

**NANOHISSƏCİKLƏR FİZİKASININ TƏDRİSİNİN METODOLOGİYASI/
METHODOLOGY OF TEACHING NANOPARTICLE PHYSICS/
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ НАНОЧАСТИЦ**

Seyfəddin CƏFƏROV 

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan şəhəri, Azərbaycan

*Yazışılan müəllif: seyfadjafarov@gmail.com; Tel.: +994702028806.

NƏŞR TARİXİ:

Qəbul edilmə tarixi:
04.09.2025

Nəşr edilmə tarixi:
28.10.2025

AÇAR SÖZLƏR:

nanotexnologiya
nanoobyekt,
fizika,
fundamental,
nanoelektronika

XÜLASƏ

Tədqiqatın həllinə yönəlmiş problemin fundamental tərəfi nanotexnologiyaların praktiki fəaliyyətin müxtəlif sahələrində geniş miqyasda tətbiqinə cəmiyyətin ehtiyaclarını ödəmək üçün tədris prosesinin yenidən istiqamətləndirilməsidir. Bu ümumtəhsil və ali təhsil müəssisələrində nanotexnologiyaların, təhsilin informasiyalaşdırılması və kompüterləşdirilməsinin əldə edilmiş səviyyəsi ilə bilavasitə əlaqədardır. Nanoobyektlərin modelləşdirilməsi və vizuallaşdırılması üçün bəzi kompüter proqramlarından istifadə variantları təklif olunur. Beləliklə, aparıcı ixtisaslaşdırılmış universitetlərin kadr və resurslarının cəmləşdirilməsi mexanizmlərindən biri kimi nanoobyektlərin modelləşdirilməsi, proqramlarının hazırlanması və istifadəsi, həmçinin kollektiv istifadə üçün nanotexnologiya mərkəzlərinin yaradılması perspektivlidir. Nanosənaye infrastrukturunun kadr və informasiya-analitik komponentlərinin formalaşdırılması universitet mərkəzlərinin vəzifələrindən biridir.

GİRİŞ

XXI əsrin əvvəllərində nanotexnologiya aparıcı ölkələrdə strateji inkişaf istiqamətinə çevrildi. İnformasiya texnologiyaları və biotexnologiyalarla yanaşı, onlar fizikanın, kimyanın, biologiyanın, elektronikanın və digər elmlərin bir sıra sahələrinə əsaslanaraq, cari əsrin texnoloji mənzərəsini böyük ölçüdə müəyyən edəcəkdir. Tarixən nanoobyektlər üzərində elmi tədqiqatlar 1856-1857-ci illərdə M. Faradeyin ilk dəfə olaraq nanodispers qızılın kolloid məhlullarının və onun əsasında nazik təbəqələrin xassələrini əldə edib tədqiq etdiyi 19-cu əsrə təsadüf edir. R. Feynman 1960-cı il ərəfəsində Kaliforniya Texnologiya İnstitutunda miniatürləşdirmə problemlərinə dair verdiyi mühazirəyə görə "Down Full of Space" [3] paradoksal başlığını seçmiş və materiallarda yeni istiqamət yaratmaq perspektivlərini göstərmişdir. "Nanotexnologiya" termini 1974-cü ildə Norio Taniguchi tərəfindən təqdim edilmişdir [4]. O, nanotexnologiyayı "materialların bir molekula və ya atoma emalı, ayrılması, birləşdirilməsi və deformasiyası" olaraq təyin etdi. 2000-ci ildə ABŞ prezident administrasiyası "Milli Amerika Nano-təşəbbüsünü" qəbul etdi [5]. Bu proqramın əsas məqsədləri nanotexnologiyaların inkişafı və tətbiqində ABŞ-ın zəmanətli liderliyini təmin etmək, həmçinin yeni sənaye üçün ixtisaslı kadrların hazırlanması sistemi və infrastruktur yaratmaqdır. Nanotexnologiyalar sahəsində yeni Avropa təşəbbüsü "NANO futures" tədqiqat və inkişaf üçün geniş perspektivlər açır. Praktiki baxımdan nanomaterialların və nanotexnologiyaların tədqiqinin aktuallığı onunla bağlıdır ki, dünya nanotexnologiyaların istifadəsinə əsaslanan VI texnoloji nizamın astanasındadır. Texnoloji struktur dedikdə, vahid texniki səviyyəyə malik olan və sinxron inkişaf edən əlaqəli istehsalatların məcmusu başa düşülür. Yeni texnoloji nizamın formalaşmasında bir çox sahələrdə lider mövqe ABŞ-a məxsusdur. Məsələn, ABŞ-da V texnoloji strukturun payı 60%, IV - 20% təşkil edir və təxminən 5% artıq VI texnoloji strukturun payına

