

MUAMMOLI METOD ASOSIDA FOTONLARNING QISMAN NURLANISH XUSUSIYATINI O‘QITISH

Axmedova Ziyoda Nazar qizi

Choriyeva Munisa

Denov tadbirkorlik va pedagogika institut talabalari

Anotatsiya. Ushbu ishda fotonlarning qisman ravshan xususiyati va nurlanish jarayoni fizik nazariyalar asosida tahlil qilinadi. Tahlil qilingan tadqiqot natijalari fotonlarning tabiatini tushunish va optik texnologiyalarda ularni amaliy qo‘llash imkoniyatlarini o‘qitish yo‘llari ochib berilgan.

Kalit so‘zlar: foton, qisman ravshanlik, nurlanish, elektromagnit to‘lqininterferensiya, difraksiya.

Nurlanishning moddada sochilishi yoki yutilishi bilan bog‘liq uchta asosiy jarayon mavjud: fotoeffekt, kompton effekti va juft hosil bo‘lishi. Shuningdek, nurlanishning paydo bo‘lishi bilan bog‘liq ikki jarayon ham mavjud: tormoz nurlanishi va juft annigilyatsiyasi. Har bir holatda nurlanishning zarrachalarga xos xususiyatlarga ega ekanligi eksperimental dalillar orqali tasdiqlanadi. Bu o‘zaro ta’sirlar natijasida nurlanishning modda bilan to‘qnashganda to‘lqinsimon emas, balki zarrachasimon tabiat kasb etishi ko‘zga tashlanadi. Fotoeffekt hodisasi bo‘yicha ilk tajribalarni 1886–1887-yillarda Genrix Gers o‘tkazgan. U o‘z ishlarida elektromagnit to‘lqinlar mavjudligini isbotlab, Maksvellning elektromagnit to‘lqinlar nazariyasini tasdiqladi. Yorug‘likning tarqalishiga oid bu tajribalar o‘z vaqtida juda qiziqarli va hatto paradoksal holatlarni ko‘rsatgan. Gers ikki elektrod o‘rtasida elektr razryadi hosil bo‘lishini aniqladi. Ultrabinafsha nurlanish elektrodlardan biriga yo‘naltirilganda, bu razryad osonroq yuz berishini kuzatdi. Keyinchalik Lenard va uning ortidan Hallvachs olib borgan tajribalar, ultrabinafsha nurning metall sirtidan elektronlarni chiqarib yuborishini ko‘rsatdi. Ya’ni, yorug‘lik ta’sirida metall sirtidan elektronlar ajralib chiqadi — bu hodisa fotoeffekt deb ataladi.

Fotoeffekt — bu yorug‘lik energiyasining elektronlarga berilishi natijasida ularning moddadan chiqib ketishidir. Bu hodisa quyosh batareyalari ish prinsipi uchun asos bo‘lib,

yorug'lik energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish imkonini beradi. To'xtatuvchi potensial bilan eng tez harakatlanuvchi fotoelektronlarning energiyasi quyidagicha bog'langan:

$$eU_0 = E_k$$

bu yerda: e — elektron zaryadi, U_0 — to'xtatuvchi potensial, E_k — eng yuqori kinetik energiyaga ega bo'lgan fotoelektronning energiyasi.

$$E_k = eU_0$$

Bu chastotadan yuqori chastotalarda esa fotoelektronlar ajralib chiqadi. Bu muhim tajriba natijalari 1914-yilda R. A. Milliken tomonidan olingan. Uning bu sohadagi aniq va puxta ishlari natijasida u 1923-yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlangan. Ko'rinadigan yoki unga yaqin chastotali yorug'lik uchun fotoeffekt asosan sirt hodisasi hisoblanadi. Shu sababli tajriba sharoitlarida metall sirtlar oksid qatlami, yog' qoldiqlari yoki boshqa ifloslantiruvchi moddalardan tozalanishi juda muhim. Aks holda natijalar buzilishi mumkin. Fotoeffektni klassik to'lqin nazariyasi bilan tushuntirib bo'lmaydigan uchta asosiy xususiyat: To'lqin nazariyasiga ko'ra, yorug'lik to'lqinining tebranuvchi elektr maydoni (vektori E) intensivlik ortishi bilan kuchayadi. Natijada, kuchliroq yorug'lik elektronlarga ko'proq energiya berishi kerak edi, ya'ni ularning kinetik energiyasi oshishi kerak. Ammo tajribalar shuni ko'rsatdiki, fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi (ya'ni eV_0) yorug'lik intensivligiga emas, chastotasiga bog'liq. Bu xulosa 10 barobar farq qiluvchi intensivlik oralig'ida sinovdan o'tkazilib tasdiqlangan. Fotoeffekt zudlik bilan yuz beradi — yorug'likning ta'siri boshlanishi bilan darhol elektronlar ajralib chiqadi. Klassik to'lqin nazariyasiga ko'ra esa, elektronlar energiyani to'plab, yetarlicha miqdorga yetgachgina ajralib chiqishi kerak edi. Bu esa kechikish bo'lishini talab qilardi, ammo bunday kechikish kuzatilmaydi. Faraz qilaylik, bizda quvvati 1 Vt (1 joul/sek) bo'lgan yorug'lik manbasi mavjud va 1 metr masofada radiusi $r = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ bo'lgan kaliy plastinkasi joylashtirilgan. Kaliy sirtidan bir dona elektron chiqarish uchun zarur energiya:

