

**SCIENCE**  
**PROBLEMS.UZ**

ISSN: 2181-1342 (ONLINE)

*№ 3 (3) - 2023*

ИЖТИМОЙ-ГУМАНИТАР ФАНЛАРНИНГ  
ДОЛЗАРЬ МУАММОЛАРИ

---

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

---

ACTUAL PROBLEMS OF HUMANITIES  
AND SOCIAL SCIENCES



**ЭЛЕКТРОН ЖУРНАЛ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

ELECTRONIC JOURNAL

# **SCIENCEPROBLEMS.UZ**

## **ИЖТИМОЙ-ГУМАНИТАР ФАНЛАРНИНГ ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ**

*№ 3 (3)-2023*

### **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫХ НАУК**

### **ACTUAL PROBLEMS OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES**

**ТОШКЕНТ-2023**

## **БОШ МУҲАРРИР:**

Исанова Феруза Тулқиновна

## **ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ:**

### **ТАРИХ ФАНЛАРИ:**

**Юлдашев Анвар Эргашевич** – тарих фанлари доктори, сиёсий фанлар номзоди, профессор, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси;

**Мавланов Уктам Махмасабирович** – тарих фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси;

**Хазраткулов Аброр** – тарих фанлари доктори, доцент, Ўзбекистон давлат жаҳон тиллари университети.

### **ФАЛСАФА ФАНЛАРИ:**

**Ҳақимов Назар Ҳақимович** – фалсафа фанлари доктори, профессор, Тошкент давлат иқтисодиёт университети;

**Яхшиликков Жўрабой** – фалсафа фанлари доктори, профессор, Самарқанд давлат университети;

**Ғайбуллаев Отабек Мухаммадиевич** – фалсафа фанлари доктори, профессор, Самарқанд давлат чет тиллар институти;

**Ҳошимхонов Мўмин** – фалсафа фанлари доктори, доцент, Жиззах педагогика институти;

**Носирходжаева Гулнора Абдукаххаровна** – фалсафа фанлари номзоди, доцент, Тошкент давлат юридик университети.

### **ФИЛОЛОГИЯ ФАНЛАРИ:**

**Ахмедов Ойбек Сапорбаевич** – филология фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон давлат жаҳон тиллари университети;

**Кўчимов Шухрат Норқизилович** – филология фанлари доктори, доцент, Тошкент давлат юридик университети;

**Салахутдинова Мушарраф Исамутдиновна** – филология фанлари номзоди, доцент, Самарқанд давлат университети;

**Кучкаров Раҳман Урманович** – филология фанлари номзоди, доцент в/б, Тошкент давлат юридик университети;

**Юнусов Мансур Абдуллаевич** – филология фанлари номзоди, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси;

**Саидов Улугбек Арипович** – филология фанлари номзоди, доцент, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси.

### **ЮРИДИК ФАНЛАР:**

**Ахмедшаева Мавлюда Ахатовна** – юридик фанлар доктори, профессор, Тошкент давлат юридик университети;

**Мухитдинова Фирюза Абдурашидовна** – юридик фанлар доктори, профессор, Тошкент давлат юридик университети;

**Эсанова Замира Нормуратовна** – юридик фанлар доктори, профессор, Ўзбекистон Республикасида хизмат кўрсатган юрист, Тошкент давлат юридик университети;

**Зулфиқоров Шерзод Хуррамович** – юридик фанлар доктори, профессор, Ўзбекистон Республикаси Жамоат хавфсизлиги университети;

**Хайитов Хушвақт Сапарбаевич** – юридик фанлар доктори, профессор, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси;

**Асадов Шавкат Ғайбуллаевич** – юридик фанлар доктори, доцент, Ўзбекистон Республикаси Президенти ҳузуридаги Давлат бошқаруви академияси;

**Сайдуллаев Шахзод Алиханович** – юридик фанлар номзоди, профессор, Тошкент давлат юридик университети.

### **ПЕДАГОГИКА ФАНЛАРИ:**

**Ҳашимова Дильдархон Уринбоевна** – педагогика фанлари доктори, профессор, Тошкент давлат юридик университети;

**Ибрагимова Гулнора Хавазматовна** – педагогика фанлари доктори, профессор, Тошкент давлат иқтисодиёт университети;

**Закирова Феруза Махмудовна** – педагогика фанлари доктори, Тошкент ахборот

технологиялари университети ҳузуридаги педагогик кадрларни қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тармоқ маркази;

**Тайланова Шоҳида Зайниевна** – педагогика фанлари доктори, доцент.

#### **ПСИХОЛОГИЯ ФАНЛАРИ:**

**Каримова Васида Маманосировна** – психология фанлари доктори, профессор, Низомий номидаги Тошкент давлат педагогика университети;

**Ҳайитов Ойбек Эшбоевич** – Жисмоний тарбия ва спорт бўйича мутахассисларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш институти, психология фанлари доктори, профессор

**Умарова Навбахор Шокировна** – психология фанлари доктори, доцент, Низомий номидаги Тошкент давлат педагогика университети, Амалий психологияси кафедраси мудири;

**Атабаева Наргис Батировна** – психология фанлари доктори, доцент, Низомий номидаги Тошкент давлат педагогика университети;

**Қодиров Обид Сафарович** – психология фанлари доктори (PhD), Самарканд вилоят ИИБ Тиббиёт бўлими психологик хизмат бошлиғи.

