

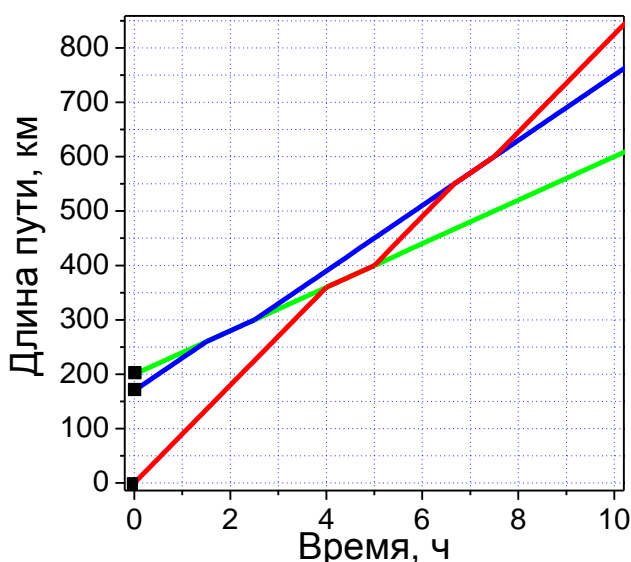
Второй этап (заочный) Всесибирской олимпиады по физике
(25 декабря 2018 г. - 20 января 2019г.)
Задачи 7 класса
Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. Из города А ведет узкая горная дорога, по которой в одну сторону едут три машины. В тот момент, когда машина №3 начала движение из г. А, машины №2 и №1 уже проехали 170 км и 200 км, соответственно. Все машины стараются ехать со своей максимальной скоростью, равной 40 км/час (№1), 60 км/час (№2) и 90 км/час (№3). Известно, что на участках от 250 км до 300 км, от 350 км до 400 км, а также от 525 км до 600 км, считая от г. А, обгон невозможен из-за малой ширины дороги. Построить график зависимости длины пути, который преодолели машины, в зависимости от времени (привести его в решении). Указать, на каком расстоянии вдоль дороги находятся каждая из машин через 10 часов после старта машины №3.

Решение:

Если не приводится график, то ставится максимум 1 балл.

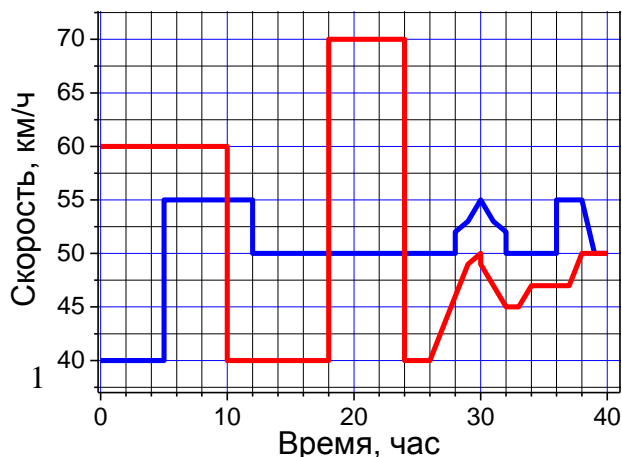
Если построен верный график без приведения численных значений искомых расстояний, то всего ставится 5 баллов. Если при построении графиков верно определен наклон линий на тех участках, где обгон возможен, но не учтено, что на других участках графики для обеих машин должны практически совпадать (размер машины много меньше 1 км!), то за неверно изображенный участок снимается 4 балла.



В полном решении должны быть явно указаны длины путей машин за 10 часов после старта машины №3: машина №1 проедет 600 км (+1 балл), машина №2 - 750 км (+2 балла), машина №3 – 825 км (+ 3 балла). Если ошибка в определении длины пути для машины №2 или машины №3 составляет от 5 до 10 км, то за каждую машину снимается 1 балл. Если ошибка составляет от 10 до 15 км, снимается по 2 балла.

2. Из пункта А по одной дороге выехали две машины. Зависимости их скоростей от времени показаны на рисунке справа. Определите, по возможности точно, какое максимальное расстояние между машинами было в показанный промежуток времени.