düşür [1]. Nanotexnologiyanın sürətli və uğurlu inkişafının ən mühüm şərtlərindən biri elm və texnologiyanın bu multidissiplinar sahəsində işləmək üçün tədris kurslarının və proqramlarının hazırlanmasıdır. Vəzifə kadrların hazırlanması, yenidən hazırlanması və saxlanılması sisteminin davamlı işləməsi və inkişafı üçün şərait yaratmaq və nanosənaye sahəsində tədqiqat və təcrübə-konstruktor işlərinin səmərəliliyini təmin etməkdən ibarətdir. Bu işdə tapşırıq bəzi modelləşdirmə və vizuallaşdırma proqramlarının (RasMol, QuteMol, Jmol, Jsmol, Gromacs, XMD) tədris məqsədləri üçün istifadə imkanlarını öyrənməkdən ibarət idi. Son onilliklərdə nanotexnologiyaları öyrətmək üçün hər yerdə yeni informasiya texnologiyalarından istifadə olunmağa başlanmışdır. Tədqiqatın əsas metodu modelləşdirmə üsuludur. Birbaşa müşahidənin qeyri-real və ya çətin olduğu prosesləri öyrənərkən kompüter modelləşdirməsi əvəz olunmazdır. Onlar həmçinin məktəblilərə və tələbələrə modelləşdirmənin nəticələrini animasiya və ya film şəklində nümayiş etdirməyə imkan verir ki, bu da informasiyanın qavranılmasının keyfiyyətini yaxşılaşdırır və öyrənilən mövzuya marağı artırır. Nanoobyektləri öyrənmək üçün bəzi kompüter proqramlarının imkanlarını nəzərdən keçirək və təsvir edək. RasMol proqramı, makromolekulların məkan strukturlarını vizuallaşdırmaq üçün sərbəst paylanmış bir proqramdır güclü resurs tələb edən proqramlar - QuteMol, Jmol və s. RasMol bütün əsas Proqram platformaları (Macintosh, UNIX sistemləri, Windows 8, o cümlədən Microsoft Windows-un köhnə versiyalarında) işləyir. Proqramı quraşdırarkən, paylama paketini RasMol və OpenRasMol saytıdan əldə etmək olar [1]. Proqramı quraşdırdıqdan sonra iş iki pəncərədə baş verir: qrafik və komanda. Proqramla işləyərkən müəyyən bir atom dəsti seçilir. Bütün hərəkətlər bu dəstlə yerinə yetirilir. Vizuallaşdırma üçün ilkin məlumatlar atomların mərkəzlərinin koordinatları ilə (müəyyən koordinat sistemində) siyahısıdır [1,11].

