

ATOMUN ELEKTRONLARI TƏRƏFİNDƏN EKTRANLAŞMANI NƏZƏRƏ ALAN YENİ METOD VASİTƏSİ İLƏ KRİSTALLARDA POLYARİZƏ OLUNMUŞ FOTOCÜTÜN YARANMASI

M.R. RƏCƏBOV

Bakı Dövlət Universiteti,
Bakı / AZƏRBAYCAN

m_rajabov@mail.ru

XÜLASƏ

Nüvənin kulon sahəsinin atom elektronları tərəfindən ekranlaşmasını nəzərə alan yeni metodla kristallarda polyarizə olunmuş fotocütün yaranması prosesi nəzəri olaraq tədqiq olunmuşdur. Silisium kristalı üçün effektiv kəsiyin və zərrəciklərin polyarizasiya dərəcələrinin enerjidən asılılığı öyrənilmişdir

Açar sözlər: fotocüt, effektiv kəsik, polyarizasiya dərəcəsi.

INVESTIGATION OF POLARIZED LEPTON PAIR PRODUCTION IN CRYSTALS WITH DUE ACCOUNT FOR DISTRIBUTION OF NUCLEAR CHARGES AND ATOMIC ELECTRONS

ABSTRACT

Process of the polarized fotoproduction of electron-positron pair in the crystal environment with application of a new method of the account screening nuclear electrons Coulomb fields of nucleus is investigated. The dependence of cross section and degree polarization on energy in a silicon crystal is received.

Key words: electron-positron pair, cross section, degree polarization

Yüksək enerjili zərrəciklər dəstəsinin alınmasına imkan verən sürətləndiricilər texnikasının inkişafı və təkmilləşdirilməsi, polyarizə olunmuş zərrəciklər selindən istifadə imkanını yüksək enerjili zərrəciklərin maddə ilə qarşılıqlı təsir proseslərinin nəzəri və eksperimental tədqiqinə təkan verir.

Yüksək enerjili zərrəciklər və γ -kvantlar maddədən keçərkən bir sıra elektromaqnit proseslər: tormozlanma şüalanması, lepton cütünün fotoyaranması, Çerenkov şüalanması, yüklü zərrəciklərin kanallaşması, keçid şüalanması və s. bu kimi proseslər baş verir. Böyük enerjilərdə elektromaqnit proseslərin xarakteristikaları mühitin quruluşundan kəskin asılı olur və kristal və amorf mühitlər üçün müxtəlif olur.

Elektron-pozitron cütünün fotoyaranması prosesinin kristallarda tədqiqi həm polyarizasiya effekləri üçün əlavə informasiya mənbəyi kimi, həm də nizamlı mühitlərdə fotonların, leptonların və nüvələrin elektromaqnit qarşılıqlı təsirlərinin tədqiqat metodu kimi əhəmiyyət daşıyır.

Yüksək enerjili zərrəciklərin kristal mühitlə qarşılıqlı təsiri zamanı, koherent effektlər hesabına, lepton cütünün fotoyaranması prosesinin effektiv kəsiyində difraksiyon güclənmələr müşahidə olunur.

Leptonların polyarizasiyası və fotonların xətti və dairəvi polyarizasiyası nəzərə alınmaqla kristalda tormozlanma şüalanması və e^+e^- fotocütünün yaranması prosesləri

nəzəri olaraq tədqiq olunmuşdur /1-3/. Göstərilmişdir ki, vakuumba və ixtiyari mühitdə dairəvi polarizə olunmuş foton yalnız uzuna polarizə olunmuş elektron tərəfindən yarana bilər.

Bu hesablamalarda nüvə sahəsinin ekranlaşmasını nəzərə almaq üçün Şifin /4/ verdiyi təqribi formuldan istifadə etmişdik. Atomun elektronları tərəfindən nüvənin ekranlaşmasını nəzərə alan və müxtəlif eksperimentlərdə yoxlanılmış yeni düstür vasitəsi ilə kristalda e^+e^- fotocütünün yaranması prosesinin nəzəri tədqiqi əhəmiyyət kəsb edir. Bu işdə atomun elektronları tərəfindən ekranlaşmanı nəzərə alan yeni metod vasitəsi ilə kristalda e^+e^- fotocütünün yaranması prosesi nəzəri tədqiqi olunmuşdur.

