

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
**BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**



**Ümummilli Lider HEYDƏR ƏLİYEVİN  
anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş**

**“GƏLƏCƏYİN ALİMLƏRİ”**

*mövzusunda*

**TƏLƏBƏLƏRİN VIII RESPUBLİKA  
ELMİ KONFRANSININ  
MATERİALLARI**

*Bakı, 12 aprel 2023-cü il*

**Bakı - 2023**

Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş “Gələcəyin alimləri” mövzusunda tələbələrin VIII Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 12 aprel 2023-cü il. Bakı: BDU, 2023. – 154 s.

İSBN: 978-9952-546-42-2

© Bakı Dövlət Universiteti, 2023

## **KONFRANSIN TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ**

### **Sədr:**

Arzu Məmmədzadə      Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə II kurs tələbəsi, Fizika fakültəsinin Tələbə Elmi Cəmiyyətinin sədri

### **Sədr müavini:**

Rağib Dəmirov      Fizika fakültəsinin magistratura səviyyəsi üzrə II kurs tələbəsi

### **Üzvlər:**

Fatimə Mənsimova      Fizika fakültəsinin magistratura səviyyəsi üzrə I kurs tələbəsi

Nüşabə Bağirova      Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə II kurs tələbəsi

Aytən Cənnətova      Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə III kurs tələbəsi

Şövkət Xasiyeva      Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə II kurs tələbəsi

Aygün Mahmudova      Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə II kurs tələbəsi

## KONFRANSIN PROQRAM KOMİTƏSİ

### **Sədr:**

Bəxtiyar Paşayev

Fizika fakültəsinin dekanı

### **Üzvlər:**

Maarif Cəfərov

Yarımkəçiricilər fizikası kafedrasının professoru

Məmməd Rəcəbov

Nəzəri fizika kafedrasının müdiri

Rəhim Rəhimov

Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası kafedrasının müdiri

Mehdi Mahmudov

Bərk cisimlər fizikası kafedrasının müdiri

Kəmalə Alışeva

Astrofizika kafedrasının müdiri

Qocayev Məcid

Nəzəri fizika kafedrasının dosenti

Vüsal Məmmədov

Fizika fakültəsinin tədris işləri üzrə dekan müavini

Şəhla Hacıyeva

Fizika fakültəsinin elmi işlər üzrə dekan müavini

Məhəmməd Məhərrəmov

Fizika fakültəsinin sosial məsələlər və tələbələrlə iş üzrə dekan müavini

Leyla Ağayeva

Maddə quruluşu kafedrasının müəllimi, fizika üzrə fəlsəfə doktoru

Aida Əhmədova

Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası kafedrasının müəllimi,

Fizika fakültəsinin Tələbə Elmi

Cəmiyyətinin elmi rəhbəri

Sara Rəhimzadə

Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi, məsul katib

Möhsün Əlizadə

Nəzəri fizika kafedrasının müəllimi

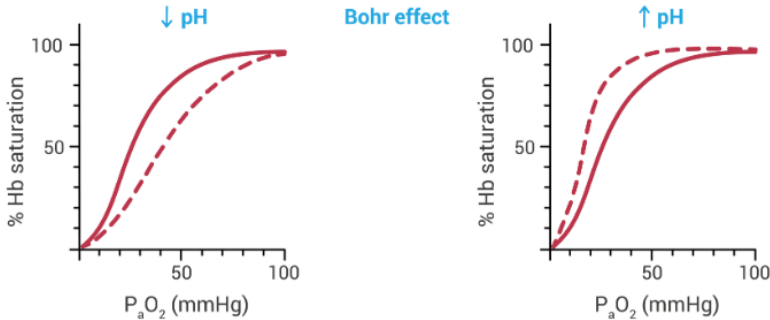
## PLENAR İCLAS

### QAN VƏ TOXUMA MAYELƏRİNDƏ OKSİGEN VƏ KARBON DİOKSİDİN DAŞINMASINDA BOHR EFFEKTİ

Əliyeva Ə.N., Hacıyeva Ş.N.\*

Bakı Dövlət Universiteti  
esmer2019bdu@gmail.com

Hemoqlabin kimyəvi tərkibinə görə mürəkkəb zülaldır, xromoproteindir. Həmin tərkibində olan dəmir atomu oksigen molekulunu birləşdirmək və azad etmək qabiliyyətinə malikdir. Dəmirin tənəffüs prosesində mühüm əhəmiyyəti onun atomunun quruluşu ilə müəyyənləşir. Hər bir hemoqlobin zülalı orqanizmdə 4 oksigen molekulunu daşıya bilir. Normal halda hemoqlobin oksigeni birləşdirdikdə oksihemoqlobinə çevrilir. Oksigendən azad olan hemoqlobin bərpa olunmuş, yaxud dezoksihemoqlobin adlanır. Hemoqlobinin karbon qazı ilə birləşməsi — karbhemoqlobin adlanır. O karbon qazını toxumalardan ağciyərlərə daşıyır. Toxumalarda əmələ gələn karbon dioksid oksigendən ayrılan hemoqlobinə birləşərək ağ ciyərlərə daşınır və daha sonra orqanizmdən xaric edilir. Orqanizmdə dövr edən bu həyati proses hemoqlobin zülalının daşıma xüsusiyyəti ilə həyata keçirilir.



Şəkl. 1.

Bohr effektinə görə, hemoqlobinin oksigenlə bağlanma yaxınlığı həm turşuluq, həm də karbon dioksidin konsentrasiyası ilə tərs əlaqəlidir. Bohr effekti, karbon dioksid konsentrasiyasının artması və ya pH-ın azalması ilə hemoqlobinin oksigen bağlama qabiliyyətinin azalmasıdır. Buna görə də, Bohr effekti CO konsentrasiyasının dəyişməsi nəticəsində yaranan oksigen dissosiasiya əyrisinin sürüşməsinə aiddir. Karbon dioksid səviyyəsi, qanın pH səviyyəsi, qanın temperaturu, ətraf mühit amilləri və xəstəliklər onun hemoqlobinin oksigen daşıma qabiliyyətinə və çatdırılmasına təsir göstərə bilər. Həmçinin, Bohr effekti və Haldane effekti hemoqlobinin oksigen daşıma qabiliyyətinə təsir edən iki hadisədir. Bohr effekti karbon dioksid konsentrasiyasının artması

və ya pH-in azalması ilə hemoqlobinin oksigen bağlama qabiliyyətinin azalması, Haldane effekti isə oksigen konsentrasiyasının artması ilə hemoqlobinin karbon dioksidi bağlama qabiliyyətinin azalmasıdır. Beləliklə, bu Bohr effekti ilə Haldane effekti arasındakı əsas fərqdır. Qan toxumalardan keçərkən CO<sub>2</sub> toxuma hüceyrələrindən qana yayılır. Bu diffuziya qanda PCO<sub>2</sub>-ni artırır, bu da öz növbəsində qanda H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (karbon turşusu) və H<sup>+</sup> konsentrasiyasını artırır. Qanın pH-dakı dəyişikliklər də oksihemoqlobinin dissosiasiya əyrisini dəyişir. pH-in azalması əyrini sağa sürüşdürür (O<sub>2</sub> dissosiasiyasını gücləndirir); əksinə, pH artımı əyrini sola sürüşdürür (O<sub>2</sub> yaxınlığını artırır). Hüceyrə metabolizması zamanı CO<sub>2</sub> əmələ gəlir və qana buraxılır, nəticədə hidrogen ionlarının əmələ gəlməsi artır və pH azalır. Bu, dissosiasiya əyrisinin sağa sürüşməsi ilə nəticələnir. Bu, O<sub>2</sub>-nin toxuma və hüceyrələrə yayılmasına kömək etməklə faydalı təsir göstərir. Sağa sürüşmə təkcə pH-in azalması ilə deyil, həm də CO<sub>2</sub>-nin hemoqlobinə birbaşa təsiri ilə əlaqədar görünür. Əksinə, qan ağciyərlərdən keçərkən, CO<sub>2</sub> ekshalasiya olunur, nəticədə hidrogen ionunun miqdarı azalır və pH yüksəlir, bu da dissosiasiya əyrində sola sürüşmə ilə nəticələnir. O<sub>2</sub> üçün daha yüksək hemoqlobin yaxınlığı O<sub>2</sub>-nin hemoqlobinə bağlanmasını artırır. CO<sub>2</sub>-nin hemoqlobinin oksigenə yaxınlığına bu təsiri Bohr effekti kimi tanınır.

**Ədəbiyyat:**

1. Patrick J. McNamara, Afif El-Khuffash, Fetal and Neonatal Physiology, J.Elsevier, V.1, 2017

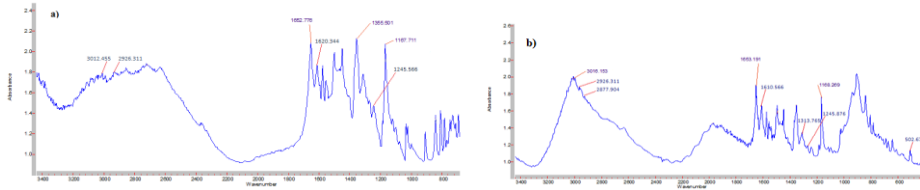
## **XRİZİNLƏ FUNKSİONALLAŞDIRILMIŞ MAQNETİT NANOHİSSƏCİKLƏRİN QURULUŞ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Gülməmmədova S.S., Kərimova A.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*gulmemmedovasevinc2002@gmail.com*

Məlum olduğu kimi, maqnetit nanohissəciklər (MNH) xarici maqnit sahəsinin təsiri altında asanlıqla idarə oluna bildiyindən və aşağı qalıq maqnitləşmə nümayiş etdirdiyindən xərçəng şişlərinin müalicəsində uğurla tətbiq edilir [1]. Maqnetit dərman daşınma sistemlərinin tətbiqi zamanı qarşıda duran əsas məsələlərdən biri dərman vasitəsinin MNH-ə effektiv şəkildə yüklənməsidir [2]. Tədqiqatçılar tərəfindən MNH-ə dərman vasitəsinin effektiv şəkildə yüklənməsi üçün bir sıra üsullar işlənib hazırlanmışdır ki, bura səthə yüklənmə, molekulyar səviyyədə yüklənmə və matrisə yüklənmə aiddir [3]. Qeyd etmək lazımdır ki, MNH-in səthinə dərman vasitəsi əsasən kovalent və qeyri-kovalent üsulla yüklənir. Aparılan araşdırmalarda müəyyən edilmişdir ki, MNH-in səthinə qeyri-kovalent üsulla qarşılıqlı təsir əsasında dərmanın yüklənməsi yaranan fiziki qüvvələrdən asılıdır. Belə ki, qeyri-kovalent üsulla hidrogen rabitəsi, Van der Vaals, elektrostatik, dipol-dipol və hidrofob qarşılıqlı təsirlər aiddir.



Şəkl. 1. Xrizin (a) və Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/xitozan/xrizin nanosisteminin (b) İQ spektrləri

Tədqiqat işində MNH-in (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) sintezi kimyəvi birgə çökdürmə üsulu ilə aparılmış [4] və stabiləşdirici kimi biouyğun örtük materiallarından hesab olunan xitozandan istifadə edilmişdir. Xrizin dərman maddəsinin yüklənməsi qeyri-kovalent üsulla aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu zaman xrizinin miqdarı ilə Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> miqdarı 1:1 nisbətində seçilmişdir. Daha sonra infraqırmızı spektral (İQ) analizlə 400-3400 sm<sup>-1</sup> dalğa uzunluğu intervalında nümunələrin quruluş xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir (Şəkil 1).

Xrizinin və Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/xitozan/xrizin nanosisteminin İQ spektrində müşahidə 2926 sm<sup>-1</sup> dalğa ədədi CH qrupları, 1652 sm<sup>-1</sup> udulma zolağı isə C=O karbonil qrupuna uyğundur. Həmçinin, 1610 sm<sup>-1</sup> zolağı C-C, 1245 sm<sup>-1</sup> C=C, 1167 sm<sup>-1</sup> isə C-O-C zəncirinin rəqsləri əks etdirir [5]. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/xitozan/xrizin nanosisteminin İQ spektrində müşahidə olunan 2877 sm<sup>-1</sup> dalğa uzunluğu xitozan, 400-600 sm<sup>-1</sup> aralığındakı piklər isə Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NH-in udulma zolaqları ilə uzlaşır.

#### Ədəbiyyat:

1. A.S. Teja and P.Y. Koh, "Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles," Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials. 2009, 22-45, 55.
2. S.Sukumaran, M.S.Neelakandan, N.Shaji, P.Prasad, V.K.Yadunath Magnetic Nanoparticles: Synthesis and Potential Biological Applications. JSM Nanotechnol. Nanomed. 2018, 6, 1068.
3. C. Ding, Z. Li, A review of drug release mechanisms from nanocarrier systems. Mater. Sci. Eng., C 2017, 76, 1440.
4. A.H.Yuso, M.N.Salimi, M.F. Jamlos A review: Synthetic strategy control of magnetite nanoparticles production. Adv. Nano Res. 2018, 6, 1.
5. S.I.Uribe Madrid, U.Pal, Y.S.Kang, J.Kim, H. Kwon, J. Kim. Fabrication of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>mSiO<sub>2</sub> Core-Shell Composite Nanoparticles for Drug Delivery Applications. Nanoscale Res. Lett. 2015, 10, 217.

# BÖLMƏ 1 NƏZƏRİ FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA

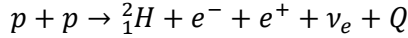
## NEYTRİNO OSSİLYASIYASININ XARAKTERİSTİK UZUNLUĞUNUN TƏYİNİ

İmanzadə N.A., Bayramova T.O.\*

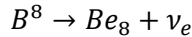
*Bakı Dövlət Universiteti*

*imanzadeenaciye@gmail.com*

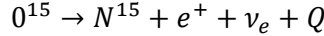
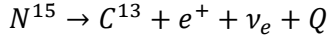
Neytrino ossilyasiyası nəzəriyyəsi Günəşdə yaranan neytrinoların defisiti (çatışmazlığı) probleminin mümkün həlli kimi yaradılmışdır. Günəşdə proton-proton reaksiyası nəticəsində elektron neytrinosu yaranır.



Bundan başqa günəşdə yüksək enerjili neytrinoların əsas mənbəyi  $B^8$  izotopunun  $\beta$  parçalanmasıdır.



Sonra isə ehtimala görə aşağıdakı kimi neytrino ossilyasiyası baş verir.



Beləliklə günəşdə yaranan neytrinoların çatışmazlığını neytrino ossilyasiyası - yəni bir növ neytrinonun digər növ neytrinoya çevrilməsi ilə izah etməyə çalışdılar. Hal hazırda hətta neytrinonun müxtəlif hallarının qarışığı məsələsi də araşdırılır. Belə bir qarışıqın mümkün olması üçün isə neytrinonun müxtəlif növləri kütləyə malik olmalıydılar. Hazırda bu məsələlər təcrübi araşdırılır. Neytrinonun sükunət kütləsinə malik olması fərziyyəsi elə neytrino ossilyasiyasının mümkünlüyünü göstərir. Yəni  $\beta$  çevrilməsi nəticəsində yaranan  $\nu_e$  təbiətini dəyişib başqa neytrinolara  $\nu_\mu$  və  $\nu_\tau$  çevrilə bilər. Belə neytrino halları müəyyən zaman intervalından sonra növbələşə bilər. Yəni müşahidə olunan 2 və ya 3 növ neytrinoların hər birinin kütləsi digərlərinin kütlələrinin kombinasiyasından ibarətdir.

$$M = (a_1 m_1^2 + a_2 m_2^2 + a_3 m_3^2)^{\frac{1}{2}}$$

Qeyd edək ki, hər bir real mövcud olan neytrinonun dalğa funksiyası isə digər növ neytrinoların dalğa funksiyalarının xətti kombinasiyasından ibarət götürülür. Yəni əvvəl təkcə ibarət  $\nu_e$  dəstə bir müddət sonra  $\nu_\tau$  və  $\nu_\mu$  ibarət dəstə olacaqdır.

Sadəlik üçün iki neytrino hallarının qarışığına baxaq. Bu zaman həmin neytrino hallarına uyğun dalğa funksiyalarının fazalar fərqi  $\Delta\varphi$  üçün belə yaza bilərik.

$$\Delta\varphi = \Delta\omega = \Delta\omega \frac{l}{c} = 2\pi \frac{l}{l_{ossilyasiya}}$$

Burada  $l$  – baxılan nöqtədən neytrinonun mənbəyinə qədər olan məsafə



$l_{ossilyasiya}$  – isə ossilyasiyanın xarakterik uzunluğudur.  $l_{ossilyasiya}$  aşağıdakı ifadədən təyin edilir.

$$l_{ossilyasiya} = 2\pi \frac{c}{\Delta\omega} = \frac{4\pi h E_\nu}{\Delta m^2 c^3}$$

Qeyd edək ki  $l$  uzunluğu neytrinozun ossilyasiyasının  $l_{ossilyasiya}$  uzunluğundan çoxdur. Yəni neytrino yerin atmosferinə daxil olmamışdan əvvəl çoxsaylı ossilyasiyalara məruz qalır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Agafonova, N.; et al. (OPERA Collaboration) (26 July 2010). "Observation of a first  $\nu_\tau$  candidate event in the OPERA experiment in the CNGS beam".
2. Barger, Vernon; Marfatia, Danny; Whisnant, Kerry Lewis (2012). The Physics of Neutrinos
3. Davis, Raymond; Harmer, Don S.; Hoffman, Kenneth C. (1968). "Search for Neutrinos from the Sun".

## **İFRAT YENİ ULDUZLAR**

**Abdulxalıqova N.A., Alışeva K.İ.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*abdulxaliqovanrgiz@gmail.com*

İfrat yeni ulduzlar əslində yeni yaranan ulduzlar deyil, onlarda baş verən partlayış nəticəsində, parlaqlıqları qəfildən min və hətta mln dəfə artan ulduzlardır. Qalaktikada İfrat yenilərin müşahidə olunmasını əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq demək olar ki mümkün deyil. Bu ulduzlar çox zəif ulduzlardır, yalnız çox güclü teleskopla müşahidə oluna bilər. Göyün gündəlik monitorinqini aparan zaman hər hansı bir ulduzun parlaqlığının artması müşahidə olunarsa, onu daha diqqətlə izləməyə başlayırlar

İfrat yeni ulduzlar Kainatdakı elementlərinin əsas mənbəyidir. Partlayış mexanizminə görə ifrat yeni ulduzlar iki sinfə bölünür - termonüvə partlayışı və nüvənin kollapsı olanlar. Onların təbiəti əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir, lakin riyazi modellərin universallığı ifrat yeni partlayışının bütün mərhələlərini təsvir etməyə imkan verir.

Nüvənin kollapsına əsaslanan ifrat yeni ulduzların partlayışı, kütləsi Günəşin kütləsini səkkiz dəfə və ya daha böyük ulduzların həyat dövrünün mərhələsidir. Bu mərhələdə ulduzun quruluşu laylı olur. Ulduzun kənarlarında -termonüvə reaksiyalarında helium nüvələrinə çevrilən yüngül hidrogen nüvələrindən ibarət qabıq yaranır. Orta təbəqədə karbon və oksigen kimi daha ağır elementlər toplanır. Ulduzun nüvəsi milyardlarla dərəcəyə qədər qızdırılan və ulduzun ən ağır elementlərindən - dəmir nüvələrindən yüksək sıxlığa qədər sıxılmış qazdan ibarət olur.

Qabığın “yüngül nüvə yanacağı” bitdikdə və termonüvə reaksiyalarının enerjisi ulduzun mərkəzinə doğru yönələn cazibə qüvvəsinə qarşı çıxa bilmə-

dikdə, güclü sıxılma baş verir - nüvə kollaps edir. Qravitasiya sıxılması o qədər güclü olur ki, elektronlar protonlara sıxılır və həddindən artıq sıx yüksək temperaturu neytron maddəsi əmələ gəlir. Müəyyən bir müddətdən sonra sıxılma dayandırır və ulduzun xarici qatlarından da daxilə heç bir maddə nüfuz etmir. Yaranan zərbə dalğası yuxarı təbəqələrindən 40.000 km/san sürətlə keçərək maddəni özü ilə birlikdə Kainata sorub aparır. Yüksək temperaturu qazın genişlənməsi güclü partlayışla müşayiət olunur və məhz bu hadisə ifrat yeni ulduzun partlayışı adlanır.

Partlayış nəticəsində əvvəlki ulduzun mərkəzində kütləsi Günəşin kütləsi ilə müqayisə edilə bilən neytron ulduzu qalır. Ulduzun ətrafında bulub yaranır və bu buludun ölçüləri bizim qalaktikamızdan da kənara çıxa bilər.

İfrat yeni ulduzların partlayışının "ocağında" dəmirdən daha ağır nüvələr sintez olunur. Buna görə də, İfrat yeni ulduzlar Kainatdakı maddənin həyatının beşiyi hesab olunur. İfrat yeni ulduzların partlayışlarının tədqiqi bu gün bizi əhatə edən və təşkil edən maddənin necə əmələ gəlib suallarına cavab verə bilər. Milyonlarla ildən sonra Yerə çatan İfrat yeni ulduzların partlayışlarının qalıq radiasiyasının birbaşa müşahidəsi, partlayış enerjisinin 99%-nin neytrinolarla daşınması ilə çətinləşir. Neytrinolar maddə ilə qarşılıqlı təsirdə olmadığı üçün Yerdə quraşdırılmış detektorlarla onları aşkar etmək çətindir. Buna görə də hesablamalar və modelləşdirmə ifrat yeni ulduzların öyrənilməsində əsas rol oynayır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. R.Ə. Hüseynov. "Astronomiya" Maarif nəşriyyatı, Bakı, 1997.
2. [https://az.wikipedia.org/wiki/%C4%B0frat\\_yeni\\_ulduz](https://az.wikipedia.org/wiki/%C4%B0frat_yeni_ulduz)
3. <https://astronomiya.az/post/ifrat-yeni-ulduz-partlayislari>

## **ELEKTRİK KVADRUPOL KEÇİDLƏRİNDƏ 0+ HALLARI**

**Məmmədəlizadə K.B., Əbdülvahabova S.Q.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*  
memmedalizade@bk.ru

Kvadrupol keçidləri təcrübələrdə nadir torpaq elementlərinin 0+ həyəcanlanmalarında daha çox təsadüf edilir [1]. Belə keçidlərin öyrənilməsi nüvənin quruluşu haqda əhəmiyyətli məlumatlar verə bilər.

Kvadrupol operatorunun keçid matrisinin ifadəsi aşağıdakı şəkildədir:

$$M = \frac{A! \langle \hat{A}\Psi_{20} | \hat{Q} | \Psi_0 \rangle}{\sqrt{N_i N_j}} \quad (1)$$

Bu ifadədə  $\hat{Q}$  kvadrupol operatorudur:

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^A r_j^2 Y_{20}(\theta_i \varphi_i) \quad (2)$$

(2) ifadəsini aşağıdakı şəkildə də vermək olar:

$$\hat{Q} = 2R^2 Y_{20}(r) + \sum_{i=1}^A \left\{ r_i^2 Y_{20}(r_i) + \frac{1}{2} u_i^2 Y_{20}(u_i) + \frac{1}{2} v_i^2 Y_{20}(v_i) \right\} \quad (3)$$

$$u_l = r_{l1} - r_{l2} ; v_l = r_{l1} + r_{l2} \quad (4)$$

(1) ifadəsində  $\hat{A}$  antisimmetlik operator olub nüvənin təbəqə konfigurasiyasını, cütlüyünü, tam orbital momentini və onun proyeksiyasını təyin edən çoxhədlidir. (1) ifadəsini  $A!$  sayda hədlərdən ibarət kimi yazmaq olar. Bu hədlərdən biri birbaşa, qalanları isə mübadilə inteqrallarıdır. Bundan başqa (1) ifadəsində nüvənin ətalət mərkəzinin kvadrupol momentini saxlayan hədd nəzərə alınmır. Beləki, bu hədd heç bir real hala uyğun gəlmir.

(1) ifadəsinə daxil olan dalğa funksiyaları nüvənin üzərinə düşən və çıxan zərrəciklərin dalğa funksiyalarından asılıdır və nüvənin quruluşuna çox həssasdır. Əgər nüvənin üzərinə triton düşüb proton çıxarsa ilkin halın dalğa funksiyası aşağıdakı kimi olur [2]:

$$\Psi_{00} = \left\{ \exp \left[ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^2 \frac{1}{2} (u_{ij}^2 + v_{ij}^2) - \frac{1}{2} b \sum_{l=1}^A R_l^2 \right] \chi(\vec{\sigma}, \vec{\tau}) \right\} F_t(\vec{r}_t) f^s(\vec{r}, \vec{p}) \quad (5)$$

Son halın dalğa funksiyası isə

$$\Psi_{20} = \Psi_{20}(\xi) f(\vec{r}_p) \quad (6)$$

kimi verilir.

Şredinger tənliyi Sakson-Vuds potensialı ilə həll edilərək dalğa funksiyaları tapılır və  $E(2)$  elektrik keçidlərinin enerji və ehtimalları hesablanır.

Məsələn,  $0^+ \rightarrow 2^+$  in  $^{152}\text{Sm}(t,p)^{154}\text{Sm}$  keçidinə baxsaq:

$$M(E2) = \frac{74! \langle \hat{A} \Psi_{00} | \hat{Q} | \Psi_{20} \rangle}{\sqrt{N_{00} N_{20}}} \quad (7)$$

alırıq.

Hesablamalar göstərir ki, kvadrupol keçidlərinin intensivliyi Fermi səviyyəsi yaxınlığında kvadrupol momenti eyni işarəli olduqda səviyyə daha çox həyəcanlanmış olur.

Bundan başqa, qalıq qarşılıqlı təsiri nəzərə almaqla rəqsi və fırlanma kollektiv hərəkətlərinin qarışmasının qiyməti elektrik keçidlərinin qiymətlərinə təsir edə bilər [3].

### Ədəbiyyat:

1. Heyde K. and Wood J.L., Rev. Mod. Phys., 2011. **83**, 1467 -1475.
2. Abdulvahabova S.G., Ahmedov R.Aş and Afandiyeva I.G., Journal of Physical Science and Application. (US), 2015, V 5, N.2, p. 158-162.
3. Afandiyeva I.G. Ahmedov R.A. Proceedings of International Conference Modern Trends in Physics.2019,p.237-240.

## İSTİLİK ENERJETİK NÜVƏ REAKTORUNDA SÜRƏTLİ NEYTRONLARIN TƏSİRİ ALTINDA SİR KONİUMDA NÖQTƏVİ STRUKTURDA DEFFEKTƏMƏLƏGƏLMƏ PROSESLƏRİ

**Baloqlanova X.M., Qəribov A.A.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*xatirebaloqlanova11@gmail.com*

Təqdim olunan bu materialda istilikayırcı materialına  $^{235}\text{U}$ -in parçalanmasından alınan neytronların təsiri altında elastik səpilmə nəticəsində təpmə enerjisi hesabına nöqtəvi defektlərin əmələgəlmə prosesləri tədqiq olunub. Neytronların enerjisi parçalanma neytronların Maksvell pılanmasının maksimumuna uyğun  $E_n = 0,8 \text{ MeV}$  götürülür. Sürətli neytronların sel sıxlığı  $440 \text{ MVt}$  gücündə energetik nüvə reaktorlarının şəraitinə uyğun  $\varphi = 1,9 \cdot 10^{14}$  neytron/ $\text{sm}^2\text{san}$  götürülür.

Neytronların sirkonium atom nüvəsi ilə hər elastik toqquşması zamanı enerji dəyişməsi aşağıdakı ifadə ilə hesablanır [1].

$$E' = \frac{E}{(A + 1)^2} \left[ \cos\theta + \sqrt{A^2 - \sin^2\theta} \right]^2$$

burada  $E$ - düşən neytronun enerjisi,  $E'$  - səpilən neytronun enerjisi,  $\theta$  - səpilmə bucağıdır.

Toqquşma zamanı sirkonium nüvəsinə verilən təpmə enerjisi isə aşağıdakı ifadə ilə hesablanır [1].

$$E_{max} = 4AE_n \cos^2\varphi / (1 + A)^2$$

burada  $E_n$  - düşən neytronun enerjisi,  $A$  - sirkoniumun atom kütləsi,  $E_{təp}$  - sirkonium nüvəsinə verilən təpmə enerjisidir.

Müəyyən olunub ki, istilik neytronları  $^{91}\text{Zr}$  ilə qarşılıqlı təsiri zamanı təpmə enerjisi çox kiçik olub, metalda heç bir defekt əmələ gətirə bilmir.

Müşahidə olunmuş neytronun səpilmə uzunluğu  $\lambda = 322,6 \text{ sm}$  qiyməti istilikayırcı element çubuq qalınlığından  $\lambda > L$  münasibətində olduğundan neytronlar bir dəfə səpiləcəkdir. Metalda nöqtəvi defektlərin əmələgəlmə hədd enerjisi  $E_h = 2,5 E_d$ ,  $E_d$  - metal atomunda atomların əlaqə enerjisi  $E \sim 40 \text{ eV}$  [2].

Reaktor mühitində sirkoniumda defektəmələgəlmə proseslərin sürəti  $W = \varphi_n \frac{E_{təp}(max)}{E_h}$  ilə təyin edilir. Burada,  $\varphi_n$  - reaktorda sürətli neytronların sel sıxlığı,  $\varphi_n = 1,9 \cdot 10^{14} \text{ neytron}/\text{sm}^2 \cdot \text{san}$

$$W(i, v_i) = \frac{1,9 \cdot 10^{14} \times 3,4 \cdot 10^4}{100} = 6,46 \cdot 10^{16} \frac{\text{atom}}{\text{sm}^2 \cdot \text{san}}$$

Əmələ gələn birinci çıxarılmış atomların enerjisi [1]

$$E_{b.ç.a} = \frac{E_{təp}(max)}{E_h} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ eV}.$$

**Cədvəl 1**

Neytronların sirkonium nüvəsindən səpilməsi zamanı enerji itirmə prosesinin parametrləri

Element	$E_{\text{təp}}(\text{max})$ $\varphi = 0^\circ, \cos\varphi = 1,$ eV	$E_{\text{təp}}(\text{min})$ $\varphi = 45^\circ, \cos\varphi = 0,707,$ eV	Səpilən neytronun enerjisi $E'(\text{max}) = \frac{A-1}{A+1} E_n$	$\xi = 1 - \frac{A-1}{2A} \ln \frac{A-1}{A+1}$ orta loqarifmik dekrement	$Z = \frac{18,2}{\xi}$ toqquşma sayı
$^{91}\text{Zr}$	$3,4 \cdot 10^4$	$1,27 \cdot 10^4$	$0,78 \cdot 10^6$	0,013	1400

Düynlərarası atomlar  $\tau = 10^{-16} \div 10^{-13}$  saniyə ərzində digər atomlarla toqquşaraq yeni defektlər yarada bilər. İkinci çıxarılmış atomun enerjisi

$$E_{ik.\zeta.a} = \frac{3,4 \cdot 10^2}{E_h} = 3,4 \text{ eV}$$

Deməli gücü 440 *MVt* olan istilik nüvə reaktorlarında əmələ gələn hər bir sürətli neytron  $E_n = 0,8 \text{ MeV}$  sirkoniumda iki düynlərarası atom yaradır və ümumi defektəmələgəlmə prosesinin sürəti

$W(i, v_i) = 2W(i, v_i) = 1,29 \cdot 10^{17} \text{ atom/sm}^2 \cdot \text{san}$  olacaqdır.

**Ədəbiyyat:**

1. A.A.Qəribov, "Praktiki neytron və nüvə reaktoru fizikası" BAKI-"ELM"-2022.

**YUPİTERİN BÖYÜK QARŞIDURMA ANININ TƏYİNİ**

**Hüseynova G.Ə., Əliyeva Z.F.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*glnr3009hsynv@gmail.com*

Nəhəng planetlər, Yer qrupu planetlərinə nəzərən daha az öyrənilmişdir. Onların öyrənilməsinin çətinliyi ondadır ki, onlara qədər məsafə çox böyükdür. Nəhəng planetlərdən Yerə ən yaxını olan Yupiterdir. Yer atmosferində baş verən bir çox hadisələr, məsələn qasırğalar Yupiter atmosferində də baş verir. Buna misal olaraq Böyük Qırmızı ləkəni göstərmək olar. Digər planetlərdə həmin hadisələri öyrənməklə Yerdə də baş verməsinin səbəbini öyrənmək olar.

Yupiterin Günəşdən orta məsafəsi 778 600 000 km - 5.20 a.v., Günəş ətrafında sferik dolanma dövrü 11.86 ildir. Planetlər Günəş ətrafında Kepler qanunu üzrə hərəkət edir. Bu zaman müəyyən səciyyəvi vəziyyətlərdə olurlar.

Yupiterin Yerdən ən yaxşı müşahidə vaxtı qarşিদurma konfigurasiyasıdır. Qarşিদurma zamanı planet Yerə nəzərən səmada Günəşdən 180 dərəcə bucaq məsafəsində yerləşir, yəni, Günəş qərbdə batın zaman planet şərqdə üfüqdə doğulur. Məsələ ondadır ki, planetlərin Günəş ətrafında dolanma orbiti dairəvi deyil, elliptikdir. Günəş isə ellipsin fokusunda yerləşir. Odur ki, dolanma zamanı planetin Günəşdən olan məsafəsi dəyişir. Əgər qarşিদurma konfigurasiyası planet öz orbitinin periheli nöqtəsinə yaxın olanda baş verirsə, belə astronomik hadisə “böyük qarşিদurma” adlanır. “Böyük qarşিদurma” Yupiteri Yerdən müşahidə etmək üçün ən əlverişli vaxt hesab olunur. Bu zaman planetin görünən bucaq ölçüsü böyük olduğuna görə onun səthində daha çox detalları ayırd etmək mümkün olur.

Bu il Yupiter periheli nöqtəsində 21 yanvar 2023-cü ildə olmuşdur. Lakin planetin 21 yanvar 2023 tarixinə ən yaxın qarşিদurma anı isə 26 sentyabr 2022-ci ilə uyğun gəlir. Deməli Yupiter sonuncu tarixdə böyük qarşিদurmada olmuşdur.

Planetin qarşিদurmadan iki ardıcıl keçməsi arasında zaman fasiləsi 1.09 ildir.

### **Bəs Yupiterin növbəti böyük qarşিদurması nə vaxt olacaq?**

Yupiter 11,86 ildə Günəş ətrafında bir dövr edir. hesablaya bilərik ki, 11.86-nın tam mislinə bərabər olan ədəd böyük qarşিদurmanın təkrarlanacağı müddət olacaq. Onda 7 dövr = 83,02 il.  $83 = 12 \times 6 + 11$ . Bu o deməkdir ki, ardıcıl yeddi böyük qarşিদurma arasında altısı 12 ildən, biri isə 11 ildən sonra təkrarlanacaq.

<b>Perihelidə olma tarixi</b>	<b>Böyük qarşিদurmada olma tarixi</b>	<b>Yerdən olan məsafəsi (km)</b>
21 yanvar 2023	26 sentyabr 2022	591.292 mln
24 noyabr 2034	1 oktyabr 2034	591.371 mln
27 noyabr 2046	6 oktyabr 2046	591.526 mln
30 iyul 2058	11 oktyabr 2058	591.450 mln
2 iyun 2070	16 oktyabr 2070	591.580 mln

Deməli böyük qarşিদurma təxminən 83 ildən bir baş verməlidir. Əgər müəyyən bir zamanda Yupiterlə Yer arasındakı məsafə ən kiçik olduğu məlum olarsa Yupiterin 7 siderik periodundan sonra yəni. 83 yer ilindən sonra bu məsafə yenə eynilə ən kiçik olacaq. Beləliklə, deyə bilərik ki, 83 ildən sonra Yupiterin ən böyük qarşিদurmaları təkrarlanır. 2022-ci ildə Yupiterin ən böyük qarşিদurması olmuşdur. Növbəti ən böyük qarşিদurma isə 2105-ci ildə olacaqdır.

### **Ədəbiyyat:**

1. W. Carroll, Dale A. Ostlie. An Introduction to Modern Astrophysics by Bradley. Publisher: Addison-Wesley; 2nd edition, 2014, 1278 p.
2. R.Ə. Hüseynov, “Ümumi astrofizika kursu”, Bakı, 2010, 368 s.
3. C.M. Quluzadə, “Ümumi astronomiya kursu”, Bakı, 2017, 265 s.
4. <https://farside.ph.utexas.edu/books/Syntaxis/Almagest/node53.html>

## ŞREDİNGER TƏNLIYININ HÜLTEN POTENSIALI ÜÇÜN NİKİFOROV-UVAROV METODU İLƏ ANALİTİK HƏLLİ

**Məmməd Z.İ., Əhmədov A.İ.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mammadzabita@gmail.com*

Bu işdə Hülten potensialı sahədə hərəkət edən zərrəcik üçün Şredinger tənliyi Nikiforov-Uvarov metodu ilə orbital kvant ədədinin sıfırdan fərqli ( $l \neq 0$ ) ixtiyari qiymətləri üçün analitik şəkildə həll edilmişdir. Enerji spektri və məxsusi funksiya üçün analitik ifadələr tapılmışdır. Sistemin dalğa funksiyası hiperhəndəsi funksiya ilə ifadə edilmişdir.

Şredinger tənliyini sferik koordinat sistemində aşağıdakı şəkildədir:

[1]:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2\mu}{\hbar^2} [E - V(r)] \psi(r, \theta, \phi) = 0. \quad (1)$$

Stasionar halda tənliyin həlli olan  $\psi(r, \theta, \phi)$  dalğa funksiyasını aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$\psi(r, \theta, \phi) = \frac{\chi(r)}{r} Y_{lm}(\theta, \phi), \quad (2)$$

Hülten potensialı aşağıdakı şəkildədir: [2,3]:

$$V(r) = \frac{Ze^2 \delta e^{-\delta r}}{1 - e^{-\delta r}} \quad (3)$$

(2) və (3) ifadələrini (1) tənliyində nəzərə alsaq, onda alarıq:

$$\chi''(r) + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ E + Ze^2 \delta \frac{e^{-\delta r}}{1 - e^{-\delta r}} - \frac{\hbar^2 \delta^2 l(l+1)}{2\mu} \left( C_0 + \frac{e^{-\delta r}}{(1 - e^{-\delta r})^2} \right) \right] \chi(r) = 0. \quad (4)$$

burada  $l$  - orbital kvant ədədi,  $\mu$  - isə kütlədir.

Əsas məqsədimiz (4) tənliyini Nikiforov-Uvarov metodu ilə həll etmək üçün aşağıdakı şəkildə hiperhəndəsi tənliyə gətirməkdir [4]:

$$\chi''(s) + \frac{\tilde{\tau}}{\sigma} \chi'(s) + \frac{\tilde{\sigma}}{\sigma^2} \chi(s) = 0, \quad (5)$$

Aşağıdakı əvəzləmələrdən istifadə edərək (4) radial Şredinger tənliyini daha yığcam şəkildə yaza bilərik:

$$-\varepsilon^2 = \frac{2\mu}{\hbar^2 \delta^2} E, \quad E < 0, \quad \alpha^2 = \frac{2\mu Ze^2}{\hbar^2 \delta}, \quad s = e^{-\delta r}. \quad (6)$$

Onda alarıq:

$$\chi''(s) + \frac{\chi'(s)}{s} + \frac{1}{s^2(1-s)^2} \chi(s) = 0$$

$$\times [-\varepsilon^2(1-s)^2 - l(l+1)(C_0(1-s)^2 + s) + \alpha^2 s(1-s)] \chi(s) = 0 \quad (7)$$

(7) tənliyini Nikiforov-Uvarov metodu ilə həll edərək enerji spektri və dalğa funksiyası üçün alarıq:

$$E_{n,l} = -\frac{\hbar^2}{2\mu} \left[ \frac{l+n_r+1}{2} \delta - \frac{\mu Z}{\hbar^2} e^2 \right]^2 + \frac{\hbar^2 \delta^2}{2\mu} l(l+1) C_0. \quad (8)$$

$$\chi_{n_r}(s) = C_{n_r} s^{\sqrt{c}} \frac{\Gamma(n_r + 2\sqrt{c} + 1)}{n_r! \Gamma(2\sqrt{c} + 1)} {}_2F_1(-n_r, 2\sqrt{c} + 2K + n_r, 1 + 2\sqrt{c}; s), \quad (9)$$

Burada  $C_{n_r}$  - normallanma sabitidir və normalanma şərtindən tapılır. Enerji spektrinin və dalğa funksiyasının analitik ifadələrinin analizi göstərir ki, onlar orbital  $l$  və radial  $n_r$  kvant ədədlərinin seçilməsindən ciddi asılıdırlar.

#### Ədəbiyyat:

1. Sadıqov F. S. Kvant mexanikası (məsələlərdə). 338 səh. 1992
2. Hulthén L. // Ark. Mat. Astron. Fys. **28A**, 5 (1942).
3. Hulthén L. // Ark. Mat. Astron. Fys. **29B**, 1 (1942).
4. Nikiforov A. F. and Uvarov V. B. // Special Functions of Mathematical Physics, Birkhäuser, Boston, Springer (1988)

## PROTON-PROTON TOQQUŞMASINDA $\rho$ MEZONUN YARANMASI PROSESİNİN TƏDQIQI

Məmmədova T.M., Ağamaliyeva L.A.\*

Bakı Dövlət Universiteti

tutu.memmedova.30@mail.com

İşdə vektor  $\rho$  mezonun Böyük Hadron Kollayderində (BAK) yaranması prosesi öyrənilmişdir.  $pp \rightarrow \rho X$  prosesinin effektiv kəsiyini hesablamaq üçün analitik ifadə alınmışdır. Prosesin diferensial effektiv kəsiyinin  $\rho$  mezonun eninə impulsundan və yeyinliyindən asılılıqları mezonun müxtəlif paylanma amplitudları üçün hesablanmışdır. Alınan ədədi nəticələrin BAK-da ölçülməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Yüksək enerjilərdə proton-proton toqquşmasında tək psevdoskalyar və vektor mezonların yaranması prosesləri yüksək enerjilər fizikasının aktual problemlərindən biridir. Bu işdə proton-proton toqquşmasında tək vektor  $\rho$  mezonun yaranması prosesi tədqiq olunur.

Proton-proton toqquşmasında eninə impulsun  $p_T$  böyük qiymətlərində mezonun, xüsusilə vektor  $\rho$  mezonun yaranması prosesində effektiv kəsiyə verilən əlavələrin qiyməti mezonun paylanma funksiyasından ciddi asılıdır. Bu baxımdan bu işdə  $pp \rightarrow \rho X$  proton-proton toqquşmasında  $\rho$  mezonun inklüziv yaranması prosesinin effektiv kəsiyi  $\rho$  mezonun müxtəlif paylanma amplitudları üçün mezonun eninə impulsundan  $p_T$  və yeyinliyindən asılılıqları hesablanmışdır.

$pp \rightarrow \rho X$  proton-proton toqquşmasında  $\rho$  mezonun inklüziv yaranması prosesində alt proses olaraq  $q_1 + \bar{q}_2 \rightarrow \rho + \gamma$  prosesi götürülmüşdür.

Kvant elektrodinamikasında məlum qaydaları tətbiq edərək  $q_1 \bar{q}_2 \rightarrow \rho \gamma$  alt prosesinin effektiv kəsiyi üçün aşağıda göstərilən ifadə alınmışdır:

$$\frac{d\sigma}{d\hat{t}}(\hat{s}, \hat{\epsilon} \rightarrow \hat{\epsilon} \rightarrow \hat{\epsilon} \rightarrow \hat{t}, \hat{u}) = \frac{8\pi^2 \alpha_E C_F}{27} \cdot \frac{[D(\hat{t}, \hat{u})]^2}{\hat{s}^3} \cdot \left[ \frac{1}{\hat{u}^2} + \frac{1}{\hat{t}^2} \right]$$

Faktorizasiya teoremini tətbiq edərək əsas  $pp \rightarrow \rho X$  prosesinin diferensial effektiv kəsiyini hesablanmasında mezonun paylanma amplitudlarından istifadə olunmuşdur [2;4].  $pp \rightarrow \rho X$  əsas prosesinin effektiv kəsiyi ətalət



mərkəzi sisteminin enerjisinin  $\sqrt{s} = 62.4$  QeV qiymətində mezonun eninə impulsundan asılılıqları hesablanmışdır. Beləliklə, alınan nəticələrdən və onların analizindən görünür ki, effektiv kəsiyin bu işdə alınan ədədi qiymətlərin Böyük Hadron Kollayderində ölçülməsi mümkündür.

**Ədəbiyyat:**

1. J. C. Collins, D. E Soper, G.F.Sterman, Adv. Ser. Dir. High Energy Phys. 5, 1 (1988).
2. P. Ball, V. M. Braun, Phys. Rev. D. 54,2182, (1996)
3. A. V. Pimikov, S. V. Mikhailov, N. G. Stefanis, Few-Body Syst.55, 401, (2014)
4. H. M. Choi and C. R. Ji, Phys. Rev. D95, 056002 (2017).

**KLEYN-FOK-QORDON TƏNLİYİNİN  
KİLLİNQBƏK POTENSİALI ÜÇÜN ANALİTİK HƏLLİ**

**Məmmədov Ə.S., Əhmədov A.İ.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mammadovali177@gmail.com*

Sferik koordinatlarda  $S(r)$  skalyar  $V(r)$  vektor potensialları üçün Kleyn-Fok-Qordon(KFQ) tənliyi aşağıdakı şəkildədir [1]:

$$(-\nabla^2 + (M + S(\vec{r}))^2)\psi(r, \theta, \phi) = [E - V(\vec{r})]^2\psi(r, \theta, \phi) \quad (1)$$

Stasionar halda dalğa funksiyası aşağıdakı şəkildə dəyişənlərə ayrıla bilər.

$$\psi(\vec{r}) = \frac{\chi(r)}{r} \Theta(\theta) \Phi(\phi) \quad (2)$$

(1) tənliyin həlli zamanı  $S(r)=V(r)$  halına baxsaq. Killinqbek potensialı aşağıdakı şəkildədir [2]:

$$V(r)=D\left(\frac{r^2-a^2}{r}\right)^2 \quad (3)$$

(2) dalğa funksiyasını və (3) potensialının ifadəsini (1) tənliyində nəzərə alsaq onda KFQ tənliyi aşağıdakı şəkildə olar:

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

Burada aşağıdakı əvəzləmələri etsək

$$\delta = E^2 - M^2 + 4(E + M)Da^2, A = 2(E + M)DB = \lambda + 2(E + M)Da^4$$

Onda alarıq:

$$\chi''(r) + \left( \delta - Ar^2 - \frac{B}{r^2} \right) \chi(r) = 0 \quad (5)$$

Bu tənliyi Nikforov-Uvarov(NU) metodu ilə həll etmək üçün əvvəlcə aşağıdakı hiperhəndəsi tənlik şəklinə gətirmək lazımdır [3].

$$\chi''(s) + \frac{\tilde{\tau}(s)}{\sigma(s)} \chi'(s) + \frac{\tilde{\sigma}(s)}{\sigma^2(s)} \chi(s) = 0 \quad (6)$$

(5) tənliyini NU metodu ilə həll etmək üçün  $s = \sqrt{2(E + M)Dr^2}$  əvəzləməsini edək, onda alarıq:

$$\chi''(s) + \frac{1}{2s}\chi'(s) + \left(\frac{\varepsilon}{4s} - 1 - \frac{L(L+1)}{4s^2}\right)\chi(s) = 0, \quad (7)$$

burada

$$\varepsilon = \frac{\delta}{\sqrt{2(E+M)D}} = \frac{E^2 - M^2 + 4(E+M)Da^2}{\sqrt{2(E+M)D}},$$

$$L = \sqrt{\frac{1}{4} + \lambda + 2(E+M)Da^4} - \frac{1}{2}. \quad (8)$$

Nikiforov-Uvarov metodunu tətbiq edərək enerji spektri üçün aşağıdakı analitik ifadəni alırıq:

$$E_n^2 - M^2 + 4(E_n + M)Da^2 = 2\sqrt{2(E_n + M)D}(4n + 2L + 3). \quad (9)$$

Məxsusi funksiya üçün isə alırıq:

$$\chi_{nL}(r) = C_{nL}r^{L+1}e^{-\sqrt{2(E+M)r^2}}L_n^{L+\frac{1}{2}}(2\sqrt{2(E+M)r^2}). \quad (10)$$

Burada  $C_{nL}$  normallanma sabitidir və aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$C_{nL} = 2^{L+5/2} \sqrt{\frac{n!}{\Gamma(n+L+3/2)}} \quad (11)$$

Enerji spektri və məxsusi funksiya radial və orbital kvant ədələrindən ciddi asılıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Greiner W. Relativistic Quantum Mechanics, 3ed. edition Berlin, Springer, 2000.
2. Killingbeck J. // Phys. Lett. A 65 (1978) 87; J. Killingbeck, ibid. 67 (1978) 13.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special Functions of Mathematical Physics, (Birkh• auser, Basel 1988)

## NEYTRONLARIN NÜVƏLƏRDƏN SƏPİLMƏSİ ZAMANI POLYARİZASIYA EFFEKTİ

**Qurbanova R.M., Bayramova T.O.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*rufane.gurbanova@gmail.com*

Neytronların nüvələrdən səpilməsi zamanı müəyyən anomaliya baş verir ki, bu da neytronların polyarlaşması ilə əlaqələndirilir. Bu hadisə isə neytronların nöqtəvi yox, daxili struktura malik olan, kvarklardan ibarət bir zərrəcik olmasını göstərir. Çünki nöqtəvi yük polyarlaşmaya malik deyil.

Neytronun nüvələrdən səpilməsi zamanı, yəni nüvənin Kulon sahəsinə düşərkən onun daxilində yüklərin yenidən paylanması nəticəsində elektrik dipol momenti yaranır. Nəticədə neytron ilə nüvənin əlavə qarşılıqlı təsiri də meydana çıxır. Həmin qarşılıqlı təsirin neytronun səpilməsinə verdiyi əlavəni hesablayaq. Neytronun gətirilmiş dipol momentini aşağıdakı ifadə ilə verilir:

$$d(E) = \int \rho(r, E)r dr = \alpha E \quad (1)$$

Burada  $\alpha$ - neytronların polyarlaşmasını xarakterizə edən polyarizasiya əmsəlidir. Təcrübələr nəticəsində  $\alpha \approx 10^{-42} \text{ sm}^3$  qiyməti təyin

edilmişdir.

Polyarlaşma nəticəsində neytron aşağıdakı kimi əlavə potensial enerji qazanır:

$$\hat{V}(r) = -d(E) = -\frac{1}{2} \alpha E^2 = -\frac{\alpha Z^2 e^2}{2r^4} \quad (2)$$

Burada  $r < R$  olduqda  $V(r)=0$  qəbul edilir. Neytronun nüvə ilə qarşılıqlı təsir hamiltonyanını belə ifadə etmək olar:

$$H(r) = U_0(r) - \mu_n \frac{iZ}{2r^3} \left(\frac{e\hbar}{Mc}\right)^2 \sigma[r \times \nabla] - \alpha Z^2 e^2 \frac{1}{2r^4} \quad (3)$$

Burada birinci hədd nüvə qüvvələri ilə, ikinci hədd isə neytronun maqnit momentinin nüvənin Kulon sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranır, üçüncü hədd polyarlaşmanı xarakterizə edir.

Neytronların səpilməsi zamanı polyarizasiya effektini nəzərə alaraq səpilmənin amplitudunu hesablayaq. Bu zaman Born yaxınlaşmasından istifadə edəcəyik:

$$H(\hbar(mv\theta)) \leq 2E\theta \quad (4)$$

Burada E neytronların enerjisidir.

Səpilmə amplitudunun ifadəsi aşağıdakı kimi olacaq:

$$f(\theta) = \frac{M}{2\pi\hbar^2} \int \exp(ik_0\hat{r})H(\hat{r})\exp(-ik\hat{r})d\hat{r} \quad (5)$$

(3) ifadəsini burada nəzərə alsaq və müəyyən hesablamaya aparsaq aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$f(\theta) = f_0(\theta) + \frac{1}{2} i\sigma_n \mu_n c t g \frac{\theta}{2} \left(\frac{\hbar}{Mc}\right) \left(\frac{Ze^2}{\hbar c}\right) + \frac{\alpha_n M}{2R} \left(\frac{Ze}{\hbar}\right)^2 \left\{ \frac{\sin x}{x^2} + \frac{\cos x}{x} + \sin x \right\} \quad (6)$$

$$\text{Burada } x = 2kR \sin \frac{\theta}{2}, \quad \text{si}(x) = - \int_x^\infty \frac{\sin x}{x} dx$$

Burada üçüncü hədd neytronların polyarlaşması nəticəsində baş verən səpilmənin amplitudunu ifadə edir. Həmin həddi Lejandr polinomuna ayırısaq,  $kR$ -in kiçik qiymətləri üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$f_\alpha(\theta) = \frac{\alpha M}{R} \left(\frac{Ze}{\hbar}\right)^2 \left[ 1 - \frac{\pi}{4} x + \frac{1}{6} x^2 - \dots \right] \quad (7)$$

Bu ifadədən görünür ki, neytronların nüvələrdən polyarlaşması nəticəsində baş verən səpilmənin amplitudu neytronların enerjisindən asılı olmayan  $\frac{\alpha M}{R} \left(\frac{Ze}{\hbar}\right)^2$  sabit həddinə malikdir.

#### Ədəbiyyat:

1. A.Donnachie, P.V.Landshoff, Nucl. Phys. B267 (1986) 690
2. Ecole thématique de la SFN, Neutrons Polarisés, ed. by N. Kernavanois, E. Ressouche, H. Schober, J.L. Soubeyroux, EDP Sciences (2005).

## **ÇARPAZ BİRCİNS ELEKTRİK VƏ MAQNİT SAHƏLƏRİNDƏ YÜKLÜ ZƏRRƏCİYİN HƏRƏKƏTİNƏ DAİR RELYATİVİSTİK MƏSƏLƏNİN DƏQİQ HƏLLİ VƏ ONUN TƏTBİQLƏRİ**

**Qarayeva A. G., Pirquliyev M.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aysadqarayeva@gmail.com*

Məlum olduğu kimi, sürətləndiricilərdə yüklü zərrəciklərin enerjisi artıqca şüalanma itkiləri də artır [1]. Bu fiziki hadisəni təsvir etmək üçün maqnit sahəsinin intensivliyinin elektrik sahəsinin intensivliyinə olan nisbətində bərabər ölçüsüz parametrdən istifadə olunur:  $a = |H|/|E|$ .  $0 < a < \infty$  parametrinin dəyişməsi ilə çarpaz bircins elektrik və maqnit sahələrində yüklü zərrəciklərin hərəkət xüsusiyyətləri dəyişir. Sürətləndiricilərin qurulmasında yüklü zərrəciklər dəstəsinin dayanıqlığını və şüalanma itkilərinin azaldılmasını təmin etmək üçün  $a$  parametrinin ədədi qiymətinin seçilməsinə xüsusi önəm verilir. Fiziki zamana - laborator zamana nəzərən çarpaz bircins elektrik və maqnit sahələrində yüklü zərrəciklərin hərəkəti məsələsi tam və dəqiq həllə malik deyil. Təqdim edilən tədqiqat işində adıçəkilən məsələni təsvir edən tənliklər sistemi adi diferensial tənliklərin avtonom sisteminə gətirilir, həmin sistem isə parametrin vahidə bərabər qiymətində və qeyri-relyativistik limitdə alınır. Müxtəlif müəlliflər tərəfindən məsələyə laborator zaman əvəzinə məxsusi zaman istifadə olunmaqla baxılmışdır ([2]–[7]). Lakin bu işdə yüklü zərrəciklərin çarpaz bircins elektrik və maqnit sahələrində fiziki zamana görə hərəkətinə dair [1]-də verilən məsələnin [8]-də təqdim edilən tam və dəqiq həlli təhlil edilmişdir. Nəticələr bir tərəfdən məxsusi zaman kimi qeyri-formal daxil edilən anlayışdan istifadə etməyin vacib olmadığını göstərir. Digər tərəfdən baxılan problemin dəqiq həlli birinci inteqrallar üsulu ilə və fiziki zamana görə əldə edildiyindən [8], həmin nəticələr plazma fizikasında yüklü zərrəciklər axını ilə bağlı bəzi fiziki hadisələrin xüsusiyyətlərinin, eləcə də yüksək enerjilərdə kosmik şüaların enerji spektrinin öyrənilməsində tətbiq edilmişdir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Курс теоретической физики, т. 2: Теория поля, Наука, М., 1967.
2. G.A.Schott, Electromagnetic Radiation and the Mechanical Reaction, Arising from It, Being an Adams Prize Essay in the University of Cambridge, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1912.
3. С.А.Богуславский, Избранные труды по физике, Физматгиз, М., 1961.
4. В.В.Батыгин, И. Н. Топтыгин, Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности, Лань, СПб., 2010.
5. К. Ициксон, Ж.-Б. Зюбер, Квантовая теория поля, Мир, М., 1984.
6. Y. Friedman, M. D. Semon, Phys. Rev. E, 72:2 (2005), 026603.
7. S. A. Chin, J. Math. Phys., 50:1 (2009), 012904, 7 pp., arXiv: 0809.0859.
8. B. M. Barbashov, A. B. Pestov, Theoretical and Mathematical Physics, 186(3): 440–446 (2016), 7 pp., DOI: 10.1134/S0040577916030119

## YÜKLÜ ZƏRRƏCİYİN BİRCİNS MAQNİT SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏTİ

**Musayeva R.M., Rəcəbov M.R.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*musayev71@gmail.com*

Bilirik ki, yalnız bəzi məsələlər üçün Şredinger tənliyi dəqiq həll oluna bilər. Belə məsələlərdən biri də yüklü zərrəciyin bircins maqnit sahəsində hərəkətidir.

Kvant nəzəriyyəsində bircins maqnit sahəsində yüklü zərrəciyin tədqiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu tip məsələlərin həlli kvant nəzəriyyəsinin əsas prinsiplərini və kvant formalizminin mahiyyətini başa düşməyə imkan verir.

Yüklü zərrəciyin bircins maqnit sahəsində hərəkəti üçün Şredinger tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\left\{ \frac{1}{2m_0} (\vec{p} - \frac{e}{c} \vec{A})^2 \right\} \Psi = E\Psi \quad (1)$$

Burada e-zərrəciyin yükü,  $m_0$ -zərrəciyin kütləsi,  $\vec{p}$  -impuls operatoru,  $\vec{A}$ -vektor potensial, E-sistemin enerjisi,  $\Psi$  –isə dalğa funksiyasıdır.

