

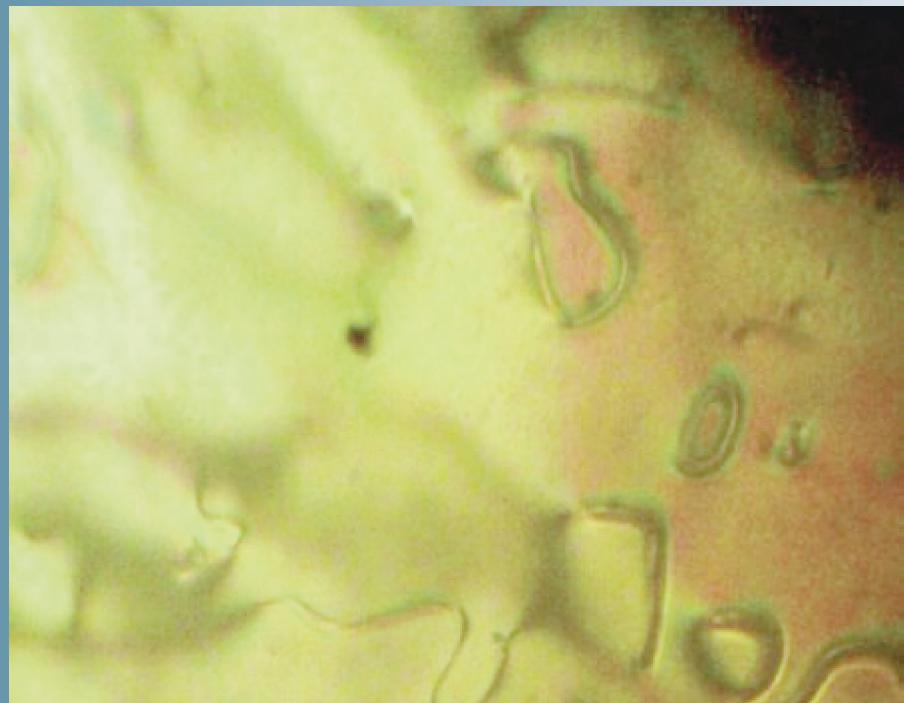


ISSN 1028-8546

Volume XVII, Number 1
Section: Az
March, 2011

Azerbaijan Journal of Physics

Fizika



www.physics.gov.az

G.M. Abdullayev Institute of Physics
Azerbaijan National Academy of Sciences
Department of Physical, Mathematical and Technical Sciences

Azerbaijan Journal of Physics

Fizika

G.M.Abdullayev Institute of Physics
Azerbaijan National Academy of Sciences
Department of Physical, Mathematical and Technical Sciences

HONORARY EDITORS

Arif PASHAYEV

Mahmud KERIMOV

EDITORS-IN-CHIEF

Arif HASHIMOV
Chingiz QAJAR

SENIOR EDITOR

Talat MEHDIYEV

INTERNATIONAL REVIEW BOARD

Ivan Scherbakov, Russia
Kerim Allahverdiyev, Turkey
Mehmet Öndr Yetiş, Turkey
Gennadii Jablonskii, Buelorussia
Rafael Imamov, Russia
Vladimir Man'ko, Russia
Eldar Salayev, Azerbaijan
Dieter Hochheimer, USA
Victor L'vov, Israel
Vyacheslav Tuzlukov, South Korea
Majid Ebrahim-Zadeh, Spain

Firudin Hashimzadeh, Azerbaijan
Anatoly Boreysho, Russia
Mikhail Khalin, Russia
Hasan Bidadi, Tebriz, East Azerbaijan, Iran
Mamed Emin Shahtaktinskii, Azerbaijan
Maksud Aliyev, Azerbaijan
Bahram Askerov, Azerbaijan
Vali Huseynov, Azerbaijan
Javad Abdinov, Azerbaijan
Bagadur Tagiyev, Azerbaijan
Tayar Djafarov, Azerbaijan

Natiq Atakishiyev, Mexico
Talat Mehdiyev, Azerbaijan
Nazim Mamedov, Azerbaijan
Emil Guseynov, Azerbaijan
Ayaz Bayramov, Azerbaijan
Tofiq Mammadov, Azerbaijan
Salima Mehdiyeva, Azerbaijan
Shakir Naqiyyev, Azerbaijan
Rauf Guseynov, Azerbaijan
Almuk Abbasov, Azerbaijan
Yusif Asadov, Azerbaijan

TECHNICAL EDITORIAL BOARD

senior secretary Elmira Akhundova, Narmin Babayeva, Nazli Guseynova,
Sakina Aliyeva, Nigar Akhundova, Elshana Aleskerova

PUBLISHING OFFICE

33 H.Javid ave, AZ-1143, Baku
ANAS, G.M.Abdullayev Institute of Physics

Tel.: (99412) 439-51-63, 439-32-23
Fax: (99412) 447-04-56
E-mail: joph@physics.ab.az; jophphysics@gmail.com
Internet: www.physics.gov.az/journals

It is authorized for printing: 03.30.2011

Published at: "ŞƏRQ-QƏRB"
17 Ashug Alesger str., Baku
Typographer :Aziz Gulaliyev

Sent for printing on: 04.2011
Printing approved on: 04.2011
Physical binding: _____
Number of copies: 200
Order: _____

(SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x BƏRK MƏHLULLARIN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Ş.H. MƏMMƏDOV, H.R. QURBANOV¹

AMEA M.F. Nağıyev adına Kimya Problemləri İnstitutu,

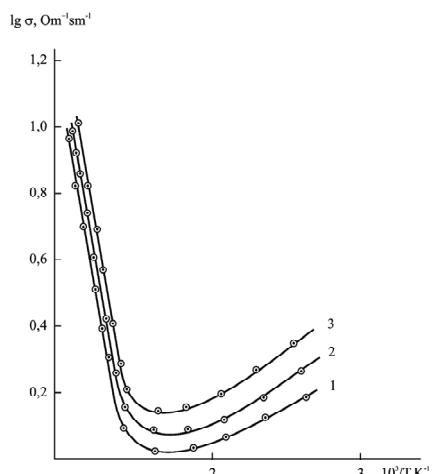
Az-1143, Bakı, H. Cavid, 29

¹Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, Azadlıq pr., 23

İllər dəfə olaraq SnS-SnPbSb₄S₈ sistemində SnS əsasında tərkibi 2, 4, 6 mol% SnPbSb₄S₈ olan bərk məhlulların elektrikkeçiriciliyinin, termo-e.h.q. və Holl əmsallarının temperaturdan asılılıqları öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, həm kristallarda SnPbSb₄S₈-in miqdarı artırıqca onların elektrikkeçiriciliyi azalır, qadağan olunmuş zolağın eni isə artır. Termo-e.h.q.-si isə temperatur artıqca qanuna uyğun olaraq azalır. Termo-e.h.q.-nin işarəsinin dəyişməsinə görə nümunələrin *p* tip keçiriciliyə malik olması müəyyən edilmişdir.

[1] işində differential termiki, rentgenfaza və mikrostruktur analizləri ilə SnS-SnPbSb₄S₈ sisteminin hal diaqramı qurularaq iki ilkin birləşmə əsasında həllolma müşahidə edilmişdir.[2] işində SnPbSb₄S₈ birləşməsinin elektrofiziki xassələrinin tədqiqi barədə məlumatlar verilmişdir. Amma (SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x harada ki, $x=0,2; 0,04; 0,06$ mol% tərkibli bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinin tədqiqinə baxılmamışdır. Tədqiqat üçün nümunələr havası 0,133 Pa qədər sorulmuş kvars ampulalarda birbaşa sintez üsulu alınmışdır. Həmin tərkibə daxil olan elementlərin təmizlik dərəcəsi aşağıdakı kimi olmuşdur: Sn-«B4»; Pb-«C-000»; S-xüsusi təmiz; Sb-«B4». Sintez aparılan ampulananın temperaturu 100 K/saat sürətlə 1000 K-ə qədər qızdırılmış və həmin temperaturda ərinti tərkibdən asılı olaraq 3-4 saat saxlanılmışdır. Sintez prosesində ərinti mütəmadi olaraq qarışdırılmışdır. Alınmış nümunələr 650-700 K temperaturda 40-45 saat tablamaya məruz qalmışdır.

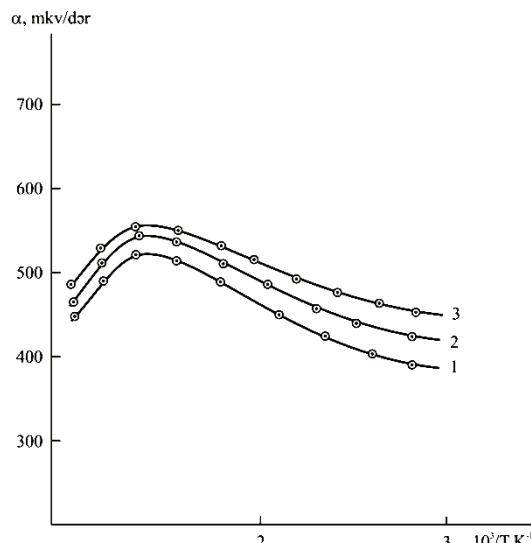
Ölçmə üçün SnS əsasında bərk məhlul nümunələri elektrik qıqlıcm qurğusunda, ölçüləri $\sim 3 \times 4 \times 10$ mm olan paralepiped formasında kəsilmişdir. Səthdə kəsilmədən sonra əmələ gələn pozulmuş qatı kənarlaşdırmaq üçün bərk məhlul nümunələrin səthi kəsilmədən sonra KOH+C₆H₆O₆+H₂O məhlulunda otaq temperaturunda elektrokimyəvi üsulla emal olunmuşdur. Elektrokimyəvi aşındırma müddəti 20-25 saniyə, nümunədən axan cərəyanın sixlığı isə 0,5 A/sm² olmuşdur.



Şəkil 1. (SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x kristallarını elektrik-keçiriciliyinin temperatur asılılığı.
1 - x = 0,02; 2 - x = 0,04; 3 - x = 0,06.

Elektrik kontaktları (kütlə%): (47 Bi+53Sn) tərkibli xəlità ilə ZnCl₂+NH₄Cl+NiCl₂+H₂O ölçüsündən istifadə edilməklə çəkilmişdir. SnS əsasında bərk məhlul nümunələrinin elektrikkeçiriciliyi (σ); termo-e.h.q.-si (α) və Holl sabiti (R_H)-nin qiymətləri sabit cərəyanda potensiometrik üsulla ölçülmüşdür.

SnS-SnPbSb₄S₈ sistemində SnS əsasında 2,4,6 mol% tərkibli nümunələrin elektrikkeçirmənin temperatur asılılığının nüticələri şəkil 1-də, termo-e.h.q. və Holl əmsalının temperaturdan asılılıqları isə şəkil 2 və 3-də verilmişdir.Qeyd edək ki, σ , α və R_H -in temperatur asılılıqları 300-850K temperatur intervalında ölçülmüşdür.



Şəkil 2. (SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x kristallarının termo-e.h.q. əmsallarının temperatur asılılıqları.
1 - x = 0,02; 2 - x = 0,04; 3 - x = 0,06.

Tədqiq olunan bərk məhlulların xüsusi elektrik keçiriciliklərinin temperatur asılılığından aydın olur ki, (SnS)_{0,98}(SnPbSb₄S₈)_{0,02}; (SnS)_{0,96}(SnPbSb₄S₈)_{0,04}; (SnS)_{0,946}(SnPbSb₄S₈)_{0,06} tərkibli hər üç bərk məhlul nümunələrin elektrikkeçiriciliyi (σ) aşağı temperaturlarda, yəni otaq temperaturdan 620 K temperatura qədər əvvəl azalır, daha sonra isə məxsusi elektronların valent zonasından keçirici zonaya keçməsi ilə əlaqədar olaraq kəskin artır. Yəni həmin kristallar tipik aşqar yarımkəçiricilərdir.

$\lg \sigma = f(10^3/T)$ asılılığının yüksek temperaturlu mailiyinə əsasən hər üç bərk məhlulun qadağan olunmuş zolağının eni hesablanmışdır (cədvəl)

Cədvəl

Tərkibi	Qadağan olunmuş zolağın enerjisi, eV
$(\text{SnS})_{0,98}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,02}$	1,32
$(\text{SnS})_{0,96}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,04}$	1,35
$(\text{SnS})_{0,946}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,06}$	1,39

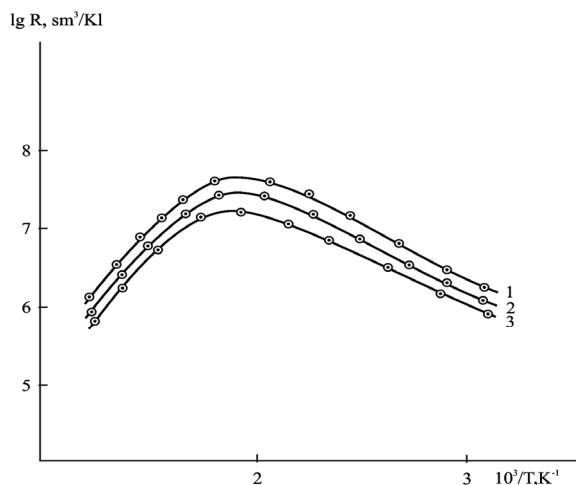
Cədvəldən göründüyü kimi SnS -də $\text{SnPbSb}_4\text{S}_8$ -in miqdarı artıqca qadağan olunmuş zolağın eni artır. Belə bir halin baş verması atomlararası rabiṭənin ionluq payının artması ilə izah oluna bilər.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi həmin kristalların termo-e.h.q. əmsalları otaq temperaturundan 700 K-ə kimi artır, məxsusi keçiricilik oblastının başlanması zamanı isə azalması müşahidə edilir. Bu tip asılılıqlar mürəkkəb valent zonasına malik yarımkəricilərə xas olan əlamətdir.

$(\text{SnS})_{0,98}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,02}$; $(\text{SnS})_{0,96}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,04}$; $(\text{SnS})_{0,946}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_{0,06}$ tərkibli bərk məhlullarda keçiriciliyin tipi termo-e.h.q-nin işarəsinin dəyişməsinə görə təyin edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, SnS -əsasında alınan hər üç bərk məhlul nümunələri p tip keçiriciliyə malikdir.

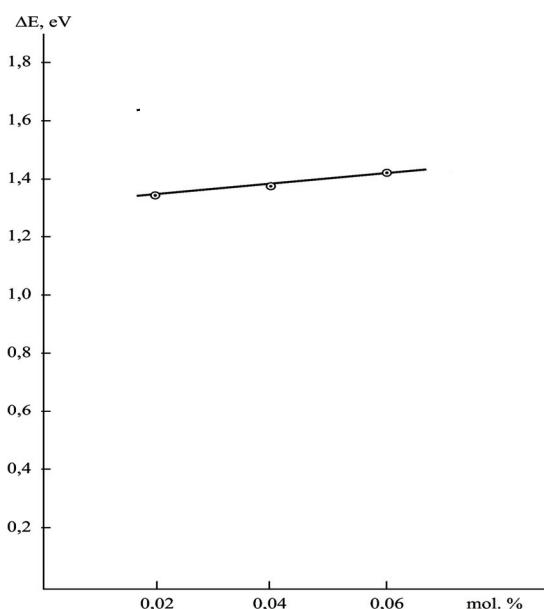
3-cü şəkildə $(\text{SnS})_{1-x}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_x$ kristallarının Holl əmsalının temperatur asılılıqlarının tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

Şəkil 3-dən görünür ki, tədqiq olunan bərk məhlullarda Holl əmsali aşağı temperaturlarda nisbətən zəif də olsa artır, lakin məxsusi keçiriciliyin başlanması ilə əlaqədar olaraq azalır. Daha doğrusu mürəkkəb zona quruluşuna malik kristallara xas olan asılılıq həmin kristallar üçün də müşahidə edilir.



$\text{SnS-PbS-Sb}_2\text{S}_3$ kvaziüçlü sistemində SnS əsasında aşkar edilən bərk məhlul nümunələrin elektrofiziki xassələrinin tədqiqində alınmış nəticələrə əsasən hesablanmış qadağan olunmuş zonaların eninin tərkibdən asılılığı araşdırılmışdır (şəkil 4). Məlum olmuşdur ki, bərk məhlul nümunələrində qadağan olunmuş zolağın eni tərkibdə əlavə kimi iştirak edən birləşmənin payı artıqca xəttiyyə yaxın qanunla artır. Belə ki, SnS əsasında olan bərk məhlullarda $\text{SnPbSb}_4\text{S}_8$ birləşməsinin miqdərinin 6 mol%-ə qədər artması halında qadağan olunmuş zonanın eni $\Delta E=0,07$ eV artmış olur.

Deməli, tədqiq etdiyimiz $(\text{SnS})_{1-x}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_x$ bərk məhlullarında qadağan olunmuş zonanın eninin tərkibdən asılı olaraq dəyişməsi xəttiyyə yaxın qanunla baş verir. Çünkü həllolma oblastlarında atomların yenidən düzülüşməsi baş vermir. Yalnız atomlararası məsafələr dəyişir. Bu nəticəni bərk məhlulların rentgenoqrafik analizi də təsdiq edir.



İlk dəfə olaraq $\text{SnS-PbS-Sb}_2\text{S}_3$ kvaziüçlü sisteminin $\text{SnS-SnPbSb}_4\text{S}_8$ kvazibinar kəsiyində SnS əsasında aşkar edilmiş $(\text{SnS})_{1-x}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_x$ ($x=0,02, 0,04, 0,06$) tərkibli bərk məhlulların elektrikkeçiriciliyi, termo-e.h.q. və Holl əmsallarının temperaturdan asılılığı geniş temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, bərk məhlul nümunələri p tip yarımkəricilərdir. Həmçinin onların qadağan olunmuş zolağın eni hesablanmış və qadağan olunmuş zolağın enini tərkibdən asılılığı öyrənilmişdir.

[1] И.Б. Бахтиярлы, Д.С. Аждарова, Ш.Г. Мамедов, Г.Р. Курбанов. Изв. Вузов. Журнал Химия и химическая технология. Иваново. 2009, т.52, вып.4, с. 120–122.

[2] E.M. Qocayev, S.H.Məmmədov, H.R.Qurbanov. Elmi əsərlər – fundamental elmlər. Bakı. 2010, cild IX (35), №3, s. 13–15.

(SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x, BƏRK MƏHLULLARIN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

III.Г. Мамедов, Г.Р. Курбанов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ (SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x

В системе SnS-SnPbSb₄S₈, полученной на основе SnS, состав которой соответствует 2,4,6 моль% SnPbSb₄S₈, изучены зависимость электропроводности, термо-э.д.с. и коэффициента эффекта Холла от температуры. Установлено, что в указанных кристаллах с увеличением концентрации SnPbSb₄S₈ электропроводность уменьшается, длина запрещенной зоны увеличивается. С увеличением температуры термо-э.д.с. уменьшается. По изменению термо-э.д.с. определен тип проводимости полученных образцов.

Sh.H. Mamedov, H.R. Gurbanov

ELECTRIC PROPERTIES OF (SnS)_{1-x}(SnPbSb₄S₈)_x SOLID SOLUTIONS

The dependences of electric conduction, thermo-e.m.f. and Hall effect coefficient on temperature have been studied in SnS-SnPbSb₄S₈ system obtained on SnS base the composition of which corresponds to 2,4,6 mol% SnPbSb₄S₈. It is established that in the given crystals the electric conduction decreases and the forbidden band length increases with concentration increase. The thermo-e.m.f. decreases with temperature increase. The conduction type of the obtained samples is defined by thermo-e.m.f. change.

Qəbul olunma tarixi: 27.01.2011

Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ BƏRK MƏHLULLARININ MAQNİT XASSƏLƏRİ

Ş.N. ƏLİYEVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, H.B. Abdullayev ad. Fizika İnstitutu
AZ-1143, Bakı, H.Cavid 33*

Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ bərk məhlullarının nanoölçülü ferrimaqnit tozlarının maqnit xassələrinin Zn-in konsentrasiyasından asılılığı təcrübü sübut edilmişdir və izahı verilmişdir.

Açar sözlər: ferrimaqnitləşmə, maqnit xassələri, nikel-sink ferritləri.

GİRİŞ

FD tipli tezlikdən asılı rezistorlar üçün ferromaqnit ortuyunun elektromaqnit xassələrinin tədqiqinin nəticələri göstərilən bir sırada nəşrlərdə elektronikada konturun tezliyinin dəyişdirilməsi və aşağı dərəcəli skin-effektə və s. malik olan sink-nikel ferritlərinin istifadəsinin perspektivliyinə baxılmışdır [1-16].

Bu ferromaqnit materialın əldə edilməsi üçün nanoölçülü kristalları almağa imkan verən hidroterminal proseduradan istifadə edilmişdir. Polimer matrisanın doldurucuları kimi sonuncuların tədqiqi, 10 MHs tezlik diapazonuna qədər yüksək tezlikli səs-küy FD rezistorunun udulma effektini kəskin artırır.

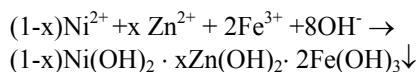
Lakin təcrubi tədqiqatların göstərdiyi kimi nanoölçülü dənəcikli ferrit tozunun istifadə olunan alıma texnologiyası Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ bərk məhlulun tam spektrinin sintez olunmasına imkan yaradır və müvafiq olaraq işin tezlik diapazonunu artırmaq və FD rezisitorunun yüksək tezlikli səs udmasının effektivliyini artırmağa imkan verir.

Bu işin məqsədi müxtəlif tərkibli ($0 \leq x \leq 1$) nanoölçülü sink-ferrit tozlarının sintezi ilə bağlı texniki məsələlərin həlli və onların maqnit xassələrinin öyrənilməsidir.

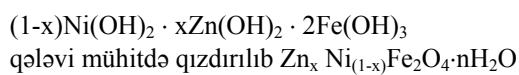
Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ BƏRK MƏHLULLARININ SİNTEZİ

Birgə çökdürməklə sintez olunan əvəz edilmiş ferrit nanohissəciklərinin maqnitlənməsi əsasən reaksiyanın temperaturundan, suspenziyanın pH-dan, ilkin molar konsentrasiyası və s parametrlərdən asılıdır. x-in qiymətini 0-dan 1-ə dəyişməklə Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ məhlulunun ultra kiçik hissəcikləri qələvi mühitdə NiCl₂, ZnCl₂ və FeCl₃ uyğun qarışıqlarını birgə çökdürməklə hazırlanır. NiCl₂, ZnCl₂ və FeCl₃ qarışq məhlulları müvafiq stixiometrik nisbətdə (Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ halında 100ml 0,5mol NiCl₂, 100ml 0,5mol ZnCl₂ və 100ml 2mol FeCl₃ və eyni yolla x-in başqa qiymətləri üçün) və 60°C-

də saxlanılır. Bu qarışq NaOH-in qaynayan məhluluna əlavə edilib (1200ml distillə olunmuş suda 0,63mol həll edildi) hazırlanmış və 10 saniyə ərzində dayanmadan qarışdırılmışdı. Nano-ferritlər seçilmiş hidroksidlərə metal duzlarının əlavə edilməsi ilə formalashmışdır. Çox kiçik hissəciklər formasında olan metalların bərk hidroksidləri ilk dəfə olaraq qələvi mühitdə metal kationlarının birləşməsi ilə alınmışdır (çökdürmə addımı).



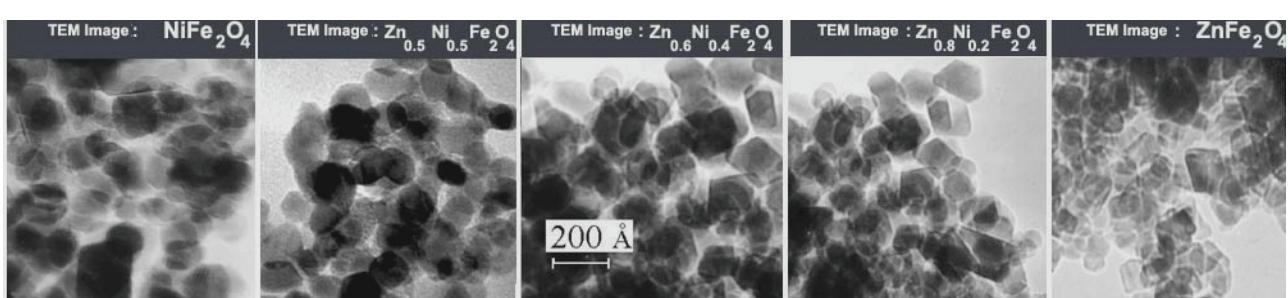
Qələvi mühitdə metal hidroksidlərinin bərk məhlulu qızdırılma yolu ilə ferrit tərkibli kompleks sinkə çevrilir (ferritləşdirmə addımı).



Məhlullar bir saat ərzində 85°C temperaturunda saxlanılır ki, bu müddət də hidroksidlərin spinel ferritinə keçməsi üçün kifayətdir (ortaq hidroksid fazanın ferrit fazasına çevriləsi zamanı qurutma və atom dəyişməsi baş verir). Bu mərhələdə maqnit bölünməsindən istifadə etməklə toplanmış kifayət miqdarda kiçik hissəciklər bir neçə dəfə distillə edilmiş su ilə, sonra isə asetonla yuyulmuş və otaq temperaturunda qurudulmuşdur.

Şəkil 1-də hazırlanmış Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄.(x=0; 0.5; 0.6; 0.8;1.0) ferritlərinin TEM-da görünüşləri göstərilmişdir.

Nümunələrin rentgen difraksiyası D8 ADVANCE (Brucker Ltd.) avadanlığı ilə qeyd olunub. CuK α ($\lambda=1.54060\text{\AA}$) şüalanması rentgen difraktometri vəsitəsi ilə ölçülür.



Şəkil 1. Nanokristal ferritlərdən hazırlanmış Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄.(x=0; 0.5; 0.6;0.8;1.0) məhlulunun TEM-da görünüşü.

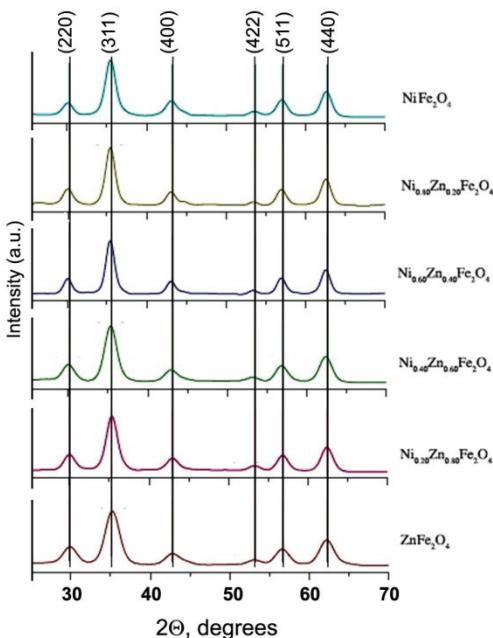
Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ BƏRK MƏHLULLARININ MAQNİT XASSƏLƏRİ

Seçilmiş difraksiya pikləri mərhələlərlə skanirə edilmişdir (addımın ölçüsü 0.05°, ölçü vaxtı 5 saniyə, ölçü temperaturu 25°C, nümunə: Si tozu). Nanokristal nümunələrin kristallarının ölçüsü Debay-Şener formulasından istifadə etməklə genişlənən rentgen xətti ilə ölçüür:

$$d = \frac{0.89\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Burada λ -Å-da işlədilən rentgen şüalarının dalğa uzunluğu, β - 2θ miqyasında maksimumun yarısının eni (radianla), θ - Breq bucağı, d - nm tərkibində kristalın ölçüsüdür. Sıxın müxtəlif miqdardları üçün qəfəs sabiti (a_0) təyin olunmuşdur.

Bütün təcrübə maksimumlar nəzəriyyəyə uyğundur və indeksləşmişdir. Qəfəs sabiti (a_0) ‘ d ’ qiymətinin və onların uyğun (hkl) parametrlərinin köməyi ilə hesablanır. Bütün birləşmələr spinel quruluşuna malikdir. On güclü əksolunma spinel fazasını göstərən müstəvidən (311) çıxır. Kubik elementlərin (220), (311), (400), (422), (511) və (440) maksimumları ilə indeksləşmiş müstəviləri spinelin kubik strukturuna uyğun olur. Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1$) nümunəsi üçün rentgen difraksiyası şəkil 2-də göstərilib. (220), (311), (400), (422), (511) və (440)-in maksimumları Lorens əyriləri şəklində burulmuşdur.

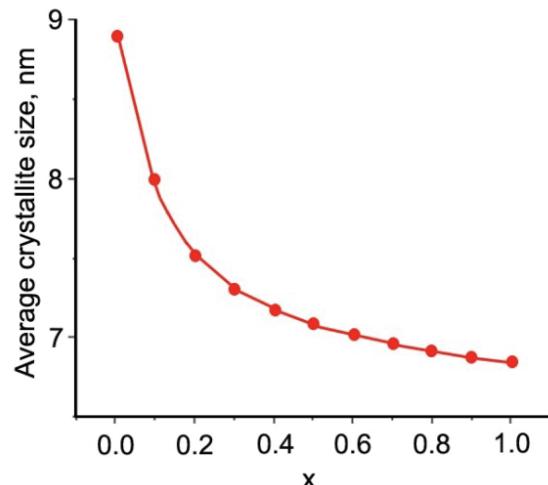


Şəkil 2. Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ (0≤x≤1) bərk məhlulları üçün indeksləşdirilmiş rentgen difraksiyası nümunələri.

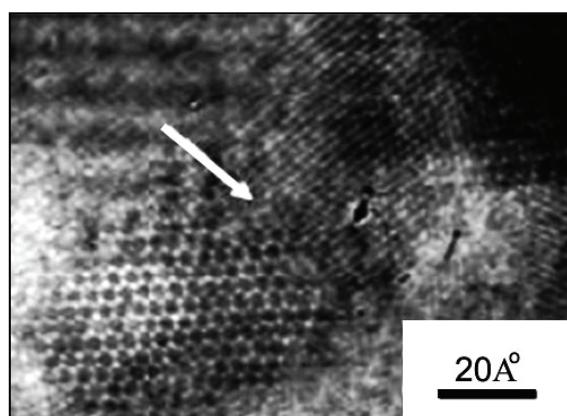
Aşkar olunmuşdur ki, sıxın konsentrasiyasının artması ilə qəfəs sabitinin qiyməti 8.212 Å -dən 8.462 Å -qədər artmışdır. NiFe₂O₄ üçün qəfəs sabiti müəyyən olunmuşdur (8.384 Å). Qəfəs sabiti (a_0) kompozisiyalı homogen bərk məhlulun formalşaması şəraitində sıxın miqdardının artması ilə artır. a_0 -nın qiyməti ZnFe₂O₄ və NiFe₂O₄-ün qəfəs sabitlərinin diapozonu çərçivəsində yerləşir.

Sıxın əvəzolunması qismən artanda (0≤x≤1.0) kristalın ölçüsünün orta qiyməti 8.95 nm-dən 6.92 nm-ə azalır. Sıxın hazırlanma şərtlərində asılı olaraq müxtəlif

konsentrasiyalarda kristalın ölçüsünün eyni olmaması müxtəlif konsentrasiyalarda müxtəlif sürətlə ferrit formalşamasına səbəb olur ki, bu da kristalların ölçüsünün dəyişməsinə imkan yaradır.



Şəkil 3. Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ (0≤x≤1) bərk məhlulunun kristallarının ölçüsünün orta qiymətinin Zn-in konsentrasiyasından asılılıq qrafiki



Şəkil 4. TEM mikroşəkli Zn_{0.5}Ni_{0.5}Fe₂O₄ nanohissəciklərin mikroquruluşunu göstərir. Ox işarəsi iki nanohissəcik arası məsafəni göstərir. Nanohissəciklərin ölçüsü 5-15 nm-dir.

Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ BƏRK MƏHLULLARININ MAQNİT XASSƏLƏRİ

ZnFe₂O₄ normal spinel, NiFe₂O₄ isə çevrilmiş spinel quruluşuna malikdir.

Ferrit spinelinin sadə qəfəsi (O7h—F3dm) fəza qrupuna malik olub, özündə 8 NiOF₂O₃ molekulu və 32 O²⁻ anionundan ibarət kubdur.

Oksigen anionları tərkibində 64 tetraedrik (*A*) və 32 oktaedrik (*B*) boşluq olan six səthəmərkəzləşmiş kubik qablaşmamı əmələ gətirir. A və B boşluqlarını hansı ionların hansı qaydada doldurmasından asılı olaraq düzən (qeyri-maqnit) və çevrilmiş (ferrimaqnit) spinel yaranır. Çevrilmiş spineldə Fe³⁺ ionlarının yarısı tetraedrik aralıqda, Fe³⁺ ionlarının ikinci yarısı və Ni²⁺ ionları isə oktaedrik aralıqda yerləşir. Bu halda oktaedrik alt qəfəsin maqnitlənməsi M_A tetraedrik alt qəfəsin maqnitlənməsi M_B -dən çox olur ki, bu da ferrimaqnetizmin yaranmasına səbəb olur. Nikel-sıx ferritləri çevrilmiş spinel olub, biri maqnetik olan NiFe₂O₄, digəri isə maqnit xassəsinə malik

olmayan $ZnFe_2O_4$, əvəzlənmə bərk məhlulundan ibarətdir. Sink kationlarının spinelin strukturunda həmişə tetraedrik düyünlərdə yerləşməsi, eyni alt oktaedrik qəfəsdə yerləşən Fe^{3+} kationları spinlərinin antiparalel orientasiyasına səbəb olur. Bərk məhlulun tərkibi kationların oksigen düyünləri arasında yerləşməsini nəzərə almaqla bu düsturla xarakterizə olunur: $(Zn_x^{2+} Fe_{1-x}^{3+}) [Ni_{1-x}^{2+} Fe_{1+x}^{3+}] O_4$. Fe^{2+} ionlarının asanlıqla ikivalentli Ni^{2+} və Zn^{2+} ionları ilə əvəz olunması Zn^{2+} və Fe^{3+} ionlarının tetraedrik boşluqlarda, Ni^{2+} və Fe^{3+} ionlarının oktaedrik boşluqlarda statistik paylanmasını və birləşmələrinin yüksək elektrikcəriciliyini izah edir. Müxtəlif valentli kationlar qəfəsdə kristalloqrafik və energetik ekvivalent vəziyyətini tutduğuna görə, elektron mübadilə reaksiyası təxminən 0,05 eV təşkil edən kiçik aktivləşmə enerjisi (ΔE) ilə getməlidir. Kristallik qəfəsə sinkin daxil olması dəmirin oktaedrik mövqedən sixışdırılıb çıxarılması ilə müşayiat olunur. Müvafiq olaraq tetraedrik alt qəfəsin (A) maqnitlənməsi və müxtəlif alt qəfəsdə (A və B) yerləşən kationların maqnit momentlərinin kompensasiyası azalır. Nəticədə qeyri-maqnit komponentin konsentrasiyasının artması bərk məhlulun doyma maqnitlənməsinin artmasına (B_s), bu da öz növbəsində A-O-B tipli qarşılıqlı təsir mübadiləsinin zəifləməsinə səbəb olur ki, bunun nəticəsində de ferrospinel tərkibində $ZnFe_2O_4$ molyar hissəsinin artması ilə Küri temperaturunun (T_k) monoton azalması baş verir. $x > 0,5$ oblastında tetraedrik alt qəfəsdə yerləşən ionların maqnit momentləri B alt qəfəsdə yerləşən kationların maqnit momentlərini öz istiqamətlərinə nisbətən antiparalel istiqamətə yönəldə bilmirlər, bu isə ferritin doyma induksiyasının sürətlə azalmasına, kristal anizotropiyasının kiçilməsinə, ilk maqnit nüfuzluğunun artmasına gətirir. Tərkiblər üçbucağının $x \approx 0,7$ nöqtəsində yaranan, koordinatları 50% Fe_2O_3 , 15% NiO və 35% ZnO olan $Zn_xNi_{1-x}Fe_2O_4$ bərk məhlulu maqnit nüfuzluğunun maksimum qiymətinə malikdir.