#### **СОЦИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ:**

**Латипова Нодида Мухтаржановна** – социология фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон миллий университети кафедра мудири;

**Сеитов Азамат Пўлатович** – социология фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон миллий университети;

**Содиқова Шоҳида Мархабоевна** – социология фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон халқаро ислом академияси

#### **СИЁСИЙ ФАНЛАР**

**Назаров Насриддин Атақулович** – сиёсий фанлар доктори, фалсафа фанлари доктори, профессор, Тошкент архитектура қурилиш институти;

**Бўтаев Усмонжон Хайруллаевич** – сиёсий фанлар доктори, доцент, Ўзбекистон миллий университети кафедра мудири.

---

#### **ОАК Рўйхати**

Мазкур журнал Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 327/5-сон қарори билан тарих, иқтисодиёт, фалсафа, филология, юридик ва педагогика фанлари бўйича илмий даражалар бўйича диссертациялар асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхати (Рўйхатга) киритилган.

#### **Crossref DOI:**

Таҳририят Crossref DOI нинг расмий аъзоси ҳисобланади ва 10.47.390 DOI префиксига эга. Ҳар бир нашр ва илмий мақолага индивидуал Crossref DOI рақами берилади.

#### **Google Scholar**

Журнал Google Scholar (Академия) да индексацияланади.

---

**“Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари”** электрон журнали 1368-сонли гувоҳнома билан давлат рўйхатига олинган.

**Муассис:** “SCIENCEPROBLEMS TEAM” масъулияти чекланган жамият.

#### **Таҳририят манзили:**

100070. Тошкент шаҳри, Яккасарой тумани, Кичик Бешёғоч кўчаси, 70/10-уй.

#### **Электрон манзил:**

[scienceproblems.uz@gmail.com](mailto:scienceproblems.uz@gmail.com)

## МУНДАРИЖА

### 07.00.00 – ТАРИХ ФАНЛАРИ

*Axmedov Jasurbek, Jabborova Gavharshod*

QANQA ARXEOLOGIK YODGORLIGINI MUZEYLASHTIRISH MASALASI ..... 9-14

*Шухрат Эргашев*

ФРАНЦИЯДА ИККИНЧИ РЕСПУБЛИКА ИНҚИРОЗИ ВА 1851 ЙИЛГИ ДАВЛАТ

ТЎНТАРИШИ ..... 15-23

*Касимова Шахноза Алишеровна*

ПРИЕМЫ ЭФФЕКТИВНОЙ КОММУНИКАЦИИ В МУЗЕЙНОЙ ЭКСКУРСИИ ..... 24-29

### 08.00.00 – ИҚТИСОДИЁТ ФАНЛАРИ

*Файзиева Ширин Шодмоновна*

АГРОКЛАСТЕРЛАР ВА МАҲСУЛОТ ЕТИШТИРУВЧИЛАР ЎРТАСИДАГИ ҲАМКОРЛИКНИНГ  
ИҚТИСОДИЁТДА ТУТГАН ЎРНИ ..... 30-35

*Мусагалиев Ажунияз Жумагулович, Дустова Мухайё Худайбердиевна*

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ КОРХОНАЛАРИНИ ҚЎЛЛАБ-ҚУВВАТЛАШ БОРАСИДАГИ АЙРИМ  
МАСАЛАЛАР ..... 36-41

*Murodova Nargiza Utkirovna*

TURIZM MARKETING FAOLIYATIDA STRATEGIK BOSHQARUVNING AHAMIYATI ..... 42-47

*Kuchkarov Baxrom Kuziyevich, O'rmonov Xasanboy Haydarovich*

KOMPANIYALARNING MOLIYAVIY TO'LOVGA LAYOQATSIZLIGI XAVFINI ANIQLASH ..... 48-55

*Temirova Feruza Sagdullayevna*

MARKETINGNING ZAMONAVIY TEXNOLOGIYASI -  
BRENDING FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH ..... 56-62

*Sobirova Marhabo Haitovna*

MEVA-SABZAVOT KOOPERATSIYASINING IQTISODIY SAMARADORLIGINI OSHIRISH  
YO'LLARI ..... 63-67

*Mamajonova Gulasal Oribjon qizi*

KORXONALARIDA ISHLAB CHIQRISH QUVVATLARIDAN FOYDALANISHNING  
SAMARADORLIGINI OSHIRISH MASALALARI ..... 68-77

*Davlyatshayev Akmal Ashurmamatovich*

O'ZBEKISTON IQTISODIYOTINING RIVOJLANISHIDA INVESTITSIYA RISKLARINI  
BOSHQARISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH ..... 78-87

*Тўхтамишов Азиз Қаҳрамонович*  
КЛАСТЕР ЁНДАШУВИ АСОСИДА ТУРИЗМ СОҲАСИНИНГ ИННОВАЦИОН РИВОЖЛАНИШ  
МОҲИЯТИ, МАЗМУНИ ВА ТАМОЙИЛЛАРИ ..... 88-101

*Каржавова Хуршида Абдумаликовна*  
МАҲАЛЛА ТИЗИМИДА ИННОВАЦИОН ИЖТИМОЙ ХИЗМАТЛАР КўРСАТИШНИНГ  
АСОСИЙ ЙўНАЛИШЛАРИ ..... 102-110

*Soliyev Dilmurod Jamolovich*  
AYLANMA MABLAG'LARNI SAMARALI BOSHQARISH KORXONA FAROVONLIGINING  
ASOSIDIR ..... 111-119

