II (заочный) этап Всесибирской открытой олимпиады школьников

Физика, задачи для 8 класса

Возможные (т.е. не самые изящные) решения с баллами (максимум – 10 баллов)

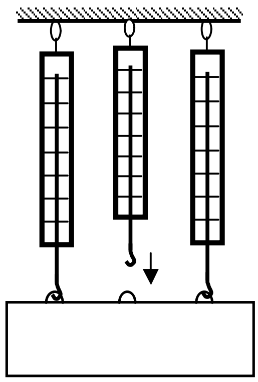
1) Машина ехала из пункта А в пункт С, проезжая пункт Б. До Б она ехала со средней скоростью 80 км/ч. После Б две трети оставшегося расстояния она ехала с постоянной скоростью 50 км/ч, а на заключительном отрезке скорость увеличилась вдвое. Какова была средняя скорость машины на всём пути из А в С, если на дорогу от Б в С было затрачено времени втрое больше, чем на дорогу из А в Б?

Решение: Обозначим расстояние от А до Б переменной L_1, расстояние от Б до С обозначим как L_2, переменной Т обозначим время поездки от А до Б. Согласно условию, время поездки от Б до С составило 3Т (+ 1 балл). Тогда, *по определению*, искомая средняя скорость на всем пути будет выражаться через эти переменные как $V_{AC} = \frac{L_1 + L_2}{T + 3T}$ (+1 балл).

Время движения на первых двух третях расстояния от Б до С, т.е. на расстояние $2L_2/3$, вчетверо больше, чем время движения по последней трети, т.к. длина вдвое меньше, а скорость вдвое выше (+ 2 балл). Таким образом, время движения на первом из этих двух участков составило $12 \cdot T/5$ (+1 балл), а на втором $3 \cdot T/5$ (+ 1 балла). Значит, выражение для средней скорости можно переписать:

$$V_{AC} = \frac{(80\,\frac{км}{ч}) \cdot T + (50\,\frac{км}{ч}) \cdot 12 \cdot T/5 + (100\,\frac{км}{ч}) \cdot 3 \cdot T/5}{T + 3T} = \frac{80\,\frac{км}{ч} + 120\,\frac{км}{ч} + 60\,\frac{км}{ч}}{4} = 65\,\frac{км}{ч}$$

(+ 4 балла). За отсутствие явно выписанного ответа снимается 2 балла.

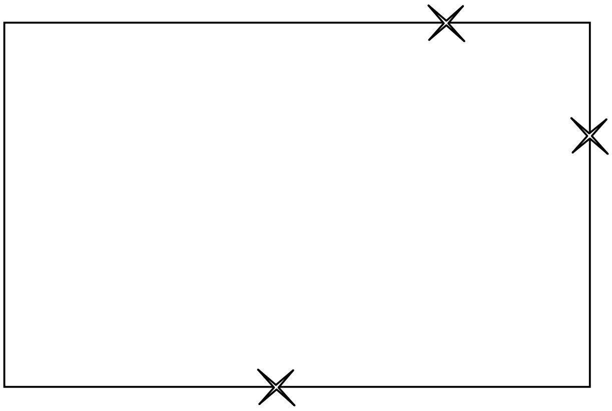


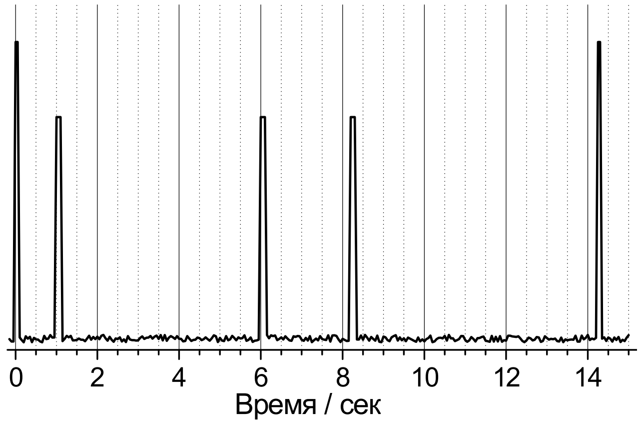
2) У школьника было три динамометра. Два динамометра были одинаково длинные и рассчитаны на максимум показаний 20 Н. Третий тоже был рассчитан на 20 Н, но его полная длина, как и длина шкалы, была на 5 см меньше. Школьник разместил динамометры над лежащим на столе грузом с весом 31 Н и, чтобы зацепить крючок среднего, короткого динамометра, он тянул крючок вниз рукой. Из-за этого, когда крайние динамометры были еще нерастянуты, средний уже показывал 5 Н. Затем школьник поднял все динамометры с грузом над столом. Что стал показывать средний динамометр?