$Zn_xNi_{1-x}Fe_2O_4$ bərk məhlulunun maqnit xassələrinin fiziki modeli [17] işində təklif olunub və [17,18] işlərində təcrübə təsdiqini tapmışdır. Göstərilmişdir ki, $x=0,4$ -ə qədər Zn^{2+} ionları yalnız tetraedrik nöqtələri tutur. Bu həmçinin sübut edir ki, tetraedrik koordinasiyada $m_{Fe^{3+}}=5$ olur. Zn^{2+} ionlarının konsentrasiyasının sonrakı artımı Zn^{2+} ionlarının bir hissəsinin oktaedrik düyünləri tutması ilə nəticələnir ki, bu da bərk məhlulun maqnitlənməsinin azalmasına səbəb olur. Zn^{2+} ionlarının müəyyən hissəsinin oktaedrik alt qəfəsdə yerləşməsi [19] işdə təsdiqini tapmışdır. Bu işdə bütün Zn^{2+} ionlarının tetraedrik düyünlərə yerləşdiyi qəbul edilərək, alt qəfəslər arasındaki qarşılıqlı təsirin nisbəti hesablanmışdır.

İşimizin təcrübə nəticələri [20] işinin nəticələrini təsdiq etmişdir (şəkil 5). Bu nəticələr fiziki modelə yalnız zahirən bir-birinə ziddir, çünki bu model nanoölçülü ferrimaqnit zərrəciklərinin əsasən birdomenli olmasını he-saba almır.

Məlumdur ki, homogen maqnitlənmənin hələ də saxlanıldığı zərrəciklərin radiusunun limit qiymətini aşağıda ifadədən təyin etmək olar.

$$R_c \approx \frac{0.95}{J_s} (10A)^{\frac{1}{2}} \left(Q - \frac{2K}{J_s^2} - \frac{H}{J_s} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

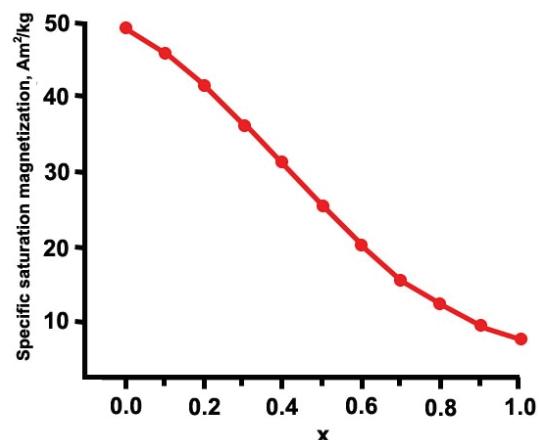
[1] R.Babayeva. Problems of power engineering, №4, 2005, pp.4-47,

Burada J_s –doyma maqnitlənməsi; A –mübadilə enerjisi parametri; K –anizotropiya sabiti; Q –maqnitlənmə faktoru; H –sahənin gərginliyidir. Qeyd edək ki, $H > -\frac{2K}{J_s}$ sahəsinin bütün qiymətlərində radi-

usu yuxarıda göstərilən tənliyi ödəyən zərrəciklər birdomenli qalır. Sadə HMK və SMK qəfəsləri üçün birdomenliyin mütləq şərti bu şəkildə olur:

$$R < R_c \approx \frac{0.95}{J_s} \left(\frac{10cB}{a_0 Q_R} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Mütləq birdomenlik şərti belədir: $c = 1/2, 1$ və 2 ; $B = z^2 A$ – mübadilə enerjisi parametri; z – bir atomda düşən kompensasiya olunmayan spinlərin sayıdır; A – mübadilə integrallı; a_0 – kristallik qəfəs parametridir; Q_R – qısa ox boyunca birdomenli ellipsoidin maqnitləşmə faktoru-dur.



Şəkil 5. $Zn_xNi_{1-x}Fe_2O_4$ ($0 \leq x \leq 1$) bərk məlulunda xüsusi doyma maqnitlənməsinin dəyişilməsi.

Kritik radiuslu birdomenli zərrəciklər maksimum koersitiv qüvvəyə malikdirlər. Radiusun sonrakı azalması zamanı, atom momentləri mübadilə qüvvələri ilə saxlanıldıqından, zərrəciklər bircins maqnitlənməni saxlayırlar. Eyni zamanda, zərrəciklər sistemində tam maqnit momenti vektorunun Broun hərəkəti ehtimalı artır. Belə prosesin mümkünüyü $\exp(E/k_B T)$ -na mütənasibdir, burada E zərrəciyin həcmindən və anizotropiya sabitindən asılıdır və energetik maneə mənasını daşıyır. Zərrəcik bu maneəni aşdığı zaman istilik fluktuaşaları maqnit momentinin fırlanmasına götürüb çıxara bilər. Beləliklə, daha kiçik kritik radiuslu zərrəciklər sistemi özlərini böyük maqnit momentinə malik paramaqnit atomlarının ansamblı kimi aparır. 30 nm diametrlı zərrəciklərin $T=300K$ temperaturda relaksasiya vaxtı 10^{-6} san qiymətləndirilir. Təbiidir ki, energetik maneənin qiyməti, və deməli relaksasiya vaxtı da xarici maqnit sahəsinin gərginliyindən asılıdır.

[2] A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva, “Frequency dependent resistor,” International

Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ BƏRK MƏHLULLARININ MAQNİT XASSƏLƏRİ

- conference «Physics-2005», Baku, June 7-9, 2005, pp.613-617.
- [3] *A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*, “The possibilities of high-frequency overvoltage limitation by the using of the frequency-dependent resistor,” International conference energy of Moldova-2005, Kishinev, 21-24 September 2005, pp.265-269, (in Russian).
- [4] *A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*. “Effect of magnetic multi-layer to resistive properties of frequency-dependent resistor,” TPE-2006, 3rd International conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, Ankara, Turkey 29-31 may 2006, p. 604-606.
- [5] *N.R. Babayeva*. Problems of power engineering, №3-4, 2006, pp.32-37, (in Russian).
- [6] *A.M. Hashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*. “The electric and heat characteristics of frequency-dependent resistor,” Fizika, №4, vol.XII, 2006, p.28.
- [7] *A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*. “On appropriateness of use of frequency-dependent resistor at limitation of high-frequency Overvoltages,” Modern Electric Power Systems’06, Wroclaw, Poland, Sept. 6-8, 2006, p.379-382.
- [8] *E.V. Dmitriyev, A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*. “The heat parameters and functioning regime of frequency-dependent resistor,” Scientific conference dedicated to memory of U.N.Vershinin “Electro-physics of materials and installations”, Novosibirsk, January, 9-12, 2007, pp.55-60, (in Russian).
- [9] *N.R. Babayeva, A.M. Gashimov, E.V. Dmitriyev, T.R. Mehdiyev*. “The study of skin-effect and heat regimes of frequency-dependent resistor work,” Fizika, № 1-2, vol. XIII, 2007, p.102-107.
- [10] *N.R. Babayeva, A.M. Gashimov, T.R. Mehdiyev*. “About some peculiarities of current passage through frequency-dependent resistor,” Fizika, №4, vol. XIII, 2007, p.230-235, (in Russian).
- [11] *V.G. Kuznecov, T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva*. “To calculation of frequency-dependent resistor characteristics,” Technical electrodynamics, Kiyiv, 2007, pp.88-91, (in Russian).
- [12] *T.R. Mehdiyev, N.R. Babayeva, A.M. Gashimov, A.A. Habibzade*. “Electromagnetic processes in frequency-dependent resistor shell,” Fizika, №2, vol. XIV, 2008, pp.80-87, (in Russian).
- [13] *T.P. Mehdiyev, A.M. Gashimov, N.R. Babayeva, A.A. Habibzade*. “Electric and magnetic properties of frequency-dependent resistor shell,” Fizika, №3, vol. XIV, 2008, pp.207-217, (in Russian).
- [14] *T.R. Mehdiyev, A.M. Gashimov, N.R. Babayeva, Y.V. Dmitriyev, A.A. Habibzadeh*. “The peculiarities of current passing through frequency dependent resistor,” 4-th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering TPE-2008, 4-6 September 2008, Pitesti, Romania, II-4 – II-8
- [15] *A.A. Habibzadeh, T.R. Mehdiyev, A.M. Hashimov, E.V. Dmitriyev, N.R. Babayeva*. “Dependence of electrical and magnetic properties of frequency-dependent resistor shell on ferromagnetic granule concentration and dimension,” 5-th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering TPE-2009, 3-5 September 2009, Bilbao, Spain, p.228-232
- [16] *A.H. Habibzadeh, T.R. Mehdiyev, A.M. Hashimov, E.V. Dmitriyev and N.R. Babayeva*. “Influence of concentration and the sizes of ferromagnetic granules on electrical and magnetic properties of FD-resistor shell,” International Journal for Knowledge, Science and Technology, v.1, N1, 2009, p.49-56
- [17] *E.B. Гормер*. УФН, т.LVII, вып.2, октябрь 1955г., с.279
- [18] *R. Pauthenet, L. Bochizol*. J. Phys. et Rad. 12, 160 (1951).
- [19] *L. Neel and P. Brochet*. Comptes Rendus 230, 280-282 (1950).
- [20] *Kandasamy Velmurugana, Vellaiyappan Sangli Karuppanan Venkatachalapathyb, Sechassalom Sendhilnathanc*. Synthesis of Nickel Zinc Iron Nanoparticles by Coprecipitation Technique, Materials Research. 2010; 13(3): 299-30.

Sh.N. Aliyeva

THE MAGNETIC PROPERTIES Of Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ SOLID SOLUTIONS

The interpretation of experimentally found concentration dependence of magnetic properties of nano-dimensional ferromagnetic powders of Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄ solid solutions is given.

III.H. Алиева

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄

Дана интерпретация экспериментально установленной концентрационной зависимости магнитных свойств наноразмерных ферромагнитных порошков твердых растворов Zn_xNi_{1-x}Fe₂O₄.

Qəbul olma tarixi: 07.12.2010

BƏZİ BİRÖLÇÜLÜ RELYATİVİSTİK SİSTEMLƏR ÜÇÜN KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

Ş.M. NAĞIYEV, K.Ş. CƏFƏROVA

AMEA Fizika İnstitutu, AZ 1143, Bakı ş., H. Cavid pr. 33

S.İ. QULİYEVA

Azərbaycan Kooperasiya Universiteti, AZ 1106, Bakı ş. N.Nərimanov pr.86

Relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikasının faza təsviri inkişaf etdirilmişdir. Konkret olaraq birölçülü üç relyativistik kvant sisteminin (sərbəst zərrəcik, $a\hat{x} + b\hat{p}$ operatorunun məxsusi funksiyası ilə təsvir olunan zərrəcik, bircins sahədə hərəkət edən zərrəcik) kvant paylanma funksiyaları qurulmuşdur.

Açar sözlər: relyativistik kvant mexanikası, kvant paylanma funksiyası, sonlu-fərq tənlik.

PACS:03.65.Pm, 02.03.Gp, 03.65.Vf

1. GİRİŞ

Qeyri-relyativistik kvant mexanikasının mövcud ri-yazi təsvirlərindən biri faza təsviridir. Kvant mexanikasının faza təsviri Viqner funksiyası [1] və Veyl çevirməsi [2] ilə sıx bağlı olub, həm sistemin halları üçün, həm də müşahidə olunan kəmiyyətlər üçün faza fəzasında yalnız adı funksiyalardan (operatorlardan yox) istifadə edir. Operator formalizmindən bu təsvirə keçmək üçün operatorları onların Veyl çevirmələrilə, sistemin hallarını isə kvant paylanma funksiyaları ilə əvəz etmək lazımdır [3]. Viqnerin [1] və Kirkvudun [4] işlərindən başlayaraq, faza təsvirinin xassələri bir çox müəlliflər tərəfindən öyrənilmiş və konkret hesablamalar üçün, o cümlədən sistemlərin fiziki xarakteristikalarını hesablaşmaq üçün tətbiq olunmuşdur (məs, bax: [5-15]). Faza təsviri həmçinin sərf kvant mexaniki məsələlərə baxarkən də əlverişlidir.

Kvant mexanikasının faza fəzasında təsviri həm kvant mexanikası, həm də klassik mexanika üçün ortaq olan anlayışlardan istifadə edir. O, kvant hadisələrinin mənzərəsini qeyri-müəyyənlik prinsipinin maksimal yol verdiyi qədər klassik dildə təsvir etməyə imkan verir.

Kvant mexanikasının faza təsvirinin əsas aləti $F(p,x,t)$ kvant paylanma funksiyalarıdır. Onlardan ən yaxşı məlum olan $W(p,x,t)$ Viqner paylanma funksiyasıdır. Digər paylanma funksiyalarına Qlauber-Sudarşan (və ya $F^N(p,x,t)$ normal və $F^{AN}(p,x,t)$ antinormal nizamlanmış), Husimi və Kirkvud (və ya $F^S(p,x,t)$ standart və $F^{AS}(p,x,t)$ antistandart nizamlanmış) paylanma funksiyalarını misal göstərmək olar.

$F^N(p,x,t)$ kvant paylanma funksiyaları p -impulsun, x -koordinatın və t -zamanın funksiyalarıdır. Onlar bir çox cəhətdən x -koordinatın və p -impulsun birgə paylanma ehtimalına bənzərdirlər, lakin elə xarakterik xüsusiyyətlər də malikdirlər ki, həmin xüsusiyyətlər onları bu cür mənalandırmağa imkan vermir.

İş ondadır ki, koordinat \hat{x} və impuls \hat{p} operatorları kommutasiya etmir, yəni $[\hat{p}, \hat{x}] = -i\hbar$. Ona görə də kvant zərrəciyinin koordinati və impulsu, ümumiyyətlə,

eyni zamanda müəyyən qiymətlər ala bilməz. Bu səbəbdən kvant paylanma funksiyalarını x və p -nin ehtimallarının birgə paylanmasıın kvaziehtimalı və ya kvazisixlığı adlandırırlar. Onlar kvant hesablamalarını asanlaşdırır, həm də klassik və kvant mexanikaları arasında əlaqəni müəyyən etmək üçün, klassik nəticələrə kvant düzelişlərini almaq üçün əlverişlidir.

Qeyri-relyativistik kvant mexanikası çərçivəsində bir sıra sistemlər (harmonik ossilyator, Mors osillyatoru, deltahidrogen atomu, potensial quyuda və xarici bircins sahədə zərrəcik və s.) üçün Viqner paylanma funksiyasının və digər kvant paylanma funksiyalarının aşkar şəkli tapılmışdır [4-15].

[16-20] işlərində isə relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası çərçivəsində xətti harmonik ossilyatorun, xarici bircins sahədə yerləşən xətti ossilyatorun, deltahidrogenin Viqner funksiyaları alınmış və onların qeyri-relyativistik limitləri hesablanmışdır.

Bu məqalədə məqsədimiz bəzi birölçülü relyativistik sonlu-fərq kvant sistemləri üçün paylanma funksiyalarını qurmaq və onların fiziki xassələrini tədqiq etməkdir. Məqalənin quruluşu belədir: §2-də qeyri-relyativistik paylanma funksiyaları haqqında məlumat verilir, §3-də uyğun qeyri-relyativistik sistemlərin kvant paylanma funksiyalarına baxılır. §4-də birölçülü halda relyativistik kvant mexanikası qısa şərh edilir. §5-də relyativistik birölçülü sonlu-fərq kvant paylanma funksiyaları öyrənilir. Yekunda (§6) alınmış nəticələr müzakirə olunur.

2. QEYRİ-RELYATİVİSTİK KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

Kvant mexanikasının faza fəzasında formulə edilməsinin başlıca üstünlüyü ondadır ki, burada operatorların daxil olmadığı c -ədədi tənliklərdən istifadə olunur. Məsələn, hər hansı bir kvantmexaniki müşahidə olunan kəmiyyəti təmsil edən $\hat{A}(\hat{p}, \hat{x})$ operatorunun orta qiyməti $F^N(p,x,t)$ paylanma funksiyasının köməyi ilə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\bar{A} = \langle \psi_N | \hat{A}(\hat{p}, \hat{x}) | \psi_N \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dp dx A(p, x) F_N(p, x, t). \quad (1)$$

BƏZİ BİRÖLÇÜLÜ RELYATİVİSTİK SİSTEMLƏR ÜÇÜN KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

Burada $A(p, x)$ skalyar funksiyadır və $\hat{A}(\hat{p}, \hat{x})$ - in ifadəsində \hat{x} və \hat{p} operatorlarını müəyyən qayda əsasında p və x dəyişənlərlərə əvəz etməklə alınır, $|\psi_N\rangle$ isə sistemin hal vektorudur (N ideksi ifadənin qeyri-relyativistik sistemə aid olduğunu bildirir). A funksiyası koordinat, impuls və ya bu müşahidə olunanların

yüvvətləridirsə, onda biz onların orta qiymətlərini, yüksək momentlərini, o cümlədən onların dispersiyasını tapırıq. A Hamiltonian olduqda biz enerjinin qiymətlərini, A vahid operator olduqda isə dalğa funksiyası üçün normallaşma şərtini alırıq.

Faza fəzasında kvant paylanma funksiyalarının ümumi sinfi belə təyin olunur [20]

$$F_N^f(p, x, t) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^{\infty} d\xi d\eta dx' \langle x' + \frac{1}{2}\eta\hbar | \hat{\rho}_N | x' - \frac{1}{2}\eta\hbar \rangle f(\xi, \eta) e^{i\xi(x'-x)} e^{-i\eta p}, \quad (2)$$

burada $\hat{\rho}_N$ operatoru sistemin sıxlıq matrisidir; $f(\xi, \eta)$ funksiyasının müxtəlif seçimlərinə müxtəlif paylanma

funksiyaları uyğundur. Sistem təmiz halda olduqda $\hat{\rho}_N = |\psi_N\rangle \langle \psi_N|$ və

$$F_N^f(p, x, t) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^{\infty} d\xi d\eta dx' \psi_N^*(x' - \frac{1}{2}\eta\hbar, t) \psi_N(x' + \frac{1}{2}\eta\hbar, t) f(\xi, \eta) e^{i\xi(x'-x)} e^{-i\eta p} \quad (3)$$

alırıq.

Indi (3) düsturunu konkret paylanma funksiyaları üçün yazaq.