*Sultonova Mushtariy Abdulabbosovna*  
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA BUXGALTERIYA HISOBINI TASHKIL ETISH  
MASALALARI ..... 120-130

#### **09.00.00 – ФАЛСАФА ФАНЛАРИ**

*Тўраев Шавкат Нишонович*  
ЖАМИЯТ МАФКУРАСИ ИЖТИМОЙ САФАРБАР ЭТИШНИНГ АСОСИЙ ОМИЛИ ..... 131-137

*Qodirov Davronbek Hoshimovich*  
TASAVVUF TA'LIMOTINING NAZARIYOTCHISI – ABULQOSIM QUSHAYRIY ..... 138-143

*Sharipov Dilshod Baxshilloevich*  
TINCHLIKNING UNIVERSAL (DUNYOVIY) TARTIB BO'YICHA TAHLILI ..... 144-148

#### **10.00.00 – ФИЛОЛОГИЯ ФАНЛАРИ**

*Гаппаров Алибек Қаршибоевич*  
ИЖТИМОЙ-СИЁСИЙ ЛЕКСИКАНИНГ СОЦИОЛИНГВИСТИК АСПЕКТИ ..... 149-155

*Fayzieva Zuxra, Sharipova Yoqut Quدراتиллаевна*  
APPLICATION OF GAME TECHNOLOGIES IN TEACHING FOREIGN LANGUAGE TO THE BLIND  
AND VISUALLY IMPAIRED ..... 156-161

*Ахмедшина Лилия Рафаэльевна*  
РЕПРЕЗЕНТАЦИЯ КОНЦЕПТОВ «МУЖ « И «ЖЕНА»  
В ПОСЛОВИЦАХ И ПОГОВОРКАХ ..... 162-166

*Kholmuminova Makhliyo*  
DIFFERENCE BETWEEN MEANINGS IN UZBEK AND ENGLISH LANGUAGES ..... 167-171

*Shirinova Yekaterina*  
NUTQIY TAFAKKURNING PSIXOLINGVISTIK MUAMMOLARI ..... 172-178

## 12.00.00 – ЮРИДИК ФАНЛАР

*Қутлымуратов Фарҳад Қалбаевич*

ЮРИДИК ШАХСНИ ҚАЙТА ТАШКИЛ ЭТИШДА СОЛИДАР  
ЖАВОБГАРЛИК МАСАЛАЛАРИ ..... 179-185

*Kasimov Nodirjon Sodikjonovich*

QASDDAN O'DIRISH JINOYATINING TUSHUNCHASI, TAVSIFI VA JINOIY HUQUQIY  
XUSUSIYATLARI ..... 186-196

*Урманбаева Ферузахон Саттаровна*

ВАСИЙЛИК ВА ҲОМИЙЛИКНИНГ ЗАРУРИЯТИ ВА МОҲИЯТИ ..... 197-203

## 13.00.00 – ПЕДАГОГИКА ФАНЛАРИ

*Tursunaliyev Ilhomjon Axmedovich*

“HAYOT DAVOMIDA TA'LIM” – JISMONIY TARBIYA VA SPORT MUTAXASSISLARINI UZLUKSIZ  
KASBIY RIVOJLANTIRISHNING PEDAGOGIK MEKANIZMI SIFATIDA (NAZARIY JIHATLAR  
TAHLILI) ..... 204-210

*Mamatqosimov Jahongir Abirqulovich*

BO'LAJAK REJISSORLARNING KASBIY KOMPETENSIYALARINI TAKOMILLASHTIRISHDA  
TRENING MASHQLARINING AMALIY AHAMIYATI ..... 211-217

*Turdimurodov Dilmurod Yo'ldoshevich*

YUQORI SINIF O'QUVCHILARIDA QAT'IYATLILIK SIFATINI JISMONIY TARBIYA DARSLARIDA  
TARBIYALASH ..... 218-223

*Бабаходжаева Наргиза Мухитдиновна*

ОЛИЙ ТАЪЛИМДА ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИНГ ИННОВАЦИОН ФАОЛИЯТИНИ  
ПСИХОЛОГИК-ПЕДАГОГИК ҚЎЛЛАБ-ҚУВВАТЛАШ ..... 224-229

*Mengliqulov Xayrulla Aliqulovich*

HARAKATLI O'YINLAR ORQALI 14-15 YOSHLI SUZUVCHLARNING JISMONIY SIFATLARINI  
RIVOJLANTIRISH ..... 230-236

*Fayzullaeva Madina Abdumumin kizi*

ADVANCED PEDAGOGICAL EXPERIENCES IN ORGANIZING AND DEVELOPING THE  
EDUCATIONAL PROCESS ON THE BASE OF DIGITAL TECHNOLOGIES ..... 237-244

*Yusupov Dilmurod Abdurashidovich*

YADRO FIZIKASI BO'LIMLARINI O'QITISHDA INNOVATSION KOMPYUTER  
TEKNOLOGIYALARINI QO'LLASH ORQALI TALABALAR FAOLLIGINI OSHIRISH ..... 245-254

