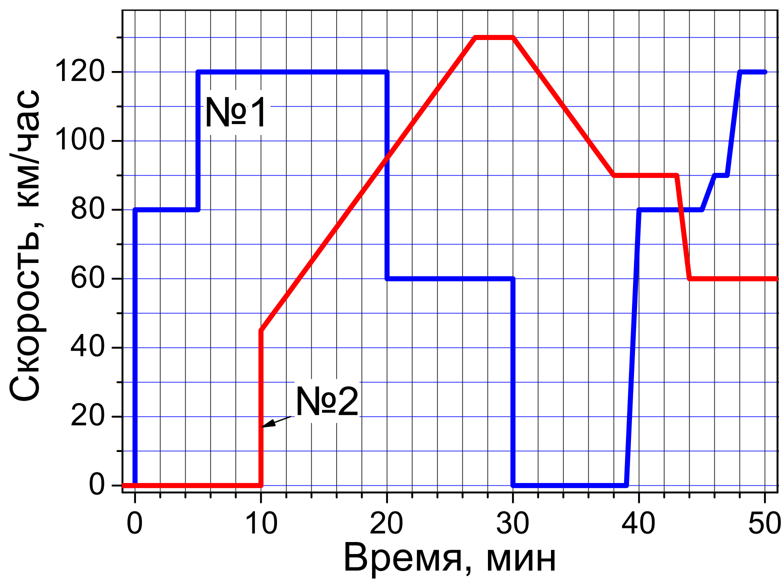
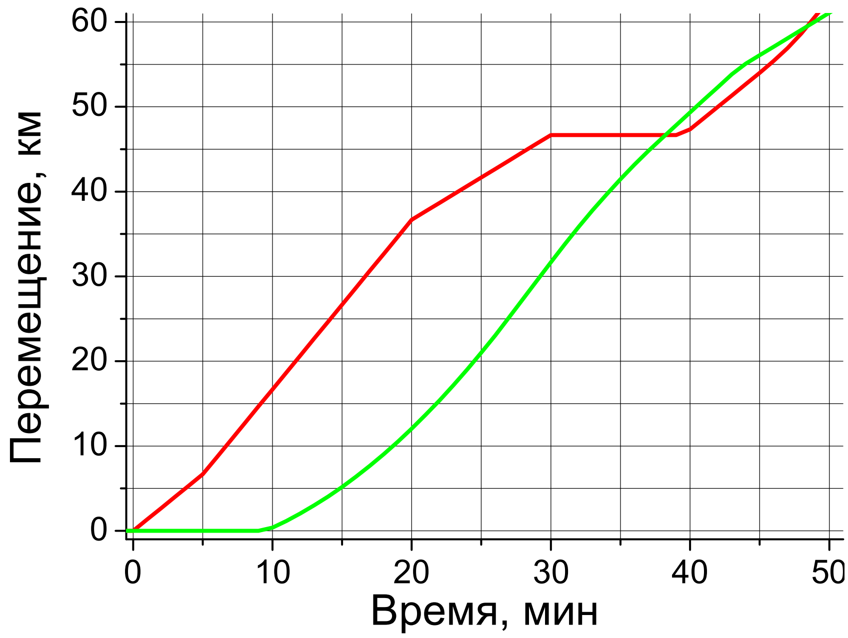
II этап (заочный) Всесибирской олимпиады по физике (декабрь 2017 г. – январь 2018)
8 класс
Возможные решения (максимальная оценка за задачу – 10 баллов)

1) Из пункта А по одной дороге выехали две машины. Зависимости их скоростей от времени показаны на рисунке справа. Отсчет времени ведется от момента отправления первой машины (№1). Какой путь проедет вторая машина к тому моменту, когда она обгонит машину №1?
Постройте и приведите в решении поясняющие графики зависимостей длины пути от времени для каждой машины.



Решение: Рассчитывая длины путей машин, как площади под графиками V(t), получим, что к моменту остановки машины №1 через 30 минут, она проедет примерно 46.7 км (+ 2 балла). Машина № 2 к этому моменту проедет примерно 32 км (+1 балл). Еще через 8 минут машина №2 проедет еще почти 15 км, т.е. она обгонит машину №1, пока та стояла (+ 1 балл). Значит, машина №2 тоже проедет к моменту обгона примерно 46.7 км (+2 балла), затратив на это на 10 минут меньше.