Z oxunu bircins maqnit sahəsi boyunca yönəldək. Onda  $H_x=H_y=0$ ;  $H_z=H$  olar və vektor potensialı

$$A_x=-yH \quad A_y=A_z=0$$

kimi seçə bilərik. Onda  $\text{div}\vec{A}=0$  olar. Bu halda (1)

$$\left\{ \frac{\vec{p}^2}{2m_0} + \frac{eH}{m_0c} y\vec{P}_x + \frac{e^2 H^2}{2m_0 c^2} y^2 \right\} \Psi = E\Psi \quad (2)$$

Sistemin Hamilton operatoru  $\check{P}_x$  və  $\check{P}_z$  operatoru ilə kommutasiya etdiyindən (2) tənliyinin həllini

$$\Psi(x,y,z)=\phi(y) e^{\frac{i}{\hbar}(P_x x + P_y y)} \quad (3)$$

kimi axtarmaq olar. Müəyyən əvəzləmələrdən sonra (2) tənliyini adi xətti harmonik ossilyatorun tənliyinə gətirmək olar. Onun həllindən məxsusi funksiyalar və məxsusi qiymətlər üçün

$$\Psi_{n,P_x,P_z}(x,y,z) = C e^{\frac{i}{\hbar}(P_x x + P_y y)} e^{-\frac{\xi^2}{2}} \text{Hn}(\xi) \quad (4)$$

$$\xi = \sqrt{\frac{m_0 \omega_L}{\hbar}} \eta; \quad \eta = y + \frac{c P_x}{eH}; \quad \omega_L = \frac{eH}{m_0 c}$$

$$E_{n,P_z} = \hbar \omega_L \left( n + \frac{1}{2} \right) + \frac{P_z^2}{2m_0} \quad (5)$$

İfadələri alınır.  $n=0,1,2,\dots$ -baş kvant ədədidir. Burada  $\text{Hn}(\xi)$  -Ermitt polinomu. (5) ifadəsindəki birinci hədd sahəyə perpenktikulyar müstəvidə baş verən eninə (tsiklotron) hərəkət enerjisidir. O, diskret dəyişir və bu diskret enerji səviyyələri Landau səviyyələri adlanır. İkinci hədd yüklü zərrəciyin sahə istiqamətində yerdəyişmə enerjisidir.  $P_z$ -kvant ədədi kəsilməz dəyişdiyindən uyğun enerji səviyyələri kəsilməz spektr təşkil edir.

### Ədəbiyyat:

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. "Высшая школа", Москва, 2009
2. Соколов А.А., Тернов И.М, Жуковский В.С. Квантовая механика. "Наука", Москва, 2004.

## GÜNƏŞ KÜLƏYİNİN TƏDQIQI TEKNOLOGİYANIN İNKİŞAFINDA BİR AMİL KİMİ

**Yusifov S.P., Bəşirov M.M.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Yusifovsako@gmail.com*

Həyatımızda əhəmiyyətli dərəcədə rolunu oynayan kosmik amillərdən birində Günəş və onun qeyri-stabil və qanunauyğun olmaması səbəbindən günəşdə baş verən hadisələr müasir texnologiyalara, rədiarabitəyə, peyklərin idarə olunmasına təsiri qarşısı alınmaz xarakter daşıyır. Hazırda elektron texnologiyalar çox böyük dəqiqliyi çoxşaxəli olması, funksionallığı ilə fərqlənir. Onlara meteoroloji və geoloji amillər təsir etdiyi kimi kosmoloji amillərin - Günəşdən gələn yüksək sürətli ionlaşdırıcı seli təsirsiz ötürülmür. Bu səbəbdən texnoloji inkişaf, strateji perspektivlərin layihələndirilməsi zamanı bu amillərdə nəzərə alınması məqsədəuyğundur.

Günəş atmosferində elektron-elektron-texniki sistemlər üçün daha təhlükəli sürətli plazma və onun günəşdən uzaqlaşdıqca bu sürətin daha da artmasıdır. Bu astrofiziki problem olaraq qalır. Günəş güclü maqnit sahəsi, eləcə də kütlə atışları zamanı günəşdən ayrılan maddə özündə maqnit sahəsi aparmasıdır. Məhz bu Yer maqnit sahəsində güclü dəyişmələrə - müxtəlif səviyyədə maqnit qasırğalara səbəb olur.

Günəş küləyi hissəciklərinin sürətlənməsi maqnit hidrodinamik, kinematik baxımdan tədqiq olunur. Zərrəciklərinin sürətlənməsində yayılan dalğaların zərbə effekti, zərbə dalğalarının cəbhəsində günəşə radial istiqamətdə diffuziya effektləri mühüm rol oynayır. Tədqiqatda bu proses üçün yazılan köçürmə tənliklərində kvaziyaxınlaşmalar, müstəvi dalğa və adiabatik hal üçün zərrəciklərin yavaşmasını nəzərə alaraq şərti olaraq yayılma istiqamətinə paralel yerləşmiş silindirik daxilində sürətlənmə oblastlarının yan divarlarından əhəmiyyətli dərəcədə zərrəciklərin axını olduqda, proses sürəti seçilmiş sürətə yaxın olan hal üçün effektiv olacaqdır.

Tac kütlə atışları ilə yaranan zərbə dalğaları vasitəsi ilə hissəciklərin sürətlənmə mexanizmləri mövcuddur. Bu dalğanın cəbhə boyu yaranan hadisələr müəyyən yaxınlaşmada nəticə almağa imkan verir. Günəş küləyi hissəcikləri üçün köçürmə (1) tənliklərini sadələşdirərək və uzununa diffuziya əmsalının daha böyük və zərrəciklərin sürətinin azalması ilə bağlı olan hədlərin çox kiçik olduğunu nəzərə alsaq (2) ifadəsini alırıq

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \nabla k \nabla f - (\bar{\omega}_c \cdot \bar{\nabla}) f + \bar{\nabla} \cdot \bar{\omega}_c \frac{v}{3} \frac{\partial f}{\partial v} \quad (1)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_{\parallel} \frac{\partial f}{\partial x}) - u \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{f}{\tau_{\perp}} \quad (2)$$

Zərrəciklərin müntəzəm sürətlənmə müddətinin adiabatik yavaşlama müddəti ilə müqayisəsindən alınır:  $\tau_{\alpha} \sim k_{\parallel} / \omega^2 |70|$ ,  $\tau_{\alpha} \sim r_c / 2\omega$ , burada  $\tau_{\alpha}$  - müntəzəm

sürətlənmə müddəti,  $k_{||}$ - uzununa diffuziya əmsalı,  $\omega$  -zərrəciklərin sürəti,  $\tau_{ad}$  - adiabatik yavaşım müddətidir.

Nəticə olaraq alınmışdır ki, bu halda uzununa diffuziya əmsalı sürətin artan funksiyasıdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Крымский Г.О., Ёлин В.К., Ромашенко Ю.А., Везродных Н.И. Исследование временных характеристик процесса ускорения заряженных частиц на ударном фронте // МЗВ. АН СССР. Сер. Ус. 1978- Т.42 , N - 5.С.1070-1074 .

## **TRANSPLUTON KOMET AİLƏLƏRİ**

**Qasımova L.Z., Quluyev Ə.S.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*gasimovaleyaqet@gmail.com*

Tədqiqat obyektini kimi biz Transneptun və yaxud Transpluton komet ailələrinin xüsusiyyətləri haqqında məlumat toplamışdıq İlk və onların üzərində müəyyən əməliyyatlar aparmaq fikrindəyik. Məlum olduğu kimi, bir çox kometlərin afeli nöqtələri yəni, orbitlərin ən uzaq nöqtələri nəhəng planetlərin – Yupiterin, Saturun, Uranın, Neptunun orbitləri ətrafında toplaşır [2]. Lakin, elə kometlər də vardır ki, onların orbitləri bu hüduddan çox-çox kənara çıxır və 30 a.v məsafədən 180-200 a.v məsafəyə qədər paylanır. Bu tarixən belə hesab olunur ki, bunlar transneptun kometləridir, çünki ayrı-ayrı məsafə bu kometlərin afelləri intervallarında toplaşır.

Sonuncu dəfə bu işinlə təxminən 20-25 il bundan əvvəl məşğul olublar (Quliyev Ə.S.). O vaxt belə kometlərin sayı kifayət qədər az idi. İndi isə zaman keçdikcə yeni müşahidələrin hesabına bu kometlərin sayı artıb. Biz öz işimizdə ayrı-ayrı mənbələrdən bu kometlər haqqında məlumatları toplayaraq hər bir komet qrupu üzrə yeni-yeni statistik effektlər axtarıyıq. Eləcə də keçmişdə irəli sürülmüş və ya əldə olunmuş nəticələri yeni material əsasında yoxlayacağıq.

Bu qruplardan birincisi afel məsafəsi 29-38 a.v məsafə uzaqlığında yerləşən komet ailəsidir [4]. Onların sayı təxminən 45-ə çatır. Əslində buna Neptun komet ailəsi demək olar. Lakin hesablamalar göstərir ki, bu kometlərin planetin hərəkət müstəvisinə nisbətən afeli enlik məsafəsi çox böyükdür. Yəni onlar Neptuna yaxın getmirlər, və hətta bəziləri heç Plutona da yaxın getmirlər. Ona görə də belə hesab etmək olar ki, bu kometlər hansısa böyük koyper cisimləri ilə əlaqəlidir.

İkinci komet ailəsi afelliləri 48 a.v məsafədən 56 a.v məsafəyə qədər olan obyektlərdir. Onların sayı 2023-cü ilin əvvəllərinin məlumatına görə 26-ya çatır [3]. Bu qrupun varlığı ehtimalı bir çox alimlər tərəfindən 1930-cu illərdə irəli sürülmüşdü.

Üçüncü ailə afelləri 73-89 a.v məsafə intervalına uyğun gələn kometlərdən ibarətdir. Onların sayı 2023-cü ilin əvvəllərinin məlumatına görə 37 təşkil edir. Kometlərin əksəriyyəti 2000-ci ildən sonrakı dövrlərdə tapılmışdır.

Dördüncü ailə 99-117 a.v afeli məsafəsinə uyğun gəlir. Bu ailəyə daxil olan kometlərin sayı hal-hazırda 34 təşkil edir.

Və nəhayət sonuncu ailə afel məsafələri 160-180 a.v məsafəyə qədər olan kometlərdir. 2023-cü ilin əvvəllərinin məlumatına görə bu qrupa daxil olan sayı 21-ə bərabərdir.

Bizim əsas məqsədimiz odur ki, bu kometlərin afel məsafələrinin tək cə konsentrasiyası ilə yox, həm də afel nöqtələrinin müəyyən müstəvilər yaxınlığında konsentrasiyasını aşkar etməkdir. Əgər belə bir konsentrasiya varsa onda həqiqətən transpluton ailəsi müəyyən iri kütləli cisimlərlə əlaqəlidir [1]. Bu tip işlər görülmüşdür indiyə qədər lakin bu məlumatlar yenilənməlidir. Hər komet müşahidə olunduqca, artdıqca müstəvilərin parametrləridə dəyişilir. Bu işdə nəticə olaraq beş komet qrupu üçün müəyyən müstəvilər tapacıyıq və bu müstəvilər ətrafında kometlərin afellərin konsentrasiyası yəni, afellərin həm məsafə nöqtəyi nəzərdən həmdə bucaq nöqtəyi nəzərdən konsentrasiyası ilə məşğul olacağıq.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Ayyub Guliyev, Rustam Guliyev. Additional Analysis for Applying the Tisserand Invariant in Solving the Planet X Problem. AMEA məruzələri, 2022, 4c
2. R.A. Guliyev, A.S. Guliyev. Testing the hypothesis of an unknown planet using the MOID analysis. Azerb.Astr.J.2021, 16, N.1-2, pp.51-56
3. Ayyub Guliyev, Shaig Nabiyev, Jason Yalim, Rustam Guliyev. Hyperbolic Comets as an indicator of the Hypothetical Planet 9 in the Solar System (Advances in Space Research, 2022, pp. 69,8, 3182-3203.
4. Marsden, B. G. Catalogue of Cometary Orbits / B. G. Marsden, G. V. Williams. – 17th edition. SAO. Solar, Stellar Planetary Science . . Division. – Cambridge, 2008. – 207 p.

## **KLASSİK OSSİLYATOR MODELİNDƏ DİSPERSİYA**

**Zeynalov İ.M., Qocayev M.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*macidqojayev@gmail.com*

Elektromağnit dalğalarının yayıldığı maddi mühitlərdə öyrənilən mühüm hadisələrdən biri də dispersiyasıdır. Dispersiyanın müasir tam nəzəriyyəsi kvant nəzəriyyəsi olsa da, seyrəldilmiş qaz mühitində hadisənin keyfiyyətli təhlili üçün klassik ossilyator modeli tətbiq olunur. Bu nəzəriyyənin tətbiqi kvant nəzəriyyəsi ilə eyni nəticələrə gətirməklə yanaşı, bəzi xüsusiyyətləri ilə də fərqlənir.

Ossilyator modelinə görə, atomdakı elektronlar harmonik rəqs etdiyindən atomlara harmonik ossilyatorlar sistemi kimi baxılır. Bu model çərçivəsində  $m$



kütləli ossilyator kimi götürülmüş elektronun məxsusi  $\omega_0$  tezliyinə malik rəqsi hərəkətinin

$$m\ddot{\vec{r}} + m\gamma\dot{\vec{r}} + m\omega_0^2\vec{r} = \vec{f} \quad (1)$$

tənliyi müstəvi monoxromatik dalğa üçün həll edilir ( $\gamma$  – sönmə əmsəlidir). Ossilyatorun sürəti işıq sürətinə nəzərən çox kiçik olduğundan ona yalnız atomun ölçüsü elektromaqnit dalğasının ölçüsündən kiçik olan halda ( $kr \sim 2\pi a/\lambda \ll 1$ ) təkcə zamandan asılı olan elektrik qüvvəsi təsir edir:

$$\vec{f} = e\vec{E} = e\vec{E}_0 \exp(-i\omega t).$$

Nəticədə ossilyatorun məcburi rəqslərinin tənliyi

$$\ddot{\vec{r}} + \gamma\dot{\vec{r}} + \omega_0^2\vec{r} = \frac{e}{m}\vec{E}_0 e^{-i\omega t} \quad (2)$$

şəklində olur. (2) tənliyinin həllini  $\vec{r} = \vec{r}_0 e^{-i\omega t}$  şəklində seçməklə elektronun tarazlıq vəziyyətinə nəzərən yerdəyişməsi təyin olunur:

$$\vec{r} = \frac{e}{m} \cdot \frac{\vec{E}}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega}. \quad (3)$$

(3)-ə əsasən dəyişən elektromaqnit sahəsində seyrək qaz mühiti üçün polyarlaşma vektorunun

$$\vec{P} = \sum e\vec{r} = \frac{e^2}{m} \cdot \frac{n\vec{E}}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} \quad (4)$$

ifadəsi ( $n$  – vahid həcmdəki elektronların sayıdır) və  $\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$  münasibətinin köməyiylə vahid həcmdə olan məxsusi rəqs tezlikləri  $\omega_i$ -yə bərabər  $n_i$  sayda elektronun dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığını müəyyən edən ümumi düstur alınmışdır:

$$\varepsilon(\omega) = 1 + \frac{e^2}{\varepsilon_0 m} \cdot \frac{n}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega}, \quad (5)$$

burada  $\gamma_i$  – uyğun elektronların sönmə əmsəlidir. Beləliklə, ossilyator modelinə görə çox aşağı tezliklər ( $\omega \ll \omega_i$ ) oblastı istisna olmaqla dielektrik nüfuzluğu tezlikdən asılı olur.

(5) ifadəsini həqiqi və xəyali hissələrə ayırmaq olar:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1(\omega) &= 1 + \frac{e^2}{\varepsilon_0 m} \sum_i \frac{n_i(\omega_i^2 - \omega^2)}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2 + \gamma_i^2 \omega^2}, \\ \varepsilon_2(\omega) &= \frac{e^2}{\varepsilon_0 m} \sum_i \frac{n_i \gamma_i \omega}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2 + \gamma_i^2 \omega^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Çox aşağı tezliklərdə ( $\omega \ll \omega_1$ ) dielektrik nüfuzluğunun qiyməti  $\varepsilon_1 = 1 + e^2 n / \varepsilon_0 m \omega_1^2$ ,  $\varepsilon_2 = 0$ , çox böyük tezliklərdə ( $\omega \gg \omega_1$ ) isə  $\varepsilon_1 = 1 - e^2 n_1 / \varepsilon_0 m \omega^2$  olur. Tezliyin artması ilə dielektrik nüfuzluğu artarsa ( $d\varepsilon_1(\omega)/d\omega > 0$ ), belə dispersiya **normal dispersiya**, tezliyin artması ilə dielektrik nüfuzluğu azalarsa ( $d\varepsilon_1(\omega)/d\omega < 0$ ), belə dispersiya **anomal dispersiya** adlanır. Tezliyin  $\omega = \omega_1$  qiymətində dielektrik nüfuzluğunun xəyali

hissəsi  $\varepsilon_2(\omega)$  maksimum olur. Bu hal dispersiya oblastında dalğaların mühit tərəfindən daha çox udulması ilə müşayiət olunur. Dispersiyanın real nəzəriyyəsi kvant nəzəriyyəsi olsa da, klassik nəzəriyyə ümumilikdə dispersiya hadisəsini, normal və anomal dispersiyaları keyfiyyətcə izah etməyə, onların fiziki mexanizmini yaxşı başa düşməyə imkan verir.

**Ədəbiyyat:**

1. Abdullayev S.Q. Klassik elektrodinamika [2 hissə] / S.Q. Abdullayev, – Bakı: Bakı Universiteti, 2007, I hissə. – 284s.
2. <https://physics.spbstu.ru>

## KVANT MEXANİKASINDA OSSİLYATOR MODELİ

**Şükürov Ə.T., Qocayev M.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
macidqojayev@gmail.com*

Fizikanın müxtəlif sahələrində, xüsusilə də kvant mexanikasında, kvant sahə, bərk cisim və elektromaqnit şüalanması nəzəriyyələrində, molekulların rəqsi spektrlərinin öyrənilməsində tez-tez müraciət olunan və mühüm modellərdən biri ossilyator modelidir. Ümumi şəkildə, ossilyator dedikdə tarazlıq vəziyyəti ətrafında kvazielastiki qüvvənin təsiri altında rəqs edə bilən bir sistem başa düşülür [1, 2].

İxtiyari kvazielastiki qüvvənin təsiri ilə yaranan rəqsi hərəkətin potensial enerjisi ümumi halda mürəkkəb  $U(x)$  funksiyası ilə verilir.  $U(x)$  potensialının ifadəsini dəqiq təyin etmək üçün onu tarazlıq vəziyyətindən ( $x = 0$ ) uzaqlaşmanı xarakterizə edən  $x$ -in üstlərinə görə sıraya ayırmaq lazımdır.  $U(x)$  funksiyasının tarazlıq nöqtəsindəki  $U(0)$  qiymətini onun hesablamaya başlanğıcı götürüb, həmin nöqtədə  $U(x)$ -in minimum qiymət aldığıni fərz etsək,  $U(0) = 0$  və  $U'(x) = 0$  olar.  $U''(0)$  sabiti əvəzində  $U''(0) = m\omega_0^2$  şəklində yeni  $\omega_0$  sabitini daxil etsək,

$$U(x) = \frac{m\omega_0^2}{2}x^2 + \lambda x^3 + \beta x^4 + \dots \quad (1)$$

şəklində olar. Burada  $m$  – zərrəciyin (kvantmexaniki sistemin) kütləsi,  $\omega_0$  – rəqsi hərəkətin məxsusi tezliyidir və  $\lambda = U'''(0)/3!$ ,  $\beta = U^{IV}(0)/4!$  götürülmüşdür [1, s.208].

Kvant mexaniki sistemin kifayət qədər kiçik rəqsləri halında (1) ifadəsinin sağ tərəfindəki birinci həddən sonrakı hədləri nəzərə almamaq olar. Bu birinci yaxınlaşmada real sistemlərin rəqsləri harmonik rəqslər olur, sistemin özü isə harmonik ossilyator adlanır. Xətti harmonik ossilyator üçün stasionar halın Şredinger tənliyi dəqiq analitik həll olunur və sistem cırlaşmamış diskret enerji səviyyələrinə malikdir. Bu tənliyi həll etdikdə xətti harmonik ossilyatorun dalğa funksiyası və enerji səviyyələri üçün aşağıdakı ifadələr alınır [1, 2]:

Burada  $H_n(\xi) = (-1)^n e^{\xi^2} d^n(e^{-\xi^2})/d\xi^n$  –  $n$ -ci tərtib Ermit polinomu,  
 $\Psi_n(\xi) = C_n e^{-\frac{\xi^2}{2}} H_n(\xi) \quad E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2}\right), n = 0, 1, 2, \dots, \quad (2)$

$C_n = 1/\sqrt{2^n n! x_0 \sqrt{\pi}}$  – normallaşdırıcı vuruq,  $\xi = x/x_0, x_0 = \sqrt{\hbar/m\omega}$ .

Harmonik ossilyator modeli atomların bərk cisimlərdə və molekulların tərkibində tarazlıq vəziyyəti ətrafında baş verən kiçik rəqslərinin tədqiqində geniş tətbiq olunur.

Real kvantmexaniki sistemlərdə  $x$  amplitudu artdıqca onun müəyyən qiymətindən sonra sistemin rəqsi hərəkətinin potensial enerjisi artıq (1) ifadəsi ilə təsvir olunur. İkinci yaxınlaşmaya uyğun belə hərəkətə anharmonik hərəkət, sistemin özünə isə anharmonik ossilyator deyilir. Belə sistemin Hamilton operatoru

$$\hat{H}(x) = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega_0^2}{2}x^2 + \lambda x^3 + \beta x^4 + \dots \quad (2)$$

şəklinə malik olur. Anharmonik ossilyator üçün Şredinger tənliyini dəqiq analitik həll etmək mümkün olmadığından təqribi metod olan stasionar həyəcanlanma nəzəriyyəsi istifadə olunur. Bu zaman sistemin (2) Hamilton operatorunu  $\hat{H}(x) = \hat{H}_0 + \hat{V}$  şəklində yazmaqla  $\hat{V} = \lambda x^3 + \beta x^4 + \dots$  ilə təsvir olunan əlavə rəqslərə həyəcanlanma kimi baxılır. Beləliklə, stasionar həyəcanlanma nəzəriyyəsinin birinci yaxınlaşmasında anharmonik ossilyatorun enerji spektri aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$E_n^A = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2}\right) + \frac{3\beta}{2} \frac{\hbar^2}{m^2\omega^2} \left(n^2 + n + \frac{1}{2}\right). \quad (3)$$

Burada ikinci hədd ossilyatorun qeyri-harmonik rəqsləri nəticəsində harmonikliyin pozulması hesabına meydana gələn enerji dəyişməsidir [1, 2]. Birinci yaxınlaşmasında alınan nəticəyə görə xətti harmonik ossilyatorun enerjisinə olan  $\lambda(x^3)_{nn}$  kiçik əlavə yalnız  $V(x) = m\omega^2 x^2/2$  parabolasını cüzi təhrif edir və aşağı (əsas hala yaxın) enerji səviyyələri üçün onun enini dəyişmir. Sistemin rəqs oblastının ölçüləri təxminən harmonik ossilyatorun rəqs oblastının ölçüləri ilə eyni olur və sistemin enerjisi dəyişmir.

#### Ədəbiyyat:

1. Muxtarov A.İ. Kvant mexanikası. Bakı: Bakı Universiteti, 2007. – 660s.
2. <http://fn.bmstu.ru>

## ELEKTROMAQNİT DALĞASININ SƏRBƏST YÜKDƏN SƏPİLMƏSİ

**Allahverdili L.V., Rəcəbov M.R.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*allahverdililaman@gmail.com*

Monoxromatik dalğa kütləsi  $m$  və yükü  $e$  olan sərbəst yükün üzərinə düşdükdə dalğanın təsiri nəticəsində zərrəcik təcil alır və şüalanır. Bu hadisə düşən dalğanın səpilməsi adlanır.

Düşən elektromaqnit dalğasının təsiri altında zərrəciyin hərəkət tənliyi

$$m\ddot{\vec{r}} = e \left( \vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v}\vec{H}] \right) \quad (1)$$

şəklində olar. Düşən monoxromatik müstəvi dalğa aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{e} E_0 e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t + \alpha)} \quad (2)$$

Zərrəciyin dipol kimi şüalanmasının diferensial intensivliyi aşağıdakı kimi təyin olunur

$$dI = \vec{j} d\vec{s} = \frac{\ddot{a}^2 \sin^2 \theta}{4\pi c^3} d\Omega \quad (3)$$

Səpilmə prosesi effektiv kəsiklə xarakterizə olunur. Diferensial effektiv kəsik şüalanan yükün vahid zamanda  $d\Omega$  bucağı daxilində şüalandıracağı enerjinin bu sistemə düşən xarici sahənin enerji seli sıxlığına olan nisbətində deyilir.

$$d\sigma = \frac{dI}{J_0} \quad (4)$$

Beləliklə, elektromaqnit dalğasının sərbəst zərrəcikdən səpilməsinin diferensial effektiv kəsiyi aşağıdakı düsturla ifadə olunur

$$d\sigma = \left( \frac{e^2}{mc^2} \right) \sin^2 \theta d\Omega = r_0^2 \sin^2 \theta d\Omega \quad (5)$$

$r_0$ - yüklü zərrəciyin klassik radiusudur. Bu səpilmədə şüalanma  $\omega$  tezliyi ilə baş verir. Bu tezlik elə düşən dalğanın tezliyidir. Bu səpilmədə tezlik dəyişmir. Bu səpilməyə Reley səpilməsi deyilir. Elektromaqnit dalğasının sərbəst elektron-dan səpilməsinin inteqral effektiv kəsiyi üçün

$$\sigma = \frac{8\pi}{3} r_0^2 \quad (6)$$

ifadəsini alırıq.

### **Ədəbiyyat:**

1. Leviç B. Nəzəri fizika kursu. Maarif, 1972
2. Матвеев А.Н. Электродинамика. М.: Высшая школа, 1980

## **KAINATIN RADİOŞÜALANMA MƏNBƏLƏRİ**

**Mikayılova A.A., Alışeva K.İ.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

ayselmikailova3@gmail.com

Kvazarlar Kainatdakı ən parlaq göy cisimləridir. Həqiqətən də o qədər yüksək parlaqlığa malikdirlər ki, qalaktikalardan onlarca, hətta yüzlərcə qat daha parlaq kvazarlar vardır. Kvazarlar çox böyük enerji mənbələridir, kainatın ən ibtidai quruluşlarından, ən qədim nümunələrindən biridirlər. Bu gün 200.000-nə qədər kvazar olduğu iddia edilir. Məsələn, Kainatda 1.2 milyard işıq ili məsafədəki kvazarın parlaqlığı bizim qalaktikamızın, yəni Bizim qalaktikamızın parlaqlığından 200 dəfə çoxdur. Kvazarlar kainatda müşahidə edə biləcəyimiz, ya da indiyə qədər müşahidə edə bildiyimiz ən qədim göy cisimləridir. Bu günə qədər müşahidə edə bildiyimiz ən parlaq kvazar isə Yerdən təxminən 30 milyard işıq ili uzaqlıqdadır. Belə bir sual yarana bilər ki, “o qədər uzaq məsafədəki kvazarı görə bilirik?”. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi kvazarlar o qədər güclü radiodalğaları yayırlar ki, kainatın harasında olurlarsa olsunlar, mütləq görünürlər.

Kvazarları ilk dəfə 1960-cı illərdə müşahidə etmişdir. Əslində ondan əvvəl də bir neçə dəfə göy sferində kvazarlar görünürdü, amma bunları yaxın ulduzlar, ya da yaxın qalaktikalar hesab edirdilər. 60-cı və 80-ci illər arasında kvazarların nə olduğu ilə bağlı fərqli fikirlər söylənilir və o vaxt ən məşhur fikir də kvazarların ağ dəliklər olması haqqında fikirlər idi. Ağ dəliklər qara dəliklərin tam əksi idi. Kvazarların qara dəliklərin çamaıxış nöqtəsi olan ağ dəliklər olduğu söylənilirdi. Yəni obyektlər, maddə, enerji qara dəlikdən içəriyə doğru çəkilirdi və kvazar dediyimiz ağ dəlikdən bunlar çox yüksək sürətlə kosmosa püskürdülürdü. Lakin bu nəzəriyyə 1980-ci illərdə etibarlılığını itirdi.

Sonrakı illərdə kvazarlarla bağlı daha fərqli fikirlər meydana çıxmağa başladı. Kvazarlar mərkəzlərində nəhəng kütləyə malik super aqressiv qara dəliklər olan ulduz klasterləri kimi təsvir olunmağa başladılar. Bu nəzəriyyəyə görə mərkəzdə böyük bir qara dəlik var və bu qara dəlik ətrafındakı digər ulduzları və göy cisimlərini öz içlərinə çəkirlər, göy cisimləri daha hadisə üfünə belə yaxınlaşmadan parçalanmağa və enerjiyə çevrilməyə başlayırlar. Bu nəzəriyyəyə görə kvazarların bu qədər parlaq olmasının, güclü radiasiya mənbəyiin səbəbi də budur. Lakin son araşdırmalara görə də mərkəzlərində bu qədər nəhəng qara dəliklərin olması bəzi çətinliklər və bəzi məntiqsizlikləri ortaya çıxarır. Aparılan bir çox araşdırmaya, elmi işlərə görə bu qədər nəhəng qara dəliklərin olması çox da mümkün deyil. Orada fərqli bir miqyas var. Kvazarların mərkəzində olduğu iddia edilən qara dəliklər bu miqyaslarla hesablanma bilməyəcək qədər böyükdür. Kvazarın diametri bir neçə qalaktika qədər ola bilər. Məntiqə görə də, bu qədər nəhəng bir qara dəliyin olması imkansızdır, lakin bu arqumentə qarşı elmi olaraq başqa heç bir arqument həll edilə bilmə-

diyi üçün alimlər hazırda kvazarlar haqqında bu təklifi irəli sürürlər: "Kvazarlar mərkəzlərində superkütləvi aqressiv qara dəlikləri olan ilkin qalaktikalardır". Lakin digər tərəfdən dəyişik fəlsəfi fikirlər də mövcuddur. Kvazarların nə olduğunu tam bilmədiyimiz üçün də bununla bağlı fərqli fikirlər iddia edilirdi. Bu fikirlərdən bəziləri kvazarların inadla ağ dəliklər olduğunu iddia edirdilər. Lakin bu nəzəriyyəyə görə ağ dəliklər bizim kainatdakı qara dəliklərin yox, başqa kainatlardakı qara dəliklərin çıxış nöqtəsidir. Bu nəzəriyyəyə görə kvazarlar qara dəliklərin udduğu enerjini bir şəkildə tarazlaşdırma bilən strukturlardır. Fərqli bir nəzəriyyəyə görə, kvazarlar kosmos-zamanındakı yarıqlardır və bu yarıqlar yerləşdiyi nöqtədə bəzi püskürmələrə səbəb olur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. <https://youtu.be/Z1xXHEDl4zI>
2. <https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Kuasar>
3. <https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/Q/Quasar>
4. <https://www.universetoday.com/73222/what-is-a-quasar/>

## **NORMAL ULDUZLARIN SPEKTRAL TƏSNİFATI**

**Hüseynova Y.E., Rüstəmov B.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*  
xhuseynzade4@gmail.com

Ulduzların spektrlərinin müxtəlifliyi onlardakı fiziki şəraitin müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Bu məsələdə əsas rol ulduzun effektiv temperaturu oynayır. Temperaturdan asılı olaraq bəzi kimyəvi elementlərin spektral xətləri bir qrup ulduzda zəif, digər qrup ulduzda isə güclü olur, eləcə də bir ulduzun spektrində görünən xətlər digər ulduzun spektrində görünməyə bilər.

Harvard təsnifatına görə oxşar spektrə malik ulduzlar eyni sinfə aid edilir və siniflər latın əlifbası hərfləri ilə aşağıdakı ardıcılıqla işarə olunur.

O, B, A, F, G, K, M

Təqdim olunan bu ardıcılıq ulduzların effektiv temperaturlarının azalması ardıcılığına uyğundur.

Ulduzların spektral sinfi	Fotosferin effektiv temperaturu, K
O	26000-35000
B	12000-25000
A	8000-11000
F	6200-7900
G	5000-6100
K	3500-4900
M	2600-3400

Hər bir spektral sinfin daxilindəki kiçik fərqləri qeyd etmək üçün verilmiş spektral siniflər də öz növbəsində 10 hissəyə - alt siniflərə bölünmüşdür. O

spektral sinfi 04-dən başlayır və 09.5 - ə kimi alt siniflərə bölünür. Növbəti spektral siniflər

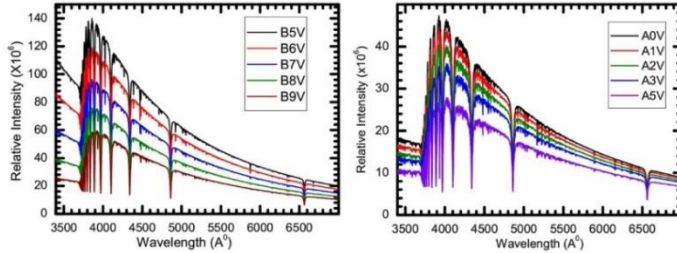
B0, B1, B2, .....B9

A0, A1, A2, .....A9

və s. alt siniflər ardıcılığı ilə düzülür. Harvard təsnifatı birölçülüdür. Bu təsnifatda əsas meyar udulma xətlərinin və zolaqlarının intensivliyidir. Bu isə hər şeydən əvvəl ulduzun effektiv temperaturundan asılıdır.

Bu metodikanı əyani şəkildə nümayiş etdirmək məqsədi ilə, beynəlxalq astronomiya məlumat bazasından eyni işıqlıq sinfinə (H-R diaqramında Baş Ardıcılıq ulduzları) malik, spektral sinfi temperaturun geniş intervalını əhatə edən (bax.cədvəl), ulduzların rəqəmsal spektrləri götürülüb. Bu spektrlər əsasında nisbi vahidlərdə spektrdə enerjinin paylanma əyriləri ( $E_\lambda$  intensivliyin,  $\lambda$ -dalğa uzunluğundan asılılığı) qurulub.

Şəkildə bu qrafiklərdən B ə A spektral siniflər üçün nümunə göstərilib.



Şək.1. B5V-A5V spektral sinfə malik ulduzların  $\lambda\lambda 3500-7000\text{\AA}$  oblastında spektrləri

**Nəticə.** Müasir rəqəmsal spektrlər əsasında, müxtəlif spektral sinfə malik ulduzlar üçün alt siniflərdə belə spektrin temperaturdan asılılığı əyani şəkildə təsdiq olunur. Bu, aşağı ayırdetməli spektrlər əsasında qurulmuş (kəşf olunmuş) ulduzların Harvard spektral təsnifatının fundamental xarakter daşımalarının göstəricisidir.

#### Ədəbiyyat:

1. A Digital spectral classification Atlas R O.Gray. Dept.of Physics and Astronomy Appalachian State University v102. Table of Content

## KOYPER CİSİMLƏRİNİN MÜASİR KLASSİFİKASİYASI

Süleymanova H.Y., Quliyev Ə.S.\*

Bakı Dövlət Universiteti

husniyyesuleymanova@gmail.com

Koyper cisimləri Günəşdən 30-50 a.v məsafədə ekliptika ətrafında bir zolaqda hərəkət edirlər. Belə bir zolağın olması bir çox alimlər tərəfindən hələ 100-80 il bundan əvvəl xəbər verilmişdi. İlk cisim 1992-ci ildə kəşf olunmuşdur və onun adı QB-1 olmuşdur. Hal-hazırda diametri 300 km-dən çox olan 160-a

qədər Koyper cismi məlumdur. Onların ümumi sayı artıq 2500-ü keçmişdir. Koyper cisimlərinin tərkibi buz və daş fraqmentindən ibarət olan asteroidlərdir. Onların ən böyüyü Pluton hesab olunur.

Koyper cisimləri düz istiqamətdə gedirlər. Onların içərisində meyl bucağı  $60^{\circ}$  yuxarı olan hala rast gəlinməmişdir, yəni, əksi istiqamətdə hərəkət edən Koyper cismi elmə məlum deyil. 2000-ci ildən bəri diametri 500 ilə 1500 km arasında olan bir sıra Koyper qurşağı obyektləri kəşf edilmişdir. 2002-ci ildə kəşf edilmiş klassik KQO olan Quaoar, eni 1000 km-dən çoxdur. 2001-ci ildə 28978 İxion və 2000-ci ildə 20000 Varuna kimi kəşf olunmuş digər obyektlərin eni təxminən 500 km-dir. Bunlar Plutonun Koyper qurşağının ən böyük üzvü kimi qəbul edilməsinə gətirib çıxardı.[1]

Bəzi Koyper cisimlərinin peykləri mövcuddur. Məsələn: Eres kifayət qədər böyükdür və Disnomiya adlı peyki mövcuddur. Makemakein Massi adlı perki var. Haumeanın 2 peyki var. Lakin ən çox peykə malik olan Koyper cismi Plutondur. Bu cismin 5 peyki bizə məlumdur. Onun diametri 600km-ə yaxındır.

KQO-ləri qaya və su, metan və ammonyak kimi müxtəlif buzların qarışığından ibarətdir. Koyper qurşağının temperaturu 50 K-dir. Kütlələr peyklərin yarı-böyük oxları və dövrləri ilə müəyyən edilir, sıxlıqları  $0,4-2,6 \text{ q/sm}^3$  arasında dəyişir. Ən sıx cisimlər, ehtimal ki, nazik buz qabığı olan qayadan ibarətdir. Kiçik obyektlər üçün aşağı sıxlıq və ən böyük obyektlər üçün yüksək sıxlıq tendensiyası var [2]

Koyper qurşağı periodik kometlərin mənbəyi hesab olunur. Böyük planetlərin qravitasi təsiri nəticəsində bu buzlu maddələr qurşağı tərk edərək Günəş sisteminin daxili hissələrinə yol açır və periodik kometlər kimi müşahidə olunurlar.

#### **Ədəbiyyat:**

- 1."Kuiper Belt" Lexico UK English dictionary. Oxford University Press. Archived from the original on 26 November 2021
- 2.Stern, Alan; Colwell, Joshua E. (1997) "Collisional erosion in the primordial Edgeworth-Kuiper belt and the generation of the 30-50 AU Kuiper gap ". The Astrophysical Journal 490 (2): 879-882



## **BÖLMƏ 2**

### **MOLEKULAR FİZİKA**

#### **DNT MOLEKULU VƏ ONUN ƏSASINDA NANOÇİPLƏRİN YARANMASI**

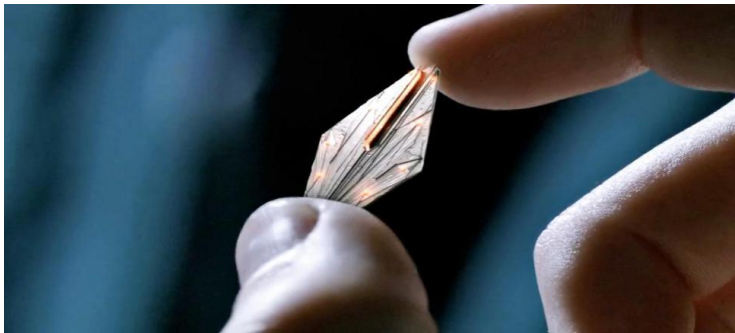
**Mahmudova A.Ş., Əhmədova A.B.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*aida.ahmedova99@mail.ru*

DNT molekulu təbiətdəki nanotexnologiyanın ən parlaq nümunəsidir. DNT tarixdə ilk dəfə 1869-cu ildə isveçreli həkim Fredrix Miescher tərəfindən kəşf edilmişdir. Təəccüblü deyil ki, nanotexnologiya erasının başlanğıcı 1953-cü ildə Vatson və Crick tərəfindən DNT-nin strukturu və funksiyasının kəşfindən bir neçə il sonra başladı. Yalnız bir əsr sonra 1953-cü ildə DNT molekulu fiziki quruluşu kəşf edilmişdir. DNT molekulu nuklein turşularından biridir. Nuklein turşuları canlı orqanizmdə müxtəlif funksiyalar yerinə yetirən əhəmiyyətli kimyəvi birləşmələrdir. Ümumilikdə hüceyrədə 2 tip nuklein turşusu var: dezoksiribonuklein (DNT) və ribonuklein (RNT) turşuları. DNT heyvan və ya bitki kimi eukariot hüceyrələrdə nüvədə yerləşir. Buradakı DNT hüceyrənin bəzi mərhələlərində xromosom şəklində yüksək dərəcədə sıxışdırılır. Kimyəvi cəhətdən DNT nukleotid deyilən vahidlərdən əmələ gələn uzun polimerdir. Hər bir nukleotid 3 komponentdən: azotlu əsas, şəkər (dezoksiriboz) və fosfat qrupundan meydana gəlir. Eyni zamandan azotlu əsasların 2 əsas kateqoriyası var: purinlər (adenin və guanin) və pirimidinlər (sitozin, timin, urasil). DNT zəncirinin onurğasını fosfat və şəkər qrupları əmələ gətirir. Eləcə də spiral formasına büründüyü üçün ikiqat spiral adını almasına səbəb olmuşdur. Bir qayda olaraq DNT prokariotlarda dairəvi şəkildə, eukariotlarda isə düz molekul şəkildə xromosomlarda tapılır. İnsanda nüvə DNT-si 46 parçadan ibarət olub, təxminən 3 milyard əsas cütündən ibarətdir. Vatson Crick modelinə əsasən 2 zəncir arasında məsafə  $20\text{\AA}$ , zənciri tam burulma boyu isə  $34\text{\AA}$ , 2 nukleotid arasında məsafə isə  $3,4\text{\AA}$  uzunluğundadır. DNT makromolekulları ümumi ox ətrafında burulmuş 2 zəncirdən təşkil olunmuş spiraldən ibarətdir. Bu isə DNT-nin 2-ci quruluşudur. Bu quruluşun saxlanması hidrogen rabitələrin rolu böyükdür.

DNT molekulunun nanotexnologiyalara tətbiqləri içərisində bioçiplərin yaradılması ən maraqlı tədqiqat işlərindən biridir. Bioçiplərin ilk texnologiyası Rusiyada V.A. Engelqardt adına Molekulyar Biologiya institutunda çalışan həmyerlimiz A.D Mirzəbəyovun rəhbərliyi altında bir qrup alim tərəfindən irəli sürülmüşdür. Bioçiplər hazırlandıqda xüsusi şüşəli altlığa robotlar vasitəsilə DNT molekulunun nümunələri çəkilir. Sonra təhlili aparılacaq toxunma nümunəsi ilkin emaldan keçərək, xüsusi mikrokamera yerləşdirilmiş bioçipə qoyulur. Daha sonra çiplərdə olan genlərlə nümunə də olan DNT arasında

hibridləşmə aparılır.



Şək. 1.

Nümunənin molekulları çip üzərində olan genlərlə qarşılıqlı təsirə girərək uyğun özləklərdə işıqlanmaya səbəb olur. Bu işıqlanmaya görə analizator qurğusu DNT molekulunun uyğun ardıcılığını təyin edə bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. A.M. Məhərrəmov, M.Ə. Ramazanov, L.İ. Vəliyeva Nanotexnologiya, 2007
2. H.S. Orucov, Ç.İ. Əbilov, O.M. Sadıqov, M.Ş. Həsənova Elektronikada nanotexnologiyalar və nanomateriallar, 2017

## SAXAROZANIN SULU MƏHLULUNUN STRUKTUR TEMPERATURU

**Azadov M.R., Paşayev B.G.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*m.azadov1@gmail.com*

Təcrübi nəticələrə əsaslanaraq göstərmək olar ki, suda həll olan bəzi maddələr suya nisbətən məhlulun özlülüyünü azaldır, bəzi maddələr isə artırır. Sulu məhlulların özlülüyünün müqayisəsi əsasında aparılmış tədqiqatlarda belə bir nəticəyə gəlməşlər ki, suya nisbətən məhlulun özlülüyünün azalması suyun strukturunun dağılması ilə, artması isə suyun daha da strukturlaşması ilə əlaqədardır. Bu mülahizə sonrakı tədqiqatlarda öz təsdiqini tapmadı. Müxtəlif maddələrin suyun strukturuna təsirini müəyyənləşdirən parametrlərdən biri də məhlulların struktur temperaturudur [1, 2].

İşdə saxarozanın sulu məhlulunun 20-50°C temperatur və 0-60% konsentrasiya intervalında dinamik özlülüü ölçülmüşdür və saxarozanın suyun strukturuna təsiri araşdırılmışdır. Bu məqsədlə saxarozanın sulu məhlulunun struktur temperaturu ( $T_0$ ) hesablanmış və struktur temperaturunun konsentrisiyadan ( $c$ ) asılılığı təhlil edilmişdir. Struktur temperaturu məhlulun özlülüyünün ( $\eta$ ) temperaturdan ( $T$ ) asılılığını xarakterizə edən

$$\eta = A \exp[B/(T - T_0)]$$

Vogel-Fulçer-Tamman empirik düsturundan □1, 2 □ riyazi optimallaşma üsulu

ilə tapılır. Burada A, B və  $T_0$  temperaturdan asılı olmayan kəmiyyətlərdir.  $T_0$  parametri suda həllolan maddələrin suyun strukturuna təsirini müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunur. Qeyd edək ki, sulu məhlullarda məhlulun struktur temperaturu suyun struktur temperaturundan böyükdürsə ( $T_0(m) > T_0(su)$ ), onda həllolan maddə suyu strukturlaşdırır, əksinə  $T_0(m) < T_0(su)$  olarsa, onda həllolan maddə suyun strukturunu dağıdır. Deməli, suda həllolan maddənin konsentrasiyasının artması ilə məhlulun struktur temperaturu artarsa onda bu maddə suya strukturlaşdırıcı, məhlulun struktur temperaturu azalarsa onda bu maddə suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərir [1, 2, 3].

Apardığımız tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, saxarozanın sulu məhlulunun struktur temperaturu konsentrasiyanın artması ilə artır. Bu da saxarozanın suya strukturlaşdırıcı təsir etdiyini və konsentrasiyanın artması ilə bu təsirin daha da gücləndiyini göstərir. Suyun struktur modellərinə (iki strukturlu modellər, boşluqları doldurulmuş modellər, klaster modellər) əsasən su, hidrogen rabitələrilə birləşmiş və müxtəlif sayda su molekullarından təşkil olunmuş fərqli ölçülərə malik olan klasterlərdən, həmçinin klasterlər arası fəzada hidrogen rabitəsində olmayan sərbəst su molekullarından ibarətdir [4].  $T_0(c)$  asılılığına əsaslanaraq güman edirik ki, saxaroza əvvəlcə sərbəst su molekulları ilə qarşılıqlı təsirdə olur. Bu da öz növbəsində saxarozanın konsentrasiyanın artması ilə məhlulun struktur temperaturunun artmasına və suyun daha da strukturlaşmış hala keçməsinə səbəb olur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Ueberreiter K. Colloid & Polymer Science. 1982, v.260, №1, p.37-45.
2. Ueberreiter K., Ziegler D. Colloid & Polymer Science. 1987, v.265, №10, p.908-910.
3. Masimov E.A., Hasanov H.Sh., Pashayev B.G. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2013, vol. 87, № 6, p. 948-951.
4. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayelərin özlülüyü. Dərs vəsaiti. Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, 2016, 285 s.

## **CYS-ARG-GLU MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞU**

**Abbasov V.F., Abbasova G.C.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*abbasovvusal215@gmail.com*

Təbii peptidlərin struktur-funksional təşkilini öyrənmək üçün ilk növbədə onların struktur məsələləri, yəni polipeptdin mümkün olan aşağı konformasiya hallarını müəyyən etmək lazımdır. Seçilmiş üstün olan konformasiyalar polipeptdin fizioloji aktiv funksiyalarını təsvir edir. Növbəti addım polipeptdin quruluşu ilə bioloji təsirləri arasında asılılığın təyin edilməsidir. Bu asılılıq tədqiq olunan peptidin bütün aktual strukturlarının həndəsi və konformasiya xassələrinə və həmçinin onların təsir spektrlərinə əsaslanır.

Nəzəri konformasiya analizi metodu ilə tripeptid fraqmentin fəza quru-

luğu öyrənilmişdir. Nəzəri konformasiya analizi metodunun predmeti molekulların dayanıqlı konformasiyalarını, bu konformasiyaların köməyi ilə molekulların xassələrini öyrənməkdir. Molekulların mexaniki modeli əsasında tripeptid fraqmentin dayanıqlı konformasiyaları tədqiq edilmişdir. Bu mexaniki model aşağıdakı kimi verilmişdir. Qeyri-valent rabitəsində olan atomlara nöqtəvi yüklər kimi baxılmışdır. Bu isə öz növbəsində Born-Oppenheymer yaxınlaşmasına əsaslanır. Born-Oppenheymer yaxınlaşmasına görə nöqtəvi yüklərin qarşılıqlı təsiri ilk dəfə Xill Vestheymer və Kitayqorodskinin işlərində şəhr olunmuşdur. Müəlliflərin ideyalarına görə real molekulun konformasiyaları qeyri-valent rabitəsində olan atomların qarşılıqlı itələmə qüvvələri, valent rabitələrində valent bucaqlarının dartılması və.s nəticəsində qarşılıqlı təsir enerjisinin minimum şərti hesabına qurulur. Qeyri-valent rabitəsində olan atomlar arasında qarşılıqlı təsir enerjisi Lennard-Cons və ya Bukingem potensialı ilə valent rabitəsinin elastikliyi və eləcə də rabitələrin uzunluğu Huk qanununa görə təyin edilir.

Tripeptid fraqmentin fəza quruluşunu öyrənməzdən əvvəl peptid skeletinin əsas zəncirinin forma və şeypləri anlayışlarını müəyyən etmək lazımdır. Bir amin turşu qalığının konformasiya halı verilmiş valent bucaqları və rabitələrin uzunluğu ilə təyin olunur. Əsas zəncirin  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  ikiüzlü bucaqlarının, yan zəncirin  $\chi$  ikiüzlü bucaqlarının qiymətləri tapılır.

Tripeptid fraqment üçün hesablanmış 278 konformasiyadan 0-3 kkal/mol enerji intervalına yalnız 16 konformasiya düşmüşdür.

**Cədvəl 1**

forma	$E_{q.v.}$	$E_{el.st}$	$E_{tors.}$	$E_{nisbi.}$
B <sub>2</sub> B <sub>1</sub> B	-13.56	3.56	2.23	0.0
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B	-11.96	3.82	2.07	1.69
R <sub>2</sub> R <sub>1</sub> B	-11.37	3.92	2.27	2.58
R <sub>1</sub> R <sub>3</sub> B	-11.43	4.05	2.11	2.49
B <sub>1</sub> R <sub>1</sub> P	-12.64	3.93	1.58	0.63
B <sub>2</sub> R <sub>2</sub> P	-11.81	3.84	1.29	1.10
B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> P	-10.82	3.78	1.53	2.25
B <sub>3</sub> B <sub>1</sub> B	-10.38	3.69	1.60	2.66
B <sub>1</sub> R <sub>2</sub> L	-9.54	4.29	1.52	2.02
B <sub>2</sub> R <sub>3</sub> R	-10.04	4.19	1.19	2.10
B <sub>3</sub> R <sub>1</sub> L	-1.68	4.36	2.21	2.88
R <sub>3</sub> R <sub>3</sub> B	-2.80	4.06	2.72	2.78
R <sub>2</sub> R <sub>1</sub> B	-10.51	4.20	1.55	2.99
B <sub>1</sub> B <sub>3</sub> L	-9.65	4.05	1.60	2.76
B <sub>2</sub> B <sub>1</sub> L	-10.51	4.20	1.55	2.87
B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> L	-2.10	4.24	2.21	2.41

### Ədəbiyyat

1. Годжаев Н.М., Аббасова Г.Д., Алиева И.Н. Исследование пространственного строения нового противоопухолевого лекарственного препарата-молекулы CREKA. // Journal Qafqaz University, 2007.

## **NEYROMEDİN MOLEKULUNUN TETRAPEPTİD FRAQMENTİNİN KONFORMASIYA İMKANLARI**

**Abdullayeva M.T., Əliyeva İ.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*abdullaeva.mirnubar@gmail.com*

Neyromedin NmU-8 molekulu insan və heyvan orqanizmində müxtəlif orqanların hamar əzələlərin daralma proseslərində iştirak edən bioloji aktiv neuropeptidlər sinfinə aiddir. NmU-8 molekulu ilk dəfə 1985-ci ildə donuzun onurğa beynində, daha sonra isə quşlarda, məməlilərdə və sürünənlərdə aşkar edilmişdir.

Təqdim olunmuş işdə NmU-8 neyromedin molekulunun dörd amin turşu qalığından ibarət fraqmentinin (Tyr1-Phe2-Leu3-Phe4) fəza quruluşu və konformasiya imkanları tədqiq olunmuşdur. İşdə kvant mexanikasının müasir yarımempirik metodlar əsasında hazırlanmış mövcud hesablama proqramlar paketindən istifadə edilmişdir.

Hesablamalar nəticəsində (Tyr1-Phe2-Leu3-Phe4) tetrapeptid fraqmentinin aşağıenerjili konformasiyalarda hər bir qarşılıqlı təsir qüvvələrinə uyğun gələn enerji payları, hidrogen rabitələrin əmələ gəlməsi, həmçinin müxtəlif funksional qruplar arasındakı məsafələr və daxili fırlanma bucaqlarının ədədi qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir. Leu3 aminturşu qalığının yan zəncirinin yüksək mütəhərrikliliyi müəyyən olunmuşdur. Bununla yanaşı, molekulyar dinamika üsulunun tətbiqi ilə əsas zəncirin mütəhərrikliliyi, həndəsi və enerji parametrlərinin dəyişmə dərəcəsi müəyyən edilmişdir.

Tyr1-Phe2-Leu3-Phe4 tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşu müvafiq N-asetil-L-metilamid mono-peptidlərin kiçikenerjili dayanıqlı konformasiyalarına uyğun əsas zəncirin  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  və yan zəncirlərin  $\chi_1$ ,  $\chi_2$ ,  $\chi_3$  bucaqlarının optimal vəziyyətləri nəzərə alınmaqla hesablanmışdır. Hesablamalar tam enerjinin minimizasiyası üçün seçilmiş ilkin 440 quruluş üzərində aparılmışdır. Cədvəldə Tyr1-Phe2-Leu3-Phe4 tetrapeptid fraqmentinin aşağıenerjili konformasiyaları, tam enerjiləri və ayrı-ayrı qarşılıq təsirlərin enerji payları təqdim edilmişdir. Hesablamalar göstərdi ki, 0-2 kkal/mol nisbi enerji intervalına peptid zəncirinin səkkiz mümkün şeyplərindən beşi daxildir (eee, eef, eff, efe və fef şeypləri).

Amin turşu qalıqlarının qarşılıqlı təsir enerji paylarının təhlili göstərdi ki, əsas zəncirin BBBB və BBLR formalarının stabilləşdirilməsində ən böyük pay Phe4 amin turşu qalığının üzərinə düşür. Belə ki, onun qonşu və digər amin-turşu qalıqları ilə qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti -9,2 kkal/mol təşkil edir. Maksimal enerji Phe2-Phe4 qalıqlarının aromatik quruluşa malik yan zəncirlərinin dispersion təsirləri ilə bağlıdır ( $\sim -5.0$  kkal/mol). Əsas zəncirin BBLR formasında isə analogi təsir Tyr1-Phe4 aminturşu qalıqlarının yan zəncirlərinin konformasiya halları ilə əlaqədardır (-5,3 kkal/mol).

**Cədvəl 1**

**Tyr1-Phe2-Leu3-Phe4 tetrapeptid fraqmentinin aşağıenerjili konformasiyalarının enerjisi**

N	Konformasiya	Enerji payları, kkal/mol				
		Etam	Eq.v.	Eel.	Etor.	Enisbi
1	B <sub>3</sub> B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-17.2	-23.7	2.6	3.9	0.0
2	B <sub>3</sub> R <sub>2</sub> R <sub>3</sub> R <sub>3</sub>	-16.6	-21.1	3.2	1.3	0.6
3	B <sub>2</sub> B <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-16.5	-22.8	2.6	3.6	0.7
4	B <sub>2</sub> B <sub>2</sub> L <sub>3</sub> R <sub>3</sub>	-15.9	-21.6	3.2	2.5	1.3
5	R <sub>2</sub> B <sub>2</sub> R <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	-15.5	-20.2	3.1	1.6	1.7

Beləliklə, tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşunun stabilləşməsində fenilalanin və tirozin aminturşuların yan zəncirlərinin dispersion qarşılıqlı təsirləri mühüm rol oynayır. Hesablamalar nəticəsində kiçikenerjili dayanıqlı konformasiya hallarında aromatik halqaların mərkəzləri arasında hesablanmış məsafələr təcrübi yolla alınmış ədədlərlə uyğunluq təşkil edir. Bu zaman bükük formada olan strukturlar enerji cəhətdən daha əlverişlidir. Tetrapeptidin qlobal konformasiyası B<sub>3</sub>B<sub>3</sub>B<sub>2</sub>B<sub>3</sub> formasına uyğundur və onun tam enerjisinin minimal qiyməti -17.2 kkal/mol təşkil edir. Bütün dayanıqlı konformasiyalarda qeyri-valent qarşılıqlı təsirlərin enerjisi -15.5÷-17.2 kkal/mol intervalında dəyişir. Alınmış nəticələr neuromedin NmU-8 molekulunun quruluş-funksiya əlaqələrinin tədqiqində istifadə oluna bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. Hashimoto T., Kurosawa K., Sakura N. Structure-activity relationship of neuromedin U. Chem.Pharm.Bull., 1995, v.43, No.7, p.1154-1157.

**İMMUNFƏAL GLY-PRO MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞUNUN ÖYRƏNİLMƏSİ**

**Cəfərova F.İ., Hacıyeva L.S.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*fidanceferov40@gmail.com*

Peptidlər insan orqanizmində gedən əksər prosesləri tənzim etməklə yanaşı, hüceyrələrin bərpa olunmasında da iştirak edirlər. Peptidlər immunoloji təsir göstərərək insan orqanizmini ona düşən toksinlərdən qoruyur. Hüceyrələrin və toxumaların düzgün işləməsi üçün onlara uyğun peptidlərin olması vacibdir. Təbii peptidlərin və zülalların strukturunu, fəza quruluşunu bilmək və bu quruluşunun əmələ gəlməsi prinsipini başa düşmək müasir biofizikanın aktual mövzularından biridir. Bioloji molekulaların fəza quruluşunu öyrənməklə onların xassələri haqqında məlumat vermək olar. Bu işdə nəzəri konformasiya analizi üsulu ilə qliprolinin fəza quruluşu öyrənilmişdir və tədqiq edilmiş peptidin fəza quruluşunun parametrləri hesablanmışdır. Konformasi-

ya analizi, molekulların konformasiyalarını və onların maddələrin fiziki və kimyəvi xassələri ilə əlaqəsini öyrənən kimya və fizikada istifadə edilən üsuldur. Kimyanın stereokimya sahəsinə aiddir. Tədqiq obyektı olan GLY-PRO dipeptid endogen immunomodulyator peptidlərin sintetik analoqudur. Əldə edilən analoqlar təbii amin turşusu ardıcılığına uyğun gəlir. Amin turşusu ardıcılığı glisin və prolin qalıqlarından ibarət olan qısa peptid birləşməsidir. Qısa peptidlər gliprolin adlanır. Gliprolinlərin bioloji fəaliyyəti böyük praktiki maraqa doğurur. Gliprolinlər ailəsinə aid olan polipeptid molekulun fəza quruluşunun öyrənilməsi onun həndəsi xüsusiyyətlərini müəyyən etməyə imkan yaradır. Təhlil olunan dipeptid molekulunun fəza quruluşunun hesablanması monopeptid N-asetil-L-prolin-L-glisin sabit konformasiyaları əsasında nəzəri konformasiya analizi üsul ilə aparılmışdır. Bu üsul eyni zamanda məlum amin turşusu ardıcılığı əsasında biomolekulların üçölçülü strukturunu hesablamağa imkan verir. Təhlil zamanı müəyyən edilmişdir ki, 27 atom və 6 dəyişkən ikiüzlü bucaqdan ibarət olan Gly-Pro dipeptid üçün 2 shape və əsas zəncirin 8 forması mümkündür. Açılmış *e*-shape üçün BB, BR, LB, LR-nin dörd forması, bükülmüş *f*-shape (forma) üçün isə RB, RR, PR, PB əsas zəncirin formaları mövcuddur. İkiüzlü bucaqların hesablanması bu üsulla qəbul olunmuş sistem əsasında aparılmışdır. Amin turşu qalığının əsas forması əsas zəncirin ikiüzlü bucaqlarının (R,B,L və P) oblastlarını xarakterizə edir. Verilmiş ardıcılıqla amin turşu qalıqlarının formaları və eyni zamanda fraqmentin formaları onların əsas zəncirinin həndəsi xarakteristikalarını əks etdirir. Glisin və prolin amin turşu qalıqlarının kənar zəncirlərinin xüsusiyyətlərini və kənar zəncirində bir hidrogen atomunun olduğunu nəzərə alaraq, müəyyən edilmişdir ki, Gly qalığının kənar zənciri mövcud deyil. Müəyyən edildi ki, Pro qalığının kənar zənciri sərt şəkildə sabitlənmiş halqa yaradır. Zəncirin *e*-shape formaları əsas zəncirin açıq quruluşu ilə eynidir, o zaman Gly-nin və Pro-nin kənar zəncirləri əsas zəncirin əks tərəflərində yerləşir, *f*-shape formaları isə əsas zəncirlə eyni bükülmüş quruluşa malikdir. Dipeptid molekulunun konformasiya imkanları yalnız glisin və prolin qalıqlarının əsas zəncirinin bucaqları ilə müəyyən edilir:  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$ . Gly-Pro molekulunda altı ikiüzlü bucaq mövcuddur. Təbii molekulun sintetik analoqların qarşısına üç əsas problem qoyulur: 1) mühitlərdə peptid bioloji cəhətdən sabit olmalıdır, 2) xüsusi reseptorlarla qarşılıqlı əlaqədə olmalıdır, 3) dərman preparatı zədəli hüceyrələrə nüfuz etməlidir. Tədqiq olunan molekulun analoqu yuxarıdakı tələblərə təxminən uyğun gəlir.

