

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
**BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**



**Magistrantların və gənc tədqiqatçıların  
“Şuşa ili”nə həsr olunmuş**

**“FİZİKA VƏ ASTRONOMİYA PROBLEMLƏRİ”**

*mövzusunda*

**XXII RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ**

**MATERİALLARI**

*Bakı, 20 may 2022-ci il*

**Bakı-BDU-2022**

Magistrantların və gənc tədqiqatçıların “Şuşa ili”nə həsr olunmuş “Fizika və Astronomiya problemləri” mövzusunda XXII respublika elmi konfransının materialları  
Bakı, 20 may 2022-ci il. Bakı: BDU, 2022, – 182 səh.

ISBN: 978-9952-546-66-8

© Bakı Dövlət Universiteti, 2022

## **KONFRANSIN TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ:**

### **SƏDR:**

**Bəxtiyar Paşayev** – BDU-nun Fizika fakültəsinin dekanı

### **SƏDR MÜAVİNİ:**

**Vüsal Məmmədov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin tədris işləri üzrə dekan müavini

### **ÜZVLƏR:**

**Mais Süleymanov** – BDU-nun Elmi fəaliyyətin təşkili və innovasiyalar Mərkəzinin direktoru

**Zöhrab Ağamaliyev** – BDU-nun Tədqiqat, İnkişaf və İnnovasiyalar üzrə Mükəmməllik Mərkəzinin elmi tədqiqat və innovasiyalar üzrə direktor müavini

**Məhəmməd Məhərrəmov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin sosial məsələlər və tələbələrlə iş üzrə dekan müavini

**Şəhla Hacıyeva** – BDU-nun Fizika fakültəsinin elmi işlər üzrə dekan müavini

**Mehdi Mahmudov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Bərk cisimlər fizikası kafedrasının müdiri

**Kəmalə Alışeva** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Astrofizika kafedrasının müdiri

**Məcid Qocayev** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Nəzəri fizika kafedrasının dosenti

**Həbibə Şirinova** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi

**Şirxan Hübətov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin tyutoru

**Sara Rəhimzadə** – BDU-nun Fizika Problemləri Elmi-tədqiqat İnstitutunun Nəzəri fizika şöbəsinin böyük laborantı

## **KONFRANSIN PROQRAM KOMİTƏSİ:**

### **SƏDR:**

**Məmməd Rəcəbov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Nəzəri fizika kafedrasının müdiri

### **ÜZVLƏR:**

**Sədiyar Rəhimov** – Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutunun direktoru

**Mustafa Muradov** – Tədqiqat, İnkişaf və İnnovasiyalar üzrə Mükəmməllik Mərkəzinin proqram, təhsil və əməkdaşlıq üzrə direktor müavini

**Namiq Əhmədov** – BDU-nun Fizika problemləri Elmi-tədqiqat İnstitutunun Biofizika şöbəsinin müdiri

**Arzu Daşdəmirov** – Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin Fizika fakültəsinin dekanı

**Əhməd Abdinov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Fiziki elektronika kafedrasının müdiri

**Eldar Məsimov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Maddə quruluşu kafedrasının müdiri

**Vaqif Salmanov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Yarımqeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri

**Rəna Qasımova** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Optika və molekulyar fizika kafedrasının müdiri

**Faiq Paşayev** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müdiri

**Rəhim Rəhimov** – BDU-nun Fizika fakültəsinin Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası kafedrasının müdiri

## PLENAR İCLAS

### AG DRA SİMBİOTİK ULDUZUN RƏQƏMSAL SPEKTRLƏRİNDƏ H $\alpha$ XƏTTİNİN TƏDQIQI

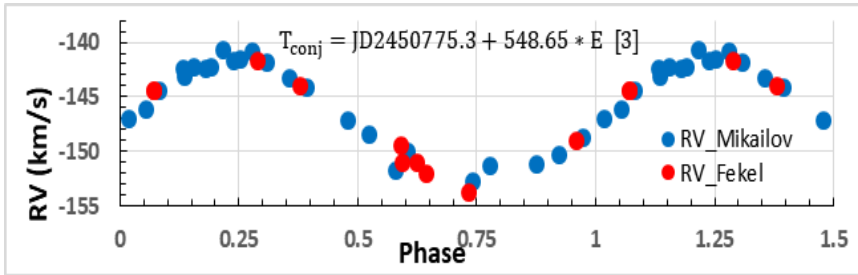
Rüstəmovə G.İ., Mikayılov X.M.

Bakı Dövlət Universiteti

rustemovagunel27@gmail.com

AG Dra əksəriyyət simbiotik ulduzlar kimi soyuq nəhəng və isti kompakt ulduzdan ibarət qarşılıqlı təsirdə olan qoşa sistemdir. Onlar təkamül prosesində maddə mübadiləsi edirlər və cütlük bütövlükdə dumanlıqla əhatə olunmuşdu. Dumanlığın material mənbəyi öz maddəsini ulduz küləyi və ya pulsasiya ilə itirən soyuq nəhəng ulduz, enerji mənbəyi isə isti ağ cırtdan hesab olunur.

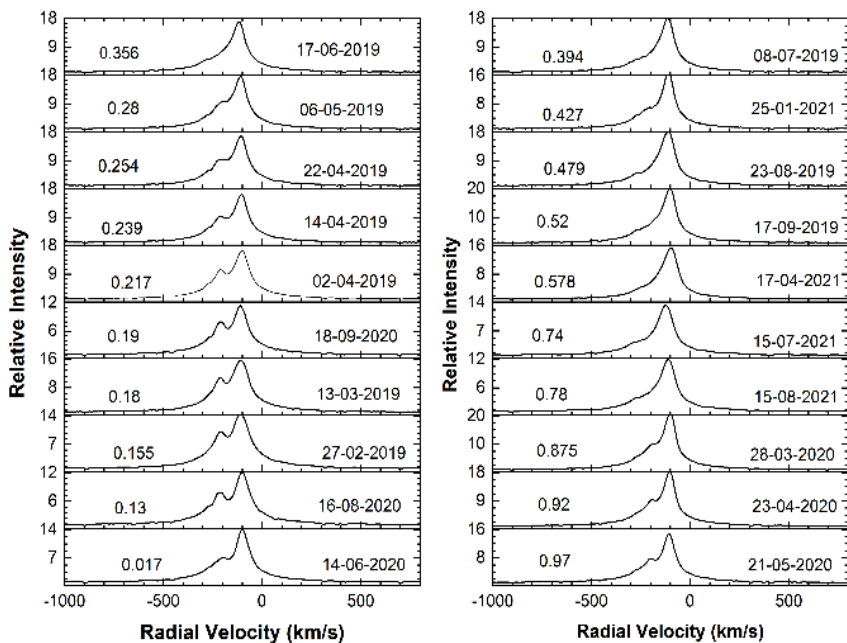
Bu işdə ARAS spektral verilər bazasından [1] istifadə edərək AG Dra ulduzunun 25 spektrinə görə 2019-2021-ci illər üçün H $\alpha$  xəttinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxılmışdı. Spektrlər DECH30 [2] proqramı vasitəsilə standart metodlar əsasında emal edilmişdi. Spektrlərin ayırdetmə gücü  $R=\lambda/\Delta\lambda=11000\div 14000$ . Fazadan asılı olaraq profilin dəyişməsinə izləmək üçün udulma xətlərinin şüa sürətlərinə görə Fekelin [3] məlumatları əsasında orbital hərəkətin faza diaqramı qurulmuşdu (Şəkil 1).



Şəkil 1. Orbital radial sürətlərin faza diaqramı.

Bütün spektrlərə görə H $\alpha$  şüalanma xəttinin profilləri qurulmuş və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdı (şəkil 2).

Şəkildən H $\alpha$  xəttinin profillərinin fazadan asılı olaraq dəyişməsi çox aydın görünür. Fazanın  $0.0\div 0.28$  və  $0.88\div 1.0$  qiymətləri aralığında H $\alpha$  profilləri iki komponentli quruluş göstərir. Digər fazalarda bənövşəyi komponent yoxa çıxır və qırmızı komponentdən ibarət quruluş göstərilir. Hesab edirik ki, H $\alpha$  xəttinin profilindəki bu dəyişmə sırf ulduzun orbital hərəkəti ilə bağlıdır.



Şəkil 2. AG Dra spektrində H $\alpha$  şüalanma xəttinin profilləri.

**Ədəbiyyat:**

1. <https://aras-database.github.io/database/>
2. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>
3. Fekel, Francis C. et al. Infrared spectroscopy of symbiotic stars. II. Orbits for Five S-Type Systems with Two-Year Periods, The Astron. Journal, 2000, V. 120, I.6, pp. 3255-64

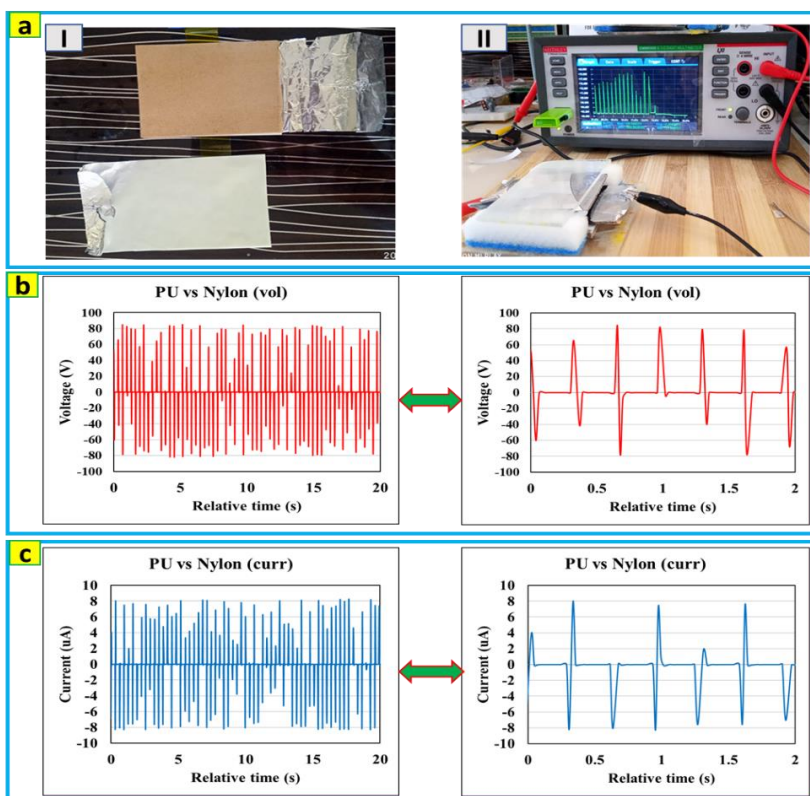
## TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS BASED ON THE POLYURETHANE AND NYLON FILMS

Gulahmadov O.G., Mamedov H.M., Kim J.

*Baku State University*

*ogulahmadov@bsu.edu.az*

The global climate change and energy crisis are one of the most pressing issues facing human society. The creation of new types of energy sources and the study of their environmental friendliness are considered to be the main priorities for solving such problems. At present, researchers are faced with the development of new, efficient, green energy sources. Triboelectric nanogenerators (TENGs) are an effective and safe system for collecting electricity from various sources in everyday life – human mechanical movements, water waves and wind. TENGs are a system that can generate mechanical energy into electrical energy and are based on two physical processes, such as contact electrification and electrostatic induction.



**Figure 1.** a) triboelectric pairs (I), Experiments on the triboelectric nanogenerator b) voltage graphs of the TENG c) current graphs of the TENG

Contact electrification is the phenomenon of positive charge on the surface of one material and negative charge on the surface of another material when two triboelectric materials come into contact with each other.

In this study, we developed a triboelectric nanogenerator based on nylon and polyurethane films with a triboelectric effect. Liquid polyurethane (Pattex PU Wood Adhesive Marine Grip 600 g) is first applied to aluminum foil by drop casting and dried within a day. The nylon (nylon socks, nylon 90% and other polymer 10%, 10D; thread diameter 35  $\mu\text{m}$ ) layer is glued to the aluminum foil using double-sided glue. The next day, 6x7 films are cut from both samples and a triboelectric nanogenerator is prepared based on them (Figure 1a). As shown in Figure 1a and b, the maximum voltage and current values of TENG were 82 V and 8  $\mu\text{A}$ , respectively.

**References:**

1. Wang Z. L., Zhu G., Yang Y., Wang S. H., Pan C. F. Progress in Nanogenerators for Portable Electronics//Mater. Today. 2012, v. 15, p. 532–543.
2. Wang Z. L., Wang A.C. On the origin of contact-electrification //Mater. Today. 2019, v. 30, p. 34–51.



## İKİFAZALI PEQ-LİMON TURŞUSUNUN NATRİUM DUZU-SU SİSTEMİNİN AYIRDETMƏ QABİLİYYƏTİNİN MƏQSƏDYÖNLÜ DƏYİŞDİRİLMƏSİ

**Şahbazova G.M., Süleymanzadə A.Ə., Məsimov E.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*shahbazova.gunel@mail.ru*

İstənilən maddələrin, o cümlədən bioloji aktiv maddələrin qarışıqlarından komponentlərin ayrılması və təmizlənməsi prosesi qarşısında, onların hər birini ayrılıqda tədqiq etmək üçün yeyinti, farmakoloji və tibb sənayesinin qoyduğu tələblər durmadan artmaqdadır. Kimyəvi maddələrin ayrılması və təmizlənməsi üçün mövcud olan çoxlu sayda metodlar bioloji maddələrin təmizlənməsi üçün yaramır, bioloji materiallar müxtəlif faktorların təsiri ilə asanlıqla öz bioloji aktivliklərini itirirlər, denaturasiyaya uğrayırlar.

Son zamanlar bioloji materialların ayrılması və təmizlənməsi üçün sadə, ucuz və səmərəli metod-maddələrin ikifazalı su-polimer sistemlərində qeyri-bərabər paylanmasına əsaslanan metod işlənib hazırlanmışdır [1]. Fiziki-kimyəvi xassələri bir-birindən fərqlənən iki polimerin sulu məhlullarının qarışığı, komponentlərin konsentrasiyasının müəyyən bir qiymətindən böyük qiymətlərdə iki fazaya ayrılır. Belə ikifazalı sistemin fazalarının biri polimerin biri, digəri isə ikinci polimerlə zəngin olur. Bu növ ikifazalı sistemə zülallar və ya hüceyrələr qarışığı daxil edildikdə, bir zülal və ya hüceyrə növü fazaların birində daha çox, digərində isə daha az toplanırlar. Bu cür qeyri-bərabər paylanma bioloji hissəciklərin fərdi xüsusiyyətləri, fazaəmələgətirən polimerlərin təbiəti, konsentrasiyası, sistemə daxil edilən əlavələrin təbiəti və miqdarı ilə əlaqədardır.

Təqdim olunan işin məqsədi tətbiq sahəsinə düzgün ayırdeTMə qabiliyyətinə malik ikifazalı sistemlərin axtarışı, alınması və tətbiqini tövsiyə etməkdir. İşdə müxtəlif kiçikmolekullu birləşmələrin PEQ-limon turşusunun Na duzu-su ikifazalı sistemin ayırdeTMə qabiliyyətinə ( $n^*$ ) təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr cədvəldə verilmişdir.

Sistem	$n^*$
PEQ-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na <sub>3</sub>	9.2
PEQ-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na <sub>3</sub> -Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14.6
PEQ-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na <sub>3</sub> -K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14,35

AyırdeTMə qabiliyyətləri cədvəldə göstərilən ikifazalı sistemlər yüksəkmolekullu birləşmələrin nisbi hidrofobluqlarını kəmiyyətcə qiymətləndirilməsində, fundamental sahədə, yüksəkmolekullu birləşmələrin fraksiyalara ayrılmasında, tibbi bioloji materialların ayrılmasında (biotexnologiyada və farmakoloji sənayedə) və nəhayət qanla bağlı bəzi xəstəliklərin ilkin diaqnozunun qoyulmasında istifadə oluna bilər.

### Ədəbiyyat:

1. Zaslavsky B.Y, Masimov E.A, Methods of Analysis of the relative hydrophobicity of biological solutes// Topics current chemistry. 1988-146.-p.171-202

## STATİSTİK FİZİKA QANUNLARI İLƏ NÜVƏ TOQQUŞMALARINDA KUMULANTLARIN HESABLANMASI

<sup>1,2</sup>Ağayev M.Ş., <sup>1</sup>Rəcəbov M.R., <sup>2</sup>Rüstəmov A.C.

<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, <sup>2</sup>Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi  
mehammedagayev683@gmail.com

Müəyyən qəbul oblastında, yəni, məhdud fəza fəzasında barion ədədi ( $B_A = N_A - N_{\bar{A}}$ ) üçün normallaşdırılmış paylanma funksiyasını aşağıdakı şəkildədir [1]:

$$P_A(B_A) = \left(\frac{\alpha_B}{\alpha_{\bar{B}}}\right)^{\frac{B_A}{2}} \left(\frac{1 - \alpha_B}{1 - \alpha_{\bar{B}}}\right)^{\frac{B - B_A}{2}} I_{B_A}(2z\sqrt{\alpha_B\alpha_{\bar{B}}}) \times \frac{I_{B - B_A}(2z\sqrt{(1 - \alpha_B)(1 - \alpha_{\bar{B}})})}{I_B(2z)} \quad (1)$$

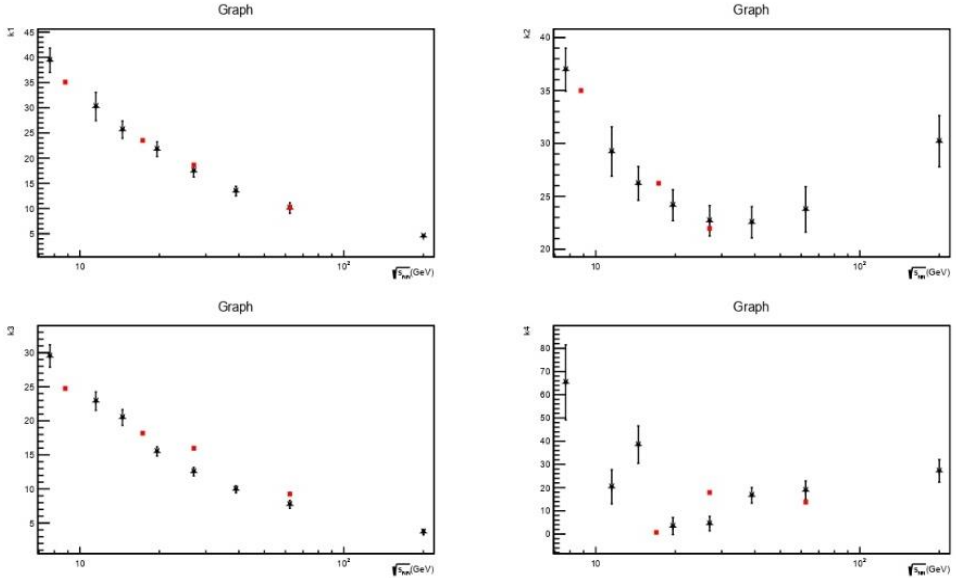
Burada  $N_B$  və  $N_{\bar{B}}$  uyğun olaraq barion və anti-barionların sayı,  $B$  barion ədədi,  $z_B$  bir bariona aid statistik cəm,  $I_B$  Bessel funksiyasıdır. indeksində  $A$  yazılan parametrlər təcrübədə qeydə alın bilən parametrlərdir.  $\alpha_B, \alpha_{\bar{B}}, z$  isə  $\alpha_B = \frac{z_A}{z_B}$ ,  $\alpha_{\bar{B}} = \frac{z_{\bar{A}}}{z_B}$   $z = \sqrt{z_B z_{\bar{B}}}$  kimi təyin olunur. Məhdud fəzada barion ədədi paylanmasının momentləri,

$$\mu_n = \overline{[(N_B - N_{\bar{B}})^n]}_A = \sum_{B_A} (B_A)^n P_A(B_A) \quad (2)$$

kimi təyin olunur. Paylanmanın ilk dörd kumulantı isə

$$\begin{aligned} k_1 &= \mu_1, k_2 = \mu_2 - (\mu_1)^2, k_3 = \mu_3 - 3\mu_2\mu_1 + 2(\mu_1)^3, \\ k_4 &= \mu_4 - 4\mu_3\mu_1 - 3(\mu_2)^2 + 12\mu_2(\mu_1)^2 - 6(\mu_1)^4 \end{aligned} \quad (3)$$

şəkilindədir.



Kumulantlar üçün nəzəri olaraq alınmış (3) ifadələrini təcrübə ilə müqayisə edək. Bunun üçün Star təcrübələrində enerjisi  $\sqrt{s} = \{7.7, 11.5, 14.5, 19.6, 27, 39, 62, 4200\}$  (GeV) olan toqquşmalar üçün alınmış kumulantların qiymətləri ilə Monte Karlo simulyasiyası ilə alınmış kumulant qiymətlərinin  $\sqrt{s}$ -dən asılılığını eyni qrafiklər üzərində quraq [2].

Qrafiklərdə qara rəngli ulduz nöqtələr Star təcrübələrinin qırmızı rəngli kvadrat nöqtələr isə Monte Karla simulyasiyasının nəticələridir. Qrafiklərdən görüldüyü kimi simulyasiyadan alınan nəticələr təcrübədən alınan nəticələr izah edir.

**Ədəbiyyat:**

1. Braun-Munzinger P., Friman B., Redlich K., Rustamov A., Stachel J. Relativistic nuclear collisions: Establishing a non-critical baseline for fluctuation measurements, Nuclear Physics A, Volume 1008, 2021, 122141,
2. Adam J., et al., STAR Collaboration, arXiv:2001.02852 [nucl-ex].

# BÖLMƏ 1

## NƏZƏRİ FİZİKA, NÜVƏ FİZİKASI VƏ ASTROFİZİKA

### HİQQS BOZONUN İKİ FOTONA PARÇALANMASI

Abdullayev S.Q., Ağacanova Y.X.

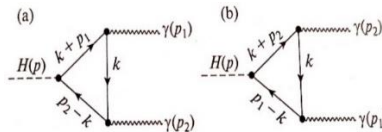
Bakı Dövlət Universiteti

yaqutagacanova1@gmail.com

Standart modeldə Hiqqs bozon zərrəciklərə kütlə verən zərrəcik kimi hipotetik daxil edilmişdi. O, skalyar zərrəcikdir, spini 0-dır. Həmin zərrəcik 2012-ci ildə Böyük Hadron Kollayderində ATLAS və CMS kollaborasiyaları tərəfindən, yüksək enerjili proton-proton toqquşmaları ilə aparılan eksperimentlərdə kəşf edilmişdir [1, 2]. Onun kütləsinin 125 GeV tərtibində olduğu müəyyən edilmişdir. Hələ proton-antiproton kollayderi Tevatronda (ABŞ, Fermi laboratoriyası) CDF qrupu tərəfindən aparılan təcrübələrdə də yeni bozonun varlığı aşkarlanmışdı. Hiqqs bozonun kəşfi ilə əlaqədar olaraq onun müxtəlif yaranma və çevrilmə kanallarının öyrənilməsi kütləsinin, parçalanma eninin, onun digər zərrəciklərlə qarşılıqlı təsir sabitlərinin müəyyən edilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Kalibrlemə bozonlarının və fermionların kütlələri dəqiq məlum olduğundan Hiqqs bozonun həmin zərrəciklərə çevrilmə kanallarını araşdırmaq mümkündür. Fotonlar kütləsiz zərrəcik olduğundan bilavasitə skalyar Hiqqs bozon ilə qarşılıqlı təsirdə olmur. Hiqqs bozonun fotonlara çevrilmə prosesi

$$H(p) \rightarrow \gamma(k_1) + \gamma(k_2)$$

yüklü virtual zərrəciklərin (leptonların, kvarkların,  $W^\pm$ -bozonların) ilgək diaqramları hesabına baş verir. Burada  $k_1$  və  $k_2$  – fotonların 4-ölçülü impulsarı,  $p = k_1 + k_2$  isə Hiqqs bozonun impulsudur.



Şəkil 1.  $H \rightarrow \gamma\gamma$  prosesinin Feynman diaqramları

Feynman diaqram texnikasının köməyiylə prosesin parçalanma eni və ya ehtimalı üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$\Gamma(H \rightarrow \gamma\gamma) = \frac{G_F \alpha^2 M_H^3}{8\sqrt{2}\pi^3} N_C^2 Q^4 I_0^2.$$

Burada  $M_H$  – Hiqqs bozonun kütləsi,  $N_C$  – rəng vuruğu,  $Q$  – top kvarkın yükü,  $G_F$  – zəif qarşılıqlı təsirlərin Fermi sabitidir.

#### Ədəbiyyat:

1. ATLAS COLLABORATION // Phys. Lett., B716 (2012), P 1
2. CMS COLLABORATION // Phys. Lett., B716 (2012), P 30

## РОЖДЕНИЕ ПРЯМЫХ ФОТОНОВ ПРИ ПРОТОН-ПРОТОННОМ СТОЛКНОВЕНИИ В ЭНЕРГИЯХ NICA $\sqrt{s} = 10$ ГэВ

Ализаде М.Р.

Бакинский Государственный Университет  
mohsunalizade@gmail.com

В представленной работе исследовано рождение прямых фотонов при протон-протон столкновении в лидирующем порядке (LO) в энергиях NICA  $\sqrt{s}=10$  ГэВ. Вычислены дифференциальные сечения подпроцессов Комптоновского рассеяния кварк-глюон ( $qg \rightarrow g\gamma$ ), аннигиляция кварк-антикварковой пары ( $q\bar{q} \rightarrow g\gamma$ ) и основного процесса ( $pp \rightarrow X\gamma$ ) и определены зависимости дифференциальных сечений от суммы энергий сталкивающихся протонов  $\sqrt{s}$ , поперечного импульса  $p_T$  и быстроты у рожденных  $\gamma$  фотонов. Вычислена зависимость отношения  $d\sigma(qg \rightarrow g\gamma)/d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma)$  от поперечного импульса  $p_T$ , быстроты  $u$  и косинуса угла рассеяния фотона. Определен доминирующий подпроцесс образования прямых фотонов при протон-протон столкновении.

Определение зависимости дифференциальных сечений от суммы энергий сталкивающихся протонов  $\sqrt{s}$  показал, что дифференциальное сечение  $d\sigma(qg \rightarrow g\gamma)/dydp_T^2$  с увеличением энергии увеличивается и при  $\sqrt{s}=4.4$  ГэВ принимает максимальное значение  $2.026 \cdot 10^{-5}$  мбарн/ГэВ<sup>2</sup> а далее значение дифференциального сечения уменьшается с увеличением  $\sqrt{s}$ . Дифференциальное сечение  $d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma)/dydp_T^2$  увеличивается с увеличением  $\sqrt{s}$  и принимает максимальное значение  $2.115 \cdot 10^{-4}$  мбарн/ГэВ<sup>2</sup> при  $\sqrt{s}=8$  ГэВ и далее дифференциальное сечение уменьшается с увеличением  $\sqrt{s}$ . Дифференциальное сечение основного процесса  $d\sigma(pp \rightarrow X\gamma)/dydp_T^2$  имеет максимальное значение равной  $2.223 \cdot 10^{-4}$  мбарн/ГэВ<sup>2</sup> при  $\sqrt{s}=7.6$  ГэВ, после  $d\sigma(pp \rightarrow X\gamma)/dydp_T^2$  уменьшается с увеличением  $\sqrt{s}$ .

Сравнение дифференциальных сечений подпроцессов и основного процесса показало что, отношение  $d\sigma(qg \rightarrow g\gamma)/d\sigma(pp \rightarrow X\gamma)$  монотонно уменьшается с увеличением суммы энергии сталкивающихся протонов  $\sqrt{s}$  а отношение  $d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma)/(d\sigma(pp \rightarrow X\gamma))$  увеличивается с увеличением  $\sqrt{s}$  и отношение  $(d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma))/(d\sigma(qg \rightarrow g\gamma))$  монотонно увеличивается с увеличением  $\sqrt{s}$ .

Исследование зависимости дифференциальных сечений  $d\sigma(qg \rightarrow g\gamma)/dydp_T^2$ ,  $d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma)/dydp_T^2$  и  $d\sigma(pp \rightarrow X\gamma)/dydp_T^2$  от поперечного импульса фотона  $p_T$  показало, что дифференциальные сечения уменьшается с увеличением  $p_T$ . Из соотношения дифференциальных сечений подпроцессов определено что, в интервале  $0 < p_T < 2$  ГэВ/с доминирующим подпроцессом в основном процессе ( $pp \rightarrow X\gamma$ ), является подпроцесс ( $q\bar{q} \rightarrow g\gamma$ ), а в интервале  $2 < p_T < 5$  ГэВ/с доминирующим

подпроцессом является ( $qg \rightarrow g\gamma$ ).

Определение зависимости дифференциальных сечений от быстроты  $y$  фотона показало, что отношение  $d\sigma(q\bar{q} \rightarrow g\gamma)/d\sigma(qg \rightarrow q\gamma)$  увеличивается в интервале  $1.8 \leq y \leq 2$ .

Дифференциальные сечения процессов уменьшаются с увеличением косинуса угла рассеяния фотона.

**Литература:**

1. Owens J.F. Parton Distribution Functions of Hadrons // Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 1992. 42, 291-332

## SKALYAR HIQQS BOZONUN FERMİON-ANTİFERMİON CÜTÜNƏ ÇEVRİLMƏSİ

Babayeva S.Ç., Qocayev M.Ş.

Bakı Dövlət Universiteti

macidqojayev@gmail.com

Elektromaqnit, zəif və güclü qarşılıqlı təsirlərin vahid nəzəriyyəsi olan Standart Modelin (SM) əsas müddəaları enerjinin təcrübədə indiyə qədər mümkün olan bütün qiymətlərində tam təsdiqini tapmışdır. Böyük Hadron Kollayderində (LHC) bu məqsədlə aparılan yeni təcrübələrin əsas məqsədi varlığı əvvəlcədən söylənilmiş və zərrəciklərin kütlə əldə etməsində həlledici rol oynayan Hiqqz bozonun tapılması olmuşdur. 2012-ci ildə ATLAS və CMS Kollaborasiyaları tərəfindən kütləsi 125 GeV olan və xassəcə Hiqqz bozona oxşar yeni zərrəciyin kəşfi ilə SM məntiqi olaraq Standart nəzəriyyə kimi tamamlanmağa daha da yaxınlaşdı. Artıq təcrübi faktlarla həmin zərrəciyin SM-in Hiqqz bozonu olması təsdiqlənmişdir. Bu, Hiqqz bozonla bağlı proseslərin, o cümlədən onun müxtəlif yaranma və çevrilmə kanallarının nəzəri və təcrübi tədqiqinə marağı xeyli artırmışdır.

Hazırkı tədqiqatın ümumi məqsədi Hiqqz bozonun kvark-antikvark cütünə çevrilməsində qlüonun şüalanması prosesinin nəzəri olaraq öyrənilməsindən ibarətdir ( $H \rightarrow f\bar{f}g$ ,  $f = b, c$ ). İlkin olaraq  $H \rightarrow f\bar{f}$  ( $f = \mu^-, \tau^-, b, c$ ) prosesinin kinematikasını öyrənilmiş, Hiqqz bozonun fermion-antifermion cütünə çevrilmə prosesinin ehtimalı hesablanmışdır.

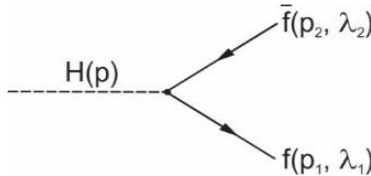
Skalyar Hiqqz bozonun fermion-antifermion (lepton-antilepton və ya kvark-antikvark) cütünə çevrilməsi prosesinin

$$H(p) \rightarrow f(p_1, \lambda_1) + \bar{f}(p_2, \lambda_2) \quad (1)$$

Feynman diaqramına uyğun (şəkil 1, mətərizələrdə zərrəciklərin 4-ölçülü impulsarı və spirallıqları göstərilmişdir) matrisa elementi

$$M(H \rightarrow f\bar{f}) = \frac{m_f}{\eta} \bar{u}(p_1, \lambda_1) v(p_2, \lambda_2) H(p), \quad (2)$$

şəklində yazılır. Burada  $H(p)$  - Hiqqz bozonun vahidə normallaşmış dalğa funksiyasıdır.



Şəkil 1.  $H \rightarrow f\bar{f}$  prosesinin Feynman diaqramı

Fermionların kütlələrini nəzərdən atmaqla Hiqqs bozonun fermion-antifermion cütünə çevrilməsi prosesinin matris elementinin kvadratı hesablanmış və çevrilmənin tam ehtimalı üçün

$$\Gamma(H \rightarrow f\bar{f}) = \frac{N_C}{8\pi} \left(\frac{m_f}{\eta}\right)^2 \cdot M_H \quad (3)$$

ifadəsi alınmışdır. Burada  $m_f$  – fermionun kütləsi,  $\eta$  – Hiqqs bozon sahəsinin vakuum qiyməti,  $N_C$  – rəng vuruğudur (lepton cütü yarananda  $N_C = 1$ , kvark cütü yarananda isə  $N_C = 3$  olur). Hesablamada  $2(p_1 \cdot p_2) = M_H^2$  olduğu nəzərə alınmışdır. (3) ifadəsindən görüldüyü kimi, Hiqqs bozonun fermion-antifermion cütünə çevrilməsinin tam ehtimalı fermionun kütləsinin kvadratı ilə mütənasibdir.

Hiqqs sahəsinin zərrəciyi olan Hiqqs bozonun fermionlarla qarşılıqlı təsir sabitləri onların kütlələri ilə mütənasibdir. Yəni, Hiqqs bozon ağır zərrəciklərlə daha yaxşı qarşılıqlı təsirdə olur. Belə ki, Hiqqs bozonun ağır fermionlara çevrilməsinin tam ehtimalı da böyük olur. Kütləsi  $M_H = 125 \text{ GeV}$  olan Hiqqs bozon əsasən  $\mu^- \mu^+$  və  $\tau^- \tau^+$ -lepton cütlərinə və  $c\bar{c}$  ilə  $b\bar{b}$ -kvark cütlərinə çevrilə bilər,  $M_H < 2m_t$  olduğundan Hiqqs bozonun  $t\bar{t}$  kvark cütünə çevrilməsi mümkün deyildir.

**Ədəbiyyat:**

1. Gojayev M.Sh. // Russ. Phys. J. 2021, V. 64, №6, pp. 970-977.



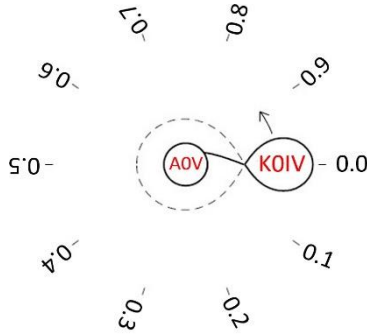
## KLASSİK ALQOL TIPLİ HD 132742 QOŞA ULDUZUN SPEKTRİNDƏ $H\alpha$ XƏTTİ

**İbrahimova N.N., Rüstəmov B.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*nurane.ibrahimova.99@mail.ru*

HD 132742 ( $\delta$  Lib) ulduzu, A0V+K0IV ulduzlarından ibarət, yaxın ( $\sim 95$  ps) Alqol tipli qoşa ulduz sistemlərindən biridir. Sistemin görünən ulduz ölçüsü  $V \sim 4.9$  və dolanma periodu 2.33<sup>d</sup>-sutkaya yaxındır. İsti massiv ulduz A0 tipli Baş ardıcılıq ulduzu (A), onun peyki (B) isə kiçik kütləli, öz Roş sərhəddini doldurmuş, soyuq K0 tipli subnəhəngdir. Kütlə B (donor ulduzdan), A (gainer) ulduzuna axır (şəkil 1).



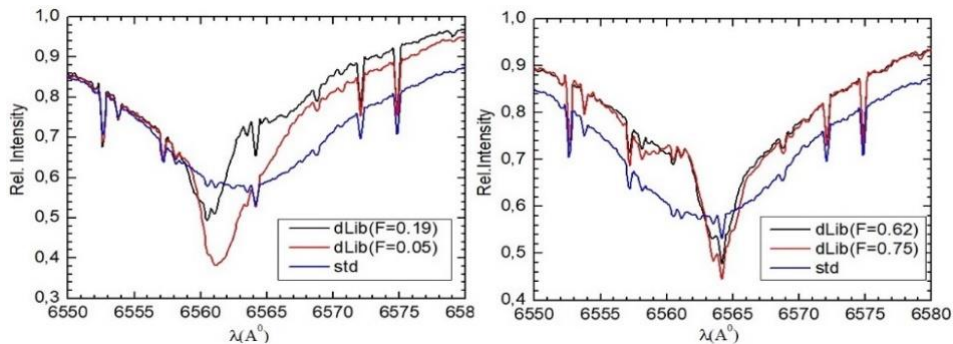
**Şəkil 1.** Alqol tipli HD 132742 ulduzunun sxematik modeli

Alqol tipli qoşa sistemlər akresiya proseslərinin öyrənilməsində yaxşı bir astrofiziki laboratoriyadır və  $H\alpha$  xətti akresiya strukturunun diaqnostikasında vacib bir kriteriya kimi istifadə olunur.

2020-ci ilin iyun ayında 4 gecə ərzində AMEA ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunda, optik lifli eşəle spektroqrafda, CCD matrisin köməyi ilə HD132742 Alqol ulduzunun yüksək spektral ayırdetməli ( $R=56000$ ) müşahidələri aparılmışdır [1]. Hər gecədə 2 spektr alınmaqla 4 cüt spektr əsasında dəyişən ulduzun və 109 Vir (sp.A0III) standart ulduzun  $H\alpha$  xəttinin profilləri qurulmuşdur. Bundan əlavə Fransanın Yuxarı Provans Rəsədxanasının Verilənlər Bazasından 1998-ci ilin iyun ayında bu ulduzun OHP1.93 teleskopunda, ELODIE spektroqrafında  $R=45000$  spektral ayırd etmə ilə alınmış iki spektrindən də istifadə olunmuşdur. Spektral müşahidə materialı sistemin orbital periodunun aşağıdakı fazalarına: 0.05; 0.18; 0.19; 0.62 və 0.65 uyğun gəlir. Şəkil2-də dəyişən (HD132742) və A0 standart (109 Vir) ulduzunun spektrlərində yaxın fazalarda  $H\alpha$  xəttinin profilləri nümayiş etdirilir.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi  $H\alpha$  xəttinin profilinin forması və onun parametrləri sistemin orbital periodunun fazasından asılı olaraq kəskin dəyişir,

yaxın fazalarda isə yaxşı uyğunluq təşkil edir. H $\alpha$  xəttinin ölçülmüş şüa sürətləri 0.05 və 0.19 fazalarında mənfi, 0.62 və 0.65 fazalarında isə müsbət qiymətlər göstərir və bu qiymətlər uyğun fazalarda digər müəlliflərin ölçmələri ilə yaxşı uzlaşır [2].



**Şəkil 2.**  $\delta$  Lib ulduzunun və A0 standart ulduzun H $\alpha$  xəttinin profilləri

**Ədəbiyyat:**

1. Mikailov Kh. et al. Kinem. and Physics of Celes.Bodies 2020 v.36, pp. 22-36
2. Bakı V., Budding E., Erdem A. et al. Mon. Not. R. Astron. Soc. 370, 1935–1945 (2006)

## $\ell^\pm N \rightarrow \ell^\pm h^\pm X$ PROSESLƏRİNİN KVARK-PARTON MODELİNDƏ STRUKTUR FUNKSİYALARI VƏ UZUNUNA SPİN ASİMMETRİYALARI

**Əzənmədova G.E., Qocayev M.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

Standart Model (SM) çərçivəsində polyarlaşmış leptonların polyarlaşmış nuklonlardan yarıinklüziv dərin qeyri-elastiki səpilməsi (DQES) proseslərinin

$$l^\pm(\lambda; k) + N(s_N; P) \xrightarrow{(\gamma^*; Z^*)} l^\pm(\lambda'; k') + h^\pm(P_h) + X(P_X) \quad (1)$$

(mötərizədə zərrəciklərin 4-ölçülü polyarizasiya və impuls vektorları verilmişdir) nəzəri və təcrübi tədqiqi yüksək enerjilər fizikasının bu modelin əsas müddəalarının yoxlanılması və nuklonların kvark tərkibinin öyrənilməsi kimi müasir problemlərinin həllində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Bu məqsədlə işdə adronların kvark tərkibinə əsaslanan kvark-parton modelində (KPM) (1) prosesinin polyarlaşmamış ( $F_1^{(i)}, F_2^{(i)}, F_3^{(i)}$  ( $i = \gamma, I = \gamma Z, Z$ )) və polyarlaşmış ( $G_1^{(i)}, G_2^{(i)}, G_3^{(i)}, G_4^{(i)}, G_5^{(i)}$ ) struktur funksiyaları (SF) hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, KPM-də prosesin SF-ları  $x = Q^2/2M\nu$  və  $z = E_h/\nu$  (burada  $Q^2$  – leptondan nuklona ötürülən impulsun kvadratı,  $\nu = E - E'$  ötürülən enerjidir) skeylinq dəyişənlərindən asılı olub  $F_2^i = 2xF_1^i, G_4^i = 2xG_5^i$  münasibətlərini ödəyirlər, bu da uzununa SF-ın sifirə bərabər olmasına gətirir:  $F_L^i = 0, G_L^i = 0$ .

KP yaxınlaşmasında  $\ell^- N \rightarrow \ell^- h^\pm X$  prosesinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı şəkildə ifadə alınır:

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma^{(-)}(\lambda; h_N)}{dx dy dz} = \pi\alpha^2 s x \sum_q \{ & q(x) D_q^h(z) [(1+\lambda)(F_{RR}^2 + (1-y)^2 F_{RL}^2) + \\ & + (1-\lambda)(F_{LL}^2 + (1-y)^2 F_{LR}^2)] + \bar{q}(x) D_{\bar{q}}^h(z) [(1+\lambda)(F_{RL}^2 + (1-y)^2 F_{RR}^2) + \\ & + (1-\lambda)(F_{LR}^2 + (1-y)^2 F_{LL}^2)] + h_N \Delta q(x) D_q^h(z) [(1+\lambda)(F_{RR}^2 - (1-y)^2 F_{RL}^2) - \\ & - (1-\lambda)(F_{LL}^2 - (1-y)^2 F_{LR}^2)] + h_N \Delta \bar{q}(x) D_{\bar{q}}^h(z) [(1+\lambda)(F_{RL}^2 - (1-y)^2 F_{RR}^2) - \\ & - (1-\lambda)(F_{LR}^2 - (1-y)^2 F_{LL}^2)] \}. \end{aligned} \quad (2)$$

Burada  $F_{RR}(q), F_{RL}(q), F_{LL}(q)$  və  $F_{LR}(q)$  – kvark-parton

$$\begin{aligned} \ell_R + q_R &\rightarrow \ell_R + q_R, \ell_R + q_L &\rightarrow \ell_R + q_L, \\ \ell_L + q_R &\rightarrow \ell_L + q_R, \ell_L + q_L &\rightarrow \ell_L + q_L \end{aligned}$$

alt proseslərinə uyğun spiral amplitudlardır (birinci və ikinci indekslər leptonun və kvarkın spirallıqlarına uyğundur).

$\ell^+ N \rightarrow \ell^+ h^\pm X$  prosesinin effektiv kəsiyi (2) ifadəsindən spiral amplitudların indekslərinin  $F_{RR}(q) \leftrightarrow F_{LR}(q), F_{LL}(q) \leftrightarrow F_{RL}(q)$  kimi dəyişməsi ilə alınır.

Effektiv kəsiklərin bu ifadələrinin köməyiylə (1) proseslərinin lepton (anti-lepton) və nuklonun spirallıqlarının  $\lambda = -1, h_N = -1; \lambda = -1, h_N = +1; \lambda = 1, h_N = 1$  və  $\lambda = 1, h_N = -1$  qiymətlərinə uyğun  $\sigma_{LL}^{(-)}(h^\pm)$  ( $\sigma_{LL}^{(+)}(h^\pm)$ ),  $\sigma_{LR}^{(-)}(h^\pm)$  ( $\sigma_{LR}^{(+)}(h^\pm)$ ),  $\sigma_{RR}^{(-)}(h^\pm)$  ( $\sigma_{RR}^{(+)}(h^\pm)$ ) və  $\sigma_{RL}^{(-)}(h^\pm)$  ( $\sigma_{RL}^{(+)}(h^\pm)$ ) - diferensial effektiv kəsiklərinin ifadələri alınmış və  $F_{\alpha\beta}(q)$  ( $\alpha; \beta = L, R$ ) spiral amplitudları ilə təyin olunan uzununa  $A_{N1}^{h^+-h^-}$ ,  $A_{N2}^{h^+-h^-}$ ,  $A_{N1}^{h^\pm}$ ,  $A_{N2}^{h^\pm}$ ,  $A_1(e_R^- - e_L^+)$ ,  $A_2(e_R^- - e_L^+)$  spin asimmetriyaları hesablanmışdır. Bu tip uzununa spin asimmetriyalarının öyrənilməsi polyarlaşmış kvarkların, antikvarkların və qlüonların polyarlaşmış nuklonlarda paylanma funksiyaları haqqında vacib informasiya mənbəyi hesab olunur və COMPASS, HERMES, EMC, SLAC, SMC kimi laboratoriyalarda eksperimental tədqiq olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Abdullayev S.K., Gojayev M.Sh. // AJP. Fizika. Baku, 2020, Vol. XXVI, No 4, pp. 32-43.

## ESKART VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI

**Bədəlov V.H., Hüseynova S.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutu*

*Bakı Dövlət Universiteti, Nəzəri fizika kafedrası*

*badalovvatan@yahoo.com, sonahsynva23@gmail.com*

Eskart potensialı 1930-cu ildə C. Eckart tərəfindən iki atomlu molekulun enerji səviyyələrini və qarşılıqlı təsirini müəyyən etmək üçün təklif edilmiş ən mühüm molekulyar potensial modellərdən biridir. Sferik simmetrik Eskart potensialı [1]

$$V(r) = -\alpha \frac{e^{-r/a}}{1 - e^{-r/a}} + \beta \frac{e^{-r/a}}{(1 - e^{-r/a})^2}; \alpha, \beta > 0 \quad (1)$$

şəklindədir, burada  $\alpha, \beta$  – potensial çuxurun dərinliyini,  $a$  – potensialın dəyişmə diapazonunu ifadə edir.

Protonun nüvə ilə Kulon qarşılıqlı təsir potensialı

$$V(r) = \frac{V_C}{r} \quad (2)$$

şəklindədir, burada  $V_C = kZe^2 = Ze^2/4\pi\epsilon_0$  – dir.

Eskart və Kulon potensiallarının xətti cəmi üçün radial Şredinger tənliyinin

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ E_{nl} + \alpha \frac{e^{-r/a}}{1 - e^{-r/a}} - \beta \frac{e^{-r/a}}{(1 - e^{-r/a})^2} - \frac{V_C}{r} - \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \right] u_{nl}(r) = 0 \quad (3)$$

analitik həlli nüvənin nuklonlarla qarşılıqlı təsirinin əlaqəli və səpilmə halları üçün çox əhəmiyyətlidir. (3) radial Şredinger tənliyini orbital kvant ədədinin ixtiyari qiymətində analitik həll etmək mümkün deyildir və buna səbəb  $V_C/r$  və  $\hbar^2 l(l+1)/2\mu r^2$  hədləridir.  $l \neq 0$  halında dalğa tənliklərinin təqribi analitik həllini tapmaq üçün təkmilləşmiş Greene-Aldrich [2] yaxınlaşmasından istifadə edərək Nikiforov-Uvarov [3] metodunun köməyi ilə enerji spektri

$$E_{nl} = \frac{V_C}{2a} + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{24\mu a^2} - \frac{\hbar^2}{8\mu a^2} \left[ \frac{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \left( \alpha - \frac{V_C}{a} \right)}{\sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} + n + \frac{1}{2}} \left( \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} + n + \frac{1}{2} \right) \right]^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır, burada  $n$  radial kvant ədədidir:

$$n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \left( \alpha - \frac{V_C}{a} \right)} - \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} - \frac{1}{2} \right\rfloor.$$

(4) ifadəsindən görünür ki, baxılan sistem  $\alpha, \beta, V_C$  və  $a$  potensial parametrlərindən, radial  $n$  və orbital  $l$  kvant ədədlərindən asılı məhdud sayda  $E_{nl}$  enerji spektrinə malikdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Eckart C., The Penetration of a Potential Barrier by Electrons, Physical Review, Vol. 35, № 11, 1930, pp. 1303-1309.
2. Greene R.L. and Aldrich C., Variational wave functions for a screened Coulomb potential, Physical Review A, Vol. 14, № 6, 1976, pp. 2363-2366.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B., Special Functions of Mathematical Physics, Birkhäuser, Basel, 1988, 443 p.

## KIÇIK PERİHELİLİ KOMETLƏRİN TƏSNİFATI

İsgəndərli H.İ., Quliyev Ə.S.

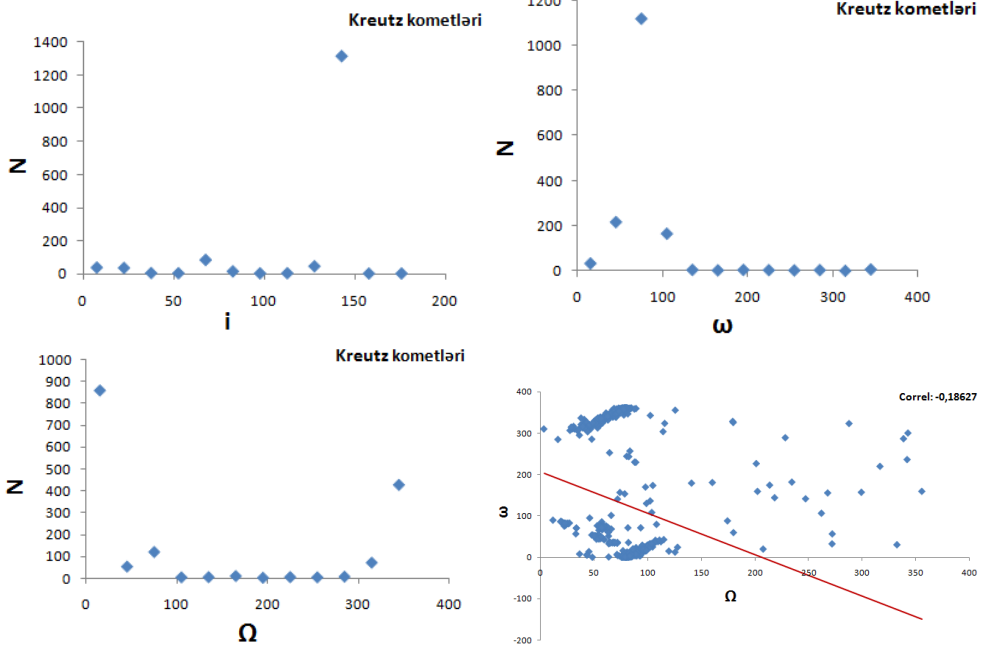
Bakı Dövlət Universiteti

husniyye.isgenderli@gmail.com, quliyevayyub@gmail.com

Kiçik-periheliyalı komet qrupları və onların mənşəyi məsələsi 140 ildən artıqdır ki, gündəmdədir. İlk dəfə olaraq, Kreutz, sonradan onun adı ilə adlandırılan, ilk belə qrupu müəyyən etdi. Kiçik-periheliyalı komet qruplarının adları onları müəyyən edən mütəxəssislərin - Kreuts, Meyer, Kraxt və Marsdenin adları ilə əlaqəlidir. İşdə aşağıdakı formal orta qiymətlərə malik 1678 kometə baxılmışdır:

$$q_{cp} = 0.0059 (\sigma = 0.00344); \omega_{cp} = 79^{\circ}.93 (\sigma = 14.58); \Omega_{cp} = 135^{\circ}.10; \\ (\sigma = 164^{\circ}.05); i_{cp} = 143^{\circ}.35 (\sigma = 2.79),$$

burada  $\sigma$  orta kvadratik kənarçıxmadır. Periheliyanın formulların vasitəsilə təyin edilmiş uzunluq və eni  $L = \Omega + \arctg(\tg\omega \cos i)$ ;  $B = \arcsin(\sin\omega \sin i)$ .