Решение: Согласно условию, жесткость пружины среднего, короткого динамометра равна 1 Н/см (+1 балл). Тогда длина шкалы этого динамометра, рассчитанного на F0=20 Н, равна L1=20 см, длины шкал крайних динамометров равны L2=25 см (+ 1 балл). В результате подъема груза крайние пружины растянулись на одну и ту же величину (+1 балл). Обозначим это удлинение как X.

Тогда деформация средней пружины равна X+5 (+1 балл, примем сантиметры за единицы длины). Сила упругости, которая действует на груз со стороны среднего динамометра (*а это и есть его показания*), будет равна F1=F0*(5+X)/L1 (+ 1 балл). Для крайних грузов силы будут равны F2=F0*X/L2 (+ 1 балл). Сумма всех сил, приложенных к грузу, равна его весу P=31 Н, т.е. 2F2+F1=P (+1 балл). Подставляя выражения для сил в это уравнение, находим X=10 см (+1 балл). Показания этого динамометра будут равны 15 Н (+2 балла).

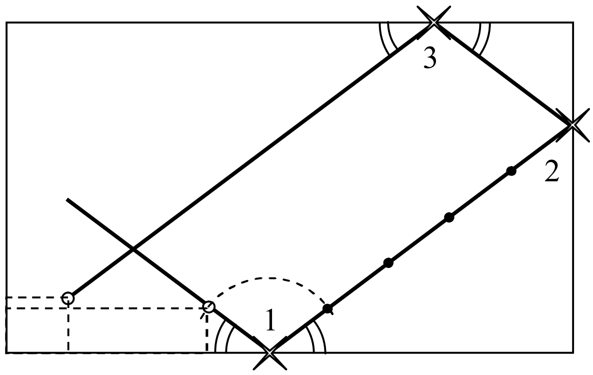
3) На прямоугольном биллиардном столе стоят два шара. По одному из них ударяют кием. Шар стукается три раза о борт, а затем – о второй шар. На рисунке показаны места ударов о борт, а на графике – зависимость громкости звуков в районе стола, считая от удара кием по первому шару.
Укажите на рисунке исходные положения шаров, если их размерами можно пренебречь. Удары о борт считать абсолютно упругими, т.е. происходящими без потерь кинетической энергии шара.





Положение шаров можно указать с помощью графических построений или определением координат в подходящих единицах относительно какого-либо угла (для удобства). Если не приводится объяснения построения, задача не считается решенной.

Решение: По графику можно определить отношение длительностей промежутков времени между ударами. Эти отношения составляют 1:5:(2.25):6 (+ 2 балла за точность не хуже ±10%). Поскольку скорость движения шара постоянна, то такое же соотношение должно быть между длинами отрезков, которые проходит шар между ударами (+2 балла). Из такого соотношения длин следует, что порядок ударов о борта был таким, как показано на рисунке, т.е. сначала был более длинный отрезок (+1 балл). Для проверки можно сравнить длины отрезков, соединяющих точки №1 и №2, и точки №2 и №3. Это соотношение также примерно равно 5:2.25, что показывает, что «лишних» громких звуков в районе стола не было.

