



OLIV O'QUV YURLARIDA FIZIKANING OPTIKA BO'LIMIDAN METALLNING OPTIK XOSSLARINING XARAKTERISTIKASI MAVZUSINI O'TISHNING NAZARIY MA'LUMOTLARNING AXAMIYATI

Toxirova Zumrad Zayniddin qizi

Axbarot texnologiyalari va fizika-matematika fakulteti "Fizika"
yo'nalishi 2-21 guruh talabasi, toxirovazumrad@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11235672>

ARTICLE INFO

Received: 18th April 2024

Accepted: 20th May 2024

Published: 21st May 2024

KEYWORDS

Yorug'lik energiyasi, erkin elektron, noshaffof, yorug'lik to'qlini, Fabri—Pero interferometri, o'tkazuvchanlik, infraqizil nur, Joul issiq, ellipsning eksentrisiteti.

ABSTRACT

Maqolada muallif fizika kursi optika bo'limining "Metallning optik xossalari xarakteristikasi mavzusini o'tishning nazariy ma'lumotlarning axamiyati" haqida o'z fikir-muloxazalarini bayon qilgan. Shu bilan birgalikda metallarning optik xossalari umumiy tasnifi, uning parametrik kattaligi, yorug'likning metal sirtlarida yutilishi va qaytish hodisalarining namoyon bo'lishligi kabi fundamental fikir va muloxazalar yuritgan.

Kirish.

Metall sirtidan yorug'lik qaytishining xususiyatlari metallarda atomga zaif bog'langan elektronlarning ko'p ekanligiga bog'liq; bu elektronlar metall atomiga shu qadar zaif bog'langanki, ko'p hodisalarda bu elektronlarni erkin elektron deb hissbash mumkin. Erkin elektronlarning majburiy tebranishlari tufayli paydo bo'lgan ikkilamchi to'qlinlar kuchli qaytgan to'qlin va metall ichiga kiruvchi zaifgina to'qlin hosil qiladi; qaytgan to'qlinning intensivligi tushayotgan tulqin intensivligining 95% iga (va hatto undan ortiq qiymatga) yetadi. Erkin elektronlar zichligi juda katta (1 sm^3 ga 10^{22} chamasida) bo'lgani uchun, metallning hatto juda yupqa qatlamlari ham uziga tushayotgan yorug'likning ko'proq qismini qaytarib, odatda amalda noshaffof hisoblanadi. Yorug'lik energiyasining metall ichiga o'tuvchi qismi o'sha yerda yutiladi. Yorug'lik to'qlini ta'siri ostida tebranma harakatga kelgan erkin elektronlar metallning ionlari bilan o'zaro ta'sir kilishadi, buning natijasida elektromagnitik to'qlindan olingan energiya issiqlikka aylanadi. Shunday qilib, elektromagnitik to'qlin metall ichida tez so'nib qoladi va tavsiflangan butun bu protsessda odatda metallning juda yupqa qatlamigina rol o'ynaydi. Qaytish tufayli yorug'likning qanday ulushini metall o'tkazmay qo'yishi va unda yutilishi tufayli qanday qismini tutib qolishi metallning o'tkazuvchanligiga bog'liq. Issiqlikka (Joul issiq ligiga) ketadigan isroflar umuman bo'lmaydigan ideal o'tkazgichda yorug'lik yutilmaydi, shuning uchun tushayotgan yorug'lik to'liq qaytadi. Fabri—Pero interferometrlarida ishlatiladigan juda toza kumush pardalar mana shu ideal o'tkazgichga yaqin keladi.