Kristalda e^+e^- fotocütünün yaranması prosesi üçün başlanğıc düstür kimi Born yaxınlaşmasında, bütün zərrəciklərin spin hallarını nəzərə almaqla, ekranlaşmış tək nüvə sahəsində e^+e^- fotocütünün yaranması prosesinin diferensial effektiv kəsiyinin ifadəsindən istifadə olunur /1/.

$$d\sigma(\theta_{\pm}, \varphi_{\pm}) = A_{s,s,l}(\theta_{\pm}, \varphi_{\pm}) F(\vec{q}^2) d\Omega_+ d\Omega_- \quad (1)$$

Burada $A_{s,s,l}(\theta_{\pm}, \varphi_{\pm})$ - bucaqlardan, zərrəciklərin enerjilərindən və spin hallarından asılı olan funksiyadır. $F(\vec{q}^2)$ - nüvədə yükün və atom elektronlarının paylanması xarakterizə edən atom formfaktoru, $\vec{q} = \vec{k} - \vec{p}_+ - \vec{p}_-$ - nüvənin təpmə impulsu, $\vec{p}_+(E_+)$, $\vec{p}_-(E_-)$, $\vec{k}(\omega)$ - pozitronun, elektronun və γ - kvantın impulsu (enerjisi); θ_{\pm} və φ_{\pm} - polyar və azimutal bucaqlardır.

Bizim istifadə etdiyimiz sistemdə $h=c=m=1$.

Hədəfin kristallik quruluşunu nəzərə almaq üçün effektiv kəsiyin ifadəsini kristallik faktora (K) vurmaq lazımdır. Qəfəsin düyünlərində yerləşən atomların istilik rəqslərini də nəzərə almaqla kristallik faktorun ifadəsi aşağıdakı kimi olur:

$$K = N \left[1 - \exp(-A\vec{q}^2) \right] + \frac{(2\pi)^3}{\Delta} N \sum_{\vec{g}} |s(\vec{g})|^2 \exp(-A\vec{q}^2) \delta(\vec{q} - \vec{g}) \quad (2)$$

Burada A- qəfəs atomlarının istilik rəqslərinin ortakvadratik amplitududur, N- kristalda elementar özəklərin sayı, Δ - elementar özəyin həcmi, $S(\vec{g})$ - kristalın struktur faktoru, \vec{g} - tərs qəfəs vektoru, $\delta(\vec{q} - \vec{g})$ - Dirak funksiyasıdır. (2) ifadəsinin birinci toplananı effektiv kəsiyin izotop (amorf) hissəsini, ikinci toplananı isə interferensiya (koherent) hissəni xarakterizə edir.

Effektiv kəsiyin ifadəsini (2) ifadəsinə vurduqdan sonra inteqrallamaqla, ultrarelyativistik halda ($E_1, E_2, \omega \gg mc^2$) kristallarda polarizə olunmuş e^+e^- fotocütünün yaranması prosesinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı ifadəni almış olarıq:

$$d\sigma_{s,l} = \frac{\sigma_0 dE}{2\omega^3} \left\{ [E_+^2 + E_-^2 + \ell s_+ (E_+^2 - E_-^2)] \cdot (\Psi_1^c(\delta) + \Psi_1^i(\delta, \theta)) + \frac{2}{3} [E_+ E_- + \ell s_+ \omega E_-] (\Psi_2^c(\delta) + \Psi_2^i(\delta, \theta)) \right\} \quad (3)$$

Burada

$$\sigma_0 = z^2 \alpha r_0^2 N; \quad \alpha = \frac{1}{137}; \quad r_0 = 2,8 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$$

(3) düsturundan istifadə etməklə, kristallarda pozitronun uzununa polarizasiya dərəcəsini müəyyən etmək olar:

$$P = l \frac{(y^2 - (1-y)^2) (\Psi_1^c + \Psi_1^i) + \frac{2}{3} (1-y) (\Psi_2^c + \Psi_2^i)}{(y^2 + (1-y)^2) (\Psi_1^c + \Psi_1^i) + \frac{2}{3} y(1-y) (\Psi_2^c + \Psi_2^i)} \quad (4)$$

burada,

$$y = \frac{E_+}{\omega} .$$

(3) və (4) ifadələrindən görünür ki, həm effektiv kəsik, həm də zərrəciklərin polarizasiya dərəcəsi $\Psi_{1,2}^c$ və $\Psi_{1,2}^i$ funksiyala-

rından asılıdır. Bu funksiyaların hesabına prosesin effektiv kəsiyində siçrayışlar əmələ gəlir. Bu funksiyaların ifadəsi /1/-də verilmişdir.

