Тогда для угловой плотности силы нормальной реакции, действующей со стороны блока на элемент нити массой $dm = \frac{m}{L} R \cdot d\varphi$, находим

$$\frac{dN}{d\varphi} = \frac{mRg}{L}\sin\varphi + T - \frac{mv^2}{L} = \frac{mg}{L}\left(\left(1 - \frac{\pi R + 2x}{L}\right)R\varphi + 2R\cdot\sin\varphi + \right.$$

$$\left. + \left(2 - \frac{\pi R}{L}\right)x - \frac{2x^2}{L} - \frac{2}{L}\big((x - x_0)(x + x_0 - L + \pi R)\big)\right).$$

Эта функция имеет максимум при $\varphi = \arccos\frac{\pi R + 2x - L}{2L}$, и отрыв всей нити произойдет только при условии $\left(\frac{dN}{d\varphi}\right)_{\max} = 0$, из которого находится соответствующее значение x.

Если вышеприведенный анализ еще можно считать с натяжкой доступным для подготовленного школьника, то ситуация, которая имеет место при достаточно малых x_0 (или когда в начальный момент времени правый конец нити находится на блоке), в которой первым отрывается правый конец при сохраняющемся контакте остальной части нити, и нить при этом приобретает горизонтальный импульс (в момент полной потери контакта с блоком нить имеет очень сложную форму), не допускает адаптации к школьному уровню.

Таким образом, часто используемая в практике различных олимпиад адаптация к школьному уровню задач, возникающих в процессе научно-исследовательской работы или стандартных для вузовских курсов общей и теоретической физики, требует ответственного анализа соответствующих предельных переходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чопчиц, Н. И. Задачи с отсутствующим школьным пределом / Н. И. Чопчиц, В. С. Секержицкий // Актуальные научные проблемы теоретической и экспериментальной физики, астрономии и космонавтики : сб. материалов межвуз. науч. конф., посвящ. 50-летию первого полета человека в космос, Брест, 11–12 апр. 2011 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; под общ. ред. В. С. Секержицкого. – Брест : БрГУ, 2011. – С. 108–112.

УДК 372.016:53

О ЕСТЕСТВЕННОМ СПОСОБЕ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

В. С. Секержицкий

г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»

В школьном курсе механики учащиеся имеют дело только с декартовой системой координат. Опыт работы со студентами младших курсов показывает, что использование при решении задач даже простой полярной системы координат вызывает определенные затруднения, в первую очередь психологического характера. Необходима выработка у обучаемого навыков рационального выбора системы координат при решении задач.

Как известно, естественный способ кинематического описания движения основан на введении своеобразной координатной «оси», совпадающей с траекторией движения материальной точки. Вдоль этой «оси» отсчитывается естественная координата – путь s. К числу несомненных достоинств использования естественной координатной «оси» относятся: одномерность движения (а значит, использование только одного кинематического уравнения движения вида s = s(t)), совпадение направлений скорости и координатной «оси» (всегда), противонаправленность силы сопротивления движению и координатной «оси» (всегда).

Естественная координатная «ось» может быть как прямой, так и криволинейной. Например, в известной задаче о движении связанных нитью брусков по двум соединенным наклонным плоскостям (рисунок 1)

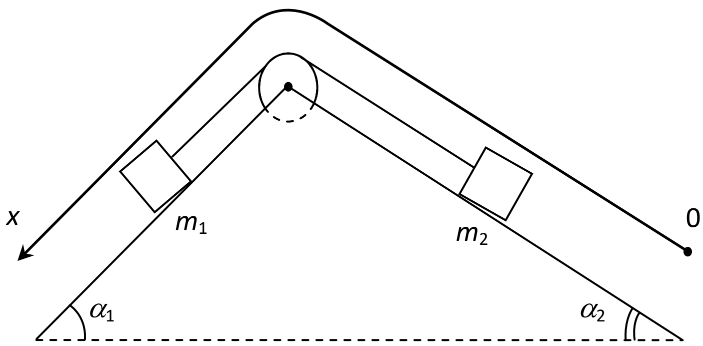

Рисунок 1

вовсе не обязательно вводить для каждой наклонной плоскости свою систему координат. Можно использовать координатную «ось» Ох, показанную на рисунке 1, и проводить проецирование уравнения движения на эту «ось».

Полезным бывает сочетание декартовой (прямолинейной) и естественной (криволинейной) координатных осей с соответствующим проецированием сил, ускорений и скоростей. Именно так наиболее рационально решать задачи типа № 1.100 из [1, с. 23]. Покажем эффективность использования естественной координатной «оси» на примере подобной задачи.

