BAKI UNİVERSİTETİNİN XƏBƏRLƏRİ
№2 Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası 2015

UOT 517.54

QEYRİ-BİRCİNS MAQNİT SAHƏSİNDƏ ZƏRRƏCİYİN HƏRƏKƏT QANUNUNUN VƏ TRAYEKTORİYASININ TAPILMASI

Ə.Q.AĞAMALIYEV, A.F.ASLANLI
Bakı Dövlət Universiteti
ms.fq@bk.ru

Verilmiş sahədə hərəkət tənliyi yazılmış, hərəkət tənliyinin həlli tapılmışdır. Alınan nəticə qrafik şəkildə göstərilmişdir.

Açar sözlər: Laqranj funksiyası, elektromaqnit sahəsinin vektor potensialı, hərəkət tənliyi.

Kosmik fizika sahəsində, kosmosdan gələn şüaların müəyyən hissəsi yüksək enerjiyə malik olan yüklü zərrəciklərdən ibarətdir. Həmin yüksək enerjili yüklü zərrəciklərin birbaşa yerin səthinə gəlib çatması yerdə həyatın mümkünsüzlüyünə gətirib çıxara bilər. Belə ki, bu şüaların yerə birbaşa gəlməsi bitki və canlı aləmi məhv etmişdir. Bu cür hadisələrin baş verməməsi üçün yerin maqnit sahəsi mühüm rol oynayır. Yeri zərərli təsirlərdən qoruyan təkcə atmosfer deyil. Atmosferlə yanaşı, "Van Allen qurşaqları" adlanan və Yerin maqnetik sahəsi nəticəsində əmələ gələn təbəqə də planetimizə gələn zərərli şüalara qarşı qalxan vəzifəsini yerinə yetirir. Günəşdən və digər ulduzlardan yayılan bu şüalar insanlar üçün öldürücü təsirə malikdir. Xüsusilə Günəşdə tez-tez baş verən və "partlayış" adlanan enerji partlayışları Van Allen qurşaqları olmasa, dünyadakı bütün həyatı yox edər. Yerin maqnit sahəsi qeyri-bircins maqnit sahədir, onun qüvvə xətləri maqnit qütbləri arasında müəyyən sahə - fəza əmələ gətirir. Həmin sahə də yüksək yüklü zərrəciklərin birbaşa yerə çatmasının qarşısını alır. Bu cür fikirlərin meydana gəlməsi qeyri-bircins maqnit sahəsində yüklü zərrəciklərin hərəkətinin öyrənilməsi nəticəsində olur.

Termik-nüvə reaksiyaları zamanı meydana gələn, yaranan yüksək temperaturun, reaktoru əmələ gətirən örtüyün məhv olmasının qarşısını almaq üçün reaksiyanın baş verdiyi mühiti, reaktorun səthindən və ya örtüyündən izolyasiya etmək lazım gəlir. Bu cür məsələlərin həllində də yüklü zərrəciklərin qeyri-bircins maqnit sahəsində öyrənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

$\vec{A}(0, hx^{2,0})$ vektor potensialına əsasən:

1.Elektromaqnit sahəsində hərəkət edən zərrəciyin Laqranj funksiyası hesablanır.
2.Laqranj funksiyasını bilərək Hamilton funksiyası hesablanır
3.Hamilton funksiyasına əsasən Hamilton tənlikləri tapılır
4.Effektiv potensial enerjinin ifadəsinin hesablanması
5.Ueff ifadəsinə əsasən trayektoriyanın tənliyinin hesablanması və qrafikin qurulması

Elektromaqnit sahəsində hərəkət edən zərrəciyin Laqranj funksiyasi (1) ifadəsi ilə təyin olunur.

$$L = T - U = T - e\varphi + \frac{e}{c}(\vec{A}\vec{v}) \qquad (1)$$

φ skalyar potensial sıfır olduğundan (1) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$L = T - U = T + \frac{e}{c}(\vec{A}\vec{v}) \qquad (2)$$

2 vektorun skalyar hasili və $\vec{A}(0, hx^{2,0})$ istifadə etsək

$$(\vec{A}\vec{v}) = A_x x + A_y y + A_z z = 0 \cdot \dot{x} + \boldsymbol{h}x^{\mathbf{2}}\dot{y} + 0 \cdot \dot{z} \qquad (3)$$

(3) ifadəsini (2)-də nəzərə alsaq, Laqranj funksiyası üçün aşağıdakı ifadəni alarıq.