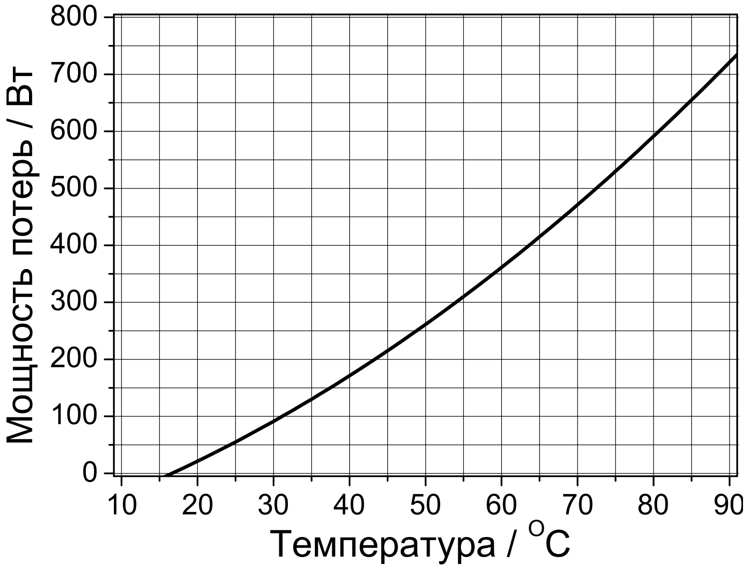


Поскольку при упругих ударах угол падения равен углу отражения (+1 балл), то для определения места положения первого шара сначала построим отрезок, изображающий траекторию первого шара до удара о борт. Этот отрезок начинается в т. №1, угол между ним и длинным бортом такой же, что и угол между бортом и отрезком, соединяющим места ударов №1 и №2, только он отложен с другой стороны (см. рис.). Длина искомого отрезка в 5 раз меньше, чем расстояние между точками №1 и №2. Одну пятую часть этого отрезка можно отмерить с помощью линейки или определить с помощью теоремы Фалеса. Аналогичным образом выполняется построение для определения положения второго шара.

За определение положения каждого шара с точностью не хуже 10 % от расстояния между точками №1 и №2 ставится по + 2 балла. Если ошибка (расстояние от «истинного» положения) составляет 30 % от расстояния между точками №1 и №2, то баллы за получение ответа не ставятся.

Если пользоваться координатным методом и принять размер длинного борта за единицу длины, то координаты первого шара относительно левого нижнего угла будут равны примерно 0.35 по горизонтали и 0.08 по вертикали. У второго шара координаты в этой же системе координат составят 0.11 и 0.1.

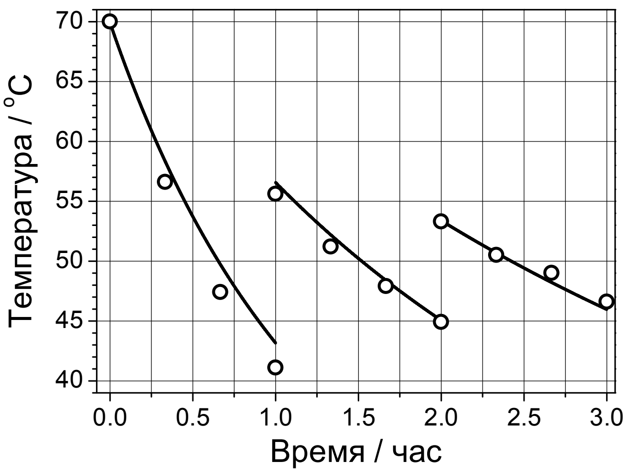
4) Пустой бак начинают заполнять водой, заливая в него по одному ведру горячей воды (10 л, 70 ^{o}C) каждый час. Собственная теплоемкость бака пренебрежимо мала, но зато происходит теплообмен между налитой в него жидкостью и окружающей средой. Зависимость количества тепловой энергии, отдаваемой жидкостью в окружающую среду каждую секунду (мощность тепловых потерь), от температуры жидкости приведена на графике.
Используя приведенный график, постройте, тоже в виде графика, *примерную (но, по возможности, поточнее)* зависимость температуры залитой в бак жидкости от времени в течение 2.5-3 часов, считая от момента заливания первого ведра.
Указание: полезно сначала составить таблицу, в которую занести результаты расчетов температуры через каждые, например, 20 минут.



Решение: Таблица, составление которой рекомендовано в формулировке задачи, может выглядеть следующим образом:

Время / минуты	T, температура в начале интервала / ^{o}C	N, мощность потерь / Вт	ΔQ, полные потери за 20 минут/кДж	ΔT, изменение температуры за 20 минут / ^{o}C
0	70	470	564	13.4 (m=10 кг)
20	70-13.4 = 56.6	320	384	9.2
40	56.6-9.2 = 47.4	220	264	6.3
60 (до добав-ления воды)	47.4-6.3 = 41.1	-	-	-
60 (после добавления)	(41.1+70)/2≈ 55.6	310	372	4.4 (m=20 кг)
80	55.6-4.4 = 51.2	260	276	3.3
100	47.9	220	264	3.1
120 (до)	44.9	-	-	-
120 (после)	(2·44.9+70)/3≈ 53.3	290	348	2.8 (m=30 кг)
140	50.5	260	312	2.5
160	49	250	300	2.4
180	46.6	...	...	...