*Ergashev Omonboy Turgunbayevich*

TALABALARNING BADIY TAFAKKURINI RIVOJLANTIRISHNING IJTIMOY ZARURATI VA  
PEDAGOGIK ASOSLARI ..... 255-260

<i>Ruzmetova Novval Vahabjanovna</i> THE ROLE OF FOLK TRADITIONS IN FORMING LEGAL CULTURE OF STUDENTS OF LAW SCHOOLS .....	261-269
<i>Raxmatov Otabek Urinbosarovich</i> BO'LAJAK JISMONIY TARBIYA O'QITUVCHILARIDA MILLIY SPORT TURLARI ASOSIDA AMALIY KOMPETENTLIKNI RIVOJLANTIRISHNING DOLZARB MASALALARI .....	270-274
<i>Makhmudov Furqat Djumaboyevich</i> YORUG'LIK KVANT NAZARIYASINING VUJUDGA KELISHI. YORUG'LIK KVANTI MAVZUSINI O'QITISH USULLARI .....	275-281
<i>Бабахова Гулзиба Зиятбаевна</i> К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ АТОМОВ ВОДОРОДА ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА .....	282-289
<i>Dexkanov Sherzod Abdumutalibovich</i> KAFEDRALARARO BITIRUV MALAKAVIY ISHLARINI TAYYORLASH – SIFATLI TA'LIMNI TA'MINLASHNING MUHIM OMILI SIFATIDA .....	290-296
<i>Ҳакимова Муқаддас Ҳасановна</i> КОМПЕТЕНТЛИ ЁНДАШУВ АСОСИДА БЎЛАЖАК ЖИСМОНИЙ ТАРБИЯ ЎҚИТУВЧИЛАРИНИНГ КАСБИЙ-ПЕДАГОГИК ИЖОДКОРЛИГИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ .....	297-301



Ижтимоий-гуманитар фанларнинг  
долзарб муаммолари. -2023. -№ 3 (3).  
ISSN: 2181-1342 (Online)  
<https://scienceproblems.uz>

13.00.00 – Педагогика фанлари

**Бабахова Гулзиба Зиятбаевна,**  
Докторант Нукусского государственного  
имени института Аджинияза  
Электронная почта: bgulziba@bk.ru  
Тел: (97) 359 29 25

### К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ АТОМОВ ВОДОРОДА ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

**Аннотация.** В статье приведены результаты научно-методических работ по повышению эффективности изучения физики атома водорода путем подходящего выбора учебного материала и привлечения к учебному процессу проприетарной системы компьютерной алгебры Mathematica при проведении учебного курса «Квантовая механика».

**Ключевые слова:** методика преподавания физики, атом водорода, уравнение Шредингера, радиальная часть волновой функции, компьютерная демонстрация, распределение плотности вероятности, присоединенные полиномы Лагерра, сферические функции.

**Babakhova Gulziba Ziyatbaevna,**  
Doctoral student of the Nuku State Institute named after Ajiniyaz

### ON THE ISSUE OF THE METHODOLOGY OF STUDYING THE THEORY OF HYDROGEN ATOMS WHEN TEACHING THE COURSE QUANTUM MECHANICS

**Abstract.** The article presents the results of scientific and methodological work to improve the efficiency of studying the physics of the hydrogen atom by choosing a suitable educational material and involving the proprietary computer algebra system Mathematica in the educational process during the training course «Quantum Mechanics».

**Keywords:** methods of teaching physics, hydrogen atom, Schrodinger equation, radial part of the wave function, computer demonstration, probability density distribution, attached Laguerre polynomials, spherical functions.

**Babaxova Gulziba Ziyatbayevna,**  
Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat instituti doktoranti

### KVANT MEXANIKASI KURSINI O‘QITISHDA VODOROD ATOMI NAZARIYASINI O‘RGANISH METODIKASI MASALASI

**Annotatsiya.** Maqolada «kvant mexanikasi» o‘quv kursini o‘tkazishda o‘quv materialini to‘g‘ri tanlash va o‘quv jarayoniga matematik kompyuter algebrasining xususiy tizimini jalb qilish orqali vodorod atomi fizikasini o‘rganish samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy-uslubiy ishlar natijalari keltirilgan. matematik va hisoblash ko‘nikmalarini rivojlantiradi va tanqidiy fikrlashni rivojlantirishga yordam beradi.

**Kalit so‘zlar:** fizikani o‘qitish metodikasi, vodorod atomi, Shredinger tenglamasi, to‘lqin funktsiyasining radial qismi, kompyuterni namoyish qilish, ehtimollik zichligi taqsimoti, birlashtirilgan Lagerr polinomialari, sferik funktsiyalar.

 <https://doi.org/10.47390/1342V3I3Y2023N38>

**Степень изученности проблемы.** До этого было проведено множество исследований преемственности. Из них на диссертацие Е.Н. Овчаренко «Преемственность обучения в системе среднего общего и высшего профессионального образования на основе инновационных дидактических технологий» доказывала, что непрерывная связь между средним специальным профессиональным образованием и высшим образованием является большой педагогической проблемой. А на электронном ресурсе Сманцера «Теория и практика реализаций преемственности в обучении школьников и студентов» будет проведен ретроспективный анализ условий преемственности образования, его реализации в истории педагогической мысли и практики обучения, сформулированы теоретические основы преемственности образования [№10,2 стр].

