II (заочный) этап Всесибирской открытой олимпиады школьников
Физика, 17 декабря 2016 г.
Задачи для 7 класса

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

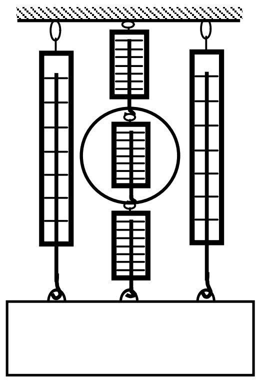
1) В тридевятом царстве проводился рыцарский турнир, одно из заданий которого – как можно быстрее обскакать посты вокруг замка. Старт был дан за час до полудня (по солнечным часам). Время заезда измерялось с помощью больших и малых песочных часов, которые переворачивали по очереди. Совсем малые промежутки времени измеряли по водяным часам, которые работали все время. Известно, что большие песочные часы нужно переворачивать в четыре раза реже, чем малые, а за промежуток времени, отмеряемый малыми песочными часами, в водяных часах падает 120 капель. Первым прискакал Ланселот, за время пути которого понадобилось дважды перевернуть большие песочные часы, трижды малые, после чего упало ещё тридцать капель в водяных часах. Вторым прискакал Ламорак, за время пути которого понадобилось трижды перевернуть большие и трижды малые песочные часы. На сколько минут Ланселот прискакал раньше соперника, если Ламорак прискакал ровно в полдень?

Решение: Обозначим промежутки времени, отмеряемые песочными (большими и малыми) и водяными часами, как $t1 > t2 > t3$. По условию, малые песочные часы нужно переворачивать в 4 раза чаще: $t1=4\cdot t2$ (+1 балл). Аналогично, $t2=120\cdot t3$ (+1 балл).
Ламорак преодолел дистанцию за 1 час = 60 мин = $3\cdot t1 + 3\cdot t2= 15\cdot t2$ (+1 балл), откуда $t2 = 4$ мин. (+1 балл), $t1 = 16$ мин. (+1 балл), $t3 = 2$ с (+1 балл). Ланселоту для преодоления дистанции понадобилось время: $2\cdot t1 + 3\cdot t2 + 30\cdot t3= (2\cdot 16 + 3\cdot 4) \cdot 60 + 30\cdot 2$ секунд или 45 минут (+2 балла). Значит, Ланселот прискакал на 15 минут раньше (+ 2 балла).

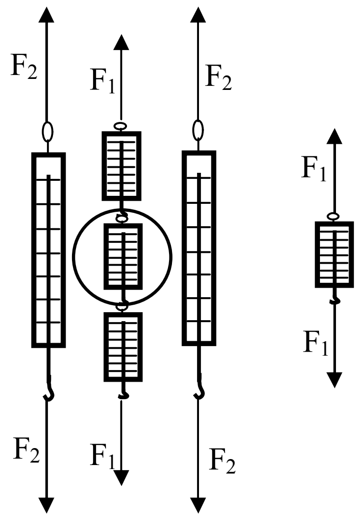
2) Два спортсмена пробежали два круга по стадиону за одно и то же время. При этом известно, что скорость первого бегуна на второй половине дистанции больше на 20% процентов, чем на первой. У второго бегуна, наоборот, скорость на втором круге упала на 20%. Во сколько раз скорость на первом круге у второго бегуна выше, чем у первого? Ответ записать в виде десятичной дроби с двумя цифрами после запятой.

Решение: Обозначим скорость первого бегуна на первом круге за V_1, а второго V_2. Тогда искомая величина есть отношение V_2/V_1. Скорость первого бегуна на втором круге равна $V_1\cdot(1+0.2)=6V_1/5$ (+1 балл), а у второго $V_2\cdot(1-0.2)=4\ V_2/5$ (+1 балл). Время преодоления всей дистанции первым бегуном составило $S\cdot(1/V_1+5/(6V_1))$, где S – длина одного круга (+1 балл), а второй бегун затратил время $S\cdot(1/V_2+5/(4V_2))$ (+1 балл).
Согласно условию $S\cdot(1/V_1+5/(6V_1))=S\cdot(1/V_2+5/(4V_2))$ (+2 балла).
Решая это уравнение, получаем отношение $V_2/V_1=27/22=1.2(27)$ (+2 балла). В соответствии с требованиями условия ответ записывается как $V_2/V_1\approx 1.23$ (+2 балла). За лишние цифры в записи ответа снимается 2 балла (!). За неверное округление снимается 1 балл.
Если приводится ответ 1.2 на основании аргумента - «Поскольку полное время движения было одинаково, то скорость второго вначале должна быть такая, как у первого в конце, т.е. на 20% или в 1.2 раза выше» или аналогичного - то ставится 3 балла.

3) У школьника было два набора динамометров. Два динамометра были одинаково длинные и рассчитаны на максимум показаний 20 Н. Три другие тоже были одинаковы между собой, только у каждого из них длина в нерастянутом состоянии, как и длина шкалы, были втрое меньше. И рассчитаны эти маленькие динамометры были на 5 Н. Школьник разместил динамометры так, как показано на рисунке, и подвесил груз с весом 36 Н. Что показывает маленький динамометр, обведенный на рисунке кружком? Считать, что все динамометры начали растягиваться при опускании груза одновременно, и что их собственным весом можно пренебречь.