1) Viqner paylanma funksiyası. Bu halada $f(\xi, \eta) = 1$ və

$$W_N(p, x, t) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int \psi_N^*(x - \frac{1}{2}x', t) \psi_N(x + \frac{1}{2}x', t) f(\xi, \eta) e^{ipx'/\hbar} dx' \quad (4)$$

2) Standard və antistandard nizamlanmış paylanma funksiyaları. Əgər $f^S(\xi, \eta) = e^{-i\hbar\xi\eta/r}$ seçsək (3)-dən standard nizamlanmış paylanma funksiyasını

$$F_N^S(p, x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \psi_N^*(x, t) \phi_N(p, t) f(\xi, \eta) e^{-ipx'/\hbar} \quad (5a)$$

$f^{AS}(\xi, \eta) = e^{i\hbar\xi\eta/2}$ isə, (3)-dən antistandard nizamlanmış paylanma funksiyasını alarıq

$$F_N^{AS}(p, x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \psi_N(x, t) \phi_N^*(p, t) f(\xi, \eta) e^{-ipx'/\hbar} \quad (5b)$$

Burada $F_N^S(p, x, t) = [F_N^{AS}(p, x, t)]^*$, $\phi_N(p, t)$ isə impuls fəzasında dalğa funksiyasıdır:

$$\phi_N(p, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int dx \psi_N(x, t) e^{ipx'/\hbar}. \quad (6)$$

Kvant paylanma funksiyaları arasında əlaqələr mövcuddur. Məsələn, $F_N^S(p, x, t)$ standard nizamlanmış, $F_N^{AN}(p, x, t)$ antinormal nizamlanmış və $F_N^H(p, x, t)$ Husimi paylanma funksiyalarını Viqner funksiyaları ilə əlaqələndirən düsturlar belədir:

$$F_N^S(p, x, t) = \frac{1}{\pi\hbar} \int dp' dx' W_N(p', x', t) e^{2i(p'-p)(x'-x)/\hbar}, \quad (7a)$$

$$F_N^{AN}(p, x, t) = \frac{1}{\pi\hbar} \int dp' dx' W_N(p', x', t) e^{-\frac{m\omega(x'-x)^2}{\hbar} - \frac{(p'-p)^2}{\hbar m\omega}}, \quad (7b)$$

$$F_N^H(p, x, t) = \frac{1}{\pi\hbar} \int dp' dx' W_N(p', x', t) e^{-\frac{m\kappa(x'-x)^2}{\hbar} - \frac{(p'-p)^2}{\hbar m\kappa}}. \quad (7c)$$

Paylanma funksiyalarının köməyilə koordinatlara və ya impulslara görə paylanmayı tapmaq olar:

$$\int dp F_N^f(p, x, t) = |\psi_N(x, t)|^2, \quad \int dx F_N^f(p, x, t) = |\phi_N(p, t)|^2. \quad (8)$$

3. BİRÖLÇÜLÜ QEYRI-RELYATIVISTİK SİSTEMLƏRİN KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

İndi üç konkret misal üzərində kvant paylanma funksiyalarının xassələrini öyrənək [6]. Baxdığımız dinamik sistemlər birölçülü, faza fəzası isə ikiölçülüdür.

1. Sərbəst zərrəcik. Koordinat təsvirində sərbəst zərrəciyin dalğa funksiyası

$$\psi_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} e^{ikx} \quad (9a)$$

həm $H_{ON} = \frac{\hat{p}^2}{2m}$ kinetik enerji operatotunun, həm də

$\hat{p} = -i\hbar\partial_x$ impuls operatorunun məxsusi funksiyasıdır. Impuls təsvirində sərbəst zərrəciyin dalğa funksiyası

$$\phi_N(p, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int \psi_N(x, t) e^{ipx/\hbar} dx = \delta(p - \hbar k). \quad (9b)$$

Sərbəst qeyri-relyativistik zərrəciyin Vinqer funksiyası δ - funksiya ilə ifadə olunur:

$$W_N(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \delta(p - \hbar k). \quad (10a)$$

Baxılan halda Kirkvud funksiyası Vinqer funksiyası ilə üst-üstə düşür

$$F_N^S(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \delta(p - \hbar k) \quad (10b).$$

2. $a\hat{x} + b\hat{p}$ operatorunun σ məxsusi qiymətinə uyğun məxsusi funksiyası ilə təsvir olunan hala baxaq, burada a və b həqiqi ədədlərdir:

$$\psi_N(x, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar b}} e^{-\frac{ia}{2hb}(x - \frac{\sigma}{a})^2} \quad (11a)$$

Normallaşma şərti belədir:

$$\int \psi_N^*(x, \sigma) \psi_N(x, \sigma') dx = \delta(\sigma - \sigma'). \quad (11b)$$

İmpuls fəzasında dalğa funksiyasının aşkar şəkli

$$\phi_N(p, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar a}} e^{\frac{i}{2\hbar a}(bp^2 - 2\sigma p)} \quad (11c)$$

kimidir. Sistemin Vinqer funksiyası

$$W_N(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \delta(ax + bp - \sigma) \quad (12a)$$

düsturu ilə verilir. Kirkvud paylanma funksiyasını isə (5a) düsturunun və ya (7a) düsturunun köməyilə təyin edə bilərik, onda

$$F_N^S(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar\sqrt{ab}} e^{i(ax + bp - \infty)^2} \quad (12b)$$

3. Bircins $V(x) = -Fx$ sahəsində hərəkət edən zərrəcik. Bu halda koordinat təsvirində zərrəciyin dalğa funksiyası Eyri funksiyası ilə ifadə olunur, yəni

$$\psi_N(x) = \frac{1}{\sqrt{F}} \sqrt[3]{\frac{2mF}{\hbar^2}} Ai\left[-\left(x - \frac{E_N}{F}\right) \sqrt[3]{\frac{2mF}{\hbar^2}}\right], \quad (13a)$$

burada F sabit qüvvədir. İmpuls təsvirində (13a) dalğa funksiyası

$$\phi_N(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar F}} e^{\frac{i}{\hbar F}(pE_N - \frac{P^2}{2m})} \quad (13b)$$

eksponensial asılılığa malikdir.

Bircins sahədə hərəkət edən zərrəciyin Vinqer funksiyası da Eyri funksiyası ilə ifadə olunur, yəni

$$W_N(p, x) = \lambda Ai\left(\lambda \left(\frac{p^2}{2m} - Fx - E_N\right)\right), \quad (14a)$$

Kirkvud funksiyası isə

$$F_N^S(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar\sqrt{F^2\hbar^2}} Ai\left[-\left(x + \frac{E_N}{F}\right) \sqrt{\frac{2mE_N}{\hbar^2}}\right] \exp\left[i\left(\frac{p^3}{6mF\hbar} - \frac{pE_N}{F\hbar} - \frac{px}{\hbar}\right)\right] \quad (14b)$$

şəklindədir, burada $\lambda = \sqrt[3]{8m/F^2\hbar^2}$,

$$Ai(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \cos\left(\frac{1}{3}iy^3 + ixy\right) dy. \quad (14c)$$

4. RELYATİVİSTİK SONLU-FƏRQ KVANT MEXANİKASI. BİRÖLÇÜLÜ HAL

Relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikasında birölçülü konfiqurasiya x fəzasına keçid

$$\psi_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int \xi(p, x) \phi(p) d\Omega_p \quad (15)$$

relyativistik birölçülü müstəvi

$$\xi(p, x) = \left(\frac{p_0 - p}{mc}\right)^{-ix/\lambda} = e^{ix\chi/\lambda} \quad (16)$$

dalğaları üzrə sıraya ayrılmıqla həyata keçirilir. Burada zərrəciyin impulsu kütlə səthinə aiddir: $p_0^2 - p^2 = m^2 c^2$, $\lambda = \hbar/mc$ zərrəciyin Kompton dalğa uzunluğuudur. Hiperpoliar koordinatlarda $p_0 = mcch\chi$, $p = mcsh\chi$,

BƏZİ BİRÖLÇÜLÜ RELYATİVİSTİK SİSTEMLƏR ÜÇÜN KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

burada $\chi = \ell n \left(\frac{p_0 + p}{mc} \right)$ kəmiyyəti cəldlik adlanır,

$d\Omega_p = mcdp / p_0 = mcd\chi$ isə integrallama elementidir.

(16) müstəvi dalğaları tamlıq və ortoqonallıq şərtlərinə tabedir, yəni

$$\frac{1}{2\pi\hbar} \int \xi(p, x) \xi^*(p, x') d\Omega_p = \delta(x - x') \quad (17a)$$

$$\frac{1}{2\pi\hbar} \int \xi(p, x) \xi^*(p, x') dx = \frac{p_0}{mc} \delta(p - p') = \frac{1}{mc} \delta(\chi - \chi') \quad (17b)$$

Onlar H_0 sərbəst Hamilton və \hat{P} impuls operatorlarının ortaq məxsusi funksiyalarıdır.

$$H_0 \xi(p, x) = E_p \xi(p, x) \quad \hat{P} \xi(p, x) = p \xi(p, x) \quad (18)$$

H_0 və \hat{P} sonlu-fərq diferensial operatorlardır:

$$H_0 = mc^2 \operatorname{chi} \lambda \partial_x, \quad \hat{P} = -mc \operatorname{shi} \lambda \partial_x \quad (19)$$

Relyativistik Şredinger tipli tənlik (dalğa tənliyi)

$$[H_0 + V(x)]\psi(x) = E\psi(x) \quad (20)$$

şəklində yazılır, burda $V(x)$ relyativistik zərrəciyin potensial enerjisidir. $H=H_0+V(x)$ isə onun tam Hamilton operatorudur.

Asanlıqla göstərmək olar ki, qeyri-relyativistik limitdə alınıq

$$\begin{aligned} \lim_{c \rightarrow \infty} (H_0 - mc^2) &= -\frac{\hbar}{2m} \partial_x^2, \quad \partial_x = \frac{d}{dx}, \\ \lim_{c \rightarrow \infty} \hat{P} &= -i\hbar \partial_x, \\ \lim_{c \rightarrow \infty} \xi(p, x) &= e^{-ipx/\hbar}. \end{aligned} \quad (21)$$

5. BİRÖLÇÜLÜ RELYATİVİSTİK SİSTEMİN KVANT PAYLANMA FUNKSIYALARI

§3-də baxdıığımız qeyri-relyativistik sistemlərin relyativistik analoqlarına baxaq və onlar üçün kvant paylanma funksiyalarını hesablayaq. Hesab edəcəyik ki, qeyri-relyativistik kvant mexanikasında paylanma funksiyalarının dalğa funksiyaları ilə və bir-birilə əlaqəsi relyativistik halda da doğrudur. Məsələn, Viqner funksiyası

$$W(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^* \left(x - \frac{1}{2} x' \right) \psi \left(x + \frac{1}{2} x' \right) e^{i\chi_p x'/\lambda} dx', \quad (22a)$$

$$W(p, x) = \frac{1}{2\pi\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \phi^* \left(\chi + \frac{1}{2} \chi' \right) \phi \left(\chi - \frac{1}{2} \chi' \right) e^{ix\chi'/\lambda} d\chi'. \quad (22b)$$

Bu onunla bağlıdır ki, relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası bir çox cəhətdən qeyri-relyativistik kvant mexanikasına oxşardır. Burada $\phi(\chi) \equiv \phi(p)$.

1. Relyativistik sərbəst zərrəcik. Koordinat təsvirində dalğa funksiyası relyativistik müstəvi dalğadır, yəni

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} e^{ix\chi/\lambda}, \quad (23a)$$

impuls təsvirində isə dalğa funksiyası δ -funksiyadır:

$$\phi(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int_{-\infty}^{\infty} \xi^*(p, x) \psi(x) dx = \delta(mc(\chi_p - \chi)). \quad (23b)$$

Bu halda Viqner funksiyası

$$W(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \delta(mc(\chi_p - \chi)), \quad (24a)$$

Kirkvud funksiyası isə qeyri-relyativistik halda olduğu kimi, Viqner funksiyası ilə üst-üstə düşür.

2. $a\hat{x} + b\hat{p}$ operatorunun məxsusi funksiyası ilə təyin olunan hala baxaq

$$(a\hat{x} + b\hat{p})\psi(x) = \sigma\psi(x) \quad (25a)$$

burada a və b həqiqi ədədlər, \hat{p} isə relyativistik impuls operatorudur: $\hat{p} = -mc \operatorname{shi} \lambda \partial_x$.

Bu tənliyi impuls fəzasında həll edək:

$$(i\lambda a \frac{d}{d\chi} - mc b \operatorname{sh} \chi) \phi(\chi) = \sigma \phi(\chi). \quad (25b)$$

Buradan

$$\phi(\chi) = A e^{\frac{imcb}{\lambda a} (\operatorname{ch} \chi - 1) - \frac{i\sigma}{\lambda a} \chi} \quad (26a)$$

alırıq. Aydındır ki, $c \rightarrow \infty$ limitində (26a) funksiyası (11c) funksiyası ilə üst-üstə düşür.

Indi koordinat fəzasında (26a) hal vektorunun aşkar şəklini tapaq:

$$\psi(x) = A_1 \ell i m \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(z+i\varepsilon) \operatorname{ch} \chi + i\nu \chi} d\chi = A_2 e^{-\frac{i\pi}{2}\nu} H_{i\nu}^{(1)}(z), \quad (26b)$$

$$z = \frac{mc^2 b}{\hbar a}, \quad \nu = \frac{1}{\lambda} \left(x - \frac{\sigma}{a} \right).$$

Burada $H_p^{(1)}(z)$ birinci növ Hankel funksiyasıdır

[21]. (26b) integrallını hesablayarkən

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{iachx - px} dx = \pi i e^{\frac{p\pi i}{2}} H_p^{(1)}(a), \operatorname{Re}(ia) = < 0$$

düsturundan istifadə etdik [21].

(26a) və (26b) dalğa funksiyalarının aşkar şəklini bilərək, Kirkvud paylanma funksiyasını yaza bilərik:

$$F^S(p, x) = \text{conste}^{-i\frac{\pi}{2\lambda}(x-\frac{\sigma}{a})} H_{i(x-\frac{\sigma}{a})/\lambda} \left(\frac{mc^2 b}{\hbar a} \right) \cdot e^{i\frac{mc^2 b}{\hbar a} ch\chi - \frac{i\sigma}{\lambda a} \chi + \frac{ix\chi}{\lambda}}. \quad (27)$$

3. Bircins $V = -Fx$ sahəsində hərəkət edən zərrəcik [22]. Bu zərrəciyin dalğa funksiyalarının həm relyatistik konfiqurasiya x fəzasında, həm də p impuls fəzasında ifadəsi tapılmışdır:

$$\psi_E(x) = \frac{1}{\pi \lambda \sqrt{F}} e^{\frac{\pi}{2\lambda}(x+\frac{E}{F})} K_{i(x+E/F)/\lambda} \left(\frac{mc^2}{\lambda F} \right) \quad (28a)$$

$$\phi_E(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar F}} e^{\frac{i}{\lambda F}(\chi E - mc^2 sh\chi)}, \quad p = mc sh\chi, \quad (28b)$$

burada $K_v(z)$ Makdonald funksiyasıdır.

İndi bircins sahədə hərəkət edən zərrəciyin Viqner paylanma funksiyasını quraq (22a) düsturuna əsasən yaza bilərik

$$W_E(p, x) = \frac{m^2 c^2}{\pi^3 \hbar^3 F} e^{\frac{\pi}{\lambda}(x+\frac{E}{F})} \int_{-\infty}^{\infty} K_{-i(x+\xi+E/F)/\lambda}(z) K_{i(x-\xi+E/F)/\lambda}(z), \quad (29)$$

$$z = \frac{mc^2}{\lambda F}$$

Bu integrallı hesablamaya üçün aşağıdakı integrallı düsturu tətbiq edək [23]

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{ipx} K_{\nu+ix}(b) K_{\nu-ix}(c) dx = \pi \left(\frac{b + ce^p}{be^p + c} \right)^{\nu} K_{2\nu} \left(\sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cdot ch(p)} \right),$$

$$|\arg b| + |\arg c| + |\operatorname{Im} p| < \pi$$

Onda Viqner funksiyasının son ifadəsini alırıq:

$$W_E(p, x) = \frac{mc}{\pi^2 \hbar^2 F} e^{\frac{\pi}{\lambda}(x+\frac{E}{F})} K_{zi(x+E/F)/\lambda} \left(2 \frac{mc^2}{\lambda F} ch\chi \right) \quad (30)$$

(30) funksiyası aşağıdakı xassələrə malikdir:

$$\int_{-\infty}^{\infty} W_E(p, x) dx = |\phi_E(p)|^2, \quad (31a)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} W_E(p, x) d\Omega_p = |\psi_E(x)|^2. \quad (31b)$$

Zərrəciyin Kirkvud paylama funksiyası üçün isə aşağıdakı ifadəni yaza bilərik:

$$F_E^S(p, x) = \frac{mc}{2\pi^2 \hbar^2 F} e^{\frac{\pi}{2\lambda}(x-\frac{E}{F})} K_{i(x+E/F)/\lambda} \left(\frac{mc^2}{\lambda F} \right) \cdot e^{\frac{i}{\lambda F}(\chi E - mc^2 sh\chi) + \frac{ix\chi}{\lambda}} \quad (32)$$

6. YEKUN

Biz bu məqalədə relyativistik sonlu-fərq mexanikasının faza fəzasında təsvitinin inkişaf etdirmişik. Birölkülü relyativistik kvant sistemlərinin – relyativistik sərbəst zərrəciyin $a\hat{x} + b\hat{p} = ax - mc b sh i\lambda \partial_x$ operatorunun məxsus-

si funksiyası ilə təsvir olunan zərrəciyin, bircins sahədə hərəkət edən zərrəciyin kvant paylanma funksiyalarını qurduq. Qurulmuş paylanma funksiyalarının qeyri-relyativistik limitləri, xassələri və tətbiqləri növbəti məqalədə şərh olunacaqdır.

