Т.А. Державская (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **Н.В. Максименко,** д.ф.-м.н., профессор

ДВИЖЕНИЕ ДИПОЛЬНЫХ МОМЕНТОВ В ПОСТОЯННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Заряженные системы такие, как адроны, ядра, атомы и молекулы обладают электрическими и магнитными дипольными моментами. Величина этих моментов и характер взаимодействия дипольных моментов с электромагнитным полем связаны с внутренней структурой этих микросистем.

В последнее время активно обсуждаются взаимодействие нейтральных атомов и элементарных частиц, которые взаимодействуют с электрическим и магнитным полем с учетом квантовых и релятивистских особенностей этих систем [1].

Данная работа посвящена получению функций Лагранжа и Гамильтона движущихся частиц с дипольными моментами в постоянном электрическом и магнитном поля X, а так же определению скобок Пуассона функции Гамильтона и компоненты момента импульса. Дипольные электрический и магнитный моменты движущейся частицы с точностью до первого порядка $\frac{|\vec{\upsilon}|}{c}$ определяются следующим образом [2]:

$$\vec{p} = \vec{p}_0 + \frac{1}{c}[\vec{\upsilon}\vec{m}_0] , \qquad (1)$$

$$\vec{m} = \vec{m}_0 + \frac{1}{c}[\vec{\upsilon}\vec{p}_0] , \qquad (2)$$

В уравнении (1) и (2) $\vec{\upsilon}$ – скорость частицы, c – скорость света, $\vec{p}_0$ и $\vec{m}_0$ – электрический и магнитный дипольные моменты покоящейся частицы.

Энергия взаимодействия постоянного электромагнитного поле с дипольными моментами имеет вид:

$$U = -(\vec{p}\vec{E}) - (\vec{m}\vec{H}) = -(\vec{p}_0\vec{E}) - \frac{1}{c}([\vec{\upsilon}\vec{m}_0]\vec{E}) - (\vec{m}_0\vec{H}) + \frac{1}{c}([\vec{\upsilon}\vec{p}_0]\vec{H}) , \qquad (3)$$

где $\vec{E}$ и $\vec{H}$ – вектора напряженности электрического и магнитного поля соответственно.

Функцию Лагранжа с учетом (3) можно представить так:

$$L = \frac{1}{2}m\vec{\upsilon}^2 - U , \qquad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что канонический импульс принимает форму:

$$\vec{\pi} = \frac{\partial L}{\partial \vec{\upsilon}} = m\vec{\upsilon} + \frac{1}{c}([\vec{m}_0\vec{E}] - [\vec{p}_0\vec{H}]) , \qquad (5)$$

Используя соотношения (4) и (5), а так же определение функции Гамильтона:

$$H=\left(\vec{\pi}\vec{\upsilon}\right)-L\ ,$$

получим [1]:

$$H=\frac{1}{2m}(\vec{\pi}-\frac{1}{c}\left[\vec{m}_0\vec{E}\right]+\frac{1}{c}\left[\vec{p}_0\vec{H}\right])^2-\left(\vec{p}_0\vec{E}\right)-\left(\vec{m}_0\vec{B}\right)\ , \qquad (6)$$

Скобки Пуассона $\{H,L_i\}$ позволяют установить сохраняющиеся компоненты момента импульса в случае взаимодействия постоянного электромагнитного поля с дипольными моментами при определенной их ориентации относительно электрического и магнитного поля, а тем самым установить свойства симметрии системы. Мы приведем некоторые характерные результаты вычисления скобок Пуассона.

1. $\vec{E}\,//\,OX$, $\vec{H}=0$.

$$\{H,L_x\}=0$$

В этом случае система обладает аксиальной симметрией.

2. $\vec{E}=0$, $\vec{H}\,//\,OX$.

$$\{H,L_x\}=0$$

3. $\vec{E}\,//\,OZ$, $\vec{H}=0$

$$\{H,L_x\}=y\frac{\partial}{\partial z}\left(-p_{0z}E_z\right)$$

4. $\vec{E}=0$, $\vec{H}\,//\,OZ$.

$$\{H,L_x\}=y\frac{\partial}{\partial z}\left(-m_{0z}H_z\right)$$

В случае 3 и 4 симметрия относительно оси OX нарушена благодаря дипольным моментам частицы.

Литература

1. Anandan, J. S. // Classical and quantum interaction of the dipole // arxiv: hcp- th /9910018v2, p. 9; Phys. Rev. Lett. – 2000. – Vol. 85. – P. 1354–1357.

2. Батыгин, В. В., Топтыгин, И. Н. // Современная электродинамика. Ч. 1. Микроскопическая теория // Москва. Ижевск. − 2003. − 735 с.