$\Psi_{1,2}^c(\delta)$ və $\Psi_{1,2}^i(\delta, \theta)$ funksiyalarının ifadəsinə $F(\vec{q}^2)$ və $F(\vec{g}^2)$ formfaktorları daxil olur. $\Psi_{1,2}^i(\delta, \theta)$ funksiyaları həm polyar (θ), həm də azimutal bucaqdan (φ) asılıdır.

θ - fotonun \vec{k} impulsu ilə \vec{b}_1 - kristalloqrafik ox arasındakı bucaq, φ - isə düşmə müstəvisi (\vec{k}, \vec{b}_1) ilə (\vec{b}_1, \vec{b}_2) - kristalloqrafik müstəvilər arasındakı bucaqlardır.

Əvvəlki işlərimizdə kristalda tormozlanma şüalanmasını tədqiq edərkən atom formfaktorunu kimi

$$F_s(q^2) = \frac{1}{(\beta^{-2} + q^2)^2} \quad (5)$$

şəklinə malik Şiffin eksponensial ekranlaşma düsturundan istifadə etmişdik. Burada $\beta = 111Z^{-1/3}$, Z - maddənin atom nömrəsidir.

Daha dəqiq atom formfaktorundan istifadə etməklə bu prosesi tədqiq etmək olar. Bunun üçün $F(\vec{q}^2)$ formfaktorunu nüvə və elektron hissələri olmaqla iki toplanan şəklində yazmaq.

$$F(q^2) = \frac{1}{q^4} \left(\frac{1}{1 + q^2 \beta^2} \right)^2 = \frac{1}{q^4} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{q^2 \beta^2}} \right)^2 = \frac{1}{q^4} \left(1 - \frac{1}{1 + q^2 \beta^2} \right)^2 \quad (6)$$

Burada $F'(q^2) = \frac{1}{1 + q^2 \beta^2}$ - nüvənin ətrafında elektronların paylanması xarakterizə edir.

$$F'(q^2) = \frac{1}{Z} \int e^{i\vec{q}\vec{r}} \rho(\vec{r}) dV; \int \rho(\vec{r}) dV = Z \quad (7)$$

Eksperimental nəticələrlə yaxşı uyğunluq alınması üçün $F'(q^2)$ funksiyası aşağıdakı sıra şəklində seçilir.

$$F'(\vec{q}^2) = \frac{1}{Z} \{ \sum a_i \exp(-b_i q^2) + c \}, \quad (8)$$

$$a_1 = 1,8359, \quad a_2 = 1,81119,$$

$$a_3 = 1,5809, \quad a_4 = 0,5426,$$

$$b_1 = 10528, \quad b_2 = 4678, \quad b_3 = 239,$$

$$b_4 = 27116, \quad c = 0,2283$$

(6) və (8) ifadələrini birləşdirməklə, biz nüvədə yükün və atom elektronlarının "yeni" paylanma funksiyasını almış olarıq.

$$F_y(\vec{q}^2) = \frac{1}{q^4} [1 - F'(\vec{q}^2)]^2 \quad (9)$$

(9) ifadəsini $\Psi_{1,2}^c$ və $\Psi_{1,2}^i$ funksiyalarının ifadəsində nəzərə almaqla, kristallarda polyarizə olunmuş e^+e^- fotocütünün yaranması prosesinin effektiv kəsiyinin $y = \frac{E_+}{\omega}$ -dən asılığını almış olarıq.