**Введение.** Известно, что с точки зрения методики преподавания физики, изучение атома водорода имеет решающее значение для успешного изучения всей квантовой механики и квантовой физики. Атом водорода служит фундаментальным примером того, как законы квантовой механики могут быть применены к атомным, молекулярным и др. системам. Изучая атом водорода, каждый может глубже понять фундаментальные принципы микромира, которые необходимы для понимания поведения других систем. При этом, методология, используемая для решения уравнения Шредингера для атома водорода, может быть распространена на другие более сложные системы, такие как молекулы и твердые тела, что делает ее основой для дальнейшего изучения квантовой механики. С педагогической точки зрения атом водорода объединяет многие из ранее разработанных концепций и методик в один пакет. Кроме того, изучение атома водорода может стать мостом между классической физикой и квантовой механикой. Изучая классическую модель атома водорода, которая рассматривает электрон как частицу на орбите вокруг ядра, и сравнивая ее с квантовомеханической моделью, которая рассматривает электрон как распределение вероятности, студенты могут увидеть, как классическая физика не может полностью объяснить поведение атомных систем и как квантовая механика обеспечивает более полное понимание этих систем. Наряду с этим, изучение атома водорода дает возможность студентам развить важные навыки в математических методах, включая дифференциальные уравнения в частных производных и использование численных методов для решения этих уравнений. Эти навыки необходимы для понимания и применения принципов квантовой механики в других системах и особенно важны для студентов, которые могут не иметь достаточной подготовки в области квантовой механики или впервые сталкиваются с этими понятиями.

Принципы квантовой механики могут быть сложными и парадоксальными, а изучение атома водорода требует от студентов глубоких размышлений о поведении атомных систем и выработки новых способов понимания этих концепций. Учитывая то, что изучение атома водорода, самого простого атома в природе, сыграло решающую роль в развитии квантовой механики и до сих пор является активной областью исследований в университетах, в этой статье мы рассмотрим важность изучения физики

атома водорода для дальнейшего изучения квантовой механики в высших учебных заведениях.

**Методы исследования и предложения.** Известно, что об атоме водорода даются первые сведения при изучении модели Бора на курсе общей физики и в самом начале изучения курса квантовой механики. В целом, хотя эта модель не является полностью точным описанием атома водорода, она все же полезна для ознакомления студентов с некоторыми ключевыми понятиями квантовой механики и поведением атомных систем. Заметим, что в модели Бора, которая является ни классической, ни квантовой, электрон движется по четко определенной орбите вокруг ядра и имеет четко определенный импульс и положение. В то же время вопрос об одновременном существовании точных значений импульса и положения является фундаментальным аспектом квантовой механики. Модель включала определенные классические идеи, такие как концепция электронов, вращающихся вокруг ядра, но также вводила некоторые ключевые квантово-механические принципы, такие как квантование энергетических уровней и идея о том, что электроны могут существовать только в определенных дискретных энергетических состояниях. В квантово-механической модели электроны рассматриваются как существующие в вероятностном «облаке» возможных положений и моментов. Волновая функция для электрона - это стоячая волна, которая описывает распределение вероятности нахождения электрона в данной области пространства. В связи с этим важно, чтобы студенты понимали ограничения модели Бора и его недостатки, а также важность полного квантово-механического рассмотрения атомных и молекулярных систем для более глубокого понимания их поведения.

**Анализ и результаты.** Следует отметить, что атом водорода является одной из самых простых и важных систем, для которой уравнение Шредингера может быть решено точно. На лекциях и других занятиях по квантовой механике обычно подробно рассматривается методология решения уравнения Шредингера для атома водорода. Решение уравнения обычно включает следующие шаги:

Шаг 1. Разделение переменных. Волновая функция электрона  $\psi$  может быть выражена как произведение двух функций, одна из которых зависит от положения электрона ( $r$ ), а другая - от углов, определяющих ориентацию орбиты электрона ( $\theta$  и  $\phi$ ). Это известно как метод разделения переменных, и он делает полезным выразить волновую функцию в сферических координатах. При этом волновая функция имеет вид  $\psi = \psi(r, \theta, \phi) = R(r)Y(\theta, \phi)$ , где  $Y(\theta, \phi)$  - сферические гармонические функции, а радиальные волновые функции  $R(r)$  выражаются в терминах присоединенных функций Лагерра. Студенты должны знать, что в данном случае метод разделения переменных основан на коммутативных соотношениях трех операторов: оператора гамильтониана, оператора углового момента и квадрата оператора углового момента.

Шаг 2. Уравнение для радиальных волновых функций. Оно описывает поведение электрона вдоль радиального направления и его можно решить численно или аналитически с помощью специальных функций, называемых полиномами Лагерра. Решения являются дискретными, следовательно, энергетические уровни атома водорода квантованы. В данном случае коммутативное соотношение для оператора

гамильтониана используется для нахождения допустимых значений энергии  $E_n$  и радиальной части волновой функции  $R(r)$ .

Шаг 3. Уравнение для сферических гармоник. Оно имеет вид  $Y(\theta, \phi) = P(\theta)F(\phi)$ , где  $P(\theta)$  - полином Лежандра,  $F(\phi)$  - экспоненциальная функция, описывающая распределение углового момента электрона в азимутальном направлении. Решениями углового уравнения являются сферические гармонические функции, которые описывают ориентацию орбиты электрона.

Шаг 4. Полная волновая функция. Объединив решения радиальных и угловых уравнений, получают общую волновую функцию атома водорода, зависящую от трех квантовых чисел.

Шаг 5. Компьютерная демонстрация графиков использованных многочленов и полученных результатов.