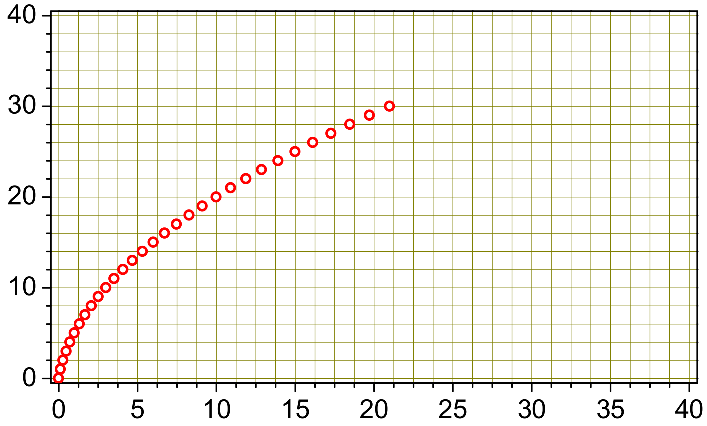
Графики зависимости пути от времени имеют такой вид:



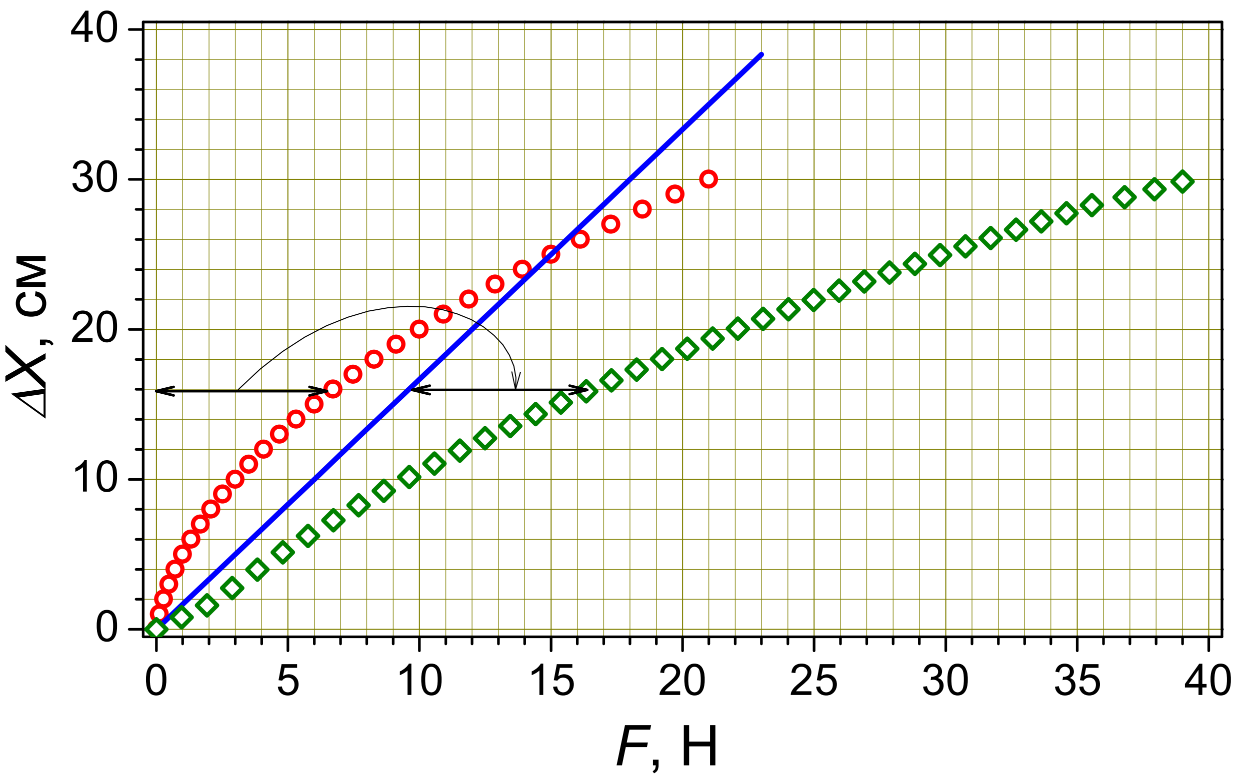
Если не приведены графики (по + 2 балла за каждый график), то за корректно полученный ответ ставится 6 баллов.

2) Школьник нашел пружину, которая имела необычный вид. Он измерил зависимость растяжения ΔX от величины сил F, которые растягивают пружину. Полученная им зависимость показана на рисунке, который приведен снизу. Изобразите, по возможности поточнее, график зависимости растяжения от величины растягивающих сил, которые школьник должен был бы получить в случае *параллельного* соединения этой пружины и обычной пружины с жесткостью 60 Н/м.