Nishon maydoni $7\pi r^2 = \pi \times 10^{-20} \text{ m}^2$ ga teng. Yorug'lik manbasi markazidan 1 m masofada joylashgan bo'lib, bu masofadagi sfera yuzi $4\pi(1 \text{ m})^2 = 4\pi \text{ m}^2$ bo'ladi.

Agar yorug'lik manbasi barcha yo'nalishlarda bir xil nurlansa (ya'ni, energiya sferik to'lqin frontlari bo'ylab bir tekis taqsimlangan bo'lsa, klassik nazariya bo'yicha), energiyaning nishonga tushish tezligi R quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = 1 \text{ joul/sek} \times 2.5 \times 10 \text{ joul/sek}$$

Bu quvvatning barchasi yutilgan deb faraz qilsak, elektronning sirtini tark etishi uchun zarur bo'lgan energiyaning yig'ish vaqti quyidagicha topamiz:

$$t = 1.4 \times 10^2 \text{ sek} \quad 2\text{min}$$

Albatta, hisoblangan vaqtni qisqartirish mumkin. Buning uchun samarali nishon maydonini kattalashtirish mumkin edi. Eng qulay taxminlardan biri shundaki, yorug'lik to'lqinidan elektron energiya olishi rezonans jarayon orqali sodir bo'ladi, bunda samarali nishon maydoni λ^2 (bu yerda λ - yorug'likning to'lqin uzunligi) bilan aniqlanishi mumkin. Ammo bunday rezonans kechikish imkoniyatini ham hisobga olish kerak.

1905-yilda Albert Eynshteyn yorug'likning klassik to'lqin nazariyasiga shubha bilan qarab, yangi kvant nazariyasini ilgari surdi. U bu nazariyani fotoelektrik effektini tushuntirish uchun qo'lladi va bu nazariyani eksperimental tarzda sinab ko'rish mumkinligini ta'kidladi. Keyinchalik bu nazariya tajribalar bilan to'liq tasdiqlandi. Eynshteyn bu fikrga Lenardning tajribalaridan ilhomlanib keldi. Bungacha Maks Plank energiyaning kvantlash g'oyasini faqat qora jism nurlanishi bilan bog'lagan edi. Plankga ko'ra, nurlanish kvantlashgan bo'lsa ham, u fazoda suv to'lqinlari kabi uzluksiz tarzda tarqaladi, deb hisoblangan. Eynshteyn esa buning aksini taklif qildi: u yorug'lik nurlanishi fazoda ham uzluksiz emas, balki alohida "bo'laklar" (kvantlar) - ya'ni fotonlar shaklida tarqaladi, deb e'lon qildi.

Eynshteynning fikricha, yorug'lik interferensiyasi va difraksiyasi kabi hodisalar ko'plab fotonlarning o'rtacha xatti-harakatidan hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, biz bu hodisalarni faqat minglab yoki millionlab fotonlar ishtirok etganida kuzatamiz. Alohida foton esa bunday to'lqin xususiyatlariga ega emas. Uning harakati individual tarzda klassik zarrachalarga o'xshaydi va bevosita kuzatish orqali sezilmaydi. Buni quyidagi oddiy o'xshatish bilan tushunish mumkin: suv shlangidan mayda tomchilar purkalsa, biz buni bir butun oqim sifatida ko'ramiz — har bir tomchining alohida harakati ahamiyatsiz bo'lib qoladi. Faqat juda ko'p miqdorda bo'lgandagina ular oqimni tashkil qiladi. Shuningdek,