$$L = T - U = T + \frac{e}{c(hx^2\dot{y})} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + \frac{e}{c(hx^{\mathbf{2}})} \qquad (4)$$

Laqranj metodundan Hamilton metoduna keçmək $q_i, \dot{q}_i$ dəyişənlərindən $q_i, \dot{P}_i$ dəyişənlərinə keçmək lazımdır.

$$H = \sum P_i \dot{q}_i - L \qquad (5)$$

Ümumiləşmiş impuls aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$P_i = \frac{\partial L}{\partial q_i} \qquad (6)$$

Ümumiləşmiş impulsun ifadəsini x, y, z koordinatlarında nəzərə alsaq:

$$P_x = m\dot{x}$$

$$P_y = m\dot{y} + \frac{e}{c}hx^2 \qquad\qquad P_z = m\dot{z} \tag{7}$$

Aldığımız ifadələri (5) ifadəsində nəzərə alsaq:

$$H = \sum P_i \dot{q}_i - L = \left[\frac{P_x^2 + P_y^2 + P_Z^2}{2m} - \frac{2P_y \frac{e}{c}hx^2 \left(\frac{e}{c}hx^2\right)^2}{2m}\right] \tag{8}$$

Hamilton tənlikləri Hamilton funksiyasından alınır

$$\dot{P}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} \qquad\qquad \dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial P_i} \tag{9}$$

Bu tənlikləri x,y,z koordinatlarında nəzərə alaq:

$$P_x = -\frac{\partial H}{\partial x} = -4\frac{e}{c}hx\left(P_y + \frac{e}{c}hx^2\right) \qquad \dot{q}_x = \dot{x} = \frac{\partial H}{\partial P_x} = \frac{1}{2m}\cdot 2P_z = \frac{P_z}{m} \tag{10}$$

$$\dot{P}_y = 0 \qquad P_y = const \qquad\qquad \dot{q}_y = \dot{y} = 2\frac{e}{c}hx^2 - \frac{P_y}{m}$$

$$\dot{P}_z = 0 \qquad P_z = const \qquad\qquad q_z = \dot{z} = \frac{P_z}{m}$$

Nəticədə,

$$H = \frac{P_x^2}{2m} + \frac{1}{2m}\left(P_y - \frac{e}{c}hx^2\right)^2 \tag{11}$$

Aldığımız Hamilton funksiyasının 2-ci həddi effektiv potensial enerjinin ifadəsidir.

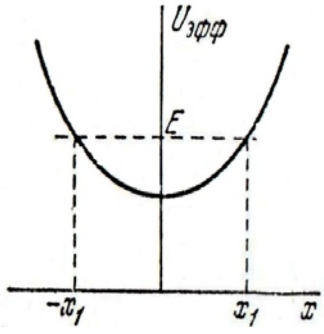
$$\mathbf{U_{eff}} = \frac{1}{2m}\left(P_y - \frac{e}{c}hx^2\right)^2$$

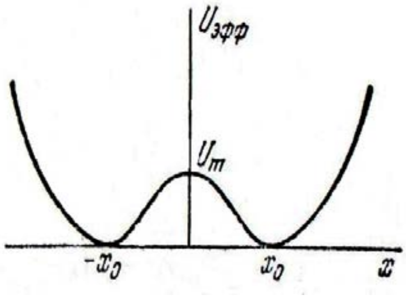
$P_y \leq 0$ olduqda U_{eff} (x) qrafiki şəkil 1 olar, bu halda

$$\dot{y} = -\frac{|P_y|}{m} - \frac{eh}{mc}x^2 \tag{12}$$

$P_y > 0$ olduqda $U_{eff}(x)$ qrafiki şəkil 2 olar, bu halda

$$U_{eff}(x) = \frac{e^2h^2}{2mc^2}\left(x^2 - x_0^2\right), \qquad x_0 = \sqrt{\frac{P_y c}{m}}, \qquad \dot{y} = \frac{eh}{mc}\left(x_0^2 - x^2\right) \tag{13}$$





Şək. 1. **Şək. 2.**

Əvvəlcə enerji azaldıqda fərq "0"-a yaxınlaşır. Zərrəciyin enerjisi $E = U_m$ olduqda, başlanğıc anda $x > x_0$, $x < 0$ olan halda asimptotik olaraq y oxuna yaxınlaşır. $E < U_m$ olduqda zərrəcik $-x_0$ və x_0 nöqtəsi yaxınlığında hərəkət edə bilir. Göstərmək olar ki, bu halda $\dot{y}$ müsbət qiymət alır. $|x - x_0| << x_0$ olduqda zərrəcik çevrə boyunca hərəkət edir, çevrənin mərkəzi isə y oxu boyunca dreyf hərəkəti edir. Dreyf sürətini tapmaq üçün $< x^2 >$ hesablanmasından I anharmonik hədləri nəzərə almaq lazımdır.

