

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ



Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının
102-ci ildönümünə həsr olunmuş

GƏLƏCƏYİN ALİMLƏRİ

mövzusunda

TƏLƏBƏLƏRİN X RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ MATERİALLARI

17 aprel 2025-ci il
Bakı Dövlət Universiteti

Bakı – 2025

“Gələcəyin alimləri” mövzusunda tələbələrin X Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 17 aprel 2025-ci il. Bakı: BDU Nəşr Evi, 2025. – 166 səh.

ISBN:

© Bakı Dövlət Universiteti, 2025

TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

Sədr:

Hacıyeva Şəhla Fizika fakültəsinin elmi işlər üzrə dekan
müavini

Sədr müavini :

Məmməd zadə Arzu Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
IV kurs tələbəsi, Fizika fakültəsinin Tələbə Elmi
Cəmiyyətinin sədri

Üzvlər:

Yusublu İsrafil Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
III kurs tələbəsi

Şıxverdiyeva Arzu Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
II kurs tələbəsi

Əhmədova Könül Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
IV kurs tələbəsi

Bağirova Nüşabə Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
IV kurs tələbəsi

Məmmədli Qurban Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
IV kurs tələbəsi

Əhmədova Fatimə Fizika fakültəsinin bakalavriat səviyyəsi üzrə
IV kurs tələbəsi

Balayeva Lamiyə Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının II kurs
doktorantı

PROQRAM KOMİTƏSİ

Sədr:

Bəxtiyar Paşayev Fizika fakültəsinin dekanı

Üzvlər:

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

Sacidə Əbdülvahabova Maddə quruluşu kafedrasının müdiri

Cəfərov Maarif Nanomaterialların kimyəvi fizikası
kafedrasının müdiri

Rəcəbov Məmməd Nəzəri fizika kafedrasının müdiri, dosent

Rəhimov Rəhim Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası
kafedrasının müdiri

Mahmudov Mehdi Bərk cisimlər fizikası kafedrasının müdiri

Alışeva Kəmalə Astrofizika kafedrasının müdiri

Qocayev Məcid Nəzəri fizika kafedrasının dosenti

Əhmədova Aidə Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası
kafedrasının müəllimi

Lalə Qəhrəmanlı Nanomateriallarının kimyəvi fizikası
kafedrasının baş müəllimi

PLENAR İCLAS

VALİN-TRİPTOFAN DİPEPTİDİNİN MOLEKULYAR ELEKTROSTATİK POTENSİALI

¹Mayilova A.A., ^{1,2}Rəhimzadə S.Q.*

¹Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi

²Bakı Dövlət Universiteti nəzdində

Fizika Problemləri Elmi – Tədqiqat İnstitutu

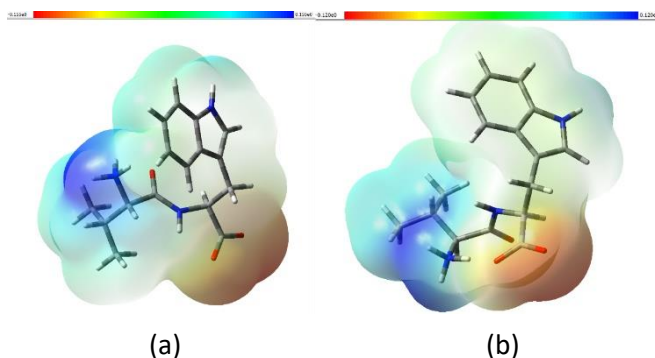
mayilovaaytn@gmail.com

Bir sıra xəstəliklərin qarşısının alınması və müalicəsində qida maddələrinin tərkibinə daxil olan bioloji aktiv peptidlərdən geniş istifadə olunur. Triptofan və valin amin turşuları antioksidan xüsusiyyətlərə malik amin turşularıdır. Ədəbiyyat araşdır'malarında göstərilmişdir ki, antioksidant peptidlər də antihipertenziv fəaliyyət göstərə bilər. Val-Trp (L-valyl-L-tryptophan) dipeptidi, angiotenzin çevirici fermentin (AÇF) inhibitoru kimi fəaliyyət göstərərək hipertoniya və ürək-damar xəstəliklərinin müalicəsində istifadə olunur [1, 2]. Bu işdə Val-Trp dipeptidinin molekulyar elektrostatik potensialı tədqiq olunmuşdur.

Kvant mexanikasının əsasını təşkil edən Şredinger tənliyinin həlli üçün bir sıra kvant kimyəvi metodlardan istifadə olunur. Bu dipeptidin həndəsi optimallaşdırılması DFT metodu vasitəsilə Gaussian 09 proqram paketi və GaussView 6.0 proqram təminatından istifadə edilərək hesablanmışdır. DFT metodu bioloji və tibbi maraq kəsb edən strukturların müxtəlif parametr və enerjilərinin hesablanması üçün ən çox istifadə edilən elektron quruluş metodudur [3]. DFT metodunda, Xartri-Fok metodunda olduğu kimi, stasionar Şredinger tənliyi Born-Oppenheymer yaxınlaşmasında həll edilir. Lakin qarşılıqlı təsir göstərən zərrəciklər sisteminin əsas hal enerjisi yalnız zərrəcik sıxlığından asılı olan unikal funksiya kimi göstərilir. Müasir dövrdə çox geniş yayılmış DFT metodu nanotexnologiya, kimyəvi reaksiyaların hesablanması, dərman kimyasında və farmokologiyada geniş istifadə olunur.

Molekulyar elektrostatik potensial (MEP) xəritələri yüklü paylanmaları vizuallaşdırmaq üçün çox istifadə olunur. Bu səthlər molekulun hər

bir araşdırılan strukturu üçün müsbət, mənfi və neytral elektrostatik potensial bölgələri göstərir. Bu bölgələr molekulun hissələri ola bilər. Səthdəki elektrostatik potensialın müxtəlif qiymətləri müxtəlif rənglərlə ifadə olunur. Ən nukleofilik bölgə olaraq qırmızı və ən elektrofilik bölgə olaraq mavi, müvafiq olaraq ən aşağı və ən yüksək elektrostatik potensiala uyğundur. Şəkil 1-dən göründüyü kimi, mənfi elektrostatik hissə (ən aşağı qiymətlər açıq və bükülü strukturlar üçün müvafiq olaraq -0,155e. və -0,120e.) molekulun C-ucdu karboksil qrupunun oksigen atomları üzərindədir və müsbət potensiallı hissələr (ən yüksək qiymətlər açıq və bükülü strukturlar üçün müvafiq olaraq 0,155e. və 0,120e.) N-ucdu amin qrupunun hidrogen atomları üzərində və Trp indol halqasının NH qrupunda bir qədərdir.



Şəkil 1. Val-Trp dipeptidinin optimallaşdırılmış açıq (a) və bükülü (b) strukturları üçün molekulyar elektrostatik potensial

Beləliklə, bu nəticələr, COO- qrupunun O atomları ən güclü itələməni, NH₃⁺ qrupunun H atomları isə ən güclü cazibəni göstərir. Qeyd olunan aktiv sahələr molekulunun bioloji fəaliyyəti üçün vacib rol oynayır.

Ədəbiyyat

1. Rudolph S., Lunow D., Kaiser S., Henle T. Identification and quantification of ACE-inhibiting peptides in enzymatic hydrolysates of plant proteins. Food Chem, 224(2017)19-25. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.039.
2. Lunow D, Kaiser S, Rückriemen J, Pohl C, Henle T. Tryptophan-containing dipeptides are C-domain selective inhibitors of angiotensin converting enzyme. Food Chem. 166 (2015)596-602. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.06.059.
3. Kohn W.; Becke, R.G. Parr, Density functional theory of electronic structure, J.Phys. Chem. 1996, 100, 12974–12980.

QRAVİTASIYA DALĞALARI VƏ ONUN MÜŞAHİDƏ İMKANLARI

Xalıqova S.R., Mikayılov X.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

xaliqovaselime01@gmail.com

Qravitasiya dalğaları, kütləli (massiv) obyektlərin sürətli hərəkəti nəticəsində yaranan titrəmələrdir. 2015-ci ildə LIGO detektorlarının ilk dəfə bu fenomeni müşahidə etməsi astrofizikada inqilabi bir kəşf oldu. Qravitasiya dalğalarının müşahidəsi, kainatın təkamülü, neytron ulduzları və qara dəliklər kimi kompakt obyektlərin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün yeni imkanlar yaradır.

Qravitasiya dalğaları əsasən massiv obyektlərin qarşılıqlı təsirindən yaranır. Xüsusilə qoşa kompakt obyektlərin toqquşması – neytron ulduzları və qara dəliklər birləşdikdə 10 hers – 100 kilohers tezliklərində güclü qravitasiya dalğaları yayılır. Eyni zamanda massiv ulduzların həyatlarının son mərhələsində çökmə zamanı da (məs. İfratyenilər) qravitasiya dalğaları yarada bilər.

Qravitasiya dalğalarını müşahidə etmək üçün zaman-məkanın kiçik pozulmalarını ölçə biləcək yüksək həssas qurğular lazımdır. Bu sahədə ən tanınmış detektorlar ABŞ-da yerləşən LIGO və İtaliyada yerləşən Virgo-dur. Hər iki detektor lazer interferometriyasından istifadə edərək, keçən qravitasiya dalğalarının səbəb olduğu zaman-məkanın uzanmasını və sıxılmasını ölçür. Qravitasiya dalğalarını müşahidə etmək, protonun diametrinin bir hissəsi qədər olan kiçik dəyişiklikləri ölçməyi tələb edir ki, bu da çox yüksək dəqiqlik və sabitlik tələb edir.

Bu detektorlar lazer interferometriya texnologiyasından istifadə edərək qravitasiya dalğalarının yaratdığı çox kiçik uzunluq dəyişikliklərini (10^{-18} m ətrafında) ölçə bilirlər. LIGO və Virgo birlikdə işləyərək qravitasiya dalğalarının xüsusiyyətlərini təyin etməklə neytron ulduzların və qara dəliklərin toqquşmasını müşahidə etməyə imkan yaradırlar.

Qravitasiya dalğalarının müşahidəsi, neytron ulduzlarının daxili quruluşu, sıx maddənin xassələri və kainatın təkamülü haqqında fundamental biliklər əldə etməyə imkan verir. Bundan əlavə, bu dalğalar vasi-

təsilə qara dəliklərin və neytron ulduzların toqquşma mexanizmləri haqqında yeni məlumatlar əldə edilir. Qravitasiya dalğaları eyni zamanda ümumi nisbilik nəzəriyyəsinin daha dəqiq yoxlanmasına və yeni fizikaya dair ipucları tapılmasına kömək edir.

Qravitasiya dalğaları astronomiyasının gələcəyi böyük perspektivlər vəd edir. Kosmosda yerləşdirilməsi planlaşdırılan LISA (Laser Interferometer Space Antenna) kimi detektorlar daha uzun dalğa uzunluqlu qravitasiya dalğalarını müşahidə edəcək. Bu isə ifratmassiv qara dəliklərin və sadə qravitasiya dalğalarının öyrənilməsinə imkan verəcək.

Qravitasiya dalğaları və elektromaqnit spektrində aparılan birgə müşahidələr kompakt obyektlərin təbiətini və dəmirdən ağır elementlərin mənşəyini daha dərindən anlamağa imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Abbott B.P. et al. GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral, *Physical Review Letters*, 2017, Volume 119, Is. 16, pp 18.
2. Acernese, F. et al. Status of the Advanced Virgo Gravitational Wave Detector (2018). Advanced Virgo: İlk müşahidələr və nəticələr. *Classical and Quantum Gravity*.
3. Abbott R., et al. (2021). LIGO-Virgo detektorlarının gələcək imkanları və yeni müşahidələr. *Astrophysical Journal Letters*.

BÖLMƏ 1

NƏZƏRİ FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA

GÜNƏŞ TUTULMASI ÜÇÜN TUTULMA ZONASININ UZUNLUĞU

Abdinova Z.H., Əliyeva Z.F. *

Bakı Dövlət Universiteti

shabanova-zamina@mail.ru

Tutulma zonasının uzunluğu günəş tutulmasının izləmə biləcəyi sahəni göstərir və bu sahə Ayın Yer üzərindən keçdiyi yol boyunca dəyişir. Günəş tutulması zamanı tutulma zonasının uzunluğunu müəyyən etmək üçün bir neçə əsas amili nəzərə almaq lazımdır: 1. Ayın Yerdən olan məsafəsi – Ayın orbitindəki mövqeyi tutulmanın növünü və tutulma zonasının ölçüsünü dəyişir; 2. Günəşin ölçüsü və Yerdən olan məsafəsi – Günəşin ölçüsü və Yerdən olan məsafəsi tutulma konusunun formalaşmasına təsir edir; 3. Yer səthinin forması və fırlanması – Yer kürəsinin qabarıq olması və fırlanması tutulma kölgəsinin dinamikasını dəyişir; 4. Tutulma konusunun uzunluğu – Tutulma zonasının uzunluğu əsasən Ayın kölgəsinin Yer səthində hərəkəti ilə müəyyən edilir.

Tutulma zonasının uzunluğunu hesablamada əsas amil Ayın Günəşi tam bağladığı umbra (tam kölgə) konusudur. Bu konusun uzunluğu aşağıdakı düsturla təqribən hesablanır:

$$L = \left(\frac{R_G - R_{Ay}}{R_G} \right) * D$$

Burada: L – Ayın kölgə konusunun uzunluğu, R_{Ay} – Ayın radiusu, R_G – Günəşin radiusu, D – Ay ilə Günəş arasındakı məsafədir. 2025-ci il aprelin 8-də baş verəcək tam Günəş tutulması üçün tutulma zonasının uzunluğunu hesablayaq: Ayın Yerdən olan orta məsafəsi: 384 400 km, Yerin Günəşdən olan məsafəsi: 149 600 000 km, Ayın diametri: 3474 km

Günəşin diametri: 1 392 700 km, Yerin fırlanma sürəti (ekvatorada):

1670 *km/saat*. Bunları nəzərə alaraq $L \approx 378\,000\text{ km}$.

Yer səthində tutulma zonasının uzunluğu isə Ayın kölgəsinin Yer üzərində hərəkəti ilə müəyyən edilir və bu uzunluq adətən 10000 – 15000 *km* arasında dəyişir. Maksimum tam tutulma müddəti isə 7 dəqiqə 29 saniyə ola bilər ki, bu da kölgənin hərəkət sürətindən və Yer səthinin formasından asılıdır. Tutulma zonası Ayın kölgəsinin Yerə düşdüyü sahədir. Tam Günəş tutulmaları bir neçə mil genişlikdə ən dar zonaya malikdir, qismən tutulmalar isə daha geniş zonaya malikdir. Ayın kölgəsinin Yerə düşmə bucağı tutulma zonasının uzunluğuna təsir edir. Kölgənin Yer üzərində hərəkət sürəti tutulma zonasının uzunluğunu müəyyən edir. Günəş tutulması, tutulma zonasında günəş işığına təsir göstərir. Günəş tutulması tutulma zonasında havanın temperaturunu aşağı sala bilər. Tam Günəş tutulması zamanı havanın temperaturu bir neçə dərəcə aşağı düşə bilər. Günəş tutulması tutulma zonasında vəhşi təbiətin davranışına təsir göstərə bilər. Bəzi heyvanlar günəş tutulması zamanı normal davranışlarından kənara çıxmağa bilər. Günəş tutulması Yerlə müəyyən bir bölgəsində baş verir. Tutulma zonasının yeri Ayın və Yerlərin səmadakı mövqelərindən asılı olaraq dəyişir. Hər bir günəş tutulması Yer kürəsində müəyyən bir coğrafi bölgədə görünür. Tutulma zonasının uzunluğu və eni tutulmanın növündən və Ayın Yerdən uzaqlığından asılıdır. Günəş tutulması zamanı tutulma zonasının uzunluğu tutulmanın növündən və müşahidə yerlərindən asılı olaraq dəyişir. Ümumiyyətlə, tam Günəş tutulması zamanı tutulma zonasının eni bir neçə yüz kilometr ola bilər və tutulma bu zonadan keçən yol boyunca bir neçə dəqiqə davam edə bilər. Bununla belə, tam tutulma sahəsinin uzunluğu Yerlərin səthindəki hərəkətindən və Ayın mövqeyindən asılı olaraq dəyişir.

Ədəbiyyat

1. C.M. Quluzadə, Ümumi astronomiya, Bakı, 2019.
2. R.Ə.Hüseynov, Astronomiya, Bakı, 1997.
3. Cesare Barbieri, Ivano Bertini, Fundamentals of Astronomy, 2nd Edition, 2021.

YÜKLÜ ZƏRRƏCİYİN MÜHİTDƏ ŞÜALANMASINA SINDIRMA ƏMSALININ DİSPERSİYASININ TƏSİRİ

Ağaverdiyeva M.N., Əlizadə M.R.*

Bakı Dövlət Universiteti

mohsunalizade@gmail.com

Sındırma əmsalının $n(\omega)$ -nin tezlikdən asılılığı işığın maddə ilə qarşılıqlı təsirinin başa düşülməsində əsas amildir. Bu işin məqsədi, sabit ($n(\omega) = const$), xətti ($n(\omega) = n_0 + k\omega$), eksponensial ($n(\omega) = n_0 \exp(-k\omega)$), Lorens $\left(n(\omega) = n_0 + \frac{A}{1 + \left(\frac{\omega - \omega_0}{\gamma} \right)^2} \right)$ və Sellmeier modelləri ilə yüklü zərrəciyin şüalanmasının astana sürətinə və səpilmə bucağına təsirini öyrənməkdir [1-3].

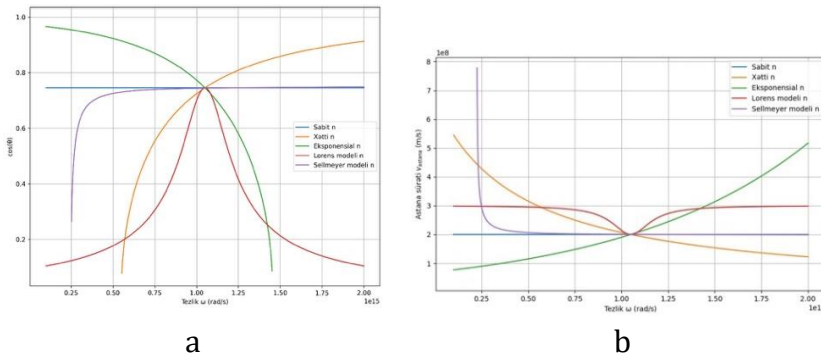
Fotonun şüalanması üçün şərtlər çıxarılmış və 10^{14} -dən $2 \cdot 10^{15}$ rad/s-ə qədər tezlik diapazonunda ədədi hesablamalar aparılmışdır. Hesablamalarda səpilmə bucağının ($\cos(\theta)$) və astana sürətinin (v_{astana}) tezlik asılılığı nəzərə alınmışdır.

Şəkil 1(a)-da müxtəlif modellər üçün səpilmə bucağının kosinusunun $\cos(\theta)$ tezlikdən (ω) asılılığını göstərir. Sabit model üfüqi bir xətt göstərir ki, bu da dispersiyanın olmadığını əks etdirir. Xətti model tezlik artdıqca $\cos(\theta)$ -nin monoton artımını göstərir. Eksponensial model aşağı tezliklərdə $\cos(\theta)$ -nin azalmasını, yüksək tezliklərdə isə sonrakı sabitləşməsini göstərir. Lorens modeli rezonans tezliyinə yaxın $\cos(\theta)$ -nin kəskin azalmasını və sonrakı artımını nümayiş etdirir. Sellmeier modeli aşağı tezliklərdə kəskin dəyişikliklərlə və yüksək tezliklərdə sabitləşmə ilə mürəkkəb bir asılılıq göstərir.

Tezlikdən (ω) asılı olaraq astana sürətinin (v_{astana}) qrafiki (Şəkil 1(b)) göstərir ki, sabit model sürəti dəyişməz saxlayır, xətti model tezlik artdıqca v_{astana} -nın azalmasını, eksponensial model isə yüksək tezliklərdə artmasını nümayiş etdirir. Lorens modeli rezonans tezliyində kəskin minimum, Sellmeier modeli isə aşağı tezliklərdə dəyişiklik və yüksək tezliklərdə sabitlik göstərir.

Sındırma əmsalının $n(\omega)$ dispersiya modelləri şüalanmaya əhəmiyyətli təsir edir. Sabit model dəyişməz parametrləri göstərir, xətti və eksponensial modellər zəif dispersiyalı mühitlər üçün xarakterikdir. Lorens və Sellmeier modelləri isə rezonans tezliklərində güclü dəyişikliklər nümayiş etdirərək işığın maddə ilə mürəkkəb qarşılıqlı təsirini əks etdirir. Yüksək tezliklərdə parametrlərin sabitləşməsi dispersiya effektlərinin azalması ilə izah olunur.

Dispersiya modellərinin $n(\omega)$ -yə təsiri, yüklü zərrəciyin şüalanma xüsusiyyətlərinə böyük əhəmiyyət verir. Sabit model dispersiyasız mühiti, xətti və eksponensial modellər zəif dispersiyalı materialları, Lorens və Sellmeier modelləri isə rezonans effektlərini əhatə edən mürəkkəb qarşılıqlı təsirləri adekvat şəkildə təsvir edir. Yüksək tezliklərdə isə parametrlərin sabitləşməsi, dispersiya effektlərinin azalması ilə əlaqələndirilir.



Şəkil 1. Səpilmə bucağının kosinusunun (a) və v_{astana} -nın (b) tezlikdən asılılığı: sabit (göy), xətti (narıncı), eksponensial (yaşıl), Lorentz (qırmızı) və Sellmeier (bənövşəyi) modelləri.

Ədəbiyyat

1. Born, M., & Wolf, E. (1999). Principles of Optics. Cambridge University Press.
2. Jackson, J. D. (1999). Classical Electrodynamics. Wiley.
3. Yariv, A., & Yeh, P. (2006). Photonics: Optical Electronics in Modern Communications. Oxford University Press.

TUTULAN QOŞA DƏYİŞƏN ULDUZLARIN PARLAQLIQ ƏYRİLƏRİ

Ağayeva S.T., Rüstəmov B. N.*

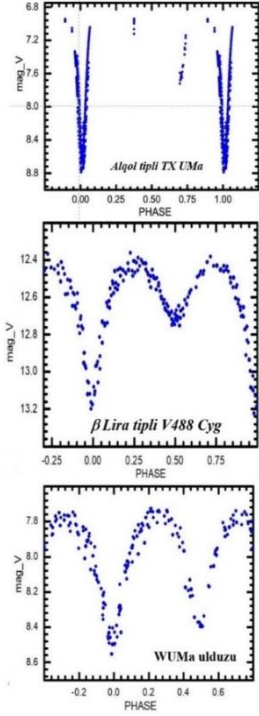
Bakı Dövlət Universiteti

sonaagayeva7890@gmail.com

Ulduzun «Dəyişən ulduzlar» sinfinə aid edilməsi onun fotometrik dəyişkən olması, yəni parlaqlığının zamandan asılı olaraq dəyişməsi ilə müəyyən olunur. Dəyişən ulduzlar iki əsas sinfə bölünür: 1. Optik dəyişən ulduzlar – parlaqlığın dəyişməsi xarici səbəblərlə - optik tutulma və ya qeyri-bircins səthə malik ulduzun fırlanması ilə bağlıdır. 2. Parlaqlığın dəyişməsi ulduzun daxiliində gedən fiziki proseslərlə bağlı olan fiziki dəyişən ulduzlardır [1]. Optik-tutulan dəyişən ulduzlar üç əsas alt sinfə bölünür: 1. Alqol tipli ulduzlar. Bu ulduzlar – kütlələləri çox da böyük olmayan, yarımayrılmış qoşa ulduz sistemidir. Onların parlaqlıqlarının dəyişmə amplitudu 1^m ətrafında olub, sabit perioda malikdirlər. 2. β Lira tipli tutulan dəyişən ulduzlar. Bu ulduzlar Alqollardan kütlələrinin böyük olması, komponentlərin daha sıx yerləşməsi ilə seçilir. 3. WUMa tipli tutulan dəyişən ulduzlar. Bu sistemlərin komponentləri forma və ölçülərinə görə bir-birinə çox yaxındır və demək olar ki, bir-birinə toxunurlar (kontakt qoşa sistemlərdir) [2, 3].

İşin məqsədi, parlaqlıq əyrilərinin forma və xüsusiyyətlərinə görə seçilən bu üç tip tutulan – qoşa dəyişən ulduzların xarakterik nümayəndələrinin astronomik verilənlər bazasından istifadə edərək parlaqlıq əyrilərinin qurulmasıdır.

Tədqiqat ulduzlarının fotometrik müşahidə nəticələri AAVSO Beynəlxalq fotometrik məlumatlar bazasından toplanmışdır. Bu arxivdə müxtəlif müəlliflərin fərqli sistemdə müşahidə nəticələri toplanıb. Materialın bircinsliyini təmin etmək məqsədi ilə biz tədqiqat ulduzlarının parlaqlıqlarının geniş zolaqlı V fotometrik süzgəcində eyni cihaz və qurğularda aparılmış müşahidə nəticələrindən istifadə etmişik. Toplanmış fotometrik müşahidə materialının ilkin emalı MicrosoftExcel proqramında həyata keçirilmişdir. Müşahidə materialı toplanmış hər bir ulduz üçün parlaqlığının dəyişməsinin elementləri ifadəsindən hər bir müşahidə nöqtəsinə uyğun Julian tarixi üçün verilən perioda uyğun fazalar



hesablanmışdır. Tədqiqat ulduzlarının fotometrik müşahidə nəticələrinin MicrosoftExcel proqramında emalının nəticələrindən istifadə edərək Origin paket proqramında ulduzların parlaqlıq əyriləri qurulmuşdur. Şəkildə, X oxunda periodun hissələrini göstərən faza, Y oxunda isə ulduz ölçüsü (mag_V) göstərilmişdir. Parlaqlıq əyrisi qrafiki fazanın elə aralığında qurulmuşdur ki, tutulmanın baş minimumu aydın görünsün. Parlaqlıq əyrisi fazanın $(-1 \div +1)$ aralığında qurulmuş və sonra optimal aralıq seçilmişdir. Tədqiqat ulduzlarının parlaqlıqlarının fazaları aşağıdakı ifadələrdən hesablanmışdır.

$$\text{TXUMa: } HJD = 2452500.0722 + E \times 3.0633391$$

$$\text{V488Cyg: } HJD = 2452500,5089 + E \times 0,56050$$

$$\text{WUMa: } HJD = 2452500.196 + E \times 0.3336320$$

Ulduzların parlaqlıq əyrilərinin qurulmasında uyğun olaraq: 562; 3000 və 4000 ölçmədən istifadə olunmuşdur. Alqollarda ikinci minimum çox zəifdir və əksər hallarda müşahidələrdən görünmür. Tədqiq etdiyimiz Alqol tipli ulduzlardan yalnız TX UMa ulduzunda ikinci minimum zəif hiss olunur. Digər ulduzlarda (USge, δ Lib, V505Sgr, RW Gem) ikinci minimum müşahidə olunmur.

Tutulan-qoşa dəyişən ulduzların hər üç alt sinfinə məxsus xarakterik: Alqol tipli TXUMa, β Lyr tipli V488Cyg və WUMa ulduzlarının parlaqlıq əyriləri qurulmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Rəhim Hüseynov Ümumi astrofizika kursu Bakı 2010
2. L.M.Sarro et al. A&A, 2006, v.446, No1, pp.395-402
3. Sukanto D.,Harinder P.S. MNRS, 2011,v.412, pp.1787-1803

ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF NEUTRONS

Amirli S.I., Abdulvahabova S.G.*

Bakı Dövlət Universiteti

seljanamirli@gmail.com

Neutrinos are extremely small particles in the Standard Model of particle physics. Although they were once thought to be completely non-interactive with electromagnetic fields, recent studies suggest that neutrinos could have electromagnetic interactions.

1. **Magnetic Moment.** The best laboratory upper limit on neutrino magnetic moment has been obtained by the GEMMA collaboration that investigates the reactor antineutrino-electron scattering at the Kalinin Nuclear Power Plant (Russia) [1]. Within the presently reached electron recoil energy threshold of $T \sim 2.8 \text{ keV}$ the neutrino magnetic moment is bounded from above by the value $\mu_\nu < 2.9 \times 10^{-11} \mu_B$. This limit, obtained from unobservant distortions in the recoil electron energy spectra, is valid for both Dirac and Majorana neutrinos [2].

2. **Charge Radius.** The neutrino charge radius is defined by:

$$\langle r_\nu^2 \rangle = -6 \frac{df_Q(q^2)}{dq^2} \Big|_{q^2=0} \quad (1)$$

$f_Q(q^2)$ represents the charge form factor of the neutrino, which describes how the neutrino interacts with an external electromagnetic field. q^2 is the squared four-momentum transfer in an interaction involving the neutrino and an external electromagnetic field.

The charge radius gives an idea of the effective size of a particle in terms of its electromagnetic interactions.

3. **Electric Dipole Moment.** In addition to the magnetic moments μ_{ij} , the most general form of the neutrino electromagnetic vertex function $\Lambda_{ij}(q^2)$ includes three other types of electromagnetic properties that describe how neutrinos interact with real photons ($q^2 = 0$). These properties are the dipole electric moments (ϵ_{ij}), anapole moments (a_{ij}), and millicharges (q_{ij}). If CP symmetry is violated in a given theoretical framework, a neutrino can possess nonzero electric

moments (ϵ_{ij}) [2].

4. Neutrino-Photon Interactions. The couplings with real and virtual photons of neutrinos with nonzero electromagnetic properties generate processes that can occur in various astrophysical conditions and can be the cause of important observable phenomena [3]. The most important neutrino electromagnetic processes are shown in Fig.1.

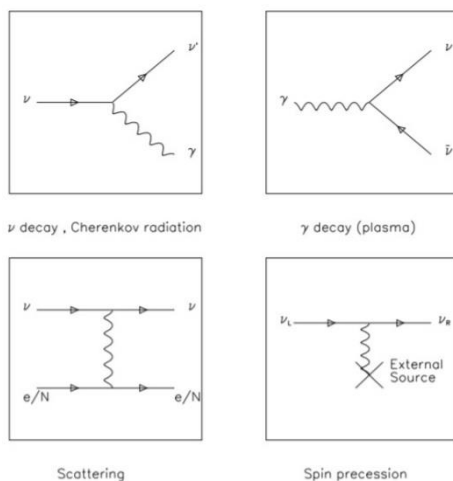


Figure 1. Schematic diagrams for neutrino-photon processes.

Neutrinos, despite being neutral, exhibit electromagnetic properties that challenge our understanding of fundamental physics. These properties remain key areas of study, as any deviation from Standard Model predictions could signal new physics. While current experimental limits are tight, future advancements may reveal deeper insights into neutrino behaviour and their role in the universe.

References

1. Beda A, Brudanin V and Egorov V 2012 Adv. High Energy Phys. 2012 350150
2. Alexander Studenikin 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1342 012047
3. Giunti C, Kouzakov K, Yu-Feng L and Studenikin A 2025 Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2025 75:1-29
4. M. Wall. Freaky Physics: Why The Discovery Of Gravitational Waves Should Blow Your Mind.

PARKER SOLAR PROBE MISSİYASI: ELMİ ƏHƏMİYYƏTİ

Əhmədova K.N., Bəşirov M.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

Ahmedovak2004@gmail.com

Günəş zond (GZ) missiyası ideyası 1958-ci ildə ilk süni peyk uğurla Yer orbitinə buraxıldıqdan dərhal sonra təklif edilmişdi. Günəşə kosmik gəmi göndərmək hər hansı digər planet cisimlərinə getməkdən texniki cəhətdən daha çətin olduğu üçün GZ missiyasının həyata keçirilməsi çətinliklə nəticələnmişdi. Çətinlik əsasən Günəşə yaxınlaşmaq üçün tələb olunan orbital sürətin azalması və Günəşin yaxınlığındakı sərt mühitdə sağ qalma qabiliyyətindən ibarət idi. 2007-ci ildə Günəşə yaxınlaşmaq üçün Veneranın yaxınlığından keçərək onun cazibə qüvvəsindən istifadə etməklə yeni trayektoriya təklif edildi. Yeni "Solar Probe Plus" missiyası Günəş küləyinin mövcudluğunu proqnozlaşdıran astrofizik Eugene Newman Parkerin şərəfinə Parker Solar Probe (PSP) adlandırılmış kosmik gəmi (2017) və NASA-nın canlı insanın adını daşıyan ilk kosmik gəmi olmuşdür [1].

12 avqust 2018-ci ildə buraxılmış PSP daxili heliosferin və Günəş tacının yeddi illik tədqiqini aparmaqla o, bütün əvvəlki kosmik gəmilərdən Günəşə daha yaxınlaşa bilər. 2018-2025-ci illər arasında dəfələrlə Veneranın orbitinin yaxınlığından keçməklə onun cazibə qüvvəsindən istifadə edərək, PSP-nin perihelion məsafəsi $35 R_{\odot}$ -dən - $9,86 R_{\odot}$ -ə qədər azalır. Missiyanın əsas elmi məqsədləri aşağıdakılardır:

1. Günəş küləyi mənbələrində maqnit sahəsinin strukturunu və dinamikasını təyin etmək;
2. Günəş tacı tərəfindən şüalanan enerjinin səviyyələrini və günəş küləyinin sürətlənməsini aşkarlamaq;
3. Enerjili zərrəciklərin təcil alma və enerji əldə etmə mexanizmini müəyyənləşdirmək, təyin etmək;
4. Günəş ətrafında plazma zərrəciklərinin, onların günəş küləyi ilə qarşılıqlı təsirinin, enerjili zərrəciklərin yaranmasının öyrənilməsi. PSP-dən əvvəl, daxili planetlərarası mühit haqqında məlumatlar He-

lios missiyası ilə əlaqədar idi. Daxili heliosferdə baş verən əsas fiziki proseslərin ilkin anlaşılması üçün zəmin yaratmış və sonrakı missiyalarda alətlərin hazırlanmasına və uyğunlaşdırılmasına çox kömək edən bu missiyada kosmik gəminin Günəşə çatdığı ən yaxın məsafə 1976-cı ildə Helios2 kosmik gəmisi tərəfindən 0,29 AV (AV -astronomik vahid) və ya $62,4 R_{\odot}$ ($R_{\odot}$ - Günəş radiusu) olmuşdur. 29 oktyabr 2018-ci ildə NASA Parker zondunun Helios2 kosmik gəmisi tərəfindən müəyyən edilmiş əvvəlki rekordu üstələyərək rekord məsafəyə yaxınlaşdığını və rekord sürət əldə etdiyini açıqladı [2].

PSP daxili heliosferi tədqiq edir və bu günə qədər PSP Günəşə yaxın 24 perihelion keçidindən 23-nü həyata keçirib və daxili heliosferik müşahidələrin müqayisəsinə imkan yaradıb. 06 noyabr 2024-cü il tarixində son Venera cazibə manevrində iştirak etmiş, Veneranın səthindən 376 km məsafədən keçmişdir. Uçuş zondun trayektoriyasını korrektə etmiş, nəticədə zond 24 dekabr 2024-cü il tarixində saatda 430000 mil sürətlə Günəşə ən yaxın 3,86 mil məsafəyə yaxınlaşa bilmişdir. Signal göndərərək olduğu orbitdə daha iki dövrünü (22 mart və 19 iyun 2025-ci il) davam edəcəkdir. Bu insanın hazırladığı qurğunun günəşə yaxınlaşacağı ən az məsafədir.

PSP missiyası iç icrasında çoxlu elmi nəticələri almağa günəş küləyinin yaranması, yayılması, günəşin maqnit sahəsinin xüsusiyyətləri, zərəciklərin sürətlənmə mexanizmlərini araşdırmağa kömək olan məlumatlar təhlil olunmaqdadır. PSP NASA (NASA Living With a Star) proqramı çərçivəsində işlənmiş bilavasitə həyata və cəmiyyətə təsiri olan Günəş-Yer aspektlərini öyrənməyə yönəlmişdir. Alınan nəticələr müxtəlif elmi laboratoriyalarında tədqiqat olunmaqdadır və bəhrəsini verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Solar Probe Plus: Report of the Science and Technology Definition Team, NASA/TM2008-214161, National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 2008.
2. Raouafi, N.E., Matteini, L., Squire, J. et al. Parker Solar Probe: Four Years of Discoveries at Solar Cycle Minimum. Space Sci Rev 219, 8 (2023).
3. <https://science.nasa.gov/science-research/heliophysics/final-venus-flyby-for-nasas-parker-solar-probe-queues-closest-sun-pass/>

KULON POTENSİALININ (t, p) REAKSİYALARINDA NƏZƏRƏ ALINMASI

Əmənöv K.V., Əbdülvahabova S.Q.*

Bakı Dövlət Universiteti

kenan.amanov.2020@mail.ru

Nüvənin xassələrinin öyrənilməsində birbaşa gedən reaksiyalar xüsusi yer tutur. Birbaşa gedən nüvə reaksiyaları adətən yüksək enerjilərdə baş vermələrinə baxmayaraq onlar kiçik enerjilərdə də böyük rol oynayırlar. Qeyri-elastiki (n, n'), (p, p'), yüklənmə (n, p), qopartma (d, p), (t, p) və zəbtetmə (p, d), (n, d) reaksiyalarında birbaşa prosesi tərkibli nüvə mexanizminə nəzərən üstünlük təşkil edir.

Tərkibli nüvə mərhələsi ilə gedən reaksiyalardan fərqli olaraq, birbaşa gedən nüvə reaksiyalarında düşən zərrəcik öz enerjisini nüvənin bir və ya bir neçə nuklonuna verir və onlar da nüvəni tərk edirlər [1].

Bu işdə tədqiqat impuls yaxınlaşmasında müstəvi dalğalardan istifadə edilərək Qauss potensialını və Kulon qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla aparılmış və (t, p) reaksiyasının effektiv kəsiyi üçün ifadə alınmışdır.

Toqquşmadan əvvəl sistem A nüvəsindən və t tritondan, toqquşmadan sonra B nüvəsi və p protondan ibarət olur.

Baxılan prosesin keçid amplitudunun ifadəsi aşağıdakı şəkildədi:

$$F_{if} = (\psi_f, \hat{T}\psi_i), \quad (1)$$

haradakı

$$T = V + V \frac{1}{E_t - U + i\eta} T. \quad (2)$$

(2) ifadəsində V tritonun nüvənin nuklonları ilə qarşılıqlı təsir potensialı;

$E_t = p_t^2/2m_t$ - tritonun kinetik enerjisidir.

V potensialı aşağıdakı kimi seçilir:

$$V = V_Q + V_K, \quad (3)$$

(3) ifadəsinə daxil olan Qauss potensialı V_Q və tritonun A nüvəsi ilə Kulon qarşılıqlı təsir potensialı V_K aşağıdakı ifadələrlə verilir:

$$V_Q = is \left(\frac{\pi}{a} \right)^{3/2} \exp(-r^2/4a), \quad (4)$$

(4) ifadəsində a effektiv təsir radiusu, s -isə Mandelstam dəyişənidir:

$$s = 4(k^2 + m^2) = 4E^2. \quad (5)$$

(3) ifadəsində V_K isə Kulon potensialıdır:

$$V_C = Z_A e^2 (3 - r^2/R_C^2)/2R_C^2, \quad 0 \leq r < R_C, \quad (6)$$

burada R_K nüvənin yük radiusudur.

Ən yaxın yaxınlaşma məsafəsi tritonun kinetik enerjisi ilə Kulon maneəsinin hündürlüyü arasındakı əlaqə ilə müəyyən edilir:

$$a > (r_N + r_t)E/V_C. \quad (7)$$

Qısa təsir məsafəsinə malik olan nüvə potensialına uzaq məsafəli Kulon potensialının əlavə edilməsi dalğa funksiyalarının asimptotik davranışının dəyişməsinə gətirib çıxarır [2].

Tritonun dalğa funksiyasını müstəvi dalğa şəklində götürüb prosesin effektiv kəsiyini hesablasaq aşağıdakı ifadə alınır

$$\sigma_{tot} = 16\pi^3 \left(1 - \frac{\pi^2}{a} + \ln \left(\frac{a}{\pi^2} \right) + \alpha \right). \quad (8)$$

(8) ifadəsində α Kulon qarşılıqlı təsirin effektivini xarakterizə edir.

Kulon itələmə qüvvəsi protonun çıxmasının effektiv kəsiyini artırır.

10 MeV enerjilərində spesifik nüvə qüvvələri ancaq S ($l = 0$) dalğasına təsir edir və Kulon faza sürüşməsinin yaranmasına səbəb olur. Qalan parsial dalğalar ancaq Kulon qarşılıqlı təsir nəticəsində sürüşməyə malik olacaqlar, çünki belə kiçik enerjilərdə triton Kulon itələmə qüvvəsi nəticəsində nüvə qüvvələri sahəsinə qədər yaxınlaşa bilmir.

Ədəbiyyat

1. Journal of Physical Science and Application 5 (2) (2015) 158-162
2. Levin, F. S. 1987. Nucl. Phys. A. 463 : 487.

QOŞA ULDUZLARIN KÜTLƏLƏRİNİN TƏYİNİ

Fərzizadə R.N., Əliyeva Z.F. *

Bakı Dövlət Universiteti

rsadfrizad@gmail.com

Bu məqalədə qoşa ulduzların kütləsinin müxtəlif üsullarla təyin olunması məsələsi araşdırılmışdır. Vizual, spektroskopik və tutulan qoşa ulduzlarının müşahidə üsulları izah edilmiş, Kepler qanunları və Dopler effekti vasitəsilə kütlənin hesablanma metodları nəzərdən keçirilmişdir.

Nümunə hesablamalar aparılaraq alınan nəticələr təhlil olunmuşdur.

Qoşa ulduzlar astrofizikanın fundamental tədqiqat obyektlərindən biridir. Bu sistemlərdə iki ulduz ümumi cazibə mərkəzi ətrafında fırlanır. Qoşa ulduzlar astronomiyada xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Çünki onların kütləsi müşahidə və hesablamalar vasitəsilə birbaşa müəyyən edilə bilər. Ulduzların kütləsi onların daxili quruluşunu, təkamül prosesini və enerjinin yaranma mexanizmini başa düşmək üçün əsas parametrlərdən biridir.

Qoşa ulduzlar müşahidə üsullarına görə aşağıdakı növlərə bölünür:

- 1) Vizual qoşa ulduzlar – bu tip qoşa ulduzlar teleskop vasitəsilə ayrılıqda müşahidə edilir.
- 2) Spektroskopik qoşa ulduzlar – onların varlığı və parametrləri spektral xətlərin Dopler effekti vasitəsilə müəyyən edilir.
- 3) Tutulan qoşa ulduzlar – parlaqlığın dəyişməsi əsasında müşahidə edilir.

Qoşa ulduzların kütləsi Keplerin üçüncü qanunu və Nyuton mexanikası əsasında təyin edilir.

1. Keplerin üçüncü qanunu

Qoşa ulduzların kütləsinin hesablanması əsas düstur aşağıdakı kimidir:

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GP^2}.$$

Burada: M_1 və M_2 – ulduzların kütlələri, a – orbitin böyük yarımoxu, P – orbital period, G – cazibə sabitidir.

2. Spektroskopik üsul

Spektroskopik qoşa ulduzların kütləsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$M_1 \sin^3 i + M_2 \sin^3 i = \frac{(K_1 + K_2)^3 P}{2\pi G}$$

Burada: K_1 və K_2 – şüa sürətlərinin amplitudları, i – orbitin meyl bucağıdır.

3. Tutulan qoşa ulduzlarının kütləsinin təyini

Tutulan qoşa ulduzlarda parlaqlıq dəyişmələrindən ulduzların radiusları və orbitin meyl bucağı təyin olunur. Daha sonra Kepler qanunları ilə kütlələr hesablanır.

Nümunə üçün Alqol (β Persey) sistemini nəzərdən keçirək. Bu sistem periodu 2.87 günə bərabər olan tutulan qoşa ulduz sistemidir. Müşahidə məlumatlarına əsasən, komponentlərin şüa sürətlərin amplitudaları aşağıdakı kimidir: $K_1 = 40 \text{ km/san}$, $K_2 = 90 \text{ km/san}$. Qravitasiya

sabiti $G = 6.674 \times 10^{-18} \text{ sm}^3 / g \cdot \text{san}^2$.

$$M_1 \sin^3 i + M_2 \sin^3 i = \frac{(40 + 90)^3 \times 2.87}{2\pi \times 6.674 \times 10^{-8}}$$

Buradan baş ulduzun kütləsi üçün $M_1 \approx 3.7M_{\odot}$, peyk ulduzun kütləsi üçün $M_1 \approx 0.8M_{\odot}$ alırıq.

Qoşa ulduzların kütləsinin təyini astrofizikanın vacib problemlərindən biridir. Müxtəlif müşahidə üsulları və riyazi yanaşmalar vasitəsilə bu sistemlərdə ulduzların kütlələri dəqiq təyin edilə bilər. Bu tədqiqatlar ulduzların daxili quruluşu və təkamülü haqqında qiymətli məlumatlar verir. Xüsusən, tutulan və spektroskopik qoşa ulduzlar ulduzların kütlələrinin təyin edilməsində açar rolunu oynayır.

Ədəbiyyat

1. R.Ə.Hüseynov, Ümumi astrofizika, Bakı, 2010.
2. Z.A. Səmədov, Astrofizika fənnindən mühazirələr, Bakı, 2015
3. W.C. Bradley, A.O.Dale, An Introduction to Modern Astrophysics Second Edition, Pearson Education Limited, 2014.
4. Cesare Barbieri, Ivano Bertini, Fundamentals of Astronomy, 2nd Edition, 2021.

CORONAL RAIN ACROSS THE SUN AND STARS

Hamidova S.N., Mikayılov X.M.*

Baku State University

seva24hamidova@gmail.com

Coronal rain is a dynamic astrophysical phenomenon primarily observed on the Sun but potentially occurring across various stellar coronae. It involves the cooling and condensation of plasma, which then falls back toward the stellar surface under gravitational influence. This process has been extensively studied in the solar atmosphere, revealing two primary types: flare-driven and quiescent coronal rain [1]. The graph below shows temperature dependence on height [2].

The solar corona is a highly energetic and magnetically dominated region with temperatures reaching millions of Kelvins [3]. Coronal rain occurs when certain regions experience radiative cooling, leading to plasma condensation and gravitational descent. This phenomenon, first

observed in the 1970s, plays a key role in the mass and energy transfer within the solar atmosphere. Understanding coronal rain helps in decoding stellar magnetic activity and energy transport processes beyond the Sun [4]. Observations suggest coronal rain-like processes occur in other stars, particularly those with strong magnetic fields, such as M-dwarf stars. However, detecting this phenomenon in distant stars remains challenging due to observational limitations. Future advancements in space-based telescopes and high-resolution spectroscopy will be crucial in confirming coronal rain across different stellar environments [1].

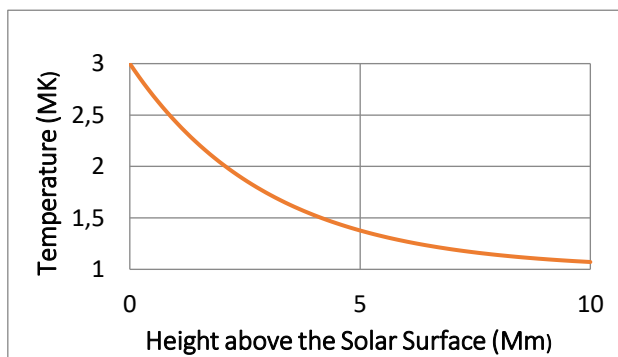


Figure 1. Temperature dependence on height

Coronal rain, once thought to be exclusive to the Sun, is now recognized as a potential universal stellar process. While solar studies have provided a detailed understanding of its formation and dynamics, ongoing research aims to extend these findings to other stars. Future observational campaigns, utilizing advanced spectroscopy and space missions, will be instrumental in unraveling the full scope of coronal rain in the cosmos.

References

1. Antolin, P., & Rouppe van der Voort, L. (2012). Fine Structure and Dynamics of Coronal Rain. *Astrophysical Journal*, 745(2), 152.
2. Brooks, D.H., Reep, J.W., Ugarte-Urra, I., Unverferth, J.E, and Warren, H.P., 2024. Spectroscopic Observations of Coronal Rain Formation and Evolution following an X2 Solar Flare. *The Astrophysical Journal*, 962(2), p.105
3. Reale, F. (2014). Coronal Loops: Observations and Modeling of Confined Plasma. *Living Reviews in Solar Physics*, 11(1), 4.
4. Schrijver, C. J., & Title, A. M. (2001). The Magnetic Connection between the Solar Corona and Heliosphere. *Journal of Geophysical Research*, 106(A8), 15889–15910.