График построить в диапазоне значений *F* от 1Н до 40 Н (примерно). В недеформированном состоянии пружины имели одинаковую длину. Построение обосновать.



Решение: На этом же графике изобразим зависимость величины сил, которые растягивают пружину с жесткостью 60 Н/м =0.6 Н/см, от величины растяжения (синяя прямая, + 1 балл за построение такого графика или корректный учет деформации такой пружины при вычислениях).



При *параллельном* соединении пружин одинаковой исходной длины обе пружины растягиваются на одинаковую величину (+ 1 балл). Силы, которые требуется приложить к их концам для таких растяжений, будут по величине равны сумме сил, которые растягивают каждую из пружин (+ 2 балла, если это условие корректно использовано при решении).

Для примера, для растяжения обычной пружины на 16 см требуется приложить к ее концам направленные в разные стороны силы, равные 9.6 Н. Для другой пружины то же растяжение требует сил величиной примерно 6.7 Н. Равнодействующая сил, приложенных к пружинам с одной стороны, составляет примерно 16.3 Н. Или наоборот, сила 16.3 Н, растягивающая эту систему пружин, изменит их длину примерно на 16 см.

Складывая для данной величины силы значения соответствующих сил, как проиллюстрировано на рисунке, получаем точки искомого графика (+ 6 баллов). Если выполнены корректные построения только при F, не превышающем 30 Н, то ставится 7 баллов.

3) Имеется 10 одинаковых флаконов с жидкостью. Они хранятся внутри ящика, из которого тепло наружу не выходит. Для лучшего хранения каждый флакон надо на некоторое время нагреть до температуры +90 ^{o}C. Для этого взяли первый флакон и нагрели его до нужной температуры, затратив на это количество теплоты Q=30 кДж. Затем поставили его внутрь ящика и подождали, пока температуры всех флаконов не выровнялись за счет теплообмена. Затем взяли флакон №2 и проделали с ним ту же самую процедуру, включая последующее выравнивание температур, и т.д. Какое количество теплоты потребуется для прогрева 10-го флакона?

Решение:

Поскольку флаконы все одинаковые, то теплоемкости *C* у всех одинаковые (+ 1 балл). В первый раз изменение ΔT_1 температуры флакона №1 связано с количеством энергии соотношением $C \cdot \Delta T_1 = Q$ (+ 1 балл). При последующем распределении этой избыточной энергии по всем N=10 флаконам внутри ящика, температуры не нагревавшихся флаконов возрастут на $\Delta T_1/N$ градусов (+2 балла). После этого флакон №2 достаточно будет подогревать на $\Delta T_1 - \Delta T_1/N = \Delta T_1 \cdot (N-1)/N$, т.е. для этого потребуется $Q_2 = Q \cdot (N-1)/N = 27$ кДж (+ 1 балл). Сама по себе величина конечной температуры не имеет значения, главное, что она для всех одинакова (+ 1 балл).

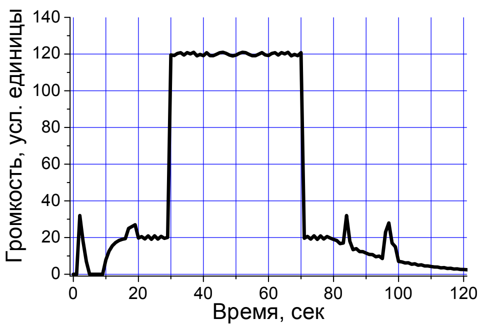
Можно заметить следующее: приведенное выше рассуждение верно для любой пары соседних флаконов, т.е. не только для №2 и №1 отношение изменений температур и затраченных энергий равно (N-1)/N, но и для №3 и №2, №8 и №7 и т.д. Т.е. для прогрева №10 надо будет $Q \cdot [(N-1)/N]^{N-1}$ (+1 балл).

Вычислить значение коэффициента $[(N-1)/N]^{N-1}$ без калькулятора быстро не получится. При N=10 получается $(0.9)^9 \approx 0.39$, т.е. для 10-го флакона потребуется $Q_{10} \approx 11.6$ кДж (+3 *балла*).

Интересно, что даже если флаконов в ящике было бы гораздо больше, например, N=100000000, то отношение Q_N/Q будет примерно таким же, около 0.37. Связано это с тем, что коэффициент $[N/(N-1)]^N$ при увеличении N будет все ближе и ближе к числу *e*=2.7182818284590… (1/*e*≈0.367879441…). Если хочется узнать, что это за число, можно посмотреть учебник по алгебре для 11 класса.

