

UOT 539

# QAMMA-KVANTLARIN TƏSİRİLƏ BERİLLİUM OKSİDDƏ ƏMƏLƏ GƏLƏN ELEKTRONLARIN ENERGETİK SPEKTRİ

<sup>1</sup>N.K.Ramazanova, <sup>1</sup>S.R.Hacıyeva, <sup>2</sup>Y.D.Cəfərov

<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti

AZ 1148 Bakı, Z.Xəlilov küç, 23; e-mail: info@bsu.az

<sup>2</sup>AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu,

AZ 1143, Bakı, B.Vahabzadə, 9; e-mail: [azirp@rambler.ru](mailto:azirp@rambler.ru)

$\gamma$ -kvantlar ( $^{60}\text{Co}$ ,  $E_\gamma=1.17$  və  $1.33$  MeV) berillium oksid daxilindən keçərkən onu təşkil edən molekullarla qarşılıqlı təsirdən əmələ gələn kompton elektronlarının energetik spektri hesablanmışdır. Hesablama birqat toqquşma və Monte-Karlo metodlarından istifadə edilərək MATHCAD proqramı əsasında aparılmışdır.

**Açar sözlər:**  $\gamma$ -kvantlar, energetik spektr, kompton elektronları.

Atom və nüvə energetikasının müxtəlif sahələrində geniş istifadə olunan berillium və onun müxtəlif birləşmələrinə ionlaşdırıcı şüaların ( $\gamma$ -kvantlar, protonlar, neytronlar,  $\alpha$ -zərrəciklər və s.) təsiri onları daxilində, səthində və onları əhatə edən mühitdə baş verə biləcək dəyişiklikləri əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq elm və texnika qarşısında qoyulan əsas problemlərdən biridir.  $\gamma$ -Kvantların təsiri maddə daxilində əmələ gələn elektron-deşik cütü, radiasiya defektləri və elektron-həyacanlanma halları kimi aktiv aralıq hissəciklər əmələ gəlir. Həmin hissəciklər dreyf və miqrasiya edərək onların daxilində, səthində və ətrafında gedən fiziki, kimyəvi və

bioloji proseslərə güclü təsir göstərilir. Bu səbəbdən də ilkin olaraq  $\gamma$ -kvantların təsiri berillium oksid daxilində əmələ gələn elektronların energetik spektrinin hesablanması qarşıya məqsəd qoyulmuşdur.

Təqdim olunan işdə berillium oksid üzərinə radial istiqamətdə düşən  $\gamma$ -kvantların ( $^{60}\text{Co}$ ,  $E_\gamma = 1,17$  və  $1,33$  MeV) təsiri onun daxilində atomları və ya molekulları tərk edən təpilən elektronların energetik spektrin birqat toqquşma və Monte-Karlo metodlarından istifadə edilərək MATHCAD proqramı əsasında hesablanma metodikası verilmişdir.

## NƏZƏRİ HİSSƏ

$\gamma$ -Kvantlar maddə daxilindən keçərkən onu təşkil edən atom və ya molekulları, atom nüvələri və onların elektronları ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu qarşılıqlı təsirin  $\gamma$ -kvantların enerjisindən asılı olaraq aşağıdakı növləri vardır: koherent səpilmə, fotoeffekt, kompton səpilməsi (kompton-effekti), elektron-pozitron cütünün yaranması və nüvə fotoeffekti. Enerjisi  $E_\gamma=1.13$  və  $1.33$  MeV

( $^{60}\text{Co}$ ) olan  $\gamma$ -kvantlar BeO daxilindən keçərkən kompton səpilməsinin effektiv en kəsiyi digər proseslərlə müqayisədə çox böyük olduğuna görə işdə yalnız kompton səpilməsi nəzərə alınmışdır. Kompton səpilməsinin effektiv en kəsiyi üçün effektiv en kəsinin təpilən elektronun kinetik enejisindən asılılığı (Kleyn Nişen-Tamm) tənliyindən istifadə edilmişdir [1]:

$$\frac{d\sigma_e}{dE_e} = \frac{\pi r_0^2}{k^2 m_0 c^2} \left\{ 2 + \left( \frac{E_e}{E_\gamma} \right)^2 \left[ \frac{1}{k^2} + \frac{E_\gamma - E_e}{E_\gamma} - \frac{2}{k} \cdot \frac{E_\gamma - E_e}{E_e} \right] \right\} \quad (1)$$

Burada  $r_0 = 2.82 \cdot 10^{-13}$  sm elektronun klassik radiusu,  $k = \frac{E_\gamma}{m_e c^2}$  adsız kəmiyyət,  $m_0 c^2 = 0.511$  MeV elektronun sükunət enerjisi və  $E_e$  - BeO molekulasından səpələn

kompton elektronların kinetik enerjisidir.