ULDUZLARIN SPEKTRAL TƏSNİFATI VƏ ONLARIN FİZİKİ ƏSASLARI

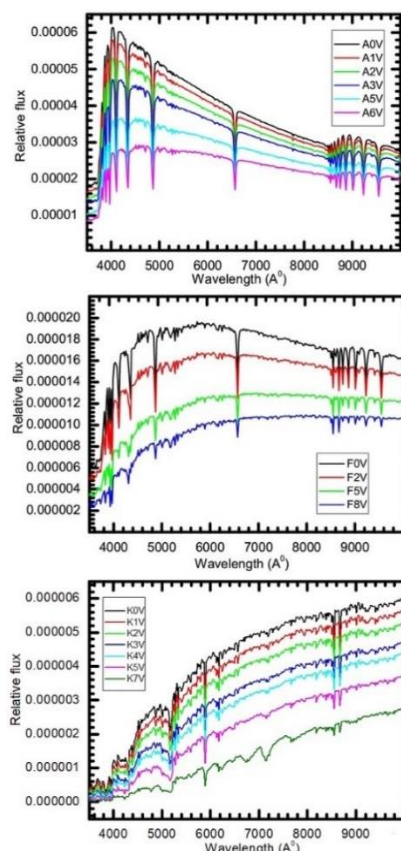
Hüseynli L.F., Rüstəmov B.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

lalaibragimova672@gmail.com

Şüalanmanın spektri, şüalanmanın intensivliyinin dalğa uzunluğu və ya tezliyə görə paylanmasıdır. Ulduzların spektrində müşahidə olunan ən maraqlı struktur spektral xətlərdir. Spektral xətlər, ulduzların fiziki-kimyəvi xarakteristikaları haqqında zəngin informasiya daşıyır, onların xüsusiyyətləri ulduzların spektral təsnifatının əsasını təşkil edir. Ulduzların spektral təsnifatı onların tədqiqi üçün atılmış ilk addım idi, belə ki, o ulduzların hansı tipə aid olduğunu müəyyən etməyə, onun temperaturunu və işıqlığını təyin etməyə imkan verdi. Ulduzların spektral təsnifatı

metodikası bu gün də öz aktuallığını saxlayır. Hal-hazırda müxtəlif təbiətli qeyristasionar ulduzlarda gedən mürəkkəb fiziki proseslərin tədqiqi zamanı onların spektrində temperatura və işıqlıq sinfiyə həssas olan xətlərə görə həmin anda ulduzun temperaturunu, mütləq ulduz ölçüsünü, işıqlığını qiymətləndirmək çox faydalı nəticələrə gəlməyə imkan verir [1]. Xronoloji olaraq ulduzların spektrinin ilk təsnifatı Harvard spektral təsnifatı sistemidir. Harvard təsnifatı birölçülüdür. Bu təsnifatda əsas meyar udulma xətlərinin və zolaqlarının intensivliyidir. Bu isə hər şeydən əvvəl ulduzun effektiv temperaturundan asılıdır. Odur ki, temperaturdan asılı olaraq spektrlərin dəyişməsinə izləmək olur. İkinci təsnifat xəmi ulduzların Mount-Vilson spektral təsnifatıdır. Bu spektral təsnifat – tem-



peratur göstəricisinə görə (spektral sinif) və işıqlığa görə - işıqlıq sinfi kimi ikiölçülü təsnifat sxemidir. Nəhayət üçüncü təsnifat sxemi – ulduzların spektrinin ən müasir təsnifatı, müxtəlif əlavələrlə bu günlərə qədər gəlib çıxan Morqan və Kinan təsnifatıdır (MKK sistemi). Spektrin görünüşü istifadə olunan teleskopdan, spektroqraftan və işıq qəbuledicisindən asılıdır. Ona görə də aparıcı rəsədxanalarda MKK təsnifatı əsasında özlərinin istifadə etdiyi “teleskop+spektroqraf+ışıq qəbuledicisi sistemində” təsnifat üçün öz meyarlarını işləyib hazırladılar. N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında da görünən ulduz ölçüsü orta və zəif olan ulduzların spektrlərini almaq üçün istifadə olunan “2-m teleskop+ Kanberra spektroqrafı+ fotolövhə” sistemi üçün I-V işıqlıq sinfi və A-M spektral sinif oblaslında belə kriteriyalar işlənilib hazırlanmış və müxtəlif qeyri-stasionar ulduzların spektral təsnifatında uğurla istifadə olunmuşdur [2].

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

Təqdim olunan işin məqsədi Beynəlxalq astronomik rəqəmsal spektrlər bazasından [3] istifadə etməklə ulduzların spektrinin bir ölçülü Harvard təsnifatına uyğun, O-A-B-F-G-K-M spektral siniflərinə məxsus baş ardıcılıq ulduzlarının spektrlərinin qrafik təsvirlərinin qurulmasıdır. Şəkildə Origin proqramında qurulmuş belə qrafiklərdən nümunə göstərilmişdir.

Beynəlxalq astronomik rəqəmsal spektrlər bazasından istifadə etməklə O-A-B-F-G-K-M spektral siniflərinə məxsus Baş Ardıcılıq ulduzlarının spektrlərinin qrafik təsvirləri qurulmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Rəhim Hüseynov Ümumi astrofizika kursu Bakı 2010
2. B.N. Rustamov, Kin. Phyc. Cel. Bodies, 1987, v. 3, pp.15-18.
3. A Digital spectral classification Atlas R O.Gray. Dept.of Physics and Astronomy Appalachian State University v102. Table of Content

AX PERSEY ULDUZUN SPEKTRİNDƏ H α XƏTTİNİN TƏDQIQI

İsmayılı F.Q., Mikayılov X.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

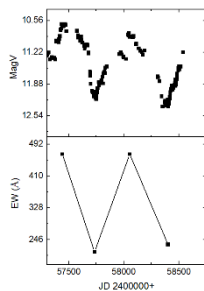
fizzismayilli@gmail.com

AX Per klassik simbiotik dəyişənlər qrupuna aid olub, uzunmüddətli parlaqlıq dəyişmələri və emissiya xətləri ilə xarakterizə olunur. AX Persey (AX Per) simbiotik ulduzu orbitdə hərəkət edən ağ cırtıdan və qırmızı nəhəngdən ibarət olan qoşa sistemdir. Bu işdə 2016-2018-ci illər ərzində H α xəttinin profili parlaqlıq əyrisi ilə müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir. AX Per ulduzunun V parlaqlıq əyrisi AAVSO (American Association of Variable Star Observers) [1] bazası əsasında qurulmuşdur. Bundan əlavə, ARAS (Astronomical Ring for Access to Spectroscopy) [2] bazasından əldə edilən spektrlər əsasında H α xəttinin profilində baş verən dəyişikliklər analiz edilmişdir. Parlaqlığın maksimum və minimumlarında H α xəttinin ekvivalent eni ölçülmüş və onun parlaqlığının dəyişmələri ilə əlaqəsi müəyyən edilmişdir.

AX Per ulduzunun parlaqlıq əyrisi göstərir ki, onun parlaqlığı uzunmüddətli periodic dəyişmə göstərir. 2016-2018-ci illər ərzində aparılan müşahidələr nəticəsində bu dəyişmələrin ulduzun aktivliyi ilə əlaqəli olduğu müəyyən edilmişdir.

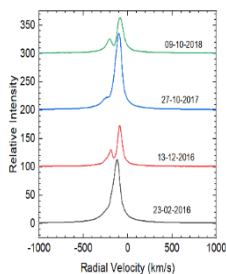
H α xəttinin ekvivalent eni parlaqlığın maksimumunda ən yüksək, minimumunda isə ən aşağı qiymətlər alır. Bu müşahidə, sistemdəki qaz axınlarının və ulduzlararası qarşılıqlı təsirlərin parlaqlıqla əlaqəsini ortaya qoyur. Parlaqlığın minimumunda H α xətti qoşa komponentli struktur, maksimumda isə tək komponentli struktur göstərir. Bu, yüksək enerjili emissiya mənbələrinin və ulduz küləyinin təsirini əks etdirir.

Şəkil 1 – də yuxarı panel V filtrində parlaq əyrisi göstərilmişdir. Parlaqlıq əyrisi zamandan asılı olaraq dəyişkənlik göstərir. Aşağı panel H α xəttinin ekvivalent eni: H α xəttinin ekvivalent eni zamanla dəyişir və parlaqlığın minimumlarında ən aşağı qiymətlər, parlaqlığın maksimumunda isə ən yüksək qiymətlər alır.



Şəkil 1. Yuxarı panel V filtrində parlaq əyrisi

Şəkil 2-də AX Per simbiotik ulduzunun H α emissiya xəttinin profili göstərilmişdir. X oxunda radial sürət, Y oxunda isə nisbi intensivlik verilmişdir. Parlaqlığın minimumlarında H α xətti mərkəzi udulmalı qoşa komponentli, maksimumlarında isə çox güclü tək komponentli profillər göstərilir.



Şəkil 2. AX Per simbiotik ulduzunun H α emissiya xəttinin profili.

AX Persey simbiotik ulduzunun spektrində H α xəttinin profili və ekvivalent eninin dəyişməsi sistemdəki qaz axınlarının və disk strukturlarının dinamikasını daha yaxşı anlamağa imkan verir. Gələcək tədqiqatlar daha geniş spektral diapazonda tədqiqatlar aparmaqla bu sistemin daha dərinədən öyrənilməsinə töhfə verə bilər.

Ədəbiyyat

1. <https://www.aavso.org>
2. <http://www.astrosurf.com/aras>

EKZO PLANETLƏRİN AXTARIŞI VƏ YENİ KƏŞFLƏR

Məmmədova T.R., Mikayılov X.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

tamellammmdova636@gmail.com

Ekzoplanetlərin tədqiqi astronomiyanın ən dinamik sahələrindən biridir. Son onilliklərdə astronomiya sahəsində əldə edilən irəliləyişlər sayəsində alimlər Günəş Sistemi xaricində yerləşən planetləri – ekzo planetləri daha dəqiq araşdırı bilirlər. 1995-ci ildə ilk ekzo planetin kəşf olunmasından sonra minlərlə yeni ekzo planet aşkar edilib. NASA-nın Kepler, TESS və Ceyms Vebb Kosmik Teleskopları bu araşdırmalarda mühüm rol oynayır. Bu kəşflər, kainatda Yerə bənzər planetlərin və hətta həyatın mövcudluğunu anlamaq baxımından yeni üfüqlər açır [1].

Ekzo planetlər əsasən üç üsul vasitəsilə kəşf edilir:

1. Tranzit metodu: Ulduzun qarşısından keçən planet onun parlaqlığında periodik azalmaya səbəb olur. Bu üsul ekzoplanetin ölçüsünü, orbitini və atmosfer tərkibini təyin etməyə imkan verir. NASA-nın Kepler və TESS missiyaları bu metoddan geniş istifadə edir.
2. Radial sürət metodu (Süa sürəti metodu)–Ekzoplanetin cazibə təsiri ulduzun titrəməsinə səbəb olur. Bu titrəmələr Doppler effekti ilə ulduzun spektrində xətlərin yerdəyişməsinə səbəb olur. Nəticədə ulduzun radial sürət əyrisində periodik dəyişmələr müşahidə olunur. Bu dəyişikliklərin amplitudası nəticəsində planetin kütləsini təyin etmək və eyni zamanda planetin ulduz ətrafında dolanma dövrünü (periodunu) təyin etmək olur. Yüksək dəqiqlikli spektroqraflar, məsələn, HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher), bu metodu tətbiq edir.
3. Birbaşa müşahidə güclü teleskoplar vasitəsilə bəzi böyük planetlərin görüntüləri əldə edilir. Bu metodlar sayəsində alimlər müxtəlif ölçülərdə və tərkiblərdə olan planetləri öyrənirlər. Ekzo planetlərin kimyəvi tərkibini və atmosferini analiz etməklə, onların həyat üçün yararlı olub-olmadığını müəyyən etmək mümkündür [2,3]. Son illərdə edilən kəşflər arasında TRAPPIST-1 sistemi xüsusi maraq doğurur. Bu sistemdə, Yer ölçüsündə olan yeddi planet aşkarlanıb və onlardan bir neçəsinin yaşayış zonasında yerləşdiyi ehtimal edilir. Bundan başqa,

Proksima Sentaury b, Kepler-442b və TOI-700 d kimi planetlər su və həyat üçün əlverişli ola biləcək planetlər arasında yer alır.

Ceyms Vebb Kosmik Teleskopunun son müşahidələri ekzo planetlərin atmosfer tərkibini daha ətraflı analiz etməyə imkan verir. İlk dəfə olaraq bəzi ekzo planetlərin atmosferində su buxarı, metan və karbon qazı kimi həyat üçün vacib olan elementlər aşkarlanıb. Bu isə kainatda həyat ehtimalının düşündüyümüzədən daha yüksək ola biləcəyini göstərir [4].

Gələcəkdə daha həssas müşahidə texnologiyaları və kosmik teleskoplar vasitəsilə Yerə bənzər planetlərin daha dəqiq tədqiqi mümkün olacaq. Bu, astrobiologiya sahəsində fundamental suallara cavab tapmağa və kainatda həyatın mövcud olub-olmamasını anlamağa kömək edəcək.

Müasir teleskopların inkişafı ilə daha çox ekzoplanet aşkar edilir və onların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri daha dərinlən öyrənilir. İndiyə qədər 5000-dən artıq ekzoplanet aşkar edilmişdir. Gələcəkdə Yerə bənzər planetlərin və həyat üçün əlverişli şəraitə malik dünyaların tapılması insanlığın fundamental suallarına cavab verə bilər.

OMİ CET SİMBİOTİK ULDUZUN FOTOMETRİK TƏDQIQI

Rüstəmli S.Q., Mikayılov X.M.*

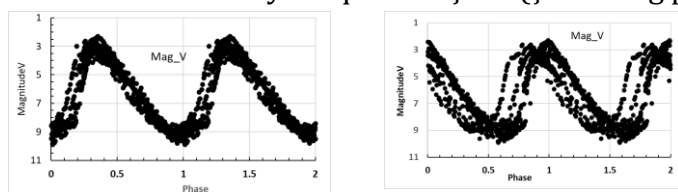
Bakı Dövlət Universiteti

sevgi.rustam03@mail.ru

Omi Cet (Mira) simbiotik sistemə aid klassik uzunperiodlu dəyişən (Mira tipli) ulduzdur. Bu sistem, əsasən, qırmızı nəhəng və ağ cırtdandan ibarət qoşa ulduzdur. Bu sistemlərdə komponentlər arasında maddə axını baş verir və bu qarşılıqlı təsirlər nəticəsində sistemdə kompleks fotometrik və spektral dəyişmələr müşahidə olunur. Belə sistemlərin öyrənilməsi, həm ulduzlararası maddə mübadiləsi proseslərini, həm də ulduzların sonrakı təkamül mərhələlərini anlamaq baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Mira ulduzları yüksək amplitudlu parlaqlıq dəyişmələri ilə xarakterizə olunur və əsasən pulsasiya nəticəsində dəyişirlər. Omi Cet, $V = 2^m - 10^m$ aralığında görünən ulduz ölçüsü amplituduna malikdir və bu, onu vizual müşahidə üçün əlverişli obyektə çevirir. Bu işdə Omi Cet ulduzunun fotometrik xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur. Məqsəd AAVSO verilənlər bazasından istifadə etməklə bu ulduzun parlaqlığının

zamandan asılı olaraq dəyişməsinə analiz etmək və dəqiq periodu təyin etməkdir. Fotometrik tədqiqat üçün AAVSO (American Association of Variable Star Observers) verilənlər bazasından V filtri üzrə JD 2452480 - JD 2460744 (təqribən 22 il) aralığında müşahidə məlumatları götürülmüşdür [1]. Parlaqlığın dəyişmə periodunu müəyyən etmək üçün Lomb-Scargle Fourier metodu tətbiq edilmişdir. Bu metod qeyri-bərabər intervalda verilmiş zaman seriyalarında periodik siqnalların aşkar edilməsi üçün ən effektiv üsullardan biridir.

Əldə olunmuş parlaqlıq əyrisi qrafikində parlaqlığın periodik şəkildə dəyişdiyi aşkar müşahidə edilir. Furiye analizi nəticəsində Omi Cet ulduzunun parlaqlığının dəyişməsində $P = 329.489$ gün period aşkar edilmişdir. Bu perioda əsaslanaraq faza əyrisi qurulmuşdur (Şəkil 1 sol panel). Əvvəlki tədqiqatlarda bu ulduz üçün $P = 333.09$ gün periodu təklif olunmuşdur [2]. Bu perioda əsasən də faza əyrisi qurulmuşdur (Şəkil1 sağ panel).



Şəkil 1. Omi Cet ulduzunun parlaqlıq əyrisinin faza diaqramı.

Şəkillərdən göründüyü kimi, 329.489 günlük period ilə alınan faza əyrisi daha müntəzəm, simmetrik və təmiz struktura malikdir. Bu, ulduzun parlaqlıq dəyişmələrinin bu periodla daha yaxşı təsvir olunduğunu göstərir. Omi Cet kimi Mira tipli ulduzların parlaqlıq dəyişmələri əsasən radial pulsasiya nəticəsində baş verir. Ulduzun xarici təbəqələri genişlənir və sıxılır, bu da ulduzun parlaqlığında və səthi temperaturunda dəyişikliklərə səbəb olur. Genişlənmə zamanı səth sahəsi artır, lakin temperatur azaldığından parlaqlıq minimuma enir. Əksinə, sıxılma zamanı temperatur artır və parlaqlıq maksimuma çatır. Bu proseslər ulduzun içindəki hidrodinamik qeyri-sabitliklərdən və onun kütləsi, radiusu və daxili strukturundan asılıdır. Nəticədə pulsasiya dövrü onlarla, bəzən isə yüzlərlə gün davam edən dövrü parlaqlıq dəyişmələrinə səbəb olur.

Ədəbiyyat

1. <https://www.aavso.org/data-download/aavso-data>
2. Templeton, M. R., Karovska, M., 2009, ApJ, 691, 2, 1470, 2009ApJ...691.1470T

YÜKSƏK ENERJİLİ QARŞILIQLI TƏSİRLƏRDƏ REDJIONLARIN ROLU VƏ DİFERENSİAL KƏSİKLƏRƏ TƏSİRİ

Mürsəlova A.Z, Ağamalıyeva L.A.*

Bakı Dövlət Universiteti

aytacmurselova72@gmail.com

Protonların protonlarda elastik difraksiya səpilməsində redjionların təsirinin nəzərə alınması yüksək enerjili qarşılıqlı təsirlər nəzəriyyəsinə vacib məsələlərdən biridir. Belə prosesləri təsvir etmək üçün, həm mübadilə olunan zərrəciklərlə əlaqəli amplitudları və həm də səpilmə amplitudlarının asimptotik davranışını təsvir etməkdə mühüm rol oynayan redjion təsiri nəzərə alınır [1].

Redjion modelində elastiki difraksiya səpilməsinin amplitudu aşağıdakı şəkildə verilir:

$$A(s, t) = A_f(s, t) + A_g(s, t)$$

Burada $A_f(s, t)$ və $A_g(s, t)$ müvafiq f və g redjionlarının amplitudlarını göstərir. Hər iki amplitud aşağıdakı şəkildədir:

$$A_f(s, t) = C_f \times s^{\alpha_f(t)} \cdot e^{-\beta_f(t)}$$

$$A_g(s, t) = C_g \times s^{\alpha_g(t)} \cdot e^{-\beta_g(t)}$$

Bu tənliklərdə C_f və C_g - müvafiq sabitlərdir, $\alpha_f(t)$ və $\alpha_g(t)$ isə redjionların səpilmə indekslərini təyin edən funksiyalardır. Bu funksiyalar redjionların t (enerji transferi) parametrinə bağlı olaraq dəyişən sıxlıqlarını göstərir [2].

Redjionların səpilmə indeksləri t -yə bağlı olaraq aşağıdakı formada hesablanır:

$$\alpha_f(t) = \alpha_f(0) + \alpha'_f \cdot t$$

$$\alpha_g(t) = \alpha_g(0) + \alpha'_g \cdot t$$

Bu əlaqələrdə $\alpha_f(t)$ və $\alpha_g(t)$ başlanğıc qiymətləri, α'_f və α'_g isə indekslərin t -yə görə dəyişmə sürətini göstərən törəmələrdir. Bu parametrlər redjionların təbiətindən və qarşılıqlı təsir növündən asılı olaraq

təyin edilir.

Elastiki difraksiya səpilməsinin ümumi amplitudu f və g redjonlarının amplitudlarının cəmi olaraq müəyyən edilir [3].

Baxılan işdə t -nin iki qiyməti üçün: $t = 0$ və $t = -1$ amplitudlar hesablanaraq ümumi amplitud üçün aşağıdakı ifadə alınıb:

$$\begin{aligned} A(s, 0) &= A_f(s, 0) + A_g(s, 0) \\ A(s, -1) &= A_f(s, -1) + A_g(s, -1) \end{aligned}$$

Aparılan nəzəri hesablamalar redjonların təsirinin elastik difraksiya proseslərinin təhlilində əhəmiyyətli rol oynamasını göstərir. Səpilmə amplitudlarının t -dən və s -dən olan asılılığı, redjonların bu proseslərə təsirini açıq şəkildə nümayiş etdirir [4].

Diferensial kəsik səpilmə amplitudlarının kvadratı ilə əlaqəli olaraq aşağıdakı şəkildə ifadə edilir:

$$\frac{d\sigma}{dt} \approx \frac{1}{16\pi s^2} |A(s, t)|^2$$

Bu düstur səpilmə amplitudlarının asimptotik davranışını və diferensial kəsiklərin t -dən olan asılılığını təhlil etməyə imkan verir.

Diferensial kəsiklərdə redjonların rolunun nəzərə alınması, xüsusilə yüksək enerjili qarşılıqlı təsirlərdə vacibdir. Redjonların təsiri sıxlıqların asimptotik davranışını və səpilmə amplitudlarını dəyişdirərək kəsiklərin qiymətlərinə təsir edir. Bu cür nəzəri yanaşmalar təcrübələrlə müqayisədə nəzəri nəticələrin daha düzgün və dəqiq qiymətləndirilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir [5].

Ədəbiyyat

1. Borchers, H. (1969). The Theory of High-Energy Interactions and the Role of Regge Poles. *Physical Review Letters*, 23(21), 1377-1381.
2. Gribov, V. N. (1972). *Regge Poles and High-Energy Scattering*. Cambridge Monographs on Mathematical Physics.
3. Chew, G. F., & Frautschi, S. (1962). Regge Trajectories and the Role of the Pomeron in High-Energy Scattering. *Phys. Rev. Lett.*, 8(10), 381-384.
4. Collins J. C. (1977). *Regge Theory and High-Energy Scattering*. Cambridge University Press.
5. Atkinson, C. & Pomerantz, M. (1995). Experimental Observations of Regge Behavior at High Energies. *Physical Review D*, 52(3), 682-690.

5 -ÖLÇÜLÜ RAİSSNER-NORDSTRÖM QARA DƏLİYİNİN SIFIR STRUKTURU VƏ FOTONUN RADIAL HƏRƏKƏTİ

Qafarova A.H., Məmmədov Ş.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti

arzu.qafar.02@gmail.com

Qara dəliyin xarici fəza-zamanında icazə verilən hərəkətin təsvirini əldə etmək üçün standart Laqranj formalizmindən istifadə olunur. Belə ki, xətti element ilə əlaqəli olan müvafiq Laqranjian aşağıdakı kimi verilir:

$$L = -f(r) (t^2/2) + (\dot{r}^2/2f(r)) + (r^2/2) L_\Omega \quad (1)$$

Burada nöqtə geodizi boyunca λ affin parametreyə görə differensiallanması göstərir. (1) Laqranjianı (t, ψ) koordinatlarından asılı olmadığından, onlar dairəvi koordinatlar sayılır və buna görə də müvafiq kanonik qoşma impuls $\pi_q = \partial L / \partial \dot{q}$ sabit qalır:

$$\begin{aligned} \pi_t &= -f(r) t \equiv -E \\ \pi_\psi &= r^2 \sin^2(\theta) \sin^2(\varphi) \dot{\psi} = L \end{aligned} \quad (2)$$

Burada E Lagranjianın zamana görə invariant olan müsbət sabitdir və bu, enerji ilə əlaqəli deyil, çünki fəza-zaman asimptotik olaraq düz deyil. Sabit L impuls momentinin saxlanması ilə əlaqədardır və hərəkətin sabit bir hipersəthdə baş verdiyini göstərir. Burada hərəkətin $\theta = \varphi = \pi/2$ olan sabit hiper müstəvidə olduğunu öyrənməyi məqsəd qoymuşuq, beləliklə $\theta = \varphi = 0$ olur və (16)-cı tənlikdən

$$\dot{\psi} = L / r^2 \quad (3)$$

olduğunu alırıq. Nəticədə, fotonlar üçün $L = 0$ götürülərsə, aşağıdakı hərəkət tənlikləri əldə edilir:

$$\begin{aligned} (dr/d\lambda)^2 &= E^2 - V^2(r) \\ (dr/dt)^2 &= f^2(r)/E^2 [E^2 - V^2(r)] \\ (dr/d\psi)^2 &= r^4/L^2 [E^2 - V^2(r)] \end{aligned} \quad (4)$$

Burada effektiv potensial $V^2(r)$ belə təyin edilmişdir:

$$\begin{aligned} V^2(r) &\equiv L^2 f(r) / r^2 \\ &= L^2/\ell^2 + L^2/r^2 - 4M^2 L^2 / r^4 + Q^4 L^2 / r^6 \end{aligned} \quad (5)$$

Effektiv potensialı beş ölçülü Şvarzsşild anti-de Sitter qara dəliyi üçün $Q = 0$ götürərək tapmaq olar. Radikal hərəkət impuls momentinin sıfır olduğu trayektoriyalarla təsvir edilir və burada bir qrup foton sinqulyarlıqdan uzaqlaşır, digər qrup isə sinqulyarlıqda itir. Tənliklərdən istifadə edərək aşağıdakı ifadələri alırıq:

$$\frac{dr}{d\tau} = \pm\sqrt{E} \text{ və } \frac{dr}{dt} = \pm \frac{F(r)}{\ell^2 r^2} \quad (6)$$

burada müsbət işarə (+ +) fotonların hadisə üfüyündən uzaqlaşdığını, mənfi işarə (– –) isə yaxınlaşdığını göstərir. Fotonların $r = r_i$ -də olduğu və $t = \tau = 0$ olduğu fərziyyəsi ilə, hadisə üfüyünə yaxınlaşma müddəti üçün belə bir nəticə alırıq:

$$r(\tau) = r_i - \sqrt{E}\tau \quad (7)$$

$F(r)$ -i integrallamaq üçün $F(r) = (r - r_+)(r - r_-)g(r)$ ifadəsini təyin edirik, burada:

$$g(r) = (r - r_1)(r - r_2) = r^2 + 2R_+r + [\ell^2 + 3R_+^2 + (r_+ - R_+)^2] \quad (8)$$

Bu halda (8) bərabərliyindən istifadə edərək və integrallama aparaq $t(r)$ -in ifadəsini aşağıdakı kimi tapırıq:

$$t(r) = \ln \left[\left(\frac{r - r_+}{r_i - r_+} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{r - r_-}{r_i - r_-} \right)^{\alpha_2} \left(\frac{g(r)}{g(r_i)} \right)^{\alpha_3} \right] + \beta_1 \left[\arctan \left(\frac{r + R_+}{\sqrt{\ell^2 + 3R_+^2 - r_+r_-}} \right) - \arctan \left(\frac{r_i + R_+}{\sqrt{\ell^2 + 3R_+^2 - r_+r_-}} \right) \right]. \quad (9)$$

Bu həllər göstərir ki, Şvarzsşild qara dəliyi halında olduğu kimi, fotonlar affin zaman çərçivəsində hadisə üfüyünü sonlu müddət ərzində keçə bilər, lakin koordinat zamanında bu, sonsuz vaxt tələb edir.

Ədəbiyyat

- 1.P. A. González, Marco Olivares, Yerko Vásquez, J. R. Villanueva: Physics Null geodesics in five-dimensional Reissner–Nordström anti-de Sitter black holes – 2021. –11s.
- 2.J.R. Villanueva,Joel Saavedra,Marco Olivares: Photons motion in charged Anti-de Sitter black holes -2012-20s

QARA DƏLİKLƏRİN TERMODİNAMİKASI VƏ COUL-TOMSON İNVERSİYA TEMPERATURU

Qasımov M.Z., Məmmədov Ş.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti

milanagasim@gmail.com

Bu araşdırma qara dəliklərin termodinamikası və Coul-Tomson prosesini təhlil edir. Qara dəliyin kütləsi entalpiya, hadisə üfünün sahəsi entropiya, kosmoloji sabit isə təzyiq kimi qəbul edilir.

$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$$

Burada μ -Coul-Tomson əmsalı adlanır. μ -nün işarəsini analiz edərək, soyutma və ya isinmənin baş verib-verməyəcəyi müəyyən etmək mümkündür. Coul-Tomson genişlənməsində təzyiq azalır, buna görə də təzyiqin dəyişməsi mənfi, lakin temperaturun dəyişməsi müsbət və ya mənfi ola bilər. Əgər temperaturun dəyişməsi müsbət (mənfi) olarsa, μ mənfi (müsbət) olur və nəticədə qaz isinir (soyuyur). həmçinin həcm və sabit təzyiqdə istilik tutumu baxımından ifadə etmək mümkündür.

Termodinamikanın birinci qanununa əsasən sabit zərrəcik sayı N üçün əsas münasibət aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$dU = T dS - P dV$$

$H = U + PV$ ifadəsindən istifadə edəcəyik.

$$dH = T dS + V dP$$

$dH = 0$ olduğundan

$$0 = T dS + V dP$$

$$0 = T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_H + V$$

Entropiya əsas funksiyası olduğundan diferensial dS -nin verilməsi

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP + \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT$$

vermək üçün yenidən təşkil edilə bilər.

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_H = \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$$

Əgər bu ifadəni əvəzləsək, onda aşağıdakı ifadəni əldə etmək olar:

$$0 = T \left[\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H \right] + V$$

Coul-Tomson inversiya temperaturu (T_i) sistemin isinmədən soyumağa keçdiyi nöqtəni müəyyən edir:

$$T_i = V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P$$

Ədəbiyyat

1. Özgür Ökcü, Ekrem Aydın: Physics Joule–Thomson expansion of the charged AdS black holes– 2017. –7s.
2. D.E. Winterbone, *Advanced Thermodynamics for Engineers*, 1st edn. (Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997)

VAN-DER-VAALS POTENSİALINDA ŞREDİNGER TƏNLİYİNİN HƏLLİ

Qasımzadə F.M., Əlizadə M.R.*

Bakı Dövlət Universiteti

qasimzadef688@gmail.com

Van-der-Vaals potensialı neytral atom və molekulların qarşılıqlı təsirlərini təsvir edir. Potensialın cəzbedici hissəsi $-A/x^6$ (böyük məsafələrdə cəzbetmə) və itələyici hissəsi B/x^{12} (kiçik məsafələrdə qüvvətli itələmə) kombinasiyası, bağlı halların yaranmasına şərait yaradan potensial çuxurunu əmələ gətirir [1-3]. Şredinger tənliyinin rəqəmsal həlli üçün aşağıdakı üsullar tətbiq olunub. Tənliyin forması:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi(x)}{dx^2} + V(x) \Psi(x) = E \Psi(x),$$

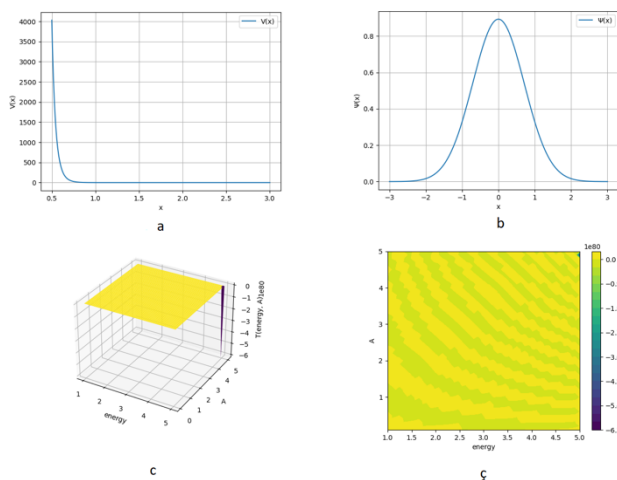
burada $V(x) = -\frac{A}{x^6} + \frac{B}{x^{12}}$.

Diskretləşdirmə və sonlu fərq metodunu istifadə edərək, x fəzası x_i nöqtələrinə diskretləşdirilir və dalğa funksiyasının ikinci tərtib törəməsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\frac{d^2\Psi(x_i)}{dx^2} \approx \frac{\Psi(x_{i+1}) - 2\Psi(x_i) + \Psi(x_{i-1}))}{h^2},$$

burada h – diskretləşdirmə əmsalıdır. Daha dəqiq nəticələr üçün tərsinə iterasiya və normallaşdırma üsulları tətbiq olunub[4].

Potensial-Enerji qrafiki (şəkil(a)) x -in kiçik qiymətlərində B/x^{12} itələmə, x -in böyük qiymətlərində isə $-A/x^6$ cəzətmə qüvvəsi üstünlük təşkil edir. Bu asılılıq, atomların çox yaxınlaşmasının qarşısını alaraq potensial çuxurun yaranmasına səbəb olur [2]. Əsas halın dalğa funksiyası (şəkil(b)) $\Psi_0(x)$ potensial çuxurunun minimumu yaxınlığında maksimuma malikdir, simmetrik (cüt) quruluşda olur və $|x|$ -in böyük qiymətləri üçün eksponensial sönmə göstərir, bu da normallaşdırma şərtini təmin edir. Keçid funksiyası (şəkil (c) və (ç)) keçid funksiyası $T(E, A)$ enerji və qarşılıqlı təsir parametri A dəyişdikcə, 3D və kontur qrafiklərdə kəskin sıçrayışlar və rezonans hadisələrini əks etdirir. Bu rezonanslar müəyyən enerji və A qiymətlərində keçid ehtimalının maksimumlaşması ilə müşahidə olunur.



Şəkil 1. Potensial enerjinin $V(x)$ (a) və əsas halın dalğa funksiyasının $\psi(x)$ (b) koordinatdan asılılığı, Keçid funksiyasının 3D qrafiki $T(\text{enerji}, A)$ (c) və Keçid funksiyasının kontur qrafiki $T(\text{enerji}, A)$ (ç).

Şredinger tənliyinin rəqəmsal həlli göstərir ki, Van-der-Vaals potensialının A və B parametrləri kvant sistemin enerji səviyyələrinə və dalğa funksiyasının strukturuna əhəmiyyətli təsir edir. Bu nəticələr bağlı halların formalaşması üçün vacib olub, gələcək tədqiqatlarda xarici sahələr və temperatur təsirlərinin öyrənilməsi üçün yeni perspektivlər açır.

Ədəbiyyat

1. Landau, L.D., & Lifshitz, E.M. (1977). Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory. Pergamon Press.
2. Feynman, R.P., & Hibbs, A.R. (1965). Quantum Mechanics and Path Integrals. McGraw-Hill.
3. Mahanty, J., & Ninham, B.W. (1976). Dispersion Forces. Academic Press.
4. Griffiths, D.J. (2018). Introduction to Quantum Mechanics. Pearson.

HÜLTEN POTENSİALİ ÜÇÜN DİRAK TƏNLIYİNİN DƏQİQ SPİN SİMMETRİYASI HALINDA ANALİTİK HƏLLİ

Fərzəli E.A., Aslanova S.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

ferzilielgun50@gmail.com

Xüsusi potensiallar üçün dalğa tənliklərinin analitik həll edilməsi nəzəri fizikanın əsas məsələlərindən biridir. Çünki, dalğa tənliklərinin həllindən tapılan dalğa funksiyaları kvant mexaniki sistem haqqında bütün mühüm informasiyaları özündə cəmləşdirir. Təqdim olunan bu işdə Hülten potensialı sahədə hərəkət edən zərrəcik üçün Dirak tənliyi dəqiq spin simmetriyası halında analitik şəkildə həll edilmişdir. Spin-orbital kvant ədədlərinin ixtiyari qiymətləri üçün relyativistik zərrəciyin enerji spektri və məxsusi funksiyaları üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Fermionların relyativistik dalğa tənliyi olan Dirak tənliyini $V(r)$ itələmə və $S(r)$ cazibə sahələrini nəzərə almaqla M kütləli zərrəcik üçün ($\hbar = c = 1$) atom vahidlər sistemində aşağıdakı formada yazmaq olar:

$$[\vec{\alpha}\vec{p} + \beta(M + S(r))]\psi(r) = [E - V(r)]\psi(r) \quad (1)$$

Burada α və β – dörd ölçülü Dirak matrisləri, E – isə sistemin relyativistik enerjisidir. $V(r)$ – vektor itələmə və $S(r)$ – skalyar cazibə

sahələrini təsvir edirlər.

Dirak Hamiltonianının potensialların fərqi $\Delta(r) = V(r) - S(r)$ və cəminin $\Sigma(r) = V(r) + S(r)$ sabitə bərabər olması şərtindən iki növ simmetriya: dəqiq spin və psevdospin simmetriyası alınır. Əgər $d\Delta(r)/dr = 0$ olarsa, onda $\Delta(r) = \text{const}$ olar, bu hala uyğun simmetriya dəqiq spin simmetriyası, əgər $\Sigma(r) = \text{const}$ olarsa, onda $d\Sigma/dr = 0$ olar, bu hala uyğun simmetriya psevdospin simmetriyası adlanır. $\Sigma(r)$ -in Hülten potensialına bərabər olduğu hala baxaq, yəni $\Sigma(r) = V_H(r)$

$$\Sigma(r) = -Ze^2\delta e^{-\delta r}/(1 - e^{-\delta r}) \quad (2)$$

(2) ifadəsini Dirak tənliyində nəzərə alırıq. Tənliyi analitik şəkildə s - halı üçün həll edərək mərkəzdənqaçma potensialına, $\delta r \ll 1$ şərti daxilində aşağıdakı yaxınlaşmanı tətbiq edək:

$$1/r^2 \approx \delta^2 [C_0 + e^{-\delta r}/(1 - e^{-\delta r})^2] \quad (3)$$

$s = e^{-\delta r}$ daxil edərək tənliyi aşağıdakı hiperhəndəsi tip tənliyə gətirik:

$$\begin{aligned} & \frac{d^2 F_{nk}(s)}{ds^2} + \frac{1}{s} \frac{dF_{nk}(s)}{ds} + \frac{1}{s^2(1-s)^2} [\alpha^2 s(1-s) - \beta^2(1-s)^2 - \\ & - k(k+1)C_0(1-s)^2 - k(k+1)s]F_{nk}(s) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Nikifarov-Uvarov metodunu tətbiq edərək Hülten potensiallı sahədə zərrəciyin məxsusi qiymətini və məxsusi funksiyasını tapırıq:

$$\begin{aligned} & M^2 - E_{nk}^2 - c(M - E_{nk}) = \\ & = \delta^2 \left[\frac{Ze^2(M + E_{nk} - c)}{2\delta(k+n+1)} - \frac{k+n+1}{2} \right]^2 - \lambda C_0 \delta^2 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\varphi(s) = s^{\sqrt{\beta^2 + k(k+1)}} \cdot (1-s)^{k+1} \quad (6)$$

Jakobi çoxhədlisinin hiperhəndəsi funksiya ilə olan əlaqəsindən istifadə etsək, onda yekun olaraq $\chi_{n_r}(s)$ üçün alırıq:

$$\chi_{n_r}(s) = C_{n_r} s^{\sqrt{c}} (1-s)^K \frac{\Gamma(n_r + 2\sqrt{c} + 1)}{n_r! \Gamma(2\sqrt{c} + 1)} \times$$

$$\times F_{21}(-n_r, 2\sqrt{c} + 2K + n_r, 1 + 2\sqrt{c}, s) \quad (7)$$

Radial dalğa funksiyasının normallaşma şərtindən istifadə edərək C_{n_r} normallaşma sabitini sadə hesablamalardan sonra tapa bilərik:

$$C_{n_r} = \sqrt{\frac{n_r! 2\sqrt{c}(n_r + K + \sqrt{c})\Gamma((2K + \sqrt{c}) + n_r)}{(n_r + K)\Gamma(n_r + 2\sqrt{c} + 1)\Gamma(n_r + 2K)}} \quad (8)$$

Ədəbiyyat

1. M.V. Qocayeva, S.M.Aslanova, A.İ. Ahmadov Analytical solutions of the Dirac equation for Hulthen potential Bakı: Journal of Baku Engineering University. Physics, – 2018

$$V(r) = -\frac{e^2}{r} + \frac{c}{r^2} \text{ POTENSİALLI SAHƏDƏ ZƏRRƏCİYİN HƏRƏKƏTİ}$$

Səfərova S.E., Rəcəbov M.R. *

Bakı Dövlət Universiteti

m_rajabov@mail.ru

Sferik-simmetrik sahədə zərrəciyin hərəkəti kvant mexanikasının ən fundamental məsələlərindəndir. Bu tip məsələlər atom və molekulların kvant nəzəriyyəsinin və səpilmə nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edir. Bu işdə $V(r) = -\frac{e^2}{r} + \frac{c}{r^2}$ tipli sferik-simmetrik sahədə zərrəciyin hərəkəti nəzəri olaraq tədqiq olunmuşdur. Bu tip potensiallı sahədə zərrəciyin hərəkətini təsvir edən Şredinger tənliyi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu}\nabla^2\psi(\vec{r}) - \left(\frac{e^2}{r} + \frac{c}{r^2}\right)\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}) \quad (1)$$

Potensial enerji bucaqdan asılı olmadığı üçün dalğa funksiyası:

$$\Psi(r, \theta, \phi) = U(r) P_{lm}(\cos \theta) e^{im\phi}$$

şəklində axtarılır. Burada $P_{lm}(\cos \theta)$ – Lejandr polinomudur. Bizim baxdığımız halda $U(r)$ radial funksiyası aşağıdakı tənliyi ödəyir:

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu}\left(\frac{d^2U}{dr^2}+\frac{2}{r}\frac{dU}{dr}-\frac{l(l+1)}{r^2}U\right)-\left(\frac{e^2}{r}+\frac{c}{r^2}\right)U=EU \quad (2)$$

Burada, μ -zərrəciyin kütləsi, E - isə enerjisidir. $\rho = \frac{r}{h}(a=\frac{\hbar^2}{\mu e^2})$ və $\varepsilon=\frac{\hbar^2 2E}{\mu e^4}=-\chi^2$ adsız parametrlər daxil etsək (2) tə nliyi

$$\frac{d^2U}{d\rho^2}+\frac{2}{\rho}\frac{dU}{d\rho}-\frac{s(s+1)}{\rho^2}U+\left(\frac{r}{\rho}-\chi^2\right)U=0 \quad (3)$$

şəklinə düşər

Burada, $s(s+1)=l(l+1)+\frac{2\mu C}{\hbar^2}$

Yeni $\chi=rU$ funksiyası daxil etməklə χ funksiyası üçün

$$\frac{d^2\chi}{d\rho^2}+\left[\frac{2}{\rho}-\chi^2-\frac{s(s+1)}{\rho^2}\right]\chi=0 \quad (4)$$

tənliyi alırıq. Bu tənliyin $\rho \rightarrow 0$ və $\rho \rightarrow \infty$ asimptotik həllərini bilərək, $\chi(\rho)=e^{-\chi\rho}\rho^{s+1}f(\rho)$ şəklində axtarmaqla $f(\rho)$ funksiyası üçün:

$$\rho\frac{d^2f}{d\rho^2}+[2(s+1)-r\chi\rho]\frac{df}{d\rho}-2[\chi(s+1)-1]f=0 \quad (5)$$

tənliyini alırıq. Bu tənliyin həllini

$f=\sum_{k=0}^{\infty}a_k\rho^k$ sırası şəklində axtarmaqla, biz a_k əmsalları üçün rekkurent düstur alırıq:

$$a_{k+1}=a_k\frac{r[\chi(k+s+1)-1]}{(k+1)(k+2s+r)} \quad (k=0,1,2) \quad (6)$$

$\rho \rightarrow \infty$ yaxınlaşdıqda $f(\rho)$ sonlu qalması üçün, sıranı $\chi=\sqrt{\frac{-2\hbar^2E}{\mu e^4}}=\frac{1}{k+s+1}$ şərti daxilində kəsmək lazımdır. Beləliklə zərrəciyin enerji səviyyələri üçün

$$E_{nl}=\frac{-\mu e^4}{2\hbar^2\left[h+\frac{\mu C}{\hbar^2(l+1/2)}\right]^2} \quad (7)$$

İfadəsini alırıq. Bu enerji səviyyələrinə uyğun məxsus funksiyalar isə

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = e^{-\chi\rho}\rho^s\sum_{p=0}^ka_p\rho^pP_{lm}(\cos\theta)e^{im\phi} \quad (8)$$

şəklinə malik olur.

Ədəbiyyat

1. A.İ. Muxtarov Kvant mexanikası "Bakı Universiteti" 2007, 655s.

DAVIDSON POTENSİALI ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI

¹Mirzəyeva L.İ., ²Bədəlov V.H.*

¹Bakı Dövlət Universiteti

²Bakı Dövlət Universiteti nəzdində

Fizika Problemləri Elmi – Tədqiqat İnstitutu

leyla.mirzayeva1302@gmail.com

Nəzəri fizikanın əsası olan kvant mexanikasının mühüm məsələlərindən biri də, kvant sistemlərində müəyyən tip potensiallar üçün fundamental dalğa tənliklərinin - Şredinger, Kleyn-Qordon və Dirak tənliklərinin dəqiq analitik həllərini əldə etməkdir. Çünki, bu dəqiq həllərlə, yəni dalğa funksiyalarla öyrənilən kvant sistemləri ilə bağlı bütün mühüm və vacib məlumatları müəyyən etmək mümkündür. Atomlar və molekullar arasındakı qarşılıqlı təsirlərin mexanizmi çox mürəkkəb olduğundan onların təsviri və təhlili üçün müxtəlif potensial modellərdən istifadə olunur. Buna görə də müxtəlif tip potensiallar üçün kvant sistemlərinin enerji spektrinin tapılması praktiki və elmi nöqteyi-nəzərdən çox maraqlıdır.

Davidson potensialı, 1932-ci ildə P.M. Davidson tərəfindən iki atomlu molekulların bağlı hallarının öyrənilməsində təklif edilmiş ən mühüm potensial modellərdən biridir [1]:

$$V_{DAV}(r) = k\xi^2 \left(1 - \xi + \frac{5}{4}\xi^2 - \frac{6}{4}\xi^3 + \frac{7}{4}\xi^4 + \dots \right) \quad (1)$$

və ya

$$V_{DAV}(r) = D_e \left(\frac{r}{r_e} - \frac{r_e}{r} \right)^2. \quad (2)$$

Belə ki, ξ dəyişəninin və k, D_e kəmiyyətlərin r – dəyişəni və molekulyar μ, r_e, v_e sabitləri arasında əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$\xi = \frac{r}{r_e} - 1; \quad k = 2\pi^2\mu v_e^2 r_e^2; \quad D_e = \frac{k}{4} = \frac{\pi^2\mu v_e^2 r_e^2}{2}, \quad (3)$$

burada μ – diatomik molekulun gətirilmiş kütləsi, r_e tarazlıq bağının uzunluğu, v_e – tarazlıq nöqtəsində molekulun rəqs tezliyi, D_e isə molekulun iki atomu arasında qarşılıqlı təsir enerjisi – dissosasiya enerjisidir. Qeyd etmək lazımdır ki, Davidson potensialı digər mürəkkəb anharmonik modellərə nisbətən sadə bir formaya malikdir, və nəticədə bu onu

həm nəzəri, həm də tətbiqi tədqiqatlar üçün əlverişli edir.

Davidson potensialı sahəsində radial Şredinger tənliyi [2]

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[E_{nl} + D_e \left(\frac{r}{r_e} - \frac{r_e}{r} \right)^2 - \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \right] u_{nl}(r) = 0, \quad (4)$$

burada l – orbital kvant ədədi, $\hbar = h/2\pi$ və h – isə Plank sabitidir.

Orbital l kvant ədədinin ixtiyari qiymətində (4) radial Şredinger tənliyini sonlu polinom metodunun köməyiylə həll edərək enerji spektri və dalğa funksiyası üçün aşağıdakı analitik ifadələr tapılmışdır:

$$E_{nl} = -2D_e + \frac{\hbar}{r_e} \sqrt{\frac{2D_e}{\mu}} \left(2n + 1 + \sqrt{\left(l + \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2\mu D_e r_e^2}{\hbar^2}} \right) \quad (4)$$

və

$$\begin{aligned} \psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = C_{nl} r^{-\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{2\mu D_e r_e^2}{\hbar^2} + \left(l + \frac{1}{2} \right)^2}} e^{-\sqrt{\frac{\mu D_e}{2\hbar^2}} \frac{r^2}{r_e}} F \left(-n, 1 \right. \\ \left. + \sqrt{\frac{2\mu D_e r_e^2}{\hbar^2} + \left(l + \frac{1}{2} \right)^2} ; \sqrt{\frac{2\mu D_e}{\hbar^2}} \frac{r^2}{r_e} \right) Y_{lm}(\theta, \varphi), \quad (5) \end{aligned}$$

burada $Y_{lm}(\theta, \varphi)$ – dalğa funksiyasının bucaq hissəsi - impuls momentinin kvadratı operatorunun məxsusi funksiyası, C_{nl} – normallaşma sabiti, n – isə radial kvant ədədidir, $n = 0, 1, 2, \dots$.

(4) ifadəsindən görünür ki, öyrənilən kvant sistemin əlaqəli halları r_e , D_e potensial parametrlərindən, radial n və orbital l kvant ədədlərindən asılı E_{nl} enerji səviyyələrinə malikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, enerji spektrinin və dalğa funksiyasının (4) və (5) ifadələri uyğun olaraq [3] işindəki (15) və (20) ifadələri ilə üst-üstə düşür.

Ədəbiyyat

1. Davidson P.M., Eigenfunctions for calculating electronic vibrational intensities, Proceedings of the Royal Society A, Mathematical, Physical and Engineering Sciences, Vol. 135, No. 827, pp. 457-472, 1932.
2. Muxtarov A.İ., Kvant mexanikası, Bakı, Bakı Universiteti, 2007, 660 s.
3. Ikhdair I.M., Sever R., Exact polynomial eigensolutions of the Schrödinger equation for the pseudoharmonic potential, Journal of Molecular Structure: THEOCHEM, Vol. 806, No. 1-3, pp. 155-158, 2007.

MANNİNG – ROSEN POTENSIALI ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYININ HƏLLİ

¹Abdullayeva T.F., ²Bədəlov V.H.*

¹Bakı Dövlət Universiteti

²Bakı Dövlət Universiteti nəzdində

Fizika Problemləri Elmi – Tədqiqat İnstitutu

abdullayevaturkanaa@gmail.com

Nəzəri fizikanın əsası olan kvant mexanikasının mühüm məsələlərindən biri də, kvant sistemlərinin müəyyən tip potensiallar üçün fundamental dalğa tənliklərini - Şredinger, Kleyn-Qordon və Dirak tənliklərini dəqiq analitik həll etməkdir. Çünki, bu dəqiq həllər, yəni dalğa funksiyaları öyrənilən kvant sistemləri ilə bağlı bütün mühüm və vacib məlumatları müəyyən edir. Atomlar və nüvələr arasındakı qarşılıqlı təsirlərin mexanizmi çox mürəkkəb olduğundan onların təsviri və izahı üçün müxtəlif tip potensial modellərdən istifadə olunur. Buna görə də müxtəlif tip potensiallar üçün kvant sistemlərinin enerji spektrinin tapılması praktiki və elmi nöqteyi-nəzərdən çox maraqlıdır.

Manning – Rosen potensialı, 1933-cü ildə M.F. Manning və N. Rosen tərəfindən Kulon və Morse potensiallarının bəzi çatışmazlıqlarını aradan qaldıraraq diatomik molekulların bağlı hallarını daha real təsvir etmək üçün təklif olunmuş ən mühüm potensial modellərdən biridir [1]:

$$V(r) = \frac{1}{kb^2} \left(\frac{\beta(\beta - 1)e^{-2r/b}}{(1 - e^{-r/b})^2} - \frac{Ae^{-r/b}}{1 - e^{-r/b}} \right), \quad k = \frac{2\mu}{\hbar^2}, \quad (1)$$

burada $\hbar = h/2\pi$ və h – isə Plank sabiti, μ – diatomik molekulun gətirilmiş kütləsi, β və A iki adsız parametrlərdir, b parametri uzunluq ölçüsünə malik olub potensialın dəyişmə diapazonunu ifadə edir və r isə atomlar (nüvələr) arasındakı məsafədir. Manning – Rosen potensialı, əsasən nüvə və hissəciklər fizikası, molekulyar spektroskopiya və kvant kimyası sahələrində istifadə edilir.