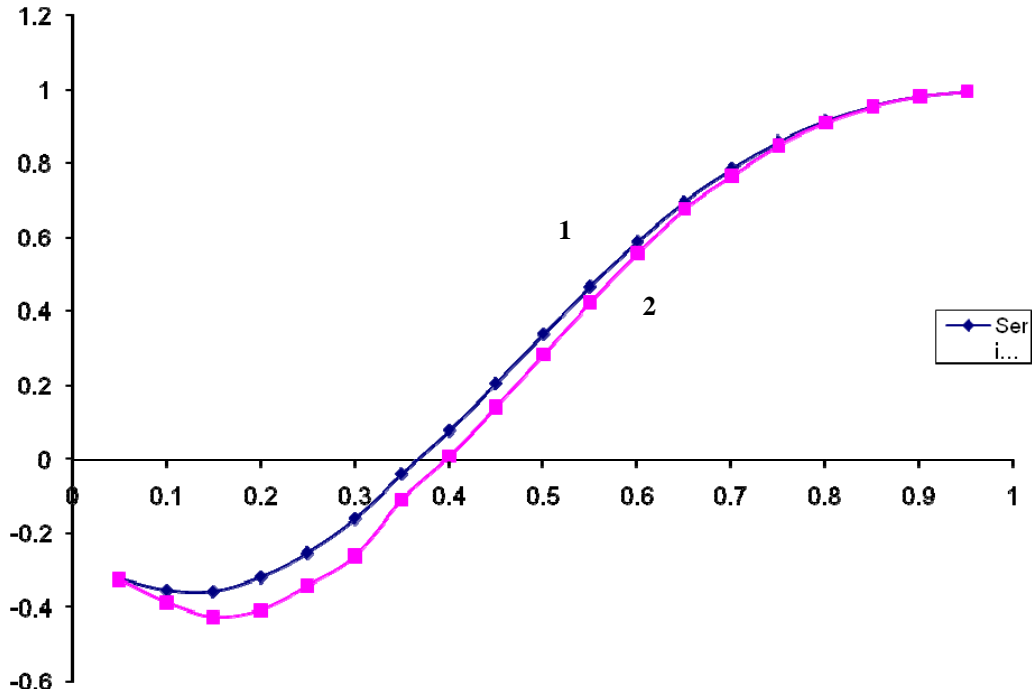
Kristallarda polyarizə olunmuş e^+e^- fotocütünün yaranması prosesi zamanı elektron (pozitron) və foton üçün iki növ spin korrelyasiyası mövcud olur. Əgər $ls_+ = +1$ (yəni $s_+ = +1$, $l = +1$ və ya $s_- = -1$, $l = -1$), onda korrelyasiya müsbətdir. Əgər $ls_+ = -1$ (yəni $s_+ = +1$, $l = -1$ və ya $s_+ = -1$, $l = +1$), onda korrelyasiya mənfidir.

Şəkil 1-də silisium kristalında, hər iki ekranlaşma üçün pozitronun uzununa polyarizasiya dərəcəsinin enerjiden asılılığı verilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, ekranlaşmanın fotonun polyarizasiya dərəcəsinə təsiri hiss olunmayacaq dərəcədə azdır.

ƏDƏBİYYAT

- Наджаров И.М. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1977. т.41. № 10. с.2111.

2. Наджафов И.М, Миранцев Л.В. // Изв. АН СССР. Сер.физ. 1978. т.42. № 9. с.1884.
3. Наджафов И.М. // Изв. АН СССР. Сер.физ. 1977. т.41. № 10. с.2116.
4. Shiff L.I. // Phys. Rev. 1951. v.83. p.252.
5. Насонов Н.Н., Насонова В.А., Попов И.Г. // ЯФ. 2001. т.64. с.1037.
6. Насонов Н.Н., Похил Г.П., Тулинов А.Ф. // ЯФ. 2000. т.63. с.1596



Şəkil 1. Hər iki ekranlaşma üçün silisium kristalında pozitronun uzununa polyarizasiya dərəcəsinin enerjiden asılılığı. 1-əyrisi Şiffin ekranlaşmasına, 2-əyrisi isə - "yeni" ekranlaşmaya uyğundur. Əyrilər $E_1 = 5,5$ QeV, $\theta = 1,5$ mrad, $\alpha = 0$ üçün qurulmuşdur.