Səpələn  $\gamma$  —kvantın enerjisi  $E_\gamma$  və kompton elektronlarının kinetik enerjisi  $E_e$  səpilmə bucağı  $\theta$  —dan asılılığı uyğun olaraq:

$$E_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma(1 - \cos\theta)}{m_0 c^2}}$$

$$E_e = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{m_0 c^2}{E_\gamma(1 - \cos\theta)}}$$

ifadələri əsasında hesablanılır. Səpələn  $\gamma$  —kvantın səpilmə bucağı  $\theta$  ilə təpələn elektronun təpilmə bucağı  $\varphi$  arasında

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{E_\gamma}{m_0 c^2}}$$

uyğunluğundan istifadə edilmişdir.

Kompton səpilməsində monoxromatik  $\gamma$  —kvantların sərbəst elektronların səpilməsindən kəsilməz spektri alınır:

a) səpələn  $\gamma$  —kvantların enerjisi  $\frac{E_\gamma}{1 + \frac{2E_\gamma}{m_0 c^2}} < E_\gamma < E_\gamma$

b) kompton elektronların kinetik enerjisi isə  $0 < E_e < \frac{E_\gamma}{1 + \frac{2E_\gamma}{m_0 c^2}}$  intervalında dəyişir.

Əgər (1) ifadəsini elektronun ala biləcəyi kinetik enerji 0 —dan

$$(E_e)_{\max} = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{m_0 c^2}{2E_\gamma}} - a \text{ qədər inteqrallasaq,}$$

bir elektron üçün kompton səpilməsinin effektiv en kəsiyini:

$$\sigma_K = \int_0^{(E_e)_{\max}} \frac{d\sigma_e}{dE_e} dE_e$$

almış olarıq.

Verilmiş mühit üçün  $\gamma$  —kvantın tam xətti zəiflətmə əmsalı [2,3] :

$$\mu = n\sigma_K = \frac{\rho Z N_A}{M} \sigma_K$$

ifadəsi əsasında təyin edilir ki, burada  $n = \frac{\rho Z N_A}{M}$  — vahid həcmə düşən elektronların

konsentrasiyası,  $Z$  —bir molekuladakı elektronların sayı,  $N_A$  —Avoqadro sabiti,  $M$  —molyar kütlə,  $\sigma_K$  —bir elektron üçün kompton səpilməsinin effektiv en kəsiyidir.

Qalınlığı  $x$  (hesablamada  $x = 10^{-5}$  sm götürülmüşdür) olan BeO üzərinə radial istiqamətdə 1 sm<sup>2</sup> səthə  $N_0$  (hesablamada  $N_0 = 10^{12} \frac{\text{kvant}}{\text{sm}^2}$  götürülmüşdür) sayda  $\gamma$  —kvant düşərsə, şüalanmanın intensivliyi eksponensial qanunla zəifləyir:

$$N = N_0 e^{-\mu x}$$

BeO daxilində onu təşkil edən molekullarla  $\gamma$  –kvantların toqquşmalarından alınan elektronların sayını  $\Delta N = N_0(1 - e^{-\mu x})$  ifadəsi əsasında təyin etmək olar. Səpilən  $\gamma$  –kvantların sərbəst yolunun orta uzunluğu şüalanan cismin ölçülərindən böyük olarsa, ikinci toqquşma baş verməyir. Monte-Karlo metoduna görə toqquşmanın  $i$  –ci intervalına düşən payını:

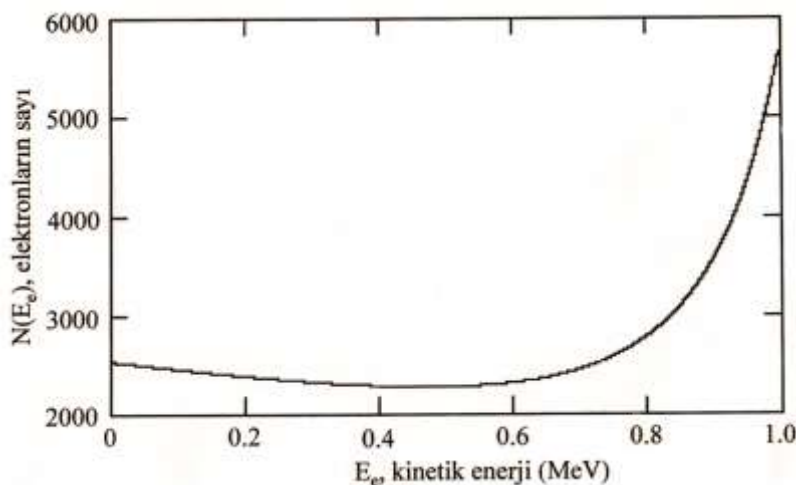
$$\delta_i(E_e) = \frac{\int_{(E_e)_{i-1}}^{(E_e)_i} \frac{d\sigma_e}{dE_e} dE_e}{\sigma_K}$$