Задача. По плоскости с углом α наклона к горизонту под углом β к направлению подъема толкнули шайбу А со скоростью v_0 (рисунок 2). Коэффициент трения $\mu = tg\alpha$. Найти установившуюся скорость шайбы.

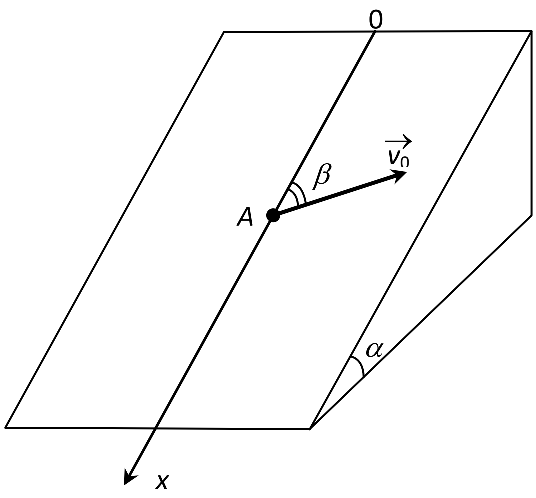

Рисунок 2

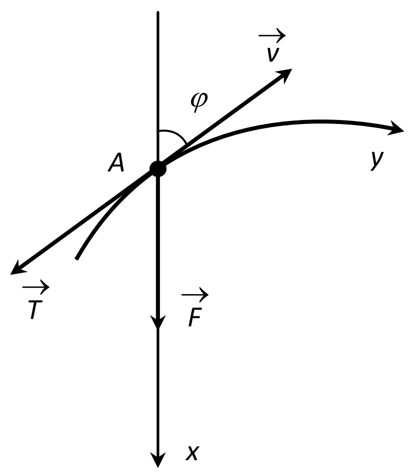

Рисунок 3

Решение. В любой точке траектории на шайбу в плоскости движения действуют две силы (рисунок 3): скатывающая сила $\vec{F}$, направленная вниз по склону, и сила трения $\vec{T}$, направленная противоположно скорости $\vec{v}$. При этом $F = mg \cdot \sin\alpha$, где m – масса шайбы, g – ускорение свободного падения, а $T = \mu mg \cdot \cos\alpha$. По условию задачи $\mu = \mathrm{tg}\alpha$, т. е. $T = F$. Из уравнения движения шайбы $m\vec{a} = \vec{F} + \vec{T}$ следует, что ускорение равно нулю, если $\vec{F} = -\vec{T}$; при этом движение установившееся (скорость постоянна), угол $\varphi = \pi$. Проецируем уравнение движения на две координатные «оси», одна из которых совпадает по направлению со скатывающей силой, а другая направлена по траектории движения (по скорости в каждой точке траектории): $ma_x = F + T \cdot \cos\varphi$, $ma_y = -T - F \cdot \cos\varphi$. Учитывая, что $T = F$, получаем $a_x = -a_y$. Это характерное соотношение для движения по наклонной плоскости при $\mu = \mathrm{tg}\alpha$: проекции ускорения на направления скатывающей силы и скорости отличаются только знаком. Тогда соотношение между скоростями имеет вид: $v_x = -v_y + \mathrm{const}$ или $-v \cdot \cos\varphi = -v + \mathrm{const}$. В начальный момент времени $-v_0 \cdot \cos\beta = -v_0 + \mathrm{const}$, тогда $v = v_0(1 - \cos\beta)/(1 - \cos\varphi)$. При $\varphi = \pi$ искомая установившаяся скорость $v_{уст.} = v_0(1 - \cos\beta)/2$.

Нами составлены и подобраны условия ряда задач, решение которых при рациональном выборе систем отсчета значительно проще, чем рекомендуемое школьными учебниками и методическими пособиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие / И. Е. Иродов. – С-Пб. : Лань, 2001. – 416 с.

УДК 536.7; 544.2

ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛИЗА УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ РЕАЛЬНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ WOLFRAMMATHEMATICA

Г. Ю. Тюменков, А. С. Невмержицкая

г. Гомель, УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

WolframMathematica – современная система компьютерной алгебры, широко используемая в научных и инженерных разработках [1]. Система обеспечивает автоматическое генерирование программного кода на языке Си с оптимизацией с помощью SymbjlicC. В широком спектре имеющихся расширений для решения физических и инженерных задач следует выделить AceFEM и Geometrica.

В работе будут продемонстрированы элементы графического анализа полуэмпирических двухпараметрических уравнений состояния реального газа с помощью системы WolframMathematica на примере уравнения Редлиха – Квонга [2]. Выбор данного уравнения обусловлен тем, что оно обладает высоким уровнем предиктивности для ряда технологических приложений, например, при описании охлаждения реальных газов в рамках процесса Джоуля – Томсона [3].