В решении привести не только ответ, но и его обоснование!



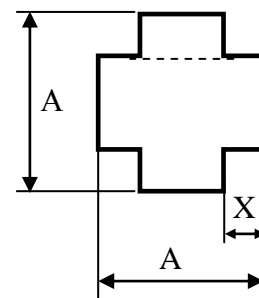
Решение: Сначала заметим, что первые 10 часов машина №2 едет с большей скоростью, то есть эта машина со старта вырывается вперед (+ 1 балл). При этом расстояние между машинами будет только увеличиваться, если скорость машины №2 будет больше, чем у машины №1 (+ 1 балл).

Таким образом, расстояние между машинами увеличивается до 125 км за первые 10 часов (+ 1 балл). За следующие 8 часов, это расстояние уменьшится на 90 км, т.е. до 35 км (+2 балла). Затем, машина №2 снова движется с большей скоростью, т.е. это расстояние увеличивается. Еще за 6 часов оно возрастет на 120 км, т.е. до 155 км (+ 2 балла). После, в обсуждаемый промежуток времени, расстояние между машинами будет только уменьшаться, причем заведомо не более чем на 310 км, что можно оценить, взяв крайние значения разницы скоростей (за проверку этого условия любым корректным способом +1 балл), т.е. значение 155 км и есть искомое максимальное расстояние между машинами (+ 2 балла).

3. Школьнику надо сделать коробку в форме параллелепипеда из квадратного листа бумаги размером $A \times A$. Для этого он собирается отрезать квадратные кусочки $X \times X$ от углов листа и загибать части листа (одна из линий сгиба показана на рисунке).

Выберите конкретное значение A . Выберите значение X , вычислите объем коробки, получающейся при данном X . Постройте график зависимости объема коробки от величины X для 8-10 значений X . С помощью графика определите значение X , при котором объем коробки будет максимальным.

Решением должен являться график указанной зависимости и максимальный объем коробки (не забудьте привести значение A !)



Решение: При данных значениях A и X объем коробки равен $V = X \times (A - 2 \cdot X) \times (A - 2 \cdot X)$ (+ 1 балл). Максимальный объем коробки достигается при $X = A/6$ (+2 балла) и равен $V = 2 \cdot A^3/27$ (+7 баллов при аккуратно построенном графике). Если полученное из графика значение отличается от приведенного менее, чем на 10%, то ставится 10 баллов. Если разница составляет от 10 до 20 %, то ставится 7 баллов, если отличие превышает 30%, то ставится всего 3 балла.

Если график построен очень неаккуратно, то оценка может быть снижена еще на 1-2 балла.

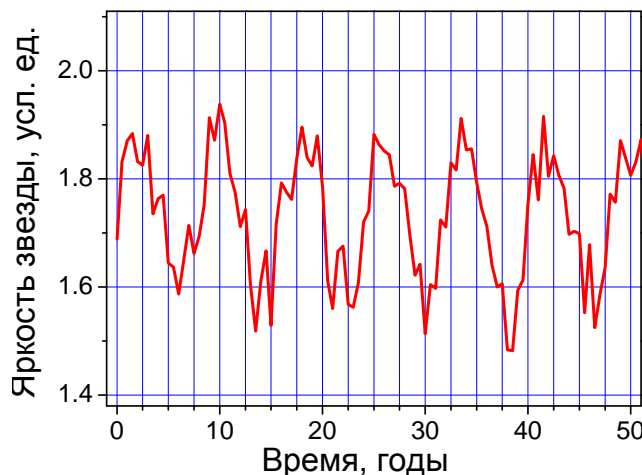
У задачи существует аналитическое решение, в котором используется материал, изучаемый в старших классах. Если приводится такое решение без графика, то за него ставится всего 2 балла.

4. Астрономы много лет измеряли яркость далекой звезды A , которая очень похожа на наше Солнце. Участок измеренной зависимости яркости от времени приведен на графике справа.

Как всегда бывает при измерениях, на полученной зависимости есть случайные искажения – так называемый шум. Но на фоне шума можно разглядеть регулярные колебания яркости, которые объяснили тем, что вокруг этой звезды по круговой траектории вращается крупная планета X .