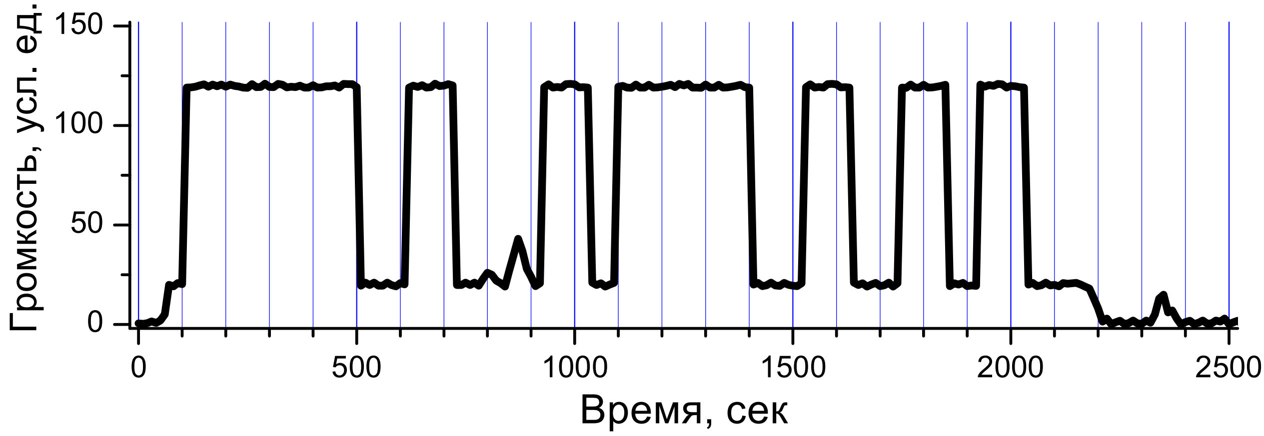
4) Школьник взял микрофон из школьной лаборатории и стал записывать звуки в столярной мастерской, в которой был станок для распиливания древесины.

Когда на этом станке распилили кусок фанеры шириной 15 см, то у него получилась запись громкости в зависимости от времени, как показано справа:



Потом в этой мастерской распилили без остатка один большой квадрат из той же фанеры на несколько меньших квадратов. При этом запись громкости звуков имела такой вид, как показано ниже:

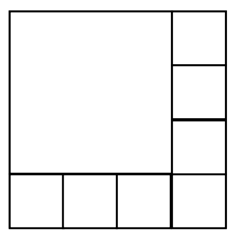
Сколько всего новых квадратов получилось из исходного листа фанеры? Чему примерно равна площадь самого большого из новых квадратов, если шириной реза можно пренебречь?



Считается, что распил производится от края до края одного целого куска фанеры с постоянной скоростью, и что все представляют себе, как пилят древесину. Если нет, то спросите у родителей.

Решение: Судя по первому графику, распиливание куска на длину 15 см требует 40 сек, т.е. скорость распиливания такой фанеры на данном станке составляет 15/40 см/сек (+1 балл). Так как самый долгий распил на другом графике длится примерно 400 сек, т.е. он имеет длину около 1.5 м (+ 1 балл), а сам исходный лист был квадратом с длиной стороны примерно 1.5 м (+1 балл).

Судя по второму графику, всего сделано 7 распилов от края до края, т.е. всего получится 8 частей, которые по условию являются квадратами (+2 балла). Самые короткие распилы длятся вчетверо короче, чем самый долгий, причем это соотношение, 1:4, определяется точнее, чем сами по себе времена – иначе не получить квадратов. Таким образом, длина стороны самых малых квадратов составляет около 37.5 см. Отсюда следует, что от прямоугольника, оставшегося после первого распила, должны были, как минимум, отрезать часть, равную по длине малому квадрату (+1 балл). В противном случае не все детали в конечном итоге получились бы квадратами.



Искомые длительности звуков соответствуют распиливанию исходного квадрата на 8 частей, как показано на рисунке (за определение способа распила + 2 *балла*): сначала сделали длинный распил на всю длину стороны исходного квадрата. Затем от образовавшегося прямоугольник с соотношением сторон 1:4 отпилили два меньших квадрата с длиной стороны в 4 раза меньше, чем у исходного. Затем отпилили прямоугольник с соотношением сторон 1:3 от оставшегося куска фанеры так, что получился квадрат с длиной стороны ¾ от исходного квадрата. Затем каждый из оставшихся двух прямоугольников с соотношением сторон 1:2 и 1:3 распилили, соответственно, на 2 и 3 квадрата. Т.е. получилось 7 малых квадратов и один большой, который имеет площадь 9/16 от площади исходного квадрата, что составляет примерно 1.3 м^2 (+ 2 *балла*).