ifadəsi əsasında təyin etmək olar. Hesablamada təpilən elektronların  $(E_e)_i$  kinetik enerjisinə uyğun olan  $N_i$  elektronların sayı:

$$N_i(E_e) = \delta_i(E_e) \cdot \Delta N(2)$$

tənliyinə görə hesablanmışdır.

(2) ifadəsi əsasında  $\gamma$  –kvantların təsirlə BeO molekullarından təpilən kompton elektronlarının sayının onun kinetik enerjisindən asılılığı (energetik spektri) şəkildə təsvir edilmişdir.



$\gamma$  –Kvantların təsirlə BeO daxilində əmələ gələn təpilən kompton elektronlarının energetik spektri.

Spektrdən səpilən  $\gamma$  –kvantların və elektronların orta kinetik enerjilərini təyin etmək mümkündür. Elektronun orta kinetik enerjisi

$$\bar{E}_e = \frac{\sum_i N_i(E_{ei}) \cdot E_{ei}}{\sum_i N_i(E_{ei})}$$

ifadəsi əsasında hesablanmışdır. Hesablamadan BeO üçün kompton elektronların orta kinetik enerjisi  $\bar{E}_e = 0,543 \text{ MeV}$  qiyməti alınmışdır.

Maddə daxilində səpilən  $\gamma$  –kvantların orta enerjisi isə  $\bar{E}_\gamma = E_\gamma - \bar{E}_e = 0,707 \text{ MeV}$  alınır.

Bu proqram vasitəsilə maddə daxilində ionlaşdırıcı şüaların təsirlə əmələ gələn cərəyanın sıxlığı, səthdə adsorbsiya olunan maddələrin udduğu əlavə dozanın gücü, BeO-dan onu əhatə edən mühitə ötürülən əlavə enerjinin miqdarını və udulan enerji növünü hesablamaq mümkündür. Hesablamanı praktikaya tətbiq etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Сегрэ Э. Экспериментальная ядерная физика. М: 1955. 662с.  
Сегре Э. Эксперименталнаа уадернаа физика. М: 1955. 662с.
2. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. М.: Физматлит. 2004. 152с.  
Чернуаев А.П. Взаимодействие ионизируушөгө излучениа с вешеством. М.: Физматлит. 2004. 152с.
3. Батурицкий М.А. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Минск. МГЭУ им. А.Д. Сахарова. 2005. 118с.  
Батуруский М.А. Взаимодействие ионизируушөгө излучениа с вешеством. Минск. МГЕУ им. А.Д. Сахарова. 2005. 118с.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОНОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ОКСИДЕ БЕРИЛЛИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГАММА-КВАНТОВ**

**Н.К.Рамазанова, С.Р.Гаджиева, Я.Д.Джафаров**

*Вычислены энергетические спектры комптоновских электронов, образовавшихся в результате отталкивания взаимно сталкивающихся молекул оксида бериллия при прохождении через него  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $E_\gamma=1.17$  и  $1.33$  МэВ). Вычисления были проведены на основе программы MATHCAD с использованием методов Монте-Карло и одноразового столкновения.*

**Ключевые слова:**  $\gamma$ -кванты, энергетические спектры, комптоновские электроны.

**ENERGY SPECTRUMS OF ELECTRONS GENERATED IN BERYLLIUM OXIDE UNDER THE INFLUENCE OF GAMMA-QUANTUM**

**N.K.Ramazanova, S.R.Hajiyeva, Y.D.Jafarov**

*Energy spectrums of Compton electrons formed as a result of repulsion of mutually collided molecules of berillium oxide when being traversed by  $\gamma$ -quantum ( $^{60}\text{Co}$ ,  $E_\gamma=1.17$  və  $1.33$  MeV) have been calculated. Calculations have been made on the basis of MATHCAD program with the use of single-collision and Monte-Carlo methods.*

**Keywords:**  $\gamma$ -quantum, energy spectrum, Compton electrons.

Redaksiyaya daxil olub 11.03.2014.