## Олимпиада школьников СПбГУ по физике

## отборочный этап (9 класс)

**Внимание! Задачи могут иметь не одно единственное решение. Постарайтесь найти все!**

### ЗАДАЧА № 1

«Простая» задача

Два приятеля-одноклассника решили участвовать в олимпиаде по физике и попросили своего учителя подготовить для них ряд задач соответствующей сложности. Когда они ознакомились с предложенными задачами, то одна из них вызвала удивление обоих приятелей. Звучала она так:

«*Железнодорожный вагон с песком общей массой M катится по инерции со скоростью V по горизонтальному пути. Пуля массой m со скоростью U летит ему вдогонку и, пробив заднюю стенку, застревает в песке. Определить тепловой эффект (Q) удара, т.е. энергию, перешедшую при этом в тепло*».

«***Ну что это за задача? Тут и решать-то нечего***»,- сказал учителю один из приятелей.

«***Да она вообще устная и решается за пол минуты***»,- поддержал его другой.

На это учитель предложил им подойти к доске и каждому на своей половине привести это «простое» решение. Действительно, не прошло и 30 секунд, как дело было сделано. Но каково же было удивление ребят, когда они увидели, что ответы у них совершенно разные. Более того, каждому из них ответ другого тоже казался правильным. Вот эти решения:

**А)** В системе отсчета, связанной с «землей», скорость пули до и после попадания равна, соответственно, U и V. Потерянная пулей кинетическая энергия как раз и составляет тепловой эффект:

$$Q = ½ m (U^2 – V^2).$$

**В)** В системе отсчета, связанной с вагоном, скорость пули до попадания равна (U – V), а после - 0. Здесь тоже потеря пулей кинетической энергии составляет тепловой эффект, но уже другой:

$$Q = ½ m (U – V)^2.$$

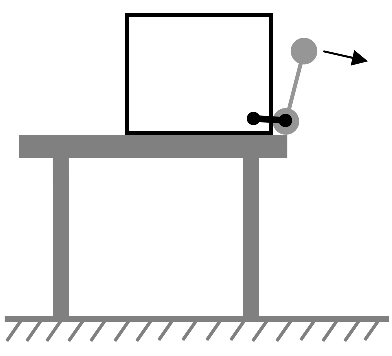
В своих «простых» решениях оба подсознательно исходили из того «очевидного» факта, что в силу реального соотношения масс пули и вагона, скорость последнего останется после попадания пули практически такой же. Во всяком случае, ее изменение будет столь ничтожным, что им «по-любому» можно пренебречь.

Так кто же (вопрос №1) из приятелей прав, «А», или «В»? А если оба неправы, то (вопрос №2) кто все-таки ближе к истине? И (вопрос №3) в чем точно эта истина (Q) заключается?

### ЗАДАЧА № 2

Вниз «кувырком»

***<u>На самом краю</u> <u>массивного</u>*** стола вертикально, в состоянии неустойчивого равновесия, стоит гантель. Она представляет собою ***<u>невесомый</u>*** тонкий стержень длиной ***l*** с ***<u>маленькими</u> <u>гладкими</u>*** шариками на концах массой ***m*** каждый. Вплотную к гантели придвинут ящик с вертикальными стенками, и нижний шарик гантели гибкой нитью шарнирно привязывают к стенке ящика. Коэффициент трения между столом и ящиком ***μ***. В некоторый момент гантель теряет равновесие и начинает опрокидываться, как это показано на рисунке, т.е. верхний шарик медленно отделяется от ящика и начинает движение по дуге радиуса ***l*** перпендикулярно плоскости стенки, к которой был прижат. Изна-



чально стержень был нагружен весом верхнего шарика. Эта нагрузка уменьшается по мере опрокидывания гантели, и при некотором значении угла ее отклонения от вертикали стержень полностью разгружается. Найти этот угол разгрузки ($\varphi_o$), если ящик к этому моменту не сдвинулся с места (вопрос №1). Сползать со стола (вправо) ящик начнет только в тот момент, когда гантель при дальнейшем опрокидывании займет горизонтальное положение. Найти массу (***M***) ящика (вопрос №2).

**ЗАДАЧА № 3**

«Искривление» пространства

К потолку вагона на цепочке подвешен легкий блок. Через него перекинут легкий нерастяжимый трос, к разным концам которого подвесили грузы массами $m_1$=3кг и $m_2$=2кг. Когда вагон на скорости v = 20м/с входит в поворот радиусом R=300м, грузы отпускают. С каким (по модулю) ускорением ($a$) начнут двигаться грузы относительно вагона? Каким при этом будет натяжение ($T$) троса? Принять $g$=10м/с$^2$.