Manning – Rosen potensialı sahəsində effektiv potensialı aşağıdakı kimi təyin olunan

$$V_{eff}(r) = \frac{1}{kb^2} \left(\frac{\beta(\beta - 1)e^{-2r/b}}{(1 - e^{-r/b})^2} - \frac{Ae^{-r/b}}{1 - e^{-r/b}} \right) + \frac{\hbar^2 l(l + 1)}{2\mu r^2} \quad (2)$$

radial Şredinger tənliyi aşağıdakı kimidir[2]:

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} (E_{nl} - V_{eff}(r)) u_{nl}(r) = 0, \quad (3)$$

burada l – orbital kvant ədədidir.

Orbital l kvant ədədinin ixtiyari qiymətində (3) radial Şredinger tənliyini diferensial tənliklər nəzəriyyəsiindən məlum olan metodlar vasitəsi ilə analitik həll etmək mümkün deyildir. Buna səbəb r^2 – la tərs mütənasib olan mərkəzdənqaçma potensialıdır. Ona görə də Greene – Aldrich yaxınlaşmasından istifadə edərək orbital l kvant ədədinin ixtiyari qiymətində (3) radial Şredinger tənliyi sonlu polinom metodunun köməyi ilə həll edilmiş, nəticədə enerji spektri

$$E_{nl} = -\frac{1}{4kb^2} \left(\frac{A + \beta(\beta - 1)}{\gamma + n + \frac{1}{2}} - \left(\gamma + n + \frac{1}{2} \right) \right)^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır. Burada $n = 0, 1, \dots, n_{max}$,

$n_{max} = \left\lfloor \sqrt{A + \beta(\beta - 1)} - \gamma - \frac{1}{2} \right\rfloor$, n – radial kvant ədədidir və

$$\gamma = \sqrt{\beta(\beta - 1) + \left(l + \frac{1}{2} \right)^2}.$$

Əgər (4) münasibətində $l = 0$ götürsək, nəticədə kvant sisteminin enerji səviyyələri üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$E_n = -\frac{1}{kb^2} \left(\frac{A - \beta}{2(\beta + n)} - \frac{n(n + 2\beta)}{2(\beta + n)} \right)^2, \quad (5)$$

burada $n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{A + \beta(\beta - 1)} - \beta \right\rfloor$.

(4) və (5) ifadələrindən görünür ki, öyrənilən kvant sistemin əlaqəli halları β , A potensial parametrlərindən, radial n və orbital l kvant ədədlərindən asılı olub məhdud saydadır. Qeyd etmək lazımdır ki, əlaqəli halların (5) enerji səviyyələrinin ifadəsi [1, 3] işlərdəki enerji spektrinin ifadəsi ilə tam uyğundur.

Ədəbiyyat

1. M.F. Manning and N. Rosen, A potential function for the vibrations of diatomic molecules, Physical Review, Vol. 44, No. 11, pp. 951-954, 1933.
2. Muxtarov A.İ., Kvant mexanikası, Bakı, Bakı Universiteti, 2007, 660 s.
3. S.H. Dong and J. García-Ravelo, Exact solutions of the s - wave Schrödinger equation with Manning–Rosen potential, Phys. Scr. **75**, 307-309 (2007).

BÖLMƏ 2

MOLEKULAR FİZİKA

YARIMMAQNİT YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ AŞAĞI TEMPERATUR VƏ KONSENTRASIYALARDA NMR XƏTTİNİN ENLƏNMƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

Hümbətli V. M., Əliyev M.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

humbetovafatma02@gmail.com

Kosmik və hərbi sənayədə geniş istifadə olunan elektronik cihazlarda tətbiq olunduqlarına görə bərk, cisimlər, o cümlədən ifrat keçiricilər, yarımmaqnit yarımkeçiricilər (YY) eyni zamanda digər birləşmələr dünyada çox sayda laboratoriyalarda intensiv şəkildə araşdırılmaqdadırlar. YY bir çox başqa maddələr kimi Nüvə Maqnit Rezonansı (NMR) vasitəsilə dəqiq şəkildə tədqiq oluna bilirlər. Mürəkkən sistem olan YY-də paramaqnit ionların mövud olması imkan verir ki, onlar haqqında dəqiq şəkildə mikroskopik səviyyədə informasiya NMR metodu ilə alınsın.

Nəzəri tədqiqatlarda ən uğurlu metod kimi analitik Grin Funksiyası (GR) metodunun özünü doğrultduğu qeyd oluna bilər. GF metoduna görə NMR xəttinin enlənməsi kütlə operatoru $M(E)$ -nin xəyali hissəsi ilə təyin olunur:

$$\delta = I_m M(E) \quad (1)$$

Digər tərəfdən :

$$M(E) = [G_1 G^{-1}] \quad (2)$$

Burada G G_1 - başlanğıc və birinci GF-lərdirlər. Onlar aşağıdakı kimi təyin olunurlar:

$$G = \langle\langle I^+ | I^- \rangle\rangle \quad (3)$$

$$G_1 = \langle\langle [I^+, H_{int}] | I^- \rangle\rangle \quad (4)$$

Burada I^+ , I^- yüksəldən və alçaldan nüvə spin operatorları, H_{int} sistemin qarşılıqlı təsir Hamiltonionudur. NMR xəttinin enlənməsi ifadəsini (3) (4) düsturlarını (1), (2) də nəzərə almaqla tapırıq:

$$\delta = I_m \{ \langle\langle [I^+, H_{int}] | I^- \rangle\rangle (\langle\langle I^+ | I^- \rangle\rangle^{-1}) \} \quad (5)$$

GF üçün həyəcənlaşma nəzəriyyəsi metoduna əsasən (5) tənliyinin korrekt həli üçün ardıcıl olaraq sistemin kütlə operatoru $M(E)$ və Polyarizasiya operatoru $P(E)$ daxil edilir. (3) (4) Polyarizasiya operatorunun aşkar şəklinin hesablanmasına ayrıca baxılmalıdır. Kütlə operatoru $M(E)$ aşkar şəki ümumi halda yetərincə mürəkkəb alınır. Eksperiment üçün maraqlı olan halda aşağıdakı ifadə alınır:

$$\delta = \frac{L^2\gamma_2 + Q^2\gamma_1}{\gamma_1\gamma_2} + \frac{LQ}{\gamma_3}$$

Yuxarıdakı düsturda NMR xəttinin enlənməsində əsas rolu nüvə ion qarşılıqlı təsiri və sərbəst elektron nüvə qarşılıqlı təsirlərinin oynadığını görürük. Eyni zamanda həmin qarşılıqlı təsirlərinin birgə payı da mövcuddur

Ədəbiyyat

1. Furdyna, J. K. (1988). Dented magnetic semiconductors. *Journal of Applied Physics*, 64(4), 29.
2. Абратама, Б. Б. (1972). *ЭПП переходные ионы*. Москва: Издательство "Мир", 549 с.
3. Алиев, М. Н. (1987). *Нестандартная теория возмущений для функций Грина*. *Известия вузов*, (8), 126.
4. Тяников, С. В. (1975). *Методы квантовой теории магнетизма*. Москва: Издательство "Наука", 216 с.

ZnO/PEQ VƏ ZnO/ÇLKNB/PEQ ƏSASLI NAZİK TƏBƏQƏLƏRİN LÜMİNESSENSİYA XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

Qədirova A.V., Nuriyeva S.Q.*

Bakı Dövlət Universiteti

aytacqedkrova@gmail.com

Geniş qadağan olunmuş zona eninə (3,37 eV), yüksək işıq udma xüsusiyyətinə malik n tipli yarımkəçirici sink oksid (ZnO) lüminessent material kimi artıq bir əsrdən çoxdurki məlumdur və müasir dövrdə enerji toplayan, saxlayan və çevirən cihazlarda ağıllı materialların-hibrid nanostrukturaların alınması istiqamətində geniş istifadə olunmaqdadır [1]. Yüksək elektrik keçiriciliyi, mexaniki və kimyəvi stabilliyə malik olan çoxlaylı karbon nanoboruları (ÇLKNB) isə tətbiq olunduğu elektrodlarda

fazalarası sərhəddə elektron transferini artırmaq xüsusiyyətinə malikdir [2]. Buna görə də, ZnO ilə örtülmüş KNB-lərin sintezi hər iki materialın üstünlüklərini birləşdirən perspektivli nanokompozit materialların alınmasına gətirib çıxara bilər. Nanokompozitlərin əldə edilməsi üçün kimyəvi və fiziki proseslərə əsaslanan müxtəlif sintez strategiyaları mövcuddur. KNB əsaslı nanokompozitlərin hazırlanmasında son inkişafılar nəzərə alınaraq kompozit material əldə edilmiş və Doktor Bleyd üsulu (həkim bıçağı texnikası) ilə nazik təbəqələr hazırlanmışdır [3].

İlk olaraq ZnO nanohissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri artırmaq məqsədi ilə ÇLKNB-ları $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3$ turşularının 3:1 nisbətində ultrasonikasiya edilərək maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmış, daha sonra pH=6 olana qədər distilə suyu (H_2O) və etil spirti (EA) ilə yuyularaq vakuum sobasında qurudulmuşdur [4]. ÇLKNB-ların nanokompozitlərin xüsusiyyətlərinə necə təsir etdiyini tədqiq etmək üçün nazik təbəqələr həm ÇLKNB ilə, həm də ÇLKNB-suz hazırlanmışdır. Belə ki, müəyyən miqdarda ZnO, ÇLKNB, PEQ (polietilenqlikol), EA (etil spirti), H_2O (su) 10 saat ərzində maqnit qarışdırıcıda qarışdırılaraq pasta halına salınmış və şüşə atlıqlar üzərinə çəkilmişdir. Alınmış nümunələr 300°C temperaturda 1 saat ərzində sobada qurudularaq növbəti tədqiqatlar üçün hazırlanmışdır. ZnO/PEQ və ZnO/ÇLKNB/PEQ əsaslı nazik təbəqələrin luminessensiya xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. A. van Dijken, E.A. Meulenkaamp, D. Vanmaekelbergh, A. Meijerink, The luminescence of nanocrystalline ZnO particles: the mechanism of the ultraviolet and visible emission, *Journal of Luminescence* 87}89 (2000) 454}456
2. Eman, A. Mwafya, M. Dawy, A. Abouelsayedb, I. A. Elsabbagh, and M. M. Elfassc Synthesis and Characterization of Multi-Walled Carbon Nanotubes Decorated ZnO Nanocomposite, *Egypt. J. Chem.* 59, No.6 pp.1061– 1068(2016)
3. E.M. Elsayed, A. E. Shalan, M. M. Rashad. Preparation of ZnO nanoparticles using electrodeposition and co-precipitation techniques for dye-sensitized solar cell applications. *J Mater Sci: Mater Electron* (2014) 25:3412–3419 DOI 10.1007/s10854-014-2033-9
4. Alagar Ramar, Thiagarajan Soundappan, Shen-Ming Chen, Muniyandi Rajkumar, Saraswathi Ramiah. Incorporation of Multi-Walled Carbon Nanotubes in ZnO for Dye-Sensitized Solar Cells. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 11734 – 11744. doi.org/10.1016/S1452-3981(23)16500-X

GÖBƏLƏK MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRİN DƏMİR İONLARI İLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏRİNİN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ

Əhmədova S.N., Bağirov R.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

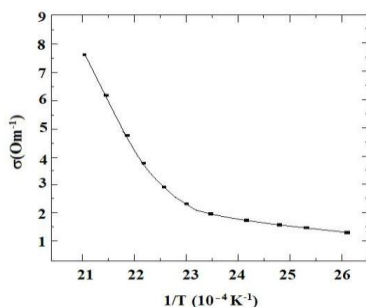
shmdova880@gmail.com

Melaninlər qara (bir sıra hallarda tünd qəhvəyi) rəngli, amorf xassəli, polimer təbiətli pigment olub təbiətdə geniş yayılmışlar. Onlar canlı orqanizmlərdə, bitkilərdə, mikroorqanizmlərdə, həmçinin torpaqlarda rast gəlinir. Son zamanlar melaninlərin bir sıra maraqlı və vacib fiziki-kimyəvi xassələri, o cümlədən, bioloji aktivlikləri (misaıl üçün üzvi yarımkeçirici, elektret, foto və radio-protektor, oksidləşdirici-reduksiyaedici agent, antioksidant, bir qrup elektrofil və nükleofil birləşmələrdə yükdaşıma kompleksləri əmələ gətirməsi, katalitik funksiyalar və s.) aşkar olunmuşdur ki, bu da geniş tədqiqatçı kütlələrinin artan marağın özünə əlb etmişdir [1].

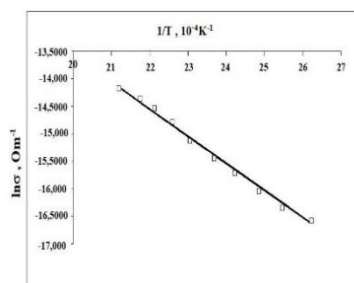
Təqdim olunan iş Respublikamızda geniş yayılmış qovaq ağacında (*pipulus alba*) əmələ gələn göbələklərdən (çaqa) melanin pigmentinin ayrılması, ayrılmış pigmentlərin dəmir ionları ilə koordinasiya rabitəli birləşmələrinin (kompleks birləşmələrinin) alınması və alınmış birləşmələrin elektrik keçiriciliyinin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Melaninlər ağac göbələyindən qələvi mühitdə ekstaksiya və turş mühitdə çökdürmə yolu ilə ayrılmışdır. Dəmir ionları ilə kompleks birləşmələr melanin pigmenti suspenziyasının 1M FeSO₄ duzu məhlulunda otaq temperaturunda maqnit qarışdırıcısının köməyi ilə 2 saat müddətində müntəzəm qarışdırmaqla inkubasiya metodu ilə olunmuşdur. Alınmış kompleks birləşmənin elektrik keçiriciliyi tədqiq etmək üçün onlar daxili diametri 5mm, uzunluğu 10mm olan, kvars materialından hazırlanmış silindrik boru şəklində küvetə qablaşdırılmış, kontakt üçün kevetin uçlarına kip bağlanmış botlardan istifadə olunmuşdur. Küvet içərisində genəgərcək yağı olan silindrik formalı qaba daxil edilmiş və qızdırma elektrik spiralinin köməyi ilə həyata keçirilmişdir. Temperatur xromellkapell termoçütü vasitəsi ilə ölçülmüşdür.

Araşdırılan birləşmələrin elektrik keçiriciliyinin (δ) mütləq temperaturdan asılılığı, həmçinin elektrik keçiriciliyinin natural loqarifminin ($\ln\delta$) mütləq temperaturunun tərs qiymətindən ($\frac{1}{T}$) asılılığı aşağıda təsvir olunmuş şəkil 1 və şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 1



Şəkil 2

Alınmış nəticələrin təhlili bizə belə bir nəticəyə gəlməyə imkan vermişdir ki, təsvir olunan asılılıqlar elmi mənbələrdə üzvi yarımkeçiricilər üçün müşahidə olunan analogi asılılıqlara tam uyğun gəlir [2]. Başqa sözlə dəmir ionların göbələk mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmələrində $\ln\delta - n \ln \frac{1}{T} - d$ asılılığı üzvi yarımkeçiricilər üçün xarakterik olan analogi asılılığa tam uyğun gəlir və aşağıdakı düsturla təsvir oluna bilər:

$$\ln\delta = \ln\delta_0 - \frac{\varepsilon_T}{2KT}$$

Beləliklə güman etmək olar ki, dəmir ionlarının göbələk mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmələri üzvi yarımkeçirici xassəsinə malikdir və bu tip birləşmələr gələcək mikroelektronikada tətbiq perspektivinə malikdirlər.

Ədəbiyyat

1. Abbas M., Amico F.D., Morresi L., et. al. Structural, electrical and optical properties of melanin films. European Physical Journal E, 2009, v. 28, №3, p.285-291.
2. Дулов А.А., Слинкин А.А. Органические полупроводники. Полимеры с сопряженными связями. М.Наука, 2010, 127 с.

SƏS DALĞALARININ İNSAN ORQANİZMİNƏ TƏSİRİ VƏ ONUN NƏTİCƏLƏRİ

Quliyeva S.A., Məmmədova V.C.*

Bakı Dövlət Universiteti

qlyvasudabe8@gmail.com

Səs dalğaları, ətraf mühitimizdəki səsləri eşitməyimizi təmin edən fiziki hadisədir. Lakin insan qulağı bütün səs dalğalarını eşidə bilmir. Tezlik intervalı, 16 Hs-dən böyük və 20kHs-dən kiçik olan elastiki dalğaları qulağımıza eşitmə təsiri yaradan səs dalğalarıdır. 16 Hs-dən kiçik tezlikli elastiki dalğalar infrasəs, 20 kHs-dən böyük tezlikli elastiki dalğalar isə ultrasəs adlanır [1]. Səs dalğaları insan həyatının ayrılmaz bir hissəsidir və müxtəlif sahələrdə mühüm rol oynayır.

Son illərdə səs dalğalarının insan sağlamlığı və psixologiyasına təsiri daha geniş şəkildə araşdırılmağa başlanılmışdır. Bu dalğalar insan orqanizminə müxtəlif yollarla təsir edərək fizioloji və psixoloji nəticələr doğura bilər. Səsin təsiri onun intensivliyindən, tezliyindən və məruz qalma müddətindən asılıdır. Bu məqsədlə səs dalğalarının insan orqanizminə təsir mexanizmləri, onların faydalı və zərərli cəhətləri, eləcə də müasir elmi tədqiqatların nəticələri araşdırılmışdır. Səsin insan orqanizminə təsiri həm müsbət, həm də mənfi tərəfdən dəyərləndirilə bilər. Tədqiqatlar göstərir ki, müəyyən tezliklərdə və intensivlikdə olan səslər insan beyninin fəaliyyətini stimullaşdırır, emosional vəziyyətə təsir göstərə və hətta müalicəvi effekt verə bilər. Bununla yanaşı, davamlı və yüksək səviyyəli səs çirkliliyi nevroloji pozuntular, diqqət yayınlılığı və digər sağlamlıq problemlərinə səbəb ola bilər.

Səs dalğalarının tibbi, psixoloji və mühitə təsiri daha çox araşdırılan sahələrdəndir. Xüsusilə akustik stimulyasiyaların insan beyninin funksiyalarına təsiri və musiqinin terapiya vasitəsi kimi istifadəsi aktual mövzulardandır [2, 3].

Səs dalğaları və stress: Yüksək desibelli səslərin kortizol hormonu artıraraq stressə təkan verdiyi isbat olunmuşdur.

Musiqi terapiyası: Klinik təcrübələr göstərir ki, sakitləşdirici musiqi

depressiya simptomlarını azalda və qan təzyiqini tənzimləyə bilir. Fasiləsiz yüksək səs qan təzyiqinin qalxmasına, ürək döyüntüsünün qısalmasına, qan damarlarının daralmasına, qanın əzələlərə, beyinə və digər orqanlara verilməsinin güclənməsinə səbəb olur.

Ultrasəs dalğaları və tibbi tətbiqlər: Ultrasəs tibbi diaqnostikada geniş tətbiq olunur və insan orqanizmini minimal invaziv üsullarla müayinə etməyə imkan verir [4]. Yüksək tezlikli ultrasəs təsirindən sümüklərin strukturunda dəyişiklik baş verir, ətrafların kapillyar qan dövrəni pozulur, insanlarda bronxial astma xəstəliyi əmələ gəlir. Məktəb yaşına qədər olan uşaqlar arasında tədqiqatlar aparılan zaman müəyyən edilmişdir ki, yüksək səs şəratində böyüyən uşaqların psixikasının adaptasiya imkanlarının inkişafı ləngiyir, yaşlıları ilə müqayisədə dərsi mənimsəmə qabiliyyəti aşağı olur, ali məktəblərə qəbul göstəriciləri geri qalır.

Səs dalğalarının insan orqanizminə təsiri mürəkkəb və çoxşaxəli bir prosesdir. Bəzi səs tezlikli dalğalar müsbət təsir göstərsə də, uzunmüddətli və güclü səs dalğaları mənfi nəticələrə səbəb ola bilər. Buna görə də, bu sahədə elmi araşdırmaların davam etdirilməsi, səs dalğalarının texnologiya və tibb sahəsində daha effektiv tətbiqini təmin etmək baxımından vacibdir.

Ədəbiyyat

1. N.M.Qocayev. Mexanika. Bakı -2011
2. A.Doe, M.Johnson, "Impact of Sound on Cognitive Functions". *International Journal of Neuroscience*, 58(4), 200-215. 2019.
3. J. Smith, L. Brown "Acoustic Waves and Human Health". *Journal of Acoustic Research*, 45(2), 112-130. 2020.
4. K. Lee, "Effects of Ultrasound on Human Cells". *Medical Physics Review*, 30(5), 178-192. 2021.

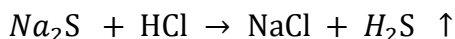
BUXAR FAZALI SULFİDLƏŞDİRMƏ METODU İLƏ SİNTEZ EDİLMİŞ ANİZOTROP AgNN/PVS/Ag₂S NANOKOMPOZİTLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

Mirməmmədov A.A., Muradov M.B.*

Bakı Dövlət Universiteti

amin.mirmammadov@bsu.edu.az

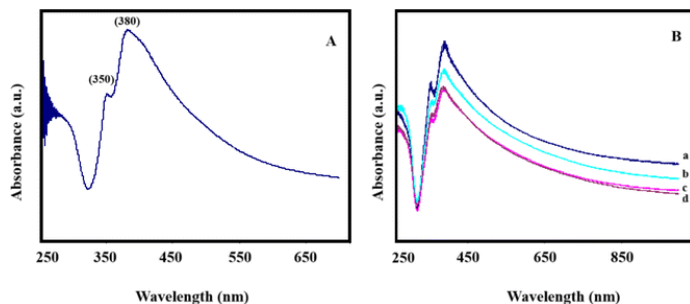
Son illərdə elastikliyi və idarə edilə bilən xüsusiyyətləri ilə seçilən kompozit materiallar xüsusi maraq doğurur. Bu materiallardan biri də AgNN (nanonaqıl)/PVS (polivinil spirti) nanokompozitləridir. Onların tibb, qida sənayesi və müxtəlif sənaye sahələrində geniş tətbiq potensialı mövcuddur [1,2]. Bu nanokompozitlərin əsas doldurucu komponenti olan AgNN poliol metodu ilə sintez edilmişdir [3]. Daha sonra, ultrasonik mühitdə PVS matrisinə qarışdırılaraq vahid şəkildə paylanması təmin olunmuşdur. Qarışıq süzüldükdən sonra otaq temperaturunda qurudulmuş və nazik təbəqələr şəklində formalaşdırılmışdır. Hazır təbəqələr H₂S qazı ilə reaksiyaya salınmışdır. H₂S qazının əldə edilməsi isə aşağıdakı kimyəvi reaksiya əsasında həyata keçirilmişdir.



H₂S qazının əmələ gəlmə reaksiyasında iştirak edən Na₂S və HCl-in miqdarından asılıdır. AgNN/PVS strukturu isə müxtəlif H₂S qazı konsentrasiyaları ilə işlənərək sulfidləşmə prosesindən keçmişdir. Şəkil 1 A-da sulfidləşdirilməmiş H₂S qazının təsirinə məruz qalmamış UV-Vis qrafiki verilmişdir. Buradan görüldüyü kimi 2 dənə (350) və (380) piklər müşahidə olunmuşdur. Bunlar AgNN üçün xarakterik piklərdir.

Şəkil 1 B-də 4, 6 və 8 qram Na₂S istifadə edilməklə əldə edilən H₂S qazının təsirinə məruz qalmış kompozitlərin UV-Vis qrafik təsviri verilmişdir. Şəkil 5B(a) eyni zamanda ilkin AgNN/PVA nümunəsinin udma spektrlərini təqdim edir. Görüldüyü kimi, Ag nanonaqıllarına xas olan hər iki plazmon rezonans zirvəsi aydın şəkildə müşahidə olunur. Şəkil 5(b)-(d)-də isə nümunələrin H₂S qazına məruz qaldıqdan sonra spektral dəyişiklikləri göstərilir. Məlum olduğu kimi, H₂S qazının təsiri nəticəsində AgNN-lərə aid səth plazmon rezonans zirvələrinin intensivliyi əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Bu azalma, H₂S qazının Ag nanonaqıllarının səthi ilə reaksiyaya girməsi, Ag₂S əmələ gətirməsi və bunun

nəticəsində *AgNN*-lərə xas plazmon zirvələrinin osilasiyası ilə əlaqədardır. Bununla belə, nanokompozit daxilindəki bütün nanonaqillərin H_2S ilə tam reaksiyaya girmədiyini və tamamilə sulfidlənmədiyini nəzərə alsaq, spektral zirvələrin tamamilə itmədiyi müşahidə olunur.



Şəkil 1. (A) *AgNN* üçün UV-Vis spektri. (B) UV-Vis spektrləri üçün *AgNN/PVA* kompozitləri (a) *AgNN/PVA*, (b) *AgNN/PVA* + 4, (c) *AgNN/PVA* + 6, (d) *AgNN/PVA* + 8

Ədəbiyyat

1. Xie C, Xiao C, Fang J, Zhao C, Li W. Effektivliyi> 25% olan yüksək performanslı çevik qapalı üzvi günəş batareyaları üçün Core/shell AgNWs@ SnO_x elektrodları. Nano Enerji. 1 mart 2023; 107:108153
2. Yao S.; Zhu Y. Gümüş nanotellərdən hazırlanmış çaplı uzanan keçiricilərdən istifadə edərək geyilə bilən çoxfunksiyalı sensorlar. Nanoölçülü 2014, 6, 2345–2352. 10.1039/c3nr05496a
3. Fahad S., Wang L., Liu J., Li S., Fu J., Amin BU, Khan RU, Mehmood S., Haq F., Nan W və Usman M., Mater. Kimya. Fizika, 2021, 267, 124643

POLİETİLENQLUKOL TİBBİ-BİOLOJİ POLİMERİNİN MÜXTƏLİF TEMPERATURLARDA İKİNCİ VİRİAL ƏMSALININ TƏYİNİ

Süleymanova A.V., Teymurova J.Z.*

Bakı Dövlət Universiteti

suleymanofaa24@gmail.com

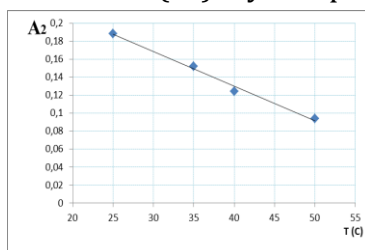
Açar sözlər: polietilenqlukol, xarakteristik özlülük, konsentrasiya, ikinci virial əmsal.

Polimerlərin həlledicilərdə (baxılan halda su) həll prosesi zamanı onların molekulyar quruluşunda və konformasiyasında əhəmiyyətli dəyişikliklər baş verir. Xüsusilə polietilenqlukol (PEQ) kimi polimerlər suda həll olduqda, həlledici molekulları ilə qarşılıqlı təsirə girərək zəncir strukturlarını dəyişə bilər. Bu proses PEG-in biotibbi və sənaye sahələrində istifadə imkanlarını müəyyənləşdirən əsas amillərdən biridir. PEG

suyu strukturlaşdıran polimer olub, tibbdə dərman daşıyıcı sistemlərinə, biomühəndislik tətbiqlərində geniş istifadə edilir.

İkinci virial əmsal (A_2), polimerin həlledici ilə qarşılıqlı təsirini və məhlulun sabitliyini müəyyən edən mühüm termodinamik parametrlərdən biridir. Bu əmsalın temperaturdan asılı dəyişməsi PEQ -in müxtəlif temperatur şəraitində həllolma xüsusiyyətlərini anlamağa kömək edir. Tədqiqatın məqsədi molekul kütləsi fərqli olan PEQ polimerinin (1500,6000) 1-4% konsentrasiyalarda, müxtəlif temperaturlarda ikinci virial əmsalını təyin edərək, polimer-həlledici qarşılıqlı təsirinin temperaturdan asılılığını müəyyən etməkdir.

Araşdırmada PEQ-in müxtəlif temperaturlarda həllolma davranışını təyin etmək üçün viskozimetrik metodundan istifadə edilmişdir. PEQ-in müxtəlif molekulyar çəkirləri (PEQ1500 və PEQ6000) nəzərə alınaraq, onun 1-4% konsentrasiyalarında suda həll edilməsi və müxtəlif temperaturlarda ikinci virial əmsalının (A_2) təyini aparılmışdır.



Şəkil1. İkinci virial əmsalın müxtəlif temperaturdan asılılığı

Aldığımız nəticələrdən aydın görünür ki, polietilenqlikol polimerinin molekulyar çəkisi artdıqca ikinci virial əmsal azalır. Bu onunla izah olunur ki, yüksək molekulyar kütləli PEQ molekulları məhlulda daha az şişir və onun həlledici (su) ilə qarşılıqlı təsirləri zəifləyir. Nəticədə, polimer-polimer qarşılıqlı təsirləri polimer-su qarşılıqlı təsirinə nəzərən üstünlük təşkil edir. Bu isə A_2 -nin azalması ilə nəticələnir.

Ədəbiyyat

- 1.Məsimov E.Ə. Polimerlərin fiziki-kimyası
- 2.Moosavi, M.; Motahari, A.; Omrani, A.; Rostami, A. A. Investigation on some thermophysical properties of poly (ethylene glycol) binary mixtures at different temperatures. J. Chem. Thermodyn.

NONAPEPTİD MOLEKULUN TETRAPEPTİD FRAQMENTİNİN DAYANIQLI STRUKTURLARI

Məmmədova S. Z., Abbasova G. C.*

Bakı Dövlət Universiteti

sonamemmedova677@gmail.com

Kiçik peptidlərin bioloji rolu müxtəlifdir. Bəzi peptidlərin orqanizmə təsiri nəzərəcərpacaq qədər təsir göstərir. Bundan əlavə, bir çox peptidlərin insan orqanizmindəki hüceyrələrin bərpası proseslərində iştirak edənlər də daxil olmaqla əksər prosesləri tənzimləyirlər. İmmunoloji peptidlər orqanizmi ona daxil olan toksinlərdən qoruyur. Hüceyrələrin və toxumaların düzgün işləməsi üçün kifayət qədər miqdarda peptid lazımdır.

Peptid kimyəvi rabitələrlə (peptid rabitəsi adlanır) birləşdirilmiş qısa amin turşuları zəncirindən ibarətdir. Amin turşularının sayı adətən ikidən əlliye qədər olur. Bağlı amin turşularının daha uzun zənciri əlli bir və ya daha çox olaraq polipeptidi təşkil edir. Hüceyrələrin içərisində istehsal olunan zülallar bir və ya daha çox polipeptiddən ibarətdir.

Oliqopeptidlər peptid rabitələri ilə birləşdirilmiş az sayda amin turşusu qalıqlarından ibarət üzvi molekullardan təşkil olunmuşdur. Oliqopeptidlər nanobiotexnologiyada perspektivli molekullar sinifinə daxildir. Xüsusilə, müəyyən xüsusiyyətlərə malik böyükölçülü molekulyar quruluşlar yaradan budaqlanmış oliqopeptidlər yaradılmışdır. Yalnız virusların səthində sıx bir təbəqə meydana gətirən oliqopeptidlər hazırlanmışdır. Bu cür molekullar virusların hüceyrələrə yapışmasına və yoluxmasına maneə törətdiyindən antivirus terapiyası kimi istifadə edilə bilər.

Bu baxımdan nonapeptid molekulun tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşu tədqiq edilmişdir. Tetrapeptid fraqment alanin, qlisin, alanin və valin amin turşuları qalıqlarından ibarətdir.

Alanin, qlisin, alanin və valin (Ala-Gly-Ala-Val) amin turşuları qalıqlarından ibarət olan tetrapeptid molekulun üç yüz iyirmi səkkiz konformasiyası tədqiq edilmişdir. Bu quruluşlardan yalnız on ikisi aşağıenerjili olmuş və 0-4 kkal/mol enerji aralığına düşmüşdür. Bu quruluşların enerji parametrləri cədvəldə təsvir olunmuşdur.

Cədvəl 1

Tetrapeptid molekulun enerji parametrləri

Nº	Strukturlar	Evan-der-vaals	Eelektrostatik	Etorsion	Eümumi	Enisbi (kkal/mol)
1.	RRRR	-25.0	9.6	4.3	-31.6	0.0
2.	RRBR	-31.2	9.0	3,7	-31.0	0.6
3.	RRRB	-22.6	11.7	4.5	-30.9	0.7
4.	RBRB	-23.1	11.9	3.9	-30.1	1.5
5.	RBBB	-28.4	12.0	6.2	-29.9	1.7
6.	BBBB	-30.3	12.4	4.9	-29.1	2.5
7.	BRRR	-30.1	11.2	4.0	-29.0	2.6
8.	BBBR	-25.6	12.8	4,1	-28.9	2.7
9.	BBRB	-24.1	9.7	5,1	-28.8	2.8
10.	BRRB	-26.4	9.3	5.3	-27.9	3.7
11.	RRBB	-25.3	11.1	4.7	-27.8	3.8
12.	BBRR	-29.2	10.4	3.6	-27.6	4.0

Ədəbiyyat

- 1.Kuznik B.İ., Pateiuk A.V., Rusaeva N.S., Baranchugova L.M., V.I. Effects of hypophyseal Lys-Glu-Asp-Gly and Ala-Glu-Asp-Gly synthetic peptides on immunity, hemostasis, morphology and functions of the thyroid gland in neonatally hypophysectomized chicken and one-year-old birds // Patol. Fiziol.Eksp.Ter., 2010, Vol. 1, p. 14-18.

**OKTAPEPTİD MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞUNDA
HİDROGEN RABİTƏLƏRİNİN ROLU**

Qəribova G.A., Əliyeva İ.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

qeribovagultekin35@gmail.com

Təqdim olunmuş işdə tirozinhidroksilaza fermentinin N-uclu tənzimləyici domeninə daxil olan və səkkiz amin turşu qalığından ibarət Pro1-Gln2-Ala3-Lys4-Gly5-Phe6-Arg7-Arg8 oktapeptid fraqmentinin fəza quruluşu, konformasiya imkanları və su mühitində molekulyar dinamikası öyrənilmişdir [1]. Tədqiqatda aşağıenerjili konformasiya hallarında müxtəlif növ təsir qüvvələrinin enerji payları ($E_{\text{tam-tam}}$, $E_{\text{q.v.-qeyri-valent}}$, $E_{\text{el.-elektrostatik}}$, $E_{\text{tor.-torsion}}$) və ikiüzlü fırlanma bucaqlarının ədədi qiymətləri hesablanmışdır. Hidrogen rabitələrinin əmələ gəlməsində iştirak edən funksional qruplar müəyyən edilmiş və onların stabil

strukturların formalaşmasındakı rolu təhlil edilmişdir. Hesablamalar molekulun mexaniki modeli əsasında HyperChem 8.03 proqramlar paketinə daxil olan yarımempirik üsulların köməyi ilə aparılmışdır. İlk mərhələdə oktapeptid molekulunun ayrı-ayrı fraqmentlərinin fəza quruluşu müvafiq N-asetil-L-metilamid monopeptidlərin kiçikenerjili dayanıqlı konformasiyalarına uyğun əsas zəncirin φ, ψ, ω və yan zəncirlərin χ_1, χ_2, χ_3 bucaqlarının optimal vəziyyətləri nəzərə alınmaqla modelləşdirilmişdir. Molekulun tam enerjinin minimizasiyası nəticəsində alınmış dayanıqlı strukturlarının parametrləri Cədvəldə təqdim edilmişdir.

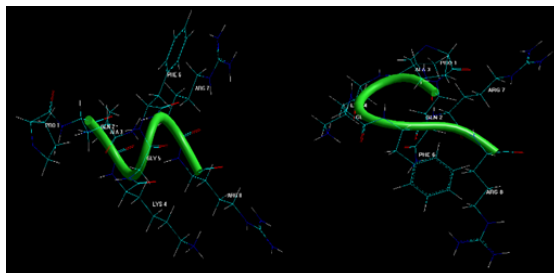
Tədqiq olunan molekulun strukturunun formalaşmasında molekul daxili hidrogen rabitələri mühüm rol oynayır. Peptid qrupuna daxil olan C=O və N-H arasındakı hidrogen rabitələri molekulun strukturunu stabiləşdirən qeyri-kovalent qarşılıqlı təsirlərin əsas növüdür. Bununla yanaşı Gln2, Lys4, Arg7 və Arg8 aminturşu qalıqlarının irihəcmli yan zəncirlərinin yüksək mütəhərrikliyi yeni hidrogen rabitələrinin yaranmasına səbəb olur. Məsələn, Lys4 aminturşu qalığının müsbət yüklü NH_3^+ qrupu Ala3 qalığının karbonil qrupu ilə, Arg7-nin NH qrupu isə Gly5 qalığının karbonil qrupu ilə hidrogen rabitələri yaradır.

Cədvəl

Oktapeptid molekulunun dayanıqlı konformasiya halları və enerjiləri

N	Konformasiya	Enerji payları, kkal/mol				
		E _{am}	E _{q.v.}	E _{el.}	E _{tor.}	E _{nisbi}
1	RR ₃₂₂ RR ₂ LR ₂ R ₃ B ₃	-23,9	-42,2	14,7	3,7	0,0
2	RR ₃₂₂ RR ₂ RB ₁ L ₃ R ₂	-23,8	-43,0	14,6	4,6	0,1
3	RR ₃₁₂ RR ₃ RR ₁ L ₃ R ₂	-22,9	-41,2	14,6	3,9	1,0
4	BB ₂₁₂ RR ₂ RB ₁ B ₃ B ₃	-22,9	-41,9	14,7	4,3	1,0
5	RR ₃₃₁ RR ₃ BB ₁ B ₁ L ₃	-22,7	-42,2	15,8	3,7	1,1
6	RR ₃₁₂ RB ₂ BR ₂ B ₃ B ₃	-22,3	-40,9	14,3	4,3	1,5
7	RB ₂₁₂ RB ₁ PR ₁ R ₃ B ₂	-21,4	-39,7	15,0	3,3	2,4
8	RR ₃₁₂ RB ₂ RR ₂ B ₁ B ₃	-21,2	-39,7	14,7	3,8	2,7

Molekulun kiçik enerjili konformasiya hallarında yaranan hidrogen rabitələrinin uzunluğu 1,68-2,73Å, enerjiləri isə 2,3-4,2 kkal/mol intervalına daxilində dəyişir. Şəkildə oktapeptid molekulunun fəza quruluşu və yan zəncirlərin orientasiyası göstərilmişdir.



Şəkil. Oktapeptid molekulunun aşağıenerjili konformasiyaları

Ədəbiyyat

1. Bueno-Carrasco M.T. et al. Nature Communications, 2022, v.13(74), p.1-16.

DƏMİR İONLARININ QOVAQ AĞACI GÖBƏLƏYİNDƏN AYRILMIŞ MELANİN PİQMENTİ İLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Aliyeva G.M., Bağirov R.M.*

Bakı Dövlət Universiteti

Gulkharzulfuqarli@mail.ru

Molekul fizikası, eləcə də molekulyar biofizika sahəsində son dövrlərdə aparılmış elmi-tədqiqat işlərinin təhlili göstərmişdir ki, bir qrup metal ionları (Fe, Cu, Br, V, Mg, Mn, Co və s.) canlı orqanizmlərdə, bitkilərdə, mikroorqanizmlərdə, o cümlədən torpaqda gedən mühüm biokimyəvi proseslərdə önəmli rol oynayırlar. Bu qrup metal ionları elmi mənbələrdə biometallar, yaxud həyat elementləri adlandırılmışlar. Biometalların miqdarı onların tərkibinə daxil olduğu molekulların ümumi kütləsinin çox az hissəsini (0,1 %-dən az) təşkil etdiyindən onları mikroelementlər də adlandırırlar [1].

Son dövrlərin elmi araşdırmaları göstərmişdir ki, biometallar canlı orqanizmlərdə, bitkilərdə, mikroorqanizmlərdə və torpaqda bir qayda olaraq üzvi liqandlarla koordinasiya rabitəli birləşmə (kompleks birləşmə) halında olur. Odur ki, biometalların bioloji aktiv liqandlı kompleks birləşmələrinin sintezi, alınmış birləşmələrin struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi, həmçinin onların elm və texnikanın müxtəlif sahələrində, o

cümlədən təbabətdə və əczaçılıqda tətbiq imkanlarının araşdırılması geniş tədqiqatçı kütləsinin artan maraq dairəsindədir.

Təqdim olunan iş dəmir ionlarının qovaq ağacında (*populus alba*) əmələ gələn göbələkdən (çaqa) ayrılmış melanin pigmentinin dəmir ionları ilə kompleks birləşmələrinin alınması və onların bəzi strukturları xüsusiyyətlərinin spektroskopik metodla öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Bioloji aktiv liqand kimi seçilmiş melanin pigmenti qovaq ağacının gövdəsində əmələ gələn göbələkdən qələvi mühitdə ekstraksiya və turş mühitdə çökdürmə metodu ilə ayrılmışdır. Alınmış pigmentin analizi məqsədi ilə onun elektron paramaqnit rezonansı (EPR) və infraqırmızı (İQ) spektrləri qeyd olunmuşdur. Alınmış spektrlər həm forma baxımından, həm də parametrlərinin qiymətləri baxımından sintetik L-DOFA-melaninlər üçün elmi mənbələrdə məlum olan uyğun məlumatlara çox yaxınlıq təşkil etmişlər. Bu belə qənatə gəlməyə imkan vermişdir ki, ayrılmış pigmentlər göbələk mənşəli melaninlərə aiddir.

Dəmir ionlarının göbələk mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmələri yeni ayrılmış pigmentlərin "kimyəvi təmiz" təmizlik dərəcəsinə malik FeSO_4 duzunun 1M məhlulunda, otaq temperaturunda, müntəzəm qarışdırılma şəraitində 2 saat müddətində inkubasiya metodu ilə alınmışdır. Kompleks birləşmə suspenziyadan sentrifüqanın köməyi ilə çökdürmə (3000 g; 25 dəq) yolu ilə ayrılmışdır.

Inkubasiya üçün istifadə olunan FeSO_4 məhlulu, çökdürmədən sonra alınan supernatant və çöküntünün maye azot temperaturunda qamma rezonans (QR)- spektri qeyd olunmuşdur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərmişdir ki, göbələk mənşəli melaninlər dəmir ionları ilə effektiv sürətdə koordinasiya rabitəli birləşmə əmələ gətirir. Fe^{2+} ionları qarşılıqlı təsir zamanı melaninlər onları qismən oksidləşdirir və həm Fe^{2+} , həm də Fe^{3+} ionları ilə oktaedrik liqand əhatəli kompleks birləşmə əmələ gətirir. Fe ionları ilə koordinasiya melanin pigmentinin karbonil-, karboksil-, amin- və imin-, qrupları, həmçinin fenil qrupları iştirak edir. Fe ionları ilə koordinasiya zamanı melaninlər zəif sahəli liqant kimi iştirak edir.

Ədəbiyyat

- 1.Şəfqətova G.G. (2010) Kompleks birləşmələr kimyası. Bakı, Ləman nəşriyyatı 310 səh.

ALA-TYR DİPEPTİDİNİN KONFORMASIYALARININ HOMO-LUMO ANALİZİ VƏ KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ

¹Hüseynzadə B.X., ^{1,2}Rəhimzadə S.Q.*

¹Bakı Dövlət Universiteti

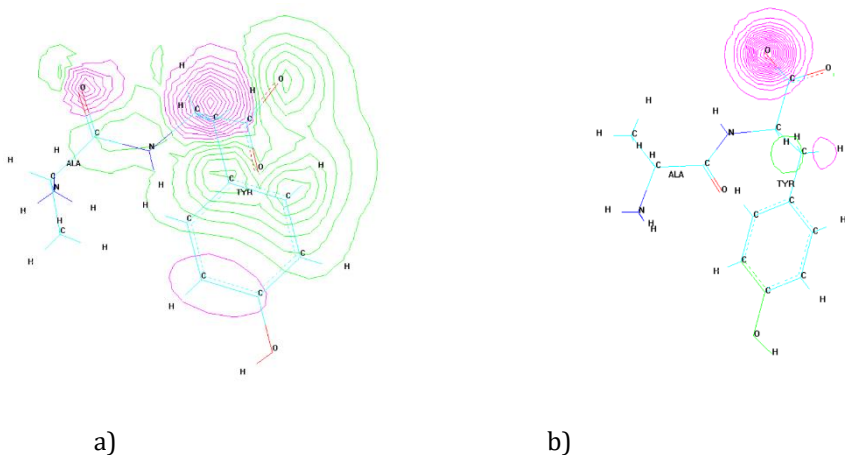
² Bakı Dövlət Universiteti nəzdində

Fizika Problemləri Elmi – Tədqiqat İnstitutu

İşdə hipertenziv və yüksək antioksidant təsirə malik Ala-Tyr (Ala-nin-Tirozin) dipeptidinin bükülü və açıq formada olan konformasiyaları üçün HOMO və LUMO enerjiləri və spektrləri, enerji boşluğu PM3 metodu vasitəsilə öyrənilmişdir. Tədqiqatın həyata keçirilməsi üçün molekulun ilkin koordinatları molekulyar mexanika metodu ilə müəyyən edilmişdir. HOMO və LUMO enerjiləri molekulun kimyəvi reaktivliyi və kinetik sabitliyi haqqında məlumat əldə etmək üçün istifadə olunur və kvant-kimyəvi hesablamalarda mühüm rol oynayır[1]. HOMO elektron vermə, LUMO isə elektron qəbul etmə qabiliyyəti ilə əlaqədardır. HOMO və LUMO keçidləri arasındakı enerji fərqi enerji boşluğu adlanır və molekulun elektron keçidləri, optik və elektrik xassələri haqqında mühüm məlumatlar verir. Kiçik enerji boşluğu yüksək keçiriciliyə, böyük enerji boşluğu isə yüksək kimyəvi sabitliyə işarə edir. Əsas halda olan molekulyar orbitalların (MO) enerji konturları PM3 yarımempirik metodu ilə hesablanmışdır.

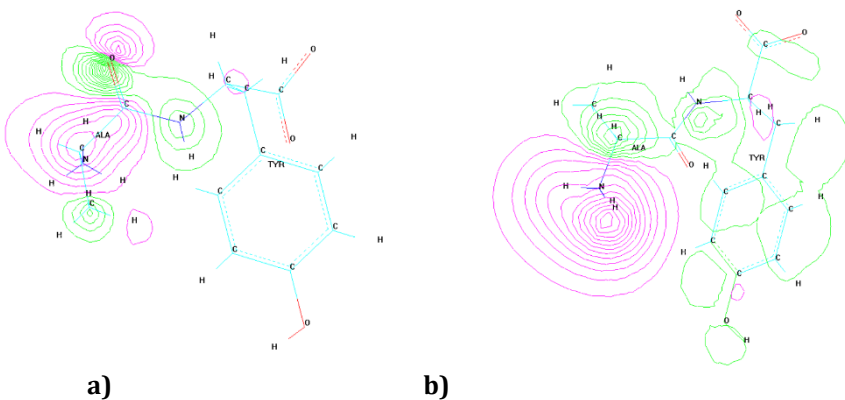
Şəkil 1 və 2-də Ala-Tyr dipeptidinin əsas zəncirinin optimal bükülü (a) və açıq (b) quruluşları üçün HOMO və LUMO enerji konturları təsvir olunmuşdur. Bükülü quruluşda HOMO enerji konturları molekulun amin qrupu və Alaninin yan zənciri istisna olmaqla bütün molekul üzərində, LUMO enerji konturları isə molekulun amin qrupu, karbonil qrupu, amid qrupu, alanin qalıqının yan zənciri və Tyr qalıqının CA-CB rabitəsi üzərində lokallaşmışdır. Açıq quruluşda isə molekulun karbonil qrupunun O atomu və tirozin qalıqının HA və HB atomları açıq quruluşda isə molekulun karbonil və karboksil qruplarının O atomları istisna olmaqla bütün molekul üzərində formalaşmışdır. Enerji boşluğunun qiyməti bükülü

quruluş üçün 5.28 eV, açıq quruluş üçün isə 5.33 eV-dur.



Şəkil 1. Ala-Tyr dipeptidinin bükülü və açıq optimal quruluşları üçün HOMO enerji konturları

Hesablamalar Ala-Tyr dipeptidinin fəza və elektron quruluşunun xüsusiyyətlərini müəyyən etmiş və əldə edilən nəticələr molekulun fizioloji təsir mexanizminin molekulyar səviyyədə başa düşülməsi və yeni peptidomimetiklərin dizaynında istifadə oluna biləcəyini göstərmişdir.



Şəkil 2. Ala-Tyr dipeptidinin bükülü və açıq optimal quruluşları üçün LUMO enerji konturları

Ədəbiyyat

1. Rocha, M., Di Santo, A., Arias, J. M., Gil, D. M., & Altabef, A. B. (2015). Ab-initio and DFT calculations on molecular structure, NBO, HOMO–LUMO study and a new vibrational analysis of 4-(Dimethylamino) Benzaldehyde. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 136, 635–643

ÇOXATOMLU MOLEKULLARIN TƏDQIQINDƏ MOLEKULYAR MODELLƏŞDİRMƏ ÜSULLARININ TƏTBİQİ

Vəliyeva R.E., Əliyeva İ.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

vlyvarcn11@gmail.com

Son illərdə molekulların və onların əmələ gətirdikləri mürəkkəb komplekslərin tədqiqində molekulyar modelləşdirmə üsullarından geniş istifadə olunur [1]. Yeni riyazi modellərin yaradılması və kompüter texnikasının sürətli inkişafı nəzəri tədqiqatların əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsinə səbəb olmuşdur. Atomlararası qarşılıqlı təsirləri təsvir edən potensial funksiyaların köməyi ilə molekulların dayanıqlı konformasiya hallarını, mühitdən asılı olaraq dinamik çevrilmələrini, kimyəvi reaksiyaya girmə qabiliyyətlərini və digər canlı orqanizimlərdə baş verən prosesləri modelləşdirərək müəyyən təsirlərə malik yeni kimyəvi birləşmələrin, effektiv dərman preparatlarının sintezində və digər sahələrdə geniş imkanlar yaranmışdır.

