на 10-15% при достаточно аккуратных построениях, то ставится 7-6 баллов.

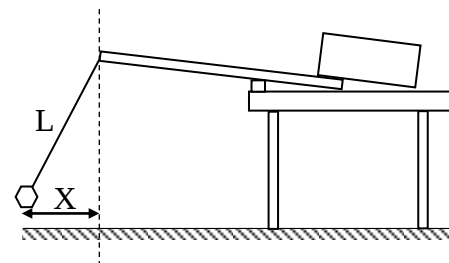
Если в решении не приводятся карты с отмеченными положениями машин, но как-то указаны координаты, где они находятся, то с общей оценки снимается 3 балла. Если области минимального расстояния указаны на карте из общих соображений без построений, ставится 1 балл.

### 5) Задача-эксперимент

В данной задаче для *подготовки* к опыту предлагается найти катушку прочных ниток, сравнительно небольшой металлический груз (гайка под ключ 27, свинцовое грузило массой 30-40 г и т.п.), длинную линейку или рулетку, часы с секундной стрелкой или секундомер на моб. телефоне. Для *проведения* опыта рекомендуется найти свободное пространство с характерным размером  $1.5 \times 1.5 \text{ м}^2$ , но это не обязательно.

Предлагается проделать следующее:

а) привязать груз к нити и закрепить свободный конец нити на каком-то достаточно жестком креплении. На рисунке справа показан вариант использования длинной палки. Важно, чтобы конец палки с привязанной нитью не менял легко свое положение.



б) измерить длину  $L$  нити от точки подвеса до центра груза, записать это значение *в таблицу* (пример таблицы с условными данными приведен ниже).

Выбрать некоторое значение  $X < L$  отклонения от вертикальной оси, проходящей через точку подвеса и тоже записать его в таблицу.

в) отвести груз на расстояние  $X$  от этой вертикальной оси (удобно положить линейку на пол так, чтобы 0 был точно под точкой подвеса) и отпустить груз.

г) определить с помощью секундомера время, за которое груз совершит 5-10 полных колебаний. Запишите это время *в таблицу*.

Чтобы не перепутать, сколько в каком опыте колебаний было совершено, заранее выберите это число и всегда отсчитывайте его. Для более точных измерений следите, чтобы размах колебаний такого маятника затухал не слишком сильно за время измерений.

д) повторите этот опыт для того же значения  $X$  еще два раза с записыванием времени колебаний.

е) снова отведите груз на расстояние  $X$  от вертикальной оси и *толкните* его *вбок* так, чтобы груз начал описывать, по-возможности, *круг* в горизонтальной плоскости. Это сделать не так просто, так что придется немного потренироваться. Измерьте время  $T_{вр}$ , за которое груз сделает 5-10 оборотов и запишите это время *в таблицу*.

ё) повторите этот опыт с прежним  $X$  еще два раза.

ж) измените значение  $X$  и повторите пункты в)-ё) с занесением результатов измерений в таблицу. Желательно провести измерения для 6-ти или более разных значений  $X$ .

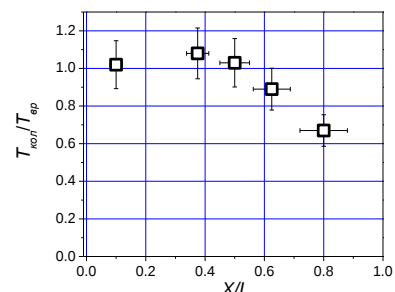
з) используя данные, внесенные в таблицу, для каждого конкретного значения  $X$  вычислите среднее значение времени для выбранного числа колебаний, поделите это среднее

значение на число колебаний. Полученное среднее значение времени одного колебания (период),  $T_{\text{кол}}$ , занесите в таблицу.

