Олимпиада по фундаментальной и прикладной физике. Физическое моделирование 11 класс

Попрыгунчик

В этом туре вам предлагается создать компьютерную программу, которая будет моделировать попрыгунчик, прыгающий в воздухе. Для описания движения попрыгунчика вам предлагается сделать следующие допущения:

- Попрыгунчик скачет вертикально;
- Сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости и противоположна по направлению

$$\vec{F}_{\text{сопр.}} = -\alpha\vec{v}$$

где коэффициент α зависит от радиуса шарика и вязкости воздуха и равен $\alpha = 6\pi r\mu$ (r - радиус шарика, μ — [динамическая вязкость](#) воздуха);

- Движение происходит при нормальных условиях;
- Удар шарика об стол абсолютно упругий;
- Движение может быть описано законами Ньютона.

Для того, чтобы описать движение шарика, предлагается использовать второй закон Ньютона.

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{сопр.}}$$

Для того, чтобы перевести законы Ньютона на язык компьютера, можно разбить движение тела на отрезки времени Δt настолько малые, что можно считать, что в течение них скорость, ускорение и сила значительно не изменяются. Так же стоит помнить, как связаны между собой скорость, ускорение и координата мячика:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Переходя к *алгоритму*, для примера рассмотрим как найти скорость в данный момент времени, зная ускорение и скорость в предыдущий момент времени, или, иначе говоря, на предыдущем шаге по времени.

$$v_n = v_{n-1} + a_{n-1}\Delta t$$

Шагом по времени как раз называется выбранная нами маленькая, но конечная величина Δt . N -тым шагом по времени называется значение времени через N шагов величиной Δt : $t_N = t_N + \Delta t$.

Соответственно нахождение координаты мячика в зависимости от времени может быть реализовано следующим алгоритмом:

1. Нахождение значения ускорения в предыдущий (или начальный) момент времени из закона Ньютона.
2. Нахождение скорости в следующий момент времени через ускорение.
3. Нахождение координаты в следующий момент времени через скорость.

4. Повторение алгоритма с шага 1 до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое значение времени.

Второй важной частью моделирования является удар мячика об стол. Обычно для моделирования подобных ударов следят за координатой мячика и, если она совпадает с координатами стола, то компонента скорости v_y изменяет свой знак на противоположный (+ на - и наоборот).

Задание:

1. Постройте график зависимости координаты от времени для мячика и найдите за какое время его максимальная высота подъема за один "прыг" уменьшится в 2 раза. (2 балла)
2. Постройте график зависимости кинетической энергии от времени и качественно объясните его. (2 балла)
3. Постройте график полной энергии мячика в зависимости от времени и найдите время T , за которое его полная энергия уменьшится в 2 раза. (3 балла)
4. Постройте график зависимости T от радиуса мячика. (3 балла)

К своему решению приложите файл с программным кодом и описание использованного вами алгоритма нахождения координаты и энергии.

Дерзайте!