METOD, TƏDQIQAT VƏ NƏTİCƏLƏR

Makromolekulların vizuallaşdırılması zamanı proqram pəncərəsində müxtəlif modellər göstərilir. Ən çox istifadə olunan modellər bunlardır:

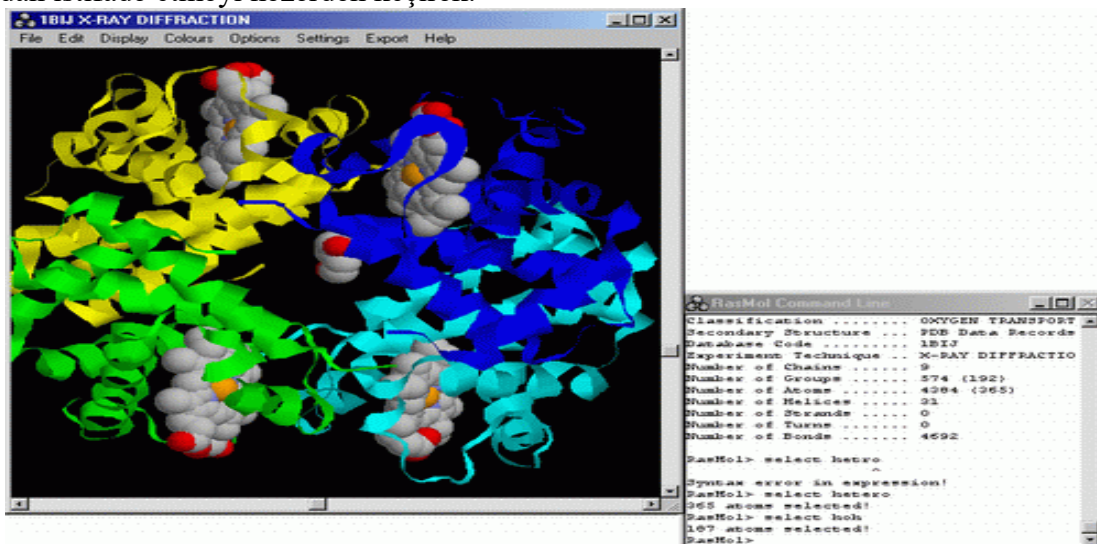
məftil modeli - atomlar arasındakı kovalent bağlar onların mərkəzlərini birləşdirən xətlərlə təsvir edilmişdir. RasMol, bir qayda olaraq, kovalent bağların mövcudluğunu sentromiatomlar arasındakı məsafə ilə müəyyən edir;

top modeli—atomlar top şəklində təmsil olunur;

nüvə modeli—atomları birləşdirən simvolik xətlər təsvir edilmişdir.

Qeyd edək ki, top və tel modellərinin birləşməsi bəzən menteşə modeli adlanır. Eyni zamanda, ən çox istifadə olunan əmrlər 1-ci cədvəldə verilmişdir. RasMol proqramının əsas və komanda pəncərəsinin ümumi görünüşünün təsviri Şəkil 1-də verilmişdir. İxrac menyusunun elementi əldə edilən şəkilləri ayrıca faylda saxlamağa imkan verir (BMP və GIF tez-tez istifadə olunur) Saxlanılan şəkillər seriyasından film (animasiya) yarada bilərsiniz.

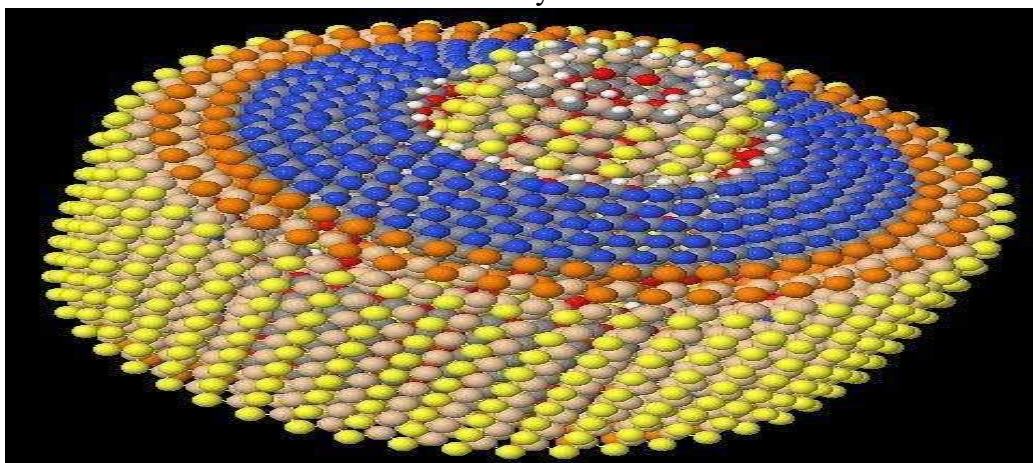
Proqramları İstifadəçi Təlimatını oxumaqla tapmaq olar Jmol, JSmol modelləşdirmə proqramından istifadə etməyi nəzərdən keçirək.



