в образовательном процессе по физике ядра, а также при изучении методов экспериментальной ядерной физики [4].

Литература

1. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике/ Х. Гулд, Я. Тобочник. – Москва : Мир, 1990. – Т. 1. – 345 с.

2. Geant4 Collaboration, Introduction to Geant4 [Электронный ресурс] // Geant4 Collaboration – Geneva, 2019. – Режим доступа: http://geant4userdoc.web.cern.ch/geant4userdoc/UsersGuides/IntroductionToGeant4/html/index.html – Дата доступа: 04.04.2019.

3. Geant4 Collaboration, Geant4 User's Guide for application developers [Электронный ресурс] // Geant4 Collaboration– Geneva, 2019. – Режим доступа: https://mirror.yandex.ru/ gentoodistfiles/ distfiles/ BookForAppliDev-4.10.0.pdf – Дата доступа: 04.04.2019.

4. Широков, Ю. М. Ядерная физика/ Ю. М. Широков, Н. П. Юдин – Москва: Наука, 1980. – 727 с.

П.Д. Седро (ГГТУ имени П.О. Сухого, Гомель)
Науч. рук. **С.М. Евтухова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

КОЛЕБАНИЯ СИСТЕМЫ МАЯТНИКОВ

Маятник – система, состоящая из твердого тела, соединенного с некоторой неподвижной точкой с помощью стержня или нити, способное совершать механические колебания относительно этой точки.

Рассмотрим систему представленную на рисунке 1, приняв колебания за гармонические.

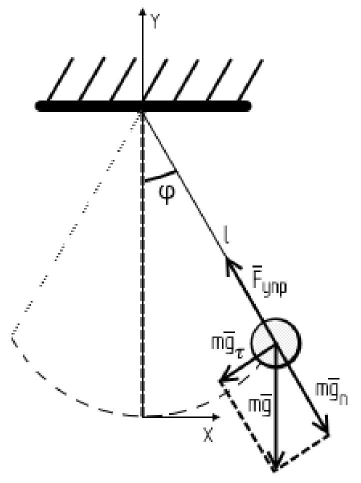

Рисунок 1 – Пример маятниковой системы

При отклонении маятника от положения равновесия на некоторый угол φ, на его дальнейшее поведение влияет сила тяжести. Видно, что нормальная компонента силы тяжести $m\vec{g}_n$ компенсируется силой упругости $\vec{F}_{\text{упр}}$. Исходя из этого, выразим уравнение движения маятника, используя 2-й закон Ньютона:

$$m\ddot{x} = -m\vec{g}\sin\frac{x}{l} \;(1)$$

Поскольку угол φ мал, справедливо следующее утверждение:

$$\sin\frac{x}{l} \approx \frac{x}{l}$$

Тогда получим:

$$m\ddot{x} = -m\frac{\vec{g}}{l}x$$

Перенесём всё в левую часть и введем замену $\omega_0^2 = \frac{\vec{g}}{l}$, и, упростив, запишем уравнение движения математического маятника:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \;\;(2)$$

Решением данного уравнения является следующая функция:

$$x(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi) \;\;(3),$$

где A – амплитуда колебаний, ω_0 – циклическая частота, φ – начальный угол отклонения (начальная фаза).

Генератор волн маятников

Генератором волн маятников (ГВМ) называется устройство следующей конфигурации:

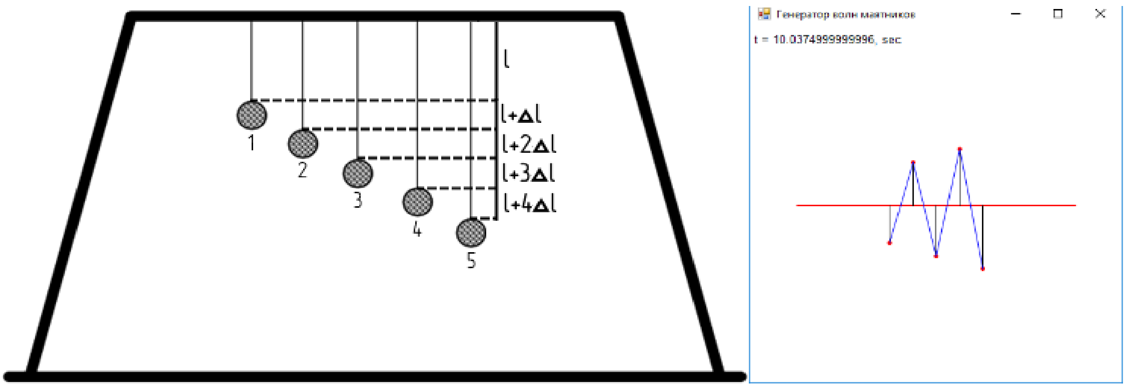

Рисунок 2 – ГВМ и его смоделированная «волна»

