

## БЕЛЛ ТЕОРЕМАСИ(ТЕНГСИЗЛИКЛАРИ)НИНГ МАЗМУНИ НИМАДАН ИБОРАТ?

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7809147>

А.М. Худайбергенов

Тошкент давлат транспорт университети доценти

А.А. Махмудов

Тошкент давлат транспорт университети катта ўқитувчиси

**Аннотация.** Ушбу мақолада микролам физикасига тегишли бўлган Белл теоремасининг мазмуни ҳақида фикр юритилади.

**Калит сўзлар:** Жон Белл, Белл теоремаси, датчик (қайд қилувчи асбоб), детерминизм, микроламда қоидаларни бузиш, Эйнштейн. *Аннотация.* В данной статье обсуждается содержание теоремы Белла применяемая в физике микромира.

**Ключевые слова:** Джон Белл, теорема Белла, датчик (региструющее устройство), детерминизм, нарушение правил в микромире, Эйнштейн.

**Annotation.** *This article discusses the content of Bell's theorem used in the physics of the microworld.*

**Keywords:** John Bell, Bell's theorem, sensor (recording device), determinism, violation of rules in the microworld, Einstein.

Жамиятда турли гуруҳлар(олимлар ва диндорлар) ўртасида олам сунъий интеллект томонидан яратилганлиги ҳақида тез-тез тортишувлар юзага келиб турган. Белл теоремаси бунинг яққол исботидир. Яқинда тадқиқотчилар экспериментал анализни қайта ишлаб чиқиш учун “идеал шароит”га эга бўлдилар. Ушбу далил инсонларнинг қалбида эмас, балки “нотўғри формат”да бу оламнинг яратувчиси-Аллоҳнинг борлигини исботлаб берди. Математик усуллар бизнинг сайёрамиз, худдиқоинот каби, кимдир томонидан яратилганлигини, қандайдир зот мавжудлигини ҳамда материянинг чексиз эмаслигини исботлаб бериши мумкин.

Белл теоремаси ҳақидаги баъзи фикрлар “Квант телепортация ва квант чигаллик” ва “Эйнштейн-Подольский-Розен парадоксининг мазмуни нимадан иборат?” номли мақолаларимизда айтиб кетилган эди [3][4]. Ушбу теореманинг мазмуни шундан иборатдир: квант зарранинг ҳар қандай физик характеристикаларига таъсир кўрсатувчи баъза яширин параметрларнинг квант механик назарияда ҳақиқий мавжудлигидан қатъий назар, кетма-кет бир неча тажриба ўтказиш мумкин, унинг статистик натижалари яширин параметрларнинг мавжудлигини тасдиқлайди ёки рад этади. Шартли равишда айтганда, бир ҳолатда статистик нисбат 2:3 дан кўп бўлмаса, иккинчи ҳолатда эса 3:4 дан кам бўлмайди. Белл теоремаси Белл тенгсизликлари кўринишида ифодаланади. Классик физикада Белл тенгсизликлари доимо кузатилади.

Квант назариянинг умумий қабул қилинган қонун-қоидаларида (механика ва майдон назарияси) Белл тенгсизликлари бузилади. Илмий жамиятларда бундай

бузилишларга шубҳали қарашга жиддий асос бўлмаса-да, Белл тенгсизликларининг бузилиши асос бўлган "локал реализмнинг йўқлиги" фалсафий муаммоси квант назарияси асослари учун шунчалик муҳим бўлдики, реал ҳаётда Белл тенгсизликларининг бузилишини топишга йўналтирилган тажрибалар ўтказилди. Дастлабки маълумотларга кўра, бу тажрибалар Белл тенгсизликларининг бузилишини кўрсатди, яъни табиатнинг ўзида назария танлашга боғлиқ бўлмаган локал реализмнинг ўзи мавжуд эмаслигини кўрсатади.