### Ədəbiyyat:

1. Kreutz, H. Untersuchungen über das cometensystem 1843 I, 1880 I und 1882 II /H. Kreutz // Kiel, Druck von C. Schaidt, C. F. Mohr nachfl, 1888.
2. Kreutz, H. Untersuchungen über das cometensystem 1843 I, 1880 I und 1882 II /H. Kreutz // Theil, Publication der Koeniglichen Sternwarte in Kiel, 1891.
3. Kreutz, H. Anzeige betr. Ergänzungshefte zu den Astr. Nachrichten / H. Kreutz // Astron. – Nachrichten, 1901. – № 155. – P. 63.

## VUDS-SAKSON VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI

Bədəlov V.H., İsmayılova Z.S.

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutu

Bakı Dövlət Universiteti, Nəzəri fizika kafedrası

badalovvatan@yahoo.com, zismayilova209@gmail.com

Vuds-Sakson potensialı XX əsrin ikinci yarısında 20 MeV enerjili protonun orta və ağır nüvələrdən elastiki səpilməsini izah etmək üçün R.D. Woods və D.S. Sakson tərəfindən təklif edilmiş ən mühüm yaxına təsir potensialıdır [1]. Vuds-Sakson potensialı nüvənin bir zərrəcikli enerji səviyyələrini və nüvə - nüvə qarşılıqlı təsirini müəyyən etmək üçün ən sərfəli modellərdən biridir. Sferik simmetrik standart Vuds-Sakson potensialı [1]

$$V(r) = -\frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}}, a \ll R_0 \quad (1)$$

şəklindədir, burada  $V_0$  –potensial çuxurun dərinliyi,  $R_0$ -potensialın eni və ya nüvənin radiusu,  $a$  – parametri isə nüvənin səth təbəqəsinin qalınlığı və o, ionlaşma enerjisinin təcrübi qiyməti ilə müəyyən olunur.  $a = 0$  olduqda nüvə səthində potensialın sıçraması ilə o sadə potensial çuxura çevrilir.

Protonun nüvə ilə Kulon qarşılıqlı təsir potensialı

$$V(r) = \frac{V_C}{r} \quad (2)$$

şəklindədir, burada  $V_C = kZe^2 = Ze^2/4\pi\epsilon_0$  - dir.

Vuds-Sakson və Kulon potensiallarının xətti cəmi üçün radial Şredinger tənliyinin

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ E_{nl} + \frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}} - \frac{V_C}{r} - \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \right] u_{nl}(r) = 0 \quad (3)$$

analitik həlli nüvənin nuklonlarla qarşılıqlı təsirinin əlaqəli və səpilmə halları üçün çox əhəmiyyətlidir. (3) radial Şredinger tənliyini orbital kvant ədədinin ixtiyari qiymətində analitik həll etmək mümkün deyildir və buna səbəb  $V_C/r$  və  $\hbar^2 l(l+1)/2\mu r^2$  hədləridir. Qeyd edək ki, ixtiyari  $l$  – halında (3) tənliyinin təqribi analitik həllini tapmaq üçün bir neçə yaxınlaşma var ki, onlardan ən çox geniş istifadə ediləni C.L. Pekeris [2] tərəfindən təklif olunan yaxınlaşmadır. Pekeris yaxınlaşmasından istifadə edərək Nikiforov-Uvarov [3] metodunun köməyiylə enerji spektri

$$E_{nl} = C_0 - \frac{\hbar^2}{8\mu a^2} \left( \sqrt{\frac{2\mu a^2 C_2}{\hbar^2} + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2} + \frac{2\mu a^2 (V_0 - C_1 - C_2)}{\hbar^2} \right)^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır. Burada  $C_0, C_1, C_2$  – kəmiyyətləri  $R_0, a$



spesifik potensial parametrlərdən və  $l$  orbital kvant ədədindən asılı olan Pekeris yaxınlaşmasının parametrləri, və  $n$  – isə radial kvant ədədidir:

$$n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{\frac{2\mu a^2 C_2}{\hbar^2} + \frac{1}{4} - \frac{1}{2}} \right\rfloor. \quad (5)$$

(4) ifadəsindən görünür ki, baxılan sistem  $V_0, V_C, a, R_0$  potensial parametrlərindən, radial  $n$  və orbital  $l$  kvant ədədlərindən asılı məhdud sayda  $E_{nl}$  enerji spektrinə malikdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Woods R.D., Saxon D.S., Diffuse Surface Optical Model for Nucleon-Nuclei Scattering, Physical Review, Vol. 95, № 2, 1954, pp. 577-578.
2. Pekeris C.L., The rotation-vibration coupling in diatomic molecules, Physical Review, Vol. 45, № 2, 1934, pp. 98-103.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B., Special Functions of Mathematical Physics, Birkhäuser, Basel, 1988, 443 p.

## KLEYN-FOK-QORDON TƏNLIYİNİN HELLMAN POTENSİALI ÜÇÜN ANALİTİK HƏLLİ

**Mehdiyeva N.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*nurlanamehdiyeva7@gmail.com*

İşdə Kleyn-Fok-Qordon tənliyi Hellman potensialı üçün Nikiforov-Uvorov metodu ilə analitik şəkildə həll edilmişdir. Verilmiş potensial üçün enerji spektri və radial dalğa funksiyası alınmışdır.

Sferik koordinatlarda skalyar və vektor potensialları üçün Kleyn-Fok-Qordon tənliyi aşağıdakı formada olur[1]:

$$\left[ - \left( i \frac{\partial}{\partial t} - V(r) \right) - \nabla + (S(r) + M) \right] \psi(r, \theta, \varphi) = 0, \quad (1)$$

burada  $M$  - nuklon sisteminin kütləsi  $\theta$  – polyar bucaq,  $\varphi$  – azimutal bucaqdır.

Stasionar halda dalğa funksiyası aşağıdakı şəkildə dəyişənlərinə ayrılı bilir:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{R(r)}{r} Y_{lm}(\theta, \varphi). \quad (2)$$

Hellman potensialını aşağıdakı şəkildədir[2]

$$V(r) = -\frac{V_0}{r} - \frac{V_1}{r^2} e^{-\alpha r}, \quad (3)$$

$$\chi'' + \left[ E^2 - M^2 - 2(M + E)V(r) - \frac{\lambda}{r^2} \right] \chi(r) = 0, \quad (4)$$

burada  $\lambda = l(l + 1)$  dəyişənlərə görə ayırma sabitlərdir.

Bu tənliyi Nikiforov-Uvorov metodu ilə həll etmək üçün əvvəlcə aşağıdakı formada hiperhəndəsi şəkildə təsvirini vermək lazımdır[3]:

$$\psi''(s) + \frac{\bar{\tau}(s)}{\sigma(s)} \psi'(s) + \frac{\bar{\sigma}(s)}{\sigma^2} \psi(s) = 0. \quad (5)$$

Bu potensialı Klein-Fok-Qordon tənliyində yerinə qoysaq və həll edərək açıq şəklini tapsaq:

$$\frac{d^2 R(r)}{dr^2} + \left[ (E^2 - M^2 c^2) - 2(E + M) \left( -\frac{V_0}{r} - \frac{V_1}{r} e^{-\alpha r} \right) - \frac{l(l + 1)}{r^2} \right] R(r) = 0. \quad (6)$$

$$\frac{d^2 R}{ds^2} + \frac{(1 - s)dR}{s(1 - s)ds} + \frac{1}{s^2(1 - s)^2} \times$$

$$\times [-\varepsilon s^2 + (2\varepsilon + \beta_1 + \beta_2)s - (\varepsilon + \beta_1 + \gamma)] R(s) = 0. \quad (7)$$

Qeyri-relyavistik hal üçün  $M + E \rightarrow 2\mu/\hbar^2$ ,  $M - E \rightarrow E_{n,l}$  keçidlərindən

istifadə edərək enerji spektri aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$E_{nl} = -\frac{\alpha^2 \hbar^2}{2\mu} \left[ \left( \frac{1}{2} + \frac{n^2 + \frac{4\mu V_0}{\alpha \hbar^2} - \frac{4\mu V_1}{\hbar^2} + 2l(l+1)}{2n + 2\sqrt{l(l+1) - \frac{4\mu V_1}{\hbar^2} + \frac{1}{4}} + 1} \right)^2 - \frac{4\mu V_0}{\alpha \hbar^2} - l(l+1) \right] \quad (8)$$

**Ədəbiyyat:**

1. Greiner W., Relativistics Quantum Mechanics, 3ed (Berlin, Springer, 2000).
2. Hamzaavi M., Thylwe K.E. and Rajabi Rajabi A.A., Approximates Bound States of the Hellman Potential, (2013)
3. Nikiforov A.F. and Uvarov V.B., Special Functions of Mathematical Physics, (Basel 1988)

## HD 80290 (F3V) ULDUZUNUN SPEKTRAL TƏDQIQI

**Mikayılova S.B., Səmədov Z.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*sevincmikayilova1997@gmail.com, zahir.01@mail.ru*

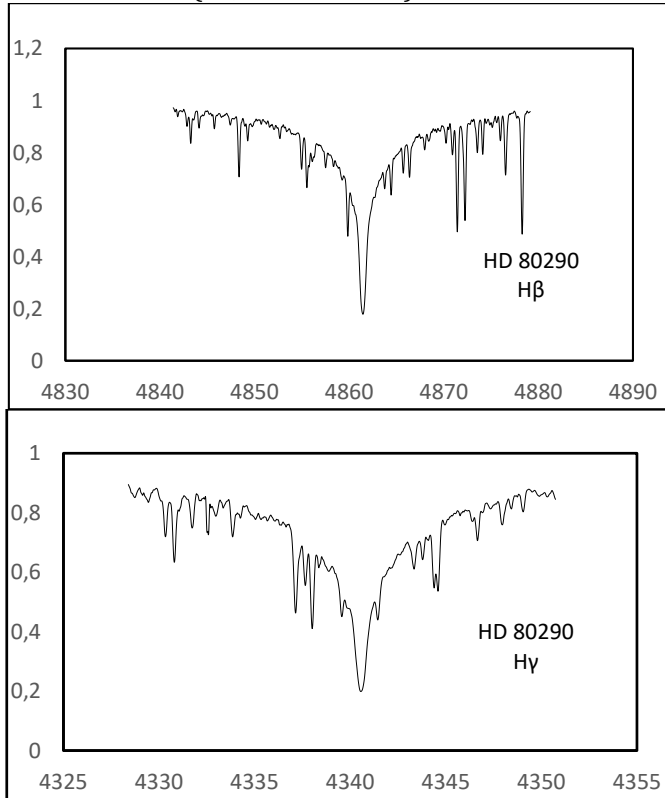
İşdə HD80290 (F3V) ulduzunun spektri tədqiq olunmuşdur. Spekrtdə xətlər eyniləşdirilmiş, hidrogenin Balmer seriyasının spektral xətlərinin və bir dəfə ionlaşmış dəmir xətlərinin ekvivalent enləri ölçülmüşdür. Bu işdə Fransanın cənub-şərqində yerləşən Haute-Provence rəsadxanasında 1.93 metrlik reflektorunda quraşdırılmış ELODİE spektroqrafında alınmış spektrlərdən istifadə olunmuşdur. Spektrlər 2005-ci il martın 1-də alınmışdır. Spektrlər R=42000 spektral ayırdetmə ilə  $\lambda\lambda$  3850-6800 Å dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edir. Spektrlər Dech 30 T proqramı ilə emal olunmuşdur. Ulduzun atmosfer parametrlərini təyin etmək üçün hidrogenin Balmer seriyasının xətlərinin profilləri qurulmuş, ekvivalent enləri ölçülmüşdür:

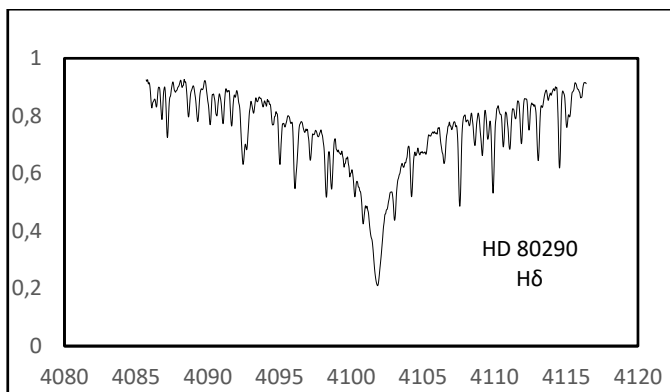
$$W(H_{\alpha}, \lambda=6562.81 \text{ \AA}) = 6.20 \text{ \AA}$$

$$W(H_{\beta}, \lambda=4861.33 \text{ \AA}) = 6.76 \text{ \AA}$$

$$W(H_{\gamma}, \lambda=4340.47 \text{ \AA}) = 9.24 \text{ \AA}$$

$$W(H_{\delta}, \lambda=4101.74 \text{ \AA}) = 7.86 \text{ \AA}$$





**Ədəbiyyat:**

1. Hauck, B., Mermilliod, M. uvbybeta photoelectric photometric catalogue. *Astron. Astrophys, Suppl. Ser.*, 1998, 129, 431.
2. Castelli, F., Kurucz, R.L., Piskunov, N.E., Weiss, W.W., Gray, D.F. 2003, eds, *Proc. IAU Symp. 210, Modelling of Stellar Atmospheres*, Poster A20. *Astron. Soc. Pac.*, San Francisco, p. A20
3. Kurucz, L.S. CD-ROM 13, 1993, *ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2km/s grid*. Cambridge, Mass., *Smithsonian Astrophys. Obs.*

## **PROSİYON VƏ GÜNƏŞ SPEKTRİNDƏ BƏZİ Cr XƏTLƏRİNİN PROFİLLƏRİNİN ASİMMETRİYA PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ**

**Nəsibova T.Ş., Əliyeva Z.F.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*nasibliterish@gmail.com*

Ulduz spektrində ayrı-ayrı spektral xətlərin kifayət qədər dəqiq profillərinin qurulması və onların əsas spektrofotometrik xarakteristikalarının və asimmetriya parametrlərinin təyini ulduz atmosferlərinin dəqiq analizi üçün olduqca vacibdir.

İşdə spektral material olaraq Günəş üçün Fransanın cənub şərqində yerləşən Haute Provence rəsədxanasında 1.93 m-lik teleskopun kasseqren fokusunda alınmış spektral materiallardan istifadə olunmuşdur. Bu rəqəmsal spektral material spektrin  $\lambda\lambda 3872-6943\text{\AA}$  dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edir. İstifadə etdiyimiz spektr 2017-ci ilin avqustun 3-də alınmışdır. Həmçinin Prosiyon ulduzunun Çilidə La-Silla Paranal Rəsədxanasının 3.6 metrlik teleskopunun kasseqren fokusunda alınmış spektral materialları əsasında bəzi Cr xəttinin dəqiq profilləri qurulmuş və əsas spektrofotometrik parametrləri təyin olunmuşdur. Bu rəqəmsal spektral material spektrin  $\lambda\lambda 3780-6910\text{\AA}$  dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edir. Bu da zəif və orta intensivlikli xətlərin kifayət qədər dəqiq profillərini qurmağa və onların incə quruluşunu öyrənməyə imkan verir. İstifadə etdiyimiz spektr 2010-cu ilin iyulun 30-də alınmışdır.

Tədqiqat işində əsas məqsəd Prosiyonun yüksək dispersiyalı 11 blendlən-məmiş zəif və orta intensivlikli Cr xətlərinin profillərinin qurulması və asimmetriya parametrlərinin təyindən ibarətdir. Qeyd olunan spektral material əsasında profillərin asimmetriya parametrləri – inteqral, qalıq və nisbi asimmetriyası təyin olunmuş alınmış nəticələr aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

**Cədvəl**

$\lambda, \text{\AA}$	$\Lambda$		$\Delta\Lambda$	
	Günəş	Prosiyon	Günəş	Prosiyon
4616,524	1.04	3.71	0.93	3.71
4633,974	0.62	1.85	-0.56	1.36
4651,163	2.78	2.12	2.42	2.09
4652,064	9.53	7.94	9.53	7.94
4718,302	3.34	3.81	2.28	1.32
4922,139	3.68	5.75	-3.02	-5.75
4942,350	4.01	5.33	3.66	5.33
5204,397	4.82	3.78	-3.71	3.78
5348,212	1.99	5.69	1.99	5.69
5348,256	1.99	5.69	1.99	5.69
5409,656	5.59	5.73	-5.59	5.73

**Ədəbiyyat:**

1. Кули-Заде Д.М., Шабанова З.Ф., Алиева Т.Г, Тонкая структура и параметры асимметрии линии  $\lambda 5324.185 \text{ \AA}$  FeI в спектре полного потока от всего диска Солнца, Вестник БГУ, 2008, №3, с. 169-173
2. Kurucz R.L., Furenlind I., Brault J., Testerman L., Solar flux atlas from 296 to 1300 nm // New Mexico: National Solar Observatory, 1984, No.1, p.239.
3. Griffin R.F. A photometric Atlas of the Spectrum of Procyon, Cambridge, 140 p. 1979.
4. <http://archive.eso.org/>
5. <http://atlas.obs-hp.fr/sophie>

## HIGGS BOSON DECAYS INTO CHARGINO AND NEUTRALINO PAIR $H^\pm \Rightarrow \tilde{\chi}_i^\pm \tilde{\chi}_j^0$

Abdullayev S.K., Omarova E.Sh.

Bakı Dövlət Universiteti

s\_abdullayev@bsu.edu.az, emiliya.abdullayeva@inbox.ru

With the discovery of the Higgs boson at Large Hadron Collider (LHC) by ATLAS and CMS collaborations in 2012 [1,2], interest in Higgs boson production and decay channels has increased significantly. The neutral Higgs bosons H, h and A - boson can decay through different channels [3]. The charged Higgs boson  $H^\pm$  can decay into a pair of chargino-neutralino along the channel  $H^\pm \Rightarrow \tilde{\chi}_i^\pm + \tilde{\chi}_j^0$ . Having performed standard calculations, we obtain for the decay width  $H^- \Rightarrow \tilde{\chi}_i^- + \tilde{\chi}_j^0$  in the Higgs boson rest system :

$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2)}{d\Omega} &= \frac{G_F M_W^2}{32\sqrt{2}\pi^2} M_{H^-} \sqrt{\lambda(r_i, r_j)} \left\{ \left[ (g_{ijk}^L)^2 + (g_{ijk}^R)^2 \right] \times \right. \\ &\times \left[ (1 - r_i - r_j)(1 - (\vec{n}\vec{\xi}_1)(\vec{n}\vec{\xi}_2)) - 2\sqrt{r_i r_j} \times ((\vec{\xi}_1\vec{\xi}_2) - (\vec{n}\vec{\xi}_1)(\vec{n}\vec{\xi}_2)) \right] + \\ &+ \left[ (g_{ijk}^L)^2 - (g_{ijk}^R)^2 \right] \sqrt{\lambda(r_i, r_j)} \left[ (\vec{n}\vec{\xi}_1) - (\vec{n}\vec{\xi}_2) \right] + 2g_{ijk}^L g_{ijk}^R \times \\ &\times \left. \left[ (1 - r_i - r_j) \left( (\vec{\xi}_1\vec{\xi}_2) - (\vec{n}\vec{\xi}_1)(\vec{n}\vec{\xi}_2) \right) - 2\sqrt{r_i r_j} (1 - (\vec{n}\vec{\xi}_1)(\vec{n}\vec{\xi}_2)) \right] \right\}. \quad (1) \end{aligned}$$

Here  $\vec{n}$  is a unit vector in the direction of the mometum of the chargino;  $\vec{\xi}_1$  and  $\vec{\xi}_2$  are unit vectors characterizing the polarization of chargino and neutralino;  $d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$  is the solid angle of departure of the chargino;  $\lambda(r_i, r_j)$  is a kinematic function ;

$$r_i = \left( \frac{m_{\tilde{\chi}_i^-}}{M_{H^-}} \right)^2, r_j = \left( \frac{m_{\tilde{\chi}_j^0}}{M_{H^-}} \right)^2.$$

In the case of a longitudinally polarized chargino-neutralino pair, we obtain a degree of longitudinal polarization of chargino (neutralino)

$$P = \frac{\left[ (g_{ijk}^L)^2 - (g_{ijk}^R)^2 \right] \sqrt{\lambda(r_i, r_j)}}{\left[ (g_{ijk}^L)^2 + (g_{ijk}^R)^2 \right] (1 - r_i - r_j) - 4g_{ijk}^L g_{ijk}^R \sqrt{r_i r_j}} \quad (2)$$

When the chargino and neutralino are transversely polarized, a degree of tranverse polarization of chargino-neutralino is determined :

$$P_\perp = \cos\varphi \frac{2g_{ijk}^L g_{ijk}^R (1 - r_i - r_j) - 2 \left[ (g_{ijk}^L)^2 + (g_{ijk}^R)^2 \right] \sqrt{r_i r_j}}{\left[ (g_{ijk}^L)^2 + (g_{ijk}^R)^2 \right] (1 - r_i - r_j) - 4g_{ijk}^L g_{ijk}^R \sqrt{r_i r_j}} \quad (3)$$

It can be seen that the degree of transverse polarization  $P_\perp$  is very sensitive to the angle  $\varphi$  between the transverse spin vectors  $\vec{\eta}_1$  and  $\vec{\eta}_2$ . With parallel ( $\vec{\eta}_1 \uparrow$



$\uparrow \vec{\eta}_2$ ) and antiparallel ( $\vec{\eta}_1 \uparrow \vec{\eta}_2$ ) spin vectors, the degree of transverse polarization modul reaches a maximum value. If the transverse spin vectors  $\vec{\eta}_1$  and  $\vec{\eta}_2$  are mutually perpendicular ( $\vec{\eta}_1 \perp \vec{\eta}_2$ ), then the degree of transverse polarization  $P_{\perp}$  vanishes.

**References:**

1. ATLAS Collaboration // Phys. Lett., 2012. V. B716, p. 1-29.
2. CMS Collaboration // Phys. Lett., 2012, V. B716, p. 30-61.
3. Spira M. arXiv : hep – ph / 9705337v2, 1997.

## T CRB SİMBİOTİK ULDUZUN 2017-2021-Cİ İL ƏRZİNDƏ H $\alpha$ XƏTTİNİN TƏDQIQI

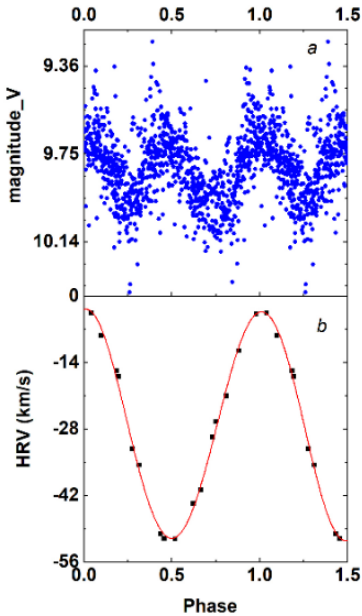
Orucova A.C., Rüstəmov B.N.

Bakı Dövlət Universiteti

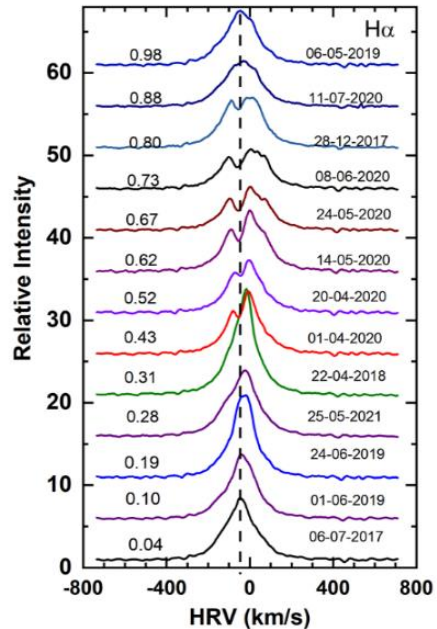
AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası  
orucovaarzu22@gmail.com mikailov.kh@gmail.com

T CrB ulduzu simbiotik ulduzların təkrarlanan yenilər qrupuna aiddir. Ulduzda 2 dəfə 1866 və 1946-cı illərdə güclü alışmalar baş vermişdi. T CrB kütlələri bir-birinə yaxın qırmızı nəhəng ( $M_{RG} = 1.12M_{\odot}$ ) və massiv ağ cırtdandan ( $M_{WD} = 1.37M_{\odot}$ ) ibarət qoşa sistemdir[1]. T CrB simbiotik ulduzun son 20 ildə sistematik spektral tədqiqi demək olar ki, aparılmamışdı. T CrB ulduzunun spektral tədqiqi kütlələri yaxın qoşa sistemlərin geometriyasının qurulması üçün xüsusi əhəmiyyət daşıya bilər.

Bu işdə ARAS spektral verilər bazasından [2] istifadə edərək T CrB ulduzunun 21 spektrinə görə 2017-2021-ci illər üçün H $\alpha$  xəttinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxılmışdı. Spektrlər DECH30 [3] proqramı vasitəsilə standart metodlar əsasında emal edilmişdi. Spektrlərin ayırdetmə gücü  $R=\lambda/\Delta\lambda=11000\div 14000$ . Fazadan asılı olaraq profilin dəyişməsinə izləmək üçün qırmızı nəhəngin udulma xətlərinin şüa sürətlərinə görə Fekelin [4] məlumatları əsasında V filtrində ulduz ölçüsünün və orbital hərəkətin faza diaqramı qurulmuşdu (şəkil 1).



Şəkil 1. V ulduz ölçüsünün və orbital radial sürətlərin faza diaqramı



Şəkil 2. H $\alpha$  xəttinin profilləri. Profilin solunda uyğun fazaların qiymətləri

göstərilmişdir

Fotometrik məlumatlar AAVSO [5] fotometrik bazadan götürülmüşdü. Şəkildən görüldüyü kimi parlaqlıq əyrisində 1 period ərzində 2 maksimum olur. Qırmızı nəhəng aşağı birləşmədə olanda ( $f=0$ ) ulduz ölçüsü maksimum olur. İkinci maksimum 0.5 fazada, ağ cırtanın aşağı birləşməsində baş verir.

Şəkil 2-də  $H\alpha$  xəttinin orbital fazanın müxtəlif qiymətlərinə uyğun olaraq profilləri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi profillər orbital hərəkətin tam dövrünü əhatə edir. Bu isə bizə  $H\alpha$  xəttinin fazadan asılı olaraq tam mənzərəsini yaratmağa imkan verir.

Şəkil 2-də orbital hərəkətdən asılı olaraq profillərin dəyişməsi aşkar görünür.  $0.0\div 0.30$  və  $0.90$  fazalarında tək komponentli profil müşahidə edilir.  $0.43\div 0.80$  faza aralığında isə qoşa komponentli profil müşahidə olunur.  $0.62$ ,  $0.67$ ,  $0.73$  fazalarında qoşa komponentlər daha qabarıq şəkildə görünür. Belə nəticəyə gəlmək olar ki,  $H\alpha$  profilindəki dəyişkənlik ulduzun orbital hərəkəti ilə bağlıdır.

**Ədəbiyyat:**

1. <https://aras-database.github.io/database/>
2. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>
3. Fekel, F.C. et al. Infrared spectroscopy of symbiotic stars. I. Orbits for well-known s-type systems., The Astron. Journal, 2000, V. 119, pp. 1375-1388
4. [www.aavso.org/www.aavso.org/LCGv2/index.html](http://www.aavso.org/www.aavso.org/LCGv2/index.html)

## AdS-ŞVARSSİLD METRİKASINDA SPİN RABİTƏSİ

<sup>1</sup>Qardaşov A.M., <sup>2</sup>Atayev İ.İ., <sup>1,2</sup>Məmmədov Ş.Ə.

Bakı Dövlət Universiteti

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutu

aslanbeyqardasov22@gmail.com

AdS-Şvarşild qara dəlik metrikasında interval aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$ds^2 = \frac{1}{z^2} \left( f^2(z) dt^2 - (x^i)^2 - \frac{1}{f^2(z)} dz^2 \right) \quad (1)$$

$$ds^2 = g_{MN} dx^M dx^N$$

Burada,  $z_H$ -qara dəliyin üfütüdür,

$$f^2(z) = 1 - \frac{z^4}{z_H^4}; \quad z_H = \frac{1}{4\pi T}; \quad T = 0 \quad (z_H \rightarrow \infty)$$

(1) intervalı üçün metrik tenzor aşağıdakı şəklə malikdir:

$$g_{MN} = \frac{1}{z^2} \text{diag} \left\{ f^2, -1, -1, -1, -\frac{1}{f^2} \right\}, \quad g^{MN} = (g_{MN})^{-1}$$

Bu tenzorun komponentləri aşağıdakı kimidir:

$$g_{00} = \frac{1}{z^2} f^2, \quad g_{ii} = -\frac{1}{z^2} \quad (i = 1, 2, 3), \quad g_{55} = -\frac{1}{z^2} \frac{1}{f^2}$$

Spin rabitəsi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\omega_{MN}^{ab} = -e^{kb} \partial_\mu e_K^a + e_L^a e^{kb} \Gamma_{KM}^L$$

Burada  $\Gamma_{KM}^L$  - rabitə,  $e_L^a$  - vielbeindir. Vielbeinlər əyri xətlə fəzadan düzxətli fəzaya keçid əmsallarıdır. Vielbeinlər vasitəsilə metrik tenzor aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$g_{MN} = e_M^a e_N^b \eta_{ab}$$

Burada  $\eta_{ab}$  – Minkovski fəzasının metrik tenzorudur:

$$\eta_{ab} = (+ - - - -)$$

$g_{MN}$  metrik tenzorunun  $g_{00}$  komponenti vielbeinlər vasitəsilə aşağıdakı kimi yazılır:

$$g_{00} = e_0^a e_0^b = \frac{f^2}{z^2}$$

(1) metrikası üçün vielbeinlərin ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$e_M^a = \frac{1}{z} \text{diag} \left\{ f(z), 1, 1, 1, -\frac{1}{f(z)} \right\}, \quad e_a^M = (e_M^a)^{-1} \quad (2)$$

Bu vielbeinlər vasitəsilə spin rəbitəsinin  $\omega_0^{50}$  komponenti üçün alırıq:

$$\omega_0^{50} = -e^{k0}\partial_0 e_K^5 + e_L^5 e^{k0} \Gamma_{K0}^L \quad (3)$$

(3)-də  $L = 5, K = 0$  götürsək:

$$\omega_0^{50} = e_5^5 e^{00} \Gamma_{00}^5$$

Vielbeinlərin  $e^{00}$  və  $e^{55}$  komponentləri aşağıdakı kimidir:

$$e^{00} = g^{00} e_0^0 = \frac{z}{f(z)}, e^{55} = -\frac{1}{zf(z)}$$

Bu komponentlər üçün  $\Gamma_{MN}^L$  rəbitəsini hesablayaq:

$$\Gamma_{MN}^L = \frac{1}{2} g^{LK} (\partial_M g_{KN} + \partial_N g_{KM} - \partial_K g_{MN})$$

$$\Gamma_{00}^5 = -\frac{1}{2} g^{55} \partial_z g_{00}$$

Beləliklə, spin rəbitəsinin  $\omega_0^{50}$  komponenti və uyğun qayda ilə  $\omega_i^{5i}$  üçün aşağıdakı nəticələri alırıq:

$$\omega_0^{50} = \frac{1}{z} \left( 1 + \frac{z^4}{z_H^4} \right), \omega_i^{5i} = \frac{f(z)}{z}.$$

**Ədəbiyyat:**

1. Sean M. Carroll An Introduction to General Relativity, Space-time and geometry, Addison Wesley, 2003
2. Zhi Li, Bo-Qiang Ma, Baryon spectrum in a finite temperature AdS/QCD model, Phys.Rev. D 89, 015014 (2013)

## YÜKSƏK ENERJİLƏRDƏ (t,p) REAKSİYALARINDA POLYARİZASIYA EFFEKTİLƏRİ

Qasımlı S.N., Əbdülvahabova S.Q.

Bakı Dövlət Universiteti

sonaxanimqasimli@gmail.com

Hal-hazırda nəzəri və eksperimental tədqiqatlar yüksək enerjili səpilmədə hissəciklərin spininin mühüm rolu haqqında nəticə çıxarmağa imkan verir. Bu, gələcək sürətləndiricilərdə sıfırdan fərqli polyarizasiya tədqiqatının mövcudluğu haqqında fərziyyənin əsasını qoyur və böyük məsafələrdə nuklonların qarşılıqlı təsirinin strukturu haqqında məlumat verir.

İşdə yüksək enerjilərdə tritonun nüvədən səpilməsi zamanı səpilən protonun polyarizasiya effektlərinə baxılır. Spin-polyarizasiya effektləri yalnız istifadə olunan modelin düzgünlüyünü müəyyən etmək üçün istifadə edilmir, həm də toqquşma dinamikasında iştirak edən spindən asılı qarşılıqlı təsirlərin başa düşülməsində də mühüm rol oynayır [1].

Mürəkkəb nüvələrdən hissəciklərin səpilmələrini müəyyən optik mühitdə səpilmə kimi təsvir etmək üçün eykonal yaxınlaşmadan (yüksək enerjili yaxınlaşma) istifadə olunur. Bu yaxınlaşmada enerjinin saxlanma qanunu əvəzinə impuls proyeksiyasının saxlanma qanunundan istifadə edilir. Yüksək enerjili səpilmədə hissəciyin dalğa uzunluğu potensialın ölçülərindən çox kiçikdir.

Düşən tritonun kinetik enerjisinin ayrı-ayrı hissəciklərin əlaqə enerjiləri ilə müqayisədə böyük olduğunu fərz etsək, tritonun səpilmə amplitudunu parsial dalğalar üzrə sıraya ayıraraq və  $b$  hədəf məsafəsi təsvirinə keçsək, alırıq:

$$F(s, t) = i \int b db (1 - \exp[i\chi(s, b)]) J_0(b\sqrt{-t}). \quad (1)$$

Bu ifadədə  $J_0$  – Bessel funksiyası,  $\chi(s, b)$  isə eykonaldır:

$$\chi(s, b) = i \left( \exp(-\mu\sqrt{b^2 + a^2}) - \exp(-2\mu\sqrt{b^2 + a^2}) \right), \quad (2)$$

$\mu_0$  və  $a_0$  parametrləri uyğun olaraq gətirilmiş kütlə və təsir radiusudur:

$$\mu = \mu_0 / \sqrt{1 + \ln s - i\pi/2}; \quad a = a_0 / \sqrt{1 - \ln s - i\pi/2}. \quad (3)$$

Toqquşan zərrəciklərin nisbi hərəkətinin kifayət qədər yüksək enerjilərində birinci Born yaxınlaşmasından istifadə edərək polyarizasiya vektoru  $P(\theta)$  üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$P(\theta) = 2 \frac{\text{Re}(g^* h)}{I(\theta)}, \quad (4)$$

$$I(\theta) = |g(\theta)|^2 + |h(\theta)|^2, \quad (5)$$

haradakı  $g$  – spindən asılı olmayan qarşılıqlı təsiri,  $h$  – isə spinin yönəlməsinə səbəb olan qarşılıqlı təsirdir.

Müxtəlif polyarizasiya qiymətləri müsbət və mənfi səpilmə bucaqları ilə əlaqələndirilir və hər iki tərəfdən səpilmə balansı olduqda polyarizasiya sıfır olur.

Polyarizasiya ölçmələri enerjinin funksiyası kimi aparıldıqda, polyarizasiyanın işarəsinin enerjinin kvazielastik və qeyri-elastik bölgələri arasında dəyişdiyi aşkar edilmişdir. Bu isə müsbət və mənfi səpilmə bucaqlarından spin ötürülməsinin interferensiyası ilə izah olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Абдулвагабова С.К. // Изв. ВУЗов, 2017, Т.60, №10, с. 57-62.

## VEKTOR MEZONUN PROTONDAN EKSKLÜZİV FOTOYARANMASININ REGGE MODELİNDƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

Quliyeva S.A, Ağamaliyeva L.A.

Bakı Dövlət Universitet

samira.quliyeva.2021@mail.ru

Təqdim olunan işdə Regge modelində  $V(\rho, \varphi, J/\psi)$  vektor mezonların fotoyaranması  $\gamma p \rightarrow Vp$  tədqiq edilmişdir. Səpilmə amplitudu Pomeron və  $f$  mezonun cəmindən təşkil olunduğu hal üçün prosesin effektiv kəsiyi üçün analitik ifadə alınmışdır. Prosesin effektiv kəsiyinin başlanğıc enerjindən asılılıqları ətraflı öyrənilmişdir.

Vektor mezonların virtual və real fotonlarla fotoyaranması virtuallığı kiçik olan yumşaq fotonun sərt oblasta keçidi üçün bütün informasiyaya malikdir. Vektor mezonun protondan fotoyaranması  $\gamma p \rightarrow Vp$  prosesinin amplitudunu ümumi halda aşağıdakı şəkildə yazma bilərik [1]:

$$A = A_p + A_R. \quad (1)$$

Burada  $A_p$  və  $A_R$  uyğun olaraq Pomeranın və Reggionun əlavəsini göstərir və uyğun olaraq aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$A_p(w^2, t, M_V^2) = ig_0(t, M) \left( -i \frac{W^2 - M_p^2}{W_0^2 + M_V^2} \right)^{\alpha_p(t)-1} + \\ + ig_1(t, M_V^2) \ln \left( -i \frac{W^2 - M_p^2}{W_0^2 + M_V^2} \right)^{\alpha_p(t)-1}, \quad (2)$$

$$A_R(w^2, t, M_V^2) = ig_R(t, M_V^2) \left( -i \frac{W^2 - M_p^2}{W_0^2 + M_V^2} \right)^{\alpha_R(t)-1}, \quad (3)$$

burada xətti Pomeron trayektoriyasından istifadə edilmişdir,

$$\alpha_p(t) = 1 + \alpha'_p(0)t,$$

$$\alpha'_p(0) = 0.25QeV^{-2}.$$

Reggion və Pomeron əlaqə sabitləri üçün aşağıdakı parametrlərdən istifadə edilmişdir[2]:

$$g_0(t, M_V^2) = \frac{g_0 M_V^2}{(W_0^2 + M_V^2)^2} \exp(b_p^2 t);$$

$$g_1(t, M_V^2) = \frac{g_1 M_V^2}{(W_0^2 + M_V^2)^2} \exp(b_p^2 t);$$

$$g_R(t, M_V^2) = \frac{g_R M_V^2}{(W_0^2 + M_V^2)^2} \exp(b_R^2 t);$$



burada  $g_0, g_1, W_0^2(QeV^2), b_p^2(QeV^{-2})$  requlyarizə olunan parametrlərdir.  $M_p$  – protonun kütləsidir. Həmçinin  $\rho, \varphi, J/\psi$  mezonları üçün  $R = f, \omega, g_f, g_\pi$  – üçün isə  $R = f, \pi$  parametrlərindən istifadə edilmişdir.

Vektor mezonun fotoyaranması prosesinin ümumi amplitudunu  $A = A_p + A_R$  şəklində yazaraq, onda  $\gamma p \rightarrow Vp$  elastiki prosesinin tam effektiv kəsiyini aşağıdakı şəkildə yazma bilərik[3]:

$$\sigma(W^2, M_V^2) = 4\pi \int_{-\infty}^0 |A^{\gamma p \rightarrow Vp}(w^2, t, M_V^2)|^2 dt. \quad (4)$$

$J/\psi$  mezonun fotoyaranmasının  $\gamma p \rightarrow J/\psi \cdot p$  effektiv kəsiyinin başlanğıc enerjiden asılılıqları  $f$  – Reggionun əlavəsi nəzərə alınmaqla hesablanmışdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Capella A., Kaidalov A., Merino C., Tran Tanh Van J. // Phys. Lett. B337, 358 (1994)
2. Desgrolard P., Martynov E. Regge models of the proton structure function with and without hard Pomeron: a comparative analysis, hep-ph/0105277
3. Brodsky S.J., Chudakov E., Hoyer P. // J.M.Laget, Phys. Lett. B498, 23(2001)

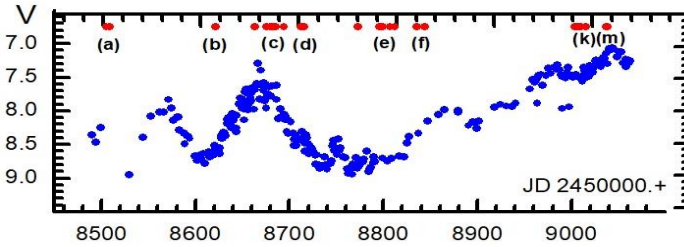
## CH Cyg SİMBİOTİK ULDUZUNUN PARLAQLIĞININ MÜXTƏLİF SƏVIYYƏLƏRİNDƏ H $\beta$ EMİSSİYA XƏTTİNİN TƏDQIQI

Rüstənova A.B., Mikayılov X. M.

<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, <sup>2</sup>AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası  
aysel.rustemova@yahoo.com, mikailovkh@gmail.com

Simbiotik ulduzlar – dumanlıqla əhatə olunmuş bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olan qırmızı nəhəng və ağ cırtdandan ibarət spektral ayırd edilən qoşa ulduz sistemidir. CH Cyg ulduzu digər simbiotik ulduzlardan spektral və fotometrik dəyişkənlik xüsusiyyətlərinə görə fərqlənən unikal bir müşahidə obyektidir. Ulduz təkamülünün çox müxtəlif mərhələlərini özündə əks etdirən simbiotik ulduzların tədqiqi istər müşahidə, istərsə də nəzəri astrofizikanın ən aktual mövzularından biridir

2019-2020-ci illər ərzində AMEA ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunda, optik lifli eşele spektroqrafda, CCD matrisin köməyi ilə CH Cyg simbiotik ulduzunun yüksək spektral ayırdetməli (R=28000) müşahidələri aparılmışdır [1]. Spektrlər DECH30 [2] proqramı vasitəsilə standart metodlar əsasında emal edilmişdi. Hər gecədə 2 spektr alınmaqla 31 cüt spektr əsasında H $\beta$  xəttinin profilləri qurulmuşdur. Spektral müşahidələrin aparıldığı zaman intervalı üçün dəyişən ulduzların fotometrik verilənlər bazasından (AAVSO)[3], istifadə etməklə V zolağında parlaqlıq əyrisi qurulmuşdur (şəkil 1)

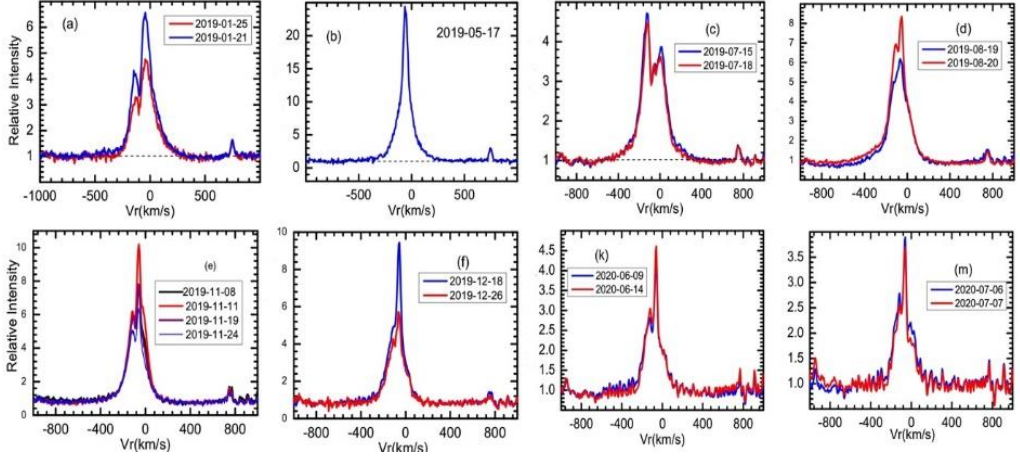


Şəkil 1. 2019-2022-ci illər üçün CH Cyg ulduzunun AAVSO verilənlər bazasından qurulmuş parlaqlıq əyrisi

Şəkil 1-də yuxarı hissədə qeyd olunmuş hərfi işarələrlə ulduzun spektrinin alındığı intervallar göstərilmişdir. Şəkil 2-də qeyd olunan intervallarda alınmış spektrlər əsasında qurulmuş H $\beta$  xəttinin profillərindən nümunələr nümayiş etdirilir.

Şəkil 1 və 2-dən görüldüyü kimi CH Cyg ulduzunun fotometrik fəallığının müxtəlif səviyyələrində H $\beta$  xəttinin intensivliyi eləcə də profilin forması kəskin dəyişkənlik göstərir. Parlaqlığın minimumunda (a, d,e,f) göy və qırmızı emissiya komponentlərinin nisbəti:  $V/R < 1$ , (c) halına uyğun maksimumda isə:  $V/R > 1$ . Bununla belə parlaqlığın (m) halına uyğun maksimumda isə bu hal müşahidə olunmur. Parlaqlığın (b) halında H $\beta$  xəttinin profili bir pikli olmaqla,

intensivliyi kəskin fərqlənir. Beləliklə dəyişkənlik mənzərəsinin daha mürəkkəb olduğu görünür, qeyd olunan asılılıqlar tam birqiymətli deyil. Növbəti mərhələdə H $\alpha$  və He xətlərini də təhlil etməklə tədqiqatın davamı nəzərdə tutulur.



**Şəkil 2.** 2019-2020-ci illərdə CH Cyg ulduzunun spektrində H $\beta$  xəttinin profilindən nümunələr

**Ədəbiyyat:**

1. Mikailov Kh.et al. Kinem.and Physics of Celes.Bodies 2020 v.36, pp. 22-36
2. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>
3. [www.aavso.org/www.aavso.org/LCGv2/index.html](http://www.aavso.org/www.aavso.org/LCGv2/index.html)

## HİQQS BOZONUN ÜÇZƏRRƏCİKLİ PARÇALANMASI: $H \rightarrow Z f \bar{f}$

**Abdullayev S.Q., Tanrıverdi S.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

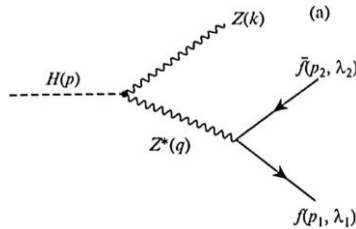
*sevda2000tanriverdi@gmail.com*

Standart modeli  $SU_c(3) \times SU_L(2) \times U_y(1)$  simmetriya qrupuna əsaslanır. Bu model lepton və kvarklar arasında güclü, elektromaqnit, zəif qarşılıqlı təsirləri yaxşı təsvir edir. Bu modeldə skalyar Hiqqs bozon sahəsi mövcuddur. Simmetriyanın spontan pozulması nəticəsində Hiqqs bozon adlanan zərrəcik yaranır. Bu zərrəcik  $W^\pm$  və neytral  $Z$  – bozonlara həmçinin yüklü leptonlara və kvarklara kütlə verir. Kütlənin verilməsi mexanizmi Hiqqs tərəfindən irəli sürülmüşdür. Hiqqs bozonunu çoxdan sürətləndiricilərdə axtarırdılar, ancaq 2012-ci ilə qədər kəşf edilməmişdir. Hiqqs bozon adlanan skalyar zərrəcik 2012- ci ildə Böyük Hadron Kollayderində ATLAS və CMS kollaborasiyaları tərəfindən kəşf edilmişdir.(1,2) Müəyyən edildi ki, onun kütləsi 125GeV tərtibindədir. Hiqqs bozonunun kəşfi ilə əlaqədar olaraq dünya alimləri onun fiziki xarakteristikalarını öyrənməyə başladılar. Hiqqs bozonu müxtəlif kanallar üzrə parçalana bilər. Bu kanallardan biridə Hiqqs bozonu neytral  $Z$ -bozona, fermion və antifermion cütünə parçalanmasıdır:

$$H \rightarrow Z + f + \bar{f}. \quad (1)$$

Burada  $f \bar{f}$  – fermion cütü olub, lepton və kvark cütü ola bilər. Hiqqs bozonun parçalanmasında top kvark cütü yaranma bilməz.

(1) prosesinin Feynman diaqramı şəkil 1 də təsvir edilmişdir:



Diaqram əsasında prosesin matris elementini yazmaq:

$$M(H \rightarrow Z f \bar{f}) = \frac{M_Z^2}{\eta} \frac{e}{\sin\theta_w \cos\theta_w} \frac{U_\mu^*(k)}{q^2 - M_Z^2 + iM_Z \Gamma_Z} \times \\ \times \bar{u}(p_1, \lambda_1) \gamma_\mu [g_L(f)(1 + \gamma_5) + g_R(f)(1 - \gamma_5)] v(p_2, \lambda_2). \quad (2)$$

Burada  $g_L(f)$  və  $g_R(f)$  fermionun  $Z$ -bozon ilə sol və sağ rabitə sabitləridir,  $\sin^2\theta_w$  Vaynberg parametridir.

Bu matris elementi (2) düsturu əsasında prosesin amplitudasının kvadratı hesablanmışdır.

$$|M(H \rightarrow Zf\bar{f})|^2 = \left(\frac{M_Z^2}{\eta}\right)^2 \frac{e^2 N_c}{X_W(1-x_W)} \frac{G_{\mu\nu} T_{\mu\nu}}{(q^2 - M_Z^2)^2 + M_Z^2 \Gamma_Z^2}, \quad (3)$$

$$G_{\mu\nu} = \sum_{pol} U_\mu^*(k) U_\nu(k) = -g_{\mu\nu} + \frac{k_\mu k_\nu}{M_Z^2}, \quad (4)$$

$$T_{\mu\nu} = 2[g_L^2(f)(1-\lambda_1)(1+\lambda_2) + g_R^2(f)(1+\lambda_1)(1-\lambda_2)] \times \\ [p_{1\mu} p_{2\nu} + p_{2\mu} p_{1\nu} - (p_1 \times p_2) g_{\mu\nu} - i\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma} p_{1\rho} p_{2\sigma}]. \quad (5)$$

**Ədəbiyyat:**

1. ATLAS Collaboration // Phys. Lett. B716 (2012) p.1
2. CMS Collaboration // Phys. Lett. B716(2012) p.30

## PROTON-PROTON TOQQUŞMASINDA NEYTRALİNO CÜTÜNÜN YARANMASI

Qocayeva A.Y., Əhmədov A.İ.