Решение: На рисунке справа приведены изображения динамометров. Поскольку в рамках данной задачи другие тела - верхняя опора и груз - проявляют себя только через взаимодействие с динамометрами, их наличие и роль описывается с помощью внешних сил, приложенных к динамометрам с двух разных сторон. Свойства и положения как правого, так и левого динамометров не отличаются друг от друга в том смысле, что ничего не изменится, если эти динамометры поменять местами или посмотреть на всю систему с другой стороны (+1 балл). Поэтому силы, приложенные к крайним динамометрам (величина обозначена F_2) одинаковы между собой и, вообще говоря, отличаются от сил, приложенных к группе маленьких динамометров (величина обозначена F_1). Поскольку динамометры считаются невесомыми, то силы, приложенные со стороны верхней опоры и груза одинаковы по величине (+1 балл). По той же причине средний динамометр растягивается силами, равными по величине F_1 (+1 балл). Величина этих сил и будет искомым показанием динамометра (+1 балл), так как именно для работы в такой ситуации динамометры и делают.



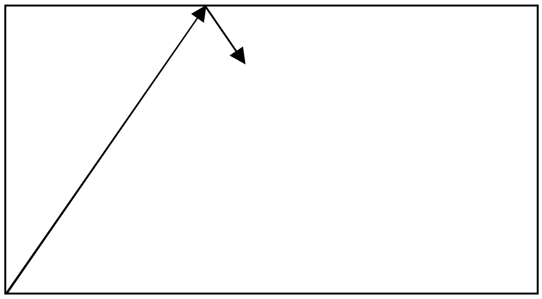
Поскольку смещения точек крепления груза к динамометрам равны между собой, то отсюда следует, что растяжение пружины одного маленького динамометра втрое меньше, чем у большого (+ 1 балл). Пружины подчиняются закону Гука, т.е. растяжение пропорционально величине сил, растягивающих динамометр, значит, $F_1/F_2 = 5/20$ (+2 балла). Это следует из того, что по условию сила величиной 5 Н растягивает маленький динамометр на всю его шкалу, которая втрое меньше, чем у большого, рассчитанного на 20 Н.

Вес удерживаемого груза равен 36 Н, т.е. $F_1 + 2F_2 = 36$ Н (+1 балл).

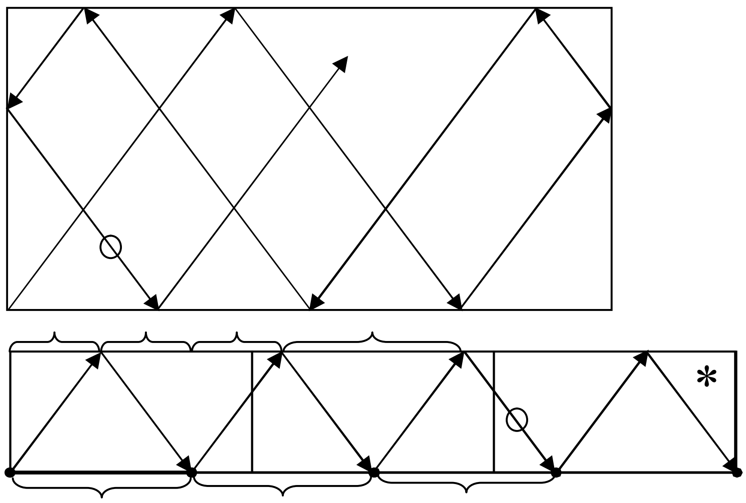
Зная соотношение величин сил F_1/F_2, получаем $9F_1 = 36$ Н т.е. $F_1 = 4$ Н (+ 2 балла).

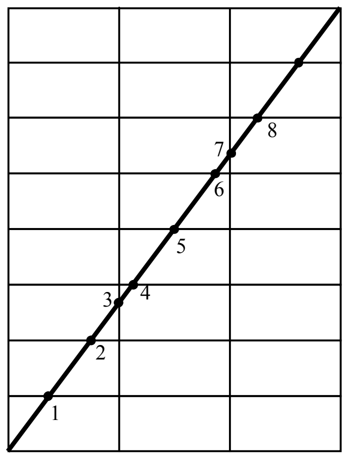
Отметим, что утверждение о равенстве распределения нагрузки по всем трем точкам подвеса является неверным. Также неверным является утверждение о том, что если приложить к трем последовательно соединенным динамометрам силу, равную F, то каждый из этих динамометров будет показывать значение F/3.