#### **Ədəbiyyat:**

1.L.S.Hacıyeva. GLY-PRO dipeptid molekulunun fəza quruluşunun tədqiqi, II International Scientific Conference of Young Reserchers.18-19 aprel,2014, s.8-9.

## PH MOLEKULUNUN MOLEKULYAR ORBİTALLARI

**Demirtaş E.T., Paşayev F.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ecemnurdemirtash@gmail.com*

Molekulların müxtəlif xassələrini kvant mexaniki metodlarla nəzəri hesablaşmaq üçün molekulyar orbitalların analitik ifadəsini bilmək tələb olunur. Molekulyar orbital (MO) molekul daxilində elektronun halını təsvir edən bir-elektronlu dalğa funksiyasıdır. İşdə PH molekulunun MO-ların tapılması məsələsinə baxılır. MO-lar P atomunun  $1s$ -,  $2s$ -,  $2p_x$ -,  $2p_y$ -,  $2p_z$ -,  $3s$ -,  $3p_x$ -,  $3p_y$ -,  $3p_z$ - və H atomunun  $1s$ - atom orbitallarının xətti kombinasiyası şəklində axtarılmalıdır:

$$U_i = \sum_{q=1}^m C_{qi} \chi_q \quad (1)$$

$\chi_q$  Atom orbitalları olaraq eksponensial xarakterli həqiqi Sleyter funksiyalarından istifadə olunmuşdur.  $m$ -atom orbitallarının sayıdır:  $m=10$

$$\chi_q \left( \xi, \vec{r} \right) = \frac{(2\xi)^{n+\frac{1}{2}}}{\sqrt{(2n)!}} r^{n-1} e^{-\xi r} S_{lm}(\theta, \varphi) \quad (2)$$

$\xi$  - eksponensial parametrinin qiymətləri məlum qaydalar əsasında hesablanmış [1] və atom orbitallarının analitik ifadələri tapılmışdır.

$$\begin{aligned} \xi_{1s}(P) &= 14,46779; \\ \xi_{2s}(P) &= 4,86148; \xi_{2p_x}(P) = \xi_{2p_y}(P) = \xi_{2p_z}(P) = 5,35627; \\ \xi_{3s}(P) &= 1,67460; \xi_{3p_x}(P) = \xi_{3p_y}(P) = \xi_{3p_z}(P) = 1,81341; \\ \xi_{1s}(H) &= 1. \end{aligned}$$

$S_{lm}(\theta, \varphi)$  - həqiqi sferik funksiyalardır [1].

(1)-dəki naməlum  $C_{qi}$  əmsallarının qiymətləri PH molekulunu üçün Xatri-Fok-Rutan tənlikləri həll olunaraq tapılmışdır. Bu tənlikləri həll etmək üçün "Nanomaterialların kimyəvi fizikası" kafedrası əməkdaşlarının tərtib etdikləri komputer proqramlarından istifadə olunmuşdur. Nəticədə molekulyar orbitallar üçün aşağıdakı analitik ifadələr alınmışdır:

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{154,9425}{\sqrt{\pi}} e^{-14,46779r} + \frac{0,1673}{\sqrt{\pi}} r e^{-4,86148r} + \frac{0,0027}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \cos\theta - \\ &\frac{0,0179}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,67460r} + \frac{0,0005}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \cos\theta - 0,00041 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-r} \\ U_2 &= -\frac{16,6658}{\sqrt{\pi}} e^{-14,46779r} + \frac{31,4640}{\sqrt{\pi}} r e^{-4,86148r} + \frac{0,7357}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \cos\theta - \\ &\frac{0,4480}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,67460r} - \frac{0,0056}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \cos\theta - \frac{0,00693}{\sqrt{\pi}} e^{-r} \\ U_3 &= -\frac{65,5362}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \sin\theta \sin\varphi - \frac{0,1501}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \sin\theta \sin\varphi \\ U_4 &= -\frac{65,5362}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \sin\theta \cos\varphi - \frac{0,1501}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \sin\theta \cos\varphi \\ U_5 &= -\frac{0,1926}{\sqrt{\pi}} e^{-14,46779r} + \frac{0,3652}{\sqrt{\pi}} r e^{-4,86148r} - \frac{65,4445}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \cos\theta - \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & \frac{0,2623}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,67460r} - \frac{0,1704}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \cos\theta + 0,01388 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-r} \\
 U_6 = & \frac{3,23471}{\sqrt{\pi}} e^{-14,46779r} - \frac{6,9380}{\sqrt{\pi}} r e^{-4,86148r} - \frac{2,7582}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \cos\theta + \\
 & \frac{28,9334}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,67460r} + \frac{0,3015}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \cos\theta + \frac{0,29443}{\sqrt{\pi}} e^{-r} \\
 U_7 = & \frac{1,7158}{\sqrt{\pi}} e^{-14,46779r} - \frac{3,1358}{\sqrt{\pi}} r e^{-4,86148r} + \frac{11,0506}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \cos\theta + \\
 & \frac{21,9868}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,67460r} - \frac{1,4680}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \cos\theta - \frac{0,68157}{\sqrt{\pi}} e^{-r} \\
 U_8 = & - \frac{18,9341}{\sqrt{\pi}} r e^{-5,35627r} \sin\theta \cos\varphi + \frac{3,0089}{\sqrt{\pi}} r^2 e^{-1,81341r} \sin\theta \cos\varphi
 \end{aligned}$$

Molekulyar Orbitalların analitik ifadələri PH molekulunun müxtəlif parametrlərini nəzəri hesablamaya imkan verir.

#### Ədəbiyyat:

1. Paşayev F.H., Həsənov A.Q. (2013). Atom və molekul fizikasında riyazi metodlar, Bakı, 123 s.

## PEQ-DEKSTRAN-SU İKİFAZALI SİSTEMLƏRİNİN HAL DİAQRAMINA NaNO<sub>3</sub> DUZUNUN TƏSİRİ

**Əhmədova A.İ., Həsənov N.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aysuehmedova502@gmail.com*

Təqdim olunan tezisdə PEQ-Dekstan-su ikifazalı sisteminin əsas xarakteristikalarından biri olan hal diaqramına müxtəlif konsentrasiyalı (0.25 mol/kq və 0.35 mol/kq) NaNO<sub>3</sub> duzunun təsiri öyrənilmişdir.

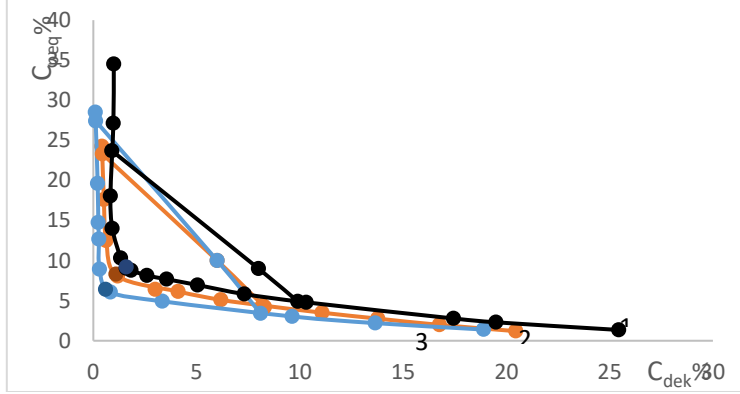
İki polimerin və ya polimer və bəzi duzların sulu qarışığının komponentlərin konsentrasiyalarının müəyyən qiymətindən sonra bir-birindən həll olmasında məhdudiyət yaranır və faza əmələ gəlir.[2] Belə sistemlər ikifazalı sistemlər adlanır. Bioloji obyektlərin tədqiqi üçün onları ikifazalı sistemlərdə həll etdikdə, bu hissəciklərin sistemin eyni zamanda tarazlıqda olan fazaları arasında qeyri-bərabər paylanması prosesi baş verir və onları nativ xüsusiyyətlərini saxlamaqla əldə etmək üçün şərait yaradır. Həmçinin, belə sistemlərin hidrofobluqlarına görə fərqlənən fazaları arasında bioloji obyektlərin paylanmasının araşdırılması canlı orqanizmlərdə maddələr mübadiləsinin bəzi xüsusi məqamlarına aydınlıq gətirə bilər. Sulu ikifazalı sistemləri digərlərindən fərqləndirən ən spesifik və əsas cəhəti də məhz onun hər iki fazasının əsasını insan orqanizmində olduğu kimi suyun təşkil etməsidir.[1]

Ən çox istifadə olunan ikifazalı sistemlərdən biri dekstran və polietilenqlükol (PEQ) və ya dekstran və fikol ikifazalı sistemləridir.

Təqdim olunan işin məqsədi PEQ-Dekstran-su ikifazalı sisteminin faza diaqramının və birləşdirici xəttinin qurulması, sistemin kritik nöqtəsinin təyin edilməsi və baxılan bu sistemin hal diaqramına müxtəlif konsentrasiyalı

$\text{NaNO}_3$  duzunun təsirinin öyrənilməsindən ibarətdir. Baxılan işdə polimerlərin PEQ(6000) və Dekstran(40000) fraksiyaları vasitəsilə alınmış PEQ-Dekstran-su ikifazlı sistemləri tədqiq edilmişdir.

İstifadə olunan polimerlərin yüksək konsentrasiyalı ( $C_{\text{peq}}=38.84\%$  və  $C_{\text{dek}}=20.86\%$ ) məhlulları hazırlanmış və ikifazlı sistemlərin binodal əyriləri və birləşdirici xətləri qurulmuşdur.



Şəkil 1.

PEQ-dekstran-su ikifazlı sistemi duz əlavə olunmamış halda (1), 0.25 mol/kq (2) və 0.35 mol/kq  $\text{NaNO}_3$  duzu əlavə olunmuş hal (3) ( $t=28^\circ\text{C}$ ).

$y_1=-2.08x + 25.60$ ,  $y_2=-2.42x + 24.40$  və  $y_3 = -3.01x + 27.89$

Sentrifuqa vasitəsilə sistemlərdə fazalara ayılma prosesi 10 dəq 4400q-da sürətləndirilmişdir.

Əvvəlcə polimerlərin, sonra isə  $\text{NaNO}_3$  duzunun 0.25 mol/kq və 0.35 mol/kq məhlullarının iştirakı ilə təcrübə aparılmışdır.

Nəticə olaraq,  $\text{NaNO}_3$  duzunun hər iki konsentrasiyasının təsiri ilə ikifazlı sistemin binodal əyrisi koordinat başlanğıcına doğru sürüşüb, birləşdirici xəttin meyil bucağı böyüyüb, binodal əyrisinə uyğun kritik nöqtə isə sola doğru sürüşmüşdür. Deməli,  $\text{NaNO}_3$  duzunun təsiri ilə mühitdə sərbəst su molekullarının sayı azalır, su daha da strukturlaşır və bununla da həllolma prosesi çətinləşir. Beləliklə, verilmiş ikifazlı sistemə bu duzun təsiri ilə fazalara ayrılma prosesi sürətlənir və fazaəməgəlmə polimerlərin daha kiçik konsentrasiyalarında baş verir.

#### Ədəbiyyat:

1. Məsimov E.Ə. Bioloji sistemlərdə suyun rolu. Hidrofobluq. Monoqrafiya, 2008, 328 s.
2. Albertson P.A. Partition of Cell Particles and Macromolecules, 1985, 3rd ed., 412 p.

## **DƏMİR İONLARININ QARA ZEYTUN BİTKİSİ MEYVƏLƏRİNİN QABIĞINDAN AYRILMIŞ MELANİNLƏRLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİ**

**Kərimli F.K., Bağirov R.M.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
fidankarimli303@gmail.com*

Məlum olduğu kimi bir sıra metal ionları ( Br, Fe, Cu, Mg, Co, Na, Sn, Zn) canlı orqanizmlərdə, bitkilərdə və mikroorqanizmlərdə gedən müəyyən həyati vacib biokimyəvi proseslərdə mühüm rol oynayırlar. Bu metal ionlarını elmi mənbələrdə həyat elementləri, biometallar və yaxud mikroelementlər adlandıırırlar. Son zamanlar mikroelementlərin bioloji aktiv liqandlı kompleks birləşmələrinin sintezi, bir sıra struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi və onların elm və texnikada, o cümlədən biotexnologiyada, təbabətdə, farmakologiyada, kənd təsərrüfatında tətbiq imkanlarının araşdırılması geniş tədqiqatçı kütləsinin marağına səbəb olmuşdur. Təqdim olunan iş dəmir ionlarının qara zeytun bitkisinin meyvələrinin qabığından ayrılmış melaninlərlə kompleks birləşmə əmələ gətirməsi və alınan birləşmələrin bir sıra xüsusiyyətlərinin spektroskopik üsulla tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Melanin pigmenti (tünd qara rəngli, amorf xassəli, qeyri-nizamlı quruluşlu biopolimer) qara zeytun bitkisinin meyvələrinin qabığından qələvi mühitdə ekstraksiya və turş mühitdə çökdürmə yolu ilə ayrılmışdır. Alınmış pigmentlərin təsnifatı məqsədi ilə onların İQ- və EPR- spektrləri qeyd olunmuşdur. Alınmış spektrlərin parametrlərinin qiymətləri elmi mənbələrdə sintetik DOQA-melaninlər və həmçinin canlı orqanizmlərdən ayrılmış eu-melaninlər üçün məlum olan uyğun parametrlərin qiymətlərinə çox yaxınlıq təşkil etmişdir ki, bu da bizə ayrılmış pigmentlərin bitki mənşəli melaninlər olduğunu güman etməyə imkan vermişdir.

Dəmir ionlarının melaninlərlə kompleks birləşmələri təzə ayrılmış melanin pigmentlərinin, kimyəvi təmizlik dərəcəsinə malik  $\text{FeSO}_4$  məhlulunda, otaq temperaturunda müntəzəm qarışdırılma şəraitində inkubasiya yolu ilə alınmışdır. İnkubasiyanın sonunda alınmış kompleks suspenziyadan sentriqanın köməyi ilə (3000 g; 20 dəq) ayrılmış, sonra 2 dəfə distillə olunmuş su ilə yuyularaq analoji şəraitdə çökdürülmüşdür. Daha sonra alınmış çöküntü eksikatorada  $\text{CaCl}$  üzərində qurudulmuşdur.

İlkin məhlul ( $\text{FeSO}_4$ ), çökdürülmədən sonra çöküntü üzərində qalan məhlul (supernatant) və çöküntünün QR-spektrləri qeyd edilmişdir. Alınmış spektrlərin təhlili göstərmişdir ki, çöküntü melaninlə dəmir duzunun mexaniki qarışığı olmayıb, dəmir ionlarının melaninlərlə kompleks birləşməsinə aiddir. Beləliklə alınan nəticələrin təhlili göstərir ki, bitki mənşəli melaninlər dəmir ionları ilə effektiv surətdə kompleks birləşmə əmələ gətirir.  $\text{Fe}^{2+}$  ionları ilə qarşılıqlı təsir zamanı onları qismən  $\text{Fe}^{3+}$  ionlarınadək oksidləşdirir və həm

$Fe^{2+}$ , həm də  $Fe^{3+}$  ionları ilə oktaedrik liqand əhatəli kompleks birləşmə əmələ gətirir. Dəmir ionları ilə koordinasiyada polimerin karboksil, amin və imin qrupları, həmçinin fenil qrupları iştirak edir.

Dəmir ionlarının polimerin həcmində paylanması məcazi mənada desək, adacıqlar əmələ gətirir. Bu adacıqlar fikrimizcə, çox mərkəzli ( $N \geq 2$ ) klasterlər əmələ gətirir. Bununla yanaşı bir birindən aralı yerləşmiş koordinasiya rabitəli dəmir ionları da mövcuddur. Beləliklə komplekt birləşmə daxilində dəmir ionları qeyri bərabər paylanılır. Bir -birinə kifayət qədər yaxın yerləşmiş  $Fe^{3+}$  ionları arasında effektiv spin-spin qarşılıqlı təsir nəticəsində elektronların sürətli spin relaksasiyası baş verir və belə strukturlar üçün sinqlet formalı EPR-spektr, bir-birindən kifayət qədər aralı yerləşmiş  $Fe^{3+}$  ionları üçün həll edici rolunu spin-qəfər relaksasiyası oynayır və belə strukturlar üçün genişlənmiş enə malik multiplet formalı spektr müşahidə olunur.

Alınmış spektrlərin parametrlərinin müqayisəli analizi göstərir ki, dəmir ionlarına münasibətdə bitki mənşəli melaninlər zəif sahəli liqant kimi iştirak edir. Kompleks birləşmə daxilində  $Fe^{2+}$  ionları bir birindən kifayət qədər aralı yerləşmiş olur. Bunun da nəticəsində yüngülcə asimmetrik multiplet formalı spektr müşahidə olunur.

## **MET1-PRO2-THR3-PRO4-ASP5 FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNDA YAN ZƏNCİRLƏRİN ROLU**

**Məmmədova Ç.C., Əliyeva İ.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mammadov.jabi@gmail.com*

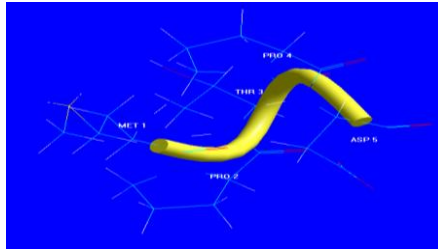
Tirozinhidroksilaza (tirozin-3-monooksiginaza) zülalının funksional aktivliyi onun N-tənzimləyici domeninin katexolaminlərin (dofamin, adrenalin, noradrenalinin və s.) biosintezində və hüceyrə daxilinə ötürülmə mexanizmlərində iştirakı ilə bağlıdır [1]. Məlumdur ki, zülalların və digər molekulların aktivliyi onların kimyəvi və fəza quruluşu ilə müəyyən olunur. Təqdim olunmuş işdə tirozinhidroksilaza zülalının N-tənzimləyici domeninin Met1-Pro2-Thr3-Pro4-Asp5 pentapeptid fraqmentinin hesablanmış dayanıqlı hallarında [2] metionin, treonin və asparaqin amin turşu qalıqlarının yan zəncirlərinin konformasiya dinamikası, ikiüzlü bucaqların dəyişmə dərəcəsi və enerji parametrləri hesablanmışdır. İşdə kvant mexanikasının müasir yarımempirik metodlar əsasında hazırlanmış mövcud hesablama proqramlar paketindən istifadə edilmişdir.

Metioninin (Met1) yan zəncirindəki atomlarının sayı əsas zəncirin atomlarından çoxdur. Bu səbəbdən, onun 4 ikiüzlü yan zəncirində bucaqların dəyişmə dərəcəsi digər amin turşulardan fərqlənir. Belə ki, o, daha mütəhərrikdir və əsasən mühitə yönəlmişdir. Qurulmuş konformasiya xəritələrindən  $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$  bucaqların  $\pm 60^\circ$  və  $180^\circ$  qiymətlərinin hər birinin bərabər

ehtimallı olduğu müəyyən edilmişdir. Beləliklə, pentapeptidin dayanıqlı hallarında Met1 yan zəncirinin kiçikenerjili konformasiyaları potensial funksiyanın bütün minimumlarına uyğun gəlir və onun ikiüzlü bucaqları geniş diapazona malikdir.

Thr3-də  $\chi_1$  bucağın ədədi qiymətləri yalnız  $+60^\circ$  ətrafında,  $\chi_2$  isə daha geniş diapazonda dəyişə bilər. Məlumdur ki, treoninin yan zəncirindəki OH qrupu hidrogen rabitələrin əmələ gəlməsində iştirak edir. Lakin hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, OH qrupun vəziyyətini müəyyən edən  $\chi_3$  ətrafında fırlanma məhduddur. Belə ki, potensial minimumlar arasında enerji baryeri 10 kkal/mol təşkil edir, bu da treoninin yan zəncirinin sərt quruluşa malik olmasının göstəricisidir.

Asparagin tursunun (Asp5) yan zənciri pentapeptidin dayanıqlı konformasiyalarında əsas zəncirin N-H qrupu ilə hidrogen rabitəsi əmələ gətirir. Hesablamalar göstərir ki, belə hallarda  $\chi_1 = 60^\circ$  və  $-150^\circ$ ,  $\chi_2 = \pm 60^\circ$  qiymətlərini alır. Şəkilə aminturşu qalıqlarının əsas və yan zəncirlərinin dayanıqlı konformasiyada vəziyyəti göstərilmişdir.



Şəkil 1. Pentapeptid fraqmetinin kiçikenerjili konformasiyası

Beləliklə, tədqiqatın nəticələrinə əsasən Met1-Pro2-Thr3-Pro4-Asp5 sərt bükük quruluşa malik olmasına baxmayaraq, onun Met1 və Asp5 amin turşu qalıqlarının yan zəncirlərinin yüksək mütəhərriqliyi müəyyən olunmuşdur. Alınmış nəticələr tirozinhidroksilaza molekulunun quruluş-funksiya əlaqələrinin tədqiqində istifadə oluna bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. S. Colette Daubner, Tiffany Le, and Shanzhi Wang. Arch Biochem Biophys., 2011, 508(1):1–12. doi:10.1016/j.abb.2010.12.017
2. Məmmədova Ç.C., Əliyeva İ.N. Tirozinhidroksilaza fermentinin tənzimləyici domeninin fəza quruluşu. Gələcəyin alimləri mövzusunda VII Respublika Elmi konfransı, 2022

## İKİÖLÇÜLÜ DIELEKTRİK KRİSTALIN İSTİLİK TUTUMU

Məmmədova N.M., Qədirova İ.R.\*

Bakı Dövlət Universiteti

memmedovan2003@gmail.com

Dielektrik kristalın istilik tutumu kristal qəfəsi təşkil edən atomların istilik hərəkəti enerjisi ilə təyin olunur. Bu enerjini hesablamaq üçün Eynşteyn-Debay modelindən istifadə edək. Eynşteyn-Debay modelinə görə kristalı təşkil edən atomlara üçölçülü harmonik ossilyatorlar kimi baxmaq olar və xətti harmonik ossilyatorun orta enerjisi üçün Plank düsturundan istifadə etmək olar. Bu modeldə fərz edilir ki, diskret quruluşa malik olan kristalı izotrop səlt mühitlə əvəz etmək və kristalda yayılan dalğalar üçün dispersiya münasibətini

$$\omega(q) = v_0 q \quad (1)$$

şəklində qəbul etmək olar. Burada  $\omega$ ,  $v_0$  və  $q$  dalğaların uyğun olaraq tezliyi, sürəti və dalğa ədədidir.

Kristal qəfəsdə dalğa vektoru və tezlik diskret qiymətlər alır və sonlu intervalda dəyişir. İkiölçülü sadə qəfəsdə

$$q_{max} = 2\sqrt{\frac{\pi N}{S}}, \quad \omega_{max} = 2v_0\sqrt{\frac{\pi N}{S}}$$

və xarakteristik Debay temperaturu:

$$T_D = \frac{\hbar\omega_{max}}{k_0} = \frac{2\hbar v_0}{k_0} \sqrt{\frac{\pi N}{S}} \quad (2)$$

kimi ifadə olunur. Burada  $N$  – atomların sayı,  $S$  – kristalın sahəsi,  $k_0$  – Bolsman sabitidir.

Kristalın istilik hərəkəti enerjisi harmonik kvant ossilyatorlarının enerjiləri cəmindən ibarət olur:

$$E = 3\sum_q \varepsilon(\omega(q)) = 3\sum_q \frac{\hbar\omega(q)}{e^{k_0 T} - 1} \quad (3)$$

Burada 3 vuruğu dalğa ədədinin hər bir qiymətinə tezliyin eyni üç qiyməti uyğun gəlməsi ilə əlaqədardır. (3)-cü ifadədə məlum qaydaya əsasən[1] inteqralla keçsək və (1) – i nəzərə alsaq,

$$E = \frac{3S}{4\pi^2} \int \frac{\hbar\omega(q)}{e^{k_0 T} - 1} q dq d\varphi = \frac{3S\hbar}{2\pi v_0^2} \int_0^{\omega_{max}} \frac{\omega^2 d\omega}{e^{k_0 T} - 1} \quad (4)$$

olar. Sonuncu ifadədə  $x = \frac{\hbar\omega}{k_0 T}$  dəyişəni daxil edək və (2)-ni nəzərə alaq:

$$E = 6Nk_0 T_D \left(\frac{T}{T_D}\right)^3 \int_0^{\frac{T_D}{T}} \frac{x^2 dx}{e^x - 1} = 3Nk_0 T D_2\left(\frac{T_D}{T}\right) \quad (5)$$

Burada ,

$$D_n\left(\frac{T_D}{T}\right) = n \left(\frac{T}{T_D}\right)^n \int_0^{\frac{T_D}{T}} \frac{x^n dx}{e^x - 1} \quad (6)$$

Debay funksiyasıdır. Yüksək temperaturlarda  $T \gg T_D$ ,  $x \ll 1$  olur. Bu halda  $e^x \approx 1 + x$  əvəz etmək olar. Onda  $D = \frac{T_D}{T} = 1$ ,  $E = 3Nk_0 T$  və istilik tutumu

$$C_V = (\partial E / \partial T)_V = 3Nk_0 \quad (7)$$

temperaturdan asılı olmayıb, sabit kəmiyyət olur.

Aşağı temperaturlarda  $T \ll T_D$ ,  $\frac{T_D}{T} \gg 1$  olduğundan (6)-cı düsturdakı integralin yuxarı sərhədini  $\infty$ -la əvəz etmək olar. Bu zaman alınan integral  $\int_0^\infty \frac{x^2 dx}{e^x - 1} \approx 2,404$  olur. Onda  $E = 14,424 Nk_0 T_D \left(\frac{T}{T_D}\right)^3$ , istilik tutumu isə

$$C_V = (\partial E / \partial T)_V = 43,27 Nk_0 \left(\frac{T}{T_D}\right)^2 \quad (8)$$

kimi ifadə olunur. Buradan görünür ki, aşağı temperaturlarda ikiölçülü dielektrik kristalın istilik tutumu həcmli kristallardan fərqli olaraq  $T^3$  ilə deyil  $T^2$  ilə mütənasib olur. Laylı kristal quruluşa malik olan qrafitin istilik tutumu müəyyən temperatur intervalında  $T^2$  ilə mütənasib olur [2].

#### Ədəbiyyat:

1. В.М.Əsgərov. Bərk cisimlərin nəzəriyyəsi. Bakı Universiteti nəşriyyatı Bakı 2013.
2. Р.Кубо. Статистическая механика. М. Мир. 1967

## BITKİ HÜCEYRƏSİ MEMBRANLARININ ELEKTRİK XARAKTERİSTİKALARINA XARİCİ MÜHİT PARAMETRLƏRİNİN TƏSİRİ

**Nəcəfzadə Ş.Z., Məhərrəmov M.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
nadjafzadeshovket@gmail.com*

Bitki hüceyrələrinin xarici mühitlə qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsi mühitdən hüceyrə daxilinə və əksinə ionların və maddələrin daşınma mexanizmlərinin araşdırılmasını zəruri edir. Formalaşmış nəzəriyyə belədir ki, membranlarda ionların daşınması passiv ion kanalları ilə elektrokimyəvi gradient üzrə və aktiv mexanizm olan elektrogen ion nasoslari tərəfindən elektrokimyəvi gradientin əleyhinə baş verir. Hüceyrələri əhatə edən membranlarda lokalizə olunmuş daşıma mexanizmləri mühitin parametrlərinin (ion tərkibi, temperatur, sürətləndirici və inhibitor təsirli maddələr) təsiri ilə müxtəlif davranış göstərə bilərlər. Həmin davranışları xarakterizə edən kəmiyyətlər kimi hüceyrənin daxili ilə xarici mühit arasındakı potensiallar fərqi (membran potensialı) və hüceyrə membranının keçiriciliyinin (membranın elektrik müqaviməti) müxtəlif faktorların təsiri ilə dəyişməsi öyrənilir. Bu tədqiqatlar nəticəsində bitki hüceyrələrinin membranlarının daşıma mexanizmlərinin elektrokimyəvi tənzimlənməsinə dair fikirlər söyləmək olar. Təqdim olunan işdə mühtidə  $K^+$  ionlarının konsentrasiyasının və pH-ın ( $H^+$  ionlarının) dəyişməsinin xara yosunu olan *Nitellopsis obtusa* hüceyrəsinin membran potensialına və müqavimətinə təsiri öyrənilib. Müəyyən edilib ki, membranın elektrik xarakteristikalarının xarici mühidə  $K^+$  ionlarının konsentrasiyasının və pH-ın dəyişməsinə reaksiyasına görə hüceyrələr iki qrupa bölünürlər: I qrup hüceyrələrdə

membran potensialının ilkin qiyməti nisbətən aşağı olur ( $E_m < -175 \text{ mV}$ ). Bu hüceyrələrin membran potensialı və müqaviməti xarici mühitdə  $K^+$  ionlarının konsentrasiyası artdıqca və pH azaldıqca tədricən azalır. II qrup hüceyrələrdə (membran potensialı  $E_m > -175 \text{ mV}$ ) membran potensialı  $K^+$  ionlarının geniş diapazonda dəyişməsinə (0,1 mM-dan 50 mM-a kimi), pH-ın 7-dən 3-ə kimi dəyişməsinə demək olar ki, heç bir reaksiya verməyib. Yalnız  $K^+$  ionlarının çox yüksək konsentrasiyalarında və kiçik pH-da membran potensialının və müqavimətin kəskin azalması baş verib. Nəticələrin təhlili əsasında belə qənaətə gəlinmişdir ki, hüceyrələrin membranı iki elektrofizioloji vəziyyətdə ola bilər – passiv daşıma yolunun, ion kanallarının aktiv olduğu, elektrogen nasosların inaktiv olduğu K-vəziyyəti və ion kanallarının bağlı olduğu, elektrogen nasosların aktiv olduğu P-vəziyyəti. Elektrik parametrlərinin xarici mühit parametrlərinin təsiri altında dəyişmə forması membranın ilkin olaraq hansı vəziyyətdə olmasından asılıdır. Membran K-halındadırsa ( $E_m < -175 \text{ mV}$ ), elektrogen nasoslar yüksək daxili elektrik müqavimətinə malik olan cərəyan generatoru kimi fəaliyyət göstərir və membran potensialı  $E_m = E_d + i_n R_m$  tənliyi ilə ifadə olunur. Əgər membran P-halındadırsa ( $E_m > -175 \text{ mV}$ ), elektrogen nasoslar gərginlik mənbəyi rejimində fəaliyyət göstərir və membran potensialı  $E_m = (E_d g_d + E_n g_n) / (g_d + g_n)$  tənliyi ilə ifadə olunur. Membranın iki elektrofizioloji vəziyyətdə ola bilməsi fərziyyəsi müxtəlif faktorların təsiri altında membran potensialı dəyişərkən membran müqavimətinin potensialdan asılılıq əyrisi ilə təsdiqlənir. Belə ki, istisnasız olaraq bütün təsirlər nəticəsində membran müqaviməti potensialın  $E_m = -175 \text{ mV}$  qiyməti ətrafında maksimal qiymətinə çatır. Membran potensialının həmin qiymətdən yuxarı və aşağı qiymətlərində müqavimətin azalması müşahidə olunur. Gəlinən əsas nəticə odur ki, membranın xarici mühitin parametrlərinin dəyişməsinə reaksiyası membranın ilkin olaraq hansı elektrofizioloji vəziyyətdə olmasından asılıdır.

## **SERORFİN MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞU**

**Səmədzadə N.C., Ağayeva L.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*leylanamig@mail.ru*

Serorfin molekulu ərzaq maddələrindən alınmış opioidlər sinfinə mənsubdur. Serorfin molekulu fəza quruluşu nəzəri konformasiya üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Serorfin molekulu fəza quruluşunu öyrənmək üçün sistemin potensial enerjisi qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin və hidrogen rabitəsi enerjisinin cəmi şəklində seçilmişdir.

Tyr1-Gly2-Phe3-Asn4-Ala5 serorfin molekulu beş amin turşu qalıqından, 75 atomdan və 22 ikiüzlü fırlanma bucağından ibarətdir. Molekulun fəza quruluşu onu əmələ gətirən tirozin, qlisin, fenilalanin, asparagin və alanin amin turşu qalıqlarının aşağıenerjili konformasiyaları əsasında öyrənilmişdir. Həsablamlar iki mərhələdə aparılmışdır. İlk mərhələdə Asn4 və Ala5-in aşağı-



enerjili B-B konformasiyasında Tyr1-Gly2-Phe3 tripeptid fraqmentinin mümkün ola bilən konformasiyaları hesablanmışdır. Hesablamalardan alınmış nəticələr əsasında əsas zəncirin 16 formasının hər birinin ən stabil konformasiyası seçilmişdir. İkinci mərhələdə əsas zəncirin seçilmiş 16 formasında Asn4 və Ala5-in mümkün olan konformasiyaları başlanğıc variantlar kimi seçilmişdir. Hesablamaların nəticələri əsasında hər bir şeypin və əsas zəncirin hər bir formasının konformasiyası seçilmişdir. Həmin seçilmiş konformasiyaların nisbi enerjiləri 0-8,0 kkal/mol intervalında dəyişir. Bu konformasiyaların arasından N-tərəf tetrapeptid fraqmentinin səkkiz şeypinin ən stabil konformasiyaları seçilmiş və onların stabilləşməsinə qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri cədvəl 1-də göstərilmişdir. Molekulun ən stabil konformasiyası feff şeypinə mənsub  $B_2LR_2R_{11}R_2$ -dir. Bu konformasiya həm qeyri-valent, həm də elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjilərinə görə əlverişlidir. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi bu konformasiyada qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisi ümumi enerjiyə (16.3) kkal/mol qədər, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisi ümumi enerjiyə (2.2) kkal/mol qədər, torsion qarşılıqlı təsir enerjisi (2.7) kkal/mol qədər pay verir. Fəzada molekulun N-tərəfi C-tərəfinə yaxınlaşır, Tyr1 ilə Ala5 arasında effektiv qeyri-valent və elektrostatik qarşılıqlı cazibə qüvvələri mövcud olur. Bundan əlavə Gly2-nin əsas zəncirinin N-H atomu ilə Ala5-in əsas zəncirinin C=O atomu arasında hidrogen rabitəsi yaranır. Bu səbəblərdən də bu konformasiya ən stabil olmuşdur.

Serorfin molekulunun ikinci aşağıenerjili konformasiyası feef şeypinə mənsub  $B_2LB_1R_{11}R_2$ -dir. Onun nisbi enerjisi qlobal konformasiyadan 1.7 kkal/mol qədər çoxdur. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi əsas zəncirin yumulmuş formalarının konformasiyaları aşağıenerjili olmuşdur. Hesablamaların nəticələri göstərir ki, serorfin molekulunun N-tərəf tripeptid fraqmenti Tyr1-Gly2-Phe3 stabil quruluşa malikdir, əsas zəncirin 16 forması ilə təmsil olunmuşdur. C-tərəf tripeptid fraqmenti Phe3-Asn4-Ala5 sərt quruluşa malikdir, əsas zəncirin 4 forması ilə təmsil olunmuşdur.

### Cədvəl 1

#### Serorfin molekulunun aşağıenerjili konformasiyaları

Nö	Şeyp	Konformasiya	$U_{qv}$	$U_{el}$	$U_{tors}$	$U_{üm}$	$U_{nis}$
1	feff	$B_2LR_2R_{11}R_2$	-16.3	2.2	2.7	-11.4	0
2	feef	$B_2LB_1R_{11}R_2$	-15.6	4.0	2.0	-9.7	1.7
3	efef	$B_3RB_1R_{11}R_2$	-15.1	3.4	2.8	-8.9	2.5
4	ffff	$B_2PR_2R_{31}R_2$	-14.3	3.5	2.0	-8.8	2.6
5	ffef	$B_2PB_1R_{31}R_2$	-13.9	3.1	2.8	-8.7	2.7
6	effe	$B_1RR_2R_{21}R_2$	-10.8	1.7	0.1	-8.4	3.0
7	eeef	$B_2BB_2R_{21}R_2$	-15.6	4.9	2.8	-7.9	3.5
8	eeff	$R_3LR_2R_{21}R_2$	-13.1	2.6	3.0	-7.5	3.9

#### Ədəbiyyat:

1. Чеснокова Е.А., Сарычева Н.Ю., Дубынин В.А., Каменский А.А. Опиоидные пептиды, получаемые с пищей и их влияние на нервную систему. Успехи физиологических наук, 2015, т. 46, №1, с. 22-46.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОЛЕКУЛЫ ТРИПЕПТИДА**

**Гараева А.И., Гаджиева Л.С.\***

*Бакинский государственный университет*

*kharaayshana@gmail.com*

Объектом исследования является молекула трипептида прилин-пролин-изолейцин Pro-Pro-Ile, которая является синтетическим аналогом пептида, обладающего иммуногетеропротекторными и ноотропными свойствами. В настоящее время известны 3 класса пептидных молекул, участвующих в процессах иммунорегуляции-нейропептиды, пептиды тимуса и пептиды костного мозга. Синтетические аналоги пептидов стимулируют процессы регенерации, ускоряют заживление ран, способствуют восстановлению клеточного метаболизма в лимфоцитах. Известно, что биологические свойства пептидных молекул определяются их химическим и пространственным строением. Наше исследование носит теоретический характер, расчеты проводились с использованием электронной компьютерной программы. В основе исследования лежит метод теоретического конформационного анализа. Метод конформационного анализа является одним из самых основных методов изучения пространственной структуры природных соединений. Конформационные изменения молекулы играют важную роль в структуре и связывании пептидных молекул. На основе теоретических исследований были выявлены геометрические параметры этой пептидной молекулы. С этой целью были определены значения двугранных углов основной и боковых цепей аминокислот, входящих в молекулу. У молекулы Pro-Pro-Ile обе аминокислоты пролина являются объемными, конформационно они определяются жесткими боковыми цепями. Боковая цепь изолейцина объемная, скользящая и конформационно нестабильная. Конформационные возможности аминокислоты пролин определяются двумя двугранными углами основной цепи  $\psi$  и  $\omega$  ( $\phi = -60^\circ$ ), а конформационные свойства аминокислоты изолейцин определяются углами основной цепи  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  и четырьмя углами  $\chi_1$ ,  $\chi_2$ ,  $\chi_3$ ,  $\chi_4$  боковой цепи. Молекула Pro-Pro-Ile включает в себя 53 атома и 12 переменных двугранных углов вращения. Эта молекула включает в себя два аминокислотных остатка Pro (пролин) и Ile (изолейцин). Формы остатков определялись низкоэнергетическими областями B, R и L двугранных углов основной цепи  $\phi$ - $\psi$ . При расчете были рассмотрены для аминокислоты Pro1 только форма основной цепи B. Для остатка Pro2 молекулы трипептида были рассмотрены две формы основной цепи B и R, а для аминокислотного остатка Ile3 были рассмотрены все возможные низкоэнергетические области двугранных углов основной цепи B, R и L. В развернутых формах основной

цепи боковые цепи остатков Pro1 и Ile3 находятся по разные стороны основной цепи молекулы, поэтому эффективными оказываются взаимодействия боковых цепей этих аминокислотных остатков между собой и с участками основной цепи молекулы. В случае же полусвернутых структур, сближенными оказываются боковые цепи аминокислотных остатков Pro2 и Ile3, а также боковой цепи Pro1 с основной цепью трипептидной молекулы. Таким образом, для молекулы Pro-Pro-Ile рассчитывались полностью развернутые формы основной цепи BBB, BBR, BRL (шейп *ee*) и полусвернутые формы основной цепи BRB, BRR, BBL (шейп *ef*).

#### **Литература:**

1. Nəcəyeva. L.S. İsmailova L.İ. "Конформационные свойства молекулы Pro-Pro-Ile", Bakı Universiteti Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmlər seriyası, №1, 2011. S.90-94.

## **HELICOSTATİN 4 MOLEKULUNUN ÖN UCLU ALA1-ARG2-PRO3 FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN TƏDQIQI**

**Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*gunel.qasimzadeh.2000@mail.ru*

Helicostatin 4 molekulu "Helicoverpa armigera" kəpənəyindən izolə edilmişdir. Bu molekula əsasən mərkəzi sinir sisteminin neyronlarında və orta bağırsağın endokrin hüceyrələrində rast gəlmək olur. Bütün allastostatin molekulları sinfinə daxil olan digər molekullar kimi helicostatin 4 molekulu da yuvenil – cavan hormonların sintezində mühüm rol oynayır [1] və onların son uclu tripeptid fraqmenti eynidir.

Helicostatin 4 molekulu 8 amin turşusu qalığından ibarət olub, Ala1-Arg2-Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> [2] xətti ardıcılığına malikdir. Molekulun fəza quruluşunu tədqiq etmək üçün, o Ala1-Arg2-Pro3, Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6 və Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> fraqmentlərinə bölünmüşdür [3].

Bu fraqmentlər içərisində ilk öyrənilən Ala1-Arg2-Pro3 tripeptididi. Ala1-Arg2-Pro3 tripeptidinin fəza quruluşunu tədqiq etmək üçün onun fəzada tuta biləcəyi bütün vəziyyətlər nəzərə alınmış, 4 şeypə və 27 formaya uyğun 72 quruluş variantı yığılmışdır. Bu konformasiyaları minimizasiya etmək üçün nəzəri konformasiya analizi üsulundan istifadə olunmuşdur [4,5]. Nəzəri konformasiya analizi üsuluna görə ixtiyari molekulun fəza quruluşunu tədqiq etmək üçün, yəni onun enerji və həndəsi parametrlərini öyrənmək üçün mərtələli yanaşmadan istifadə olunur. Bu cür yanaşma həm həddindən artıq çoxlu sayda konformasiyaların hesablanması qarşısını alır, həm də minimizasiya prosesinin sürətlə getməsinə kömək edir.

Alınmış nəticələrdən aydın olur ki, minimizasiya edilmiş 72 konformasiyadan yalnız 14-ü 0-3kcal/mol nisbi enerji intervalına düşür.

## Cədvəl 1

Ala1-Arg2-Pro3 tripeptid fraqmentinin  
kiçikenerjili konformasiyalarının şeyplərə görə paylanması

şeyp	0-1	1-2	2-3	3-5
ee	1	3	3	1
fe	2	-	3	1

Cədvəldən aydın olur ki, fraqment daxilində prolin amin turşusunun olması onun mütəhərrikliliyi məhdudlaşdırır və buna görə də ff və ef şeyplərinə mənsub konformasiyalar enerji cəhətcə əlverişli qiymətlər almır. Bu baxımdan cədvəldə onlar qeyd edilməmişdir. Qlobal minimumu təmsil edən konformasiya fe şeypinə RB<sub>3</sub>R formasına uyğun konformasiyadır ki, onun qeyri-valent qarşılıqlı təsir qüvvəsinin qiyməti  $E_{q.v.} = -8.61$  kkal/mola, elektrostatik qarşılıqlı təsir qüvvəsinin qiyməti  $E_{el.st.} = -0.68$  kkal/mola, torsion qarşılıqlı təsir qüvvəsinin qiyməti  $E_{tor.} = 0.61$  kkal/mola, tam enerjisinin qiyməti isə  $E_{tam} = -8.64$  kkal/mola bərabərdir. Burada hidrogen rabitələrinin yaranmasında yalnız iri yan zəncirə malik arginin amin turşusu iştirak edir.

Ala1-Arg2-Pro3 tripeptid fraqmenti üçün alınmış bütün nəticələr bütöv molekulun fəza quruluşunun müəyyən edilməsində istifadə olunacaqdır.

### Ədəbiyyat:

1. Davey, M.H.Duve, et al. (1999). "Characterisation of the helicostatin peptide precursor gene from *Helicoverpa argimera*". *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 29(12): 1119-1127
2. Якубке Х.Д., Ежкайт Х. Аминокислота, пептида, белки, М., "Мир", 1985, 456 с.
3. Попов Е.М. Структурная организация белков, М., "Наука", 1989, 352 с.
4. Полозов Р.В. Метод полуэмпирического силового поля в конформауионном анализе биополимеров, М., "Наука", 1981, 120 с.
5. Максумов И.С., Исмаилова Л. И., Годжаев Н. М. "Программа полуэмпирического расчёта конформаций молекулярных комплексов на ЭВМ" //Журнал структурной химии, 1983, т.24, №4, с.147-148

## KI DUZUNUN ÖZLÜ AXIN VƏ HƏCMİ XASSƏLƏRİ

**Qədirova A.V., Paşayev B.G.\***

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

Qeyri-üzvi maddələrin suda məhlullarının strukturu təmiz suyun strukturundan fərqlənir. Suda həllolan maddələr kimyəvi tərkibindən asılı olaraq suyun strukturuna müxtəlif cür təsir edirlər: bir çox maddələr suda su molekulları arasında mövcud olan hidrogen rabitələrini zəiflətdikləri halda digərləri bu rabitələri daha da gücləndirirlər [1-3]. Bioloji sistemlərdə su mühim rol oy-

nadığından sulu məhlullarda struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi müasir fiziki-kimyada, biofizikada böyük əhəmiyyət kəsb edir.

İşdə KI-in sulu məhlulunun 10-60°C temperatur və 0-0.07 molyar hissə konsentrasiyası oblastında struktur xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Bu məqsədlə baxılan temperatur və konsentrasiya oblastında məhlulun sıxlığı və dinamik özlülüyü ölçülmüş, təcrübi qiymətlər əsasında özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisinin ( $\Delta G_\eta$ ), özlü axınının aktivləşmə entalpiyasının ( $\Delta H_\eta$ ), özlü axınının aktivləşmə entropiyasının ( $\Delta S_\eta$ ) və məhlulda həllolan maddənin parsial molyar həcmnin ( $\tilde{V}$ ) qiymətləri hesablanmış və bu parametrlərin verilmiş temperaturda konsentrasiyadan ( $x$ ) asılılıqları təhlil edilmişdir.

Su-KI sistemində su molekulları ilə  $K^+$  və  $I^-$  ionları arasında qarşılıqlı təsir prosesi baş verir ki, bu da suya nisbətən məhlulun özlü axın və həcmi xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur. Hesablamalar göstərir ki,  $\Delta G_\eta(x)$  asılılığında minimum müşahidə olunur və bu minimum temperaturun artması ilə nisbətən kiçik konsentrasiyalara tərəf sürüşür. Belə ki,  $\Delta G_\eta(x)$  asılılığında müşahidə olunan minimum 20°C-də  $x \approx 0.03$ , 50°C-də isə  $x \approx 0.01$  molyar hissəyə uyğun gəlir. Konsentrasiyasının artması ilə  $\Delta H_\eta$  və  $\Delta S_\eta$  parametrləri yalnız azalır,  $\tilde{V}$  parametri isə yalnız artır.

Alınan nəticələri izah etmək üçün ionlarla su molekulları arasında mövcud olan elektrostatik qarşılıqlı təsir hesabına yaranan hidratlaşma prosesinə əsaslanacağıq. Belə ki, güclü hidratlaşan ionların yaxın ətrafında su molekullarının hərəkətinin intensivliyi azaldığından bu ionların suyu strukturlaşdırdığını, zəif hidratlaşan ionlar isə yaxın ətrafında su molekullarının hərəkətinin intensivliyi artdığından bu ionların suyun strukturunu dağıtdığını qəbul etmək olar.  $K^+$  və  $I^-$  ionlarının hər ikisi zəif hidratlaşmaya malik olduqlarından bu ionlar suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərilir. Bu səbəbdən də KI-id duzu suyun strukturuna dağıdıcı təsir edir.

Beləliklə su-KI sisteminin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında özlü axın və həcmi xassələrinin təhlili onu deməyə imkan verir ki, məhlulda KI-in konsentrasiyası artdıqca, suyun strukturunu dağılır.

#### Ədəbiyyat:

1. Nadeem S.M.S., Saeed R., Anbreen F. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2022, vol. 96, № 12, p. 2650-2658.
2. Gailus T., Krah H., Kuhnelt V., Rupprecht A., Kaatzee U. J. Chem. Phys., 2018, v. 149 (24), p. 244503.
3. Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2015, vol. 89, № 7, p. 1244-1247.

## PVX+Si ƏSASLI POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN ALINMASI VƏ QURULUŞU

Məmmədova S.Z., Şirinova H.A.\*

Bakı Dövlət Universiteti

*h.shirinova@bk.ru*

Polivinilxlorid termoplastik polimerlər arasında sənayedə istifadəsinə görə üçüncü yerdə duran əsas polimerlərdən biridir. Lakin bununla yanaşı polivinilxlorid-əsaslı polimer nanokompozitlər də geniş şəkildə öyrənilməkdə və tətbiq olunmaqdadır. Bu baxımdan müxtəlif qeyri-üzvi, metal, metal-oksidi kimi doldurucu nanohissəciklərdən geniş şəkildə istifadə olunmaqdadır [1]. Si təbiətdə geniş şəkildə yayılmış materiallardan biridir. Si nanohissəcikləri bir sıra xassələrinə görə öz həcmi analoqlarından fərqlənir və daha geniş tətbiq imkanlarına malikdir [2]. Tədqiqatlar göstərir ki, silisium nanohissəciklərinin polimer matrisə daxil edilməsi ilə alınmış nanokompozitlər təmiz polimerlərlə müqayisədə daha geniş spektrli ekspluatatsiya xassələrinə malikdirlər [3-4]. Bu baxımdan Si və PVX əsaslı polimer nanokompozitin alınması və xassələrinin tədqiqi də maraqlı doğuran məsələlərdəndir.

Tədqiqat işində PVX polimeri və Si əsasında müxtəlif konsentrasiyalı nanokompozit nümunələr alınmış və onların quruluşu tədqiq edilmişdir. Nanokompozit nümunələr polimer məhlulunda nanohissəciklərin intensiv qarışdırılması ilə əldə olunmuş, daha sonra isə həlledicinin sistemdən çıxarılmasına müvəffəq olunmuşdur. Ən sonda nanokompozit tozu isti preslənmə metodu ilə qalınlığı 100 mkm olan təbəqələr halına salınmışdır.

Daha sonra alınmış nanokompozitlərin quruluşu rentgen struktur analiz metodu ilə tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, nanohissəciklər polimerin kristallıq dərəcəsinin artmasına səbəb olur. Alınmış nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı tədqiq edilmiş, silisium nanohissəciklərinin polimerin polyarlaşma qabiliyyətinə təsir etdiyi aşkarlanmışdır.

### Ədəbiyyat:

1. Gholami, A., Moghadassi, A., Hosseini, S. M., Shabani, S., & Gholami, F. (2014). Preparation and characterization of polyvinyl chloride based nanocomposite nanofiltration-membrane modified by iron oxide nanoparticles for lead removal from water. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1517–1522. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.07.041>
2. Kim, H., Lee, E., & Sun, Y. (2014). Recent advances in the Si-based nanocomposite materials as high capacity anode materials for lithium ion batteries. *Materials Today*, 17(6), 285–297. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.05.003>
3. Naffakh, M., & Díez-Pascual, A. M. (2014). Thermoplastic Polymer Nanocomposites Based on Inorganic Fullerene-like Nanoparticles and Inorganic Nanotubes. *Inorganics (Basel)*, 2(2), 291–312. <https://doi.org/10.3390/inorganics2020291>
4. Pandey, J. K., Reddy, K. R., Kumar, A., & Singh, R. P. (2005). An overview on the degradability of polymer nanocomposites. *Polymer Degradation and Stability*, 88(2), 234–250. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.09.013>

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

**Гарагезлю Н.И., Касумова Р.Дж.\***

*Бакинский Государственный Университет*

*nigarqaragozlyu@gmail.com*

Нелинейные кристаллы – это оптические среды, с помощью которых возможно расширить класс источников когерентного излучения, работающих в широком спектральном диапазоне. В настоящее время известно большое количество нелинейных кристаллов, в которых возможны трехволновые нелинейные взаимодействия [1]. Но требования, предъявляемые к кристаллам, необходимые для реализации частотного преобразования сужают число материалов, пригодных для практического использования. Отметим два основных требования к нелинейным кристаллам: наличие высокой квадратичной нелинейности для случая термоволнового взаимодействия; выполнение условия фазового синхронизма. Если первому требованию удовлетворяют достаточно большое число кристаллов и органических соединений, то второе требование ограничивает выбор материала. Важно также отметить требование высокого оптического качества кристаллов, что уже определяется технологией изготовления нелинейных сред для частотных преобразователей. В нелинейной оптике к кристаллам предъявляются такие требования как стойкость нелинейного элемента к лазерному излучению, стабильность и сохраняемость свойств материала во внешней среде, негигроскопичность, твердость, устойчивость к резким изменениям температуры. С точки зрения достижения высоких коэффициентов преобразования: большие значения угловой, температурной и спектральной ширин синхронизма, малых потерь, отсутствия фоторефрактивного эффекта и нелинейного поглощения, слабого влияния других конкурирующих факторов. Современные технологии не позволяют синтезировать нелинейные материалы с полным набором перечисленных свойств, поэтому необходимо к каждому конкретному случаю выбирать наиболее оптимальные нелинейные кристаллы, отвечающие диапазону частотного преобразования.

Современное развитие оптоволоконной системы передачи информации говорит о преимуществах подобной системы связи. Волоконно-оптические датчики достаточно успешно применяются для мониторинга нефтяных скважин, загрязнения атмосферы, в медицине и в других областях. При изготовлении оптоволокна необходимо, чтобы размер сердцевины и профиль показателя преломления оптоволокна поддерживались строго постоянными [2].

В настоящей работе анализируются причины, ограничивающие эффективность частотного преобразования в пространственно неоднородном

оптоволокне. Рассматривается влияние оптической неоднородности оптоволокна на характеристики выходного лазерного излучения [3-4].

**Литература:**

1. R.W. Boyd, Nonlinear optics. San Diego, Academic Press, 2008, -613p.
2. G. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics. Academic, San-Diego, Calif. (1995).
3. Z.H. Tagiev, R.J. Kasumova. Theoretical studies on frequency doubling in glass optical fibers in constant-intensity approximation. Optics & Communications, 2006, v.261, p.258-265.
4. R.J. Kasumova, Z.H. Tagiev, Sh.Sh. Amirov. Laser pulse manipulation in optical fiber. Baki Universitetinin Xəbərləri, 2021, № 1, səh. 72-82.

**ЛАКТОФЕРРОКСİN С МОЛЕКУЛУНУН N-ТƏРƏФ ТЕТРАПЕПТИД ФРАГМЕНТИНİN ФƏЗА ҚURULUŞU**

**Bayramova R.V., Ağayeva L.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

leylanamig@mail.ru

Laktoferroksin C molekulu ərzaq maddələrindən alınmış opioidlər sinfinə aiddir. H-Lys1-Tyr2-Leu3-Gly4-Pro5-Gln6-Tyr7-OH laktoferroksin C molekulu yeddi aminturşu qalığından ibarətdir. Molekulun fəza quruluşu onu fraqmentlərə ayırmaqla tədqiq olunmuşdur. Buna görə də ilk yaxınlaşmada onun N-tərəf tetrapeptid fraqmenti Lys1-Tyr2-Leu3-Gly4-ün fəza quruluşu onları əmələgətirən aminturşu qalıqlarının aşağıenerjili konformasiyaları əsasında öyrənilmişdir.

Laktoferroksin C molekulunun N-tərəf tetrapeptid fraqmenti Lys1-Tyr2-Leu3-Gly4 dörd aminturşu qalığından, 63 atomdan və 17 ikiüzlü fırlanma bucağından ibarətdir. Fraqmentin fəza quruluşu onu əmələ gətirən lizin, tirozin, leysin və qlisin aminturşu qalıqlarının aşağıenerjili konformasiyaları əsasında öyrənilmişdir. İlk yaxınlaşmada səkkiz şeypin, əsas zəncirin səkkiz formasının konformasiyaları hesablanmışdır. Fraqmentin aminturşu ardıcılığından göründüyü kimi fraqmentə müsbət yüklənmiş, çoxatomlu lizin, polyar yan zəncirli tirozin, qeyri-polyar, çoxatomlu leysin, yüksək konformasiya sərbəstliyinə malik qlisin aminturşu qalığı daxildir. Ona görə də ilk yaxınlaşmada əsas zəncirin hər bir formasında çoxlu sayda konformasiyalar hesablanmışdır. Əsas zəncirin hər bir formasının hesablanmış konformasiyaları içərisindən ən aşağıenerjili seçilmişdir. Həmin seçilmiş konformasiyalar, onların şeypi, onlara qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinin, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisinin, torsion qarşılıqlı təsir enerjisinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri cədvəl 1-də göstərilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, şeyplərin, əsas zəncirin formalarının və konformasiyalarının enerjilərinə görə kəskin diferensiasiya gədir, konformasiyaların nisbi enerjiləri 0 – 8.0 kkal/mol enerji intervalında dəyişir. Qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjiləri (-16.7) – (-8.9) kkal/mol intervalında, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjiləri (8.4) – (11.0) kkal/mol intervalında, torsion qarşılıqlı təsir enerjiləri (2.1) – (4.4) kkal/mol intervalında dəyişir. Fraq-



mentin ən stabil konformasiyası eef şəypinə mənsub  $B_{3122}B_1R_{31}R$ -dir. Cədvəldən görüldüyü kimi, bu konformasiya həm qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinə, həm də elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisinə görə ən əlverişlidir. Fraqmentin aminturşu ardıcılığına müxtəlif növ aminturşuları daxil olduğundan müxtəlif şeyplərdə müxtəlif növ qarşılıqlı təsirlər reallaşır və buna görə də laktoferroksin C molekulunun fəza quruluşunu öyrənmək üçün cədvəl 1-də göstərilən şeyplərin konformasiyalarını başlanğıc variantlar kimi seçmək lazımdır.