Bakı Dövlət Universiteti

aqocayeva3@gmail.com

İşdə proton-proton  $pp \rightarrow \tilde{\chi}_i^0 \tilde{\chi}_j^0$  toqquşmasında neytralino cütünün yaranması prosesi Böyük Hadron Kollayderi enerjisində üç müxtəlif senaridə, hiqqəsə oxşar, kalibrinoya oxşar və qarışıq ssenarilərdə öyrənilmişdir. Prosesin effektiv kəsiyi üçün analitik ifadə alınmışdır. Effektiv kəsiyin kalibrinonun, skalyar kvarkın kütlələrindən, neytralionun eninə impulsundan asılılıqları geniş intervalda hesablanmışdır. Hesablamalarda alınan effektiv kəsiyin qiymətinin Boyük Hadron Kollayderi ölçülməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir. Proton-proton toqquşmasında neytralino cütünün yaranmasının tədqiqi üçün aşağıdakı alt prosesi götürülmüşdür [1-2]:

$$q(p_1)\bar{q}(p_2) \rightarrow \tilde{\chi}_i^0(k_1)\tilde{\chi}_j^0(k_2) \quad (1)$$

(1) prosesinin Mandelstam invariantları aşağıdakı şəkildədir:

$$\hat{s} = (k_1 + k_2)^2, \hat{t} = (p_1 - k_1)^2, \hat{u} = (p_1 - k_2)^2 \quad (2)$$

(1) prosesinin ümumi matris elementini aşağıdakı formada yazma bilərik:

$$T = T_{\hat{s}} + T_{\hat{t}} + T_{\hat{u}} \quad (3)$$

Burada

$$\begin{aligned} T_{\hat{s}} &= -\frac{e^2}{2 \sin^2 \theta_W \cos^2 \theta_W} D_Z(\hat{s}) \bar{u}_i(k_1) \gamma_\mu [O_Z^{ij} P_L - O_Z^{ij*} P_R] \vartheta_j(k_2) \times \\ &\quad \times \bar{\vartheta}(p_2) \gamma_\mu (gV_q + gA_q \gamma_5) u(p_1), \\ T_{\hat{t}} &= -\sum_n \frac{1}{\hat{t} - m_{\tilde{q}_n}^2} \bar{u}_i(k_1) (a_i^L(\tilde{q}_n) P_L + a_i^R(\tilde{q}_n) P_R) u(p_1) \bar{\vartheta}(p_2) \times \\ &\quad \times (a_j^{L*}(\tilde{q}_n) P_L + a_j^{R*}(\tilde{q}_n) P_R) \vartheta_j(k_2), \\ T_{\hat{u}} &= -\sum_n \frac{1}{\hat{u} - m_{\tilde{q}_n}^2} \bar{u}_j(k_2) (a_j^{L*}(\tilde{q}_n) P_R + a_j^{R*}(\tilde{q}_n) P_L) u(p_1) \bar{\vartheta}(p_2) \times \\ &\quad \times (a_i^L(\tilde{q}_n) P_L + a_i^R(\tilde{q}_n) P_R) \vartheta_i(k_1). \end{aligned} \quad (4)$$

Ümumi matris elementinin (3) və (4) ifadələrindən istifadə edərək (1) prosesinin diferensial effektiv kəsiyi üçün alarıq:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\lambda_{ij}}{384\pi^2 \hat{s}^2} \left(\frac{1}{2}\right) \delta_{ij} (M_{\hat{s}\hat{s}} + M_{\hat{t}\hat{t}} + M_{\hat{u}\hat{u}} - 2M_{\hat{s}\hat{t}} + 2M_{\hat{s}\hat{u}} - 2M_{\hat{t}\hat{u}}) \quad (5)$$

$u\bar{u} \rightarrow \tilde{\chi}_i^0 \tilde{\chi}_j^0$  və  $d\bar{d} \rightarrow \tilde{\chi}_i^0 \tilde{\chi}_j^0$  alt proseslərinin kalibrinonun  $M_2$  və skalyar kvarkın  $m_{\tilde{q}}$  kütlələrindən və həmçinin neytralino cütünün  $k_T$  eninə impulslarından asılıqları hər üç ssenaridə ətraflı öyrənilmişdir. Üstünlük təşkil edən alt proseslər müəyyənləşdirilmişdir. Hesablamalarda alınan effektiv kəsiyin qiymətinin Böyük Hadron Kollayderi ölçülməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Ahmadov A.I. and M. Demirci. Single neutralino production at the LHC. Phys. Rev. D 88, 015017 (2013).
2. Demirci M. and A. I. Ahmadov. Search Neutralino Pair Production at CERN LHC. Phys. Rev. D. 89, 075015 (2014).

## DEKOHERENSIYA PROBLEMİ

Əliyeva Ç.E.

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutu  
cinareveliyeva146@gmail.com

Kvant superpozisiya halları atomlar və molekullar kimi mikroskopik sistemlər üçün olduqca tez – tez müşahidə edildiyindən, lakin makroskopik sistemlər üçün heç vaxt müşahidə olunmadığından, makroskopik sistemlər üçün Şredinqer pişiyi hallarını məhv edən müəyyən təsir olmalıdır. Bu təsir dekoherensiya adlanır.

Bu tezisdə dekoherensiya probleminin nədən ibarət olduğunu qısa şərh etməyə çalışacağıq.

Kvant sistemi ilə ətraf mühit arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində təmiz halın qarışıq hala sürətlə çevrilməsi kimi özünü göstərən dekoherensiya prosesinin bəzi ümumi xüsusiyyətləri vardır. İzolyasiya edilmiş kvant obyektinə olaraq boşluqdakı sahəni və ya tələdə hərəkət edən ionu təmsil edən bilən harmonik ossilyatoru nəzərdən keçirək. Ossilyatorun ilkin halı hər ikisi eyni bir kompleks parametrlə -- orta rəqs amplitudu ilə müəyyən olunan iki koherent halların superpozisiyası olsun. Biz bu zaman Şredinqer pişiyi halının bir nümunəsini əldə etmiş oluruq. Bu obyektə ayırd etmək üçün Viqnerin kvaziehtimal funksiyasından istifadə etmək olar:

$$W(\beta) = \frac{1}{\pi^2} \int d^2 \xi \mathcal{S} p \{ \hat{p} \exp[\xi(\hat{a}^+ - \beta^*)] - \xi^*(\hat{a} - \beta) \} \quad (1)$$

Klassik hallar üçün yuxarıda bəhs etdiyimiz Viqner funksiyası "x koordinat – p impulsun"  $\beta = x + ip$  dəyişənlərindəki birgə ehtimal paylama sıxlığına bərabərdir. Xüsusi halda,

$$\begin{aligned} |\psi_+\rangle &= N(|\alpha\rangle + \exp i\theta |-\alpha\rangle) \\ N^{-2} &= 2[1 + \cos \theta \exp(-2|\alpha|^2)] \end{aligned} \quad (2)$$

halı üçün  $W(\beta)$  Viqner funksiyası  $\beta = \pm\alpha$  nöqtələrində lokallaşmış və sistemin  $|\alpha\rangle$  və  $|-\alpha\rangle$  hallarında tapılma ehtimallarını göstərən iki maksimuma malikdir.

$\gamma$  sürəti ilə fotonların boşluqdan çıxması nəticəsində yaranan relaksasiya ossilyatorun vəziyyətində xüsusi bir dəyişikliyə səbəb olur: əvvəlcə interferensiya hissəsi yox olur və superpozisiya halı qarışıq hala çevrilir, sonra isə qarışıq hal tədricən vakuum halına çevrilir.

### Ədəbiyyat:

1. Kilin S.Ya. Quantum information, Physics ± Uspekhi 42 (5) 435 ± 452 (1999)



## ADRON QARŞILIQLI TƏSİRLƏRİNDƏ VEKTOR MEZONLARININ YARANMA PROSESİ

Məmmədova T.M., Ağamaliyeva L.A.

Bakı Dövlət Universiteti

tutu.memmedova.30@mail.ru

Təqdim olunan işdə vektor mezonlarının fotoyaranma prosesinə baxılıb. Vektor mezonlarının yaranma reaksiyalarını təsvir etmək üçün Redje yaxınlaşmasından istifadə edilmişdir. Vektor mezonlarının elastiki fotoyaranma reaksiyalarında ümumi və diferensial yeni trayektoriya ilə mübadiləsi  $\sqrt{W} > 50$  GeV enerji qiymətində hesablanmışdır.

$f_1$  – trayektoriyasını pomeron mübadiləsinə əlavə etdikdə vektor mezonlarının elastiki kəsiyinə verdiyi töhfə ciddi görünür.

Hesablamalarda pomeron mübadiləsinin matris elementi, pomeronun trayektoriyası, vektor mezonun kütləsi və vektor mezonlarının parçalanma sabitləri nəzərə alınmışdır.

$f_1$  – trayektoriyası daxil edilərək, təpə strukturuna düşən foton, sonuncu vektor mezon və  $f_1$ - mezonu quraşdırılır.

$\gamma - f_1 - V$  təpə strukturunu və onun daxilində olan qarşılıqlı əlaqə sabitinin mütləq qiymətini daxil etdikdə, vektor mezonlarının elastiki fotoyaranmasında  $f_1$ - mezonları ilə mübadiləsi zamanı matris elementini aşağıdakı şəkildə alırıq:

$$-iT_{\lambda_\nu, m', \lambda_\nu, m} = i g_{f_1} g_{f_1 NN} F_{f_1 NN} F_{f_1} \frac{m_\nu^2}{t - m_{f_1}^2} \epsilon_{\mu\nu\alpha} \beta q^\mu \times \\ \times \varepsilon_\nu^{*\nu}(\lambda_\nu) \varepsilon_\nu^\alpha(\lambda_\nu) \left( g^{\beta\delta} - \frac{(p - p')^\beta (p - p')^\delta}{m_{f_1}^2} \right) \bar{U}_{m'}(p') \gamma_\delta \gamma_5 U_m(p)$$

Burada  $\varepsilon_{0123} = 1$ ,

$$F_{f_1 V_\nu} = \frac{\Lambda_V^2 + m_{f_1}^2}{\Lambda_V^2 - t}$$

– formfaktor ( $\Lambda_p = 1,5$  GeV,  $\Lambda_{\delta p} = 1,8$  GeV)

Baxmayaraq ki,  $f_1$ - mezon mübadiləsi tam effektiv kəsiyin qiymətinə ciddi əlavə verməsə də, diferensial effektiv kəsiyin təsvirində böyük rol oynayır.

Bu proses onu göstərir ki, yeni trayektoriyanın qeydə alınması  $|t| > 1$  GeV olduqda diferensial kəsiklərin müşahidə edilən davranışlarını izah etməyə imkan verir, halbuki, pomeron mübadiləsi modeli bunu izah etmir.

### Ədəbiyyat:

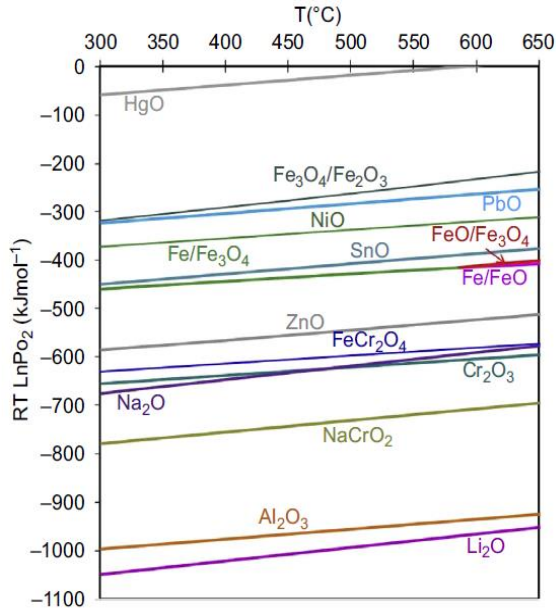
1. Donnachie A., Landshoff P.V. // Nucl. Phys. B267 (1986) 690
2. Titov A., Morii T. // Phys.Rev. C58 (1998) 2429
3. Brodsky S.J., Hoyer P., Laget J.M. // Phys. Left B498, 23 (2001)

## DÖRDÜNCÜ NƏSİL NÜVƏ REAKTORLARINDA İSTİFADƏ OLUNAN ƏSAS STRUKTUR MATERİALLARINDA KORROZİYA HALLARI

Nəzirova L.A.

Bakı Dövlət Universiteti  
nezirovalale872@gmail.com

Ümumiyyətlə, korroziya hadisələri ya materialların ərinti elementlərinin həlli, ya da səthin oksidləşməsi baxımından material itkisini əhatə edir. Materialların itkisi, komponentin divarının incəlməsi və yük daşıma qabiliyyətinin azalması deməkdir. Korroziya hadisələri artan temperaturla gücləndirilir, buna görə də əsas komponentlər kimi daha yüksək temperaturlara məruz qalan komponentlər reaktorun daha aşağı temperaturlara məruz qalan hissələrinə (məsələn, reaktor qabı) nisbətən daha şiddətli korroziyaya məruz qalır. Ümumiyyətlə, neytron şüalanmasının korroziya mexanizminə və maye Na, Pb və Pb-Bi-yə məruz qalan istinad struktur materiallarının sürətinə təsir göstərmədiyini müşahidə edilmişdir. Əksinə, konstruksiya materiallarının mexaniki xassələrinin pozulmasına neytron şüalanması və maye metalın sinergetik təsiri müşahidə edilmişdir. Nümunə olaraq, ferrit/martenzitik poladlar, neytron şüalanmaya məruz qaldıqda və maye Pb-Bi ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda həm şüalanma defektlərinə, həm də maye metalın təsirinə aid olan deqradasiya edilmiş mexaniki xassələr göstərir.



Şəkil 1. Temperaturdan asılı olaraq oksigen potensialı (burada PO<sub>2</sub> tarazlıq oksigen parsial təzyiqidir) ilə ifadə olunan oksid sabitliyini göstərən Ellinqhem diaqramı.

Reaktorun işləməsi baxımından reaktor elementlərinin dizayn meyarlarına bu hadisələr daxil edilməlidir. Keçidlər və qeyri-normal şərtlər temperatur və axın sürəti sahələrini dəyişdirə bilər, korroziya mexanizminin və sürətinin qiymətləndirilməsi temperatur və axın sürətinin geniş parametrlər diapazonunda, məsələn, qeyri-normal şərtləri də əhatə etmək üçün aparılmalıdır. Bununla belə, bu qiymətləndirmə üçün keçidlərin və qeyri-normal şəraitin müddətinin məhdud olduğunu nəzərə almaq da vacibdir. Termodinamikaya görə və maye natrium, maye qurğuşun, qurğuşun-bismut ilə korroziyanı nəzərə alsaq, iki fərqli prosesə rast gəlinir: bərk materialdan olan elementlər ilə maye metalda həll olunmuş növlər (oksigen və ya karbon kimi) arasında reaksiya. Reaksiya məhsulu bərkdir və bərk materialdan gələn elementlərdən və maye metaldan gələn həll olunmuş korroziyadan ibarət birləşmədir. Bu korroziya rejimi oksidlər və ya karbidlər kimi birləşmələr bərk məhlulda və ya müəyyən birləşmələr şəklində mövcud olduqda və həll olunmuş növün kimyəvi potensialı bu birləşmənin əmələ gəlməsini təmin etmək üçün kifayət olduqda əldə edilir. Bu bərk birləşmələrin mövcudluğu faza diaqramlarında təsvir edilmişdir və onların əmələ gəlmə ehtimalı oksigen üçün Ellinqhem diaqramı kimi üstünlük diaqramları ilə müəyyən edilmişdir (şəkil 1).

Bu diaqram təmiz metal oksidləşmə reaksiyalarının (və ya bəzi hallarda metal oksidinin oksidləşmə reaksiyasının) tarazlıq oksigen parsial təzyiqini əks etdirir.

## PİON-PROTON TOQQUŞMASINDA QLÜONUN BİRBAŞA YARANMASI

**Şirinova A.Ş.**

Bakı Dövlət Universiteti  
ayshenshirinova17@gmail.com

Pion-proton toqquşmasında,  $\pi p \rightarrow gX$  qlüonun birbaşa inklüziv yaranması prosesi KXD-də öyrənilmişdir. Qlüonun birbaşa yaranması üçün alt proses olaraq  $\pi q_p \rightarrow gq$  prosesi seçilmişdir. Prosesin effektiv kəsiyi başlanğıc enerjinin  $\sqrt{s} = 62.4$  QeV qiymətində dondurulmuş və dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti metodu ilə hesablanmışdır. Yüksək tvist effektlərinin prosesin effektiv kəsiyinə verdiyi əlavələri iki metodla, dondurulmuş və dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti metodu ilə hesablanmışdır.

$\pi^+ p \rightarrow gX$  və  $\pi^- p \rightarrow gX$  prosesləri üçün uyğun olaraq  $\pi^+ d_p \rightarrow gu$  və  $\pi^- u_p \rightarrow gd$  alt prosesləri götürülmüşdür.  $\pi q_p \rightarrow gq$  prosesini matris elementini aşağıdakı formada yazı bilərik:

$$T_H(\pi q_p \rightarrow gq) = \frac{4ig_s^3 \delta_{ij}}{6\sqrt{6}} \frac{M^\mu e_\mu}{x_1 x_2 \hat{s} \hat{t} \hat{u}} \quad (1)$$

$$M^\mu = F_2 \bar{u}(p_1) \gamma_5 \gamma^\mu u(p_2) + G_2^\mu \bar{u}(p_1) \gamma_5 \hat{p}_\pi u(p_2) \quad (2)$$

$$F_2 = 8\hat{s}(\hat{s} - \hat{u}) \quad (3),$$

$$G_2^\mu = 32\hat{u}p_1^\mu + 32\hat{s}\hat{p}_2^\mu - 18(\hat{s} - \hat{u})p_5^\mu + 16(\hat{s} - \hat{u})p_\pi^\mu \quad (4).$$

$\pi q_p \rightarrow gq$  alt-prosesinin diferensial effektiv en kəsiyi aşağıdakı formadadır:

$$\frac{d\sigma}{d\hat{t}}(\hat{s}, \hat{t}, \hat{u}) = \frac{256\pi^2}{81\hat{s}^2} [D(\hat{s}, \hat{u})]^2 \left( -\frac{t}{\hat{s}^2} - \frac{t}{\hat{u}^2} \right). \quad (5)$$

Burada:

$$D(\hat{s}, \hat{u}) = \int_0^1 dx \alpha_s^{3/2}(Q_1^2) \left[ \frac{\Phi_\pi(x, Q_1^2)}{x(1-x)} \right] + \int_0^1 dx \alpha_s^{3/2}(Q_2^2) \left[ \frac{\Phi_\pi(x, Q_2^2)}{x(1-x)} \right] \quad (6)$$

$\pi p \rightarrow gX$  prosesində yüksək tvistin diferensial effektiv kəsiyi aşağıdakı şəkildə müəyyən edilir [1-3]:

$$E = \frac{d\sigma}{d^3p}(\pi p \rightarrow gX) = \int_0^1 dx \delta(\hat{s} + t + \hat{u}) \hat{s} G_{q/p}(x, Q^2) \frac{1}{\pi} \frac{d\sigma}{d\hat{t}}(\pi q_p \rightarrow gq) \quad (7)$$

$\pi p \rightarrow gX$  prosesinin yüksək tvist diferensial effektiv en kəsiyini hesablamaq üçün yekun ifadə:

$$E \frac{d\sigma}{d^3p}(\pi p \rightarrow \gamma X) = \frac{s}{s+u} x G_{q/p}(x, Q^2) \frac{256\pi}{81\hat{s}^2} [D(\hat{s}, \hat{u})]^2 \left( -\frac{\hat{t}}{\hat{s}^2} - \frac{\hat{t}}{\hat{u}^2} \right) \quad (8)$$

$\pi p \rightarrow gX$  prosesi üçün aparıcı tvistin alt-proses olaraq  $q\bar{q} \rightarrow g\gamma$  prosesi götürülmüşdür., bu prosesdə diferensial effektiv kəsiyi hesablamaq üçün yekun formul aşağıdakı şəkildədir:

$$\frac{d\sigma}{d^3p}(q\bar{q} \rightarrow g\gamma) = \frac{8}{9} \pi \alpha_E \alpha_s(Q^2) \frac{e_q^2}{\hat{s}^2} \left( \frac{\hat{t}}{\hat{u}} + \frac{\hat{u}}{\hat{t}} \right) \quad (9)$$

Hesablamalarda pionun müxtəlif paylanma amplitudlarından istifadə edilmişdir. İsdə  $\pi p \rightarrow gq$  prosesində yüksək tvist diferensial effektiv kəsiyi pionun baxılan paylanma amplitudları üçün qlüonun eninə impulsandan və yeyinliyindən asılılıqları hər iki yaxınlaşmada, dondurulmuş və dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti yaxınlaşmalarında ətraflı öyrənilmişdir. Bütün paylanma amplitudları üçün yüksək tvist effektiv kəsiyinin ədədi qiymətləri aparıcı tvistin ədədi qiymətləri ilə müqayisə edilmişdir. Alınan nəticələrdən görünür ki,  $\pi p \rightarrow gq$  prosesində qlüonun birbaşa yaranmasını Böyük Hadron Kollayderində müşahidə etmək mümkündür.

**Ədəbiyyat:**

1. Owens J. F., Rev. Mod. Phys. 59, 465 (1987).
2. Lepage G.P., Brodsky S.J. Phys. Lett. B. (1979).
3. Ahmadov A. I., C. Aydin C., Uzun O. Phys. Rev. D 87, 014006 (2013).

## HD 216756 ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ FEII XƏTLƏRİ

**Mikayılova S.B., Səmədov Z.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*sevincmikayılova1997@gmail.com*

İşdə HD 216756 (F4V) ulduzunun spektri tədqiq olunmuşdur. Spekrdə xətlər eyniləşdirilmiş və bir dəfə ionlaşmış dəmir xətlərinin ekvivalent enləri ölçülmüşdür. Bu işdə Fransanın cənub-şərqində yerləşən Haute-Provence rəsadxanasında 1.93 metrlik reflektorunda quraşdırılmış ELODİE spektroqrafında alınmış spektrlərdən istifadə olunmuşdur. Spekrilər 2003-ci il iyulun 27-də alınmışdır. Spekrilər  $R=42000$  spektral ayırdetmə ilə  $\lambda\lambda 3850-6800$  Å dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edir.

Spekrilər Dech 30 T proqramı ilə emal olunmuşdur. Ulduzun FeII xətlərinin ekvivalent enlərini ölçmək üçün tərtibləri normallaşdırıb xətlərin ekvivalent enlərini ölçmüşük. Xətlərin ekvivalent enlərinin ölçülməsinin müxtəlif üsulları var. Biz Qaussian üsulundan istifadə etmişik. FeII xətlərinin ölçülmüş ekvivalent enləri cədvəldə göstərilir (4-cü sütun, mÅ). Cədvəldə həmçinin spektral xətlərin dalğa uzunluğu (1-ci sütun, Å), aşağı səviyyədə həyəcanlaşma potensialı (2-ci sütun, eV), ossilyator gücü (loggf, 3-cü sütun) verilir.

### Cədvəl. Tədqiq olunan Fe II xətlərinin siyahısı

$\lambda, \text{Å}$	$\epsilon, \text{eV}$	loggf	$W, \text{mÅ}$	$\lambda, \text{Å}$	$\epsilon, \text{eV}$	loggf	$W, \text{mÅ}$
4663.70	2.88	-4.42	55	4002.07	2.77	-3.35	49
4666.75	2.82	-3.20	101	4128.74	2.57	-3.56	73
4731.47	2.88	-3.08	94	4173.47	2.57	-4.92	200
4923.93	2.89	-1.56	200	4178.85	2.57	-2.91	119
4993.35	2.80	-3.58	61	4233.16	2.57	-1.88	168
5018.44	2.88	-1.40	228	4258.16	2.69	-3.93	143
5169.03	2.88	-1.30	274	4273.32	2.69	-3.30	94
5197.57	3.22	-2.23	120	4278.16	2.68	-3.89	67
5256.89	2.88	-4.33	33	4296.57	2.69	-3.32	149
5264.80	3.23	-3.41	77	4303.17	2.69	-2.48	157
5276.00	3.19	-2.06	160	4385.38	2.77	-2.58	148
5284.10	2.88	-3.41	96	4413.60	2.66	-4.01	45
5325.56	3.21	-3.19	64	4416.82	2.77	-2.57	125
5337.72	3.22	-3.99	49	4472.92	2.83	-4.82	98
5362.86	3.19	-2.84	111	4489.19	2.82	-3.68	113
5425.27	3.19	-3.35	60	4491.40	2.84	-2.71	103
5534.86	3.23	-2.92	82	4508.28	2.84	-2.33	125
6084.10	3.19	-3.20	26	4515.33	2.83	-2.50	122
6113.32	3.21	-4.20	15	4520.22	2.79	-3.17	120

$\lambda, \text{Å}$	$\epsilon, \text{eV}$	loggf	$W, \text{mÅ}$	$\lambda, \text{Å}$	$\epsilon, \text{eV}$	loggf	$W, \text{mÅ}$
6147.73	3.87	-2.73	68	4522.63	2.83	-2.14	175
6149.24	3.87	-2.73	61	4541.52	2.84	-2.83	99
6238.38	3.87	-2.64	72	4576.33	2.83	-3.89	94
6247.56	3.87	-2.34	90	4582.83	2.83	-3.08	83
6416.91	3.87	-2.75	59	4583.84	2.79	-1.81	175
6432.65	2.88	-3.75	57	4620.51	2.82	-3.00	69
6456.38	3.89	-2.09	112	4635.32	5.93	-1.48	32

**Ədəbiyyat:**

1. Hauck, B., Mermilliod, M. uvbybeta photoelectric photometric catalogue . Astron. Astrophys, Suppl. Ser., 1998, 129, 431.
2. Castelli, F., Kurucz, R.L., Piskunov, N.E., Weiss, W.W., Gray, D.F. 2003, eds, Proc. IAU Symp. 210, Modelling of Stellar Atmospheres, Poster A20. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. A20
3. Kurucz, L.S. CD-ROM 13, 1993, ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2km/s grid. Cambridge, Mass., Smithsonian Astrophys. Obs.

## PİON-PROTON TOQQUŞMASINDA FOTONUN BİRBAŞA YARANMASI

**Şirinova A.Ş., Əhmədov A.İ**

Bakı Dövlət Universiteti  
ayshenshirinova17@gmail.com

Pion-proton toqquşmasında fotonun birbaşa inklüziv yaranması prosesi Enriko Fermi adına tədqiqat laboratoriyasının əsas proqramıdır. Bu işdə fotonun birbaşa yaranması üçün əsas proses olaraq  $\pi p \rightarrow \gamma X$  prosesi  $\sqrt{s} = 62.4$  QeV də dondurulmuş və dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Burada bizim əsas məqsədimiz yüksək tvist effektlərinin prosesin effektiv kəsiyinə verdiyi əlavələri iki metodla, dondurulmuş və dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti metodu ilə hesablamaqdır. Məlumdur ki, yüksək enerjilərdə fotonun birbaşa yaranması hadron kollayderində müşahidə oluna bilən əsas və fundamental proseslərdən biridir. Birbaşa yaranan foton elə fotondur ki, o bilavasitə əsas parton qarşılıqlı təsirindən yaranır. Bu fotonlarla hadronların quruluşunu kifayət qədər kiçik məsafələrdə öyrənmək mümkündür. Əsas tərtibdə iki əsas proses mövcuddur ki, birbaşa foton yaransın: annihilasiya prosesi  $q\bar{q} \rightarrow g\gamma$  və virtual Kompton effekti  $gq \rightarrow \gamma q$ .

Bu işdə  $\pi p \rightarrow \gamma X$  prosesinin yüksək tvistin alt prosesi üçün uyğun olaraq  $\pi q_p \rightarrow \gamma q$  prosesi götürülmüşdür. Burada  $q_p$  - protonun kvarklarından biridir. Analoji olaraq,  $\pi^+ p \rightarrow \gamma X$ ,  $\pi^- p \rightarrow \gamma X$  proseslərinin öyrənilməsi üçün  $\pi^+ d_p \rightarrow \gamma u$ ,  $\pi^- u_p \rightarrow \gamma d$  alt prosesləri seçilmişdir.

$\pi q_p \rightarrow \gamma q$  alt prosesinin diferensial effektiv kəsiyi aşağıdakı şəkildədir:

$$\frac{d\sigma}{d\hat{t}}(\hat{s}, \hat{t}, \hat{u}) = \frac{16\pi^2 \alpha_E C_F}{9} \frac{[D(\hat{s}, \hat{u})]^2}{\hat{s}^2(-\hat{t})} \left[ \frac{1}{\hat{u}^2} + \frac{1}{\hat{s}^2} \right]. \quad (1)$$

burada

$$D(\hat{s}, \hat{u}) = e_1 \hat{u} \alpha_s(Q_1^2) \int_0^1 dx \left[ \frac{\Phi_\pi(x, Q_1^2)}{x(1-x)} \right] + e_2 \hat{s} \alpha_s(Q_2^2) \int_0^1 dx \left[ \frac{\Phi_\pi(x, Q_2^2)}{x(1-x)} \right]. \quad (2)$$

$\pi p \rightarrow \gamma X$  prosesində yüksək tvist diferensial effektiv kəsiyi hesablamaq üçün yekun formula aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [1-3]:

$$E \frac{d\sigma}{d^3p}(\pi p \rightarrow \gamma X) = \frac{s}{s+u} x G_{q/p}(x, Q^2) \frac{16\pi \alpha_E C_F}{9} \frac{[D(\hat{s}, \hat{u})]^2}{\hat{s}^2(-\hat{t})} \left[ \frac{1}{\hat{s}^2} + \frac{1}{\hat{u}^2} \right]. \quad (3)$$

İşdə  $\pi p \rightarrow \gamma X$  prosesində yüksək tvist diferensial effektiv kəsiyi pionun baxılan paylanma amplitudları üçün fotonun eninə impulsandan və yeyinliyindən asılılıqları hər iki yaxınlaşmada, dondurulmuş və dəyişən



qarşılıqlı təsir sabiti yaxınlaşmalarında ətraflı öyrənilmişdir. Prosesin effektiv kəsiyi üçün Borel cəmi hesablanmışdır. Dəyişən qarşılıqlı təsir sabiti metodu ilə hesablamalarda yaranan infraqırmızı renormolon sinqulyarlığı inteqralın baş qiymət mənadı hesablanması metodu ilə aradan qaldırılmışdır. Bütün paylanma amplitudları üçün yüksək tvist effektiv kəsiyinin ədədi qiymətləri aparıcı tvistin ədədi qiymətləri ilə müqayisə edilmişdir. Hesablamalarda alınan nəticələrdən görünür ki,  $\pi\pi \rightarrow \gamma X$  prosesində fotonun birbaşa yaranmasını Böyük Hadron Kollayderində müşahidə etmək mümkündür.

**Ədəbiyyat:**

1. Lepage G.P., Brodsky S.J. // Phys. Lett. B, 1979, v. 87, No 4, pp.359-365.
2. Owens J.F. // Rev. Mod. Phys. 59, 465 (1987).
3. Ahmadov A.I., Aydın C., Uzun O. // Phys. Rev. D 87, 014006 (2013).

## BÖLMƏ 2 BİOFİZİKA VƏ MOLEKULYAR FİZİKA

### ŞİSTOSTATİN 3 MOLEKULUNUN TRİPEPTİD FRAQMENTİNİN TƏDQIQI

**Amanova N.M., Vəliyeva L.İ.**




*Bakı Dövlət Universiteti*

*amanovanermin00@gmail.com*

Şistostatın molekulu 12 amin turşu qalığından ibarət olub, Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5-Ser6-Lleu7-Tyr8-Ser9-Phe10-Gly11-Leu12-NH<sub>2</sub> xətti ardıcılığından ibarətdir. Bu molekulu tədqiq etmək üçün, o kiçik fraqmentlərə bölünmüşdü. İlk növbədə bütün bu fəsilədən olan molekullar üçün eyni ardıcılığa malik Phe10-Gly11-Leu12-NH<sub>2</sub> tripeptid hissənin həndəsi və enerji parametrləri öyrənilmişdir.

Hesaba bu fraqmentin fəzada tuta biləcəyi bütün mümkün halları (formaları) nəzərə alan 324 konformasiya buraxılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, 324 konformasiyadan yalnız 40-ı (0÷3) kkal/mol nisbi enerji intervalına düşür. Bunlar içərisində 10 konformasiya tam açıq formalı, 7 konformasiya tam bükük formalı, 23 konformasiya isə yarıaçıq formalı konformasiyalardır. Cədvəldə bu konformasiyaların  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  və  $\chi$  ikiüzlü bucaqlarının fəzada aldıkları qiymətlər, onların sxematik olaraq görünüşləri, və həmçinin enerji parametrləri verilmişdir.

#### Cədvəl

Konformasiya və onun sxematik görünüşü	Amin turşusu	İkiüzlü bucaqlar (Å)					Enerji parametrləri (kkal/mol)			
		$\varphi$	$\psi$	$\chi_1$	$\chi_2$	$\omega$	$E_{q.v.}$	$E_{el.st.}$	$E_{tor}$	$E_{tam}$
açıq 	Phe	-110	154	188	91	182	-11.7	1.3	1.4	-8.9
	Gly	-74	83	-	-	175				
	Met	-101	-61	-57	170	180				
 bükük	Phe	-97	148	181	87	185	-11.5	1.2	1.7	-8.7
	Gly	79	-62	-	-	173				
	Met	-96	-53	-53	176	178				
 yarıaçıq	Phe	-109	-60	180	90	178	-11.8	1.4	1.0	9.4
	Gly	-78	73	-	-	183				
	Met	-103	-61	-51	177	179				

Cədvəldən aydın olur ki, enerji cəhətdən ən əlverişli (qlobal) konformasiya yarıaçıq formalı konformasiyadır. Onun tam enerjisinin qiyməti  $-9.4$  kkal/mol-a, qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti  $-11.8$  kkal/mol-a, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti  $1.4$  kkal/mol-a və valent rabitələr ətrafında fırlanma enerjisinin ( $E_{\text{tor}}$ ) qiyməti isə  $1.0$  kkal/mol-a bərabərdir. Tam açıq formaya uyğun konformasiya qlobal konformasiyadan  $\sim 0,5$  kkal/mol, tam bükük formaya uyğun konformasiya isə qlobal konformasiyadan  $\sim 0,7$  kkal/mol qədər fərqlənir. Bundan başqa, ikiüzlü bucaqların qiymətlərindən aydın olur ki, Phe amin turşusundan sonra Gly amin turşusunun gəldiyi üçün tam açıq və tam bükük formalı konformasiyalarda  $\beta$ -bükük əmələ gəlir.

**Ədəbiyyat:**

1. Veelaer, D., B.Devreese, et al. (1996). İzolation and characterization of eight myoinhibiting peptides from the desert locust, *Schistocerca gregaria*: New members of the cockroach allatostatin family. *Molecular and Cellular Endocrinology* 122(2): 183-190
2. Попов Е.М. *Структурная организация белков*, М., "Наука", 1989, 352 с
3. IUPAC-IUB Joint Commision on Biochemical Nomenclature. *J. Biol. Chem.*, 1983, v.260, p.14-42

## AQAROZANIN KİÇİK KONSENTRASIYALI SULU MƏHLULLARINDA ETİL SPİRTİNİN TƏSİRİ İLƏ STRUKTUR DƏYİŞİKLİKLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Həsənov A.Ə., Həsənzadə P.M., Bağırova S.R., Xanlarova F.E.

Bakı Dövlət Universiteti  
parvanapanahova@gmail.com

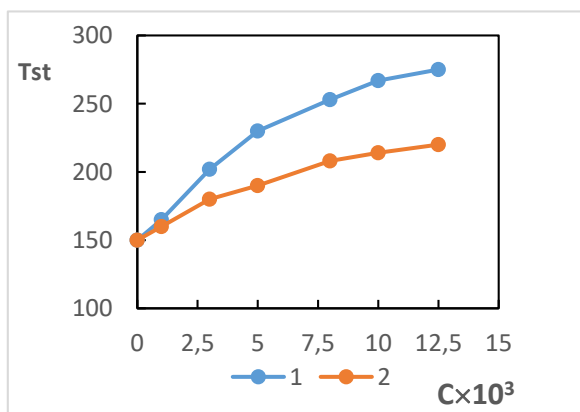
Überreyter göstərmişdir ki, mayelərin özlülüyünün temperatur asılılığı üçün

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (1)$$

ifadəsi yalnız sərbəst mayelər üçün özünü doğruldur. Belə mayələrdə yalnız Van-der-Vaals qarşılıqlı təsirləri mövcuddur. Əgər mayədə hər hansı bir strukturlaşdırıcı (nizamlayıcı) qarşılıqlı təsir varsa, (məsələn, suda hidrogen rabitəsi) bu halda özlülüyün temperatur asılılığı (1) ifadəsinə tabe olmur. Aydınır ki, müxtəlif mayələrdə müxtəlif xarakter daşıyan strukturlaşdırıcı qarşılıqlı təsirlər mövcuddur və bu da özlülüyün temperatur asılılığı üçün müxtəlif ifadələrə gətirir. Belə ifadələrdən biri də Vogelın empirik düsturudur:

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T - T_0}\right) \quad (2)$$

Überreyter (2) düsturuna daxil olan  $T_0$  parametrini struktur temperaturu adlandırmışdır.



**Şəkil 1.** Aqarozanın sulu məhlulunun struktur temperaturuna etil spirtinin təsiri 1 – spitsiz, 2 – 10% spitli.

Təqdim olunan işdə kiçik konsentrasiyalı aqarozanın sulu məhlullarına etanol spirtinin təsiri ilə struktur dəyişikliklərinin öyrənilməsinə baxılır. Bu məqsədlə aqarozanın kiçik konsentrasiyalı sulu məhlullarında baş verən

struktur dəyişikliklərini xarakterizə edən bir sıra parametrlər viskozimetriya üsulu vasitəsi ilə öyrənilmiş və təhlil olunmuşdur.

Gel əmələ gətirən polimerlərin sulu məhlullarında baş verən struktur dəyişikliklərini xarakterizə edən bir sıra fiziki kimyəvi parametrlərlə yanaşı struktur temperaturunun və özlü axın aktivləşmə parametrlərinin də rolu olduğunu demək olar.

Qrafikdən görüldüyü kimi, etil spirtin təsiri ilə aqarozanın kiçik konsentrasiyalı sulu məhlullarının struktur temperaturu kəskin dəyişir və kiçilir.

**Ədəbiyyat:**

1. Məsimova E.Ə., H.Ş.Həsənov, B.G.Paşayev "Mayələrin özlülüyü". Bakı 2016
2. Məsimova E.Ə. "Məhlulların Fiziki-Kimyəvi Xassələri", Bakı 2008.
3. Məsimova E.Ə., Həsənov A.Ə., Həsənova X.T. "Suyun Strukturu və onun struktur temperaturu metodu ilə tədqiqi", Bakı 2018

## PEQ-DEKSTRAN-SU İKİFAZALI SİSTEMLƏRİNİN HAL DİAQRAMINA $K_2SO_4$ DUZUNUN TƏSİRİ

Həsənova X.T., Hüseynli A.Ç., Əhmədova A.İ.

Bakı Dövlət Universiteti

aytac\_ha@mail.ru

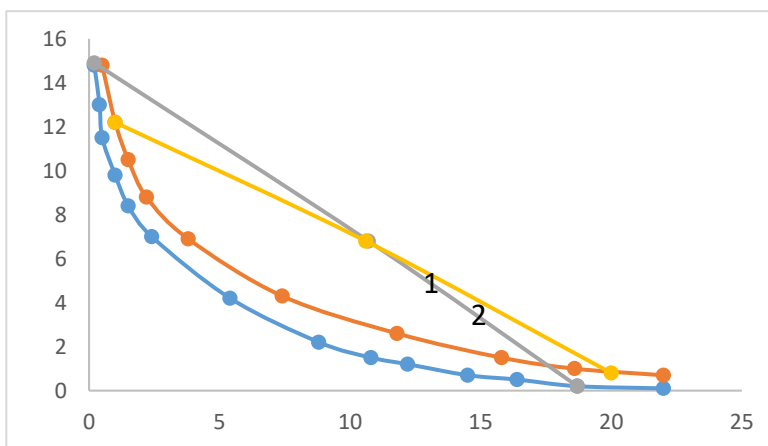
Bu tezisdə  $K_2SO_4$  duzunun PEQ-Dekstan-su ikifazalı sisteminin binodal ayrısına təsiri öyrənilmişdir.

Sulu polimer-duz ikifazalı sistemlər bioloji hissəciklərin, hüceyrə elementlərinin və bioloji makromolekulların nativ xüsusiyyətlərini saxlamaqla ayrılması və həmçinin onların analitik tədqiqi üçün uğurla istifadə olunur. Məlumdur ki, çoxfazlı, çoxkomponentli sistem kimi baxıla bilən canlı aləmdə gedən proseslər, o cümlədən, maddələr mübadiləsi prosesi zamanı maddələrin orqanizmdə yayılması və orqanizmdən xaric edilməsi xüsusi halda ikifazlı sulu sistemlərdə maddələrin fazalararası keçidinə analoji olaraq baş verir.

Ən çox istifadə edilən ikifazlı sistemlər dekstran və polietilen qlikol (PEQ) və ya dekstran və fikol ikifazlı sistemləridir.

Təqdim olunan işin məqsədi PEQ-dekstran-su ikifazalı sisteminin binodal ayrısının və birləşdirici xəttinin qurulması, sistemin kritik nöqtəsinin tapılması və bu sistemin hal diaqramına  $K_2SO_4$  duzunun təsirinə öyrənilməsidir. İşdə polimerlərin PEQ(6000) və Dekstran (40000) fraksiyalarından alınmış PEQ-Dekstran-su ikifazalı sistemləri tədqiq edilmişdir.

Hər iki polimerin yüksək konsentrasiyalı ( $C_{PEQ}=40\%$  və  $C_{Dek}=20\%$ ) məhlulları hazırlanmış və 2 qramlıq ikifazlı sistemlər vasitəsilə binodal ayrısı qurulmuşdur.



**Şəkil 1.** PEQ-dekstran-su ikifazalı sistemi duz əlavə olunmamış halda (1) və 0.25 mol/kq  $K_2SO_4$  duzu ilə (2) ( $t=25^{\circ}C$ )

$$y_1 = -0.6x + 12.9, y_2 = -0.8x + 15.13$$

Fazanın çökməsini sürətləndirmək üçün sistemlər 20 dəqiqə 4400 q-da sentrifuqa edilmişdir.

Təcrübə bir dəfə ancaq polimerlərin iştirakı ilə, ikinci dəfə isə  $K_2SO_4$  duzunun iştirakı ilə aparılmışdır.

Alınmış nəticələrə əsasən demək olar ki, duzun təsiri ilə binodal əyrisi koordinat başlanğıcına doğru sürüşmüş, birləşdirici xəttin meyl bucağı isə böyümüşdür. Duzun təsiri ilə binodala uyğun kritik nöqtə sola doğru sürüşmüşdür.

**Ədəbiyyat:**

1. Hasanov A.A., Hasanova X.T., Bagirova S.R. "Influence of some salts on binodaline of biphasic systems formed by nonionic polymers"
2. Albertsson P.A. (1971) Partition of Cell Particles and Macromolecules, Wiley, New York

## KALIUM BROM DUZUNUN SULU MƏHLULUNDA İONLARIN HİDRATASIYA ƏDƏDİNƏ POLİETİLENQLİKOLUN TƏSİRİ

Quliyeva A.Q., Həsənova X.T., Ələsgərova G.N., Bağırova S.T.

Bakı Dövlət Universiteti

aytac.guliyeva86@gmail.com, gulare.elesgerova@bk.ru

Təqdim olunan işdə kalium brom duzunun duru sulu məhlullarının refraksiya xassələri tədqiq edilmişdir. İonların hidratlaşma ədədləri refraktometrik metodla hesablanmış və polietilenqlikolun təsirinə baxılmışdır.

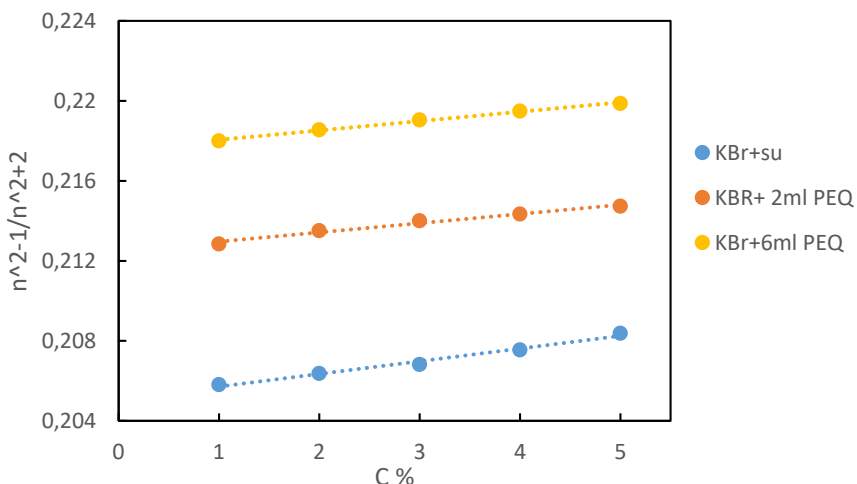
Hidratlaşma – məhlullarda həll olan maddə ilə həlledicinin qarşılıqlı təsirinin nəticəsidir. Hidratlaşma solvatasıyanın xüsusi halıdır.

Məhlulda ionların hidratasiyasını öyrənərkən bu hadisəni adətən su molekullarının bu və ya digər sayı ilə ionların əlaqəsi kimi başa düşülür. İonların hidratasiyasını ionun hidratlaşma ədədi adlanan ionla əlaqədə olan su molekullarının sayı ilə xarakterizə edirlər. Hidratasiya ədədinin təyini üçün çoxsaylı metodlar mövcuddur. Bu metodlardan biri də Məsimov E.Ə., Abbasov H.F. tərəfindən hazırlanmış refraktometrik üsuldur [1]

Təqdim olunan işdə (1) düsturundan istifadə edərək KBr duzunun suda məhlulunda ionların hidratasiya ədədini təyin etmişik. (1)- ə əsasən ionların hidratasiya ədədlərinin ( $h_1, h_2$ ) cəmi üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edilib:

$$h_1 + h_2 = \frac{3Mt g \Phi}{\rho N_A \alpha_{H_2O}} - i \left( \frac{r_k + j}{r_{H_2O}} \right)^3 - j \left( \frac{r_R - i}{r_{H_2O}} \right)^3 \quad (1)$$

Burada  $M$  – verilmiş maddənin molyar kütləsi,  $\rho$  – məhlulun sıxlığı,  $N_A$  – Avaqadro ədədi,  $\alpha_{H_2O}$  – su molekulunun radiusu,  $r_k + j$  və  $r_R - i$  uyğun olaraq kation və anionun radiusları,  $i$  və  $j$  valentlikdir.  $t g \Phi \frac{n^2-1}{n^2+2}$  –  $c$  asılılığında bucaq əmsəlidir.



**Şəkil 1.** KBr+su, KBR+PEQ sistemində  $(n^2-1/n^2+2)$  münasibətinin KBr duzunun sulu məhlulunun konsentrasiyasından asılılığı



Şəkildən də göründüyü kimi bu asılılıq xəttidir. Düz xəttin bucaq əmsalı tapılaraq, (1) düsturundan istifadə etməklə ionların hidratasiya ədədləri təyin olunmuşdur.

Hidratasiya ədədlərinin hesablanmış qiymətləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

**Cədvəl 1. KBr duzunun sulu məhlulunda ionların hidratasiya ədədi və ona polimerin (PEQ) təsiri**

Məhlul	$h_1+h_2$
KBr+su	20,84
KBr+PEQ3000 (2ml)	16,75
KBr+PEQ3000 (6ml)	16,75

Cədvəldən də göründüyü kimi, polimerlərin təsiri ilə hidratasiya ədədi azalmışdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Масимов Э.А, Аббасов Х.Ф, Рефрактометрическое определение числа гидратации ионов в разбавленных водных растворах сульфата магния, Журнал Физической Химии, Т.86, № 3, 2012, с.470-472

## LYS-GLN-PRO TRIPEPTİD MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞUNUN STABİLLƏŞMƏSİNDƏ MÜXTƏLİF QARŞILIQLI TƏSİR NÖVLƏRİNİN ROLU

Şükürova J.Z, Qocayev N.M., Ağayeva Ü.T.

Bakı Dövlət Universiteti

nqocayev@beu.edu.az, ahaeva1976@mail.ru, jala.shukurova.98@mail.ru

Orqanizmlərdə maddə mübadiləsi prosesində mühüm rol oynayan Lys-Gln-Pro molekulunun stabil konformasiyalarını formalaşdıran qeyri-valent (van-der-vaals), elektrostatik və torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin qiymətləri müəyyən edilmişdir(cədvəl 1).

**Cədvəl 1. Lys-Gln-Pro-COO tripeptid molekulunun kiçikenerjili konformasiyasının stabilləşməsindəki enerji payları**

Şeyplər	Konformasiya	$E_{q.v.}$	$E_{e.st.}$	$E_{tors.}$	$E_{ümumi}$	$E_{nisbi}$
Ee	B <sub>12222</sub> B <sub>212</sub> B	-5.94	0.65	1.74	-4.85	0
	B <sub>12222</sub> B <sub>232</sub> B	-6.3	-0.3	2.41	-4.15	0.7
	B <sub>12222</sub> B <sub>221</sub> B	-4.85	-0.3	1.5	-3.63	1.22
	B <sub>22222</sub> B <sub>312</sub> B	-8.8	1.95	3.27	-3.58	1.25
	B <sub>12222</sub> B <sub>332</sub> B	-8.9	2.8	3.62	-2.54	2.31
	B <sub>32222</sub> B <sub>212</sub> B	-7.4	2.02	3.05	-2.30	2.55
	B <sub>32222</sub> B <sub>232</sub> B	-6.7	2.40	2.55	-1.74	3.14
fe	R <sub>32222</sub> B <sub>212</sub> B	-8.6	-0.01	3.95	-4.62	0.23
	R <sub>32222</sub> B <sub>221</sub> B	-8.18	-0.90	4.5	-4.11	0.74
	R <sub>22222</sub> B <sub>221</sub> B	-6.13	0.44	3.42	-3.16	1.7
	R <sub>12222</sub> B <sub>212</sub> B	-6.4	0.4	4.04	-1.94	2.9
	R <sub>22222</sub> B <sub>212</sub> B	-6.73	-1.1	5.27	-2.55	2.3

Cədvəldən görüldüyü kimi, ümumi enerjisi -4.85 kkal/mol konformasiya ən kiçik enerjili konformasiyadır. Belə konformasiyaya qlobal konformasiya adlanır. Global konformasiyanın stabilləşməsində rol oynayan 3 növ qarşılıqlı təsir enerjilərinin ümumi enerjiyə verdikləri paylar göstərilmişdir. Bu cədvəldən görüldüyü kimi, molekulun ümumi enerjisinin -5,94 kkal/mol miqdarı (enerji mənfə olduğu görə stabilləşdirici pay) qeyri valent (van-der-vaals) qarşılıqlı təsir hesabına, 0,65 kkal/mol miqdarı (destabilləşdirici pay) elektrostatik qarşılıqlı təsir hesabına, 1,74 kkal/mol miqdarı (destabilləşdirici) isə torsion qarşılıqlı təsir hesabına əldə edilmişdir. Lys-Gln-Pro tripeptidinin digər nisbətən kiçikenerjili 11 konformasiyanın stabilləşmədə hər 3 qarşılıqlı təsirin enerji payları da cədvəl 1-də verilmişdir. Həmin cədvəldən görüldüyü kimi, bütün konformasiyalarda torsion enerjinin qiymətləri müsbətdir. Bu o deməkdir ki, Lys-Gln-Pro-COO tripeptid molekulunun bütün stabil konformasiyalarında torsion qarşılıqlı təsir destabilləşdiricidir.

**Nəticələr:**

1. Lys-Gln-Pro-COO tripeptid molekulunun konformasiya analizi aparılmışdır.
2. Kiçikenerjili konformasiyasının stabilləşməsindəki qeyri-valent, elektrostatik və torsion qarşılıqlı təsirlərinin enerji payları təyin olunmuşdur.

**Ədəbiyyat:**

1. Loponen J. Angiotensin converting enzyme inhibitory peptides in Finnish cereals a database survey. Agricultural and Food Science, 2004, Vol 1, p.35-45

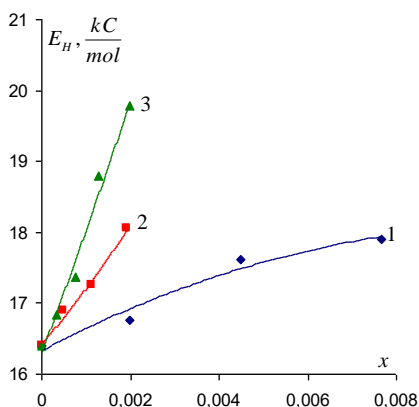
## PEQ-in SULU MƏHLULUNDA HİDROGEN RABİTƏSİNİN ENERJİSİNƏ PEQ-in MOLEKUL KÜTLƏSİNİN VƏ KONSENTRASIYASININ TƏSİRİ

**Paşayev B.G., Əliyev X.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*eliyev\_xeyal87@mail.ru*

Polietilenqlikol (PEQ) bir çox sənaye sahələrində (yeyinti sənayesində, kosmetologiyada, biotexnologiyada və s.) geniş istifadə olunan sintetik, xətti polimerdir [1, 2]. PEQ-in orta molekul kütləsinin 200 ilə on minlər arasında dəyişən müxtəlif fraksiyaları mövcuddur. PEQ-in bütün molekul kütləli fraksiyaları suda yaxşı həll olur [1]. Kiçik molekul kütləli PEQ-lər uçucu deyil və həm özləri, həm də sulu məhlulları yaxşı həlledici kimi istifadə edilə bilər. PEQ-in müxtəlif fraksiyaları zülalların çökdürülməsində, nuklein turşularının və polinukleotidlərin konformasiya dəyişmələrində, ikifazlı su-polimer sistemlərinin yaranmasında və s. istifadə olunurlar [3, 4, 5]. Odur ki, su-PEQ sistemlərinin tədqiqi müasir biofizikada, molekulyar fizikada çox önəmlidir. İşdə molekul kütlələri 1000, 4000 və 6000 olan PEQ-lərin sulu məhlullarının müxtəlif konsentrasiyalarda İQ-spektrləri çəkilmişdir. Məhlulların İQ-spektrində su molekullarının OH qruplarının valent rəqslərinin tezliyinə əsasən müxtəlif konsentrasiyalarda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi ( $E_H$ ) hesablanmışdır (şəkil 1). Şəkildən görüldüyü kimi, PEQ-in həm molekul kütləsinin, həm də konsentrasiyasının artması ilə məhluldakı su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi artır. Güman edirik ki, konsentrasiyasının artması ilə məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin artması PEQ-in suya strukturlaşdırıcı təsiri ilə əlaqədardır. Şəkildən görüldüyü kimi,  $E_H(\text{PEQ (1000)}) < E_H(\text{PEQ (4000)}) < E_H(\text{PEQ (6000)})$  olur. Bu isə onu göstərir ki, nisbətən daha böyük molekul kütləli PEQ suya daha çox strukturlaşdırıcı təsir edir.