5) Задача-эксперимент

В физике довольно часто приходится сталкиваться с экспериментами, в которых многократно проводятся однотипные измерения. Причем результат эксперимента получается не из каждого измерения по отдельности, а из всех вместе. Данная задача чем-то напоминает такой тип эксперимента.

Для *подготовки* к проведению измерений предлагается сделать следующее:

а) Изобразите на достаточно большом листе бумаги 15-20 окружностей с одним центром (вполне достаточно листа, склеенного из двух листов формата А4). Радиусы окружностей должны возрастать на одну и ту же величину (удобно брать 8-10 мм) при переходе к следующей окружности;

б) Сомните из тонкой фольги, например, конфетной, что-то похожее на кубик размером 4-5 мм. «Кубик» должен быть довольно плотный и не должен хорошо катиться, если его бросить на ровную поверхность;

в) Положите лист с нарисованными окружностями на ровную горизонтальную поверхность (горизонтальность можно проверять с помощью круглых предметов);

Измерения:

Возьмите «кубик» из фольги, разместите над центром окружностей и уроните на лист. Место, где он остановился, отметьте точкой с помощью ручки, фломастера и т.п. Можно изготовить бросаемое тело и любым другим способом, лишь бы оно могло хотя бы раз отскочить от поверхности;

Повторите бросание «кубика» много раз с той же самой высоты, 200 или больше раз, и каждый раз отмечайте место остановки «кубика»;

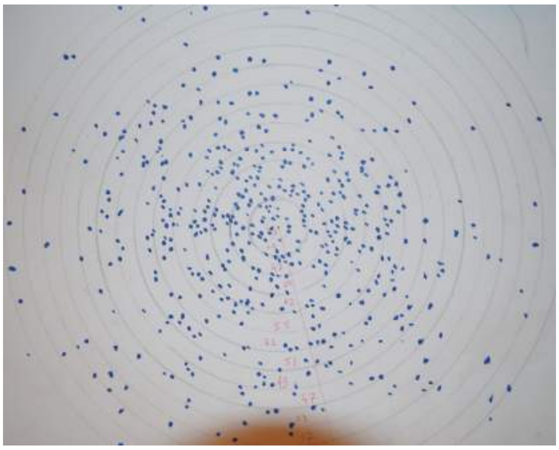
Высоту подберите так, чтобы «кубик» редко вылетал за самую большую окружность. Для ускорения работы и повышения точности можно разместить с помощью длинной рейки над центром листа бытовую воронку и бросать кубик в нее. Можно придумать еще что-нибудь.

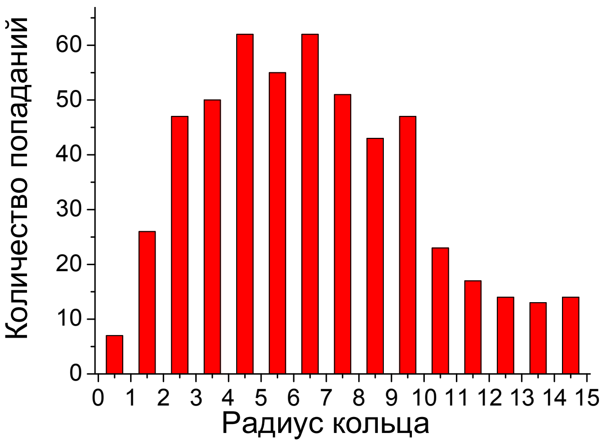
Затем посчитайте число точек в каждом из колец (полос между соседними окружностями), считая их от центра. Внесите числа в таблицу вроде такой, как показано на рисунке.

Далее надо обработать эти данные, составив график (он имеет специальное название - гистограмма), который показывает, сколько точек попадает в кольцо с данным номером (дан пример для приведенной таблицы). Вместо номера можно отложить внешний радиус кольца.

Решением является фотографии экспериментальной установки, листа с окружностями и отмеченными на нем точками, а также полученной гистограммы.

Решение: При бросании 520 раз смятого «кубика из фольги» с высоты 10 см через воронку над центром концентрических окружностей с максимальным диаметром 29 см получились такие распределения мест падения «кубика» и гистограмма:





Если число окружностей составляет от 10 до 15, а число бросаний - от 150 до 200, то ставится 8 баллов, если число окружностей - от 10 до 15, а число бросаний - от 100 до 150, то ставится 5 баллов. Если окружностей меньше 10 и число бросаний меньше 100, то ставится 2 балла. При отсутствии фото листа с точками убавляется 3 балла, при отсутствии фото с установкой убавляется 1 балл.