**Cədvəl 1**

Laktoferroksin C molekulunun Lys1-Tyr2-Leu3-Gly4 fraqmentinin aşağıenerjili konformasiyaları, onlara qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri

Nö	Şeyp	Konformasiya	Uqv	Uel.	Utors.	Uüm	Unis
1	eef	$B_{3122} B_1R_{31}R$	-16.7	8.4	3.6	-4.7	0
2	eee	$B_{1222} B_2B_{22}B$	-15.5	8.5	4.3	-2.7	2.0
3	eff	$B_{1222} B_1R_{21}R$	-12.6	8.6	2.1	-1.8	2.9
4	efe	$B_{1222} R_2B_{21}B$	-13.1	9.9	2.3	-0.9	3.8
5	ffe	$R_{2222} R_1B_{22}B$	-13.4	9.8	2.9	-0.7	4.0
6	fff	$R_{2322} R_1R_{21}R$	-15.4	11.0	4.4	0	4.7
7	fef	$R_{2322} B_3R_{32}R$	-12.2	10.0	3.3	1.0	5.7
8	fee	$R_{2322} B_2B_{21}B$	-8.9	9.7	2.6	3.3	8.0

**Ədəbiyyat:**

- 1.Чеснокова Е.А., Сарычева Н.Ю., Дубынин В.А., Каменский А.А. Опиоидные пептиды, получаемые с пищей и их влияние на нервную систему. Успехи физиологических наук, 2015, т. 46, №1, с. 22-46.

**УКОРОЧЕННЫЕ УРАВНЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИЕ РАССЕЙАНИЕ  
МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА**

**Султанова Н.Э., Сафарова Г.А.\***

*Бакинский Государственный Университет  
nezrinsultan01@gmail.com*

Рассеяния, происходящие в среде, могут быть как упругими, так и неупругими. Анализ спектра неупругого рассеяния света позволяет судить о процессах в рассеивающих средах. Определяя возникающий частотный сдвиг при неупругом рассеянии, интенсивность компоненты рассеяния, можно понять какие процессы происходят в средах: в твердых телах, жидкостях и газах [1]. При распространении лазерного излучения в оптическом волокне волоконно-оптические датчики регистрируют изменения, которые претерпевает при этом лазерный луч [2]. При этом существуют ряд датчиков лазерного излучения. В акустических приемниках (Distributed Acoustic sensor - DAS) регистрируются сигналы упругого рэлеевского рассеяния лазерного луча или неупругого рассеяния на

акустических колебаниях в волокне - вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), а в температурных датчиках (Distributed Temperature sensor - DTS) фиксируется комбинационное рассеяние лазерного луча на молекулярных колебаниях.

Как известно, ВРМБ – нелинейный процесс третьего порядка, возникающий в результате брэгговской дифракции лазерного излучения на решетке нелинейного показателя преломления среды. При ВРМБ возможно нарушение условия фазового синхронизма, связанного изменением показателя преломления среды из-за нагрева, которая хорошо согласуется с экспериментом. Предложен следующий механизм изменения показателя преломления: часть световой волны, распространяющейся в среде, поглощается, что приводит к нагреву и к изменению показателя преломления рассеивающей среды [3].

Согласно дисперсионному соотношению при ВРМБ в случае фазового синхронизма в направлении волнового вектора накачки неупругое рассеяние практически отсутствует, а в обратном направлении наблюдается максимальный мандельштам-бриллюэновский частотный сдвиг. В этом случае взаимодействие реализуется между встречными пучками. А это означает, что интерференция волны накачки со встречной стоксовой компонентой рассеяния приводит к сильному нелинейному взаимодействию волн, благодаря более полному перекрытию встречных пучков волн по сравнению с одинаково направленными пучками [4].

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) – процесс неупругого рассеяния света на акустических фонах, генерируемых за счет взаимодействия падающей и стоксовой волн, при этом рассеянное излучение играет активную роль и лавинообразно нарастает. Явление ВРМБ аналогично ВКР, только в качестве молекулярных колебаний при этом выступает волна избыточного давления среды (акустическая волна). С точки зрения квантовой механики ВРМБ представляет собой процесс уничтожения фотона накачки с одновременным появлением стоксова фотона и акустического фона.

Целью настоящей работы является - изучение геометрии взаимодействия, характера и механизма рассеяния Мандельштама Бриллюэна, а также свойств компонент рассеяния. Отличие спонтанного рассеяния Мандельштама Бриллюэна от вынужденного рассеяния.

#### **Литература:**

1. Shen Y.R. The principles of nonlinear optics. New York, A Wiley Inter sciences Publication. 2002. 576 p. ISBN: 978-0-471-43080-3
2. Agrawal G. Nonlinear Fiber Optics. 4th ed. Academic Press, New York, 2007.
3. Кузьмин В.В. Нарушение фазового синхронизма при вынужденном рассеянии света // Труды Физического института АН СССР. 1991. 207, 3 - 39.
4. Р.Дж. Касумова, Н.В. Керимли, Г.А. Сафарова. Фазовые эффекты при вынужденном рассеянии Мандельштама – Бриллюэна. Оптика и спектроскопия, 2023, 131(1) 43-48.

## KAZOKSİN D MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞU

Yarəliyeva K.M., Hacıyeva Ş.N.\*

Bakı Dövlət Universiteti

m-shahla@ya.ru

Kazoksın D molekulu qida maddələrindən alınan opioid peptidlər sinfinə daxildir. Tyr1-Val2-Pro3-Phe4-Pro5-Pro6-Phe7 kazoksın D molekulu yeddi aminturşu qalığından, 122 atomdan və 27 ikiüzlü fırlanma bucağından ibarətdir. Molekulun fəza quruluşu nəzəri konformasiya üsulu ilə tədqiq olunmuşdur. Molekulun fəza quruluşu onu əmələgətirən aminturşu qalıqlarının aşağı-enerjili konformasiyaları əsasında öyrənilmişdir. Məlum olduğu kimi prolin aminturşu qalığından əvvəl gələn aminturşusunun əsas zəncirinin R forması yüksəkenerjili olur. Ona görə başlanğıc variantlar seçildikdə Val2-nin, Phe4-ün və Pro5 aminturşu qalıqlarının əsas zəncirlərinin yalnız B formasının konformasiyaları götürülmüşdür. Heptapeptid molekulun səkkiz şeypinin, əsas zəncirin səkkiz formasının konformasiyaları hesablanmışdır. Əsas zəncirin hər bir formasının ən stabil konformasiyası seçilmiş, onun stabilləşməsinə qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri cədvəl 1-də göstərilmişdir. Hesablamaların nəticələri göstərir ki, bəzi şeyplərin bir çox konformasiyası sterik cəhətdən mümkün olmamışdır, sterik cəhətdən mümkün olan konformasiyaların enerjiləri arasında kəskin diferensiasiya gedir. Aşağıenerjili konformasiyalarda peptid qruplarının kəskin deformasiyası mövcud olmuşdur. Ona görə də aşağıenerjili konformasiyalarda torsion qarşılıqlı təsir enerjisinin ümumi enerjiyə verdiyi pay yüksək olmuşdur, (20.4) – (23.3) kkal/mol intervalında dəyişir. Konformasiyaların enerjiləri arasında diferensiasiya əsasən qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisi hesabına yaranır, onun verdiyi pay (-27.8) – (-19.6) kkal/mol intervalında dəyişir. Molekulun ən stabil konformasiyası eefeee şeypinə mənsub B<sub>2</sub>B<sub>1</sub>RB<sub>3</sub>BBB<sub>1</sub>-dir. Bu konformasiyada molekulun N-tərəf dipeptid fraqmenti və C-tərəf tetrapeptid fraqmenti əsas zəncirin açılmış vəziyyətində olur, üçüncü aminturşu qalığı peptid zənciri döndərərək həmin fraqmentlər arasında əlverişli qarşılıqlı təsir yaradır.

### Cədvəl 1

Kazoksın D molekulunun stabil konformasiyaları, onlara qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri

Nº	Şeyp	Konformasiya	Uqv	Uel.	Utors.	Uüm	Unis
1	eefeee	B <sub>2</sub> B <sub>1</sub> RB <sub>3</sub> BBB <sub>1</sub>	-27.8	-2.4	23.3	-6.9	0
2	fefeee	R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> RB <sub>3</sub> BBB <sub>3</sub>	-22.4	-1.9	20.4	-3.9	3.0
3	eeeeee	B <sub>1</sub> B <sub>1</sub> BB <sub>1</sub> BBB <sub>1</sub>	-25.6	-2.1	21.8	-5.9	1.0
4	feeeee	R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> BB <sub>1</sub> BBB <sub>1</sub>	-20.8	-1.9	21.2	-1.5	5.4

5	eeeeef	B <sub>1</sub> B <sub>1</sub> BB <sub>1</sub> BRR <sub>3</sub>	-23.6	-2.2	21.6	-4.2	2.7
6	feeeef	R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> BB <sub>1</sub> BRR <sub>3</sub>	-22.3	-2.1	21.5	-3.0	3.9
7	eefeef	B <sub>2</sub> B <sub>1</sub> RB <sub>1</sub> BRR <sub>3</sub>	-23.8	-2.2	21.5	-4.4	2.5
8	feefeef	R <sub>1</sub> B <sub>1</sub> RB <sub>1</sub> BRR <sub>3</sub>	-19.6	-1.9	21.7	0.2	7.1

### Ədəbiyyat:

1. Чеснокова Е.А., Сарычева Н.Ю., Дубынин В.А., Каменский А.А. Опиоидные пептиды, получаемые с пищей и их влияние на нервную систему. Успехи физиологических наук, 2015, т. 46, №1, с. 22-46.

## HEPTAPEPTİD MOLEKULUN DİPEPTİD FRAQMENTİNİN OPTİMAL KONFORMASIYALARI

**Qasımova H.H., Abbasova G.C.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*henifeqasimova20@gmail.com*

Biomolekulların fəza quruluşunun öyrənilməsində ən çox tətbiq olunan üsul nəzəri konformasiya analizi üsuludur. Bioloji molekulun konformasiya analizini aparmaq, onun ala biləcəyi müxtəlif fəza quruluşlarını (konformasiyalarını) və hər hansı fəza quruluşuna (konformasiyaya) uyğun gələn enerjini təyin etmək deməkdir. Nəzəri konformasiya analizi üsuluna həmçinin atom-atom potensial funksiyalar üsulu, molekuluar mexanika üsulu, yarımempirik qüvvə sahəsi üsulu və.s kimi adlandırılır. Qeyd etmək lazımdır ki, nəzəri konformasiya analizi üsulu molekulun mexaniki modelinə əsaslanmışdır. Bu üsulun köməyi ilə molekulların həndəsi parametrlərini, qarşılıqlı təsir enerjilərini, atomlar arasında yaranan hidrogen rabitələri və onların enerjiləri haqqında dəqiq məlumat almaq olar.

Dipeptid Ala-İle fraqmentinin stabil quruluşlarını tədqiq edərkən molekulların həndəsi və enerji parametrlərini təyin etməyə xüsusi diqqət verilmişdir. Bu fraqment özü böyük əhəmiyyət kəsb edir, çünki o molekula xas bütün xüsusiyyətləri özündə saxlıya bilir. Bu səbəbdən dipeptid molekulun həndəsi və enerji parametrləri tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat işində Norton Commander proqramından istifadə edilmişdir. Proqramın işləməsi üçün fraqment haqqında aşağıdakı məlumatları vermək lazımdır.

- 1.Molekulu və ya fraqmenti təşkil edən atomların sayı
- 2.İkiüzlü bucaqların sayı
- 3.Bucaqların adları
- 4.Əgər qeyri-standart bucaqlar varsa, onlar göstərilir
- 5.Diktlər
- 6.İkiüzlü bucaqlar əsasında variantlar yığılır.

Proqramda amin turşularının düzgün yığılması üçün həmin amin turşular

haqqında məlumatlar verilir. Bu məlumatlar DICT1 və DICT2 vasitəsi ilə proqramda daxil edilir. Məlumatlar sütun şəkilində yerləşdirilir. Proqramda dəyişikliklər fag1.dat faylında aparılır. fag1.exe proqramının maşın dilində yazılışdır. fag.bat -la proqramda hesablama gedir, res faylında isə alınan nəticələr yazılır.

**Cədvəl 1**-də Ala-İle dipeptid fraqmentin əsas zəncirinin forma və şeypləri, eləcə də nisbi enerjilərinin qiymətləri göstərilmişdir.

№	Formalar	Şeyplər	Nisbi enerji (kal/mol)
1	R <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	f	0.0
2	B <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	e	0.81
3	B <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	e	0.97
4	R <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	f	0.99
5	R <sub>3</sub> R <sub>2</sub>	f	1.00
6	B <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	e	1.21
7	R <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	f	1.29
8	R <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	f	1.32
9	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	e	1.47
10	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	e	1.54
11	R <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	f	1.56
12	R <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	f	1.63
13	B <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	e	1.77
14	R <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	f	2.00

**Ədəbiyyat:**

1. Аббасова Г.Д., Алиева И.Н., Омарова А.И. Пространственная структура и конформационные свойства аналогов пептида CREKA // Известия НАНА (серия физ.-мат. и технических наук), 2010, том XXX, № 5, с.112-120.

## BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASI

### THE ELECTRON GAS IN A SEMICONDUCTOR QUANTUM FILM WITH SEMI-PARABOLIC POTENTIAL WELL

Hasanli G. A., Ismayilov T.H.\*

*Baku State University*

*hasanlygultakin@gmail.com*

The electron gas in a semi-parabolic quantum well is a system that exhibits its unique electronic and optical properties due to the confinement of electrons in a semi-parabolic potential well. The spectrum and wave functions of electrons and holes in such well are of great interest in the field of condensed matter physics, as they can be used to describe the electronic properties of a variety of materials including semiconductors and superconductors. In this work we consider the 2D electron gas in the semiconductor quantum film with the semi-parabolic potential. A remarkable feature of this potential is its exact solvability, which makes it possible to obtain analytical results. The energy levels and wave functions can be calculated using the Schrödinger equation with the semi-parabolic potential

$$V(z) = \begin{cases} \frac{1}{2}m\omega^2 z^2, & z > 0, \\ \infty, & z < 0 \end{cases},$$

where the  $z$  axis is perpendicular to the film plane. From the solution of the Schrödinger equation the spectra and wave functions of electrons and holes are obtained. Then, using them, the joint density and the coefficient of inter-band absorption ( $\alpha$ ) were calculated. The dependences of  $\alpha$  on the frequency of the incident light and the film's thickness are obtained.

### KVANT ÇUXURUNUN ELEKTRİK QAVRAYICILIĞI

Abbasova X.N., Qədirova İ.R.\*

*Bakı Dövlət Universiteti*

*xeyale200600@icloud.com*

Təqdim olunan işdə kvant mexanikasının həyəcanlanma nəzəriyyəsi əsasında kvant çuxurunda elektronların optik keçidləri halında elektrik qavrayıcılığının ifadəsi alınmışdır.

Polyarlaşma vektorunun  $P_l$  və elektrik sahəsinin intensivlik vektorunun  $E_l$  komponentlərini

$$E_l(t) = \text{Re} (E_l e^{i\omega t}) \quad (1)$$

və

$$P_l(t) = \text{Re} (P_l e^{i\omega}) \quad (2)$$

kimi yazmaq olar [1]. Burada  $P_l$  və  $E_l$  kompleks amplitudlardır.

Elektrik qavrayıcılığının  $\chi_{lk}$  komponentləri

$$P_l = \varepsilon_0 \sum_k \chi_{lk} E_k \quad (3)$$

münasibəti ilə təyin olunur və iki rəngli tenzor təşkil edir ( $l, k = 1, 2, 3$ ).

Kvant çuxurunda elektronların ( $n_i, \vec{k}$ ) başlanğıc haldan ( $n_f, \vec{k}'$ ) son hala optik keçidləri ilə bağlı elektrik qavrayıcılığını

$$\varepsilon_0 \chi_{lk}(\omega) = 2 \sum_{n_i} \sum_{n_f} \sum_{\vec{k}} \sum_{\vec{k}'} \frac{\mu_{n_f n_i}^l \mu_{n_i n_f}^k (f_{n_i} - f_{n_f})}{[E_{n_f}(\vec{k}') - E_{n_i}(\vec{k}) - \hbar\omega]} \quad (4)$$

kimi ifadə etmək olar. Burada  $i, f$  indeksləri enerji zonalarını,  $n_i, n_f$  isə alt zonaları işarə edir,  $\vec{k}, \vec{k}'$  - elektronun dalğa vektoru, 2 vuruğu bir kvant halında iki elektronun olmasını nəzərə alır,  $f_{n_i}$  - Fermi - Dirak paylanma funksiyasıdır,

$$\mu_{n_i n_f} = \int \Phi_{n_f \vec{k}'}^*(\vec{r}) \hat{\mu} \Phi_{n_i \vec{k}}(\vec{r}) d\vec{r} \quad (5)$$

$\mu = -e\vec{r}$  - dipol momenti operatoru,  $\Phi_{n_i \vec{k}}(\vec{r})$  və  $E_{n_i}(\vec{k})$  - elektronun dalğa funksiyası və enerjisidir.

#### Ədəbiyyat:

1. Ярив А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. Москва: "Советское радио", 1973. 456 с.

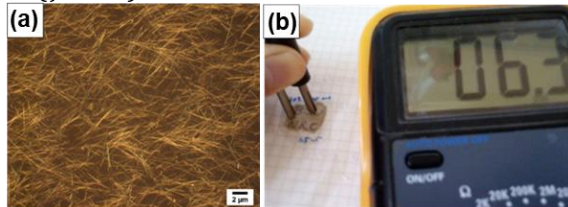
## GÜMÜŞ NANONAQİLLƏRİN ÖLÇÜLƏRİNİN GÜMÜŞ ƏSASLI ELEKTRODLARIN KEÇİRİCİLİYİNƏ VƏ ŞƏFFAFLIĞINA TƏSİRİNİN ARAŞDIRILMASI

**Həsənova G.B., Kim J.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

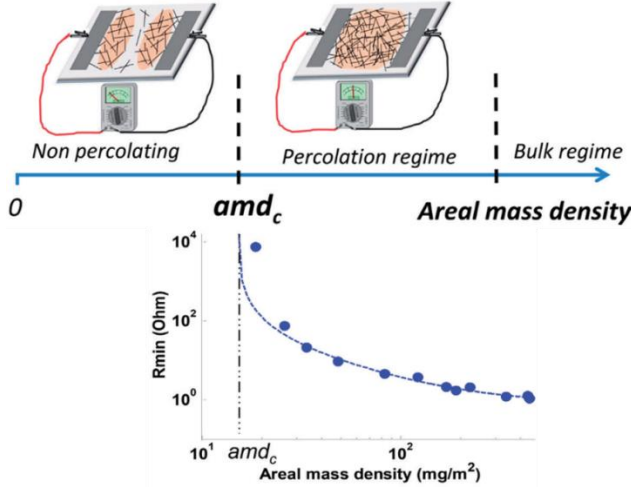
*hasanovagulshad@gmail.com*

Gümüş nanonaqillər (AgNWs) birölçülü nanometalik materiallar kimi yaxşı elektrik, işıq keçiriciliyinə və əyilmə müqavimətinə malik olub, ideal şəffaf elektrod materialı kimi qəbul edilir. Onlar, elastik, əyilə bilən LED displeylər və sensor ekranlar üçün geniş imkanlar təmin edir, həmçinin nazik təbəqəli günəş batareyalarında da geniş istifadə olunur. Gümüş nanonaqıl, ölçüləri 100 nm və ya daha az olan (uzunluq istiqamətində heç bir məhdudiyət olmadan) bir ölçülü strukturdur (şəkil 1).



**Şəkil 1.** (a) Gümüş nanonaqıl (AgNWs) və (b) AgNW elektrod

AgNW şəbəkələrinin optik və elektrik xüsusiyyətlərinin optimallaşdırılması ilə bağlı müxtəlif üsullar vardır. Bunlardan biri gümüş nanonaqıl əsaslı şəbəkələrin şəffaflığını azaltmadan müqavimətinin kəskin şəkildə azaldığını göstərən termal yumşalmasıdır. Metal nanonaqıl şəbəkələrinin elektrik xüsusiyyətlərini anlamaq üçün süzülmə nəzəriyyəsini nəzərdən keçirmək lazımdır (şəkil 2). AgNW şəbəkələri üçün süzülmə artıq dəfələrlə tədqiq edilmişdir və tədqiqat üçün ən uyğun model 2D-çubuq şəbəkələri seçilmişdir.



Şək. 2. AgNW elektrodlarının keçiriciliyi və sızma nəzəriyyəsi

Bu tədqiqatda, müxtəlif uzunluqlara malik bir neçə AgNW kimyəvi üsulla hazırlanmışdır. AgNW əsaslı elektrodlar polimer təbəqə üzərində yerləşdirilir. Müxtəlif uzunluqlu AgNW-lərdən hazırlanmış AgNW elektrodları onların elektrik və optik xüsusiyyətlərinə görə müqayisə edilir və AgNW-lərin uzunluğu ilə xassələri arasındakı əlaqə təhlil olunur. Uzun AgNW elektrodları aşağı sızma həddinə görə eyni keçiricilik üçün daha yüksək şəffaflıq göstərir. Yəni, AgNW-lər uzandıqca daha az miqdarda AgNW ilə daha şəffaf elektrod əldə edilir.

### Ədəbiyyat

1. Bellet D, T. Papanastasiou D, Resende J, Huong Nguyen V, Jiménez C, Duy Nguyen N and Muñoz-Rojas D, Metallic Nanowire Percolating Network: From Main Properties to Applications Smart Nanosystems for Biomedicine, Optoelectronics and Catalysis, a book chapter form *Smart Nanosystems for Biomedicine, Optoelectronics and Catalysis*, 2020



## **VİDEOYAZIYA GÖRƏ AVTOMOBİLİN SÜRƏTİNİN MÜƏYYƏN OLUNMASI ÜSULLARI**

**Əliyeva V.A., Məmmədova V.C.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Aliyevvefa021@gmail.com*

Videoyazıya görə yol-nəqliyyat hadisəsi iştirakçısı olan obyektin sürətinin, təcilinin, obyekt nəqliyyat vasitəsi olduqda toqquşma bucağının müəyyən olunması yol-nəqliyyat hadisəsi hallarının müəyyən olunmasında ən vacib amildir. Yol-nəqliyyat hadisəsini əks etdirən videoyazı olmadıqda obyektin hərəkət parametrləri dayanma izinə və şahid ifadələrinə görə avtotexniki tədqiqatla müəyyən olunur ki, bu halda da çox vaxt subyektivlik özünü göstərir. Dövlət metodlarından istifadə olunan avtotexniki tədqiqat metodikasından fərqli olaraq videoyazının tədqiq olunaraq obyektin hərəkət parametrlərinin müəyyən olunması dinamikanın və optikanın qanunlarına əsaslanır və daha etibarlı nəticələr verir [1]. Konkret situasiyadan asılı olaraq vizual hadisənin qeydə alındığı videotəsviri tədqiq edərək yol-nəqliyyat hadisələrinin araşdırılmasında daha vacib olan obyektin hərəkət sürətinin müəyyən olunması üçün aşağıdakı üsullardan istifadə olunur:

- obyektin öz ölçüsü qədər məsafəni qət etməsi zamanı;
- bir obyektin sürətini onu məlum məsafəyə köçürməklə təyin edilməsi;
- hərəkətsiz obyektlərin yanından keçərkən;
- məlum uzunluqda hərəkət edən obyektin cisim boyunca sürətinin təyini;
- avtomobildə olan videoqeydiyyat qurğusu vasitəsi ilə əldə olan videoyazıya görə sürətinin təyin edilməsi;
- video kameranın sürətini nəzərə alaraq obyektin şəklinin ölçüsünü dəyişdirərkən, onun sürətinin müəyyən edilməsi;
- qarşıdan gələn videokameralı avtomobil dönərkən avtomobilin sürətinin müəyyən edilməsi;
- Doppler effektindən istifadə edərək avtomobilin sürətinin səsə görə müəyyən edilməsi.

Konkret vəziyyətdən asılı olaraq, hadisə qeydə alınmış videogörüntünün tədqiqi zamanı obyektlərin hərəkət sürətini təyin etmək üçün bir sıra üsulları ayırmaq olar [2].

Bir obyektin (avtomobil, velosiped və ya digər nəqliyyat vasitəsi) sürətini təyin etmək üçün onun müəyyən vaxtda qət etdiyi məsafəni bilmək lazımdır. Zaman müddəti videoyazının kadr tezliyindən (sürətindən) hesablanıla bilər və ölçülmüş zaman ərzində obyektin hərəkət etdiyi məsafə videoyazılış zamanı konkret vəziyyətdən asılı olaraq bir neçə üsulla müəyyən edilə bilər:

- nəqliyyat vasitəsi düz xətt üzrə hərəkət edir və kadrda istənilən bucaqda hərəkət edir, video çəkiliş isə hərəkətsiz kamera ilə aparılır (nəqliyyat vasitə-

sinin uzunluğu boyunca məsafənin müəyyən edilməsi);

– nəqliyyat vasitəsi məlum uzunluqda olan obyektin və ya məsafəsi məlum olan obyektlərin yanından keçir və video çəkiliş nəqliyyat vasitəsinin özündə sabit kamera və ya videoregistrator vasitəsilə aparılır;

– nəqliyyat vasitəsi ona paralel hərəkət edən, sürəti və uzunluğu məlum olan digər nəqliyyat vasitəsinə qabaqlayır və videoçəkiliş eyni və ya əks istiqamətdə hərəkət edən avtomobilin stasionar kamerası və ya DVR-ı vasitəsilə aparılır.

Bundan başqa, videoyazıya uyğun olaraq obyektlərin hərəkət sürəti onların bucaq ölçülərinin dəyişməsinə, eləcə də videoçəkilişdə qeydə alınan səsə görə avtomobilin hərəkətinin digər parametrlərini öyrənməklə müəyyən edilə bilər.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Н.Ә. Musayev, Л.Р.Әliyev, Н.Т.Вәliyev, Audio və videoyazıların məhkəmə kriminalistik ekspertizası.
2. А.В. Стальмахов, Р.Ю. Трубицын. Способы определения скорости и естоположения объектов по видеозаписи. Научно-практическое пособие. Саратов 2013.

### **ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ CdS ПРИ ДВУХФОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**

**Ализаде С.С., Салманов В.М.\***

*Бакинский государственный университет*

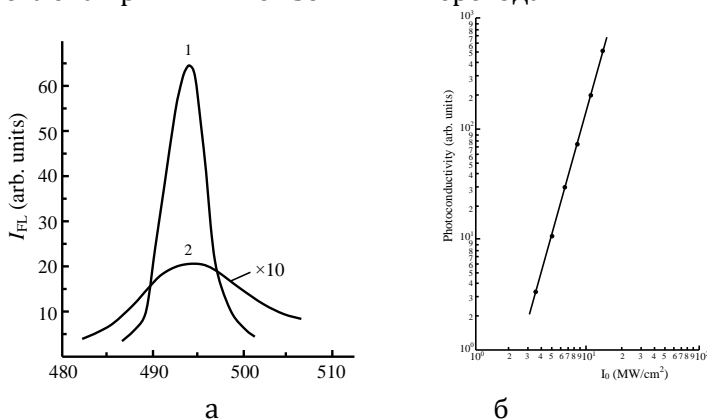
Sevinalizadee@mail.ru

Как известно, кристаллы CdS широко применяются в оптоэлектронной технике. Представляют особый интерес исследования фотолюминесценции CdS при высоких уровнях оптического возбуждения. Это обусловлено, с одной стороны, теми огромными возможностями, которые открывает использование этих материалов для целей нелинейной оптики, а с другой, возможностью реализации в них совершенно новых явлений, имеющих большое принципиальное значение, которые ранее были практически недоступны для экспериментальных исследований. Сульфид кадмия имеет ширину запрещенной зоны 2.42эВ при 300 К, поэтому излучение Nd:YAG лазера с длиной волны 532нм(2.34эВ) должен приводит к двухфотонному поглощению [1]. Настоящая работа посвящена исследованию тонких пленок CdS при двухфотонном возбуждении Nd:YAG лазера.

Тонкие пленки CdS были получены методом химической пульверизации с последующим пиролизом. Этот метод обеспечивает осаждение при умеренных температурах достаточно совершенных пленок на больших площадях, обладающих более сильной адгезией, высокой механической прочностью по сравнению с пленками, полученными дру-

гими способами. Толщина пленок составляли 10 мкм, площадь была равна 0.5 см<sup>2</sup>. В качестве источника излучения использовался импульсный Nd:YAG-лазер со встроенными генераторами 2-й и 3-й гармоник, предназначенный для генерации излучения с длиной волны 1064, 532 и 335 нм. Длительность лазерного импульса составляла 10 нс с максимальной мощностью 12 МВт/см<sup>2</sup> [2].

На рисунке 1 представлены спектры фотолюминесценции тонких пленок CdS при двух интенсивностях возбуждающего лазерного излучения. Как видно из рисунка, максимум излучения соответствует длине волны  $\lambda = 499$  нм. Сопоставление спектров фотолюминесценции с их спектрами поглощения показывает, что наблюдаемая люминесценция обусловлена прямыми межзонными переходами.



**Рис.1** а - Спектры фотолюминесценции тонких пленок CdS при двух интенсивностях возбуждающего лазерного излучения,  $I_{\text{лаз.}}(\text{МВт}/\text{см}^2)$ :1-8;2-12; б-Зависимость интенсивности фотолюминесценции от интенсивности лазерного излучения.

Увеличение мощности приводит к значительному увеличению интенсивности фотолюминесценции. На рисунке 1,б представлена зависимость интенсивности фотолюминесценции от интенсивности лазерного излучения. Видно, что эта зависимость носит сублинейный характер,  $I_{\text{люм.}} \sim I_{\text{лаз.}}^{3.5}$ . Это свидетельствует о том, что при высоких уровнях оптического возбуждения в тонких пленках CdS происходит усиление света.

#### Литература:

1. S. Hegedus, D. Ryan, K. Dobson, B. McCandless, D. Desai. Materials Research Society, 763, B9.5 (2003).
2. А.Г. Гусейнов, Р.М. Мамедов, А.И. Байрамова, М.М. Джавадова. Оптика и спектроскопия, 2022, т. 130, вып. 8, с. 1201.

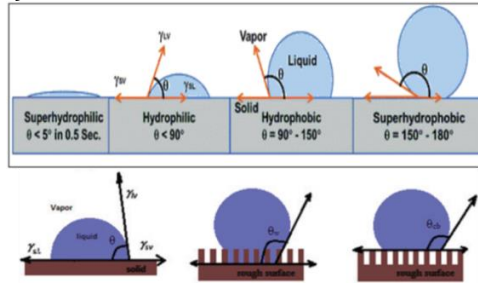
## TRIBOELEKTRİK SƏTHLƏRİN SUPERHİDROFOBİKLİYİNİN DAMCI ƏSASLI TRIBOELEKTRİK NANOGENERATORLARA TƏSİRİNİN ARAŞDIRILMASI

Xəlilova A.A., Kim J.\*

Bakı Dövlət Universiteti

aytnxlilova@gmail.com

Superhidrofob səthlər olduqca yüksək su itələyici xüsusiyyətə malikdir və belə bir xüsusiyyət bir sıra parametrlərdən, yəni səth quruluşundan və səth enerjisindən asılıdır. Səth enerjisi ya səth üzərinə yerləşdirilmiş və ya yapışdırılmış kimyəvi örtükdən istifadə etməklə, ya da mövcud səth kimyasını dəyişdirməklə və ya daha sonra ətraflı təsvir olunduğu kimi Cassie-Baxter və ya Wenzel effektlərini təqlid edə bilən mikro və nanoteksturalar yaratmaqla azaldıla bilər (Şəkil 1).



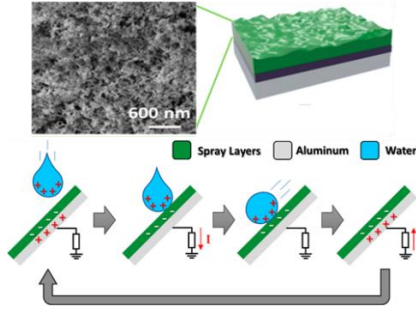
Şəkil.1. Superhidrofob səthlərin xassələri

Superhidrofob səth yaratmaq üçün əsas ideya təmas səthində suyun səthə təzyiqini artırmaq üçün kimyəvi tərkibdə dəyişikliklə mikronano səthi fərqlər yaratmaqdır.

Müasir dövrdə yeni növ daşınabilən elektron cihazların yaradılması, onların həyatın müxtəlif sahələrində istifadəsinə imkan verir. Bu tip cihazlar uzunmüddətli səyahətlərdə, həmçinin hərbi kəşfiyyatda istifadə oluna bilər. Bu halda belə qurğuların işlədilməsi üçün yeni tip enerji mənbələrinin yaradılması vacib məsələlərdən biridir. Triboelektrik nanogeneratorlar (TENG) enerji generasiya edən sistemlərdən biridir və digər enerji generasiya sistemlərinə nisbətən daha sadə işləmə mexanizminə malik olub gündəlik həyatda müxtəlif enerji mənbələrindən elektrik enerjisini generasiya edə bilər. TENG hətta yağış damcıları kimi su damcılarında elektrik enerjisini istehsal edə bilər.

Bu tədqiqatda su damcı əsaslı TENG-ə nəzər salacağıq. (Şəkil 2)

TENG-lər üçün superhidrofob səth, silikon kauçuk səthdə nanostrukturaların tətbiqi ilə hazırlanmışdır. Superhidrofob triboelektrik səth TENG-in işinə təsir edir, çünki triboelektrik səthin superhidrofob olması su damcılarının səthlə təmasında fərq yaradır. TENG-lər superhidrofob səthlə və TENG-lər normal filmlə müqayisə edilir və superhidrofobikliyin TENG-lərin iş qabiliyyətinə təsir göstərilir.



Şəkl. 2. Superhidrofob səth ilə su damcı əsaslı TENG.

### Ədəbiyyat:

1. Manoharan K and Bhattacharya S, Superhydrophobic surfaces review: Functional application, fabrication techniques and limitations, *J. Micromanufacturing* 2 (2019) 59
2. Chung J, Heo D, Kim B and Lee S, Superhydrophobic water-solid contact triboelectric generator by simple spray-on fabrication method, *Micromachines* 9 (2018), 593

## METAL – GaN KEÇİDLƏRİNDƏ CƏRƏYANA ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ

Bağirova S.E., Məmmədov R.Q.\*

*Bakı Dövlət Universiteti*

*bagirovasevil929@gmail.com*

Metal-yarımkeçirici keçidlər (MYK) elektron qurğularının əsas fiziki elementlərindən biridir. İdeal MYK, yəni qeyri-məhdud bircins kontakt səthinə malik metal-yarımkeçirici keçidlərin (MYK) düzləndirici və omik xassəyə malik olmasının fiziki əsasları Şotki tərəfindən müəyyən edilmişdir. Belə ki, MYK təşkil olunduğu metalın  $\Phi_M$  çıxış işi n-tip yarımkeçiricinin  $\Phi_S$  çıxış işindən böyük olarsa o diod, bərabər və kiçik olarsa omik xarakterli olar. P-tip yarımkeçiricilər üçün əks şərtlər ödənilir. Düzləndirici MYK-da cərəyan axını Bete tərəfindən hazırlanmış termoelektron emissiyası nəzəriyyəsilə müəyyən olunur və VAX aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$I = SAT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B - \Delta\Phi_B}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right] = I_0 \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right] \quad (1)$$

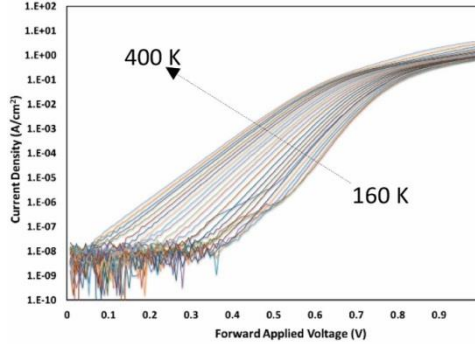
Burada, S – keçidin səthinin sahəsi, A – Riçardson sabiti, T-mütləq temperatur,  $\Phi_B$  – potensial çəpərin hündürlüyü,  $\Delta\Phi_B$  – potensial çəpərin kiçilməsi, U-xarici gərginlik, k-Bolsman sabiti, q-elektronun yüküdür.

Təcrübi ölçmələrdə (1) ifadəsi əksər hallarda tam müşahidə olunmadığı üçün real MYK-lar hazırda geniş tədqiq olunur. Aşkar olunmuşdur ki, real, yəni məhdud qeyri-bircins kontakt səthinə malik MYK-larda əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır və onlar ikiçəpərli kontakt energetik strukturu ilə təsvir olunur [1]. Kontaktın mərkəzi hissəsində və periferiyası boyunca potensial çəpərlərinin hündürlükləri fərqli olan düzləndirici MYK-lərin VAX-ları düz

istiqamətdə ƏES gərginliyi UC qədər sürüşür. MYK diodların ikiçəpərli energetik strukturuna əsasən düz və əks istiqamətlərdə VAX düsturları aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$I = I_1 + I_2 = S_1 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1} + q\beta_1 U}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right] + S_2 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2} + q\beta_2 U}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{-qU_c + qU}{kT}\right) - 1\right] \quad (2)$$

Au-GaN MYK-nın tədqiqi göstərir ki, onların şəkil 1-də göstərilən 160 - 400K temperatur intervalında VAX-ları (2) düsturu ilə yaxşı təsvir olunur.



Şəkl. 1. Düzləndirici Au-GaN MYK-nın VAX-dan temperatur asılılıqları.

Tədqiq olunan diodların potensial çəpərlərinin hündürlüyü ( $\phi_B$ ), ideallıq əmsalı ( $n$ ), ƏES-nin yaratdığı gərginlik ( $uc$ ) kimi elektrofiziki parametrləri vax metodu ilə təyin edilmişdir. Alınan nəticələr böyük elmi-praktiki əhəmiyyətə malikdir.

#### Ədəbiyyat:

1. Мамедов Р.К. Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пьезо, Баку, БГУ. 2003, 231 с.

## CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTIC OF THE Cu<sub>2</sub>S-CdS HETEROJUNCTION

Balaeva L.A., Salmanov V.M.\*

Бакинский государственный университет  
blamiye99@gmail.com

In the present paper, the preparation procedures of Cu<sub>2</sub>S-CdS solar cells produced on the basis of vacuum evaporated CdS films and investigation of their structural, electrical and photoelectrical properties are presented.

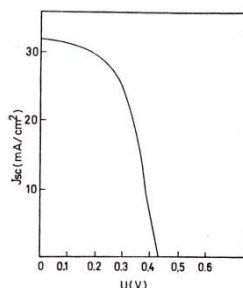
As a basis material, we used CdS thin films produced by vacuum evaporation in a quasiclosed volume, in which high purity cadmium sulfide powder was deposited in vacuum onto glass substrates with and without a conducting cover of SnO<sub>2</sub>. The source temperature was kept at 800-850°C and

substrate temperature varied in the range 150-200°C.

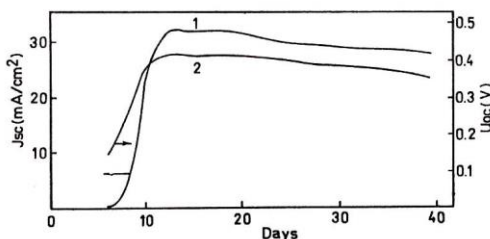
x-ray diffractometric investigation revealed that CdS films prepared by vacuum evaporation at substrate temperatures of 150-200°C crystallize in a hexagonal wurtzite structure and appear to be fully oriented along c [002] axis. These films have columnar structure each column being a separate grain perpendicular to the substrate surface. Resistivity of the prepared films considerably depends on the deposition temperature and changes in the range  $10^2$ - $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ . For the fabrication of Cu<sub>2</sub>S-CdS solar cells, CdS films prepared at 200°C having resistivities  $\rho = (3 - 5) 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$  and thicknesses of (6-8)  $\mu\text{m}$  were used.

The I-V characteristics analysis of heterojunction has shown that the dominant transport mechanism is generation-recombination in the depletion region with diode factor  $n=2$ . The barrier height of heterojunction determined from temperature dependence of forward saturation current is  $\Phi_B=0.85 \text{ eV}$  which is in good agreement with literature data [2].

Light current -voltage characteristic of one of these solar cells with efficiency  $\eta = 7\%$  ( $I_{sc}=32 \text{ mA/cm}^2$ ,  $U_{oc}=0.45$ ,  $ff=0.5$  at  $W=100 \text{ mWt/cm}^2$ ) is shown at Figure 1. It should be noted that, these solar cells have sufficiently high stability of photoelectric parameters (figure 2). Preliminary experiments have indicated that putting protective cover on such cells increase stability of their operation.



**Fig. 1.** Light I-V characteristic ( $W=100 \text{ mWt/cm}^2$ ) of Cu<sub>2</sub>S-CdS solar cells on the basis of CdS films prepared by vacuum evaporation.



**Fig. 2.** Short-circuit  $I_{sc}$  (1) and open-circuit voltage  $V_{oc}$  (2) degradation curves of Cu<sub>2</sub>S-CdS solar cells on the basis of CdS prepared by vacuum evaporation.

#### References:

1. S. Durand. Thin Sol. Films 44 43 (1979).
2. I. Kaur, K.L. Chopra J. Electrochem. Soc. 127, 943, (1992).

## YARIMPARABOLİK KVANT ÇUXURUNDA İKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON QAZININ HAL TƏNLİYİ

**Balakişiyeva Ə.N., Fiqarova S.R.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*balakisiyevafsa99@gmail.com*

Hal-hazırda müasir texnologiya müxtəlif kvant çuxurlu profilləri əldə etməyə və mürəkkəb profilli kvant çuxura malik quruluşlardan istifadə etməyə imkan verir. Müasir cihazların xarakteristikalarını hesablayarkən potensialın forması nəzərə alınmalıdır, belə ki, bu nəzərə alınma keyfiyyətcə yeni nəticələrə gətirə bilər. Belə sistemlərdə Fermi səviyyəsi kinetik əmsallara əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və onların dəyişmə tərzini təyin edir. İşdə yarımparabolik kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının termik hal tənliyi nəzəri tətbiq olunur. Hal tənliyi Gibbs metodu vasitəsilə tapılır. Bu məqsədlə böyük termodinamik potensialdan istifadə olunur:

$$\Omega = -k_0T \sum_k l n(1 - e^{(\mu - \varepsilon_k)/k_0T}). \quad (1)$$

Ümumi şəkildə Fermi qazının termik hal tənliyini tapmaq üçün aşağıdakı tənliklər sistemindən istifadə olunur:

$$\begin{cases} P = - \left( \frac{\partial \Omega(V, T, \mu)}{\partial V} \right)_{T, \mu} \\ N = - \left( \frac{\partial \Omega(V, T, \mu)}{\partial \mu} \right)_{V, T} \end{cases} \quad (2)$$

burada  $\mu$  - elektron qazının kimyəvi potensialıdır.

Verilmiş sistem üçün enerji spektri olaraq [1]:

$$\varepsilon = \frac{\hbar^2 k_{\perp}^2}{2m} + \hbar \omega_s \left( 2n + \frac{3}{2} \right), \quad (3)$$

götürülür, burada  $k_{\perp}^2 = k_x^2 + k_y^2$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ,  $m$  - elektronun effektiv kütləsi,  $\omega_s = (2U_s/m)^{1/2}/a$  - kvant çuxurunda asimmetrik potensialın tezliyidir,  $U(z)$  - asimmetrik kvant çuxurunun potensial enerjisi olub, aşağıdakı kimi ifadə olunur [1]:

$$U(z) = \begin{cases} U_s \left( \frac{z}{a} \right)^2, & 0 < z \leq d. \\ \infty, & 0 \leq z \end{cases} \quad (4)$$

harada  $U_s$  - səth potensialı,  $a$  - kvant çuxurunun enidir.

Əgər (3) ifadəsini (4) də nəzərə alsaq hal tənliyi üçün aşağıdakı ifadəni tapmış olarıq:

cırılmış elektron qazı üçün:

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{\varepsilon}{V}, \quad (5)$$

cırılmış elektron qazı üçün:

$$p = n_{el} \mu_F \frac{n_0 + 1}{2n_0} \left[ \left( 1 + \frac{1}{n_0} \right) \left( 1 + 3 \left( \frac{kT}{\mu} \right)^2 \right) + \frac{1}{n_0} \left( \frac{\hbar^2 \omega^2}{U_0 \mu} \right) \left( \frac{\hbar^2 \omega^2}{U_0 \mu} - \frac{1}{3} \right) \right]. \quad (6)$$



Sonuncu ifadədən göründüyü kimi təzyiqliq asimmetrik (qeyri-parabolik) kvant çuxurunun potensialı və eni kimi parametrlərin qeyri-monoton funksiyasıdır. Belə ki, kvant çuxurunun eni artdıqca ikiölçülü elektron qazın təzyiqliq ossilyasiya edir. Hesablamalar göstərir ki, ikiölçülü elektron qazının təzyiqliq üçölçülü haldakından daha böyük bir kəmiyyətdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Figarova S.R., Huseynov H.I., Figarov V.R. Thermoelectric power hysteresis in semi-parabolic quantum well // Thin Solid Films, 2021, 721, 138554

**COOMASSİE BRİLLİANT MAVİ (CRB-250) SİNTETİK ÜZVİ BOYASININ MAQNİT NANOHİSSƏCİKLƏR İŞTİRAKINDA KATALİTİK DEQRADASIYASI**

**Bəkirova S.Y., Hacıyeva F.V.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*semayebekirova01@gmail.com*

Müasir dünyamızda əhalinin sürətli artımı, geyim və qida sənayesinin də sürətli artımına səbəb olmuşdur. Bu sənaye sahələrində geniş yeri olan boya sənayesinin intensiv inkişafı, axar və durğun sularda, transsərhəd çay sularında kanserogen maddələrin qatılığının yüksək dərəcədə artmasını sürətləndirmişdir. Dünyada hər il külli miqdarda yeni üzvi boyalar hazırlanır ki, onlar tekstil, kosmetik, kağız, dəri, əczaçılıq, qida və digər sənaye sahələrində tətbiq olunur. Üzvi boya maddələri ilə çirklənmə təkcə mutagen effektlər yaratmır, onlar həm də su sistemlərində günəş şüalarının udulmasını əngəlləyir və nəticədə su ekosistemlərinin dağılmasına səbəb olur. Üzvi boyaların ətraf mühitə yayılmasının qarşısını almaq üçün müxtəlif üsullar və metodlar işlənilmişdir. Bunlardan ən səmərəlisi onların deqradasiya edilməsidir. Üzvi boyaların parçalanmasını təmin edən yüksək iqtisadi və ekoloji cəhətdən daha səmərəli nanoölçülü maqnit katalizatorların sintezi mühüm əhəmiyyət kəsb etdir. Maqnit xassəli katalizatorların maqnit sahəsinin köməyi ilə asan ayrılması və onlardan təkrar istifadənin mümkünlüyünü daha da asanlaşdırır [1-3].

Verilən işdə maqnit nanohissəciklər iştirakında Coomassie Brilliant Mavi (CRB-250) sintetik üzvi boyasının hidrogen peroksid ilə deqradasiyası həyata keçirilmişdir.  $Fe_3O_4$  maqnit nanohissəcikləri PEG-6000 stabilizatoru iştirakında  $Fe^{3+}$  və  $Fe^{2+}$  ionlarının birgə 3:2 molyar nisbətində ammonium məhlulu ( $NH_4OH$ ) ilə çökdürülməsi nəticəsində sintez edilmişdir. Daha sonra sintez olunan maqnit nanokatalizatorların CRB boyasının deqradasiyasında tətbiqi mümkünlüyünü araşdırmaq üçün ilkin olaraq boyanın suda 1M məhlulu hazırlanmışdır. Təcrübələr laboratoriyaya şəraitində,  $\Delta pH=1\div 11$  intervallında, otaq temperaturunda və  $Fe_3O_4$  maqnit nanokatalizatorunun səthində və oksidləşdirici rolunu oynayan hidrogen peroksid ( $H_2O_2$ ) iştirakında aparılmış

dır. Sonra hər kolbaya, yəni 11 ədəd kolbaya pH 1-11 məhlulları, 0,5 ml 1M qatılıqlı boya, müxtəlif miqdarlarda nanokatalizator  $Fe_3O_4$ , müxtəlif miqdarlarda hidrogen-peroksid əlavə edərək müxtəlif zaman ərzində deqradasiya prosesi tədqiq edilmişdir. Üzvi boyaların deqradasiyasının öyrənilməsində Specord 250 Plus spektrofotometri istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Commasie Brilliant Mavi boyasının deqradasiyası maqnetit nanokatalizatorları iştirakında artır, bu isə  $Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin  $H_2O_2$  ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində hidrosil və peroksil radikallarının əmələ gəlməsi ilə və onların da öz növbəsində boyanı oksidləşdirməsinin sürətləndirilməsi ilə izah olunur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Jizhou Jiang, Jing Zou, Lihua Zhu, Lei Huang, Haipeng Jiang, and Yuanxiao Zhang Degradation of Methylene Blue with  $H_2O_2$  Activated by Peroxidase-Like  $Fe_3O_4$  Magnetic Nanoparticles Journal of Nanoscience and Nanotechnology Vol. 11, 4793–4799, 2011
2. Madiha Ishaq, Umar Farooq, Muhammad Salman and Muhammad Makhshoof Athar Catalytic Reduction of Coomassie Brilliant Blue R-250 by Silver Nanomagnetic Clusters Journal of Materials Science and Engineering B 11 (1-3) (2021) 28-41
3. Chang-Mao Hung, Chiu-Wen Chen, Yu-Zhe Jhuang, Cheng-Di Dong  $Fe_3O_4$  Magnetic Nanoparticles: erformance Exemplified by the Degradation of Methylene Blue in the Presence of Persulfate J. Adv. Oxid. Technol. Vol. 19, No. 1, 2016

## **НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ПРОВОДЯЩИХ СРЕДАХ**

**Cavadova R.Z., Həsənov E.R.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
dzhavadova.r@icloud.com*

При достаточно сильном отклонении от равновесия однородное распределение поля может стать неустойчивым, в результате система передает в другое, резко неоднородное состояние. В условиях близких к термодинамическому равновесию, распределения напряжённости поля в макроскопическом однородном образце само является пространством однородным. При больших отклонениях от равновесия в однородном образце возникают области сильного или слабого электрического поля, электрические домены, свойства которых существенно отличаются от свойств остальной части образца.

Отражение волн от границ может вызвать появление своеобразной обратной связи, приводя к так называемой глобальной неустойчивости. Возможна также граничная неустойчивость, появление которой зависит от конкретного вида граничных условий.

Для исследования неустойчивости пространственно-однородной системы с отрицательной дифференциальной проводимостью сущест-

венно поведение флуктуаций поля и плотности заряда в малой области около некоторой заданной точки образца. Такие локализованные флуктуации описываются не отдельными гармониками, а волновыми пакетами.

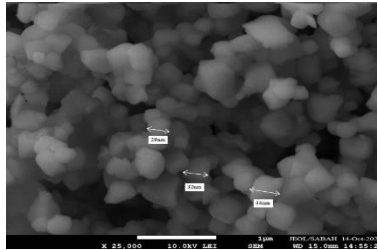
В принципе здесь возможны два случая:

- Флуктуация в данной точке остаётся ограниченной (при возрастании каждой отдельной гармоники);
- Флуктуация в данной точке неограниченна, возрастает при  $t \rightarrow \infty$ .

## İNFRAQIRMIZI DALĞALARIN MAYE KRİSTAL MÜHİTDƏ UDULMASINA $Fe_3O_4$ NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN KONSENTRASIYASININ TƏSİRİ

Əliyeva L.E., Hübətov Ş.Ə.\*  
Bakı Dövlət Universiteti  
aliyevaleila65@gmail.com

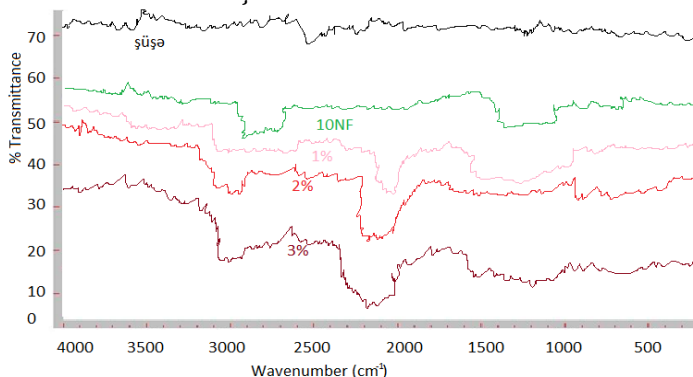
Radarlardan qorunmaq daim aktual məsələlərdəndir. Radar dalğalarından yayınmaq üçün həmin dalğaları uda biləcək materialların hazırlanması effektiv üsul hesab edilir [1-2]. Hazırda inkişaf etdirilən bütün mikrodalğalı udma materialları arasında əsasən karbon materialları və maqnit materialları xüsusi ilə qeyd etmək lazımdır. Radar dalğasının udulma mexanizmi elektromaqnit dalğasını təşkil edən maqnit induksiya və elektrik intensivlik kəmiyyətlərinin azaldıla bilməsi kimi başa düşülür. Həqiqətəndə yüksək maqnit xassəsinə malik  $Fe_3O_4$  ferromaqnit nanohissəcikləri mikrodalğaların udma və itirilməsində işə yaraması inandırıcı gəlir. Çünki bu materiallar elektromaqnit dalğalarının maqnit induksiya vektorunu dəyişdirmək imkanına malikdir. Anti radar örtüklərinin başqa bir problemi ondan ibarətdir ki, mümkün qədər geniş intervalda dalğaları uda biləcək mühitlərə ehtiyac var. Bu məqsədlə biz maye kristala əlavə edilmiş  $Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin konsentrasiyasının İQ dalğaların udulmasına təsirini araşdırmışıq.  $Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin təqribi ölçüsü 30-40 nm intervalındadır.



Şək. 2.  $Fe_3O_4$  anohissəciklərinin SEM görüntüsü.

$Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin maye kristala əlavə olunması izotrop fəzada olan maye kristala 3 fərqli kütlə miqdarında  $Fe_3O_4$  nanohissəcikləri əlavə edilir.

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanohissəciklərinin kütlələri elə ölçüdə seçilir ki, alınacaq kolloiddə  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanohissəciklərinin konsentrasiyası 1%, 2% və 3% miqdarında olsun. Sonra kolloid 1 saat müddətində 42 kHz tezliklə işləyən Ultrasəs disperqatorunda silkələnir. Nümunələr tədqiq edilmək üçün kapilyar sorulma metodu ilə elektrooptik yuvacığa doldurulur. Hazırlanmış kolloidlərin, saf maye kristalın və boş kuveytin İQ spektroskopik analizi aparılmışdır. Tədqiqatın nəticəsi aşağıdakı qrafikdə əks olunmuşdur.



Şəkl. 3. Nümunələrin İQ spektroskopik nəticələri

Nəticələrdən görünür ki, 2100-2000 dalğa ədədinə uyğun intervalda udulma maye kristala əlavə edilmiş  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ferromaqnit nanohissəciklərinin təsiri ilə bağlıdır. Bu intervaldan kənardakı udulmalar isə maye kristalın öz xassələri ilə bağlıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Zhang K., Gao X., Zhang Q., Chen H., Chen X.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles decorated MWCNTs@C ferrite nanocomposites and their enhanced microwave absorption properties. *J. Magn. Mater.* 2018;452:55–63. doi: 10.1016/j.jmmm.2017.12.039.
2. Z. Liu, G. Xu, M. Zhang, K. Xiong, P. Meng, Synthesis of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{RGO}$  nanocomposites by click chemistry and electromagnetic wave absorption properties, *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* 27 (2016) 1–8.

## СВЕРХРЕШЁТКИ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР И ВОЛНОВЫЕ ФУНКЦИИ

Исмаилова Э.Б., Фигарова С.Р.\*

Бакинский Государственный Университет  
ismailovaemilia615@gmail.com

Арсенид галлия ( $\text{GaAs}$ ) стал предшественником новой технологической революции в физике полупроводников. Это было связано с созданием так называемых двумерных структур и сверхрешеток (первые были сделаны на основе арсенида галлия). Сверхрешетки - твердотель-

ные периодические структуры, в которых на носители заряда, помимо обычного потенциала решетки действует дополнительный потенциал. Как правило это одномерный потенциал с периодом меньшим длины свободного пробега электрона, но значительно больше периода основной решетки.

Существуют два типа основных полупроводниковых сверхрешеток: композиционные и легированные.

Композиционные сверхрешетки - это гетероструктуры из чередующихся слоев различного состава и ширины запрещенной зоны, но с близкими значениями постоянной решетки. Здесь дополнительный периодический потенциал создается за счет периодического изменения ширины запрещенной зоны.

Легированные сверхрешетки - это периодическая последовательность слоев  $n$ - и  $p$ -типа одного и того же полупроводника. В легированных сверхрешетках сверхрешеточный потенциал является потенциалом ионизированных примесей в легированных слоях в отличие от потенциала в композиционных сверхрешетках, определяемой различием ширин запрещенной зоны компонент сверхрешетки. Существуют также сверхрешетки из металлов, сверхпроводников, диэлектриков.

Волновые функции электронов в соседних ямах, из которых состоит сверхрешетка, перекрываются и образуют энергетический спектр и так называемые мини-зоны. Энергетический спектр носителей заряда в сверхрешетках имеет вид:

$$\varepsilon(k) = \frac{\hbar^2 k_{\perp}^2}{2m_{\perp}} + \varepsilon_i + \Delta_i \cos k_z a, \quad (1)$$

где  $k_{\perp}^2 = k_x^2 + k_y^2$ ,  $m_{\perp}$  - масса электрона в плоскости слоя,  $k_z$  - составляющая волнового вектора вдоль оси  $z$ ,  $\varepsilon_i$  - энергетические уровни отдельно взятой ямы,  $i$  - номер мини-зоны,  $\Delta_i$  - ее ширина  $a$  - постоянная решетки в направлении  $z$ .

Плотности состояний электронного газа имеет вид:

$$g(\varepsilon) = \frac{m_{\perp}}{2\pi^2 \hbar^2} \int_{-\pi/a}^{\pi/a} \theta(\varepsilon - \varepsilon'_z) dk'_z, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_z = \varepsilon_0(1 - \cos a k_z)$ ,  $\varepsilon_0$  - полуширина зоны проводимости в направлении  $k_z$ ,  $\theta(x)$  - ступенчатая функция Хевисайда равная:

$$\theta(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Как видно из (2) и (3) зависимость плотности состояния от энергии имеет ступенчатый характер.

При  $\varepsilon \gg 2\Delta_0$  плотность состояния не зависит от энергии и равна:

$$g = \frac{m_{\perp}}{\pi \hbar^2 a}, \quad (4)$$

что характерно для систем со строго двумерным энергетическим спектром.

#### Литература:

1. Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро-и оптоэлектроники. Издательство, М. Техносфера - (2009) - 367с

## YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ OPTİK PROSESLƏR

**İsmayılov İ.R., İbrahimov H.B.\***

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Fizika institutu  
mr.ismayil0000@gmail.com*

M.Plankın irəli sürdüyü elektromaqnit enerjisinin kvantlaşdırılması ideyası, yəni işığın kvant nəzəriyyəsi 1900-cü ildən etibarən maraqlı mövzu olaraq qalmaqdadır. Bu nəzəriyyədə, işıq və ya düşən  $\omega$  tezlikli elektromaqnit dalğası bölünməz  $\hbar\omega$  enerji paketlərinə bölünür.