**Şəkil 1.** Su-PEQ sistemlərində su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin konsentrasiyadan asılılığı. 1-PEQ (1000), 2-PEQ (4000), 3-PEQ (6000)

Ehtimal edirik ki, tədqiq olunan sistemlərdə PEQ molekullarının ətrafında hidrogen rabitəsi vasitəsilə su molekullarının (ilk növbədə sərbəst su molekulları) toplanması nəticəsində müəyyən ölçülü aqreqatlar əmələ gəlir. PEQ-in konsentrasiyasının artması ilə belə aqreqatların sayı artır, molekul kütləsinin artması ilə ölçüləri böyüyür, nəticədə məhlul daha strukturlaşmış hala keçir.

**Ədəbiyyat:**

1. Chen J., Spear S.K., Huddleston J.G., Rogers R.D. J. Green Chem., 2005, v. 7, p. 64-82.
2. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Журнал структурной химии, 2020, том 61, № 6, с. 932-939.
3. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Журнал физической химии, 2021, том 95, № 1, с. 57-62.

## **Ni<sup>2+</sup>-ИНДУЦИРУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КЛЕТОК *Chara gymnophylla***

**Сафарли У.Р., Мусаев Н.А., Магеррамов М.Г.**

*Бакинский Государственный Университет  
meluniss@gmail.com*

Биоэлектрические реакции плазматической мембраны *Chara gymnophylla* на введение в состав питательной среды Ni<sup>2+</sup> количественно и качественно оказались потенциалозависимыми. Так, биоэлектрические параметры клеток, мембранный потенциал ( $\phi_m$ ) которых находился в диапазоне активации K<sup>+</sup>-каналов внутреннего выпрямления (ККВВ) ( $|\phi_m| \geq 160$  мВ), на ступенчатое увеличение концентрации Ni<sup>2+</sup> в наружной среде с 10<sup>-7</sup> до 10<sup>-3</sup> М не реагировали. Изменение биоэлектрических параметров в присутствии Ni<sup>2+</sup> выявили у клеток, мембранный потенциал которых находился в диапазоне активации K<sup>+</sup>-каналов наружного выпрямления (ККНВ) ( $\phi_m \sim -90 \div -160$  мВ). Первичная гиперполяризация плазматической мембраны на 10-15 мВ при постоянстве мембранного сопротивления  $R_m$  у этих клеток происходила сразу после появления в составе питательной среды 10<sup>-7</sup> М NiCl<sub>2</sub>. При увеличении содержания Ni<sup>2+</sup> в среде до 10<sup>-6</sup> и 10<sup>-5</sup> М, у клеток, мембранный потенциал которых находился в диапазоне активации ККНВ, величина гиперполяризации плазмалеммы составляла 25-50 мВ. Гиперполяризация плазматической мембраны при этом сопровождалась увеличением мембранного сопротивления на 80-100% в течение 7-8 мин. Величина гиперполяризации и прироста мембранного сопротивления оказались зависимыми от концентрации Ni<sup>2+</sup> в диапазоне 10<sup>-7</sup>-10<sup>-5</sup> М. На фоне возрастающей концентрации Ni<sup>2+</sup> в среде, в диапазоне 10<sup>-7</sup>-10<sup>-5</sup> М,  $\phi_m$ ,  $R_m$  возрастали монотонно и доходили до насыщения при 10<sup>-5</sup> М NiCl<sub>2</sub> в среде.

В одной серии опытов, увеличивали «K<sup>+</sup>-нагрузку» путем 10-кратного увеличения концентрации K<sup>+</sup> во внешней среде. При этом индуцированные катионами Ni<sup>2+</sup> изменения  $\phi_m$ ,  $R_m$  устранились полностью.  $\phi_m$ ,  $R_m$  устанавливались на уровнях, совпадающих с их уровнями при стандартных условиях среды. Но, при этом мембранный потенциал на фоне 10<sup>-5</sup> М NiCl<sub>2</sub> + 10<sup>-2</sup> М KCl намного превышал K<sup>+</sup>-равновесный потенциал клеток, вычисляемый по уравнению Нернста. При введении в среду X-A 10<sup>-4</sup> М Ni<sup>2+</sup> не обнаружили лишь смещение вольт-амперной характеристики и изменение её наклона, соответственно изменениям мембранного сопротивления. Однако, при  $|\phi_m| > 250$  мВ и  $|\phi_m| < 60$  мВ появились нелинейные участки вольт-амперных характеристик плазматической мембраны. В диапазоне активации ККНВ вольт-амперная характеристика стремилась к асимптоте  $j = 0,476 + 7,516\phi_m$ , а в диапазоне активации ККВВ к

асимптоту  $j = 5,633 + 20,38\phi_m$ , где  $j$  измеряется в единицах  $A/m^2$  а  $\phi_m$  – в В (вольтах). При этом увеличение проводимости плазматической мембраны составляло: в диапазоне ККНВ в 6,6 раза, а в диапазоне активации ККВВ более, чем в 10 раз. Вольт-амперная характеристика наклонялась к оси токов. Таким образом, проведенные исследования биоэлектрических реакций плазматической мембраны клеток *Chara guthnophylla* показали, что  $Ni^{2+}$  в малых концентрациях может применяться как блокатор  $K^+$ -каналов. Блокирующий эффект катиона может сопровождаться усилением электрогенной активности  $H^+$ -насосов плазматической мембраны.

## PENTAPEPTİD MOLEKULUN FƏZA QURULUŞUNUN TƏDQIQI

**Əhmədova A.R., Abbasova G.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aysune303@gmail.com*

Təbii peptid molekulları yüksək spesifikliyi, kiçik konsentrasiyalarda belə təsir göstərmək qabiliyyətinə malikdirlər. Bu xassə liqand və ona uyğun reseptorun mütəhərrik konformasiyaları ilə təyin olunur. Qarşılıqlı təsirdə olan molekulların sferik cəhətdən uyğunluğu fəza quruluşunun spesifikliyi ilə, peptid molekulunun dinamik konformasiyalarının xassələri izah olunur. Peptid molekulunun kimyəvi quruluşu və konformasiya xassələri arasında asılılıqlar təyin olunmuşdur ki, bu da peptid molekulunun funksiyalarını öyrənmək üçün zəruridir. Verilmiş işdə tədqiq edilmiş peptid fraqmenti lazımi peptidlərdəndir.

Tyr-Ala-Gly-Ala-Val pentapeptid fraqmentin hesablamaları göstərir ki, əsas zəncirin forma və şeypləri arasında güclü energetik differensasiya baş verir. 0-5 kkal/mol enerji intervalına pentapeptid fraqmentin əsas zəncirinin 13 şeypinin 32 forması düşür. Pentapeptid fraqmentin əsas zəncirinin  $\varphi, \Psi, \omega$  yan zəncirlərin xikiüzlü bucaqlarının qiymətləri beş optimal konformasiyalar üçün hesablanmışdır. Eyni zamanda, beş konformasiya üçün daxili və qalıqlararası qarşılıqlı təsir enerjilərinin qiymətləri də təyin edilmişdir. Tyr-Ala-Gly-Ala-Val molekulunun qlobal konformasiyası eeff şeypinin B<sub>2</sub>RPRR<sub>2</sub> forması olmuşdur. Bu konformasiyanın aşağıdakı qarşılıqlı təsirləri ümumi enerjiyə müəyyən pay verirlər: Tyr1 – Ala2 – 2,3 kkal/mol, Tyr1- Gly3 – 2,7 kkal/mol, Ala2-Ala4 – 1,5 kkal/mol, Ala2-Val5 – 2,4 kkal/mol, Ala4- Val5 – 1,6 kkal/mol. Bu qarşılıqlı təsirlər məhz həmin konformasiyanı sabitləşdirir. eeff şeypi əsas zəncirin dörd aşağıenerjili formasından ibarətdir. Digər aşağıenerjili konformasiya 3,0 – 4,5 kkal/mol enerji intervalında dəyişir. f f f şeypinin B<sub>2</sub>LPRR<sub>2</sub> konformasiyasının nisbi enerjisi qlobal konformasiyanın enerjisindən 1,0 kkal/mol qədər yüksəkdir. Bu konformasiyada Tyr1 – Ala2 qarşılıqlı təsir ümumi enerjiyə -2,1 kkal/mol, Tyr1-Gly3 qarşılıqlı təsir -1,6 kkal/mol, Tyr 1 – Ala 4 – 1,9 kkal/mol, Tyr1-Val 5 – 2,5 kkal/mol, Ala2-Val 5 – 1,2 kkal/mol, Ala4-Val 5 – 1,5 kkal/mol qədər enerji verərək bu konformasiyanı sabitləşdirir. f f f şeypinin digər iki aşağıenerjili konformasiyaları daha yüksək enerjiyə - 4,3 və 4,4 kkal/mol qədər enerjiyə malikdirlər.

Tyr-Ala-Gly-Ala-Val amin turşu qalıqları ardıcılığı özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir. Bu fraqment yan zəncirə malik olmayan qlisindən, kiçik yan zəncirə malik olan alaninlərdən ibarətdir. Ardıcılığa daxil olan valinin isə yan zənciri kifayət qədər həcmliyə. Bu amin turşu qalıqlarının bu və ya digər konformasiya verdiyi pay çox böyük deyil.

### **Ədəbiyyat:**

1. Аббасова Г.Д., Ахмедов Н.А. Пространственная структура молекулы Н-Тир-Ала-Гли-Вал-Вал-Асп-Асп-Лей-ОН // Fizikanın aktual problemləri, Bakı Dövlət Universitetinin fizika fakültəsi, I Respublika elmi konfransı, Bakı, 2000, s.206-207.



2. Abbasova D., Akhmedov N.A., Abbasly R.M.// Structural Organization of the Subunit 2 C-Terminal Region of Ribonucleotide Reductase from the Herpes Virus and Its Analogs, Russian Journal of Bioorganic Chemistry, vol.24., no,8,2000, p.586-592.
3. Abbasova G.D., Ahmadov N.A., Khalilov R.I.// Structural and functional organization of subunit 2 C-terminal region of herpes virus ribonucleotide reductase, Eastern Medical Journal, 2000, vol.3, N3,4, p.24-28.

## **SU-PEQ-LiOH SİSTEMLƏRİNDƏ PEQ MAKROMOLEKULUNUN KONFORMASIYASINA LiOH-İN TƏSİRİ**

**Paşayev B.G., Mahmudova L.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*lila1\_99@mail.ru*

Bioloji əhəmiyyətli polimerlərin makromolekullarının konformasiyasının və ölçülərinin su mühitində öyrənilməsi maraqlı və vacib məsələlərdəndir. Belə polimerlərdən biri də polietilenqlikoldur (PEQ). PEQ orqanizmin immun sisteminə mənfi təsir göstərmədiyindən, toksik xüsusiyyətlərə malik olmadığından və bədəndən sürətlə təmizləndiyindən təbabətdə, farmakologiyada, yeyinti sənayesində və s. geniş istifadə olunur [1]. PEQ suda həll olduqda, PEQ makromolekulları ilə su molekulları arasında yaranan qarşılıqlı təsir hesabına həm suyun strukturu, həm də makromolekulun konformasiyası dəyişir. Ədəbiyyatda müxtəlif fraksiyalı PEQ-in sulu məhlulunun tədqiqinə dair kifayət qədər işlər var [1, 2, 3]. Lakin, PEQ makromolekulunun konformasiyasına LiOH-ın təsiri araşdırılmayıb.

Məqsədimiz su-PEQ-LiOH sistemlərində PEQ makromolekulunun konformasiyasını müəyyənləşdirmək və makromolekulun konformasiyasına LiOH-ın təsirini araşdırmaq olmuşdur. Bu məqsədlə su-PEQ-LiOH sistemlərinin 20°C temperaturda, LiOH-ın 0-0.05 molyar hissə, PEQ-in 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlülüyü ölçülmüşdür. PEQ-in molekul kütləsi 1000, 1500, 3000, 4000 və 6000 olan fraksiyaları götürülmüşdür. Təcrübi qiymətlər əsasında 20°C temperatur və baxılan konsentrasiyalar intervalında tədqiq olunan məhlullar üçün Mark-Kun-Hauvinq düsturuna daxil olan  $\alpha$  parametri və məhlulda Kun seqmentinin uzunluğu ( $A$ ) hesablanmışdır, həmçinin bu kəmiyyətlərin LiOH-ın konsentrasiyasından ( $x$ ) asılılıqları təhlil olunmuşdur.

Müəyyən olumuşdur ki, su-PEQ-LiOH sistemlərində 20°C temperaturda və LiOH-ın baxdığımız konsentrasiyalarında  $\alpha$  parametri (0.55-0.75) intervalında qiymətlər alır və LiOH-ın konsentrasiyasının artması ilə qismən azalır, həmçinin həyacanlanmış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, məhlulda LiOH-ın konsentrasiyasının artması ilə azalır.  $\alpha$  parametrinin qiymətlərinə əsasən deyə bilərik ki, PEQ makromolekulu su-LiOH mühitində (yaxşı həlledicidə) ətrafdakı mayenin nüfuz edə bildiyi mütəhərrik zəncirli şişmiş yumaq formasındadır və məhlulda LiOH-ın konsentrasiyasının artması ilə, az da olsa bu makromolekulyar yumaq yığılır. PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə məhlulda PEQ makromolekulunun polyarlığı artır və daha çox su molekulu ilə hidrogen rabitəsi əmələ gətirir, nəticədə su və PEQ molekulları arasındakı qarşılıqlı təsir güclənir. Ehtimal edirik ki, bu səbəbdən su-LiOH sistemində molekul kütləsinin artması ilə  $A$  artır. Su-PEQ sistemində LiOH əlavə etdikdə yaranan  $\text{Li}^+$  və  $\text{OH}^-$  ionları hidratlaşır, PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi azalır, ölçüləri kiçilir və polyarlığı azalır, nəticədə su və PEQ molekulları

arasındakı qarşılıqlı təsirlər zəifləyir. Güman edirik ki, bu səbəbdən su-PEQ-LiOH sistemlərində LiOH-ın konsentrasiyasının artması ilə PEQ makromolekulunun mütəhərrikiyi artır, yəni A azalır.

**Ədəbiyyat:**

1. Chen J., Spear S.K., Huddleston J.G., Rogers R.D. J. Green Chem., 2005, v. 7, p. 64-82.
2. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Журнал физической химии, 2020, том 94, № 12, с. 1909-1915.
3. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Журнал физической химии, 2021, том 95, № 1, с. 57-62.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КЛЕТОЧНОЙ ОБОЛОЧКИ И ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КЛЕТОК *CHARA FRAGILIS* В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Мусаев Н.А., Гасанова А.Э., Наджафалиева Ш.А.

Бакинский Государственный Университет  
nagi.musayev@hotmail.com

Благодаря применению харовых водорослей в качестве объекта исследований установлены электрохимические параметры транспортной системы плазматической мембраны, в том числе  $H^+$ -насосов,  $K^+$ -каналов, аквапорины, элементы системы вторичного активного транспорта. В этом аспекте привлечение новых объектов с новыми кинетическими характеристиками исследований могло бы стимулировать решение ряда проблем. С этой целью нами обнаружено растение *Chara fragilis*, в небольшом водоёме Товузского района “Катиб булагы”. Семейства, вид и класс растения установили по определителю пресноводных водорослей СССР. Минеральный состав воды “Катиб булагы”, с помощью спектрофотометра AAS 1N (Германия), соответствовал минеральному составу искусственной прудовой воды (ИПВ). В качестве электрофизиологических параметров клеток *Chara fragilis*, в стандартных условиях среды, нами были измерены мембранный потенциал  $\varphi_M$  и мембранное сопротивление  $R_M$  плазматической мембраны, потенциал  $\varphi_0$  и сопротивление  $R_0$  клеточной оболочки.

Была установлена эмпирическая зависимость распределения  $\varphi_M$  по числам клеток. Полученная теоретическая зависимость показала, что распределение  $\varphi_M$  по числам клеток, уровнем значимости 5% следует отнести нормальному распределению.

Аналогичные вычисления проведены также для мембранного сопротивления плазматической мембраны. Удельное сопротивление плазматической мембраны  $R_M$  варьировало в пределах  $1,0 - 32,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ . Среднее значение  $R_M$  составляло  $9 \pm 1,2 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$  (число клеток 49). Распределение эмпирических и теоретических частот мембранного сопротивления плазматической мембраны *Chara fragilis* резко различалось между собой. Идентичная ситуация выявлена для клеток другого вида харовых *Chara guthnophylla*.

Нами проведено одновременное измерение сопротивления  $R_0$  и потенциала  $\varphi_0$  клеточной оболочки. Средние значения сопротивления и потенциала клеточной оболочки составляли  $3,8 \pm 0,7 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$  и  $-30 \pm 2,5 \text{ мВ}$  (число клеток 14). Для клеток *Chara fragilis* были характерны довольно высокая электрогенная активность, достигавшаяся не редко  $-300 \text{ мВ}$ . Зависимость электрофизиологических параметров клеток *Chara fragilis* от внешней концентрации ионов  $K^+$  определялась уровнем  $\varphi_M$  в ИПВ. Для клеток с  $\varphi_M \sim -250 \text{ мВ}$  мы наблюдали слабую зависимость

параметров  $\varphi_M$ ,  $R_M$  от внешней концентрации  $K^+$ . Плазматическая мембрана клеток с  $\varphi_M \sim -170$  мВ на увеличение внешней концентрации  $K^+$  реагировали как  $K^+$ - электрод. Добавление  $10^{-3}$  ванадата в стандартную среду у клеток с исходным  $\varphi_M = -250$  мВ вызывало деполяризацию плазматической мембраны на 170 – 180 мВ. Это свидетельствует о значительном вкладе  $H^+$ - насосов в электрогенную активность плазматической мембраны клеток *Chara fragilis*.

Клетки *Chara fragilis* могут выступить новым объектом исследования для: установления мембранных механизмов переноса веществ, скрининга механизмов мембранотропных действий физиологически активных веществ, в том числе экологических факторов, ксенобиотиков, наночастиц, радиопротекторов, фармакологических факторов.

## THE INVESTIGATION OF GLU-LYS DIPEPTIDE BY QUANTUM CHEMICAL METHOD

**Rahimzade S.G.**

*Institute for Physical Problems, Baku State University  
sarahimzada@bsu.edu.az*

The present study of the biologically active dipeptide has been performed using computer modeling methods. The conformational behavior of this molecule has been investigated by molecular mechanics using version of ECEPP (Empirical Conformational Energy Program for Peptides). At the next level, the electronic structure of the optimal conformation of the dipeptide was specified using the HyperChem 8.03 software package by PM3 semi-empirical quantum chemical method developed for the calculation of the electronic structures of biopolymers.

As a result, it has been determined that the conformations with folded form of backbone are energetically possible for this molecule. It was found that in the most stable structure of this dipeptide the hydrogen bonds between the hydrogen atom of the amide group of Lys backbone and the oxygen atoms of the C-terminal carboxyl group are formed. Such parameters as the electron energy, HOMO and LUMO energies, energy gap, electric dipole moment, atomic charges, electron density distribution were calculated for this peptide molecule. It was revealed that the computed physical quantities are at the ground state geometry for this structure.

### The electronic characteristics of the most stable structure of Glu-Lys

Electronic parameters of the molecule	Folded structure
Total energy, kcal/mol	-82531.014
Binding energy, kcal/mol	-3717.395
Isolated atomic energy, kcal/mol	-78813.620
Electronic energy, kcal/mol	-583822.899
Core-Core interaction energy, kcal/mol	501291.884
Heat of formation, kcal/mol	-106.668
Dipole moment, debyes (D)	10.827
HOMO (eV)	-7.534
LUMO (eV)	-1.698
Energy gap (eV)	-5.836

#### References:

1. Tishkov S.V., Blynskaya E.V., Alekseev K.V. & Bueva V.V. Use of Two-Factor Dispersion Analysis for Studying the Pharmaceutical and Technological Properties of Tablets of GK-2-bis-(N-Monosuccinyl-L-Glutamyl-L-Lysine) Hexamethyleneamide, Dispersed in the Oral CavityPharmaceutical Chemistry Journal volume 55, pages 1096–1102 (2022)

2. Godjajev N.M., Maksumov I.S., Ismailova L.I., Program of semiempirical calculations of conformations of molecular complexes, *Zh.strukt.khim*, 4(1983) 147-148 (in Russian)
3. Allinger, N.L., Yuh, Y.(1982) QCPE 395, *Quantum chemistry program exchange*, Indiana Univ., Indiana

## BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI

### **$CuIn_5S_8$ KRİSTALININ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ VƏ HOLL YÜRÜKLÜYÜ**

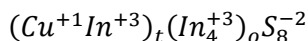
**Balayeva L.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*blamiye99@gmail.com*

n-tipli  $CuIn_5S_8$  monokristallarının elektrik müqaviməti və Holl əmsalı 80 K - 500 K temperatur diapazonunda ölçülmüşdür. 0 K-də qadağan olunmuş zonanın eninin 1,4 eV olduğu müəyyən edilmişdir. 0,017 eV və keçirici zonadan aşağıda 0,09 eV-da donor səviyyələri müəyyən edilmişdir. Yürüklük akustik, optik fononlardan və ionlaşmış aşqarlardan səpilmə ilə izah olunur.

Üçqat kristal olan  $CuIn_5S_8$  – in elektrik, optik və struktur xüsusiyyətləri fotovoltaiq tətbiq üçün tədqiq edilmişdir. Kubik qəfəs quruluşuna malikdir və qəfəs sabiti  $a = 10,685$  Å-dır. O, valentliyi pozulmuş nizamsız spinel quruluşa malikdir və ümumi düsturla aşağıdakı kimi yazıla bilər:



$CuIn_5S_8$  kristalının qadağan olunmuş zonasının eninin 300 K - də təxminən 1.3 eV olduğu müəyyən edilmişdir. Bu işin məqsədi kristalda lokal səviyyələrin enerjisi ilə qadağan olunmuş zolağın eni haqqında ümumi məlumat əldə etmək üçün  $CuIn_5S_8$  kristalının elektrik xassələrini öyrənməkdir.

Qeyd edək ki,  $CuIn_5S_8$  monokristal tərkibə uyğun maddələrin ampulaya yerləşdirilərək əridilməsi yolu ilə alınmışdır.

Təcrübə otaq temperaturunda  $CuIn_5S_8$  kristalının elektrik müqaviməti  $\rho$  və Holl əmsalı  $R_x$  qiymətlərinin monokristalın müxtəlif hissələrindən kəsilmiş müxtəlif nümunələrdə müvafiq olaraq  $10^{-3} - 10^4 \text{ } \Omega\text{m}^{-1}\text{cm}^{-1}$  və  $10^{-1} - 10^6 \text{ cm}^3/\text{C}$  intervalında dəyişdiyini göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, monokristal nümunənin alındığı ərintilərdə kükürdün miqdarının artması ilə elektrik müqaviməti və Holl əmsalının qiyməti artmışdır. Qeyd edək ki,  $R_H$  sabiti bütün nümunələr üçün mənfidir. Monokristaldan hazırlanmış nümunələr üçün Holl ayrılərindən donor səviyyələrinin aktivləşmə enerjiləri müvafiq olaraq 0.017 eV və 0.09 eV olaraq müəyyən edilmişdir. 0.017 eV qiyməti hidrogen modeli üçün Holl ölçülmələrindən müəyyən edilmiş effektiv kütlə ( $m^* = 0.20$ ) dəyərindən və tutumun ölçülməsi ilə müəyyən edilmiş statik nisbi dielektrik sabiti ( $\epsilon = 14.3$ ) dəyərindən istifadə etməklə hesablanmış qiymətə yaxındır.



$$E_D - 13.6 \frac{m^*}{\epsilon_s^2} \cong 0.013 \text{ eV}$$

$CuIn_5S_8$  monokristalında stexiometriyadan kənarlaşma dərəcəsi ilə elektrik müqavimətinin və Holl əmsalının geniş dəyişmələri müşahidə edilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Shoji Kitamura, Saburo Endo, Taizo Irie. Semiconducting properties of  $CuIn_5S_8$  single crystals 1. Electrical properties Tokyo, 1985.
2. Journal of physics and chemistry of solids. Cild 46, Sayı 8, 1985, Səhifə 881-885

## MAYE METAL İON MƏNBƏLƏRİ

Əkbərov E.M., Qurbanov İ.İ., Bədəlov A.Ə.,  
Məmmədov F.E. Məhərrəmovə G.T.

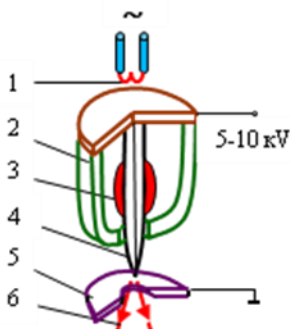
AMEA Fizika İnstitutu  
elchin240@hotmail.com

Hazırda ion şüası vasitəsilə səth emalı prosesləri demək olar ki, yalnız maye metal ion mənbələri vasitəsilə aparılır. Son qırx il ərzində bu sahədəki davamlı tədqiqatlar nəticəsində dövrü cədvəl elementlərinin yarısına qədəri ion şüası texnologiyasında istifadə edilmişdir. Əlavə olaraq nəzərə alsaq ki, istifadə olunan ion növləri, yaranan kiçikölçülü strukturların fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə, xüsusən də elektrik, optik, maqnit və mexaniki xüsusiyyətlərə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir, uyğun bir seçim edərək tənzimləmə bilən böyük bir potensial tətbiq sahəsinin yarandığını görürük. Maye metal ion mənbələrinin əsas xüsusiyyətləri onların uzunömürlülüyü, yüksək parlaqlığı və sabit ion cərəyanına malik olmasıdır. Bu səbəbdən də bu tipli ion mənbələri vasitəsilə ionların və nanozərrəciklərin alınması aktual istiqamətdir [1].

Maye metal ion mənbələrinin əsas elementi iynələrdir. İynələr mexaniki və elektrokimyəvi üsullarla hazırlanır ki, bu da onlar arasında bir sıra fərqli və üstün cəhətlərinə yaranmasına səbəb olur. Emissiya hadisəsinin baş vermə gərginliyinin və iynənin uzunömürlüyünün hazırlanan iynənin itiliyindən və materialından bilavasitə asılı olduğu nəzərə alınaraq təcrübələr zamanı əsasən volfram, nikel, nikel-xrom iynələrdən istifadə olunmuşdur. Eyni zamanda işçi maddələrin müxtəlif materiallardan hazırlanmış iynələri islatma şəraitləri müəyyən edilmişdir [2].

Təcrübələr zamanı mənbənin volt-ampər xarakteristikası, nanozərrəciklərin alınma cərəyanı və onların ölçüləri müəyyən edilmişdir.

İon mənbəyinin quruluşu aşağıdakı şəkildəki kimidir:



Şəkil 1. Maye metal ion mənbəyinin quruluşu:

1 – katod, 2 – konteyner, 3 – işçi maddə, 4 – iynə, 5 – ekstraktor, 6 – ion dəstəsi.

Şəkildə göstərilən keçirici maye emitterdə bir çox fiziki hadisələr baş verir: iynənin səthi əvvəlcədən xüsusi şəraitdə işçi maddə ilə isladılır, qrafit buta formasında hazırlanmış konteynerin içinə yerləşdirilmiş iynə və əlavə olaraq qoyulmuş işçi maddə elektron bombardmanı vasitəsilə qızdırılır və iynədə maye zirvəyə doğru axır, yüksək elektrik sahəsinin təsiri altında mayenin səthi deformasiya olunur, həddindən artıq kiçik oblastda ionların generasiyası baş verir. Burada ionların emissiyası yüksək elektrik sahəsinin təsiri altında maye kondensə fazadan aparılır.

**Ədəbiyyat:**

1. Səth quruluşlarının yaradılması üçün nanodamcıların çökdürülməsi / Həsənov İ.S., Qurbanov İ.İ., Əkbərov E.M. // "Metallurgiya və Materialşünaslığın Problemləri" Mövzusunda 2-ci Beynəlxalq Elmi-Texniki Konfrans, Bakı, -2017. -p. 141-143.
2. Losses of ion energy in the multicomponent beam / I.S.Gasanov, I.I.Gurbanov, E.M. Akbarov // The European Physical Journal D 69,75, -2015. –p.1-3.

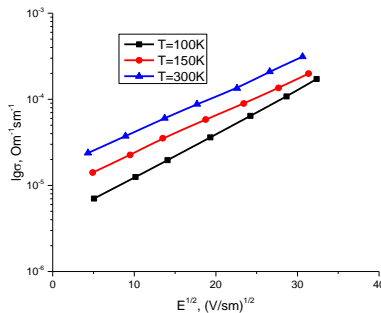
## CuTlS<sub>2</sub> MONOKRİSTALINDA QAMMA ŞÜALANMANIN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Mədətov R.S., Məmişova R.M., İsayeva G.İ.

AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu, B.Vahabzadə 9 Az 1143, Bakı  
günay.isayeva.1998@mail.ru

Üçlü və daha mürəkkəb mis xalkogenidlər əsasında yeni yüksək məhsuldar materialların layihələndirilməsi üçün bu cür fazaların tərkibi, kristal quruluşu və fiziki xassələri arasındakı əlaqənin qələvi və tallium ilə tədqiqi elmi və praktik əhəmiyyət kəsb edir [1]. Bu materiallar lazerlərin, işıq modulyatorlarının, fotodetektorların və onların əsasında maqnit sahəsi ilə idarə olunan digər opto-, mikro-və nanoelektronik cihazların yaradılmasında praktiki tətbiq tapa bilər. Belə materiallara CuTlS(Se) tipli üçlü birləşmələr də daxildir. CuTlS<sub>2</sub> bir kristallı mis-tallium xalkogenidləri qrupuna aiddir və TlCu<sub>2n</sub>X<sub>n+1</sub> (x =S, Se) formulalı birləşmələr qrupuna daxildir. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə bu kristallarda defekt yaranma mexanizminin öyrənilməsi darzolaqlı yarımkəçiricilərdə cərəyanın keçmə xüsusiyyətlərini aydınlaşdırmağa imkan verir [2].

Tədqiq edilən p-CuTlS<sub>2</sub> birləşməsi yüksək temperatur qradientində Bricmen-Stokbarger üsulu ilə böyüdülmüşdür. Alınmış monokristalın diametri 1sm, uzunluğu 8 sm və xüsusi müqaviməti ~40 Om·sm tərtibində olmuşdur. Rentgen-analiz metodu ilə alınmış nümunənin quruluşu və qəfəs parametrləri a=3.907; c=8,152 A<sup>0</sup>; z=2 hesablanmış, birləşmənin tetroqonal sinqoniyada kristallaşdığı müəyyən edilmişdir. Tədqiq olunan nümunənin ölçüsü 2x0,5x6 mm-dir. Ölçmələr B7-30 universal amper -voltmetrində 0-20V (E ~10-10<sup>4</sup> V/sm) gərginlikdə və 100-300 K temperatur intervalında aparılmışdır. γ-kvantlarla şüalanma Co<sup>60</sup>-qurğusunda aparılmış və şüalanma gücü ~ 40 Vt/san olmuşdur. CuTlS kristallarında γ-kvantların təsiri ilə yaranan defektlərin ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsiri ilə kristallik qəfəsdə defektlərin yenidən paylanması səbəbindən müşahidə olunur. Defekt halının dəyişməsi elektron mikroskopunda araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, aşağı dozalarda şüalanma zamanı (500 krad) defektlərin nizamlanması (b), yüksək dozalarda isə (5 Mrad) lokal irimiqyashı defekt toplusu yaranır(şəkil 1).



Şəkil 1. CuTlS<sub>2</sub> kristalında müxtəlif temperaturalarda elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsindən asılılığı

Bu fakt isə, kristalda sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalmasına və VAX-da aşağı temperaturlarda ( $T < 300$  K) omik oblastdan kvadratik oblasta keçid gərginliyinin artmasına səbəb olur.

**Ədəbiyyat:**

1. ZiyaS.Aliev, Yury M.Koroteev, TomaszBreczewski, Nizamaddin B.Babanly and others, Insight on a novel layered semiconductors: CuTIS and CuTISE, Journal of Solid State Chemistry, Vol.242, Part 1, October 2016, pp. 1-7.
2. Абасова А.З., Мадатов Р.С., Стафеев В.И. Радиационно- стимулированные процессы в халькогенидных структурах. Баку:. ЭЛМ, 2010, 349 с.(13)
3. Madatov R S, Mamishova R M, Baylarov G B 2021 Applied Physics A 127:364

## ŞOTTKI DİODUNUN ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏ GƏRGİNLİYİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI

**Məmmədov R.O., Aslanova Ə.R., Əlizadə L.E.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

*rasimaz1950@gmail.com*

Real Şottki diodlarında (ŞD) VAX iki çəpərli energetik qurluşla təsvir olunur. Ni-GaN ŞD-də yaranan əlavə elektrik sahə gərginliyi temperatur 160 K-yə qədər azaldıqda 150 mV-yə qədər artır, 400 K-yə qədər yüksəldikdə isə praktiki olaraq nəzərə çarpmır.

Real Şottki diodları (ŞD) kontakt səthinin məhdudluğu hesabına yaranan əlavə elektrik sahəsinin (ƏES) təsiri hesabına iki çəpərli energetik qurluşla xarakterizə olunur və onlarda cərəyan axını termoelektron emissiya mexanizmi ilə baş verir. Kontakt səthinin kənar hissəsinin potensial çəpərinin maksimum hündürlüyü ƏES-nin təsiri ilə sərbəst yükdaşıyıcıların paylanması nəticəsində formalaşır.

Potensial çəpərlərinin hündürlüyü ( $\Phi_B$ ), ideallıq əmsalı ( $n$ ), ƏES gərginliyi ( $U_C$ ) olan ŞD-nun düz istiqamətdə VAX iki hissədən – kontakt səthinin daxili və kənar hissələrindən keçən  $I_{F1}$  və  $I_{F2}$  cərəyanların cəmindən ibarət olub, aşağıdakı düsturla ifadə olunur[1]:  $0 < U \leq -U_C$  olduqda,

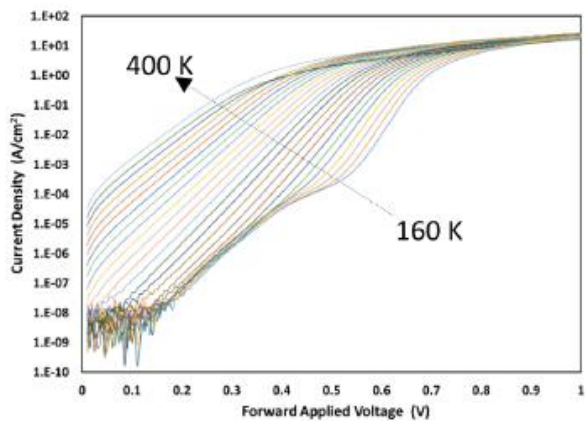
$$I_F = I_{F1} + I_{F2} = S_1 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1}}{\kappa T}\right) \left[ \exp\left(\frac{qU}{n_{11} \kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{12} \kappa T}\right) \right] + S_2 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2}}{\kappa T}\right) \left[ \exp\left(\frac{-n_{21} q U_C + qU}{n_{21} \kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{22} \kappa T}\right) \right] \quad (1)$$

(1) ifadəsindən görünür ki, xarici gərginlik  $U < -U_C$  olduqda kontaktın  $S_2$  sahəli kənar hissəsindən əks istiqamətdə cərəyan axar və  $U = -U_C$  olduqda sıfır olar. ( $U > -U_C$ ) olduqda isə kontaktın iki hissəsindən də ( $S_1, S_2$ ) cərəyan axar və kontakt səthinin ümumi sahəsi  $S$  olan kontakt potensial çəpərin  $\Phi_{BA}$  effektiv hündürlüyü,  $n$  ideallıq əmsalı və  $n'$  adsız kəmiyyət ilə xarakterizə olunur və VAX aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$I_F = S A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{BA}}{\kappa T}\right) \left[ \exp\left(\frac{qU}{n \kappa T}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n' \kappa T}\right) \right] \quad (2)$$

Ni-nGaN əsaslı ŞD-nin düz və əks istiqamətlərdə 160 – 400K intervalında biri-birindən 10 K fərqli temperaturalarda ölçülmüş [2] VAX-ları aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

Şəkildə (1)-(3) ifadələrini aydın əks etdirir. Otaq temperaturunda potensial çəpərin hündürlüyü 0,862 eV və ideallıq əmsalı 1,063 olan ŞD – də ƏES gərginliyinin təsiri zəif olur. Temperatur 160 K-yə qədər azaldıqda çəpərin hündürlüyü 0,439 eV –a qədər və  $n$  əmsalı 1,03 qədər azalır,  $U_C$  isə artaraq 150 mV olur.



**Ədəbiyyat:**

1. Mamedov R.K., Aslanova A.R. Superlattices and Microstructures, 2019,v.136, p.106297.
2. Ali Hajjiah a, Asmaa Alkhabbaz, The effect of temperature on the forward bias electrical characteristics of both pure Ni and oxidized Ni/Au Schottky contacts on n-type GaN: A case study, Results in Physics 19 (2020) 103656

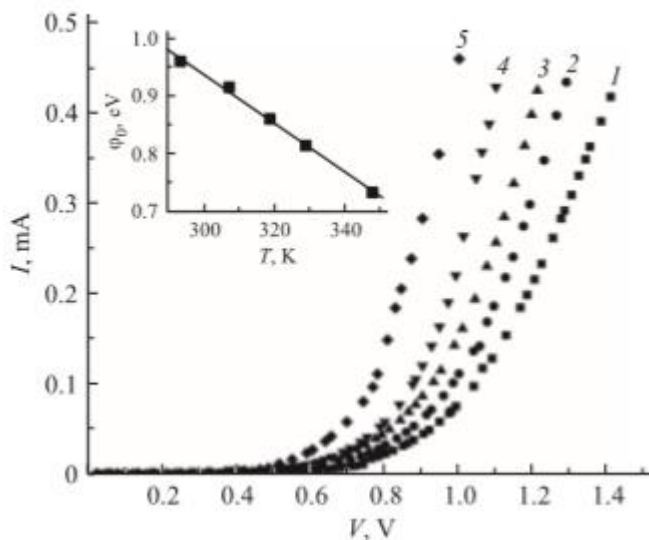
## Si-SiO<sub>2</sub>-CdS HETEROKEÇİDİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİ

Məmmədova Z.V., Cahangirova S.Ə.

Bakı Dövlət Universiteti

memmedovazohre1@gmail.com, sona\_aliqizi@mail.ru

Hazırda CdS/Si(p) heterostrukturlarından fotoelektrik çeviricilər kimi günəş enerjisində geniş istifadə olunur. Gücün kütləyə nisbətinin aşağı qiymət alması baxımından, heterostruktur günəş elementləri ənənəvi adi p-n keçidə əsaslanan silisium günəş elementlərilə uğurla rəqabət aparır. Eyni zamanda, heterokeçiddə defektlərin olması heterostrukturların elektrofiziki xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Defektlərin yaranma səbəbi təmasda olan yarımkeçiricilərin kristal qəfəslərinin parametrləri, onların istilik genişlənmə əmsallarındakı fərq, prosesə daxil olan kimyəvi aşqarlar arasındakı uyğunsuzluqdur. Heterostrukturun hazırlanması zamanı keçid sərhədində bu halda yük daşıyıcılarının rekombinasiya mərkəzləri olan və enerji səviyyəsinə malik səth halları yaranır.



Şəkil 1. CdS/p-Si heterokeçidinin volt-ampere xarakteristikası

Kimyəvi çökdürmə üsulu ilə (sulu məhlullardan) məsaməli-Si təbəqəsinin səthində CdS filmi əmələ gəlmişdir. Kadmium ionlarının mənbəyi kimi 0,44 M konsentrasiyası olan CdCl<sub>2</sub> məhlulu istifadə edilmişdir. Kükürd ionlarının mənbəyi kimi 0,22 M konsentrasiyası olan N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>CS (tiokarbamid) məhlulu istifadə edilmişdir. Kompleksləşdirici agent konsratlı sulu N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH (ammonyak) məhlulu kimi istifadə edilmişdir. Əvvəlcə çöküntü tamamilə həll olunana qədər CdCl<sub>2</sub>-yə ammonyak məhlulu əlavə edildi, sonra eyni həcmdə



sulu tiokarbamid məhlulu əlavə edildi. Məhlulun temperaturu  $90^{\circ}\text{C}$ -ə çatdırıldı.  $\text{SiO}_2$  təbəqəsi olan olan və təmiz Si altlıqları məhlul içərisinə batırıldı və 20 dəqiqə ərzində bir CdS təbəqəsi yetişdirildi. p-Si-nin arxa tərəfindəki CdS təbəqəsi 30%-li HCl məhlulu ilə tamamilə təmizlənmişdir. Nümunələr distillə edilmiş su ilə yuyulur və sobada qurudulur. Bütün nümunələr üçün CdS təbəqələrinin qalınlığı  $0,8 \pm 0,1\text{mm}$  idi. Elektrik ölçmələri üçün nümunənin əks səthlərində indiumun lehimlənməsi ilə p-Si altlığına və CdS təbəqəsinə omik kontaktlar yaradıldı. Alınmış heteroqəçidlərin VAX və tutum xarakteristikaları tədqiq olundu.

Müəyyən olunmuşdur ki, passivləşdirici  $\text{SiO}_2$  təbəqəsinin formalaşması CdS/p-Si heteroqəçidinin volt-ampere xarakteristikasını yaxşılaşdırır. Tədqiqatlar göstərir ki, əksinə gərginliklərdə xarakteristika  $\text{SiO}_2$ /p-Si keçid sərhəddində səth hallarının dolub boşalması ilə bağlıdır. Bu əlaqəni əksinə cərəyanın temperatur asılılığı təsdiq edir. Düzünə gərginlikdə isə cərəyan yükdaşıyıcıların oksid təbəqədən tunel keçidi ilə müəyyən olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Martil de Laplaza L. structural and optical properties of rf-sputtering CdS thin films thin solid films 120 (1984) 31.
2. Punnose A., Marafi M., Prabu G., Akkad F.E. CdS thin films prepared by RF magnetron sputtering in Ar atmosphere, phys, status solidi A 453 (2000) 453.

## **CU<sub>3</sub>IN<sub>5</sub>S<sub>9</sub> ƏSASLI FOTOKATALİZATORLA SUYUN PARÇALANMASI**

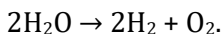
**Mirsultanova R.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

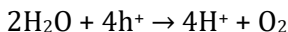
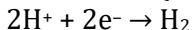
*reyhanmirsultanova@gmail.com*

Global enerji istehlakı və ekologiya ilə bağlı narahatlıqlar artmaqda davam etdikcə, bərpa olunmayan yanacaqlardan və karbon dioksid emissiyalarından asılı olmayan bərpa olunan enerji mənbələrinin axtarışı zəruridir. Günəş enerjisi belə təmiz enerji mənbələrindən biri kimi böyük maraq doğurmuşdur. Günəş enerjisini çevirmək üçün müxtəlif yanaşmalar arasında günəş enerjisi ilə suyun parçalanması günəş enerjisini saxlamayanacağına, hidrogenə çevirməyinə perspektivli yollarından biridir. Günəş enerjisi ilə suyu parçalama sistemlərinin üç əsas növü var: fotovoltaiq (PV-E) elektroliz, fotokatalitik və fotoelektrokimyəvi (PEC) elementlər. Ümumiyyətlə, PV-E sistemləri günəşdən hidrogenə çevrilmənin-(STH) ən yüksək səmərəliliyini nümayiş etdirmişdir. Bununla belə, bu yanaşmadan istifadə etməklə hidrogen istehsalının dəyəri müasir sənaye metan buxarının reduksiyası prosesi ilə alınanla rəqabət aparmaq üçün çox yüksəkdir.

Suyun H<sub>2</sub> və O<sub>2</sub>-yə ümumi parçalanması (SÜP), aşağıdakı tənlikdə göstəriləyi kimi, Gibbs sərbəst enerjisində müvafiq artımla ( $\Delta G^\circ = 237 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) baş verən kimyəvi reaksiyadır:



Suyun ayrılması zamanı yarımkeçirici enerjiləri onun qadağan olunmuş zonasının enindən böyük olan fotonları udur, yarımkeçiricinin valent zonasından elektronlar həyəcanlanaraq keçirici zonaya keçməklə sərbəstlənirlər. Bu, fotokatalitik prosesdə ilkin addım kimi həm həyəcanlanmış elektronlar, həm də dəşiklər yaradır (addım1). Bu elektronlar və dəşiklər müstəqil olaraq yarımkeçirici hissəciklərin səthinə yayılır (addım 2) sonra isə aşağıda təqdim olunan 2 və 3 tənlikləri kimi reaksiyalar vasitəsilə fotokatalizatorun səthində hidrogen təkamül reaksiyasında (HER) və oksigen təkamül reaksiyasında (OER) iştirak edirlər (addım 3).



Termodinamik məhdudiyyətlər tələb edir ki, bu iki reduksiya reaksiyasının baş verməsi üçün yarımkeçiricinin minimum keçiricilik zolağı üçün (CBM) H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub> enerji səviyyəsindən (0-0,059 pH, V və NHE) daha mənfə potensialda yerləşməlidir. Maksimum valentlik zolağı (VBM) O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O enerji səviyyəsindən (NHE ilə müqayisədə 1,23-0,059 pH, V) daha müsbət olmalıdır. OWS-i yerinə yetirmək üçün tələb olunan nəzəri minimum foton enerjisi birpilləli fotonəyəcanlandırma vəziyyətində 1,23 eV-dir. Bununla belə, bu enerji iki mərhələli fotonəyəcanlandırma sistemindən istifadə etməklə daha da azaldıla bilər. Bu məqsədlə Ge/Cu<sub>3</sub>In<sub>5</sub>S<sub>9</sub> sendviç quruluşu əsasında nazik təbəqəli fotokatalitik elektrod hazırlanmışdır. Bunun üçün kimyəvi üsulla codlaşdırılmış

şüşə səth üzərinə vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə ardıcıl olaraq Ag/p-Ge/n-Cu<sub>3</sub>İn<sub>5</sub>S<sub>9</sub> nazik təbəqələri çökdürülmüşdür. Sonra modifikasiya olunmuş kimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış etanolda kolloidli gümüş nanozərricikli məhluldan bir damcı üfüqi n-Cu<sub>3</sub>İn<sub>5</sub>S<sub>9</sub> nazik təbəqəsinin üzərinə tökülərək səthə bərabər halda yayılmışdır. Elektrod qurudularaq 150 °C temperaturda termik tablanmışdır. Hazırlanmış fotokatalizatorla suyun parçalanmasında 3.6% effektivlik əldə edilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Chen Shanshan., Takata Tsuyoshi., Domen Kazunari (2017). Particulate photocatalysts for overall water splitting. *Nature Reviews Materials*, (2), 17050.
2. Zhi-cheng Zhang., Biao Xu., Xun Wang (2014). Engineering nanointerfaces for nanocatalysis. *Chem. Soc. Rev.*, 43(22), 7870–7886.

## **(TlS)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0; 0,1) BƏRK MƏHLULLARINDA SUPERİON KEÇİRİCİLİYİ**

**Ruşanova G.M., Əliyeva N.Ə., Məmmədov R.A., Qəhrəmanova S.M.**

*AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu*

*ramil.azad@mail.ru*

TlS monokristal A<sup>3</sup>B<sup>6</sup> tip yarımkəçirici birləşmələr sinifinə aiddir. Tallium monosulfidi zəncirvari (tetroqonal) və laylı (monoklin) modifikasiyada əldə etmək mümkündür. Bir növü TlSe izostrukturudur və tetroqonal simetriyada kristallaşır. TlS –in digər modifikasiyası TlGaSe<sub>2</sub> ilə izostrukturudur, monoklin simetriyaya malikdir. Tetroqonal TlS struktur parametrləri a=b=7,785 Å, c=6,802 Å, Z=8  $D_{4h}^{18}$ -14 /mcm [1, 2].

Təqdim olunmuş işdə TlS və TlSe əsaslı (TlS)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0; 0,1) bərk məhlulların 100-450K temperatur intervalında keçiriciliyinin xüsusiyyətinin öyrənilmiş və təhlili aparılmışdır. Elektrik keçiriciliyinin tədqiqatları rəqəmsal immitans E7-25 ölçü cihazında aparılmışdır.

(TlS)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0; 0,1) bərk məhlulları elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı qurulmuşdur. Keçiriciliyin temperaturdan asılılığında otaq temperaturundan yuxarı temperaturlarda temperaturun müəyyən kritik qiymətində keçiriciliyin qiymətinin bir neçə tərtib artdığı aşkar olunmuşdur. Fikirimizcə keçiriciliyin belə xarakterli artımı həmin kritik temperaturdan yuxarda ion keçiriciliyinin üstünlük təşkil etdiyini göstərir.

İon keçiriciliyi aşağıdakı tənliliklə təyin olunur:

$$\sigma \cdot T = \sigma_0 e^{-\Delta E_a / kT}$$

burada  $\Delta E_a$  – keçiriciliyin aktivləşmə enerjisidir. (TlS)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> (x = 0; 0,1) bərk məhlulları üçün aktivləşmə enerjisinin qiymətləri hesablanmışdır [3].

Aparılan analizlər onu deməyə imkan verir ki, elektrik keçiriciliyinin belə asılılığında, kritik temperaturdan yuxarı temperaturlarda ion keçiriciliyi üstünlük təşkil edir. Otaq temperaturundan yuxarı temperaturlarda (TlS)<sub>1-x</sub>(TlSe)<sub>x</sub> bərk məhlullarında müşahidə olunan elektrikkeçiriciliyinin sıçrayışlı dəyişməsinə yüksək mobilliyə malik ionların sayının kəskin artması ilə, yəni superion halına faza keçidi baş verməsi ilə izah etmək olar.

Bərk cismin kristal qəfəsi sıx dolu və heç bir boşluq olmamalıdır, yəni maddənin kristal qəfəsi dolu olmalıdır. Amma, maddənin superion keçirici olması üçün isə kristal quruluş nöqsanlı olmalıdır, başqa sözlə quruluşda nöqtəvi defektlərin olması vacibdir. Lakin təkcə bu fakt ion keçiriciliyi üçün kifayət etmir, belə ki, ionlar bu defektlər üzrə hərəkət etməli və sərbəst səviyyələr arasında mövcud olan energetik baryeri asanlıqla aşmalıdır. Ona görə də qonşu səviyyələr arasındakı maneənin ölçüsü istilik rəqslərinin enerjisi ilə müqayisədə çox kiçik olmalıdır ki, proses xarici elektrik sahəsinin hesabına

yox, temperatur hesabına olsun. Bu da öz növbəsində superion keçiriciliyinin yaranmasını təmin edir və nəticədə elektrik keçiriciliyi sürətlə artır.

**Ədəbiyyat:**

1. Hahn H., Kleingler W. Rontgenographische beitrage zu den systemen Thallium- Selen and Thallium -Tellur. Zeitsch. Anorg chem., 260 (1949), 110-119.
2. Kashida S., Nakamura K., Katayama S. Ferroelectric phase transition in monoclinic TIS. Solid St. Commun., 82 (1992), 127-130.
3. Сардарлы Р.М., Алиева Н.А., Салманов Ф.Т., Абдуллаев А.П., Юсифов М.Ю., Оруджева А.А.. ФТП, т.52, 2018, в. 10, 1111-1114

## ZnSe-Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> SİSTEMİNDƏ KİMYƏVİ QARŞILIQLI TƏSİRİN XARAKTERİ

Əliyev K.Ə., Xamedov N.M.