Маятники подвешивают таким образом, чтобы длина нити предыдущего маятника была меньше длины нити последующего. Решая уравнения, описывающие состояние конструкции, можно моделировать поведение системы маятников:

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + \dfrac{g}{l}\,x_1 = 0 \\ \ddot{x}_2 + \dfrac{g}{l + \Delta l}\,x_2 = 0 \\ \ddot{x}_3 + \dfrac{g}{l + 2\Delta l}\,x_3 = 0 \\ \ddot{x}_4 + \dfrac{g}{l + 3\Delta l}\,x_4 = 0 \\ \ddot{x}_5 + \dfrac{g}{l + 4\Delta l}\,x_5 = 0 \end{cases}$$

При приведении такой системы в движение можно наблюдать эффект «бегущей волны».

«Симметричный генератор волн маятников»

Система из маятников, подвешенных таким образом, чтобы длины нитей у маятников, закрепленных на одинаковом расстоянии относительно центрального маятника были равны называется «Симметричным генератором волн маятников» (СГВМ).

Одна из возможных конфигураций СГВМ выглядит так:

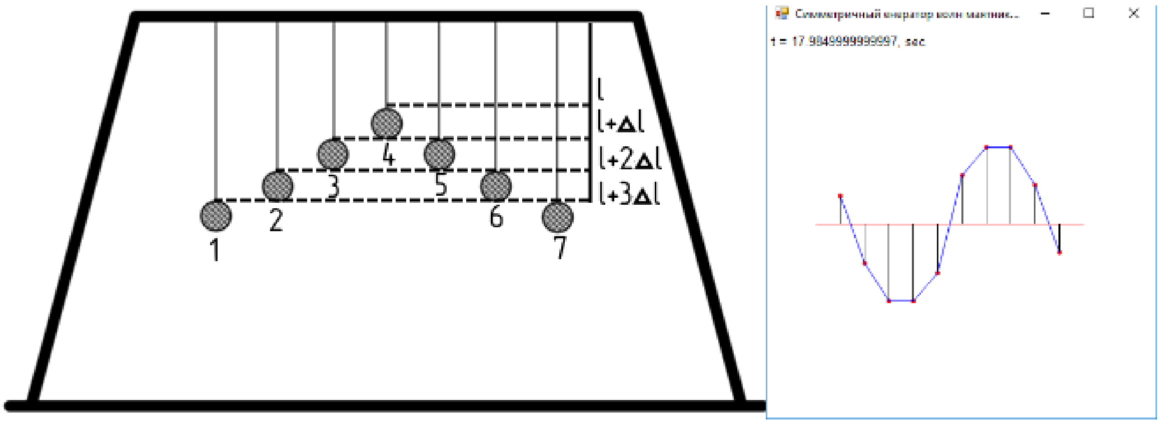

Рисунок 3 – СГВМ и его смоделированная «волна»

Состояние данной конструкции описывается четырьмя уравнениями следующего вида, поскольку маятники слева и справа от центрального имеют одинаковые параметры:

$$\begin{cases} \ddot{x}_4 + \dfrac{g}{l}\,x_4 = 0 \\ \ddot{x}_{3,5} + \dfrac{g}{l + \Delta l}\,x_{3,5} = 0 \\ \ddot{x}_{2,6} + \dfrac{g}{l + 2\Delta l}\,x_{2,6} = 0 \\ \ddot{x}_{1,7} + \dfrac{g}{l + 3\Delta l}\,x_{1,7} = 0 \end{cases}$$

Приводя маятники в движение различными способами, можно моделировать волны практически любой сложности.

Заключение

Маятники – простейшие примеры колебательных систем. Объединяя маятники в более сложные системы и исследуя их колебания можно наглядно моделировать различные «волны».

Литература

1. Горбатый, И. Зависимость периода колебаний от амплитуды / И. Горбатый // «Квант», 2005. – №2. – с.27-29.

2. Седро, П.Д. Волны маятника / П.Д. Седро // Актуальные вопросы физики и техники: материалы VII Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов. – Гомель, 25 апреля 2018 г., в 3-х ч. – Ч. 1, с. 275-277.