İşıq vasitəsilə işıqlandırılmış yarımkəçirici təsəvvür etsək, onda yarımkəçiricilərdə elektronlar və fotonlar arasında qarşılıqlı əlaqəni Hamiltonun tənliyi ilə təsvir edə bilərik:

$$H = -\frac{1}{2m_0}(p - eA)^2 + V(r) \quad (1)$$

Burada  $m_0$  - sərbəst elektronun kütləsidir. Elektronlar üçün  $e = -|e|$  yazıla bilər. Həmçinin,  $A$  - elektromaqnit sahəsinin mövcudluğunu nəzərə alan vektor potensialı və  $V(r)$  - isə kristalın dövrü potensialıdır. Onda elektron-foton qarşılıqlı təsir Hamiltonunu isə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$H = \frac{p^2}{2m_0} + V(r) - \frac{e}{2m_0}(p \cdot A + A \cdot p) + \frac{e^2 A^2}{2m_0} \approx H_0 + H' \quad (2)$$

Burada  $H_0$  - həyəcanlaşmamış və  $H'$  işığa görə həyəcanlaşmış Hamilton hesab edilir.

Ferminin qızıl qaydasından istifadə edərək, fotonun udulması üçün keçid ehtimalını tapaq. İlkin olaraq, əgər elektron  $E_a$  səviyyəsindədirsə, onda udulma enerjisi

$$W_{ud} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle b | H'(r) | a \rangle|^2 \delta(E_b - E_a - \hbar\omega) \quad (3)$$

ifadəsi ilə təyin olunacaq. Burada  $E_b > E_a$  olması nəzərə alınmışdır. Əgər elektron, ilkin vəziyyətdə  $E_b$  səviyyəsindədirsə, onda fotonun emissiyası üçün keçid ehtimalını aşağıdakı şəkildə tapmaq olar:

$$W_{ems} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle b | H'(r) | a \rangle|^2 \delta(E_a - E_b + \hbar\omega) \quad (4)$$

Kristalda  $a$  vəziyyətinin dolmuş və  $b$  vəziyyətinin boş olması ehtimalını nəzərə alsaq, kristalda vahid həcm üçün yuxarı keçid ehtimalını aşağıdakı şəkildə tapa bilərik:

$$R_{a \rightarrow b} = \frac{2}{V} \sum_{k_a} \sum_{k_b} \frac{2\pi}{\hbar} |H'_{ba}|^2 \delta(E_b - E_a - \hbar\omega) f_a (1 - f_b) \quad (5)$$

Burada  $f_a = \frac{1}{1 + e^{(E_a - E_F)/k_B T}}$  Fermi-Dirak paylanma funksiyası olub,  $a$  səviyyəsinin dolma ehtimalıdır. Eyni ifadəni  $f_b$  üçün də yazmaq olar. Bunun üçün  $E_a \rightarrow E_b$  ilə əvəz olunur.  $(1 - f_b)$  ifadəsi  $b$  səviyyəsinin boş olma ehtimalıdır.

Kristalda udulma əmsalı  $\alpha \left( \frac{1}{\text{cm}} \right)$  vahid məsafədə udulan fotonların sayını göstərir:

$$\alpha = \frac{\text{Saniyədə vahid həcmə düşən fotonların sayı}}{\text{Saniyədə vahid sahəyə daxil edilən fotonların sayı}} \quad (6)$$

Vahid zamanda, vahid sahəyə daxil olan fotonların sayı, optik intensivliyin  $S(W/cm^2)$  fotonun  $\hbar\omega$  enerjisinə bölünməsindən alınır. Buna görə də, udulma əmsalını

$$\alpha(\hbar\omega) = \frac{R}{\left(\frac{S}{\hbar\omega}\right)} = \frac{\hbar\omega}{\left(\frac{n_r\omega^2 A_0^2}{2\mu c}\right)} \frac{2}{V} \sum_{k_a} \sum_{k_b} \frac{2\pi}{\hbar} |H'_{ba}|^2 \delta(E_a - E_b - \hbar\omega)(f_a - f_b) \quad (7)$$

Dipol momenti baxımından, biz, udulma əmsalını belə də yazı bilərik:

$$\alpha(\hbar\omega) = \frac{\pi\omega}{n_r c \epsilon_0 V} \sum_{k_a} \sum_{k_b} |\hat{e} \cdot \mu_{ba}|^2 \delta(E_b - E_a - \hbar\omega)(f_a - f_b) \quad (8)$$

Səpilmə relaksiasını nəzərə aldıqda, delta funksiyası Lorens funksiyasının xətti eni ( $\Gamma$ ) ilə əvəz oluna bilər:

$$\delta(E_b - E_a - \hbar\omega) \rightarrow \frac{\Gamma/(2\pi)}{(E_b - E_a - \hbar\omega)^2 + \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2} \quad (9)$$

Yarımkəçiricilərdə keçiricilik və valent zonasının quruluşu müvafiq olaraq,  $E_b = E(k_b)$  və  $E_a = E(k_a)$  enerji-moment münasibətlərini müəyyən edir. Udulma əmsalının hesablanması vacib hissə zona strukturlarını və dalğa funksiyalarını tapmaqdan ibarətdir və optik matris elementinin  $p_{ba}$  parabolik zona modeli dalğa funksiyası vasitəsilə hesablanır.

#### Ədəbiyyat:

1. İbrahimov H.B. Nanoölçülü yarımkəçirici sistemlərdə elektron prosesləri// Monoqrafiya, 2012, s.256
2. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем// 2001, с.160

## BƏRK CİSİMLƏRDƏ TERMOMAQNİT DALĞALARININ VƏ CƏRƏYAN RƏQSLƏRİNİN AMPLİTUDLARI

**Məhərrəmov A.A., Həsənov E.R.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*meherrəmovaaysel400@gmail.com*

Rəqsi hərəkət proseslərinin öyrənilməsi, fizikanın mexanika, texnika, elektrik bölmələrində müxtəlif cihazların düzəldilməsinə böyük təkan vermişdir. Böyük tikintilərin vibrasiyası, maşın qurğularının vibrasiyası, radiotexnikada elektromaqnit rəqsləri, işıq bəhsində rəqslər, səs və ultrasəs rəqsləri müxtəlif səbəblərdən yaranmasına baxmayaraq riyazi fizika tənlikləri rəqslərin öyrənilməsi baxımından eyni tənliklərin həllinə əsaslanır. Texnika və elmin ümumi inkişafı zamanı rəqslərin nəzəri olaraq öyrənilməsi daha effektiv hal alır. Maşınqayırma və radiotexnika akustika elmi tamamilə riyazi fizika tənliklərinin riyazi həllinə əsaslanır. Rəqslərin öyrənilməsi kiçik parametr ( $\xi$ ) vastəsilə rəqslərin öyrənilməsidir. İxtiyari fiziki məsələnin həlli əvvəlcə  $\xi$  parametrinin tapılması və sonra rəqsin tezlik və amplitudunu tapmaqdır. Sönən prosesi xarakterizə edən

$$\frac{dx}{dt} = -\xi x, \quad (1)$$

tənliyi vasitəsilə rəqsin xarakterini izah etmək olar.

(1) tənliyinin həlli

$$x = x_0 e^{-\xi x}, \quad (2)$$

kimidir. (2) həllinə sıraya ayırma metodunu tətbiq etsək, alarıq:

$$x = c \left( 1 - \xi t + \frac{\xi^2 t^2}{2} + \dots \right). \quad (3)$$

(3) həllində birinci, ikinci, üçüncü yaxınlaşmalara baxsaq görərik ki,  $t \ll 1/\xi$  müddətində  $x$  kəmiyyəti sönür. Rəqqasın rəqslərini öyrənən Puasson rəqslərin sönməsinə öyrənmişdir. Puasson metodunu elementar olaraq izah etmək olar. Qeyri-xətti diferensial tənliyi aşağıdakı kimi yazsaq:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = \xi f \left( x, \frac{dx}{dt} \right) \dots \quad (4)$$

Boqolyubov-Mitropolski riyazi metodu [1] ilə (4) tənliyinin həlli (2) tənliklərinin həllinə gətirilir. Bu həlli aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$x = b \cos \phi + \xi [a_1(b) \cos \phi - b\beta_1(b) \sin \phi + u_1(b, \phi)] + \xi^2$$

$$\frac{db}{dt} = \xi A_1(b) + \xi^2$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \xi B_1(b) + \xi^2$$

(4) tənliyini  $da^2/dt = \xi(1 - a^2/4)a^2$  kimi yazsaq və inteqrallasaq, taparıq:

$$a = \frac{a_0 e^{\frac{\xi t}{2}}}{\sqrt{1 + \frac{a_0^2}{4}(e^{\xi t} - 1)}}, \quad x = a \cos \psi = \frac{a_0 e^{\frac{\xi t}{2}}}{\sqrt{1 + \frac{a_0^2}{4}(e^{\xi t} - 1)}} \cos(\omega t + \theta),$$

burada  $a_0$ - başlanğıc amplitud,  $\omega$  - rəqsin tezliyidir. Əgər başlanğıc amplitud  $a_0 = 0$  olsa,  $a = 0$  olur və biz  $x = 0$  həllini alırıq ki, bu da Van-der-Pol tənliyinin trivial həllidir. Statik rejimdə fərqli olaraq  $a_0 \neq 0$  olduqda dinamik rejim dayanıqlı olur. Van-der-Pol metodunu [2] elektron və dəşik keçiriciliyinə malik yarımkeçiricilərdə tətbiq etməklə ixtiyarı yaxınlaşmada yaranan rəqslərinin tezlik və amplitudunu hesablamaq olar.

Təqdim olunmuş nəzəri işdə qarşıya qoyulan əsas məqsəd elektron və dəşik keçiricikli yarımkeçiricilərdə rekombinasiya (tutulma) və generasiya (buraxılma) olduqda yaranan cərəyan rəqslərinin tezlik və amplitudlarının nəzəri olaraq hesablamaqdan ibarətdir.

### Ədəbiyyat:

1. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. 1955. с. 408.
2. Van der Pol's Method: A Simple and Classic Solution, Springer, 2017 p. 275-289.



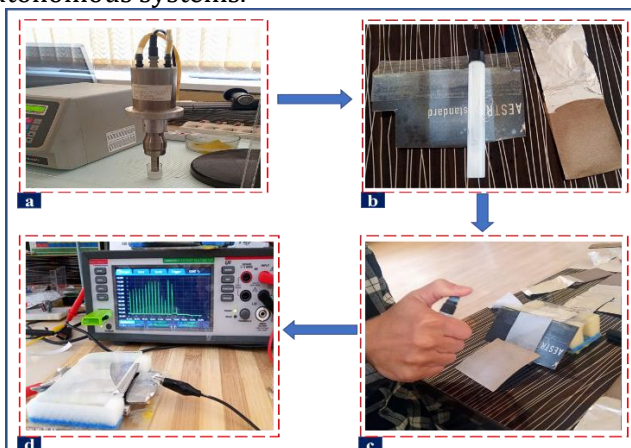
## INVESTIGATION OF TiO<sub>2</sub>/NYLON NANOCOMPOSITES ON THE PERFORMANCE OF TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS

<sup>1</sup>Mammadova N.C., <sup>1,2</sup>Gulahmadov O.G.\*

<sup>1</sup>Baku State University

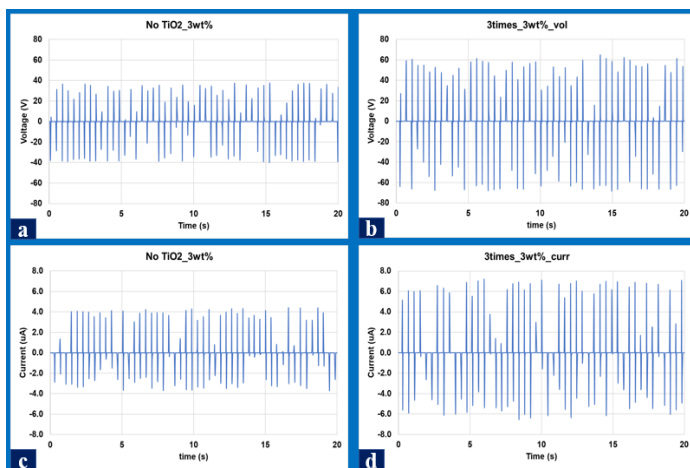
<sup>2</sup>Baku State University, Nanoscience Research Laboratory  
of the Center for Excellence in Research, Development, and Innovation  
nigarmemmedova2002@gmail.com

Triboelectric nanogenerators (TENGs) with a new type of electrical energy harvesting strategy can generate electrical energy from various types of mechanical energy sources in everyday life in an environmentally convenient and safe form. TENGs can be used for a variety of applications, such as powering small sensors, extending the battery life of portable devices, and powering small autonomous systems.



**Fig. 1.** a) Ultrasonic liquid processor; b) TiO<sub>2</sub>+Ethanol solution; c) The method of spray coating; d) TENG

In the study, the effect of TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the performance of the triboelectric nanogenerator was investigated. So, nylon and polysiloxane, which are considered good pairs, are used as triboelectric materials. In order to investigate the effect of titanium oxide nanoparticles on the performance of TENG, 0.6 g of TiO<sub>2</sub> nanoparticles are dissolved in 20 ml of ethanol. The resulting 3 percent solution is mixed in a magnetic stirrer for 15 minutes and then dispersed by ultrasonication for 1 minute. The prepared solution is sprayed 3 times on the surface of the nylon through "spray coating" and the sample is dried at room temperature for a day. Two TENGs are prepared, consisting of polysiloxane, aluminum foil(Al) as an electrode, ordinary Nylon, and Nylon with TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the surface.



**Fig. 2.** Voltage graphs of TENG: a) ordinary Nylon  
b) Nylon /TiO<sub>2</sub> nanocomposite; Current graphs of TENG:  
c) ordinary Nylon d) Nylon /TiO<sub>2</sub> nanocomposite

From the electrical measurements of the TENG, it is known that the value of voltage and current increased by 68 % due to the effect of titanium oxide nanoparticles. Thus, as shown in Figure 2 the value of the voltage increases from 40 V to 67 V, and the value of the current increases from 4.4  $\mu$ A to 7.2  $\mu$ A. This is explained by the fact that TiO<sub>2</sub> nanoparticles have high dielectric properties.

#### References:

1. Lin, Zong-Hong, Yannan Xie, Ya Yang, Sihong Wang, Guang Zhu, and Zhong Lin Wang. "Enhanced triboelectric nanogenerators and triboelectric nanosensor using chemically modified TiO<sub>2</sub> nanomaterials." ACS nano 7, no. 5 (2013): 4554-4560.

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛА GeSe

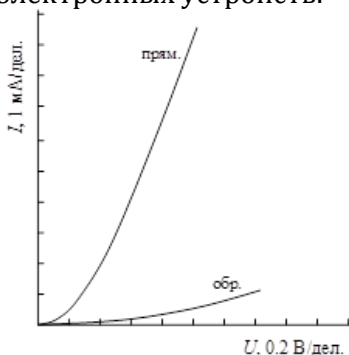
**Мамедова Н.К., Гусейнов А.Г.\***

*Бакинский Государственный Университет  
nuraya.mammadova@bsu.edu.az*

В бинарной системе Ge-Se наблюдается два устойчивых химических соединения: GeSe и GeSe<sub>2</sub>. По данным многих авторов, GeSe плавится инконгруэнтно при  $948 \pm 2$  K и только в одной работе указывается конгруэнтность плавления при  $T_{пл} = 943$  K. Для GeSe характерно наличие двух полиморфных модификаций: стабильной при нормальных условиях низкотемпературной  $\alpha$ -фазы, кристаллизующейся в ромбической решетке, и высокотемпературной  $\beta$ -фазы. Высокотемпературная  $\beta$ -фаза

GeSe перитектически распадается в  $\text{Ge} + \text{Liq}_2$  при 948 К, а при 920 К – в  $\alpha\text{-GeSe} + \text{Liq}_2$ . При 939 К (в области составов 0÷50 ат. %) происходит перитектической реакция. Кристаллическая структура принадлежит к орторомбической пространственной группе и состоит из гофрированных слоев, разделенных ван-дер-ваальсовой щелью около  $4 \text{ \AA}$ . Параметры кристаллической структуры соединения GeSe составляют  $c = 10.82 \text{ \AA}$ ,  $b = 3.834 \text{ \AA}$ .

Синтез наноматериалов GeSe пока еще значительно менее развит по сравнению с другими полупроводниками IV-VI. Получению наноструктур GeSe, в том числе нанолитов и нанолент GeSe, посвящено всего несколько сообщений. Есть также некоторые исследования, посвященные аморфным стеклам GeSe, используемым в качестве элементов переключения, памяти и оптоэлектронных устройств.



**Рис. 1.** Вольт - амперная характеристика контакта металл (Ag) – полупроводник (GeSe)

Анализ температурной зависимости электрофизических свойств селенида германия плавится по типу полупроводник-полупроводник. В частности, из зависимости  $\sigma(T)$  соединения GeSe обнаружено незначительное уменьшение электропроводности. Это указывает на отсутствие радикальных изменений типа химической связи при переходе из твердого состояния в жидкое.

Ширина запрещенной зоны кристалла GeSe сильно зависит от толщины пленки и варьируется в интервале 1...2 эВ при уменьшении от 1 мкм до 6 нм.

Кристаллы GeSe были получены нами методом охлаждения расплава при постоянном градиенте температуры. Полученные обладали слоистой структурой и имели п-тип проводимости с удельным сопротивлением  $3 \cdot 10^7 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Изучена вольт - амперная характеристика структуры Ag/GeSe. Тонкие пленки серебра наносились на плоскую поверхность кристалла методом термического испарения серебра в вакууме.

На рисунке изображена вольт-амперная характеристика контакта металл (Ag) – полупроводник (GeSe). Как видно характеристика носит

диодный характер, коэффициент выпрямления составляет 4 при напряжении 1 В. Учитывая, что GeSe обладает n-типом проводимости нужно отметить, что контакт является истоженным.

#### Литература:

1. D.I. Bletskan, Phase equilibrium in the systems  $A^{IV} - B^{VI}$  Journal of Ovonic Research Vol. 1, No. 5, October 2005, p. 53 – 60
2. Kannewurf, C. R., & Cashman, R. J. (1961). Optical absorption and photoconductivity in germanium selenide. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 22, 293–298
3. Zhao, H., Mao, Y., Mao, X., Shi, X., Xu, C., Wang, C., ... Zhou, D. (2017). Band Structure and Photoelectric Characterization of GeSe Monolayers. Advanced Functional Materials, 28(6), 1704855

## **Tb<sub>0,02</sub>Sn<sub>0,98</sub>Se MONOKRİSTALININ ALINMASI VƏ İSTİLİKKEÇİRİCİLİYİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI**

**Quliyeva S.S., Cəfərov T.A.\***

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti  
sevincquliyevaaaa@gmail.com*

Bərk cisimlərdə (xüsusi halda yarımkeçiricilərdə) istilik hadisələri dedikdə, əsasən üç parametr - bərk cisimlərin istilik tutumu, istidən genişlənmə və istilikkeçiriciliyinin dəyişməsi nəzərdə tutulur. Hər üç parametr istilik daşınması hadisəsini tam analiz etmək, xüsusiyyətlərini araşdırmaq üçün ən vacib parametrlər olmaqla bərabər bir çox üstün cəhətləri vardır. Bu metodla tez bir zamanda, həm də kifayət qədər dəqiqliklə və sadə üsulla verilmiş materialın fiziki xassəsinə aid ilk məlumatı əldə etməyə imkan verir. Bu parametrlərin hər birinin geniş temperatur intervalında öyrənilməsi verilmiş materialın praktiki əhəmiyyətini müəyyənləşdirdikdə qarşıya çıxan texniki hesablamalarda çox qiymətli məlumatdır [1].

Təqdim olunan işdə Tb<sub>0,02</sub>Sn<sub>0,98</sub>Se monokristalı alınmış, kompleks fiziki-kimyəvi analizi aparılmış və istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir.

Tb<sub>0,02</sub>Sn<sub>0,98</sub>Se nümunəsi elementlərdən birbaşa sintes üsulu ilə alınmış və Bricmen metodu ilə monokristalı yetişdirilmişdir. Aparılmış kompleks fiziki-kimyəvi analizin nəticələri göstərir ki, alınmış nümunə də əsas maddə olan SnSe kimi ortorombik sinqoniyada kristallaşır. Lakin Tb<sub>0,02</sub>Sn<sub>0,98</sub>Se monokristalında qəfəs parametrlərinin, sıxlığın və mikrobərkliyin zəif artımı, termik qızma effektlərinin isə nisbətən aşağı temperatur oblastına tərəf sürüşməsi müşahidə olunur. Qəfəs parametrlərinin müşahidə olunan artımı Sn atomlarının qismən böyük radiuslu Tb atomları ilə yaxşı uzlaşması və Veqard qanununun ödənilməsi SnSe əsasında əvəzətmə tipli bərk məhlulların yarandığını söyləməyə imkan verir [2].

T=300K temperaturda SnSe və  $Tb_{0,02}Sn_{0,98}Se$  monokristalının kinetik parametrləri ölçülmüşdür. Alınan nəticələr cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 1**

Nümunə	$R, \text{sm}^3/\text{K}$	$\alpha, \text{mkV}/\text{K}$	$\sigma, \text{Om-1sm}$	$\chi \cdot 10^{-5}, \text{m}^2/\text{V}$	$\mu, \text{sm}^2/\text{V}$	$P(n) \text{cm}^{-3}$
SnSe	+9,4	+420	18	20	156	7,2·10 <sup>17</sup>
$Tb_{0,02}$	-998	-205	0,00	12	5,98	6,3·10 <sup>15</sup>
$Sn_{0,98}Se$			6			

Təqdim olunan işdə T=300÷600 K temperaturda  $Tb_{0,02}Sn_{0,98}Se$  monokristalının istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir. Alınan nəticələr əsasında istilikkeçirmə əmsalının temperaturdan asılılığının loqarifmik miqyasda qrafiki qurulmuş və istilik səpilmə mexanizmi araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, ana maddə SnSe –də  $\chi \sim T^{-2}$  olduğu halda,  $Tb_{0,02}Sn_{0,98}Se$  monokristalında  $\chi \sim T^{-1,5}$  olur. Bu onu göstərir ki,  $Tb_{0,02}Sn_{0,98}Se$  monokristalında qeyri-polyar optik fononlardan səpilmə üstünlük təşkil edir.

**Ədəbiyyat:**

1. Алиев М.И. Теплопроводность полупроводников, Баку: -1963, 145с
2. Cəfərov T.A., // (SnSe)<sup>1-x</sup>-(TbSe)<sup>x</sup> Sistem ərintilərinin istilik daşınma prosesinə terbiyum atomlarının təsiri // International Conference MODERN TRENDS IN PHYSICS, – 2017, Bakı, Azərbaycan. –pp.124-126

**TlInSe<sub>2</sub> MONOKRİSTALINDA SÖNMƏNİN TƏDQIQI**

**Məmmədova Ü.B., Məhəmmədov Ə.Z.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ummmdova282@gmail.com*

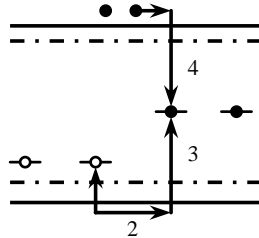
$A^I B^{III} C_2^{VI}$  tip mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələr qrupuna daxil olan TlInSe<sub>2</sub> bu qrupun bütün nümunələri kimi defekt quruluşludur və defektlərin konsentrasiyası böyük olduğundan, onlar qadağan olunmuş zonada lokal səviyyələr yaradır ki, bu səviyyələr də fotokeçiricilikdə mühüm rol oynayır.

Lokal səviyyələrin parametrlərini, onların qadağan olunmuş zonadakı enerji vəziyyətini, onlarda yükdaşıyıcıların hal sıxlığını və tutma en kəsiyini təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Fotokeçiriciliyin termik və optik sönməsi bu üsulların içərisində ən sadəsi hesab olunur. Müəyyən şəraitdə yükdaşıyıcıların valent zonasından qadağan olunmuş zonada yerləşən aşqar səviyyələrinə həyəcanlanması fotokeçiriciliyin sönməsinə səbəb ola bilər. Yükdaşıyıcıların belə həyəcanlanması istilik (termik sönmə), optik (optik sönmə) və elektrik sahəsi vasitəsilə həyata keçirilə bilər. Lokal səviyyələrin vəziyyətini, termik sönmənin temperaturunu və ya optik sönmənin spektral asılılığını ölçməklə təyin etmək olar.

Şəkil 1-də optik sönmənin başvermə mexanizmi izah edilir. Elektronların

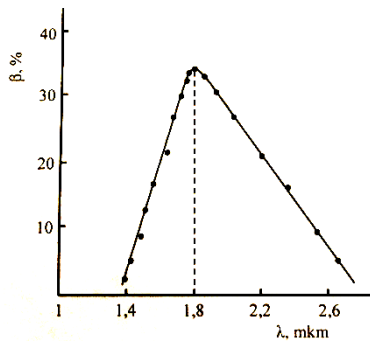
optik üsulla valent zonasından II səviyyələrinə keçidi nəticəsində meydana gələn dəşiklər I mərkəzləri tərəfindən tutulduqda, fotohəssaslaşma azalacaq, yəni fotokeçiriciliyin optik sönmə prosesi baş verəcək.

İşdə tədqiq olunan  $\text{TlInSe}_2$  kristalı layvari quruluşa malik olduğundan lazımı ölçüdə nümunə ülgüclə kəsilir və ona gümüş pastaından omik kontakt vurulur.  $\text{TlInSe}_2$  birləşməsinin qadağan olunmuş zonasının eni 1,2 əV olub, düzgün olmayan parabolik quruluşa malikdir. Elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığından dərinliyi  $E=0,63\pm 0,02$  eV olan səviyyə aşkar edilmişdir. Nümunədə dəşiklərin yarışıma səviyyələrinin parametrləri təyin olunmuşdur:  $E=0,32$  eV; tutma en kəsiyi  $2\cdot 10^{17}$  sm<sup>2</sup>, konsentrasiya  $2\cdot 10^{15}$  sm<sup>-3</sup> [1].



Şəkil 1. Yarımkəçiricidə optik sönmənin başvermə mexanizmi.

Optik sönməni müşahidə etmək üçün əvvəlcə nümunə məxsusi işıqla işıqlandırılır və fotokeçiriciliyin maksimum qiyməti alınır. Sonra uzundalğalı oblastdan olan aşqar işıqla işıqlandırılır və fotokeçiriciliyin azalması, başqa optik sönməsi müşahidə olunur (şəkil 2).



Şəkil 2.  $\text{TlInSe}_2$  kristalında fotokeçiriciliyin infraqırmızı sönməsinin spektral asılılığı.

İşdə  $\text{TlInSe}_2$  monokristalında məxsusi işığın infraqırmızı sönməsinin spektral asılılığından fotocərəyanın sönməsinə səbəb olan rekombinasiya mərkəzinin dərinliyi hesablanmış və onun 0,69 eV olduğu müəyyən edilmişdir.

#### Ədəbiyyat:

1. А.Э. Бахышов, Л.Г. Гасанова, А.А. Лебедев, С.Р. Самедов, М.А. Якобсон. Исследование длинноволнового края  $\text{TlGaSe}_2$  по поглощению фотопроводимости. ФТП, -1981, т.15, № 4, - с.808.

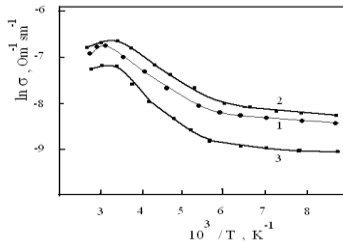
## İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN $TlIn_{0.95}Dy_{0.05}Se_2$ MONOKRİSTALLARININ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Rzayeva A.S., Nurullayev Y.Q.\*

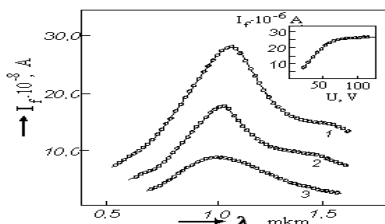
Bakı Dövlət Universiteti  
aytacrzayeva.19n@gmail.com

$A^{III} B^{III} C_2^V$  - tip birləşmələr sinfinə daxil olan, fundamental xüsusiyyətlərə malik birləşmələrdən biri də  $TlInSe_2$  kristalıdır.  $TlInSe_2$  birləşməsində "C" kristalloqrafik oxuna nəzərən müxtəlif istiqamətlərdə defektlərin paylanmasından fərqli olub  $TlInSe_2$  kristallarında kimyəvi və fiziki xassələrin anizotropluğuна səbəb olur.

Şəkil 1-də  $TlIn_{0.95}Dy_{0.05}Se_2$  monokristallarında otaq temperaturunda müxtəlif elektrik sahələrində fotocərəyanın spektral paylanması göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki,  $TlIn_{0.95}Dy_{0.05}Se_2$ -nin fotocərəyanın spektri dalğa uzunluğunun 0,4-1,6  $mkm$  dalğa oblastını əhatə edir və  $\lambda=1,1 mkm$ -də intensiv maksimum qiymətə malikdir. Alınmış nəticə Frenkel nəzəriyyəsinə uyğundur və lokal səviyyələrin yüksək elektrik sahələrində ionlaşması nəticəsində baş verir. Şəkil 2 (1-əyri)-də verilmiş fotocərəyanın temperatur asılılığından görünür ki, temperaturun artması ilə fotoaktivləşmə prosesi və  $T=320K$  fotocərəyanın termik sönməsi müşahidə olunur.  $I_f \sim f(1/T)$  asılılığı eksponensial xarakter daşıyır və lokal səviyyənin aktivləşmə enerjisi 0,20 eV tərtibində olmuşdur. Alınan nəticələr  $TlIn_{0.95}Dy_{0.05}Se_2$  monokristallarında lokal səviyyələr fotocərəyanın kinetikasının və TST cərəyanının tədqiqi zamanı təyin olunan parametrlərə uyğundur. Beləliklə, fotoelektrik xassələrinin tədqiqi göstərir ki, aktivləşmə enerjisi 0,20 və 0,50 eV lokal səviyyələrin dolub-boşalma sürətinin temperaturdan, elektrik sahəsindən və işıqlanma intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi  $TlInSe_2$  monokristallarının fotoelektrik xassələrinin monoton dəyişməsinə səbəb olur. Şəkildən görünür ki, şüalanmadan əvvəl 120÷160 K temperatur oblastında fotocərəyan temperaturdan asılıdır.



Şək. 1.  $TlIn_{0.95}Dy_{0.05}Se_2$  monokristallarında müxtəlif elektrik sahələrində fotocərəyanın temperaturdan asılılığı: 1-50 , 2-  $3 \cdot 10^2$  и 3-  $1,7 \cdot 10^3$



Şəkl. 2.  $TlIn_{0,95}Dy_{0,05}Se_2$  monokristallarında müxtəlif elektrik sahələrində fotocərəyanın temperaturdan asılılığı: 1-50, 2-  $3 \cdot 10^2$  və 3-  $2 \cdot 10^3$  V/sm.

Temperaturun sonrakı artımı zamanı fotocərəyanın aktivləşməsi müşahidə olunur və 320 K isə fotokeçiriciliyin azalması müşahidə olunur (qrafikdə 1-əy.).

#### Ədəbiyyat:

1. Абасова А.З., Мадатов Р.С., Наджафов А.И., Газанфаров М.Р. Влияние  $\gamma$ -облучения на электрические и фотоэлектрические свойства гетерепереходов p-TlInSe<sub>2</sub> /n-TlSe<Ge>. // Прикладная физика. №10, с.2011-2018.
2. Алекперов О.З., Наджафов А.И., Гусейнов Г.Г., Абдуллаев А.П. Полиморфные превращение в кристаллах TlInSe<sub>2</sub> и электрофизические свойства фаз // АМЕА-нын Хəбərləri. Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri seriyası. 2010, cild XXVI, №5, s. 189-194.
3. Годжаев Э.М., Аллахъяров Э.А., Гюльмамедов К.Д., Сулейманова А.М. Влияние излучений на фотоэлектрические свойства TlInSe<sub>2</sub> / Высокочистые металлические и полупроводниковые материалы. // Сб. докл. IX Междунар. симпоз. Харьков, 2003. с.161-162.

## ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ФОТОПРОВОДИМОСТЬ КРИСТАЛЛОВ TlGaS<sub>2</sub> ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Гараева Ш.В., Мамедов Р.М.\*

Бакинский Государственный Университет  
semsiyye2001@gmail.com

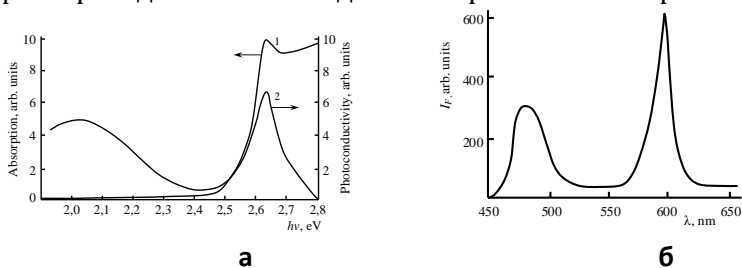
В последние время халькогениды таллия со слоистой структурой семейства III-III-VI<sub>2</sub>, такие как TlBX<sub>2</sub> (B = Ga или In и X=S или Se), являются предметом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований [1]. В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования оптического поглощения, фотопроводимости и люминесценции кристаллов TlGaS<sub>2</sub>, под действием лазерного излучения.

Монокристаллы TlGaS<sub>2</sub> выращивались модифицированным методом Бриджмена. Сколотые монокристаллические слои толщиной 0,2 мм<sup>2</sup> имели плоскопараллельные зеркальные грани, представляющие собой естественный резонатор. Кристаллы являлись р-типа и имели удельное сопротивление  $10^{10}$ – $10^{12}$  Ом·см, при 300 К. В качестве источника излучения использовался импульсный Nd:YAG-лазер со встроенными генераторами 2-й и 3-й гармоник, предназначенный для генерации излучения



с длиной волны 1064, 532 и 335 нм.

На рисунке 1 представлены спектры поглощения (кривая 1) и фотопроводимости (кривая 2)  $TlGaS_2$  при 77 К. Как видно из рисунка, в спектре поглощения отчетливо наблюдается полоса поглощения с максимумом  $\sim 2,63$  эВ ( $\lambda=4710 \text{ \AA}$ ). Расположение этого максимума в непосредственной близости от прямой запрещенной зоны (0,03эВ) и стабильность, по-видимому, свидетельствует о том, что полоса поглощения с максимумом  $\lambda=4710 \text{ \AA}$ , обусловлена наличием прямых экситонных переходов. Из сравнения спектров фотопроводимости и поглощения видно, что полоса поглощения совпадает с максимумом фотопроводимости. За краем собственной фотопроводимости наблюдается широкая полоса примесного уровня.



**Рис.1.** а-Спектральное распределение коэффициента поглощения (кривая 1) и фотопроводимости (кривая 2) монокристаллов  $TlGaS_2$  при 77 К, б- Спектр люминесценции  $TlGaS_2$  при возбуждении второй гармоникой Nd:YAG-лазера

На рис.2 представлен спектр люминесценции  $TlGaS_2$  при возбуждении второй гармоникой Nd:YAG-лазера, с энергией кванта  $\hbar\omega=2,34$  эВ. Как видно из рисунка, в спектре люминесценции наблюдаются две полосы излучения, с максимумами  $\lambda_1=470$  нм (2.63 эВ) и  $\lambda_2=595$  нм (2,084 эВ). Наблюдаемые полосы имеют полуширину 1,6 и 0,7 эВ, соответственно. Установлено, что линия излучения с максимумом 2.63эВ удовлетворительно согласуется с максимумами, наблюдаемыми в спектре поглощения и фотопроводимости  $TlGaS_2$ . Поэтому можно утверждать, что наблюдаемое излучение обусловлено рекомбинацией свободных экситонов на краю полосы собственного поглощения. Длинноволновый максимум  $\lambda_2=595$  нм (2,084 эВ), по-видимому, связан наличием примесных центров, расположенных внутри запрещенной зоны. Об этом свидетельствует наличие донорных и акцепторных центров в  $TlGaS_2$  с энергиями активации  $\Delta E_D= 0,035$  эВ и  $\Delta E_A = 0,005$  эВ. Наличие этих центров в  $TlGaS_2$  позволяет утверждать, что наблюдаемое нами излучение обусловлено излучательным переходом с глубокого донорного уровня 0,035 эВ на мелкий акцепторный уровень 0,005 эВ над валентной зоной.

#### Литература:

1. K. A. Yee and A. Albright, J. Am. Chem. Soc. 113, 6474 (1991).
2. N. S. Yuksek, N. M. Gasanly, I. A. Aydin, H. Ozkan, and M. Acikgoz Cryst. Res. Technol. 39, No.9, 800-806(2004).

## AgGaS<sub>2</sub> AMORF NAZİK TƏBƏQƏSİNDƏ ATOMLARIN YAXIN NİZAM QURULUŞU

<sup>1</sup>Umudova Ə.R., <sup>2</sup>Məmmədova A.Ç.\*

<sup>1</sup> Bakı Dövlət Universiteti

<sup>2</sup>Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu  
amamedova@inbox.ru

Bu işdə atom quruluşları qeyri-müəyyən olan AgGaS<sub>2</sub> nazik amorf təbəqəsində atomların yaxın nizam quruluşu haqqında məlumat öyrənilmiş və aparılan tədqiqatların nəticələri verilmişdir. Tədqiqatlar, elektronoqrafik quruluş analizi metodu ilə aparılmışdır. Elektronoqrafik tədqiqat üçün yararlı, qalınlığı 30 nm tərtibində olan AgGaS<sub>2</sub> nazik amorf təbəqəsi, sintez olunmuş AgGaS<sub>2</sub> birləşməsinin otaq temperaturunda NaCl altlığın üzərinə buxarlandırılması yolu ilə alınmışdır.

AgGaS<sub>2</sub> amorf təbəqələrdən elektronların səpilmə əyriləri iki üsulla alınmışdır: Mikrofotometrik üsulla və qeyrielastici səpilmə elektronları enerji səviyyələrinə görə qeyd etməyə imkan verən EMR- 102 qurğusunun süzgeçləri vasitəsilə (köməyilə). Elektronları sürətləndirən gərginlik 50kV olmuşdur .

Atomların radial paylanma əyrisi (ARPƏ), əsasında aşağıdakı formula duran inteqral tənliklər metodu ilə qurulmuşdur [1].

$$4\pi r^2 \sum K_m U_m(r) = 4\pi^2 U_o(r) \sum_m K_m + \frac{2r}{\pi} \int_0^\infty s \cdot i(s) \sin s r ds \quad (1)$$

$i(s)$  funksiyası belə təyin edilmişdir.

$$i(s) = \alpha \left[ \frac{I_3(s)}{\sum_m f_m^2(s)} - \frac{I_c(s)}{\sum_m f_m^2(s)} \right] = \alpha i_i(s) \quad (2)$$

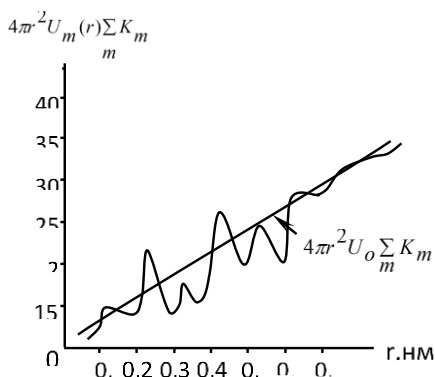
burada  $\alpha$  - normallaşdırıcı əmsal,  $I_e(s)$  - eksperimental səpilmə intensivliyi,  $I_o(s)$  - orta intensivlikdir. Normallaşdırıcı əmsal olan  $\alpha$  - nın qiyməti məlum formulaya görə təyin edilmişdir.

$$1/\alpha_{cp} = \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{I_c(s)}{\sum_m f_m^2(s)} - \frac{I_3(s)}{\sum_m f_m^2(s)} \right] \left[ \frac{I_c(s)}{\sum_m f_m^2(s)} \right]_{min_{max}} \right\} \quad (3)$$

Amorf maddə olan AgGaS<sub>2</sub> üçün ARPƏ proqram əsasında aparılan hesablaşma yolu ilə qurulmuşdur. AgGaS<sub>2</sub>-nin ARPƏ-də (şəkil 1.) yaxşı ayırd edilən iki izolə edilmiş maksimum görünür ki, bunlarda kordinasiya sferalarının radiusunu təyin edir.

Birinci kordinasiya sferasının radiusu  $r = 0,23$  nm, ikinci kordinasiya sferasının radiusu isə  $r = 0,305$  nm qiymətində tapılır.  $r = 0,230$  nm qiymətinə uyğun birinci maksimum Ga - S arasındakı məsafəyə uyğundur. Birinci kordinasiya sferası üçün yaxın atomların sayının, yəni qallium və kükürdün yaxın qonşu atomlarının sayının 4 olması aşağıdakı formulanın köməyi ilə təyin edilmişdir.

$$n_{ab} = \Delta/2n_a k_a k_b \quad (4)$$



Şək. 1. AgGaS<sub>2</sub> atomlarının radial paylanma əyrisi.

AgGaS<sub>2</sub> ARPƏ –dən təyin edilmiş ikinci koordinasiya sferasının radiusu  $r_2$  gümüş və kükürd atomları arasındakı məsafəyə uyğundur.  $n_2 = 6$  koordinasiya ədədi göstərir ki, hər bir Ag atomu kükürd atomları ilə oktaedrik əhatə təşkil edən quruluşa malikdir. Atomlararası mövcud olan kovalent əlaqələr AgGaS<sub>2</sub> amorf təbəqəsində də saxlanılır. Həm kristal, həm də amorf halda olan AgGaS<sub>2</sub>, maddələrində atomların yaxın nizam quruluşunda müşahidə olunan yeganə fərq atomlararası məsafələrdə çox kiçik kənara çıxmaların olmasıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Исмаилов Д.И. Фазообразование, структура и кинетика кристаллизации в тонких пленках АЗ – ВЗ – С26 , эпитаксиальный рост сверхструктурных фаз: Дис. ... докт. физ. – мат. наук. Баку, 2007, 345 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

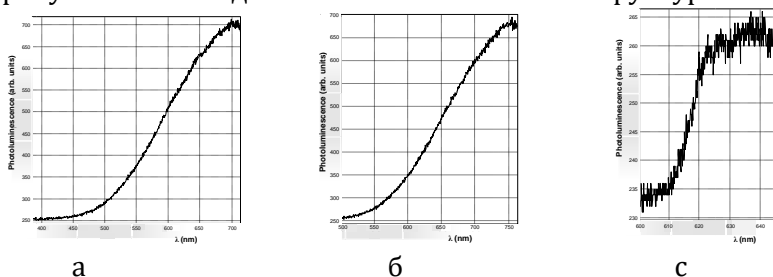
Агаева Н.А., Мамедов Р.М.\*

Бакинский Государственный Университет  
rovshan63@rambler.ru

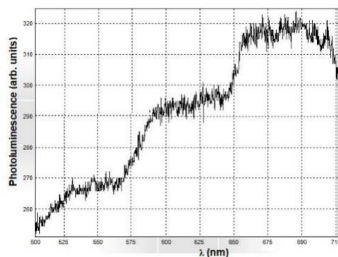
При изготовлении оптоэлектронных приборов на основе полупроводниковых слоев с переменной величиной запрещенной зоны  $E_g$ , весьма существенным является знание таких характеристик, как состав и соответственно величина  $E_g$ , толщина слоев, концентрация примесей. Применительно к таким структурам рентгеноспектральный микроанализ и метод, основанный на регистрации фотолюминесценции слоев структуры с использованием послойного стравливания обладают существенными недостатками [1]. Нами предлагается новый метод исследования полупроводниковых многослойных эпитаксиальных структур, основанный на анализе спектров оптического поглощения и фотолюминесценции при двух и трехфотонном возбуждении лазерным излучением. Слоистые полупроводниковые структуры GaSe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub> являются удоб-

ными объектами для проведения такого сорта исследований. При изготовлении многослойной структуры были использованы кристаллы  $\text{GaSe}_{1-x}\text{S}_x$  с толщинами  $50 \div 100$  мкм, простым расщеплением массивного образца. Свежесколотые поверхности были прижаты друг-другу и они держались несколько часов под давлением. В качестве источника излучения использовался импульсный Nd:YAG-лазер со встроенными генераторами 2-й и 3-й гармоник, предназначенный для генерации излучения с длиной волны 1064, 532 и 335 нм[2].

На рисунке 1 представлены спектры пропускания отдельных образцов GaS, GaSe и твердых растворов  $\text{GaSe}_{0,8}\text{S}_{0,2}$  под действием излучение 1-ой гармоникой Nd:YAG-лазера ( $\hbar\omega = 1,17\text{эВ}$ ). Как видно из рисунка, край полосы поглощения исследованных образцов соответствуют значению длин волн 614нм (2,02эВ), 570нм (2,18эВ) и 490нм (2,53 эВ). Эти величины удовлетворительно согласуются с ширинами запрещенных зон указанных материалов. На рис.2 представлены спектры пропускания многослойной структуры, состоящих из тех же образцов, возбуждаемый 1-ой гармоникой Nd:YAG-лазера. Как видно из рисунка, число линий в спектрах пропускания совпадает с количеством слоев в структуре.



**Рис.1.** Спектры пропускания отдельных образцов GaS(**а**),  $\text{GaSe}_{0,8}\text{S}_{0,2}$  (**б**) и GaSe(**с**) под действием излучение 1-ой гармоникой Nd:YAG-лазера ( $\hbar\omega = 1,17\text{эВ}$ ).



**Рис. 2.** Спектры многослойной структуры GaS, GaSe и твердых растворов  $\text{GaSe}_{0,8}\text{S}_{0,2}$ , возбуждаемый 1-ой гармоникой Nd:YAG-лазера.

#### Литература:

1. Т.Б.Попова, Л.А.Бакалейников, Е.Ю.Флегонтова, А.А.Шахтин, М.В.Заморянская. ФТП, 20011, т.45, в. 2, с. 263-267.
2. В.М.Салманов, А.Г.Гусейнов, М.А. Джафаров, Р.М. Мамедов, Т.А.Мамедова. Оптика и спектроскопия, 2022, том.130, вып.10, с.1567-1570.

## **OPTICAL ABSORPTION IN SEMICONDUCTOR QUANTUM FILM WITH PARABOLIC POTENTIAL**

**Amraliyeva Sh. A., Ismayilov T.H.\***

*Baku State University*  
sebnememraliyev@gmail.com

The two-dimensional electron gas (2DEG) is a system of electrons that are confined to move in two dimensions within a semiconductor material. This confinement gives rise to a number of unique electronic and optical properties that are of great interest in both fundamental and applied physics.

The 2DEG is typically formed at the interface between two different semiconductor materials, such as GaAs and AlGaAs. The difference in the bandgap energies between the two materials creates a potential well that confines the electrons in the two-dimensional plane. The energy levels of the confined electrons are quantized, and the lowest energy level is known as the ground state. The density of states in the 2DEG is also quantized due to the confinement, and the resulting discrete energy levels are known as subbands.

In this work we consider the 2DEG in the semiconductor quantum film with the parabolic potential. A remarkable feature of this potential is its exact solvability, which makes it possible to obtain analytical results. From the solution of the Schrödinger equation with a parabolic potential, the spectra and wave functions of electrons and holes are obtained. Further, with their help, the joint density and the interband absorption coefficient were calculated.

### **Ədəbiyyat:**

1. Harrison P., Valavanis A. John Wiley & Sons, Ltd, 2016, p.96.
2. E.L. Ivchenko. Optical spectroscopy of semiconductor nanostructures. Springer, Berlin, Heidelberg. 2004, 437 p.

## **Sn-LƏ AŞQARLANMIŞ ZnS NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ**

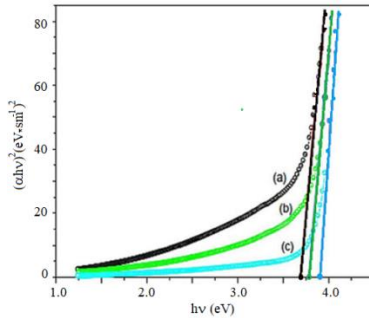
**Məmmədova L.N., Cəfərov M.Ə.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*  
lamiye.memmedli476@gmail.com

Sink sulfid ZnS otaq temperaturunda  $\sim 3,65$  eV böyük zolaq boşluq enerjisi ilə birbaşa II-VI yarımkeçirici birləşmələrdən biridir [1,2]. Material həm kub, həm də altıbucaqlı formalarda kristallaşır və bərk cisimlər fizikasında bir neçə nəzəri modeli sınaqdan keçirmək üçün istinad materialıdır. Material müxtəlif fotovoltaiq və optoelektronik cihazlarda həm toplu, həm də nazik təbəqə şəklində böyük potensiala malikdir. ZnS daha yaxşı fotovoltaiq xüsusiyyətlərə

yətlər üçün günəş batareyasında passivasiya təbəqəsi kimi istifadə ediləcək perspektivli materialdır.

ZnS və Sn qatqılı ZnS nazik təbəqələri yaxşı təmizlənmiş mikroskop şüşə slayd altlıqları üzərində alınmışdır. Reaksiyaya gedən vanna hazırlamaq üçün istifadə olunan bütün kimyəvi maddələr və reagentlər analitik reagent dərəcəli idi. 80 ml 0,2 M sink asetat [ $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ] və 160 ml 0,2 M tiokarbamid [ $(NH_2)_2CS$ ] əlavə edildi və otaq temperaturunda düzgün şəkildə qarışdırıldı. Sn qatqılı ZnS nazik təbəqəsi əldə etmək üçün məhlulla müvafiq nisbətdə 0,1 M qalay xlorid ( $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ ) əlavə edilmişdir. Bu prosesdə ZnS, 2,5% ZnS :Sn və 5% ZnS: Sn nazik təbəqələri hazırlanmışdır. 5%-dən çox olan təbəqələrinin hazırlanması cəhdləri asetat məhlulunun qeyri-sabitliyi ilə nəticələndi və qeyri-bərabər təbəqələr meydana gəldi.



**Şəkil 1.** (a) ZnS, (b) 2.5% ZnS: Sn and (c) 5% ZnS: Sn təbəqələri üçün  $(\alpha hv)^2 - hv$  asılılığı

ZnS və Sn qatqılı ZnS təbəqələri üçün optik udma spektri tədqiq edilmişdir (şəkil 1.). Udma əmsalı bütün dalğa boyu diapazonu üçün Sn qatqısının artması ilə artır. Udmanın artması keçiriciliyin azalması deməkdir ki, bu da Sn daxil olması səbəbindən qalınlığın artması ilə əlaqədar ola bilər. Qalay zənginləşdirilməsi (saf ZnS üçün ~ 1300 nm-dən ən yüksək qalay tərkibli təbəqələr üçün ~ 1400 nm). Qadağan olunmuş zolağın eni Tauc əlaqəsindən istifadə edərək birbaşa ZnS diapazonu üçün udma spektrindən əldə edilən məlumatların riyazi işlənməsindən əldə edilmişdir:  $(\alpha hv)^2 = A (hv - E)$  burada  $\nu$  fotonun tezliyi, A sınıma indeksi və deşik/elektron effektiv kütlələrinin funksiyası və  $h$  Plank sabitidir.

## **$Au_3In_5Se_9$ YARIMKEÇİRİCİ BİRLƏŞMƏSİNİN FOTOKEÇİRİCİLİYİ**

**Əhmədova N.M., Qəhrəmanov N.F.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

axmedovanuray23@gmail.com

$A_3B_5^{III}C_9^{VI}$  birləşmələrinin fiziki xassələrinin öyrənilməsində onların optik və fotoelektrik xassələrinin tədqiqi xüsusi yer tutur. Bu tədqiqatlar kristalın

zona quruluşunun formalaşmasında hər hansı rolu olan bütün parametrləri: qadağan olunmuş zonanın enini, onun hansı keçidlərlə formalaşmasını, qadağan olunmuş zonada mövcud olan lokal səviyyələri, qeyri-tarazlıq yükdaşıyıcıların generasiya və rekombinasiya mexanizmlərini təyin etməyə imkan verir. Nümunənin qaranlıqdakı xüsusi keçiriciliyi  $\sigma_0$ , fotokeçiriciliyi isə  $\Delta\sigma_f$ ,  $\Delta\sigma_f \gg \sigma_0$  şərti ödənilməyindən fotokeçiricilik qaranlıq keçiriciliyin fonunda ölçülmüşdür. Fotokeçiricilik nümunə həm sabit həm də modulyasiya olunmuş işıqdan istifadə edilməklə ölçülmüşdür. Ölçməni müxtəlif temperaturalarda aparmaq üçün istifadə edilən kriostat bütün işçi həcmində müntəzəm temperatur yaratmağa imkan verir və müxtəlif sabit temperaturlar qısa müddətdə əldə edilir. Həmçinin kristal vakuum şəraitində olmasına baxmayaraq, onun temperaturu praktiki olaraq maye azotun temperaturuna qədər çatdırıla bilər. Qeyd edək ki, fotokeçiriciliyin bütün spektrləri VAX-larının Om qanununa tabe olduğu oblastda çıxarılmışdır. Kontakt indiumun vakuumda əritmə yolu ilə yaradılmışdır.  $Au_3In_5Se_9$  birləşməsinin fotokeçiriciliyinin tipik spektral asılılıqları ( $\vec{E}||\vec{X}$ ) çıxarılmışdır.

Fotokeçiriciliyin spektrlərini hesablayarkən düşən şüanın enerjisinin spektral paylanması nəzərə alınmışdır. Otaq temperaturunda  $\sigma = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{sm}^{-1}$ ,  $\mu_0 = 120 \text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ -dir. Burada spektrlər daimi və modulyasiya işıqlanma şəraitində alınmışdır. Fotokeçiriciliyin spektrlərini hesablayarkən düşən şüanın enerjisinin spektral paylanması nəzərə alınmışdır. Otaq temperaturunda  $\sigma = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{sm}^{-1}$ ,  $\mu_0 = 120 \text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ -dir. Fotohəssaslıq düşən kvantların enerjisinin 0,9-1,8 eV intervalında müşahidə olunur. Fotokeçiricilik aşqar keçiriciliyi oblastından başlayır. Lakin məxsusi oblastda spektral asılılıqlar Moss qaydasına görə qadqqaqn olunmuş zonanın enini təyin etməyə imkan verir. Bütün nümunələrdə eyni temperaturda qadağan olunmuş zonanın eni təcrübə xətası daxilində eynidir. 300 K-də  $\Delta E_g = (1.12 \pm 0.01)$  eV və 100K-də isə  $\Delta E_g = (1.16 \pm 0.01)$  eV-dir. Qadağan olunmuş zonanın temperatur əmsalı  $2 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$ -dir.

Fotocərəyan  $h\nu = 1.4 \text{ eV}$  qiymətinə qədər maksimuma çatır, enerji artıqca monoton azalır,  $h\nu = 1.4 \text{ eV}$  qiymətində kiçik əyilmə alınır və minimumdan keçərək yenidən artaraq enerjinin 1,77 eV (300K-də) və 1,7 eV (100K-də) maksimum qiymətə malik olur. Göründüyü kimi bu maksimum temperaturun artması ilə enerjinin böyük qiymətlərinə doğru sürüşür. Temperaturun 100K-dən 300K-ə qədər artması 0.07 eV sürüşməyə səbəb olmuşdur.

#### Ədəbiyyat:

1. Тагиров В.И., Гахраманов Н.Ф., Гусейнов А.Г. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа  $A_3B_5C_9^{VI}$  Ваку-2001, 304 с.

## BİNAR BƏRK MƏHLULLARIN QİDALANDIRICI XƏLİTƏLƏRİNİN ALINMASININ YENİ ÜSULU

**Məmmədli L.A., Qəhrəmanov N.F.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

lamia.mmdli@mail.ru

Təklif olunan üsul qidalandırıcı xəlitənin daxilində mikro-çatların olmaması ilə yanaşı, onun en kəsiyinin sahəsinin sabit qalmasını və xəlitə boyunca müxtəlif tərkib paylanmasını əldə etməyə imkan verir. Bu isə, öz növbəsində, yetişdirilən kristal boyunca müxtəlif tərkib paylanması almağa şərait yaradır. Tələb olunan tərkib paylanmasını almaq üçün bəzi hallarda müxtəlif üsulların kombinasiyasından istifadə etmək daha uğurlu nəticə almağa imkan verir. Tətbiq olunan texnologiyanın seçilməsi çox vaxt ikinci komponentin birincidə paylanma əmsalının  $k = \frac{C_k}{C_0}$  qiymətindən asılı olur. Məsələn,  $k > 1$  halı üçün uğurla tətbiq olunan texnologiya  $k < 1$  halında yararlı olmaya da bilər. Ona görə də hər bir halı ayrılıqda araşdırmaq və bundan sonra tətbiq üsulunu seçmək tələb olunur.

Xəlitəni düzəltmək üçün komponentlərin tələb olunan tərkibə uyğun miqdarları silindr şəkilli ampulaya doldurulur və ampulada yüksək vakuum yaradıldıqdan sonra qızdırıcının daxilində şaquli vəziyyətdə yerləşdirilir. Qızdırıcının temperaturunu tənzim etməklə ampulanın daxilindəki maddə əridilərək bircins maye halına gətirilir. Bundan sonra ampula şaquli istiqamətdə tədricən aşağı salınmaqla onun daxilindəki maddə "Bricmen" üsulu ilə kristallaşmaya uğradılır. Kristallaşma zamanı xəlitə boyunca tərkibin paylanma qanununu almaq üçün kəsilməzlik tənliyini müəyyən başlanğıc və sərhəd şərtləri daxilində həll etmək lazımdır. Kristallaşma zamanı ikinci komponentin maddə miqdarının selinin diferensial tənliyini almaq üçün ikinci komponentin kütləsinin saxlanması qanunundan aşağıdakı şərtlər daxilində istifadə edirik.

- maye fazada komponentlər müntəzəm paylanır
- kristallaşma cəbhəsindən diffuziya yolu ilə maddə axını
- kristallaşma temperaturunda hər iki komponentin doymuş həm bərk, həm də maye fazada maddənin buxarlanmasını nəzərə almamaq olar.

İstiqamətlənmiş kristallizasiya üçün kəsilməzlik tənliyini almaq üçün ikinci komponentin maddə miqdarının saxlanması qanunundan istifadə edək. Kütlə balans tənliyini belə yazarıq:

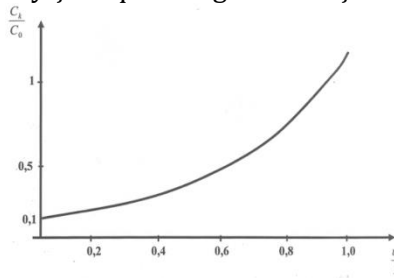
$$V_k(0)C_0 - V_k(t)C_k(t) = \int_0^t V_k C_k(t) dt \quad (1)$$

Parametrlərin ayağındakı "ə" və "k" indeksləri onların ərintiyə və ya kristallaşmış bərk hissəyə aid olduğunu göstərir. Başlanğıc şərtlər daxilində xəlitə boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanmasını tapsaq:



$$C_k(t) = kC_0 \left(1 - \frac{vt}{L}\right)^{k-1} \quad (2)$$

olar. Bu yolla alınmış xəlitəni zona əritmə üsulu ilə yenidən kristallaşmaya uğratmaqla onda tərkibin paylanma qanununu dəyişdirə bilərik. Burada əsas məqsəd paylanmanı "hamarlaşmaqdan" ibarətdir. Odur ki, burada iki hal ola bilər:  $k > 1$  və  $k < 1$ . Əyanilik üçün şəkil 1-də  $k=0,1$  qiymətində (2) ifadəsindən  $C_k/C_0$  -i xəlitə boyunca dəyişmə qanunu göstərilmişdir.