-
- [1] E.P. Winger, Phys.Rev. 40, 1932, 749.
[2] H. Weyl, Z. Physik 46, 1927, 1.
[3] C.R. Гроот, Л.Г. Семпорн, Электродинамика, М.:Наука 1982.
[4] J.G. Kirkwood, Phys.Rev. 44, 1933, 31.
[5] В.И. Тамарский, УФН 139, 1983, 587.
[6] N.L. Balazs, B.K Jennings. Phys.Rep. 104, 1984, 347.
[7] M.Hillery, R.F.O'Connell, M.O. Scully, E.P. Winger, Phys.Rep. 106, 1984, 121.
[8] H.J. Groenwold. Physica 12, 1946, 405.
[9] M.S. Bartlett, J.E. Moyal. Proc. Camb. Phil. Soc. 45, 1949, 545.
[10] T.Tokabayasi. Progr. Theor. Phys. 11, 1954, 341.
[11] N.L. Balazs, Physica 102A, 1980, 236.
[12] Э.А. Ахундова, В.В. Додонов, В.И. Манько. ТМФ. 60, 1984, 413.
[13] H.W.Lee, Phys. Rep. 259, 1995, 147-211.
[14] H.W.Lee, M.O. Scully, J. Chem. Phys. 77, 1982, 4604-4610.
[15] Frank, A.L. Rivera, K.B. Wolf. Phys.Rev. A61, 2000, 054102.
[16] Sh.M. Nagiyev, E.I. Jafarov. Fizika 4, 1998, 50-52.
[17] Sh.M. Nagiyev, E.I. Jafarov. Fizika 3, 1997, 66-68.
[18] N.M. Atakishiyev, Sh.M. Nagiyev, K.B. Wolf . ТМФ 114, 1998, 332.
[19] Sh.M. Nagiyev, G.H. Guliyeva, E.I. Jafarov. J. Phys. A: Math. Theor 42, 2009, 454015.
[20] Ш.М. Нагиев, Г.Н. Гулиева, АМЕА Xəbərləri, fizika-riy.və texn. elm.seriyası (Fizika və Astronomiya) 2011.
[21] А.П.Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричов. Интегралы и ряды, т.1, Москва, Наука, 1981.
[22] Sh.M. Nagiyev, S.I. Guliyeva, Phys. Lett. A373, 2009, 2810.
[23] А.П.Прудников, Ю.А.Брычков, О.И.Маричов. Интегралы и ряды, т.2, Москва, Наука, 1983.

Sh.M. Nagiyev, K.Sh. Jafarova, S.I. Guliyeva

QUANTUM DISTRIBUTION FUNCTIONS FOR A SOME ONE-DIMENSIONAL RELATIVISTIC SYSTEMS

Phase –space representation for the relativistic finite-difference quantum mechanics is developed. For the three one-dimensional relativistik quantum sistem (a free particle, a particle whichis described by the eignefunction of the operator $a\hat{x} + b\hat{p}$, a particle in a uniform field) quantum distribution functions are constructed.

Ш.М. Нагиев, К.Ш. Джадарова, С.И. Гулиева

КВАНТОВЫЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ОДНОМЕРНЫХ РЕЛЯТИВИСТИЧСКИХ СИСТЕМ

Развито фазовое представление для релятивистской конечно-разностной квантовой механики. Для трех одномерных релятивистских квантовых систем (свободная частица, частица описываемая собственной функцией оператора $a\hat{x} + b\hat{p}$, частица, движущаяся в однородном поле) построены квантовые функции распределения.

Qəbul olma tarixi: 29.03.2011

SnSe-ErSe SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ

C.İ. HÜSEYNOV, Ş.S. İSMAİLOV, R.F. MƏMMƏDOVA, P.C. KƏRİMOVA

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Az-1000, Bakı, Üz. Hacıbəyli 34

E-mail: hci@mail.ru

SnSe-ErSe qarşılıqlı təsiri öyrənilmiş, kompleks fiziki kimyəvi analizlərin nəticəsində ErSe-nin SnSe-də həllolma oblastı təyin olunmuş, sistemin hal diaqramı qurulmuşdur. Aşqarlanması və kompensasiya dərəcəsinin $Er_xSn_{1-x}Se$ -in keçiriciliyinin ΔE_i aktivləşmə enerjisine təsiri müəyyənləşdirilmişdir. Zəif aşqarlanması və kompensasiya oblastında yükdaşıyıcıların konsentrasiyası uyğun olaraq azalır. Tədqiq olunan ərintilərdə $x \geq 0,004$ at% Er başlayaraq keçiricilik tipinin dəyişməsi qalay altqəfəsində öz-özünə kompensasiyanın donor təsiri əsasında izah olunur.

Yarımkeçirici birləşmələrin və onların bərk məhlullarının donor və akseptor aşqarları ilə legirə olunması keçiricilik zonasının dibinin və valent zonasının tavanının energetik spektrinin, dispersiya qanununun, yüksəkdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin öyrənilməsində geniş istifadə olunur. Aşqarlamaqla əsasən ya elektron hallarını ya da deşik hallarını doldurmaqla Fermi səviyyəsinin yerini dəyişmək olur ki, bununla da zona parametlərini hesablaşmaq xeyli sadələşir.

Bu baxımdan $A^{IV}B^{VI}$ tipli binar birləşmələrdən olan SnSe-nin nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanması və ya xud zəif konsentrasiyalı bərk məhlullarının alınması və onların fiziki xassələrinin kompleks tədqiqi maraq doğurur. Nadir torpaq metal (NTM) elementlərinin iştirakı ilə alınan maddələr bəzi enerji çeviricilərinin, radiasiyaya, təzyiqlərə, rütubətə qarşı davamlı müxtəlif növ termorezistorların hazırlanmasında geniş istifadə olunur. NTM-nin elektron quruluşunda $4f$ səviyyəsinin tam dolmaması asanlıqla $4f-5d-6s$ kecidinin baş verəməsi və atomların $4f$ səviyyəsində mütəhərrrik elektronların hesabına dəyişkən valentlik yaranması onların iştirakı ilə alınan materialları maraqlı tədqiqat obyektiñə çevirir. Bu baxımdan NTM iştirakı ilə alınan ərinti və birləşmələr əsasında tələb olunan fiziki xassələrə malik yeni perspektivli materiallar almaq mümkün olduğundan onların tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [1-2]. İşdə SnSe-ErSe sisteminin SnSe tərəfdən hal diaqramının bir hissəsi qurulmuş, sistemdə qalay monoselenidi əsasında 0-3,5 mol% oblastında bərk məhlul alınmışdır. $(SnSe)_{1-x}(ErSe)_x$ bərk məhlul ərintiləri ($x=0,0000$; 2- $x=0,0010$; 3- $x=0,0025$; 4- $x=0,0050$; 5- $x=0,0100$; 6- $x=0,0150$; 7- $x=0,0250$; 8- $x=0,0500$) tərkib komponentlərinin birbaşa əridilməsi yolu ilə sintez edilmişdir.

SnSe-ErSe sistemi Sn-Er-Se sisteminin kvazibinar kəsiyidir. Sistemdə 705°C-temperaturda ErSe-nin 7,5mol% miqdardında evtekтика, otaq temperaturunda tərkibdə ErSe-nin miqdarı 3 mol%-ə qədər olduqda SnSe əsasında kiçik həllolma oblastı, həmçinin 875°C temperaturunda



peritetik reaksiyasından yaranan və inkonquryent əriyən $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsi aşkar edilmişdir. $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsi ərimə temperaturuna çatmamış 880°C də parçalanır. Komponentlərin birbaşa əridilməsi üsulu ilə sintez etmək mümkün olmadıqından $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsi presləmə üsulu ilə alınmışdır. Maddənin bircinsliyini və mexaniki bərkliyini təmin etmək üçün götürülmüş kom-

ponentlər narın toz halına salınır, mexaniki vibrasiya üsulu ilə qarışdırıldıqdan sonra preslənir. Presləmə iki mərhələdə, soyuq və isti presləmələrdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə, soyuq presləmədə qarışq presformada $P=7.0$ Ton/sm² təzyiq altında 5 dəqiqə saxlanılır. İkinci mərhələdə pres formaya $t=380-400^{\circ}\text{S}$ temperatur verilir və $P=4,8$ Ton/sm² təzyiq altında 4,5 dəqiqə saxlanılır. Presləmə prosesi tam başa çatdıqdan sonra alınmış maddələrin homogenliyini təmin etmək üçün termik emal olunur. Alınmış maddə xüsusi ampulada 680°C temperaturlu qızdırıcıda üfüqü vəziyyətdə yerləşdirilərək 250 saat saxlanıllaraq dəmləmə aparılır. Bundan sonra onun müqavimətə görə bircinsliyi yoxlanımlı, kristallik quruluşu tədqiq olunmuşdur.

SnSe-ErSe sistemində faza tarazlığı differensial-termik (DTA), rentgenquruluş (RQA), mikroquruluş analizləri, mikrobərkliyin və sıxlığın təyini metodları ilə öyrənilmişdir. DTA alçaq tezlikli NTR-73 markalı pirometrədə aparılmışdır. Pirometrə proqramlaşdırılmış qızma sürəti 9 K/dəq olmuşdur. RQA ovuntu metodu ilə Ni filtrlili CuK α şüalanmalarında DPOH-3 markalı rentgen difraktometrində aparılmışdır. Difraktoqrammaların çökilmə prosesində 2θ bucağı $6-60^{\circ}$ intervalında dəyişmişdir. Sintez edilmiş ərintilərin mikrobərkliyi PIIMT-9 markalı metalloqrafik mikroskopda sınaqdan keçirilmiş, sıxlıqları piknometrik üsulla təyin edilmiş və rentgenoqrafik nəticələr əsasında hesablanmışdır.

Mikrobərkliyin ərintilərin tərkibində asılılığının tədqiqi göstərir ki, ErSe-nin miqdarının 0-3mol% və 50mol% olduğu tərkibləri istisna olmaqla, bütün nümunələr 500 MPa (SnSe) və 2500 MPa ($ErSnSe_2$) gərginliklərə uyğun iki fazadan ibarətdir.

Kompleks fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

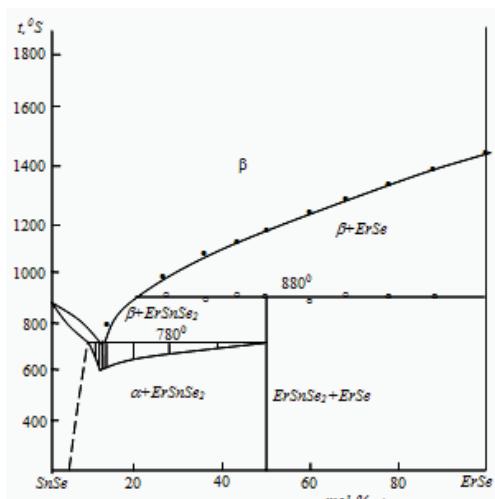
Cədvəldən göründüyü kimi $(SnSe)_{1-x}(ErSe)_x$ sistem ərintiləri də əsas maddə olan SnSe kimi ortorombik sin-qoniyyada kristallaşır. Lakin ərintilərin tərkibində ErSe-nin faizlə miqdarı artdıqca kristal qəfəsin elementar özəyinin parametrlərinin, sıxlıqlarının və mikrobərkliklərinin zəif artımı, termik qızma effektlərinin isə nisbətən aşağı temperatur oblastına tərəf sürüşməsi müşahidə olunur. Bütün tərkiblərdə rentgenoqrafik metodla hesablanmış sıxlıq piknometrik üsulla təyin edilmiş sıxlığın qiymətin dən böyük olur. Bu alınmış sistem ərintilərinin qurulus elementlərinin vakansiyalarından ibarət defektlərlə zəngin olduğunu göstərir.

SnSe-ErSe SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ

Cədvəl 1

SnSe-ErSe sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi parametrləri

№	Tərkib mol%		Termik qızma effektlər	Sixlıq, 10^3 kg/m^3		Mikrob k.MPa	Qəfəs parametrləri A°		
	SnSe	ErSe		ρ_{pik}	ρ_{rent}		a	B	c
1	100	0,0	880	6,18	-	480	4,46	4,19	11,57
2	99,9	0,1	880	6,20	6,40	500	4,73	4,33	11,42
3	99,75	0,25	875	6,21	6,42	570	4,735	4,34	11,42
4	99,5	0,5	790,87	6,22	6,41	590	4,736	4,35	11,45
5	99	1,0	760,87	6,23	6,42	650	4,738	4,37	11,47
6	98,5	1,5	725,86	6,24	6,43	720	4,74	4,38	11,51
7	97,5	2,5	715,88	6,24	6,63	680	4,75	4,40	11,54
8	95	5	710	6,25	6,65	650	4,75	4,42	11,56



Şəkil 1. SnSe-ErSe sisteminin hal diaqramı/

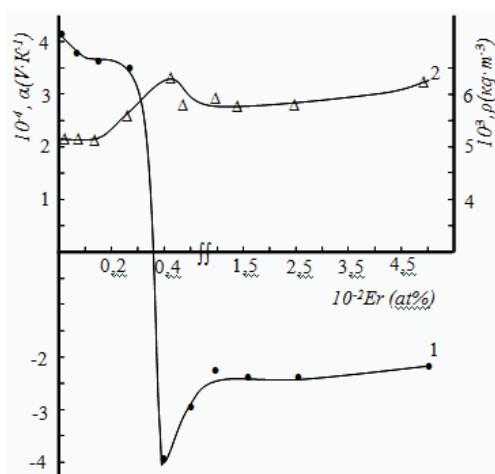
0-3,5 mol% intervalında rentgenoqrammalarda difraksiya xətlərinin sürüşməməsi və yalnız intensivliklərin dəyişməsi göstərilən intervalda SnSe əsasında bərk məhlulların əmələ gəldiyini göstərir. Qəfəs parametrlərinin müşahidə olunan artımı Sn atomlarının qismən böyük radiuslu Er atomları ilə yaxşı uzaşması və Veqard qanununun ödənilməsi SnSe əsasında əvəzətmə tipli bərk məhlulların yarandığını söyləməyə imkan verir.

Kompleks fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri əsasında SnSe-ErSe sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur (Şəkil 1). Sintez edilmiş nümunələrin 300-620 K temperatur intervalında bəzi kinetik parametrləri təyin edilmiş, xüsusi müqavimətin, Holl əmsalının və maqnit müqavimətinin temperatur asılılığı, həmçinin otaq temperaturunda maqnit müqavimətinin maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı tədqiq olunmuşdur. $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{ErSe})_x$ sistem ərintilərinin 300K temperaturda kinetik parametrləri üçün alınan nəticələr Cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

(SnSe)_{1-x}(ErSe)_x sistem ərintilərinin bəzi kinetik parametrləri (300K).

Tərkiblər	σ , $\text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$	R, sm^3/Kl	$p(n) \cdot 10^{17}$, sm^{-3}	μ , $\text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{san}$	α , mkV/K	$\Delta\rho/\rho$
X=0	14	+6,7	9,8	102	310	+0,0046
X=0,04	0,0092	+252	0,2	75	248	+0,023
X=0,025	0,022	-184	0,35	23	-125	+0,065
X=0,05	0,183	-112	0,56	15	-64	0,036
X=0,5	0,0014	-594	0,11	8,3	-15	0,098



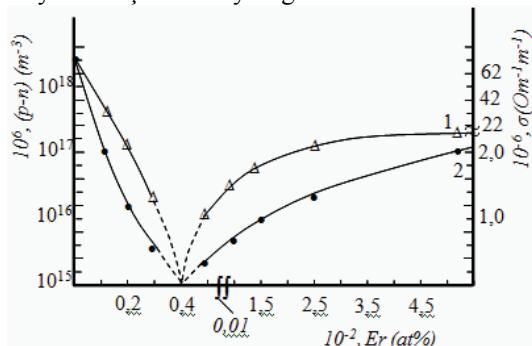
Şəkil 2. $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərində termo-ehq (1) və sixliğin (2) Er miqdarından asılılığı ($T=300 \text{ K}$)

Cədvəldən göründüyü kimi nümunələrin tərkibində ErSe-nin faizlə miqdarı artıraq xüsusi müqavimət və Holl əmsalı artır, əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və yürüklüyü isə azalır. SnSe binar birləşməsindən $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{ErSe})_x$ sistem ərintilərinə keçidkər yüksəkdaşıyıcıların konsentrasiyası iki tərtib, Holl yürüklüğünü 15 dəfə, elektrik-keçiriciliyi 230 dəfə azalar. Holl əmsalının və termo e.h.q.-nın işarələri üst-üstə düşür. $x=0,025$ və $x=0,05$ tərkibli ərintilərdə keçiricilik tipini dəyişərək n -tip keçiricilik yaranır. $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{ErSe})_x$ sistem ərintilərinin quruluş xüsusiyyətləri göstərir ki, tədqiq olunan tərkiblər qalay atomlarının qismən Er atomları ilə əvəz olunması ilə kristallaşır. Bu əvəzolunma prosesinin kristal qəfəsdə heterovalent izomorfizm çevrilməsi ilə baş verdiyi ehtimal olunur. Bu əvəzolunma, rentgenquruluş analizinin nəticələrindən məlum olduğu kimi, SnSe-nin qəfəs parametrlərinin artmasına həmçinin, yüksəkdaşıyıcıların qəfəs "təhriflərindən" intensiv səpilməsinə səbəb olur ki, buda

xüsusi istilikkeçiriciliyinin artması ilə müşayiət olunur [6].

Şəkil-2 də $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərinin sıxlığının ρ və termo-ehq-sinin erbiumun miqdardan asılılıq qrafikləri təsvir edilmişdir. Şəkil 2-dən göründüyü kimi (əyri 2) $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərində erbiumun miqdarı artıqca sıxlıq nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişmir. Bu bilavasitə $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərinə daxil edilən Er atomlarının ilk növbədə kristalda düyünlərarası vakant yerlərini tutmasını, Frenkel defektəmələgəlməsini göstərir [8]. Erbiumun konsentrasiyasının artımı ilə termo-ehq-si (α) azalır və $x \geq 0,004$ % də işarəsinə p -tipdən n -tipə dəyişərək maksimumdan keçərək $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ bərk məhlullarında mütləq qiyməti stabillaşır (əyri 2). Qeyd edək ki, termo-ehq-sinin işarəsinin dəyişmə oblastı sıxlığın maksimal qiymətinə uyğun gəlir. $x \approx 0,004$.

Kompensasiyanın mövcudluğu $\delta = \frac{n_i}{N} \ll 1$ parametrinin kiçik qiymətlərinə uyğun gəlir (N – tam kompensasiya $p-n=0$ müşahidə olunduqda aşqarların konsentrasiyası, n_i – yükdaşıyıcıların məxsusi konsentrasiyasıdır). Qalay monoselenidi üçün bu kəmiyyət 1-dən böyük olur. Bu həmin model çərçivəsində öz-özünə kompensasiyanın baş vermədiyini göstərir.