Видно, что в предлагаемом методе применение компьютеров и компьютерного моделирования связано с шагом 5. В этой связи предлагаем следующее: вывод уравнения Шредингера для атома водорода, переход к сферическим координатам, разделение переменных и получение полной волновой функции осуществляются без компьютеров путем освещения физической и математической сути вопросов, соблюдая при этом необходимую динамику изложения лекции с учетом уровня подготовки аудитории. При этом в качестве учебной литературы предлагаются такие учебные пособия, как [1-4]. В качестве средств визуализации полученных волновых функций, а также для осуществления компьютерной демонстрации распределения плотности вероятности предлагается проприетарная система компьютерной алгебры Mathematica, широко используемая для научных, инженерных, математических расчётов [5-7]. Она позволяет преподавателям и студентам легко построить график любой функции непосредственно из ее формулы, часто с помощью всего одной строки кода. Кодирование алгоритма решения дифференциальных уравнений в системе Mathematica не сложнее, чем в любом другом языке.

Следует заметить, что в уравнении Шредингера присутствуют фундаментальные физические величины, которые значительно усложняют процесс вычисления (например,  $\hbar^2 \sim 10^{-68}$  Дж<sup>2</sup>·с<sup>2</sup>). Поэтому естественным образом возникает необходимость перехода в безразмерные величины. Для того чтобы перевести уравнения Шредингера для атома водорода в безразмерные величины, можно воспользоваться следующими подстановками: Расстояние  $r$  заменяется безразмерной величиной  $\rho = \frac{r}{a_0}$ , где  $a_0$  - боровский радиус. Энергию  $E$  следует заменить величиной  $\varepsilon$ , равной  $E / \left( \frac{\hbar^2}{m_e a_0^2} \right)$ . Потенциал  $V(r)$  заменяется величиной  $v(\rho) = -\frac{Z}{\rho}$ . Следует также произвести замену  $u(r) = rR(r)$ . В результате этого радиальная часть уравнения Шредингера, которая обычно пишется как

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{2m}{\hbar^2} \left[ E - V(r) - \frac{l(l+1)}{r^2} \right] R = 0, \quad (1)$$

и называется уравнением Лагерра, превращается в уравнение вида

$$-\frac{1}{2} u''(\rho) + \left[ \frac{l(l+1)}{2\rho^2} - v(\rho) + \varepsilon \right] u(\rho) = 0. \quad (2)$$

Эта безразмерная форма уравнения проста в решении и дает более общее решение, которое может быть применено к более широкому кругу ситуаций. Это связано с тем, что оно не зависит от конкретных физических констант и единиц измерения. Опыт показал, что переход в безразмерные величины привел к заметному повышению интереса студентов к изучаемому материалу, а также математическим приемам решения задач.

Решение уравнения (1) или (2) производится по общепринятой стандартной последовательности с учетом стандартных условий и в ходе его решения получаются формула для значений энергий  $E_n$ , не зависящих от значений орбитального квантового числа  $l$ , и нормированные собственные волновые функции в виде

$$\psi_{nlm} = \sqrt{\left(\frac{2}{n}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n(n+l)!}} e^{-r/n} \left(\frac{2r}{n}\right)^l \left[ L_{n-l-1}^{2l+1} \left(\frac{2r}{n}\right) \right] Y_l^m(\theta, \phi). \quad (3)$$

Очень важно знать студентам структуру радиальной части волновой функции (3), которая может быть представлена как

$$R_{nl} = \left( \begin{array}{c} \text{константа} \\ \text{нормировки} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{экспоненциальная} \\ \text{функция } e^{-r/na} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{полином} \\ \text{от } r \end{array} \right).$$

Здесь видно, что величина  $R_{nl}$  зависит от экспоненциальной функции  $e^{-r/n}$  и присоединенного полинома Лагерра. Причем экспонента является функцией  $-r/n$ , а полином зависит  $n$ ,  $l$  и  $r$ . Поэтому величина функции  $e^{-r/n}$  уменьшается от 1 до нуля в зависимости от  $r$  и уменьшение становится более плавным при увеличении числа  $n$ . В то же время изменения полинома  $L_{n-l-1}^{2l+1} \left(\frac{2r}{n}\right)$  носят сложный характер и они могут быть легко продемонстрированы на экране при помощи соответствующих технических средств.

Графики, составленные для распределения плотности вероятности  $r^2 R_{nl}^2$  в зависимости от  $n$  и  $l$  представлены на рис. 1. Этот рисунок следует продемонстрировать графически. Отметим, что существуют и другие способы графического представления функций  $R_{nl}$  и  $r^2 R_{nl}^2$ . Например,  $r^2 R_{nl}^2$  можно изобразить посредством граничных поверхностей, которые представляют собой концентрические сферы. В сечении их плоскостью, проходящей через ядро, образуются концентрические окружности, изображенные на рис. 2 а. Можно также изобразить сферическую граничную поверхность, такую, что почти весь электронный заряд находится внутри этой поверхности. На плоскости этому соответствует картина, показанная на рис. 2 б. Можно также представить плотность вероятности с помощью облака, густота которого уменьшается экспоненциально по мере удаления от ядра (рис. 3).

Важно отметить, что присоединенные полиномы Лагерра являются решением дифференциального уравнения вида

$$L''(\rho) + (2l + 2 - \rho)L'(\rho) + (n - 1 - 1)L(\rho) = 0,$$

которое требует, чтобы  $n - l - 1$  было целым числом или нулем. В то же время сферические гармоники  $Y_l^m(\theta, \phi)$  удовлетворяют дифференциальному уравнению

$$\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial Y_{lm}}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 Y_{lm}}{\partial \phi^2} + l(l+1)Y_{lm} = 0$$

и являются произведениями азимутальной и полярной волновых функций.