Şəkil 1. Əsas və komanda pəncərəsinin görünüşü

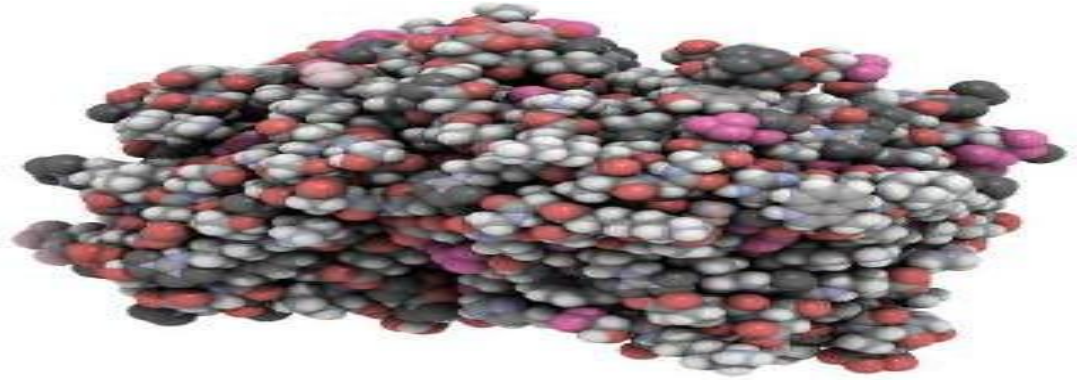
komanda	Hərəkət
seçin<set>	ayrılan dəst
məhdudlaşdırı n<set>	dəsti seçir və onu qrafik pəncərədən başqa hər şeydən silir
eni 50	Qrafik pəncərədə təsvirə seçilmiş çoxlu modelin simsiz modelini əlavə edir.
geniş çərçivə	seçilmiş dəstin tel modelini qrafik pəncərəsindən silir qrafik pəncərəsində təsvirə seçilmiş çoxluğun skelet modelini əlavə edir
onurğa 70	xəttin qalınlığı70 qrafik pəncərədə təsvirə seçilmiş çoxluğun top modelini əlavə edir topların diametri 200-dür
çpk200	
rəng<rəng>	seçilmiş rəngi rəngləndirir (lakin bu atomlar göstərilməyibsə hansı modeldir, siz onları təsvir etməyincə rəng görünməyəcək!

Jmol proqramı Java-da yazılmışdır və veb-səhifədə bir applet kimi işləyə bilər və bu, veb-səhifələrə molekulyar modellərlə baxmağa imkan verir. Bu proqram sərbəst mövcuddur və açıq mənbədir. Molekulyar görüntülmə proqramının (RasMol) əmr dəsti ilə uyğun gəlir. Proqramın Java dilini tələb etməyən versiyası olan JSmol, veb tərtibatçılarında Java və ya HTML5 (Java olmadan) istifadə edən səhifələr yaratmağa imkan verən JavaScript-ə əsaslanır Java quraşdırılmayıb və ya Java mövcud deyil. Jmol və JSmol-u öyrənmək asanlıqı məktəblilərə fizika, kimya və digər fənləri tədris edərkən onlardan istifadə etməyə imkan verir.