interferensiya va difraksiya tajribalari, fotonlarning oddiy zarrachalardek harakatlanmasligini ko'rsatadi. Ular klassik to'liqlar singari tarqaladi. Ya'ni, fotonlar manbadan chiqib, maqsadga qanday yetib borishini klassik to'liq nazariyasidagi interferensiya va faza asosida hisoblash mumkin - bu fotonlarning o'rtacha harakat yo'llarini to'g'ri tasvirlaydi.

Eynshteyn bunday energiya dastasi dastlab kichik hajmda lokallashgan deb taxmin qildi va u manbadan c tezlik bilan uzoqlashganda ham lokalligicha qolishini ta'kidladi. Unga ko'ra, dasta yoki fotonning energiya miqdori E uning chastotasi ν bilan quyidagi tenglama orqali bog'langan:

$$E = h\nu$$

Shuningdek, u fotoelektrik jarayonda har bir foton to'liq yutilib, fotokatoddagi bitta elektronni chiqarishini taxmin qildi

Elektron metall sirtidan chiqarilganda, uning kinetik energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$K = h\nu - w$$

bu yerda $h\nu$ — yutilgan fotonning energiyasi, w esa elektronni metallan ajratib olish uchun zarur bo'lgan ishdir. Bu ish metall sirti atomlarining tortishish maydonlarini yengish hamda ichki energiya tufayli elektronning kinetik energiya yo'qotishlarini qoplash uchun talab etiladi.

Ba'zi elektronlar boshqalariga qaraganda kuchliroq bog'langan bo'lishi mumkin, shuningdek, chiqish jarayonida ba'zi elektronlar to'qnashuvlar natijasida energiya yo'qotishi mumkin. Eng zaif bog'langan elektronlar va ichki yo'qotishlarga uchramagan elektronlar maksimal kinetik energiya bilan chiqadi.

Shunday qilib, maksimal kinetik energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$K = h\nu - \omega_0$$

bu yerda chiqish ishi bo'lib, u elektronning metall sirtidan ajralib chiqishi uchun zarur bo'lgan minimal energiyadir. Chiqish ishi elektronni metall bilan bog'lab turuvchi tortishish kuchlarini yengish uchun talab qilinadi.

"Fotoeffekt... mutlaqo mustaqil bo'lgan isbotni taqdim etadi. Qora jism nurlanishi faktlari kvant nazariyasining to'g'riligini, ya'ni atomlarning elektron tashkil etuvchilari tomonidan to'liqlardan yutilgan energiyaning uzlukli yoki portlovchi emissiyasi haqidagi

taxminni tasdiqlaydi. Bu nazariya moddiylashadi, demak, aytish mumkinki, Plank tomonidan qora jism nurlanishini o'rganish orqali topilgan h kattaligi va quyidagilar bizga Plank ishining asosida yotgan birlamchi fizik tasavvur haqiqiyga mos kelishiga ishonch bag'ishlaydi."

Natriy uchun chiqish ishini hisoblang.

✓ To'g'ri chiziqlarning gorizontali o'q bilan kesishish nuqtasi chiqish ishining chastotasi hisoblanadi: $\nu = 5.6 \times 10^{14}$ joul/sek

Buni formulaga qo'ysak, quyidagi natijani hosil qilamiz: $\omega_0 = h\nu_0 = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \times 5,6 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,7 \times 10^{-19} \text{ Joul}$

Elektronvoltga o'tkazsak: $\omega_0 = 3,7 \times 10^{-19} \text{ J} \times = 2.3 \text{ eV}$

Bu qiymat kengaytirilgan kesmaning kattaligiga mos keladi.

Ko'pchilik o'tkazgich metallar uchun chiqish ishining qiymati bir necha elektronvolt tartibida bo'ladi. Ushbu qiymat termoelektron emissiya uchun chiqish ishi bilan bir xil hisoblanadi.

Fotoelektrik effekt davomida fotonning butun energiyasi va impulsi saqlanadi. Bunda elektron atom yoki qattiq jism bilan bog'langan bo'lishi kerak, chunki impulsning uzatilishida atom yoki qattiq jismning massasi elektronnikiga nisbatan juda katta bo'lgani uchun, tizim katta miqdordagi impulsni yuta oladi.