Bakı Dövlət Universiteti

kazimaliyev59@gmail.com, nxamedov@mail.ru

Yeni yarımkeçirici birləşmələrin sintezi və onların fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi hal hazırda müasir fizika və kimyanın bərk cisimlər sahəsində ən aktual məsələlərdən biridir. İşin əsas məqsədi sink-selenid (ZnSe) və itterbiyum 3 selenid (Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>) arasında gedən faza tarazlığını öyrənmək T-X hal diaqramını qurmadan ibarətdir. Zn-Yb-Se sistemində ZnSe-Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> kəsiyini öyrənmək üçün müəyyən mol % nisbətində 18 ərinti sintez edilmişdir. Ərintilərin sintezi 900-1000 °C temperaturda aparılmışdır. Sintez olunmuş ərintilər 150-180 saat müddətində dincə qoyulmuşdur. Ərintilərin termiki analizi VTDA 8 M qurğusunda, rentgen faza analizi (RFA) DRON-3 qurğusunda, mikroquruluş analizi (MQA) MİM-8 mikroskopunda, mikrobərklik PMT-3 markalı cihazda, sıxlıqları isə piknometrik üsulla öyrənilmişdir. Aparılan tədqiqatların nəticələrini ümumiləşdirərək ilk dəfə olaraq ZnSe-Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> sisteminin tam hal diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ZnSe-Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> sistemində 1850 K konqruyentin əriyən birləşmə ZnYb<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> əmələ gəlir. ZnSe əsasında 1,5 mol % Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> əsasında 2,5 mol % bərk məhlul sahəsi ayırılaraq edilmişdir. ZnYb<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> birləşməsinin mikrobərkliyi H<sub>μr</sub> 2430MPa, sıxlığı  $\rho = 4,23 \text{ q/sm}^3$  dur. ZnSe əsasında alınan bərk məhlulların (ZnSe)<sub>1-x</sub>(Yb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>)<sub>x</sub> elektrik keçiriciliyi, termo.e.h.q istilik keçiriciliyi 300-900K temperatur intervalında ölçülmüşdür. ZnSe birləşməsi mürəkkəb zona quruluşuna malikdir. Bu xüsusiyyət onun əsasında bərk məhlul sahələrinə də aiddir. Elektrik keçirmənin temperaturdan asılılığı ZnSe birləşməsində olduğu kimi onun əsasında bərk məhlullarda da iki yerə bölünür: Aşağı temperatur oblastı 300-500 K, yüksək temperatur oblastı 500-900 K. Birinci temperatur oblastı elektrik keçirmənin metallik, ikinci oblastı isə yarımkeçirici xarakter olmasını göstərir. Termoelektrik hərəkət qüvvəsi temperaturdan asılı olaraq müəyyən temperaturda monoton artır və təxminən 650-700 K temperaturda maksimum qiymət alır. Sonra tədricən azalmağa başlayır. ZnYb<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> birləşməsinin bütün tədqiq olunan temperatur intervalında "p" tip keçiriciliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir.  $lg \sim f\left(\frac{10^3}{T}\right)$  asillifina əsasən ZnYb<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> birləşməsi üçün qadağan olunmuş zolağın eni (yüksək temperatur oblastında) hesablanmışdır. Qadağan olunmuş zolağın eni  $\Delta E = 1.28 \text{ q}$  olur: ZnYb<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> üçlü birləşməsinin maqnit sahəsinin təsiri ilə müqavimətin dəyişməsi və fotoluminesiya xassəsi tədqiq olunmuşdur.

### Ədəbiyyat:

1. Драго Р. Физических методы в химии издательства « Мир» Москва 1981 С. 422
2. Дмитриеуко А.О., Макушова Г.Н. Пожаров М.В. Теория рентгенофазового анализа-Саратов 2016. с 51-55.
3. Никольская В.К.; Герасимов Б. В-Введение в физику полипроводников. Изд-во Л.М 2006, с 290,

## KEYN MODELİ SİSTEMLƏRDƏ ELEKTRON QAZININ FERMİ SƏVİYYƏSİNƏ QEYRİ-PARABOLİKLİYİN TƏSİRİ

Zalova S.Ə., Mahmudov M.M.

Bakı Dövlət Universiteti

saida.zalova@bsu.edu.az

Təqdim olunmuş iş qeyri-standart zonalı nümunələrdə elektron qazının Fermi səviyyəsinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Bütün hesablamalar qeyri-standart zona üçün Keyn modeli əsasında aparılmış, cırlaşma kriteriyasının aşkar şəkli, yəni keçirici elektronların  $\zeta$  – kimyəvi potensialı,  $n$  – konsentrasiyası,  $m_n$  – effektiv kütləsi və  $T$  - temperaturu arasında əlaqə tapılmışdır. Bu məqsədlə keçirici zonada elektronların taraz konsentrasiyası hesablanmışdır.

Məlum olduğu kimi ixtiyari  $\vec{k}$  halında elektronların orta sayı  $f_0(\vec{k})$  olarsa, onda keçirici zonada elektronların tam orta sayı

$$N = 2 \sum_{\vec{k}} f_0(\vec{k}) \quad (1)$$

kimi təyin olunur [1], burada  $f_0(\vec{k})$  –  $\vec{k}$  halını dolduran  $\varepsilon(\vec{k})$  enerjili elektronların orta sayı, yəni Fermi-Dirak paylanma funksiyasıdır, düsturdakı 2 vuruğu isə onu göstərir ki, bir  $\vec{k}$  halında spinləri əks yönəlmiş iki elektron yerləşə bilər. İzoenergetik səthi sfera olan, lakin elektronların enerjisi dalğa vektorunun ədədi qiymətinin ixtiyari funksiyası olan zonaya baxaq. Bu halda  $f_0(\vec{k})$  – paylanma funksiyası  $\vec{k}$ -nin yalnız modulundan asılı olduğundan elektronların konsentrasiyası üçün tapırıq [2]:

$$n = \frac{1}{3\pi^2} \int_0^\infty \left( -\frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} \right) k^3(\varepsilon) d\varepsilon. \quad (2)$$

Göründüyü kimi (2) inteqralını hesablamaq üçün  $\varepsilon = \varepsilon(\vec{k})$  dispersiya qanununu bilmək lazımdır. İkizonalı Keyn modeli yaxınlaşmasında da  $k$  ilə  $\varepsilon$  arasında aşağıdakı münasibət vardır [1]:

$$\varepsilon \left( 1 + \frac{\varepsilon}{\varepsilon_g} \right) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_n} \quad (3)$$

burada  $\varepsilon_g$  – qadağan olunmuş zonanın enidir. (3) dispersiya qanununu (2)-də yerinə yazsaq, ixtiyari tərtibdən cırlaşma və zonanın qeyri-parabolikliyi üçün konsentrasiya və Fermi səviyyəsi arasında əlaqə yaradan ümumi ifadə alarıq:

$$n = \frac{(2m_n k_0 T)^{3/2}}{3\pi^2 \hbar^3} \int_0^\infty \left( -\frac{\partial f_0}{\partial x} \right) (x + \beta x^2)^{3/2} dx \quad (4)$$

burada  $x = \varepsilon/k_0 T$  – işarə olunub və aşağıdakı parametrlər daxil edilib:  $\beta = k_0 T/\varepsilon_g$  – zonanın qeyri-parabolikliyini xarakterizə edir.

Güclü cırlaşmış halda ( $\zeta/k_0T \gg 1$ ) (4)-dən qeyri-parabolik zona üçün Fermi səviyyəsi keçirici elektronların konsentrasiyası və qadağan olunmuş zonanın enindən aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\zeta_F = \frac{\varepsilon_g}{2} \left[ \left( 1 + \frac{2\hbar^2}{m_n \varepsilon_g} (3\pi^2 n)^{2/3} \right)^{1/2} - 1 \right]. \quad (5)$$

Göründüyü kimi güclü cırlaşmış halda qeyri-parabolik zona üçün Fermi səviyyəsi keçirici elektronların konsentrasiyası və zonanın qeyri-standartlığı artdıqca monoton olaraq üstlü funksiya qanunu ilə artır. Başqa sözlə, baxılan halda Fermi sərhədi standart zonalı haldakından daha böyük olur.

**Ədəbiyyat:**

1. Askerov B.M. Electron Transport Phenomena in Semiconductors. Singapore: World Scientific, 1994. 394 p.
2. Askerov B.M., Figarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. Springer-Verlag, Berlin, 2010. 374 p.



## TlInS<sub>2</sub>-TlDyS<sub>2</sub> SİSTEMİ ƏRİNTİLƏRİNİN MONOKRİSTALLARININ BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

**İbrahimxəlilov A.Y.**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti*

*aqshin21@gmail.com*

TlInS<sub>2</sub>-TlDyS<sub>2</sub> sistemi ərintilərinin fiziki-kimyəvi, rentgenoqrafik analizi, mikrobərəkliyini və s. tədqiq etmək üçün müxtəlif üsullarla onların monokristalları yetişdirilmişdir. Bu məqsədlə əvvəlcədən sintez edilmiş tərkib yüksək dərəcədə təmizlənmiş və 10<sup>-2</sup> Pa təzyiqə qədər havası sorulmuş kvars ampulaya doldurularaq xüsusi temperatur qradientli temperatur sahəsinə malik sobadan Bricmen üsuluna müvafiq keçirilərək, bu tərkiblərin monokristalları yetişdirilmişdir. İçərisində monokristal yetişdiriləcək kvars ampulaya doldurulmuş müxtəlif tərkiblər bir-birindən fərqli sürət və temperatur dəyişməsinə malik rejimlərlə həm şaquli, həm də üfüqi vəziyyətdə yerləşdirilmiş sobalardan keçirilir və hər iki variantda yüksək keyfiyyətli monokristallar yetişdirmək mümkün olur. Tərkiblərdə disproziyum atomlarının nisbi miqdarı artdıqca sobanın temperaturu, monokristal alınan maddə olan ampulanın zonadan keçmə sürəti, sobanın soyudulma müddəti artırılır. Eləcə də alınmış monokristalların taplama müddəti də tədricən artırılır. Alınmış monokristallar laylı struktura malik olub, asanlıqla müxtəlif qalınlıqlı təbəqələrə bölünə bilər. Güzgü səthə malik olan bu təbəqələrdən istənilən ölçüdə müxtəlif tədqiqat məqsədləri ilə lazımi nümunələr hazırlamaq mümkün olur.

Bu üsulla alınan monokristallar üzərində aparılan analizlər göstərdi ki, monokristallıq paralelopipedlərin sərhədləri bu materialın tetraqonal qəfəsinin yan müstəvilərinə uyğun gəlir. Yəni kristalların təbəqələrə ayrılması tetraqonal elementar qəfəslərin diaqonalları üzrə olur. Buna müvafiq olaraq tetraqonal C oxuna paralel istiqamətə uyğun gəlir, kristalın formalaşma müstəvisi rolunu oynayır. Ümumi külçədə C oxu üfüqi kristallaşmada zonanın yerdəyişməsinə paralel, şaquli zona əritmə üsulunda isə perpendikulyar istiqamətlənir. Lakin üfüqi istiqamətlənmiş kristallaşmada temperatur qradientinin kiçik qiymətlərində bir qədər fərqli istiqamətdə alınır. C krsitalloqrafik oxu külçənin diametri boyu yönəlir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Зарбалиев М.М. Твердые растворы замещения в системе  $TlInTe_2 - TlYbTe_2$ . Российская АН. Неорганические материалы. 1999, т.35, №5, с.560-564.
2. Филинчук Н.А. Достижение негатроники и перспективы ее развития. МЭПП-2001.с.31-33.
3. Алиев Ф.Ф., Агаева У.М., Зарбалиев М.М. Энергетический спектр носителей заряда в твердых растворах  $TlIn_{1-x}Yb_xTe_2$ . Физика и техника полупроводников, 2016, т. 50, вып. 10, с. 1297-1302

## TlGaSe<sub>2</sub>-TlInSe<sub>2</sub> SİSTEMİNİN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

**Məmmədhusəynova A.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*memmedhuseynova.ayse99@gmail.com*

Optoelektronikanın, hesablama və informasiya kommunikasiya texnikasının artmaqda olan tələbatı unikal xassələrə malik mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrin, onların əsasında alınmış bərk məhlulların və onların nazik təbəqələrinin alınma üsullarının, həmçinin alınmış maddələrin fiziki xassələrinin ətraflı öyrənilməsini tələb edir. Bu sahədə A<sup>3</sup>B<sup>3</sup>C<sub>6</sub> tip birləşmələr və onlar əsasında alınmış bərk məhlullar xüsusilə diqqəti cəlb edir [1, 2]. Onların içərisində TlBX<sub>2</sub>(B – In, Ga, X – S, Se) tip birləşmələr daha çox maraq kəsb edir.

Baxılan işdə tədqiq olunan TlGaSe<sub>2</sub>-TlInSe<sub>2</sub> monokristalları və onların əsasında bərk məhlullarının monokristalının göyərdilməsi üsulunun üstünlüyü vurğulanmışdır. TlGaSe<sub>2</sub>-TlInSe<sub>2</sub> sisteminin ərintiləri rəngi qırmızıdan tünd boza qədər dəyişən metallik parıltıya malik, asanlıqla nazik təbəqələrə ayrılan maddədir. 50 mol% TlInSe<sub>2</sub> tərkibinə yaxın ərintilər ikifazalıdır, bu TlIn<sub>0,55</sub>Ga<sub>0,45</sub>Se<sub>2</sub> tərkibli ərinti üçün xarakterikdir.

Baxılan sistemin fotokeçiriciliyinin tərkibdən asılılığını araşdırmadan əvvəl TlGaSe<sub>2</sub> və TlInSe<sub>2</sub> birləşmələrinin fotokeçiriciliklərinə baxılmışdır. TlGaSe<sub>2</sub> otaq temperaturunda kifayət qədər böyük fotohəssaslığa malikdir. Qaranlıq cərəyanın nümunəni 1000 Lk işıqla işıqlandıran zaman alınan cərəyana nisbəti 30 olmuşdur. Nümunələri ağ işıqla işıqlandırdıqda (600 Lk) integral həssaslıq 300 mKA/LümV olmuşdur.

Lakin temperatur aşağı düşdükcə fotohəssaslıq artır və 77 K temperaturda qaranlıq və işıq cərəyanların nisbəti ~10<sup>3</sup>-ə çatmışdır. TlGaSe<sub>2</sub> monokristalının 77-300 K temperaturda çıxarılmış fotokeçiriciliyin spektral asılılığında, otaq temperaturunda fotokeçiriciliyin spektrində 2,15 və 2,28 eV enerjilərdə pillə və maksimum müşahidə olunur. Kristal enerjisi hv < 2,3 eV olan kvantlarla işıqlandırdıqda fotocərəyanın kəskin azalması 2,3 eV-da müşahidə olunan maksimumun məxsusi keçiriciliyə uyğun gəldiyini göstərir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Бахышов А.Э., Мусаева Л.Г., Лебедев А.А., Якобсон М.А. // ФТП, 9, 142, 1975
2. Мусаева Л.Г., Бахышов А.Э., Гасанлы Н.М., Халафов З.Д. // ВИНТИ, № 3262-75, Деп. От 17 ноября 1975 г.

## BƏRK CİSİMLƏRDƏ KVAZİKLASSİK ELEKTRON QAZININ TERMODİNAMİK XASSƏLƏRİ

**Cabbarova L.Ş., Mahmudov M.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*lala.cabbarova99@gmail.com*

Təqdim olunmuş işdə bərk cisimlərdə kvaziklassik elektron qazının termodinamik xassələrinə zəif cırılmanın təsiri nəzəri tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə elektron qazının termik və kalorik hal tənlikləri, izoxorik istilik tutumu hesablanmış, bu kəmiyyətlərə zəif cırılmanın təsiri öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, cırılma nəticəsində elektron qazının təzyiqinə və enerjisinə əlavə müsbət, istilik tutumuna isə əlavə mənfidir.

Məlum olduğu kimi klassik elektron qazı elə qaza deyilir ki, qazın  $\zeta$  - kimyəvi potensialı və  $T$  - temperaturu

$$e^{\zeta/k_0T} \ll 1 \text{ və ya } e^{-\zeta/k_0T} \gg 1, \quad (1)$$

şərtini ödəsin. Kvaziklassik qaz isə elə qaza deyilir ki, həmin qaz (1) şərtini ödəsə də kiçik  $A = e^{\zeta/k_0T} \ll 1$  parametrinə görə hesablamaları apararkən o, birinci yaxınlaşmada nəzərə alınсын. Belə qazlara kvaziklassik və ya zəif cırılmış qaz deyilir.

Baxılan məsələni həll etmək üçün elektron qazının parabolik enerji spektri üçün termik və kalorik hal tənliyinin ümumi

$$\begin{cases} P = \frac{(2m)^{3/2}}{3\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{3/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \\ E = \frac{V(2m)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{3/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A_0 e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \\ N = \frac{V(2m)^{3/2}}{2\pi^2\hbar^3} A \int \varepsilon^{1/2} e^{-\varepsilon/k_0T} (1 - A e^{-\varepsilon/k_0T}) d\varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

şəklindən istifadə etmək lazımdır, burada  $m$  - elektronun effektiv kütləsi,  $V$  - qazın həcmidir. Sistemin üçüncü tənliyindən cırılma görə birinci yaxınlaşmada kiçik  $A$  parametri üçün alırıq:

$$A = A_0(1 + 2^{-3/2}A_0), \quad (3)$$

burada  $A_0$  - sıfırncı yaxınlaşmada, yəni cırılma olmadıqda  $A$  parametrinin ifadəsi olub aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$A_0 = \frac{N}{2V} \left( \frac{2\pi\hbar^2}{mk_0T} \right)^{3/2} \ll 1. \quad (4)$$

(3)-ü (2) sisteminin birinci və ikinci tənliyində nəzərə alsaq və elementar inteqrallamanı yerini yetirsək, zəif cırılmış elektron qazının birinci

yaxınlaşmada təzyiqini və enerjisini yəni, termik və kalorik hal tənliklərinin açıq şəklərini tapırıq:

$$P = \frac{k_0 T N}{V} \left[ 1 + \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{4(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right], \quad (5)$$

$$E = \frac{3}{2} P V = \frac{3k_0 T N}{2} \left[ 1 + \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{4(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right]. \quad (6)$$

Alınmış ifadələrdən görünür ki, kvaziklassik elektron qazının təzyiqi və enerjisi klassik hala nisbətən böyükdür. Başqa sözlə, zəif cırılma, yəni mübadilə qarşılıqlı təsirinə nəzərə alınması elektron qazının təzyiqini və enerjisini artırır. Təzyiqin və enerjinin bu cür artması onunla izah olunur ki, Fermion qazı olan elektron qazında kvant mübadilə qarşılıqlı təsiri "itələmə" xarakteri daşıyır. Bu, təmiz kvant effektidir, seçilməzlik və Pauli prinsipləri ilə əlaqədardır.

Zəif cırılmanın kvaziklassik elektron qazının istilik tutumuna təsirini araşdırmaq üçün enerjinin (6) ifadəsindən temperatura görə törəmə alaq. Nəticədə izoxorik istilik tutumu üçün alarıq:

$$C_v = \frac{3k_0 N}{2} \left[ 1 - \frac{\pi^{3/2} \hbar^3}{8(mk_0 T)^{3/2}} \frac{N}{V} \right]. \quad (7)$$

Buradan görünür ki, cırılmanı nəzərə aldıqda elektron qazının istilik tutumu zəif olsa da azalır. Bu fakt bir daha onu göstərir ki, cırılma, yəni elektronlar arasındakı mübadilə qarşılıqlı təsir "itələmə" xarakteri daşıyır.

## **$TlInS_2$ KRİSTALININ DİELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ**

**Cumayeva Ç.İ., Cabbarov C.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*chicak.jumayeva@gmail.com*

Hal-hazırda əsas periodunun tam misllərinə bərabər olmayan ifrat strukturlu seqnetoelektrik kristalların nəzəri və eksperimental öyrənilməsinə daha çox diqqət yetirilir. Bu onunla əlaqədardır ki, belə strukturların bir çox fiziki xassələrində özünə məxsus xüsusiyyəti ilə əlaqədardır və faza keçidi oblastında bu parametrlər kəskin dəyişir. Bərk məhlulların (qarışıq kristalların) öyrənilməsi imkan verir ki onların fiziki xassələrini çox geniş intervalda məqsədyönlü dəyişmək mümkün olsun və verilən elektrik və optik xassəli materiallar yaradılsın.  $TlInS_2$  birləşməsi  $A^3B^3C_2^6$  qrupuna aiddir. Bu işdə qarşıya qoyulan məqsəd, kristalının dielektrik xassələrinin temperaturdan asılılığının öyrənilməsi olmuşdur. Onlar yaxşı optik xassəyə malik idilər və (001) müstəvisinə paralel istiqamətdə rahat lövhələrə bölünürlər. Ölçmələrdə monokristalın (001) müstəvisinə perpendikulyar kəsilmiş paralellipeddən istifadə edilmişdir. Nümunənin səthi xüsusi üsul ilə hamarlaşdırılır, sonra onlara elektrod kimi gümüş pasta sürülür. Nümunələrin ölçüləri  $1.5 \times 2 \times 4 \text{ mm}^3$  tərtibində olmuşdur. Dielektrik nüfuzluğu  $\epsilon$  və dielektrik itki bucağının tangensi  $tg\delta$ ,  $E7 - 8$  universal körpüsü ilə  $1 \text{ kHs}$  tezliyində ölçülmüşdür. Nümunənin temperaturu mis-konstantan termocütü və diferensial termometriya metodu ilə  $B7 - 21$  voltmetr ilə ölçülmüşdür. Faza keçidi oblastında temperaturun dəyişmə sürəti  $0,1 \div 0,2 \text{ K/dəq}$  qiymətlərində saxlanılmışdır.

Fiziki-kimyəvi struktur tədqiqatlar göstərdi ki,  $TlInS_2$  birləşməsi üçqat sulfiddir və 2 modifikasiyası var:  $773 \text{ K}$ -də alınan aşağı temperatur fazası və  $1050 \text{ K}$ -də alınan yuxarı temperatur fazası.  $TlInS_2$  seqnetoelektrik-politip kristalının müxtəlif modifikasiyalarının kompleks dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı ölçülmüşdür. Ölçmələrdən görünür ki,  $\epsilon(T)$  asılılığında  $T_1 = 216 \text{ K}$ ;  $T_2 = 203 \text{ K}$ ;  $T_3 = 200 \text{ K}$ ;  $T_4 = 196 \text{ K}$  temperaturunda verilmiş modifikasiyalarda anomaliyalar müşahidə edilir ki, bu da burda struktur faza keçidlərinin olmasını göstərir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Sərdarlı R.M., Səmədov O.A., Sadıxov İ.Ş., Əliyev V.A. FTT., T.45, v.6, 2003, s.1067.
2. Sərdarlı R.M., Səmədov O.A., Sadıxov İ.Ş., Nəcəfov A.İ., Göbova N.A., Məmmədov T.S. Neorqanicheskie materialy. T.39, №4, 2003, s.406.

## ASİMMETRİK KVANT ÇUXURUNDA İKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON QAZININ KONSENTRASİYASI

**Balakişiyeva Ə.N., Fiqarova S.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*balakishievaafsana99@gmail.com*

Nanofizikanın indiki inkişaf mərhələsində nanoölçülü, yəni qalınlığı de Broyl dalğasının uzunluğu tərtibdə olan laylardan ibarət sistemlər həm nəzəri öyrənilir, həm də nanoelektronikada praktik olaraq geniş tətbiq olunur. Belə sistemlərə misal olaraq kvant çuxuru və kvant nöqtəsi kimi obyektləri göstərmək olar. Bu obyektlərin xassələri ölçülərindən başqa onların formasından da asılı olur. Düzbucaqlı və parabolik formalı standart kvant çuxurlarında kinetik və termodinamik xarakteristikalar geniş tədqiq olunmuşdur. Belə standart formalı kvant çuxurları ilə yanaşı mürəkkəb profilli obyektlər, məsələn asimmetrik kvant çuxuru kimi sistemlərin də öyrənilməsinə ehtiyac duyulmaqdadır.

Asimmetrik kvant çuxurunda elektronun enerji spektrini tapmaq üçün Puasson tənliyi ilə birlikdə

$$\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\psi + [\varepsilon - V(z)]\psi = 0 \quad (1)$$

– Şrödinger tənliyini də həll etmək lazımdır, burada  $m$  - elektronun kütləsi,  $V(z)$  - asimmetrik kvant çuxurunun potensial enerjisi olub, aşağıdakı kimi seçilir:

$$V(z) = \begin{cases} V_s \left(\frac{z}{d}\right)^2, & 0 < z \leq d \text{ olduqda,} \\ \infty, & z \leq 0 \text{ olduqda,} \end{cases} \quad (2)$$

harada  $d$  - kvant çuxurunun enidir. Elektronun enerji spektri üçün (1) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə tapılır  $\varepsilon = \varepsilon_{\perp} + \varepsilon_n$ , burada

$$\varepsilon_{\perp} = \hbar^2(k_x^2 + k_y^2)/2m = \hbar^2 k_{\perp}^2/2m, \quad (3)$$

$$\varepsilon_n = \hbar\omega_s(2n + 3/2), \quad (4)$$

harada  $\omega_s = (2V_s/m)^{1/2}/d$  - kvant çuxurunda asimmetrik potensialın tezliyidir.

Asimmetrik kvant çuxurunda (3) də (4) enerji spektrini ödəyən ikiölçülü elektron qazı üçün konsentrasiyanın ifadəsi [1]:

$$n_{el} = \frac{m}{\pi\hbar^2 d} \sum_n \int_{\varepsilon_n}^{\infty} f(\varepsilon) \theta(\varepsilon - \varepsilon_n), \quad (5)$$

burada  $f(\varepsilon)$  - Fermi-Dirak paylanma funksiyasıdır. İnteqrallamanı  $\varepsilon_{\perp}$  üzrə apararaq ixtiyari cırlaşmış elektron qazı üçün alarıq:

$$n_{el} = \frac{m k_0 T}{\pi \hbar^2 d} \sum_n \ln \left( 1 + \exp \frac{\varepsilon - \varepsilon_n}{k_0 T} \right). \quad (6)$$

Cırlaşmış elektron qazı üçün konsentrasiyanı hesablasaq, taparıq:

$$n_{el} = \frac{m}{\pi d \hbar^2} \sum_{n=0}^{\bar{n}} (\varepsilon_F - \varepsilon_n), \quad (7)$$

burada cəm  $\varepsilon_F$  – Fermi səviyyəsindən aşağıda olan 1-dən  $\bar{n}$ -ə qədər bütün alt zonalar üzrə aparılır. Enerji spektrinin ifadəsini nəzərə alsaq (7)-dən konsentrasiya üçün taparıq:

$$n_{el} = \frac{m(\bar{n} + 1)}{\pi \hbar^2 d} \left[ \varepsilon_F - \hbar \omega_S \left( \bar{n} + \frac{3}{2} \right) \right]. \quad (8)$$

(8)-dən  $\varepsilon_F$  – Fermi enerjisini tapmaq olar. Son ifadədən görünür ki,  $V_S$  – səth potensial enerjisinin verilmiş qiymətində  $n$  artdıqca Fermi enerjisi də artır. Kvant çuxurun eninin müəyyən qiymətində də  $V_S$  potensial enerjisinin azalması ilə Fermi enerjisi də azalır.

**Ədəbiyyat:**

1. Askerov B.M., Figarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. 37

## **СИНТЕЗ И СВОЙСТВА $ZnTb_2Se_4$**

**Алиев К.А., Азизли Н.И.**

*Баку Государственный Университет  
nuranezizli777@gmail.com*

Синтез новых редкоземельных полупроводниковых соединений и исследование их физико-химических свойств является актуальной задачей современной физики и химии твердого тела.

Тройные соединения  $ZnTb_2Se_4$  синтезированы как путем непосредственного взаимодействия исходных элементов, так и через шихту, соответствующую составу  $ZnS$  и  $Tb_2Se_3$  в кварцевых ампулах. Максимальная температура синтеза –  $1050^\circ C$ . Для достижения равновесного состояния образцы отжигали в зависимости от состава при температурах  $800-900^\circ C$  в течение двух недель. Микроструктурное исследование показало, что после такой термообработки получают однородные образцы.  $ZnTb_2Se_4$  плавится конгруэнтно плавящимся соединением с температурой плавления  $1480^\circ C$ .

Результаты рентгенографического изучения системы  $ZnS-Tb_2Se_3$  показали, что тройное соединение  $ZnTb_2Se_4$  кристаллизуется в ромбических сингония и параметр элементарных ячейки  $a=6,35A^\circ$ ,  $b=10,40A^\circ$ ,  $c=5,45A^\circ$ .

Были измерит микро твердость плотность и ширина запрещенной зоны и электрическое свойства.

**Таблица 1**

Соединение	ТМ °C	И μ МПА	Д Г/СМ <sup>3</sup>	ОМ <sup>-1</sup> μМ <sup>-1</sup> 300К	В/К 300К	ΔЕ ЭВ
$ZnTb_2Se_4$	1480	2400	6,30	$1,8 \times 10^{-2}$	65	1.62

В первые изучены электрофизические, фотоэлектрические свойство соединения  $ZnTb_2Se_4$ . Экспериментально изучена удельная электропроводность, Термо э.д.с эффект холла и магнитная восприимчивость образцов указанного соединения  $ZnTb_2Se_4$ , а также определена точка кюри.

Измерение показало, что соединение  $ZnTb_2Se_4$  является полупроводникам. При температурном интервале  $300-900$  К сохраняется положительный знак Термо э.д.с что свидетельствует о преимущественно дырочном характере проводимости.



**Литература:**

1. Robinson R.I, kun k.r.p.n junction Zink sulfo-selenid and zink selenide lightemiting diodes //appl.physlett. 2016,v.r No=2 p.74-77
2. Димитри енко А.О Макушова Г.И Пожаров М.В -Теория рентгенофазового анализа -Саратова 2016 с.15
3. Мазурин М.В., В.О.Меликова-Химические транспортные реакции. Омск-2017 с.180
4. Андреев В.Н Лужная Г.Ф- Электроны и дырки в полупроводниках. Москва.2015 с.150

## **ZnS<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNDƏ FOTOSTİMULYASIYA PROSESLƏRİ**

**Sirəliyeva Ə.F., Cahangirova S.Ə.**

*Баку Государственный Университет  
asmashiraliyeva3@gmail.com*

Müasir materialşünaslığın aktual problemlərindən biri halkogen komponentli yarımkeçiricilərin nazik təbəqələrinin sadə və iqtisadi cəhətdən sərfəli texnologiyasının işlənməsi və təkmilləşdirilməsidir. Bu metodlardan biri nazik təbəqələrin sulu məhluldan kimyəvi çökdürmə metodudur. Məhluldan kimyəvi çökdürmə metodunun perspektivliyi mürəkkəb yarımkeçirici materialların təbəqələrinin alınması, müxtəlif yarımkeçirici bərk məhlulların alınması, aktiv aşqarların daxil edilməsi, nazik təbəqəli kompozitlərin alınması, çox təbəqəli strukturların hazırlanması, elektrik kontaktlarının formalaşması, eyni bir texnologiya ilə reallaşdırmaq imkanları, massiv altlıq üzərində eyni materialın nanoölçülü təbəqələrinin epitaksiya imkanları, mikro və nano materialların alınmasında tətbiqi. Bu metod müxtəlif metalların unikal xassələrə malik halkogenli birləşmələrinin böyük səthlərdən nazik təbəqələrini seriya şəklində səmərəli istehsalını reallaşdırmağa və bu materialların mühüm xassələrinin tətbiq oblastlarını genişləndirməyə imkan verir. Son dövrlərdə xassələri qabaqcadan verilən və yüksək təkrarlanmaya malik təbəqələrin alınmasında bu metodun tətbiqindəki məhdudiyəti aradan qaldırmaq üçün baş verən proseslərin mexanizminin öyrənilməsinə məqsədyönlü yanaşma prinsipi işlənilib hazırlanmışdır.

Məhluldan kimyəvi və elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə müxtəlif tərkib və qalınlıqlı(0.5-2.0 mkm) ZnS<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> nazik təbəqələrinin alınması texnologiyasına və fiziki-kimyəvi təhlilinə həsr olunmuşdur. Buradan nazik təbəqələrin və onların əsasında hazırlanmış strukturların spektrin görünən oblastında yüksək fətohəssaslığını, eləcədə digər parametrlərinin ən əlverişli (maksimal) qiymətlərini təmin edən optimal tərkib, kimyəvi və elektrokimyəvi çökdürmə rejimlərinin seçilməsi əsaslandırılmış, sulu məhluldan çökdürülmə üsulu ilə müxtəlif altlıqlar üzərində ZnS<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> nazik təbəqələri alınmışdır. İstifadə olunmuş altlıqların səthinin fiziki və kimyəvi çirklənmələrdən təmizlənməsi xüsusi kimyəvi aşıləyıcıların köməyi ilə həyata keçirilmişdir. Tədqiq olunan nazik təbəqələrin elektrokimyəvi üsulla çökdürülməsi otaq temperaturunda aparılmışdır.

### **Ədəbiyyat:**

1. Tokumitsu Y., Kawabuchi, A., Kitayama, H., Imura, T., Osaka, Y., Nishiyama, F. Evaluation of Epitaxial ZnTe Films Prepared by RF Sputtering by Means of Ion Beam Channeling Japan Journal Applied Physics 29 1990:pp.1039-1042
2. Merchant J.D., Cocivera, M. Properties of Zinc Telluride Containing impurities Introduced during Spray Pyrolysis Journal of Electrochemistry Society 143 1996:pp.412-417

## ARDICIL KVAZİSİNHRON GENERASIYA

Zeynalova A.Ə., Səfərova G.Ə., Qasımova R.C.

Bakı Dövlət Universiteti  
aydanzeynali4@gmail.com

Optik kvant generatorlarının yaranması ilə qeyri-xətti optika sahəsində tədqiqatlar intensiv inkişaf etməyə başladı. Qeyri-xətti optikanın inkişafı öz növbəsində yüksək effektivlikli optik tezlik çeviricilərinin yaranmasına səbəb oldu. Qavrayıcılıq tenzorunun sahədən asılılığının nəzərə alınması, xətti maddi tənliyini qeyri-xətti tənliyə çevirir.

$$P_i = \sum_k \alpha_{ik} (E) E_k.$$

Beləliklə, xətti optikadan qeyri-xətti optikaya keçilir. Periodik – qeyri-bircins mühitlərin, yəni kvadrat qavrayıcılığının periodik modulyasiyalı mühitlərdən istifadəsi ideyası Blomberqinə məxsusdur [7].

Optik materialların ikiqat sınma hadisəsindən istifadə edərək qeyri-xətti optikada ikinci harmonika generasiya prosesi zamanı faza uzlaşması şərti ödənilir [1-5]. Sabit amplitud yaxınlaşmasından daha dəqiq sabit intensivlik yaxınlaşmasında aparılan hesablamalar ikinci harmonika generasiya zamanı domenlərin koherent uzunluğunu  $l_{coh}$  daha dəqiq təyin etməyə imkan verir [6].

$$\frac{dA_1}{dz} + \delta_1 A_1 = -i\beta_3 g_3^* A_3 A_2^* - i\beta_2 g_2^* A_2 A_1^*,$$

$$\frac{dA_2}{dz} + \delta_2 A_2 = -i2\beta_3 g_3^* A_3 A_1^* - i\beta_2 g_2 A_1^2,$$

$$\frac{dA_3}{dz} + \delta_3 A_3 = -i3\beta_3 g_3 A_1 A_2.$$

Burada  $A_1$  -,  $A_2$  -,  $A_3$  -,  $\delta_1$  -  $\delta_1$  -  $\delta_1$  - itkilər,  $-\beta_1$  -,  $\beta_1$  -,  $-\beta_1$  -

$$\frac{d^2 A_2}{dz^2} + (2\delta_1 + \delta_2) \frac{dA_2}{dz} + 2[|g_3|^2(3\Gamma_{13}^2 - \Gamma_3^2) + |g_2|^2\Gamma_{12}^2 + \delta_1\delta_2]A_2 = 0,$$

Harada ki,

$$\Gamma_{12} = \beta_2 \sqrt{I_{10}}, \Gamma_{13} = \beta_3 \sqrt{I_{10}}, \Gamma_3 = \beta_3 \sqrt{I_{30}},$$

$$g_j = \frac{2}{\pi M_j} \sin\left(\frac{\pi M_j}{2}\right), M_j = 2m_j + 1.$$

Sərhəd şərtləri,

$$A_j(z = 0) = A_{i0} \cdot \exp(i\varphi_{j0})$$

**Həlli:**

$$A_2(z) = e^{-\frac{\delta_2 + 2\delta_1 z}{2}} \cdot \left\{ A_{20} e^{i\varphi_{20}} \cos \lambda' z - \frac{i}{\lambda'} \left[ 2g_3^* \beta_3 A_{30} A_{10}^* e^{i(\varphi_{30} - \varphi_{10})} + g_2 \beta_2 A_{10}^2 e^{i2\varphi_{10}} + \frac{\delta_2 - 2\delta_1}{2} A_{20} e^{i\varphi_{20}} \sin \lambda' z \right] \right\},$$

Haradaki,

$$\lambda' = \sqrt{2 \left[ |g_3|^2 (3\Gamma_{13}^2 - \Gamma_3^2) + |g_2|^2 \Gamma_{12}^2 \right] - \frac{(2\delta_1 - \delta_2)^2}{4}}.$$

**Ədəbiyyat:**

1. Шен Н.Р. Принципы нелинейной оптики. М.; Наука, 1989. -558с.
2. Boyd R.W. Nonlinear optics. Elsevier Store. 2008. -613p.
3. Mills D.L. Nonlinear Optics, 1991, 184p.
4. Walls D.F., Milburn G.J. Quantum Optics. Springer Berlin. 1994. -332
5. Tağıyev Z.H., Qasımova R.C., Səfərova G.Ə. Qeyri –xətti optika, 2017, -240 səh
6. Tagiev Z.H., Kasumova R.J. Phase effects at second harmonic generation in the layer media. Optics & Communications, 2008, v.281, p.814-823
7. Blombergen N., Nonlinear Optics, Addison-Wesley Publishing Company, 1991, - 229p. (Н. Бломберген, Нелинейная оптика. М.; Мир, 1966, -404с.)

## CdS:Fe NANOHISSƏCİKLƏRİNİN XASSƏLƏRİ

Həsənova N.S., Cəfərov M.Ə.

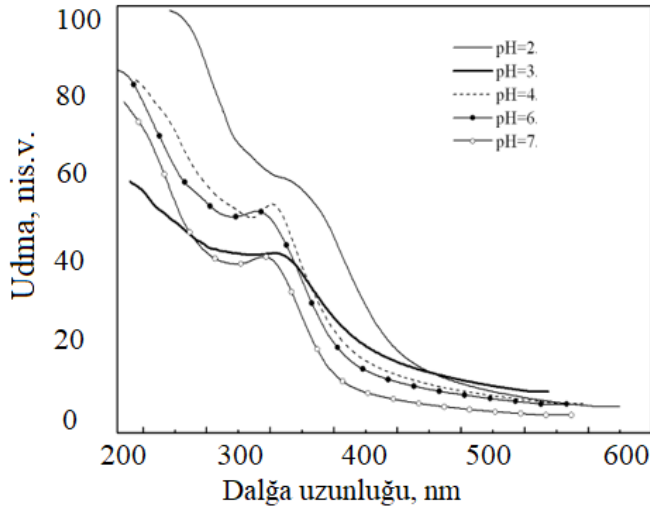
Bakı Dövlət Universiteti

nurane.hesenova999@gmail.com

Yarımkeçiricilərin optik xüsusiyyətləri sənayedə və optik cihazlarda geniş istifadə olunur.

Fərqli Fe/Cd molar nisbətlərində Fe qatqılı kadmium sul de nanohissəciklər aşağıdakı kimi hazırlanmışdır: quru azot mühitində 50 ml sulu CdCl<sub>2</sub> (5) -ə 50 ml (FeCl<sub>2</sub>) (5 10<sup>-4</sup> M) əlavə edilmişdir. 10<sup>-2</sup> M qarışdırmaqla məhlul. Daha sonra qarışığa 50 ml TG (9 10<sup>-2</sup> M) damla-damla töküldü. Sonra 50 ml Na<sub>2</sub>S məhlulu (5 10<sup>-2</sup> M) qarışdırılaraq yuxarıdakı məhlulun içinə damcı şəkildə vuruldu. Nəhayət, nal qarışığı otaq temperaturunda 1 saat qarışdırıldı. Əlavə edilmiş CdS nanohissəcikləri daha sonra sentrifüqalama yolu ilə ayrıldı və yuyuldu. Qurutma üçün hissəciklər təxminən 12 saat Petri qabında saxlanıldı. PH-ı tənzimləmək üçün FeCl<sub>2</sub> yeridilməzdən əvvəl NaOH/sirkə turşusu əlavə edildi. Bu yazıda təqdim olunan prosedurun təkrarlanmasını təmin etmək üçün o, təkrarlandı və nəticələrin təkrarlana biləcəyi müşahidə edildi.

Şəkildə müxtəlif pH dəyərlərində (2-7) CdS:Fe(1%)-nin udulma spektrləri göstərilir. Yuxarıda qeyd olunan udma məlumatlarından istifadə edərək, zolaq boşluğunun enerjisini məsələn, tanınmış Tauc düsturuna uyğun olaraq  $(\alpha h\nu)^2$ -yə qarşı  $h\nu$  qrafiki ilə təxmin etmək olar. Bundan əlavə, nanohissəciklər daxilində kvant əlaqəsi üçün Brus tənliyini tətbiq etmək hissəcik ölçüsünü verəcəkdir.



Fe qatqılı CdS nanohissəciklərinin pH qiymətlərinə qarşı zolaq boşluğu dəyərinin və ölçüsünün dəyişməsi tədqiq olunmuşdur. turşu mühitdə pH dəyəri

azaldıqda hissəciklərin ölçüsü artır. Bu, pH azalması ilə H<sup>+</sup> konsentrasiyasının artması ilə əlaqədar ola bilər. Buna görə də; H<sup>+</sup> ionları örtücü agentin təsirini azalda bilər və buna görə də hissəcik ölçüsünü artırır. Digər tərəfdən, qələvi mühitdə pH dəyəri artdıqca hissəcik ölçüsü də artır. Daha əvvəl qeyd edildiyi kimi, qələvi mühitdə Cd(OH)<sub>2</sub> və Fe(OH)<sub>2</sub> əmələ gəlmə ehtimalı yüksəkdir. Bu, sistemi daha da mürəkkəbləşdirir ki, aşqarlanmış CdS və bu hidrokksidlər bir yerdə olsun və müxtəlif böyümə ehtimalları ölçü paylanmasını genişləndirsin və nəticədə hissəcik ölçüsünü artırsın.

Nanohissəciklərin forması kvazsferikdir, lakin anohissəciklərin faktiki ölçüsünü sadəcə SEM görüntüsündən ayırmaq mümkün deyil, çünki SEM topoqrafik görüntünü göstərir.

## **ZnSeTe TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ**

**İsgəndərli A.S., Cəfərov M.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*asyaa889@gmail.com*

Heterostrukturular üçün altlıqların seçilməsi və birləşmələrin hazırlanması, həmçinin sintezi mühüm rol oynayır. Keçirici şüşə (İTO) və p-tipli c-Si lövhələri altlıq kimi istifadə edilmişdir. Şüşə (İTO) altlıqları əvvəlcə kalium dikromat/sulfat turşu məhlulunda təmizlənmişdir. Si lövhələrinin səthi HF-nin sulu məhlulunda və daha sonra distillə edilmiş suda yuyuldu (temperaturu 80°C) və etil spirti ilə qarışdırılır və sonra havada qurudulur. c-Si altlığının anodlaşdırılması səthi Pt katodlu teflon kamerada aparılmışdır. Məsaməli silisium əmələ gəlməsi üçün HF: etanol məhlulu (1:1) istifadə edilmişdir. Anodlaşdırma gərginliyi, cərəyan sıxlığı və anodizasiya vaxtı müvafiq olaraq 30V, 40-70 mA/sm<sup>2</sup> və 30-1800 san götürülmüşdür. c-Si səthində məsaməli ölçüsü 7-50 nm olan məsaməli-Si hazırlanmışdır.

ZnSeTe nanoquruluşlu təbəqələri elektrokimyəvi çökmə üsulu ilə alınmışdır. ZnSeTe təbəqələrinin alınması sink xlorid (ZnCl<sub>2</sub>) ilə Se<sup>2+</sup> və Te<sup>2+</sup> ionlarını təmin edən TeO<sub>2</sub> və SeO<sub>2</sub> arasındakı reaksiyaya əsaslanır. Məhlulda pH-ı dəyişən və Zn<sup>2+</sup>-konsentrasiyasına nəzarət etməyə imkan verən kompleks əmələ gətirən agent kimi ammonium (NH<sub>4</sub>OH) istifadə olunmuşdur. Məhlul hazırlandıqdan sonra 15 dəqiqə qarışdırılır. Homogenliyi yaxşılaşdırmaq və böyümə sürətini tənzimləmək üçün 15 ml 1M hidrazin hidrat {(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>} istifadə edilmişdir. Sonra ammoniyak məhlulu damcı-damcı əlavə olunmuşdur. pH qiyməti 8-9 arasında saxlanılır və məhlula altlıq yerləşdirilir. Reaksiyanın gedişindən sonra ağ təbəqə ilə örtülmüş altlıqlar çıxarılır, distillə edilmiş su ilə yuyulur və havada qurudulur. Təbəqələrin qalınlığı ZnSeTe üçün 80-120 nm arasında dəyişmişdir. şüşə qalınlıq üzərində ZnSeTe təbəqələrinin dalğa uzunluğunun 300-800 nm diapazonunda optik udulması tədqiq edilmişdir.

Spektral asılılıq əsasında nanozərrəciklərin qadağan olunmuş zonanın eni təyin olunmuşdur. Optik ölçümlər göstərir ki, Te-un molyar konsentrasiyası artdıqca udma kənarı qısa dalğalar oblastına doğru sürüşür. Udma kənarının sürüşməsi kvant ölçü effektin nəticəsində qadağan olunmuş zonanın eninin artması ilə bağlıdır. Aparılan qiymətləndirmələr göstərir ki, təbəqələrin qadağan olunmuş zonanın eninin hesablanmış qiymətləri spektrin əsasında tapılmış qiymətlərlə kifayət qədər üst-üstə düşür. Təbəqələrin qadağan olunmuş zolağının eni 2,7-2,2eV intervalında dəyişmişdir təbəqələrin tərkibində Te-un miqdarının artması ilə azalmışdır.

### **Ədəbiyyat:**

1. Ivashchenko M.M., Buryk I.P., Opanasyuk A.S., Influence of deposition conditions on morphological, structural, optical and electro-physical properties of ZnSe. Materials Science in Semiconductor Processing 36 (2015) 13-19.
2. Zhang X., Wang L., Wu Y., Wang Y., Gao P., Han Y., Jie J., ZnSe nanowire/Si p-n heterojunction: device construction and optoelectronic applications, Nanotechnology 24 (2013) 395201-1-395201-7.

## TlIn<sub>1-x</sub>Dy<sub>x</sub>Se<sub>2</sub> KRİSTALINDA NEQATRON EFFEKTİ (x: 0,01, 0,03, 0,05)

**Rüstəmzadə N., Nurullayev Y.Q.**

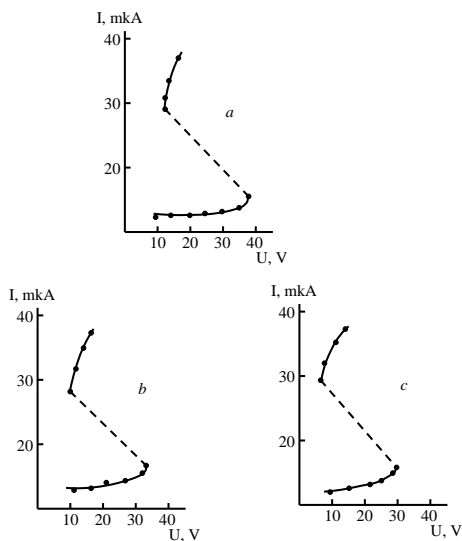
*Bakı Dövlət Universiteti*

*nerminrustamzade@mail.ru*

Fiziki xassələri geniş temperatur intervalında idarə oluna bilən müəyyən atom faizlidisproziy element atomları vurulmuş TlIn<sub>1-x</sub>Dy<sub>x</sub>Se<sub>2</sub> mikroelektronika, kvant elektronikasına sahəsində tətbiq olunan maraqlı yarımkeçirici birləşmələrdir. Bu tip yarımkeçirici birləşmələr əsasında hazırlanan müxtəlif təyinatlı yarımkeçirici elementlər mikroelektronika, avtomatik idarəetmə sistemlərində və müxtəlif tipli tenzoçevirici elementlərin hazırlanmasında perspektivli materiallardır [1].

TlInSe<sub>2</sub> bərk məhlul kristalında 3 valentli indium atomlarının qismən lantanoid elementləri ilə əvəz edilməsi həmin birləşmələrdə yarımkeçiricilik xüsusiyyəti qalmaqla, həm də birləşmələrə güclü maqnit xüsusiyyəti verir. Ona görə də mürəkkəb tərkibli yarımkeçiricilərin VAX-nın tədqiqi praktik baxımdan vacibdir. İzotrop kristallar üçün cərəyan sıxlığı xarici sahədən xətti asılıdır  $J = \sigma E$ . Zəif elektrik sahələrində  $\vec{j}$ -nin  $\vec{E}$ -dən asılılığı koordinat başlanğıcından keçən düz xətdir. Güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə yükdaşıyıcılar qızmar hala keçdikdə volt-ampər xarakteristikasında xətti asılılıq müəyyən dərəcədə pozulur. Belə halda volt-ampər xarakteristikaları diferensial keçiricilik anlayışı ilə xarakterizə olunur. Diferensial keçiriciliyi ( $\sigma_d$ ) aşağıdakı kimi ifadə etmək olar [1]:

$$\sigma_d = \frac{dj}{d|\vec{E}|} = \sigma + |E| \cdot \frac{d\sigma}{d|\vec{E}|}$$



**Şəkil 1.** Disproziy element atomları vurulmuş  $TlIn_{1-x}Eu_xSe_2$  bərk məhlul kristalının volt-ampər xarakteristikaları.  
a)  $TlIn_{0,99}Dy_{0,01}Se_2$ ,  
b)  $TlIn_{0,97}Dy_{0,03}Se_2$ ,  
c)  $TlIn_{0,95}Dy_{0,05}Se_2$ .



VAX-ın müəyyən oblastında keçiricilik elə sürətlə artır ki, cərəyan sıxlığının artması ilə nümunədə sahə intensivliyi azalır, mənfi diferensial keçiricilik müşahidə olunur. Cərəyan sıxlığının sonrakı artımı yenə də mənfi diferensial keçiricilik yaradan səbəbin aradan qalxmasına səbəb olur və  $\vec{E}$ -nin artması ilə  $\vec{j}$  də artır. Bu halda volt-ampere xarakteristikasında S-şəkilli asılılıq müşahidə olunur. Burada xarici elektrik sahə intensivliyi E-nin  $E_1$ -lə  $E_3$  arasında aldığı hər bir qiymətə cərəyan sıxlığının üç müxtəlif qiyməti uyğun gəlir. Onlardan ikisi xarakteristikanın sahə intensivliyi artan, biri isə azalan ( $\vec{E}$ -yə görə) hissəsinə uyğundur. Mənfi diferensial müqavimətin meydana çıxması ilə bağlı olan bu hadisələr çevrilmə və ya neqatron effektlər adlanır. Şəkil 1-də  $Tl_{1-x}Dy_xSe_2$  kristalın üçün diferensial keçiriciliyin S-şəkilli volt-ampere xarakteristikası verilib.

**Ədəbiyyat:**

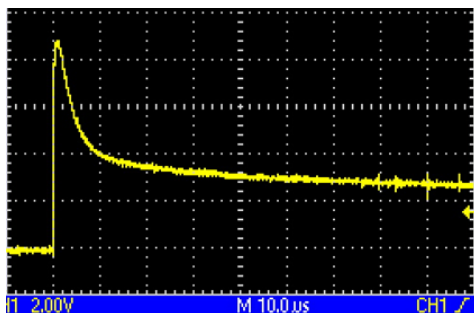
1. Керимова Э. Кристаллофизика низкоразмерных полупроводников, Ваку, 2008
2. Zərbəliyev M. Yarımkeçiricilər fizikası, Bakı,2008..

## Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> BİRLƏŞMƏSİNİN FOTOHƏSSAS NAZİK TƏBƏQƏSİNİN ALINMASI

**Quliyeva R.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*ruhanequlieva95@gmail.com*

A<sup>1</sup>-B<sup>3</sup>-C<sup>6</sup> üçlü sistemində aşkar olunmuş üçqat yarımkeçirici birləşmələri praktiki cəhətdən əhəmiyyət kəsb edirlər və hazırda bir neçə sahələrdə praktiki tətbiq olunurlar [1]. Bunlardan Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> birləşməsinin monokristalları intensiv lüminessensiya edən material kimi müəyyən olunmuşdur. Bu işdə Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> birləşməsinin fotohəssas nazik təbəqəsinin alınması və bu təbəqə əsasında suyun elektroliz üsulu ilə parçalanmasında istifadə oluna bilən fotokatalizatorların hazırlanmasından bəhs edilir. A<sup>1</sup>-B<sup>3</sup>-C<sup>6</sup> qrup elementlərinin əsasında mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrin nazik təbəqələrini almaq üçün istifadə olunan vakuüm kamerasında xüsusi mexanizmlər və termik buxarlandırıcı soba quraşdırılmışdır. Bütün detallar və mexanizmlər VUP – 4K vakuüm postunun kamerasında yerləşdirilib. Kamerada iş zamanı havanın qalıq təzyiqi 2·10<sup>-5</sup> tor-dan çox olmamışdır. Bizim ilk istifadə etdiyimiz maddənin buxarlandırıcıya həncama ilə ötürülməsi üsulu ötürülmənin sürətinin dəqiqliyi və bircinsliyini təmin etmiş və maddənin ötürülməsinin maksimum sürətini aşağıdakı nəzəri olaraq hesablanmışdır. Yarımkeçirici maddə bir neçə mikrometr ölçüsündə kiçik hissələrə bölünərək toz şəklində maddə seli tənzimlənməklə közərdilmiş buxarlandırıcıya tökülür və saniyənin hissəsi müddətində buxarlanır. Buxarlandırıcı kimi bağlı dibi olan silindr formasına malik kvarts və ya qrafit şüşə tigelləri istifadə edilmişdir. Tigelin ölçüləri: uzununu 20 mm və daxili diametri 8÷10 mm təşkil etmişdir. 1100°C temperatura qədər qızdırılmış tigelə xüsusi mexanizmlə verilmiş parametrlilə sellə tökülən maddə tozu ani buxarlanaraq temperaturu 150°C olan şüşə altlıq üzərinə çökdürülmüşdür. Alınmış nazik təbəqələrin üzərində tərkib və quruluş analizləri aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, nazik təbəqənin optik udma spektri kristal Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> birləşməsinin uyğun spektri ilə eyni xarakterə və parametərə malikdir. Nazik təbəqənin kristal quruluşunun polikristallik olduğu müəyyən edilmişdir.



Nazik təbəqənin fotoelektrik xassələri kəsilməz və modulyasiya olunmuş intensivlikli şüalanmanın təsiri ilə müxtəlif temperaturlarda tədqiq olunmuşdur. Nümunənin həssaslıq oblastı 0,7...2,1 eV enerji intervalını əhatə edir. Spektrdə məxsusi fotokeçiriciliyə aid olunan zolağın maksimumu 1,4 eV enerjiddə müşahidə olunur. Enerjinin bu qiyməti su molekulunun elektrolitik dissosiasiya enerjisi (1,23...1,7 eV) daxilindədir. Fotocərəyanın kinetikasi aşağıdakı şəkildə təsvir olunmuşdur:

Kinetikadan görüldüyü kimi qeyri-tarazlıqlı yükdaşıyıcıların rekombinasiyası sürətli və yavaş mərkəzlər vasitəsilə baş verir. Yavaş mərkəzlərin mövcudluğu nazik təbəqənin yüksək fotohəssas olmasını və onun fotokatalizator kimi istifadə olunmasının əlverişli olmasının təzahürüdür.  $\text{Ag}_3\text{In}_5\text{Se}_9$  birləşməsinin fotohəssas nazik təbəqəsinin əsasında hazırlanmış fotokatalizator suyun elektrokatalik parşalanmasında 2.4 % effektivlik göstərmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Gasanly N.M. Modern Physics Letters B. (2016) Vol. 30, No. 18, 1650229 (8 pages)

## **ZnS/CdTe STRUKTURUNUN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ**

**Kərimova A.B., Cahangirova S.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aytackerimovaa98@gmail.com, sona\_aliqizi@mail.ru*

İndi müasir bərk cisim fizikasını yarımkeçirici heterostruktur olmaqla təsəvvür etmək çox çətindir. Heterostruktur əsaslanan elektron cihazlar insan fəaliyyətinin bir çox sahələrində geniş istifadə olunur.

Bu işdə ZnS/CdTe heterostrukturlarının bəzi elektrik və fotoelektrik xarakteristikalarının tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Öyrənilən nümunələr "sendviç" quruluşa malik olmuşdur. Yaradılmış heterostrukturların stasionar volt-ampere xarakteristikaları (VAX) və termik emalın VAX-a təsiri tədqiq edilmişdir.

Fotohəssaslığın spektral paylanması (FSP) tədqiqi müxtəlif qalınlıqlı ZnS nazik təbəqədən hazırlanmış heterostruktur üçün aparılmışdır. Nazik təbəqənin qalınlığı 0,1, 0,3, 1 və 2 mkm olan nümunələr tədqiq edilmişdir. Nazik təbəqənin qalınlığının dəyişməsi bizə heterostrukturun maksimal fotohəssaslıq oblastını dəyişdirməyə imkan vermişdir. Nisbətən qalın (2 mkm) nazik təbəqələr üçün ZnS-da udma işıq kvantlarının daha böyük enerjilərində üstünlük təşkil etməyə başlayır və bu, heterostrukturun FSP-ZnS -un fotokeçiriciliyinin daha çox ifadə edilmiş oblastına gətirir. Tutumun əks sürüşmə gərginliyindən asılılığı potensial çəpərin hündürlüyünü təyin etməyə imkan verir; o, tərəfimizdən baxılan şəraitdə öyrənilən strukturlarda 0.68 eV təşkil edir.

Heterokeçidin standart 100lk işıqlanması zamanı, fotoelektrik parametrlərin ZnS təbəqəsinin qalınlığından asılılığı tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki,  $J_{qq}$  – qısa qapanma cərəyanı, açıq dövrə gərginliyinin  $-V_{ad}$ , dolma əmsalı FF-nin və faydalı iş əmsalının ZnS təbəqəsinin qalınlığından asılılığı doyma xarakterlidir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Mirov S., Fedorov V., Moskalev I., Mirov M., and Martyshkin D., Lumin J.. 133, 268 (2013).
2. Gloeckler M., Sankin I., and Zhao Z., IEEE J. Photovolt. 3, 1389 (2013)

## РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ – $ZnLa_2S_4$

**Алиев К.А., Рагимова А.Р.**

*Бакинский Государственный Университет  
rahimova\_aysel@mail.ru*

В работе получены и совмещены в единую энергетическую шкалу рентгеновские первичные  $L_{\text{п,ш}}$  – полосы, флуоресцентные К-полосы и К-края поглощения серы в  $ZnLa_2S_4$ . На основе интерпретации полученных спектров с использованием известных фотоэлектронных и оптических данных предложена следующая схема строения электронных энергетических полос.

Вершина валентной полосы образована d-состояниями лантана (которые, возможно, обладают мультиплетной структурой) и p-состояниями серы. Основной максимум К-полосы серы, отражающей распределение p-состояний серы имеет энергию  $\sim 2,6$  eВ (отсчет энергии ведется от вершины валентной полосы). Появляющиеся на склонах К-полосы дополнительные наплывы с энергиями 1,7 eВ и 3,8 eВ. Вероятно, связаны с примесью d-состояний лантана к p-состояний серы, то есть с гибридизацией этих состояний. Такой вывод подтверждается совпадением энергетического положения этих наплывов и максимумов фотоэлектронного спектра, соответствующих d-состояниями лантана. В глубине валентной полосы расположены d-состояния цинка и s-состояния серы (энергии их максимумов равны  $\sim 12$  eВ и  $\sim 13$  eВ соответственно).

По исправленным на ширину внутреннего уровня и аппаратурное уширение рентгеновским спектром оценена ширина запрещенной полосы соединения.

### **Литературы:**

1. Demtroder W. Rentgen Spectroscopy (Springer 2010).
2. Верховодов Р.М. Рентгеноспектральный анализ. Наукова Думка, 2005, 150 с.
3. Петров В.А-оптический и рентгеноспектральный анализ. Москва 2015. 230 с.
4. Верховодов П.А Рентгеноспектральный анализ, вопросы теории т способы утификации. Наукова Думка, 1984, 159 с.
5. Князев А.В., Сулейманов Е.В. Основы рентгенофазового анализа- Нижний Новгород, 2005, 30 с.
6. Васильев М.С., Скаков М.М. Методы рентгеноструктурного анализа. Новосибирск, Наука, 2008, 200с.
7. Gorelik S.S., Ractorguey L.N., Skakov Y.A., X-ray və electron-optik analiz, M. MISIS.2009.

## SELF AND CROSS-PHASE MODULATIONS AT OPTIMAL PUMP INTENSITY

<sup>1</sup>Kasumova R.J., <sup>1</sup>Ahmadova A.R., <sup>2</sup>Safarova G.A.  
<sup>1</sup>Baku State University, <sup>2</sup>Institute for Physical Problems  
asmar.ahmadova.r@bsu.edu.az

A number of nonlinear effects have been studied in metamaterials, including the generation of harmonics, parametric interaction in the case of counterpropagating propagation geometry of interacting waves, self-focusing effects, etc. [1, 2]. The effects of self- and cross-interaction can be considered in the constant intensity approximation (CIA) [3], which takes into account the phase changes of the interacting waves[4]. Let's consider the case when two waves simultaneously fall on a medium with negative refraction.Reduced equationswill be solved in the CIA, i.e.  $I_1(z) = I_1(z = l) = I_{1l} = const.$ ,  $I_2(z) = I_2(z = 0) = I_{20} = const.$  Taking into account the boundary conditions for the complex amplitude of the second harmonic (SH) wave at the output of the metamaterial ( $z = l$ ), we obtain for  $I_{20}(z = 0) = 0$ .

$$I_2(z) = \gamma \frac{I_{1l}^2 \sin^2 \lambda z}{\lambda^2 \cos^2 \lambda l + m^2 \sin^2 \lambda l} \quad (1)$$

where

$$\lambda = \sqrt{\left(\frac{\Delta_1^{NL} + \Delta_2^{NL} + \Delta}{2}\right)^2 - 2\Gamma^2},$$

$$\Delta_1^{NL} = (2|\gamma_{11}| + \gamma_{21})I_{1l}, \Delta_2^{NL} = (2|\gamma_{12}| + \gamma_{22})I_{20},$$

$$m = |\gamma_{11}|I_{1l} + |\gamma_{12}|I_{20} + \frac{\gamma_{21}I_{1l} + \gamma_{22}I_{20} + \Delta}{2},$$

$$d = (b + k + \Delta)/2, b = (\gamma_{21} - 2|\gamma_{11}|)I_{1l},$$

$$k = (\gamma_{22} - 2|\gamma_{12}|)I_{20}, \Gamma^2 = \gamma_1\gamma_2 I_{1l}.$$

Here,  $\Delta_1^{NL} = (2|\gamma_{11}| + \gamma_{21})I_{1l}$ ,  $\Delta_2^{NL} = (2|\gamma_{12}| + \gamma_{22})I_{20}$  are the complex amplitudes of the pump wave and the SH ( $\omega_2 = 2\omega_1$ ),  $\gamma_{1,2}$  are the coefficients of nonlinear coupling of waves in the metamaterial,  $\gamma_1 = -|\gamma_1|$ ,  $\Delta = k_2 - 2k_1$  is the linear phase detuning,  $\gamma_{nj}n, j = 1, 2$ , i.e.  $\gamma_{11}, \gamma_{22}, \gamma_{12}, \gamma_{21}$  are the coefficients associated with the cubic nonlinearity of the medium,  $\gamma_{nj} \sim \chi^{(3)}$ ,  $\gamma_{11} = -|\gamma_{11}|$ ,  $\gamma_{12} = -|\gamma_{12}|$ . The terms  $\gamma_{11}, \gamma_{22}$  are responsible for the self-phase modulations, and  $\gamma_{12}, \gamma_{21}$  are responsible for the cross-phase modulations. It can be seen from (1) that there are optimal values of the problem parameters. We study the expression for the optimal value of the input pump intensity. According (1) to do this, by defining the extrema of the function, i.e.  $\partial I_2(z)/\partial I_{1l}$ . The result is

$$(I_{1l}\lambda'z + tg\lambda z) (\lambda^2 + m^2tg^2\lambda l) = I_{1l}tg\lambda z, \\ \times [\lambda'\lambda \cos^2 \lambda l + mm'tg^2\lambda l - (m^2 - \lambda^2)\lambda'ltg\lambda l].$$

Here,

$$\lambda' = \frac{1}{2\lambda} \left[ (2\gamma_{11} + \gamma_{21}) \left( \frac{(\Delta_1^{NL} + \Delta_2^{NL} + \Delta)}{2} - 2\gamma_1\gamma_2 \right) \right], \\ m' = \gamma_{11} + \frac{\gamma_{21}}{2}.$$

By changing the intensity of a strong pump wave through the effects of self- and cross-interaction, it is possible to influence the optimal phase relation between the interacting waves.

**Ədəbiyyat:**

1. Pendry J.B, Phys. Rev. Lett. 85, 3966–3969 (2000).
2. Zhang J., Xiang Y., Zhang L., Lao Z. // J. of IEEE QE, 50, No. 10,823-830 (2014).
3. Tagiev Z.H., Kasumova R.J., Salmanova R.A., Kerimova N. V. // J. Opt. B, 3, 84 (2001).
4. Kasumova R.J., Safarova G.A., Ahmadova A.R., Kerimova N.V.// Applied Optics, 2019, 57(25), 7385-7390.

## BÖLMƏ 4 NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEXNOLOGİYASI

### GO/PVS ƏSASLI NANOKOMPOZİTLƏRİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI

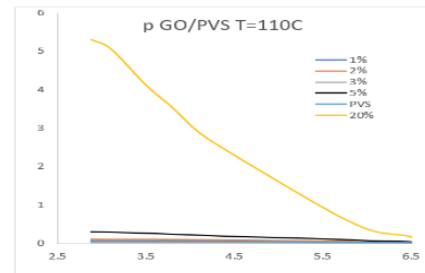
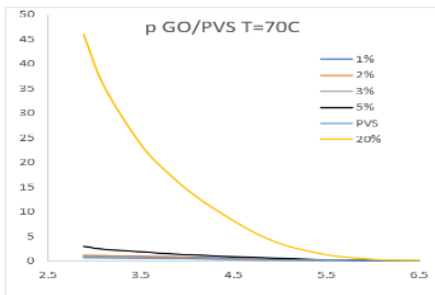
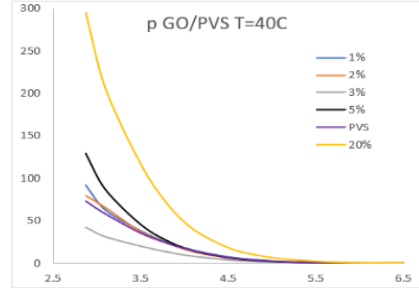
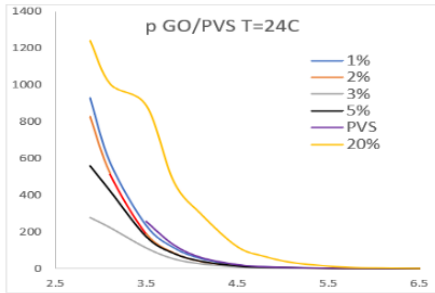
**Bağirov M.Ə., Muradov M.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mahammadbagir.bagirov@mail.ru*

Nanomateriallar fizikasının əsas sahələrindən biri praktik əhəmiyyətli, dayanıqlı nanostruktur birləşmələrin alınması, tədqiqi və onların fiziki xassələrinin məqsədyönlü istiqamətdə idarə edilmə üsullarının müəyyən olunmasıdır. Baxdığımız birləşmələr litium-ion batareyalarının və superkondensatorların çoxqütblü elektrodlarını yaratmağa imkan verir. Qrafen oksidin səthində olan müxtəlif oksigen tərkibli funksional qruplar keçid metal nanohissəciklərinin əmələ gəlməsi və fotokatalizatorların və ya kimyəvi və bioloji sensorların yaradılması üçün mərkəzlər rolunu oynaya bilər.

Təqdim olunan işdə qrafen oksid Hummers metodu ilə alınmışdır. Alınmış məhsul HCl (30%) və distillə suyu ilə yuyulmuşdur. Otaq temperaturunda qurudulmuş GO distillə suyuna əlavə edilmiş və bu məhlula 1 saat ərzində ultrasəs dalğaları vasitəsi ilə təsir edilmiş və daha sonra sentrafuqada çökdürülmüşdür. Çöküntü süzülərək otaq temperaturunda qurudulmuşdur.





GO müxtəlif konsentrasiyalarda (1%, 2%, 3%, 5% və 20%) PVS ilə qarışdırılmış və otaq temperaturunda qurudulmuşdur. Alınmış GO/PVS əsaslı kompozitin müxtəlif temperaturlarda (25°C, 40°C, 70°C, 110°C) müqaviməti və tutumu ölçülmüş və aşağıdakı nəticələr alınmışdır.

Qrafen oksidin temperatur asılılığı yuxarıda verilmiş qrafiklərdə göstərilmişdir. Qrafiklərdən də görüldüyü kimi temperaturun artması ilə xüsusi müqavimət konsentrasiyanın aşağı qiymətlərində azalmış, lakin 5% çəki konsentrasiyasından başlayaraq artmışdır. Bu da kompozitdə fazalararası təbəqənin xüsusiyyətinin dəyişməsi ilə əlaqədardır. Aparılmış ölçmələrdə isə xüsusi müqavimət özünün ən aşağı qiymətini 110 °C temperaturda göstərmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Josphat Phiri, Leena-Sisko Johansson, Patrick Gane, Thad Maloney, A comparative study of mechanical, thermal and electrical properties of graphene-, graphene oxide- and reduced graphene oxide-doped microfibrillated cellulose nanocomposites, Composites Part B: Engineering, Volume 147, 2018, Pages 104-113.
2. Amedea B. Seabra, Amauri J. Paula, Renata de Lima, Oswaldo L. Alves, and Nelson Durán, Nanotoxicity of Graphene and Graphene Oxide, Chemical Research in Toxicology 2014, pages 159-168.

## HİBRİD PVDF/CdS/ZnS ƏSASLI NANOKOMPOZİTLƏRİN FOTOLÜMİNİSENSİYA XASSƏLƏRİ

Məhərrəmov G.Y., Hacıyeva F.V.

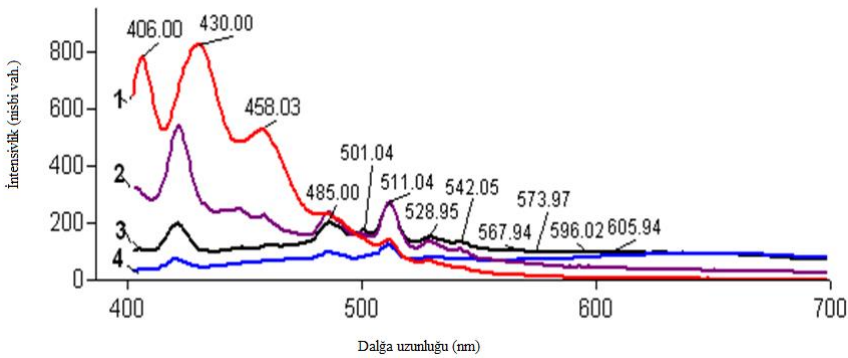
Bakı Dövlət Universiteti

flora\_1985@mail.ru, gullar.maharramova@gmail.com

Polimer nanokompozitlərin sintezi son illər elmin və materialşünaslığın ən aktual məsələlərindən hesab olunur. Matris olaraq dielektrik və yarımkəçirici xüsusiyyətlərə malik olan müxtəlif polimerlərdən istifadə olunması məqsədəuyğun şəkildə nanokompozitin parametrlərini variasiya etməyə imkan verir.

Təqdim edilən məqalədə PVDF/CdS/ZnS əsasında sintez olunmuş hibrid nanokompozitlərin fotolüminissensiya xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, polimer matrisa daxilində nanohissəciklərin konsentrasiyası artdıqca hissəciklərin koagulyasiyası hesabına onlarda qadağan olunmuş zonalarının eni kiçilir. Digər tərəfdən məlumdur ki, PVDF/CdS/ZnS əsasında sintez olunmuş hibrid nanokompozit təbəqələr geniş spektral oblastda lüminissensiyaya malik olsun. Nanohissəciklərin tərkibinin və konsentrasiyasının dəyişməsi nanokompozitlərin lüminissensiya spektrinə və xassələrinə təsir etməsinin tədqiqi aktual bir problemdir.

Polimer nanokompozitin fotolüminissensiya xassələri Varian firmasının istehsalı olan Cary Eclipse spektrofluorimetridə tədqiq edilmişdir. Lüminessent analiz öz dəqiqliyinə görə digər spektroskopiya üsullarından fərqlənir. Maddə tərkibində çox kiçik miqdarda  $10^{-8}$ - $10^{-9}$ q tərkibinə başqa qatışıqlar olduqda lüminessent analiz vasitəsilə onları müəyyən etmək olur. Aşağıdakı şəkildə PVDF+CdS/ZnS əsaslı nanokompozitlərin lüminissensiya spektrləri təsvir olunmuşdur.



**Şəkil 1.** PVDF+ CdS/ZnS əsaslı nanokompozitlərin lüminissensiya spektrləri.

1. PVDF+1%CdS/ZnS; 2. PVDF+3%CdS/ZnS; 3. PVDF+5%CdS/ZnS; 4. PVDF+10%CdS/ZnS.

PVDF+CdS/ZnS əsaslı hibrid nanokompozitlərin fotolüminissensiya spektrləri 375 nm dalğa uzunluğu ilə şüalandırma nəticəsində alınmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, fotolüminissensiya spektrindəki 458 nm, 485 nm,

511 nm, 528 nm, 542 nm, 567 nm, 573 nm və 605 nm dalğa uzunluğundakı maksimumlar PVDF+CdS/ZnS nanokompozitinə məxsus lüminessensiya pikləridir. PVDF+ CdS/ZnS əsaslı hibrid nanokompozit materiallar geniş dalğa uzunluğu diapazonunda lüminessensiya edə bilər, bu isə bu nanokompozitləri elastik fotorezistorlar, günəş batareyaları, displeylər, çeviricilər kimi istifadəsində geniş perspektivlər açar.

**Ədəbiyyat:**

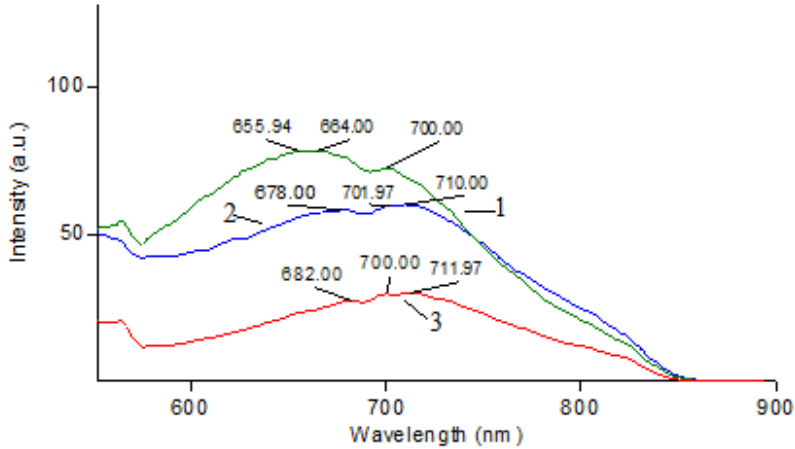
1. Magerramov A.M., Ramazanov M.A, Hajiyeva F.V. Structure and dielectric properties of nanocomposites on the basis of high-density polyethylene and lead sulfide. Chalcogenide Letters Vol. 11, No. 4, 2014, p. 175–180
2. Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Sultanova J.R., Hajiyeva F.V., Hasanova U.A. The magnetic polymer nanocomposite materials based on polypropylene and iron nanoparticles: Synthesis and structure Journal of Ovonic Research Vol. 12, No. 4, July - August 2016, p. 193 – 200

## PVDF+PbS/CdS NANOKOMPOZİTLƏRİNİN FOTOLÜMİNİSENSİYA XASSƏLƏRİ

Novruzova A.Ə., Cəfərov M.Ə., **Ramazanov M.Ə.**, Hacıyeva F.V.

Baku State University  
n.a\_physicist@yahoo.com

Polimer və nanohissəciklərdən təşkil olunmuş nanokompozit materialların bir çox xassələri ilə yanaşı optik xassələrinin öyrənilməsi də son zamanlar böyük maraq kəsb edir. Tədqiqatlar zamanı aşkar olunmuşdur ki, polimer əsaslı nanokompozit materialların fotolüminissensiya xassələrinə bir sıra amillər öz təsirini göstərir. Belə ki, nanokompozitlərin alınma texnologiyası, nanohissəciklərin ölçüləri, konsentrasiyası və eləcə də nanokompozit təbəqələrə edilən müxtəlif təsirlər fotolüminissensiya xassələrində ciddi dəyişikliklərin yaranmasına səbəb olur. Təqdim edilən işdə PVDF+PbS/CdS nanokompozitlərinin fotolüminissensiya xassələrinə baxılmışdır. Nanokompozit təbəqələrin alınması zamanı kristallaşmanın temperatur-zaman rejimindən asılı olaraq fotolüminissensiya spektrləri tədqiq edilmişdir (şəkil 1)



**Şəkil 1.** PVDF+PbS/CdS nanokompozitlərinin kristallaşmanı temperatur zaman rejimindən asılı olaraq fotolüminissensiya spektrləri.

Şəkilə azotda yavaş soyuma və suda soyuma rejimlərindən istifadə edilərək alınan nanokompozit təbəqələrin fotolüminissensiya spektrləri verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, kristallaşmanın temperatur zaman rejimindən asılı olaraq nanokompozitlərin fotolüminissensiya spektrlərinin intensivliyi fərqlidir. Göründüyü kimi azot rejimində alınan nanokompozitlərin fotolüminissensiya intensivliyi digər iki rejimdə alınan nanokompozitlərin fotolüminissensiya intensivliyindən daha yüksəkdir. Bu işə bir sıra faktorlarla əlaqəli ola bilər. Belə ki, hissəciklərin ölçülərinin dəyişməsi və hissəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirdən asılıqla izah oluna bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. Ramazanov M. A., Chianese A, Novruzova A. A. & Nuriyev M.A. Influence of Thermal Treatment on Photoluminiscent Properties of PVDF/PbS/CdS Nanocomposites// Integrated Ferroelectrics, – 2021, VOL. 213, 116–121
2. Ramazanov M. A., Chianese A., Hajiyeva F.V. and Novruzova A. A.. Influence of thermal treatment on photoluminescent properties of PP/PbS/CdS nanocomposites//International Journal of Modern Physics B,-2020, vol.34, 2050038 (9 pages)

## Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PEQ/XRİZİN SİSTEMİNDƏ DƏRMANIN YÜKLƏNMƏ EFFEKTİVLİYİNİN ULTRABƏNÖVŞƏYİ SPEKTRLƏR ƏSASINDA MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

Qurbanova N.X., Kərimova A.H., Şirinova H.A., Nuriyeva S.Q.

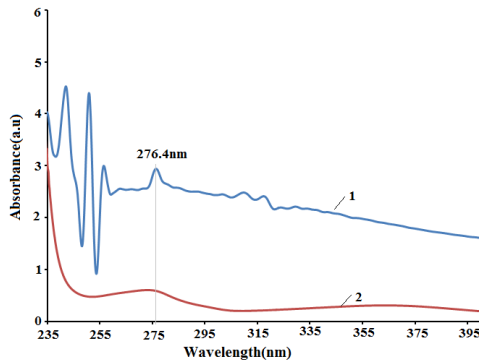
Baku State University  
qurbanli.nergiz@mail.ru

Tədqiqat işində səthi polietilenqlikol (PEQ) ilə örtülmüş Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanohissəcikləri (NH) və xrizin əsaslı sistemin ultabənövşəyi (UB) spektroskopik analizi aparılmışdır. Maqnetit NH-lərin formalaşması üçün kimyəvi birgə çökdürmə üsulundan istifadə edilmişdir [1]. Dərman maddəsinin maqnetit NH-lərə birləşdirilməsi isə qeyri-kovalent üsulla həyata keçirilmişdir [2]. Belə ki, UB spektrlərinin analizinə əsasən dərmanın maqnetit NH-lərə yüklənmə effektivliyinin qiyməti hesablanmışdır.

Reaksiya zamanı maqnetit NH və dərman maddəsinin miqdarı uyğun olaraq 1:0.5 nisbətində götürülmüşdür. Belə ki, 250mç xrizin 2.5mL dimetil sulfoksid ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO) məhlulunda həll edilmiş və daha sonra NH və xrizin qarışığının miqdarı 50 mL-ə çatdırılaraq 6 saat müddətində otaq temperaturunda mexaniki qarışdırıcıda qarışdırılmışdır. Əldə edilən məhlul Nd-Fe-B maqnit vasitəsilə süzülmüş və daha sonra UB spektri çəkilmişdir (şəkil 1). Ədəbiyyatda verilənlərə əsasən xrizinin xarakteristik udulma zolağının 276.4 nm olduğu məlumdur [3] və Ber-Buger-Lambert qanununa [3] əsasən sərbəst halda olan, yəni NH-lərin səthinə yüklənməmiş xrizinin miqdarı müəyyən edilərək dərman maddəsinin yüklənmə effektivliyi aşağıdakı qaydada hesablanmışdır:

$$YE(\%) = \frac{\text{ümumi dərman} - \text{yüklənməmiş dərman}}{\text{ümumi dərman}} \cdot 100\%$$

$$YE(\%) = \frac{250 - 19.9578}{250} 100\% = 92\%.$$



Şəkil 1. NH və xrizin əsaslı sistemin UB spektrləri:  
1 – xrizin, 2 – Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PEQ/Xrizin

Aparılan hesablamaların nəticəsi göstərir ki, götürülmüş dərman maddəsinin miqdarının 92%-i maqnetit NH-lərə yüklənmişdir. Bu isə Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PEQ/Xrizin sisteminin hazırlanması üçün seçdiyimiz metodologiyanın kifayət qədər effektiv olduğunu göstərir.

**Ədəbiyyat:**

1. Ning R., Y.-F.Ao, D.-X.Wang, Q.-Q. Wang, Chem. - Eur. J.2018, 24, 4268
2. Dheyab, M.A.; Aziz, A.A.; Jameel, M.S.; Abu Noqta, O.; Khaniabadi, P.M.; Mehrdel, B. Simple rapid stabilization method through citric acid modification for magnetite nanoparticles. Sci. Rep. 2020, 10, 1–8.
3. Gharib A., Z. Faezizadeh, S.A. Mesbah-Namin, R. Saravani, Experimental treatment of breast cancer-bearing BALB/c mice by artemisinin and chrysin-loaded magnetic nanoliposomes, Pharmacogn. Mag. 2015, 11, 117-122.

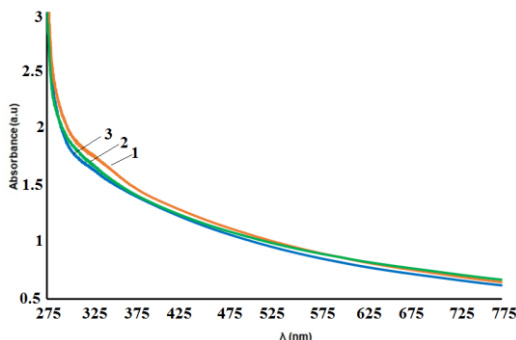
## KRİSTALLAŞMA SÜRƏTİNİN PS-SİLİSİUM DİOKSİD SİSTEMİNDƏ QADAĞAN OLUNMUŞ ZONANIN OPTİK ENİNƏ TƏSİRİ

Həsənova M.R., Addayeva Z.R., Surxaylı Ə.E., Şirinova H.A.

Bakı Dövlət Universitet  
zeynabaddayeva@gmail.com

Nanoölçülü silisium dioksid səthində olan aktiv mərkəzlər hesabına yaxşı optik xüsusiyyətlər nümayiş etdirir. Nanoməsaməli SiO<sub>2</sub> hissəcikləri oksigen defisiti mərkəzləri hesabına mavi oblastda şüalanma verə bilər. Eyni zamanda ədəbiyyat analizi göstərmişdir ki, silisium dioksid nanohissəciklərinin polimer matrisə daxil edilməsi sistemin qadağan olunmuş zonanın optik eninə dəyişməsinə də səbəb olur [1].

Təqdim olunan işdə ps-silisium dioksid sisteminin kristallaşma sürətinin onun qadağan olunmuş zonanın optik eninə təsiri araşdırılmışdır. Polimer əsaslı nanokompozitlərdə doldurucu faza, polimerlərin ərimə temperaturlarına qədər qızdırılıb soyudulması zamanı kristal əmələ gəlməsi üçün ilkin özək rolunu oynayır. Beləliklə, polimer zənciri nanohissəciklərin ətrafında lokal olaraq qismən nizamlı quruluş əmələ gətirir[2]. Bu da öz növbəsində amorf polimer əsasında alınmış nanokompozitdə lokal kristallik oblastların formalaşması mənasına gəlir. Eyni zamanda polimer nanokompozitdə nanohissəcik ətrafında lokal kristallitlərin əmələ gəlmə prosesi polimer nanokompozitin hansı sürətlə soyudulmasından kəskin asılıdır. Şəkilə PS+SiO<sub>2</sub> əsaslı polimer nanokompozitlərin kristallaşmanın temperatur-zaman rejimindən asılı olaraq UB spektrləri verilmişdir. Müxtəlif rejimlərdə alınmış polimer nanokompozitlərin Tauc metoduna əsasən, xətti ekspolyasiya üsulu ilə qadağan olunmuş zonasının eni hesablanmışdır. Məlum olmuşdur ki, soyuma sürətinin dəyişməsi ilə PS+SiO<sub>2</sub> nanokompozitlərin qadağan olunmuş zonasının enində cüzi dəyişiklik baş verir.



**Şəkil.** Müxtəlif soyutma sürətləri ilə alınmış PS+SiO<sub>2</sub> nanokompozitlərin UB spektrləri:  
1)  $\beta=20^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$ ; 2)  $\beta=200^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$ ; 3)  $\beta=20000^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$



Məlumdur ki, nanohissəciklərin qadağan olunmuş zonasının eninin kiçilməsi hissəciklərin aqlomerasiya edərək böyüməsi ilə bağlıdır. Yavaş rejimdə alınmış nanokompozitdə qadağan olunmuş zonanın eni daha böyük olması nanohissəciyin polimer matrisdə paylanması və polimerin üst molekulyar quruluşu ilə əlaqəlidir.

**Ədəbiyyat:**

1. Habashy, M. M., Abd-Elhady, A. M., Elsad, R. A., & Izzularab, M. A. (2019). Performance of PVC/SiO<sub>2</sub> nanocomposites under thermal ageing. *App.Nanoscience*, 11(7), 2143–2151.
2. Ramazanov, M., Maharramov, A., Shirinova, H., & Palma, L. D. (2018). Structure and electrophysical properties of polyvinylidene fluoride (PVDF)/magnetite nanocomposites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 33(1), 138–149.

## ZnO ƏSASLI STRUKTURLARIN SİNTEZİ VƏ QURULUŞU

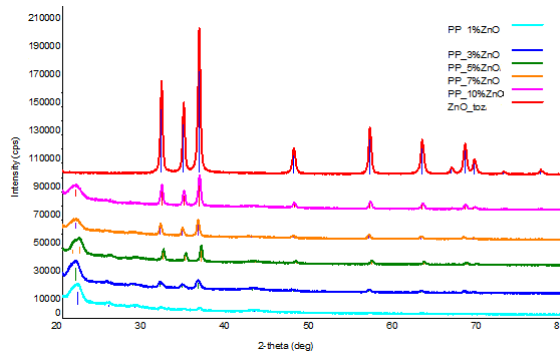
Nuriyeva S.Q., Qasımova J.N.

Bakı Dövlət Universiteti

gasimova.jale11@gmail.com

Metal oksid hissəcikləri arasında ZnO nanohissəcikləri fiziki və kimyəvi sabitliyinə, istilik xüsusiyyətlərinə, mexaniki dayanıqlığına, ətraf mühitə uyğunluq və aşağı qiymət kimi unikal xüsusiyyətlərinə görə ən perspektivli maddələrdən hesab olunur. Onlar əsasında formalaşmış polimer nanokompozitlər də xüsusi elektrik, optik, istilik, mexaniki, katalitik və biotibbi xassələrinə görə daim tədqiqat mövzusunda çevrilmişdir. ZnO əsaslı nanokompozitlər elektrokimyəvi sensorlar, günəş batareyaları, superkondensatorlar kimi sənayedə elektron cihazlarında geniş tətbiq edilmişdir [1-3].

Təqdim olunan işdə doldurucunun kütlə miqdarından asılı olaraq (1%, 3%, 5%, 7%, 10%) alınmış PP/ZnO nanokompozitlərinin quruluşu tədqiq edilmişdir. Nanokompozitlər isti presləmə metodu ilə sintez olunmuşdur. Şəkildə ZnO nanohissəciklərinin və müxtəlif kütlə miqdarında hazırlanmış PP/ZnO polimer nanokompozitlərin rentgen quruluşu göstərilmişdir. Nanohissəciklərin polimer matrisə daxil edilməsi ilə uyğun bucaqları polimerin amorf fazasında da müşahidə etmək mümkündür. ZnO nanohissəciklərində müşahidə olunan  $2\theta$  bucaqları (31.81, 34.47, 36.29, 47.58, 56.63, 62.87, 66.39, 67.95, 69.10, 72.58 və 77.01) İCDD (PDF-2/Release 2011 RDB) bazasının 01-070-8072 nömrəli faylı ilə uzlaşır. Mövcud difraksiya zirvələri ZnO-in heksoqonal vurtzit quruluşu uyğun gəldiyini söyləməyə imkan verir (kristal qəfəsin parametrlərinin  $a=3,2465\text{Å}$ ,  $b=3,2465\text{Å}$ ,  $c=5,2030\text{Å}$  və  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  bucaqları isə  $90^\circ$ ,  $90^\circ$  və  $120^\circ$ ).



Şəkil. PP/ZnO nanokompozitlərinin rentgen difraktoqramı

Doldurucunun miqdarının artması ilə kristallik fazanın artması və kristallitlərin ölçüsünün dəyişməsi müəyyən olunmuşdur.

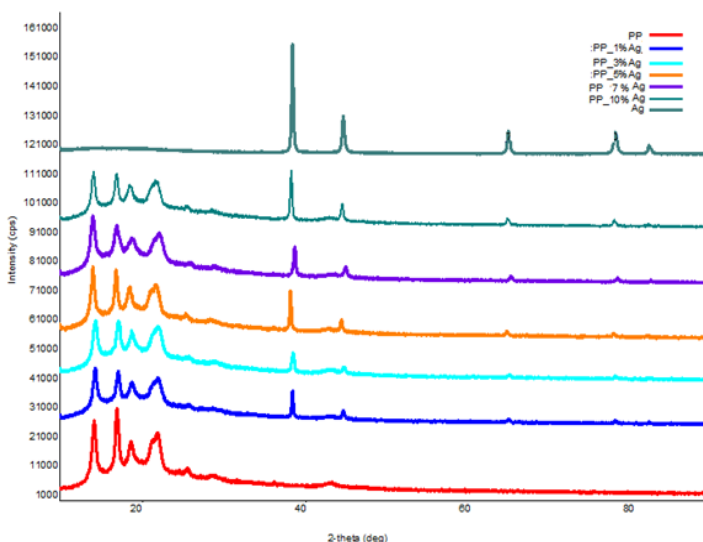
**Ədəbiyyat:**

1. Satyanarayana Talam, Srinivasa Rao Karumuri, Nagarjuna Gunnam. Synthesis, Characterization, and Spectroscopic Properties of ZnO Nanoparticles. Nanotechnology Volume 2012, Article ID 372505.
2. D.Ponnammaa, J. Cabibihan, M.Rajan, S.Pethaiah, K. Deshmukh, B.N. Chandrashekar, Anji Reddy Polu, Chun Chen. Synthesis, optimization and applications of ZnO/polymer nanocomposites. Materials Science & Engineering C 98 (2019) 1210-1240
3. S. ESTHAPPAN, M. K. SINHA, P.KATIYAR, A.G. SRIVASTAV, R. JOSEPH. Polypropylene/Zinc oxide Nanocomposite Fibers: Morphology and Thermal Analysis. J. Polym. Mater. Vol. 30, No. 1, 2013, 79-89

## POLİPROPİLEN VƏ GÜMÜŞ NANONAQIL ƏSASLI STRUKTURLARIN SİNTEZİ VƏ QURULUŞU

Nuriyeva S.Q., Həsənov K.M.  
Bakı Dövlət Universiteti  
hasanovkanan11@gmail.com

Polimer matrislərin fiziki xassələrini genişləndirmək üçün doldurucu əlavə kimi nanonaqillərin seçimi müasir dövrün ən aktual istiqamətlərindəndir [1-2]. Yüksək performanslı Ag nanonaqıl-polimer kompozitlər doldurucuların kiçik konsentrasiyalarında yüksək sərtlik, möhkəmlik, elektrik keçiriciliyi, istilik, piezo, fotovoltaiq və digər faydalı xassələr göstərir və bu faktlar onu texnoloji tətbiqlər üçün cəlbedici edir [3].



Şəkil. PP/AgNN nanokompozitlərinin rentgen difraktoqramı.

Tədqiqat işində ilk olaraq iki halidli modifikasiya edilmiş poliol metodu ilə Ag NN sintezi edilmiş və daha sonra doldurucunun kütlə miqdarından asılı olaraq (1%, 3%, 5%, 7%, 10%) PP/Ag nanokompozitlər hazırlanmış, quruluşu rentgen difraktometr vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Şəkildə Ag nanonaqıl, PP matris və müxtəlif konsentrasiyalarda PP/Ag nanokompozitlərinin rentgen difraktoqramları göstərilmişdir.

Ag nanonaqılın rentgen difraktoqramında  $38.67^\circ$ ,  $44.73^\circ$ ,  $64.79^\circ$ ,  $77.77^\circ$ ,  $81.89^\circ$  müşahidə olunan  $2\theta$  bucaqları (İCDD bazasının 00-004-0783 nömrəli faylı – Ag nanonaqıl) nanokompozitdə də öz əksini tapmışdır. Mövcud difraksiya zirvələri gümüş əsaslı nanokompozitin formalaşdığını söyləməyə imkan verir.

**Ədəbiyyat:**

1. N.M. Abbasi, H.Yu, L.Wang, Z.Abdin, W.A. Amer, M. Akram, H.Khalid, Y.Chen, M.Saleem, R.Sun, J.Shan. Preparation of silver nanowires and their application in conducting polymer nanocomposites. *Materials Chemistry and Physics* xxx (2015) 1-15.
2. Thanh Hoai Lucie Nguyen, Luis Quiroga Cortes, Antoine Lonjon, Eric Dantras, Colette Lacabanne. High conductive Ag nanowire–polyimide composites. *Journal of Non-Crystalline Solids* 385 (2014) 34-39.
3. In Su Jin, Hee Dong Lee, Seok Il Hong, Woosung Lee, Jae Woong. Facile Post Treatment of Ag Nanowire/Polymer Composites for Flexible Transparent Electrodes and Thin Film Heaters. *Polymers* 2021, 13, 586.

## **METAL OKSİD NANOHISSƏCİKLƏRİNİN NAFTALAN NEFTİNİN XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ**

**Məmmədova S.V., Hacıyeva F.V**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*sevinc.memmedova.18@mail.ru*

Naftalan nefti dünyada yeganə müalicəvi neftidir və həm fiziki-kimyəvi, həm bioloji xüsusiyyətlərinə, həm də müalicəvi xüsusiyyətlərinə görə dünyada tayı-bərabəri olmayan nadir balneoloji amili təmsil edir. Mənşəyinə görə o, sənaye neft növlərindən daha gənkdir və nisbətən yüksək oksigen tərkibi, yüksək sıxlığı və tsiklik quruluşa malik yüksək molekulyar ağırlıqlı üzvi birləşmələrin olması ilə xarakterizə olunur. Naftalan neftinin xüsusi xassələri onun çoxsaylı karbohidrogenlərinin quruluşu, onların ayrı-ayrı fraksiyalarda birləşməsi və naften turşularının azot və kükürd birləşmələrinin təbiəti ilə əlaqədardır. Naftalan neftinin fiziki-kimyəvi və bioloji təsirləri ilk dəfə A.İ.Qarayevin və Y.H.Məmmədəliyevin əsərlərində tədqiq edilmişdir. Bu tədqiqatların əsas məqsədi insanlarda bir sıra xəstəliklərin müalicəsində, eləcə də baytarlıq praktikasında naftalandan istifadənin mümkünlüyü və perspektivlərinin əsaslandırılması olmuşdur. Bu iki görkəmli alim müalicəvi neftin tədqiqində bütöv bir istiqamətin – ondan ayrı-ayrı karbohidrogen qruplarının ayrılması və sonradan onların fizioloji aktivliyinin heyvanlar üzərində aparılan təcrübələrdə sınaqdan keçirilməsinin əsasını qoyub. Y.H. Məmmədəliyevin məlumatlarına görə Naftalan neftində orqanizmdəki hormonların, vitaminlərin və digər maddələrin əmələ gəlməsinə kömək edən aralıq sintez məhsulları mövcuddur. Bu müəlliflər müəyyən ediblər ki, düzgün dozada naftalan nefti hiposid və hiperasid şəraitdə mədənin sekretor və motor funksiyalarına faydalı təsir göstərir, hipotansiyonda və hipertoniyanın ilkin mərhələlərində damar tonusunu normallaşdıran təsir göstərir. Y.H. Məmmədəliyevin məlumatlarına görə Naftalan neftində, orqanizmdəki hormonların, vitaminlərin və digər maddələrin əmələgəlməsinə kömək edən aralıq sintez məhsulları mövcuddur. Bu müəlliflər müəyyən ediblər ki, düzgün dozad anaftalan nefti hiposid və hiperasid şəraitdə mədənin sekretor və motor funksiyalarına faydalı təsir göstərir, hipotansiyonda və hipertoniyanın ilkin mərhələlərində damar tonusunu normallaşdıran təsir göstərir. Xəstələrin 40-50%-də naftalan desensibilləşdirici təsir göstərə bilər ki, bu da infeksiya və allergik xəstəliklərin (revmatik və yoluxucu, qeyri-spesifik poliartrit) müalicəsində də çox vacibdir. Əksər xəstələrdə, xüsusən də gut poliartriti olan xəstələrdə müalicə kursunun təsiri altında qanda sidik turşusunun tərkibi azalır. Bunun fonunda oynaq xəstəliklərinin müalicəsində naftalan iltihabəleyhinə və ağrıkəsici təsirlə malikdir [1-4].

Bu iş metal oksidi nanohissəciklərinin naftalan neftinin fiziki xassələrinə təsirinə öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Naftalan neftinin optik xassələri metal oksid nanohissəciklərinin daxil edilməsindən əvvəl və sonra tədqiq

edilmişdir. Naftalan neftinin nanohissəciklərin tətbiqindən əvvəl və sonra fotoluminessensiya spektrləri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, metal oksidi nanohissəciklərinin (ZnO, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>) tətbiqindən sonra neftə aid olan fotoluminessensiya piklərinin intensivliyi kəskin dəyişir, nanohissəciklərə aid yeni piklər meydana çıxır.

**Ədəbiyyat:**

1. Mamedaliev Y.G. On the chemical composition of the active therapeutic Naftalanoil. Izvestiya AN Azerb. SSR, 1953, no 5, pp. 9, 14-17.
2. Guliev, I.S., Guseinov, D.A., Martynova, G.S. et al. (2017) Research of nanodispersity of Naftalan oil, East European Scientific Journal, 3 (19), 90-98.
3. Babaev, F.R., Martynova, G.S., Maksakova O.P. et al. (2017) Features of the oil of the Naftalan field, Geology of oil and gas. 2, 71-75.

**NEW THREE-COMPONENT POLYMER NANOCOMPOSITES  
BASED ON ISOTACTIC POLYPROPYLENE (PP),  
MAGNETITE (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) NANOPARTICLES  
AND MULTI-WALLED CARBON  
NANOTUBES (MWCNTS).**

**Alizada S.G., Hajiyeva F.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*sehla.azada@gmail.com, flora\_1985@mail.ru*

This work is devoted to the preparation and study of new three-phase systems based on isotactic polypropylene, magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles, and multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs). This system contains a new type of multifunctional materials that combine the high-performance properties of PP, the unique conductive properties of MWCNTs, and the magnetic properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Synthesis of three-phase polymer nanocomposites based on PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs was also carried out by the ex-situ method. First, polypropylene was dissolved in toluene at the boiling point of toluene. Then Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with nanoparticle sizes of 3-5 nm at various mass contents were added to the PP solution in toluene and stirred for 2 hours. Then multilayer carbon nanotubes with a diameter of about 20 nm were separately dispersed in toluene under the action of ultrasonic waves for 10 min. Then, the solution of MWCNTs in toluene was added to the polymer solution of PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+toluene and stirred for an hour until a homogeneous mixture was completely obtained. To completely remove the toluene solvent from the bulk of the polymer, the films were dried in a vacuum oven for 24 hours. Then, thin films of nanocomposites were obtained from these samples by hot pressing at the melting temperature of PP and a pressure of 10 MPa.

The structure of a three-component system of a nanocomposite based on PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs has been studied by X-ray phase analysis. It has been established that the addition of carbon nanotubes as the third phase to the polymer nanocomposite system PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> leads to a change in the proportions of amorphous and crystalline phases of semicrystalline polypropylene. The electrophysical properties of polymer nanocomposites based on PP+ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs were studied. It was found that the permittivity for a three-phase nanocomposite at all frequencies is greater than for pure PP and nanocomposites based on PP+MWCNTs and PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.



**References:**

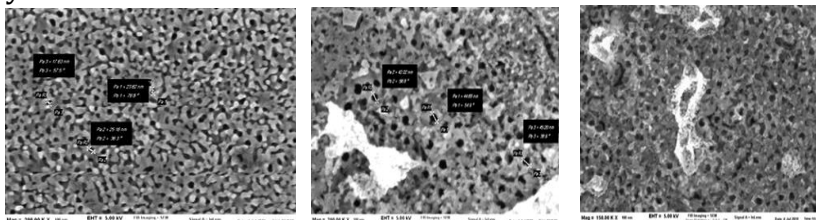
1. Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Maharramov A.M., L. Di Palma, D. Sannino, M. Takafuji, H. M. Mammadov, U. A. Hasanova, H. A. Shirinova & Z. A. Bayramova, New magnetic polymer nanocomposites on the basis of isotactic polypropylene and magnetite nanoparticles for adsorption of ultrahigh frequency electromagnetic waves, polymer-plastics technology and engineering ISSN: 0360–2559 (Print) 1525–6111 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/lpte2>
2. M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, H.A.Shirinova, L.Di Palma, Structure and electrophysical properties of polyvinylidene fluoride (PVDF)/magnetite nanocomposites. J. Thermoplast. Compos. Mater. (2018). <https://doi.org/10.1177/089270571879654>
3. N.-N. Song, H.-T. Yang, H.-L. Liu, X. Ren, H.-F. Ding, X.-Q. Zhang, Z.-H. Cheng, Exceeding natural resonance frequency limit of monodisperse Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles via superparamagnetic relaxation. Sci. Rep. 3, 3161 (2013)

## FABRICATION AND PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED ANODIC TiO<sub>2</sub>/ITO/Glass STRUCTURES

Abdullayeva S.H., Eyvazlı R., Eminov Sh.O.