Təqdim olunmuş işdə izoleysin aminturşusunun L- və D-stereoizomerlərin fəza və elektron quruluşu, kiçikenerjili konformasiya hallarında ikiüzlü fırlanma bucaqlarının ədədi qiymətləri, atomlar üzərində yüklərin paylanması müxtəlif nəzəri üsulların köməyi ilə tədqiq edilmişdir. Aparılan tədqiqatın əsas məqsədi molekulun L- və D-stereoizomerlərində fəza quruluşundan asılı olaraq müxtəlif növ qarşılıqlı təsir enerjilərin, elektrostatik potensialının paylanmasının, atomların nöqtəvi yüklərinin müqayisəli təhlili ilə bağlı olmuşdur. Tədqiqatlar klassik mexanikada və kvant mexanikasında geniş istifadə olunan metodlar-nəzəri konformasiya analizi, CNDO/2, AM1 və PM3 metodlar əsasında aparılmışdır. İzoleysin (2-amino-3-metilpentanoik turşusu) kimyəvi formulu $C_6H_{13}NO_2$ olan alifatik α -amin turşusudur və bütün təbii zülalların tərkib hissəsidir. Son illərdə L-amin turşu qalıqlarının peptid zəncirinin müxtəlif mövqelərində D-amin turşu izomerləri ilə əvəz olunduğu təbii peptidlərin analoqlarının sintezinə böyük diqqət yetirilir. Nəzəri konformasiya analizi metodu ilə izoleysin molekulunun L- və D-stereoizomerlərin kiçikenerjili konformasiya halları müəyyən edilmişdir.

Dayanıqlı konformasiyalar atomlararası qeyri-valent, elektrostatik, torsion və hidrogen rabitələrinin enerjilərinin və tam enerjinin minimizasiya zamanı ikiüzlü fırlanma bucaqlarının ədədi qiymətlərinin hesablanması ilə müəyyən edilmişdir (Cədvəl 1).

Cədvəl 1

**L- və D-izoleysinın dayanıqlı konformasiya hallarında
tam elektron enerjisi**

Aminturşu	İkiüzlü fırlanma bucaqları (dərəcə ilə)						Enerji, kkal/mol
	ω	φ	ψ	χ_1	χ_2	χ_3	
L-izoleysin	179	-140	161	-63	182	179	-5.10
D-izoleysin	176	70	-80	-61	177	179	-4.01

Kvant mexanikasında atomun dalğa təbiəti nəzərə alınır və çoxatomlu molekulaların stabil strukturlarını müəyyən etmək üçün Şredinger tənliyi həll edilir. Cədvəl 2-də CNDO/2, AM1 və PM3 metodların köməyi ilə L- və D-izoleysinın dayanıqlı konformasiya hallarında tam elektron enerjilərin müqayisəli təhlili verilmişdir. L-izomerin daha dayanıqlı olduğu müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 2

**L- və D-izoleysinın dayanıqlı konformasiya hallarında
tam elektron enerjisi (kJ/mol)**

Aminturşu	CNDO/2	AM1	PM3
L-izoleysin	-432943.95	-282739.73	-251373.73
D-izoleysin	-432992.96	-282758.96	-251365.62

Hesablamaların nəticələrinin təhlilinə əsasən izoleysin molekulunun L- və ya D-stereoizomerinin konformasiya halından asılı olaraq yüklərin ədədi qiymətlərinin və elektrostatik potensialın paylanması peptid qrupunun atomlarında daha çox təsirə malik olduğu müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. O.Silakari, P.K.Singh. In book: Concepts and experimental protocols of modelling and informatics in drug design. Chapter 1-Fundamentals of molecular modeling, p.1-27. Elsevier inc.,2021.

PEPTİD TƏBİƏTLİ BİRLƏŞMƏLƏRİN STRUKTURU

Əhmədli N. H., Abbasova G. C.*

Bakı Dövlət Universiteti

nrgizhmdli336@gmail.com

Amin turşuları və onların əmələ gətirdikləri üzvi birləşmələr haqqında məlumatlar yaşadığımız planetdə üç milyard ildən çox tarixə məxsusdur. Tarix boyunca əldə edilmiş faktlar tapıntılar nəticəsində əldə edilmiş kremni qalıqlarını tədqiq edərkən ortaya çıxmışdır. Bütün aparılan araşdırmalar zamanı meteoritlərin tərkibində olan üzvi maddələrin xromotoqrafik tədqiqatı nəticəsində təsdiq olunmuşdur ki, amin turşularının varlığı Yer kürəsindən kənarda da mövcuddur.

Bioloji birləşmələrdə amin turşuları bir-biri ilə peptid rabitəsi vasitəsi ilə birləşir. Real həyatda peptid rabitəsi tapılan bütün rabitələrdən ən vacib rabitədir. Fərdi amin turşusu molekullarını peptid və zülal strukturları yaratmaq üçün birləşdirir. Bundan əlavə, mezomerik formaların olması və ya funksional qrupların karbon-azot rabitəsi ətrafında fırlanma ehtimalı səbəbindən unikal xüsusiyyətlər göstərir.

Biomolekulları təşkil edən peptid rabitələri (-CO-NH-) təbiətdəki ən lazımlı rabitələrdən biri sayılır. Quruluşlarına görə karbon, oksigen, azot və hidrogen atomlarını ehtiva edirlər. Bu rabitələr karboksil qrupu (-CO-OH) və amin qrupu (-NH₂) arasındakı kondensasiya reaksiyalarından əmələ gəlir. Bu reaksiya ən çox iki fərqli və ya eyni amin turşusu arasında baş verir. Kənar məhsul su molekuludur. Aydınır ki, hidroliz zamanı peptid rabitəsi pozulur. Peptid qrupundakı rabitələrdən birinin qırılma reaksiyası müşahidə olunur. Bu halda fərdi amin turşuları bərpa edilməlidir. Hidroliz reaksiyası yüksək temperaturda, sulu mühidə, həmçinin konsentrat qeyri-üzvi turşuların və ya konsentrat əsasların iştirakı ilə baş verir. Peptid rabitələri karbonil qrupunun karbonu ilə azot atomu arasındakı rabitənin fırlana bilməməsi səbəbindən düz rabitədir. Bununla birlikdə, bu rabitə mezomerik bir xarakter daşıyır, yəni peptid rabitəsində ikiqat rabitənin mütəhərrikliyi nəticəsində yaranan iki mezomerik forma vardır. Bunun nəticəsində karbon və azot rabitəsi qismən kimyəvi sabitliyini artıran ikiqat rabitənin təbiətini göstərir. Peptid rabitəsi iki izomerik formada olur: Sis və Trans (zülallarda və peptidlərdə peptid rabitələri daha çox trans şəklində olur).

Peptidlər amin turşularından təşkil olunmuş polimerlərdir. Ümumiyyətlə peptidlər zülallardan daha kiçikdirlər və özləri kifayət qədər aktivliyə sahib deyillər. Onlar əsasən tam zülalın kiçik bir hissəsini təmsil edirlər. Peptid hormonları və sitokinlər kimi spesifik reseptorlarla qarşılıqlı əlaqədə olan signal molekulları da ola bilərlər.

Peptid, molekulları quruluşca zülal molekullarına bənzəyən, lakin daha kiçik ölçülərə sahib olan hər hansı bir üzvi maddədir. Peptid sinfi canlı orqanizmlərin metabolik funksiyalarında iştirak edən müxtəlif hormonlar, antibiotiklər və digər birləşmələri əhatə edir. Peptid molekulları hər bir amin turşusunun karboksil qrupunu və sonrakı amin qrupunu əhatə edən amidlərin əmələ gəlməsi ilə birləşdirilmiş iki və ya daha çox amin turşusundan ibarətdir. Molekulun əsası kimi qəbul edilən bir zəncirdə atomların ardıcıl üçlüyünü birləşdirən peptid rabitələrinin bəziləri və ya hamısı birləşmənin qismən və ya tam hidrolizi ilə parçalana bilər. Daha kiçik peptidlərin və nəhayət fərdi amin turşularının əmələ gəlməsinə səbəb olan bu reaksiya ümumiyyətlə, peptidlərin və zülalların tərkibi və quruluşunun öyrənilməsində istifadə olunur.

Ədəbiyyat

1. Рубин А.Б. Биофизика / М, КноРус, 2018, 63 с.
2. Davidovich C, Belousoff M, Bashan A, Yonath A. The evolving ribosome: from non-coded peptide bond formation to sophisticated translation machinery. *Res Microbiol.* 2009 Sep, 160(7), p. 487-92.

THE SPATIAL STRUCTURE OF THE H-PHE-ASP-PRO-ALA-LEU-OH MOLECULE

Ismailzada M.T., Agayeva L.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

leylanamig@mail.ru

Some small peptides have signaled or enzymatic functions, such as enzyme inhibitors, antimicrobial agents, or hormone precursors. However, the specific function of peptide would depend on its context in a protein or biological system [1]. The spatial structure of the H-Phe-Asp-Pro-Ala-Leu-OH pentapeptide molecule has been studied using the theoretical conformational analysis method. The potential energy of the system is determined as the sum of non-valent, electrostatic, torsional

interaction energies, and hydrogen bond energy. The spatial structure of the molecule has been calculated based on the low-energy conformations of its constituent amino acid residues. For this pentapeptide molecule, eight possible shape conformations have been calculated. Then, the lowest energy conformation for each selected shape was identified and presented in a table. Calculations have shown that the shapes, backbone forms, and conformations undergo sharp differentiation in terms of energy. It has been determined that the spatial structure of such a pentapeptide molecule is represented by the conformations of eight backbone forms. The total energies of the conformations range between (-13.1) - (-7.9) kcal/mol, while the relative energies vary within the (0 – 6.0) kcal/mol range. As seen from the table, four of the eight low-energy conformations differ from the other four only in the backbone form of the first amino acid residue, phenylalanine. The global conformation of the molecule is B₂ B₃ R B₂ B₂₁ that belongs to the eeefe shape. In this conformation, the Pro₃ amino acid residue rotates the backbone, bringing the N-terminal and C-terminal dipeptide fragments of the molecule closer together in space.

Table

**Low-energy conformations, shapes, total and relative energies
of H-Phe-Asp-Pro-Ala-Leu-OH molecule**

Nº	Shape	Conformation	U _{nv}	U _{el}	U _{tors}	U _{tot}	U _{tot}
1	eeefe	B ₂ B ₃ R B ₂ B ₂₁	-17.6	1.9	2.5	-13.3	0
2	feefe	R ₂ B ₃ R B ₂ B ₂₁	-12.7	1.5	1.8	-9.4	3.9
3	feff	R ₂ B ₃ R R ₂ R ₃₂	-17.0	1.6	2.3	-13.1	0.2
4	eeff	B ₂ B ₃ R R ₂ R ₃₂	-17.7	2.4	2.5	-12.9	0.4
5	feeee	R ₂ B ₁ B B ₂ B ₃₂	-14.5	2.7	1.9	-9.9	3.4
6	eeeee	B ₃ B ₃ B B ₂ B ₃₂	-13.5	1.2	2.6	-9.7	3.6
7	feef	R ₂ B ₁ B R ₂ R ₃₂	-13.1	1.8	2.2	-9.1	4.2
8	eeef	B ₃ B ₃ B R ₂ R ₂₁	-11.1	1.3	2.3	-7.9	5.4

References

1. HeranMa1,RuiLiu2, ZiyuanZhao1, ZhixianZhang1, YueCao1, YudanMa3,YiGuo1, Li Xu1 Novel Peptide from Soybean Protein Isolate Significantly Enhances Resistance of the Organism under Oxidative Stres.

THE SPATIAL STRUCTURE OF THE TYR-PRO-MET-ASP-PHE ANALOGUE OF THE RUBISCOLIN-5 MOLECULE

Aliyeva A.S., Agayeva L.N.*

Baku State University

leylanamig@mail.ru

A Tyr1-Pro2-Met3-Asp4-Phe5 analogue of the rubiscolin molecule, obtained from green leaves of various plants, was synthesized by Soboleryk.M., Perlukovska.R. The spatial structure of the analog was calculated using the molecular mechanics method based on the low-energy conformations of the natural rubiscolin-5 molecule and its [Met3]-rubiscolin-5 analog. The system's potential energy was selected as the sum of non-valent electrostatic, torsion interaction energies, and hydrogen bond energies. The molecule consists of five amino acid residues, 89 atoms, and 25 dihedral rotation angles. The possible confirmations of the phenylalanine amino acid residues were examined in the low-energy conformations of the molecules designated as initial variants. Among the calculated confirmations, the lowest-energy confirmation of the main chain was selected, and the contributions of various interaction energies, as well as their total and relative energies, were presented in the table. The table shows a sharp differentiation in the calculated conformational energies. The computational results indicate that the distribution of low-energy conformations of this analogue is similar to that observed in the natural rubiscolin-5 molecule. The relative energies of the first three conformations of the analogue vary within the 0-1 kcal/mol range, and they are stabilized primarily by non-covalent and electrostatic interactions. The relative energies of the next five conformations listed in the table range from 4.1 to 5.8 kcal/mol.

The structural analysis of the Tyr1-Pro2-Met3-Asp4-Phe5 analogue revealed that its set of low-energy conformations is identical to that of the natural molecule, indicating that the synthesis of such an analogue is not feasible.

Table

The low energy conformations of the Tyr1-Pro2-Met3-Asp4-Phe5 analogue of the rubiscolin-5 molecule, along with the contributions of non-covalent, electrostatic and torsional interaction energies, as well as their total and relative energies

Conformation	E_{nv}	E_{el}	E_{tors}	E_{tot}	E_{rel}
B ₃ R B ₂₁ B ₃ B ₃₃	-16.2	-4.2	3.5	-16.8	0.9
B ₂ R R ₂₂ R ₃ R ₃₃	-16.6	-3.5	2.7	-17.4	0.3
B ₃ R B ₃₃ R ₃ R ₃₃	-17.7	-4.4	4.5	-17.7	0
B ₂ B B ₂₁ R ₁ R ₃₂	-15.7	0.4	2.6	-13.6	4.1
B ₃ R R ₂₂ B ₃ B ₃₂	-14.9	-0.3	2.1	-13.1	4.6
B ₁ B R ₂₃ B ₁ B ₃₃	-13.9	1.4	2.7	-12.9	4.8
B ₁ B R ₂₂ R ₃ R ₃₃	-14.2	0.7	1.7	-11.9	5.8
B ₁ B B ₂₁ B ₁ B ₃₃	-16.1	0.2	2.5	-13.3	4.4

References

1. Sobolczyk M., Perlikowska R. Rubiskoliny-biologiczne aktywne peptydy pochodzenia roślinnego. Postepy Hig Med Dosw (online), 2020, 74: 94-102.

POLİPEPTİD ZƏNCİRİNİN NATİV KONFORMASIYAYA QATLANMA MEXANİZMİ

Vahabova M.A. Hacıyeva L.S.*

Bakı Dövlət Universiteti

vahabovamlkxanim@gmail.com

Hüceyrənin quruluşunu və formasını təyin edən zülallardır. Hər hansı bir orqanizmin genetik proqramının həyata keçirilməsi, bir çox cəhətdən polipeptidlərin sintezi ilə bağlıdır və əmələ gələn zülalların qatlanması, ünvanlı çatdırılması ilə əlaqədardır. Eyni zamanda, zülalların orqanizmdə işləməsi üçün onların molekullarının müəyyən quruluşunu (ikincil və s.) əldə etməsi son dərəcə vacibdir. Fizioloji şəraitdə baş verən və "nizamsızlıqdan nizama" keçid ilə xarakterizə olunan belə bir prosese "zülal qatlanması" deyilir. Xətti polipeptidlərin qatlanması ilə bağlı ilk fərziyyələr keçən əsrin 50-ci illərinə aiddir. Zülalın fizioloji cəhətdən aktiv

fəza quruluşu və onun uyğunlaşma imkanları haqqında məlumatlar amin turşusu ardıcılığına daxil edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, polipeptid zəncirinin qatlanması və yerləşdirilməsi proseslərində protein molekulunun kimyəvi və fəza quruluşu arasında birbaşa əlaqə özünü göstərir. Protein molekulunun qatlanmasının fərdi mərhələlərinin ətraflı araşdırılmasına baxmayaraq, bir neçə əsas sual kifayət qədər açıqlanmadı. Xüsusilə, α - və ya β - quruluşlu spiral qlobular zülallarda polipeptid zəncirində necə meydana gəlir.

Ənənəvi olaraq, proteinin yaranma üsulları amin turşularının polipeptid zəncirinin özündə peptid qrupları arasında hidrogen bağlarının müntəzəm əmələ gəlməsindən qaynaqlanır. Bununla belə, α - spiralın yaranmasında sterik amillərin, hidrofobluq, elektrostatik potensialın və digər xüsusiyyətlərin rolunu göstərən bütün müxtəlif eksperimental və nəzəri məlumatlar "proteinin qatlama mexanizmi necə baş verir?" sualının cavabı - müasir molekulyar biofizika üçün ən maraqlı məsələlərdən biri olaraq qalır.

Tədqiqatımız oligopeptidlərin spiralizasiya mexanizminin öyrənilməsinə həsr olunduğundan, Polling-Küri α -spiralının həndəsi xüsusiyyətlərini daha ətraflı nəzərdən keçirək. Bu quruluş aşağıdakı parametrləri ilə xarakterizə olunur: α - spiralının hündürlüyü 5.4 Å, qalığın ox proyeksiyası 1.5 Å, təkrarlanma dövrü 27.0 Å. Bu quruluşa 18 amin turşusu qalığı daxildir. Beləliklə, α - spiralının bir döngəsində 3,6 qalıq var; qalıqların birləşməsi 100° dönərkən və ox boyunca 1,5Å hərəkət edərkən baş verir. Bütün peptid qrupları 5-1 tipli hidrogen bağları ilə bir-birinə bağlıdır. Hidrogen bağlantısı ilə bağlanan dövrə 13 atom daxildir. Polipeptid atomlarının kovalent bağlarla bağlanması səbəbindən peptid zəncirinin hissələrinin sərbəst fırlanması mümkündür. Hər protein molekulu nəhəng sayda konformasiyaları qəbul edə bilər. Amin turşusu zəncirlərinin yan qalıqlarının bir - biri ilə və su ilə qarşılıqlı əlaqədə olması-zəif kovalent olmayan bağların meydana gəlməsi ilə əlaqədardır. Bu vəziyyətdə, müvafiq yan qalıqlar zəncirin əsas yerlərində olur və aralarında güclü bağlar əmələ gəlir.

Suda həll olunan bir çox qlobulyar zülalların polipeptid zənciri düzgün konformasiya yaradaraq öz-özünə qatlanır. Ötən əsrin 80-ci illərində hüceyrədəki protein qatlanmasının *in vitro* renaturasiyaya bənzər

olduğu irəli sürüldü. Apardığımız təhlil oliqopeptid molekulun qatlanmasıyla bağlıdır. Oliqopeptid molekullarının dinamik davranışının öyrənilməsi və hidrogen bağlarının əmələ gəlməsi səbəbindən, molekul zəncirinin sürətlənmiş spiralizasiya mexanizminin əsaslandırılması, bir amin turşusu ardıcılığının su ilə bağlı molekullarının oliqopeptid zəncirinin quruluşunda spiral forma əmələ gəlməsi prosesinin sürətinə çox əhəmiyyətli təsiri göstərilmişdir. Hesablamalarda kənar tərəflərdən 10 Å məsafədə olan "su qutusu" («water box») modeli istifadə edilmişdir. Molekulyar dinamikanın hesablanması vaxtı 100 ps. Suda həll edilmiş peptid molekulunun spiralizasiya dinamikası ən azı iki dəfə çox yavaşladı. Səbəb peptid molekulun su kompleksində daha çox sərbəstlik dərəcəsi mövcuddur.

Peptidlərin qalıqlarının elektron quruluşunun öyrənilmiş xüsusiyyətləri, amin turşularının yan qalıqların yalnız α – spiralının stabilizasiyası üçün deyil, həm də sürətlənmiş qatlanması üçün vacib olan rolunu əsaslandırmağa imkan verdi. Nəticələr əsasında polipeptid zəncirinin spiralizasiyasının başlanmasının mövcud mexanizmini aydınlaşdırmaq mümkün oldu. Nəzəri tədqiqatlar peptid və zülalların qatlanmasının əsas proseslərini başa düşməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Pauling L., Corey R.B. The structure of proteins: Two hydrogen-bonded helical configurations of the polypeptide chain. // *Proc.Nat.Acad.Sci.USA*. V.37. P.205-211.

SLEYTER ATOM ORBİTALLARI BAZISİNDƏ ZnO NANOHISSƏCİYİNİN MEXANİKİ PARAMETRLƏRİNİN HESABLANMASI

Məmmədova Ü.B., Həsənov A. Q*

Bakı Dövlət Universiteti

ummmmdova282@gmail.com

Nanohissəciklərin mexaniki xassələri içərisində Yunq modulu və möhkəmlik modulları mühüm yer tutur. Onların kvantmexaniki metodlara nəzərən hesablanması vacib məsələlərdəndir. Materialı özü boyda uzatmaq üçün tələb olunan mexaniki gərginliyə Yunq modulu deyilir. Belə hesab edilir ki, nanohissəciyi öz ölçüləri qədər uzatdıqda nanohissəcik

atomlara parçalanır. Məhz buna görə də, Yunq modulunun qiymətini təyin edən zaman nanohissəciyi təşkil edən atomları parçalamaq üçün tələb olunan qüvvənin qiymətindən istifadə edilir. Bu qüvvənin qiymətini nanohissəciyin rabitə enerjisi ilə əlaqələndirmək olar.

$$Y = \frac{F}{s} = \frac{E_{rab}}{r \cdot s}$$

$F \approx \frac{E_{rab}}{r}$, $E_{rab} = |\Delta E|$ düsturu vasitəsilə hesablanı bilər. Y - Yunq modulu, ZnO nanohissəciyi üçün tapılmış rabitə enerjisinin qiyməti $E_{rab} = -4.01679$ a.v , F - nanohissəciyi parçalamaq üçün tələb olunan qüvvənin qiyməti, $r=0,198$ nm Zn və O atomları arasındakı rabitənin uzunluğu, s - nanohissəciyin diametral en kəsiyinin sahəsi olub $s = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$ düsturu ilə hesablanır. $D=0,9$ nm götürülmüşdür.

Nanohissəciyin mexaniki parametrləri olan k - sərtlilik əmsalı, σ - deformasiya modulu, G - sürüşmə modulu, K - həcmi elastiki modul və HN - möhkəmlik modulunu ifadələri aşağıdakı kimidir.

$$\kappa = \frac{Y_s}{D}; \quad \sigma = Y \frac{r}{D}; \quad G = \frac{Y}{2(1+\nu)}; \quad K = \frac{Y}{3(1-2\nu)}; \quad HN = GAe^{-BT}$$

Bu ifadələrdəki $\nu=0,3$ Puasson əmsalı, $A=0,0807$ və $B=2,204 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ eksponensial parametrlər adlanırlar. $T=300\text{K}$ temperaturun qiymətidir. Bu parametrləri nəzərə alaraq yuxarıdakı ifadələrin qiyməti hesablanmış və aşağıdakı cədvəldə nəticələr qeyd olunmuşdur.

Cədvəl

(ZnO)₁₂-nin mexaniki parametrlərinin hesablanmış qiymətləri

Sərtlilik əmsalı N/m	Deformasiya modulu (GPa)	Sürüşmə modulu (GPa)	Həcmi elastiki modul (GPa)	Yunq modulu (GPa)	Möhkəmlik modulu (GPa)
98,1399	30,5602	53,4269	57,8791	138,9099	2,2204

Ədəbiyyat

1. F.H.Paşayev, A.Q.Həsənov, İ.R.Qasıмова. Silisium Dioksidi (SiO₂)₁₀ Nanohissəciyinin SAO Bazisində Xassələri. ELMİ İŞ Beynəlxalq elmi jurnal. İmpakt faktor: 2.255.2023/Cild:17Sayı:4/351-356.

GRB-AST A4 MOLEKULUNUN PRO3-PHE4-GLY5-PHE6 TETRAPEPTİD FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN HƏNDƏSİ VƏ ENERJİ PARAMETRLƏRİ

Mehdiyeva A.A., Vəliyeva L. İ.*

Bakı Dövlət Universiteti

aysunmehdiyeva74@gmail.com

8 amin turşu qalığından ibarət Grb-Ast A4 molekulu "Glyllus bima-culatus" çəgirtgəsinin beyin ekstraktından izolə edimişdir. Bu peptid təbiətli molekulun amin turşu ardıcılığı Ser1-Arg2-Pro3-Phe4-Gly5-Phe6-Gly7-Leu8-NH₂ kimidir [1,4].

Grb-Ast A4 molekulunun fəza quruluşunu, həndəsi və enerji parametrlərini təyin etmək nəzəri konformasiya analizi üsulundan istifadə olunmuşdur [2,3]. Bu işdə mən GRB-AST A4 molekulunun son və ön uclarında birləşdirici rol oynayan Pro3-Phe4-Gly5-Phe6 tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşunun konformasiya xüsusiyyətlərini öyrənmişəm.

Pro3-Phe4-Gly5-Phe6 fraqmentinin fəza quruluşunun enerji və həndəsi parametrlərini hesablamaq üçün, 441 variant yığılmışdır. Proqram tərəfindən hesablanmış kiçik enerjili konformasiyaların təhlilindən məlum olmuşdur ki, bunlardan yalnız 81 konformasiya 0-4 kkal/mol nisbi enerji intervalına düşür (cədv.1). Digərləri isə enerji cəhətcə əlverişli konformasiyalar olduğu üçün, onlardan ümumi molekulun fəza quruluşu təhlil ediləndə istifadə olunmayacaqdır.

Cədvəl 1

Pro3-Phe4-Gly5-Phe6 fraqmentinin kiçikenerjili konformasiyalarının şeyplərə görə paylanması

şeyp	Nisbi enerji intervalı, kkal/mol				
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 10
<i>fee</i>	-	-	-	3	10
<i>ffe</i>	-	2	3	3	7
<i>eef</i>	-	-	4	8	4
<i>fef</i>	-	1	5	5	2
<i>fff</i>	3	4	6	7	4

Cədvəldən aydın olur ki, bu konformasiyalardan 20-si tam bükük formalı *fff* şeypinə mənsubdur. Tam açıq *eee* şeypinə uyğun konformasiyanın olmaması, bu fraqmentin tam qablanmış quruluşlu olmasının əsas

göstəricisidir. Digər konformasiyalar isə yarıaçıq və yarıbükük konformasiyalara aiddir. Cədvəl 2-də tam bükük konformasiyalardan bir neçəsinin enerji parametrləri verilmişdir.

Cədvəl 2

Pro3-Phe4-Gly5-Phe6 fraqmentinin *fff* şəypinə mənsub kiçikenerjili konformasiyalarının enerji parametrləri

şeyp	konformasiya	$E_{q.v.}$	$E_{el.st}$	E_{tor}	E_{tam}
<i>fff</i>	RR ₂ R ₁ B ₁	-18.99	-0.22	1.72	-17.49
	RR ₂ R ₂ B ₁	-17.70	-0.17	1.47	-16.40
	RR ₂ R ₂ B ₁	-18.68	-0.37	1.70	-17.35

Hesablanmış konformasiyalardan qlobal minimuma uyğun gələn konformasiya da *fff* şəypinə mənsub konformasiyadır. Onun tam enerjisinin qiyməti -17.49 kkal/mola, qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti -18.99 kkal/mola, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisinin qiyməti -0.22 kkal/mola, torsion, yəni ikiüzlü bucaqlar ətrafında fırlanma enerjisinin qiyməti isə 1.47 kkal/mola bərabərdir (cədv.2). Bu konformasiyanın tam enerjisinin qiyməti *ffe* şəypinə mənsub yarıaçıq formalı konformasiyadan fərqi çox cüzi olub, -15.57 kkal/mola bərabərdir.

Nəticələrdən aydın olur ki, bu fraqmentdə Pro amin turşusunun ardıcılığın həm əvvəlində, həm də sonunda olması, tam fiksə olunmuş quruluşun formalaşmasına səbəb olmuşdu. Bu da bütöv molekulda da qlobal minimuma uyğun konformasiyanın məhz bükük quruluşu təmsil edəcəyini əvvəlcədən söyləməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Lorenz M.W., R.Kellner, et al. "Allatostatins in Gryllus bimaculatus (Ensifera: Grullidae): New structures and physiological properties". European Journal of Entomology, 1999, p.267-274
2. Полозов Р.В. Метод полуэмпирического силового поля в конформационном анализе биополимеров, М., "Наука", 1981, 120 с.
3. Шерман С.А., Андрианов А.М., Ахрем А.А. Конформационный анализ и установление пространственной структуры белковых молекул, Мн., "Наука и техника", 1989, с.62-63
4. Yakubov V.D., Eskait Y., "Amino Acids, Peptides, and Proteins: Modern Approaches to Structure and Function." Elsevier, 2021, 2nd Edition, 490 pp

MOLECULAR CHARACTERISTICS OF AQUEOUS SOLUTIONS OF ALKALI METAL SULFATE SALTS

Masimova S.I., Pashayev B.G.*

Baku State University

aisel.masimova@gmail.com

According to the cluster model of water, free water molecules exist in the intercluster region. Water with the highest degree of structure is primarily composed of clusters. Since all processes in living organisms occur in an aqueous environment, studying the effects of external factors, including dissolved substances, on the structure of water is of great importance.

In this study, the structural properties of aqueous solutions of (specific salts to be inserted) were investigated within the temperature range of 283.15–333.15 K and a molar fraction concentration interval of 0–0.01 using viscometry and pycnometry methods. The activation parameters of viscous flow (ΔG , ΔH , ΔS) and the partial molar volumes ($\bar{V}$) of salts in the solution were calculated using the following expressions:

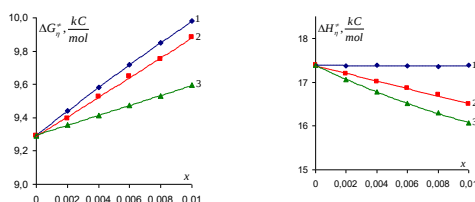


Fig. 1. Concentration dependence of the activation Gibbs energy of viscous flow for aqueous solutions of specific salts to be inserted. And Concentration dependence of the activation enthalpy of viscous flow for aqueous solutions of (specific salts to be inserted) **1**- Li_2SO_4 , **2**- Na_2SO_4 , **3**- K_2SO_4

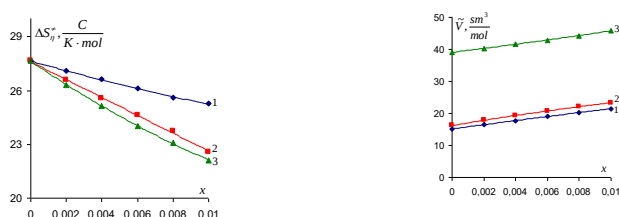


Fig. 3. Concentration dependence of the activation entropy of viscous flow for aqueous solutions of specific salts to be inserted and Concentration dependence of the partial molar volumes of salts in aqueous solutions of specific salts to be inserted ($t = 20^\circ\text{C}$).

The obtained results can be explained based on the hydration process, which arises due to the electrostatic interactions between ions and water molecules. It should be noted that in the field of strongly hydrating ions, water molecules are more strongly bound to each other compared to pure water, whereas in the field of weakly hydrating ions, they are relatively weakly bound. The hydration energies of Li^+ , Na^+ və K^+ ions are $-531,36 \text{ kC/mol}$, $-422,18 \text{ kC/mol}$ and $-338,58 \text{ kC/mol}$ respectively.

References

1. Franks, F. (1972). Water: A Comprehensive Treatise. Vol. 1–7. Plenum Press, New York.
2. Eisenberg, D., & Kauzmann, W. (2005). The Structure and Properties of Water. Oxford University Press.
3. Anand, V. (2024). Reviewing Viscosity of Metals and Their Complexes. International Journal of Research and Review, 11(1).

POLİPROPİLEN (PP) VƏ NİKEL FERRİT ($NiFe_2O_4$) NANOHISSƏCİKLƏRİ ƏSASINDA POLİMER NANOKOMPAZİTLƏRİN SİNTEZİ VƏ DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Məmmədova G.A., Qədirova.N.O.*

Baku State University

gmmamedova55@gmail.com

Nikel ferrit nanohissəciklərinin sintezi kimyəvi üsul olan birgə çökdürülmə üsulu ilə həyata keçirilib. $FeCl_3$ və $NiSO_4$ duzları 2:1 nisbətində 50 ml distillə suda ayrıca həll edildi. Daha sonra bu iki məhlul qarışdırılıb və üzərinə 0,5 polietilen qlikol(PEQ) əlavə olunmuşdur. Hazırlanan qarışıq 80°C temperaturda 15 dəqiqə maqnitli qarışdırıcıda homogenləşdirildi. Növbəti mərhələdə 50 ml distillə suda 6 q NaOH həll edilərək ayrıca hazırlandı və bu məhlul tədricən əsas qarışıma əlavə edildi. Qarışdırma prosesi 45 dəqiqə daha davam etdirildi. Reaksiya başa çatdıqdan sonra yaranan nanohissəcikləri qalıq reaksiya məhsullarından təmizlənmək üçün iki dəfə distillə su, iki dəfə isə etanol ilə sentrifüqalandı. Nümunələr Petri qablarına keçirilib, otaq temperaturunda bir neçə gün quruduldu. Sonda alınan nikel ferrit nanohissəciklər toz halına salınmışdır.

PP+ $NiFe_2O_4$ nanokompozitlərinin sintezi üçün 0,5 q polipropilen (PP) 50 ml toluolda 110°C -də tam həll edilmişdir. Alınan polimer məhluluna müxtəlif kütlə nisbətlərində (1%,3%,5%,10%,15%) $NiFe_2O_4$ nano-

hissəcikləri əlavə edilib və 80°C-də maqnitli qarışdırıcı ilə 30 dəqiqə intensiv qarışdırılıb. Homogenləşdirilmiş qarışıq Petri qabına tökülərək qurudulmuşdur və urudulmuş nanokompozit materiallar 10 MPa təzyiq altında 160°C-də isti presləmə üsulu ilə nazik təbəqələr əldə edilmişdir.

PP+NiFe₂O₄ əsaslı nanokompozit materiallarının dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun, dielektrik itkisinin tezlikdən və nanohissəciklərin konsentrasiyasından asılılığı öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, polipropilen matrisində nikel ferrit nanohissəciklərinin miqdarı ardıqca dielektrik nüfuzluğunun qiyməti artmışdır. Nanohissəciklərin konsentrasiyası 10%-ə çatdıqda dielektrik nüfuzluğunun qiyməti maksimal olmuş və NiFe₂O₄ nanohissəcikləri struktur formalaşdırıcı mərkəzlər rolunu oynamışdır. Dielektrik nüfuzluğunun qiymətinin bütün konsentrasiyalarda tezlikdən asılı olaraq azalması müşahidə olunmuşdur və bu azalma isə dipolların hərəkətinin zəifləməsi yəni polyarlaşma prosesində iştirak edən hissəciklərin sayının azalması ilə izah olunur.

Ədəbiyyat

1. Maharramov, A.A. Ramazanov, M.A. Di Palma, L. Shirinova, H.A., & Hajiyeva, F.V. (2018). Influence of Magnetite Nanoparticles on the Dielectric Properties of Metal Oxide/Polymer Nanocomposites Based on Polypropylene. Russian Physics Journal, 60(9), 1572–1576.
2. Structure and dielectric properties of nanocomposites on the basis of polyethylene with Fe₃O₄ nanoparticles A.M.Maharramova, M.A. Ramazanov, R.A.Alizade, P.B.Asıl-beyli Vol. 8, No. 4, October - December 2013, p. 1447 – 1454

SAİT SƏSLƏRİN ENERJİ MAXSİMUMLARINA UYGUN FORMANT TEZLİKLƏRİ

Qocayeva L.M., Əliyev L.P.*

Bakı Dövlət Universiteti

qocayevalale51@gmail.com

Xülasə: Şifahi nitqin spektrində qeydə alınan enerji maksimumlarına uyğun gələn tezlik qiymətləri -formant tezlikləri səsə və nitqə görə şəxsin eyniləşdirilməsində eyniləşdirici əlamət kimi istifadə olunur. Aparıl-

miş tədqiqatlar formantların nisbətini formantların ədədi qiymətlərinin fərqinə görə daha mötəbər eyniləşdirici əlamət olduğunu göstərir.

Formantlar tezlik və nisbi amplitudla xarakterizə olunurlar. Aparılmış tədqiqatlar zamanı alınmış nəticələrin müqayisəsi formantların nisbətini formantların ədədi qiymətlərinin fərqinə görə daha mötəbər eyniləşdirici əlamət olduğunu göstərmişdir.

Formant analizinin parametrləri		F_2 / F_1	
Saitlər	Orta formant tezliyi, Hs	Situasiya 1	Situasiya 2
a	İlkin - $F_1 = 535$ və $F_2 = 1390$ Müqayisəedici - $F_1 = 580$ və $F_2 = 1500$	2,6	2,6
i	İlkin - $F_1 = 310$ və $F_2 = 2015$ Müqayisəedici - $F_1 = 300$ və $F_2 = 1970$	6,5	6,6
o	İlkin - $F_1 = 457$ və $F_2 = 945$ Müqayisəedici - $F_1 = 390$ və $F_2 = 840$	2,0	2,2

Tədqiqat zamanı əldə olunmuş və cədvəldə göstərilmiş formant göstəricilərinin mütləq və nisbi qiymətlərinin analizi göstərir ki, ilkin və müqayisəli danışiq materiallarına görə formantın orta qiyməti üçün hesablanmış mütləq qiymətlərin fərqi 8,4 % təşkil etdiyi halda, F_2 / F_1 nisbəti 3,5 % təşkil edir.

Hər iki göstəricinin diktordaxili variativlik daxilində olmasına baxmayaraq alınmış nəticələrdən görünür ki, formantların nisbəti formantların ədədi qiymətlərinin fərqinə görə daha mötəbər eyniləşdirici əlamətdir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev L.P.. Kriminalistik fonoskopiya. Kriminalistika (dərslik), XXI fəsil. Bakı – 2021.
2. Hamlet Musayev, Lətif Əliyev, Cəmaləddin Rəhmanov. Məhkəmə-fonoskopik ekspertizası. Metodik vəsait. Bakı. Məhkəmə Ekspertizası Mərkəzinin nəşri, 2007. 112 səh.
3. «Методическое пособие. Криминалистическая экспертная диагностика». – М.: РФЦСЭ при Минюсте России. 2003.
4. «Методическое пособие. Современные методы, технические и программные средства, используемые в криминалистической экспертизе звукозаписей» – М.: РФЦСЭ при Минюсте России. 2003.
5. Musayev H.Ə., Əliyev L.P. «Təqlid və onun müəyyən edilməsində formantların rolu» Azərb. Res.Ədliyyə Nazirliyi. Məhkəmə Ekspertizası, Kriminalistika və Kriminalogiyanın Aktual Məsələləri. №39 Bakı-2003. səh 101-103

BÖLMƏ 3

BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASI

KVADRATİK MÜHİTDƏ KVAZİSİNHRON QARŞILIQLI TƏSİR

Abdullazadə N.E., Səfərova G.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti nəzdində

Fizika Problemləri Elmi – Tədqiqat İnstitutu

abdullazadenilay721@gmail.com

Kvazisinxron sxemi ilk dəfə Blombergin tərəfindən irəli sürülmüşdür [1]. Bu sxem hesabına qarşılıqlı təsirdə olan dalğaların fazalar fərqi kompensasiya olunur. Mühitin qeyri-xəttiliyinə görə bu ideya həm kvadratik, həm də kubik mühitlərdə baş verir. Bu prosesi kvadratik mühitlər misalında araşdıraraq. Kvadratik qeyri-xətti mühitdə əsas dalğa yayıldığı zaman ikinci harmonikanın yaranması baş verir. Bu zaman əsas və harmonika dalğaları arasında enerji mübadiləsi baş verir [2]. Polyarizasiya dalğası ilə harmonika dalğası arasında fazalar fərqi yaranır. Əgər bu fazalar fərqi sabit qalarsa, yəni bu dalğaların faza sürətləri fərqi sabit qalarsa qarşılıqlı təsir daha effektiv olar.

Harmonikanın generasiyası sıfırdan maksimuma qədər artır. İkinci harmonikanın intensivliyinin minimumdan maksimuma qədər dəyişməsinə uyğun kristalın uzunluğuna koherent uzunluq l_{coh} deyilir. Bu zaman dalğalar arasında l uzunluğunda yerdəyişmənin qiyməti aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$\Delta l_{coh} = l(k_2 - 2k_1),$$

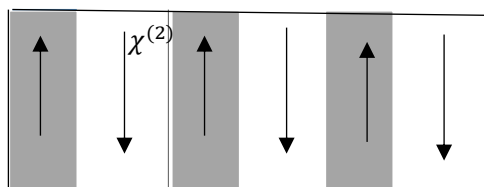
harada k_1 -əsas dalğanın dağa vektorudur, k_2 -ikinci harmonikanın dalğa vektorudur. Buradan bu iki dalğa arasında dalğa ədədlər fərqi $\Delta = k_2 - 2k_1$. Əgər $\Delta l \geq \pi$ olarsa, onda fazalar fərqi pozulmuş olunur. Fərz edək ki, $\delta\varphi = \pi$, $l = l_{coh}$ olarsa, onda

$$l_{coh} = \pi / (k_2 - 2k_1) = \pi / \Delta$$

Düsturdan göründüyü kimi l_{coh} uzunluğuna qədər ikinci harmonikanın enerjisinin artırılması baş verir. Mühitin uzunluğu $l \geq l_{coh}$ olarsa enerji harmonikadan əsas dalğaya ötürülür, yəni generasiyada əks

proses baş verir. Bu hadisəni ilk dəfə eksperimental olaraq Terxyon və həmkarları müşahidə etmişlər [1]. Kvars kristalı üçün $l_{coh} \sim 7 \text{ mkm}$ [3].

Kvazisinxron sxemin hesabına bu prosesin qarşısını almaq mümkündür [5]. Kompensasiya sxemi domen quruluşundan ibarətdir. Qonşu domenlərin kvadratik qavrayıcılıqların işarələri ilə fərqlənilirlər. Bu halda polyarlaşma vektorları əks istiqamətdədir (180°).



Şəkil 1.

Kvadratik qeyri-xətti mühitlərdə ikinci harmonika prosesindən başqa üçtezlikli qarşılıqlı təsir prosesi mümkündür. Bu zaman sinxronizm şərti bu şəkildə yerinə yetirilir [2]:

$$\Delta' = k_p - k_s - k_i,$$

harada k_p - güclü dalğanın dalğa vektoru, k_s - signal dalğanın dalğa vektoru, k_i - faydasız dalğanın dalğa vektoru. Seqnetoelektrlərdən hazırlanmış domen quruluşlar son onilliklərdə geniş tətbiq olunur. Buna misal olaraq LiNbO_3 seqnetoelektriki göstərmək olar [2]. Bu kristal yüksək qavrayıcılığa malikdir (32 pm/V) [4, 6].

Ədəbiyyat

1. Бломберген Н Нелинейная оптика, М., Мир, 1966, 424с.
2. Таğiєv Z.Н., Qasımova R.C., Səfərova G.Ə., Qeyri-xətti optika, Bakı, 2017, 282s.
3. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В., Прикладная нелинейная оптика. Генераторы второй гармоники и параметрические генераторы света - М., Радио и связь, 352с, 1982
4. Лаптев Г.Д., Новиков А.А., Чиркин А.С., Взаимодействие световых волн в активно-нелинейных и нелинейных кристаллах с регулярной доменной структурой // Письма в ЖЭТФ, т.78, в. 1, 2003, с. 45-58
5. Fejer M.M., Magel G.A., Jundt D.H., Byer R.L., Quasi-phase-matched second harmonic generation: tuning and tolerances // J/of Quantum Elec., v.28, 1992, p. 2631-2654
6. Tagiev Z.H., Kasumova R.J., Safarova G.A., Karimi A. Frequency conversion to the second harmonic in different-layer nonlinear media// Appl. Optics, 2008, v. 47, p. 3681-3689

INNOVATIONS IN PHOTONIC CRYSTAL TECHNOLOGIES: PAVING THE WAY FOR ADVANCED NANOPHOTONICS AND QUANTUM APPLICATIONS

Alakbarova S.S., Gahramanli L.R.*

Bakı Dövlət Universiteti

shafiga.alekperova.2004@gmail.com

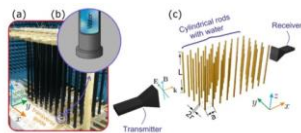
This study explores the transformative advancements in photonic crystal technologies, reshaping nanophotonics, quantum computing, and optical transmission [1,2]. Innovative materials and engineered structures, like yttrium iron garnet (YIG)-based photonic crystals and hollow-core photonic fibers (HCPCFs), address scalability challenges in quantum devices by co-localizing magnons, phonons, and optical photons, while enhancing light detention and reducing transmission losses in telecommunications and sensing [3]. Additionally, nonlinear optics enhance light-matter interactions, vital for quantum networks, while atomic excitation dynamics and defect-driven localization provide new insights into scalable quantum computing [2].

This research highlights the potential of photonic crystals in advancing quantum and optical technologies. Innovations in cavity-QED and atomic localization enhance quantum information processing [2], while novel metamaterials and photonic fibers improve light control and transmission efficiency [1,3]. Additionally, fine-tuning photonic properties aids in developing high-sensitivity sensors and compact photonic circuits. Bridging theoretical advancements with experimental breakthroughs, this study emphasizes the importance of innovative approaches in photonic crystal research for driving scientific and technological progress.

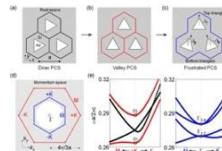
Experimental Setup: A square lattice structure of high-index cylindrical rods was used. Each PVC tube had an inner radius of 13.6 mm, height of 1000 mm, and wall thickness of 2 mm [1]. Fig.1

Supercell PCS and Band Structures: (a), (b) Conventional PCSs consist of triangular meta-atoms with uniform rotation angles. (c) Designed structure of a frustrated supercell PCS. (d) Brillouin zones for the

valley PCS (red hexagon) and the supercell PCS (blue hexagon). The shaded area represents the waveguide region. (e) TE band structure of the Dirac/valley PCSs (red and black dots) around $\pm K$ points and the supercell PCSs (blue dots) around Γ point [4]. Fig.2



[1]



[4]

References

1. Fradkin I. M. et al. Quadrupole Mie-resonant metamaterial //arXiv preprint arXiv:2412.04530. – 2024.
2. Wang Y. T. et al. Cavity-Quantum Electrodynamics with Moir\'e Flatband Photonic Crystals //arXiv preprint arXiv:2411.16830. – 2024.
3. Onório, Duanny Silva, et al. "Analytical assessment of the total loss in tubular hollow-core fibers during their fabrication process." arXiv preprint arXiv:2412.05089 (2024).
4. Ye X. et al. Nearfield Vortex Dynamics of Supercell Bloch Modes //arXiv preprint arXiv:2412.00698. – 2024.

AgIn₅S₈ KRİSTALLARINDA FOTOKEÇİRİCİLİYİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Dərvişova N.O., Hüseynov Ə.H.*

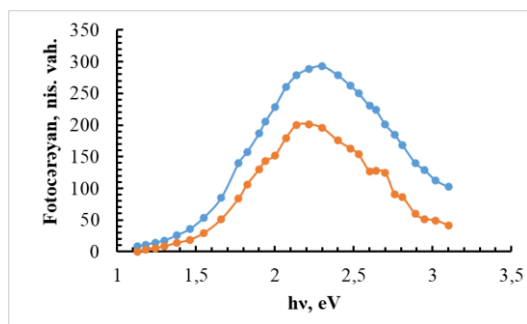
Bakı Dövlət Universiteti

darwishovanermin@gmail.com

AgIn₅S₈ yarımkeçirici birləşməsi şpinel quruluşlu fəza simmetriyasında kristallaşır və kation alt qəfəsində 25% vakansialı kristal qəfəsə malik olur. Belə kristal quruluş fiziki xassələrində bir sıra xüsusiyyətləri formalaşdırır. Kristalın fiziki xassələri tədqiq edilərək onun əsasında elektrooptik modulyatorlar, təbii şüalanmanın geniş zolaqlı fotoçeviriciləri, günəş elementləri, xətti polyarlaşmış şüalanma verən işıq diodları, fotokatalizatorlar, çevirgəclər və digər qurğular hazırlanmışdır [1,2]. AgIn₅S₈ kristalları horizontal variantda Bridgman üsulu ilə yetişdirilmişdir. Kristallaşma zonasında temperatur qradienti 8 dərəcə/sm və kristallaşma sürəti 2,4mm/saat seçilmişdir. Yetişdirilmiş kristallar n-tip elektrikkeçiriciliyinə malik olmuş və kristalların səthində təbii güzgü səth formalaşmışdır. Kristal külçədən ölçüləri 3×5×1,2 mm təşkil edən düzbucaqlı formasında nümunələr hazırlanmışdır.

Nümunələrin kənar səthlərinə gümüş pastasından elektrik kontaktları qoyulmuş və kontaktın Volt-Amper xarakteristikası çıxarılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, geniş temperatur intervalında kontakt Omik xarakteristikaya malikdir və nümunənin xüsusi müqaviməti $5,4 \times 10^6 \text{Om} \times \text{sm}$ təşkil etmişdir. Nümunə n-tip keçiriciliyə malikdir və geniş temperatur oblastında (100-400 K) elektrik keçiriciliyi tipini dəyişmir. AgIn_5S_8 kristalının fotokeçiriciliyi otaq temperaturunda kəsilməz işıqlanma və intensivliyin moduliasiyası rejimində tədqiq edilmişdir. Şəkildə kristalda fotocərəyanı vahid kvanta gətirilmiş spektrləri təsvir olunmuşdur. Göy rəngli işıqla təsvir olunan spektr nümunənin kəsilməz işıqlanması rejimində monoxromatik şüanın təsiri nəticəsində çəkilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi kristalın fotohəssaslıq oblastı elektro-maqnit dalğasının 1,0...3,5 eV enerji intervalını əhatə edir. Spektrin uzundalğalı kənarı Urbax qaydasına tabe deyildir və geniş intervalda yayılmışdır. Belə formalı spektra malik olan kristallarda hal sıxlığının quyruğunun olması hesabına formalaşdığı qəbul edilir.

Spektrin maksimumu 2,2 eV enerjiddə yerləşir, lakin 1,8 eV enerjiddə spektrdə qausian zolağı görmək olar ki, bunu da kristalda məxsusi fotokeçiriciliyə



uyğun enerji kimi qəbul etmək olar.

Sarı rəngdə təsvir edilmiş spektr kristalı 4,7kHz tezliyində modulyasiya edilmiş şüa ilə işıqlandırma ilə çəkilmişdir. Bu spektrdə 1,9 eV enerjiddə qausian zolağının mövcudluğu özünü daha aydın biruzə edir. Spektrin maksimumu isə 2,1 eV enerjiddə müşahidə edilir. Bundan böyük enerjilərdə spektrdə bir neçə struktur müşahidə edilir. Bu strukturların kristalın keçirici zonasında elektronların müxtəlif alt zonalarda lokallaşması ilə izah etmək olar.