Fotoelektrik effektning energiya tenglamasi o'z kuchida qoladi, chunki bu jarayon chiqarib yuborilgan elektron bilan birga og'ir zarraning ishtiroki tufayli sodir bo'ladi. Fotoeffekt modda tomonidan rentgen nurlarigacha bo'lgan energiyali fotonlarni yutish jarayonlaridan biridir. Yuqori energiyalarda esa boshqa foton jarayonlari ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Nihoyat, bu yerda shuni ta'kidlash kerakki, Eynshteyn tasvirida ν chastotali foton aynan $h\nu$ energiyaga ega bo'lib, u integral karrali bo'lgan energiyalarga ega emas. Albatta, ν chastotali n ta foton mavjud bo'lishi mumkin, shuning uchun bu chastotadagi umumiy energiya $nh\nu$ bo'lishi mumkin.

Eynshteyn tasvirida qora jism bo'shlig'i nurlanishini tahlil qilishda biz "foton gazi" bilan shug'ullanamiz, chunki nurlanish energiyasi fazoda nurlar to'plami sifatida lokalizatsiya qilinadi, turg'un to'lqinlar shaklida emas. Bo'shliq radiatsiyasining

formulasini Plank keltirib chiqarganidan bir necha yil o'tgach, Boze va Eynshteyn xuddi shu formulani foton gazining asosi sifatida talqin qildilar.

Nurlanishning korpuskulyar (zarrachaga o'xshash) tabiati 1923-yilda Kompton tajribalari natijasida aniq tasdiqlandi. U yuqori energiyali rentgen nurlari dastasini grafit nishonga yo'naltirib, har xil sochilish burchaklarida sochilgan rentgen nurlarining intensivligi va ularning to'lqin uzunligini o'lchadi (2-5-rasm). Tajriba natijalari (2-6-rasm) shuni ko'rsatdiki, tushuvchi nurlanish dastasi dastlab bitta to'lqin uzunligiga ega bo'lsa ham, sochilgan rentgen nurlarida ikkita to'lqin uzunligi kuzatilgan. Ulardan biri dastlabki to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, ikkinchisi esa $\Delta\lambda$ miqdorga kattaroq bo'lgan. Bu hodisa Kompton siljishi deb ataladi. Sochilgan rentgen nurlarining to'lqin uzunligi o'zgarishi kuzatish burchagiga bog'liq bo'lib, bu siljish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$$

Bu yerda λ – dastlabki to'lqin uzunligi, λ' – sochilgan to'lqin uzunligi.

Agar x tushayotgan bo'lsa, sochilgan to'lqin uzunligi λ' ning mavjudligini tushunib bo'lmaydi. Nurlanish klassik elektromagnit to'lqin sifatida qaraladi. Klassik modelga ko'ra, chastotasi ν bo'lgan tushuvchi to'lqinning tebranuvchi elektr maydon vektori erkin elektronlarni aynan shu chastotada tebranishga majbur qiladi. Bu tebranuvchi elektronlar kichik radiouzatuvchi antennaga o'xshab, o'ziga xos chastotada elektromagnit to'lqinlar nurlantiradi. Demak, klassik qarashga ko'ra, sochilgan to'lqin chastotasi ν' va uning uzunligi λ' tushayotgan to'lqin uzunligi bilan bir xil bo'lishi kerak.

Foton g'oyasini to'liq ma'noda energiyaning lokal to'plami sifatida qabul qilib, quyidagilarni bajaramiz: uni energiyasi E va impulsi p bo'lgan zarracha deb hisoblaymiz. Bunday zarracha, albatta, mavjud, biroq u ma'lum darajada o'ziga xos xususiyatlarga ega. Zarraning to'liq relyativistik energiyasini uning tinchlikdagi massasi m_0 orqali ifodalovchi tenglamani (A ilovaga qarang) ko'rib chiqing, shuningdek, uning tezligi v ni ham hisobga oling.