Если это так, то как по этим измерениям примерно определить расстояние между планетой X и звездой A ?

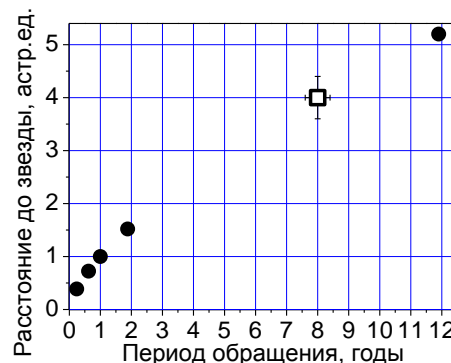
Для ответа на этот вопрос сначала найдите где-нибудь данные о планетах Солнечной системы и построьте график зависимости расстояния между планетой и Солнцем от периода ее обращения (для Земли: расстояние – 1 астр. ед., а период обращения – 1 год).



Решением данной задачи должен быть *график* указанной зависимости для Солнечной системы, на котором отчетливо отмечено положение, соответствующее планете X. *Приведите* соображения в пользу такого выбора. *Указание: точки на графике соединять не надо!*

Решение. По графику определим, что период обращения планеты X равен примерно 8 лет (+ 3 балла). Точнее всего посчитать длительность 5 периодов. Например, можно посчитать минимумы от 7 лет до 47 лет. При этом точность определения минимума – примерно 1 год, т.е. период будет определен с точностью около $(1+1)/5=0.4$ года. Можно сказать, что искомое значение периода лежит где-то между 7.5 и 8.5 лет (+ 1 балл).

Если аккуратно нарисовать график, на котором приведено расстояние между Солнцем и планетой в зависимости от периода обращения соответствующей планеты, то выяснится, что период обращения 8 лет был бы у планеты, которая находится на расстоянии примерно 4 астрономических единицы (4 а.е. \approx 600 млн. км). 4 а.е. – это весьма точный ответ. Если считать, что между Марсом и Юпитером зависимость на графике линейная, то получится 3.8 а.е. (считается эквивалентным ответом).



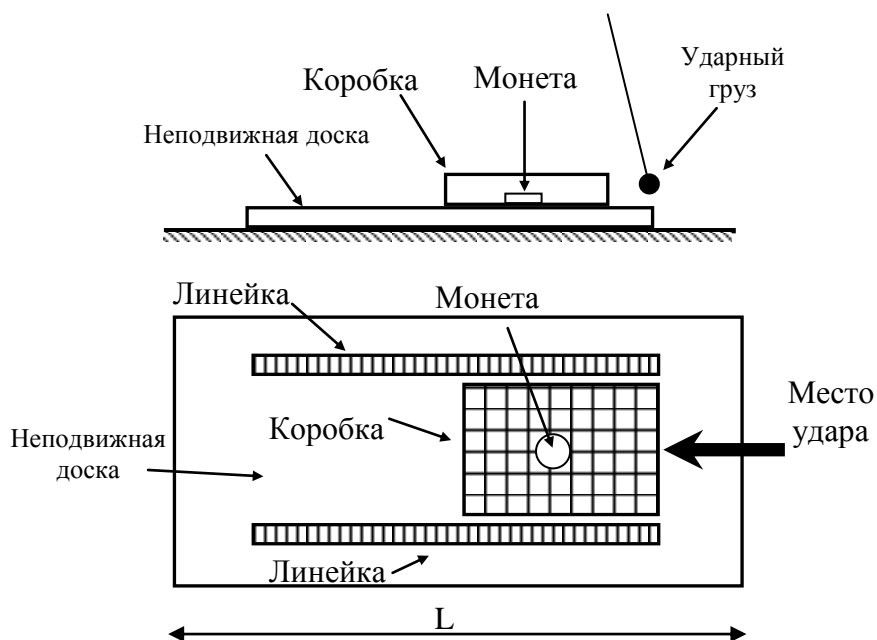
Ответ можно обосновать следующим образом. Поскольку звезда А такая же, как и Солнце, то, если бы планета X была в Солнечной системе на том же расстоянии, то ее период обращения должен был бы быть тот же самый, что и вокруг звезды А (+ 3 балла). Значит, планета X находится на расстоянии примерно 4 а.е. Наиболее точный ответ по графику в данном случае можно получить, если откладывать по осям не сами значения, а их логарифмы (спросите учителя математики, что это такое).