Belə alt zonalara 2.5; 2.65; 2.8; 3,0 eV enerjilərə məxsus strukturlarda yerləşdiyini qəbul etmək olar. Fotokeçiriciliyin kinetikasından müəyyən edilmişdir ki, qeyri-tarazlıqlı yükdaşıyıcıların rekombinasiyası sürətli və yavaş mərkəzlər vasitəsilə baş verir. Sürətli rekombinasiya mərkəzlərində elektronların yaşama müddəti 3×10^{-6} san təşkil edir. Yavaş rekombinasiya mərkəzləri

isə onlarca millisaniyəli yaşama müddəti ilə xarakterizə olunurlar. Kristalın yüksək fətohəssaslığa malik olmasını lokal səviyyələrdə qeyri-tarazlıqlı yükdaşıyıcıların tutulması ilə əlaqəli olduğunu qəbul edirik.

Ədəbiyyat

1. Yuhao Liu, Xinlong Zheng end all. Interdisciplinary Materials: Volume2, Is. 5, 2023, p. 669
2. Sousa F.L.N., Freitas D.V., Silva R.R. end all. Materials Today Chemistry, Volume 16, 2020, 100238

CDS/CDTE/CIGS NAZİK TƏBƏQƏLİ GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİ

Ağayeva X.R., Məmmədov V.U.*

Bakı Dövlət Universiteti

mammadovv@gmail.com

Keçən əsrin 90-cı illərindən başlayaraq Cd əsaslı $A^{II}B^{VI}$ tipli yarımkeçirici materialların (CdS, CdTe) CIGS-lə (Cuprum, Indium, Gallium, Selen) heteroqəçidindən hazırlanmış nazik təbəqəli günəş elementləri dünya tədqiqatçılarının diqqət mərkəzindədir [1,2]. Bu təbəqələrin alınmasında minimum material sərfi, kiçik enerji istifadə edərək istehsal olunma qabiliyyəti onların günəş energetikası üçün cəzbedici materiallar kimi qəbul olunmasını şərtləndirir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz materialların hamısı düz zonalı yarımkeçiricilərdir. Günəş energetikasında daha çox istifadə olunan Si təbəqələrinə nisbətə bu materialların daha nazik təbəqələri günəş şüalarını qəbul edə bilər.

Nazik təbəqələr vakuumda ardıcıl buxarlandırma üsulu ilə alınmışdır. Omik kontakt olaraq Aluminium elektroddan istifadə olunmuşdur. Alınmış maddənin kristalik strukturu rentgen difraktometri, səthin kəllə-kötürlüyü və morfologiyası Atom qüvvə mikroskopu vasitəsilə tədqiq edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. E.R. Shaaban, N. Afify, and A. El-Taher, 2009 "Effect of film thickness on microstructure parameters and optical constants of CdTe thin films", Journal of Alloys and Compounds Vol. 482, pp.(400-404)
2. Zhou Fang, Xiao Chen Wang, Hong Cai Wu, and Ce Zhou Zhao, 2011 "Achievements and Challenges of CdS/CdTe Solar Cells", International Journal of Photoenergy, Volume 2011, Article ID 297350, p 8.

LAZERLƏRİN TİBDƏ TƏTBİQİ

Əhmədova F.Y., Qasımova R.C.*

Bakı Dövlət Universiteti

fatima25ahmadova@gmail.com

Lazerin işləmə prinsipinin əsasını məhz məcburi şüalanma təşkil edir. Lazer həmçinin optik kvant generatorada adlanır. Lazer şüalanması optik diapazonun elektromaqnit şüalanmasıdır. Lazerdən çıxan optik şüa koherentdir, istiqamətlənmişdir, monoxromatiktir, yüksək güc kimi xüsusiyyətlərə malikdir və bu, böyük bir lokal enerji konsentrasiyası yaratmağa imkan verir. Mühitin xüsusiyyətlərinə görə lazerlər müxtəlif növlərə bölünür: bərk cisim, qaz, yarımkeçirici və maye lazerlər [1]. Lazerlərin müasir dövrümüzdə tətbiqi olduqca geniş bir oblastı əhatə edir. Bunlara aiddir: göz linzasının hazırlanması, termonüvə reaksiyalarının sintezi, kosmik uçuşlar, nəqliyyat vasitələrinin idarə olunması və.s. Lazer şüalanmasına məruz qalma toxumaların bərpaasını stimullaşdırır, ağrı və iltihabı azalda bilər, qan damarlarını laxtalandırır və patoloji formasiyaları məhv edə bilər. Bu, lazerləri tibbin bir çox sahələrində istifadə etməyə imkan verir. Oftalmologiyada [2], dermatologiyada [3], cərrahi əməliyyatların aparılmasında [4], o cümlədən xərçəng xəstəliyinin müalicəsində və belə onlarla, yüzlərlə proseslərin həyata keçirilməsində lazerlərin rolu böyükdür. Belə ki, oftalmologiyada, kataraktın, miopiyanın müalicə olunmasında, o cümlədən digər müxtəlif görmə patologiyalarının aradan qaldırılmasında, eksimer lazerlərin köməyi ilə dermatologiyada - angiomalar, pigmentli lezyonların (çillər, qəhvəyi ləkələr), damar lezyonlarının və bunun kimi müxtəlif xəstəliklərin müalicəsində, stomatologiyada diş ətləri kimi qanla zəngin olan toxumlarda yaranmış qanaxmanı dayandırmaq üçün və bunun kimi bir sıra müxtəlif xəstəliklərin müalicəsində lazerlərdən istifadə olunur. Lazer şüası melanin və hemoglobində yüksək udma ilə fərqlənirlər. Ən çox yayılmış tibbi lazerlər termal effekt daşıyır və lazer tərəfindən şüalanan enerji bədəndəki müəyyən bir orqan və ya hədəf tərəfindən udulur. Lazer şüalanma enerjisinin müəyyən bir orqan və ya xromofor tərəfindən udulması adətən qan, su, pigment və ya kollagenə yönəldilir. CO₂, $\lambda = 10,6 \text{ mkm}$ lazerlər toxumaları yandıra bilər, çünki infraqırmızı şüalar canlı hüceyrələrin əsas hissəsini təşkil edən su

tərəfindən güclü şəkildə udulur. Nd:YAG, $\lambda = 1.06 \text{ mkm}$) dalğa uzunluğu təxminən bir mikrometr diapozonda olduqda gözə nüfuz edə bilər, ayrılmış retinayı yenidən yerinə qaynaq edə bilər və ya katarakt əməliyyatından sonra tez-tez bulanıqlaşan daxili membranları kəsə bilər. Gözün şəffaf xarici təbəqəsinin formasını dəyişdirərək buynuz qışadan toxuma çıxararaq görmə qüsurlarını aradan qaldırmaq üçün eksimer lazerlərdən istifadə olunur. Xüsusilə tibbdə lazerdən istifadənin əhəmiyyəti aşağıdakı səbəblərlə bağlıdır. Lazerlə aparılan əməliyyat zamanı lazer və toxuma arasında heç bir təmas olmur və bu da öz növbəsində infeksiyanın yayılmasının qarşısını alır. Daha bir üstün cəhəti lazerin təsir etdiyi zonada qansız, kəsik olmadan cərrahi prosesləri aparmaq mümkündür. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olarkı, lazer təbabəti sürətlə inkişaf etməkdədir və bu inkişafın əsas məqsədləri: xərçəngin daha dəqiq və effektiv müalicəsinin inkişafının öyrənilməsi, vizuallaşdırma və diaqnostikanın yeni üsulların öyrənilməsi və kosmetik prosedurların daha da həssas və yüksək səviyyədə aparılması. Nəhayət mövcud əməliyyat riskini minimuma endirilməsidir. Gələcəkdə lazer işığı xərçəng, diabet, yüksək qan təzyiqi və ürək xəstəlikləri ilə mübarizədə ümumi alətə çevriləcək.

Ədəbiyyat

- 1.Qasımova R.C., Kərəməliyev R.Ə. Kvant elektronikasının əsasları. Az. Resp. X. Təhsil Nazirliyi, BDU, 1991, 79 səh
- 2.Moo-Young, G.A. Western Journal of Medicine, 1985, 143, 745.
- 3.Anderson, R.R. (2013) Journal of Investigative Dermatology, 2013, 133, E21.
4. К. Пауль, Ф. Ридель. Гибридная лазерная сварка. Фотоника. Наука, 2009. № 1, С. 5.

Fe₃O₄/DEX/XRİZİN NANOSİSTEMİNİN SİNTEZİ VƏ QURULUŞUNUN TƏDQIQI

Əlizadə Q.B., Kərimova A.H.*

Bakı Dövlət Universiteti

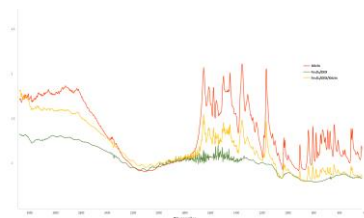
alizadeqonce.o4@gmail.com

Dəmir oksid nanohissəcikləri (Fe₃O₄ NH) superparamaqnit xassələrə, biouyğunluğu və xarici maqnit sahəsi ilə idarə olunma xüsusiyyətlərinə görə tibbdə geniş tətbiq imkanlarına malikdir [1]. Bu xassələrinə görə Fe₃O₄ NH-i, xüsusilə, xərçəng terapiyasında dərman daşıma tətbiqləri

üçün perspektivli namizəd hesab olunur.

Tədqiqat işində dekstranla örtülmüş Fe_3O_4 NH-i ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$) sintez edilmiş və bu sistemin quruluş xüsusiyyəti xərçəng əleyhinə potensiala malik bioaktiv flavonoidlə (xrizinlə) yüklənərək qiymətləndirilmişdir. Sintez prosesinin birinci mərhələsində Fe_3O_4 NH-i kimyəvi birgə çökdürülmə üsulu ilə hazırlanmışdır [2]. İlkin olaraq $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ və $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ dəmir duzları (1:2 nisbətində) distillə suyunda həll edilərək 70°C -də 20 dəq maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmışdır. NH-in stabilləşdirilməsi üçün reaksiya sisteminə DEX əlavə edilmiş və sonra 10-15 mL NH_4OH damcı ilə tökülmüşdür. Qara çöküntü alındıqdan sonra qarışdırılma 40 dəq davam etdirilmişdir. Reaksiya məhsulu maqnitlə ayrılmış, distillə suyu ilə bir-neçə dəfə yuyulmuş və 80°C -də 4 saat müddətində vakuum sobasında qurudulmuşdur. Sintez prosesinin ikinci mərhələsində $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$ nanosisteminə xrizin yüklənmişdir ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}/\text{Xrizin}$).

Nümunələrin molekulyar quruluşu infraqırmızı (İQ) spektral analizlə $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ intervalda təhlil edilmişdir.



Şəkil. Xrizin, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$ və $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}/\text{Xrizin}$ nümunələrinin İQ spektrləri

$3400\text{--}3000 \text{ cm}^{-1}$ intervalında (O-H qruplarının rəqsləri) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$ nümunəsinin spektri xrizin və dərman yüklü nanosistemin spektrlərindən fərqlənmişdir. Bu dəyişiklik Fe_3O_4 NH səthi ilə xrizin arasında əlaqənin hidrogen rabitəsi hesabına baş verdiyini göstərmişdir. Həmçinin, xrizində $\text{C}=\text{C}$ vibrasiyalarına aid 1610 cm^{-1} -də müşahidə olunan pik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}/\text{Xrizin}$ nümunəsində 1616 cm^{-1} -ə qədər sürüşmüş və haçalanmışdır ki, bu da xrizin molekulunun NH-lə qarşılıqlı təsiri hesabına baş vermişdir. Bununla yanaşı, 1355 cm^{-1} və 1245 cm^{-1} dalğa ədələrində müşahidə edilən C-O-C qruplarına aid piklər həm xrizin, həm də $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}/\text{Xrizin}$ nümunəsində mövqelərini saxlamışdır ki, bu da dər-

man molekulunun yüklənmədən sonra quruluşunu qoruduğunu təsdiqləmişdir. Beləliklə, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}/\text{Xrizin}$ nümunəsində müşahidə olunan spektral dəyişikliklər xrizin və $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$ ilə müqayisədə dərmanın effektiv yüklənməsini və NH səthi ilə qarşılıqlı təsirini göstərmişdir. Bu isə $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{DEX}$ nümunəsinin dərman daşıma sistemləri üçün perspektivli namizəd olduğunu nümayiş etdirmişdir.

Ədəbiyyat

1. Materón, E., Miyazaki, C., Carr, O., etc. (2021). Magnetic nanoparticles in biomedical applications: A review. *Applied Surface Science Advances*, 6, 100163.
2. Karimova, A., Hajizada, S., Shirinova, H., Nuriyeva, S., Gahramanli, L., Yusuf, M. M., Bellucci, S., Reissfelder, C., & Yagublu, V. (2024). Surface Modification Strategies for Chrysin-Loaded Iron Oxide Nanoparticles to Boost Their Anti-Tumor Efficacy in Human Colon Carcinoma Cells. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(2), 43.

SEDMENTASIYA ÜSULU İLƏ ALINMIŞ GO/PVS POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

İskəndərova A.M., Muradov M.B.*

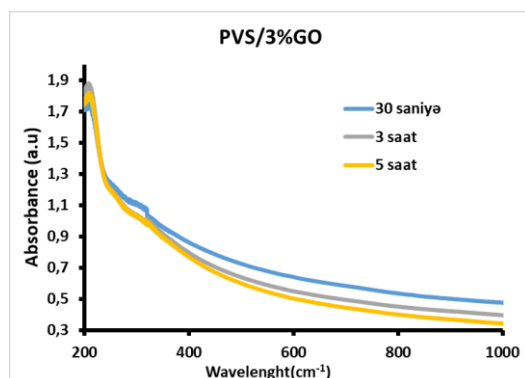
Bakı Dövlət Universiteti

aysuniskandarova04@gmail.com

Polimer kompozit materiallarının tətbiq sahələri son dərəcə genişdir və onların strukturu ilə funksional xüsusiyyətləri doldurucunun miqdarı ilə sıx bağlıdır. Doldurucunun miqdarı qədər onun hissəcik ölçülərinin də materialın mexaniki, termiki və elektrik xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərdiyi elmi tədqiqatlarla sübut edilmişdir.

Qrafen oksid (GO), oksigen funksional qrupları ilə modifikasiya olunmuş qrafenin bir forması olub, üstün mexaniki, elektrik və kimyəvi xüsusiyyətlərə malik çoxfunksiyalı nano materialdır. Polivinil spirt (PVS) tərkibində çoxsaylı hidrosil qruplarının mövcudluğu sayəsində məsaməli strukturların formalaşdırılması üçün yüksək uyğunluq göstərir. GO-nun PVS matrisinə daxil edilməsi onun fiziki və kimyəvi xassələrində əhəmiyyətli dəyişikliklərə səbəb olur. GO/PVS kompozitlərinin strukturuna və həmçinin optik, elektrik və s. xüsusiyyətlərini daxil edilmiş GO-nun kütlə faizini dəyişməklə idarə etmək olar. Bunun üçün GO-nun polimer daxilində effektiv seqmentasiyasına nail olunmağa çalışılmışdır. Həmçinin,

bu kompozitlərin optik xüsusiyyətlərinə və qadağan olunmuş zolağın eninə təsiri araşdırılmışdır. Təcrübə çərçivəsində ilkin olaraq 5%-li polivinil spirt məhlulu hazırlandı. Daha sonra bu məhlula 0,03 qram qrafen oksid əlavə edilərək, alınan məhlul 15 dəqiqə ərzində ultrasəs disperqasiyasına məruz qoyuldu. Nəticədə 20 ml həcmində 3%-li PVS/GO məhlulu əldə olunaraq seqmentasiya qabına töküldü. Məhlulu boruya əlavə etdikdən sonra hər dəfə 5ml olmaqla 3saniyə, 3saat və 5saat sonra məhlul petri qablarına süzüldü və qurumaq üçün otaq temperaturunda 1 həftə saxlanıldı. Hazırlanmış kompozitlərdə müddətdən asılı olaraq hissəciklərin ölçü intervalının dəyişməsi və bunun optik xassələrə təsir etməsi gözlənilir. Hazırlanmış nümunənin udma spektrlərini UB-görünən işıq spektroskopiyası vasitəsilə $400\text{--}1100\text{ sm}^{-1}$ dalğa uzunluğu intervalında tədqiq etdilmişdir. Süzülmə müddətindən asılı olaraq müxtəlif nümunələrin udulma spektrləri Şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. 3saniyə, 3saat və 5saat süzülmədən sonra PVS/3%GO nanokompozitlərinin udulma spektrləri.

Udulma spektrlərindən görünür ki, ən yüksək udulma 30 saniyə ərzində süzülmüş nümunələrdə göstərilmişdir. Eksperiment zamanı stabilləşmiş axında ağır GO hissəcikləri əvvəlcə çökür. İlk olaraq polimer daxilindən böyük hissəciklər olduğundan udulma artır. Zaman artdıqca daha kiçik hissəciklər süzülür. Buna görə də zaman keçdikcə kompozit daxilindəki hissəciklərin ölçüsü azaldığı üçün udulma azalır.

Ədəbiyyat

1. Muradov, M., Baghirov, M. B., Eyvazova, G., Gahramanli, L., Mammadyarova, S., Aliyeva, G., ... & Abdullayev, M. (2023). Influence of gamma radiation on structure, morphology, and optical properties of GO and GO/PVA nanocomposite. *Radiation Physics and Chemistry*, 208, 110926.

PHOTOCONDUCTIVITY OF $AgInS_2$ AT A HIGH LEVEL OF OPTICAL EXCITATION

Israfilova A.A., Huseynov A.H.*

Bakı Dövlət Universiteti

ayselaltayqizi@gmail.com

The literature shows the different values of the band gap at 300K (1.35; 1.4; 1.5eV) and various characters of minimum inter-band optical transition (direct and indirect) in $AgInS_2$ [1,2]. Detection of the exciton peak at a low temperature in the grown crystal $AgInS_2$ shows to us that the width of the bandgap crystal at 300K is 1.35eV and minimum inter-zone optical transition is straightforward. At high temperature $T = 375$ K long-wave photoconductivity edge obeys the rule of $I_{\phi}^2 \sim h\nu$, where I_f - is a photocurrent, and in the short wavelength photocurrent decreases linearly with the decreasing of wavelength. Consequently, at a high temperature recombination processes increase and the mechanism of recombination of non-equilibrium carriers becomes one-tier model of recombination. This can be seen by examining the kinetics of the photocurrent with a high level of optical excitation. Figure (3) shows the relaxation curves of the photocurrent in $AgInS_2$ after laser pulses with a duration of 10ps and wavelength 1,062mkm and 0,535mkm.8

The irradiation of the crystal momentum of photons with energy 1,167eV (1,062mkm) smaller of band gap (1,35eV) relaxation of the photocurrent curve corresponds to a single-level recombination model. The calculated lifetime of irregular carrier under this curve is 30mks.

The crystal by momentum of photons with an energy 2,318 (0,535 mkm) appears slow recombination channel - larger than band gap, in addition to rapid recombination channel. After the termination of light pulses and recombination of non-equilibrium carriers observed a slight residual photoconductivity due to adhesion level. The capture of non-equilibrium carriers after the termination of the light pulse occurs by devastated acceptor centers. This shows the area of the curve corresponding to the rise of the photocurrent, because after termination of light, the photocurrent continues to grow for 20mks.

References

1. Jianbo Yin, Junhong Jia, Gewen Yi. Materials Letters. (2013), Volume 111, P. 85-88.
2. Tsukasa T., Tatsuya K., Susumu K. J. Phys. Chem. Lett. 2014, 5, 2, 336-347.

Ga₂Se₃ MONOKRİSTALININ QAYTARMA SPEKTRİNİN TƏDQIQI

Məmmədli T.N., Cahangirova S.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti

trkanmammadli@gmailcom

Müasir texnikada yarımkeçirici maddələrdən istifadə etmək üçün onların enerji quruluşunu bilmək lazımdır. Yarımkeçiricinin enerji quruluşunu öyrənmək üçün ən geniş yayılmış və dəqiq metodlardan biri optik metodlardır. Belə ki, optik üsullarla maddəni tədqiq edən zaman maddəyə kontakt qoyulmur və təzyiq göstərilir. Son zamanlar ən çox tədqiq olunan yarımkeçirici birləşmələr arasında III-IV qrup elementləri əsasında alınmış yarımkeçirici birləşmələr də var. Bu birləşmələrin enerji quruluşunun öyrənilməsi bu maddələrlə bərabər, bütün yarımkeçiricilər haqqında məlumat verməyə imkan verir. A₂^{III} B_a^{VI} tip yarımkeçirici birləşmələr effektiv quruluşa malik olub, həssaslığına görə diqqəti cəlb edir. Ədəbiyyatdan məlum olmuşdur ki, bu qrupa daxil olan Ga₂S₃ birləşməsinin enerji quruluşu demək olar ki, öyrənilməmişdir. Bununla əlaqədar olaraq Ga₂S₃ birləşməsinin enerji spektrinin xüsusiyyətləri haqqında informasiya almaq üçün onun optik xassələrini öyrənmək məqsəduyğundur. Baxılan işdə Ga₂S₃ birləşməsi və onun əsasında alınmış Ga₂S₃-Ga₂Se₃ (50%) bərk məhlulunun qaytarma spektri çıxarılmış və bu spektr təhlil edərək Ga₂S₃ birləşməsinin valent zonasından keçirici zonaya keçidlərin təbiəti müəyyən edilmişdir. Qaytarma spektrini tədqiq etmək üçün German qaydasından istifadə olunur. German qaydasına görə Ga, Se və α-S maddələrinin enerji quruluşunun əsas xüsusiyyətləri Sn-S tipli bütün yarımkeçiricilərə aid edilir. Biz bu qaydanı Ga₂S₃ maddələrinə də tətbiq etmək istəyirik. Bunun üçün bizə aşağıdakı mülahizələrə izah verir.

1. Ga₂S₃ birləşməsində müxtəlif tipli atomlar arasındakı kimyəvi qarşılıqlı təsirin təbiəti bütün Sn-S tip quruluşundakı qarşılıqlı təsirə analojidir.

2. Ga₂S₃ A^{IV}, A^{III} B^V, A^{II} B^{VI} birləşmələri ilə izoelektronsıraya daxildir.

Deyilənləri nəzərə alaraq Ga₂S₃ qaytarma spektri Ge-Si, GaP və Sn S qaytarma spektrləri ilə müqayisə edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. M. Sun, J.-P. Chou, J. Gao, Y. Cheng, A. Hu, W. Tang, and G. Zhang, ACS Omega 3, 8514 (2018)
2. Y. Cai, H. Zhou, G. Zhang, and Y.-W. Zhang, Chemistry of Materials 28, 8611

Cu₃Ga₅Se₉ MONOKRİSTALININ UDMA ƏMSALININ SPEKTRİ

Musayeva A.İ., Qəhrəmanov N.F.*

Bakı Dövlət Universiteti

Musayevaaygun879@gmail.com

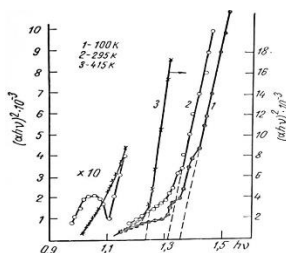
Məlumdur ki, yarımkeçirici birləşmələrin optik xassələrinin tədqiqi kristalın zona quruluşunun formalaşmasında rolu olan bütün parametrləri təyin etməyə imkan verir. Qalınlığı 100 və 110 mkm. olan Cu₃Ga₅Se₉ nümunələrdə 0,9—2,0 eV udma əmsallı işıq kvantlarının enerji diapazonunda müxtəlif temperaturlarda aparılan təcrübər göstərdi ki, məxsusi udma oblastının kənarı zonalar arası düz optik keçidə malikdir (şəkil 1). Qrafikdə qadağan olunmuş zonanın enini tapmaq üçün $(\alpha h\nu)^2 \sim h\nu$ məşabada müxəlif temperaturlarda kristalının udma əmsalının spektri α verilmişdir. Kvant enerjisi böyük oblastda spektrin düzxətli hissəsini oxa ekstropolyasiya etməklə qadağan olunmuş zonanın eni tapılmışdır. 100 K-də bu qiymət $\Delta E_g = 1,36$ eV-a bərabərdir. 100K-də fundamental udma kənarında 1,33; 1,29; və 1,22 eV enerjiyə uyğun üç optik keçid müşahidə olunur. Güman ki, bunlardan birincisi eksiton udulmaya aiddir, qalan ikisi isə aşqar mərkəzlərdən udulmadır. 300 K-də udma spektrinin kənarı kiçik enerjilərə doğru sürüşür. 300 və 415 K temperaturlarda qadağan olunmuş zonanın eni ΔE_g uyğun olaraq 1,35 və 1,24 eV qiymətlərə malikdir. Spektrlər eyni xarakterli optik keçidlərə uyğundur. Ancaq udma əmsalının mütləq qiyməti temperaturun dəyişməsi ilə ayrı-ayrı keçidlər üçün müxtəlif cür dəyişir. Cu₃Ga₅Se₉ monokriatalının qadağan olunmuş zonanın termik əmsalı orta temperaturdan qeyri-xətti asılıdır. Alınan spektrlərin analizi göstərir ki, aşağı temperaturlarda udma kənarına yaxın müşahidə olunan keçid eksiton udulmaya, ikinci tip udulma elektronların valent zonadan ionlaşmış donor səviyyələrinə keçidi, üçüncü tip udulma isə elektronların dolmuş akseptor səviyyələrindən keçirici zonaya keçidi ilə əlaqədardır.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Cu₃Ga₅Se₉ birləşməsinin 200-400 K temperatur intervalında fotozərəyanın temperaturdan asılılığı yaşama müddətinin τ və udma əmsalının α temperaturdan asılılığı ilə bağlıdır.

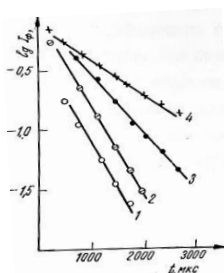
Yaşama müddətinin τ zamandan asılılığını təyin etmək üçün $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ birləşməsinin müddəti 5 mks.-dən çox olmayan işıq impulsu ilə həyacanlaşmadan sonra fotocərəyanın releksasiya əyriləri tədqiq olunmuşdur (şəkil 2).

Əyrinin düzxətli hissəsindən qeyri-tarazlıq yükdaşıyıcıların yaşama müddətini təyin etmək olar. Göründüyü kimi temperatur artdıqca τ artır. 100 K-də yaşama müddəti $\tau=1,2$ mks, 200 K- də isə $\tau=2,3$ mks. bərabərdir. Müxtəlif kristallarda 200-400 K temperatur intervalında fotocərəyanın iki tərtib artmasına baxmayaraq aparılan ölçmələr yaşama müddətinin üç dəfəyə qədər artması ilə müşahidə olunur.

Fotocərəyanın temperaturdan asılılıq əyrisi əsasən udma əmsalının temperatur asılılığı kimi xarakterizə olunur ki, bu da görünür aşqar udulma ilə əlaqədardır.



Şəkil 1. $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ kristalının udma əmsalının spektri



Şəkil 2. $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ -da fotocərəyanın releksasiya əyriləri

Ədəbiyyat

1. В.Н.Тагиров, Н.Ф.Гахраманов, А.Г.Гусейнов, Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $\text{A}_3^{\text{I}}\text{B}_5^{\text{III}}\text{C}_9^{\text{VI}}$ Баки-2001, с.303.
2. Тагиров В.И. , Тагиров Э.В. , Гахраманов Н.Ф. , Физика полипроводников. Ваку-Сумгаит – 2007 , с. 310

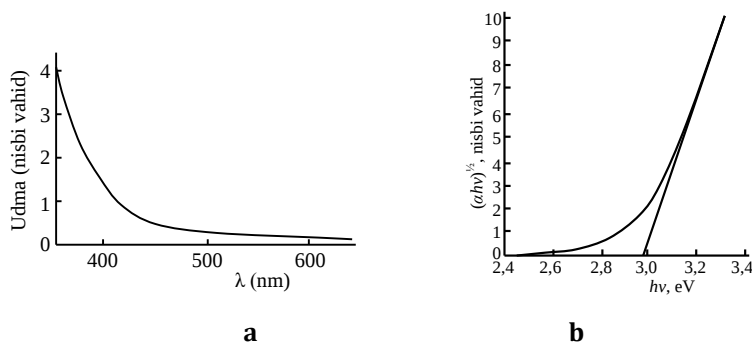
LAZER ABLYASIYASI ÜSULU İLƏ SİNTEZ EDİLMİŞ GAS NANOZƏRRƏCİKLƏRİNİN OPTİK UDMA VƏ LÜMİNESSENSIYA SPEKTRLƏRİ

Osmanova F.V., Kərimli N.A.*

Bakı Dövlət Universiteti

vagif_salmanov@yahoo.com

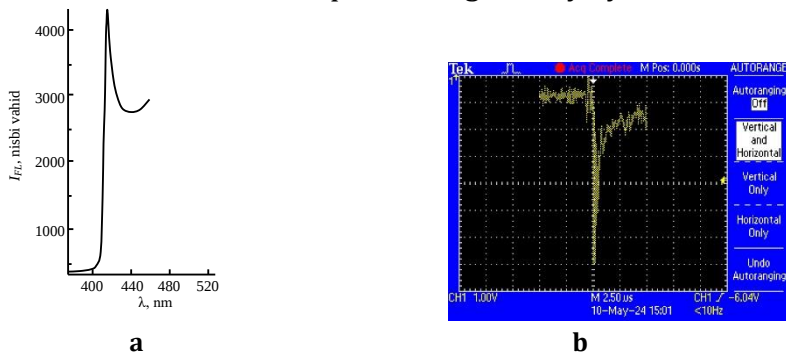
Qallium sulfid (GaS) kristalları laylı quruluşa və unikal fiziki xassələrinə görə optoelektronikada geniş tətbiq olunur [1]. GaS kristalları digər laylı yarımkəçiricilərdən böyük qadağan olunmuş zolağa malik olmasına görə fərqlənir, onlarda çəp qadağan olunmuş zolağının eni $E_g=2,5$ eV, düz qadağan olunmuş zolağının eni isə $E_g^d=3$ eV-a bərabərdir [2]. Təqdim olunan iş lazer ablyasiyası üsulu ilə alınmış GaS nanozərrəciklərinin optik udma və fotolüminessensiya spektrlərinin təcrübi tədqiqinə həsr olunmuşdur [3]. Ablyasiya prosesi $\lambda=1064$ nm dalğa uzunluğuna, 7 Hz tezliyə, 135 mJ enerjiyə və 10 nanosaniyəyə malik olan Nd:YAG lazeri vasitəsilə həyata keçirilmişdir. GaS nanohissəciklərinin optik udma və lüminessensiya spektrləri ikiqat dispersiyaya malik olan M833 monoxromatoru vasitəsilə ölçülmüşdür. Lazer ablyasiyası üsulu ilə alınmış GaS nanohissəciklərinin optik udma spektri Şəkil 1,a-da verilmişdir.



Şəkil 1. GaS nanohissəciklərinin optik udma spektri(a) və $\alpha^{1/2} \sim f(hv)$ asılılığı(b).

$\alpha^{1/2} \sim f(hv)$ asılılığından (Şəkil 1,b) GaS nanozərrəciklərinin çəp qadağan olunmuş zolağının eninin $E_g=3,0$ eV-a bərabər olduğu müəyyən edilmişdir. Göründüyü kimi massiv kristallara nəzərən GaS nanozərrəciklərin qadağan olunmuş zolağının eni 0,5 eV artmışdır. Bizim fikrimizcə, GaS

nanozərrəciklərində massiv kristala nəzərən qadağan olunmuş zolağın eninin böyüməsi onlarda baş verən kvantölçülü effektlə əlaqədardır. Nd:YAG lazerinin ikinci harmonikası ilə ($\hbar\omega=2,34\text{eV}$) həyəcanlanan GaS nanohissəciklərinin fotoluminessensiya spektri şəkil 2,a-da göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, luminessensiya spektrinin maksimumu dalğa uzunluğunun $\lambda=417\text{ nm}$ qiymətinə uyğun gəlir. Bu qiymət GaS nanohissəciklərinin çəp qadağan olunmuş zolağının enindən 30 meV azdır. Qallium sulfiddə eksitonların əlaqə enerjisinə 30 meV tərtibində olduğunu və luminessensiya spektrinin yarıməninin bir neçə anqstremə bərabər olmasını nəzərə alsaq, nanozərrəciklərdə müşahidə olunan luminessensiya spektrinin sərbəst eksitonlarla əlaqədar olduğunu söyləyə bilərik.



Şəkil 2. GaS nanohissəciklərinin, luminessensiya spektri (a) və relaksasiya əyrisi (b).

GaS nanozərrəciklərində müşahidə edilən luminessensiyasının relaksasiya müddətinin $\tau \approx 5 \cdot 10^{-7}$ san. tərtibində olması onun eksiton təbiətli olmasını bir daha göstərir.

Beləliklə, aparılan tədqiqat işləri göstərir ki, lazer ablyasiyası üsulu ilə alınan GaS nanozərrəciklərinin qadağan olunmuş zolağın eni 3 eV -a qədər artır və onlarda 417 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunan luminessensiya zolağı sərbəst eksitonlarla əlaqədardır.

Ədəbiyyat

1. H. Gu, Y. Lin, D. Xiao *Appl. Phys. Rev.* 2019, 6, 312-318.
2. H. C. Huang, K. W. *Solid State Commun.* 2005, 136, 591– 594.
3. G. N. Makarov. *Advances in Physical Sciences* 2013, 183, 673-678.

ENHANCING TENG PERFORMANCE THROUGH OPTIMIZATION OF NYLON/MWCNT NANOCOMPOSITES

¹Pireliyeva F.K., ²Gulahmadov O.G.*

¹Baku State University,

²Baku State University, Nano Research Laboratory

of the Center for Excellence in Research, Development, and Innovation

fatimepireliyeva86@gmail.com

The growing global energy demand and environmental concerns have intensified research into sustainable energy harvesting technologies. Triboelectric nanogenerators (TENGs) have emerged as a promising solution, converting mechanical energy into electrical energy through contact electrification and electrostatic induction. Their advantages, including high efficiency, lightweight design, cost-effectiveness, and material versatility, make them suitable for applications in wearable electronics, biomedical devices, environmental monitoring, and self-powered sensing systems. However, optimizing TENG materials remains a critical challenge for enhancing energy conversion efficiency.

This study investigates the role of multi-walled carbon nanotube (MWCNT) concentration in nylon-based nanocomposites for improving TENG performance. Nylon/MWCNT nanocomposite films were fabricated using the spin coating method, and their triboelectric output was systematically evaluated across different MWCNT loadings. Comprehensive electrical characterization revealed that incorporating MWCNTs significantly enhances charge transfer and storage capabilities. At an optimal concentration of 0.05 wt%, the TENG achieved peak output values of 29.7 V open-circuit voltage (V_{oc}) and 3.0 μA short-circuit current (I_{sc}), demonstrating a substantial improvement over pristine nylon-based TENGs (17.5 V and 1.8 μA , respectively). This enhancement is attributed to improved charge trapping, an increased dielectric constant, and optimized electron transfer efficiency due to the well-dispersed MWCNTs. However, at higher concentrations (≥ 0.1 wt%), the TENG output declined due to MWCNT agglomeration, which disrupted charge distribution, reduced the effective contact area, and introduced charge leakage pathways.

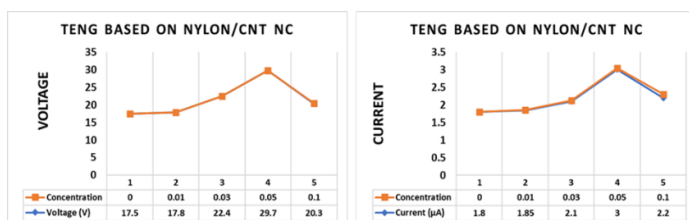


Figure 1. Graphs of max value open-circuit voltage and short-circuit current for TENGs based on nylon/f-MWCNT nanocomposites by changing the concentration of MWCNTs

These findings emphasize the importance of nanomaterial dispersion, interfacial charge dynamics, and composite structure in optimizing TENG performance. Proper MWCNT concentration enhances charge trapping and dielectric properties, improving energy conversion, while excessive loading leads to agglomeration and performance decline. This study offers insights into designing high-efficiency nanocomposite-based TENGs for self-powered electronics and sustainable energy applications.

References

1. Gulahmadov, Orkhan, Lala Gahramanli, Mustafa Muradov, Nahida Musayeva, Jadranka Blazhevskaya Gilev, and Stefano Bellucci. "Fabricating nylon/multiwalled carbon nanotube (MWCNT) nanocomposites for potential use in triboelectric nanogenerators (TENGs)." *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* (2025): 1-10.
2. Kim, Jiseok, Orkhan Gulahmadov, and Mustafa B. Muradov. "Enhancement of performance of triboelectric generators by introduction of micro-and nano-structures on triboelectric films." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 32, no. 20 (2021): 24661-24680.

GaSe-GaS BƏRK MƏHLULUNDA QALIQ FOTOKEÇİRİCİLİYİ

Qəniyeva R.İ., Cahangirova S.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti

rvanqniyeva@gmail.com

Bu işdə xüsusi olaraq aşqarlanmış $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$ kristallarının bəzi fotoelektrik xassələri məlum edilmişdir. Məlum olduğu kimi $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$ kristalları laylı quruluşa malikdir. Və hər bir laya atomlar B-A-A-B ardıcılığı ilə düzülmüşdür. Burada B - Selen və ya Kükürt atomlarını, A- isə Galium

atomunu göstərir. Lay daxilində atomlar bir-biri ilə güclü kovalent rabitə yaradır. Ayrı -ayrı laylar isə bir-birinə zəif Van-der-Valss qüvvələri ilə bağlanır [1]. Bu xüsusiyyət $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$ kristallarının fiziki xassələrini anizotropluğuna gətirir. Digər tərəfdən isə laylar arasındakı zəif rabitə çox asanlıqla kiçik qalınlıqlı və ixtiyari formalı nümunələr hazırlamağa imkan verir. Bir sıra işlərdə göstərildiyi kimi hər bir layın sərhəddində atomlar doymuş rabitə yaratdığından bu kristalların təmiz kəsilmiş səth halları və müxtəlif effektlərin konsentrasiyası çox kiçik olur [2].

İşdə istifadə olunan kristallar sabit temperatur gradientinə yavaş-yavaş soyuma üsulu ilə alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturunda aşkarlanmamış kristalların xüsusi müqavimətə malikdir. Düzbucaqlı paralelopiped şəklində nümunələr böyük kürələrdən kəsilmişdir. Nümunələrin səmih ölçüləri 3×5 mm kvadratı, onların qalınlığı 100-200 Mkm tərtibində götürülmüşdür. Tədris olunan nümunələrin fotoelektrik xassələri stasionar rejimdə ölçülmüşdür. Nümunəyə verilən gərginlik adətən Volt-Amper xarakteristikasının xətti oblastına uyğun seçilmişdir. Işıq mənbəyi olaraq 400 Vt gücündə közərmə lampasından istifadə edilmişdir. Ölçmələr otaq və maye temperaturunda (77K) aparılmışdır. Bunun üçün nümunələr xüsusi kvars pəncərəsi olan diod qabında yerləşdirilmiş və birbaşa maye Azot daxil edilmişdir. İşdə göstərilən kristallarda məxsusi fotokeçiriciliyinin infraqırmızı işıqla sönməz elektrik və qalıq fotokeçiricilik kinematikasını tədris edilmişdir. Qalıq fotokeçiriciliyinin kinematikasını saniyəölçən vasitəsilə tədris edilmişdir. Fon işıqlanma almaq üçün 10-19 milli işıq mənbəyindən istifadə edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Shih YT, Lin DY, Tseng BC, Huang TC, Kao YM, Kao MC, Hwang SB. Photoelectric Properties of $\text{GaS}_{1-x}\text{Se}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) Layered Crystals. *Nanomaterials*. 2024 Apr 18;14(8):701.
2. Osman MA. Photoconductivity, optical and electrical properties of $\text{GaSe}_{0.95}\text{S}_{0.05}$: Na mixed crystals. *Physica B: Condensed Matter*. 2000 Feb 1;275(4):351-9.

70 KEV ENERJİLİ H^+ - İONLARIN LAYLI P-GAS KRİSTALININ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

Sultanova F.H., Allahverdiyev Ş.A.*

Bakı Dövlət Universiteti

shams_1954@mail.ru

Son zamanlar yarımkeçirici materialların müxtəlif sahələrdə, xüsusən optoelektronikada, fotoionikada, fotoenergetikada və s., tətbiqi yüksək fotohəssaslığa malik materialların alınmasının və onların xassələrinin tədqiqini tələb edir. Belə materiallardan biri də A^3B^6 binar birləşmələrinin nümayəndəsi olan laylı GaS monokristalıdır. GaS monokristalının geniş zolaqlı yarımkeçirici olduğundan spektrin ultrabənövşəyi və görünən oblastlarında yüksək fotohəssaslığa malikdir. Ancaq laylı kristallar, o cümlədən GaS defektli kristall olduğundan ($\sim 10^{17} \text{ sm}^{-3}$) onların fotokeçiriciliyi defektlərin energetik vəziyyətindən və konsentrasiyasından asılı olur. Qeyd olunan quruluş defektlərinin konsentrasiyasını məqsədyönlü idarə etmək məqsədi ilə radiasion aşqarlanma üsulundan istifadə edilməsi qarşıya qoyulmuşdur. Bu məqsədlə təqdim edilən işin məqsədi ion implantasiya üsulundan istifadə etməklə GaS kristalının fotohəssaslığının artırılmasıdır. Bu məqsədə qatmaq üçün GaS kristalı enerjisi 70 keV olan H^+ -hidrogen ionu ilə müxtəlif dozalarda şüalandırılış və fotoelektrik xassələri 100 və 300 K temperaturunda tədqiq edilmişdir.

Bu üsulun fiziki əsası ondan ibarətdir ki, müəyyən sürətə malik ionlar verilmiş maddə atomları ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində daxilə diffuziya edərək atomlar arasındakı kimyəvi rabitə yaradır və nəticədə ionun təbiətindən asılı olaraq akseptor və ya donor səviyyələri yaradır.

GaS monokristalı Bricmen üsulu ilə yetişdirilmiş və alınan monokristallar p-tip keçiriciliyə və xüsusi müqaviməti 10^9 om sm olmuşdur. H^+ ionları aşqarlanma prosesi Belarus DU-də Van-de-Qraf aparılmış, qurğuda ion cərəyanının sıxlığı $0,20 \text{ mA/sm}^2$ və şüalanma dozası $1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{17} \text{ ion/sm}^{-2}$ olmuşdur. Təcrübənin nəticələri SİMNRA 6,05 proqramı ilə təhlil edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, hidrogen ionları ilə şüalanma yaranan defektlərin səthyanı oblasında paylanması şüalanma dozasından asılıdır. Şüalanma dozasından asılı olaraq ionların GaS kristalında qaçış

məsafəsi, defektlərin konsentrasiyası və səth morfologiyası öyrənilmişdir.

Tədqiqat zamanı müəyyən olunmuşdur ki, GaS monokristalının fotokeçiriciliyi şüalanma dozasında asılı olaraq dəyişdiyi müəyyən edilmişdir. Şüalanma dozasının $1 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-2}$ qiymətində nümunənin fotokeçiriciliyi spektrin 460-900nm dalğa oblastında artır, fotokeçiriciliyin maksimum qiyməti $\lambda_{\text{max}} \approx 50 \text{ nm}$ dalğa uzunluğunda müşahidə olunur. Şüalanma dozasının 10^{16} - $10^{17} \text{ ion /sm}^2$ qiymətlərində isə fotokeçiriciliyin bütün spektral diapozonda azalması müşahidə olunur. Fotokeçiriciliyin spektrin dalğa uzunluğunun qırmızı sərhəddi və qdağan olunmuş zonanın eni təyin edilmişdir.

Beləliklə, 70 keV enerjili H^+ -ionlarının təsiri nəticəsində yaranan defektlər GaS kristalında kation və anion tipli defektlər yaradır. Şüalanma dozasının $1 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-2}$ qiymətində donor tipli defektlər üstün olduğundan fotokeçiricilik artır, yüksək dozalarda kristallik qəfəsdə nizamsız oblastların yaranması nəticəsində (amorflaşma) isə fotokeçiricilik azalır.

Ədəbiyyat

1. Shigetomi S., Ikari T., Nakashima H. Electrical characteristics of layer semiconductor p-GaSe doped with Cd. J. Appl. Phys., 1993, Vol. 73, № 9, p. 686-688.
2. Madatov R., Tagiev T., Khaliqzadeh A. The features of current transmission in layered GaS(Yb) single crystals upon irradiation with γ -quant. International Journal in Physical and Applied Sciences, Volume 5, Issue 05, 2018. p.54-60.
3. Пашаев А.М., Абушов С.А., Тагиев О.Б., Ибрагимов З.А., Фараджева У.Ф. Фотоэлектрическая и люминесцентная спектроскопия локальных уровней в монокристаллах GaS:Re. Международная Конференция "Fizika-2005", Баку: Элм, 2005, с. 775-779.

5CB MAYE KRİSTALININ XARİCİ ELEKTRİK SAHƏSİNƏ REAKSİYA MÜDDƏTİNƏ BaTiO_3 NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN ÖLÇÜ EFFEKTİNİN TƏSİRİ

İBRAHİMOVA R.S., HÜMBƏTOV.Ş.Ə.*

Bakı Dövlət Universiteti

rahideibrahimova00@gmail.com

Maye kristallara ferroelektrik nanohissəciklərin daxil edilməsi onların elektro-optik xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq və qabaqcıl display və fotonik tətbiqlərdə istifadə potensialını artırmaq üçün perspektivli

bir yanaşmadır [1]. Bu tədqiqatda biz müxtəlif ölçülü barium titanat ($BaTiO_3$) nanohissəciklərini (100 nm, 200 nm, 300 nm, 400 nm və 500 nm) 5CB (4-siano-4'-pentilbifenil) nematik maye kristalına 1% həcm payı ilə ultrasəs disperqator metodu vasitəsilə bircins şəkildə dispersiya etmişik. Əldə edilən nanokolloid sistemlərin və saf 5CB maye kristalın müqayisəli xarici elektrik sahəsinə cavab müddəti xassəsi araşdırılmışdır [2]. Tədqiqatın aparılmasında (20 μm qalınlıqlı) elektro-optik yuvacıqdan istifadə edilmişdir. Belə ki, nümunə olan elektro-optik yuvacığa xarici elektrik sahəsi (5V) tətbiq etməklə və elektrik sahəsi götürülməklə nümunədən keçən işığın fotodektorda əmələ gətirdiyi cərəyanın maksimal və minimum qiymətinin formalaşdığı zaman olaraq $\tau_{aç}$ və $\tau_{bağ}$ müddətləri müəyyən edilmişdir. Saf maye kristalın və kolloidlərin açma və bağlama müddətləri ilə bağlı nəticələr aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir.

	5CB	5CB + $BaTiO_3$ (100nm)	5CB + $BaTiO_3$ (200nm)	5CB + $BaTiO_3$ (300nm)	5CB + $BaTiO_3$ (400nm)	5CB + $BaTiO_3$ (500nm)
$\tau_{aç}$ (m san)	450	463	245	417	343	314
$\tau_{bağ}$ (san)	6.3	7.32	9.18	6.49	7.54	8.12

Nəticələrdən görünür ki, nanohissəciklərin ölçüsü böyüdükcə açma müddəti azalır, bağlama müddəti isə böyümüşdür. Bu onunla bağlı olmuşdur ki, $BaTiO_3$ nanohissəciklərinə məxsus elektrik polyarizasiya maye kristalın dipoluna təsir edərək onun fırlanma özlülüyünün qiymətini dəyişir [1]. Daha böyük ölçülərdə polyarizasiyanın qiyməti artığı üçün açma müddəti zamanının kiçilməsidə uyğun olaraq azalmışdır və bağlama müddəti isə artmışdır. Lakin nəticələrdə biz 100 və 200 nm ölçülü nanohissəcikli nümunələrdə qaydaların pozulmasını görürük. Bu fərqlilik $BaTiO_3$ nanohissəciklərinin ölçüdən asılı olaraq malik olduqları kristal quruluşla bağlıdır. 100 nm ölçülü $BaTiO_3$ nanohissəcikləri kubik fazada olurlar və onların elektrik polyarizasiyası olmur. 200 nm ölçülü $BaTiO_3$ nanohissəcikləri isə monodomen polyarizasiyaya malik olduqları üçün yüksək spontan polyarizasiya nümayiş etdirirlər.

Bu nəticələr ferroelektrik nanohissəciklərin maye kristal mühiti ilə qarşılıqlı təsirini daha dərinləndirən anlamağa və maye kristallı qurğuların elektro-optik performansını tənzimləmək üçün yeni perspektivlər açmağa imkan yaradır.

Ədəbiyyat

1. J.-F. Blach, S. Saitzek, C. Legrand, L. Dupont, J.-F. Henninot, M. Warengthem; BaTiO₃ ferroelectric nanoparticles dispersed in 5CB nematic liquid crystal: Synthesis and electro-optical characterization. *J. Appl. Phys.* 1 April 2010; 107 (7): 074102.
2. Humbatov, S., Ramazanov, M., & İmamaliyev, A. (2017). The study of BaTiO₃ nanoparticles effect on threshold properties of Liquid Crystal 5CB. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 646(1), 263–267.

ÜZVİ GÜNƏŞ BATAREYALARININ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ: ÜSTÜNLÜKLƏR, PROBLEMLƏR VƏ MÜASİR HƏLLƏR

Oruclu F.Z., Allahverdiyev Ş.A.*

Bakı Dövlət Universiteti

zakirmuradov47@gmail.com

Müasir dövrdə neft, kömür və qaz kimi təbii ehtiyatların məhdudluğu alternativ enerji mənbələrinin axtarışını daha da aktual edir. Perspektivli istiqamətlər arasında günəş enerjisi, xüsusilə də, üzvi günəş batareyalarının (ÜGB) inkişafı diqqət çəkir. Ənənəvi silisium günəş batareyalarından fərqli olaraq, üzvi yarımkeçirici materiallar bir sıra üstünlüklərə malikdir: istehsalının aşağı dəyəri, mexaniki elastikliyi və rulon çapı üsulu ilə tətbiq olunma imkanı.

ÜGB-nin əsas iş prinsipləri fotonların udulması, eksitonların yaranması, onların diffuziyası və yük ayrılması prosesləri ilə bağlıdır. ÜGB-nin ən geniş yayılmış növlərindən biri kiçik qadağan zonası olan polimerin donor, fuleren və ya onun törəmələrinin isə akseptor kimi istifadə olunduğu həcmli heteroqəçid əsaslı batareyalardır. Bununla belə, üzvi materiallar xarici amillərin (rütubət, oksigen) təsirinə həssasdır, bu da cihazların ömrünü qısaldır.

Üzvi günəş batareyalarının gələcək inkişaf perspektivləri daha stabil

materialların axtarışı, istehsal texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi və səmərəliliyinin artırılması ilə bağlıdır. Artıq 12 %-ə çatan bu göstərici sürətlə yüksəlməkdə davam edir.