| №   | L,<br>см | X,<br>см | X/L   | Время 5 колебаний, сек<br>(колебания в плоскости) |     |     |         | $T_{\text{кол}}$ ,<br>сек | Время 5-ти оборотов, сек<br>(движение по окружности) |     |     |         | $T_{\text{вр}}$ ,<br>сек | $T_{\text{кол}}/T_{\text{вр}}$ |
|-----|----------|----------|-------|---------------------------------------------------|-----|-----|---------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|---------|--------------------------|--------------------------------|
|     |          |          |       | 1                                                 | 2   | 3   | среднее |                           | 1                                                    | 2   | 3   | среднее |                          |                                |
| 1   | 80       | 50       | 0.625 | 18                                                | 19  | 19  | 18.7    | 3.74                      | 18                                                   | 17  | 17  | 17.3    | 3.46                     | 1.08                           |
| 2   | 80       | 40       | 0.5   | 17                                                | 16  | 15  | 16      | 3.20                      | 17                                                   | 15  | 15  | 15.7    | 3.14                     | 1.03                           |
| 3   | 80       | 30       | 0.375 | 16                                                | 14  | 10  | 13.3    | 2.66                      | 16                                                   | 14  | 14  | 14.6    | 2.92                     | 0.89                           |
| ... | ...      | ...      | ...   | ...                                               | ... | ... | ...     | ...                       | ...                                                  | ... | ... | ...     | ...                      | ...                            |

и) то же самое сделайте с данными для движения по горизонтальной окружности. Полученное среднее значение времени одного оборота,  $T_{\text{вр}}$ , занесите в таблицу.

к) вычислите отношения  $X/L$  и  $T_{\text{кол}}/T_{\text{вр}}$  и представьте данные в виде графика зависимости отношения времен от отношения длин (пример - справа).



В данной задаче важно аккуратно проводить измерения!

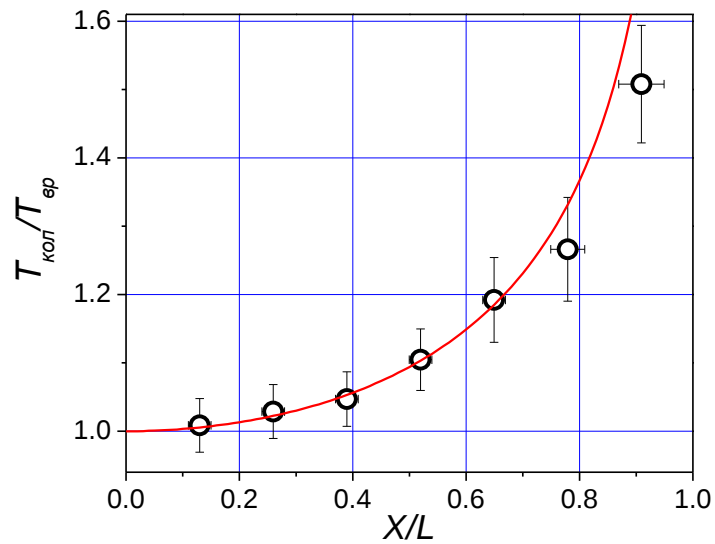
**Решением этой задачи считаются фотографии:**

- 1) установки для измерений (на фотографии должен быть виден груз, и из нее должно быть понятно, как проводились измерения  $X$ );
- 2) таблицы с внесенными данными измерений;
- 3) графика зависимостей отношения ( $T_{\text{кол}}/T_{\text{вр}}$ ) от ( $X/L$ ).

**Пример решения задачи (график)**

При проведении эксперимента важно обеспечить неподвижность точки подвеса маятника, чтобы эффективные значения  $L$  и  $X$  были надежно определены. Также важно следить, чтобы при вращении нити она не цеплялась за какие-нибудь неровности на подвесе.

На приведенном ниже графике показаны экспериментальные значения и расчетная кривая (красная линия). Одной из причин отклонения экспериментальных точек от теоретической зависимости является то, что в теории не учитывается сила сопротивления воздуха, действующая на движущиеся тело и нить. В эксперименте при увеличении значения  $X/L$ , т.е. в ситуации, когда вращение становится всё более быстрым, сила сопротивления воздуха движению нити становится все больше и больше. Это приводит к более заметному замедлению вращения и увеличению измеренного значения  $T_{\text{вр}}$ .



Если в представленном файле нет графика, но полностью выполнены два других условия, то ставится 5 баллов. Если нет графика и таблицы, то ставится 0 баллов. Если есть только график или только таблица, то ставится 0 или 1 балл, в зависимости от содержания представленной информации.

***Задача не считается решенной, если приводится только ответ!  
Желаем успеха!***