Если точка для планеты X поставлена достаточно аккуратно, то она должна соответствовать расстоянию 4 астрономических единицы (+ 3 балла), или, примерно, 600 млн. км. Если вообще не обсуждается точность, с которой получены численные значения, то снимается 1 балл. Если отличие от верного ответа превышает 0.5 астр. ед., то за приведенный ответ баллы не добавляются (т.е. максимум 7 баллов).

5. В этой задаче предлагается провести исследование относительного движения монетки и картонной коробки. Составные части экспериментальной установки:

- 1) предмет с ровной твердой поверхностью для основания установки – лучше всего иметь отдельную достаточно широкую доску, чтобы ее можно было наклонять (если можно будет легко наклонять стол – сгодится и стол). Если найдется негладкая доска, ее можно покрыть газетой. *Для анализа данных проведенного эксперимента нужна будет длина L этой доски;*
 - 2) Картонная коробка, которая должна быть достаточно жесткой, чтобы ее форма под собственным весом коробки не менялась. Если стенки коробки окажутся легко гнущимися, их нужно усилить, наклеив дополнительные полоски из картона;
 - 3) монетка;
 - 4) устройство для того, чтобы совершать легкие удары по коробке. Например, стрелять из нее из игрушечной пушки, ударять грузиком на нитке и т.п.
- Вариант подобной установки с грузиком в качестве ударного устройства показан на рисунке (вид сбоку и вид сверху).

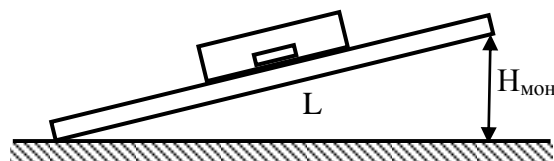
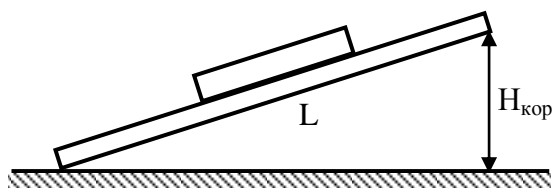
Схема экспериментальной установки



На дно коробки следует наклеить лист бумаги в клетку, чтобы было легко измерить смещение монеты относительно коробки. Рядом с коробкой надо положить линейку, лучше две с разных сторон, чтобы точнее определять смещение коробки (если линейки две, то таким смещением нужно считать среднее арифметическое смещений противоположных углов).

Проведение предварительных измерений:

1) разместить коробку на доске и поднимать один край доски до тех пор (см. рис.), пока коробка не начнет медленно сползать вниз. Записать значение высоты $H_{кор}$ поднятого края в таблицу (см. ниже)



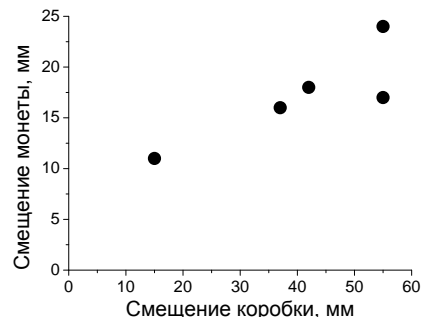
2) положить в коробку монету, коробку положить на доску и снова поднимать один край доски до тех пор (см. рис.), пока монета в коробке не начнет медленно сползать вниз. Если коробка начинает сползать раньше, то придержать коробку пальцем. Записать значение высоты $H_{кор}$ поднятого края доски, при котором начинает сползать монета в коробке в таблицу.