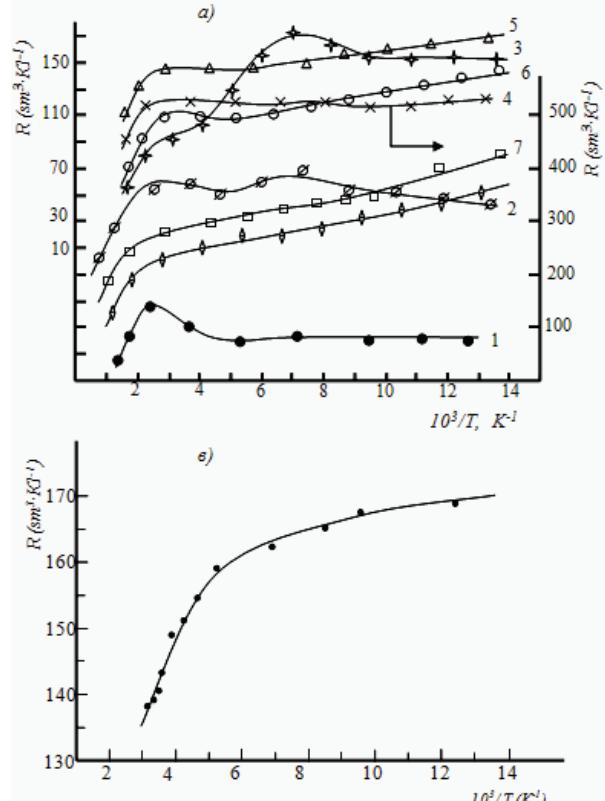
Şəkil 3. $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərində elektrikkeçiriciliyinin (1) və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının (2) Er miqdardından asılılığı

Şəkil 3-də yükdaşıyıcıların, konsentrasiyasının p , $n=f(x)$ və elektrikkeçiriciliyinin $\sigma=f(x)$) SnSe –də erbium aşqarlarının miqdardan asılılıq qrafikləri verilmişdir. Bu asılılığın kəskin dönüşü və keşiriciliyin tipinin p -tipdən n -tipə dəyişməsini yükdaşıyıcıların kompensasiyası ilə əlaqələndirmək olar.

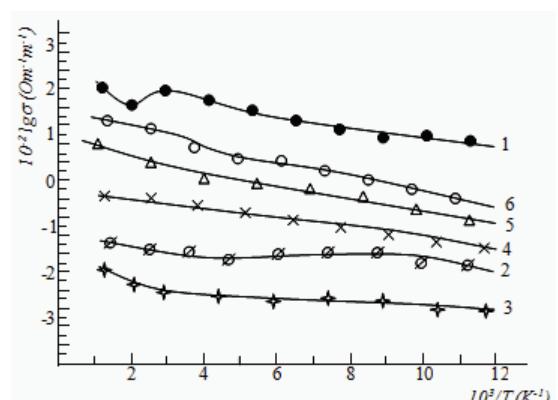
Tədqiq olunan ərintilərin Holl əmsalinin (R) temperatur asılılığı şəkil 4-də təsvir olunmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi temperaturun artımı ilə Holl əmsali müntəzəm olaraq azalır. SnSe binar birləşməsinin Hool əmsalinin temperatur asılılığında $T=420$ K nöqtəsinin yaxın etrafında anomal hal müşahidə olunur. Bu anomal hal SnSe binar birləşməsinin ikiqat defektli quruluşa malik olması ilə əlaqələndirilir [4]. ErSe-nin iştirakı ilə alınan ərintilər də Holl əmsalinin qiyməti xeyli böyüyür, temperaturun artımı ilə isə ənənəvi olaraq azalır. SnSe birləşməsində Holl əmsalinin temperatur asılılığında $T=420$ K nöqtəsinin yaxın etrafında müşahidə olunan anomal hal ($\text{SnSe})_{1-x}$ ($\text{ErSe})_x$ sistem ərintilərində nisbətən aşağı temperatur oblastına sürüşməklə özünü biruze verir.

Alınan nəticələrin analizi tədqiq olunan ərintilərin qismən kompensasiya olunmuş materiallar olduğunu söyləməyə imkan verir. Maqnit müqavimətinin maksimum

qiymətində konsentrasiya özünün doymuş halına çatır. Digər tərəfdən maqnit müqavimətinin işarəsinin müsbət-dən manfiyə dəyişməsi kristallarda yükdaşıyıcıların əsas səpilmə mexanizminin dəyişməsi ilə bağlıdır. Xüsusi elektrikkeçiriciliyi və Holl əmsalının nəticələrinə əsasən yükdaşıyıcıların yüksəklüğünün temperatur asılılığına baxılmış, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi araşdırılmışdır. $T \leq 420$ K temperatur intervalında ionlaşmış aşqar mərkəzlərindən, $T \geq 450$ K intervalında isə kristal qəfəsin düşün nöqtələrindən səpilmənin üstünlük təşkil etdiyi müəyyənləşdirilmişdir.



Şəkil 4. Holl əmsalının temperatur asılılığı: a) nümunələrin otaq temperaturunda konsentrasiyaları;
1- $p=5,6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 2- $p=1,4 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$,
3- $p=3,9 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 4- $n=2,6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$,
5- $n=3,6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 6- $n=4,5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$,
7- $n=9,1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 8- $n=2,3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
b) nəzəri hesablama



Şəkil 5. $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ərintilərinin xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı: 1- $p=5,6 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$,
2- $p=1,4 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$, 3- $p=3,9 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$, 4- $n=2,6 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$, 5- $n=3,6 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$, 6- $n=4,5 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$.

-
- [1] «Физические свойства халькогенидов редкоземельных элементов» Под ред. В.П.Жузе. Изд. «Наука», Л. 1973, с. 303.
 - [2] Н.Х. Абрикосов, Л.Е. Шелимова. Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$. М., Наука, 1975, с.185
 - [3] S.N. Dutta, G.A. Jeffrey. Jnorgan. Chem., v. 4, № 9, p. 1363-1367, 1965.
 - [4] H. Roue. J.Phys.Chem.Solid., v. 27, № 4, p. 766-769, 1966.
 - [5] Д.М. Френк, В.К. Бойчук, Л.И. Межилевская. Извст. АН России. Неорганические материалы, т. 40, № 10, с.1171, 2004.
 - [6] Д.И. Гусейнов, М.И. Мургузов, Ш.С. Исмаил. Извст. АН России. Неорганические материалы , т. 44, № 5, с. 542, 2008.
 - [7] Л.И. Бытенский, В.И. Кайданов, В.И. Макеенко, Р.Б. Мельник, С.А. Немов. ФТП, , т.18, с. 489 1984.
 - [8] Б.Ф. Ормонт. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников М., Высшая школа, 1982, с. 98.
 - [9] Дж.И. Гусейнов, М.И. Мургузов,Р.Ф. Мамедова и др. Международная конференция Физико-химические процессы в неорганических материалах (ФХП-10). Кемерово, 2007, Доклады. Т. 1., с. 327-329.
 - [10] Л.И. Бытенский, В.И. Кайданов, Р.Б. Мельник, С.А.Немов, Ю.И. Равич. ФТП, т. 14, с. 74-79, 1980.
 - [11] А.А.Радциг, Б.М.Смирнов. Параметры атомов и атомных ионов. М., Энергоатомиздат, 1986 с. 74.
 - [12] Н.Н.Павлов. Неорганическая химия. М., Высшая школа, 1986, с. 64.

Д.И. Гусейнов, Ш.С. Исмаилов, Р.Ф. Мамедова, П.Д. Керимова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМ SnSe-ErSe

Исследовано взаимодействие систем SnSe-ErSe, по результатам комплексного физико-химического анализа, определена область растворимости ErSe в SnSe и построена диаграмма состояния системы. Определено влияние легирования и степени компенсации на энергию активации проводимости ΔE_i в $Er_xSn_{1-x}Se$. В области слабого легирования при малых и средних компенсациях концентрации носителей тока соответственно уменьшаются. Выявлено, что начиная, с $x \geq 0,004$ ат% Er в исследуемых твердых растворах наблюдается смена знака носителей тока, находящихся в равновесии с фазой олова, в зависимости от количества замещенного эрбия в образцах SnSe. Этот факт объяснен на основе представлений о самокомпенсации донорного действия в подрешетке олова.

J.I. Huseynov, Sh.S. Ismailov, R.F. Mammedova, P.J. Kerimova

PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF SnSe-ErSe ALLOY SYSTEM

The interaction of SnSe-ErSe systems by the results of complex physicochemical analysis has been investigated. The solubility region of ErSe in SnSe has been defined and system state diagram has been constructed. The doping influence and compensation degree on conduction activation energy ΔE_i in $Er_xSn_{1-x}Se$ has been defined. In the region of weak doping at small and average compensations of current carrier concentrations decrease correspondingly. It is revealed that beginning from $x \geq 0,004$ at% Er in solid solutions under consideration the sign change of current carriers being in the equilibrium with stannum phase in the dependence on replaced erbium concentration in samples, is observed. This fact is explained on the base of conceptions of donor action self-compensation in stannum sublattice.

Qəbul olunma tarixi: 15.02.2011

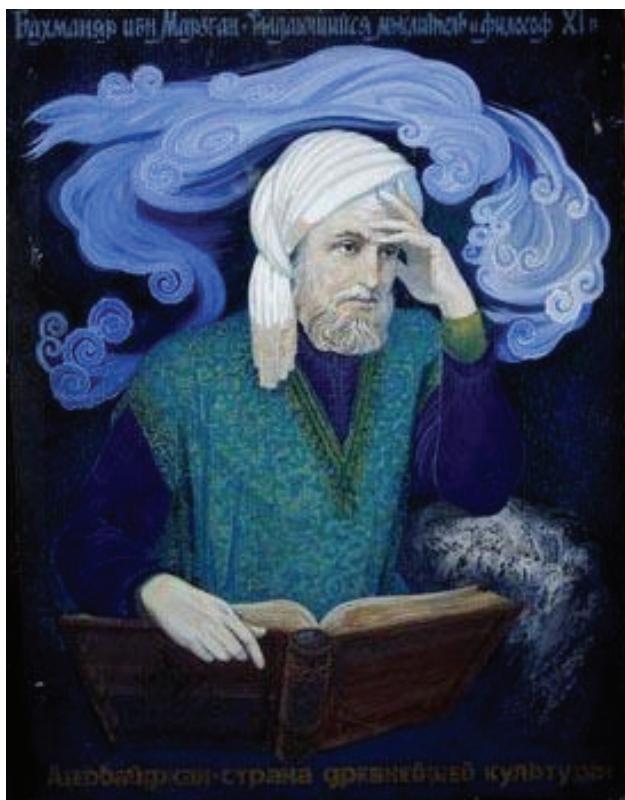
ELMİN ASTANASINDA

N.B. SOLTANOVA

*H.M. Abdullayev adına AMEA Fizika İnstitutu
Bakı, Az-1143, H.Cavid pr.,33*

Məqalədə orta əsrlərdə yaşamış, şərqiñ məşhur alimlərindən biri olan, Bəhmənyar - əl Azərbaycaninin “Ət – Təhsil” kitabını təhlil edərək, yüzilliklərlə qərbən əvvəl həllini tapmış bir sira fizika məsələlərinə diqqət yetirilmişdir.

“Şərq olmasaydı, Qərb də olmazdı”
Fridrix Hegel



Mədəniyyətin inkişafı üçün əldə edilən nailiyyətlərin düzgün anlaşılması, birgə istifadəsi və onların başçılıyətin irsi kimi qəbul edilməsi vacibdir. Bəşəriyyətin inkişafı əsasən elmi – texniki tərəqqi ilə bağlıdır.

Dünyada elm məbədləri müdrik alimlərin qiymətli elmi fikirləri əsasında qurulub. Elm heç bir etnik irqə, dini qrupa məxsus deyil, müxtəlif millətlərin nümayəndələri ilə yaranan təkamüldür, tərəqqidir və hər zaman irəliləyəcəkdir.

Orta əsr dövründə elm tarixinin güclü inkişafı Şərqiñ məxsus olmuşdur. Həmin dövrdə elmi-fəlsəfi fikrin inkişafı Azərbaycanda da öz yerini tutmuşdur və o zaman yaşayıb yaradan Azərbaycanlı mütəfəkkirlər: Əbu-l-Həsən Bəhmənyar, Şixabəddin Marağı, Əbu-Səid Urmavi, Nəsimi, Tusi, Kəmaləddin Ərdəbili, Xaqani Şirvani, Nizami Gəncəvi, Məhəmməd Füzuli, Kəmaləddin Məhsud Şirvani, Məhəmməd Naxçıvani və s. bu sahədə mühüm işlər görərək öz adlarını tarixə yazmışlar.

Elmi-fəlsəfi fikrin inkişafında izini qoyan dahi Aristotelin (e.e. 383-322) fəlsəfə və fizikasının davamçısı olan Əbu-l Həsən Bəhmənyar ibn əl-Mərzban əl-Azərbaycanı (993 –1066) haqqında söhbət açmaq istərdik. Bəhmənyar

əvvəl atəşpərest, sonra isə islam dinini qəbul etmişdir. Dünyanın dahi alimlərindən olan İbn Sina (Avitsena) onun haqqında yazırı: “O mənim üçün oğul qədər, bəlkə də ondan artıq sevimlidir. Mən ona təhsil və təbiyə verib bu səviyyəyə çatdırımişam”. İbn Sinaya müraciətdə onu Şeyx Rəis adlandırdılar, O isə öz tələbəsi Bəhmənyarı – Kia Rəis adlandırdı. (Xeyli əlyazmalarda bu müraciətə rast gəlmək olur).

Müəllifi əl-Bəyxaki olan XII ə. alim, həkim, münəccim və s. haqqında malumat toplusu, tarixi-bioqrafik ensiklopediya “Tatimma “Sivan əl-hikmə””-də (“Müdrilik xəzinəsi”nə əlavə”) Bəhmənyar əl-Azərbaycanı tanınmış müdrik filosof kimi qeyd olunmuşdur. Əl-Bəyxaki yazır ki, Bəhmənyar istedadlı zəka sahibi və hər məsələdə əsl mətləbə can atan bir insan olub.

Orta əsr İran fəlsəfəsinin tədqiqatçısı A.Korben “La philosophie iranienne islamique aux XVII et XVIII siecles” (Paris, 1981) elmi əsərində Bəhmənyarın müsəlman Şərq xalqlarının elmi-fəlsəfi fikir tarixində mühüm rolunu qeyd etmişdir. A.Korbenin yazdığını görsə, Bəhmənyarın, onun müəllimi İbn Sinanın və tələbəsi əl-Ləvrakinin elmi əsərləri Yeni dırçəliş dövrünə qədər yüzilliklərlə nüfuzlu elmi biliklərin mənbəyi olmuşdur.

Məşhur maarifçi Şixab əd-Din əl-Mərcani (1818–1889) VII –XIX ə.ə. müsəlman mədəniyyətini təmsil edən elm və mədəniyyət yaradıcıları haqqında olan fundamental əsərində Bəhmənyarı “tutarlı və diqqətli təqiqatçılığı, yazıçı ustalığı, fikri dərinliyi, ağıl kəskinliyi ilə fəlsəfi elmlərdə başqalarından üstün tutmuş, Şeyx Rəisin (İbn Sina) sarsılmaz həmfikri” kimi xarakterizə etmişdir. Həmin əsərin giriş cildində Mərcani yazır: “Onlardan ən görkəmli və ulusu Əbu Nəst əl-Fərabi, Əbu Əli İbn Sina, qazi Əbu-l Vəlid Məhəmməd ibn Əhməd ibn Rüşd və Bəhmənyar ibn əl-Mərzbandır”. Fərəhli haldır ki, ərəb- müsəlman fəlsəfəsinin tarixində şərəfli yeri olan alimlərin sırasında Bəhmənyarın da adı çəkilir.

Bəhmənyardan bu günə çatan əsərlər ərəb dilində yazılıb: “ət-Təhsil”, “Metafizika”, “Musiqi kitabı”, “Sevinc və səadət”, “Bəzək”, “Canlıların ierarxiyası” və s. Bu əsərlər dönyanın böyük kitabxanalarında, əlyazma fondlarında (İstanbul, Vatikan, Tehran, Behrut, Qahirə, Leyden, London və s.) qorunur. Sonradan bu əsərlər fars və bir neçə qərb dillərinə tərcümə olunub. 1851-ci ildə “Metafizika” və “Canlıların ierarxiyası” əsərləri Leypsiqdə alman və ərəb dillərində nəşr olunmuşdur.

“Ət-Təhsil” traktati Əbu-l-Həsən Bəhmənyar ibn əl-Mərzban əl-Azərbaycaninin şah əsəri hesab olunur. Həmin ensiklopedik traktat üç kitabdan ibarətdir: I kitab – “Məntiqdən”, II – “Metafizikadan” III – “Konkret möv-

cud olan şeylərdən”. 1971-ci ildə “Kitab ət-Təhsil” Tehranda ərəb, 1983-cü ildə fars dilində nəşr olunub. Bu əsəri rus dilində məşhur sovet alimi, şərqşunas A.V.Saqadeyev tərcümə edib və 1983-1986-ci illərdə Bakıda, üç cild şəklində, akademik Həsən Abdullayevin redaktorluğu ilə nəşr olunub.

“Ət-Təhsil” əsərində Bəhmənyar fizika elminə aid bir neçə problemi işıqlandırır:

Cisinin tərkibinin bölünməz zərrələrdən ibarət olmasının fikrinin təkzib edilməsi; hərəkət və sükut, təbii və trayektoriya ilə hərəkət növləri; məkan və zaman, onların xüsusiyyətləri; işıq hadisələri, günəş şüasının təbiəti və görünmə mexanizmi; səs hadisələri, səsin yaranma, yayılma və qəbul edilmə prosesləri.

“Ət-Təhsil”in I cildində Bəhmənyar nöqtə, xətt, düz səth, zaman, hərəkət və s. anlayışlarına maraqlı elmi tərif vermişdir. Bəhmənyarın dediyinə görə: “Arasıkəsilməz kəmiyyət o ola bilər ki, onun hansısa bir birləşmə və tərazlığı var və onun hər bir hissənin digərinə nisbətən harada olduğunu göstərmək olar.

Arasıkəsilməz kəmiyyətdən biri bir istiqamətdə - bu düz xətdir; digəri düz bucaq altında kəsişən iki istiqamətdə - bu müstəvidir; üçüncüsü bir - birinə perpendikulyar üç istiqamətdə - bu cisimdir, bölgüyü imkan verir. Yeri olmayan, arasıkəsilməz kəmiyyət dedikdə zaman nəzərdə tutulur. Zaman hərəkət ölçüsüdür və o arasıkəsilməz kəmiyyətə aiddir, lakin yeri yoxdur. Çünkü onun hissələri, daha dəqiq desək keçmiş ilə gələcək halları birgə mövcud olmur”.