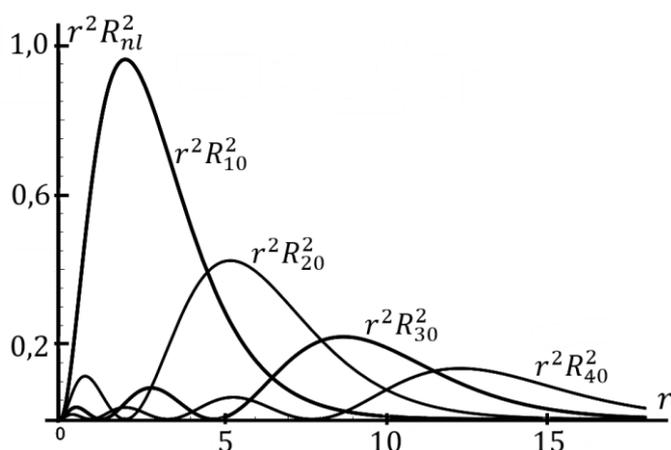


Рис. 1. Распределение радиальной плотности вероятности.

Естественно, при рассмотрении как полной волновой функции  $\psi_{nlm}$ , так и ее радиальной части  $R_{nl}$ , приходится иметь дело с присоединенными полиномами Лагерра  $L_{n-l-1}^{2l+1}\left(\frac{2r}{n}\right)$  (в системе Mathematica  $LaguerreL[n-l-1, 2l+1, \frac{2r}{n}]$ ), так и  $l$ -функцией Лежандра первого рода  $Y_l^m(\theta, \phi)$  (в системе Mathematica  $LegendreP[l, m, \text{Cos}[\theta]]$ ). Поэтому, как показывает опыт, изложение основных свойств этих полиномов для студентов является очень полезным и дает более наглядные представления о физической и математической сути изучаемых явлений. Причем, например, вычисление при помощи системы Mathematica присоединенных многочленов Лежандра

$$P_n^m(\cos \theta) = \sin^m \theta \frac{d^m}{d(\cos \theta)^m} P_n(\cos \theta),$$

где,  $P_n(\cos \theta) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{d(\cos \theta)^n} (\cos^2 \theta)^n$  непосредственно в ходе лекционных занятий и демонстрация их графиков вызвали немалый интерес у студентов. При этом студенты должны знать разницу между не ортогональными ассоциированными полиномами и ортогональными ассоциированными функциями Лагерра.

На следующем этапе учебного процесса демонстрируются результаты выполненных математических операций.

В качестве примера на рис. 2 представлены графики плотности вероятности (орбитали), которые могут быть продемонстрированы в ходе лекции, полученные при помощи функции (команды)  $SphericalPlot3D$ . При этом следует использовать вариацию величин  $n$  и  $l$  при помощи функции  $Manipulate$ .

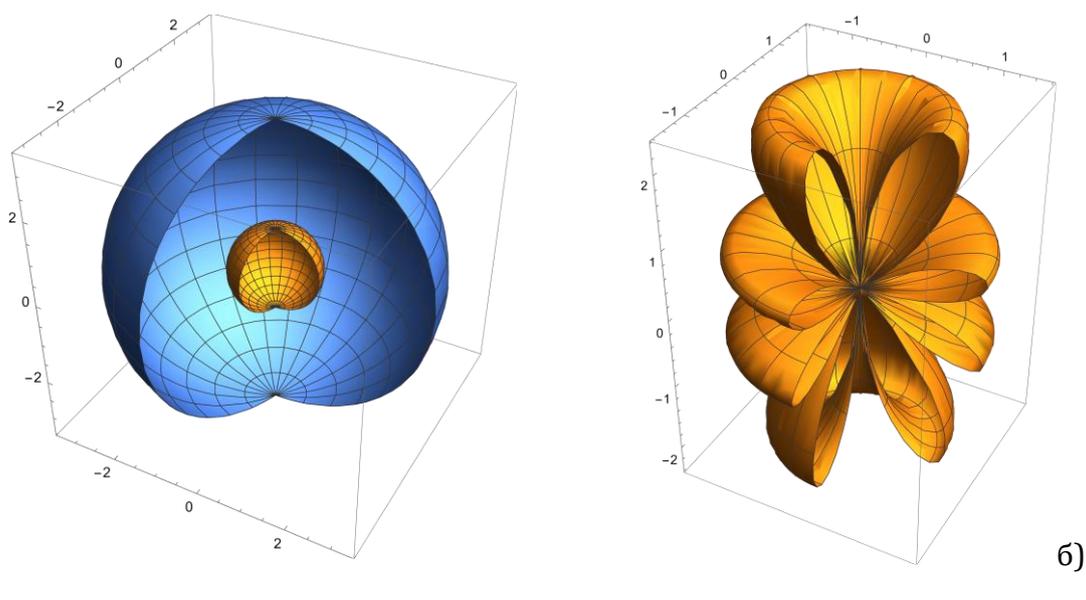


Рис. 2. Графики плотности вероятности для  $|\Psi_{200}|^2$  (а) и  $|\Psi_{541}|^2$  (б). На рис б показана только граничная поверхность.

На рис.3 представлены распределение модуля трехмерной одноэлектронной функции плотности вероятности для  $n = 6$ ,  $l = 1$  и  $m = 1$ . Показ аналогичных картин оказался более эффективным в плане повышения интереса студентов к изучаемым материалам. Здесь важно иметь в виду, что только s-электроны имеют отличную от нуля плотность в ядре, и, следовательно, вероятность нахождения таких электронов в ядре не равна нулю. Из полученных картин видно, что в соответствии с решениями уравнения Шредингера электроны заполняют делокализованные и сравнительно большие области.