*Institute of Physics of NAS Azerbaijan  
samireabdullayeva181@gmail.com*

We have reported the results of our investigation of several key aspects of the synthesis of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) nanotubes (TNT) onto the surface of transparent glass substrates covered with a conductive indium-tin-oxide (ITO) thin layer by using RF magnetron sputtering, subsequent anodic oxidation, and thermal annealing [1]. ITO film was firstly deposited on glass substrate using magnetron sputtering, then the Ti films were deposited on this ITO film and followed by electrochemical anodization in fluorine and aqueous containing ethylene-glycol electrolytes to obtain TiO<sub>2</sub> film. Further samples were sintered at 450°C in the air for 2 h. Then the structural, morphological, and optical properties of the obtained Glass/ITO/TiO<sub>2</sub> structure were assessed. The films were studied using scanning electron microscopy, XRD, Raman spectroscopy, UV-vis spectrometry, and variable angle spectroscopic ellipsometry (VASE). Highly ordered TNT arrays of 40-45 nm pore diameter with a high degree of optical transmission were obtained. It has been established that the surface morphology and structure of nanotubes improve with an increase in the anodization time (*Fig.1*). Both XRD patterns (*Fig.2*) and Raman spectra (*Fig.3*) confirmed the presence of the anatase phase only with tetragonal TiO<sub>2</sub> nanotube arrays. The films are transparent in the region of 900-360 nm with a transmittance of about 70– 80% and exhibit strong absorption in the UV region with a wavelength shorter than 360 nm (*Fig.4*). By using Tauc's formula it was determined that the TiO<sub>2</sub> film has a direct bandgap of 3.20 eV. Ellipsometry measurements allowed to creation of an optical model of the experimentally fabricated glass/ITO/TiO<sub>2</sub> structure, which consists of 5 layers with different thicknesses and constituents.



*FIG.1. SEM images of TiO<sub>2</sub> surface after different anodizing times: 10 min, 20 min, and 30 min.*

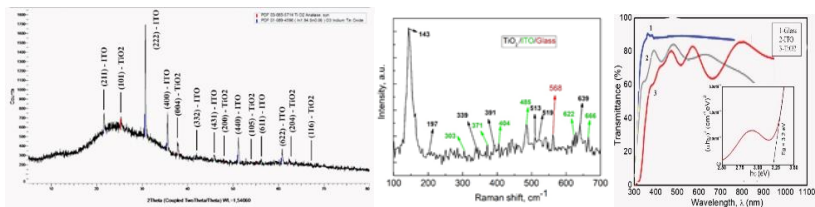


Fig.2. XRD patterns. Fig.3.Raman spectra. Fig.4.Transmittanc

The strong absorption of UV radiation by the resulting structures, consisting of an outer layer of  $\text{TiO}_2$  with a direct bandgap and an extended nanotubular structure, as well as a electrically conductive ITO layer, makes it quite suitable for solar energy harvesting applications [2].

#### References

Eminov S.O., Guliyev J.A. et al. Photo and electrical peculiarities of the nanostructured glass/ITO/AAO and glass/ITO/CdS systems. *Journal of Materials Science*: 2016, 27: 9853-9860.

Durante O, Di Giorgio C, Granata V, et al. Emergence and Evolution of Crystallization in  $\text{TiO}_2$  Thin Films: Nanomaterials (Basel). 2021;11(6):1409:1-18.

## $(SiO_2)_n$ -NANOHISSƏCIYININ PARAMETRLƏRİNİNİN TƏYİNİ VƏ VİZUAL MODELİNİN QURULMASI

**Paşayev F.H., Həsənov A.Q., Qasımova İ.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

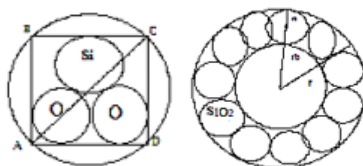
*ilaheqasimova00@gmail.com*

$(SiO_2)_n$ -nanohissəciyinin modelini qurarkən onu təşkil edən elementlərin valentliyini nəzərə almaq əsəs şərtidir. Bildiyimiz kimi silisium dəyişkən valentli olub 2 və ya 4 valentlik göstərir. Oksigen isə sabit valentli elementdir və 2 valentlik göstərir.  $(SiO_2)_n$ -nanohissəciyinin verilmiş kürəciyin səthi boyu paylandığını fərz edək. Kürənin dairələr toplusu olduğunu bilərək  $(SiO_2)_n$ -nanohissəciyinin səth boyu atomların paylandığı qanunauyğunluğunu tapa bilərik və atomların sayı məlum olduqda asanlıqla modelini qura bilərik.

$(SiO_2)_n$ -nanohissəciyinin parametrlərini təyin edək. Fərz edək ki, onun ölçüsü  $D_{SiO_2} = 1.08nm$  olarsa, onda  $R_{SiO_2} = \frac{D}{2} = 0.505$  nm olar. Müxtəlif atomlardan təşkil olunmuş nanohissəcikdəki  $SiO_2$  birləşmələrinin sayını  $n = \left(\frac{R}{r_h}\right)^3$  düsturu ilə hesablamaq olar. Burada  $R$  kürə formada təsəvvür olunan nanohissəciyin radiusu,  $r_h SiO_2$  molekulunu daxilində saxlayan kürənin radiusudur. Məlumdur ki,  $Si$  və  $O$  atomlarının kovalent radiuslarının uzunluqları  $r_1 = 0.111$  və  $r_2 = 0.073$ -dir. Əgər  $(SiO_2)_n$  nanohissəciyinin ölçüsü  $D = 1.01$  nm olarsa, onda  $n$ -i hesablamaq olar. Şəkil 1-dən alarıq:

$$AD = 4 \cdot r_2 = 0.292, CD = 2 \cdot (r_1 + r_2) = 0.368 \quad (1)$$

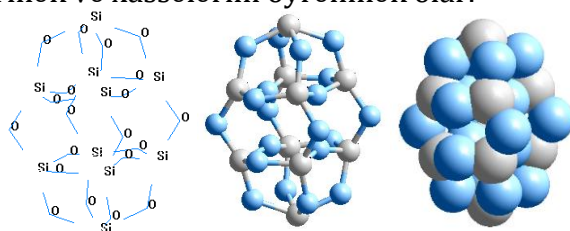
$$r_h = \frac{\sqrt{AD^2 + CD^2}}{2} = 0.235, n = \left(\frac{R}{r_h}\right)^3, n = 9.938 \quad (2)$$



**Şəkil 1.** Nanohissəciyin nəzəri modeli

$SiO_2$  birləşmələrinin sayı  $n \approx 10$  olur və beləliklə nanohissəciyin vizual modelini qura bilərik (şəkil 2). Vizual modeli qurulduqdan sonra nanohissəciyə daxil olan atomların nüvələrinin Dekart koordinatları

məlum olur və kvantmexaniki hesablamalar nəticəsində nanohissəciyin energetik parametrlərinin qiymətlərini hesablamaq, onun stabilliyini müəyyənləşdirmək və xassələrini öyrənmək olar.



**Şəkil 2.**  $(SiO_2)_n$  nanohissəciyin vizual modeli

**Ədəbiyyat:**

1. Həsənov.A.Q., Nanosistemlərin riyazi modelləşdirməsi və komputer hesablaması. / A.Q.Həsənov.-Bakı: "Ləman nəşriyyat poliqrafiya" MMC-2013.-234s

## **BÖLMƏ 5 FİZİKİ ELEKTRONİKA**

### **MSFD FOTODİODLAR ƏSASINDA HAZIRLANAN DETEKTORLARIN QAMMA ŞÜALARA HƏSSASLIĞININ TƏDQIQI**

**Abbasova Ç.Y., Məmmədli A.H.**  
*AMEA, Radiasiya Problemləri İnstitutu*  
*Chichek.1996@gmail.com*

Müasir fizikanın davamlı inkişafında fotoelektron gücləndiricilərin rolu danılmazdır. Həmçinin, paralel olaraq nüvə fizikasında radioaktiv mənbələrin buraxdığı zərrəcik və şüaların enerjisini, növünü və sayını yüksək dəqiqliklə təyin etmək aparılan təcrübələr üçün olduqca vacibdir [1]. Məhz bu məqsədlə, hazırda yarımkeçirici əsaslı fotoelektron gücləndiricilər – yeni tipli mikropikselli selvari fotodiodlar (MSFD) geniş tədqiq edilir. MSFD fotodiodlarının ssintilyatorlu detektorların yaradılmasında istifadə olunması böyük aktualıq qazanmışdır. Silisium əsaslı selvari fotodiodlar və silisium fotomultipləri kimi tanınan hissəciklər detektorlarda geniş istifadə olunur [2].

Silisium əsasında hazırlanan fotoqeydedicilər ilkin olaraq çox saylı foton selinin qeydedilməsindən başlayaraq tək fotonları qeyd etmə həssaslığına qədər təkmilləşdirilmişdir [3]. Heyger rejimində işləyən silisium əsaslı mikropikselli selvari fotodiodlar və onlar əsasında hazırlanmış ssintilyatorlu spektrometrik modullardır. Ssintilyator əsaslı detektorlar ionlaşdırıcı radiasiyanı qeyd etmək üçün istifadə edilən əsas qeydedicilərdən biri sayılır. Bu tip detektorların ənənəvi vakuumlu fotoelektron gücləndiricilərdən fərqli olaraq çox böyük üstünlükləri mövcuddur: kvant effektivliyi (90%), foton qeydetmə effektivliyi (38%), aşağı işləmə gərginliyi (55 V), maqnit sahəsinə həssas olmaması və vibrasiyaya davamlı olması. Ssintilyatorlar işıq çıxışına, maksimal şüalandırdığı fotonun dalğa uzunluğuna, sönmə müddətinə, sıxlığına və digər parametrlərinə görə xarakterizə edilir. Ssintilyasiya çıxışı udulan hər MeV enerjide yaranan fotonların sayını göstərir. Udulan enerjinin miqdarı artdıqca yaranan ssintilyasiya fotonlarının sayı da mütənasib olaraq artır. Ssintilyasiya çıxışı əlavə olaraq aşağıdakı parametrlərdən asılıdır: ionlaşdırıcı şüalanmanın növündən, enerjisindən və mühitin temperaturundan. Ssintilyatorların işıq çıxışı 6000–80000 foton arasında dəyişir. Xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır ki, ssintilyasiya fotonları hesabına itirilən enerji ionlaşdırıcı zərrəciyin itirdiyi enerjinin bir neçə faizini təşkil edir və itirilən enerjinin əsas hissəsi ssintilyator daxilində itir

Təqdim edilən işdə mikropikselli selvari fotodiodlar əsasında hazırlanmış detektorlarda qamma şüasının enerji ayırdetməsinə baxılmışdır. Detektor blokunun qamma şüalara həssaslığını yoxlamaq üçün Cs-137 mənbəsinə istifadə edilmişdir. Bu zaman radioizotopun buraxdığı qamma şüasının

yaratdığı hadisələrin sayı müşahidə edilmişdir. İşdə məqsəd, aşağı gərginliklərdə qamma şüasının qeyd edilməsinin yaxşılaşmasıdır. Ölçmə zamanı gərginliyin qiyməti 56,4 V olmuşdur ki, bu da diodun deşilmə gərginliyindən kifayət qədər kiçik rəqəmdir. Ssintilyator detektorlarının hazırlanması üçün təqdim edilən işdə ssintilyator olaraq qeyri-üzvi LFS-3 ssintilyatoru və selvari fotodiod olaraq MSFD-3NM fotodiodu istifadə edilmişdir. Bu tip detektorlar bir çox təcrübələrdə qamma, beta, alfa və neytron sayğaclarının hazırlanmasında və dozimetrlərin hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. Əhmədov F.İ. Silisium əsaslı mikro-pikselli selvari fotodiodların radiasiya davamlılığının tədqiqi: Fiz.ü.fəlsəfə.dok. dis. Bakı, 2013, 158. s.29-47
2. Sadygov Z., Sadigov A., Khorev S., Silicon photomultipliers: Status and prospects, Phsics of Particles and Nuclei Letters 2020, p160
3. Anfimov N. et.al. Nuclear Instrunents Methods A617, 2010, p 78

## LAYLI n-InSe YARIMKEÇİRİCİ KRİSTALLARINDA MƏXSUSİ FOTOKEÇİRİCİLİYƏ ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ

Mehdiyeva A.N., Babayeva R.F.

Bakı Dövlət Universiteti

aytaj.mehdiyeva28@gmail.com

Təqdim olunan işdə n-InSe monokristallarının fotoelektrik xassələri və optoelektronikada tətbiq imkanları barədə yeni məlumatlar əldə etmək məqsədi ilə onların məxsusi fotokeçiriciliyinə elektrik sahəsinin təsiri tədqiq olunmuşdur.

Ölçmələr MDR-12 tipli monoxromator əsasında yığılmış qurğuda, 77 K-də qaranlıqdakı xüsusi müqaviməti  $2 \cdot 10^4 \leq \rho_{T0} \leq 7 \cdot 10^7 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan müxtəlif kontaktlı nümunələrdə  $T=77 \div 350 \text{ K}$  temperaturalarda və  $10 \div 500 \text{ Lk}$  işıqlanmalarda aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki,  $T > 200 \text{ K}$  olduqda nümunələrin hamısında, eləcə də  $\rho_{T0} \leq 5 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrdə həm də  $T \leq 200 \text{ K}$  oblastında fotokeçiricilik bircins kristal yarımkeçiricilərin fotokeçiriciliyi barədə nəzəriyyələr əsasına qənaətbəxş izah olunur. Lakin  $\rho_{T0} > 8 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrdə  $T \leq 200 \text{ K}$  oblastında zəif işıqlandırılmalarda elektrik sahəsinin nəzərə çarpacaq səviyyədə injeksiya yaradan ( $E_i$ ) qiymətlərində (77 K-də qaranlıqda  $E > E_i \approx 100 \div 120 \text{ V/sm}$ ) fotokeçiricilik spesifik xüsusiyyətlər kəsb edir və həmin xüsusiyyətlərin xarakter və nümayiş olunma dərəcəsi temperaturala yanaşı, həm də işıqlanmadan, elektrik sahəsinin intensivliyindən,  $\rho_{T0}$ -in qiymətindən asılı olaraq dəyişir.  $E < E_i$  olduqda  $\rho_{T0}$  artdıqca, spektrin maksimumu ( $\lambda_m$ ) və qırmızı sərhədi ( $\lambda_{qr}$ ) uzun dalğalar tərəfə sürüşür. Bu halda temperaturun yüksəlməsi ilə spektrin  $\rho_{T0}$ -in qiymətindən asılılığı zəifləyir və  $T > 200 \text{ K}$ -də aradan qalxır.  $\rho_{T0}$ -in qiyməti ən kiçik olan nümunələrdə məxsusi fotokeçiriciliyin lüks-ampere xarakteristikası (LAX) üç ardıcıl - xətti, subxətti və nəhayət, kvazidoyma hissələri,  $\rho_{T0} > 8 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrdə LAX-ın başlangıç hissəsində fotocərəyanın qiymətinin ( $i_{fm}$ ) işığın intensivliyindən ( $\Phi_m$ ) üst göstəricisi ( $\alpha$ ) vahiddən böyük olan ( $\alpha > 1$ ) üstlü qanunla dəyişən asılılığı müşahidə olunur. Bu halda  $\rho_{T0}$ -in qiymətinin artması ilə  $\alpha$ -nın qiyməti 2-dən  $\sim 4 \div 5$ -ə qədər artır. Ən kiçik  $\rho_{T0}$ -ə malik olan nümunələrdə məxsusi fotokeçiriciliyin relaksasiyası prosesləri sürətlidir və  $\rho_{T0}$ -in qiyməti böyüdükcə sönmə prosesi uzunmüddətli xarakter kəsb etməyə başlayır. Bu halda fotokeçiriciliyin relaksasiya müddətinin zaman sabiti zamandan asılı olaraq tədricən böyüyür.  $E > E_i$  olduqda  $E$ -nin artması ilə spektrin maksimumu və qırmızı sərhədi, LAX-ın və kinetikasının gedişi tədricən  $\rho_{T0}$ -in qiyməti ən kiçik olan nümunələrdə müşahidə edilən hala yaxınlaşır.  $\rho_{T0} > 8 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrə zəif işıqlandırılmalarda  $T \leq 200 \text{ K}$  oblastında  $E > E_i$  elektrik sahəsi təsir etdikdə fotokeçiriciliyinin stasionar qiymətinin qərarlaşması və sönməsi üçün lazım olan zaman müddəti böyüyür.  $\rho_{T0} > 8 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrdə  $E \gg E_i$



elektrik sahələrində məxsusi fotokeçiriciliyin qiyməti  $E < E_T$ -dəki qiyməti ilə müqayisədə nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır və qalıq fotokeçiriciliyinin elektrik sahəsi ilə sönməsi baş verir.

$\rho_{T0} > 8 \cdot 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  olan nümunələrdə zəif işıqlandırılma və  $T < 150 \text{ K}$  oblastında alınmış nəticələr bu nümunələrdə müxtəlif tip lokal mərkəzlərlə yanaşı, həm də böyük ölçülü təsadüfi defektlərin olması və injeksiyanın baş verdiyini nəzərə alan model əsasında keyfiyyətə izah edilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы. М., Наука, 1968. 216 с.
2. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.: Наука, 1963. 429 с.
3. Шик А.Я. Фотопроводимость случайно-неоднородных полупроводников. // ЖЭТФ. 1975. Т. 68. Вып. 5. с. 1859-1867.
4. Abdinov Ə.Ş., Mehdiyev N.M. Optoelektronika, Bakı: Maarif, 2005. 410 s.

## **Au(Zn-PVA)-nSi MDY PARAMETRLƏRİNİN TEST SİQNALININ TEZLİYİNDƏN ASILILIĞI**

**Qasımov Y.Ə., Əfəndiyeva İ.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*qyusif177@gmail.com*

Bərk cisim elektronikasının mühüm elementlərindən olan kontakt strukturları arasında Şottki baryerli kontaktlar bir sıra üstünlüklərinə görə geniş istifadə olunur. Son zamanlar metal- polimer-yarımkeçirici strukturları unikal kimyəvi və fiziki xassələrinə görə alimlərin marağına səbəb olmuşdur. Bu baxımdan metal və yarımkeçirici arasında metalla aşqarlanmış polivinil spirt (PVA) təbəqəsinin yerləşdirilməsi, strukturun tutum və keçiriciliyinin test siqnalının tezliyindən asılılığı yeni cihazların yaradılması üçün zəmin yaradır. Müxtəlif metallarla (Co, Ni, Zn və Bi) aşqarlanmış polivinil spirt təbəqələrində keçiricilik hidrogen rabitələr vasitəsilə hidrosil qrup və aşqar atomları arasındakı güclü fiziki qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranır.

Mövzunun aktuallığını nəzərə alaraq, Şottki baryerli Au(Zn-PVA)-nSi kontakt strukturu tədqiq edilmişdir. İmpedans metodu ilə test siqnalının müxtəli tezliklərində (10 kH-1MHz) və sabit gərginliyin (-4÷+4)V intervalında dəyişməsi şəraitində strukturun tutum və keçiriciliyi tədqiq edilmişdir. Au(Zn-PVA)-nSi üçün alınmış tutum və keçiriciliyin gərginlikdən asılılığı, müvafiq olaraq  $C - V$  və  $G - V$  xarakteristikalarının və bir sıra parametrlərin tezlikdən asılılığını aşkar etmişdir. Məlum olmuşdur ki, yüksək tezliklərdə (>500kHz) Au(Zn-PVA)-nSi kontakt strukturunun tutumu və keçiriciliyi tezlikdən asılı deyil. Bu fakt ayrılma sərhədində səth hallarının mövcud olmasını və yenidən yüklənməsini bildirir. Eyni zamanda aşkar olunur ki, səth halları yüksək tezliklərdə test siqnalını izləyə bilmir.

### **Ədəbiyyat:**

1. И.Ю.Просанов, Н.Ф.Уваров. Электрические свойства дегидратированного поливинилового спирта. ФТТ, 2012, том 54, вып. 2, стр. 393- 397.
2. L.Reddy P, K. Deshmukh et al. Dielectric properties of polyvinyl alcohol (PVA) nanocomposites filled with green synthesized zinc sulphide (ZnS) nanoparticles. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(1–13), DOI: 10.1007/s10854-019-00761-y.
3. N. Baraz, İ.Yücedağ et al. Determining electrical and dielectric parameters of Al/ZnS-PVA/p-Si (MPS) structures in wide range of temperature and voltage. Journal of Materials Science: Materials in Electronics | Issue 15/2018

## OKSİGENİN VƏ $\text{LiNbO}_3$ -NİN SPONTAN POLYARLAŞMASININ $\text{PbTe}$ TƏBƏQƏLƏRİNİN KEÇİRİCİLİYİNƏ TƏSİRİ

Sərməsov S.N., Əhmədova A.B.

Bakı Dövlət Universiteti

Ssarmasov@rambler.ru

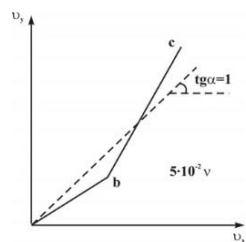
Məlum olduğu kimi  $\text{PbTe}$  üçün oksigen akseptor səviyyələri yaradır və bu səbəbdən də texnoloji oyuqda vakuum alındıqda atmosferin qalığ qazları arasında oksigenin miqdarı  $\text{PbTe}$  göyərən təbəqəsinin keçiricilik tipini təyin edir.

Bizim təcrübələrdə bütün texnoloji proses boyunca qalığ qazların təzyiqi  $2 \cdot 10^{-6} \text{mm.c/st.}$  olaraq sabit saxlanılmışdır. Belə şəraitdə molekulyar dəstənin intensivliyi və buna görə də təbəqənin göyermə sürəti  $\vartheta_k$  –nin artması  $\text{PbTe}$  təbəqəsinin keçiricilik tipini dəyişdirmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, göyermə sürəti  $\vartheta_k \leq 0.1 \text{nm/san}$  olduqda  $p$ -tip keçiriciliyə malik,  $\vartheta_k > 0.1 \text{nm/san}$  olduqda isə  $n$ -tip  $\text{PbTe}$  təbəqələri göyərir. Keçiricilik tipi  $\text{O}_2$  molekulunun udulma dərəcəsi, göyərən təbəqə dissosiasiyası və diffuziyası ilə müəyyənləşir.  $p$ -tip nümunələrin keçiriciliyin artması göyərilmə sürəti kiçildikdə və oksigenlə təminat doyma dərəcəsinə çatdıqda baş verir. Elektron keçiriciliyinə malik  $n$ -tip  $\text{PbTe}$  təbəqələrində isə oksigenin iştirakı sərbəst yükdaşıyıcıların kompensasiyasına səbəb olduğundan elektrik keçiriciliyi kiçilir.

$\text{PbTe}$  təbəqəsinin göyərilmə prosesində keçiriciliyinin dəyişməsi şəkildə təsvir olunduğu kimi kiçik  $\vartheta_k$  sürətlərində  $ab$  xətti üzrə, böyük  $\vartheta_k$  sürətlərində  $bc$  xətti üzrə baş verir. Burada  $X$  oxu mənfi polyarlaşma vektoruna malik  $\text{LiNbO}_3$  altlıqlarında alınmış təbəqələrə,  $Y$  oxu isə müsbət polyarlaşma vektorlu domenlərə malik  $\text{LiNbO}_3$  altlıqlarında alınan təbəqələri nümayiş etdirir. Şəkildəki  $b$  nöqtəsinə çatdıqda göyərilmə sürəti 10 dəfə artırılmış bu da dərhal özünü göstərmiş və nümunələrin keçiricilik tipi dəyişərək  $p$  tipdən ( $\text{tg}\alpha < 1$ )  $n$ -tipə ( $\text{tg}\alpha > 1$ ) keçmişdir.

Bizim nəticələr [1] işi ilə müqayisəli təhlili aparılmışdır. Göstərilən işdə alınan  $\text{PbTe}$  təbəqələri əvvəl havada saxlanılmış və otaq temperaturunda təzyiqin azalması ilə keçiriciliyin dəyişməsi tədqiq olunmuşdur. Elektrik keçiriciliyində baş verən dəyişikliklər adsorbsiya olunmuş oksigenin təbəqənin səthindən sorularaq ayrılması ilə izah olunur.

Oksigen  $\text{PbTe}$  təbəqəsinin kristal dənəciklərinin sərhədləri boyunca diffuziya etsə də sərbəst yükdaşıyıcıların hərəkət etməsi üçün heç bir potensial çəpər yaradılmasına səbəb olmurlar. Əks halda diffuziya prosesində keçiriciliyin nəzərəcarpacaq azalması baş verərdi. Şəkildən görünür ki, göyərilmə sürətinin kiçik qiymətlərində ( $\vartheta_k = 0.1 \text{nm/san}$ ) alınan  $\text{PbTe}$  təbəqələri  $p$ -tip elektrik keçirməyə malik olurlar və bu tip keçiricilik təbəqənin qalınlığı 100nm qiymətinə qədər dəyişmir. Bu səbəbdən şəkildə təsvir olunan



ikikoordinatlı özüyazanda alınan nəticə ( $tg\alpha < 1$ )-ə uyğun gəlir. Yalnız buxarlanma sürətini artırdıqda meyl bucağının qiyməti dəyişərək ( $tg\alpha > 1$ ) olur. Sonuncu halda alınan təbəqə  $n$ -tip keçiriciliyə malik olur. Hər iki halda olan təbəqələrin qalınlığı artdıqca keçiricilik tipi saxlanılmaqla elektrik keçiriciliyi artır. Alınan nəticə oksigenlə aşqarlanma nəticəsində PbTe nazik təbəqələrində yükdaşıyıcıların hərəkəti üçün potensial çəpərin yaranmamasını nümayiş etdirir. Başqa sözlə oksigen atomları PbTe təbəqələrinin bütün həcmi boyu bərabər paylanır. Bu nəticələr PbTe nazik təbəqələrinin alınması prosesində onun keçiricilik tipinin oksigenlə tənzimlənməsinin mümkünlüyünü nümayiş etdirir.

**Ədəbiyyat:**

1. Simone Sanna and Wolf Gero Schmidt. LiNbO<sub>3</sub> surfaces from a microscopic perspective // 2017 J. Phys.: Condens. Matter 29 413001

## **ELECTRICAL PROPERTIES OF Mo/p-CuInSe<sub>2</sub>/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te/SnO<sub>2</sub> HETEROSTRUCTURES**

**Baxtiyarli E.R., Mamedov H.M.**

*Baku State University*

*elvinb18104@sabah.edu.az*

Polycrystalline thin-film solar cells such as CuInSe<sub>2</sub> (CIS), and Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te compound semiconductors are important for terrestrial applications because of their high efficiency, long-term stable performance and potential for low-cost production. In this research, the numerical values of optics and electrical properties of these heterojunctions obtained by electrochemical deposition and spray pyrolysis method are compared.

Actually, Mo/p-Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> and Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te heterojunction solar cells grown on rigid (glass) or flexible foil substrates require p-type absorber layers of optimum optoelectronic properties and n-type wide-bandgap partner layers to form the p-n junction for high efficient. Transparent conducting oxide and specific metal layers are used for front and back electrical contacts. The scanning electron microscopic images of the samples show nano-rod type structures of CIS grains which single CuInSe<sub>2</sub> phase is observed in the 280 nm films at 523 K. The elemental composition of Cu:In:Se approaches 1:1:2 in 280 nm thick samples. The ratio, however, deviates in the 775 nm thick films. However, comparatively higher band gap ( $E_g$ ) values from 1.25 to 1.90 eV are observed for 280 nm films with high absorption co-efficient ( $10^5 \text{ cm}^{-1}$ ) values.

CuInSe<sub>2</sub> chalcopyrite material has been widely used as an absorber layer in the solar cells structure due to its direct band gap ( $E_g=1.04 \text{ eV}$ ), high absorption coefficient value radiation-resistant behaviour and large minority carrier diffusion length. Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te (CZT) solid solutions are perspective alternative absorption materials to Cu(In, Ga)Se<sub>2</sub> in the tandem solar cells having the band gap value of  $E_g=1.1 \text{ eV}$ . The appealing advantage of CZT compound is the variation of band gap by changing the zinc concentration. The optimal CZT solid solution with  $E_g=1.7 \text{ eV}$  can be obtained at the chemical composition of  $x=0.2$ .

To achieve the best working characteristics of devices, ZnO, CZTS, and CZT films must have the single-phase structure with large coherent domain sizes (CDS)  $L$ , low levels of microdeformations  $\epsilon$ , microstresses  $\sigma$ , dislocation concentrations  $\rho$ , and well-controlled elemental composition. In this case, photoelectric properties of these structures were investigated depending on the  $x$ ,  $y$  and thermal annealing regime.

### **References:**

1. Moualkia H., Rekhila G., Izerrouken M., Mahdjoub A., Trari M. Materials Science in Semiconductor Processing 21, 186 (2014)
2. Huseyn M. Electrical and Photoelectrical Properties of Electrochemically Fabricated SnO<sub>2</sub>/Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>S/CdTe Solar Cells, Semiconductors, 40 (12), 1476–1478, 2006

## **n-InSe<Er> LAYLI YARIMKEÇİRİCİ KRİSTALLARINDA ELEKTRİK SAHƏSİ İLƏ İNDUKSIYALANMIŞ AŞQAR FOTOKEÇİRİCİLİK**

**Məhərrəmli D.M., Babayeva R.F.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*meherremlidilare12345@gmail.com*

Təqdim olunan işdə erbiumla (Er) aşqarlanmış laylı n-InSe kristallarında kombinə olunmuş həyəcanlaşdırılma hesabına baş verən elektron hadisələrindən böyük elmi və praktiki marağa malik olan birinin-elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin əsas xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur. Ölçmələrdə şəkli dəyişdirilmiş Bricmen üsulu ilə göyərdilmiş təmiz və  $N_{Er}=10^{-5} \div 10^{-1}$  at.% aralığında müxtəlif miqdarlarda Er-la aşqarlanmış iri ölçülü monokristal n-InSe külçələrindən kəsilmiş nümunələrdən istifadə olunmuşdur. Cərəyan kontaktları kristalın təbii layları, yəni (001) müstəvisi boyunca eninə ölçüləri  $6.0 \times 6.0$  mm<sup>2</sup>, laylara perpendikulyar, yəni "C" oxu istiqamətində qalınlığı isə  $0.250 \div 0.350$  mm-dən böyük olmayan düzbucaqlı paralelepiped şəkilli nümunələrin təzə kəsilmiş iki qarşı üzündə gümüş məcunu, yaxud da indiumla yaradılmışdır. Ölçmələr MDR-12 tipli monoxromator əsasında yığılmış qurğuda  $T=77 \div 300$  K, işığın dalğa uzunluğunun  $0.35 \div 4.00$  mkm və intensivliyinin  $5 \cdot 10^2$  Lk-ə qədər olan qiymətlərində aparılmışdır. Ölçmələr zamanı nümunədən axan elektrik cərəyanı onun təbii layları boyunca, tədqiq olunan nümunənin üzərinə düşən işıq dəstəsi

Müəyyənləşdirilmişdir ki, nümunələrin hamısında daxil edilən Er-un miqdarından asılı olmayaraq, elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiricilik yalnız  $T < 150$  K-də yaranır və onun işıq və spektral xarakteristikaları, eləcə də kinetikasi nümunəyə daxil edilmiş Er aşqarının miqdarından qeyri-monoton şəkildə asılıdır. Aşqarın təsiri ilə baş verən ən böyük dəyişmə isə  $N_{Er} = 5 \cdot 10^{-4}$  at.% olduqda müşahidə edilir.

İndium-selen yarımkeçiricisinin quruluş və fiziki xassələrinə, eləcə də ümumiyyətlə yarımkeçiricilərdə kombinə olunmuş elektron hadisələrinə dair mövcud məlumatları nəzərə almaqla aparılan statistik təhlil əsasında həyata keçirdiyimiz təcrübi ölçmələrdə əldə etdiyimiz nəticələrin keyfiyyətə elmi izahı verilmişdir. Göstərilmişdir ki, tədqiq olunan təmiz və Er-la aşqarlanmış laylı quruluşlu n-InSe yarımkeçiricisinin nümunələrində elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiricilik həmin kristalların qadağan olunmuş zonasındakı dayaz tutma mərkəzlərinin injeksiya olunmuş yükdaşıyıcılarla qeyri-taraz dolub, aşqar udma oblastından olan işığın təsiri altında boşalması ilə, daha doğrusu, kombinə edilmiş həyəcanlaşma ilə bağlıdır. Bu zaman baş verən generasiya-rekombinasiya prosesləri nümunənin üzərinə düşən aşqar işığın zəif intensivliklərində monomolekulyar, böyük intensivliklərində isə bimolekulyar rekombinasiya təbiətlidir. Əldə olunmuş təcrübi nəticələrin kristal yarımkeçiricilərdə fotoelektrik hadisələrinin mövcud nəzəriyyəsi

kənara çıxmaları - aparılan ölçmələrdə istifadə etdiyimiz nümunələrdə təsadüfi xarakterli makroskopik defektlərin (TMD) mövcudluğu ilə, həmin nəticələrin nümunəyə daxil edilmiş erbium aşqarının miqdarından asılılığı isə  $N_{Er}$ -in qiymətindən asılı olaraq, nümunələrdəki TMD-in elektron proseslərinə təsirinin dəyişməsi ilə bağlıdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы. М., Наука, 1968. 216 с.
2. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.: Наука, 1963. 429 с.
3. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979. 416 с.
4. Abdinov Ə.Ş., Mehdiyev N.M. Optoelektronika, Bakı: Maarif, 2005. 410 s.

## **SƏTHİ POTENSİAL ÇƏPƏRLİ MYK-DA ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏSİ**

**Aslanova Ə.R., Babayeva L.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aslanova78@hahoo.com, leylababayeva555@gmail.com*

Real MYK-da baş verən elektron proseslərinin nanotexnologiyanın inkişafını təmin edən müasir skanlayıcı zond mikroskopiyaya (SZM) üsulları ilə aparılan geniş tədqiqindən tam aydın oldu ki, müəyyən konfigurasiyaya və həndəsi ölçülərə malik real kontakt səthi praktiki olaraq həmişə elektron emissiyası baxımından qeyri-bircins olur və burada əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır. Eyni zamanda, bilavasitə SZM ölçmələrlə müəyyən edilmişdir ki, real MYK-da kontaktın sərhəd səthi və ona toxunan metal və yarımkeçiricinin sərbəst səthləri arasında kontakt-potensiallar fərqi yaranır. Bu səbəbdən də, kontakt periferiya boyunca əhatə edən və qismən də yarımkeçiricinin fəal kontaktlı hissəsinə daxil olan ƏES əmələ gəlir. Müəyyən edilmişdir ki, ƏES-nin təsiri ilə səthi potensial çəpərli (SPÇ) MYK-nin kontaktı ətrafında yarımkeçiricinin səthində şalqavari sahədə potensial kəskin dəyişir. SPÇM-nın kontakt oliametri 15 mkm-dən 100 mkm-ə qədər dəyişdikdə ƏES-nin təsiri ilə kontakt ətrafında yaranan potensial halqasının eni təqribən 2 mkm-dən 10 mkm-ə qədər artır və yarımkeçiricinin sərbəst səthindən kontakt səthinə qədər potensial təqribən 500 mkm-ə kimi azalır.

Real MYK-da kontakt səthinin qeyri-bircinsliyi və onun təmasda olduğu metal və yarımkeçiricinin sərbəst səthləri ilə məhdudlanması hesabına əmələ gələn ƏES, həm potensial çəpərin formalaşmasında, həm də onunla əlaqədar olan mühüm elektron proseslərində fəal iştirak edir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Мамедов Р.К. Контакты металл-полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.
2. Mamedov R.K., Aslanova A.R. 2019, v.136, p.10622



## **THE EFFECT OF DEPOSITION REGIME AND THERMAL ANNEALING IN DIFFERENT MEDIUMS ON ELECTRICAL AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF NANOTEXTURED-p-Si/Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S(Se) HETEROSTRUCTURES**

**Mammadov H.M., Rasulova A.R., Piriyeva D.N.**

*Baku State University, Physics Faculty, Department of Physical Electronics  
rasulovaaida17@gmail.com, dilara.piriyeva@bsu.edu.az*

Summary: In this study, the effect of deposition regime and thermal treatment in different mediums on the electrical and photoelectric properties of nanotextured-p-Si/Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S(Se) heteroconductors was studied.

Heterostructures were prepared by electrochemical deposition of Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S(Se) thin layers of aqueous solution on the surface of Al/p-Si substrates with a pyramidal texture on the surface. Immediately after the deposition, all components of p-Si/A<sup>III</sup>B<sup>VI</sup> type heterojunctions show rectification properties. The best rectification ( $k = 60$ ) is observed in heterojunctions based on thin layers of  $x = 0.6$ , which indicates the compatibility of the lattice parameters of p-Si with those thin layers. With the addition of Zn, decreasing of the rectification factor is observed, however with the addition of Zn, the increase in band gap increases the difference in contact potentials in the p-Si/Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S heterojunctions and decreases the difference in conductive zones in the transition zone (in thin layers with  $x = 0.8$  ( $E_c = 2.22$  eV, in contact with CdS and Si ( $E_c = 2.7$  eV), which increases their applicability in solar energy converters (flexible solar panels). The components  $x = 0.6$  and  $0.7$  of the thin layers of Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>0.9</sub>Se<sub>0.1</sub> show the best rectification at the electrical contact with p-Si ( $k=1800$ ). The dependence of the photoelectric properties of thin films on the quantitative composition, electrochemical deposition potential and the thermal treatment medium of the thin layers of Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S(Se) over a wide range of wavelength (0.3-1.4  $\mu\text{m}$ ) has also been studied. The photosensitivity of the spectrum increases sharply, and the oscillations of the photocurrent disappears, and the heterojunctions exhibit maximum photosensitivity in the short-wavelength range of the spectrum of heterojunctions obtained in the definite values of the deposition potential for a thin layer of a given composition.

### **References:**

1. Jafarov M.A., Mamedov H.M., Nasirov E.F. Photosensitivity Heterojunction C-Si/Porous-Si/ZnCdS, Madridge Journal of Nanotechnology&Nanoscience, Volume 4, Issue 1, 1000125, p.123-126;
2. Perkins C, Hasson F. Surfactant-Assisted Growth of CdS Thin Films for Photovoltaic Applications, J. Vac. Sci. Tech. A Vacuum Surfaces and Films, 2006, 24(3), p.497-504.

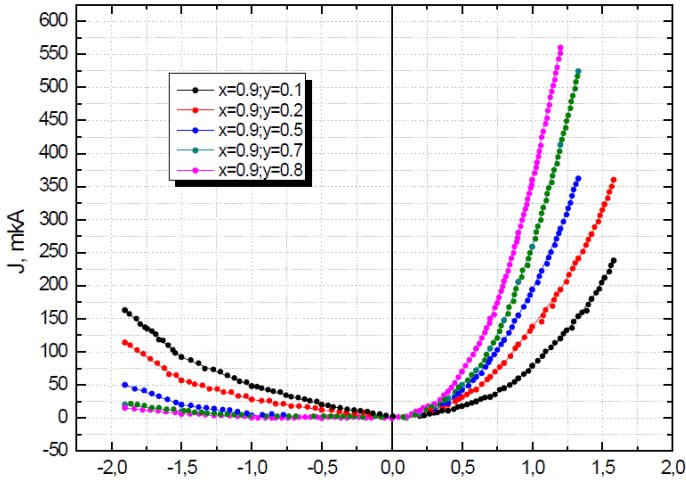
## NAZİK TƏBƏQƏLİ p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> HETEROKEÇİDLƏRDƏ CƏRƏYAN DAŞINMA MEXANİZMİ

Məmmədov V.U.

Bakı Dövlət Universiteti

mammadovv@gmail.com

Tədqiq edilən "sendviç" quruluşlu p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> heterokeçidləri sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə hazırlanmışdır. Omik kontakt olaraq GaAs təbəqələri üzərinə Al, kontakt təbəqəsi Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> üzərinə isə In çəkilmişdir. Müəyyənləşdirilmişdir ki, hazırlanmış heterokeçidlər bilavasitə çökdürmədən sonra artıq düzləndirmə xassəsinə malikdir (şəkil 1) və düzünə (buraxma) istiqaməti GaAs təbəqələrində xarici gərginliyin müsbət qütübünə uyğun gəlir. Eyni zamanda aşkar edilmişdir ki, düzləndirmə əmsalının, şunt və ardıcıl müqavimətlərin qiymətləri Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələrinin faizcə tərkibindən asılı olaraq dəyişir. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S nazik təbəqələrinə az miqdarda selenin əlavə olunması, heterokeçidlərin düzləndirmə xassəsinə nəzərəcarpacaq dərəcədə yaxşılaşdırır.



Şəkil 1. p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> heterokeçidlərinin bilavasitə çökdürmədən sonra qaranlıq VAX-ı

Nisbətən kiçik ( $U \leq 0.3-0.5$  V) düzünə gərginliklərdə bilavasitə çökdürülmədən sonra (termik işlənməyə uğradılmazdan əvvəl) heterokeçidlərin VAX eksponensial qanuna tabedir:

$$I = I_0 \exp\left(\frac{eU}{\beta kt}\right)$$

Burada,  $I_0$  – əksinə istiqamətdə doyma cərəyanı,  $e$  – elektronun yükü,  $k$  – Bolsman sabiti,  $T$  – temperatur,  $\beta$  – tədqiq olunan struktura məxsus VAX-ın qeyri-ideallıq əmsalındır və müxtəlif tərkibli nazik təbəqələr əsasında hazırlanmış strukturlar üçün 300 K-də 20-3.5 intervalında dəyişir. Bu isə ona dəlalət edir ki, cərəyanın daşınması tunel-rekombinasiya mexanizminə tabedir.

**Ədəbiyyat:**

1. Kask E., Raadik T., Grossberg M., Josepson R., Krustok J. Deep defects in Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> monograin solar cells //Energy Procedia, 2011, v.10, Bayhan H, Kavasoglu A S., Admittance and Impedance Spectroscopy on Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Solar Cells// Turk J Phys, 2003, v.27, p. 529-535

## ELEKTROKİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ ÜSULU İLƏ $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ BƏRK MƏHLULLARININ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASI

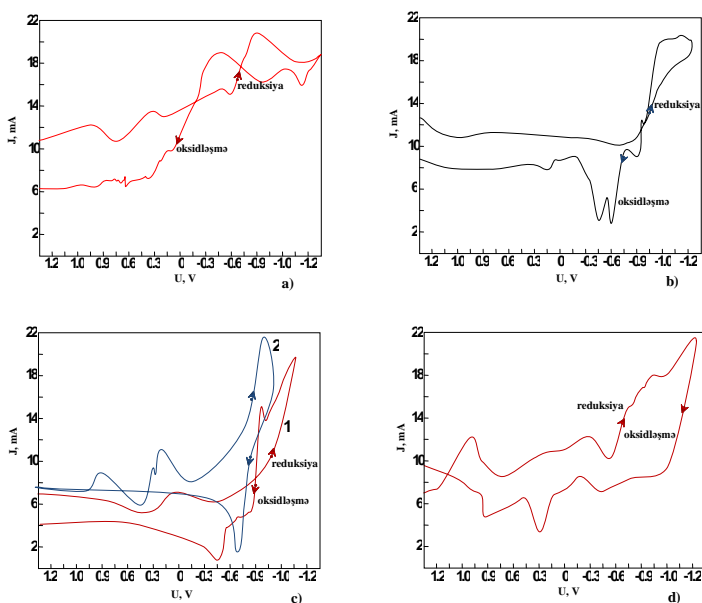
Məmmədov V.U.

Bakı Dövlət Universiteti

mammadovv@gmail.com

İşdə  $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$  bərk məhlullarının nazik təbəqələrinin alınmışdır. Təbəqələrinin alınmasında reaksiya maddəsi olaraq yüksək kimyəvi təmizliyə malik  $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$  kadmium ( $\text{CdCl}_2$  və ya  $\text{CdSO}_4$ ), sink ( $\text{ZnCl}_2$  və ya  $\text{ZnSO}_4$ ), kükürd ( $\text{Na}_2\text{S}$  və ya  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) və tellur ( $\text{TeO}_2$ ) duzlarının sulu məhlulundan istifadə edilmişdir.

$n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$  nazik təbəqələrinin alınması üçün əvvəlcə istifadə olunan uyğun məhlulların komponentlərinin, sonra isə  $\text{CdCl}_2 + \text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{Se}_2\text{O}_3$  duzları qarışığının sulu məhlulunun tsiklik voltamoqrammaları çəkilmişdir (şəkil 1).



**Şəkil 1.** 0.025M  $\text{CdSO}_4$  (a), 0.075M  $\text{ZnSO}_4$  (b), 0.08M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (c1), 0.02M  $\text{TeO}_2$  (c2) məhlullarının və hər üç məhlulun qarışığının (d) otaq temperaturunda tsiklik volt-ampere xarakteristikası

Tsiklik voltamoqrammalar xarici gərginliyin ( $-1.2 \div +1.2$ ) V intervalında həyata keçirilmişdir. Xarakteristikaların ölçülməsi əvvəlcə katoda tətbiq edilən xarici gərginliyin mənfi, sonra isə müsbət qiymətlərində xarici gərginliyin iki müxtəlif istiqamətlərində aparılmışdır.

İşdə tsiklik voltamoqrammaların tədqiqi üsulu ilə  $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$  nazik təbəqələrinin müxtəlif tərkiblərdə alınması üçün çökdürmə gərinliyinin optimal qiyməti müəyyən edilmişdir

Məhlulun temperaturuna və reaksiyanın davam etmə müddətinə nəzarət etməklə 0.2-11 mkm qalınlıqlı  $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$  nazik təbəqələri alınmışdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Paunovic M., Schlesinger M. Fundamentals of electrochemical deposition // John Wiley & Sons, Inc., - 376 p.(2nd edition), 2006
2. Henríquez R., Gómez H., Riveros G. ets. Electrochemical Deposition of ZnSe from Dimethyl Sulfoxide Solution and Characterization of Epitaxial Growth// J. Phys. Chem. B, v. 108 , № 35, p. 13191–13199, 2004
3. Murali K R., Austine A. Deposition of  $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Se}$  films by brush electrodeposition and their characteristics // Chalcogenide Letters, v. 6, № 1, p. 23 – 28, 2009

## **PLAZMA BUXARLANDIRMA METODU İLƏ MÜRƏKKƏB BİRLƏŞMƏLƏRİN NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASINDA BAŞ VERƏN FİZİKİ PROSESLƏR**

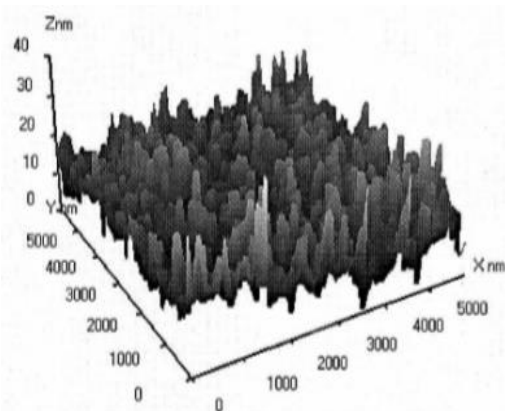
**Ramazanova X.Q., Davudov B.B., Hüseynov T.X.**

*Bakı Dövlət Universitet*

*benyameddin@gmail.com, htarlan@mail.com,*

*ramazanovabike333@gmail.com*

Hazırda bir çox müasir mikroelektron cihazların əsasında sillenit strukturlu birləşmələrin nazik təbəqə halında olan aktiv elementləri durur. Bu, onların bir sıra praktiki əhəmiyyətli xassələrə - geniş diapazonda şəffaflığa, yüksək elektrooptik, fotokeçiricilik, yaddaş xassələrinə və eyni zamanda böyük xüsusi müqavimətə malik olması ilə əlaqədardır [1]. Bu işdə bismut germanatın ( $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ) nazik təbəqəsini formalaşdırmaq üçün [2, 3] işlərində ətraflı şərh olunmuş İmpuls Buxarlanma Metodundan (İBM) istifadə olunmuşdur. Bu metodun mahiyyəti qısaca aşağıdakıdan ibarətdir. İmpuls plazma buxarlandırıcısı bir-birindən izolyatorla məsələn, kvarsla və ya ftoroplastla ayrılmış koaksial elektrodlar sistemindən ibarətdir. Elektrik boşalma aralığı buxarlandırılan maddələrdən ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$  və ya  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ), elektrodlar isə təmiz bismutdan hazırlanır. Boşalma, alışdırıcı elektroda yüksək voltlu gərginlik impulsu verməklə alışdırılır. Qida mənbəyi olaraq 200 mF-lıq kondensator batareyası götürülmüşdür. Boşalma cərəyanı  $I=4.5$  kA ( $U=1000$ ), onun davametmə müddəti isə  $\tau=200$  mks olmuşdur. Buxarlandırıcıların elektrodları ilə kontaktda olan dielektrik və yarımkeçirici materiallar onların səthində baş verən səth boşalması nəticəsində yaranan plazma selinin təsirinə məruz qalır ki, bu da onların dağılmasına, buxarlanmasına və nəhayət plazmaya çevrilməsinə səbəb olur. Formalaşan bismut germanatın nazik təbəqələri yüksəkəmlü təbəqələrdir. Bunların səth müqaviməti  $10^9$  Om/kvadrat-a çatır. Təbəqələrin maksimal spektral həssaslığı 0.9-1 mkm intervalında yerləşir. Bu təbəqələrin atom mikroskopu ilə tədqiqi göstərir ki, təbəqələr demək olar ki, bütün səth boyunca eyni struktura malik olub, 60-70%-i 60-100 nm ölçülü nanohissəciklərdən təşkil olunmuşdur (şəkil 1).



**Şəkil 1.** Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> nazik təbəqəsinin atom mikroskopu ilə çəkilmiş quruluşu

Bismut silikatın nazik təbəqələrinin elektronqrafik tədqiqatı göstərir ki, bunlar kubik polikristal quruluşa malikdir. 150-200°C-yə qədər qızdırıldıqda isə elektronqramlar üzərində nöqtələr əmələ gəlir, yəni monokristal quruluşa keçir.

**Ədəbiyyat:**

1. Ковтонюк Н.Ф. Электронные элементы на основе структур полупроводник-диэлектрик. М., Энергия, 1976. 184с.
2. Давудов Б.Б., Исламов Ф. Ш. Изв. АН Аз. ССР, сер. физ-тех. и мат. наук, №4, 1982, с.84.
3. Давудов Б.Б., Мамедов Н. А. Известия БДУ, сер. физ.-мат. наук, №1, 2009, с.173.

## CİVƏ BUXARININ ELEKTRİK BOŞALMASINDA İKİQAT ELEKTRİK TƏBƏQƏLƏRİ

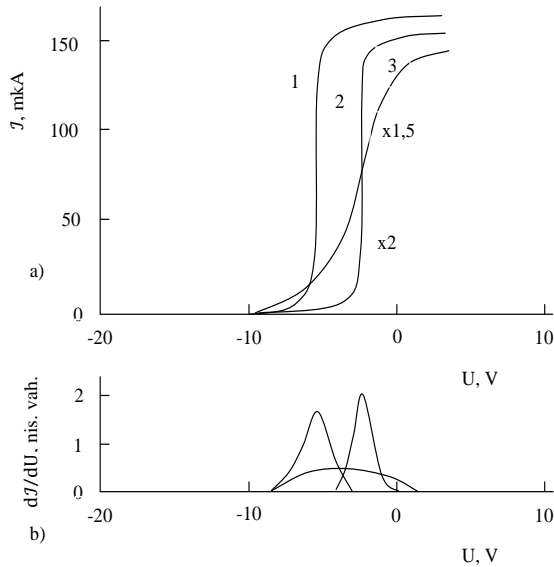
**Quluzadə S.B., Hüseynov T.X.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*sevinc.quluzade2000@gmail.com*

İon cihazlarında təsirsiz qazlarda və civə buxarı ilə onların qarışıqlarında qeyri-bircinslik olan yerlərdə ikiqat elektrik təbəqələri yaranır. Onunla yanaşı Yer in ionosfer təbəqəsində də həmin təbəqələr mövcuddur. Odur ki, ikiqat elektrik təbəqələrin öyrənilməsi hal-hazırda da aktualdır.