4) В углу прямоугольного биллиардного стола размером 120 см х 240 см стоит шар, по которому ударяют кием. Шар стукается о борта и отражается от них так, что угол падения равен углу отражения. Начальный участок траектории показан на рисунке. Известно, что между первым и вторым ударами шара о борта прошло 0.75 сек. С помощью графического построения примерно определите скорость шара и промежуток времени между 7-м и 8-м ударами. Размером шара пренебречь. *Указание: условие или увеличенный рисунок к этой задаче полезно распечатать на бумаге. Главное при графическом решении задач – точность и аккуратность построений. Например, если несколько каких-либо отрезков должны как можно меньше отличаться друг от друга, то их лучше откладывать с помощью циркуля, а не отмерять их каждый раз линейкой. Строить по возможности одинаковые углы тоже лучше не по транспортиру, а с помощью построения равных треугольников.*



Решение:



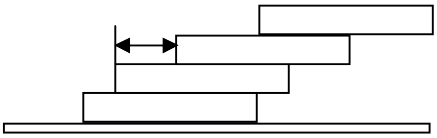


По мнению составителей задачи, лучшим, т.е. наиболее точным, способом построения является тот, который отмечен знаком *. В этом способе строятся два параллельные прямые, изображающие продолжение длинных сторон стола. Затем вдоль этих прямых откладываются отрезки, равные длинной стороне стола на рисунке. Смысл дальнейших построений состоит в том, чтобы изобразить «зеркальное» отражение шара от стенки как проход его на соседний «стол», который тоже можно считать зеркальным отражением. Точность построений при таком способе выше, так как приходится рисовать только прямые отрезки между двумя точками, лежащими на двух параллельных прямых, а положения точек определяются с помощью откладывания отрезков одной и той же длины.

Аккуратно выполняя графические построения наподобие тех, которые приведены на рисунках, можно установить, что длина отрезка, изображающего перемещение между 1 и 2 ударами, составляет 5/8 от длины длинного борта, т.е. составляет 150 см (+1 балл). Таким образом, скорость шара составляет (150 см)/(0.75 сек)= 2 м/с (+2 балла). Аналогично можно определить, что длина отрезка, изображающего перемещение между 7-м и 8-м ударами, составляет 2/3 длины отрезка (+2 балла), изображающего перемещение между 1 и 2 ударами, а также от угла до первого удара, между 4-м и 5-м и т.п. Значит, время между ударами, при условии постоянства скорости, составляет 0.5 сек (+ 5 баллов).

При отклонениях от этого значения более чем 0.05 сек снимается 1 балл за каждые 10% от искомой величины.

5) Предлагается провести эксперимент по уравновешиванию набора брусков. Для этого нужно найти или изготовить 5-6 или больше одинаковых плоских однородных брусков в форме параллелепипеда. Можно использовать конструктор, книги и т.п. – лишь бы эти тела в форме параллелепипеда были одинаковые и достаточно твердые. Далее надо положить их друг на друга так, что бы каждый верхний брусок был как *можно больше* смещен вдоль нижнего по длине в одну сторону. Затем нужно измерить величины смещений каждого бруска относительно нижнего в ситуации, когда вся конструкция находится в равновесии без внешней поддержки (см. поясняющий рисунок). *Решением* задачи является фотография всей стопки брусков и набор чисел, которые показывают, на какую долю своей длины каждый брусок (начиная с верхнего) смещен относительно бруска, который под ним. Эти числа могут быть записаны, например, так - 0.6; 0.3; 0.2;….



Решение: Был проведен опыт с одинаковыми линейками и пластиковыми карточками для настольной игры. Для линеек с полной длиной 171 мм (шкала 16 см) был получен следующий ряд чисел 0.49; 0.25; 0.16; 0.12; 0.10; 0.082; 0.07; 0.063; 0.053. Т.е. это означает, что самая верхняя линейка в этой стопке сдвинута почти на половину своей длины относительно второй сверху линейки. Эта, вторая сверху линейка, сдвинута на четверть своей длины относительно следующей и т.д. Если для каждого из приведенных чисел X вычислить величину 1/X, то округленно новые числа будут относиться как 1:2:3:4:5:6:7:8:10. Отметим, что последнее число определено с самой большой ошибкой. Смысл такого соотношения станет ясен после изучения условий равновесия тел в старших классах (за объяснение соотношения баллы не добавляются).
В случае карточек, которые имели меньшую длину, был получен ряд 0.47; 0.26; 0.17; 0.12; 0.1; 0.087; 0.076; 0.052. Обратные величины примерно относятся как 1:2:3:4:5:6:7:10. Опять отметим низкую точность вычислений последних членов этого ряда, который из-за малых смещений получился короче, чем в случае линеек. В некоторых опытах верхнюю карточку удавалось сдвинуть более, чем на половину ее длины, что кажется странным. Однако карточки имели малый вес (1.4 г) и довольно большую площадь, поэтому они могли прилипать друг к другу за счет неучтенных взаимодействий, например, за счет жировых пятен или электризации при трении (как бумажки, прилипающие к расческе).
Если приведены корректные результаты для 5-ти величин смещений, то ставился полный балл, 4-х – 8 баллов и т.д.
Если условие было понято так, что самое маленькое из смещений должно быть как можно больше, т.е. все смещения брусков должны быть одинаковыми (в пределе большого количества брусков конструкция сбоку напоминает параллелограмм), и при этом был получен корректный результат, около 1/(N-1), то ставилось 6 баллов.