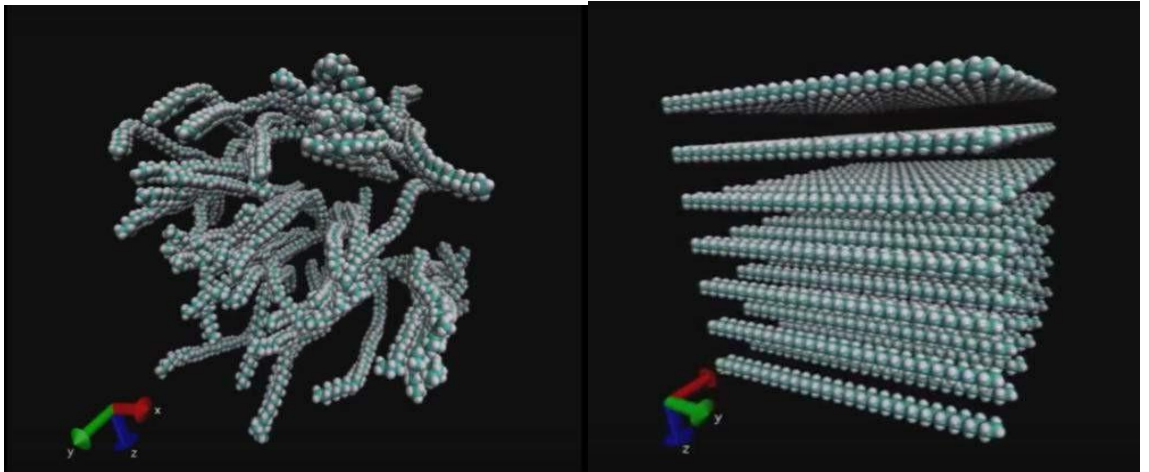
Şəkil 2. Jmol proqramı vasitəsilə yaradılmış nanomaşının modeli

Sənədlər və proqram tərtibatçıların sayında yerləşdirilib [9]. Şəkil 2-də Jmol proqramından istifadə etməklə yaradılmış nanomachin modelinin təsviri göstərilir. Real vaxt rejimində işləyən QuteMol proqramı bir çox innovativ vizual effektlər təklif edən yüksək keyfiyyətli molekulyar vizuallaşdırıcıya malikdir. QuteMol, molekulyar 3D forması və məkan strukturunun daha yaxşı başa düşülməsini təmin edərək, simulyasiya edilmiş şəkillərin şəffaflığını artırmağı hədəfləyir. Çoxsaylı baxış rejimləri proqrama struktur modellərin yüksək keyfiyyətli şəkillərini əldə etməyə, həmçinin Realistik rejimdən [12] istifadə edərək animasiya şəkillərini (şək. 3) saxlamağa imkan verir.



Şəkil- 3. “QuteMol” proqramında əldə edilmiş simulyasiya edilmiş strukturun görünüşü

Qeyd edək ki, proqramı sourceforge saytında pulsuz əldə edə bilərsiniz. “Gromacs” molekulyar dinamika simulyasiya proqramını nəzərdən keçirək. Molekulyar dinamika proqramı klassik Nyuton mexanikasına əsaslanır molekullararası qarşılıqlı təsirlər səviyyəsində və bütün qarşılıqlı təsirlərin tələb olunan ovo-mexaniki hesablamalar nəzərə alındığı kvant kimyasından fərqli olaraq kimyəvi reaksiyaların hesablanması çətindir. Göründüyü kimi, nanotexnologiyanın tədrisi üçün təhsil müəssisələrində mövcud olmayan bu cür hesablamalar əsasında qurulan proqramlar molekulyar dinamika proqramlarının xeyrinə seçimi müəyyən edir. İllüstrasiya üçün (Şəkil 4) polietilen molekullarının onların təşkilinin müxtəlif mərhələlərində qarşılıqlı təsirin modelini göstərir. Tədris məqsədləri üçün uğurla istifadə oluna bilən kimyəvi dinamika proqramını (XMD paketi [10]) nəzərdən keçirək. Proqramla işləmək üçün komanda xətti interfeysindən (CLI) istifadə olunur. Proqrama mətn faylı yüklənir, burada xüsusi əmrlərdən istifadə edərək aşağıdakıları təsvir edirlər: maddənin verilmiş kristal qəfəsi, təcrübənin fiziki şərtləri və idarə olunan çıxış göstəriciləri, XMD-dən əlavə, siz yalnız adi mətn redaktoru lazımdır