Белл теоремаси шуни кўрсатадики, инсонларнинг онги бир-биридан ажралиб турмайди ва уларнинг барчаси чексиз майдоннинг бир қисми ҳисобланади. Мисол учун, сизнинг қўлингизда металл қути бор ва унинг ичида вакуум мавжуд. Унинг ичига оғирликни ўлчаш учун датчик ўрнатилади. Вакуум туфайли, қурилма оғирликнинг ортиши ва йўқотишининг жуда кичик ўзгаришини аниқлаш имконини беради. Шундан кейин ушбу қурилма вакуум ичидаги электроннинг ҳам оғирлигини ўлчаш мумкин. Асбоб кўриши мумкин бўлган барча нарса-бу ягона электроннинг мавжудлигидир. Агар датчик ҳаракатга келса, у ҳисоб-китобларни амалга оширади ва бунинг натижасида қути ичидаги вакуумнинг массаси ва мос равишда оғирлиги ўзгаради.

Агар датчик олиб ташланса, оғирликни ҳисоблаш усулига кўра (датчикнинг массаси ҳисобга олинмаганида), кўрсаткичлар энди бир хил бўлмайди-қурилманинг ўлчашдаги аввалги ва кейинги қийматлари орасидаги фарқ микроқийматни ташкил қилади. Бу нимани англатади ва қути оғирлиги(массаси)нинг унда датчик бўлгандан кейин ортишига нима таъсир қилди? Ушбу далил ҳамма нарсани формулалар ва битта тўғри жавоблар билан ечишга одатланган классик физиклар учун жуда шавқатсиз савол эди.

Оддий сўз билан айтганда, Белл теоремаси бизнинг оламдаги ҳамма нарса яширин энергияга эга эканлигини англатади. Агар датчик дастлаб протонни топиш ва қайд қилишга қаратилган бўлса, қути протон ҳосил қилади, яъни вакуум шароитида қурилма ёки бошқа сунъий интеллект нима ҳақида ўйлаши туғилади.

Жон Белл ўз теоремаси қуйидаги фикрларни билдиради: “Ягона майдон тажриба ўтказувчининг қилган ниятига таянган ҳолда вакуум ичида ихтиёрий заррани ҳосил қилади”. Ушбу зарраларнинг тури вакуумга датчикни киритиш орқали аниқланади. Масалан, протонни ҳосил қилиш учун бошқа датчик, электронни ҳосил қилиш учун эса бошқа датчик керак бўлади. Ушбу ҳодиса инсон хотираси билан таққосланади. Инсон ўз бошини бир ерга қўйиб, йўқ жойдан маълум бир лаҳзани кўз олдида келтирмоқчи бўлса, ўтмишдаги баъзи нарсаларни эслашга тўғри келади. агар у мактабга чиққандаги биринчи кунини эслашга ҳаракат қилса, энг аввало бу ҳақда ўйлаб кўриши ва ана шу манзарани онда тасаввурини ҳосил қилиш учун юқорида айтилган зарраларни ишга солишга тўғри келади.

Квант даври ҳали бошланмаганида, материя ва жисмларнинг хатти-ҳаракатларини аввалдан айтиш мумкин деб ҳисобланарди. Буларнинг барчаси Ньютон қонунларига тўғри келди: бўш фазода жисмнинг эркин ҳаракати ўзгармас

тезлик билан тушиш нуқтасига яқинлашади. Бундай ҳолда, жисм траекторияси ўзгармайди-тўғри чизиқли ҳаракат қилади. Таҷрибалар узоқ вақт давомида амалга оширилди, ҳар қандай хатолар эса олимларнинг нотўғри ишининг натижаси ҳисобланди. Бунинг учун бошқа тушунтиришлар бўлмади. Ҳисоб-китоблар исбот қилиш воситаси деб ҳисобланди, лекин тадқиқотчилар сонларнинг тескари боғланишида қандайдир қонуният борлигини пайқашди.