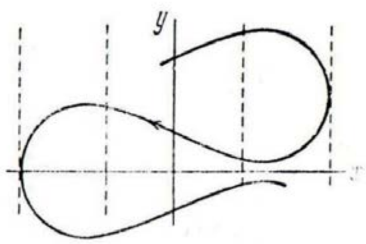
$$< \dot{y} >= \frac{eh}{mc}(x_0^2 - < x^2 >) \tag{14}$$

$x = x_0 + a\cos\omega t - \frac{a^2}{4x_0}(3 - \cos 2\omega t)$, x-ə görə orta qiyməti hesablayaq

$$< x^2 >=< (x_0 + a\cos\omega t - \frac{a^2}{4x_0}(3 - \cos 2\omega t))^2 >= x_0^2 - \frac{3a^2}{2} + \frac{9a^4}{16x_0^2} \tag{15}$$

(15) düsturunu (14)-də nəzərə alsaq, yekun olaraq trayektoriyanın tənliyi üçün aşağıdakı ifadəni alarıq,

$$< \dot{y} >= \frac{eh}{mc}(x_0^2 - < x^2 >) = \frac{eh}{mc}(x_0^2 - x_0^2 + \frac{3a^2}{2} - \frac{9a^4}{16x_0^2}) = \frac{eh}{mc}(\frac{3a^2}{2} - \frac{9a^4}{16x_0^2}) \tag{16}$$



Şək.3

Əsas nəticələr

Qeyri-bircins maqnit sahəsində yüklü zərrəciyin hərəkəti tədqiq edilmişdir. Verilmiş vektor potensialına əsasən zərrəciyin Laqranj funksiyası hesablanmışdır. Lejandr çevirmələri vasitəsilə Laqranj metodundan Hamilton metoduna keçilmişdir. Hamilton funksiyasına əsasən Hamilton tənlikləri hesablanmışdır. Hamilton funksiyasından effektiv potensial enerji təyin edilmiş və qrafiklər qurulmuşdur. Burada 2 hala baxılmışdır. $\mathbf{P_y \leq 0}$ və $P_y > \mathbf{0}$ olan hallarda Ueff(x) qrafikləri qurulmuşdur. (şəkil 1 və şəkil 2).

Qeyri-bircins maqnit sahəsində hərəkət edən zərrəcik üçün trayektoriyanın tənliyi hesablanmış (16) ifadəsi alınmışdır, qrafik olaraq (şəkil 3) qurulmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика. М.: Мир 1965, с.471
2. Войнштейн Л.А. Электромагнитные волны, М., 1957, с.378
3. Электромагнитные поля в производственных условиях. Российская газета от 13 марта 2003 г., № 47(3161). www.rg.ru
4. Ağamalıyev Ə.Q. Klassik mexanika. Bakı 2009, s

ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ И ТРАЕКТОРИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В НЕОДНОРОДНОМ ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.Г.АГАМАЛЫЙЕВ, А.Ф.АСЛАНЛЫ

РЕЗЮМЕ

В неоднородном магнитном поле исследовано движение заряженной частицы. Для заряженной частицы в электромагнитном поле получены и построены графики для функций Лагранжа и Гамильтона.

В итоге построен график траектории заряженной частицы в неоднородном магнитном поле.

Ключевые слова: функция Лагранжа, векторные потенсиал електромагнитного поле, уравнение движение

THE TRAJECTORY AND MOTION LAW OF CHARGED PARTICLE IN NON-UNIFORM MAGNETIC FIELD

A.G.AGAMALIYEV, A.F.ASLANLI

SUMMARY

Motion of charged particle in non-uniform magnetic field is studied. The Lagrangian function, Hamilton function are optained and corresponding figures are shown.

Motion equation of charge particle is obtained and figures are given.

Key words: Lagrangian function, vector potential of the electromagnetic field, equation of motion

Redaksiyaya daxil oldu: 21.04.2015-ci il
Çapa imzalandı: 18.06.2015-ci il