Şək. 1.

Xəlitə boyunca tərkibin paylanma qanununun istifadə üçün daha əlverişli şəkə salmaqdan ötrü istiqamətlənmiş kristaliza-siyadan alınmış xəlitəni zona əritmə yolu ilə, bir ucdan başlayaraq, yenidən kristallaşmaya uğradaq. Burda daha böyük maraq kəsb edən hal  $k > 1$  olduqda ilkin əridilmiş zonanı xəlitənin sonunda,  $k < 1$  olduqda isə başlanğıcında götürməkdir. Bununla belə, bir sıra hallarda həm  $k > 1$ , həm də  $k < 1$  olduqda hər iki variantdan istifadə etmək olar.

#### Ədəbiyyat:

1. Тагиров В.И. Полупроводниковые твердые растворы германий-кремний. Баку, «ЭЛМ», 1983.

## MAYE KRİSTALLARIN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TEMPERATURDAN ASILILIĞI

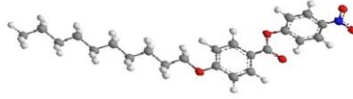
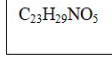
Məhərrəmzadə N.B., İmaməliyev A.R.\*

Bakı Dövlət Universiteti

nmeherremzade29@gmail.com

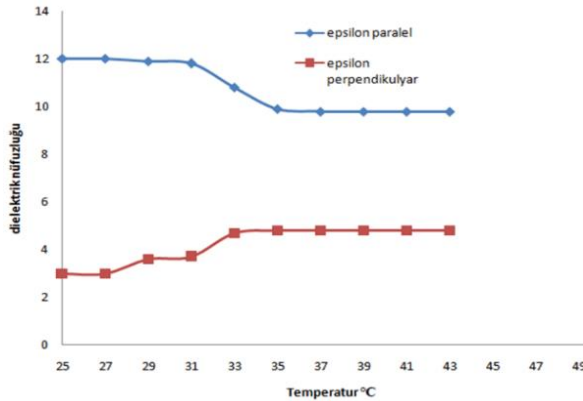
Maye kristallar bərk cisimlər ilə mayələr arasında aralıq fazaya malik olub, maddənin hər iki fazasının müəyyən xassələrini özündə daşıyan anizotrop mayələrdir. Termotrop maye kristallar müəyyən temperatur interval mövcud olur. Belə ki, intervalın aşağı sərhədindən kiçik qiymətlərdə maddə kristal fazada intervalın yuxarı sərhədindən böyük qiymətlərdə isə maddə izotrop fazada olur. Maye kristallıq fazasının temperatur intervalının idarə olunma məsələsi onların tətbiq olunduğu mühitlərlə bağlıdır. Bu işdə maye kristalın

dielektrik xassələrinə temperaturun təsiri öyrənilmişdir. Tədqiqat vasitəsi olaraq, smektik A fazaya malik olan maye kristal p-nitrofenil p-desiloksibenzoate turşusu (10NF) götürülmüşdür.



Şək. 1. İstifadə edilmiş maye kristal molekulunun 3D sturukturu

Tədqiqatda elektrooptik yuvacığa soba vasitəsi ilə bərabər sürətli temperatur verilməklə onun dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsi öyrənilmişdir. Maye kristal molekulunda olan dipollar xarici istilik enerjisi hesabına fəza quruluşunu dəyişir ki, bunun hesabınada dipolların fəzada dönmələri baş verir. Dipolların fəzada vəziyyətinin dəyişməsi elektrooptik yuvacığın dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsinə səbəb olur.



Şək. 2. 10 NF maye kristalının dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı

Elektrooptik yuvacıq vasitəsilə faza keçidi temperaturları tədqiq edilən nümunənin hər birinin planar və homeotrop teksturalı halı ayrı ayrılıqda öyrənilmişdir. Yuvacığa verilmiş temperaturun müəyyən bir qiymətindən sonra, molekullar dönməyə başlayırlar və buna uyğun olaraq mühitin dielektrik nüfuzluğunun qiyməti dəyişir və bu cihazda görünür.

#### Ədəbiyyat:

1. Ş.Ə.Hümbətov, M.Ə.Ramazanov, A.R.İmaməliyev, Z.Ə.Ağamalyev, M.N.Mirzəyev. BaTiO<sub>3</sub> hissəciklərinin smektik A maye kristalının faza keçidlərinə təsirinin tədqiqi, Azərbaycan Fizika jurnalı, 2017, 23:2, 15-19
2. M.V. Rasna, L. Cmok, D.R. Evansc, A. Mertelj and S.Dhara. Phase transitions, optical, dielectric and viscoelastic properties of colloidal suspensions of BaTiO<sub>3</sub> nanoparticles and cyanobiphenyl liquid crystals, Liquid Crystals, 2015, V. 42, No.7, 1059–1067.

## BaTiO<sub>3</sub> SEQNETOELEKTRİK NANOHISSƏCİKLƏRİNİN ÖLÇÜ EFFEKTİNİN NEMATİK MAYE KRİSTALININ ASTANA GƏRGİNLİYİNƏ TƏSİRİ

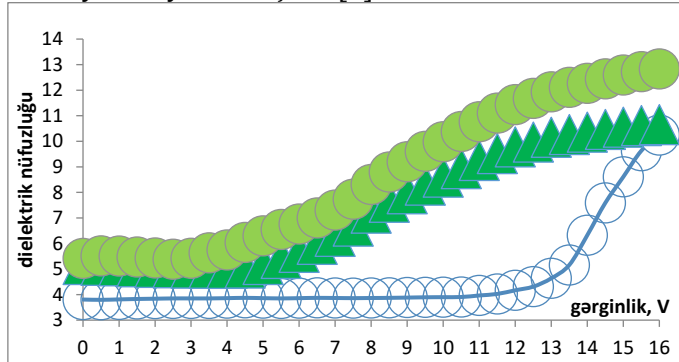
Alxasova N.H., Hümbətov Ş.Ə.\*

Bakı Dövlət Universiteti

alxasov.elmeddin2001@gmail.com

Müasir televizorların, kompüter və noutbukların, mobil telefonların və planşetlərin, ölçü cihazlarının ekranlarının maye kristal displeydən ibarət olması onların daha kiçik ölçüdə və çəkiddə düzəldilməsinə şərait yaratmışdır. Lakin son zamanlar texnologiyanın sürətlə inkişafı ilə əlaqədar olaraq, mövcud displeyli qurğuların texniki parametrləri yeni texnologiyaların tələblərinə cavab verə bilmək üçün parametrlərin yaxşılaşdırılmasına ehtiyac yaranıb. Bunun ən optimal yolu maye kristallarla başqa funksional materialların xassələrini konstruktiv şəkildə uzlaşdırmaqdır. Təqdim olunan işdə spontan polyarizasiyaya malik BaTiO<sub>3</sub> seqnetoelektrik nanohissəciklərinin ölçü effektinin maye kristalın astana gərginliyinə təsiri öyrənilmişdir. Eksperimətdə iki fərqli ölçülü (100nm və 200nm) BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərindən (1% kütlə miqdarında) istifadə edilmişdir.

Bu nanohissəciklərin maye kristalda dispersiya edilməsi məlum texnologiya əsasında yerinə yetirilmişdir. [1].



Şək. 1. Təmiz maye kristalın və kolloidlərin effektiv dielektrik nüfuzluğununelektrooptik yuvacığa verilən s gərginlikdən asılılığı: təmiz maye kristal (boş dairə); 100nm BaTiO<sub>3</sub>+MK (üçbucaq); 200nm BaTiO<sub>3</sub>+MK (üçbucaq)

Alınmış nümunələrin bircinsliyini və nanohissəciklərin ölçüsünü müəyən etmək üçün Skan edici elektron mikroskopundan istifadə edilmişdir. Maye kristalın dielektrik və elektrooptik xassələrinin tədqiqi elektrooptik yuvacığın köməyi ilə aparılmışdır. Elektrooptik yuvacığın tutumunun gərginlikdən asılılığı (volt-farad xarakteristikası) E7-20 impedansmetrində yerinə yetirilmişdir. Tədqiq olunan maye kristalın və kolloidlərin dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyası müsbət işarəyə malik olduğundan onlarda baş verən elektrooptik effekt

planar-homeotrop keçid şəklində olur. Astana gərginliyi ( $U_{th}$ ) elektrooptik yuvacığın volt-farad xarakteritikasından tapılır, çünki planar-homeotrop keçid zamanı maye kristalın effektiv dielektrik nüfuzluğu ( $\epsilon_{eff}$ ) artır ki, bu da  $C = \epsilon_0 \epsilon_{eff} \frac{S}{d}$  düsturuna görə yuvaçığın elektrik tutumunu artırır. Astana gərginliyi olaraq yuvaçığın elektrik tutumunun, yəni maye kristalın dielektri nüfuzluğunun artmağa başladığı gərginlik götürülür [2].

BaTiO<sub>3</sub> hissəciklərinin maye kristala əlavə olunması nəticəsində Frederiks keçidinin astana gərginliyinin kəskin azalması polyarlaşmış BaTiO<sub>3</sub> hissəciklərinin ətrafında güclü lokal sahənin yaranması ilə bağlıdır [1-2]. Polyarlaşmış BaTiO<sub>3</sub> hissəciklərinin bilavasitə səthi yaxınlığında lokal sahənin  $E_{loc} \sim 10^8 \frac{V}{m}$  tərtibində olduğunu nəzərə alsaq, maye kristal molekullarını döndərmək üçün kifayət edir. Eyni zamanda BaTiO<sub>3</sub> hissəcikləri daha kiçik gərginliklərdə planar-homeotrop keçidin başladığı mərkəz rolunu oynayırlar.

#### Ədəbiyyat:

1. A.R.Imamaliyev, M.A.Ramazanov and Sh.A.Humbatov. Effect of ferroelectric BaTiO<sub>3</sub> particles on the threshold voltage of a smectic A liquid crystal, Beilstein J. Nanotechnol. 2018, 9, 824–828.
2. Basu R. Soft memory in a ferroelectric nanoparticle-doped liquid crystal Phys. Rev. E 89, 2014, 022508 1-5

## PbTe NAZİK TƏBƏQƏSİNİN QURULUŞUNA ALTLIĞIN TƏSİRİ

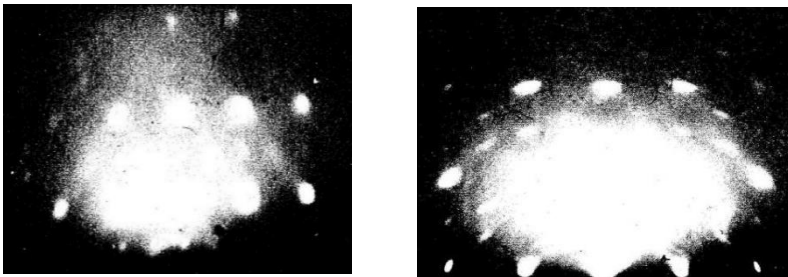
Məmmədli L.A., Sərməsov S.N.\*

Bakı Dövlət Universiteti

lamia.mmdli@mail.ru

PbTe nazik təbəqələrinin vakuumda termik emalı həmişə fiziki parametrlərin yaxşılaşmasına səbəb olmur. Təcrübələr göstərir ki, ən təkmlil səth və optimal fiziki parametrlərə malik təbəqələr altlığın temperaturu 30÷40°S termik emal, temperaturu isə 500°S seçiminə uyğun gəlir [1]. Bu temperaturda təbəqənin səthindən hər saniyədə bir monoqat buxarlanır və bu da *p-n* keçidlər alınması üçün vacib amillərdən biridir. Bu halda təbəqələrin alınmasında kondensasiya sürətinin rolu o qədər də nəzərə çarpmır, yüksək və alçaq sürətlərdə alınan təbəqələr yaxın fiziki parametrlərə malik olurlar. Halkogeni olan qızdırılmış altlıqlarda monokristal təbəqələrin yetişdirilməsi altlığın müəyyən yerində elementar kristalciq rüşeyminin yaranmasını tələb edir. Bu rüşeym nüvələr (100) altlıq səthi üzrə istiqamətlənirlər. Altlıqda yüksək konsentrasiyalı su buxarının mövcud olması istiqamətlənmə prosesinin gücləndirməsini göstər. Bu hadisə nisbətən böyük ölçüyə malik hidratlaşmış ionların qurğuşun halkogenidləri molekulların səthi üzrə tez diffuziya edərək istiqamətlənməsinə şərait yaradır. Burada su molekullarının maddə ilə qarşılıqlı təsiri baş vermir, çünki onların hidrat ionları ilə güclü rabitəsi mövcuddur. Bu səbəbdən altlığın

səthində əmələ gələn rüşeym nüvələr bir-biri ilə toqquşaraq birləşib öz ölçülərini artırır. Kristalçıqların sərhəddində atomlararası məsafəyə ciddi riayət olunmadığından, onların birləşib böyüməsi zamanı boş yerlərin əmələ gəlməsi mümkündür. *PbTe* təbəqələrinin (111) oriyentasiyasının temperatur artdıqca dəyişərək (100) orientasiyasına keçməsi göstərir ki, altlığın aşağı temperaturunda təbəqədə təsadüfi istiqamətlənən kristallaşma mərkəzləri üstünlük təşkil edir, temperaturun nisbətən yuxarı qiymətlərində isə istiqamətlər paralelləşir. Slüda və *NaCl* altlıqların temperaturu  $30 \div 40^{\circ}\text{S}$  olduqda vakuumda buxarlanma vasitəsi ilə göyərdilən *PbTe* təbəqələri istiqamətlənmiş olurlar. Analoji xüsusiyyətlər həmin altlıqların daha yüksək temperaturlarında müşahidə olunur. Bu halda alınan *PbTe* və  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  nazik təbəqələri istiqamətlənmiş quruluşa malik olurlar. Yalnız slüda altlığının aşağı  $T_a$  temperaturunda alınan iki istiqamətlənmiş (111) və (100) təbəqənin qalınlığının artması ilə strukturun pisləşməsinə gətirir. Belə iki orientasiya qalınlığı ( $0.5 \div 0.8$ ) mkm və altlığın temperaturu  $T_a=30\div 40^{\circ}\text{S}$  olduqda aşağı temperaturlu təbəqələrdə yaranır. Təbəqələrin qalınlığı  $0.05\div 1.5$  mkm aralığına uyğun gəlir. Altlıq olaraq yenicə doğranmış slüdadan istifadə olunmuşdur. Alınmış təbəqələrin strukturu əksətmə əsasında elektronların difraksiyası metodu ilə öyrənilmişdir. Difraksiya şəkilləri həm otaq temperaturunda, həm də nümunələri  $400\text{K}$  qədər qızdırdıqda çəkilmişdir. Temperaturun artması diffuz zolaqların aradan çıxması ilə müşayət olunur. Diffuz zolaqların intensivliyinin dəyişməsi göstərir ki, temperaturun artması ilə diffuz əksolma zolaqlarının intensivliyi artır. İntensivliyin bu artımı nümunələrin vakuumda qızdırılma hesabına yox, yəqin ki, təbəqədəki monokristal blokların nizamlanması ilə əlaqədardır. Bu mühakimə həmin nümunələrin yenidən otaq temperaturuna qədər soyudulması prosesində çəkilən difraksiya şəkillərinə görə birqiymətli isbat olunur. *PbTe* təbəqələrinin belə difraksiya şəkilləri şəkil-1-də təsvir olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, bizim aldığımız nəticələr bir sıra müəlliflərin nəticələri ilə kifayət qədər uzlaşır.



**Şəkl. 1.** Müxtəlif temperaturlarda çəkilmiş *PbTe* nazik təbəqələrinin elektronoqramları  
 $T_a = 30^{\circ}\text{S}$ ,  $d=500$  nm; **a)**  $T_c=30^{\circ}\text{S}$ , **b)**  $T_c=130^{\circ}\text{S}$

#### Ədəbiyyat:

1. Kumar S. Characterization of vacuum evaporated *PbS* thin films / S. Kumar, T. P. Sharma, M. Zulfequar // *Physica B.* – 2003. – Vol. 325. – P. 8–16.

## PHYSICAL PROCESSES DURING OZONE FORMATION IN CORONA DISCHARGE

Azizova T.F., Alekberov Sh.Sh.\*

Baku State University  
turkayazizova@gmail.com

In the modern world, in most developed countries, ozone is used as a strong oxidizing agent in various areas of everyday life, medicine, science and technology. Therefore, ozone electrosynthesis is considered one of the most urgent problems of today's science and technology [1,2].

Depending on the condition of destination, for the electrosynthesis of ozone, like other methods, a corona discharge is also used. The corona discharge is formed near the tips or around the electrodes having a much smaller radius of curvature. There are two types of corona in a corona discharge - a positive corona (streamer corona) and a negative corona [3].

The process from a physical point of view occurs as follows. It is believed that an electron during random ionization of a neutral molecule is accelerated in an electric field and acquires sufficient energy to ionize a neighboring molecule upon collision with it. This is how the avalanche multiplication of charged particles occurs. If only the anode coronas, the corona is called positive. In this case, primary electrons are released at the outer boundary of the corona layer as a result of photoionization of the gas by photons emitted inside the corona [3]. Accelerating in the field of the anode, these electrons shock excite the atoms and ions of the gas and generate electron avalanches in the acts of shock ionization. In the outer zone, current carriers are positive ions; the positive space charge they form limits the corona discharge current. In the negative corona, positive ions, accelerated by a strong field near the corona cathode, knock out electrons from it. Having flown out of the cathode, the electrons shock ionize the gas, generating avalanches and ensuring the reproduction of positive ions. In pure electropositive gases, the current in the outer zone is carried by electrons, and in the presence of electronegative gases with electron affinity, by negative ions arising from the "sticking" of electrons and neutral gas molecules. These electrons or ions form a negative space charge in the outer zone, which limits the corona discharge current. The glow of the negative corona is more uniform. In the positive co-

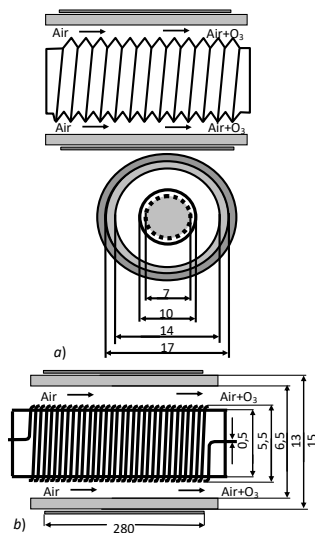
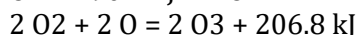
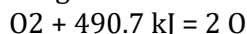


Fig.1. Active element of the ozonizer by barrier-corona discharge (dimensions are given in mm).  
a) Threaded inner electrode.  
b) Internal electrode made of a metal spiral wound tightly around a dielectric rod.

rona, an uneven fringe (streamers) is observed, accompanied by sparks when the voltage is increased. In a bipolar corona, both electrodes corona. With a periodic change in the polarity of the electrodes (corona discharge of alternating current), low-mobility heavy ions in the outer zone do not have time to reach the electrodes during one half-cycle, and space charge oscillations occur. Corona discharge at frequencies of the order of 100 kHz and above is called high-frequency.

The mechanism of ozone formation in an electric discharge occurs in the following manner:



For the formation of ozone, the minimum (theoretically) required energy is {5.16 eV/203 molecules} 1.44 kW·h/kg; (1eV = 4.45019•10<sup>-26</sup> kW·h). This value is equal to the heat of formation of ozone, since 3O<sub>2</sub> = 2 O<sub>3</sub> - 69 kcal (283.9kJ) or 1.48 eV/molecule). This gives ~0.83 kWh/kg or 1.21 kg O<sub>3</sub>/kWh.

Fig. 1 shows the cross section of the active element of the corona barrier ozonator.

#### **References:**

1. Лунин В.В., М.П.Попович, С.Н.Ткаченко. Физическая химия озона М.: МГУ, 1998, 480 с.
2. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда М.: 1989, 176 с.
3. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М., Наука, 1987, 592 с.

## **CİVƏ-ARQON QARIŞIĞINDA ZONDƏTRAFI TƏBƏQƏNİN FORMALAŞMA MÜDDƏTİ**

**Qafarova A.H., Hüseynov T.X.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

htarlan@mail.ru

Müasir dövrdə də aşağı temperaturlu qaz boşalması plazmasının tədqiqində elektrik zond üsulundan geniş istifadə edilir. Elektrik zond üsuldan istifadə edərək, aşağı temperaturlu plazmanın müxtəlif parametrlərini təyin etmək mümkündür. Qaz boşalmalı elektrovakuum cihazlarında müəyyən şərtlər daxilində işçi mühit kimi istifadə edilən plazmanın lazım olan iş rejimləri, ölçülən parametrlərin köməyi ilə seçilir. Ona görə də, elektrik zond üsuluna olan maraq öz əhəmiyyətini hələ də itirməmişdir.

Təcrübi və nəzəri tədqiqatlardan aşkar edilmişdir ki, sərbəst elektronların konsentrasiyası və ionların yürüklüyü artdıqca, zondətrafi təbəqənin formalaşma müddəti dəyişir. Sərbəst elektronların konsentrasiyası artdıqca, təbəqənin qalınlığı azalır və zond-plazma tutumunun qiyməti dəyişir. Həmin tutum

voltamper xarakteristikasının uzaq ion hissəsində maksimum və fəza potensialı qiymətində isə minimum qiymət alır. Plazmada zondun yerləşdiyi hissədə fəza potensialı qiymətində təbəqənin formalaşma müddəti maksimum olub, potensial sıçrayışı yüksəldikcə, artır.

Təcrübi araşdırmalardan məlum olmuşdur ki, civə-arqon buxarında təzyiqin  $p = 1,6 \cdot 10^{-2}$  Pa və elektronların konsentrasiyasının  $n_e = 10^{18} \text{ m}^{-3}$  qiymətində  $10^{-6}$  san təşkil edir. Apardığımız təcrübi ölçmələrdə bu zaman müddətinin dəyişməsi bir o qədər də hiss olunmurdu və potensial sıçrayışı 20 V-u aşmırdı. Aydındır ki, zondətrafi təbəqədə potensial sıçrayışı ( $\Delta U$ ) məlum olduqda, təbəqənin formalaşma müddətini

$$\Delta t_e = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\pi \bar{v}_i^3 N_i} \sqrt{\frac{2}{e M_i}}} (\Delta U)^{3/4}.$$

ifadəsi ilə tapmaq olar. İfadəyə daxil edilmiş  $\bar{v}_i$  və  $N_i$  – plazmada ionların orta sürəti və konsentrasiyası,  $M_i$  və  $e$  – uyğun olaraq, ionun kütləsi və elektronun yüküdür.  $N_i = 1 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ,  $\bar{v}_i = 2 \cdot 10^3 \text{ m/san}$ ,  $M_i = 8 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}$ ,  $\Delta U = 15 \text{ V}$  qiymətlərini yuxarıdakı ifadədə yazsaq, təbəqənin formalaşma müddəti üçün  $\Delta t_e \approx 6 \cdot 10^{-7}$  san alırıq.

Təcrübi nəticələrdən məlum olmuşdur ki, impulsların davam etmə müddəti ümumiyyətlə,  $(8 \div 10) \cdot 10^{-6}$  san intervalında dəyişir və bu zaman zond ətrafı təbəqənin formalaşmasında buraxılan xəta (zondun reaksiyası) bir neçə faizi aşmır.

#### Ədəbiyyat:

1. Гусейнов Т.Х., Дашдамиров К.М., Гарибов Г.И., Садыхзаде Г.М., Сафаров В.Г., Агаев М.Н., Расулов Э.Ф., Аллахвердиев Ш.А. // Определение вольтамперных характеристик аргоновой плазмы // Изв. вузов. физика, Россия, 2017, Т. 60, № 9, стр. 79-82.

## CdS:Mn TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

Vəliyeva N.R., Cəfərov M.Ə.\*

Bakı Dövlət Universiteti

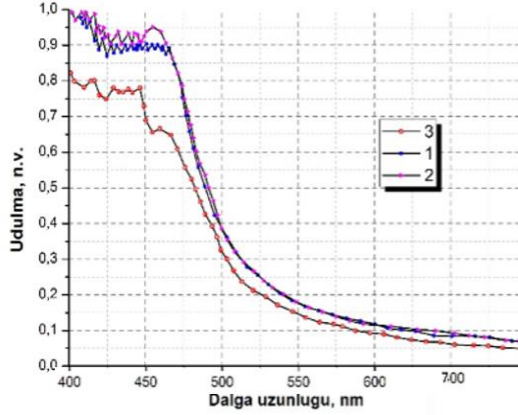
nerminveliyeva633@gmail.com

Son dövrlər, tədqiqatçılar CdS nazik təbəqələrinin alınması və fiziki xassələrinin öyrənilməsinə xüsusi diqqət yetirirlər. Bu tip heteroqəçidlərin əsasında hazırlanan günəş elementlərinin spektral diapazonunu qısa dalğalar oblastına doğru genişləndirməyə imkan verir.

*CdS:Mn* təbəqələri məhluldan kimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmışdır. Çökdürülmə prosesi otaq temperaturunda xüsusi kvarts qabda İTO şüşə lövhələrinin üzərində yerinə yetirilmişdir. ZnS nazik təbəqələrinin alınması üçün kimyəvi məhlulun optimal tərkibi aşağıdakı kimi seçilmişdir: 1:12:500 ( $1,5 \div 2,2 \times 10^{-3} \text{ M Cd}(\text{CH}_3\text{OOO})_2$ ,  $0,01 \div 0,02 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $0,005 \text{ M MnCl}_4$ ). Alınmış nazik təbəqələr üçün onların qalınlığı  $2 \text{ }\mu\text{m}$ -ə bərabərdir. CdS və CdS:Mn təbəqələrin optik udması  $340 - 800 \text{ nm}$  diapazonunda ölçülmüşdür. Optik ud-



manın tədqiqatları qrupun strukturu ilə bağlı informasiyanı verir. Şəkilə ZnS:Mn təbəqələrin udma spektrləri verilmişdir.



Şəkl. 1. CdS:Mn təbəqələrinin udma spektri, Mn %: 1-2, 2-5, 3-10.

Udma əmsalı bütün dalğa boyu diapazonu üçün Mn qatqısının artması ilə artır. Udmanın artması keçiriciliyin azalması deməkdir ki, bu da Mn daxil olması səbəbindən qalınlığın artması ilə əlaqədar ola bilər. Mn-nın miqdarının artması ilə əvvəlcə udma kənarı az da olsa uzun dalğalara, doğru sürüşür. Qadağan olunmuş zolağın eni  $T_{auc}$  əlaqəsindən istifadə edərək birbaşa CdS üçün udma spektrindən əldə edilən məlumatların riyazi işlənməsindən əldə edilmişdir:  $(ah\nu)^2 = A(h\nu - E)$  burada  $\nu$  fotonun tezliyi,  $A$  sınıma indeksi və deşik/elektron effektiv kütlələrinin funksiyası və  $h$  Plank sabitidir.

Təbəqələrin optik buraxma spektrinin tədqiqi onu göstərir ki, təbəqələrin səthinin morfolojiyası təkrar onların alınma rejimi ilə deyil, həm də termik işlənmə şəraiti ilə müəyyən olunur. Qeyd edək ki, axırncı amil daha həll edici rol oynayır.

#### Ədəbiyyat:

1. Abdinov Ə.Ş., Mehdiyev N.M, Tarasov L.B. Optoelektronika. Bakı: Maarif, 2005, 410 s.

## STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF MAGNETIC IRON OXIDE NANOPARTICLES WITH VARIOUS POLYMER COATING AGENTS

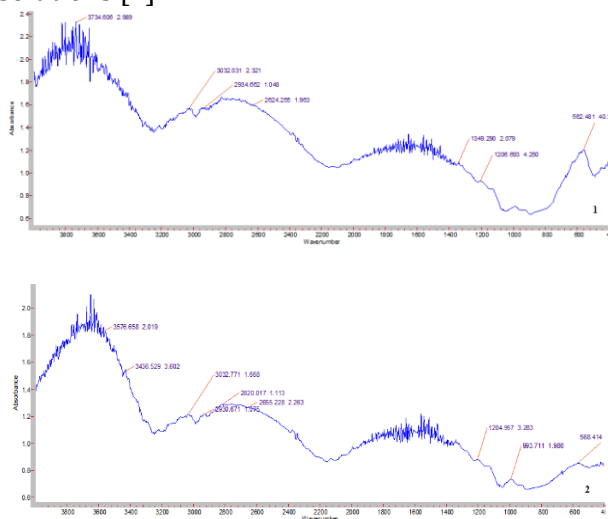
Aghayeva F.A., Karimova A.H.\*

Bakı Dövlət Universiteti

farganagayeva@icloud.com

Magnetite nanoparticles (MNPs) have attracted significant attention for different biomedical applications, including heat mediators in hyperthermia, nanocarriers for drug delivery and contrast agents in magnetic resonance imaging [1]. In these applications, control of particle size, size distribution, shape

as well as surface modification are critical steps required for effectively implementing the utilization of MNPs. It was established that the unmodified MNPs have high surface energy which makes them thermodynamically unstable and grounds their agglomeration. It is caused by the interaction of MNPs due to their strong magnetic dipole-dipole attraction and steric effects coming from van der Waals forces. Aggregated MNPs are recognized by the reticulo-endothelial system and are accordingly eliminated from the blood circulation. Therefore, some coating procedures with various materials, for instance, long-chain-like polymer materials are required to improve their stability in highly ionic solutions [2].



**Fig. 1.** FT-IR spectra of iron oxide nanoparticles obtained with different coating agents: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+PEG - 1; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+chitosan - 2.

In this study, magnetic iron-oxide nanoparticles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs) were synthesized by the chemical co-precipitation synthesis method, and the samples were produced by using polyethylene glycol (PEG) and chitosan as biocompatible coating agents. The samples' structure characterization is accomplished by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) (Figure 1).

Figure 1 shows the FT-IR Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs spectra of obtained with different coated agents. The characteristic absorption bands of NPs in the IR region are in the range of 400-600 cm<sup>-1</sup> [3]. The absorption lines at 568 cm<sup>-1</sup> on the FT-IR spectrum of chitosan coated NPs correspond to the vibrational oscillations of the Fe-O bond [4]. On the spectrum of the PEG-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, the band corresponding to the Fe-O bond was blue-shifted. The shift can be explained by the strengthening of the interaction between the stabilizer and the NP at the supramolecular level, the decrease in the degree of freedom of the atoms of the NP, in other words, the decrease in the frequency of oscillations of the Fe-O bond.

**References:**

1. P.M. Martins, A.C. Lima, S. Ribeiro, S. Lanceros-Mendez, and P. Martins "Magnetic Nanoparticles for Biomedical Applications: From the Soul of the Earth to the Deep History of Ourselves," CS Appl. Bio Mater. 2021, 4, 8, 5839
2. R.A. Bohara, N.D. Thorat, S.H. Pawar. Role of functionalization: Strategies to explore potential nano-bio applications of magnetic nanoparticles. RSC Adv. 2016, 6, 43989
3. M. Martínez-Cabanas, M. López-García, J.L. Barriada, R. Herrero, de Vicente. Green synthesis of iron oxide nanoparticles. Development of magnetic hybrid materials for efficient As(V) removal. J. Chem. Eng. 2016, 301, 83
4. F. Ahangaran, A. Hassanzadeh, S. Nouri Surface modification of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> microsphere by silane coupling agent. Int. Nano Lett. 2013, 3(1), 1

**MƏSAMƏLİ MATERIALLARIN SUPERTUTUMLARDA  
İSTİFADƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Süleymanova A.V., Muradov M.B.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*a.suleymanova175@gmail.com*

Məsaməli materiallar aşağı sıxlığa, böyük xüsusi səthə və fiziki, mexaniki, istilik, elektrik və akustik sahələrdə bir sıra yeni xüsusiyyətlərə malik materiallar sinfidir. (Metal Injection Fording Handbook, 2012) Məsaməli materiallar, adsorbsiya və saxlama, kataliz, ion mübadiləsi, nanotexnologiya və s. Bir çox insan məsaməli materiallar termini ilə tanış olmasa da, bunlar zərərli qazların çıxarılması, nəmləndiricilər və s. kimi insanların bir çox gündəlik ehtiyaclarını ödəyən materiallardır. Mikroskopik miqyasda məsaməli materiallara baxsaq, məsaməli materialları kütləvi şəkildə yığılmamış məsaməli maddə atomları və öz atomları arasında boşluqları olan kimi müəyyən etmək olar. Təbiət məsaməli materialların əyani nümunəsini təqdim etmişdir. Şübhəsiz ki, bir çox altıbucaqlı hüceyrələr tərəfindən qurulan pətək, məsaməli materiallar anlayışını daha yaxşı başa düşməyimizə kömək edə biləcək məsaməli materialın çox yaxşı nümunəsidir. Pətək "ev sahibi", bal arısı isə "qonaq" kimi qəbul edilə bilər. Beynəlxalq Təmiz və Tətbiqi Kimya İttifaqının (IUPAC) tövsiyə etdiyi nomenklaturaya əsasən, məsaməli materialları məsamə ölçülərinə görə üç kateqoriyaya bölmək olar:

1. Mikroməsaməli materiallar (məsamə diametri < 2 nm olan) Əsasən sərmayə qoyulmuş nikel-super ərintilərdə mövcud olan mikro məsaməlilik super ərintilərin mexaniki xassələrinə mənfi təsir göstərir.

2. Mezoporozlu materiallar (məsamə diametrləri ilə). 2 ilə 50 nm arasında) Mezoporoz materiallar (M41S) son illərdə Mobil şirkətinin tədqiqatçıları tərəfindən sintez edilmişdir

3. Makroməsaməli materiallar (məsamə diametri > 50 nm olan) Makroməsaməli çərçivələr nizamsız qurd dəliyinə bənzər massivin əlçatan və bir-birinə bağlı mezoporları olan nanohissəciklərdən ibarətdir.

Məsaməli karbon əsaslı elektrod materialları yaxşı fiziki-kimyəvi sabitliyə, yüksək səth sahəsinə tənzimlənən məsamə quruluşuna və əla elektrik keçiriciliyinə görə supertutumlarda geniş istifadə edilmişdir. Onların supertutumların performansına təsir edən amillər xüsusi səth sahəsi məsamə strukturu, səth heteroatomları struktur qüsurları və elektrod strukturu daxil olmaqla təhlil edilir. Yüksək səth ionlar üçün əlçatan olan ərazi onların saxlanması üçün bol aktiv sahələr təmin edir, uyğun məsamə quruluşu ilə yerləşmə və ionların yayılması, bununla da elektrodların xüsusi tutumuna və sürət göstəricilərinə təsir göstərir. Mezoporlar ionların daşınması üçün əlverişli olduğu halda həcmli enerji sıxlığını artırmaq üçün paylanma tələb olunur, beləliklə, mikro və mezopor həcmli supertutumların həm enerji həm də güc sıxlıqlarını yaxşılaşdırmaq üçün vacibdir. Struktur qüsurları, səth heteroatomları və rasional elektrod struktur dizaynı bütün tutum performansında mühüm rol oynayır.

## **DOLDURUCU ŞƏBƏKƏSİNİN MAQNİT ORİYENTASIYASI İLƏ TƏNZİMLƏNƏN NANOKOMPOZİTLƏRİN ANİZOTROPİK GÜCLƏNDİRİLMƏSİ**

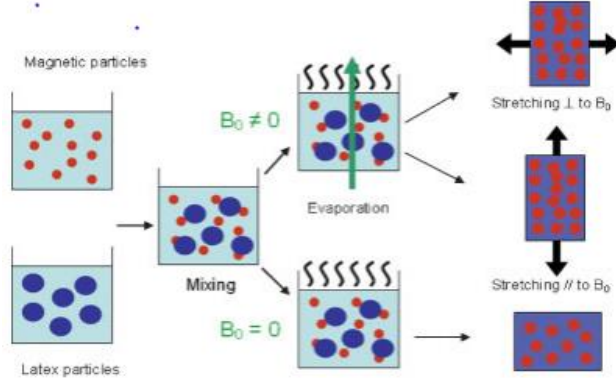
**Məmmədova S.E., Muradov M.B.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mmdva0221@gmail.com*

Son illərdə polimerlərin möhkəmləndirilməsi üçün nanometr ölçülü doldurucu materiallarına qədər bir sıra doldurucuların tətbiqi nümunənin xüsusiyyətlərinin başa düşülməsində böyük irəliləyişlərə səbəb olmuşdur. Doldurucu kimi maqnit istifadə etmək daha rahatdır. Bununla da nanokompozit materialın dizaynına, onun xassələrinin tənzimlənməsinə nail olmaq mümkündür. Bu zaman iki yol mümkündür: sintez zamanı və sintezdən sonra materialı sahəyə tətbiq etmək [1]. Nümunə kimi lateks filmindən hazırlanmış kompozitləri maqnit hissəcikləri ilə doldurub 2 mərhələdə sintez edilir. 1- ci mərhələdə maqnit hissəcikləri sintez olunur, 2- ci mərhələdə hissəciklər silisium təbəqəsi ilə örtülür. Silisium qabığı hissəcikləri lateksə uyğunlaşdırır. Sintezin hər addımından sonra nümunələrə SANS metodu tətbiq olunur. SANS – kiçik bucaqlı neytronların səpilməsi metodudur. SANS metodu ilə polimerlərin, nanokompozitlərin xassələrini daha dərinədən öyrənmə bilirik. Bundan əlavə polimer molekullarının məhlulda uyğunlaşmasına, polimer qarışıqlarının qarışmasına təsir edən amillərə nəzər yetiri bilirik. SANS metodunda obyektə neytronlar, işıq şüası yönəldilərək dalğa vektoru  $2\pi/\lambda$  ilə tapılır. SANS metodunda neytronun dalğa uzunluğunu təyin etmək üçün sürət seçicisindən istifadə olunur. Səpəlmə bucağını dəqiq tapmaq üçün şüanın trayektoriyası dəqiq müəyyən edilə bilər. Nümunənin ölçüsünü artırmaqla səpilməni artırmaq mümkündür [2]. Bu zaman neytron bələdçisi, sürət seçicisi, kollimator, nümunə, şüadayandırıcı,

detektordan istifadə edilir. Anizotropik gücləndirmə materialın müxtəlif istiqamətlərdə fərqli xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə imkan verir. Nanohissəcik, polimer və lifdən istifadə edərək istilik təzyiqi metodu ilə nanokompozit alınır. Kompozit dedikdə bir neçə hissədən ibarət material başa düşülür.



Şək. 1.

Şəkil 1-də polimer filmlərə maqnit nanohissəcikli doldurucuların daxil edilməsi üçün sintez sxeminin təsviri göstərilmişdir. Burada daimi sahə ilə doldurucuların istiqamətləndirilməsini görə bilərik [3].

#### Ədəbiyyat:

1. Z. Varga, G. Filipcsei, M. Zrinyi, Polymer 2006, 47, 227.
2. H. Montes, F. Lequeux, J. Berriot, Macromolecules 2003, 36, 8107.
3. J. Oberdisse, Macromolecules 2002, 35, 9441

## Hg<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te YARIMMAQNİT YARIMKEÇİRİCİSİNİN KVANT TƏBƏQƏSİNDƏ OPTİK UDULMA

Dəmirov R.Y., Əliyev M.N.\*

Bakı Dövlət Universiteti  
damirovraghib@gmail.com

Özünün yeni unikal maqnitooptik və maqnitokinetik xassələrinə görə yarımmaqnit Hg<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te birləşməsi cihaz və qurğu bazarı üçün çox böyük maraq kəsb edir. Bu yeni xassələr yükdaşıyıcıların (elektron və deşiklərin) spinlərinin lokal Mn ionlarının spinləri ilə qarşılıqlı təsirinə nəticəsi olaraq yaranır. Belə qarşılıqlı təsir Hg<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te-də çox böyük Faradey fırlanmasına gətirir. Bu isə bu birləşmələr əsasında optik çeviricilər, modulyatorlar və optik maqnitometrlerin hazırlanmasına imkan yaratmış olur. Bunların digər mümkün tətbiq sahələrinə Rentgen detektorları, daxildir ki, bunlarda civənin atom kütlə ədədinin böyük olması Hg<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te-un Rentgen şüalarını güclü udma-

sına rəvac verir. Bundan əlavə bu yarımmaqnit yarımkeçiricilər tənzimlənən infraqırmızı detektorların hazırlanması üçün çox uyğun maddədir.

Təqdim olunan işdə birelektronlu effektiv kütlə yaxınlaşmasında Şredinger tənliyinin həllindən  $Hg_{1-x}Mn_xTe$ -un kvant təbəqəsindəki yükdaşıyıcıların (elektron və deşiklərin) enerji spektri və dalğa funksiyaları tapılmış və onların əsasında optik udulma əmsalı( $\alpha$ ) hesablanmış və bu əmsal üçün düşən işıqın enerjisindən ( $\hbar\omega$ ) və kvant təbəqəsinin qalınlığından ( $d$ ) asılı ifadə alınmışdır. Göstərilmişdir ki, fiksə olunmuş qalınlıqda işıq enerjisinin kvant ölçü səviyyələrinin enerjilərinə bərabər olan qiymətlərində rezonans pikləri alınır. Təbəqənin qalınlığının kiçilməsi ilə bu piklər böyük enerjilər tərəfə sürüşür.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Landolt-Börnstein. Semiconductors. New Data and Updates for IV-IV, III-V, II-VI, I-VII Compounds, their Mixed Crystals and Diluted Magnetic Semiconductors. (Editor: U. Rössler) Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2012), 679pp.
2. J. Kossut J.A.Gaj (Editors). Introduction to the Physics of Diluted Magnetic Semiconductors Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2010),492.

## **HIGH DEGRADATION OF METHYLENE BLUE USING A NEW NANOCOMPOSITE BASED ON Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS NANOWIRES**

**<sup>1</sup>Isayeva L.R., <sup>2</sup>Gahramanli L.R.\***

*<sup>1</sup>Baku State University*

*<sup>2</sup>Instituto Nazionale di Fisica*

*Nucleare - Laboratori Nazionali di Frascati LNF*

*laleisayeva526@gmail.com*

To create Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS hybrid nanocatalysts synthesized by polyol synthesis and cation exchange and photo-reduction method. This new type of nanocatalysts has been used for the degradation process of Methylene Blue (MB) dye. The degradation of MB by an Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS nanocatalyst in the three ambiances (acid, neutral, alkaline) has been studied in this research. The degradation process was carried out for various hours in different pH degrees under the influence of sunlight using Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS hybrid nanocatalyst.

The Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS nanocatalyst was characterized by XRD and UV-Vis for determining crystal structure and adsorption mechanism for determining photodegradation efficiency. In Fig.1. shown the XRD pattern of Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS nanocatalyst.

After successfully synthesizing core-shell type nanocatalysis used in the example of MB dye, the photodegradation efficiency of the dyes under the influence of sunlight in different time intervals (1, 2, 3, 4 and 5 hours) and in different pH ambiances. After appropriate experiments, the samples were examined by the UV-Vis spectroscopy method, and the degradation efficiencies

(Graph 1) were determined according to hours in each environment based on equation (1).

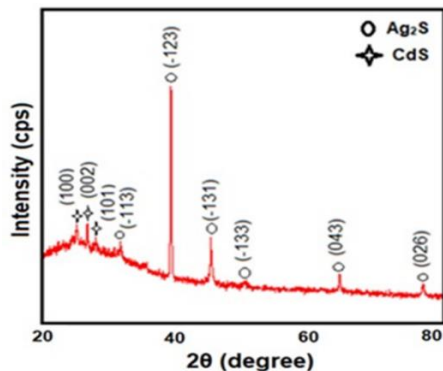
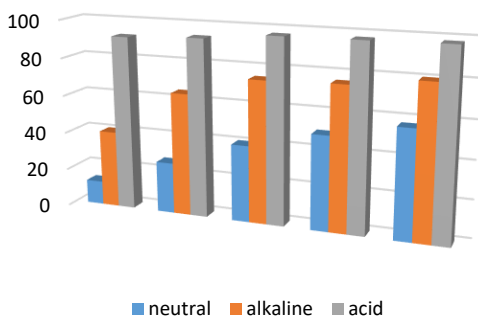


Fig. 1. The XRD pattern of the Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS hybrid nanocatalysts.

$$R = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100\% = \frac{I_0 - I}{I_0} \quad (1)$$



Graph 1. Degradation efficiency in different pH degrees

Table 1

Degradation efficiency (%) for MB of 3 different ambiances with Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS hybrid nanocatalysts with exposure time

Time (hours)	ambiances		
	neutral	alkaline	acid
1	12.47	40.58	91.87
2	26.91	64.54	93.56
3	40.41	74.67	96.93
4	49.76	75.68	97.36
5	57.02	80.08	97.92

These circumstances (acidic atmosphere and newly created Ag-Ag<sub>2</sub>S-CdS nanocatalysts) can serve as a model for efficient and affordable wastewater treatment.

## ELECTROPHYSICAL PHENOMENA IN METAL GaAs CONTACTS

Mehtiyeva Sh.K., Mammadov R.Q.\*

Baku State University

sahanemehdiyeva17@gmail.com

The voltage dependence of the current flowing in isolated metals and semiconductors is determined by Ohm's law and is linear and symmetrical. However, in the transitions obtained from their direct contacts, the dependence between the current and the voltage, that is, the volt-ampere characteristic (VAX), is linear in some cases, and non-linear in other cases. The resistance of metal-semiconductor junctions (MSJ) with nonlinear VAX depends on the direction of current flow: the direction with a small resistance is straight, and the direction with a large resistance is called the opposite direction. Such metal-semiconductor junctions are commonly called rectifying metal-semiconductor junctions or Schottky diodes. Electronic processes occurring in Schottky contacts, which are widely used as a component element in practically all devices of modern electronic equipment, are currently being intensively studied.

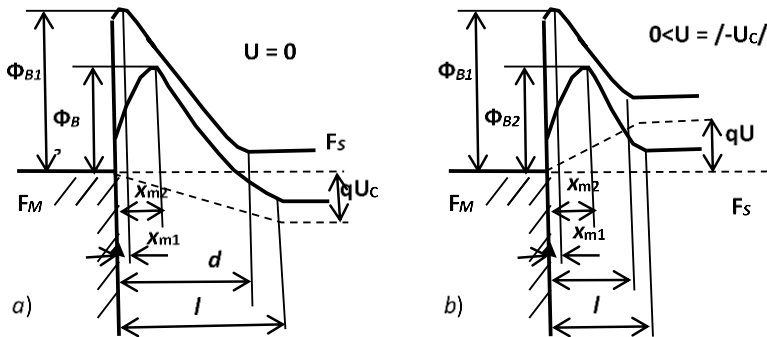
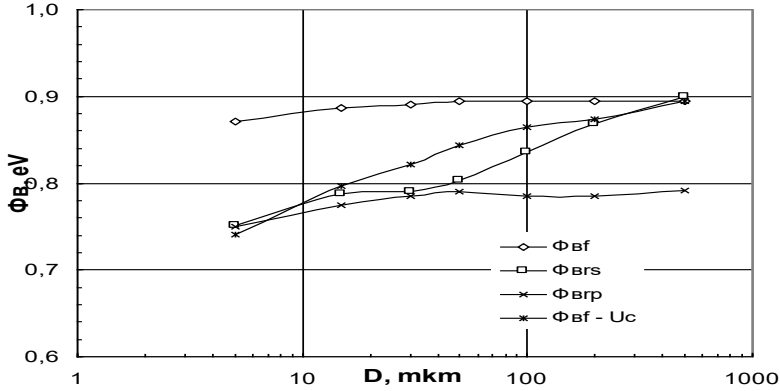


Fig.1. Two-potential barrier energy structure of real MSJ junctions

The electrophysical phenomena occurring in the MSJ are determined by their energy structure. An ideal MSJ is characterized by a potential barrier energy structure developed by Schottky. It has been established that in a real, i.e. limited non-bigger contact surface, an additional electric field (AEF) is created along the periphery of the contact due to the limitation of the contact surface, and due to its effect, the MSJ is characterized by the energy structure with two potential barriers shown in Figure [1]. In the presented report, the influence of an additional electric field (AEF) on the electrophysical properties of metal-GaAs MSJ diodes is interpreted. In MSJ, there is a difference in the formation of additional electric field stress between the heights of the potential barrier in the straight and opposite directions. The occurrence of additional electric field (AEF) in the sub-contact part along the periphery clarifies the emergence of



important differences between real and ideal Schottky diodes. Figure 2 shows the dependences of the potential barriers and the potential of the AEF in the forward ( $\Phi_{Bf}$ ) and opposite ( $\Phi_{Brs}$  and  $\Phi_{Brp}$ ) directions of the Au-nGaAs MSJ on the contact diameter.



It can be seen from the figure that the height of the potential barrier differs by more than 100 eV in the direct and opposite directions.

**Reference:**

1. Мамедов Р.К. Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пята, Баку, БГУ. 2003,231 с.

## SAİT VƏ SAMİT SƏSLƏRİN ENERJİ MAKSİMUMLARINA ƏHATƏ OLUNDUQLARI FONEMLƏRİN TƏSİRİ

**Məmmədzadə A.M., Əliyev L.P.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

arzu.memmedzade246@gmail.com

Səsinə və nitqinə görə danışanın eyniləşdirilməcində formantların müqayisəsi metodundan geniş istifadə olunur. Formant dedikdə danışiq siqnalının spektrində vokal traktın ölçülərinə uyğun əsas akustik rezonanslar - enerji maksimumları başa düşülür. Bu enerji maksimumlarına uyğun tezliklər formant tezlikləri adlanır [1, 2].

İnsanın ağız boşluğundan gələn hava axını səs mənbəyini - səs tellərini rəqsə gətirir. Onların rəqsi, əsas tonu və çoxlu sayda harmonikalari yaradır. Ağız boşluğu, burun boşluğu və udlaq boşluğu birlikdə rezonatorlar sistemi olub, bir-birinə nəzərən konfigurasiyalari dəyişə bilir (deməli həm də məxsusi tezliyi dəyişə bilir).

Səs mənbəyi rezonatorlar sistemində məxsusi rəqslərini yaradır. Biz eşitdiyimiz insan səsi səs mənbəyində, rezonator sistemində yaranan səslərin çevrilməsi nəticəsində alınmış mürəkkəb səsdır. Rezonatorun səsin spektral tə-

kibində nisbətən güclü olan məxsusi tezlikləri formant tezlikləridir.

Formantın tezliyi nitq mənbəyinin konfigurasiyası ilə müəyyən olunur və səs mənbəyinin xassəsi ona təsir etmir. Burun, boğaz və ağız boşluğundan ibarət rezonatorlar sisteminin rezonans xasəsinin səs mənbəyindən asılı olması, formant tezliyinin ancaq tələffüz orqanlarının xüsusiyyətini əlaqələndirməyə imkan verir. Yəni, formant tezliyinə görə tələffüz orqanlarının vəziyyəti barədə mühakimə yürütmək mümkündür.

İlk iki formant - F1 və F2 formantları linqvistik fərqləndirmə üçün əhəmiyyətlidir. Sait nə qədər açıq olarsa 1-ci formantın F1 tezliyi o qədər yüksək olar. Sait nə qədər dilönü tələffüz olunarsa 2-ci formantın F2 tezliyi o qədər yüksək olar. Saitin dodaqlanması formant tezliyini aşağı salır. F3, F4 və daha yuxarı formantlar səslərin tələffüzündə individual fərqləri xarakterizə edir. Spektrin aşağı tezlik oblastında əsas tona uyğun piklər əmələ gəlir ki, bu da kişi səsi üçün 90 - 250 Hs, qadın səsi üçün isə 180 - 400 Hs intervalında dəyişir. Müəyyən olunmuşdur ki, səslərin enerji maksimumlarına onların əhatə olunduqları fonemlər təsir göstərir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Ковал С.Л., Тамель И.Б., Галунов В.И. Биофизика речеобразования. В кн.: Модели речевого процесса в норме и патологии. Л.: АН СССР, 1980, стр. 25-43
2. Алиев Л.П. «Формантная структура некоторых гласных звуков в азербайджанском языке» - Судебная Экспертиза. Современное Состояние и Перспективы Развития. Министерство юстиции Украины. Международная научно-практическая конференция. Киев-2010. Стр. 209-211

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CREATION OF MICRO AND NANOSTRUCTURES ON THE SURFACE OF POLYMERIC MATERIALS ON THE PERFORMANCE OF THE TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR**

**Hajiyev A.R., Gulahmadov O.G.\*<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Baku State University, Faculty of Physics*

*<sup>2</sup>Baku State University, Nanoscience Research Laboratory  
of the Center for Excellence in Research, Development, and Innovation  
aydinhaciyev013@gmail.com*

Triboelectric nanogenerators (TENGs) have a simple operation mechanism compared to other energy harvesting systems and can harvest electricity from all mechanical energy sources such as human movements in daily life. The use of thin polymer films as triboelectric material makes TENGs lighter and more portable than other energy harvesting systems. TENG converts mechanical energy into electrical energy based on contact electrification and electrostatic induction processes. When two triboelectric materials come into contact and separate, the contact surface of one material becomes positively

charged, and the other negatively charged. This is similar to the principle of lightning in the air, and we sometimes encounter this phenomenon in our daily lives when we shake hands or touch metals. The morphology of the surface of triboelectric materials is considered a very important factor for its electrical and mechanical properties. Thus, changing the size or shape of the surface structures fundamentally affects the electrical properties of the TENG. Therefore, the investigation of the size and shape of the surface structures is very important from the point of view of the output performance of TENGs.

Since the structures on the surface of the triboelectric layer have been reported to have a significant effect on the performance of TENGs, various structures have been tested in order to improve the performance of TENGs. Regularly aligned arrays or irregularly shaped micro- or nano-bumpy structures are incorporated into the surfaces of the triboelectric layer by molding or printing. The effect of porous structures on the output parameters of the TENG by creating pores on or in polymeric materials was investigated. During the studies, it was found that the efficiency varies from 125 to 800%. Micro or nano-fibrous structures were introduced by the electrospinning method. Some irregular structures are created on the surface of polymeric materials by physical or chemical synthesis, such as inductively coupled plasma technology. Multiple studies have investigated the effectiveness of micro and nanostructures on fibers, polymers, and various materials for TENG performance enhancement. These studies show that the surface pattern can improve TENG performance by increasing the contact area between the two materials and by providing more charge transfer paths.

In conclusion, the search results indicate that creating micro and nanostructures on the surface of the polymer materials can have a significant positive impact on the performance of TENGs due to improvements in charge generation and transfer. Additionally, the use of polymers as the material for TENG fabrication has been shown to have a positive effect on TENG performance due to the prospects for creating micro and nanostructures through maskless lithography.

**References:**

1. Ibrahim, Mervat, Jinxing Jiang, Zhen Wen, and Xuhui Sun. "Surface engineering for enhanced triboelectric nanogenerator." *Nanoenergy Advances* 1, no. 1 (2021): 58-80.

## **BÖLMƏ 4 FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI**

### **ORTA MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA “ELEKTROMAQNİT DALĞALARI” MÖVZUSUNUN TƏDRİSİNİN POLİTEXNİK ƏHƏMİYYƏTİ**

**Babayeva F.Ş., Rəhimov R.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*bfatime126@gmail.com*

Orta məktəb fizika kursunda “Elektromaqnit dalğaları” (EMD) mövzusunun tədrisi həm elmi, həm də politexnik əhəmiyyətə malik olub, şagirdlərə əsasən “Elektromaqnit induksiya qanunu”, rəqs konturunda baş verən hadisələr, Maksvelin “Elektromaqnit sahə nəzəriyyəsi”-nin elementləri vasitəsi ilə bu mövzulara aid olan anlayışların formalaşdırılması ilə həyata keçirilir. Bu mövzuları öyrənməklə onlar radiodalğalar vasitəsi ilə kodlaşmış siqnalların ötürülməsi, şüalanan dalğaların parametrlərinin dəyişdirilməsi, modulyasiya, onların qəbul edilməsi kimi proseslərlə tanış olurlar. Bölmənin tədrisi prosesində şagirdlərə müasir rabitə vasitələrinin yaranması, inkişafı və tətbiqləri haqqında məlumat vermək və onların istifadə olunmasına aid referat hazırlamağı təklif etmək lazımdır.

Müasir dövrdə texnika hər bir insanın həyatına və məişətinə daxil olmuşdur. Şagirdlər radio, televiziya, müxtəlif elektrik cihazları, nəqliyyat və rabitə vasitələri ilə həyatlarının erkən yaşlarından tanış olurlar. Ona görə də belə vasitələrlə tanışlıq onlar üçün daha maraqlı və eyni zamanda daha asan başa düşülən olması ilə fərqlənir. Onlar əmin olurlar ki, EMD müasir insanın həyatında mühüm rol oynayır. Onun köməyi ilə insanlar məlumatı ötürür, məlumat mübadiləsi edir, bir-biri ilə ünsiyyətdə olur, ətraf mühiti öyrənirlər. Müəyyən tezlik diapazonuna malik olan EMD-ı radiolokasiyada, radionaviqasiyada, geodeziyada, fizioterapiyada, termik aşılamada, qida məhsullarının qızdırılmasında və s. sahələrdə istifadə olunur.

Şagirdlərə elektromaqnit sahəsinin mənbələri haqqında ətraflı məlumat vermək lazımdır. Bu mənbələrə elektrikötürmə xətləri, məişət elektrik cihazları, personal kompüterləri, radio-televiziya stansiyaları, peyk və mobil rabitə vasitələri, radar qurğuları və s. aiddir. Ətraf aləmin məsafədən müşahidəsi zamanı elektromaqnit şüalanması ən yaxşı vasitədir. Müxtəlif obyektlərdən gələn EMD-ı spektrlərə ayıraraq, onlar haqqında ətraflı məlumat almaq olur.

Son zamanlar gündəmdə olan əsas hadisələrdən biri Türkiyədə baş verən zəlzələdir. Zəlzələnin baş verə biləcəyini proqnozlaşdırmaq üçün elektromaqnit dalğalarının yayılması zamanı baş verən dəyişikliklərə xüsusi diqqət verilməsi vacibdir.

Alimlər müəyyən etmişlər ki, seysmik aktivliyin artma dövründə elektromaqnit şüalanması baş verir. Zəlzələ xəbərvericilərin öyrənilməsi məqsədi ilə Yerin dəyişən elektromaqnit sahəsinin monitorinqi aparılır. Alimlər müəyyən etmişlər ki, geodinamik gərginliyin baş verdiyi və sonradan zəlzələ ilə nəticələnə biləcək zona istiqamətində yayılan EMD-nın bu prosesdən əvvəlki koherentliyi pozulur. Məlumdur ki, Yerin daxili maqnit sahəsi ilə bağlı olan və gərginlik zonasından şüalandırılan dövrü dalğaların yaşama müddəti, bu dalğaları yaradan ocağın geodinamikasından, ölçülərindən, yerləşmə dərinliyindən asılıdır. Deməli EMD dərinlikdən asılı olaraq aid olduqları mühitin elektromaqnit xüsusiyyətlərini əks etdirirlər.

Beləliklə, orta məktəb fizika kursunda “Elektromaqnit dalğaları” mövzusunun öyrənilməsi və onun praktikada tətbiqinin əhəmiyyətinin əsaslandırılması fizika tədrisində politexnik təlimin əsas istiqamətlərindən biri kimi səciyələndir.

**Ədəbiyyat:**

1. Ş.Əlizadə, İ.İsmayılov. Fizikanın tədrisi metodikası. Bakı, 2018.
2. Q.Şərifov, R.Abdurazaqov, R.Əliyev. Orta məktəb XI siniflər üçün fizika dərsləri, Bakı, 2018.
3. В.П.Орехов, А.В.Усова Бетодика преподавания физики в 8-10 классах. часть 2. Москва 1980.