**ЗАДАЧА № 4**

«Павильон катальной горки»

На детской площадке из досок построена горка, которую зимой заливают для катания детей на санках, «ледянках», «ватрушках» и т.п. Высота ее $h$ = 3м, а длина наклонной плоскости $l$ = 5м. Летом, увы, горка простаивала без дела. Но вот кто-то из школьников нашел в Интернете, что в одном из парков под Санкт-Петербургом есть некий «***Павильон катальной горки***», где еще Екатерина II забавляла гостей, устраивая им летом катания с крутых горок ***на тележках***. Не отсюда ли, думают многие, пошли «русские горы» в Америке и уже потом (как всегда у нас) «американские» в России?

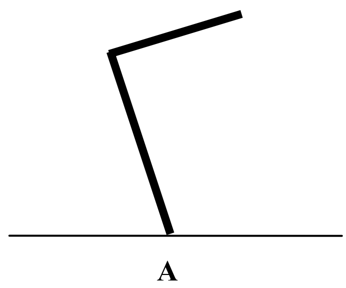
Те горки, к сожалению, не сохранились, но идея вдохновила ребят. Изобретательные старшеклассники тут же решили ее опробовать и из подручных средств соорудили тележку. Она состоит из плоской алюминиевой плиты массой $m_п$ = 4кг и четырех колес массой $m_о$ = 6кг каждое (ничего более подходящего не нашлось). Колеса устроены так, что практически вся их масса сосредоточена во внешнем тонком металлическом ободе с резиновым покрытием. На горке был сделан плавный переход с наклонной плоскости на землю, и катания начались. Чтобы не пачкать одежду о металл, на плиту всегда клали тонкий лист картона. Катание на тележке заинтересовало и маленьких детей. Однако вскоре выяснилось, что кататься можно далеко не всем. Если вес ребенка не превышал 20 кг, то во время спуска он вместе с картонным листом начинал соскальзывать с плиты вниз, и ему необходимо было держаться за нее руками, чтобы не «нырнуть» под тележку.

Определить, какую в этой ситуации максимальную величину ($\mu_{max}$) мог иметь коэффициент трения между алюминиевой плитой и картонной прокладкой.

**ЗАДАЧА № 5**

«Точка бифуркации»

Стальной прут длиной $l_о$ =1м изогнули под прямым углом в точке, находящейся на расстоянии $l_1$=0,6м от одного из концов, затем поставили прут этим концом в точку «А» на ***гладкий*** пол, сбалансировали, после чего аккуратно отпустили, оставив в положении ***неустойчивого равновесия*** (см. рис.). Через некоторое время прут потеряет равновесие и начнет падать (в плоскости рисунка) на пол. На сколько сантиметров ($\Delta x$) от исходной точки опоры «А» сместится нижний конец прута в момент его первого удара о пол?




**ЗАДАЧА № 6**

Двое на одной «лыжне»

На бесконечную горизонтальную спицу плотно (т.е. без люфта) надеты две легких бусинки сферической формы разного радиуса, которые могут свободно скользить по этой спице без трения. Изначально бусинки покоятся на некотором расстоянии друг от друга. В момент $t_о$=0 вдоль спицы со стороны большей бусинки начинает светить лазер, оказывая на нее световое давление постоянной силы. Другая бусинка закрыта от луча и не испытывает его давления, продолжая оставаться в покое.

В момент $t_1$=$\boldsymbol{T}$ (т.е. через время $\boldsymbol{T}$ после включения лазера) большая бусинка сталкивается с меньшей. Считая столкновение центральным и абсолютно упругим, определить момент ($t_2$=?) их второго столкновения (вопрос №1). Определить моменты ($t_3$ , $t_4$ , $t_5$, ....... $t_n$...) всех последующих столкновений бусинок (вопрос №2).

Каким будет (вопрос №3) среднее (за очень большой промежуток времени) ускорение каждой из бусинок ($<a_1>$ и $<a_2>$), если задать все необходимые параметры (массы $m_1$ и $m_2$ , силу светового давления $F$)?

## ЗАДАЧА № 7

Кто быстрее?

Шарик массой $m_1$ налетает на неподвижный шарик массой $m_2$. Происходит ***абсолютно упругий центральный*** удар. Скорости шариков после этого удара различаются (по модулю) в 2 раза. Найти отношение ($m_2$/$m_1$) масс этих шариков.