“Hərəkət - hərəkətdə olan əşyanın başlanğıc və son arasında olmasına, bu şərtlə ki, onun nə keçmişdəki, nə də gələcək hali yoxdur. Hərəkətdə olmanın özü elə həmin hərəkət deməkdir. Hərəkət isə dəyişiklik deməkdir.”

“Göndərmələrin əldə edilməsi” adlı fəsildə Bəhmənyar optika məsələləri də daxil olmaqla bir neçə problemdə toxunur. O, qeyd edir ki, “görmə qabiliyyətinə malik olanlar ətrafi yalnız işıq olarkən görə bilərlər”. Bu ifadə ilə Bəhmənyar açıq qeyd edir ki, dünya haqqında tam məlumat insana gözü vəsitsilə işığın və işıq şüalarının köməyiyle verilir. Sonra həmin fəsildə bu mexanizmin daha dəqiq izahı verilir.

Ay tutulmasından danışarkən, Bəhmənyar belə izahat verib: “Yer kürəsi bəzən Ay və Günəşin arasında yerləşir. Günəşdən işıq alan (işıq saçan) Yer kürəsi Günəşin və onun arasında yerləşərkən o tutulur. “İşıqlaşanın” işığı yox olur, o tutulur. Ay tutulur”. İnsan Ayı işıqlaşan hesab edirdi. Bəhmənyar çox ehtiyatla qeyd edir ki, “Hər bir Günəşdən işıq alan işıqlanan cisimdə işıq itir”. Başqa sözlə Ay işıqlaşan deyil, o yalnız Günəşdən aldığı işığı əks etdirir.

“Ət-Təhsil” traktatının II cildinin birinci hissəsində yerləşən onuncu fəsli “Cisinin bölünməyən zərrəciklərdən ibarət olması müddəəsinin təkzibi” adlanır. Fəsildə Bəhmənyar həmin müddəənin bir neçə təkzib variantını ifadə edir. XI əsrə Bəhmənyar qeyri-adi bir fikrə gəlir ki, cisim təşkil edən hissəciklər özləri də bölünür. Həqiqətən, XX əsrin kəşfləri (Rezeford-Borun atom modeli) göstərir ki, atom bölünür: o, proton, elektron və neytronlardan ibarətdir. Görürük ki, Bəhmənyarın “cisim bölünməyən eyni zərrələrdən ibarət ola bilməz” fikri təstiq oldu. Zərrəciklərin bölünməsinin açılışı hələ bu gün də davam edir.

Ikinci kitabda aparılan tədqiqatlar ilkin materiya, materiya, forma ilə bağlı problemlərdir. “...Bilmək lazımlı-

dir ki, materiya forması materiyadan kənar mövcud ola bilməz”.

“...vəziyyət və kəmiyyət cismin ayrılmaz xüsusiyyətləridir”. “Vəziyyət - cismin hissələrinin bir-birinə nisbətidir və bundan cismin hissələrinin bir-birinə nisbətən yerləşməsi aydın olur. ...yer-cisinin həcmini tutan, həcmli cismi əhatə edən sərhəddir. Kitabda yerləşən “Yer haqqında” fəsli Bəhmənyar bu cümlə ilə başlayır: “Bu məsələ fizikada təhlil edilir, çünkü o bu elmə aiddir”.

Həmin fəsildə boşluq (vakuum) da araşdırılır. Bəhmənyarın vakuum probleminə aid özünəməxsus fikirləri var idi: “...boşluq yer tutan kəmiyyətdir. ...boşluq cisimdir... boşluqda heç bir hərəkət ola bilməz - nə düz xətti, nə də dairəvi. ...boşluqda təbii hərəkət ola bilməz; orada təbii hərəkət ola bilməyən halda məcburi də ola bilməz.”

“...Boşluq elə bir yer deyil ki, orada nə isə hərəkət etsin”. Bəhmənyar vakuumda hərəkətin, xüsusən də məcburi hərəkətin yaranmasını inkar edir. O yazır ki, məcburi hərəkətin yaranmasına kənardan təsir tələb olunur. Vakuumda kənar cisim ola bilmədiyindən məcburi hərəkət də ola bilməz. Bəhmənyar bu mənqıqli nəticəyə XI əsrə, hələ impulsun saxlanması qanunu aşkar olmayan zaman gəlmışdı.

Bəhmənyarın yaşadığı dövrün aktual problemlərindən biri də hərəkət hesab olunurdu. O, bu məsələyə çox ciddi və hərəkəfli yanaşır. Hərəkət haqqında “Ət-Təhsil” kitabının II və III cildlərində söhbət gedir. “Təbii hərəkəti öz təbiətində olan cisim edir, məcburi hərəkət isə təbii tələb olunmayan istiqamətdə cisim hərəkətə götürülür. Məsələn, yuxarı hərəkət edən daşa kimsə hərəkət verib”.

“Zaman haqqında” fəsildə müəllif yazır: “...zaman hərəkət hesabıdır. ...hərəkət olmasayı zaman da olmazdı. ...O, (zaman), başlangıçsız və arasıkəsilməyən hərəkətin ölçüsü olmalıdır. Daha dəqiq desək başqa hərəkətlərin vahidini ölçməyə imkan verən dairəvi hərəkət elə həmin bu hərəkətdir.”

“Ət-Təhsil” traktatının III kitabı “Konkret mövcud olan şeylərdən” adlanır. “Konkret mövcud olan şeylərdən” elmin fənnini Bəhmənyar İbn Sinanın əsərlərinə əsaslanaraq “Fizika” elmi adlandırır. III kitabın ikinci hissəsinin birinci bölməsi “Fizika” kitabı adlanır.

Bəhmənyarın sözlərinə görə “cismin təbiəti ona məxsus dəyişiklik və sükunətin olmasına xidmət edir. Cisin forması - varlığın məzjidir, hansına görə ki, o nə varsa elə odur. Cisin materiyası elə bir şeydir ki, o formanın daşıyıcısı kimi özünü göstərir”.

Bəhmənyar yazır: “Mən deyirəm ki, cismin keyfiyyətində yaranan hər nə varsa məhv olur, məhv olan nə varsa yenidən yaranır”. XI əsrə deyilən bu dahi sözlər materiyanın saxlanması qanununu ifadə edir.

Figur söhbəti gedən I fəslin II bölməsində müəllif yazır: “təbii sadə cisimlərin figuru sadə olmalıdır, başqa sözə kürəyəbənzər...”. Ardınca Bəhmənyar təstiq edir ki, “...Bil: yer özüñə sferik figur tələb edir...”

Bəhmənyar hesab edir ki, “cisimlər ancaq öz təbii hallarına qayitmaq üçün hərəkətə gəlirlər. ...Harada ki, məqsədə canatma cəhdli var, orada hərəkətin sükutla təmamlanın məqsədi olmalıdır. ...arasıkəsilən düzxətli hərəkətlər sükutla bitməlidir. ...Sükut vəziyyəti zamanla ölçülür.”

Bəhmənyarın nöqtəyi nəzərinə görə, mexaniki hərəkət həm trayektoriyasına (düzxətli, əyrixətli), həm də təbiətiyinə görə [təbii (eyni ölçülü) və məcburi (sürətləndi-

rilmiş] fərqlənir. Bununlada Bəhmənyar belə məntiqi nəticəyə gəlir ki, düzxətli hərəkət həm təbii, həm də məcburi ola bilir. Lakin, əyri xəlli hərəkət təbii ola bilməz. Bəhmənyara görə: təbii hərəkət odur ki, cismin təbiətində olan qüvvə ilə, ona heç nə mane olmadıqda, özünəməxsus olan yol ilə təbii məqsədinə istiqamətləndirilir. Məcburi həyata keçirilən hərəkət odur ki, hərəkətə götərən hərəkətdə olandan kənardır yerləşir, və cismin təbiətinə uyğun gəlmir. Bəhmənyar yazır ki: “hər düzxətli olmayan hərəkət təbii olmur”. Lakin Aristotel hesab edir ki, dövrü hərəkət (məsələn, göy cisimlərinin hərəkəti) təbii və daimidir.

“...Dairəvi hərəkətin istiqamətləndiyi nöqtə, uzaqlaşma baş verən nöqtə ilə eynidir”.

Əgər hesab etsək ki, göy cismi yer maddəsindən ibarətdir, onda Qalileydən sonrakı fizikaya görə onun təbii hərəkəti düz xətt üzərində sabit sürətli hərəkətdən ibarətdir. Ona görə də cismin dairə üzərində fırlanması üçün ona qüvvə sərf etmək lazımdır.

Mərkəzəqəcan qüvvənin əhəmiyyəti və istiqaməti analitik formada holland fiziki Xristian Hüygens tərəfindən müəyyən edilmiş və Isaak Nyutonun planetlərin hərəkət nəzəriyyəsinin əsasına çevrilmişdir. Qədim zamanlardan yunan alımlarının, Xoldej və Vavilon münəccimlərinin, geosentrik sistemin banisi Nikolay Kopernikin və sonda dahi Qalileyin diqqətini cəlb edən planetlərin hərəkət problemi Nyuton zamanı tətbiqi məsələyə çevrilmişdir. Həmin məsələ Nyuton qanunlarının istifadəsi üçün ideal sahə olur və demək olar ki, XVII əsrin ən yüksək elmi nailiyyəti olan Nyuton nəzəriyyəsi və planetlərin hərəkət problemlərinin həlli olur. Bununla da, Aristotelin planetlərin “təbii və daimi” hərəkəti müəyyən qədər qüvvə tələb edir. Bu elmi qanuna uyğunluğu hiss edərək, Bəhmənyar hələ XI əsrə “Ət – Təhsil” traktatının “Fizika” kitabında yazırırdı: “Dairəvi hərəkət ancaq ona görə mövcud ola bilər ki, ona hansısa bir səbəb var... dairəvi göy hərəkətin materiyadan ayrılmış başlangıcı var, cismin özündə olan xüsusi şeylərin idarəsinin qüvvəsi var, arzu ilə əlaqədə olan qüvvə və hərəkət etdirən qüvvə var”.

Hərəkətdən danışarkən Bəhmənyar belə bir qiymətli fikri irəli sürmüştür: “...hərəkətin 3 müxtəlif növü var: 1 – mərkəz ətrafında, 2 – mərkəzdən, 3 – mərkəzədə” . Burada mərkəzəqəcəmə və mərkəzdənqəcəmə qüvvələrinin elementləri özünü aydın göstərir.

Bəhmənyar apardığı tədqiqatlar əsasında nəticəyə gəlir ki, Kainatda yeganə hərəkət dövrü hərəkətdir. Bu nəticəyə görə Bəhmənyar kainat və zamanın xüsusiyyətlərinə aid yeni fikir irəli sürdü. ...Ölçünün sonu olduğunu bildirsən “...aydın olmalıdır ki, düzxətli və sonsuzluğa gedən hərəkət yoxdur”. Bu nəticədən həmçinin fəzanın əyilməsi fikri aşkar olur.

Qədim zamanlardan XIX əsrə qədər dünya elmində aparıcı yer tutan görkəmli yunan filosofu, riyaziyyatçı Evklidin adı ilə bağlı həndəsə idi. Onun postulatlarının bərində deyilir ki, verilən müstəvidə verilən nöqtədən həmin düz xəttə paralel olan yalnız bir xətt çəkmək olar.

XIX əsrə qeyrievklıq həndəsəsinin iki sistemi yaranır. Birinci rus riyaziyyatçısı Lobaçevskinin adı ilə bağlıdır. Onun fikrinə görə bir nöqtədən xeyli paralel xətt çəkmək olar. Ikinci Riman həndəsəsi - dairəvi həndəsədir. Bu halda bir verilənə paralel heç bir xətt çəkmək olmaz. Uzun illər müəyyən edə bilməmişlər ki, biz hansı fəzada yaşayırıq - evklid, yoxsa qeyrievklid.

Nyutonun cazibə nəzəriyyəsindəki fəza evklid xarakteri daşıyır, başqa sözlə mütləq düzxətliliyin mövcudluğu fərə olunur. Lakin, Eynşteyn tərəfindən XX əsrə yaranmış ümumi nisbilik nəzəriyyəsində göstərilir ki, məkan qeyrievklid xarakteri daşıyır – bütün xətlər qapalı olur və mütləq düz xətlər mövcud olmur.

Ümumi nisbətlik nəzəriyyəsindəki, Eynşteyn tənlikləri materiyanın paylanması və fəzanın həndəsi xassələri və zaman arasında əlaqəni müəyyən edir – hissəciklər və sahə fəzada yerləşərək onu əyir. Deməli əyilmiş məkan və zaman ümumi nisbətlik nəzəriyyəsinin simvoludur. Bəhmənyar hələ XI əsrə məkanın əyriliyinin mövcudluğunu qəbul edir, sonsuzluq anlayışını isə qəbul edə bilmir. O, yazır: “...sonsuzluq təbii olmamazlıqdır.”

“Bəhmənyar, hərəkətin, qüvvənin təsiri ilə müəyyən zaman aralığında onun mənşəyi hadisəsini təhlil edərək yazır: “bir qüvvə digərindən bir neçə baxımlarda fərqlənir: hərəkətin sürətinə və davamiyyətinə görə”. O məntiq-lə yuxarıda göstərilən fərziyyəni izah edir: Ona görə məlumdur ki, məcburi və ya təbii hərəkətə gəlmək üçün heç bir cisim sonsuz intensivlikli qüvvəyə malik ola bilməz. Çünkü, bunun üçün hərəkətin zamanda baş verməsi tələb olunardı, halbuki zamandan asılı olmayıaraq həyata keçirilən hərəkət qeyri-mümkündür. Lakin, o zamana görə deyil, qüvvənin intensivliyi böyük olduqca zaman kəsimi o qədər qısa olmalıdır. Beləliklə, Bəhmənyarın baxımından hərəkətverici sonsuz qüvvəyə malik olduqda sıfır bərabər olur, deməli hərəkət tamamilə ola bilməzdi. Bu dahi fikir hələ XI əsrə görkəmli alim Bəhmənyar tərəfindən söylənmişdir.

“Fizika” kitabının üçüncü bölməsinin dördüncü fəsli “Şüa, işıq və onlara bağlı olan nə varsa” adlanır. Bu fəsildə optika problemləri ilə bağlı məsələlər araşdırılır: günəş şüaları, işıqsاقana cisim, işıq şüalarının əks olunması, görmənin mexanizmi və s. nə ilə bağlıdır.

“Görmə orqanı qəbul olunan informasiyanı çeviriyində görmə mümkün olur. Lakin, görülən cisim göz orqanına çata (girə) bilməz. Deməli görmə orqanında görünən cismin şəkli yaranır”. Sonra, Bəhmənyar həmin cismin şəklinin və görmə maddəsi (torlu qışa) ilə görmə orqanında təsvirin yaranmasının (gözdə) yerləşən “buzaoxşar maddə” (mütəsir dildə “şüşvari maddə” - göz billuru) ilə əlaqələndirdi. Bu izah müəsir anlayışa çox yaxındır.

“Şuanın güzgüdən əks olunmasına aid bir neçə fikrin əsəssizliyi haqqında” fəslində müəllif işıq şüasının əks olunma prosesini araşdırır. O, yazır: “...əks edilmənin səbəbi hamarlıqdır. ...əgər işıq mənbəyi şüaları təbiətdə paylayırsa onda onlar öz istiqamətini yalnız məcburi fakturun təsiri altında dəyişə bilər. ...hər hansı bir hamar səth əksin səbəbidir. ...şüa bir halda sudan əks olunur, digər halda onun dərinliyinə keçir.”

Bəhmənyar güzgüdən əks etdirmə mexanizmini araşdırır. Onun fikrinə görə, əks etdirən, müşahidəçi və müşahidə edilən cismi birləşdirən xətdə yerləşməlidir; çünkü, düz xəttlə həmin cisimin əksi yox, özünün təsviri çatdırılır. Digər tərəfdən cismin təsvirini çatdırın şey heç vaxt onunla müşahidəçi arasındakı paralel xətlərdə yerləşə bilməz. Sonra Bəhmənyar yandıran güzgü haqqında yazır: “...Yandıran güzgü alışmanı ona görə yaradır ki, onun içində hər tərəfdən düşən işığın cəmlənən nöqtəsi yerləşir. Bunun nəticəsində həmin nöqtə güzgünün ən parlaq hissəsi olur və alışmanı yaradan güzgüdən (həmin nöqtədən) əks olan şüalar olur... Əgər alışmanın səbəbi Günəşin şüa-

lanması yox, onun istisidirsə, onda Günəşə yaxın olan cişimlər uzaq yerləşənlərdən isti olardı. Lakin görürük ki, şüa bir əşyanın üzərinə düşərkən onu yandırır. Əşyadan yuxarıda yerləşən cisim isə soyuq qalır". Burada Bəhmənyar öz aydınlaşması ilə güzgündən əks olunmuş şüaların kəsişdiyi nöqtədən (fokusdan) xəbər verir. Bəhmənyarın rəngə aid fikri belədir: "...rəng aktual olaraq işığa görə yaranır..."

"Fizika" kitabının beşinci fəsl "Dad, iy bilmə və eşitmə haqqında" adlanır. Bəhmənyar, insanın adı çəkilən fiziki hissiyatlarını aşdıraraq, eşitmə qabiliyyətinə; səs və səs mexanizminə maraqlı anlayışlar verir. "Səs – özü olan, sabit bir şey deyil, ...O, bir zərbədən və nəyinsə parçalanmasından (partlama) yaranır. Heç bir zərbə və parçalanmadan yox, ancaq hava qüvvə ilə intensiv hərəkətə gələndə yaranır. Lakin səs – nə zərbədir, nə də parçalanma.

Səs, səbəbi zərbə və parçalanma olan, yuxarıda təsvir edilən hərəkətdən yaranan hadisədir. Suyun və havanın rəqsi eşitmə kanalına çatarkən kanalda yerləşən hərəkətsiz havada rəqsi hərəkət yaradır. Arxadan qulaqda pərdə yerləşir və pərdənin üzərində səsə qarşı həssas və həmin səsi qəbul edən əsəb tükü yerləşib.