**MƏSƏLƏ HƏLLİ PROSESİNDƏ İSTİFADƏ OLUNAN  
FUNDAMENTAL ANLAYIŞLARIN ROLU**

**Abasova T.R., Əhmədova A.B.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*tehminabasova23@gmail.com*

Orta məktəb kursunda tədris prosesində nəzəri biliklərin möhkəmləndirilməsi şagirdlərin praktiki bacarıqlarını formalaşdırılması üçün məsələ həllinin əhəmiyyəti əvəzolunmaz faktlardan biridir. Elmi-texniki tərəqqinin sürətli inkişafı respublikamızda yeni təhsil konsepsiyasının qəbul edilməsi və bununla bağlı qarşıya qoyulan tələblər təhsilə yanaşmanı yeni əsaslar üzərində nizamlamağı zərurətə çevirir. Belə əsasların mahiyyətini təlim prosesində yenidən işlənmiş və sistem halına gətirilmiş ümumi metodlar və daha ümumi anlayışlar digər ümumi metodoloji prinsiplər təşkil edir. Müəllimlər və tələbələr üçün təqdim olunan bu vəsaitdə fizikadan məsələ həlli prosesində eləcə də məsələ həlli dərslərində xüsusi əhəmiyyət kəsb edən ümumi və xüsusi yanaşmalar təqdim edilmişdir. Vəsaitdə kəmiyyət, keyfiyyət eksperiment məsələlərin həlli metodları təqdim edilməklə yanaşı həm də bu qrup məsələlərin bir çox həll nümunələri veriləni (soruş) öz əksini tapmışdır. Fizika kursundan dərslər aparən müəllimlərə məlumdur ki, tələbələr eləcə də şagirdlər nəzəriyyəni

çətinlik çəkmədən öyrənir, qanun və anlayışlara aid düsturları yadda saxlayır ancaq məsələ həllində çətinlik çəkirlər. Əlbəttə fizikadan məsələ həll etmək asan deyil. Yəni məsələ həll etmək üçün fizikada nəzəriyyəni bilmək zəruri şərt olsada kafi şərt deyildir.

Deməli konkret nəzəri biliklərə yiyələnməklə yanaşı həm də təcrübədə məsələ həlli prosesində əldə edilməmiş daha ümumi biliklərə malik olmaq lazımdır. Belə ümumiləşmiş biliklərin əsasını metodoloji xarakterə malik olan fundamental fiziki anlayışlar təşkil edir. Məsələ həlli prosesində istifadə olunan belə fundemantal fiziki anlayışlar aşağıdakılardır: fiziki sistem, fiziki kəmiyyət, fiziki qanun, fiziki sisteminin halı, qarşılıqlı təsir, fiziki hadisə, ideallaşdırılmış obyektlər və proseslər, fiziki model. Bu anlayışlar bir biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olub sistem təşkil edirlər. Ən əhəmiyyətlisi isə fiziki hadisənin digər fundamental anlayışlarla əlaqəli olmasıdır. Bu anlayışlar sistemindən istifadə olunması fizika məsələsini fiziki hadisə kimi təqdim etmək olar hansı ki, bu hadisədə müəyyən əlaqələr və kəmiyyətlər məlum deyildir. Əgər fizika məsələsi hər hansı hadisəni əks etdirirsə o zaman həm bu hadisə haqqında təsəvvürə malik olmaq həm də istənilən fiziki hadisəni analiz etmək bacarığına malik olmaq lazımdır. Fiziki hadisənin analizi fiziki sistemin seçilməsindən başlayıb müəyyən tənlilər sistemin tərtib edib axtarılan kəmiyyəti müəyyən edib alınan nəticəni qiymətləndirməklə bitir. Təbii ki bu proses fizika qanunlarını və metodlarını tətbiq etməklə aparılır. Onda məsələ həlli prosesində üç mərhələ bölə bilərik. 1) fiziki mərhələ 2) riyazi mərhələ 3) həlin analizi mərhələsi. Metodist alimlər arasında belə bir fikir yer tapmışdır ki, fizikada məsələ həllinin vahid həll metodu mövcud deyildir. Təbii ki, bu fikrin həqiqət payı çoxdur, lakin digər metodistlər hesab edir ki, ixtiyari fizika məsələsinin həllinə ümumi yanaşma mövcuddur. Onlar ümumi yanaşma dedikdə məsələ həlli üsullarının sistemini nəzərdə tuturlar. Ümumi yanaşma fizikanın yuxarıda adı çəkilən fundemantal anlayışlarına əsaslanır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Методика преподавания физики 8-10 класса средней школы.
2. Orta məktəb dərsləkləri 6-11 siniflər. Bakı 2021

## **QAZLARDA VƏ MAYELƏRDƏ TƏZYİQ MÖVZUSUNUN ELMİ-METODİKİ TƏHLİLİ**

**Cəfərova Ə.Y., Dadaşova V.V.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*afsana.ceferova09@gmail.com*

Bu mövzu texnika və həyatla sıx bağlı olduğuna görə şagirdlər üçün qeyri-adi maraqlı kəsb edir. Həm də şagirdlər bu mövzunu öyrənərkən müxtəlif təcrübələr ilə tanış olurlar.

1. Atmosfer təzyiqi
2. Qazlarda və mayelərdə təzyiqin ötürülməsi
3. Arximed qüvvəsi
4. Cisimlərin üzməsi və s.

Bu mövzunu öyrənərkən qazlarda və mayelərdə təzyiqin ötürülməsi mayelərin atom-molekulyar quruluşu, molekulaların hərəkəti və qarşılıqlı təsiri əsasında izah edilir. Paskal qanunu MKN nöqtəyi-nəzərindən izah olunur. Arximed qüvvəsi, atmosfer təzyiqi Paskal qanunu əsasında izah edilir.

Qazların və mayelərin hərəkəti və xassələri paralel olaraq bir-biri ilə qarşılıqlı müqayisədə öyrədilir. Bu metod ilə həm ümumi fiziki anlayışlar çıxarılır, həm də tədris vaxtına qənaət etməyə imkan verir. Eyni zamanda şagirdlərə nəzəri bilikləri praktikada tətbiq etməyə imkan verir. Paskal və Arximed qanunları orta məktəb fizika kursunda bir dəfə tədris edildiyindən, onları izah etmək baxımından müəllimin üzərinə böyük məsuliyyət düşür.

Qüvvənin təsirinin nəticəsini tam xarakterizə etmək üçün həm qüvvənin mütləq qiymətini, həm də bu qüvvənin təsirinin paylandığı dayağın sahəsini nəzərə almaq lazımdır. Ona görə də vahid sahəyə düşən qüvvənin qiymətinin tapılması yeni fiziki kəmiyyətin-təzyiqin öyrənilməsinə zəruri edir. Praktikada təzyiqin azaldılması və artırılmasına aid misallar göstərilir: binaların fundamentinin geniş götürülməsi, kəsicilərin itilənməsi və s. Təzyiq qüvvəsi həmişə təsir etdiyi səthə perpendikulyardır. Tırtıllı traktor torpağa  $4-6 \text{ N/sm}^2$ , qatarın təkəri relsə  $30000 \text{ N/sm}^2$ , insan gəzərkən yerə  $30-40 \text{ N/sm}^2$  təzyiq göstərir.

Təzyiq qüvvəsini cismin çəkisi ilə eyniləşdirmək olmaz. Yüksək təzyiq altında alınan məftil daha möhkəm olur. Belə bir məsələni frontal eksperiment ilə həll etmək faydalı olardı. Düzbucaqlı taxtanı müxtəlif üzrləri üzrə stola qoysaq, hansı təzyiqi göstərir? Bu məsələni həll etmək üçün, dinamometr ilə onun çəkisi müəyyən edilir, sonra onun 3 müxtəlif üzünün sahəsi tapılır.

Paskal qanununu möhkəmləndirmək üçün Paskal şarı ilə təcrübə aparmaq faydalıdır. Onu növbəli şəkildə su və tüstü ilə doldurub, porşənə təzyiq ilə nəticəni müşahidə edirlər. Hidravlik maşın misalında Paskal qanununun praktiki əhəmiyyəti izah edilir. Ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında maye və qazlarda yaranan təzyiqin mövcudluğunu dibinə rezin təbəqə bağlanmış silindrə su tökərək göstərmək olar. Mayenin hər bir təbəqəsi ağırlıq qüvvəsinin təsiri nəticəsində özündən aşağıdakı təbəqəyə təsir göstərir, yəni sanki onu sıxır. Bu hidravlik presdə porşən altındakı mayenin sıxılmasına oxşardır. Bu təzyiq aşağı, yana və yuxarı ötürülür. Deməli təzyiq nəinki qabın dibinə, onun divarlarına da təsir edir. Mayenin daxilində onun ixtiyari səthi sıxılır. O da qonşu səthlərə bütün istiqamətlərdə təsir göstərir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Методика преподавания физики в 8-10 класса средней школы. Част-2. Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой, Москва-1980
2. Orta məktəb dərəcələri VI-XI siniflər. Bakı 2021
3. Y.Q.Nurullayev Orta məktəb kursunda molekulyar fizika və onun tədrisi. Bakı

## **"KVANT FİZİKASI" BÖLMƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNİN METODİKASININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Vahabzadə L.A., Dadaşova V.V.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*vahabzadelale25@gmail.com*

"Kvant fizikası" bölməsinin öyrənilmə metodikasının əsas xüsusiyyəti bu bölmənin məktəb fizika kursundakı yeri və orada öyrənilən materialın spesifikasiyi ilə təyin olunur. Bu faktorların hər birinin təsirini ayrılıqda nəzərdən keçirək.

Kvant fizikasını daha geniş şəkildə məktəb fizika kursunun sonunda 11-ci sinifdə öyrənilir. Şagirdlər bütün məktəb fizika kursu boyunca heç bir yerdə zərrəciklərin, maddənin və sahənin xassələrinin dualizmi ilə, enerjinin diskretliyi ilə, atom nüvəsinin xassələri ilə, elementar hissəciklərlə rastlaşmırlar. Şagirdlər "Atom. Atomun nüvəsi" başlığı adı altında yalnız 6-cı sinif fizika kursunda əlaqəli sistemlər- məzmun xətti üzrə ümumi məlumat xarakterli ən ilkin təsəvvürləri alırlar və sonralar atom və atom nüvəsi mürəkkəb əlaqəli sistem olaraq daha geniş şəkildə nəzərdən keçirilir. Bu vəziyyət müəllimdən tədris prosesini elə qurmağı tələb edir ki, materialın ilkin öyrənilməsində onun şagirdlər tərəfindən dərinə və möhkəm mənimsədilməsinə nail olunsun. Öyrənilən materialın möhkəmləndirilməsi üçün və məsələ həlli, laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi, didaktik materialla iş və s. zamanı tətbiqi üçün düşünülmiş iş aparmaq lazımdır. Bölmənin dərk olunmasına və mənimsənilməsinə müxtəlif obyektlərlə bağlı de Broyl dalğasının, nüvənin ölçüsünün, sıxlığının, əlaqə enerjisinin və s. kimi fiziki kəmiyyətlərin qiymətlərinin hesablanması köməklik edir. İndi məktəblərin mikrokalkulyatorlarla, müxtəlif elektron avadanlıqlarla təchiz olunduğu bir dövrdə bu hesablamalar çox vaxt aparılmırlar, onların nəticələri isə bir çox hallarda həqiqət uyğun olurlar. Materialın mənimsəmə keyfiyyətinin artırılması üçün əvvəllər əldə edilmiş biliklərə əsaslanmaq çox vacibdir. Məsələn, radioaktiv parçalanma zamanı yerdəyişmə qaydalarının, və nüvə reaksiyalarının öyrənilməsində kütlə və yükün saxlanması qanunlarına geniş əsaslanmaq lazımdır. Atomun quruluşunu öyrənməzdən əvvəl mərkəzəqaçma təcili anlayışını, Nyuton qanunlarını, Kulon qanununu, və eləcə də şagirdlərin 6-cı və 9-cu sinif fizika dərslərində atomun quruluşu haqqında aldıqları məlumatları təkrarlamaqları məqsədəuyğundur.

Kvant fizikasının tədrisi prosesində mikroaləmin qəribəliyindən, onun qanunlarının paradoksallığından danışmaq məqsədəuyğun deyil. Bu çətin ki, materialın mənimsənilməsinə köməklik etsin, amma şagirdləri qorxuda bilər. Mikroaləmin qanunlarının özünəməxsusluğunu, onların klassik fizikanın qanunlarından fərqliliyini aşkarlayaraq, şagirdləri bu fərqliliklərin təbii olmasına əmin edirlər. Elə bu səbəbdən şagirdləri kvant mexanikasının yaranması tarixi ilə yalnız bu bölmənin öyrənilməsindən sonra tanış etmək daha yaxşıdır. Bu



tarix-dərkedilmə prosesinin sonsuzluğuna, onun inkişafının hər mərhələsində həqiqətin nisbiliyinə daha bir sübutdur. Bununla şagirdləri "insan zəkası təbiətdə bir çox qəribəlikləri kəşf etmiş və onun üzərində hakimliyini artırmaqla daha da çox kəşflər edəcəkdir" fikrinə inandırmağı bacarır.

Kvant fizikasının mənimsənilməsini asanlaşdırmaq üçün tədris prosesində müxtəlif əyani vasitələrdən geniş istifadə etmək lazımdır. Lakin bu bölmənin öyrənilməsində qoyulması mümkün olan nümayiş təcrübələrinin sayı orta məktəb kursunda çox deyil. Buna görə də, eksperimentdən savayı, şəkillərdən, çertyojlardan, qrafiklərdən, nüvə fizikasında zərrəciklərin izini əks etdirən şəkillərdən, plakatlardan və diapozitivlərdən geniş istifadə edirlər. Hər şeydən əvvəl, fundamental təcrübələri ( $\alpha$ -zərrəciklərin səpilməsinə dair Rezerford təcrübəsini, Frank və Hers təcrübələrini və s.) illüstrasiya etmək, həmçinin zərrəcikləri, atom reaktorunun, atom elektrik stansiyalarının sürətləndiricilərini və s. qeyd edən cihazların işləmə prinsipini izah etmək lazımdır. Bu bölmənin tədrisi zamanı kinofilmlərdən, kinofraqmentlərdən, diafilmlərdən, diapozitivlərdən və divar cədvəllərindən geniş istifadə olunur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Rasim Abdurazaqov, Rövşən Əliyev, Fizika-11, Metodik vəsait, Bakı 2018, 208 səh..
2. Rasim Abdurazaqov, Rövşən Əliyev, Fizika-11, Dərslik, Bakı 2020, 207 səh..
3. İmanov. S.S.Orta məktəbdə fizikanın tədrisi metodikası. Bakı 2003, 285 s.

## **RIYAZİ RƏQQAS İLƏ APARILAN TƏCRÜBƏLƏRİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Əhmədova K.N., Rəhimov R.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*hmdovakonul1@gmail.com*

Məktəb fizika kursunda "Mexanika" bölməsinə aid əsas təcrübələrdən biri riyazi rəqqas ilə müəyyən ölçmələrin aparılmasıdır. Riyazi rəqqasla işləyərkən rəqslərin sönməsinə təsir edən bəzi amilləri nəzərə almaq lazımdır. Məsələn, periodun rəqslərin amplitudundan asılılığı, havanın müqavimət qüvvəsi və s. Riyazi rəqqas bir modeldir. Bu modelə yaxınlaşmaq üçün ipin ucundakı cismin ölçülərini kiçiltmək, ipin cismin kütləsi ilə müqayisədə kütləsini azaltmaq lazımdır. İpin uzanması rəqs zamanı dəyişir. Tarazlıq vəziyyətində o ən böyük, maksimal uzaqlaşanda ən kiçik olar. Rəqslərin periodu rəqslərin amplitudu artdıqda daha böyük qiymət alar. Bu ipin gərilməsi hesabına baş verir. Buna görə təcrübədən alınmış periodun amplituddan asılılığı kinematik düsturlarla verilən asılılıqla üst-üstə düşür.

Rəqsin perioduna sürtünmə də təsir edir. Rəqslərin sönməsinə ən çox təsir edən amil havanın müqavimətidir. Digər tərəfdən ipin asılma nöqtəsində ipə təsir edən sürtünmə də müəyyən istiliyin ayrılmasına səbəb olur. Havanın

müqavimətini yükü ağırlaşdırmaqla və ipi nazik götürməklə azaltmaq olar. Yük ağır olanda kinetik enerji artır, ip nazik olduqda müqavimət azalır. Ancaq bu zaman ipin gərilməsi artır. Yəni rəqs zamanı ipin gərilməsi periodik olaraq artıb azalır ki, bu da istiliyin ayrılmasına səbəb olur. İlk yanaşmada istiliyin ayrılmasına səbəb olan qüvvələr daxili olduğu üçün onlar rəqslərə təsir etməməlidir. Ancaq əgər istilik ayrılırsa enerjinin saxlanma qanununa görə amplitud azalmalıdır. Bu problemi necə həll etmək olar? İstilik ipin asqı və dayağa bərkidildiyi nöqtədə ayrılır. Əgər sükunət halında hesablama başlanğıcı kimi asılma nöqtəsi ilə cisim arasındakı məsafəni götürsək, ipin gərilməsi mg-dən kiçik olduqda rəqs zamanı onlar arasında məsafə artır, gərilmə mg-dən böyük olduqda məsafə azalır.

İp hərəkət etdikdə  $v$ -sürət vektoru ilə təsir edən qüvvə ( $\vec{F}$ ) arasındakı bucaq  $90^\circ$  – dən fərqli olduqda ( $\vec{F} \times \vec{v}$ ) gücü sıfıra bərabər olmur. Period ərzində bu qüvvənin işi mənfi olur və mexaniki enerji azalır. Hətta ən yaxşı düzəldilmiş rəqqasda rəqslərin amplitudu 20-30 rəqs ərzində 2 dəfə azalır. Periodu ölçərkən saniyəölçəndən istifadə olunur. Onun düyməsini basarkən meydana çıxan biləcək səhvi kompensasiya etmək üçün rəqqası meyl etdirib və buraxaraq onun ən aşağı nöqtədən keçdiyi anda düyməni basmaq, sonra rəqslərin müəyyən sayından sonra həmin fazada saniyə ölçəni saxlamaq lazımdır. Bu halda şagirdin reaksiyası ilə bağlı olan səhvlər kompensasiya olur. Belə bir nümunəyə baxaq:

İplərin uzunluğu 10% fərqlənən rəqqasların rəqs periodlarının neçə dəfə fərqləndiyini müəyyən etməliyik. Rəqqaslardan biri "Dayaq" kimi götürülür. Uzun ipli rəqqasın rəqsləri, qısa ipli rəqqasın rəqslərindən geri qalır. Hər iki rəqqasın tarazlıq halından keçdiyi anda rəqsləri saymağa başlayırıq. "Dayaq" rəqqasın rəqslərini hər iki rəqqasın rəqslərinin fazaları eyni olan ana qədər sayırıq. Bu zaman qısa ipli rəqqasın periodlarının sayı bir vahid kiçik olacaqdır və buradan periodların nisbətini asanlıqla tapmaq olar.

$$NT_1 = (N-1)T_2; \quad T_2 = \frac{N}{N-1}T_1 \quad \text{və ya} \quad T_1 = \frac{N-1}{N}T_2$$

Bu üsul yaxşı dəqiqliyə malikdir. Onun köməyiylə amplitudun artmasının perioda təsirini izah etmək olar. "Dayaq" rəqqası necə seçmək olar? İki eyni rəqqas götürüb eyni başlanğıc amplitudda onların periodlarının üst-üstə düşməsinə nail olmaq lazımdır. Onlardan birinin ipini azca dəyişərək onları eyni zamanda tarazlıq vəziyyətində meyl etdirib eyni vaxtda buraxırıq. Əgər bir rəqqas o birindən geri qalırsa, onun ipini qısaldırıq və s. Rəqslərin eyni başlanğıc amplitudunda periodların üst-üstə düşməsinə nail olduqdan sonra onlardan birini "Dayaq" rəqqas kimi seçmək olar.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Y.Q.Nurullayev. Ümumtəhsil məktəblərində Mexanika və Molekulyar fizika bölməsindən laboratoriya dərslərinin tədrisi metodikası-2013
2. В.Ф.Шилов. Лабораторные работы в школе и дома: кн. для учащихся-М.: Просвещение, 2006.-110 с.:ил.

## **MƏKTƏB FİZİKA KURSUNA DAXİL EDİLMİŞ "MOLEKULAR FİZİKA" BÖLMƏSİNİN TƏDRİSİNDƏ ƏSAS QEYDLƏR**

**Yusifova R.M., Ələkbərov E.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
rehimeyusifova2626@gmail.com*

Molekulyar fizika hal-hazırda bütün inkişaf etmiş ölkələrdə məktəb fizika kursunun əsas hissələrindən biridir. Dünyanın müasir fiziki mənzərəsində molekulyar kinetik nəzəriyyə (MKN) fundamental yer tutur, çünki bütün cisimlər nizamsız hərəkət edən kiçik məsafədə bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olan atom və molekulardan ibarətdir. Buna görə də molekulyar fizikanın öyrənilməsi bir çox təbiət hadisələrini anlamaq üçün açar rolunu oynayır. Molekulyar fizika bölməsinə daxil olan elmi-praktiki biliklər fizikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunmaqla bərabər, həmçinin kimya, biologiya, astronomiya və digər təbiət elmlərinə də nüfuz etmişdir. Molekulyar fizika molekulyar kinetik nəzəriyyəyə əsaslanaraq maddələrin aqrekat hallarını, atom və molekulaların hərəkətini, onlar arasındakı qarşılıqlı təsirin xarakterindən asılı olaraq öyrənen fizika bölməsidir. MKN statistik qanunlara, termodinamika isə enerji anlayışına əsaslanaraq müxtəlif aqrekat hallarında olan maddənin xassələrinin izahında birliklərini nümayiş etdirərək, bir-birini tamamlayır.

Molekulyar fizika orta məktəblərdə VIII sinifdə tədris olunmağa başlayır. VIII sinifdən əvvəl molekulyar fizikada istifadə olunan fiziki kəmiyyətlər, maddənin aqrekat halları, diffuziya, maddələrin istidən genişlənməsi ilə VI sinifdə, VII sinifdə "Mexaniki hərəkətin təsviri", mexaniki iş, təzyiq, enerji anlayışları ilə tanış olurlar. X sinifdə isə bu biliklər müfəssəl öyrənilir və molekulyar fizika bölməsi orta məktəbdə daha mükəmməl səviyyədə mənimsənilir. Şagirdlər, ilk olaraq, VI sinifdə molekulaların istilik hərəkəti, temperatur barədə məlumat alırlar. Onlarda fizikanın bu bölməsinə maraq oyatmaq üçün həmin məlumatları həyat ilə əlaqələndirmək lazımdır. Temperatur, istilik hərəkətinə giriş olaraq təbiətdə baş verən hava dəyişikliyi ilə əlaqədar suyun, torpağın temperatur dəyişməsinə aid araşdırma aparmaq olar. Şagirdlərin dərəcə diqqətini artırmaq üçün mövzuya aid həm sinif otağında, həm də evdə tək başlarına edə biləcəkləri təcrübələrlə tanış etmək olar. Belə təcrübələrə nümunələr dərslərdə ətraflı qeyd olunmuşdur. Bu təcrübələr vasitəsilə şagirdlər mövzunu daha yaxşı mənimsəməklə yanaşı, baş verən proseslərin mahiyyətini anlamış olurlar və həmçinin şagirdlərdə fərdi işləmə bacarığı da formalaşır. Bu təcrübələr yerinə yetirilərkən araşdırmaya uyğun suallar verərək şagirdin düzgün nəticə çıxarmasına kömək edə bilərik. Bununla həm də şagirdə müstəqil düşünmək və fikrini aydın izah etmək bacarığını formalaşdırma bilərik. Temperatur şkalaları haqqında məlumat verərkən VI sinifdə keçilən "Temperatur və onun ölçülməsi" mövzusu yada salmaq lazımdır. Həmçinin coğrafiya, biologiya və riyaziyyat fənləri ilə inteqrasiya edərək mövzunun mükəmməl

səviyyədə anlaşılmasını təmin edə bilərik. Temperatur şkalaları arasındakı münasibətlərə uyğun məsələlər həll etməklə bu ifadələrin şagirdlərin daha yaxşı öyrənməsinə nail ola bilərik. Enerji haqqında ilkin anlayışlara yiyələnən şagirdlərə daxili enerjini daha bəsit formada izah etmək düzgün olardı. X sinifdə artıq şagirdlər yeni məlumatlarla yanaşı əvvəlki mövzuların daha geniş,ətraflı forması ilə tanış olurlar. Məsələn burada temperatur haqqında danışılırsa istilik tarazlığı haqqında da məlumat verilir. Burada molekulyar fizika, MKN, ideal qaz modeli, qaz qanunları, buxarlar, rütubət, maye və bərk cisimlərin xassələri mövzuları, molekulyar fizikada istifadə olunan əsas düsturlar və qrafiklər ilə tanış olurlar. X sinifdə ideal qaz modeli əsasında, qazın tarazlıq halı üçün molekulların sürətlərə görə paylanması mövzusunda "Maksvell paylanması" açıqlaması əvəz olunmazdır.

Biz bilirik ki, fizika eksperimental, praktikaya əsaslanan bir elm sahəsidir. Yəni biz bu bölmədə öyrəndiklərimizi təcrübələrdə yoxlasaq, ətraf mühitdə müşahidə etdiyimiz proseslərlə əlaqələndirməsək mövzunu dərinlən və düzgün mənimsədə bilmərik. Buna görə də molekulyar fizikanın tədrisi zamanı, mövzuya uyğun həyatımızdan nümunələr gətirməli, araşdırmalar etməli və elmi təcrübələr nümayiş olunmalıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Serway Jewett. Physics.2004,1296s
2. Каменецкий С.Е.Теория и методика обучения физике в школе. М. 2000, 480с

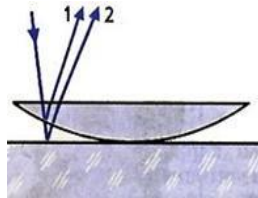
## PAZŞƏKİLLİ STRUKTURLARDA NYUTON HƏLQƏLƏRİNİN MÜŞAHİDƏSİ

Əyyubzadə N.Y., Qarayev E.S.\*

Bakı Dövlət Universiteti

nigareyyubzade283@gmail.com

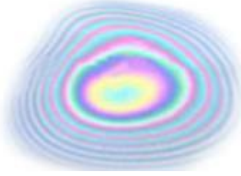
İsaak Nyuton (1642-1727) dalğa optikasının əsasını qoymaqla, optikada daha bir vacib kəşfə imza atmışdır, bu kəşf interferensiya hadisəsinə aiddir. Hal-hazırda onun adını daşıyan interferensiya həlqələri ilk olaraq, 1675-ci ildə Nyuton tərəfindən şərh edilmişdir.



Şək.1

Bu həlqələr iki şəffaf səthlərin bir-birinə toxunan hissələrinin *paz formasında* olması ilə yaranır. Paz formasında yaranan səthlərə ən sadə misal kimi, kiçik əyrilik radiusuna malik, qabarıq linzanın qabarıq səthinin, üfqi qoyulmuş müstəvi şüşə altlığı üzərinə yerləşdirilməsini göstərmək olar (şəkil 1). Əgər linza və altlığın toxunan səthləri ağ işıqla işıqlandırılırsa, toxunan oblastda əlvan rənglənmiş konsentrik həlqələr müşahidə etmək olar. Işıq dəqiqliklə yuxarıdan aşağı düşmədiyindən, toxunma nöqtəsi

ətrafında həlqlər sferik deyil, ellipsə yaxın formada (Nyuton həlqləri) müşahidə edilir (şəkil 2).



Şək.2

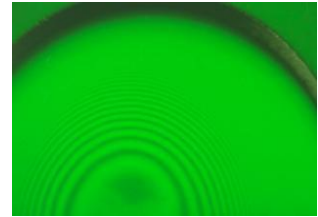
Bununla yanaşı, sadəlik üçün hava pazına düşən işıq dəstəsini monoxromatik və şəkil 1-də göstəriləndiyi kimi, altlıq üzərinə normalı istiqamətində düşdüyü hala baxaq. Linzanın daxili və altlığın səthlərindən əks olunan (başqa sözlə, pazın yuxarı və alt kənarlarından), iki şüa interferensiya edir və bu halda onlar arasında yollar fərqi təqribən ikinci şüanın (şəkil 1-də 2-ci vektor) havada getdiyi yola bərabər olur. Hesab etsək ki, lin-

zanın səthi, radiusu  $R$  olan sferanın seqmentidir (əyrilik radiusu adlanır),  $r$  isə - pazın altlıq ilə toxunma nöqtəsindən şüaların paza daxil olduğu məsafə kimi qəbul edilərsə, onda asanlıqla aşağıdakı təqribi bərabərliyi almaq olar:  $\Delta \approx r^2/R + \lambda/2$ , burada sonuncu toplananın həndəsi qanunlara tabe olmaması onunla bağlıdır ki, linzanın daxili səthindən əks olunan dalğalar *yarımperioidunu* itirir. Bu xassə, şəffaf dielektriklərin daxili səthindən əks olunan eninə dalğalar üçün xarakterikdir. İnterferensiya maksimumları (ışıqlı zolaqlar)  $\Delta = m\lambda$  uyğun gəlir, ona görə də Nyutonun işıqlı həlqələrinin radiusu

$$r_m = \sqrt{(m + 1/2)\lambda R} \quad m = 0,1,2,3, \dots$$

kimi təyin edilir. Həlqələrin radiusu bütün interferensiya effektlərinə xarakterik olduğu kimi, düşən işığın dalğa uzunluğundan asılı olur, bu halda qırmızı işığa malik həlqələrin radiusu, bənövşəyi işığa nisbətən böyük olur. Ağ işıq halında müxtəlif rəngli həlqələrin və radiusların bir-birini örtməsi baş verir - bunun nəticəsində isə sferik «pastel» çalarlı Nyuton həlqələri müşahidə olunur. Nyuton, alınan həlqələri, həm ağ və həm də monoxromatik işıqlarla müşahidə etmişdir (şəkil 3).

Qeyd etmək vacibdir ki, Nyuton həlqələrində interferensiya mənzərəsi altlığın səthində lokallaşır, bu səbəbdən də onu adi gözlə müşahidə etmək mümkündür. Başqa sözlə, şəkil 1-də göstərilən sxemdə 1 və 2 - şüalarını, özlərini kəsənə kimi davam etdirsək, onda kəsişmə nöqtəsi, yəni həqiqi mənbə, təqribən altlığın üzərində yerləşəcəkdir. Adi gözlə müşahidə etdikdə, bu mənbənin işıqlı həlqələrdən birinə aid olduğu kimi qəbul edirlər.



Şək.3

Nyutonun özü işığın korpuskulyar nəzəriyyəsini qəbul etdiyindən, interferensiya hadisəsini, xüsusi halda müşahidə etdiyi interferensiya həlqələrini izah edə bilməmişdir. Onun, interferensiya və difraksiya hadisələrini spesifik işıq korpuskullarının qarşılıqlı təsirinə əsasən izah etməsi fraqmentar olub, daha çox hipotez (fərziyyə) xarakteri daşımışdır. Həmin hadisələrin izahını, Hüygensin işığın dalğa nəzəriyyəsinə əsaslanan Tomos Yunq təklif etmişdir. Bununla yanaşı, XX əsr, işığın *korpuskulyar - dalğa dualizmi* nəzəriyyələrinin bərişdirici əsri olmuşdur.

## **ORTA MƏKTƏB 9-CU SİNFİNDƏ “AMPER QÜVVƏSİNİN TƏTBİQLƏRİ: ELEKTRİK MÜHƏRRİKİ VƏ ELEKTRİK ÖLÇÜ CİHAZLARI” MÖVZUSUNUN STEAM ƏSASLI TƏDRİSİ**

**Şükürlü R.H., Daşdəmirov A.O.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*rreceba23@gmail.com*

STEAM özündə elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyatı birləşdirərək tək-cə bilikli deyil həmçinin bacarıqlı, yaradıcı şagirdlər yetişdirilməsində fərqlənir. STEAM əsaslı təhsil almış şagirdlər gələcəyə daha çox ümidlər vəd edir və XXI əsr bacarıqlarını özündə formalaşdırır. Orta məktəb 9-cu sinfində “Amper qüvvəsinin tətbiqləri: elektrik mühərriki və elektrik ölçü cihazları” mövzusunun STEAM əsaslı tədrisini nəzərdən keçirək.

Mövzunun alt standartları: 3.2.1. Müxtəlif fiziki hadisələrə (elektromaqnit, atom və nüvə) əsaslanan qurğuların iş prinsiplərini şərh edir. 3.2.2. Müxtəlif fiziki hadisələrin inkişafında fizika elminin roluna dair təqdimatlar edir.

Təlim nəticələri: 1) Elektromaqnit hadisələrini ümumi şəkildə təqdim edir, 2) Elektromaqnit hadisələrinə aid sadə təcrübə icra edir.

İş üsulu: Əqli hücum, qruplarla iş, Resurslar: İş vəərəqləri, elektron lövhə.

1. Sinifin təşkili. 2. Motivasiya sualının qoyulması: Şagirdlərdə motivasiya yaratmaq üçün “Elektrik mühərrikləri kəşf edilməsəydi müasir dünyada nə kimi dəyişikliklər müşahidə edərdiniz?” soruşulması və onların dərse diqqətinin cəlb edilməsi vacibdir. Cavabları dinləyib qısa müzakirə edərək hər kəsin fikrini öyrənin. 3. Tədqiqatın aparılması: Şagirdləri qruplarla iş üçün hazırlayın. Maqnit sahəsinin cərəyanlı cərcivəyə təsirlərini keçən dərstdən öyrəndikləri üçün şagirdlərə STEAM metodologiyalarından biri olan tinkering vasitəsilə sadə elektrik mühərriki düzəltməklərini tapşırıq. Bunun üçün hər qrupa batareya, mis məftil, kiçik maqnit verin və onların yaradıcılıq qabiliyyətlərini nümayiş etdirmələri üçün 2-3 dəqiqə vaxt ayırın. Müəyyən göstərişlər nəticəsində bəsit mühərrik hazırlayan şagirdlər həm keçmiş dərsi həm də bu günün dərslərini kifayət qədər yaxşı tətbiq etməyi, həyatla əlaqələndirməyi öyrənirlər. 4. İnformasiya mübadiləsi: Qruplarla işin nəticəsini və hadisənin fiziki izahını şagirdlərlə birlikdə müəyyənləşdirin. 5. İnformasiya müzakirəsi: Bu mərhələdə slaydlarda şəkil və videolar vasitəsilə mühərrik və oxşar prinsiplə işləyən qurğuların işləmə prinsipini izah etməyiniz şagirdlərin əsas mövzunu öyrənməsi üçün əhəmiyyətlidir. Dərsin fizikasını ön planda saxlamaqla şagirdlərə cərəyanlı cərcivəyə maqnit sahəsinin təsiri, rotor, stator, kollektor, fırça və ampermetrin iş prinsipini izah edin. Əlavə məlumat olaraq enerji çevrilmələrini, Amper qüvvəsini, faydalı iş əmsalını və istilik mühərrikerini təkrarlamaq məqsədilə müsahibə formasında sorğu təşkil edərək son sualları cavablandırın. 6. Ümumiləşdirmə və nəticələrin çıxarılması: Bu gün öyrəndiklərinizi yekunlaşdırın və təbiəti qorumaq üçün ekoloji cəhətdən daha təmiz olan elektrik mü-

hərriklərinin istifadəsinin əhəmiyyətini vurğulayaraq şagirdlərin diqqətini tükənməyən mənbələrə və ya daha yaradıcı ideyalarla enerji əldə etmə üsullarına yönəldin. 7.Yaradıcı tətbiqetmə: Dərslərdəki araşdırmaları şagirdlərlə müzakirə edin, suallara cavab verin. 8.Qiymətləndirmə və refleksiya: Şagirdlərin marağını artırmaq üçün qruplarla işin nəticəsində bütün qrupları və dərs prosesində aktiv iştirak edən şagirdləri fərdi qiymətləndirin. 9.Ev tapşırığı: Evdə internet vasitəsilə araşdıraraq sinifdə hazırladıqları bəsit modelin daha yaxşısını STEAM dərslində öyrəndikləri Tinkercad programı vasitəsilə 3D model-ləşdirərək hazırlamağı tapşırın və fənlərarası inteqrasiya edin.

Nəticədə STEAM əsaslı dərs sonrasında şagirdlər ilk növbədə biliklərini tətbiq etməyi və bacarığa çevirməyi öyrənirlər. Elmdən əlavə olaraq onların mühəndislik qabiliyyətlərini inkişaf etdirmiş, öz yaradıcılıqlarını incəsənətlə birləşdirib ortaya gözəl nümunə çıxarmağa alışdırmış, izahlar vasitəsilə fizikanın riyazi hissəsini aydınlaşdırmış və ev tapşırığı vasitəsilə texnologiyadan istifadəni fizikaya tətbiq etmiş oluruq. Ənənəvi dərslə müqayisədə şagirdlərin dərsləri daha diqqətlə dinlədiyini, yeni fikirlər söylədiyini, ev tapşırığının daha çox bəyənildiyini və fizikaya maraqlarının müsbət yöndə artdığını müşahidə edirik.

**Ədəbiyyat:**

1. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6209-497-0\\_92](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6209-497-0_92)
2. <https://teaching.cornell.edu/teaching-resources/engaging-students/problem-based-learning>

**ORTA MƏKTƏBDƏ TERMODİNAMİKANIN  
I QANUNUN TƏDRİSİ METODİKASI**

**Əliyeva Q.Y., Nuriyev R.A.\***

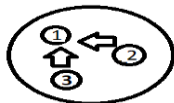
*Bakı Dövlət Universiteti*

*eliyeva.qenire.0403@gmail.com*

Orta məktəbdə termodinamikanın öyrənilməsi elmin metodologiyasına uyğun gəlməlidir. Termodinamikada iki metoddan istifadə edilir. Gibbsin irəli sürdüyü "Termodinamik potensiallar metodu" daha ümumi metod olsa da hesablama çətinliklərinə görə orta məktəb termodinamikasının öyrənilməsində istifadə olunmur. Orta məktəb fizikasında istifadə olunan "Karno-Klauzius və ya dairəvi proseslər" metodudur ki, bu metod daha çox əyaniliyə və ümumiliyə malikdir. Bu metodun köməyiylə əsas kəmiyyətlərin (daxili enerji, istilik, iş) fiziki mənası asanlıqla izah olunur. Bu metod həm də termodinamika qanunlarından çıxan nəticələri (istilik maşınlarının iş prinsipi, I və II növ daimi mühərriklərin qurulmasının qeyri-mümkünlüyünü, periodik işləyən istilik maşınlarında 100% FİƏ əldə olumasının) mümkün olmadığını izah etməyə imkan verir.

Üç cisimdən ibarət sistemə baxaq. 1-ci cisimlə 2-ci cisim arasında istilik-

vermə, 3-cü cisim ilə 1-ci cisim arasında qarşılıqlı təsir baş verir. İstilik vermə zamanı 2-ci cismin daxili enerjisi  $\Delta U_2 = -Q$ , 3-cü cismin daxili enerjisi  $\Delta U_3 = -A$  qədər dəyişir. İstilik vermə və iş görmə nəticəsində hər üç cismin daxili enerjisi dəyişər, ancaq hər üç cismin daxil olduğu izolə olunmuş termodinamik sistemdə daxili enerji dəyişməz qalır. Beləliklə birinci, ikinci, üçüncü cismin daxili enerjinin dəyişmələrinin cəmi sıfıra bərabərdir.  $\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = 0$



Birincinin daxili enerjinin dəyişməsi əks işarə ilə götürülmüş ikinci və üçüncü cismin daxili enerjinin dəyişmələrinin cəminə bərabərdir.  $\Delta U_1 = -\Delta U_2 - \Delta U_3 = Q + A$

Birinci cisim izolə olunmuş sistem olmadığından belə nəticəyə gəlmək olar. İzolə olunmamış termodinamik sistemdə daxili enerjinin dəyişməsi  $\Delta U$ , sistemə verilən istilik miqdarının və xarici qüvvələrin işinin cəminə bərabərdir.  $\Delta U = Q + A$  Bu termodinamikanın birinci qanunu olub, enerjinin çevrilməsi və saxlanması qanunu ifadə edir. Adətən görülən işin yerinə termodinamik sistemdə xarici cisim üzərində gördüyü işə baxmaq lazım olur. Onlar qiymətçə bərabər işarəcə əksdirlər.  $A = -A'$  onda  $\Delta U = Q - A'$  olur. İzolə olunmamış birinci sistemdə daxili enerjinin dəyişməsi alınan istilik miqdarı ilə sistemin gördüyü işin fərqinə bərabərdir. Xaricdən enerji almadan və ya maşının daxilində dəyişiklik olmadan faydalı iş görən maşın birinci növ daimi mühərrik adlanır.  $A = Q - \Delta U$ . Yəni iş ya istilik alma hesabına, yada daxili enerjinin dəyişməsi hesabına ola bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. Методика Преподавания Физики-1980
2. Yusif Nurullayev, Rəsmiyyə Məmmədova Orta Məktəb kursunda Molekulyar Fizika və onun tədrisi 2016

## ПРИНЦИП СООБЩАЮЩИХСЯ СОСУДОВ В РАБОТЕ ФОНТАНОВ

<sup>1</sup>Султан Л.Г., <sup>2</sup>Исмаилова Р.Н.\*

<sup>1</sup>Экономико-гуманитарный колледж при БГУ

<sup>2</sup>Бакинский Государственный Университет

solidita@mail.ru

Сообщающиеся сосуды – это сосуды, соединенные между собой общей частью (рис. 1).

Если налить жидкость в эти сосуды, то они принимают их форму и в состоянии покоя поверхность этих жидкостей будут находиться на одинаковом уровне. Тогда давление, оказываемое на стены сосуда в горизонтальном уровне будут одинаковыми. Это - закон сообщающихся сосудов.



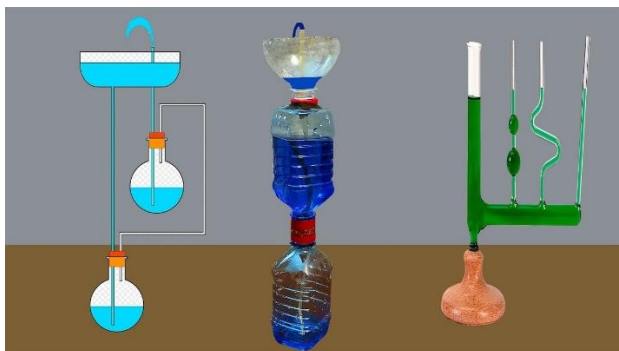


Рис. 1. Различные сообщающиеся сосуды

В сосудах с неоднородной жидкостью, высоты столбов будут обратно пропорциональны их плотностям:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  плотности жидкостей;  $h_1$  и  $h_2$  – высоты столбов.

На дно сосуда будет действовать гидростатическое давление, которое определяется по формуле:

$$p = \rho gh$$

Между коленами в сообщающих сосудах имеется перегородка, которая дает возможность находиться однородной жидкости на разных уровнях. Чтобы уровень изменился, необходимо в одно из колен долить жидкость и при этом перегородка перекроет связь между ними. Тогда под давлением, производимым весом столба жидкости возникает напор и при этом высота равна разности его уровней.

Если убрать перегородку, то под действием этого давления, жидкость будет переливаться из более верхнего уровня в нижний пока столбцы не уравновесятся.

В природе можно привести много примеров, где имеет место естественный напор. Например, сооружаемые плотины, водопад в горных реках при падении с высоты и т.д. При этом, чем выше высота падения, тем больше будет напор воды.

На основе работы фонтанов лежит принцип действия закона сообщающихся сосудов.

В повседневной жизни фонтаны необходимы человеку, поскольку, они экономично увлажняют воздух, уменьшается накопление статистического электричества в ковровых покрытиях, положительно влияют на здоровье, особенно при заболеваниях дыхательной системы, например, при хроническом бронхите, бронхиальной астме, хроническом фарингите, они также положительно действуют на психику человека.

Вода в фонтане накапливается в емкость, которая находится выше резервуара фонтана. Тогда гидростатическое давление, создаваемое на

выходе равна разнице высот уровней воды. Таким образом, следует, что чем больше эта разница высот, тем больше будет давление жидкости и тем выше поднимется струя фонтана. Надо отметить, что на эту высоту также влияет и диаметр выходного отверстия фонтана, чем она уже, тем выше фонтан поднимается.

### **Литература**

1. Зеленкина С. В. Пруды, фонтаны, каскады, водоемы / С. В. Зеленкина. - Москва: Вече, 2003. - 176 с.
2. <http://www.1000fontan.ru/catalog-fontan/shema/work/>

## **NÜMAYİŞ EKSPERİMENTİ-SU FONTANI**

**Məmmədova E.M., Cabbarov C.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mammadovaelsana@gmail.com*

Orta məktəbdə fizikanın tədrisində nümayiş eksperimenti, öncədən yığılmış təsəvvürləri formalaşdırır, hansılar ki, fizikanın öyrənilməsinin başlanğıcında bütün şagirdlərdə eyni və qüsursuz olmur. Fizika kursu boyunca təcrübələr, şagirdlərin dünyagörüşünü tamamlayır və genişləndirir. Onlar yeni fiziki hadisələr və proseslər haqqında ilkin və düzgün təsəvvürlər yaradır, qanunauyğunluqları üzə çıxarır, tədqiqat metodları ilə tanış edir, bəzi təzə cihaz və qurğuların quruluşunu və iş prinsipini göstərir və fiziki qanunların texniki istifadəsini illüstrasiya edir. Bunların hamısı, müəllimə, təzə material izah etdikdə onu konkretləşdirməyə, daha aydın və inandırıcı etməyə kömək edir və şagirdlərdə fənnə qarşı maraq oyadır. {1}

Nümayiş eksperimentinin şagirdlər üçün həm maraqlı olduğunu, həm də onlarda gördükləri qeyri-adi proseslərin sadə fizika qanunları ilə əlaqəsi olduğunu görüb onlarda fizika fənninə olan marağını artmasına səbəb olur. Odur ki, təqdim olunan məqalədə biz molekulyar fizika qanunlarını əyani göstərən bir nümayiş eksperimentini araşdıraraq.

Araşdırdığımız eksperiment su fontanı adlanır [2]. Bunun üçün bizə plastik su butulkası, kiçik diametrlili (2-3 mm) və uzunluğu 30-40 sm olan boru lazımdır. Plastik butulka, həcmnin  $\frac{1}{3}$  -nə qədər su ilə doldurulur. Butulkanın qapağı deşilir və oradan nazik boru keçirilir. Borunun qapağa kip bağlanmasını təmin etmək lazımdır. Qapaq butulkaya kip bağlanır. Bu zaman nazik borunun butulkanın dibinə qədər çatmasını təmin etmək lazımdır. Su ətrafa dağılmasını deyə butulka altlıq üzərinə qoyulmalıdır.

Təcrübəni nümayiş etdirmək üçün kip bağlanmış butulkanın üzərinə isti su (60-70°C) tökürük. Bu zaman nazik trubkadan fontan ilə suyun çıxdığını müşahidə edəcəyik.

Hadisənin fizikası budur ki, butulkanın üzərində olan atmosfer təzyiqin-

dəki hava kütləsi, tökülən isti suyun təsiri ilə isinir və onun təzyiqi artır:

$$PV=\vartheta RT$$

Qabda olan qazın təzyiqinin artması isə, genişlənərək qabda olan suyu qovub çıxaracaq. Təcrübə çox effektiv görünür və şagirdlərdə böyük maraq doğurur. Təcrübənin sonunda, yer üzərində püskürən vulkanların, qeyzərlərin də bu fiziki əsasda baş verməsini şagirdlərə izah etmək lazımdır. Bu, onlarda təbiət hadisələri ilə fizika qanunları arasındakı üzvü əlaqəni dərk etməyə kömək edir.

### **Ədəbiyyat:**

1. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе, Москва, «Просвещение», 1981, 288с.
2. Богдан В.И. Методика и техника демонстрационного эксперимента по курсу физики средней школы, часть 2, Механика, Молекулярная физика, Минск, 2014, 241 с.

## **AŞAĞI TƏZYİQLƏRDƏ SUYUN QAYNAMASI**

**Məmmədova E.M., Cabbarov C.H.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mammadovaelsana@gmail.com*

Fizikada nümayiş eksperimenti, məktəb fizika eksperimentinin böyük və vacib hissəsini təşkil edir. Nümayiş eksperimenti vasitəsi ilə müəllim şagirdlərin fiziki hadisələri və onlar arasındakı əlaqələri öyrəndikləri zaman düşüncələrini düzgün istiqamətə yönəldir.

Bu məqalədə biz suyun qaynamasının təzyiqdən asılılığını göstərən nümayiş eksperimentinin hazırlanması və nümayişi texnikasını, orada gedən fiziki proseslərin izahını verəcəyik. Burada, suyun isinərək qaynama halına çatana qədər gedən fiziki proseslərin gedişini, həmçinin qaynama temperaturunun ətraf mühitin təzyiqindən asılılığını göstərmək məqsədi daşıyan bir nümayiş eksperimentidir.

Bildiyimiz kimi mayelərin qaynaması, onun doymuş buxarının təzyiqinin, ətraf mühitin təzyiqinə bərabər olanda baş verir. Adətən, bu hadisələr zamanı ətraf mühit atmosfer olduğu üçün, onun təzyiqi, yəni  $10^5$  Pa götürülür. Ətraf mühitin təzyiqini dəyişərək, suyun qaynama temperaturunun azalması və ya artmasını nümayiş etdirmək olar. Təhlükəsizlik nöqtəyi nəzərdən, adətən atmosfer təzyiqindən aşağı təzyiqlərdə suyun qaynama temperaturunun aşağı düşməsi nümayiş etdirilir. Bu məqsədlə istiyə davamlı kolbanı yarıya qədər su ilə dolduraraq ştativə bağlayır və aşağıdan hər hansı qızdırıcı vasitəsi ilə qızdırılır. Bu qızdırıcı ya spirt lampası, və ya elektrik peçi ola bilər. Elektrik peçi olarsa, kolba onun bilavasitə üstünə qoyula bilər. Suyun qızdırıldığı müddətdə suda qabarcıqların əmələ gəlməsi, onların ölçülərinin dəyişməsi, sonra isə suyun səthinə qalxması proseslərinə şagirdlərin diqqətini yönəldir. Həmçinin bu

zaman yaranan səsin tonunun dəyişməsinin, orada olan qabarcıqların ölçülərindən asılı olduğuna da şagirdlərin diqqəti yönəldilir. Qaynama prosesi başlayandan sonra peç söndürülür, kolba bir müddət peçin üstündə qalır və qaynama prosesi tam dayanana qədər müəllim gözləyir. Qaynama prosesi tam dayandıqdan sonra kolba tıxacla möhkəm bağlanır və onu çevirərək ştativə bağlayırlar. Bu zaman əlin yanmaması üçün ehtiyat tədbirləri görülməlidir. Sonrakı etapda çevrilmiş kolbanın üzərinə yaş əsgisi qoyulur. Əsgini elə ölçüdə götürmək lazımdır ki, o, kolbanın görünüşünə mane olmasın. Bu zaman şagirdlər suyun yenidən qaynadığını müşahidə edəcəklər. Sonda müəllim bu hadisənin fizikasını şagirdlərə izah edir. Kolbanın üstünə qoyulan yaş əsgisi, kolbanın yuxarı hissəsində olan su buxarlarının kondensasiyasına səbəb olur, həmçinin orada olan havanın da temperaturunu azaldır. Bu iki proses birlikdə suyun səthində olan təzyiqli azaldır və suyun aşağı temperaturda qaynamasına səbəb olur. Aşağıda verilən cədvəldə müxtəlif temperaturalarda suyun doymuş buxarının təzyiqli verilməmişdir ki, buradan müxtəlif təzyiqlərdə suyun qaynama temperaturunu görmək olar.

Suyun temperaturu $t^{\circ}\text{S}$	$P_{\text{doymuş.buxar}}$
$110^{\circ}\text{S}$	143.24 kPa
$105^{\circ}\text{S}$	120.79 kPa
$100^{\circ}\text{S}$	101.32 kPa
$95^{\circ}\text{S}$	84.529 kPa
$90^{\circ}\text{S}$	70.117 kPa

#### **Ədəbiyyat:**

1. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе, Москва, «Просвещение», 1981, 288с.
2. Богдан В.И. Методика и техника демонстрационного эксперимента по курсу физики средней школы, часть 2, Механика, Молекулярная физика, Минск, 2014, 241 с.

## **SAXLANMA QANUNLARININ TƏDRİSİ METODİKASI**

**Məmmədova G.H., Nuriyev R.A.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*memmedovagovher8@gmail.com*

Saxlanma qanunlarını öyrənərkən bir neçə yeni fiziki anlayışlar daxil edilir. Mexaniki sistem, xarici və daxili qüvvələr, konservativ qüvvələr belə yeni anlayışlara daxildir. Qapalı mexaniki sistem ideallaşmış anlayışdır. Ona görə də konkret hallarda cisimlərin necə hərəkət etdiyi və ona xarici qüvvələrin təsir edib-etmədiyini şagirdlərə izah edilməlidir. Əgər belə qüvvələr yoxdursa, impulsun saxlanma qanununu tətbiq etmək olar. Əgər xarici qüvvələr təsir edirsə onda qüvvə impulslarının cəmi sistemin impulsunun dəyişmələri cəminə bərabərdir. Yekun qüvvə impulsu impuls dəyişmələri cəminə bərabərdir. Əvvəlcə kütləsi eyni, sürəti müxtəlif olan iki cismin toqquşmasına baxılır. İmpulsun saxlanma qanunu Nyutonun II və III qanunu əsasında çıxarılır. İki toqquşan

cismin impulsu qiymətcə bərabər, işarəcə əksdir. Sonra İ.S.Q deyilir. Qapalı sistem təşkil edən cisimlərin impulslarının həndəsi cəmi, bu cisimlərin öz aralarında istənilən qarşılıqlı təsiri zamanı sabit qalır. Yekun impuls qarşılıqlı təsirdə olan cisimlər arasında paylanır. Qanunu eksperimental və məsələ həlli ilə əyani şəkildə şagirdlərə izah etmək lazımdır. Relsə qoyulmuş arabacıq, rəq-qas (ipdən kürələr asılıb) və s. İlk məsələləri qrafik həll etmək lazımdır ki, şagirdlər impulsların həndəsi toplandığını dərk etsinlər. Qeyd etmək lazımdır ki, impuls nisbi kəmiyyətdir, ancaq İSQ bütün inersial sistemlərdə ödənilir. Bu faktı məsələ həll etməklə təsdiq etmək lazımdır. Deməli İSQ bir inersial sistemdə doğrudursa, onda birinciyə nəzərən DXBSH edən istənilən sistemə nəzərən də doğrudur. Deməli, istənilən inersial sistemdə ödənilir. Şagirdlərə bildirmək lazımdır ki, relyativistik sürətlər ilə də ( $v \gg c$ ) relyativistik impulsların cəmi, qapalı sistemlərdə cisimlər arası istənilən qarşılıqlı təsir zamanı sabit qalır. Bu zaman impuls və sürət arasında əlaqə müəyyən olunub  $P = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  olur. Sonra

reaktiv hərəkəti öyrənməklə bu mövzunun öyrənilməsini bitirmək olar. Enerjinin saxlanma qanunu ;

1) Enerji-materiyanın müxtəlif hərəkət formalarının yeganə kəmiyyət ölçüsüdür. 2) Mexaniki sistemin müəyyən halına müəyyən enerji uyğun gəlir. Bir haldan digər hala keçid enerjinin dəyişməsinə səbəb olur. Mexaniki proseslərdə bu keçid mexaniki işin görülməsi prosesində baş verir. Onda belə bir tərif də verə bilərik. Sistemin enerjisi onun hal funksiyasıdır. 3) Orta məktəb kursunda belə bir tərif də var. Enerji-cismin işgörmə qabiliyyətidir. OMFK-da enerji anlayışı iş anlayışından asılı olmayaraq verilir. Sonra onların əlaqəsi açılır. Bu yanaşma ondan ibarətdir ki, mexaniki proseslərdə saxlanan kəmiyyətlər müəyyən olunur:  $\frac{mv^2}{2} + mgh$ . Burada  $\frac{mv^2}{2}$  kinetik enerjidir. Sonra mexaniki prosesdə iş kinetik enerjinin dəyişməsinə bərabər olan kəmiyyət kimi daxil edilir:  $A = \Delta \frac{mv^2}{2}$ . 4) Birlikdə enerji və bu tənlikdən alınan iş anlayışı daxil edilir. Bu zaman sürətlənmə və tormozlanma hadisələrinə baxılır. Hər bir qüvvə hərəkəti ani dəyişə bilməz;  $\frac{mv^2}{2} = FS$ . Sol tərəf kinetik enerji, sağ tərəf mexaniki işdir. Cisim bu enerjini almaq üçün müəyyən qədər yol getməlidir. Potensial enerjiyə kinetik enerjini yaradan "ehtiyat" kimi baxılır. Sonra kinetik və potensial enerjinin cəmi kimi mexaniki enerji anlayışı daxil edilir ki, bu kəmiyyət mexaniki prosesdə həm saxlanılır, həm də çevrilə bilər. 5) İş və enerji haqqında biliklər inkişaf etdirilir. İş prosesi əks etdirir, enerji isə sistemin halını. Cisim enerjiyə malikdir demək olar, ancaq mexaniki işə malikdir demək olmaz. İş enerjinin dəyişmə ölçüsü olub, enerjinin dəyişməsinə gətirən prosesi xarakterizə edən fiziki kəmiyyətdir.

#### Ədəbiyyat:

1. Методика преподавания физики 8-10 классов. Средней школы. Под редакцией В.П.Орехова и А.В.Усовой. Москва 1980.
2. Orta məktəb dərsləkləri VI-XI siniflər. Bakı 2021.