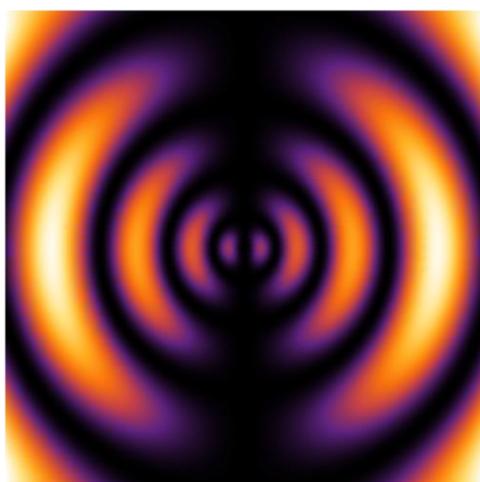


Рис. 3.  
Распределение трехмерной одноэлектронной функции плотности вероятности для  $n = 6$ ,  $l = 1$  и  $m = 1$  (облако вероятности).

**Выводы и предложения.** Важно подчеркнуть, что электрон в атоме водорода представляет собой особый интерес. Это реальная система представляет собой частицу в своеобразной потенциальной яме со сферической симметрией. Существует глубокая аналогия между поведением электрона в атоме водорода и поведением электрона в прямоугольной потенциальной яме. В обоих случаях электрон заключен в область пространства, где потенциальная энергия ниже, чем в окружающей области. Квантово-

механическое поведение электрона в обоих случаях управляется одним и тем же уравнением Шредингера. При этом имеет место дискретные энергетические уровни и, более того, обе системы демонстрируют схожее волнообразное поведение, например, электрон имеет плотность вероятности, которая максимально вблизи центра области, где он находится, и уменьшается по мере увеличения расстояния от центра. Энергетические состояния электрона в атоме водорода и прямоугольной потенциальной яме также имеют сходные свойства.

В целом, как показывают вышеприведенные факты, углубленное изучение физики атома водорода является неотъемлемой частью педагогики высшего образования в области квантовой физики и оно закладывает основу для понимания фундаментальных принципов квантовой механики, развивает важные математические и вычислительные навыки, а также способствует развитию критического мышления и способности решать проблемы. Понимая принципы квантовой механики через изучение атома водорода, студенты могут получить более глубокое понимание поведения атомных и молекулярных систем, а также развить навыки, которые ценны во многих других областях науки и техники.

#### Adabiyotlar / Литература / References:

1. David J. Griffiths, Darrell F. Schroeter. Introduction to Quantum Mechanics. Third Edition. Cambridge University Press. 2018. 644 p.
2. David A. B. Miller. Quantum Mechanics for Scientists and Engineers. Cambridge University Press. 2008. 552 p.
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Курс теоретической физики: Учебное пособие для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). 6-е изд., испр. Москва. ФИЗМАТЛИТ. 2004. 800 с.
4. Nouredine Zettili. Quantum Mechanics: Concepts and Applications. Second Edition. Wiley. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 2009. 674 p.
5. Roman Schmied. Using Mathematica for Quantum Mechanics. A Student's Manual University. arXiv:1403.7050v3 [quant-ph] 4 Feb 2019.
6. Gerd Baumann. Mathematica for Theoretical Physics. Springer. 2005. 942 p.
7. Functions Used in Quantum Mechanics. <https://reference.wolfram.com/language/guide/FunctionsUsedInQuantumMechanics.html>.
8. Khozhanazarova R.M. Methodology of the origin and development of the concept quantum of light // Berlin Studies Transnational Journal of Science and Humanities ISSN 2749-0866 Vol.2 Issue 1.5 Pedagogical sciences, Germany. 01. 2022. <http://berlinstudies.de/>
9. G.Z. Babakhova Computer simulation of demonstration experiments on the diffraction of light, X-rays and electrons for undergraduate and graduate students in physics // Berlin Studies Transnational Journal of Science and Humanities ISSN 2749-0866 Vol.2 Issue 1.5 Pedagogical sciences <http://berlinstudies.de/> 974-979 p.
10. Теория и практика реализации преемственности в обучении школьников и студентов [Электронный ресурс] / А. П. Сманцер. – Минск : БГУ, 2011. – Режим доступа : <http://www.elib.bsu>, ограниченный. ISBN 978-985-518-586-5.



ISSN: 2181-1342 (Online)

Сайт: <https://scienceproblems.uz>

DOI: 10.47390/1342V3I3Y2023

# SCIENCEPROBLEMS.UZ

## ИЖТИМОЙ-ГУМАНИТАР ФАНЛАРНИНГ ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ

*№ 3 (3) – 2023*

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

### ACTUAL PROBLEMS OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

**Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари** электрон журнали 2020 йил 6 август куни 1368-сонли гувоҳнома билан давлат рўйхатига олинган.

**Муассис:** "SCIENCEPROBLEMS TEAM"  
масъулияти чекланган жамият

**Таҳририят манзили:**

100070. Тошкент шаҳри, Яккасарой тумани, Кичик Бешёғоч кўчаси, 70/10-уй. Электрон манзил:

[scienceproblems.uz@gmail.com](mailto:scienceproblems.uz@gmail.com)

**Боғланиш учун телефонлар:**

(99) 602-09-84 (telegram).