$$E = m_0 c^2$$

Fotonning tezligi c ga teng bo'lgani va uning energiya miqdori E chekli bo'lgani sababli, fotonning tinchlikdagi massasi nolga teng bo'lishi kerakligi ko'rinib turibdi. Shunday qilib, foton tinchlikdagi massasi nolga teng bo'lgan va to'liq relyativistik

energiyasi E butunlay kinetik energiyadan iborat bo'lgan zarrachadir. Fotonning impulsi umumiy relyativistik munosabatdan baholanadi, bu munosabat energiya E , impuls p va tinchlikdagi massa m_0 orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

$$E^2 = c^2 p^2 + (m_0 c^2)^2$$

Foton uchun o'ng tomondagi ikkinchi had nolga teng va bizda quyidagisi qoladi:

$$p = E/c = h\nu/c$$

yoki

$$p = h/\lambda$$

Bu yerda $\lambda = c/\nu$ fotonning elektromagnit nurlanishining to'lqin uzunligini ifodalaydi. Qiziq jihat shundaki, Maksvellning klassik to'lqin nazariyasi ham elektromagnit nurlanish uchun $p = E/c$ tenglamasiga olib keladi. Bu yerda p nurlanishning hajm birligidagi impuls miqdorini, E esa uning energiyasini ifodalaydi.

Endi sochilgan nurlanishning chastotasi ν ga bog'liq emasligi kuzatildi, bu esa sochilish jarayonining butun atom emas, balki faqat folga ichidagi ma'lum material bilan sodir bo'lishini ko'rsatadi. Kompton sochilishi foton va nishondagi alohida elektron o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida yuzaga keladi. Bundan tashqari, bu jarayonda ishtirok etuvchi elektronlar erkin va dastlab statsionar holatda bo'lishi faraz qilinadi. Ushbu farazlarning asosli ekanligini quyidagi fakt orqali tushuntirish mumkin: rentgen fotonining energiyasi ultrabinafsha foton energiyasidan bir necha baravar katta. Fotoeffektni muhokama qilishimizdan ma'lumki, ultrabinafsha fotonning energiyasi shunchalik kichikki, u metallda elektronni bog'lash energiyasiga yaqin qiymatga ega.

Tushayotgan γ -nur fotonining energiyasi: $E = h\nu = 1.06 \times 10^{-13}$ joul = 660 keV

Foton yo'qotgan energiya elektron olgan energiyaga teng, ya'ni 378 keV, shunday ekan, energiyaning yo'qotilish foizi:

Shunday qilib, yuqori energiyali fotonlar (kichik to'lqin uzunligiga ega bo'lganlar) Kompton sochilishida energiyaning katta foizini yo'qotadi. Bu shuni anglatadiki, kichikroq to'lqin uzunligiga ega bo'lgan fotonlar sochilganda to'lqin uzunligining katta foizga oshishiga duch keladi. Bu energiyaning nisbiy yo'qotilishi uchun ifoda orqali yaqqol namoyon bo'ladi.

Fotonlarning qisman ravshan xususiyati va nurlanish jarayoni ularning kvant tabiatini chuqur tushunishga yordam beradi. Yorug‘likning zarrachaviy va to‘lqinli tabiati bir vaqtning o‘zida namoyon bo‘lishi, uning modda bilan o‘zaro ta’sirini murakkab va qiziqarli hodisaga aylantiradi. Qisman ravshan materiallar orqali o‘tuvchi yorug‘likning sochilishi, sinishi va yutilishi fizik qonuniyatlar asosida izohlanadi va zamonaviy optik texnologiyalarda keng qo‘llaniladi. Plank va Eynshteynning nazariyalari bu borada asosiy ilmiy poydevor bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu mavzuni o‘rganish natijasida talabalar yorug‘likning kvant xususiyatlarini anglab, fotonlar bilan bog‘liq hodisalarni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish ko‘nikmasini shakllantiradilar. Fotonlar — yorug‘likning asosiy tashuvchilari bo‘lib, ularning xatti-harakati kvant fizikasi qonunlariga bo‘ysunadi. Qisman ravshan muhitlar orqali o‘tuvchi fotonlar sochilish, yutilish va sinish kabi hodisalarga duch keladi, bu esa nurlanishning intensivligi va yo‘nalishini o‘zgartiradi. Bu jarayonlar turli optik hodisalarni, jumladan, spektral ajralish, interferensiya va difraksiyani izohlashda muhim rol o‘ynaydi. Mazkur mavzuni o‘rganish fotonlarning tabiati va yorug‘likning modda bilan o‘zaro ta’siri haqidagi tushunchalarni boyitadi hamda ularni ilm-fan va texnikada amaliy qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. G‘ulomov J.Q., G‘ofurov Q.S. – Umumiy fizika kursi: Optika. – Toshkent: “O‘qituvchi”, 2006.
2. G.S. Landsberg – Optika. – Moskva: Nauka, 1976.
3. Sherzod Boymirov, Shamshiddin Ashirov, Alijon Urozbokov, Abduraim Mamatov, Olimjon Xolturayev. Increase the creativity of students by creating problem situations when teaching the physics mechanics section. Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR). 2021. 10 (3), p-247-253.
4. Boymirov Sherzod Tuxtaevich, Gayibnazarov Rozimurod Bakhtiyorovich, Axmedova Manzura Gulomjonovna, Berdikulova Shakhsanam Umaralievna, Saparova Gulmira Bakhtiyarovna. Principles of selection of materials on the problem method of teaching physics in secondary schools. Texas Journal of Multidisciplinary Studies. 2022. P-283-288.