Величина мощности потерь N для заданной температуры T определялась по графику и считалась постоянной в течение всего интервала длительностью Δt=1200сек (это несколько завышает потери). Количество энергии, отданное водой в процессе теплообмена, определялась как $\Delta Q=N\cdot\Delta t$.



Изменение температуры воды за этот интервал рассчитывалось как $\Delta T=\Delta Q/(mC)$, где m – масса залитой к данному моменту воды, C – удельная теплоемкость воды. Температура воды в баке в начале следующего расчетного интервала считалась равной $T-\Delta T$.

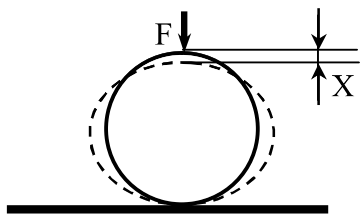
Температура воды после добавления новой порции горячей воды рассчитывалась в соответствии с уравнением теплового баланса $m_1\cdot T_1+m_2\cdot T_2=(m_1+m_2)\cdot T_x$

Рассчитанные таким образом значения температуры воды в зависимости от времени приведены на графике справа. На этом же графике линиями показано точное решение.

Отметим, что в таблицу результаты промежуточных вычислений заносятся с некоторым превышением точности (лишняя значащая цифра) с тем, чтобы уменьшить влияние накопления ошибок при многократных расчетах.

При качественно верном графике, на котором отражено остывание воды с разной скоростью и скачки температуры при добавлении горячей воды, ставится 3 балла. Если при расчете брался интервал длительностью 1 час, то, при отсутствии грубых расчетных ошибок, ставится 5 баллов. Если приведенная в качестве решения зависимость температуры от времени отличается от «точных» значений не более чем на 3 градуса, то ставится 10 баллов. Если на некоторых промежутках отличие превышает 3 градуса, то ставится 8 баллов, если отличия превышают 5 градусов, то ставится всего 5 баллов.

5) В этой задаче предлагается провести исследование упругих свойств бумажной трубы и определить коэффициент жесткости трубы при небольших деформациях. Для этого нужно взять лист хорошей, ровной бумаги и свернуть его, склеив или скрепив иным образом концы. Положить получившуюся трубу на бок и измерить зависимость смещения стенки цилиндра от внешней силы, которая действует сверху вниз. Способ прикладывания известной переменной силы - размещение разных грузов, использование рычагов и т.п. – выбирайте самостоятельно. Важно описать использованную процедуру в решении и привести фотографию установки. При решении задачи можно считать известным массу монеты достоинством 2 рубля (образца 1997 г.) – 5.1 г. Массу других использованных грузов, если это не калиброванные гири, следует определить экспериментально, используя двухрублевые монеты. Надо провести измерения для бумажных труб двух разных размеров. Можно, например, взять лист А4, его половину, два листа и т.п. Будет очень полезно также привести кратко описание того, что удалось наблюдать во время проведений измерений.

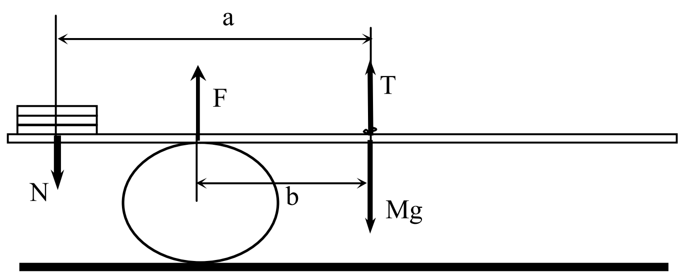


Решением является *фотография установки*, *график*, на котором точками отмечены *результаты измерений X(F) для не менее чем 5-ти* независимых измерений величины деформации трубы для каждого из использованных размеров. Кроме этого, надо привести среднее значение коэффициента жесткости для каждой трубы, *если* измерения покажут, что это понятие имеет смысл использовать.

Решение: для измерений было изготовлено два бумажных цилиндра. Для каждого из цилиндров использовался один лист формата А4 плотностью либо 80 г/м^2, либо 200 г/м^2, который склеивался короткими сторонами. Цилиндр приклеивался к плоскому основанию по линии касания узкой полоской клея.

Для прикладывания плавно регулируемой силы к поверхности цилиндра использовались монеты достоинством 2 руб. и достаточно жесткая линейка. Линейка подвешивалась на нити за центр масс с тем, чтобы не учитывать эффекты, связанные с ее собственным весом (Mg на рисунке). Монеты размещались на линейке, как проиллюстрировано на рисунке. Высота подвеса регулировалась так, чтобы при измерениях линейка была горизонтальна.