...Səsi eşidərək biz onun istiqamətini və başlangıç yerini tuturuq, qəbul edirik.

...Səs axar rütbəli cisimdən, zədələnən və parçalanınların arasında sıxılan su və hava rəqsindən yaranan nəticədir."

Əks-səda hadisəsindən danişarkən Bəhmənyar yazır: "...bu rəqs hər hansı manə (daş, divar...) ilə toqqu-şan zaman onlardan əks olunur və o yenidən sıxlışmış olmalıdır. ...hər dalğanın öz əks-sədəsi var, (biz onu eşit-məsək də) necə ki, hər işığın əksi var".

Kitabda buxara vermə, ərimə və s. hadisələrə anlayışlar verilir. "Buxara verilmə-rütubət zərrələrinin isidilmə qaydası ilə rütubətli cisimdən seyrəkləşdirərək çıxarmaqdır"

Kitabın "Buludlar, göy qurşağı, küləklər, zəlzələlər, meteor, kometalar, mineral yataqları və su bulaqları, göyün rəngi və s. haqqında" fəslində adlandırılan və s. təbii hadisələr haqqında məlumatlar verir.

Qədim zamanlardan, insanın Yer kürəsində yaranmasından bəri o özünü və ətraf dünyani anlamağa çalışmışdır. Bu vəziyyətdə özündə və ətrafdə (təbiətdə, məkanda və s.) yaranan, keçən hadisələrin insan beyni ilə qavrayışı, idrak və qəbuletmə, ağlın dərkətəmə imkanı problemləri meydana gəlir. Bəhmənyar "Dərrakə və qavrayış" fəslində bu qeyd olunan problemlərə diqqət yetirir. O yazır: "Ən çox dərk edilən əşya odur ki, hansında güclü varlıq var".

Bəhmənyar hesab edir ki; "həyatda var olan əşyaların (cisimlərin) əsl mətləbini bilərkən böyük həzz alınır. Dərrakə qüvvəsi, təbii ki, yaranmadan ayrı düşən materiyanın dərk etmə formalarını istiqamətləndirir."

-
- [1] Бахманиар ал-Азербайджани. «Ат-Тахсил» («Познание») – I т., II т., III т., Баку, 1982-1986 г.г., 295, 230,200.
 - [2] Г.Б. Абдуллаев, Л.М. Велиев "Дедукция Бахман-йара", "Elm və həyat" (2010)
 - [3] С.Г. Багирова Сочинение "Татимма Сиван Ал-Хикма" Ал-Байхаки как образец средневекового энциклопедического справочника. Ташкент. "ФАН", 1987, 139.
 - [4] М.Б. Баратов. Великий мыслитель Абу Али Ибн Сина, Ташкент. 1980, 200.
 - [5] В.В. Бартольд Ученые мусульманского Ренессанса. Сочинения. т. VI – Москва.1966, 303.
 - [6] Ф. Бекон Сочинения I и II т. т. Москва. 1971, 300, 360.
 - [7] Вклад мусульман в мировую цвилизацию.Баку. "Идрак" 2008, 179.
 - [8] Избранные произведения мыслителей стран Ближнего и Среднего Востока. Москва.1961, 367.
 - [9] Z.C. Məmmədov "Bəhmənyarın fəlsəfəsi" Bakı. Elm 1983, 208.
 - [10] Научное наследство. Из истории физико-математических наук на средневековом Востоке. VI т. Москва. 1983, 335.
 - [11] Е.Б. Рашиковский Науковедение и Восток Москва. 1966,250.
 - [12] Ф.Роузенталь Торжество знания. Концепция знания в средневековом исламе. Москва. 1978, 290.
 - [13] А.В. Сагадеев Ибн Сина (Авиценна). Москва. 1980, 239.
 - [14] Şərq fəlsəfəsi (IX-XII) Bakı. 1999, 303.

Qəbul olunma tarixi: 11.02.11

**FİZİKA, cild XVII, №1, seksiya: Az
BURAXILIŞINDA DƏRC OLUNAN MƏQALƏLƏRİN QISA XÜLASƏSİ**

A.Ç. İzmaylov

**NAZİK QAZ KÜVETDƏ ATOM ZƏRRƏCİKLƏRİNİN UÇUŞ RELAKSASIYASINA ƏSASLANAN
DOPLERDAXİLİ SPEKTROSKOPİYA**

Seyrəlmiş qazlı nazik küvetdə olan nisbətən yavaş atomların (molekulların) spesifik optik seleksiyasında yaranan doplerdaxili absorption, fluorescent və polaryizasiya rezonanslara (kvant keçidlərinin mərkəzlərində) əsaslanan bu yaxınlarda işlənmiş yüksəkayırdaşma spektroskopianın metodları, nailiyyətləri və imkanlarının icmali verilmişdir. Biz atom zərrəciklərinin onların nazik küvet divarları arasında uçuşu davamıyyəti ilə bağlı belə sürətlərə görə seleksiyasının iki mexanizmindən baxırıq: (1) əsas atom (və ya molekulyar) termin altsəviyyələrinin optik doldurulması və (2) uzunmüddətli (metastabil) kvant səviyyələrinin optik həyəcanlaşması. İşlənmiş spektroskopik metodların nəzəri əsasları şəhər olunmuşdur. Optik doldurma mexanizmi halında eksperimental qurğular və sezium və rubidium atomlarının doplerdaxili spektral strukturunun qeyd olunmasının nəticələri və həmçinin bu metodlarla diod lazerlərinin tezliyinin stabilizasiyası təsvir olunmuşdur. Bu yeni yüksəkayırdaşma spektroskopiya istiqamətinin daha da inkişafı və tətbiqləri perspektivləri müzakirə olunmuşdur.

T.C. İbrahimov, N.C. İsmayılov, E.Ə. Allahverdiyev, Q.M. Bayramov, A.R. İmaməliyev

**XIRDA ALÜMİNİUM OKSID ZƏRRƏCİKLƏRİ – MAYE KRİSTAL SİSTEMİNDƏ XRİSTİANSEN
EFFEKTİNİN TƏDQİQİ**

4-metoksibenziliden- 4'- butilanilin (MBBA) və 4- *n*- pentil-4'-sianobifenil (5CB) maye kristallarının buraxma spektrinin tədqiqi göstərdi ki, kiçik qalınlıqlarda onlar CH₂ və CH₃ qrupu rəqslərinə uyğun gələn 2850-3050cm⁻¹ zolaqlar seriyası istisna olmaqla 1650 cm⁻¹-ə qədər praktiki olaraq şəffafdır. Bu maye kristallarda xırda alüminium iki oksid zərrəciklərinin ekstinksya spektri maye kristal ilə zərrəcik maddəsinin orta sindirimə əmsallarının bərabərliyinə uyğun gələn buraxma maksimumları göstərilir. Alüminium iki oksid zərrəcikləri – MBBA sisteminə elektrik sahəsi tətbiq edildikdə buraxma maksimumu spektrin qisadəlgili nahiyyəsinə sürüşür.

4-*n*-pentil-4'-sianobifenil (5CB), 4-heksilosifenil efiri-4'-heksilosksi-3-nitrobenzoy turşusu (C2) və - butil-4' (heksilosifeniloskarbonil) – fenilkarbonat (H22) əsasında 11- 65°C temperatur intervalında nematik fazaya və aşağı tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun müsbət, yüksək tezliklərdə isə mənfi anizotropiyasına malik iki tezlikli maye kristal işləniş hazırlanmışdır. Alınmış tərkibin əsas istismar xarakteristikaları təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, alüminium iki oksid zərrəcikləri – 5CB-C2-H22 qarışığı sisteminə aşağı tezlikli, sonra isə yüksək tezlikli dəyişən gərginlik tətbiq edildikdə buraxma zolağının maksimumunun bir dalğa uzunluğundan digərinə keçidi baş verir.

4-*n*-pentil-4'-sianobifenil (5CB) və ikitezlikli 4-*n*-pentil-4'-sianobifenil (5CB), 4-heksilosifenil efiri-4'-heksilosksi-3-nitrobenzoy turşusu (C2) və -butil- 4' (heksilosifeniloskarbonil)- fenilkarbonat (H22) maye kristal qarışığından və 4-*n*-pentil-4'-sianobifenil (5CB) və ikitezlikli 4-*n*-pentil-4'-sianobifenil (5CB) maye kristalından ibarət matrisində alüminium iki oksid zərrəcikləri üçün twist effektlə birgə Xristiansen effekti tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, elektrik sahəsi tətbiq edilmədikdə twist özək Al₂O₃-5CB analizator ilə poliarizə olunmuş işığı 7 V gərginliyə malik elektrik sahəsi tətbiq etdikdə isə, buraxma zolağı müşahidə edilir. Alüminium oksidi zərrəcikləri olan 5CB- C2-H22 qarışıqlı twist özəyə gərginliyi 9V olan 1mHz tezlikli dəyişən elektrik sahəsi tətbiq etdikdə analizatordan sonra poliarizə olunmuş işığın praktiki olaraq söndüyü halda, həmin gərginliyi, lakin 1 kHz tezliklə tətbiq etdikdə buraxma zolağı müşahidə edilir.

F.F. Əliyev, H.A. Həsənov

Sm_xPb_{1-x}Te – DA YÜKDAŞIYICILARIN ENERGETİC SPEKTRİ

Sm_xPb_{1-x}Te -da 80-800K temperatur intervalında elektrik keçiriciliyi σ -nın, Holl P -in və termoehq əmsali α -nın temperatur asılılıqları tədqiq edilmişdir. $x \leq 0.04$ olduqda, Sm_xPb_{1-x}Te bərk məhlullarının deşik tipli yarımkəciriçi olması müəyyən edilmişdir. Elektronların keçiricilik zonasında m_n , Fermi səviyyəsində m^* effektiv kütłələri, həmçinin deşiklərin, müvafiq olaraq, $(0.03 \pm 0.001)m_0$, $(0.06 \pm 0.001)m_0$, $(0.34 \pm 0.001)m_0$ olan effektiv kütłələri təyin edilmişdir. $\sigma(T)$, $P(T)$ və $\alpha(T)$ üçün alılmış nəticələr iki tip yükdaşıyıcılı model çərçivəsində interpretasiya olunmuşdur.

E.K. Hüseynov, N.İ. İsmayılov

İFRAT YÜKSƏK HƏSSASLIĞA MALİK YENİ TIPLİ İNFAQIRMIZI FOTOREZİSTOR

İnfraqırmızı fotoqəbulediciləri ətraf hissələrdə əks keçiriciliyə malik və fotogenerasiya olunmuş, keciriçi təbəqəsinin ölçüsü qeyri-əsas yüksəkdaşıyıcıların toplanma məsafəsindən çox kiçik olduğu halda iş prinsipi və konstruksiyası işlənmişdir. Aşağı fon səviyyədə və tələb olunan elektrik gecunun aşağı salınması halında yüksək fotohəssas parametrlərin reallaşma potensialının imkanları göstərilmişdir.

**FİZİKA, cild XVII, №1, seksiya: Az
BURAXILIŞINDA DƏRC OLUNAN MƏQALƏLƏRİN QISA XÜLASƏSİ**

A.M. Paşayev, B.H. Tagiev, Ə.Ə. Səfərzadə

GaSe-NİN NANOSTRUKTURLAŞDIRILMIŞ VAN-DER-VAALS SƏTHİ

Selenin artıqlaması ilə hazırlanmış GaSe kristalin Van-der-Vaals layarası səthində, lay-pillə xarakterli adlanan strukturların üzərində, nanostrukturlaşdırılmış adalar aşkar olunmuşdur.

Atom-güçü mikroskopunda alınan təsvirlərdə layarası nanotəşbihlərin analizi, bu kristallarda layarası nanotörəmələrin özünü təşkiletməsi fraktallar fizikası konsepsiyası əsasında keçirilmişdir.

H.R. Nuriyev

İFRATYÜKSƏK VAKUUMDA BÖYÜDÜLMÜŞ A⁴B⁶ HALKOGENİDLƏRİN EPİTAKSIAL TƏBƏQƏLƏRİ

Yağla sorulmayan ifratyüsək vakuum ($\leq(3\div5)\cdot10^{-9}$ mm.c.st.) qurğusunda “isti divar” üsulu ilə böyündülmüş Pb_{1-x}Mn_xTe ($x=0.02$) epitaksial təbəqələrinin kristal quruluşu, səthinin morfoligiyası və elektrofiziki xassələri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, göstərilən vakuumda, işçi həcmə qalıq qazlarının təzyiqi mükəmməl quruluşu və yüksək elektrofiziki parametrlə təbəqələrin alınmasında nəzərə çarpan rol oynayır. Alınmış nəticələrin ifratyüsək vakuumda böyündülmüş digər A⁴B⁶ tip halkogenidlərlə müqayisəsi və ümumiləşdirilməsi aparılmışdır.

H.H. Əsədov, F.G. Ağayev, E.A. İbrahimov, T.M. Əliyeva

AEROZOLUN OPTİK XASSƏLƏRİNİN ZAMANA GÖRƏ TRANSFORMASIYASI NƏZƏRƏ ALINMAQLA FOTOMETRİK ATMOSFER ÖLÇMƏLƏRİ

Aerozolun optik xassələrinin transformasiyاسını təşkil edən, və ya onlara gətirib çıxaraq dinamik proseslərin təsnifatı verilmişdir. İki parametrik dinamiki təshihlə yerinə yetirilən üç dalğalı fotometrik atmosfer ölçənlərinin nəzəriyyəsi verilmişdir. Göstərilmişdir ki, dinamiki dəyişdirilən təshih əmsalları aerozol tutqunluq əmsallarından asılı deyildirlər.

H.H. Əsədov, İ.X. Ağayev, T.M. Əliyeva

İŞİĞİN SƏPƏLNƏNMƏSİ NƏZƏRƏ ALINMAQLA GÜNƏŞ SABİTİİNİN ÖLÇÜLMƏSİ ÜÇÜN PARAMETRİK TƏSHİH HƏ MALİK OLAN ÜÇDALĞALI FOTOMETRİN TƏDBİQİ İMKANLARI BARƏDƏ

Göstərilmişdir ki, günəş sabiti səpələnmiş günəş radasiyası nəzərə alınmaq şərti daxilində üçdalğalı iki parametrik təshih hə malik olan fotometrə ölçüldüyü halda bu fotometrin aralıq çevirmə funksiyası dual yazılış formasına malik ola bilər.

İki parametrik təshih hə malik olan üçdalğalı fotometr vasitəsilə, işiğin aerozol tərəfindən səpələnməsi nəzərə alınmaqla günəş sabitinin üç dalğa uzunluğunda ölçülülməsi imkanı göstərilmişdir.

O. Abdinov, F. Əhmədov, A. Çeplakov, N. Cavadov

CompHEP PROQRAMI VASITƏSİ İLƏ LHC ÜÇÜN $pp \rightarrow W^-H \rightarrow e^-, \tilde{\nu}_e, b, \bar{b}$ PROSESİNİN MONTE-KARLO GENERASIYASI

Bu işdə Hiqqs bozonun W bozonla birgə yaranması prosesinin və onun fon proseslərinin bəzi parametrləri tədqiq edilmişdir. Sıqnal və fon prosesləri CompHEP programında hesablanmışdır. Monte Karlo nəticələri ROOT programı ilə işlənilmişdir. Sıqnal və fon proseslərinin effektiv kəsikləri hesablanmışdır. Effektiv kəsik və zərrəciklərin kinematik parametrləri analiz edilmiş, digər ədəbiyyatlarda və başqa usullarla alınmış qiymətlərlə müqayisə edilmişdir və uyğunluq müşahidə olunmuşdur.

N.N. Lebedeva, V.I. Orbux, E.Yu. Bobrova, T.Z. Quliyeva

SEOLİT MƏSAMƏLƏRİNĐƏN QAZ BOŞALMASI ŞÜALANMASI

Seolit lövhə sixilmiş elektrodlu təzyiqi idarə edilə bilən kamerasda yerləşdirilmişdir. Kameradakı təzyiqdən asılı olaraq, seolitin volt-amper xarakteristikası ölçülümdür.

Məlum olmuşdur ki, seolitin məsamələrində elektronların çoxalması baş verir ki, nəticədə onlardakı qazda ionlaşmaya səbəb olur, bu da məsamələrdə qaz boşalmasına gətirir.

Seolit lövhəni katod kimi istifadə etdikdə müstəvi qazboşalması kamerasında cərəyanın bircinsli paylanması və qazboşalmasının bütün həcmə işiqlanması müəyyən edilmişdir.

**FİZİKA, cild XVII, №1, seksiya: Az
BURAXILIŞINDA DƏRC OLUNAN MƏQALƏLƏRİN QISA XÜLASƏSİ**

G.Z. Bağıyeva, E.A. Allahverdiyev, Q.M.Murtuzov, C.Ş. Abdinov

Pb_{1-x}Mn_xTe SİSTEMİ BƏRK MƏHLUL MONOKRİSTALLARININ TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Göstərilmişdir ki, Pb_{1-x}Mn_xTe monokristallarında elektrik yükünün daşınması iki valent zona modeli və PbTe – un qadağan olunmuş zonasında 0,08-0,10 eV aktivləşmə enerjisində malik akseptor səviyyələrinin mövcudluğu ilə kifayət qədər yaxşı izah olunur. İstilik enerjisi əsasən fononlarla daşınır. İstilik müqaviməti fonon-fonon səpilməsi və fononların manqan atomlarının yaratdığı nöqtəvi deffektlərdən səpilməsi hesabına yaranır.

MÜNDƏRİCAT

1. $(\text{SnS})_{1-x}(\text{SnPbSb}_4\text{S}_8)_x$ bərk məhlulların elektrik xassələri Ş.H. Məmmədov, H.R. Qurbanov	3
2. $\text{Zn}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ bərk məhlullarının maqnit xassələri Ş.N. Əliyeva	6
3. Bəzi birölçülü relyativistik sistemlər üçün kvant paylanma funksiyaları Ş.M. Nağıyev, K.Ş. Cəfərova, S.İ. Quliyeva	10
4. SnSe-ErSe sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi xassələri C.İ. Hüseynov, Ş.S. Ismailov, R.F. Məmmədova, P.C. Kərimova	16
5. Elmin astanasında N.B. Soltanova	20
6. FİZİKA, cild. XVII, №1, Seksiya En buraxılışında dərc olunan məqalələrin qısa xülasəsi	24



www.physics.gov.az