Ədəbiyyat

1. Zhao F., Dai S., Wu Y., et al. Single-junction binary-blend nonfullerene polymer solar cells with 12.1 % efficiency // *Adv. mat.*, 29dvf. 2017. V. 29. P. 1700144.
2. Bin H., Yang Y., Zhang Z., et al. 9.73 % Efficiency nonfullerene all organic small molecule solar cells with absorption-complementary donor and acceptor // *J. American Chemical Society* (just accepted manuscript). 2017. V. 139. P. 5085–5094.
3. Son H.J., Carsten B., Jung I.H., and Yu L. Overcoming efficiency challenges in organic solar cells: rational development of conjugated polymers // *Energy & Environmental Science*. 2012. V. 5. P. 8158–8170.

HIGHLY PURE SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES

Tahmazova F.H., Jafarov M.A.*

Baku State University

fitattehmezova@gmail.com

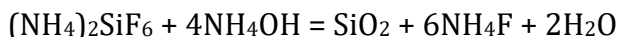
Highly pure silicon dioxide is used in many areas of technology: such as the production of optical fibers, quartz crucibles, optoelectronic elements and for obtaining fillers for passive elements in electronics and polishing suspensions for chemical-mechanical polishing of semiconductor wafers; a necessary prerequisite for the use of powdered silicon dioxide for such purposes is its high purity [1].

A number of methods are currently known from the state of the art for obtaining highly pure amorphous silicon dioxide by reacting ammonium fluoride (bifluoride) with silica-containing raw materials and obtaining ammonium hexafluorosilicate, its purification by sublimation and precipitation with ammonia water. These methods require the regeneration of fluoride solutions associated with the release of ammonia, additional devices for its capture, a complex process chain.

It is known that the physicochemical properties of amorphous SiO₂ are affected by the raw material, process temperature, pH of the reaction

medium, ratio of reagents, addition of coagulant, washing and drying modes, etc [2].

Hexafluorosilicate - $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ (HFSA) was taken as the raw material for the preparation and study of the physicochemical properties of SiO_2 . HFSA sublimates at 300°C and its main property is that it is easily decomposed by ammonia into silicon dioxide and ammonium fluoride according to the following reaction.



SiO_2 is separated by washing the obtained solution in water and after drying it falls into the form of a white pure powder.

The properties of SiO_2 are highly dependent on its synthesis-extraction conditions (e.g. synthesis-extraction temperature, precipitation time, pH, coagulant addition, washing and drying modes, etc.). These factors have a significant effect on the size of SiO_2 particles, their aggregation and specific surface area. The obtained silica samples were studied by various physicochemical methods.

X-ray diffraction analyses of the synthesized samples were carried out on a MiniFlex 600 X-ray diffraction device manufactured by Rigaku. The diffraction pattern was obtained using a $\text{Cu-K}\alpha$ radiation source in the range of $2^\circ - 80^\circ$ with a 2θ angle at a voltage of 40 kV. The results obtained from the analyses show that it is formed amorphously (Fig. 1).

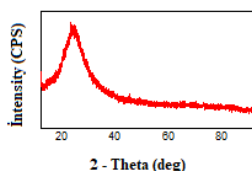


Fig.1. XRD pattern of SiO_2 nanoparticles

References

1. Tkachenko T, Yevdokymenko V, Kamenskyh D, Sheludko Y, Povazhny V, Kashkovsky V (2020) Physico-chemical properties of biogenic SiO_2 nanoparticles obtained from agriculture residue. Appl Nanosci 10(12):4617–4623.
2. M. A. Jafarov, V. O. Yevdokymenko, D. S. Kamenskyh, K. A. Rustamov and Z. A. Jafarov Mathematical Model Desublimation Conditions, Asian Journal of Chemical Sciences Volume 13, Issue 2, Page 1-6, 2023; AJOCS.97890 ISSN: 2456-7795

PHYSICAL PROPERTIES OF THE $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ CRYSTAL

Mirzəlizadə Ş.Ə., Məhəmmədov Ə.Z.*

Baku State University

shmsmrz08@gmail.com

The $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ crystal, a ternary semiconductor compound, belongs to the chalcopyrite family of materials, which are distinguished by their diverse applications in photovoltaic, optoelectronic and thermoelectric devices. This material exhibits a unique combination of structural, optical and electrical properties, making it an object of extensive scientific research.

The $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ crystal adopts a structure derived from the complex chalcopyrite with a tetragonal lattice system. The unit cell of this material contains copper (Cu), indium (In) and sulfur (S) atoms in a special arrangement that gives it a unique electronic band structure.

The Cu and In atoms usually occupy tetrahedrally coordinated positions within the lattice, which are connected by sulfur atoms. This creates a layered framework that is essential for its optoelectronic properties. The specific stoichiometry of $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ leads to vacancy ordering, which further influences its electronic and structural behavior and distinguishes it from simpler binary compounds such as CuInS_2 [1].

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ exhibits a direct band gap in the range of 1.5–1.7 eV, which is ideal for solar energy applications. This band gap allows for efficient absorption of visible light, making it a promising material for photovoltaic cells. In addition, its optical absorption coefficient is high, which allows for efficient light harvesting [2].

This material exhibits moderate electrical conductivity and tunable resistance, which can be optimized by doping or by changing its stoichiometry. The presence of Cu contributes to its p-type conductivity, while Incorporation affects the carrier concentration [3].

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ crystals exhibit good thermal stability, maintaining their structural integrity and electronic properties at high temperatures. This is favorable for applications in harsh environmental conditions [4].

The stoichiometric composition of the material, particularly in the

Cu and In sites, leads to unique vacancies. These defects significantly affect its electronic properties, affecting carrier mobility and recombination rates.

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ is considered a promising candidate for use in thin-film solar cells due to its optimal bandgap and high absorption coefficient. It is often studied as an absorber layer in heterojunction solar cells.

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ nanoparticles have been studied for photocatalytic applications, including water splitting and CO_2 reduction, due to their semiconducting properties and high surface area.

The future of $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ research lies in improving its material properties through advanced synthesis methods and doping strategies. Efforts are ongoing to integrate this material into tandem solar cells to increase efficiency. Furthermore, the development of composite materials incorporating $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ may open new possibilities in multifunctional device applications.

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ crystals have great potential for applications in energy conversion, optoelectronics, and thermoelectric due to their unique structural and electronic properties. Continued research on their synthesis, property optimization, and device integration will be crucial to realize their full potential in practical applications. This material demonstrates the importance of ternary semiconductors in the development of modern technology and in solving global energy problems.

References

1. H Özkan, N Gasanly, I Yilmaz... - Turkish Journal of ..., 1998 - journals.tubitak.gov.tr
2. G Marín, DP Singh, C Rincón, SM Wasim... - Journal of Electronic ..., 2020 – Springer
3. M Parlak, Ç Erçeleb, I Günal, H Özkan... - Crystal Research ..., 1997 - Wiley Online Library
4. C Rincón, SM Wasim, G Marín, R Márquez... - Journal of Applied ..., 2001

İONLAŞMA DALĞASININ UZUN BORULARDA YAYILMA DİNAMİKASI

Ramazanova Y.S., Ağayev M.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

yegi.ramazanova02@gmail.com

Hələ XVIII əsrdə tədqiqatçılar qazda elektrik boşalması zamanı işıqlanma cəbhəsinin yayılmasını müşahidə etmişdilər. Cəbhəsinin yayılma sürəti haqqında, Tomson işıq sürətinin yarısına bərabər olan sürətə yaxın qiymət ala bilməsini söyləmişdi.

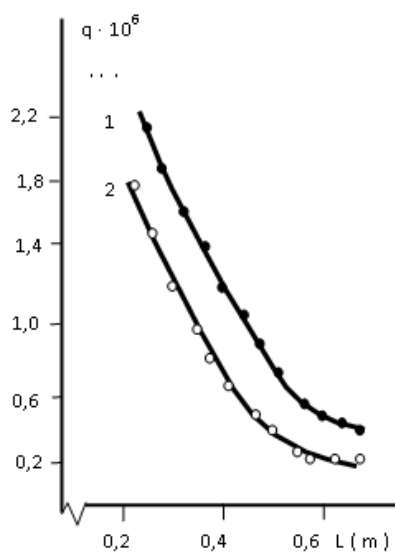
İlkin vaxtlarda boşalma borusunun divarlarının boşalmanın inkişafına təsiri nəzərə alınmırdı. Ona görə də, uzun borulardadeşilməni Taunsend nəzəriyyəsinə görə izah etmək istəyən müəlliflər çətinlik qarşısında qalırdılar. Lakin sonralar aparılan tədqiqatlardan məlum oldu ki, divarlar boşalma hadisəsinin inkişafında həlledici rol oynayır və bircinsli elektrik sahəsi mövcud olduqda borunun divarlarında elektronların itkisinin olması ilk dəfə olaraq nəzəri işlərdə nəzərə alındı, göstərildi ki, elektron mövcud olduğu vaxt ərzində boru boyunca borunun diametrindən çox hərəkət edə bilməz. Yəni elektron borunun oxu boyunca hərəkət etməzdən əvvəl borunun divarına düşür.

İonlaşma dalğasının uzun borularda yayılma dinamikasına bizim tədqiqatlardan əvvəllər də baxılmışdır, lakin bu tədqiqatlar boru boyunca müntəzəm sabit paylanmış tutum şəraitində aparılmışdır. Bizim tədqiqatlar isə ilk dəfə olaraq, bərabər monoton dəyişən paylanmış tutum üçün, uzun boruda boşalmanın inkişafına təsirinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. İşlərimizdə dalğanın yayılması zamanı, boşalma borusunun vahid uzunluğuna düşən yükün miqdarı öyrənilir, eyni zamanda dalğa cəbhəsinin qidalandırıcı mənbəyin gərginliyinin amplitud və tezliyindən asılılıqları tədqiq olunmuşdur.

Ölçmələr borunun daxilində $2 \cdot 10^6$ Tor tərtibində vakuum yaratmaq imkanı verən standart qurğuda aparılmışdır. Borunun daxili diametri 3,5 sm və elektrodlar arasında məsafə 1m olan şüşə borudadeşilmə tədqiq edilmişdir. Elektrod kimi lüminessent lampalarında istifadə olunan volfram - oksiddən istifadə olunmuşdur.

Bizim işimizdə, əsas məqsəd boru boyunca dəyişən paylanmış tutumlu uzun boruda, xarici təsir faktor olan futumun boşalmanın dinamikası mexanizminə necə təsir etməsini öyrənməkdir. Ölçmələr Arqon qazında, təzyiqin $P = 0,3$ Tor, alışdırıcı elektroda verilən gərginliyin $U=1000$ (V) qiymətində, tezliyin isə $1 - f = 90$ hs, $2. f = 130$ hs sabit qiymətlərində boru boyunca q_0 yükünün dəyişən paylanması aparılmışdır (şəkil 1).

Sürətdən fərqli olaraq boru boyunca hər bir santimetrə düşən paylanmış C_0 tutumu divara axan yükə nəzərə cərpacaq dərəcədə təsir göstərir. Borunun hər bir santimetrinə düşən yükün alışdırıcı elektroddan olan məsafədən asılılıq qrafiki şəkildə göstərilmişdir. Qrafikdə q_0 yükünün borunun uzunluğundan asılılığı, tutumun azalması istiqamətində göstərilmişdir. Qrafikdən göründüyü kimi böyük məsafələrdə yükün qiyməti tutumun azalması ilə mütənasib olaraq kiçilir. Tədqiqatlardan müəyyən edilmişdir ki, q_0 yükü-



Şəkil 1.

nün qiyməti dalğanın yayılma istiqamətindən asılı deyil. O yalnız boru boyunca tutumun necə paylanmasıdan asılıdır. Yükün qiyməti $q_0 = C_0 \varphi_0$ ilə təyin olunduğundan C_0 azaldıqca q_0 azalır, artdıqca isə q_0 yükünün qiyməti artır. Bu asılılığın xarakteri elektrodlardan hansının alışdırıcı olmasından asılıdır.

Ədəbiyyat

1. Агаев М.Н., Садых – заде Г.М. «Динамика развития разряда в длинной трубке с переменной распределенной емкостью» BDU, Fizikanın aktual problemləri. VI Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 2010, s.80

UZUNLUĞU RADIUSUNDAN ÇOX BÖYÜK OLAN BORULARDA DEŞİLMƏ DALĞASINA XARİCİ FARTORLARIN TƏSİRİ

Həsənli N. Z., Ağayev M.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

nerminhesenli03@gmail.com

Geniş yayılmış fiziki hadisələr sinifinə aid olan və əsas xassələri stri-mer və Taunsend mexanizmi çərçivəsi daxilində öz izahını tapa bilmə-yən, uzun boşalma aralığında baş verəndeşilmə prosesinin öyrənilmə-sinə maraq artmışdır. Belədeşilmədə qazlarda ionlaşma cəbhəsinin hərəkəti baş verdiyindən, belə ki, bu hadisənin öyrənilməsi eimi maraqdan başqa onun çox geniş tətbiq oblastları yaranmışdır.

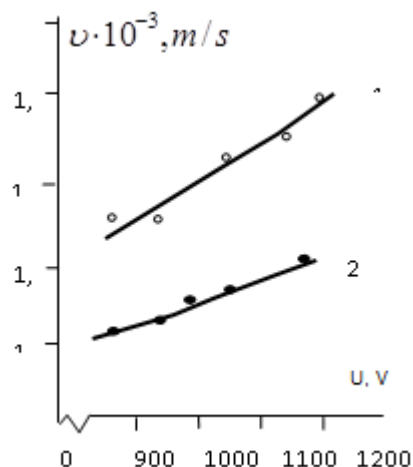
Uzunluğu radiusundan çox-çox böyük olan borulardadeşilmə dalğa-sının xassələrinin öyrənilməsi, borunun həcmində ionlaşma cəbhəsinin yayılmasına təsir edən faktorların araşdırılması, tədqiqatçıların qarşısı-na bir məsələ kimi qoymuşdur. Aparılan tədqiqatlar zamanı nüəyyən edilmişdir ki, borunun divarının yüklənməsi ionlaşma cəbhəsinin yayıl-masında əsas rol oynayır və bu boru boyunca tutumun dəyişməsinə ek-ivalentdir. İonlaşma dalğasını öyrənərkən əvvəlki işlərdə, xarici faktor kimi boru boyunca C_0 tutumunun sabit olduğu hallara baxılmışdır. Lakin boru boyunca dəyişən tutumlu aralıq boyunca tədqiqatlar kifayət qədər aparılmamışdır.

Bizim işimizdə isə, əsas məqsəd boru boyunca dəyişən paylanmış tutumlu uzun boruda, xarici faktor olan tutumun boşalmanın dinamikası mexanizminə necə təsir etməsini tədqiq etməkdir.

Tədqiqatlar borunun daxilində yüksək vakuum yaratmaq imkanı ve-rən standart qurğuda aparılmışdır. Boruda elektrod kimi lüminessent lampalarında istifadə olunan volfram - oksiddən istifadə olunmuşdur.

Borunun üzərinə hər bir örtüyün eni üç santimetr, onlar arasındakı məsafə bir santimetr olan həlqələr sarılmışdır. Boşalma borusuna on yeddi köynək geydirilmişdir. Birinci köynək alışıdırıcı elektroddan 20 sm məsafədə, axırncı örtük isə borunun uzunluğunun xarici səthinin 70 - sm məsafəsini örtmüşdür .

Təcrübə şəraitində boşalmanın meydana gəlmə prosesini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar (şəkil 1). Alışdırıcı elektroda verilən gərginliyin qiymətini artırdıqca elektrod ilə divarın yaxın sahəsi arasında qaz aralığınınin dəşilməsi baş verir. Belə olduqda cərəyan elektrod potensialına çox yaxın olan potensiala qədər divarı yükləyir və bu zaman plazma buludu əmələ gəlir. Sonra əsasən buludun səthi ilə divarların səthi arasında elektrik sahəsi bir yerə cəmləşir. Bu sahənin kəfayət edəcək böyük diymətində boru



Şəkil 1.

boyunca daha güclü sahə oblastında yeni yaranan ionlaşma hesabına plazma sərhəddi öz yerini dəyişərək irəli sürüşür. Beləliklə, plazma sərhəddi ionlaşma cəbhəsi ardınca hərəkət edir və öz qarşısında elektrik sahəsini yaradır. Yeni yaranan plazma sütunda uzununa və eninə zəyif sahələr qalacaq. Belə sahənin hesabına elektrodan divarı yükləyən cərəyan keçəcək. Plazma sütunun sərhədi ilə yer arasında ionlaşma cəbhəsinin yaranması üçün müəyyən potensiallar fərqiindən istifadə olunmalıdır. Əgər uçlarda sütunun uzunluğunun artması ilə gərginlik düşgüsü artması elektrod ilə yer arasında potensiallar fərqiinin uyğun artımı ilə əvəz olunursa, gözlənilən proses baş verə bilər. Bu zaman, ionlaşma bütün boruya yayılanda boşalmanın ilkin formalaşması mərhələsi başa çatır.

Ədəbiyyat

1. G. M.Sadıqzadə, M.N.Ağayev. Tutumun qeyri – monoton dəyişən uzun boşalma borusunda ionlaşma dalğasının tədqiqi. Fizikanın müasir problemləri VII Respublika konfransı, 2013,s. 159 – 161.

QUANTUM STATES IN A TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS WITH SPIN-ORBIT INTERACTION

Rzayeva F.S., Ibrahimov B.H.*

Baku State University

rzayeffa.f@gmail.com

Spin-orbit (SO) interaction, which arises in the presence of spatial inhomogeneity of the potential energy $V(r)$, is described by the SO Hamiltonian contribution H_{SO} in the form:

$$H_{SO} = \frac{\hbar^2}{4m_0^2 c^2} [\nabla V(r) \times p] \cdot \sigma$$

where:

1. m_0 is the mass of a free particle (electron),
2. p - is the momentum operator,
3. $\sigma=(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$ are the Pauli matrices.

In this and subsequent equations, we set Planck's constant $\hbar=1$ for simplicity.

If the potential energy inhomogeneity is due to sharp changes in the parameters of the sample near its boundaries (e.g., a heterojunction in a semiconductor structure), this asymmetry is called structural and denoted as SIA (Structure Inversion Asymmetry). In this case, the dominant contribution to the SO interaction is described by the Rashba Hamiltonian (E.I. Rashba, 1960):

$$H_R = \alpha_R (\sigma_x p_y - \sigma_y p_x)$$

The constant α_R (Rashba parameter) determines the strength of this type of SO interaction. In typical semiconductor structures, it is about:

$$\alpha_R \sim (0.25 - 10) \times 10^{-11} \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

Since the Rashba contribution arises from structural asymmetry, its value can be varied by applying an external electric field. Experiments show that the Rashba parameter can be adjusted by up to 50%, which is important for applications.

Another contribution can arise from Bulk Inversion Asymmetry (BIA) in the crystal lattice—when the atomic arrangement lacks a center

of inversion. This gives rise to the Dresselhaus Hamiltonian (G. Dresselhaus, 1955), which in the linear approximation for a two-dimensional electron gas takes the form:

$$H_D = \beta_D (\sigma_x p_x - \sigma_y p_y)$$

The constant β_D is called the Dresselhaus parameter. In most studied semiconductor nanostructures, the ratio α_R/β_D falls approximately within the range 1.5~2. This was confirmed in recent experiments measuring photocurrents in quantum wells based on GaAs and InAs.

References

1. Khomitsky D.V., Physical foundations of spin density control methods in spintronics nanostructures: Tutorial. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2011.– 94 p.

QAZ BOŞALMASI ƏSASINDA İŞLƏYƏN OZONATORLARDA OZONUN MAKSİMAL ÇIXIŞ ENERJİSİ

İlyazova Ü.N., Ələkbərov Ş.Ş.*

Bakı Dövlət Universiteti

ulfanilyazova@gmail.com

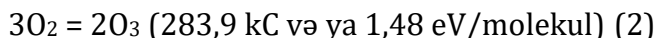
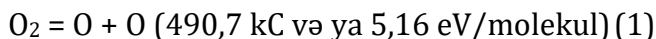
Müasir dünyanın bir sıra inkişaf etmiş ölkələrində ozonun elektro-sintezi elmi və praktik baxımından böyük əhəmiyyət daşıyır. Ozon güclü oksidləşdirici qaz (oksidləşdirmə potensialı Polinq cədvəlində 3,4-dür) kimi tibbdə, içməli su emalında və bir çox digər sahələrdə geniş istifadə edilir [1-5].

Qaz boşalmasında ozonun alınması aşağıdakı mexanizm üzrə baş verir. Əvvəlcə elektrik sahəsində sürətlənmiş elektronların təsiri (toqquşması) ilə oksigen molekulları atomlara (ionlar da ola bilər) dissosiasiya olunur və sonra oksigen atomları digər oksigen molekulları ilə birləşərək 3 atomlu ozon molekulunu əmələ gətirir. Lakin burada dissosiasiya olunmuş oksigen atomları yenidən bir biri ilə birləşərək oksigen molekulları əmələ gətirə bilər.

Ozonun energetik çıxımını kinetik tənliklərə görə hesablamaq

mümkündür. Lakin bu halda müəyyən çətinliklər yaranır. İstənilən halda ozonun energetik çıxımı onun (kimyəvi reaksiyanın) istilik effektindən çox ola bilməz.

Ümumi halda ozonun əmələ gəlmə reaksiyası



Reaksiyanın istilik effekti tənliyinə əsasən hesabladıqda $\sim 0,83$ kVt·saat/kq və ya $1,21$ kq O_3 / kVt·saat alınır. Bu o deməkdir ki, ozonun energetik çıxımı bu qiymətdən böyük ola bilməz. Reallıqda isə ozonun energetik çıxımı bu qiymətdən çox kiçikdir. Real olaraq yaxşı energetik çıxıma malik qurğular baryer boşalması əsasında işləyən ozonatorlardır və onların energetik çıxımı $\sim 0,2$ kq O_3 / kVt·saat olur.

Elmi ədəbiyyatda bəzən reallığa uyğun olmayan müxtəlif qiymətlərə rast gəlinir: $0,4$ kq O_3 / kVt·saat [4], $0,45$ kq O_3 / kVt·saat [5].

Məlumdur ki, sistemin müəyyən E enerjisini alma ehtimalı [6]

$$\omega = A \cdot e^{-\frac{E}{kT}} \quad (3)$$

(1) və (2) tənliliklərinə uyğun olaraq $E_1 = 5,16$ eV, $E_2 = 1,48$ eV ,

$$\omega_1 = A_1 \cdot e^{-\frac{E_1}{kT}} \quad (4)$$

$$\omega_2 = A_2 \cdot e^{-\frac{E_2}{kT}} \quad (5)$$

yazmaq olar. $A_1 = A_2$, yəni reaksiyanın hər iki istiqamətdə getmə ehtimalının eyni olduğunu və

$$\omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (6)$$

nəzərə alsaq

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} \approx 9 \quad (7)$$

alırıq.

Bu halda ozonatorların ozona görə energetik çıxımı $\sim 0,135$ kq O_3 / kVt·saat olur.

Fotoionlaşma hesabına əmələ gələn ozonu (analitik hesablamaq mümkün deyil) hesablama yolu ilə əlavə etdikdə ozonatorların ozona görə maksimal energetik çıxımı $\sim 0,2 - 0,25$ kq O_3 / kVt·saat olar. Bu nəticə real ozonatorların energetik çıxımı tərtibindədir.

Ədəbiyyat

1. В.В.Луниин, М.П.Попович, С.Н.Ткаченко. Физическая химия озона М.: МГУ, 1998, 480 с.
2. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987, 592 с.
3. N.A.Mamedov, B.B.Davudov, K.M.Dashdamirov, G.M.Sadikhzade, J.N.Jabarov, Sh.Sh.Alakbarov. Influence of physical processes in dual barrier discharge gap to electro synthesis of ozone. 4th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering, 4-6 September, Pitesti, Romania, 2008, p.IV-37 – IV-40.
4. K.V.Kozlov, T.Yu.Shchegielskaya, V.G.Samoylovich.//Pros. 10th Int. Symp. on Plasma Chem. Bochum Germany.1991, V.3. P.3.2-13.
5. F.E.Louther. //Pat. (US) 3784838, 1974; 3836786, 1974; 3875035, 1975; 3891561, 1975; 3899682, 1975;... 4038165, 1977.
6. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. Справочник по физике. М., Наука, 1968, 940 с.

MİKROBOŞALMA KANALINDA BAŞ VERƏN FİZİKİ PROSESLƏRƏ BOŞALMA ARALIĞINDAKI QAZIN TƏZYİQİNİN TƏSİRİ

Mahmudova A.M., Ələkbərov Ş.Ş.*

Bakı Dövlət Universiteti

aytacibisova019@gmail.com

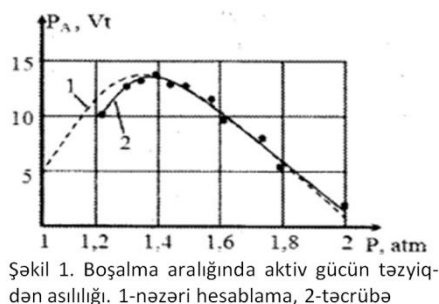
Müasir dövrdə qaz boşalmasında – plazmada baş verən fiziki-kiyəvi proseslərin öyrənilməsi böyük elmi və praktik əhəmiyyət daşıyır. Aydın-
dır ki, qaz boşalması ümumilikdə mikroboşalmaların əsasında formalaşır.
Bu baxımdan qaz boşalmasında – mikroboşalmalarda baş verən fiziki-ki-
yəvi proseslərə xarici təsirlərin araşdırılması elmi və praktik baxımdan
böyük aktuallığa malikdir [1-5].

Məlum olduğu kimi [5], ikiqat baryer boşalmasında boşalma aralığın-
da qazın tərkibi (qazda O₂ molekullarının olması vacibdir), axın sürəti,
təztiqi və elektrodlar arasındakı məsafə sabit qaldıqda aktiv elementin
çıxışında ozonun konsentrasiyası boşalma aralığındakı aktiv güclə düz
mütənəsis olur və boşalma aralığındakı N_A aktiv güc

$$N_A = 4fC_b \left[- \left(1 + \frac{C_q}{C_b} \right) \cdot \left(\frac{BP_0d}{k + \ln(P_0d)} \right)^2 + \frac{BP_0d}{k + \ln(P_0d)} \right] \quad (1)$$

Ifadəsi ilə hesablanır (Şəkil 1). Burada f -işçi gərginliyin tezliyi,

C_b -boşalma aralığının baryer tutumu, C_q -qaz aralığının tutumu, P_0 -boşalma aralığında qazın təzyiqi, d -baryerlər arasındakı məsafə, B və k boşalma aralığındakı qazı xarakterizə edən sabitlərdir.



Şəkil 1. Boşalma aralığında aktiv gücün təzyiqdən asılılığı. 1-nəzəri hesablama, 2-təcrübə

(1) ifadəsi ilə təyin olunan aktiv güc boşalma aralığında təzyiq 1 atm, temperatur 300 K, baryerlər arasındakı məsafə 1 mm, baryerlərin dielektrik nüfuzluğu 5 olduqda vahid zamanda 10–50 nsan müddətində baş verən, enerjisi 5–10 mK olan çoxsaylı mikroboşalmaların nəticəsində əmələ gəlir.

Mikroboşalma kanalının diametrinin 0,3 – 1 mm, mikroboşalma zamanı ötrülən yükün miqdarının $(2 - 10) \cdot 10^{-10}$ Kl olduğunu nəzərə alsaq bu halda mikroboşalma kanalında cərəyan sıxlığı 100 A/sm² olduğu məlum olar.

Bu işdə sadəlik üçün nəzərə alınmışdır ki, mikroboşalma oblastında cərəyan sıxlığı Taunsend tərəfindən verilmiş elektronlar seli nəzəriyyəsinə uyundur və

$$j = j_0 \cdot \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (2)$$

Mikroboşalma zamanı daşınan yüklər dielektrik baryer üzərində disk şəklində ləkə əmələ gətirdiyini nəzərə alsaq, mikroboşalmanın oxu boyunca və radial istiqamətdə elektrik sahəsinin müntəzəm və qeyri bərabər paylandığı tapılar. Beləliklə mikroboşalma kanalında

$$\nabla P' = J \cdot B \quad (3)$$

və ya

$$\nabla P' = \frac{J_0^2 r}{2} \cdot \left(\frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \right)^2 \quad (4)$$

kimi təyin olunan mikroboşalmanın oxu boyunca və radial istiqamətdə ($x=y$ olduqda) paylanmış təzyiq alınar.

Ədəbiyyat

1. А.А.Хафизов, Р.И.Валиев, Л.Н.Багаутдинова, Аз.Ф.Гайсин, Ал.Ф.Гайсин, Ф.М.Гайсин, И.Т.Фахрутдинова. Электрический разряд переменного тока в однопроцентном растворе хлорида натрия в дистиллированной воде при пониженных давлениях. Теплофизика высоких температур, 2022, том 60, №4, с. 625–628.

2. А.Н.Матюнин. Исследование систем генерации озона в барьерном разряде с высокоомными электродами. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Чебоксары, 2019, 140 с.
3. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987, 592 с.
4. N.A.Mamedov, B.B.Davudov, K.M.Dashdamirov, G.M.Sadikhzade, J.N.Jabarov, Sh.Sh.Alakbarov. Influence of physical processes in dual barrier discharge gap to electro synthesis of ozone. 4th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering, 4-6 September, Pitesti, Romania, 2008, p.IV-37 – IV-40.
5. N.Ə. Məmmədov, B.B. Davudov, G.M.Sadıqzadə, Ş.A.Allahverdiyev, Ş.Ş.Ələkbərov. İki-baryerli qaz boşalmasında aktiv gücün işçi gərginliyin tezliyindən və qazın təzyiqindən asılılığı. "Fizikanın aktual problemləri" IX Respublika elmi konfransının materialları. BDU, 22 Dekabr 2016, s.51-55.

PREPARATION OF NANO ZnO COATINGS FOR INVESTIGATION OF UV PERMEABILITY

Suleymanli N.R., Aghamaliyev Z.A.*

Baku State University

nerminsuleymanli8@gmail.com

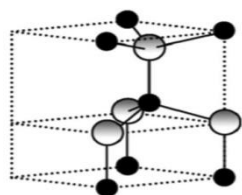
Zinc oxide nanoparticles (ZnO NP) have attracted significant attention in recent years due to their exceptional UV-blocking capabilities, high stability, and non-toxic nature. These properties make ZnO an ideal material for applications in UV-protective coatings, sunscreens, and optoelectronic devices. The synthesis method and precursor materials significantly influence the final properties of ZnO NP, including their size, crystallinity, and optical performance.

Based on an extensive literature review, we have encountered various ZnO synthesis methods such as chemical precipitation, sol gel, hydrothermal, and spray pyrolysis. Among them, the most optimal synthesis method for our study is the hydrothermal synthesis method presented below.

The hydrothermal synthesis of ZnO nanoparticles using zinc sulfate (ZnSO_4) and sodium hydroxide (NaOH) as precursors [1,2]. The effects of synthesis conditions on nanoparticle morphology and UV permeability are examined, along with the relationship between coating thickness. ZnO NP were synthesized via the hydrothermal method using zinc sulfate

($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) as the zinc source and sodium hydroxide (NaOH) as the precipitating agent. Deionized water was used as the reaction medium to ensure homogeneous dispersion of reactants. In a typical synthesis, an aqueous solution of ZnSO_4 was prepared under continuous stirring. A separate NaOH solution was gradually added dropwise until the pH of the mixture reached 10–12. The reaction mixture was then transferred into a Teflon-lined stainless-steel autoclave and heated at 120–180°C for 6–12 hours. The variation in temperature and reaction time was investigated to assess their impact on particle size and crystallinity.

After completion of the hydrothermal reaction, the precipitated ZnO NP were collected by centrifugation and washed several times with deionized water and ethanol to remove residual byproducts. The obtained ZnO powder was dried at 80°C and subsequently annealed at 300°C to enhance crystallinity and structural stability.



As a result of the conducted research, it was found that the obtained ZnO NP has a Hexagonal- Wurtzite structure (see figure).

The Wurtzite crystal lattice corresponds to the hexagonal structure of ZnO (zinc oxide), in which each Zn atom is tetrahedrally coordinated with 4 oxygen atoms. In this crystal structure, atoms are arranged in repeating ABAB... layers, which classifies it within the hexagonal crystal system. Such crystal structures are important for piezoelectric and optoelectronic applications.

Future research should focus on optimizing nanoparticle dispersion and surface functionalization to enhance coating stability. Additionally, doping ZnO with other metal ions could further improve its UV absorption and photocatalytic properties, making it suitable for a broader range of industrial applications.

References

1. Singh, R., & Kumar, S. (2021). "Hydrothermal synthesis of ZnO nanoparticles: Effect of precursor composition on structural and optical properties." *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 21(5), 2341-2349.
2. Zhang, L., et al. (2019). "Optimization of hydrothermal conditions for the synthesis of high-purity ZnO nanoparticles." *Journal of Materials Research*, 34(7), 1789-1798.

BAND GAP TUNING IN CdS NANOPARTICLES: THE ROLE OF Cd/S RATIO

Sultanova L.R., Gahramanli L.R.*

Baku State University

sltnva.luiza@gmail.com

Cadmium sulfide (CdS), a direct bandgap II-VI semiconductor, has garnered significant attention due to its applications in optoelectronics, photocatalysis, and solar cells. CdS exists in two primary crystallographic phases: cubic (zinc blende) and hexagonal (wurtzite). The phase composition is highly sensitive to synthesis conditions, with the Cd:S ratio being a key determinant. For instance, in the literature demonstrated that CdS nanoparticles synthesized using CdCl_2 predominantly formed a cubic phase with a bandgap of 2.26 eV, while those derived from $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ exhibited a mixed cubic-hexagonal structure with a slightly lower bandgap of 2.24 eV [1]. Similarly, studies using ultrasonic irradiation in aqueous media have shown that a Cd:S ratio of 54:46 yields nearly stoichiometric CdS with a hexagonal crystal structure, enhancing crystallinity and phase stability [2].

The sonochemical method was used to obtain CdS nanoparticles. Recation carried out for 1:2, 1:3, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9 and 1:10 ratios ($\text{Cd}^{2+}:\text{S}^{2-}$). Cd^{2+} and S^{2-} the solutions was prepared separately. 5% of 3-MPA was used as a capping agent. The prepared solutions were exposed by ultrasonic waves for 1.5 hours in a sonicator. The obtained solution was centrifuged at 50 rpm for 10 minutes, consisting of 3 repetitions. In the end, it was left to dry for drying at room temperature. The absorbance spectrum of the samples was studied by Ultraviolet-Visible spectroscopy. This spectrum is given in Figure 1 and band gap value for each sample are demonstrate in Figure 2.

The E_g value for the 1:2 ratio is 2.29, the E_g value for the 1:3 ratio is 2.21, the E_g value for the 1:5 ratio is 2.20, the E_g value for the 1:6 ratio is 2.19, the E_g value for the 1:7 ratio is 2.18, the E_g value for the 1:8 ratio is 2.17, the E_g value for the 1:9 ratio is 2.16, and the E_g value for the 1:10 ratio is 2.15 eV. As the Cd/S ratio decreases in CdS nanostructures, the

material becomes increasingly cadmium-deficient and sulfur-rich. This off-stoichiometric condition leads to the formation of cadmium vacancies (V_{Cd}) within the crystal lattice.

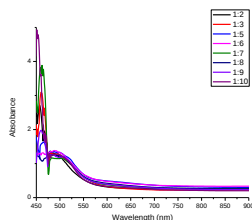


Fig.1. Absorbance spectrum of CdS cation-anion ratio

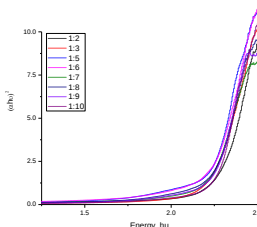


Fig.2. Band gap value of CdS for different cation-anion ratio

These vacancies act as acceptor-type defects, introducing localized electronic states near the valence band edge. The presence of such defect states effectively narrows the optical band gap, as electrons require less energy to transition from the valence band to these new, defect-related conduction states. Initially, as the sulfur content increases, the band gap decreases significantly due to the increasing concentration of defects. However, after a certain point (around Cd:S = 1:5), the decrease in band gap slows down and begins to saturate.

Reference

1. Devamani, R. H. P., Kiruthika, R., Mahadevi, P., & Sagithapriya, S. (2017). Synthesis and characterization of cadmium sulfide nanoparticles. *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol*, 4(1), 181-185.
2. Kafi-Ahmadi, L., Mohammadzadeh-Hesar, R., & Khademinia, S. (2018). Influence of reaction parameters on crystal phase growth and optical properties of ultrasonic assisted Hydro-and solvothermal synthesized sub-micrometer-sized CdS spheres. *International Journal of Nano Dimension*, 9(4), 346-356.

BÖLMƏ 4

FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI

ORTA ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİNDƏ FİZİKA FƏNNİNDƏN KEÇİRİLƏN PRAKTİK DƏRSLƏRİN ŞAĞİRDŁƏRDƏ FORMALAŞDIRDIĞI MÜSBƏT MƏNƏVİ KEYFİYYƏTLƏRƏ PEDAQOJİ-PSİXOLOJİ ASPEKTDƏN YANAŞMA

Bağirova Ə.A., Nurullayev Y.Q.*

Bakı Dövlət Universiteti

bagirova170201@gmail.com

Praktik dərslərdən (praktik dərslər - məsələ həlli, laboratoriya təcrübələri və nümayiş eksperimentlərini nəzərdə tuturuq) biri olan məsələ həlli təhsil, tərbiyəvi və praktik əhəmiyyətə malikdir. Məsələ həllinin tərbiyəvi əhəmiyyətinə aşağıdakılar daxildir: iradəlilik, axtarıcılıq, tədqiqatçılıq, problemi həll etmə, çətinliyə dözmə və onu dəf etmə, əməksevərlik, müstəqil, yaradıcı fəaliyyət, qabaqcadan duyma, diaqnostika, özünütərbiyə və s. Məsələ həlli məntiqi təfəkkürün inkişafına, ümumi əqli inkişafa, ideyaların və görüşlərin yaranmasına kömək edir, şagirdləri alimlərin kəşfləri və ixtiraları ilə tanış edir, diqqəti elm və texnikanın inkişafına yönəldir, əməyə şüurlu münasibət və məhəbbət hissi, fizikaya maraq formalaşdırır.

Məsələ həllinin didaktik funksiyalarından biri olan tərbiyəedici funksiyanın əsasını hadisənin mahiyyətini açmaq və onun haqqında tam inam yaradılması və fikrin, fəaliyyətin düzgün istiqamətləndirilməsi təşkil edir ki, bunun nəticəsində şagirdlərdə iradəlilik, şüurlu mənimləmə, araşdırma, müqayisəetmə, müstəqillik, səliqəlilik, nümunəvilik, sistemləşdirmə, dəqiqləşdirmə, vahidləri çevirmə bacarığı kimi keyfiyyətlər tərbiyə olunur [1].

Aparılan araşdırmalar göstərdi ki, şagirdlər məsələ həlli dərslərinin çətin olduğunu, lakin öyrənməyin faydalı olduğunu, özgüvənlərini artırdığını düşünürlər. Məsələ həlli dərsləri onlarda dəqiqlik, diqqətlilik və məsuliyyət (80%), nəticəçıxarma (41%), səbr, iradə, əzmkarlıq (40%), qərarvermə və məsuliyyət (35%), sistemləşdirmə və konstruksiya etmə (21%) kimi müsbət keyfiyyətlər inkişaf etdirir.

Təlimdə əyaniliyi təmin etmək üçün Məktəb fizika eksperimenti

(MFE) mühüm əhəmiyyətə malikdir. MFE özü bir sistemdir və sistemin komponentlərindən biri eksperimental metoddur ki, biz buraya daxil olan laboratoriya və nümayiş eksperimentlərində formalaşan müsbət mənəvi keyfiyyətlərə pedaqoji-psixoloji aspektdən baxacağıq.

MFE-nin funksiyalarından biri olan tərbiyəedici funksiyanın əsasını da hadisənin mahiyyətini açmaq və onun haqqında inam əldə etməklə fikrin, fəaliyyətin düzgün istiqamətləndirilməsi təşkil edir. İstiqamətlənmiş fəaliyyət nəticəsində şagirdlərdə müşahidəçilik, müstəqillik, səliqəlilik, konstruksiya etmək, təcrübəni yığmaq və onu icra etmək vərdişi, nəticə çıxarma bacarığı aşılır və iradəlilik keyfiyyətləri tərbiyə olunur.

MFE-nin tətbiqi o zaman daha yaxşı effekt verə bilər ki, tədrisin tələbindən asılı olaraq onun hər bir növündən bacarıqla düzgün istifadə edilsin və dərsin əsas məqsədi ilə uzlaşsın. Bu məqsədlə MFE-nin pedaqoji-psixoloji əsasları ilə materialın məzmunu, mahiyyəti və şərhilə yanaşı əsas psixoloji faktorlar olan duyğu, qavrayış, təsəvvür, hafizə, mücərrədləşdirmə, diqqət, iradə, müqayisə, maraq, anlama və yadasalmadan səmərəli istifadə edilməsinin təşkilini zəruri edir.

Fizikanın tədrisində MFE estetik, zövq oxşayan və optimal icra olunan, görüntü, səhihlik, etibarlılıq, inandırıcılıq tələblərini ödəməli, şagirdlərin psixikasına təsiri nəticəsində xoş təəssürat oyatmalı və nümayiş olunan hadisənin mahiyyətini açmağa yönəlməlidir.

Fiziki hadisənin mahiyyəti təcrübə və sözlə müşayiət edildikdə şagirdlərdə eyni istiqamətdə təsir yaratmaqla əvəz edilməz imkanlar yaranır. Bu da öz növbəsində böyük pedaqoji əhəmiyyət kəsb edir.

Aparılan araşdırmalardan məlum oldu ki, laboratoriya təcrübələri dərsləri şagirdlərdə dəqiqlik, diqqətlilik və məsuliyyət (69%), müşahidə və təhlil bacarığı (62%), fikir mübadiləsi aparma bacarığı (50%), yaradıcı düşünmə və tədqiqatçılıq (39%), səbr, əzmkarlıq, iradə, komanda ruhu və əməkdaşlıq (33%), nəticə çıxarma (31%) kimi müsbət keyfiyyətlər inkişaf etdirir.

Deyilənlərdən bu qənaətə gəlirik ki, fizikanın tədrisində praktik dərslərdən səmərəli istifadə etdikdə pedaqoji-psixoloji əsaslar bir-biri ilə əlaqəli şəkildə inkişaf edir və mənimsəməyə güclü şəkildə öz müsbət təsirini göstərir [2].

Ədəbiyyat

1. Əlizadə Ş.H., İsmayılov İ.N., Fizikanın tədrisi metodikası, Bakı, 2018, 340 s.
2. Əlizadə Ş.H., Pedaqoji universitetlərdə "Məktəb fizika eksperimenti", Bakı, 2011, 266 s.

MÜASİR DÖVRDƏ AZƏRBAYCANDA YAŞIL ENERJİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ

Bəşirzadə N.E., Cabbarov C.H.*

Bakı Dövlət Universiteti

nunubashirzade500@gmail.com

1. Yaşıl enerjinin aktuallığı

İqlim dəyişikliyi və qlobal istiləşmə ilə mübarizədə yaşıl enerji mühüm rol oynayır. Azərbaycan da bu sahədə müxtəlif təşəbbüslər irəli sürərək bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafına xüsusi diqqət yetirir. Xüsusilə, 2030-cu ilədək ölkənin enerji sektorunda yaşıl enerjinin payını artırmaq və enerji istehsalında karbon tullantılarını azaltmaq məqsədilə strateji addımlar atılır. Prezident İlham Əliyevin elan etdiyi "yaşıl enerji zonaları" konsepsiyası, xüsusilə Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdə geniş şəkildə həyata keçirilməkdədir. Bundan əlavə, beynəlxalq investorlar və tərəfdaşlarla əməkdaşlıq çərçivəsində müxtəlif külək və günəş enerjisi layihələri icra edilir.

2. Külək mühərriklərinin bəzi parametrləri

Azərbaycanda külək enerjisinin istifadəsi üçün əlverişli olan bölgələr əsasən Abşeron yarımadası, Xəzər dənizi sahilləri və Naxçıvan Muxtar Respublikasını əhatə edir. Bu ərazilərdə külək sürəti orta hesabla 6–9 m/s arasında dəyişir ki, bu da kommersiya məqsədilə enerji istehsalı üçün yetərli göstəricidir.

Müasir külək mühərrikləri müxtəlif ölçülərdə olur, lakin Azərbaycanda quraşdırılması nəzərdə tutulan mühərriklərin bəzi əsas texniki göstəriciləri aşağıdakı kimidir:

- Güc diapazonu: 2–5 MW
- Maksimum güc üçün külək sürəti: 12–15 m/s
- Dayaq hündürlüyü: 80–120 m

Azərbaycanın külək enerjisi potensialı təxminən 3500–5000 MVt səviyyəsində qiymətləndirilir ki, bu da ölkənin enerji təhlükəsizliyini gücləndirmək üçün böyük imkanlar yaradır.

3. Bu mühərriklərin tətbiqi planları

Azərbaycan hökuməti və beynəlxalq təşkilatlar arasında bağlanan

yeni müqavilələr sayəsində külək enerjisi sektorunda böyük layihələr icra olunmaqdadır. 2023-cü ildə BƏƏ-nin “Masdar” şirkəti ilə imzalanmış müqavilə çərçivəsində 500 MVt gücündə külək elektrik stansiyasının tikintisinə başlanılıb. Eyni zamanda, Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda ofşor (dənizdə yerləşən) külək stansiyalarının inşası da gündəmədədir. Hökumət tərəfindən qəbul edilən “Azərbaycan 2030: Dayanıqlı İnkişaf üçün Milli Prioritetlər” proqramı çərçivəsində külək enerjisinin payının artırılması istiqamətində aşağıdakı addımlar atılır:

- Xarici investorların cəlb edilməsi və xüsusi iqtisadi zonaların yaradılması;
- Külək mühərriklərinin istehsalı və montajı üçün yerli sənayenin inkişafı;
- Elektrik şəbəkəsinin modernləşdirilməsi, bərpa olunan enerji mənbələrinin stabil integrasiyası üçün yeni infrastrukturun qurulması.

Bütün bu araşdırmalar göstərir ki, yaxın 30 ildə külək enerjisi istehlakına, bu generatorların istismarına, onunla bağlı infrastrukturun yaradılmasına ixtisaslı işçilər tələb olunur ki, bu da magistraturada uyğun fənlərin tədrisinə ehtiyac yaradır. Yaşıl enerji haqqında olan bu məlumatlar Fizikanın tədrisində politexnik təlimin həyata keçirilməsində əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasının Energetika Nazirliyi. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə. Bakı, 2022, s.45-60
2. Azərbaycan Respublikasının Energetika Nazirliyi. Azərbaycanın uğurlu ‘yaşıl enerji’ siyasəti. Bakı, 2023, s. 27-35
3. Azərbaycan Respublikasının Nazirlər Kabineti. “Bərpa olunan enerji mənbələri üzrə informasiya sisteminin Əsasnaməsi”nin təsdiq edilməsi barədə 28 sentyabr 2023-cü il tarixli 348 nömrəli qərar. Bakı, 2023

ŞAĞIRDLƏRİN FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ TƏFƏKKÜR VƏ PRAKTİK FƏALİYYƏTİN İNKİŞAFI

Əhmədova A.Ə., Qarayev E.S.*

Bakı Dövlət Universiteti

aismemmedova2004@gmail.com

Şagirdlər fizikadan müxtəlif növlü kompleks tapşırıqları yerinə yetirərkən müxtəlif cihazlarla işləyirlər və elmi idrak metodunu tətbiq edirlər. Bu zaman müəllimin rəhbərliyi ilə şagirdlər fiziki hadisə və prosesləri təhlil edir, ölçmələr icra edərək eksperimentdə yoxlayır, həm də sonda riyazi hesablamalar aparır. Şagirdlər bütün bu proseslərdə fərdi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, fikri və praktiki fəaliyyətlərinin tempini və səviyyəsini aydınlaşdıran əldə edilmiş və möhkəmləndirilmiş müəyyən psixi keyfiyyətlər əldə edirlər. Şagirdlər bilik və bacarıqlarını fizikanın bir sahəsindən digər sahəsinə köçürməyi bacarmalıdırlar. Fizikanın öyrənilməsi, onların təfəkkür və nitqini inkişaf etdirmək üçün güclü bir vasitə olmaqla yanaşı, həm də şagirdlər hadisəni düzgün izah etməyi, qanunu yazılı və ya şifahi şəkildə düzgün ifadə etməlidirlər ki, bu da onların təfəkkürü ilə yanaşı nitqin də düzgün inkişaf etdirilməsinə şərait yaradır.

Məlumdur ki, orta yaşlı şagirdlərin təfəkkürü də fizikanı öyrən-məyə başlayarkən verilmiş situasiyada fiziki hadisəni və obyektı dərk edə bilməsi ilə başlayır və belə hissi qavrayış olmadan təfəkkür mümkün deyildir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, fizikanın tədrisi prosesində şagirdlərin təfəkkürünü inkişaf etdirmək üçün onların diqqətini məqsədə uyğun şəkildə hadisələrin, obyektlərin və proseslərin müşahidəsinə yönəltməklə bərabər, həm də onların təfəkkürünü inkişaf etdirmək üçün xeyirli olmasını təmin etməkdən ötrü müşahidələrin məqsədi aydın müəyyən edilməlidir.

Şagirdlərin əqli inkişafının əsas əlamətlərindən biri də, onların müşahidə etdiyi hadisənin verilən anda ən xarakterik əlamətini seçə bilməsidir. Bunun üçün şagird kifayət qədər eksperiment aparmalı, ölçmələr icra etməli, qanunauyğunluğu müəyyənləşdirməli, məsələ həll etməli, texniki tətbiqlərlə tanış olmalı və s. işləri icra etməlidir.

Fizika təliminin ən vacib məsələlərindən biri şagirdlərin məntiqi təfəkkürünün inkişaf etdirilməsidir ki, bu da o demək deyildir ki, şagirdlər formal məntiqi metodları bilməməlidir. Bu iş müəllim tərəfindən yerinə yetirilməli və fiziki anlayış, qanun və nəzəriyyələri məntiq qanunları əsasında şərh edərək şagirdlərin idrak fəaliyyətini təşkil etməlidir. Şagirdlərin məntiqi təfəkkürü fiziki biliklərin mənimsənilməsindən asılı olaraq, məntiq qanunları əsasında əqli inkişaf prosesində formalaşır. Məntiqi təfəkkürü inkişaf etdirmək üçün müşahidələrə qiymət verməli, eksperiment aparmağı bacarmalı, hipotez və nəzəriyyəni eksperimentlə yoxlamaq vacib sayılmalıdır.