На рисунке показаны внешние силы, приложенные к линейке со стороны других тел и Земли. Условие равновесия линейки, записанное относительно точки подвеса, имеет вид:

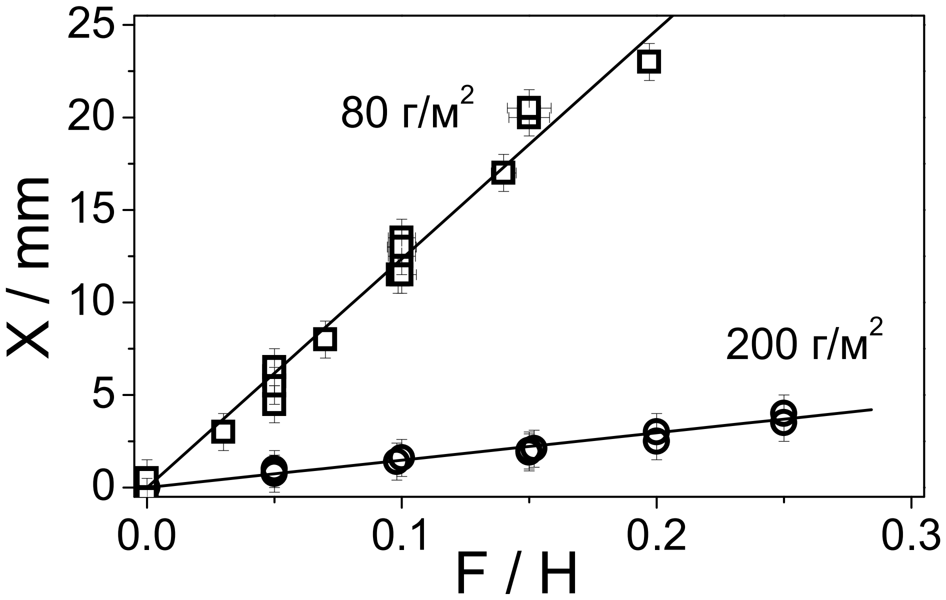


$$N\cdot a = F\cdot b, \quad \text{т.е.} \quad F = N\cdot a/b.$$

Здесь N – величина силы, действующей на линейку со стороны монет (в данной ситуации совпадает с величиной силы тяжести $n\cdot mg$, действующей на n монет массой m каждая), F – величина силы, действующей на линейку со стороны цилиндра (совпадает с величиной силы, приложенной к поверхности цилиндра). a и b - расстояния от точки подвеса линейки до места расположения центров монет и точки касания линейки и цилиндра, соответственно. При горизонтальном расположении линейки эти расстояния совпадают с расстояниями до линий действия сил N и F, т.е. равны плечам этих сил. Значения a и b определялись непосредственно по этой же линейке.

Величина деформации бумажного цилиндра определялась другой линейкой, устанавливаемой вертикально рядом с верхним краем цилиндра, как справа, так и слева. В качестве величины деформации X бралось среднее арифметическое смещений обоих краев цилиндра.

При измерениях было установлено, что деформация цилиндров не является совершенно упругой – после первого измерения при максимальной использованной нагрузке цилиндры оставались сплющенными на 1-2 мм по вертикали по сравнению со своим исходным размером. Однако при последующих измерениях остаточные деформации при полной разгрузке не превышали точности измерений высоты лежащего на боку цилиндра (1 мм). Результаты измерений, полученные после первого цикла нагрузка-разгрузка, приведены на рисунке ниже. Величина силы F рассчитывалась, исходя из числа и положения монет, как описано выше.



Величина деформации в исследованном диапазоне нагрузок оказывается примерно пропорциональной величине приложенной силы. Таким образом, можно ввести независящий от нагрузки коэффициент упругости или жесткость цилиндра, который связывает величину приложенной силы и деформацию тела: F=kX.

Линейная аппроксимация данных, т.е. приближение линейной зависимостью, дает, что в случае бумаги с плотностью 80 г/м^2 среднее значение k для цилиндра составляет 8.1 Н/м (±0.8 Н/м), а в случае более плотной бумаги k=68 Н/м (±10 Н/м).

Если в качестве ответа приводятся значения жесткости в несистемных единицах, например, «г/мм», то снимается 1 балл.