5. Makhmudov Yusup Ganievich, Boymirov Sherzod Tuxtaevich. Types of Positive Communication in the Problematic Teaching of Physics in Secondary Schools. *Academicia Globe: Inderscience Research*. 2022. P-241-243.

6. Boymirov Sherzod Tuxtaevich, Gayibnazarov Rozimurod Bakhtiyorovich, Axmedova Manzura Gulomjonovna, Berdikulova Shakhshanam Umaraliyevna, Muminjonov Sadiqbek Ikromjonovich. The Role of Problematic Types of Physics Questions in Directing the Reader to Creative Activity. *The Peerian Journal*. 2022. P-54-58.

7. Makhmudov Yusup Ganievich, Boymirov Sherzod Tuxtaevich. Step-By-Step Processes of Creative Activity of Students in ProblemBased Teaching of the Department of Physics “Electrodynamics” in Secondary Schools. *Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching*. 2022. P-132-135.

8. Boymirov Sherzod Tuxtayevich, PRINCIPLES OF MATERIAL SELECTION IN PROBLEM TEACHING OF ELECTRODYNAMICS. *Scientific Bulletin of Namangan State University*. 2020. P-362-368.

9. Ashirov Shamshidin Axnazarovich, Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Shermatov Islam Nuriddinovich, Khulturaev Olimjon Abduvalievich. METHODS OF FORMATION OF EXPERIMENTA. *World scientific research journal*. 2022. P-14-21.

10. Ashirov Shamshidin Axnazarovich, Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Khulturaev Olimjon Abduvalievich, Shermatov Islam Nuriddinovich. DESIGN LABORATORY ASSIGNMENTS AIMED AT THE FORMATION OF EXPERIMENTAL SKILLS. *World scientific research journal*. 2022. P-8-13.

11. Боймиров Ш.Т. УЗЛУКСИЗ ТАЪЛИМ ТИЗИМИДА “ЭЛАСТИКЛИК КУЧИ” МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШ УЗВИЙЛИГИ. *Science and innovation* 3 (Special Issue 29), 350-352-b

12. Боймиров Шерзод Тухтаевич, Курбонов Бехруз Бахтиёр Ўғли. ҚУЁШ СИСТЕМАСИДАГИ МАЙДА ПЛАНЕТАЛАРНИНГ ФИЗИК ТАБИАТИ МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШ МЕТОДИКАСИ. *Science and innovation*. 2024, 353-355

13. Боймиров Шерзод Тухтаевич. УМУМТАЪЛИМ МАКТАБЛАРИДА МЕХАНИКА БЎЛИМИГА ОИД ФИЗИК ТУШУНЧАЛАР МАЗМУНИ

ЎРГАНИШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ МЕТОДИКАСИ. Science and innovation. 2024. 309-312-b.

14. Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Eshonqulova Oyjamol Nomoz Qizi. IXTISOSLASHGAN MAKTABLARDA “TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI” MAVZUSINI O‘QITISH METODIKASI. Science and innovation. 2024. 306-308-b.

15. Boymirov Sh T, Dursoatov A Ch, Tursunov Sh T. METHODOLOGY OF ORGANIZING AND ITS CONDUCT OF STUDY PRACTICE FOR PHYSICS IN HIGHER EDUCATION WITH PROBLEM CONTENT. International journal of conference series on education and social sciences (Online), 2023.

16. Boymirov Sherzod Tuxtaevich, Akbarov Abdulaziz Axrorovich. The Second General Law Of Thermodynamics Teaching Method. Czech Journal of Multidisciplinary Innovations. 2022. P-13-18.