Fizika təliminin əsas vəzifələrindən biri də şagirdlərin praktik fəaliyyətini və yaradıcı təfəkkürünü inkişaf etdirməkdən ibarətdir. Bu vəzifənin həyata keçirilməsi şagirdlərin sərbəstlik və fəallıq göstərməsi ilə əlaqədardır. Yaradıcı təfəkkür və fəaliyyət üçün alınan nəticələrinin yeniliyi xarakterikdir və bu yenilik obyektiv və subyektiv xarakter daşıyır. Bu isə o deməkdir ki, insan tamamilə yeni kəşflər edə bildiyi kimi, olmuş hadisələrdən xəbəri olmadan da onları yenilik kimi kəşf edə bilər.

Fizika tədrisi prosesində onların yaradıcı təfəkkürü və praktik fəaliyyətinin inkişafı üçün aşağıdakı məqsədləri yerinə yetirmələri vacibdir:

- eksperiment vasitəsi ilə fiziki kəmiyyəti müəyyən etməli;
- materialların xassələrini və texniki xarakteristikasını öyrənməli;
- onlara tanış olan qanun və bacarıqlara əsasən hadisələri izah edərək verilmiş şəraitdə fiziki prosesin necə getdiyini görə bilməli;
- praktik tapşırıqları yerinə yetirməyi planlaşdırmalı və fiziki hadisələri konstruksiya etməli;
- texniki qurğuların təkmilləşdirilməsi üçün təkliflər verməli;
- fizika məsələlərinin həllinin müxtəlif variantlarını müzakirə etməli və s;

Laboratoriyalarda aparılan təcrübələr, ölçmə işləri, hesablamalar fizikanın elmi tədqiqat metodunun bir hissəsi hesab olunur. Tədris prosesində də fiziki hadisələrin dərk edilməsi müşahidə ilə başlayır, sonra mücərrədləşmə aparılır və nəhayət, praktik tətbiq sahələri izah edilir.

Ədəbiyyat

1. Бугаев А.И. Методика преподавания физики. Теоретические основы. - М.: Просвещение, 1981, 288с.

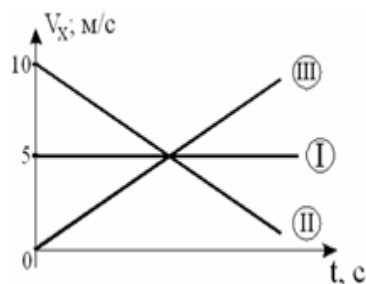
FİZİKADAN TESTLƏRİN QEYRİ-STANDART HƏLL METODLARI

Ələkbərova N.V., Əhmədova A.B.*

Bakı Dövlət Universiteti

nermin20062006@gmail.com

Təfəkkür (o cümlədən fizika sahəsində) insanın aləmi dərk etməsinin ən yüksək səviyyəsidir. O, idrakın dərk etmə səviyyəsində qavranılması mümkün olmayan obyektlər, xassələr və real dünyanın obyektləri arasındakı əlaqələr haqqında bilik əldə etməyə imkan verir. Buna görə də, testin tərifinə əsaslanaraq (testin subyektin psixofizioloji şəxsiyyətinə diaqnoz qoymalı olduğunu bildirir) test tapşırıqları blokuna şagirdlərin ən rəşional yolla həll edə biləcəkləri tapşırıqlar da daxil edilməlidir. Bu testlər əsasən fizika fənnini öyrənməkdə yüksək nəticələr göstərən, həm də peşəkar fəaliyyətlərini elmi tədqiqatlarla daha da əlaqələndirməyi planlaşdıran şagirdlər üçün nəzərdə tutulub. Buna görə də, bu testləri həll edərkən, əsas biliklərə əlavə olaraq, yüksək intuisiya və həllə qeyri-standart Yanaşma lazımdır (bütün bu keyfiyyətlər çoxlu sayda problemlərin, testlərin həlli və əlavə materialın öyrənilməsi ilə qismən inkişaf etdirilir). Bu qrupa aid olan testlər formal həll yolu ilə yanaşı, son nəticəni ən optimal şəkildə əldə etməyə imkan verən qeyri-standart həllə də malik ola bilər və olmalıdır.



- A) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 1 : 2 : 3$
B) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 1 : 3 : 2$
C) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 3 : 1 : 2$
D) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 3 : 2 : 1$
E) müəyyən etmək mümkün deyil

$$S_{3x} = 1 \cdot S_{\Delta}$$

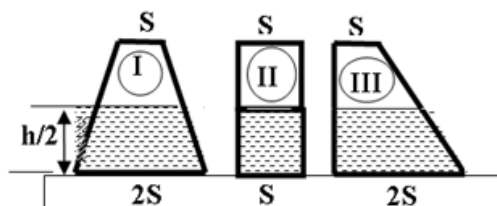
$$S_{2x} = 3 \cdot S_{\Delta}$$

$$S_{1x} = 2 \cdot S_{\Delta}$$

$$S_{3x}; S_{2x}; S_{1x} = 1; 3; 2$$

"Hidrostatik təzyiq" bölməsindən mürəkkəb nümunəni nəzərdən keçirək. Üç qapalı qabda eyni maye var. Əgər bu qablar tərsinə çevrilərsə,

mayelərin qabların dibinə göstərdikləri təzyiqlər arasında hansı münasibət doğrudur ?



A) $P_1 = P_2 = P_3$

B) $P_1 = P_3 < P_2$

C) $P_1 = P_3 > P_2$

D) $P_1 > P_3 > P_2$

E) $P_3 > P_1 > P_2$

$$V_1 > V_3 > V_2, S = \text{const}$$

$$h_1 > h_3 > h_2, P = \rho gh$$

$$P_1 > P_3 > P_2$$

Ədəbiyyat

- 1.Orucov A.K.-Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. 2012. Bakı. Ləman. S.125
- 2.Orucov A.K. Mexanika kursu. 2023. Bakı.Fiuzat nəşriyyatı.s.257
- 3.Orucov A.K. Molekulyar fizika kursu.2023.Bakı.Fiuzat nəşriyyatı.s.255

ÜMUMİ FİZİKA KURSUNUN TƏDRİSİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ YOLLARI

Əməşzadə M.A., Qarayev E.S.*

Bakı Dövlət Universiteti

amashov15@gmail.com

Təhsili işçiləri suveren Azərbaycanın çiçəklənməsinə mühüm töhfə verməyə borcludurlar və həm də ölkəmizin iqtisadiyyatının, mədəniyyətinin bu gün və xüsusilə də sabah gələcək inkişafı, həlledici dərəcədə gənc nəslin təhsil və tərbiyəsinin keyfiyyətindən asılıdır.

Universitetlərdə uğurlu mütəxəssis hazırlığının əsas şərtlərindən biri təhsil işinin humanistləşdirilməsi məsələsidir. Məlum olduğu kimi, XX

əsrin elmi-texniki tərəqqisi - enerjini, texnologiyanı və istehsalın texnoloji proseslərini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirmişdir. Xüsusilə də, kompüter texnologiyasını, proqramla avtomatlaşdırılmış istehsal xətlərini, nüvə energetikasını, kosmik stansiyaları və s.-ni bəşəriyyətin xidmətinə vermişdir. Lakin bəzən elmi-texniki yaradıcılığı insanın rifahına yönəltməyə çağırılan kadrların kifayət qədər hazırlığı olmadığından fəvqəladə hallar yaranır ki, bu səbəblərdən də bəşəriyyət qarşısında bir-birilə əlaqəli iki problem yaranmış olur: texniki məhsulların etibarlılığı və kadr hazırlığı üçün pedaqoji proseslərin səmərəliliyinin artırılması, yəni təhsilin humanistləşdirilməsi.

Aydındır ki, bu problemlərin həllində təbiət elmləri xüsusi rol oynayır, çünki bu elmlər, texnologiyanın nəzəri əsasını təşkil edir və həm də onun öyrənilməsi şəxsiyyətin təfəkkürünün inkişafına töhfə verir. Ona görə də bunu nəzərə alan pedaqoji universitetlər gələcəyin fizika müəllimlərinə ən müasir biliklər verməli, yaxşı praktiki hazırlıq keçməli və onlar da daima öz üzərlərində işləməlidirlər. Ümumi fizika kursunu öyrənərkən tələbələrə əsasən aşağıdakıları aşılamaq lazımdır:

- elmin istehsalatda tətbiqinə yol açan müasir fizikanın əsas nəzəriyyələrini, xüsusilə onun metodologiyasını və texniki vasitələrini sistemli şəkildə mənimsəmək;

- müasir fizikadan əldə edilmiş bilikləri tədris məqsədləri üçün təkrar edə bilməyi bacarmaq;

- fiziki məsələlərin həlli zamanı əldə edilmiş bilikləri məharətlə tətbiq etmək;

- müasir avadanlıqlardan istifadə etməklə sadə laboratoriya tədqiqatları aparmağı bacarmaq;

- müasir ədəbiyyat mənbələrindən istifadə etməklə yeni fizika məsələlərinin müstəqil öyrənilməsinə hazır olmaq və s.

Ümumi fizika fənni üzrə müxtəlif növ dərslərin aparılması üçün əvvəllər müzakirə edilmiş metodologiyaya əsaslanaraq, buna aşağıdakı vasitələrlə nail olmaq olar:

- tədris prosesində fizikanın bütövlükdə bir elm kimi - biliklərin, metodologiyanın və insan fəaliyyətinin müxtəlif növlərinin nümayiş etdirilməsi;

- mərhələli elmi biliklər və ali təhsil pedaqogikasının didaktik prinsiplərinin tələbləri yolu ilə getmək;

- tələbələrin fəal, müstəqil təhsil və elmi fəaliyyətinin formalaşması;
- təlim prosesinin, şəxsi inkişaf prosesinə və eyni zamanda cəmiyyət üzvlərinin biliklərlə zənginləşdirilməsində təsirli və səmərəli amilə çevrilməsi. Şəxsi inkişaf, təbiidir ki, heç bir halda elmi biliklərin möhkəm mənimsənilməsinə alternativ deyil. Əksinə, o, biliyi kadr hazırlığının tərkib hissəsi kimi nəzərdə tutur. İnsan, o vaxt yüksək inkişaf etmiş şəxsiyyət ola bilər ki, yalnız öz bilik və bacarıqlarını, əvvəlki nəsillərin əldə etdiyi bütün qiymətli şeylərlə zənginləşdirmiş olsun.

Pedaqoji universitetlərdə fizika müəllimlərinin hazırlanmasının keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün yuxarıda qeyd olunan ilkin şərtlər əvvəllər də müzakirə olunub və heç bir şübhə doğurmur, ancaq bildiyimiz kimi, insan sonsuzluğu qəbul edə bilməz. Çünki kurikulumun, əsas fənlərin öyrənilməsi üçün ayrılmış vaxtı obyektiv olaraq istənilən nəticəni təmin edə bilməz. Universitetlərdə dərslərin ümumi büdcə vaxtının 30%-i ümumi və nəzəri fizikanın öyrənilməsinə və məktəb fizikasının tədrisi metodikasına ayrılır ki, bu da fənlərin proqramlarına uyğun gəlməkdən uzaqdır. Təcrübədə bu, həftə ərzində şagirdlərin fizikanı cəmi üç sinifdə öyrənməsi, ona görə də tədris materialının səthi öyrənilməsi, fənnə marağın aşağı olması ilə ifadə olunur. Bütün bu deyilən faktlar, ümumi fizika kurslarını tədris edən bir çox müəllimlərlə aparılmış müsahibələr əsasında ortaya çıxmışdır.

Ədəbiyyat

1. Буганов А.И. Методика преподавания физики в средних школах. Баку, 1981.

KVANT NƏZƏRİYYƏSİNDƏ ELEKTRİK CƏRƏYANI ANLAYIŞI

Əsədzadə F.Z., Orucov A. K.*

Bakı Dövlət Universiteti

esedzadefidan1@gmail.com

Fizikaya aid elmi və tədris ədəbiyyatlarında klassik fizikaya - klassik elektrodinamikaya əsasən elektrik cərəyanı haqqında geniş məlumatlar vardır. Klassik elektrodinamikada cərəyan anlayışı ilə bağlı bütün fiziki proseslər və onları xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər, elektronun varlığının üzrərində qurulmuşdur. Elektrik keçiriciliyinin izahı da Drude, Zommerfeld nəzəriyyəsinə və Fermi-Dirak paylanmasına əsaslanır və alınan

nəticələr eksperimentdə təsdiqini tapdığından daha yaxşı başa düşüləndir. Sual yaranır: elektrik cərəyanı enerji daşıyır mı? Klassik təsəvvürlərə görə, bəli, daşıyır. Enerjinin ötürülməsini izah etməyi nöqtəyi nəzərdən bu və ya digər elektrik anlayışları qəbul edilmişdir [1]. Bəs kvant fizikası baxımından naqildə enerji necə ötürülür? Elmi ədəbiyyatda bu məsələyə münasibət birqiymətli deyildir. Olan bütün məlumatları ümumiləşdirdikdə kvant fizikası baxımından elektronlara hissəcik kimi yox elektron dalğaları kimi baxılır. Metallarda elektrik cərəyanı elektronların nizamlı hərəkətinin nəticəsidir. Həm klassik, həm də kvant nəzəriyyəsində elektrik müqaviməti elektronların enerjisinin bir hissəsini itirdiyi kristal qəfəslə keçirici elektronların qarşılıqlı təsiri ilə izah olunur. Lakin klassik və kvant nəzəriyyəsində qarşılıqlı təsirin təbiətinə fərqli baxılır.

Klassik nəzəriyyəyə görə, elektronlar kristal qəfəsin düyünləri ilə toqquşur və ona öz enerjisinin bir hissəsini verir. Klassik nəzəriyyə elektronların orta sərbəst yolunu $\langle \lambda \rangle$ qəfəs parametrinə d ($d \sim 10^{-10} \text{m}$) bərabər tutulur.

Kvant nəzəriyyəsinə görə elektronlar dalğa xassələrinə malikdir və onların nizamlı hərəkəti periodik qəfəsdə de - Broyl elektron dalğalarının yayılması prosesi kimi qəbul edilir. De-Broyl dalğa uzunluğu məlum düsturla müəyyən edilir (1)

$$\lambda_{\text{Br}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (1)$$

Elektrik müqaviməti elektron dalğalarının səpilməsi ilə izah olunur. Düyünlərində hərəkətsiz ionların olduğu, qarışığı və defektləri olmayan metalın ideal bir kristal qəfəsini nəzərdən keçirək. Elektronların de Broyl dalğa uzunluğu qəfəs parametridən böyük olduğundan $\lambda_{\text{Br}} > d$, belə qəfəs elektron dalğalarını səpmir və bu halda elektrik müqaviməti sıfıra bərabər olmalıdır. Elektron dalğalarının səpilməsi yalnız qəfəsin periodikliyi pozulduqda baş verir. Belə təhriflər real kristallarda $T > 0$ olduqda tarazlıq vəziyyəti ətrafında qəfəsin düyünlərinin istilik rəqslərinə görə və quruluşdakı defektlərə (yad atomlar, boşluqlar, dislokasiyalar və s.) görə həmişə mövcud olur. Bütün bu qeyri-bircinsliklər elektron dalğalarının səpilmə mərkəzləri rolunu oynayır və elektrik müqavimətinin yaranmasının səbəbidir. Metalların elektrik keçiriciliyi nəzəriyyəsi kvant

mexanikası, Fermi-Dirak kvant statistikasına əsasən qurulmuşdur və metalların elektrik keçiriciliyinin kvant nəzəriyyəsi adlanır. Kvant nəzəriyyəsində metalların elektrik keçiriciliyinin hesablanması Zommerfeld tərəfindən aparılmışdır və Om qanununun diferensial şəkilini almışdır. Kvant nəzəriyyəsində enerjinin ötürülməsini de-Broyl dalğalarının interferensiyasının nəticəsi kimi baxılır [2]. Elektron dalğalarının interferensiyası zamanı dalğa cəbhələri interferensiyası zamanı interferensiya mənzərəsinin baş verdiyi müstəvilər arasındakı məsafə qəfəs sabiti və dalğa uzunluğu tərtibində olduğu qəbul edildikdə enerji kvantlar şəklində ötürülsə də, enerjinin paylanması kəsilməz baş verir. Bu məsələlərin həll edilməsi naqıl daxilində elektron dalğaları üçün

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(r,t)=\hat{H}\Psi(r,t), \quad \hat{H}=-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+V(r) \quad (2)$$

Şredinger tənliyini tətbiq etmək lazım gəlir.

Ədəbiyyat

1. Kalaşnikov S.Q. Elektrik bəhsi. Bakı, 2015 I, s.339 və II, s.320 hissələr
2. Bliokh, K. Y., Ivanov, I. P., Guzzinati, G., Clark, L., Van Boxem, R., Béché, A., & Verbeeck, J. (2017). Theory and applications of free-electron vortex states. *Physics Reports*, 690, 1-70.

FİZİKADAN BƏZİ AÇIQ TIPLI TESTLƏRİN HƏLLİ METODİKASI

Əzizova N.V., Əhmədova A.B.*

Bakı Dövlət Universiteti

azizovanurane1007@gmail.com

Adətən açıq tipli testlər test tapşırıqlarına cavab variantları verilməyən test tapşırıqları verilir. Açıq tipli testlər sözlərin tamamlanması ilə eləcə də sərbəst ifadə formasında ola bilər.

Açıq tipli test tapşırıqları qapalı test tapşırıqlarından prinsipal olaraq fərqlənir. Qapalı test tapşırığında bütün zəruri olanlar verilir. Burada yalnız sınaqçı variant blokundan doğru cavabı tapır açıq tipli tapşırıqlarda isə sınaqçı əlavə məlumat verir.

Nümunə1

İşığın vakuumda sürəti ... km/san-dir.

Cavab: $3 \cdot 10^8$ km/san. Nöqtələrin yerinə işığın vakuumdan sürətinin ədədi qiymətini yazmaq lazımdır. Tamamlayıcılar və ya əlavələr şəklində verilən testlər axtarılan kəmiyyət q/m olan söz və düsturlar və.s cümlənin müxtəlif hissələrində verilə bilər.

Nümunə 2

14 om müqavimətə malik naqilin uclarına 28V gərginlik tətbiq edilib. Naqildən axan cərəyan şiddəti ... amperdir.

Burada nöqtələrin yerinə om qanununa görə $J=U/R$ düsturundan tapılmış qiyməti yəni, 2 yazılır. Kompüterdə və ya kağızdan olan cavab blanklarında rəqəmləri daxil etmək üçün xüsusi cədvəl tətbiq edilir.

Açıq tipli test tapşırıqlarını tətbiq edərkən məntiqi müəyyənlik, fasetlik, paralellik, dönməzlik, dönərlik, inkar etmə təsirləndirmə və.s kimi prinsiplər əsas götürülməlidir.

Məntiqi müəyyənlik prinsipi sınaqçının testə məzmununa və forma-ya uyğun olaraq düzgün cavab verməsini asanlaşdırır və ya ona imkan yaradır. Fasetlik (variantlıq) prinsipi aşağıdakı şəkildə olur. BS-də {uzunluq zaman, kütlənin} ölçü vahidləridir.

Nümunə

R müqavimətli naqildən cərəyan J şiddəti axır t saniyə müddətində naqildə coul-lens istiliyi ayrılır.

Bu test 3 fasetdən ibarətdir.

Paralellik prinsipi 3 anlayışı özündə saxlayır.

A) məzmunu görə paralellik

B) məzmunu və formaya görə paralellik məzmunu formaya və tapşırığın çətinliyinə görə paralellik

C) Məzmunu görə paralellik-fasetlik prinsipindən istifadə etməklə təmin edilir.

Dönərlik prinsipi əvvəlcədən istifadə olunmuş təkliflərdən yenidən istifadə olunması kimi başa düşülür. Məsələn BS-də cərəyan şiddətinin vahidi A-dir. Buna əsas təklif (dönərlik) BS-də Amper vahididir.

Cisim təcili yoxdursa onda hərəkət

A) Düzxətli bərabərsürətlidir

B) Bərabərsürətlidir

C) Cismə təsir edən qüvvə sıfırdır və .s

Ədəbiyyat

1. Orucov A.K. – Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. 2012. Ləman, S.125.

MEXANİKA BÖLMƏSİNƏ AİD EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏ HƏLLİ

Hüseynli N.Z., Cabbarov C.H. *

Bakı Dövlət Universiteti

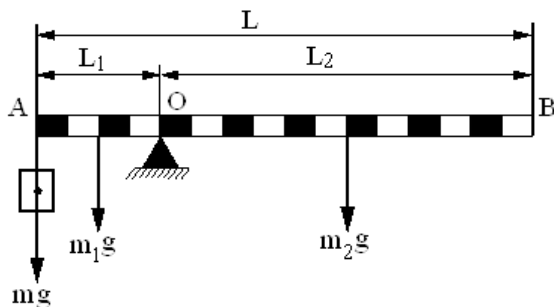
nurlanahuseynli2002@gmail.com

Fizikanın tədrisi məktəb və universitetlərdə təbii elmlər arasında mühüm yer tutur. Fizikanın tədrisində ən vacib komponentlərdən biri eksperimentlərdir. Fizikanın düzgün öyrənilməsi və anlaşılması üçün nəzəri biliklər qədər eksperimental təcrübələrin də rolu böyükdür. Tədris prosesində eksperimental məsələlərin istifadəsi, tələbələrin nəzəri bilikləri praktiki təcrübə ilə əlaqələndirilməsinə imkan verir və onların elmi düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Bu tezisnin məqsədi, fizika tədrisində eksperimental məsələlərin əhəmiyyətini araşdırmaqdır.

Dediklərimizi əyani şəkildə göstərmək üçün belə məsələ həll edək.

Məsələ: Uzunluğu l , kütləsi m olan düzbucaqlı xətkəş vasitəsi ilə cisimlərin kütləsini necə təyin etmək olar?

Məsələ mexanika bölməsinin qüvvə momenti mövzusunda aid eksperimental məsələdir. Məsələnin həlli üçün onun şəklini göstərək.



l xətkəşin uzunluğu, l_1 və l_2 dayaq nöqtəsindən olan məsələlərdir. Kütləsi təyin olan cisim xətkəşin kənarında, A nöqtəsində yerləşdirilib. Xətkəşin kütləsi m olduğu üçün l_1 hissəsinin kütləsi $m_1 = \frac{M}{l} l_1$ və l_2 hissəsinin kütləsi $m_2 = \frac{M}{l} l_2$ -dir. Momentlər qanununu tarazlıq halı üçün yazsaq:

$$mgl_1 + m_1g \frac{l_2}{2}$$

l_1 və l_2 -ni yerinə yazsaq alarıq:

$$mgl_1 + \frac{M}{l}l_1g\frac{l_1}{2} = \frac{M}{l}l_2g\frac{l_2}{2}$$

alırıq.

g-ləri hər iki tərəfdən ixtisar etsək, alırıq:

$$ml_1 = \frac{M}{2l}(l_2^2 - l_1^2)$$
$$m = \frac{M}{2l} \cdot \frac{l_2^2 - l_1^2}{l_1}$$

Sadələşdirmə aparsaq:

$$m = \frac{M}{2l} \cdot \frac{(l_2 + l_1)(l_2 - l_1)}{l_1} = \frac{M}{2} \left(\frac{l}{l_1} - 2 \right)$$

Burada $l_1 + l_2 = l$ münasibətinəzərə alınıb.

Deməli, yükün kütləsini tapmaq üçün yük A nöqtəsində yerləşdirilir, xətkəsi dayaq üzərində sütü.dürərək tarazlıq halını qeyd edərək, naməlum kütləni belə təyin etmək olar:

$$m = \frac{M}{2} \left(\frac{l}{l_1} - 2 \right)$$

Bir sözlə, naməlum kütləni tapmaq üçün A nöqtəsi il tarazlıq nöqtəsi arasındakı məsafəni ölçmək kifayətdir. Qeyd edək ki, dayaq nöqtəsi kimi stolun kənarından da istifadə etmək olar.

Ədəbiyyat

1. Akin. T, Yıldırım. A. Fizika tədrisində eksperimental metodların tətbiqi. Journal of physics Education 312 s. 2018

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ МАСЛА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Гусейнли Н., Джаббаров Дж. *

Bakı Dövlət Universiteti

nurlanahuseynli2002@gmail.com

Одним из важных элементов преподавания физики являются экспериментальные задачи, которые помогают учащимся не только понять теоретические основы, но и закрепить их через практическое применение.

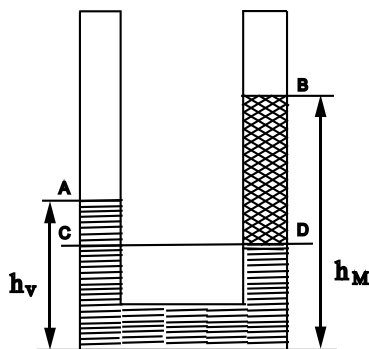
Экспериментальные задачи— это задачи, которые ставятся в контексте физических экспериментов. Они направлены на то, чтобы учащиеся смогли самостоятельно исследовать физические явления, анализировать результаты экспериментов и применять теоретические знания для объяснения этих явлений.

Такие задачи могут охватывать различные области физики: механику, термодинамику, электродинамику, оптику и другие.

Для примера покажем решение количественной экспериментальной задачи.

Найти плотность заданного масла

Оборудование: воронка, линейка, U-образная трубка, сосуды с водой и маслом.



Решение: Возьмем U-образную трубку и вначале нальем туда воду плотность, которой равна 1000 кг/м^3 . Уровни в обоих коленах манометра будут одинаковыми. Затем наливаем масло неизвестной плотности. После этого уровни воды в обоих коленах манометра будут неодинаковы. Здесь в зависимости от положения уровней жидкости и воды, плотность жидкости может быть меньше, равна или больше плотности воды. В зависимости от уровня жидкости и воды, плотность жидкости может быть меньше, равна или больше плотности воды. Измеряем высоту уровней воды (h_v) и масла (h_m).

Проведем горизонтальные линии через границы масла и воды. Далее по закону гидростатического давления в коленах U-образной трубки:

$$P_C = P_D \quad (1)$$

Точки А и В лежат на горизонтальной прямой. Давления в точках А и В равны, соответственно

$$P_C = P_{\text{атм}} + \rho_B g h_B \quad (2)$$

$$P_D = P_{\text{атм}} + \rho_M g h_M \quad (3)$$

где $h_B = |CA|$, $h_M = |BD|$ измеряются линейкой, ρ_M - плотность масла. Подставив выражения (2) и (3) в равенство (1), получим:

$$P_{\text{атм}} + \rho_B g h_B = P_{\text{атм}} + \rho_M g h_M. \quad (4)$$

Преобразовав равенство (4) относительно искомой величины, окончательно получим:

$$\rho_M = \rho_B \frac{h_B}{h_M} \quad (5)$$

Таким образом, для определения плотности жидкости достаточно знать соотношение их высот.

Литературы

1. Запрудский, Н.И. Тетрадь для экспериментальных исследований учащихся по физике: 8-й кл. / Н. И. Запрудский, А. Л. Карпук. - Минск: Сэр-Вит, 2005. - 48 с.

ŞAGİRDŁƏRİN FİZİKADAN EV TAPŞIRIQLARINDA PROBLEMLİ TƏLİM

Kərimli X.E., Orucov A.K.*

Bakı Dövlət Universiteti

xedicek950@gmail.com

Sınıfdə iş istər-istəməz vaxtla məhdudlaşır. Bu, çox vaxt tələbələrə kifayət qədər çətin tapşırıqlar təklif etməyi qeyri-mümkün edir. Bundan əlavə, dərslərdə problemin həlli üçün bütün növ tapşırıqlardan istifadə etmək olmaz. Məsələn, cihazların layihələndirilməsi və hazırlanması üzrə tapşırıqlar, uzunmüddətli müşahidə və ya çoxsaylı yoxlamalar tələb edən təcrübələrin qurulması və s. Buna görə də problemli ev tapşırıqları sinifdə görülən işdən heç də az əhəmiyyət kəsb etmir. Problemli ev tapşırıqlarının əsas növləri. Tədqiqat vəzifələri. Onları nəzəri xarakterli tap-

şırıqlara və eksperimental tədqiqat tapşırıqlarına bölmək olar. Nəzəri xarakterli vəzifələr. Şagirdlərin nəzəri təfəkkürünün inkişafında bu cür tapşırıqların rolunu qiymətləndirmək çətinidir. Lakin onlardan hələ də tədris təcrübəsində kifayət qədər istifadə olunmur. Yalnız ixtisaslaşdırılmış fizika-riyaziyyat məktəblərində onlara müəyyən diqqət yetirilir. Bu cür tapşırıqlara iki misal verək.

1. Generatorun daxili müqaviməti ilə yük müqaviməti arasında hansı əlaqənin olması lazım olduğunu araşdırın ki, onun xarici dövrəyə verdiyi güc ən böyük olsun. Bu halda generatorun səmərəliliyi nə qədərdir? 2. Bikonveks linza ilə yaradılmış obyektə onun real təsviri arasında mümkün olan ən kiçik məsafə nə qədərdir? Problemin neçə həlli var? Nə vaxt problemin həlli yoxdur? Eksperimental tədqiqat tapşırıqları. Bu cür tapşırıqlar nəzəri izahat və ya təcrübənin nəticələrinin nəzəri proqnozlaşdırılmasını nəzərdə tutur. Bunu misallarla izah edək. 1. Divara bərkidilmiş kağız parçasına parlaq bir nöqtə çəkin. Bir qədər uzaqlaşın və bir gözünüzü əlinizlə bağlayın, uzadılmış əlinizdə tutduğunuz kibrit başı ilə nöqtəni örtün. Bunu heç bir çətinlik çəkmədən edə biləcəksiniz. İndi axşam ulduzlar səmada görünəndə onlardan birini, hətta ən kiçiyini də eyni şəkildə kibrit başı ilə örtməyə çalışın, bu dəfə uğur qazana bilməyəcəksiniz. Niyə? Bu hadisənin izahı tədqiqat yanaşmasını tələb edir və iki hal nəzərə alınmalıdır: 1) hər hansı bir ulduz bizdən o qədər uzaqdır ki, ondan müşahidəçinin gözünə daxil olan şüalar paralel hesab edilə bilər, 2) gözün bəbəyi sonlu ölçülərə malikdir və axşam qaranlıqda o da nəzərəcarpacaq dərəcədə genişlənir. 2. Çəkisizlik vəziyyətində mayeyə batırılmış cismə təsir edən qaldırıcı qüvvə olacaqmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Həyatda insan tez-tez müxtəlif problemlərlə üzləşməli olur ki, onların həlli onun malik olduğu biliklərin yaradıcı tətbiqini tələb edir. Bir çox həyat problemləri fizika biliklərindən istifadə etməklə həll olunur. İki misal göstərək 1. Müqaviməti məlum olan yalnız bir reostat və bir voltmetr varsa, müxtəlif keçiricilərin müqavimətini necə təyin etmək olar? 2. Ağacın, zavodun bacasının və s. hündürlüyünü güzgüdən necə təyin etmək olar?

Nəzərdən keçirilən bütün növ tapşırıqların istifadəsi müəllimə problemli ev tapşırıqlarını həm mürəkkəbliyinə, həm də məzmununa görə geniş şəkildə dəyişməyə imkan verir. Problemli tapşırıqlar üzərində işlə-

yərkən tələbələr müəllimin məsləhətlərindən istifadə edə bilərlər. Müəllimin köməyi, təbii ki, eyham xarakteri daşımamalıdır. Bəzən tələbə səhv və ya uğursuz həll yolu seçir. Sonra ona səhvin nə olduğunu və ya həllin niyə uğursuz olduğunu izah etməli və əlavə olaraq işləməyi təklif etməlisiniz. Problemlə ev tapşırıqları qiymətləndirilərkən təkcə həllin düzgünlüyü deyil, həm də sadəliyi və orijinallığı nəzərə alınır.

Məktəbin fiziki sinifində şagirdlərə bəzi tapşırıqları yerinə yetirmək imkanı vermək çox vacibdir. Bu, problemlə tapşırıqların mövzunu əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir və kəmiyyət tapşırıqlarının rolunu və nisbətini artırmağa imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Orucov A.K. Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. 2012.Ləman. S.125.

EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏLƏRİN BİR BAŞA VƏ DOLAYI ÜSULLARLA HƏLLİ METODİKASI

Məmmədova S.A., Rəhimov R.Ş.*

Bakı Dövlət Universiteti

sabina.memmedova2005@gmail.com

Yuxarı sinif şagirdləri üçün real eksperiment daha maraqlıdır. Əsas məqsəd ondan ibarətdir ki, şagirdlər öz biliklərini praktikada tətbiq edə bilsinlər. Ona görə də tədrisin əsas elementlərindən biri şagirdlərin artıq öyrəndikləri cihazlar və ölçü metodlarından praktiki istifadə etməsidir. İstənilən fəaliyyət sahəsində, elm və texnika, sənaye və kənd təsərrüfatı, kosmonavtika və tibbdə insan bu və ya digər kəmiyyəti ölçmək zərurəti ilə üzləşir. Məsələn, havanın temperaturunu, dağın hündürlüyünü, cismin həcmi, arxeoloji tapıntıların yaşını və s.

Ölçmə, ən sadə idrak prosesi olub qəbul edilmiş vahidlərlə verilən kəmiyyətlə məlum kəmiyyət arasında eksperimental müqayisə ilə nəticələnir. Bəzən lazımı ölçmələri xüsusilə bunun üçün nəzərdə tutulmuş cihaz və alətlərlə aparmaq olar. Məsələn, cismin xətti ölçüləri xətkəş, mikrometr və ştangenpərgarla, temperatur termometrlə, kütlə müxtəlif çəki daşları ilə təyin olunur. Belə hallarda ölçmələri "birbaşa və ya bila-

vasitə” adlandırırlar. Lakin bir çox hallarda bizi maraqlandıran kəmiyyət birbaşa ölçmək əvəzinə tamamilə başqa kəmiyyətləri ölçmək tələb olunur, lazım olan cavab isə müvafiq formul əsasında hesablanır. Belə ölçmələr “dolay” ölçmə adlanır. Belə ki maddənin sıxlığını təyin etmək üçün, adətən bu maddədən təşkil olunmuş bir neçə cismin kütləsi və həcmi ölçülür və birinci kəmiyyət ikinciye bölünür.

Kəmiyyətləri ölçmək üçün bir qayda olaraq xüsusi işlənmiş “standart” metodlar var. Lakin elə hallar olur ki qəbul edilmiş qaydalardan istifadə etmək mümkünsüz və ya əlverişsiz olur.

Təsəvvür edək ki, nazik kapillyarın (tutaq ki, adi tibb termometrindeki kapillyarın) diametrini təyin etmək zərurəti yaranmışdır. Kapillayanın borusu olduqca ensizdir və ora xətkəsi “salmaq” qeyri-mümkündür. Üstəlik bizim malik olduğumuz xətkəş həddən artıq kobuddur. Necə davranmaq lazımdır? Sən demə kapilyarın diametrinin birbaşa ölçülməsini “dolay” ölçmə ilə əvəz etmək olar, özü də bunu bir deyil, bir neçə müxtəlif üsulla həyata keçirmək olar. Bəzi hallarda verilənlərlərə uyğun olaraq ölçülən kəmiyyəti təqribi ölçmək mümkün olur. Belə nəticələrin alınmasının da böyük əhəmiyyəti vardır.

Belə bir eksperimental məsələni dolay üsulla həll edək: xətkəş, tərəzi və su damcısından istifadə etməklə termometrin kapillyarının diametrini necə təyin etmək olar?

Tutaq ki, içi boş olan şüşə kapilliyarın kütləsi m_1 -ə bərabərdir. Kapiliyara sovrulma üsulu ilə su yığaraq yenidən m_2 - kütləsi müəyyən edilir. Buradan müəyyən edə bilərik ki, kapilliyada su sütununun m kütləsi

$$m = m_1 - m_2 \quad (1)$$

olacaqdır. Digər tərəfdən su sütununun m kütləsini onun d -diametri və suyun sıxlığı ilə ifadə edə bilərik

$$m = \rho \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \quad (2)$$

bu iki bərabərlikdən şüşə kapilliyarın diametrini təyin edə bilərik

$$d = \sqrt{\frac{4(m_2 - m_1)}{\pi \cdot \rho \cdot l}}$$

sütunun l uzunluğunu xətkəşlə ölçürük, suyun sıxlığını isə cədvəldən götürürük.

Buradan görünür ki, eksperimental xarakterli məsələləri həll edərkən düzgün həll istiqamətini müəyyən etmək lazımdır. Bu, o deməkdir ki, məsələnin şərtində verilən cihazlar və alətlər dəqiq təyin edilməlidir. Eksperimental məsələlərin rəngarəngliyi onların müxtəlif üsullarla həll edilməsi zərurəti yaradır. Aydın ki, elektronun yükünün təyin edilməsi, ulduzların kimyəvi tərkibinin, atom nüvəsinin quruluşunun müəyyən edilməsi dolayı metodlarla həyata keçirilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Rəhimov R.Ş., İmaməliyev A.R. "Orta məktəb fizika kursunda məsələ həllinin metodikası" Bakı-2025
2. Nurullayev Y.Q "Fizika kursunun tədrisi metodikası" Bakı-2018

YENİ MATERIALIN İZAHINDA PROBLEMLİ TƏLİM

Məmmədzadə Z.E., Orucov A.K.*

Bakı Dövlət Universiteti

mammadzadazeynab@icloud.com

Yeni materialı izah edərkən problemli təlimin iki əsas formasından istifadə olunur: problemli təqdimat və axtarış (evristik) söhbət. Problemli təlimin metodologiyası əsasən tədris materialının məzmunundan asılıdır. Bunu fiziki hadisələri, qanunları və nəzəriyyələri öyrənmək nümunəsi ilə izah edək. Problemli yanaşma fiziki hadisənin öyrənilməsinin bütün mərhələlərində müxtəlif dərəcələrdə istifadə oluna bilər. Bununla belə, problemli öyrənmə üçün ən böyük imkanlar hadisənin mahiyyəti aydınlaşdırıldıqda yaranır. Bunu IX sinifdə özünü induksiya hadisəsinin öyrənilməsi nümunəsindən istifadə edərək nümayiş etdirək. Özünü induksiya hadisəsinin problemli tədqiqi üçün hadisənin əsas xüsusiyyətinin aydın şəkildə ortaya çıxacağı bir "istinad" təcrübəsi lazımdır. Bu, elektrik dövrəsini bağlayarkən özünü induksiya ilə məşhur olan təcrübə ola bilər. Hadisənin əsas xüsusiyyəti eksperimentdən aydın görünür: dövrə bağlandıqda sarğı ehtiva edən filialda cərəyan gücünün yavaş art-

ması. İlk baxışdan şagirdlərə elə gəlir ki, müşahidə olunan hadisə dövrənin bir hissəsi üçün Om qanunu ilə ziddiyyət təşkil edir, çünki onlar bilirlər ki, paralel birləşmənin budaqlarında gərginlik eynidir və budaqların müqavimətləri eyni seçilib (ampulların parıltısı reostatdan istifadə etməklə eyni vəziyyətə gətirilib). Problemlə bir vəziyyət yaranır. Yaranan vəziyyətin müzakirəsi dərslərin birində belə keçdi. Müəllim: "Əvvəlcə özümüzə belə bir sual verək: budaqda cərəyan gücünün artmasının ləngiməsinə hansı fiziki səbəb səbəb ola bilərdi?" Şagirdlər bir sıra cavab verirlər Müəllim: "Qapalı dövrədə induksiya EQ-nin meydana gəlməsinin ümumi vəziyyətini xatırlayaq." Şagirdlər, belə bir vəziyyətin dövrəyə nüfuz edən maqnit axınının dəyişməsi olduğunu cavablandırırlar. Müəllim dərs prosesində başqa suallar verə bilər. Beləliklə, tədricən axtarış söhbəti zamanı mərkəzi problem həll edilir və özünü induksiya hadisəsinin xarakteri açılır. Fiziki qanunların problemlə öyrənilməsi. Əgər kəmiyyət qanunu qurularsa, problem əsaslı yanaşma ən çox tələbələri eksperimental tədqiqatın ümumi ideyasının axtarışına və onun ayrı-ayrı mərhələlərinin planlaşdırılmasına cəlb etməkdən ibarətdir. Məsələn, Boyl qanununu öyrənməzdən əvvəl müəllim şagirdlərin qarşısında ümumi problem qoya bilər: qaz təzyiqinin onun həcmindən (sabit temperaturda və qaz kütləsində) asılılığının eksperimental tədqiqi ideya təklif edilə bilər. Bundan sonra fərdi təfərrüatlar aydınlaşdırılır.

Ədəbiyyat

- 1.Orucov A. K. Orta məktəbdə fizikanın öyrədilməsi metodikası. Bakı: Ləman, 2012. s. 125.
- 2.Orucov A. K. Mexanika kursu. Bakı. 2024.Fyuzat nəşriyyatı. s. 257.

MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA TEST TAPŞIRIQLARININ TƏSNİFATI

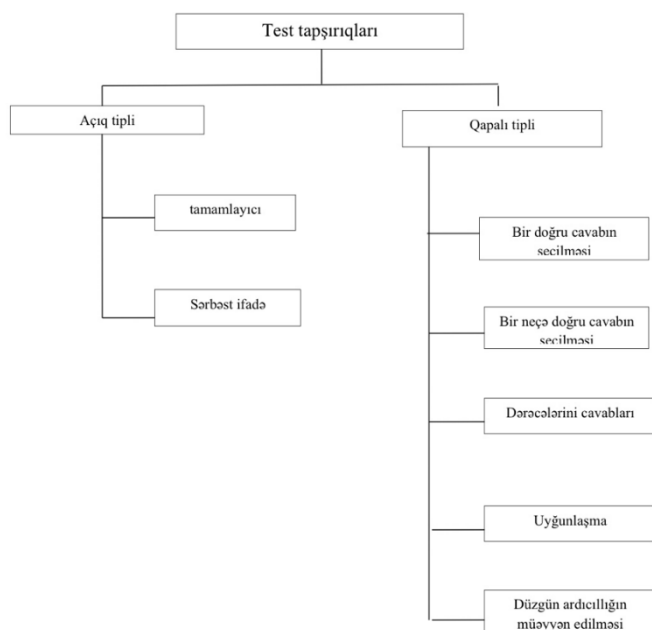
Mənəfova T.C., Orucov A.K.*

Bakı Dövlət Universiteti

tarlanamanafova@gmail.com

Test formasındakı tapşırıqların formaları çox müxtəlif ola bilər, xüsusən Raspopov V.M.4 test tapşırığının 24 formasını təklif edir. Bu baxımdan test tapşırıqlarının təsnifatı faydalı görünür. Test tapşırığının

formasını baxımından aşağıdakı təsnifatı təqdim etmək olar. Bütün tapşırıqlar iki böyük qrupa bölünür: açıq formada tapşırıqlar və qapalı formada tapşırıqlar. Təsnifat sınaqçıya əlavə məlumatın verilib - verilməməsinə əsaslanır. Əlavə məlumat lazımdırsa, bu tapşırıq açıq formada, əlavə deyilsə, bu tapşırıq qapalı formada. Açıq formada olan tapşırıqlar nəyi isə əlavə edərək fikri tamalamaq və ya sərbəst ifadə etmək şəklində olan tapşırıqlara bölünür. Birinci halda, sınaqçı tapşırığın məzmununu öz məlumatı ilə tamamlamalıdır. Nəticədə tapşırıq əsl məntiqi ifadəyə çevrilməlidir. Tamamlanma halı olan testlərdə buraxılan nöqtələrin və ya xəttin yerinə cavabların içərisində verilən söz və ya söz birləşməsin-



dən və yaxud rəqəm əlavə etmək lazımdır. Əlavə edilən fikir qısa olmalıdır - bir, ən çoxu iki və ya üç söz. Sınaqlarda ən çox qapalı formada tapşırıqlar istifadə olunur. Test(sınaq) zamanı ən çox qapalı formada tapşırıqlardan istifadə olunur. Bu tapşırıqlar özündə həm əsas (sual, təklif), həm də cavabları (cavab elementləri) ehtiva etməsi ilə xarakterizə olunur ki, sınaqçı bunlardan istifadə edərək düzgün cavabı seçməli və ya tərtib etməlidir. Bir neçə düzgün cavab seçimi olan tapşırıqlarda sınaqçı bütün doğru cavabları göstərməlidir. Test tərtibçisinin vəzifəsi belə bir gradasiyaya (dərəcələnməyə) imkan verən əlamətləri tapmaq və tətbiq etməkdir. Cavabların dərəcəsi mütəxəssisin, məsələn, tapşırığın tərtibatçısının

dərəcəsi ilə tamamilə üst-üstə düşərsə, sınaqşı maksimum bal alır. Uyğunluğun müəyyən edilməsi tapşırıqlarında sınaqçıdan testin iki çoxluq elementləri arasındakı uyğunluğu tapmaq tələb edir. Düzgün ardıcılığın müəyyən edilməsi üçün sınaqçı tapşırıqlarda cavabın uyğun elementlərini seçməklə kifayətlənməməli, həm də onları lazımi ardıcılıqla düzməlidir. Bu tapşırıqların köməyi ilə sınaqçının ayrı-ayrı sözlərdən, cümlələrdən, qrafik istifadə edərək tərif, anlayış haqqında bilikləri yoxlamaq rahatdır.

Ədəbiyyat

1.Orucov A.K.Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. Bakı: Ləman, 2012. S.125.

ŞAĞIRDLƏRİN MÜSTƏQİL EKSPERİMENTLƏRİNDƏ PROBLEMLİ TƏLİM

Rəsulova L.Z., Orucov A.K.*

Bakı Dövlət Universiteti

rsulovalamiy469@gmail.com

Şagirdlərin yerinə yetirdikləri təcrübələr onların müstəqilliyini artırır və müəllimə şagirdlərin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almağa imkan verir. Eksperimentdə problemlə təlimi N - saylı məktəbinin 11-ci sinfində aparılmış "Cərəyan mənbəyinin EQ-ni və daxili müqavimətinin təyini" adlı laboratoriya işinin nümunəsi ilə izah edək. İşə başlamazdan əvvəl bütün lazımi avadanlıqlar şagirdlərin masalarına yerləşdirilir. Hər bir dəstdə iki və ya üç elementdən ibarət batareya, şaquli paneldə nümayiş müqavimətlər qutusu, laboratoriya ampermetri, voltmetr və açar olmalıdır. Lövhədə işin adı və birinci tapşırıq yazılır: "Batareyanın daxili müqavimətini təyin edin". Lövhənin yanında böyük bir vərəqdə daha iki (əlavə) tapşırıqın mətnləri böyük şriftlə yazılır:

1. Xarici müqavimət R-ə bərabər olarsa, dövrədə cərəyanın gücünü hesablayın. Alınan qiyməti eksperimental olaraq yoxlayın. Hesablama və təcrübənin nəticələri uyğun gəlmirsə, bunun mümkün səbəblərini göstərin.

2. Əgər sizin ixtiyarınızda yalnız ampermetr və müqavimət qutusu varsa, cərəyan mənbəyinin (r) daxili müqavimətini təyin etmək üçün bir üsul tapın. Daxili müqaviməti təyin edin. r -in bu qiyməti əsas tapşırığı yerinə yetirərkən əldə edilən qiymətə uyğun gəlirmi? Uyğun gəlmirsə

bunun mümkün səbəblərini göstərin. Müəllim şagirdlərə xatırladır ki, işin qiymətləndirilməsi onun tamam sərbəst yerinə yetirilməsindən çox asılıdır. Bundan sonra o lövhədə yazır: 1. İş yerinə yetirmək üçün yazılı plan tərtib edin. 2. Elektrik dövrəsinin sxemini çəkin və sxemi qurun. 3 Ölçmə və hesablamaların nəticələrini qeyd edin. Müəllim deyir, kim müstəqil olaraq beş dəqiqə ərzində əsas tapşırığı yerinə yetirmək üçün plan hazırlaya bilmirsə əlini qaldırmalıdır və mən onlara bu tapşırığı yerinə yetirməyə kömək edəcək bir kart verəcəyəm. Onların hər birində aşağıdakı istiqamət verici suallar yazılmışdır: 1. Tam dövrə üçün Om qanununun düsturunu yazın. 2. Mənbənin EHQ-nin eksperimental olaraq necə təyin olunduğunun xatırlayın. 3. r -in necə təyin olunacağını bir daha düşünün. Şagirdlər tapşırığı uğurla yerinə yetirdilər.

Problemli situasiya frontal təcrübələrdə və fiziki praktikumlarda da verilə bilər. Problem xarakterli elementlər işin xüsusiyyətindən, şagirdlərin hazırlıq dərəcəsiindən, dərslərin vaxtının bütünlüyündən və digər hallardan asılı olaraq müxtəlif həcmli və müxtəlif mərhələlərdə verilə bilər. Məsələn, 11-ci sinifdə "Misin elektrokimyəvi ekvivalentinin təyini" laboratoriyası işini bütünlüklə problemlər baxımından qurmaq mümkün deyil, çünki onun həyata keçirilməsinin müvəffəqiyyəti eksperimentin şagirdlərin qabaqcadan görə bilmədiyi xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmasından asılıdır. Bununla belə, tədqiqatın ümumi fikrini aydınlaşdırmaq üçün işi yerinə yetirməzdən əvvəl şagirdlərə problemli tapşırıq təklif etmək faydalıdır: "Metalın elektrokimyəvi ekvivalentini" təcrübə təyin etmək üçün bir üsul tapın, tədqiqatın aparılması üçün plan tərtib edin. Belə bir tapşırıq əvvəlki dərslərdə, onun bitməsinə 10-15 dəqiqə qalmış verilə bilər. Dərsin sonunda vərəqlər (və ya dəftərlər) yığılır, növbəti dərslərin - laboratoriyası işinin əvvəlində şagirdlərin təklif etdiyi həll yolları kollektiv şəkildə müzakirə olunur (2-3 iş seçilir). Eyni zamanda, eksperimentin düzgünlüyünün asılı olduğu şərtlərə də diqqət yetirilir. Pədoqoji təcrübə göstərdi ki, bu metod şagirdlərə eksperiment ideyasını və onun həyata keçirilməsinin spesifik xüsusiyyətlərini dərindən dərk etməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Orucov A.K. Orta məktəbdə fizikanın öyrədilməsi metodikası. Bakı: Ləman, 2012. s.125
2. Kalaşnikov S – Q. Elektrik bəhsi. 2000

MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA ÖZLÜ MÜHİTLƏRDƏ CİSMİN HƏRƏKƏTİ ZAMANI MÜQAVİMƏT QÜVVƏLƏRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASININ ELMİ-METODİKİ TƏHLİLİ

Sadiqova N.E., Orucov A.K.*

Bakı Dövlət Universiteti

nurane.sadiqova023@gmail.com

Adətən məktəb fizika kursunun mexanika bölməsində sürtünmə-müqavimət qüvvələri fərqləndirilsə də, quru sürtünmə daha geniş öyrənilir. Özlü mühitdə hərəkət zamanı yaranan müqavimət qüvvələrinə praktiki olaraq baxılmır və yaxud bir iki keyfiyyət məsələləri, sualları şəkilində verilir. Məktəb fizika kursunda bu qüvvələrin necə yaranması haqqında kifayət qədər məlumat yoxdur. Şagirdlərdə bu qüvvələr haqqında təsəvvür formalaşdırmaq üçün gündəlik həyatlarında rast gəldikləri halları nümunə göstərmək əhəmiyyətlidir. Məsələn hərəkət edən maşında pəncərədən əlinizi çıxartdıqda küləyin hiss olunması, vərəqin hərəkət edən maşından buraxdıqda geriye düşməsi, yayda hovuzda və ya göldə çimərkən müəyyən hündürlükdən üfüqi vəziyyətdən suyun səthinə düşdükdə, hiss olunacaq ağrının yaranması, göldə üzməyin ayaq üstə yeriməkdən asan olması, kometlərin, meteoroidlərin yer atmosferinə daxil olarkən yanmasını, mərmilərin, güllənin və s. hərəkətini göstərmək olar. Lakin müqavimət qüvvələri sürətdən asılı olduqda belə məsələlərin həlli xeyli ciddi riyazi əməllər tələb etdiyindən onun mənimsənilməsi məktəb kursundan çətinliklə qarşılanır. Müqavimət qüvvəsi sabit olduqda, şagirdlər Nyutonun ikinci qanunu tətbiq edərkən müəyyən hesablamalar apara bilər. Buna baxmayaraq səviyyəsi artırılmış siniflərdə riyazi analiz və ali cəbr elementləri sadə şəkildə öyrədildiyindən müqavimət qüvvəsi ilə bağlı bəzi məsələləri həll etmək olar. Bu hallarda əsasən törəmə və inteqralların cədvəl düsturlarından istifadə edilir. Nümunə kimi aşağıdakı məsələyə baxaq.