## **ƏNƏNƏVİ TƏHSİL SİSTEMİ İLƏ MÜASİR KURİKULUM TƏHSİL SİSTEMİNİN FƏRQLİ VƏ OXŞAR CƏHƏTLƏRİ**

**Mirəsova Ş.E., Abdullayev T.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*mirsovasbnm@gmail.com*

Təhsil cəmiyyətin, bütövlükdə bəşəriyyətin ictimai siyasi və tarixi-mədəni dəyərlərini formalaşdırma və inkişafetdirmə vasitəsidir. Təhsil zaman və məkan daxilində insan şəxsiyyətinin və mədəniyyətinin formalaşmasında onun tərbiyəsində bacarıqlarının dərinləşməsində həlledici rol oynamış və oynamaqdadır. Kurikulumda müəyyənləşdirilmiş standartlara uyğun bilik və bacarıqların formalaşdırılması üçün təlimində ənənəvi təlim metodları ilə yanaşı aşağıdakı interaktiv üsulların istifadəsi tövsiyə olunur: Əqli hücum, Bibö; Müzakirə; Venn diaqramı; Klaster; Anlayışın çıxarılması; Problemlə sual vəziyyət və s. Aşağıda ənənəvi təhsilin və müasir kurikulum təhsilinə uyğun dərslərin quruluşu təhlil edilmişdir. [1] **Fəal dərslərin quruluşu:**

- 1.Motivasiya (problemin qoyulması, fərziyyələrin irəli sürülməsi)
  - 2.Tədqiqatın aparılması (fərziyyələri yoxlamaq üçün tapşırıqları həll etmə prosesində məlumatların, faktların axtarılması və toplanılması)
  3. Məlumat mübadiləsi (əldə edilmiş məlumatların təqdim olunması)
  - 4.Məlumatın müzakirəsi və təşkili
  - 5.Nəticələrin çıxarılması
  - 6.Yaradıcı tətbiq etmə
  - 7.Qiymətləndirmə və Refleksiya (hər mərhələdə aparıla bilər)
- Ənənəvi dərslərin quruluşu:**
1. Ev tapşırığının yoxlanılması
  - 2.Öyrənilən mövzuların sorğusu (frontal və fərdi sorğu)
  - 3.Yeni mövzuya dair mühazirə (yeni mövzunun izahı)
  - 4.Aydın olmayan məsələlərin açıqlanması və dəqiqləşdirilməsi
  - 5.Yeni dərslərin möhkəmləndirilməsi üçün sual və tapşırıqlar
  - 6.Reproduktiv (təkraredici) tətbiq etmə
  - 7.Qiymətləndirmə

1.Motivasiya – hər hansı bir fəaliyyətə təhrik edən vasitədir. Fəal dərslərdə motivasiya dərslərin vacib komponentidir -təfəkkür prosesini hərəkətə gətirən və şagirdlərin idrak fəallığına təkan verən prosesdir. 2.Problemin həlli üzrə irəli sürülən fərziyyələri təsdiq və ya təkzib edən, habelə qoyulan tədqiqat sualına cavab verməyə kömək edəcək faktları tapmağa imkan yaradır. 3.Bu mərhələdə iştirakçılar tədqiqatın gedişində əldə etdikləri tapıntıların, yeni informasiyanın mübadiləsini aparırlar. Qoyulmuş suala cavab tapmaq zərurəti tədqiqatın bütün iştirakçılarını bir-birinin təqdimatını fəal dinləməyə sövq edir. 4.Bütün bilik, bacarıq və vərdislərin, təfəkkürün müxtəlif növlərinin səfərbərliyini tələb edir. 5.Şagirdlərə yeni bilginin kəşfi yolunda son addımı atmaq: konkret nəticəyə gəlmək və ümumiləşdirməni aparır. 6.Yaradıcı tətbiq etmə bi-

liyi möhkəmləndirir, onun praktiki əhəmiyyətini uşağa açıb göstərir. Bu mərhələ vaxt etibarilə yalnız bir akademik dərslə məhdudlaşmaya da bilər, yəni onun həyata keçirilməsi sonrakı dərslərdə də mümkündür. 7. Ev tapşırıqları - dərslə alınmış bilik, bacarıq və vərdislərin möhkəmləndirilməsi məqsədini güdən sərbəst iş formasıdır. 8. Qiymətləndirmə- istənilən prosesin təkmilləşdirilməsini təmin edən bir mexanizmdir. 9. Təlim prosesinin refleksiyası biliklərin mənimsənilməsinin bütün mərhələlərini təhlil etməyə və dərindən başa düşməyə imkan verən başlıca mexanizmlərdən biridir.

Ənənəvi tədris sistemində müasir dövrdəki kimi geniş imkanlar yox idi. Ənənəvi tədrisdə mövzu öyrədənlər tərəfindən izah olunur öyrənilənlərin nə dərəcə anlaması yoxlanılır. Müasir təhsil sistemində isə İKT istifadə olunur, dərslər fərqli formalarda izah olunur muzakirələr aparılır, son nəticəyə gəlinir. Ənənəvi təhsil sistemi ilə kurikulum təhsil sistemi bir çox oxşar cəhətləri var. Ən əsası məqsəd hər ikisində eynidir: Şagirdlərin dünyagörüşünün genişləndirilməsi, təlim tərbiyəsinə göstərilən diqqət. Hər iki təhsil sistemində didaktikanın əsas anlayışları mühim rol oynayır. 1. Bilik 2. Dünya görüşü 3. Tərbiyə

#### **Ədəbiyyat:**

1. A. Qəhrəmanov. Milli kurikulum, Xəzər universiteti, Bakı 2012, s.120
2. A.K.Orucov, Orta məktəbdə fizikanın öyrədilməsi metodikası, Bakı 2012, Ləman nəşriyyatı, s 124.

## **FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ İNNOVATİV TEXNOLOGİYALAR**

**İbrahimova İ.R., Hacıyeva L.S.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ibrahimovainare2003@gmail.com*

Təhsil sistemində əsaslı dəyişikliklərin baş verdiyi müasir mərhələdə rəqəmsal texnologiyalardan istifadənin məqsədəuyğunluğu təhsil və tədris prosesinin optimallaşdırılması, innovativ tədris metodlarının tətbiqi, universitetdə təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsi ilə müəyyən edilir. İnnovasiya yeni təhsil texnologiyalarının, təlim və idarəetmənin təşkilati formalarının inkişafına, yaradılmasına və yayılmasına yönəlmiş yaradıcı fəaliyyətin nəticəsidir. Müasir fizika ətraf aləm haqqında ən müasir biliklərin fundamental mənbəyi və elmi-texniki tərəqqinin əsas təməlidir. Yeni təhsil nəticələrinin əldə edilməsində rəqəmsal cihazların və innovativ texnologiyaların tətbiqi və istifadəsinin səbəbi budur. Öyrənilən fənnə davamlı marağın formalaşdırılması, tələbələrin həvəsləndirilməsi və inkişafı üçün informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından geniş istifadə olunur. Müəyyən edilib ki, İKT-dən istifadə zamanı dərslər daha maraqlı və emosional olur, tələbələrdə öyrənməyə maraqlı oyanır və idrak fəaliyyəti aktivləşir. Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası'nın əsas məqsədlərindən biri Azərbaycanda müasir informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından istifadə etməklə vahid milli təhsil mühi-

tinin yaradılması və əhalinin bütün təbəqələri üçün keyfiyyətli təhsilin təmin edilməsidir. Azərbaycan Təhsil Sisteminin İnformasiyalaşdırılması İdarəsi son illərdə istifadə olunan texnologiyaların müasirləşdirilməsi və dünya standartlarına uyğunlaşdırılması, eləcə də tədris prosesində İKT-nin hərtərəfli istifadəsini təmin etmək məqsədilə bir sıra layihələrə start vermişdir. Təhsil və Elm Nazirliyinin Azərbaycan Təhsil Şəbəkəsi ölkənin ən böyük daxili təhsil şəbəkələrindən biridir. AT Şəbəkəsinə ADSL bağlantısı ilə 300 yeni təhsil müəssisəsi, simsiz 3G və 4G bağlantısı ilə 340 təhsil müəssisəsi və fiber optik rabitə kanalları ilə 70 təhsil müəssisəsi qoşulub və yeni formatda dərsləri apara bilir. ATŞ-nə qoşulan təhsil müəssisələri intensiv trafik tələb edən müxtəlif proqramlardan, videokonfranslardan və Nazirliyin İnformasiya Resurs Mərkəzində yerləşdirilən elektron tədris resurslarından istifadə etmək imkanı əldə ediblər. Müasir dövrün ən əsas texnologiyası-İnternet global şəbəkədir, hansı ki, informasiyanı əldə etmək üçün ən əlçatan vasitələrdən biridir. İnternetin geniş imkanlarını istifadə edərək müəllimlər tələbələrə nəzəri materialların toplandığı saytları, eləcə də tələbələrin öz hazırlıq səviyyəsini müstəqil yoxlaya biləcəyini və onlayn testlər keçirə biləcəyi saytları tövsiyə etməlidir. Şərt olaraq, müəllimlər öz işlərində multimedia imkanlarından, fizika üzrə elektron dərsliklərdən, kompüter proqramlarının imkanlarından geniş istifadə etməlidirlər. Müəllimlər təqdimatlar yaratmaq üçün Power Point, Video yaratmaq üçün Windows MovieMaker proqramlarından istifadə etməlidir.

Son 20 ildə fizika dərsləri texniki vasitələrdən istifadə etməklə keçirilir, misal olaraq "kompüter və proyektor" sistemi, müxtəlif elektron lövhələri, elektron jurnalı gətirmək olar. Tələbələrə dərslik materialları onların elektron poçtlarına və rəqəmsal mediasına göndərilir. Bundan əlavə, İnternetdə mövcud olan aparıcı platformalar onlayn öyrənmə və müəllimlə ünsiyyət üçün geniş imkanlar yaradır. Azərbaycanda orta məktəblərdə Zoom Video Communications tərəfindən hazırlanmış proqram geniş istifadə olunur. BDU-də Blackboard Learn veb-əsaslı virtual təlim mühiti, təlimin idarə edilməsi sistemi və Microsoft Teams-onlayn görüşləri, söhbətləri, dərsləri, konfransları və xidmətləri bir araya gətirən əməkdaşlıq platforması istifadə edilir. Azərbaycanın bütün təhsil müəssisələrində rəqəmsal platformalar istifadə edilir. Tədrisdə innovativ metodlardan istifadəsi tələbə hazırlığının keyfiyyətinin yüksəldilməsinə öz töhfəsini verir. Müvafiq ədəbiyyatın və şəxsi tədris təcrübəmin təhlili göstərir ki, fizikanın tədrisində innovativ texnologiyalardan istifadəsi təlim fəaliyyətini fərqləndirməyə imkan verir, tələbələrin idrak marağını aktivləşdirir; onların yaradıcılıq qabiliyyətlərini inkişaf etdirir, zehni fəaliyyətini stimullaşdırır, tədqiqat fəaliyyətinə həvəsləndirir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. L.S.Naciyeva. Fizika dərslərində ikt metodların tətbiqi //НЖ CHRONOS мультидисциплинарный сборник научных публикаций. Выпуск 2(40), М.2021, s.17-21.
2. İ.N.İsmayılov. Fizikanın tədrisində muasir informasiya texnologiyalarının tətbiqi //Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов/ М.2018,s.45.



## **ORTA MƏKTƏB FİZİKA KURSUNUN TƏDRİSİNDƏ SAXLANMA QANUNUNUN ƏHƏMİYYƏTİ**

**Qədirova S.S., İsmailova R.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
semaqadirova03@gmail.com*

Fizikada saxlanma qanunlarının (SQ) ümumiləşdirici xarakteri onların elmi, metodoloji, həm də fəlsəfi əhəmiyyəti müəyyən edir. Demək olar ki, saxlanma qanunları ixtiyari fiziki nəzəriyyənin məhək daşdır. Yəni fiziki nəzəriyyə SQ-a zidd nəticə verməməsi onun düzgünlüyünün əsas və nəzəri şərtidir.

Şagirdlərdə elmi dünyagörüşünün formalaşdırılması saxlanma qanunlarının universal xarakterinin açılması, onların elmdə və texnikada əhəmiyyətinin göstərilməsi ilə paralel həyata keçirilir. Orta məktəb fizika kursunda saxlanma qanunlarını tədrisinin şagirdlərin biliklərin sistemləşdirilməsi və ümumiləşdirilməsi baxımında xüsusi əhəmiyyət kəsb etməsi təkzib olunmayan faktlardan biridir. Saxlanma qanunları fizikanın tədrisində həmişə əhəmiyyətli rol oynamışdır. Belə ki, bir tərəfdən fizikanın konkret qanunları ilə bağlı olan tənliklərin həll edilməsi müəyyən çətinliklərlə bağlı olur, digər tərəfdən saxlanma qanunlarından istifadə etdikdə həmin tənliklərin həllinə ehtiyac qalmır. Ən nəhayətdə saxlanan kəmiyyətlər dərin fiziki mahiyyətə malikdirlər və bilavasitə təcrübədən ölçülə bilirlər. Ona görə də orta fizika kursunun tədrisində saxlanma qanunlarına ciddi diqqət yönəldilməlidir.

Mexanika bölməsində saxlanma qanunlarına baxışın metodoloji nəticəsi onların Nyuton qanunlarından alınmasını başa düşməyə imkan verir. Digər tərəfdən də bu qanunlar fəza və zaman xassələri ilə qarşılıqlı əlaqədədir. Ümumiyyətlə fizika elminə aid olan qanunları şərti olaraq dörd əsas qrupa bölmək olar:

- a) xüsusi qanunlar;
- b) təbiətdə mövcud olan dörd qarşılıqlı təsir ilə bağlı olan əsas qanunlar;
- c) saxlanma qanunları;
- d) simmetriya prinsipləri.

Saxlanma prinsipləri dedikdə maddənin saxlanması, xassənin saxlanması və münasibətin yəni qarşılıqlı əlaqənin saxlanması başa düşülməlidir. Maddənin saxlanmasına diqqət yönəldikdə elementar zərrəciklərin elektron, proton və s. Xassənin saxlanmasına diqqət yönəldikdə isə saxlanma qanunları nəzərdə tutulur. Şagirdlərə veriləcək fiziki biliklərin vəhdətini nümayiş etdirmək üçün, fizikada mövcud olan saxlanma prinsiplərini aşağıdakı məntiqi sxemlə təqdim etmək olar:

- 1) fundamental fiziki sabitlər
- 2) klassik elmdə saxlanma qanunları
- 3) mikroaləmdə saxlanma qanunları

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

Dərstdə müxtəlif tədris mövzularının öyrənilməsi zamanı enerjinin saxlanması qanunlarının evristik əhəmiyyətini qeyd etmək üçün şagirdləri bu qanundan alınan fizikanın xüsusi qanunlarının nümunələrini təqdim etmək lazımdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Nurullayev Y.Q. Fizika kursunun tədrisi metodikası. Bakı: «Bakı Universitetinin» nəşriyyatı, 2013, 165 s.
2. İmanov S.S. Orta məktəbdə fizikanın tədrisi metodikası. Bakı: «ADPU», 2004, 496 s.
3. Бугаев А.Б. Методика преподавания физики в средней школе. М.: «Просвещение», 1982, 240 с.

**FİZİKADAN SINIFDƏNKƏNAR MƏŞĞƏLƏLƏRİN  
MƏZMUNUNA DAİR BƏZİ GÖSTƏRİŞLƏR**

**Tanrıverdiyeva Ş.C., Ələkbərov E.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*tanriverdiyeva.sovket@mail.ru*

Şagirdlərin fərdi ehtiyaclarını ödəmək üçün əsas təhsil proqramında sinifdənkənar fəaliyyətlər nəzərdə tutulur. Dərskənkənar tədbirlərin məqsədyönlü şəkildə qurulması və nəzərdə tutulan nəticələrin əldə olunmasını təmin etməsi vacibdir. Təhsil müəssisəsində məktəbdənkənar fəaliyyət, əsasən ümumi təhsilin əsas təhsil proqramında, məktəbin təhsil sistemində əks olunan məqsədlərə, prinsiplərə, dəyərlərə uyğun olmalıdır. Məktəbdənkənar tədbirlərin əsas məqsədi, şagirdlər tərəfindən sərbəst seçim əsasında öz maraqlarının təzahürü və inkişafı üçün şərait yaratmaqdır. Tapşırıqlar əsasən aşağıdakılardan ibarət olmalıdır: – ümumi təhsilin əsas təhsil proqramının mənimsənilməsi nəticələrinin əldə edilməsinə kömək etmək; – şagirdin özünü inkişaf etdirmə, öz müqəddəratını təyin etmə ehtiyaclarına töhfə vermək; – şagirdə yaradıcı fəaliyyətə hazırlıq və vərdiş formalaşdırmaq; – şagirdin özünə hörmətini, onun həmyaşıdları, müəllimləri, valideynləri qarşısında statusunu artırmaq; – onu əhatə edən dünya haqqında anlayışını genişləndirmək, və s.

Sinifdənkənar işlərin dərse təsiri böyükdür. Dərs saatlarından kənar əldə edilən məlumatlar şagirdin öz biliyinə inamını artırır ki, bu da onadaşlarının cavablarını tamamlamağa, fikrini əsaslandırılaraq müdafiə etməyə, maraqlı misallar gətirməyə imkan verir. Şagirdlər müxtəlif təcrübələr keçirməkdən xoşbəxtdirlər, sinif qarşısında danışmaqdan qorxmurlar, bu da müəyyən səlahiyyətlərin formalaşmasına kömək edir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu iş forması müəllim üçün çox faydalıdır, çünki bu, şagirdləri daha yaxşı tanımağa, qarşılıqlı anlaşmaya nail olmağa kömək edir. Qeyri-rəsmi şəraitdə ünsiyyət, müəllimi, şagird üçün maraqlıdır, şagirdləri ilə dialoq aparmağa kömək edir. Sinifdənkənar məşğələlər aşağıdakı formalarda təşkil edilir: dərnəklər, seçmə kurslar, tarixşünaslıq işi, elmi-praktik konfranslar, məktəb elmi cəmiyyətləri, olimpiadalar, fənn həftələri, axtarış və elmi tədqiqatlar və s. Fizikadan sinifdənkənar iş proqramının mənimsənilməsinin ümumi fənn nəticələri: şagirdlə-

rin mexaniki, istilik, səs və işıq hadisələri, bu hadisələri xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər haqqında biliklərə yiyələnməsi; – ümumi elmi anlayışlara yiyələnmək: təbiət hadisəsi, fakt, problem, fərziyyə, nəzəri nəticə, eksperimental yoxlamanın nəticəsi; elmi məlumatlarla yoxlanılmamış informasiya arasındakı fərqi, insanın gündəlik, istehsalat və mədəni ehtiyaclarını ödəmək üçün elmin dəyərini dərk etmək.

Sinifdankənar işin təşkilinə qoyulan əsas tələblər bunlardır: – şagirdlərin maraq və bacarıqlarını nəzərə almaqla cəlb edilməsi; – təlim-tərbiyə və sinifdankənar fəaliyyətin vəhdəti; – dərskənkənar maraqlı fəaliyyətlər.

Fizikadan sinifdankənar məşğələlərin ümumi fərqləndirici xüsusiyyəti, şagirdlərin öz maraqlarına uyğun olaraq, dərsləri könüllü seçmələrinin əlaməti olmalıdır. Sinifdankənar işlərin fizikaya idrak marağının inkişafına töhfə verməsi üçün, o, şagirdlərin aktiv müstəqil idrak və praktik fəaliyyətinə yönəldilməlidir. Fizikadan dərskənkənar işin ən vacib vəzifəsi, idrak fəaliyyətinin inkişafı və şagirdlərin idrak marağıdır. Şagirdlərlə işin fərdiləşdirilməsi həyata keçirilməli, hər bir şagirdə öz maraqlarına uyğun dərsləri və onun istək və imkanlarına uyğun iş tempini seçmək imkanı verilməlidir. Lakin müəllimin qarşısında fənn üzrə akademik nailiyyətlərindən asılı olmayaraq, bütün şagirdləri fizika fənni üzrə sinifdankənar işlərə cəlb etmək vəzifəsi qoyulmamalıdır, müəllim bunu fərq etməli və fizikaya maraq göstərən hər bir şagird üçün məmnunluq və inkişaf formasını tapmalıdır. Fizikadan sinifdankənar iş fərdi, qrup və ya kütləvi şəkildə təşkil edilə bilər.

Qrup şəklində dərskənkənar işlər fakultativ məşğələlərdə, fiziki dərnəklərdə və seçmə fənlərin auditoriyasında aparılır. Fizika fənni üzrə sinifdankənar işlərin təşkili zamanı fizikaya marağı olan, onun praktik həyatda tətbiqi ilə bağlı bütün şagirdlərə öz maraqlarını təmin etmək və qabiliyyətlərini inkişaf etdirmək imkanı yaratmaq aparıcı prinsip olmalıdır. Tədris prosesinin ən çətin hissələrindən biri də şagirdlərə problemlərin həlli yollarını öyrətməkdir. Problemləri həll etmədən məktəbdə fizika kursunu mənimsəmək olmaz. Fiziki tapşırıq şagirdlərdən fizikanın qanunlarına və metodlarına əsaslanaraq düşünməyi və məşq etməyi tələb edən, fizika biliklərinin mənimsənilməsinə və təfəkkürün inkişafına yönəlmiş vəziyyətdir.

## **ELEKTRONUN KÜTLƏSİ NƏ ÜÇÜN SONSUZ BÖYÜK DEYİL?**

**Hümbətova G.R., Orucov A.K.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*humbtovagulsum000@gmail.com*

Yük - elektromaqnit sahəsinin təsiri mənbəyi və obyektidir. Sahə - yüklərin elektromaqnit təsirlərinin maddi daşıyıcısıdır, materiyanın mövcudluğunun formasıdır. Qüvvə - yüklərin qarşılıqlı təsirinə intensivliyinin miqdar ölçüsüdür. Yüklərin, sahələrin, qüvvələrin fəza - zamanın və materiyanın hə-

rəkətiylə kəsilməz əlaqələri mövcuddur . Onların qarşılıqlı münasibətini fəzanı, zamanı və hərəkəti nəzərə almadan başa düşmək olmaz. Yüklərin mikroskopik daşıyıcıları dedikdə yüklü hissəciklər və ionalar başa düşülür. Onlar həm müsbət, həm də mənfi yük daşıya bilirlər. Ədədi qiymətcə yük elementar yükün tam misillərinə bərabər və ondan çox ola bilər  $|e| = 1,6021892 (46) \cdot 10^{-19}$  Kl. Əhəmiyyətli təcrübələrin aparılması səylərinə baxmayaraq indiyə qədər kəsir yükə malik mikroskopik yük daşıyıcıları aşkar edilməmişdir. Təxminən 200 hissəcik və çoxlu sayda atomların və molekulların ionları məlumdur. Yüklü hissəciklərin əksəriyyəti yaranandan sonra çox qısa zaman müddətində mövcud olurlar – yaşayırlar və tezliklə digər hissəciklərə parçalanırlar, başqa sözlə belə *hissəciklər sonlu yaşama müddətinə malikdir*. Bir çox hissəciklər üçün yaşama müddəti saniyənin kiçik hissələrinə bərabərdir. Az sayda hissəciklər vardır ki, onların yaşama müddəti sonsuzdur, belə hissəciklər elektron , proton və onların anti hissəcikləridirlər. Protonlar atomların nüvələrinin tərkibinə, elektronlar isə atomun elektron təbəqəsinə daxildirlər. Məhz bu hissəciklər demək olar ki elektrik kursunda öyrənilən bütün hadisələrə səbəb olur. Nüvələrin tərkibinə protonlardan başqa neytronlarda daxildir. Onlar elektroneytraldırlar və nüvənin tərkibində yaşama müddətləri qeyri-məhduddur. Ancaq nüvədən kənarında onlar protona, elektrona və antineytrinoya parçalanaraq orta hesabla təxminən 17 dəqiqə yaşayırlar. İonların yükü atomun və ya molekulun elektron təbəqəsində bir və ya bir neçə elektronun çatmazlığı ilə (müsbət ion) və ya əksinə, artıqlığı ilə (mənfi ion) bağlıdır. Ona görə də yüklərin mikroskopik daşıyıcıları kimi ionalar haqqında sual elektronların və protonların yükləri haqqında suala gətirilir. Elektron elementar mənfi yükün maddi daşıyıcısıdır. Adətən qəbul edilir ki, elektron çox kiçik nöqtəvi (quruluşsuz) struktursuz hissəcikdir və elektronun bütün elektrik yükü nöqtədə cəmlənmişdir. Elektronun belə təsvir edilməsi daxili ziddiyyətlidir, belə ki nöqtəvi yükün yaratdığı elektrik sahənin enerjisi sonsuzdur, buna görə də, elektronun ətalət kütləsi də sonsuz olmalıdır, bu isə təcrübə ilə ziddiyyət təşkil edir çünki elektronun kütləsi  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kq bərabərdir. Elektronun strukturuna (və yaxud strukturun olmamasına) dair daha inandırıcı və daha az ziddiyyətli baxışların olmaması yuxarıda deyilən bu ziddiyyətlə barışmağı zəruri edir. Sonsuz məxsusi kütlənin çətinliyini müxtəlif effektlərin hesablanması vaxtı kütlənin normaya salınmasının (kütlənin normallaşdırılması) köməyi ilə müvəffəqiyyətlə aradan qaldırılır, Bunun mahiyyəti aşağıdakından ibarətdir. Fərz edək ki, hər hansı bir effekti hesablamaq tələb olunur və həm də bu hesablama sonsuz məxsusi kütlə də daxildir. Belə hesablama nəticəsində alınan kəmiyyətin özü də sonsuz olur və bilavasitə fiziki məna kəsb etmir. Fiziki mənası olan nəticə almaq üçün daha bir hesablama aparılır, belə ki, həmin hesablama baxılan hadisənin amillərindən başqa bütün amillər daxil olurlar. Burada da axırıncı hesablamalara sonsuz məxsusi kütlə daxil olur və yenə də sonsuz nəticəyə gətirir. Birinci sonsuz nəticədən ikincini çıxanda məxsusi kütləylə bağlı sonsuz kəmiyyətlər qarşılıqlı islah olurlar və qalmış kəmiyyət sonlu olur. O baxılan

hadisəni xarakterizə edir. Bu üsulla sonsuz məxsusi kütlədən azad olmağa və fiziki məna kəsb edən, təcrübədə təsdiqini tapan nəticə almağa mümkün olur. Bu usuldan məsələn, elektrik sahənin enerjisinin hesablanması vaxtı istifadə edilir.

**Ədəbiyyat:**

1. Kalaşnikov S.Q Elektrik bəhsi. Bakı 2020 s.630
2. Сивухин Д.В. Общая курс физики (электричество)М.1975.С.552.
3. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М Том 04 - Квантовая электродинамика. М.2005.с.656.

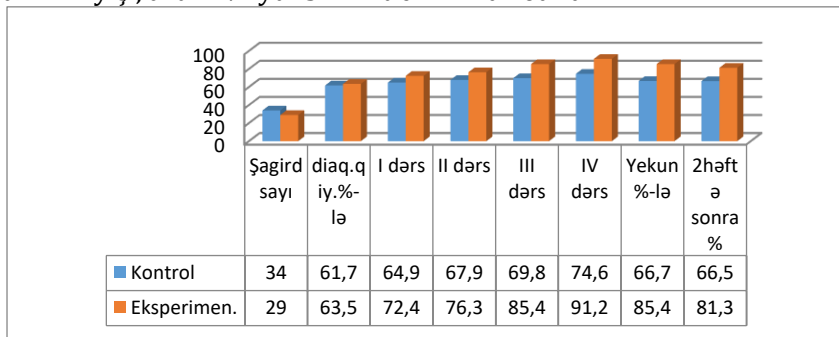
**XI SİNİFDƏ "ELEKTROSTATİK QARŞILIQLI TƏSİR VƏ METALLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ" MÖVZULARI ÜZRƏ FUNDAMENTAL QANUN VƏ TƏCRÜBƏLƏRİN SƏMƏRƏLİ TƏDRİSİNDƏ PEDAQOJİ EKSPERİMENTİN APARILMASI**

**Həsənova G.E., Orucov A.K.\***

*Bakı Dövlət Universiteti  
gulsnliyeva707@gmail.com*

Tədqiqatın ən mühüm və mürəkkəb metodlarından biri pedaqoji eksperiment hesab olunur. Tədqiqat işində qarşıya qoyulmuş məqsədə uyğun olaraq fərziyyəni sınaqdan keçirmək üçün M.İ.Cuvarlinski adına 52 saylı tam orta məktəbinin XI<sup>b</sup> və XI<sup>c</sup> siniflərində (fizika müəllimi Həsənova Gülşən) diaqnostik yoxlamadan sonra eksperiment apardım. Sonra isə eksperimental və control sinifləri müəyyənləşdirib müəllimlərin razılığı əsasında hər iki sinifdə dərslər aparıldı. Pedaqoji təcrübənin müddəti təxminən iki aya yaxın oldu. Tədqiqat işinin mövzuları üzrə diaqnostik yoxlama apararaq birinci mərhələdə məktəbin iki XI sinifləri üzrə mənimsəmə səviyyələri yoxlanıldı. Fizika müəllimlərindən təklif etdiyimiz metodika əsasında dərslərin tədris edilməsi xahiş edildi. İkinci axtarıclıq mərhələsində tərtib etdiyimiz metodik göstəriş əsasında müəllimlər dərslərini tədris etdilər. XI<sup>b</sup> və XI<sup>c</sup> siniflərində apardığımız yekun yoxlamada eksperimental və kontrol siniflər arasındakı fərq 18,7% olmuşdursa, iki həftədən sonrakı yoxlamada bu fərq 14,8% olmuşdur. Şagirdlərin bilik göstəriciləri isə aşağı siniflərdə tədris edilən sadə formadan XI sinifdə daha mürəkkəb düstur və anlayışlar ilə keçirilən mövzuların möhkəm şəkildə əlaqələndirildiyi müəyyən olunur. Şagirdlər bu bölmənin çox maraqlı olduğunu, gündəlik həyatla əlaqələndirilməsinin daha asan olduğunu söylədilər. Şagirdlərin laboratoriya cihazları ilə apardıqları təcrübələr zamanı müəyyən çətinliklərlə qarşılaşdıqları aşkar olundu. Aparılan tədqiqatın nəticəsi şagirdlərin təcrübə nümayişlərində kompüterdən istifadəsi çox həvəslə dərsi dinləmələrini, fiziki mahiyyəti anlayarkən hər bir şeyi şüurlu şəkildə başa düşməyə çalışmalarını təmin

etdiyini deməyə, həmçinin onlarda biliyin tamlığı, keyfiyyətin yüksəldilməsi, sistemləşdirilməsi və irəliləyişlər əldə etməyə çox yaxşı nəticə göstərir. Təcrübə apardığımız məktəbdəki siniflərdə bütün bunların hamısına əməl olunduqdan sonra irəliləyiş, artım və yüksək nəticələr əldə edildi.



Şək. 1. 11b və 11c siniflərində kontrol və eksperimental siniflərdə mənimsəmə səviyyəsinin faizlə ifadəsi

### Cədvəl 1

11b və 11c kontrol və eksperimental siniflərdə dərslə alınan qiymətlər

M.İ.Cuvarlinski adına 52 saylı tam orta məktəb									
Siniflər		Şagird sayı	Diaqnostik yoxlama %-lə	1-ci dər %-lə	2-ci dər %-lə	3-cü dər %-lə	4-cü dər %-lə	Yekun yoxlama %-lə	2 həftə sonra yoxlama %-lə
Eksperimental	XI <sup>b</sup>	29	63.5	72,4	76,3	85,4	91,2	85,4	81,3
Kontrol	XI <sup>c</sup>	34	61,7	64,9	67,9	69,8	74,6	66,7	66,5

### Ədəbiyyat:

1. S.İmanov; Orta məktəbdə fizikanın tədrisi metodikası
2. A.Orucov; Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası

## ORTA MƏKTƏB FİZİKA TƏDRİSİNDƏ HƏNDƏSİ VƏ HESABLAMA ÜSULLARININ BİRGƏ TƏTBİQİNƏ AİD MƏSƏLƏ HƏLLİ NÜMUNƏSİ

Həsənova N.Ş., Nurullayev Y.Q.\*

Bakı Dövlət Universiteti

nrmhesanova.2001@gmail.com

Orta məktəbdə fizikanın tədrisində bir neçə üsulların tətbiqi ilə həll edilən məsələlərdə şagirdlər müəyyən çətinliklərlə rastlaşırlar. Bu çətinliklər məsələ

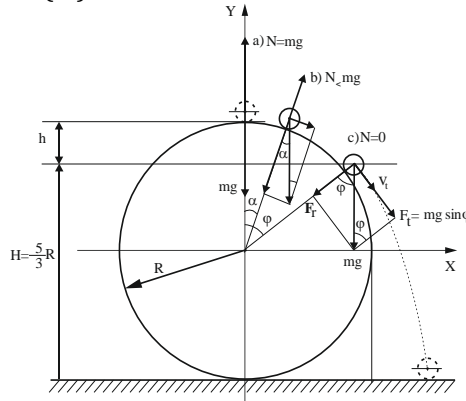
lənin şəklinin düzgün çəkilməməsindən, tənliklərin və riyazi çevirmələrin düzgün yazılmamasından yaranır. Həllini verdikimiz bu məsələ bu sahədə müəllimlərə və şagirdlərə metodik kömək məqsədi daşıyır.

**Məsələ : R radiuslu kürə, yer üzərində rərpənməz dayanmışdır. Onun ən yuxarı nöqtəsindən  $r \ll R$  radiuslu kürəcik sürtünməsiz sürüşür.**

**Kiçik kürəcik yerdən hansı hündürlükdə böyük kürrədən ayrılacaq?**

Mətdəndən görünür ki, məsələ hesablamada məsələsi olaraq mexanika bölməsinə aiddir və həlli, əyri xətlə hərəkət qanunlarını, enerjinin saxlanma qanununu və qüvvənin toplanmalarına ayırmaq xassəsindən istifadə etməyi tələb edir.

Məsələnin şəklindən görüldüyü kimi, ən yuxarı nöqtədə kiçik kürəciyə təsir edən ağırlıq qüvvəsi, səthin reaksiya qüvvəsi ilə (N) tarazlaşır (şəkilə a) vəziyyəti).  $\mathbf{N} = m\mathbf{g}$ . Kürəcik yuxarı nöqtədən aşağı sürüşəndə, ağırlıq qüvvəsini 2 toplanana ayırmaq: 1)  $\mathbf{F}_r$  - (şəkilə b) vəziyyəti). və  $\mathbf{F}_t$  toplananı -kürəni hərəkət etdirir və ona təcil verir ( $\mathbf{a}_t$ ).



Ağırlıq qüvvəsini radial toplananı isə  $F_r = mg \cos \alpha$ -dır və onun bir hissəsi kürəciyin trayektoriyasını təyin edir (mərkəzəqaçma qüvvəsi rolunu oynayır), bir hissəsi isə kürəciyi böyük kürəyə sıxır. Nəticədə səthin reaksiya qüvvəsi belə hesablanır:

$$\vec{F}_{m,q} = m\vec{g} + \vec{N}. \quad N = mg \cos \alpha - \frac{mv^2}{R}$$

Burada  $\varphi$  bucağı kürəciyin vəziyyətini göstərən radius vektorun Y oxuna nəzərən meyl bucağıdır. Enerjinin saxlanma qanunundan və riyazi çevirmilərdən istifadə edərək, kiçik Kürəciyin ayrıldığı nöqtənin koordinatını hesablasaq, alarıq:  $H = \frac{5}{3}R$

#### Ədəbiyyat:

- 1.Камеицекий С.Е. Методика решения задач по физике в средней школе. – М.: Просвещение,1987, 292 с.
2. İmanov. S.S.Orta məktəbdə fizikanın tədrisi metodikası. Bakı 2003, 285 s.

## **FİZİKİ ANLAYIŞLARIN FORMALAŞDIRILMASININ ƏSAS XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Hüseynzadə J.A., Sərməsov S.N.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*zhalahzada@gmail.com*

Şagirdlərin məntiqi düşüncəsinin inkişafı və formalaşdırılması prosesinin ayrılmaz hissələrindən biri FAF dır. Cisim və ya real hadisələrin ümumi əhəmiyyətli və başqasından fərqli olan spesifik əlamətlərin ifadə olunduğu fikir anlayış adlanır. Anlayışın dialektik xarakteri onunla ifadə olunur, onlar ifadə forması və məzmununa görə sabit olmayıb, həmişə inkişafdadır. FAF-ın fizikanın bir elm kimi özünə məxsus xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.

- Müşahidə və eksperiment vasitəsilə təbiətin dərk edilməsi hissi aspektinə əsaslanmaq.
- Bir anlayışda birləşmiş əlamətlərin kəmiyyətə ifadə edilməsi üçün fiziki kəmiyyət anlayışından istifadə edilməsi
- İdrakın nəzəri və empirik metodlarından üzvi vəhdəti.

Müəllimlərin çoxillik elmi tədqiqat fəaliyyəti və iş təcrübəsi əsasında FAF – in müəyyən iş sistemi yaranmışdır. Bu sistemin aşağıdakı elementləri var:

1. Müşahidə, dərsliklə iş zamanı əhəmiyyətli əlamətlərin ayrılması.
2. Xüsusi tapşırıqlarda əlamətlərin dəqiqləşdirilməsi.
3. Seçilmiş əlamətin oxşar əlamətlərdən ayrılması.
4. Fiziki anlayışların təsnifatı və sistemləşdirilməsi.

Bu sistemlə işləmək ən effektiv didaktik effekt verir.

Müəllim aşağıdakı şərtlərə əməl etməlidir:

- Şagirdlərin aktiv aqli fəaliyyəti təşkil edilməlidir.
- Əsas didaktik tələblər məqsədəuyğun şəkildə həyata keçirilməlidir.
- Təlim işinin müxtəlif forma və metodları nəzərdən keçirilməlidir.
- Didaktik tələblərin əsas prinsiplərinə tam uyğunluq təmin edilməlidir.

FAF – da əsas 4 mərhələ vardır.

Birinci mərhələ. Şagird bir cismi başqasından fərqləndirsə də fərqləndirici əlamətləri ayırd edə bilmir.

İkinci mərhələ. Şagird anlayışın əlamətini göstərir, ancaq əsas olanı qeyri əsas olandan ayıra bilmir.

Üçüncü mərhələ. Şagird bütün əhəmiyyətli əlamətləri bilir, ancaq onları sistemləşdirə bilmir.

Dördüncü mərhələ. Anlayış ümumiləşdirilib, onun başqa anlayışlarla zəruri əlaqəsi dərk edilib və şagird anlayışlarla sərbəst əməliyyat aparıla bilər.

### **Ədəbiyyat:**

1. 6-11-ci sinif fizika orta məktəb dərslisi. Bakı 2021
2. Методика преподавания в 8-11 класса МОСКВА 1980



## **ORTA MƏKTƏBDƏ FİZİKA MƏSƏLƏLƏRİNİN PROBLEMLİ HƏLLİ METODİKASI**

**Hüseynova J.C., Abdullayev T.Ş.\***

*Bakı Dövlət Universiteti*

*jaleguseinzade@gmail.com*

Problemlə təlim – şagirdlərin təlim-tərbiyə işinin bütün əsas növlərini əhatə edən və onların inkişafı üçün optimal şəraiti müəyyən edən, təlim prosesində şagirdlərin zehni fəaliyyətinin və qabiliyyətlərinin inkişafı üçün elmi əsaslı sistemdir. Onun əsasını müxtəlif təlim problemləri təşkil edir. Fizikada bu sistem, görkəmli metodistlərin İ.İ.Sokolov, P.A.Znamenski, E.N.Qoryaçkinin, K.N.Elizarovun ifadə etdiyi fikirlərin, eləcə də didaktika və psixoloqların təsiri altında formalaşmağa başlamışdır. Problemlə təlim şagirdlərdən mühakimə yürütməkdə müstəqil olmağı, əvvəllər sınaqdan keçirilməmiş həll yollarını axtarmağı tələb edən yaradıcı xarakterli sistemdir. Problemlə təlim özündə aşağıdakıları özündə birləşdirir:

- a) Yeni mövzunun problemlə tədrisi;
- b) Şagirdlərin müstəqil işlərində problemlə təlim;
- c) Məsələ həllində problemlə təlim;
- d) Şagirdlərin ev tapşırığında problemlə təlim;
- e) Şagirdlərin sinifdənkənar işlərində problemlə təlim və s.

Biliklərin əldə edilməsinin və onlardan yaradıcılıqla istifadə edilməsinin müxtəlif formaları var. Onlardan ən əhəmiyyətli məsələ həllidir. Məsələ həlli nədir? Məsələ həlli tələbələrə bilik və praktiki vərdişlərin öyrədilməsi və onların qavranılma dərəcəsinin yoxlanılması üsullarından biridir. Məsələ həlli fizikanın tədrisi zamanı şagirdlərin biliyinin praktiki cəhətdən yoxlanılmasında ən əhəmiyyətli yeri tutur.

Fizika məsələlərinin tipləri, onların həlli üsulları və tədrisin müxtəlif mərhələlərində istifadə edilməsi haqqında metodiki ədəbiyyatda kifayət qədər məlumat var. Biz fizika məsələlərinin əksər tiplərindən istifadə etməklə bərabər problemlə məsələlərin həllinə geniş yer veririk.

Problemlə məsələlərdə biliklərdən əsasən praktik məqsəd üçün istifadə edilir. Həmin məsələlərdə gündəlik həyatda, məişətdə və s. fizika ilə bilavasitə əlaqəsi olan problemlər öz əksini tapır. Bir çox hallarda həmin məsələlərin həllində şagirdlər ilk kəşf edən rolunda olurlar. Lakin həmin problemlər vaxtilə alimlər tərəfindən həll edilmişdir. Fizika kursu üzrə şagirdlərə problemlə məsələlərin həllində əsas məqsəd, dərslərin daha dərindən mənimsənilməsi, fiziki hadisələrin və qanunların praktiki tətbiqi etməyi öyrətməkdir.

Aşağıda fizikadan problemlə məsələlərin həlli metodikasının ümumi aspektlərinə qıscaca toxunulmuşdur:

1. Məlumdur ki, hər bir fiziki problem, fiziki hadisələr kontekstində, fiziki qanunlara xüsusi baxış var. Beləliklə, fizikada problemlə məsələnin həlli

üçün nəzəriyyəni dərindən öyrənmək lazımdır. Qeyd etmək lazımdır ki, düsturları bilmədən məsələni həll etmək mümkün deyil.

2. Məsələdə problemi bir neçə dəfə və məzmununu diqqətlə oxumaqla həll etmək dərk lazımdır. Məsələni oxuyan kimi dərhal axtardığınız kəmiyyətə diqqət yetirməyin, onu tez tapmağa çalışmayın. Əksinə, əks olunan problem yaxşı başa düşülməlidir.

3. Əgər məsələdə şəkil, qrafik və s. verilibsə, onları diqqətlə nəzərdən keçirin. Əgər heç bir diaqram, şəkil, qrafik və s. verilməyibsə problemin şərtlərinə uyğun olaraq, fiziki prosesi gözünüzün qabağına gətirin və problemi həll edin. Bu zaman onun məzmununu tam əks etdirən şəkli özünüz çəkə bilərsiniz.

**Ədəbiyyat:**

1. A.K. Orucov Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. "Ləman nəşriyyat Pioneriyası" MMC. Bakı 2012.
2. «Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы, Часть 2, Орехов В.П., Усова А.В., Каменецкий С.Е., 1980»

## MÜNDƏRİCAT

### Plenar iclaslar

#### Əliyeva Ə.N., Hacıyeva Ş.N.

Qan və toxuma mayelərində oksigen və karbon dioksidin daşınmasında bohr effekti ..... 5

#### Gülməmmədova S.S., Kərimova A.H.

Xrizinlə funksionallaşdırılmış maqnetit nanohissəciklərin quruluş xüsusiyyətləri ..... 6

### Bölmə 1. Nəzəri fizika və astrofizika

#### İmanzadə N.A., Bayramova T.O.

Neytrino ossilyasiyasının xarakteristik uzunluğunun təyini..... 8

#### Abdulxalıqova N.A., Alışeva K.İ.

İfrat yeni ulduzlar ..... 9

#### Məmmədəlizadə K.B., Əbdülvahabova S.Q.

Elektrik kvadrupol keçidlərində 0+ halları ..... 10

#### Baloqlanova X.M., Qəribov A.A.

İstilik energetik nüvə reaktorunda sürətli neytronların təsiri altında sirkoniumda nöqtəvi strukturda deffektəmələgəlmə prosesləri ..... 12

#### Hüseynova G.Ə., Əliyeva Z.F.

Yupiterin böyük qarşিদurma anının təyini ..... 13

#### Məmməd Z.İ., Əhmədov A.İ.

Şredinger tənliyinin Hülten potensialı üçün Nikiforov-Uvarov metodu ilə analitik həlli ..... 15

#### Məmmədova T.M., Ağamalıyeva L.A.

Proton-proton toqquşmasında  $\rho$  mezonun yaranması prosesinin tədqiqi ..... 16

#### Məmmədov Ə.S., Əhmədov A.İ.

Kleyn-Fok-Qordon tənliyinin Killinqbek potensialı üçün analitik həlli ..... 17

#### Qurbanova R.M., Bayramova T.O.

Neytronların nüvələrdən səpilməsi zamanı polyarizasiya effekti ..... 18

#### Qarayeva A. G., Pirquliyev M.Ş.

Çarpaz bircins elektrik və maqnit sahələrində yüklü zərrəciyin hərəkətinə dair relyativistik məsələnin dəqiq həlli və onun tətbiqləri..... 20

#### Musayeva R.M., Rəcəbov M.R.

Yüklü zərrəciyin bircins maqnit sahəsində hərəkəti..... 21

#### Yusifov S.P., Bəşirov M.M.

Günəş küləyinin tədqiqi texnologiyanın inkişafında bir amil kimi..... 22

#### Qasımova L.Z., Quluyev Ə.S.

Transpluton komet ailələri..... 23

<b>Zeynalov İ.M., Qocayev M.Ş.</b> Klassik ossilyator modelində dispersiya .....	24
<b>Şükürov Ə.T., Qocayev M.Ş.</b> Kvant mexanikasında ossilyator modeli .....	26
<b>Allahverdili L.V., Rəcəbov M.R.</b> Elektromaqnit dalğasının sərbəst yükdən səpilməsi .....	28
<b>Mikayılova A.A., Alışeva K.İ.</b> Kainatın radioşüalanma mənbələri .....	29
<b>Hüseynova Y.E., Rüstəmov B.N.</b> Normal ulduzların spektral təsnifatı .....	30
<b>Süleymanova H.Y., Quliyev Ə.S.</b> Koyper cisimlərinin müasir klassifikasiyası .....	31
<b>Bölmə 2. Molekulyar fizika</b>	
<b>Mahmudova A.Ş., Əhmədova A.B.</b> DNT molekulu və onun əsasında nanoçiplərin yaranması .....	33
<b>Azadov M.R., Paşayev B.G.</b> Saxarozanın sulu məhlulunun struktur temperaturu .....	34
<b>Abbasov V.F., Abbasova G.C.</b> Cys-Arg-Glu molekulinin fəza quruluşu .....	35
<b>Abdullayeva M.T., Əliyeva İ.N.</b> Neyromedin molekulinin tetrapeptid fraqmentinin konformasiya imkanları .....	37
<b>Cəfərova F.İ., Hacıyeva L.S.</b> İmmunfəal Gly-Pro molekulinin fəza quruluşunun öyrənilməsi .....	38
<b>Demirtaş E.T., Paşayev F.H.</b> PH molekulinin molekulyar orbitalları .....	40
<b>Əhmədova A.İ., Həsənov N.H.</b> PEQ-dekstran-su ikifazlı sistemlərinin hal diaqramına $\text{NaNO}_3$ duzunun təsiri .....	41
<b>Kərimli F.K., Bağırov R.M.</b> Dəmir ionlarının qara zeytun bitkisi meyvələrinin qabığından ayrılmış melaninlərlə kompleks birləşmə əmələ gətirməsi .....	43
<b>Məmmədova Ç.C., Əliyeva İ.N.</b> Met1-Pro2-Thr3-Pro4-Asp5 fraqmentinin fəza quruluşunda yan zəncirlərin rolu .....	44
<b>Məmmədova N.M., Qədirova İ.R.</b> İkiölçülü dielektrik kristalın istilik tutumu .....	46
<b>Nəcəfzadə Ş.Z., Məhərrəmov M.H.</b> Bitki hüceyrəsi membranlarının elektrik xarakteristikalarına xarici mühit parametrlərinin təsiri .....	47
<b>Səmədzadə N.C., Ağayeva L.N.</b> Serorfin molekulinin fəza quruluşu .....	48

<b>Гараева А.И., Гаджиева Л.С.</b> Определение геометрических параметров молекулы трипептида .....	50
<b>Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.</b> Helicostatin 4 molekulunun ön uclu Ala1-Arg2-Pro3 fraqmentinin fəza quruluşunun tədqiqi .....	51
<b>Qədirova A.V., Paşayev B.G.</b> KI duzunun özlü axın və həcmi xassələri .....	52
<b>Məmmədova S.Z., Şirinova H.A.</b> PVX+Sİ əsaslı polimer nanokompozitlərin alınması və quruluşu .....	54
<b>Гарегезлю Н.И., Касумова Р.Дж.</b> Факторы, влияющие на эффективность частотного преобразования .....	55
<b>Ваграмова R.V., Ağayeva L.N.</b> Laktoferroksin C molekulunun N-tərəf tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşu.....	56
<b>Султанова Н.Э., Сафарова Г.А.</b> Укороченные уравнения, описывающие рассеяние Манделъштама-Бриллюэна .....	57
<b>Yarəliyeva K.M., Hacıyeva Ş.N.</b> Kazoksin D molekulunun fəza quruluşu .....	59
<b>Qasımova H.H., Abbasova G.C.</b> Heptapeptid molekulun dipeptid fraqmentinin optimal konformasiyaları.....	60
<b>Bölmə 3. Bərk cisimlər fizikası</b>	
<b>Hasanlı G. A., İsmayilov T.H.</b> The electron gas in a semiconductor quantum film with semi- parabolic potential well.....	62
<b>Abbasova X.N., Qədirova İ.R.</b> Kvant çuxurunun elektrik qavrayıcılığı .....	62
<b>Həsənova G.B., Kim J.</b> Gümüş nanonaqillərin ölçülərinin gümüş əsaslı elektrodların keçiriciliyinə və şəffaflığına təsirinin araşdırılması.....	63
<b>Əliyeva V.A., Məmmədova V.C.</b> Videoyazıya görə avtomobilin sürətinin müəyyən olunması üsulları.....	65
<b>Ализаде С.С., Салманов В.М.</b> Фотолюминесценция в тонких пленках cds при двухфотонном возбуждении.....	66
<b>Xəlilova A.A., Kim J.</b> Triboelektrik səthlərin superhidrofobikliyiinin damcı əsaslı triboelektrik nanogeneratorlara təsirinin araşdırılması .....	68
<b>Вағирова S.E., Məmmədov R.Q.</b> Metal – gan keçidlərində cərəyana əlavə elektrik sahəsinin təsiri.....	69

<b>Balaeva L.A., Salmanov V.M.</b> Current-voltage characteristic of the Cu <sub>2</sub> S-CdS heterojunction.....	70
<b>Balakişiyeva Ə.N., Fiqarova S.R.</b> Yarımparabolik kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının hal tənliyi .....	72
<b>Bəkirova S.Y., Hacıyeva F.V.</b> Coomassie brilliant mavi (CRB-250) Sintetik üzvi boyasının maqnetit nanohissəciklər iştirakında katalitik deqradasiyası.....	73
<b>Cavadova R.Z., Həsənov E.R.</b> Некоторые виды неустойчивости в проводящих средах.....	74
<b>Əliyeva L.E., Hübətov Ş.Ə.</b> İnfraqırmızı dalğaların maye kristal mühidə udulmasına Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Nanohissəciklərinin konsentrasiyasının təsiri .....	75
<b>İsmailova Ə.B., Fiqarova S.P.</b> Сверхрешётки: энергетический спектр и волновые функции .....	76
<b>İsmayılov İ.R., İbrahimov H.B.</b> Yarımkəçiricilərdə optik proseslər .....	78
<b>Məhərrəmov A.A., Həsənov E.R.</b> Bərk cisimlərdə termomaqnit dalğalarının və cərgəyan rəqslərinin amplitudları.....	79
<b>Məmmədova N.C., Gulahmadov O.G.</b> Investigation of TiO <sub>2</sub> /nylon nanocomposites on the performance of triboelectric nanogenerators .....	81
<b>Məmedova H.K., Guseynov A.G.</b> Получение и исследование электрических свойств кристалла GeSe.....	82
<b>Quliyeva S.S., Cəfərov T.A.</b> Tb <sub>0,02</sub> Sn <sub>0,98</sub> Se monokristalının alınması və istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı .....	84
<b>Məmmədova Ü.B., Məhəmmədov Ə.Z.</b> TlInSe <sub>2</sub> monokristalında sönmənin tədqiqi .....	85
<b>Rzayeva A.S., Nurullayev Y.Q.</b> İonlaşdırıcı şüaların TlIn <sub>0,95</sub> Dy <sub>0,05</sub> Se <sub>2</sub> monokristallarının fotoelektrik xassələrinə təsiri.....	87
<b>Garaeva Ş.B., Məmedov P.M.</b> Оптическое поглощение и фотопроводимость кристаллов TlGaS <sub>2</sub> под действием лазерного излучения .....	88
<b>Umudova Ə.R., Məmmədova A.Ç.</b> AgGaS <sub>2</sub> amorf nazik təbəqəsində atomların yaxın nizam quruluşu.....	90
<b>Araeva H.A., Məmedov P.M.</b> Экспериментальное исследования многослойной полупроводниковой структуры лазерным излучением.....	91

<b>Amraliyeva Sh. A., İsmayilov T.H.</b> Optical absorption in semiconductor quantum film with parabolic potential.....	93
<b>Məmmədova L.N., Cəfərov M.Ə.</b> Sn-lə aşqarlanmış ZnS nazik təbəqələrinin optik xassələri.....	93
<b>Əhmədova N.M., Qəhrəmanov N.F.</b> Au <sub>3</sub> İn <sub>5</sub> Se <sub>9</sub> yarımqeçirici birləşməsinin fotoqeçiriciliyi .....	94
<b>Məmmədli L.A., Qəhrəmanov N.F.</b> Binar bərk məhlulların qidalandırıcı xəlitələrinin alınmasının yeni üsulu.....	96
<b>Məhərrəmzadə N.B., İmaməliyev A.R.</b> Maye kristalların dielektrik xassələrinin temperaturdan asılılığı.....	97
<b>Alxasova N.H., Hümbətov Ş.Ə.</b> BaTiO <sub>3</sub> seqnetoelektrik nanohissəciklərinin ölçü effektinin nematik maye kristalının astana gərginliyinə təsiri.....	99
<b>Məmmədli L.A., Sərməsov S.N.</b> PbTe nazik təbəqəsinin quruluşuna altlığın təsiri .....	100
<b>Azizova T.F., Alekberov Sh.Sh.</b> Physical processes during ozone formation in corona discharge.....	102
<b>Qafarova A.H., Hüseynov T.X.</b> Civə-arqon qarışığında zondətrafi təbəqənin formalaşma müddəti.....	103
<b>Vəliyeva N.R., Cəfərov M.Ə.</b> CdS:Mn təbəqələrinin optik xassələri.....	104
<b>Aghayeva F.A., Karimova A.H.</b> Structural characterization of magnetic iron oxide nanoparticles with various polymer coating agents.....	105
<b>Süleymanova A.V., Muradov M.B.</b> Məsaməli materialların supertutulularda istifadə xüsusiyyətləri .....	107
<b>Məmmədova S.E., Muradov M.B.</b> Doldurucu şəbəkəsinin maqnit oriyentasiyası ilə tənzimlənən nanokompozitlərin anizotropik gücləndirilməsi .....	108
<b>Dəmirov R.Y., Əliyev M.N.</b> Hg <sub>1-x</sub> Mn <sub>x</sub> Te yarımmaqnit yarımqeçiricisinin kvant təbəqəsində optik udulma .....	109
<b>İsayeva L.R., Gəhrəmanlı L.R.</b> High degradation of methylene blue using a new nanocomposite based on Ag-Ag <sub>2</sub> S-CdS NANOWIRES .....	110
<b>Məhtiyeva Sh.K., Məmmədov R.Q.</b> Electrophysical phenomena in metal GaAs contacts .....	112
<b>Məmmədzadə A.M., Əliyev L.P.</b> Sait və samit səslərin enerji maksimumlarına əhatə olunduqları fonemlərin təsiri.....	113

**Hajiyev A.R., Gulahmadov O.G.**

Study of the influence of the creation of micro and nanostructures on the surface of polymeric materials on the performance of the triboelectric nanogenerator ..... 114

**Bölmə 4. Fizikanın tədrisi metodikası**

**Babayeva F.Ş., Rəhimov R.Ş.**

Orta məktəb fizika kursunda "Elektromaqnit dalğaları" mövzusunun tədrisinin politexnik əhəmiyyəti ..... 116

**Abasova T.R., Əhmədova A.B.**

Məsələ həlli prosesində istifadə olunan fundamental anlayışların rolu ..... 117

**Cəfərova Ə.Y., Dadaşova V.V.**

Qazlarda və mayelərdə təzyiqli mövzusunun elmi-metodiki təhlili ..... 118

**Vahabzadə L.A., Dadaşova V.V.**

"Kvant fizikası" bölməsinin öyrənilməsinin metodikasının xüsusiyyətləri ..... 120

**Əhmədova K.N., Rəhimov R.Ş.**

Riyazi rəqqas ilə aparılan təcrübələrin bəzi xüsusiyyətləri ..... 121

**Yusifova R.M., Ələkbərov E.Ş.**

Məktəb fizika kursuna daxil edilmiş "Molekulyar fizika" bölməsinin tədrisində əsas qeydlər ..... 123

**Əyyubzadə N.Y., Qarayev E.S.**

Pazşəkili strukturlarda Nyuton həlqələrinin müşahidəsi ..... 124

**Şükürlü R.H., Daşdəmirov A.O.**

Orta məktəb 9-cu sinfində "Amper qüvvəsinin təbiiqləri: elektrik mühərriki və elektrik ölçü cihazları" mövzusunun əsaslı tədrisi ..... 126

**Əliyeva Q.Y., Nuriyev R.A.**

Orta məktəbdə termodinamikanın 1 qanununun tədrisi metodikası ..... 127

**Султан Л.Г., Исмаилова Р.Н.**

Принцип сообщающихся сосудов в работе фонтанов ..... 128

**Məmmədova E.M., Cabbarov C.H.**

Nümayiş eksperimenti-su fontanı ..... 130

**Məmmədova E.M., Cabbarov C.H.**

Aşağı təzyiqlərdə suyun qaynaması ..... 131

**Məmmədova G.H., Nuriyev R.A.**

Saxlanma qanunlarının tədrisi metodikası ..... 132

**Mirəsova Ş.E., Abdullayev T.Ş.**

Ənənəvi təhsil sistemi ilə müasir kurikulum təhsil sisteminin fərqli və oxşar cəhətləri ..... 134

**İbrahimova İ.R., Hacıyeva L.S.**

Fizikanın tədrisində innovativ texnologiyalar ..... 135



**Qədirova S.S., İsmailova R.N.**

Orta məktəb fizika kursunun tədrisində saxlanma qanununun əhəmiyyəti..... 137

**Tanrıverdiyeva Ş.C., Ələkbərov E.Ş.**

Fizikadan sinifdənkənar məşğələlərin məzmununa dair bəzi göstərişlər..... 138

**Hümbətova G.R., Orucov A.K.**

Elektronun kütləsi nə üçün sonsuz böyük deyil? ..... 139

**Həsənova G.E., Orucov A.K.**

XI sinifdə "Elektrostatik qarşılıqlı təsir və metalların elektrik keçiriciliyi" mövzuları üzrə fundamental qanun və təcrübələrin səmərəli tədrisində pedoqoji eksperimentin aparılması ..... 141

**Həsənova N.Ş., Nurullayev Y.Q.**

Orta məktəb fizika tədrisində həndəsi və hesablama üsullarının birgə tətbiqinə aid məsələ həlli nümunəsi..... 142

**Hüseynzadə J.A., Sərməsov S.N.**

Fiziki anlayışların formalaşdırılmasının əsas xüsusiyyətləri..... 144

**Hüseynova J.C., Abdullayev T.Ş.**

Orta məktəbdə fizika məsələlərinin problemlə həlli metodikası ..... 145

Çapa imzalanıb: 22.06.2023  
Format 70x100 1/16. Ofset kağızı.  
Həcmi 9,75 ç.v.. Sayı 100

---

Bakı Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.

Bakı şəh., ak. Z. Xəlilov küç. 33  
Tel: (+99412) 538 87 39 / 538 50 16  
e-mail: bdumetbee@gmail.com

**[www.bsu.edu.az](http://www.bsu.edu.az)**