Проведение измерений:

- 1) Разместить доску горизонтально;
- 2) Положить коробку на доску так, чтобы легко было измерить ее смещение по линейкам;
- 3) Разместить монету в коробке. Лучше сделать отметку, чтобы всегда ее класть в одно и тоже место;
- 4) Отвести грузик в сторону, отпустить его так, чтобы он ударил в середину боковой стенки коробки (сила удара должна быть такой, что коробка сдвинулась хотя бы на 3-5 см.);
- 5) Измерить смещение коробки относительно доски, занести результат в таблицу (см. образец ниже);
- 6) Измерить окончательное смещение монетки относительно коробки, записать его в таблицу;
- 7) Повторить пункты 2-6 несколько раз, лучше десять или больше.

$L=75\text{ см}; H_{кор}=28\text{ см}; H_{мон}=17\text{ см}$		
№	Смещение коробки, мм	Смещение монеты, мм
1	62	27
2	82	35
...

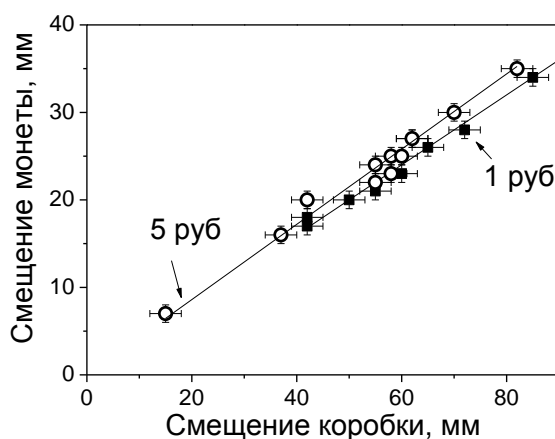
После проведения измерений надо построить график зависимости измеренной величины смещения монеты $X_{мон}$ от соответствующего смещения коробки $X_{кор}$. Условный пример показан справа.



Решением задачи является *фотография установки, таблицы и графика*, на котором точками изображена зависимость величины смещения монеты $X_{\text{мон}}$ от соответствующего смещения коробки $X_{\text{кор}}$. На графике должны быть *результаты измерений для не менее чем 8-ми независимых измерений* величины $X_{\text{мон}}$ при разных $X_{\text{кор}}$.

Будет очень полезно также привести кратко описание того, что удалось заметить неожиданного во время проведения измерений.

Решение: На графике приведены графики измерений для двух монет, достоинством 1 и 5 рублей с указанием ошибки измерений обоих смещений.



В проведенных экспериментах при $L=75$ см, $H_{\text{кор}}=28$ см и $H_{\text{мон}}=17$ см при больших смещениях предметов хорошо видно, что монета останавливается относительно основания позже, чем коробка. При этом монета сначала движется назад относительно коробки, но вперед относительно основания. Затем, после остановки коробки относительно основания, монета некоторое время продолжает двигаться в прежнем направлении, т.е. вперед относительно и основания, и коробки.

В случае, когда монета много легче коробки и трение небольшое, т.е. L заметно больше, чем $H_{\text{кор}}$ и $H_{\text{мон}}$, то можно получить довольно простое примерное выражение для углового коэффициента зависимости смещения монеты от смещения коробки. Например, при $H_{\text{кор}} > H_{\text{мон}}$, угловой коэффициент на рисунке должен быть примерно равен $1 - 2 \cdot H_{\text{кор}} \cdot H_{\text{мон}} / (H_{\text{кор}} + H_{\text{мон}})^2$. Зависимость, представленная на рисунке, имеет угловой коэффициент несколько меньше. По-видимому, причины заключаются в том, что в расчетной модели у коробки начальная скорость появляется мгновенно, а в реальном эксперименте время разгона коробки оказывается не столь малым. Например, если пытаться толкнуть коробку шелчком пальца, то смещения коробки станут относительно еще больше, т.е. угловой коэффициент еще уменьшится.

Если $H_{\text{кор}} < H_{\text{мон}}$, то угловой коэффициент на рисунке должен быть примерно равен $H_{\text{кор}} / (H_{\text{кор}} + H_{\text{мон}})$. Разумеется, эти оценки годятся только в том случае, когда монетка не стучится о борт!

Если на графике приведено от 5 до 8 точек, то ставилось максимум 7 баллов. Если меньше 5-ти, то 2 балла. За отсутствие фотографии таблицы или установки снималось 5 баллов. Если не было графика, то ставилось 0 баллов.

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