Məsələ. Kütləsi $m=10\text{ kq}$ olan mərmə $v_0=800\text{ m/san}$ sürəti ilə zenit topundan şaquli yuxarı atılır. Havanın müqavimət qüvvəsinin sürətlə mütənəşib olduğunu bilərək mərmənin ən yüksək nöqtəyə qalxma müddətini təyin edin. $k=10\text{ kq/san}$.

Həlli: Sadəlik üçün qəbul edək ki, koordinat sistemi yerlə bağlıdır və koordinat başlanğıcı yerin səthində götürülmüşdür. Verilmiş t anında bu cisim üçün Nyutonun II qanunu aşağıdakı kimi yazmaq olar [1]:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_{ağ} + \vec{F}_m, \quad (1)$$

$\vec{F}_{ağ} = m\vec{g}$, $\vec{F}_m = -k\vec{v}$ olduğunu (1) tənliyində nəzərə alaq: $F_{ağ}$

$$\frac{mdv}{dt} = -mg - kv, \quad (2)$$

(2) tənliyi dəyişənlərinə ayrılan diferensial tənlikdir. (2) tənliyini aşağıdakı kimi çevirək:

$$\frac{dv}{mg + kv} = -\frac{1}{m} dt, \quad (3)$$

və (3) tənliyinin hər iki tərəfini integrallayaq:

$$\int \frac{dv}{mg + kv} = \int -\frac{1}{m} dt, \quad (4)$$

$$\frac{1}{k} \int \frac{d(mg + kv)}{mg + kv} = -\frac{1}{m} \int dt, \quad (5)$$

$$\ln(mg + kv) + C_1 = -\frac{k}{m} t - C_2, \quad (6)$$

$$C_1 + C_2 = C \text{ işarə etsək; } \ln(mg + kv) + C = -\frac{k}{m} t, \quad (7)$$

alırıq. (7) tənliyindən t_q tapmaq üçün əvvəlcə C sabitini tapmaq lazımdır. Bunun üçün iki başlanğıc şərtədən istifadə edirik:

1) $t=0$ olduqda $v=v_0$ olduğundan

$$C = -\ln(mg + kv_0), \quad (8) \text{ olar. Onda: } \ln \frac{mg + kv}{mg + kv_0} = \frac{k}{m} t, \quad (9)$$

2) $t=t_q$ olduqda $v=0$ olur, onda (9) ifadəsində ikinci şərti nəzərə alsaq alırıq və buradan $t_q = \frac{m}{k} \ln \frac{mg + kv_0}{mg}$, (10) alınır.

Ədəbiyyat

1.Orucov A.K. Mexanika kursu. 2023.Baki. Fyüzat nəşriyyatı. s257.

FİZİKA DƏRSLƏRİNDƏ İNFORMASIYA-KOMMUNİKASIYA TEKNOLOGİYALARININ (İKT) TƏTBİQİ

Sadıqzadə F.E., Sərməsov S.N.*

Bakı Dövlət Universiteti

ssarmasov@rambler.ru

Təhsil sistemimizin modernləşdirilməsi və beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması istiqamətində Azərbaycan Respublikası tərəfindən həyata keçirilən islahatlar, xüsusilə də informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) tədris prosesinə daxil edilməsi, fizika kimi fundamental fənlərin tədrisində keyfiyyətli dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu yanaşma təkcə texniki infrastrukturun yenilənməsi ilə kifayətlənmir, həm də pedaqoji metodologiyanın transformasiyasını, şagirdlərin yaradıcılıq qabiliyyətinin artırılmasını və müasir təlim texnologiyalarının effektiv tətbiqini tələb edir.

Respublika məktəblərinin yeni informasiya texnologiyaları ilə təmin olunması vacib olsa da, bu texnologiyaların səmərəli tətbiqi daha önəmlidir. Onlar şagirdlərin yaradıcılıq qabiliyyətini inkişaf etdirmək və təhsilin fundamentallaşdırılması, informatlaşdırılması, sosiallaşması kimi məqsədlərə xidmət etməlidir. Təhsilə yönəldilən texnoloji investisiyalar üçün konkret inkişaf istiqamətləri müəyyənləşdirilməlidir [1].

Müasir məktəbin əsas məqsədi müstəqil düşünən, yaradıcı və təşəbbüskar gənclər yetişdirməkdir. Təhsil islahatlarının nəticəsi olaraq bütün fənlərdə, o cümlədən fizika fənnində məzmun yenilənmişdir. İnformasiyanın intensiv axını olan müasir dövrdə hərtərəfli inkişaf etmiş şəxsiyyətin formalaşdırılması əsas vəzifələrdən biridir. Buna nail olmaq üçün təhsilalanların maraqlarını nəzərə alan və şəxsiyyət yönümlü təhsil yanaşmalarının həyata keçirilməsi vacibdir [2].

Təhsil sistemində kompyuter texnologiyalarının tətbiqi ilə bağlı iki əsas məsələ ön plana çıxır: məktəblərin texniki təminatı və fizika təlimində bu texnologiyaların istifadəsi zamanı yaranan problemlər. Statistika göstərir ki, son illərdə dövlətin ardıcıl dəstəyi nəticəsində hər bir şagirdə düşən kompyuter sayı əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Lakin əsas problem texniki təminatdan daha çox, bu texnologiyaların tədris prosesində

effektiv istifadəsidir. Müəllimlər üçün fənlərin spesifik xüsusiyyətlərinə uyğun metodik göstərişlərin və istiqamətlərin lazımi səviyyədə verilməməsi bu sahədə həllini gözləyən əsas problemlərdən biridir. Buna görə də araşdırılan məsələ təhsil sisteminin inkişafı baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Müasir dövrdə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) təhsil prosesinə integrasiyası tədrisin keyfiyyətini artırmaq və şagirdlərin bilik və bacarıqlarını daha səmərəli inkişaf etdirmək üçün mühüm vasitələrdən biri hesab olunur. Fizika fənni isə öz mürəkkəb nəzəriyyələri və praktik əhəmiyyəti ilə İKT-nin ən çox ehtiyac duyulduğu sahələrdən biridir [3].

Bu işdə fizika dərslərində İKT-nin tətbiqi, onun şagirdlərin dərş prosesinə marağını artırmaq, mürəkkəb anlayışları daha asan başa düşməyə kömək etmək və praktik bacarıqların formalaşdırılmasında rolu araşdırılır. Eyni zamanda, bu texnologiyaların istifadəsi zamanı meydana çıxan problemlər və onların həlli yolları da təhlil edilir.

Fizika dərslərində informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi tədrisin keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, şagirdlərin fənnə olan marağını artırır və onların məntiqi düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Araşdırma göstərir ki, virtual laboratoriyalar, simulyasiyalar və interaktiv tədris materialları fizikanın mürəkkəb mövzularını daha anlaşıqlı və əyani şəkildə izah etməyə imkan verir.

Lakin bu texnologiyaların səmərəli istifadəsi üçün müəllimlərin İKT bacarıqlarının artırılması, texniki təminatın gücləndirilməsi və tədris prosesinə uyğun metodik yanaşmaların hazırlanması vacibdir. Nəticə etibarilə, fizika dərslərində İKT-nin geniş tətbiqi təhsil sisteminin inkişafına töhfə verəcək və şagirdlərin elmi bilikləri daha effektiv mənimsəməsinə şərait yaradacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Fizika dərslərində İKT-dən istifadənin əhəmiyyəti və perspektivliyi. A.Kərimova. "Təhsil" jurnalı, Bakı: 2024
2. Методы применения ИКТ на уроках физики. Г.Р. Кадириббетова. "Proceedings of International Conference on Educational Discoveries and Humanities". 2023
3. Azərbaycan Respublikasının İKT üzrə Milli Strategiyası (2003-2012).

FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ FƏLSƏFİ ANLAYIŞLARIN FORMALAŞDIRILMASI

Şıxverdiyeva A.M., Qəhrəmanov N.F.*

Bakı Dövlət Universiteti

sixverdiyevaarzu6@gmail.com

İnsan onu əhatə edən cəmiyyət, təbiət, özü və yaratdığı süni şeylər, proseslər haqqında zəngin biliklərə malikdir. Bu isə onun malik olduğu informasiyanı iki böyük bölməyə ayırır: təbii-elmi informasiyalar və humanitar («Homo» insan sözündən) biliklər (insan haqqında bilik).

Tərifdən göründüyü kimi, təbii-elmi və humanitar biliyin fərqi bundan ibarətdir ki, birincisi subyekt (insan) və obyektin (subyektin dərk etdiyi təbiət) fərqləndirilməsinə əsaslanmaqla əsas diqqəti obyektin, ikincisində isə, hər şeydən əvvəl, subyektin üzərinə yönəldir.

İngilis yazıçısı Ç.Snou təbii-elmi və humanitar biliyə uyğun olaraq iki alternativ, mədəniyyəti elmi-texniki və bədii-humanitar mədəniyyətlər haqqında anlayışları formulə etmişdir. Onun fikrincə təbii-elmi və humanitar mədəniyyətlər bir-birindən o dərəcədə kəskin fərqlənir ki, onların nümayəndələri hətta bir-birilərini başa düşmürlər. Məlumdur ki, 60-cı illərdə keçmiş Sovetlər məkanında «fiziklərlə» «liriklər» arasında çox intensiv diskussiyalar aparılırdı. Bu diskussiyalar göstərdi ki, təbii-elmi və humanitar mədəniyyətlərin heç birisi həqiqətin dərkində monopoliyaya malik ola bilməz.

İyirminci yüzillikdə elmin gücündən xəbər verən ən böyük təntənəsi eyni zamanda onun inkişafında böhranın başladığını göstərdi: cimin dühası ilə yaradılmış atom-nüvə silahının dağıntıları, Xirosima və Naqasaki faciələri bəşəriyyətin məhvinə doğru aparırdı. Daha sonra global ekoloji problem zühur etdi. Onun yaranmasında elmin özündən daha çox onun qarşısına qoyulan məqsədlər, həmçinin onun inkişaf etdirilməsinin norma, metod və vasitələr günahkar idi.

Elmin yuxarıda təsvir etdiyimiz səciyyəvi xüsusiyyətləri onun ziddiyyətlərini və məhdudiyyətlərini şərtləndirirdi. Məsələn, cimin fərqmentarlığı göstərir ki, o dünyanın müəyyən hissəsinin proyeksiyasıdır. Böyük fransız riyaziyyatçısı Anri Puankare bu barədə yazırdı: «Elmin

bütün təbiəti əhatə etməsini arzulamaq sadəcə olaraq tamı öz hissəsinin tərkibinə daxil olmağa məcbur etmək deməkdir. Elm ancaq xüsusi problemləri həll edir və xüsusi suallara təcrübə ilə təsdiq olunmuş nisbi cavablar verir. Elm bu səpgili sualları cavablandırmır: Kvarklar nədən təşkil olunmuşdur? İlk maddə necə yaranmışdır? Kosmosa qədər nə olmuşdur? Genişlənən Kainatdan kənarda nə vardır? Məkan və zaman sonludur, ya sonsuz? Bu suallara cavab axtaranlar konkret elm sahələrinə deyil, mədəniyyətin mütləq həqiqətə yiyələnmək istəyən sahələrinə müraciət etməlidirlər.»

Hələ qədim filosoflar mühakimələri biliyə və rəylərə bölürdülər. Aristotelə görə bilik əyani və intuitiv ola bilər. Əyani bilik səbəb haqqında bilikdir. Bu bilik nümayiş etdirilən və sübut oluna bilən bilikdir, b.s. əyani bilik sillogizmlər vasitəsilə çıxarılan əqli nəticədir. İntuitiv bilik isə «bölünməz formanı» ehtiva edən və yaxud cismin mahiyyəti haqqında bilikdir. İntuitiv bilik bütün sübutlar üçün «başlanğıc bazası» formulə etdiklərindən bütün elmlər üçün başlanğıc mənbədirlər. Aristotelin Metafizikasında oxuyuruq: «İstisnasız olaraq hər şey sübut oluna bilər, əks halda sonsuzluğa getmək lazım gələrdi».

Ədəbiyyat

1. N.F.Qəhrəmanov. "Dünyanın təbii mənzərəsi və fizika". Bakı „Elm“, 2007, 248 səh.

FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ ASTRONOMİYA İLƏ FƏNLƏRARASI İNTEQRASIYANIN REALLAŞDIRILMASI

Xanəhmədova F.M., Rəhimov R.Ş.*

Bakı Dövlət Universiteti

fatimxanhmdova@gmail.com

Elmi biliyin inkişafının zəruri xüsusiyyətlərindən biri, bir elmin əldə etdiyi nəticələri və istifadə etdiyi metodların digər elmin nəticələri və metodları ilə əlaqələndirilməsidir. Astronomiya elmi, insanlığın maddi tələbatı kimi yaranmış qədim elmlərdən biri kimi tarix boyu inkişaf pro-

sesində olmuşdur. Onun inkişafının müxtəlif mərhələlərində fizika, riyaziyyat və digər fənlər ilə sıx əlaqəsini müşahidə etmək olar. Belə əlaqə göy cisimlərinin hərəkəti və Günəşin çıxması və batması zamanlarının dəqiq hesablanması ilə bağlıdır. Hələ qədim zamanlarda dünyanın geosentrik və heleosentrik modelləri, Yerin sferik quruluşu malik olması iddiaları irəli sürülmüş və ulduz kataloqları tərtib olunmuşdur. Buna görə də sferik astronomiya bölməsi- göy cisimlərinin real mövcudluğu və xarici görünüşünün öyrənməsinə həsr olunmuşdur.

Məhz Kepler və Qalileyin elmi işləri Nyutona mexanikanın əsas qanunlarını və ümumdünya cazibə qanunu irəli sürməyə imkan vermişdir. Beləliklə, göy mexanikası yaranmışdır və ümumdünya cazibə qanunu və göy mexanikası əsasında göy cisimlərinin hərəkəti, orbitlərin evalyusiyası, onların ölçüsü və forması ilə bağlı olan müxtəlif məsələlər həll olunmuşdur.

Qalileyin teleskopu kəşf etməsi, praktik astronomiyanın yaranmasına səbəb olunmuşdur. Teleskop vasitəsilə insanlar sonsuz kosmik fəzanı öz gözləri ilə görmə imkanı əldə etmişlər.

Fotoqrafiyanın inkişafı ilə astronomiyanın yeni bölməsi olan astrofizika elmi yaranmışdır.

Fizikada kəşf olunan qanunlar kosmik cisimlərə tətbiq olunmaqla öz dəqiq isbatını tapmışdır. Qaliley kometasının qayıtması ilə ümumdünya cazibə qanunu isbat edilmiş və kometaların elliptik orbit boyunca hərəkət etdikləri məlum olmuşdur.

Ay, Mars, Veneranın səthində qurulmuş kosmik apparatlar vasitəsi ilə alınan məlumatlar bir çox elm sahələrində müvəffəqiyyətlə istifadə olunur və elmin ümumi inkişafına böyük töhvə verir.

Son illərdə "Astronomiya" fənninin tədris prosesində istifadə olunmasını təqdir etmədiyimiz səbəbindən, bu boşluğu doldurmaq üçün fizika müəllimlərin bütün tədris müddətində (VII-XI siniflər) şagirdlərə dərstdə, fakültativ məşğələlərdə, dərnlərdə, fizika gecələrində, olimpiadalarda astronomiya elmi ilə bölmələrin izahı zamanı bu haqda geniş məlumat təqdim edərək, yaradıcı, praktik hesablama xarakterli tapşırıqlar verməsinin, referatların hazırlanmasına kömək etmələri istiqamətində effektiv fəaliyyətlərini, hər iki fənnə aid biliklərin dərindən mənimsənilməsinə səbəb ola biləcəyini danılmaz fakt hesab edirik.

Belə nəticəyə gəlmək olar ki, fizika dərslərində astronomiya arasında fənlərarası əlaqənin inkişaf etdirilməsi şagirdlərin kainat haqqında olan biliklərinin əhatə dairəsinin genişlənməsinə səbəb olur. Belə ki, tədris prosesində kosmik obyektlərdə baş verən proseslərin fizika qanunları əsasında izah edilməsi daha effektiv nəticə verir. Bu məqsədlə şagirdlərə “Keppler” qanunları və planetlərin hərəkəti “Ümumdünya cazibə qanunu”, “Planetlərin və ulduzların fiziki təbiəti” mövzularında yaradıcı tapşırıqlar vermək olar.

Ədəbiyyat

1. Вдовенко А.В., Верисокин А.Ю., «Интерактивные методы при изучении небесной сферы и элементов в курсе физики средней школы» Москва 2023.
2. İmanov Ş.Ş. “Orta məktəb fizika tədrisi metodikası” Bakı 2004

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ

Сахбатова И.М., Исмаилова Р.Н.*

Бакинский Государственный Университет

solidita@mail.ru

Одним из эффективных методов изучения физических явлений является решение задач с проведением демонстрационных экспериментов. Эксперименты, сопровождающие изложение материала, способствуют лучшему запоминанию и более глубокому пониманию темы. Они выступают связующим звеном между теорией и практикой [1].

Методы исследования таких задач могут носить как качественный, так и количественный характер. Несмотря на важность экспериментальных задач в учебном процессе, их проведение сопряжено с рядом трудностей, таких как временные затраты на подготовку, необходимость точных измерений, а также возможный разрыв между теоретическими моделями и реальными экспериментальными данными.

В школьном курсе физики 8-го класса особое внимание следует

уделить процессу испарения. Для того чтобы молекула покинула поверхность жидкости, необходимо совершить определённую работу, называемую работой выхода. Если кинетическая энергия молекулы превышает эту работу, молекула может покинуть жидкость, образуя пар над её поверхностью.

Цель работы – наглядная демонстрация процесса испарения воды, определение скорости испарения при различных условиях и расчёт плотности потока молекул на основании экспериментальных данных.

Плотность потока молекул определяется по формуле:

$$j = \frac{\Delta m}{m_0 \cdot S \cdot t}$$

где j – плотность потока молекул (молекул/см²·с), Δm – изменение массы воды (г), m_0 – масса одной молекулы воды (г), S – площадь поверхности испарения (см²), t – время испарения (с).

Описание эксперимента.

Эксперимент проводился при различных условиях:

- при комнатной температуре,
- при наличии потока воздуха (использование вентилятора),
- при нагревании воды с помощью лампы накаливания.

Оборудование: лампа накаливания, линейка, вентилятор, электронные весы, секундомер, три пластиковые тарелки (заранее пронумерованные).

Методика измерений:

1. Взвешивание воды до и после эксперимента.
2. Измерение времени испарения.
3. Определение массы испарившейся воды для каждой тарелки.

№	Условия	m ₁ , г	m ₂ , г	Δm, г	j, 1/см ² ·с
1	Комнатная температура	150	149,52	0,48	0,9 · 10 ¹⁷
2	Поток воздуха	166	163,60	2,40	5,2 · 10 ¹⁷
3	Нагревание	155	150,90	4,10	9,1 · 10 ¹⁷

Выводы: Результаты эксперимента показывают, что скорость испарения существенно увеличивается при воздействии потока

воздуха и нагрева. В условиях комнатной температуры испарение происходит медленнее всего, в то время как при нагревании лампы накаливания плотность потока молекул возрастает почти в 10 раз. Таким образом, макроскопические измерения позволяют количественно оценить процесс испарения, который на микроскопическом уровне включает в себя миллиарды испаряющихся молекул каждую секунду. Это демонстрирует важность экспериментального подхода для понимания физических явлений.

Литература

1. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Ч.1. В.П.Орехова, А. В. Усова, И. К. Турышев и др.; Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. – М.: Просвещение, 1980. – 320с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПОДЪЕМНОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

¹Алиева Ф.Дж. ²Исмаилова Р.Н.*

¹*Экономико-гуманитарный колледж при БГУ*

²*Бакинский Государственный Университет*

solidita@mail.ru

Подъемный кран – это механическое устройство, предназначенное для подъема и перемещения грузов с помощью различных механизмов, в том числе рычажных систем.

Цель работы: Демонстрация принципа работы подъемного крана с использованием рычажного механизма для подъема и перемещения грузов. Экспериментальное исследование позволяет наглядно продемонстрировать работу рычага, а также помогает понять важность механических принципов в технике.

Этот эксперимент имеет важное значение для школьного курса физики 8 класса, так как позволяет на практике изучить основы механики, в частности, принцип работы рычага, который является одним из базовых понятий в разделе "Механика". Понимание

рычажного механизма и законов, регулирующих его работу, помогает учащимся лучше освоить теорию и применить знания в реальных задачах.

Описание эксперимента: Для реализации макета подъемного крана, сделанного из картона, используется система рычагов, шестеренок и веревок, которые будут имитировать подъем груза. Мы исследуем, как изменение длины рычага и силы, приложенной к одной стороне, влияет на подъем груза с другой стороны. Конструкция будет выполнена из картона, что позволит создать легкую и прочную модель с возможностью регулировки угла и длины рычага для точных измерений.

Оборудование:

- Картон (для создания основания, рычагов и стрелы крана)
- Шкивы и веревка (для подъема и опускания груза)
- Рычаги и шестеренки (картонные или пластиковые)
- Набор грузов для подъема
- Линейка и измерительный инструмент для определения

высоты подъема груза

Методика измерений:

1. Построение конструкции из картона с рычажным механизмом, в которой один конец рычага прикреплен к шкиву или веревке для подъема груза.

2. Измерение подъема груза при различных усилиях, приложенных к одному из концов рычага.

3. Использование разных длин рычага для анализа того, как изменение длины рычага влияет на подъем груза.

4. Расчет силы, необходимой для подъема груза, и проверка теоретических зависимостей по формуле рычага:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

F_1 – сила, приложенная на одном конце рычага, l_1 – длина рычага с этим усилием, F_2 – сила, создающаяся для подъема груза,

l_2 – длина рычага, соединенного с грузом.

Пример расчета для легкого груза (50 г):

1. Масса груза: $m = 0,05$ кг

2. Сила тяжести: $F_2 = 0,05 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,49 \text{ Н}$

3. Длины рычагов: $l_1 = 0,3 \text{ м}, l_2 = 0,9 \text{ м}$

4. Расчет силы: $F_1 = \frac{0,49 \text{ Н} \cdot 0,9 \text{ м}}{0,3 \text{ м}} = 1,47 \text{ Н}$

Выводы: Эксперимент демонстрирует, как подъемный кран использует рычажный механизм для подъема тяжестей. Расчеты показывают, что с увеличением длины рычага усилие, необходимое для подъема груза, уменьшается. Этот принцип лежит в основе работы подъемных кранов. Макет, выполненный из картона, является наглядным примером работы рычага и механизма подъема, что делает его отличным инструментом для демонстрации в школьной курсе физики.

Литература

1. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Ч.1. В.П.Орехова, А. В. Усова, И. К. Турышев и др.; Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. – М.: Просвещение, 1980. – 320с

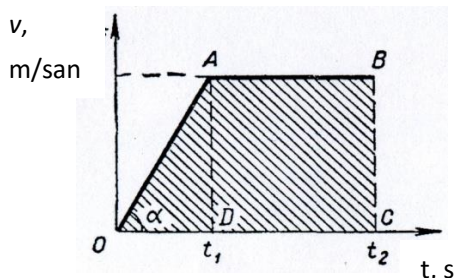
FİZİKADAN QRAFİKİ TESTLƏRİN HƏLLİ METODİKASI

Əlizadə G. Z., Orucov A. K.*

Bakı Dövlət Universiteti

gultacaur@gmail.com

Axtarılan kəmiyyətin qrafikdən istifadə edilərək müəyyən edilməsi, yəni testin qrafiki metodla həlli həndəsi metodla sıx bağlıdır. Bu testlərin bəzi xüsusiyyətlərinə görə onlara ayrıca baxılır. Tədqiqat obyektini fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılığın qrafikidirsə, belə testlərə qrafiki testlər deyilir. Bəzi testlərdə bu qrafiklər testin şərtində verilir, bəzi hallarda isə onları qurmaq lazımdır. İlk testlər "oxunan" və mürəkkəb olmayan qrafiklərin qurulmasından ibarət olmalıdır. Sonra



şagirdlərlə işləri tədricən mürəkkəbləşdirmək, kəmiyyətlər arasında əlaqəni düstur şəklində tapmaq təklif olunur. Qrafiki testlərin həll edilməsinin əsas mərhələləri aşağıdakılardır. Əgər qrafik verilmişdirsə, onu başa düşmək, hər bir hissədə asılılığın xarakterini təhlil etmək lazımdır. Miqyasdan istifadə edərək, qrafikdən axtarılan kəmiyyətlərin qiymətlərini lazımdır (absis və ordinat oxları üzərindəki qiymətləri, absis oxu ilə uyğun ordinat oxunun və ya qrafikin əmələ gətirdiyi sahəni və s.). Qrafik verilməmişdirsə, testin şərtinə və ya xüsusi cədvəllərdən götürülmüş qiymətlərə əsasən qrafik qurulur. Bunun üçün koordinat oxları çəkilir, müəyyən miqyas seçilir, cədvəl qurulur, sonda isə qrafik qurulur. Qrafik çəkildikdən sonra yuxarıda deyilənlər kimi tədqiqat aparılır. Nümunə üçün aşağıdakı tapşırığa baxaq: Qrafikə görə hərəkətini təsvir edin. Yolun ayrı-ayrı hissələrində hərəkət müddətini, yolu və təcili təyin edin. Qrafiki təhlil edərək görürük ki, sürətin zamandan asılılığıdır. Başlanğıc sürəti sıfıra bərabərdir. $t = t_1$ anında cisim v_1 sürətini almışdır. $t = 0$ və $t = t_1$ intervalı arasında sürət 0-dan v_1 -ə qədər artmışdır. Qrafikin AB hissəsi, yəni t_1 və t_2 anları arasındakı müddətdə hərəkət düzxətli bərabərsürətli olmuşdur. Birinci hissədə təcil $a_1 = \frac{v_1}{t_1}$, ikinci hissədə isə

$a_2 = 0$ olur. Birinci hissədə gedilən yol ədədi qiymətcə OAD üçbucağının sahəsinə bərabərdir.

$$S_1 = \frac{OD \cdot DA}{2}; S_1 = \frac{v_1 t_1}{2}; v_1 = a_1 t_1, \text{ olduğundan } S_1 = \frac{a_1 t_1 \cdot t_1}{2} = \frac{a_1 t_1^2}{2}.$$

Beləliklə, qrafikdən bərabərtəcilli hərəkət üçün başlanğıc sürət sıfır olan halda yerdəyişmə düsturunu alırıq. 2-ci hissədə gedilən yol $DABC$ düzbucaqlısının sahəsinə bərabərdir.

$$S_2 = DA \cdot DC = v_1 (t_2 - t_1)$$

alırıq. t_2 müddətində gedilən yol $S = S_1 + S_2$ şəklində və yaxud trapeziyasının sahəsi kimi tapılır:

$$S = \frac{v_1 t_1}{2} + v_1 (t_2 - t_1) = \frac{v_1 (2t_2 - t_1)}{2}$$

Qrafikin qurulması tələb edilən məsələlər şagirdlərin cədvəllərdən və uyğun asılılıq düsturlarından və məlumat kitablarından istifadə edərək

qurulur. Qoyulan məsələdən asılı olaraq qrafiki testləri bir neçə növə ayırmaq olar. Birinci növ testlərə əsas düsturların (baza düsturlar) təhlilinin aparılması, bir parametrin digər parametrlərlə asılılığını qrafiki şəkildə təsvir etmək bacarığı kimi testlər bloku və tapşırıqlar bloku təşkil edir. Bu cür testlər, təcrübi materialların təhlili üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Orucov A.K. Orta məktəbdə fizikanın öyrənilməsi metodikası. Bakı. Ləman, 2012. s. 125
2. Orucov A.K. Mexanika kursu. Bakı, Füyuzat nəşriyyatı, 2023. s.257
3. Orucov A.K. Molekulyar fizika kursu. Bakı, Füyuzat nəşriyyatı, 2023. s 255

KVANT NƏZƏRİYYƏSİ VƏ KLASSİK MEXANİKA NƏZƏRİYYƏSİ ARASINDA UYĞUNLUQ PRİNSİPİ

Cəlilova X.V., Rəhimov R.Ş.*

Bakı Dövlət Universiteti

xanimcelilova60@gmail.com

Uyğunluq prinsipi kvant mexanikası ilə klassik mexanika arasındakı əlaqəni izah edən fundamental fiziki prinsipdir. Bu prinsip 1920-ci illərdə danimarkalı fizik Nils Bor tərəfindən irəli sürülmüşdür. Uyğunluq prinsipinə əsasən, kvant mexanikası müəyyən hallarda klassik mexanikanın nəticələri ilə üst-üstə düşməlidir. Yəni kvant təsirlərinin nəzərə carpan olduğu kiçik sistemlərdə kvant qanunları keçərlidir, lakin böyük sistemlərdə (makroskopik miqyasda) bu təsirlər zəifləyir və klassik mexanikaya yaxınlaşır.

Uyğunluq prinsipi aşağıdakı əsas məqamları əhatə edir:

1. Makroskopik hədd: Kvant sistemləri çoxlu sayda kvant ədədlərinə malik olduqda onların davranışı klassik mexanika qanunlarına uyğun olmalıdır.
2. Keçid şərti: Kiçik kvant sistemlərində kvant qanunları dominant olsa da, böyük sistemlər klassik fizikanın proqnozları ilə eyni nəticələri verməlidir.
3. Atom spektrləri: Bor atom modeli çərçivəsində böyük kvant ədədləri

üçün enerji səviyyələri klassik elektromaqnetizmin proqnozları ilə uyğun gəlir.

Borun kvant şərti uyğunluq prinsipini ifadə edir:

$$mvr=n\hbar, \quad n=1,2,3,\dots$$

Bu prinsip kvant mexanikasının klassik fizikanın tamamilə alternativi olmadığını, əksinə, onu tamamlamaq və genişləndirmək üçün nəzərdə tutulduğunu göstərir. Kvant nəzəriyyəsi klassik mexanikadan fərqli olsa da, uyğunluq prinsipinə görə, klassik nəticələrlə üst-üstə düşməlidir. Uyğunluq prinsipinin tətbiqində belə bir nəticəyə gəlinmişdir ki, kvant kəmiyyətlərinin orta qiymətlərində Şredinger tənliyindən mexanika tənliklətinə keçmək mümkün olur. Hətta relyativistik kvant mexanikası işığın sürəti sonsuz böyük və təsir kvantı sonsuz kiçik götürüldükdə klassik Nyuton mexanikasına keçir. ($c \rightarrow \infty$, $\hbar \rightarrow 0$).

Ədəbiyyat

1. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. – М.: Наука, 1965.
2. Məmmədov H. Fizikanın əsasları: Kvant nəzəriyyəsi və tətbiqləri. – Gəncə: GDU, 2020.

MÜNDƏRİCAT

PLENAR İCLAS

Maylova A.A., Rəhimzadə S.Q.

VALİN-TRİPTOFAN DİPEPTİDİNİN

MOLEKULAR ELEKTROSTATİK POTENSİALI..... 5

Xalıqova S.R., Mikayılov X.M.

QRAVİTASIYA DALĞALARI VƏ ONUN MÜŞAHİDƏ İMKANLARI..... 7

BÖLMƏ 1

NƏZƏRİ FİZİKƏ VƏ ASTROFİZİKƏ

Abdinova Z.H., Əliyeva Z.F.

GÜNƏŞ TUTULMASI ÜÇÜN TUTULMA ZONASININ UZUNLUĞU9

Ağavərdiyeva M.N., Əlizadə M.R.

YÜKLÜ ZƏRRƏCİYİN MÜHİTDƏ ŞÜALANMASINA SINDIRMA

ƏMSALININ DİSPERSİYASININ TƏSİRİ..... 11

Ağayeva S.T., Rüstəmov B.N.

TUTULAN QOŞA DƏYİŞƏN ULDUZLARIN PARLAQLIQ ƏYRİLƏRİ.. 13

Amirli S.I., Abdolvahabova S.G.

ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF NEUTRONS 15

Əhmədova K.N., Bəşirov M.M.

PARKER SOLAR PROBE MİSSİYASI: ELMİ ƏHƏMİYYƏTİ17

Əmənov K.V., Əbdülvahabova S.Q.

KULON POTENSİALININ

(*t, p*) REAKSİYALARINDA NƏZƏRƏ ALINMASI.....19

Fərzizadə R.N., Əliyeva Z.F.

QOŞA ULDUZLARIN KÜTLƏLƏRİNİN TƏYİNİ.....20

Hamidova S.N., Mikayılov X.M.

CORONAL RAIN ACROSS THE SUN AND STARS22

Hüseynli L.F., Rüstəmov B.N.

ULDUZLARIN SPEKTRAL TƏSNİFATI VƏ ONLARIN FİZİKİ

ƏSASLARI24

İsmayılı F.Q., Mikayılov X.M.

AX PERSEY ULDUZUN SPEKTRİNDƏ H α XƏTTİNİN TƏDQIQI.....26

Məmmədova T.R., Mikayılov X.M.

EKZO PLANETLƏRİN AXTARIŞI VƏ YENİ KƏŞFLƏR28

Rüstəmli S.Q., Mikayılov X.M.

OMİ CET SİMBİOTİK ULDUZUN FOTOMETRİK TƏDQIQI.....29

Mürsəlova A.Z., Ağamalıyeva L.A.

YÜKSƏK ENERJİLİ QARŞILIQLI TƏSİRLƏRDƏ RECIÖNLARIN ROLU VƏ DİFERENSİAL KƏSİKLƏRƏ TƏSİRİ	31
Qafarova A.H., Məmmədov Ş.Ə.	
5 -ÖLÇÜLÜ RAİSSNER-NORDSTRÖM QARA DƏLİYİNİN SIFIR STRUKTURU VƏ FOTONUN RADİAL HƏRƏKƏTİ.....	33
Qasımova M.Z., Məmmədov Ş.Ə.	
QARA DƏLİKLƏRİN TERMODİNAMİKASI VƏ COUL-TOMSON İNVERSIYA TEMPERATURU	35
Qasımzadə F.M., Əlizadə M.R.	
VAN-DER-VAALS POTENSİALINDA ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN HƏLLİ.....	36
Fərzəli E.A., Aslanova S.M.	
HÜLTEN POTENSİALI ÜÇÜN DİRƏK TƏNLIYİNİN DƏQİQ SPİN SİMMETRİYASI HALINDA ANALİTİK HƏLLİ.....	38
Səfərova S.E., Rəcəbov M.R.	
$Vr = -e2r + cr^2$ POTENSİALLI SAHƏDƏ ZƏRRƏCİYİN HƏRƏKƏTİ.....	40
Mirzəyeva L.İ., Bədəlov V.H.	
DAVIDSON POTENSİALI ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI	42
Abdullayeva T.F., Bədəlov V.H.	
MANNİNG – ROSEN POTENSİALI ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN HƏLLİ.....	44

BÖLMƏ 2 MOLEKULYAR FİZİKA

Hümbətli V. M., Əliyev M.N.	
YARIMMAQNİT YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ AŞAĞI TEMPERATUR VƏ KONSENTRASIYALARDA NMR XƏTTİNİN ENLƏNMƏSİNİN ARAŞDIRILMASI	46
Qədirova A.V., Nuriyeva S.Q.	
ZnO/PEQ VƏ ZnO/ÇLKNB/PEQ ƏSASLI NAZİK TƏBƏQƏLƏRİN LÜMİNESSENSİYA XÜSUSIYYƏTLƏRİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ	47
Əhmədova S.N., Bağirov R.M.	
GÖBƏLƏK MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRİN DƏMİR İONLARI İLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏRİNİN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ	49
Quliyeva S.A., Məmmədova V.C.	
SƏS DALĞALARININ İNSAN ORQANİZMİNƏ TƏSİRİ VƏ ONUN NƏTİCƏLƏRİ	51
Mirməmmədov A.A., Muradov M.B.	
BUXAR FAZALI SULFİDLƏŞDİRMƏ METODU İLƏ SİNTEZ EDİLMİŞ ANİZOTROP AgNN/PVS/Ag2S NANOKOMPOZİTLƏRİNİN	

OPTİK XASSƏLƏRİ	53
Süleymanova A.V., Teymurova J.Z.	
POLİETİLENQLUKOL TİBBİ-BİOLOJİ POLİMERİNİN MÜXTƏLİF TEMPERATURLARDA İKİNCİ VİRİAL ƏMSALININ TƏYİNİ	54
Məmmədova S. Z., Abbasova G. C.	
NONAPEPTİD MOLEKULUN TETRAPEPTİD FRAQMENTİNİN DAYANIQLI STRUKTURLARI	56
Qəribova G.A., Əliyeva İ.N.	
OKTAPEPTİD MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞUNDA HİDROGEN RABİTƏLƏRİNİN ROLU	57
Aliyeva G.M., Bağirov R.M.	
DƏMİR İONLARININ QOVAQ AĞACI GÖBƏLƏYİNDƏN AYRILMIŞ MELANİN PİQMENTİ İLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ	59
Hüseynzadə B.X., Rəhimzadə S.Q.	
ALA-TYR DİPEPTİDİNİN KONFORMASIYALARININ HOMO-LUMO ANALİZİ VƏ KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ	61
Vəliyeva R.E., Əliyeva İ.N.	
ÇOXATOMLU MOLEKULLARIN TƏDQIQİNDƏ MOLEKULAR MODELLƏŞDİRMƏ ÜSULLARININ TƏTBİQİ	63
Əhmədli N. H., Abbasova G. C.	
PEPTİD TƏBİƏTLİ BİRLƏŞMƏLƏRİN STRUKTURU	65
İsmailzada M.T., Ağayeva L.N.	
THE SPATIAL STRUCTURE OF THE H-PHE-ASP-PRO-ALA-LEU-OH MOLECULE	66
Aliyeva A.S., Ağayeva L.N.	
THE SPATIAL STRUCTURE OF THE TYR-PRO-MET-ASP-PHE ANALOGUE OF THE RUBISCOLIN-5 MOLECULE	68
Vahabova M.A. Hacıyeva L.S.	
POLİPEPTİD ZƏNCİRİNİN NATİV KONFORMASIYAYA QATLANMA MEXANİZMİ	69
Məmmədova Ü.B., Həsənov A. Q.	
SLEYTER ATOM ORBİTALLARI BAZİSİNDƏ ZnO NANOHİSSƏCİYİNİN MEXANİKİ PARAMETRLƏRİNİN HESABLANMASI	71
Mehdiyeva A.A., Vəliyeva L. İ.	
GRB-AST A4 MOLEKULUNUN PRO3-PHE4-GLY5-PHE6 TETRAPEPTİD FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN HƏNDƏSİ VƏ ENERJİ PARAMETRLƏRİ	73
Masimova S.I., Pashayev B.G.	
MOLECULAR CHARACTERISTICS OF AQUEOUS SOLUTIONS OF ALKALİ METAL SULFATE SALTS	75
Məmmədova G.A., Qədirova N.O.	

POLİPROPİLEN (PP) VƏ NİKEL FERRİT (NiFe_2O_4) NANOHISSƏCİKLƏRİ ƏSASINDA POLİMER NANOKOMPAZİTLƏRİN SİNTEZİ VƏ DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ.....	76
Qocayeva L.M., Əliyev L.P.	
SAİT SƏSLƏRİN ENERJİ MAXSİMUMLARINA UYGUN FORMANT TEZLİKLƏRİ.....	77

BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASI

Abdullazadə N.E., Səfərova G.Ə.	
KVADRATİK MÜHİTDƏ KVAZİSİNHRON QARŞILIQLI TƏSİR	79
Alakbarova S.S., Gahramanlı L.R.	
INNOVATIONS IN PHOTONIC CRYSTAL TECHNOLOGIES: PAVING THE WAY FOR ADVANCED NANOPHOTONICS AND QUANTUM APPLICATIONS	81
Dərvişova N.O., Hüseynov Ə.H.	
AgIn_5S_8 KRİSTALLARINDA FOTOKEÇİRİCİLİYİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ	82
Ağayeva X.R., Məmmədov V.U.	
CDS/CDTE/CIGS NAZİK TƏBƏQƏLİ GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİ	84
Əhmədova F.Y., Qasımova R.C.	
LAZERLƏRİN TİBDƏ TƏTBİQİ	85
Əlizadə Q.B., Kərimova A.H.	
Fe_3O_4/DEX/XRİZİN NANOSİSTEMİNİN SİNTEZİ VƏ QURULUŞUNUN TƏDQIQI	86
İskəndərova A.M., Muradov M.B.	
SEDMENTASIYA ÜSULU İLƏ ALINMIŞ GO/PVS POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ.....	88
İsrafilova A.A., Hüseynov A.H.	
PHOTOCONDUCTIVITY OF AgInS_2 AT A HIGH LEVEL OF OPTICAL EXCITATION	90
Məmmədli T.N., Cahangirova S.Ə.	
Ga_2Se_3 MONOKRİSTALININ QAYTARMA SPEKTRİNİN TƏDQIQI	91
Musayeva A.İ., Qəhrəmanov N.F.	
$\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ MONOKRİSTALININ UDMA ƏMSALININ SPEKTRİ.....	92
Osmanova F.V., Kərimli N.A.	
LAZER ABLİYASIYA ÜSULU İLƏ SİNTEZ EDİLMİŞ GAS NANOZƏRRƏCİKLƏRİNİN OPTİK UDMA VƏ LÜMİNESSENSİYA SPEKTRLƏRİ	94
Pireliyeva F.K., Gulahmadov O.G.	

ENHANCING TENG PERFORMANCE THROUGH OPTIMIZATION OF NYLON/MWCNT NANOCOMPOSITES	96
Qəniyeva R.İ., Cahangirova S.Ə.	
GaSe-GaS BƏRK MƏHLULUNDA QALIQ FOTOKEÇİRİCİLİYİ	97
Sultanova F.H., Allahverdiyev Ş.A.	
70 KEV ENERJİLİ H⁺ - İONLARIN LAYLI P-GAS KRİSTALININ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI.....	99
İbrahimova R.S., Hübətov.Ş.Ə.	
5CB MAYE KRİSTALININ XARİCİ ELEKTRİK SAHƏSİNƏ REAKSIYA MÜDDƏTİNƏ BaTiO₃ NANOHISSƏCİKLƏRİNİN ÖLÇÜ EFFEKTİNİN TƏSİRİ.....	100
Oruçlu F.Z., Allahverdiyev Ş.A.	
ÜZVİ GÜNƏŞ BATAREYALARININ İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ: ÜSTÜNLÜKLƏR, PROBLEMLƏR VƏ MÜASİR HƏLLƏR	102
Tahmazova F.H., Jafarov M.A.	
HIGHLY PURE SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES.....	103
Mirzəlizadə Ş.Ə., Məhəmmədov Ə.Z.	
PHYSICAL PROPERTIES OF THE Cu₃In₅S₉ CRYSTAL.....	105
Ramazanova Y.S., Ağayev M.N.	
İONLAŞMA DALĞASININ UZUN BORULARDA YAYILMA DİNAMİKASI.....	107
Həsənlı N. Z., Ağayev M.N.	
UZUNLUĞU RADİUSUNDAN ÇOX BÖYÜK OLAN BORULARDA DEŞİLMƏ DALĞASINA XARİCİ FARTORLARIN TƏSİRİ.....	109
Rzayeva F.S., İbrahimov B.H.	
QUANTUM STATES IN A TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS WITH SPIN-ORBIT INTERACTION	111
İlyazova Ü.N., Ələkbərov Ş.Ş.	
QAZ BOŞALMASI ƏSASINDA İŞLƏYƏN OZONATORLARD A OZONUN MAKSİMAL ÇIXIŞ ENERJİSİ	112
Mahmudova A.M., Ələkbərov Ş.Ş.	
MİKROBOŞALMA KANALINDA BAŞ VERƏN FİZİKİ PROSESLƏRƏ BOŞALMA ARALIĞINDAKI QAZIN TƏZYİQİNİN TƏSİRİ.....	114
Suleymanlı N.R., Aghamaliyev Z.A.	
PREPARATION OF NANO ZnO COATINGS FOR INVESTIGATION OF UV PERMEABILITY.....	116
Sultanova L.R., Gəhrəmanlı L.R.	
BAND GAP TUNING IN CdS NANOPARTICLES: THE ROLE OF Cd/S RATIO.....	118

BÖLMƏ 4 FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI

Bağirova Ə.A., Nurullayev Y.Q.

ORTA ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİNDƏ FİZİKA FƏNNİNDƏN KEÇİRİLƏN PRAKTİK DƏRSLƏRİN ŞAĞİRDŁƏRDƏ FORMALAŞDIRDIĞI MÜSBƏT MƏNƏVİ KEYFİYYƏTLƏRƏ PEDAQOJİ-PSIXOLOJİ ASPEKTDƏN YANAŞMA.....	120
---	------------

Bəşirzadə N.E., Cabbarov C.H.

MÜASİR DÖVRDƏ AZƏRBAYCANDA YAŞIL ENERJİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ	122
--	------------

Əhmədova A.Ə., Qarayev E.S.

ŞAĞİRDŁƏRİN FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ TƏFƏKKÜR VƏ PRAKTİK FƏALİYYƏTİN İNKİŞAFI	124
--	------------

Ələkbərova N.V., Əhmədova A.B.

FİZİKADAN TESTLƏRİN QEYRİ-STANDART HƏLL METODLARI	126
--	------------

Əməşzadə M.A., Qarayev E.S.

ÜMUMİ FİZİKA KURSUNUN TƏDRİSİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ YOLLARI	127
--	------------

Əsədşadə F.Z., Orucov A. K.

KVANT NƏZƏRİYYƏSİNDƏ ELEKTRİK CƏRƏYANI ANLAYIŞI.....	129
---	------------

Əzizova N.V., Əhmədova A.B.

FİZİKADAN BƏZİ AÇIQ TİPLİ TESTLƏRİN HƏLLİ METODİKASI	131
---	------------

Hüseynli N.Z., Cabbarov C.H.

MEXANİKA BÖLMƏSİNƏ AİD EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏ HƏLLİ	133
--	------------

Гусейнли Н., Джаббаров Дж.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ МАСЛА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	134
--	------------

Kərimli X.E., Orucov A.K.

ŞAĞİRDŁƏRİN FİZİKADAN EV TAPŞIRIQLARINDA PROBLEMLİ TƏLİM	136
---	------------

Məmmədova S.A., Rəhimov R.Ş.

EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏLƏRİN BİR BAŞA VƏ DOLAYI ÜSULLARLA HƏLLİ METODİKASI	138
--	------------

Məmmədzadə Z.E., Orucov A.K.

YENİ MATERİALIN İZAHINDA PROBLEMLİ TƏLİM.....	140
--	------------

Mənəfova T.C., Orucov A.K.

MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA TEST TAPŞIRIQLARININ TƏSNİFATI	141
--	------------

Rəsulova L.Z., Orucov A.K.

ŞAĞİRDŁƏRİN MÜSTƏQİL EKSPERİMENTLƏRİNDƏ PROBLEMLİ TƏLİM.....	143
---	------------

Sadiqova N.E., Orucov A.K.

MƏKTƏB FİZİKƏ KURSUNDA ÖZLÜ MÜHİTLƏRDƏ CİSMİN HƏRƏKƏTİ ZAMANI MÜQAVİMƏT QÜVVƏLƏRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASININ ELMİ-METODİKİ TƏHLİLİ.....	145
Sadıqzadə F.E., Sərməsov S.N.	
FİZİKƏ DƏRSLƏRİNDƏ İNFORMASIYA-KOMMUNİKASIYA TEKNOLOGİYALARININ (İKT) TƏTBİQİ	147
Şıxverdiyeva A.M., Qəhrəmanov N.F.	
FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ FƏLSƏFİ ANLAYIŞLARIN FORMALAŞDIRILMASI	149
Xanəhmədova F.M., Rəhimov R.Ş.	
FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ ASTRONOMİYA İLƏ FƏNLƏRƏRƏSİ İNTEQRASIYANIN REALLAŞDIRILMASI	150
Сахбатова И.М., Исмаилова Р.Н.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ	152
Алиева Ф.Дж. Исмаилова Р.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПОДЪЕМНОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА	154
Əlizadə G. Z., Orucov A. K.	
FİZİKADAN QRAFİKİ TESTLƏRİN HƏLLİ METODİKƏSİ	156
Cəlilova X.V., Rəhimov R.Ş.	
KVANT NƏZƏRİYYƏSİ VƏ KLASSİK MEKANİKƏ NƏZƏRİYYƏSİ ARASINDA UYĞUNLUQ PRİNSİPİ	158

Kompüter tərtibatı: **Azadə İmanova**

Üz qabığının dizaynı: **Sahib Ədilov**

Çapa imzalanmışdır: 20.06.2025

Formatı: 70x100 ¹/₁₆. Həcmi 10,5 ç.v. Sayı 100

BDU Nəşr Evinə çap olunmuşdur.

AZ 1148, Bakı ş., ak. Z.Xəlilov küçəsi, 33.

e-mail:bduneshrevi@bsu.edu.az

www.bsu.edu.az