Şəkil 4. Gromacs-da əldə edilən molekulların qarşılıqlı təsirin müxtəlif mərhələlərində polietilenin quruluşu

Proqramla işləmək üçün komanda xətti interfeysindən (CLI) istifadə olunur. Proqrama mətn faylı yüklənir, burada xüsusi əmrlərdən istifadə edərək aşağıdakıları təsvir edirlər: maddənin verilmiş kristal qəfəsi, təcrübənin fiziki şərtləri və idarə olunan çıxış göstəriciləri, XMD-dən əlavə, siz yalnız adi mətn redaktoru lazımdır, hətta qrafik istifadəçi interfeysinin olmaması da öz üstünlüklərinə malikdir - developerlərə rəqəmsal metodların və proqram məntiqinin sazlanmasına diqqət yetirməyə imkan verir. Nəzərdən keçirilən paket bir çox imkanlara malikdir, məsələn, atom quruluşunu yaratmaq və redakt etmək (BOX, FILL, PARTICLE əmrləri, hərəkət etmək (MOVE), qüsurları daxil etmək (VİDA, DALĞA); verilmiş atom tipinin yerləşdirilməsi (TİP) atomun kütləsinin təyini (SEÇİLMİŞ atomların fırlanması); ayrı-ayrı atomlara xarici qüvvənin tətbiqi (EXTFORCE əmri qənaət, qrafika, animasiya və daha çox); Qeyd edək ki, tam sənədlər <http://xmd.sourceforge.net> saytında mövcuddur.

NƏTİCƏ

Beləliklə, aparıcı ixtisaslaşdırılmış universitetlərin kadr və resurslarının cəmləşdirilməsi mexanizmlərindən biri kimi nanoobyektlərin modelləşdirilməsi proqramlarının hazırlanması və istifadəsi, həmçinin kollektiv istifadə üçün nanotexnologiya mərkəzlərinin yaradılması perspektivlidir. Nanosənaye infrastrukturunun kadr və informasiya-analitik komponentlərinin formalaşdırılması universitet mərkəzlərinin vəzifələrindən biridir. və onların əsasında yaradılmış, texnoloji struktura real keçid üçün kadrların hazırlanmasında regional texnoloji platformalar. Nanosənaye infrastrukturunun kadr və informasiya-analitik komponentlərinin formalaşdırılması universitet mərkəzlərinin və yaradılmış regional texnoloji platformaların vəzifələrindən biri – texnoloji sıraya real keçidin əsas şərtidir.

Problemin aktuallığı.– Tədqiqatın həllinə yönəlmiş problemin fundamental tərəfi nanotexnologiyaların praktiki fəaliyyətin müxtəlif sahələrində geniş miqyasda tətbiqinə cəmiyyətin ehtiyaclarını ödəmək üçün tədris prosesinin yenidən istiqamətləndirilməsidir. Bu ümumtəhsil və ali təhsil müəssisələrində nanotexnologiyaların, təhsilin informasiyalaşdırılması və kompüterləşdirilməsinin əldə edilmiş səviyyəsi ilə bilavasitə əlaqədardır.