Классик физикада детерминизм тушунчаси мавжуд. Классик физикадаги детерминизм энергиянинг сақланиш қонуни каби аниқ постулат ҳисобланади. Бундан фанда ҳеч қандай тасодифий ва аввалдан кутилмаган ҳолатлар мавжуд эмас деган қонуният келиб чиқади. Бироқ, кейинчалик янги далилар кашф қилина бошланди. Улар қаторига қуйидагилар киради:

1) 20-аср бошларида классик физика аниқлай олмаган далилларни тушунтирувчи квант механик назария ишлаб чиқилди;

2) Квант механикаси барча таҷрибаларда тасодифийлик ва ноаниқликни келтириб чиқарди;

3) Классик физика формулалари керакли катталиқни аниқ ҳисоблаш имконини берди. Квант механика ва физикаси эса материянинг катталиғи ва ўлчамига нисбатан эҳтимоллик жавобини берди.

Масалан, зарранинг классик модель ва Белл теоремасига мувофиқ, қандай ҳаракатланишини кўрсатувчи иккита оддий таққослашни келтириш мумкин:

1) Классик модель.  $s$  вақт momentiда зарра координатаси  $m$  бўлган жойда аниқ бўлиши мумкин. Классик моделга кўра, зарра тезлигига бевосита бўлган қийматдан жуда кичик оғишлар ҳисобланади.

2) Белл модели.  $s$  вақт momentiда зарра координатаси  $m$  ва  $m$  бўлган ораликда бўлиши мумкин. Бундай ҳодисани рўй бериш эҳтимоли  $0,8$  ни ташкил қилади. Квант физикаси физик жараёнлардаги тасодифийликни ва зарранинг жойлашувини ҳисобга олган ҳолда, зарранинг маълум бир вақт momentiдаги нисбий ҳолатини тушунтиради.

Белл теоремаси физикларга тақдим этилганда, улар икки гуруҳга бўлинишган. Улардан баъзилари классик детерминизмнинг тарафини олишди ва физикада ҳеч қандай тасодифийлик бўлиши мумкин эмас деб ҳисоблашди. Бошқалари эса, физикада тасодифий ва аввалдан кутилмаган ҳолатлар мавжуд ва улар квант механик тенглама ва формулаларни тузишда пайдо бўлади деган ғояни илгари суришган. Улар бундай бўлиш тасодифий ҳодисаларга эга бўлиши мумкин бўлган фаннинг мукамал эмаслиги натижасидир деб ҳисоблашган.

Эйнштейн юқорида келтирилган фикрларга содиқ қолди, яъни у ҳам барча тасодифий ҳодисалар ва ноаниқликлар квант механикасининг мукамал эмаслиги натижасидир деб ҳисоблади. Бироқ Жон Белл теоремаси аниқ ҳисоб-китобларнинг мукамаллиги ҳақидаги доғмаларни йўққа чиқарди. Эйнштейннинг ўзи табиатда шундай тушунарсиз нарсаларга жой борлигини, уларни битта формуладан фойдаланиб ҳисоблаб бўлмаслигини айтиб ўтган. Бундан келиб чиққан ҳолда тадқиқотчилар ва физиклар физика фанини иккига ажратишди: 1) макролам

физикаси-у классик ёндашувга асосланади; 2) микроолам физикаси- у квант ёндашувга асосланади.

Классик ёндошув шундан иборат: физик системадаги элемент ёки объектнинг ҳолати, унинг табиатини башорат қилувчи кейинги келажагини ифодалайди. Квант ёндошув эса қуйидагидан иборат: физик системада у ёки бу ҳолатда қўлланилиши мумкин бўлган бир неча жавоб ва вариантларга эга бўлади.

Квант механикасида Белл теоремаси объектларнинг ҳаракатланиш эҳтимоллини башорат қилади, классик модель эса уларнинг фақат ҳаракатланиш йўналишини кўрсатади, холос. Лекин Белл ҳеч қандай омил зарра йўлини ва тезлигини ўзгартира олмайди деган фикрни илгари сурмаган. Шу сабабли у исботланган ва аксиома сифатида қабул қилинган. Классик физикада зарра А нуқтадан кейин Б нуқтада бўлиши айtilса, квант механика ва физикада эса зарра тўхташи, А нуқтага қайтиши ёки бошқа нуқтага ўтиши тўғрисида фикр юритилади.

