

*Н.Н. Боголюбов, Д.Н. Зубарев* (Лаб. измер. приборов АН СССР, Москва, СССР)

## **Метод асимптотического приближения для систем с вращающейся фазой и его применение к движению заряженных частиц в магнитном поле**

Точное интегрирование уравнений движения заряженной частицы в неоднородных электрическом и магнитном полях затруднительно и в большинстве случаев может быть выполнено лишь численными методами. Однако и это не всегда оказывается практически возможным. В частности, трудности численного счета становятся почти непреодолимыми в том случае, если частица делает за время своего движения большое количество оборотов по ларморовской окружности. Но именно в этом случае возможно построить метод асимптотического приближения, который позволяет обойти трудности численного счета.

Допустим, что магнитное поле мало меняется на длине ларморовского радиуса:

$$R_L \frac{1}{H} \frac{dH}{dx} \ll 1, \quad (1)$$

где  $R_L = w/\omega_H$  — радиус ларморовской окружности,  $\omega_H = eH/mc$  — ларморовская частота,  $w$  — скорость частицы в плоскости, перпендикулярной магнитному полю.

Тогда заряженная частица движется в основном по магнитной силовой линии, вращаясь вокруг нее на расстоянии ларморовского радиуса, и “дрейфует” в направлении, перпендикулярном к магнитному полю. Воспользовавшись этим обстоятельством, можно построить упрощенные усредненные уравнения для движения центра тяжести ларморовской окружности.

Выполнению условия (1) способствуют большая величина и однородность магнитного поля и малое значение скорости частицы. Однако условие (1) может быть выполнено и при большой скорости частицы, если поле достаточно велико и однородно, а также при малом магнитном поле, если скорость частицы достаточно мала и поле достаточно однородно. Данная работа посвящена исследованию движения заряженной частицы в неоднородных электрическом и магнитном полях в предположении, что магнитное поле мало меняется на длине ларморовского радиуса (1). Подобная задача рассматривалась ранее различными авторами [1, 2], однако она решалась недостаточно строгими и последовательными методами.

В настоящей работе с помощью общего метода асимптотического приближения производится разделение движения частицы на вращение по ларморовской окружности и усредненное движение центра тяжести ларморовской окружности в предположении малой неоднородности магнитного поля.

---

[1] Альфвен Х. Космическая электродинамика. — М.: Изд-во иностр. лит., 1952.

[2] Alfven H. // Arc. Math. Fisic. — 1940. — **27 A**, N 22.