Problemin yeniliyi. Nanoobyektlərin modelləşdirilməsi və vizuallaşdırılması üçün bəzi kompüter proqramlarından istifadə variantları təklif olunur. Beləliklə, aparıcı ixtisaslaşdırılmış universitetlərin kadr və resurslarının cəmləşdirilməsi mexanizmlərindən biri kimi nanoobyektlərin modelləşdirilməsi, proqramlarının hazırlanması və istifadəsi, həmçinin kollektiv istifadə üçün nanotexnologiya mərkəzlərinin yaradılması perspektivlidir.

Problemin praktik əhəmiyyəti. Nanosənaye infrastrukturunun kadr və informasiya-analitik komponentlərinin formalaşdırılması universitet mərkəzlərinin və yaradılmış regional texnoloji platformaların vəzifələrindən biri – texnoloji sıraya real keçidin əsas şərtidir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Cəfərov, S.A., Hacıyeva B.T. Fizika laboratoriya təlimində yeni informasiya texnologiyalarından istifadə metodikasının ümumi məsələləri //Naxçıvan /Müəllimlər İnstitutunun Elmi əsərləri. 2021. № 2, s. 109-113 s.
2. Cəfərov, S.A. E.B. Tağıyev. -Ümumim fizika kursu üzrə laboratoriya işləri kompüter modelləri əsasında: Dərs vəsaiti/-Bakı,-2023.-246s.
3. Kablolov E.N. Altıncı texnoloji struktur // Elm və həyat – 2010. – No 4.
4. Feynman R. Aşağıda kifayət qədər yer var: fizikanın yeni dünyasına dəvət.//Ros.khim.zh. səh.4.
5. Taniguchi N. Nano-Texnologiyanın Əsas Konsepti haqqında.//Proc.Intl.Conf.Prod. London, PartII, British Society of Precision Engineering (1974).
6. Ağ Ev. Milli Nanotexnologiya Təşəbbüsü: Növbəti Sənaye İnqilabına aparan. Press-reviz, 21 yanvar 2000-ci il.
7. Ammon L.Yu. Nanoölçülü hissəciklərin və nanoölçülü plyonkaların sintez proseslərinin kompüter modelləşdirilməsi / Ammon L.Yu., Zhabrev V.A. // “Temperatura davamlı funksional örtüklər” konfransının materialları. – Sankt-Peterburq, 24-26 aprel. 2012. – s.11-12.
8. İsmayılov. Fizika tədrisində yeni informasiya texnologiyalarından istifadə (Laboratoriya təcrübəsi). Bakı, 2008, 170 s.
9. <http://jmol.sourceforge.net/>

АННОТАЦИЯ

Сейфаддин Джафаров

Фундаментальным аспектом проблемы, на решение которой направлены исследования, является переориентация образовательного процесса на удовлетворение потребностей общества в масштабном применении нанотехнологий в различных сферах практической деятельности. Предложены варианты использования некоторых компьютерных программ для моделирования и визуализации нанобъектов. Таким образом, перспективной является разработка и использование программ моделирования нанобъектов, а также создание нанотехнологических центров коллективного пользования как одного из механизмов концентрации кадров и ресурсов ведущих профильных университетов. Формирование кадровой и информационно-аналитической составляющей инфраструктуры nanoиндустрии является одной из задач университетских центров.

Ключевые слова: нанотехнологии, нанообъект, физика, фундаментальность, наноэлектроника.

ABSTRACT

Seyfaddin Jafarov

The fundamental aspect of the problem aimed at the solution of the research is the reorientation of the educational process to meet the needs of society for the large-scale application of nanotechnologies in various fields of practical activity. Options for using some computer programs for modeling and visualization of nanoobjects are offered. Thus, the development and use of nanoobject modeling programs, as well as the creation of nanotechnology centers for collective use, as one of the mechanisms for the concentration of personnel and resources of leading specialized universities, is promising. Formation of staff and information-analytical components of nano-industry infrastructure is one of the tasks of university centers.

Keywords: nanotechnology, nanoobject, physics, fundamental, nanoelectronics