Физиклар теоремаларни бўлиб чиқаётган вақтда, зарралар қандай ҳаракат қилиши тахмин қилинаётганда, Жон Белл ноёб тенгсизлик формуласини ишлаб чиқди. Ушбу тенгсизлик барча олимларни “яраштириш” ҳамда материядаги зарраларнинг ҳаракатини айтиш учун керак бўлди. Бошқача қилиб айtilса, агар тенгсизлик бажарилса, классик физика ва “детерминистлар” ҳақ деган фикр келиб чиқади. Агар тенгсизлик бажарилмаса ва бузилса, у ҳолда “тасодифий ҳодисалар” томонини олувчилар ҳақдир деган фикрга келиш мумкин. 1964 йилда тажриба деярли такомиллаштирилди ва уни ҳар сафар такрорлаган олимлар тенгсизликнинг бузилишига дуч келишди. Белл фикрига кўра, ҳар қандай физик модель физика қонунларининг ва “детерминистлар” ўзларига тушунарсиз бўлган ҳамда мавжуд бўлмаган натижанинг қийматларини ўз ичига олган яширин параметрларнинг бузилишини кўрсатди.

Шуни таъкидлаш мумкинки, Белл теоремаси-бу статистик характерга эга бўлган эҳтимолликлар назариясининг давомидир. Бу шуни англатадики, ҳар қандай жавоб тахминий характерга эга бўлиб, у бизга ушбу жавобни тўғри деб ҳисоблаш имконини беради. Сабаби уни шундай деб ҳисобланишига етарлича маълумотлар мавжуд бўлади. Масалан, дунёда қайси рангдаги қушлар кўп, оқ ёки қора? Ушбу саволнинг жавоби қуйидагича:  $N(o) < N(k)$ , бу ерда  $N(o)$  – оқ рангдаги қушлар сони,  $N(k)$  – қора рангдаги қушлар сони. Шундан кейин маҳаллани айланиб чиқиб, қушларнинг сонини ҳисоблаш ва ҳисоблаш натижаларини ёзиш мумкин. Яъни яна нима кўп бўлса, шу нарса тўғри бўлади. Нисбий статистик маълумотлар каттароқ соннинг ҳақиқат бўлиш эҳтимоллини исботлаш имконини беради. Албатта танлаш усули асосида олинган натижа нотўғри бўлиши мумкин. Агар Ер юзиде қандай рангдаги одамлар кўп эканлигини аниқлаш лозим бўлса, у ҳолда нафақат Ўзбекистонда, балки Америкадаги ҳам қорамтир ёки оқ танли одамларнинг сонини аниқлашга тўғри келади. Бунда натижа иккала ҳолда икки хил бўлади, сабаби статистик маълумотларга нисбатан тенгсизлик бузилади. Юзлаб ўтказилган тажрибалар радикал детерминистларнинг

ноҳақ эканлигини ва барча тажрибаларда тенгсизликнинг бузилишини кўрсатди. Тажрибаларда олинган маълумотлар ҳақиқий эканлиги маълум бўлди.

Юқоридаги баҳсларга 1982 йили Париж университетида яқун ясалди. Ален Аспект гуруҳи идеал шароитда кўплаб тажрибалар ўтказди ва оламнинг нолакал эканлигини исботлади. Тадқиқот асоси қилиб ёруғлик манбаи олинди. Бу манба хонанинг ўртасига жойлаштирилди ва ҳар 30 секундда манба турли йўналишларда иккита фотондан борат жуфтликни юборди. Юборилган зарралар жуфтлиги айний зарра ҳисобланади. Аммо ҳаракат бошланганидан сўнг, квант чигаллик содир бўлди. Бир-бири билан квант боғланишга эга фотонлар бир-биридан узоқлашиб, улардан бирини ўлчашга ҳаракат қилинганида уларнинг физик ҳолати ўзгаради. Шунга кўра, агар битта фотон ҳолати ўзгартирилса, иккинчиси ҳам худди шундай ўзгаради.