İkiqat elektrik təbəqəsinin mövcud olması üçün bağlı elektronların rolu böyük olduğundan, onların xassələrini, yaranma səbəblərini, enerji spektrini, yüklü zərrəciklərin konsentrasiyasını və b. parametrlərini öyrənmək lazımdır. Təcrübi şərait elə seçilir ki, bütün plazma dəstəsi uzununa maqnit sahəsində yerləşdirilir. Bu halda elektronlar maqnitlənir, ionlar isə - maqnitlənmiş. Odur ki, maqnitlənmiş elektronlar radial istiqamətdə boşalma borusunun divarlarına gedə bilmir. Ox istiqamətində ikiqat elektrik təbəqəsi oblastında mövcud olan potensial çəpər elektronların katod tərəfə keçməsinə mane olur.



**Şəkil 1.** a) kollektor cərəyanının ikinci torun potensialından asılılığı: 1 -  $J_a = 300\text{mA}$ ,  $U_a = 4,8\text{ V}$ ; 2 -  $J_a = 300\text{ mA}$ ,  $U_a = 2\text{ V}$ ; 3 -  $J_a = 300\text{mA}$ , orta potensial; b) kollektor cərəyanının birinci tərtib törəməsinin ikinci torun potensialından asılılığı.

Çoxtorlu analizatordan istifadə edərək, anod potensial düşgüsündə ikiqat elektrik təbəqəsi oblastında plazma dəstəsində potensial çəpərin hündürlüyünü təyin etmək olar. Baxdığımız sistemdə civə buxarının təzyiqi  $10^{-4}$



<sup>5</sup> Tor, maqnit induksiyasının qiyməti isə  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Tl bərabər olmuşdur. Ləngidici potensialı dəyişməklə, kollektordakı cərəyanın ikinci torun potensialından asılılığı ölçülmüşdür. İki müxtəlif potensial səviyyəsi üçün ölçülmüş xarakteristikalar şəkil 1, a və b-də göstərilmişdir. Ölçmə prosesi ilə yanaşı 1 saniyədəki impulsların sayı da qeyd edilir. Ölçmələrdən məlum olmuşdur ki, potensialın hansı səviyyədə olmasından asılı olmayaraq, potensialın yüksək səviyyəsinə daha kiçik kollektor cərəyanı və elektron konsentrasiyası uyğun gəlir. Həmin şəkildə ikinci torun potensialından asılı olaraq, kollektordakı cərəyanının orta qiymətinin dəyişməsi də göstərilir (şəkil 1 a-da 2-ci əyri). Şəkil 1 b-də aşağı hissədə ölçülən xarakteristikaların birinci tərtib törəmələri təsvir olunur. Potensial çəpərin hündürlüyü xarakteristikaların birinci tərtib törəmələrinin maksimumlarından təyin edilmişdir ( $3 \div 6$  V). Ölçülmüş ayrılardan görünür ki, xarakteristika bir az yastılanır, potensial çəpərin orta hündürlüyünü təyin etmək isə çətinləşir.

**Ədəbiyyat:**

1. Гусейнов Т.Х. Распределение потенциала и функции распределения электронов по энергиям в двойном слое в плазме ртутного разряда // Научный вестник НЛТУ Украины, 2015, в. 25, № 8, с.371-378.

## **BÖLMƏ 6 FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI**

### **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВВЕДЕНИЕ ПОНЯТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА В ШКОЛЕ**

**Гусейнова С.Ф.**

*Бакинский Государственный Университет  
sevkat.92@mail.ru*

На современной ступени развития физической науки электрический заряд принимают за свойство элементарных частиц. Наличие электрического заряда у тела или частицы, как известно, проявляется в том, что они ведут себя определенным образом – взаимодействуют с другими заряженными телами (частицами). «Электрический заряд - свойство частиц материи или тел, характеризующее их взаимосвязь с собственным электромагнитным полем, - имеет условно два вида, известные как положительный заряд (заряд протона, позитрона и др.) и отрицательный заряд (заряд электрона и др.); количественно определяется по силовому взаимодействию тел, обладающих электрическими зарядами». Понятие электрического заряда можно формировать только совместно с понятием электромагнитного поля и наоборот. Если рассмотреть электрический заряд и связанное с ним поле в различных системах отчета, то в случае равномерного движения заряда можно найти такие инерциальные системы отсчета, где есть либо электрическое поле, либо и электрическое, и магнитное. В случае неравномерного движения его поле всегда будет электромагнитным, одновременно будут существовать и действовать и электрическое, и магнитное поля. Таким образом, для описания электромагнитных явлений существен выбор системы отсчета. Электрический заряд абсолютен (инвариантен) – он не зависит от выбора системы отсчета. В настоящее время экспериментально доказано существование этого факта. Хорошо известна электрическая нейтральность атомов и молекул. Заряды электронной оболочки атома и ядра в точности равны друг другу, но характер движения электронов и ядер атомов совершенно различен. Кроме того, при химических превращениях движение электронов в оболочках атомов изменяется. Для введения понятия об электроны показывают делимость и дискретность электрического заряда. Делимость заряда ясна из простейших опытов перетекания заряда с одного заряженного тела на другое, незаряженное. Эти опыты осуществимы в школе, и школьники хорошо понимают их сущность. Все это делается еще в базовом курсе физики. Дискретность же электрического заряда была доказана опытами, которые в школе осуществить нет возможности. Речь идет об опытах Иоффе и Милликена.

По программе общеобразовательной школы фигурировал длительное время именно опыт Иоффе - Милликена. Вопрос об опыте ИоффеМилликена необходимо проанализировать, так как в науке такого опыта не было, а известны, отдельно опыт Иоффе и опыт Милликена. В средней школе в простейшем и доступном виде разъясняют опыт, содержащий элементы этих двух опытов.

**Литература:**

1. Теория и методика обучения физике в школе, Общие вопросы / Каменецкий С.Е., **Пурьшсва Н.С.**, Важеевская Н.Е., 2000.
2. Orucov A.K. Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. Ləman nəşriyyatı.s.214

## **ELEKTROMAQNİT HADİSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNDƏ "KLASSİK ELEKTROMAQNİT NƏZƏRİYYƏSİ" NİN ƏHƏMİYYƏTİ**

**Rəhimov R.Ş., Mehdizadə A.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aytacmehdizade123@gmail.com*

Elektromaqnit hadisələri orta məktəbdə tədrisin I və II pilləsində öyrənilir.

Maddələrdə elektromaqnit xassələrinin mexanizmini və xüsusiyyətlərini izah etmək üçün elektron təsəvvürlərdən istifadə edilir. "Elektrodinamika" və "Rəqslər və dalğalar" bölməsində olan mövzular orta məktəb fizika kursunda kifayət qədər böyük yer tutur. Ona görə də vahid ümumiləşməyə ehtiyac duyulur. Bu isə elektromaqnit sahəsinin bütün xüsusi mövcud olduğu halları öyrəndikdən sonra mümkün ola bilər. Ümumiləşmənin əsasını sahənin yaranması və təsiri təşkil edir (eksperiment, müşahidə və məlum faktlar). Onda əsasa yük, sahənin intensivliyi və induksiya anlayışları daxil olur. Ümumiləşmənin nüvəsinə Maksvell, Lorens tənliklərinin şifahi şəkildə ifadələrini daxil edə bilərik.

1) Sükunətdə və hərəkətdə olan elektrik yükləri, elektrik sahəsi yaradır. Bu sahənin intensivlik xətləri yüklərdə başlayıb, yüklərdə qurtarır.

2) Maqnit sahəsini yarada biləcək maqnit yükləri təbiətdə mövcud deyildir.

3) Hərəkət edən elektrik yükləri elektrik sahəsindən başqa maqnit sahəsi də yaradır. Bu sahənin qüvvə xətləri cərəyan xətlərini əhatə edən əyrilərdir.

4) Dəyişən maqnit sahəsi elektrik sahəsi yaradır. Bu sahənin intensivlik xətləri maqnit sahəsinin xətlərini əhatə edən qapalı xətlərdir. Dəyişən elektrik sahəsi maqnit sahəsi yaradır. Bu sahənin induksiya xətləri elektrik sahəsinin xətlərini əhatə edən qapalı əyrilərdir.

Maddədə elektromaqnit hadisələri və maddənin elektromaqnit xassələri, vakumda sahə qanunları və maddənin elektron modeli əsasında öyrənilir.

Elektron nəzəriyyəsi. Bu nəzəriyyənin empirik əsasına eksperimental şəkildə müəyyən olunan Om qanunu, Coul-Lens qanunu, Videman-Frans qanunu və qalvonometrik effektlər daxildir. Elektron nəzəriyyəsinin inkişafında XIX əsr əsas yer tutur. Maddənin klassik elektron nəzəriyyəsinin əsasında maddi obyektin modelinin seçilməsi dayanır, bu obyekt elektron və ya iona uyğun ola bilər. Bu model real zərrəciklə üst-üstə düşmür, ancaq onun zəruri xassələrini əks etdirir. Elektron materiyasının əsas quruluş vahididir. Bütün məlum proseslərdə o qarşılıqlı təsirin əsas elementi kimi çıxış edir. Qəbul edilən modeldə kiçik yüklənmiş kürəyə uyğun gəlir və başqa hissəciklərlə elektromaqnit və zəif qarşılıqlı təsirdə olur. Klassik elektron nəzəriyyəsində zərrəciklərin əsas xüsusiyyətlərini belə ayırmaq olar.

1. Zərrəcik öz fərdiliyini saxlayaraq uyğun trayektoriya boyunca hərəkət edir.

2. Zərrəcik hər bir anında müəyyən vəziyyətə və sürətə malikdir (yəni, koordinatları məlumdur).

3. Zərrəciyin özünü aparması makroskopik cisimlərə aid olan qanunlarla ifadə olunur

4. Zərrəciyin iştirak etdiyi fiziki hadisələr elektromaqnit qarşılıqlı təsirinə aiddir.

Elektronların hallar üzrə paylanması Maksvel-Bolsman statistikasına tabedir. Elektronun bu xassələri termoelektron və fotoelektron emissiya hadisələrində geniş istifadə olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Карасова И.С. «Фундаментальные физические теории в школе», Челябинск 2016. 336 с
2. İmanov S.S. «Orta nəzərdə Fizikanın tədrisi metodikası», Bakı 2004. 491 s

## ТВОРЧЕСКИЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

**Сулейманзаде А.Т., Джаббаров Д.Г.**

*Бакинский Государственный Университет*  
*aytac.biyakirli29@gmail.com*

Творческие задачи, лабораторные работы и задания обладают рядом особенностей, которые надо учитывать при их проведении. В своих исходных данных, в своих условиях они не содержат указаний на те знания, на те идеи, которыми следует воспользоваться для решения основной задачи. Поэтому прямые или косвенные подсказки здесь могут иметь решающее значение.

Творческие задачи всегда сложнее в том отношении, что они требуют от ученика большей самостоятельности мышления, но не меньшее значение имеет и то, что в школе учащиеся недостаточно практикуются в решении такого типа задач.

Краска представляет собой взвесь мельчайших частиц красителя в растворителе. Почему частицы красителя очень долго не осаждаются на дно банки, хотя удельный вес этих частиц значительно больше удельного веса растворителя? Ответ обосновать.

Ответ: Главной причиной того, что взвешенные частицы долго не выпадают в осадок, является тепловое (броуновское) движение частиц. При уменьшении объема частицы уменьшается и ее масса. При очень малых размерах частицы ее вес становится соизмеримым с силой неуравновешенного давления – суммарного импульса молекул. При размерах менее 0,1 мк частицы находятся в более или менее устойчивом взвешенном состоянии.

При строительстве зданий возникает необходимость проверки горизонтальности некоторых линий (уровней кладки кирпича, верхних и нижних краев оконных проёмов и т. д.). Предложите несложный способ такой проверки, основанный на использовании сообщающихся сосудов.

Возможное решение. Для проверки горизонтальности линий могут быть использованы сообщающиеся сосуды в виде стеклянных трубок, заполненных; водой и соединенных между собой резиновой трубкой. Уровни жидкости в трубках будут всегда находиться на одной горизонтали.

### **Литература:**

1. Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике в средней школе- ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ» - Москва 1966 – 33 с.
2. Малафеев Р. И. - Творческие задания по физике в VI—VII классах. Пособие для учителей. М., «Просвещение», 1971. – 5 с.
3. Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике в средней школе- ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ» - Москва 1966 – 60 с.
4. Малафеев Р. И. - Творческие задания по физике в VI—VII классах. Пособие для учителей. М., «Просвещение», 1971 – 27 с.

## **ЗНАЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ**

**Гасанова Л.Г., Алекперов Э.Ш.**

*Бакинский Государственный Университет*

*lalahasanova84@gmail.com*

Одним из основных направлений информатизации современного общества является информатизация сферы образования. В настоящее время стало очевидно, что наряду с традиционными путями проведения уроков в школе необходимо внедрять и современные информационные технологии для дальнейшего развития системы образования.

Информатизация современной системы образования означает процесс, разработки методологии и практики обучения с помощью использования информационно-коммуникационных технологий. К важным особенностям средств ИКТ относятся взаимодействие между учениками и средством обучения; возможность обработки большого объема информации за короткое время; наглядные представления изучаемых процессов и явлений, позволяющие изучить рассматриваемый объект или процесс с помощью компьютерных моделей; автоматизация учебного эксперимента; контроль за результатами пройденного учебного материала. Главная задача ИКТ состоит в том, чтобы ученики, как можно больше приобретали знания и навыки при изучении физики. Одной из основных методических задач учителя является внедрение в процесс обучения по физике ИКТ. Проведенный анализ информационных технологий с точки зрения проблем образования позволил выделить пять новых педагогических аспектов: интерактивность, мультимедиа, моделирование, коммуникативность, производительность. Предложенная нами методика использования ИКТ в изучении физики, которая может быть применена в широком спектре обучения и на разных этапах урока, включает в себя:

- 1) иллюстративное, наглядное объяснение материала;
- 2) самостоятельное обучение без участия учителя;
- 3) использование контролирующих программ для определения уровня знаний;
- 4) выполнение самостоятельных домашних работ и творческих проектов;
- 5) использование компьютера для вычислений;
- 6) использование программ для выполнения виртуальных опытов и лабораторных работ;
- 7) использование справочных систем;
- 8) организация проектной деятельности учащихся;
- 9) дистанционное обучение.

Каждый учитель для создания собственной методики обучения

начинает анализировать дидактический потенциал учебных материалов, программных средств, изучать методические рекомендации по их использованию, тем самым определяя их эффективность.

**Литература:**

1. Оспенникова Е.В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе: методическое пособие. Лаборатория знаний, 2011. – 655 с.
2. Смирнов А.В. Методика применения информационных технологий в обучении физике. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 240.



## **MÜASİR MƏKTƏBDƏ FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ YENİ YANAŞMALAR VƏ METODLAR**

**Babayeva H.R., Qarayev E.S.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*amidovah@gmail.com*

Bugünkü sürətlə dəyişən dünyada, tələbələrin idrak fəaliyyətini inkişaf etdirmək, idrak prosesinə marağı formalaşdırmaq, asan metodlarla məlumatlar axtarmaq, mənimsəmək və tətbiq etmək yollarına maraq yaratmaq xüsusilə vacibdir.

Müasir tədris, məktəblərdə şagirdlərin fənlərin öyrənilməsinə marağın azalması problemi ilə üzləşirlər. Müəllimin qarşısında, xüsusən fizika kursunu öyrənməyin ilkin mərhələsində mövzunun mürəkkəbliyi ilə şagirdləri qorxutmamaq, maraq oyatmaq vəzifəsi durur. Müasirləşmə istiqamətləri üzrə müxtəlif müasir pedaqoji texnologiyalarla tanış olaraq, şagirdlərin fəaliyyətinin aktivləşdi-rilməsi əsasında müxtəlif texnologiyalar axtarılmalıdır.

Məktəblərdə kompüter və internetin olması, tədris prosesinə yeni pedaqoji texnologiyaların tətbiqinə öz töhfəsini verir. Keçilən dərslərin effektivliyini artırmaq üçün innovativ texnologiyalardan istifadə etmək lazımdır. İnformasiya texnologiyaları dərslərin informasiya məzmununu, tədrisin səmərəliliyini artırır, dərslərin dinamik və ifadəliliyini artırır. Belə ki, aşağıdakı müasir təhsil texnologiyalarından istifadə edərək, təhsil prosesini rəşional təşkil etməyə və yaxşı nəticələr əldə etməyə imkan verir: - problemlə təhsil; informasiya və kommunikasiya texnologiyaları; tədqiqat və dizayn fəaliyyəti; interaktiv öyrənmə; yaradıcı problemlərin həlli.

Ənənəvi təhsil, bir qayda olaraq, tələbələrə bilik sistemi verir və yaddaşı inkişaf etdirir, lakin tək-tək, müstəqil fəaliyyət bacarıqlarının inkişafına az yönəldilmişdir.

Bu çatışmazlıqları problemlə təhsil aradan qaldırır, şagirdlərin zehni fəaliyyətini aktivləşdirir, idrak marağı formalaşdırır. Yeni materialın izahı prosesində ən çox uyğunsuzluq və təcəübü vəziyyətlərdən istifadə etmək məqsədəuyğun sayılmalıdır.

Fizika kursunun müxtəlif bölmələrində problem yönümlü tapşırıqları toplamaq, ümumiləşdirmək və sistemləşdirmək lazımdır. Problemlə təhsil elementlərindən istifadə etmək, dərslərdə şagirdlərin yaradıcı zehni fəaliyyəti üçün şərait yaratmağa imkan verir. Böyük miqdarda tədris materialını ağılsızcasına əzbərləməyə ehtiyac yoxdur. Verilən tapşırıqları evdə hazırlamağa az vaxt sərf olunur, çünki bu metodlarla tədris materialının əsas hissəsi sinifdə öyrənilir. Şagirdlərin sinifdə idrak fəallığının dərəcəsi, müəllimin dərslərdə hansı üsullardan istifadə etməsindən asılıdır. Problemlə təhsil, fizika dərslərində şagirdlərin təhsil və idrak səriştəsinin motivasiya komponentinin meydana çıxmasını təmin edən ən mühüm pedaqoji texnologiyalardan biri kimi çıxış edir. Fizika dərslərində kompüter texnologiyaları, əsasən aşağıdakıları

əhatə edir: - tədris materialının öyrənilməsində multimedia texnologiyalarından istifadəni; şagirdlərin və müəllimlərin gündəlik təlim-tərbiyə işləri üçün bir vasitə kimi kompüterlərdən intensiv istifadə; fizikanın tədrisinin məzmununun dəyişdirilməsi; fizika ilə digər fənlər arasında fənlərarası əlaqələrin həyata keçirilməsi; şagirdlərə problemlərin həlli metodunu öyrətmək; elektron cədvəllərdən istifadə etmək; virtual seminarların və laboratoriya işlərinin aparılması; müəllimlərin tədrisin yeni metodları və təşkilati formaları ilə işləməyə hazırlanması və s. Yeni təhsil texnologiyalarının - tədris prosesinə tətbiqi tədris metodlarını dəyişdirir, ənənəvi metodlar, üsullar və metodlarla yanaşı, fiziki proseslərin modelləşdirilməsindən, animasiyalardan, fərdi kompüterdən istifadə etməyə imkan verir ki, bu da vizual görüntülərin yaradılmasına kömək edir.

**Ədəbiyyat:**

1. Шамаева В.И. Современные информационные технологии на уроках физики. [Электронный ресурс], 2018.
2. Голиш Л.В. Современные технологии обучения: Ташкент, Институт развития ССПО, 2001.

## **МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ С ИСТОРИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ**

**Сулейманзаде А.Т., Джаббаров Д.Г.**  
*Бакинский Государственный Университет*  
*aytac.biyakirli29@gmail.com*

На материале исторических задач учащиеся могут познакомиться с историей развития физики; глубже понять сущность многих физических явлений, процессов, законов; осознать связь науки с производством, с практикой и т.д.

Каждого, кто интересуется наукой, рано или поздно начинает интересоваться ее прошлым, ее историей. Решение задач с историческим содержанием - одно из методических средств реализации принципа историзма в обучении физике.

### **«Вес воздуха».**

Знаменитый древнегреческий ученый Аристотель, живший в IV в. до н.э., для доказательства невесомости воздуха взвешивал пустой кожаный мешок и тот же мешок, наполненный воздухом. Обнаружив одинаковый вес, Аристотель сделал заключение, что воздух не имеет веса, т.е. невесом. Почему вывод Аристотеля неверен. В чем заключалась ошибка Аристотеля?

### **Решение:**

Потому что вес мешка с воздухом увеличивался на столько, на сколько увеличивалась выталкивающая сила, действующая со стороны воздуха на раздутый мешок. Для доказательства весомости воздуха достаточно было бы откачать воздух из какого-либо сосуда или накачать его в прочный сосуд.

### **«Огни святого Эльма».**

Иногда на концах корабельных мачт и на острых углах высоко поднятых предметов возникает свечение, похожее на кисточки конусы света (коронный разряд), которое в старину вызывало у мореплавателей суеверный страх (так называемые «огни святого Эльма»). Особенно часто свидетелями этого явления становятся альпинисты. Объясните причину этого явления.

### **Решение:**

**Огни святого Эльма** – разряд в форме светящихся пучков или кисточек (или коронный разряд), возникающий на острых концах высоких предметов (башни, мачты, острые вершины скал и т. п.) при

большой напряжённости электрического поля в атмосфере. Они образуются в моменты, когда напряжённость электрического поля в атмосфере у острия достигает величины порядка 500 В/м и выше, что чаще всего бывает во время грозы или при её приближении, и зимой во время метелей. По физической природе представляют собой особую форму коронного разряда.

**Литература:**

1. Позойский С.В., Партин Р.Н. Исторические задачи в курсе физики средней школы–2003 – 10 с.
2. Позойский С.В., Партин Р.Н. Исторические задачи в курсе физики средней школы–2003. – 100-106 с.
3. «Огни святого Эльма», <https://nsportal.ru/shkola/fizika/library/2013/08/30/zadachi-po-fizike-s-istoricheskim-soderzhaniem>

## MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA METALLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN ELEKTRON NƏZƏRİYYƏSİNİN BƏZİ ZİDDİYYƏTLİ MƏQAMLARI

Əliyeva G.E., Orucov A.K.

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi  
gulsnliyeva707@gmail.com

Məlumdur ki, naqillərdə elektrik cərəyanını elektronların nizamlı istiqamətlənmiş hərəkəti əmələ gətirir. Bu cür hərəkət *dreyf* adlanır. Naqıldə cərəyan şiddəti ilə bu sürəti əlaqələndirməyə çalışaq. Əgər  $I = Q/t = envst/t = envs$  yazırıqsa deməli,  $I = envs$ . Burada cərəyan şiddətinin alınmış ifadəsindən görünür ki, bütün zərrəciklər eyni *dreyf sürətinə* malikdir. Bu isə doğru deyil. Ona görə də bu ifadəni korrekləşdirərək daha düzgün yazmaq üçün *dreyf sürətinin* orta qiymətindən istifadə etmək lazım gəlir. Onda bu ifadəni  $I = env_{otras}$  şəklində yazmaq olar. Bu zaman xarici elektrik sahəsi olan və olmayan hallara baxaq. Biz elektronun trayektoriyasını klassik mexanikaya görə yazsaq və hesab etsək ki, xarici elektrik sahəsi yoxdur ( $E=0$ ). onda hər bir zərrəciyin hərəkəti istilik hərəkəti olub, Broun hərəkətini xatırladır və orta sürət də sıfıra bərabər olur. Bu gün kvant fizikası bunu inkar edir. İkinci halda isə elektrik sahəsinin mövcud olduğu hala baxaq. Bu zaman zərrəciklərin hərəkət trayektoriyası kiçik parabolik əyrilər olurr. Yaxşı olar ki, bu prosesi fizika müəllimi İKT-dən istifadə edərək müvafiq videofilmləri nümayiş etdirib dinamik şəkildə şagirdlərə izah etsin.

IX,XI siniflərdə "Metalların elektrik keçiriciliyinin elektron nəzəriyyəsinin elementləri" adı altında tədris olunan mövzu əsasında şagirdlərə klassik elektron nəzəriyyəsi ilə bağlı daha geniş məlumat verilir. Şagirdlər həm elektrik keçiriciliyi, xüsusi elektrik keçiriciliyi, həm də metalların elektrik keçiriciliyi ilə bağlı geniş məlumatlar alır və klassik elektron nəzəriyyəsindən çıxan nəticələrlə tanış edirlər:

metallar kristal qəfəsdən ibarətdir ki, həmin qəfəsin düyünlərində elektronunu itirən müsbət ionlar yerləşir;

metalların konsentrasiyası vahid həcmdəki atomların sayına bərabərdir;

Nyuton qanunlarına tabe olan sərbəst elektrtonlar xaotik hərəkət edir, xaotik hərəkət edərək ionlarla toqquşur və toqquşma zamanı öz kinetik enerjisini ionlara verir;

xarici elektrik sahəsinə gələn metallarda xaotik hərəkətdə olan sərbəst elektronlar hərəkətini nizamlayaraq elektrik cərəyanının yaranmasına səbəb olur.

Nəticə olaraq demək olar ki, fundamental təcrübələr metallarda yükdaşıyıcıların təbiətinə, onların xüsusi yüklərinin təyininə və elektron nəzəriyyəsinin yaranmasına və doğruluğuna böyük inam yaratdı. Bununla bərabər bu nəzəriyyənin çatışmayan tərəfləri və elektronların başqa paylanmaya tabe olduğu haqqında məktəb kursunda demək olar ki, məlumat olmadığından xeyli

ziddiyyətli məqamlar yaranır. Bu ziddiyyətli məqamlara aşağıdakılar daxildir.

1. Klassik elektron nəzəriyyəsi Videman-Frans qanununu yalnız keyfiyyətə izah edə bilər.

2. Klassik elektron nəzəriyyəsinə görə metal naqillərin xüsusi müqaviməti temperaturla xətti asılı olmalı idi, lakin kökaltı asılılıq alınır. Bu hadisəni klassik elektron nəzəriyyəsinə görə izah etmək mümkün deyildir. Bu məsələləri kvant mexanikası çərçivəsində həll etmək mümkün olmuşdur.

3. Metalların istilik tutumu  $3R$  olmalı idi  $4,5R$  alınır. Buda klassik elektron nəzəriyyəsinin ziddiyyətli məqamlarından biri idi.

## **İSTİLİK HADİSƏLƏRİNDƏ ENERJİNİN SAXLANMA QANUNUNUN METODİK ARAŞDIRILMASI**

**İmanova N.Ş., İsmailova R.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*imanovanigar623@gmail.com*

Əsas məktəbin VIII sinfində şagirdlərə molekulların istilik hərəkəti, temperatur, daxili enerji anlayışlarının fiziki mahiyyəti haqqında ilkin anlayışlar verilir. Bu anlayışların qavranılmasında şagirdlərin müşahidə etdikləri təbiət hadisələrinə dair məlumatlara əsaslanıb "Coğrafiya", "Həyat bilgisi" və "Biologiya" fənlərarası əlaqədən istifadə etmək vacibdir. VI sinifdən şagirdlər temperaturun cismin qızma dərəcəsini xarakterizə edən kəmiyyət olması təsəvvürünə, müxtəlif istilik hadisələri və mexaniki enerji anlayışı ilə tanış olurlar. VIII sinifdə şagirdlər enerjinin başqa növü – daxili enerji anlayışı ilə tanış olurlar. Daxili enerji – cismi təşkil edən molekulların hərəkətinin kinetik və qarşılıqlı təsirinin potensial enerjilərinin cəmidir. Cismin tam enerjisi, onun mexaniki və daxili enerjilərinin cəminə bərabərdir.

$$E=E_{mex}+U=E_k+E_p+U.$$

Daxili enerji cismin temperaturundan asılıdır. Molekulların hərəkət sürəti nə qədər böyük olarsa, cismin temperaturu da bir o qədər yüksək olar. Temperatur aşağı düşdükdə isə cismin daxili enerjisi azalır. Daxili enerji cismin aqrekat halından da asılıdır. Bərk, maye və qaz hallarında cismin molekulları həm istilik hərəkətinin xarakterinə, həm də aralarındakı məsafəyə görə fərqlənir. Bu səbəbdən molekulların həm orta kinetik enerjisi, həm də qarşılıqlı potensial enerjisi fərqlənir. Mexaniki iş görməklə cismin daxili enerjisini artırmaq olar. Məsələn, qədim insanlar od əldə etmək üçün materialların sürtünməsindən istifadə edirdilər.

Cisim üzərində mexaniki iş gördükdə onun daxili enerjisi artır, cisim özü iş gördükdə isə onun daxili enerjisi azalır. Cismi təşkil edən molekulların intensiv hərəkəti temperaturla əlaqədardır. VIII sinifdə temperatur daha ümumi şəkildə ifadə olunur, temperatur cismi təşkil edən molekulların orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür. Əsas məktəbin VIII sinfində daxili enerjinin dəyişmə üsulları, mexaniki işgörmə və istilikvermə, istilikkeçirmə, konveksiya, şüalanma, istilik hadisələrində enerjinin saxlanması qanunları öyrənilir. Bu bölmədə şagirdlər daxili enerjinin həm işgörmə, həm də istilikvermə ilə dəyişməsinin elmi əsaslarını öyrənib, aşağıdakı nəticəyə gəlirlər:

Cismin və ya bir neçə cisimdən ibarət sistemin daxili enerjisi yalnız mexaniki iş görmə ilə dəyişirsə, bu halda daxili enerjinin dəyişməsi görülən işə bərabərdir:

$$\Delta U = A.$$

Sistemin daxili enerjisi yalnız istilikvermə ilə dəyişirsə, daxili enerjinin dəyişməsi sistemə verilən istilik miqdarına bərabərdir:

$$\Delta U = Q.$$

Sistemin daxili enerjisi eyni zamanda mexaniki işgörmə və istilikvermə nəticəsində dəyişirsə, daxili enerjinin dəyişməsi görülən iş ilə istilik miqdarının cəminə bərabərdir:

$$\Delta U = A + Q.$$

Sonuncu düstur istilik proseslərində enerjinin saxlanması qanunudur. Təcrid olunmuş sistemlərdə cisimlər arasında yalnız istilikvermə prosesi baş verirsə, sistemin daxili enerjisi saxlanılır.

**Ədəbiyyat:**

1. Murquzov M., Abdurazaqov R., Əliyev R. Fizika-6. Ümumi təhsil müəssisələrinin 6-cı sinifləri üçün Fizika fənni üzrə dərslik. Bakı, 2021, 96 s.
2. Murquzov M., Abdurazaqov R., Əliyev R., Əliyeva D. Fizika-8. Ümumi təhsil müəssisələrinin 8-ci sinifləri üçün Fizika fənni üzrə dərslik. Bakı, 2019, 200 s.
3. Murquzov M., Abdurazaqov R., Əliyev R., Əliyeva D. Fizika-8. Dərs vəsaiti. Bakı, 2019, 200 s.



## MÜNDƏRİCAT

### PLENAR İCLAS

AG DRA SİMBİOTİK ULDUZUN RƏQƏMSAL SPEKTRLƏRİNDƏ $H\alpha$ XƏTTİNİN TƏDQIQI <i>Rüstəmov G.İ., Mikayılov X.M.</i> .....	5
TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS BASED ON THE POLYURETHANE AND NYLON FILMS <i>Gulahmadov O.G., Mamedov H.M., Kim J.</i> .....	7
İKİFAZALI PEQ-LİMON TURŞUSUNUN NATRİUM DUZU-SU SİSTEMİNİN AYIRDETMƏ QABİLİYYƏTİNİN MƏQSƏDYÖNLÜ DƏYİŞDİRİLMƏSİ <i>Şahbazova G.M., Süleymanzadə A.Ə., Məsimov E.Ə.</i> .....	9
STATİSTİK FİZİKA QANUNLARI İLƏ NÜVƏ TOQQUŞMALARINDA KUMULANTLARIN HESABLANMASI <i>Ağayev M.Ş., Rəcəbov M.R., Rüstəmov A.C.</i> .....	10

### BÖLMƏ 1. NƏZƏRİ FİZİKA, NÜVƏ FİZİKASI VƏ ASTROFİZİKA

HİQQS BOZONUN İKİ FOTONA PARÇALANMASI <i>Abdullayev S.Q., Ağacanova Y.X.</i> .....	12
РОЖДЕНИЕ ПРЯМЫХ ФОТОНОВ ПРИ ПРОТОН-ПРОТОННОМ СТОЛКНОВЕНИИ В ЭНЕРГИЯХ $NICA \sqrt{s} = 10 \text{ ГэВ}$ <i>Ализаде М.Р.</i> .....	13
SKALYAR HİQQS BOZONUN FERMİON-ANTİFERMİON CÜTÜNƏ ÇEVRİLMƏSİ <i>Babayeva S.Ç., Qocayev M.Ş.</i> .....	15
KLASSİK ALQOL TIPLİ HD 132742 QOŞA ULDUZUN SPEKTRİNDƏ $H\alpha$ XƏTTİ <i>İbrahimova N.N., Rüstəmov B.N.</i> .....	17
$\ell^{\pm}N \rightarrow \ell^{\pm}h^{\pm}X$ PROSESLƏRİNİN KVARK-PARTON MODELİNDƏ STRUKTUR FUNKSIYALARI VƏ UZUNUNA SPİN ASİMMETRİYALARI <i>Əzənmədova G.E., Qocayev M.Ş.</i> .....	19
ESKART VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI <i>Bədəlov V.H., Hüseynova S.N.</i> .....	21
KİÇİK PERİHELİLİ KOMETLƏRİN TƏSNİFATI <i>İsgəndərli H.İ., Quliyev Ə.S.</i> .....	23
VUDS-SAKSON VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI <i>Bədəlov V.H., İsmayılova Z.S.</i> .....	24
KLEYN-FOK-QORDON TƏNLIYİNİN HELLMAN POTENSİALI ÜÇÜN ANALİTİK HƏLLİ <i>Mehdiyeva N.N.</i> .....	26
HD 80290 (F3V) ULDUZUNUN SPEKTRAL TƏDQIQI <i>Mikayılova S.B., Səmədov Z.A.</i> .....	28
PROSİON VƏ GÜNƏŞ SPEKTRİNDƏ BƏZİ Cr XƏTLƏRİNİN PROFİLLƏRİNİN ASİMMETRİYA PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ <i>Nəsibova T.Ş., Əliyeva Z.F.</i> .....	30
HIGGS BOSON DECAYS INTO CHARGINO AND NEUTRALINO PAIR $H^{\pm} \Rightarrow \tilde{\chi}_i^{\pm} \tilde{\chi}_j^0$ <i>Abdullayev S.K., Omarova E.Sh.</i> .....	32

T CRB SİMBİOTİK ULDUZUN 2017-2021-Cİ İL ƏRZİNDƏ $H\alpha$ XƏTTİNİN TƏDQIQI <i>Orucova A.C., Rüstəmov B.N.</i> .....	34
AdS-ŞVARŞİLD METRİKASINDA SPİN RABİTƏSİ <i>Qardaşov A.M., Atayev İ.İ., Məmmədov Ş.Ə.</i> .....	36
YÜKSƏK ENERJİLƏRDƏ (t,p) REAKSİYALARINDA POLYARİZASIYA EFFEKTLƏRİ <i>Qasımlı S.N., Əbdülvahabova S.Q.</i> .....	38
VEKTOR MEZONUN PROTONDAN EKSKLÜZİV FOTOYARANMASININ REGGE MODELİNDƏ ÖYRƏNİLMƏSİ <i>Quliyeva S.A, Ağamaliyeva L.A.</i> .....	40
CH Cyg SİMBİOTİK ULDUZUNUN PARLAQLIĞININ MÜXTƏLİF SƏVIYYƏLƏRİNDƏ H $\beta$ EMISSİYA XƏTTİNİN TƏDQIQI <i>Rüstəмова A.B., Mikayılov X. M.</i> .....	42
HİQQS BOZONUN ÜÇƏRRƏCİKLİ PARÇALANMASI: $H \rightarrow Z f \bar{f}$ <i>Abdullayev S.Q., Tanrıverdi S.Ə.</i> .....	44
PROTON-PROTON TOQQUŞMASINDA NEYTRALİNO CÜTÜNÜN YARANMASI <i>Qocayeva A.Y., Əhmədov A.İ.</i> .....	46
DEKOHERENSİYA PROBLEMI <i>Əliyeva Ç.E.</i> .....	48
ADRON QARŞILIQLI TƏSİRLƏRİNDƏ VEKTOR MEZONLARININ YARANMA PROSESİ <i>Məmmədova T.M., Ağamaliyeva L.A.</i> .....	49
DÖRDÜNCÜ NƏSİL NÜVƏ REAKTORLARINDA İSTİFADƏ OLUNAN ƏSAS STRUKTUR MATERİALLARINDA KORROZİYA HALLARI <i>Nəzirova L.A.</i> .....	50
PİON-PROTON TOQQUŞMASINDA QLÜONUN BİRBAŞA YARANMASI <i>Şirinova A.Ş.</i> .....	52
HD 216756 ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ FEII XƏTLƏRİ <i>Mikayılova S.B., Səmədov Z.A.</i> .....	54
PİON-PROTON TOQQUŞMASINDA FOTONUN BİRBAŞA YARANMASI <i>Şirinova A.Ş., Əhmədov A.İ.</i> .....	56

## **BÖLMƏ 2. BİOFİZİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA**

ŞİSTOSTATİN 3 MOLEKULUNUN TRIPEPTİD FRAQMENTİNİN TƏDQIQI <i>Amanova N.M., Vəliyeva L.İ.</i> .....	58
AQAROZANIN KİÇİK KONSENTRASIYALI SULU MƏHLULLARINDA ETİL SPİRTİNİN TƏSİRİ İLƏ STRUKTUR DƏYİŞİKLİKLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ <i>Həsənov A.Ə., Həsənzadə P.M., Bağırova S.R., Xanlarova F.E.</i> .....	60
PEQ-DEKSTRAN-SU İKİFAZALI SİSTEMLƏRİNİN HAL DİAQRAMINA $K_2SO_4$ DUZUNUN TƏSİRİ <i>Həsənova X.T., Hüseyinli A.Ç., Əhmədova A.İ.</i> .....	62
KALIUM BROM DUZUNUN SULU MƏHLULUNDA İONLARIN HİDRATASIYA ƏDƏDİNƏ POLİETİLENQLİKOLUN TƏSİRİ <i>Quliyeva A.Q., Həsənova X.T., Ələsgərova G.N., Bağırova S.T.</i> .....	64
LYS-GLN-PRO TRIPEPTİD MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞUNUN STABİLLƏŞMƏSİNDƏ MÜXTƏLİF QARŞILIQLI TƏSİR NÖVLƏRİNİN ROLU <i>Şükürova J.Z, Qocayev N.M., Ağayeva Ü.T.</i> .....	66
PEQ-in SULU MƏHLULUNDA HİDROGEN RABİTƏSİNİN ENERJİSİNƏ PEQ-in MOLEKUL KÜTLƏSİNİN VƏ KONSENTRASIYASININ TƏSİRİ	

<i>Paşayev B.G., Əliyev X.A.</i> .....	68
Ni <sup>2+</sup> -ИНДУЦИРУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КЛЕТОК <i>Chara gymnophylla</i> <i>Сафарли У.Р., Мусаев Н.А., Магерамов М.Г.</i> .....	70
PENTAPEPTİD MOLEKULUN FƏZA QURULUŞUNUN TƏDQIQI <i>Əhmədova A.R., Abbasova G.C.</i> .....	72
SU-PEQ-LİOH SİSTEMLƏRİNDƏ PEQ MAKROMOLEKULUNUN KONFORMASIYASINA LiOH-İN TƏSİRİ <i>Paşayev B.G., Mahmudova L.Ə.</i> .....	74
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КЛЕТОЧНОЙ ОБОЛОЧКИ И ПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КЛЕТОК <i>CHARA FRAGILIS</i> В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ <i>Мусаев Н.А., Гасанова А.Э., Наджафалиева Ш.А.</i> .....	76
THE INVESTIGATION OF GLU-LYS DIPEPTIDE BY QUANTUM CHEMICAL METHOD <i>Rahimzade S.G.</i> .....	78
<b>BÖLMƏ 3. BƏRK CİSİMLƏR VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI</b>	
<i>CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub></i> KRİSTALININ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ VƏ HOLL YÜRÜKLÜYÜ <i>Balayeva L.A.</i> .....	80
MAYE METAL İON MƏNBƏLƏRİ <i>Əkbərov E.M., Qurbanov İ.İ., Bədəlov A.Ə., Məmmədov F.E., Məhərrəmov G.T.</i> .....	82
<i>CuTiS<sub>2</sub></i> MONOKRİSTALINDA QAMMA ŞÜALANMANIN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ <i>Mədətov R.S., Məmişova R.M., İsayeva G.İ.</i> .....	84
ŞOTTKI DİODUNUN ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏ GƏRGİNLİYİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI <i>Məmmədov R.O., Aslanova Ə.R., Əlizadə L.E.</i> .....	86
Si-SiO <sub>2</sub> -CdS HETEROKEÇİDİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİ <i>Məmmədova Z.V., Cahangirova S.Ə.</i> .....	88
<i>Cu<sub>3</sub>In<sub>5</sub>S<sub>9</sub></i> ƏSASLI FOTOKATALİZATORLA SUYUN PARÇALANMASI <i>Mirsultanova R.M.</i>	
(TiS) <sub>1-x</sub> (Tise) <sub>x</sub> (x = 0; 0,1) BƏRK MƏHLULLARINDA SUPERİON KEÇİRİCİLİYİ <i>Ruşanova G.M., Əliyeva N.Ə., Məmmədov R.A., Qəhrəmanova S.M.</i> .....	92
ZnSe-Yb <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> SİSTEMİNDƏ KİMYƏVİ QARŞILIQLI TƏSİRİN XARAKTERİ <i>Əliyev K.Ə., Xamedov N.M.</i> .....	94
KEYN MODELİ SİSTEMLƏRDƏ ELEKTRON QAZININ FERMİ SƏVİYYƏSİNƏ QEYRİ-PARABOLİKLİYİN TƏSİRİ <i>Zalova S.Ə., Mahmudov M.M.</i> .....	95
TlInS <sub>2</sub> -TlDyS <sub>2</sub> SİSTEMİ ƏRİNTİLƏRİNİN MONOKRİSTALLARININ BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ <i>İbrahimxəlilov A.Y.</i> .....	97
TlGaSe <sub>2</sub> -TlInS <sub>2</sub> SİSTEMİNİN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ <i>Məmməd Hüseynova A.M.</i> .....	98
BƏRK CİSİMLƏRDƏ KVAZİKİSİK ELEKTRON QAZININ TERMODİNAMİK XASSƏLƏRİ ..... <i>Cabbarova L.Ş., Mahmudov M.M.</i> .....	99
<i>TlInS<sub>2</sub></i> KRİSTALININ DİELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ <i>Cumayeva Ç.İ., Cabbarov C.H.</i> .....	101

ASİMMETRİK KVANT ÇUXURUNDA İKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON QAZININ KONSENTRASIYASI <i>Balakişiyeva Ə.N., Fiqarova S.R.</i> .....	102
СИНТЕЗ И СВОЙСТВА $ZnTb_2Se_4$ <i>Алиев К.А., Азизли Н.И.</i> .....	104
$ZnS_{1-x}Te_x$ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNDƏ FOTOSTİMULYASIYA PROSESLƏRİ <i>Şiraliyeva Ə.F., Cahangirova S.Ə.</i> .....	106
ARDICIL KVAZİSİNHRON GENERASIYA <i>Zeynalova A.Ə., Səfərova G.Ə., Qasimova R.C.</i> .....	107
CdS:Fe NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN XASSƏLƏRİ <i>Həsənova N.S., Cəfərov M.Ə.</i> .....	109
$ZnSeTe$ TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ <i>İsgəndərli A.S., Cəfərov M.Ə.</i> .....	111
$TlIn_{1-x}Dy_xSe_2$ KRİSTALINDA NEQATRON EFEKTI ( $x$ : 0,01, 0,03, 0,05) <i>Rüstəmzadə N., Nurullayev Y.Q.</i> .....	112
$Ag_3In_5Se_9$ BİRLƏŞMƏSİNİN FOTOHƏSSAS NAZİK TƏBƏQƏSİNİN ALINMASI <i>Quliyeva R.Ə.</i> .....	114
$ZnS/CdTe$ STRUKTURUNUN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ <i>Kərimova A.B., Cahangirova S.Ə.</i> .....	116
ПЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ – $ZnLa_2S_4$ <i>Алиев К.А., Рагимова А.Р.</i> .....	117
SELF AND CROSS-PHASE MODULATIONS AT OPTIMAL PUMP INTENSITY <i>Kasumova R.J., Ahmadova A.R., Safarova G.A.</i> .....	118

#### **BÖLMƏ 4. NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEXNOLOGİYASI**

GO/PVS ƏSASLI NANOKOMPOZİTLƏRİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI <i>Bağirov M.Ə., Muradov M.B.</i> .....	120
HİBRİD PVDF/CdS/ZnS ƏSASLI NANOKOMPOZİTLƏRİN FOTOLÜMİNİSENSIYA XASSƏLƏRİ <i>Məhərrəmov G.Y., Hacıyeva F.V.</i> .....	122
PVDF+PbS/CdS NANOKOMPOZİTLƏRİNİN FOTOLÜMİNİSENSIYA XASSƏLƏRİ <i>Novruzova A.Ə., Cəfərov M.Ə., [Ramazanov M.Ə.], Hacıyeva F.V.</i> .....	124
$Fe_3O_4/PEQ/XRİZİN$ SİSTEMİNDƏ DƏRMANIN YÜKLƏNMƏ EFFEKTİVLİYİNİN ULTRABƏNÖVŞƏYİ SPEKTRLƏR ƏSASINDA MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ <i>Qurbanova N.X., Kərimova A.H., Şirinova H.A., Nuriyeva S.Q.</i> .....	126
KRİSTALLAŞMA SÜRƏTİNİN PS-SİLİSİUM DİOKSİD SİSTEMİNDƏ QADAĞAN OLUNMUŞ ZONANIN OPTİK ENİNƏ TƏSİRİ <i>Həsənova M.R., Addayeva Z.R., Surxaylı Ə.E., Şirinova H.A.</i> .....	128
$ZnO$ ƏSASLI STRUKTURLARIN SİNTEZİ VƏ QURULUŞU <i>Nuriyeva S.Q., Qasimova J.N.</i> .....	130
POLİPROPİLEN VƏ GÜMÜŞ NANONAQİL ƏSASLI STRUKTURLARIN SİNTEZİ VƏ QURULUŞU <i>Nuriyeva S.Q., Həsənov K.M.</i> .....	132
METAL OKSİD NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN NAFTALAN NEFTİNİN XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ <i>Məmmədova S.V., Hacıyeva F.V.</i>	
NEW THREE-COMPONENT POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON ISOTACTIC	

POLYPROPYLENE (PP), MAGNETITE ( $Fe_3O_4$ ) NANOPARTICLES AND MULTI-WALLED CARBON NANOTUBES (MWCNTS) <i>Alizada S.G., Hajiyeva F.V.</i> .....	136
FABRICATION AND PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED ANODIC $TiO_2$ /ITO/Glass STRUCTURES <i>Abdullayeva S.H., Eyvazlı R., Eminov Sh.O.</i> .....	138
$Si(O_2)_n$ -NANOHISSƏCİYİNİN PARAMETRLƏRİNİNİN TƏYİNİ VƏ VİZUAL MODELİNİN QURULMASI <i>Paşayev F.H., Həsənov A.Q., Qasımova İ.R.</i> .....	140

### BÖLMƏ 5. FİZİKİ ELEKTRONİKA

MSFD FOTODİODLAR ƏSASINDA HAZIRLANAN DETEKTORLARIN QAMMA ŞÜALARA HƏSSASLIĞININ TƏDQIQI <i>Abbasova Ç.Y., Məmmədli A.H.</i> .....	142
LAYLI n-InSe YARIMKEÇİRİCİ KRİSTALLARINDA MƏXSUSİ FOTOKEÇİRİCİLİYƏ ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ <i>Mehdiyeva A.N., Babayeva R.F.</i> .....	144
Au(Zn-PVA)-nSi MDY PARAMETRLƏRİNİN TEST SİQNALININ TEZLİYİNDƏN ASILILIĞI <i>Qasimov Y.Ə., Əfəndiyeva İ.M.</i> .....	146
OKSİGENİN VƏ $LiNbO_3$ -NİN SPONTAN POLYARLAŞMASININ PbTe TƏBƏQƏLƏRİNİN KEÇİRİCİLİYİNƏ TƏSİRİ <i>Sərməsov S.N., Əhmədova A.B.</i> .....	147
ELECTRICAL PROPERTIES OF Mo/p-CuInSe <sub>2</sub> /n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> Te/SnO <sub>2</sub> HETEROSTRUCTURES <i>Baxtiyarlı E.R., Mamedov H.M.</i> .....	149
n-InSe<Er> LAYLI YARIMKEÇİRİCİ KRİSTALLARINDA ELEKTRİK SAHƏSİ İLƏ İNDUKSİYALANMIŞ AŞQAR FOTOKEÇİRİCİLİK <i>Məhərrəmli D.M., Babayeva R.F.</i> .....	150
SƏTHİ POTENSİAL ÇƏPƏRLİ MYK-DA ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏSİ <i>Aslanova Ə.R., Babayeva L.A.</i> .....	152
THE EFFECT OF DEPOSITION REGİME AND THERMAL ANNEALING IN DIFFERENT MEDIUMS ON ELECTRICAL AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF NANOTEXTURED-p-Si/Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S(Se) HETEROSTRUCTURES <i>Mammadov H.M., Rasulova A.R., Piriyeva D.N.</i> .....	153
NAZİK TƏBƏQƏLİ p-GaAs/n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S <sub>1-y</sub> Te <sub>y</sub> HETEROKEÇİDLƏRDƏ CƏRƏYAN DAŞINMA MEXANİZMİ <i>Məmmədov V.U.</i> .....	154
ELEKTROKİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ ÜSULU İLƏ n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S <sub>1-y</sub> Te <sub>y</sub> BƏRK MƏHLULLARININ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASI <i>Məmmədov V.U.</i> .....	156
PLAZMA BUXARLANDIRMA METODU İLƏ MÜRƏKKƏB BİRLƏŞMƏLƏRİN NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASINDA BAŞ VERƏN FİZİKİ PROSESLƏR <i>Ramazanova X.Q., Davudov B.B., Hüseyinov T.X.</i> .....	158
CİVƏ BUXARININ ELEKTRİK BOŞALMASINDA İKİQAT ELEKTRİK TƏBƏQƏLƏRİ <i>Quluzadə S.B., Hüseyinov T.X.</i> .....	160

**BÖLMƏ 6 FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI**

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВВЕДЕНИЕ ПОНЯТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА В ШКОЛЕ <i>Гусейнова С.Ф.</i> .....	162
ELEKTROMAQNİT HADİSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNDƏ "KLASSİK ELEKTROMAQNİT NƏZƏRİYYƏSİ" NİN ƏNƏMİYYƏTİ <i>Rəhimov R.Ş., Mehdizadə A.B.</i> .....	164
ТВОРЧЕСКИЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ <i>Сулейманзаде А.Т., Джаббаров Д.Г.</i> .....	166
ЗНАЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ <i>Гасанова Л.Г., Алекперов Э.Ш.</i> .....	167
MÜASİR MƏKTƏBDƏ FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ YENİ YANAŞMALAR VƏ METODLAR <i>Babayeva H.R., Qarayev E.S.</i> .....	169
МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ С ИСТОРИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ <i>Сулейманзаде А.Т., Джаббаров Д.Г.</i> .....	171
MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA METALLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN ELEKTRON NƏZƏRİYYƏSİNİN BƏZİ ZİDDİYYƏTLİ MƏQAMLARI <i>Əliyeva G.E., Orucov A.K.</i> .....	173
İSTİLİK HADİSƏLƏRİNDƏ ENERJİNİN SAXLANMA QANUNUNUN METODİK ARAŞDIRILMASI <i>İmanova N.Ş., İsmailova R.N.</i> .....	175

Çapa imzalanıb: 01.07.2022

Format 70x100 1/16. Ofset kağızı.

Həcmi 11,5 ç.v.. Sayı 100

---

Bakı Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.

AZ 1148, Bakı şəh., ak. Z. Xəlilov küç. 33

Tel: (+99412) 538 87 39 / 538 50 16

e-mail: bdumetbee@gmail.com

**www.bsu.edu.az**