XXXI Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. VII: С.65-66, 2003.

УДК 548.552.24

Д.В. Никитина (6 курс, каф. ФЭ), Ю.К. Голиков, д.ф.м.н., проф.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ

ABSTRACT: Physical analogs method was used to solve inverse task of charged particle motion. Electrostatic field with ideal focusing and large energy dispersion for using in electron spectroscopy devices was found.

Анализаторы энергий заряженных частиц являются мощным инструментом для исследования химических связей в соединениях и для проведения элементного и структурного анализа веществ.

Расширение области применения электростатических анализаторов и использование в них источников малой яркости вызвали резкое повышение требований к их основным параметрам – разрешению, светосиле и светимости. Таким образом, развитие электронной спектроскопии делает актуальным исследование всей совокупности характеристик энергоанализатора в целом и возможностей их оптимизации.

В частности, существуют аналитические методы решения обратной задачи движения частиц с помощью физических аналогий.

Воспользовавшись формулой $\varphi(x,y) = \varepsilon - K(S)(S_x^2 + S_y^2)$ [1], можно предложить эвристический метод поиска полей с идеальной фокусировкой. По заданному S(x,y) можно найти бесчисленное множество полей, отличающихся положительной функцией $K(S) = 1/2\left|dF/dS\right|^2$. Для описания ситуации с идеальной фокусировкой потока заряженных частиц необходимо уметь конструировать подходящие функции S и K. Предположим, что даны какие-нибудь две точки M и N на плоскости x,y, и требуется найти потенциал $\varphi(x,y)$, при котором осуществляется фокусировка потока, выходящего из точки M в интервале углов $\vartheta_1 < \vartheta < \vartheta_2$, в точку N. Можно было бы аналитически задать семейство кривых, соединяющих заданные точки M и N, далее определить ортогональные к нему кривые, интегрируя обыкновенные дифференциальные уравнения, и принять их за линии постоянного действия S и потом найти φ по [1], выбрав удобную функцию $K(S)$. Эти формальные построения удобно заменить более наглядными рассуждениями, привлекая в качестве аналогии сами электростатические поля. Хорошо известно, что силовые линии соединяют между собой два одинаковых по величине, но разноименных заряда, причем силовые линии и эквипотенциали описываются простыми выражениями. Таким образом, выгодно интерпретировать силовые линии как траектории частицы в каком-то другом, подлежащем определению поле, а соответствующий потенциал комбинации точечных зарядов принять за функцию S. Но такой модели присущ принципиальный дефект. Он состоит в том, что напряженность модельного поля в точках вылета и фокусировки безгранично растет, и, следовательно, эти точки будут особыми для искомого потенциала [1], если только функция $K(S)$ не уничтожит эти особенности. Подбор подходящих функций $K(S)$ составляет уже другую задачу и связан с характером возникающих особых точек.

Если взять в качестве модели потенциал двух параллельных разноименно заряженных нитей, проходящих через точки $y = 0$, $x = \pm 1$, то с помощью изложенного подхода получаем следующий потенциал $\varphi = \varepsilon_0 - 1/((x^2 + y^2 + 1)^2 + 4x^2)$ [2].

Для него были проведено компьютерное моделирование для подтверждения свойств, которые были в него заложены: идеальная фокусировка и большая дисперсия. Выяснилось, что при определенных значениях начальных углов дисперсия доходит до 52000.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Афанасьев В.П., Явор С.Я. «Электростатические энергоанализаторы для пучков заряженных частиц» // М., «Наука», 1978.
2. Голиков Ю.К. Диссертация доктора физико-математических наук, ЛПИ, 1985.