Фараз қилайлик, бирор хонанинг иккала томонида фотонларни қайд қилувчи индикатор лампочкали қути мавжуд бўлсин. Зарра ютилганида қутидаги индикатор лампочкалар кўк ёки қизил ёнади. Лампочкаларнинг ранги аввалдан белгилаб олинмаган, улар тасодифий танланган. Бироқ шундай қонуният мавжудки, чап томонда қандай ранг ёнса, ўнг томонда ҳам шундай ранг ёнади. Индикаторли қути фотонларнинг баъзи ҳолатини қайд қилади. Индикаторлар манбадан қанча масофада бўлишидан қатъий назар, масалан, улардан бири галактиканинг ўнг томонида, иккинчиси эса чап томонида жойлашган бўлса ҳам уларнинг иккаласи бир хил рангда ёнади. Бошқа тажрибада физиклар вазифани мураккаб лаштиришди. Улар учта тирқиши бор қутиларни хонага жойлаштиришга қарор қилишди. Иккала томондан бир хил тирқиш очилганида, лампочкаларнинг ранги бир хил бўлади. Акс ҳолда, тажрибаларнинг фақат ярми ранг фарқини кўрсатади. Классик физика билан шуғулланадиганлар ушбу ҳодисани табиатнинг барча нуқталарида содир бўлиши мумкин бўлган, номаълум яширин параметрларга эга тасодифий ҳодиса ҳамда уни ўрганишдан ҳеч қандай фойда йўқ деб ҳисоблайдилар. Аммо физика соҳасида Белл теоремаси бундай назариядан анча узоқдир.

Асосий фалсафий таълимот барча борлиқни яратган Аллоҳнинг мавжудлик таълимотидир. Аллоҳ вақт ва макондан ташқарида бўлган доимий кўринмас мавжудот ҳисобланади. Инсон оламини билишга қанчалик яқинлашмасин, оламнинг яратиш сирлари ҳақидаги далиллар, формулалар, янги кашфиётлар борлигида 100 асрдан кейин ҳам шунчалик узоқда қолади. бунинг учун масофалар ва ҳаракат эҳтимоллиги нуқтаи-назаридан асос мавжуд. Демак, бундан оламнинг яратувчиси Аллоҳ мавжуд деган хулоса қилиш мумкин бўлади.

Аллоҳнинг 100% мавжуд бўлиш эҳтимоли исботлаб бўлмайдиган ёки баҳслаша олмайдиган нисбий катталиқдир. Аммо агар Эйнштейн буни рад этса, у ҳолда Белл теоремаси асос қилиб олган нисбийлик назариясидан воз кечиши керак эди. Бир фикрни йўқ қила олмасдан, иккинчисидан воз кечиш мумкин эмас. Гарчи юқоридаги тадқиқотларда Белл Эйнштейн кўрғонини айланиб ўта олса ҳам, ўз постулатларидан воз кечиши мумкин бўлган Эйнштейн Беллнинг математик назариясини ҳеч қачон рад эта олмади.

## ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Худайберганов, А. М., & Махмудов, А. А. (2018). Атом физикаси, асосий тушунча, қонун, тажриба ва формулалар. Тошкент. Наврўз.
2. Худайберганов, А. М., & Махмудов, А. А. (2019). Олий таълим муассасаларида умумий физиканинг “Шредингер тенгламаси” мавзусини ўқитиш бўйича методик қўлланма. Тошкент. Зилол булок.
3. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). КВАНТ ТЕЛЕПОРТАЦИЯ ВА КВАНТ ЧИГАЛЛИК ҲАҚИДА НИМАЛАРНИ БИЛАМИЗ?. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 3(26), 229-235.
4. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). ЭЙНШТЕЙН-ПОДОЛЬСКИЙ-РОЗЕН ПАРАДОКСИНИНГ МАЗМУНИ ҚАНДАЙ?. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 3(27), 90-96.
5. Худайберганов, А. М. (2022). УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИДАГИ ТЎЛҚИН ФУНКЦИЯ ТУШУНЧАСИНИ КИРИТИШДА ЭҲТИМОЛИЙ-СТАТИСТИК ҒОЯЛАРИНИНГ РОЛИ. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 2(21), 45-50.
6. Худайберганов, А. М. (2018). Преемственность при изучении энергетических спектров атомов и закономерности в атомных спектрах в квантовой теории. Физическое образование в ВУЗах, 24(4), 67-74.
7. Худайберганов, А. М. (2022). КВАНТ АТОМ ФИЗИКАСИНИ ТУШУНТИРИШДА КВАНТ МЕХАНИК ОПЕРАТОРЛАРИНИНГ РОЛИ. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 2(22), 321-325.
8. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2022). Analysis of the level of coverage of topics expressing Bohr's theory of the hydrogen atom in educational literature. Studies in Economics and Education in the Modern World, 1(9).
9. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2022). Creative Lesson on the General Course of Physics on the Topic "Compton Effect". Vital Annex: International Journal of Novel Research in Advanced Sciences, 1(6), 140-145.
10. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2022). Use of innovative technologies in improving the methodology of teaching the subject of atomic physics "Schrödinger's equation" in higher education institutions. PRINCIPAL ISSUES OF SCIENTIFIC RESEARCH AND MODERN EDUCATION, 1(9).
11. Худайберганов, А. М. (2022). НИЛЬС БОРНИНГ АТОМ ФИЗИКАСИНИНГ РИВОЖЛАНИШИГА ҚЎШГАН ҲИССАСИНИ БИЛАСИЗМИ?. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 2(23), 363-366.
12. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2022). ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИДА АТОМ ФИЗИКАСИНИНГ «ШТАРК ЭФФЕКТИ» МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШДА ИННОВАЦИОН ПЕДАГОГИК ТЕХНОЛОГИЯ МЕТОДЛАРИДАН ФЙДАЛАНИШ. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 3(25), 116-118.
13. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2022). МОСЛИК ПРИНЦИПИ ҲАҚИДА НИМАЛАРНИ БИЛИШИМИЗ КЕРАК?. ЇОДКОР О'ҚИТУВЧИ, 3(25), 111-115.

14. Худайберганов, А. М. (2022). «ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИДА УМУМИЙ ФИЗИКАНИНГ «ШРЕДИНГЕР ТЕНГЛАМАСИ» МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШ БЎЙИЧА МЕТОДИК ҚЎЛЛАНМА» НОМЛИ МЕТОДИК ҚЎЛЛАНМАНИНГ МАЗМУНИ НИМАДАН ИБОРАТ?. ЇОДКОР О'ЌИТУВЧИ, 2(24), 314-316.

15. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2022, December). Атом физикасини «Водород атомининг Бор назарияси» мавзусининг ўқитиш методикасини такомиллаштиришда инновацион педагогик технология методлари ва дидактик ўйиндан фойдаланиш. In International scientific-practical conference on " Modern education: problems and solutions" (Vol. 1, No. 6).

16. Худайберганов, А. М. (2022). ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИДА ЎҚИТИЛАДИГАН УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИДА ЎТКАЗИЛАДИГАН ДИДАКТИК ЎЙИНЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ НИМАДАН ИБОРАТ?. ЇОДКОР О'ЌИТУВЧИ, 2(19), 562-566.

17. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2022). Creative Lesson on the General Course of Physics on the Topic" Photoelectric Effect". Pioneer: Journal of Advanced Research and Scientific Progress, 1(6), 56-59.

18. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2023). METHODS OF THEORETICAL TEACHING THE TOPIC" COMPTON EFFECT" OF THE SECTION" ATOMIC PHYSICS" OF THE COURSE OF GENERAL PHYSICS IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS. Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities, 11(1), 123-131.

19. MAKHMUDOV, A. A. O., & KHUDAUBERGANOV, A. M. (2020). What is the Significance of Conducting Didactic Games in Teaching Atomic Physics Courses in Higher Education. system, 7(6).

20. MAKHMUDOV, A. A. O., & KHUDAUBERGANOV, A. M. (2018). What should a future physics teacher know about the history of the atom and its development?. Вестник науки и образования, (15-1 (51)), 74-78.

21. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2023). Teaching methodology of the topic" Stark effect" of the section" Atomic physics" of the course of general physics in higher educational institutions. American Journal of Research.-USA, 1(2), 19-26.

22. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. CREATIVE LESSON ON THE GENERAL COURSE OF PHYSICS ON THE TOPIC" RUTHERFORD'S EXPERIMENTS AND RUTHERFORD'S FORMULA. CURRENT RESEARCH JOURNAL OF PEDAGOGICS, 3(12), 31-35.

23. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2022, April). Что надо понимать под термином “Квантование” в общей физике?. In Молодежная наука: вызовы и перспективы. Материалы VI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.–Макеева (Vol. 14, pp. 103-10).

24. Махмудов, А. А. О., & Худайберганов, А. М. (2020). ИЗВЕСТНА ЛИ НАМ РЕВОЛЮЦИЯ, КОТОРУЮ СОВЕРШИЛ ПЛАНК? DO WE KNOW THE

REVOLUTION THAT PLANCK MADE?. M75 Молодежная наука: вызовы и перспективы: материалы, 106-10.

25. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2021, April). Роль дидактических игр при преподавании курса общей физики в высших учебных заведениях. In Молодежная наука: вызовы и перспективы. Материалы V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.-Макеева (Vol. 8, pp. 133-38).

26. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2023). Methods of teaching the topic "Bohr's postulates" of the section "Atomic physics" of the course of general physics in higher educational institutions. EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION IN NONFORMAL EDUCATION, 3(2), 1-8.

27. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИДА «АТОМ ФИЗИКАСИ» БЎЛИМИНИНГ «ФРАНК-ГЕРЦ ТАЖРИБАЛАРИ» МАВЗУСИНИНГ ЎҚИТИШ МЕТОДИКАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ. ЇОДКОР О'ЌИТУВЧИ, 3(26), 236-242.

28. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). Умумий физиканинг «Атом физикаси» бўлимига оид бўлган «Фотоэффект» мавзусини ўқитишга доир технологик харита тузиш методикаси. PEDAGOG, 6(2), 502-508.

29. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). Умумий физиканинг «Атом физикаси» бўлимига оид бўлган «Комптон эффекти» мавзусини ўқитишга доир технологик харита тузиш методикаси. PEDAGOG, 6(3), 341-349.

30. Махмудов, А. А., & Худайберганов, А. М. (2023). «АТОМ ФИЗИКАСИ, АСОСИЙ ТУШУНЧА, ҚОНУН, ТАЖРИБА ВА ФОРМУЛАЛАР» ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМАСИНИНГ МАЗМУНИ НИМАДАН ИБОРАТ? ЇОДКОР О'ЌИТУВЧИ, 3(27), 97-102.

31. Makhmudov, A. A., & Khudayberganov, A. M. (2023). Creative Lesson on the General Course of Physics on the Topic "Schrödinger Equation". International Journal of Formal Education.Poland. Vol. 2. Issue 3. 2023. P. 128-38.

32. А.А. Махмудов. Эрвин Шредингернинг илмий фаолияти қандай бўлган? // XXXXVI Международной научной -практической интернет-конференция. Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации. - Переяслав-Хмельницкий, 27 апреля 2019 года. -С.221-27.