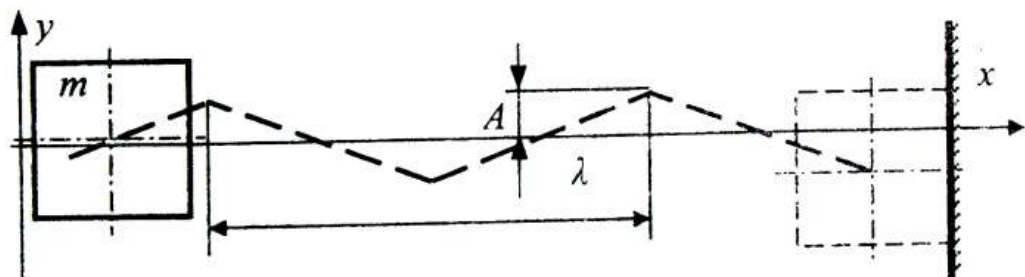


ЭВРИСТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПО ФИЗИКЕ ЛОМАНАЯ ТРАЕКТОРИЯ

доц. Брацыхин В.М., учитель Гончаренко В.Н.,
учитель Северин В.Н.

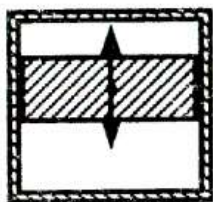
Наиболее сложными для решения являются эвристические задачи, в условиях которых не заданы в явном виде все необходимые данные. Такие задачи с «двойной защитой от решения» требуют иногда достаточно сложного предварительного анализа. Как правило, в таких задачах самым важным является ответ на вопрос «как это может быть?».

Условие задачи: Тело в форме куба при своем свободном поступательном полете описывает траекторию в виде симметричной «пилы» с постоянной амплитудой A . Масса тела, измеренная в состоянии покоя, равна m . Траектория имеет временной T и пространственный λ периоды. Определить тепловую энергию Q , полученную в процессе столкновения тела с шероховатой стенкой, перпендикулярной оси x , если в процессе соударения с такой же, но абсолютно гладкой стенкой, выделилось бы тепловой энергии в $n = 2$ раза меньше. Найти импульсы, полученные гладкой и шероховатой стенками. Удары тела о стенки считать абсолютно неупругими. Учтеть, что данных для однозначного решения задачи достаточно (выяснить, при каких ограничениях это возможно).



Проведем предварительный анализ условия задачи.

Отсутствие внешних сил свидетельствует о том, что причиной изменения направления полета тела может быть только внутренние динамические процессы. Наличие прямолинейных участков траектории и резкое изменение направления скорости в отдельных точках траектории можно объяснить только ударными процессами. Из этого следует, что внутри тела есть полость, в которой находится второе тело, т.е. видимое тело является коробкой. Симметричность траектории и постоянство ее амплитуды свидетельствуют о том, что внутреннее тело относительно коробки движется всегда перпендикулярно оси x , вдоль оси y , периодически сталкивается с верхней и нижней внутренними поверхностями коробки, причем эти удары абсолютно упругие.



Очевидно, что при соударении с шероховатой стенкой в тепловую энергию перейдет вся кинетическая энергия движения коробки; не очевидно, но предположим, что при соударении с гладкой стенкой в тепло перейдет кинетическая энергия движения коробки только вдоль оси x . Еще сложнее выяснить судьбу кинетической энергии внутреннего тела. Так как о внутреннем теле ничего не известно, то надо рассмотреть три случая – а) вся кинетическая энергия внутреннего тела в процессе ударов переходит в тепловую; б) в процессе удара в тепловую энергию переходит кинетическая энергия внутреннего тела, связанная только с движением вдоль оси x ; в) в процессе удара в тепловую энергию переходит вся кинетическая энергия внутреннего тела, связанная с движением вдоль оси x и часть кинетической энергии, связанной с движением внутреннего тела вдоль оси y .

В случае а) не было бы различия для гладкой и шероховатой стенок. Остановка внутреннего тела означает, как следствие закона сохранения импульса системы обоих тел, и остановку коробки даже для гладкой стенки.

Таким образом, случай а) невозможен.

Случай б) соответствует абсолютно гладкой и неупругой внутренней передней поверхности коробки. Этот случай реализуется для гладкой стенки и может быть реализован для шероховатой стенки с достаточно большим коэффициентом трения скольжения, если от начала столкновения со стенкой до остановки коробки не успевают произойти ее столкновения с внутренним телом. В противном случае возникает неопределенность в количестве энергии, переданной коробке внутренним телом.

Случай в) вообще не дает однозначного результата по условию задачи.

Таким образом, для решения задачи необходимо рассмотреть лишь случай б).

Скорость центра масс и кинетическая энергия центра масс тел определяются по соотношениям $V_c = \lambda T$ и $E_c = mV_c^2/2 = m\lambda^2/(2T^2)$. Пусть E_k - кинетическая энергия коробки за счет движения, перпендикулярного оси x , а Q_1 - количество теплоты, которое выделится при соударении тела с абсолютно гладкой стенкой.

Тогда по условию задачи имеем
$$n = Q/Q_1 = (E_c + E_k)/E_c = 1 + E_k/E_c \Rightarrow E_k = (n-1)E_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow Q = E_c + E_k = (nm\lambda^2)/2T^2.$$

Импульс, полученный гладкой стенкой, равен импульсу центра масс $p_1 = mV_c = m\lambda^2/T^2$.

Импульс p , полученный шероховатой стенкой, можно определить как векторную сумму импульса центра масс p_1 и импульса коробки p_2 вдоль оси y . Если $U = 4A/T$ - скорость коробки вдоль оси y , то $E_k = Up_2/2 \Rightarrow$

$\Rightarrow p_2 = m(n-1)\lambda^2/4AT$. В итоге получаем
$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = \left((m\lambda^2)/T^2 \right) \sqrt{1 + (n-1)^2 T^2 / 16A^2}.$$