Yorug'likni 98—99% qaytaradigan, atigi 0,5% yutadigan pardalar yasalgan. Yaxshi o'tkazgich hisoblangan natriy kabi metallning qaytarish qobiliyati juda yuqori (99,8%- gacha) bo'lib, uning yutish qobiliyati mos ravishda juda kichikdir. O'tkazuvchanligi pastroq bo'lgan metallarda, masalan, temirda yorug'lik atigi 30—40% qaytariladi, shuning uchun qalinligi mikronning ulushlaricha bo'lgan noshaffof metall pardasi o'ziga tushayotgan yorug'likning 60% ga yaqin ulushini yutadi. Shunday qilib, metallning yorug'likni yaxshi qaytarishdek va Sksidlar qoplamagan toza sirtining ayniksa yarqirab ko'rinishidek xarakterli xususiyati uning elektr o'tkazuvchanligiga aloqadordir. Metallning elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti qancha katta bo'lsa, uning yorug'lik qaytarish qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi. Chastotalar uncha yuqori bo'lmaganda (infraqizil nurlar) metallning optik xususiyatlari asosan erkin elektronlarning xarakteriga bog'liq bo'ladi. Biroq ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlarga o'tilganda xususiy chastota bilan xarakterlanadigan bog'langan elektronlar ham sezilarli axamiyatga ega bo'la boshlaydi; bog'langan elektronlarning xususiy chastotalari qisqaroq to'lqin uzunliklari sohasida yotadi. Bu elektronlarning ishtirok etishi tufayli metallga xos bo'lmagan optik xossalarni namoyon bo'ladi. Masalan, ko'zga ko'rinadigan yorug'lik sohasida qaytarish koeffitsienti juda yuqori (95% dan ortiq) bo'lib, salgina yutadigan kumush, ya'ni metallning tipik optik xususiyatlariga ega bo'lgan kumush ultrabinafsha nurlar sohasida juda yomon qaytaradigan va juda shaffof bo'ladigan sohaga ega; $\lambda = 316$ nm yaqinida kumushning qaytarish qobiliyati 4,2% ga tushib qoladi, ya'ni shishadek qaytaradi. Quyida kumushning yorug'lik normal tushgan holda turli to'lqin uzunliklarga oid qaytarish koeffitsientlari ko'rsatilgan:

λ (nm)	251	288	305	316	326	338	
r^2 (%)	34	21,2	9,1	4,2	14,6	55,5	
λ (nm)	357	385	420	450	500	700	1000
r^2 (%)	74,4	81,4	86,6	90,5	91,3	96,0	97,5

Bu ma'lumotlarga muvofiq ravishda, yupqa qatlam tarzidagi kumush yorug'ga tutilganda binafsha rangda ko'rinadi. Xuddi shuningdek, ishqoriy metallarning ko'zga ko'rinadigan yorug'likni o'tkazmaydigan yupqa qatlamlari ultrabinafsha nurlarni o'tkazib yuboradi ($\lambda = 440$ -nm bo'lganda seziriy, $\lambda = 360$ nm bo'lganda rubidiy, $\lambda = 315$ nm bulganda kaliy, $\lambda = 210$ nm bo'lganda natriy, $\lambda = 205$ nm bo'lganda litiy bu nurlarni sezilarli darajada o'tkaza

boshlaydi). Vud hatto ultrabinafsha sohada bu metallarda Bryuster burchagini topishga va metallardan qaytishda tabiiy yorug'likni qutblantirishga muyassar bo'ldi. Yorug'likning metallar orqali o'tishi va metallardan qaytishining to'liq nazariyasi bu xususiyatlarni hisobga olishi kerak. Bunday qilish qiyinligining sababi shundaki, metallarning elektron nazariyasi kvantlar mexanikasini tatbiq etishni talab qiladi.

Metallarning optik doimiylari va ularni aniqlash.

Masalani Maksvellning elektromagnitik nazariyasiga asoslanib sodda bayon etishda ish metallning o'tkazuvchanligini e'tiborga olishga, ya'ni Maksvell tenglamalariga elektro'tkazuvchanlikning σ koeffitsientiga bog'liq bo'lgan hadlarni formal ravishda kirgizishga keltiriladi. Bunday holda metall ichida tarqalayotgan yorug'lik to'lqini uchun shunday ifodaga ega bo'lamizki, bu ifoda to'lqin metallning ichkarisiga kirgan sari to'lqinning amplitudasi kamayishini bildiradi. Boshqacha aytganda, bu formulalardan tajriba ma'lumotlariga muvofiq ravishda metallda yorug'lik yutiladi, degan xulosa chiqadi.

Qalinligi juda kichik (dz) bo'lgan qatlamda tushayotgan yorug'likning qatlam qalinligiga proporsional bo'lgan muayyan bir qismi, ya'ni

$$dI = -\alpha I dz \quad (6)$$

ulushi yutiladi.

Shunga muvofiq ravishda yorug'lik metallning ichkarisiga kira borgani sari yorug'likning intensivligi

$$I = I_0 \exp(-\alpha z) \quad (7)$$

qonun bo'yicha kamayadi, bu formuladagi α — yutilish koeffitsienti bo'lib, u $z=1$ α chuqurlikda yorug'lik intensivligi I marta kamayishini bildiradi. Agar α yutilish koeffitsienti o'rniga n bilan

$$\kappa = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \quad (8)$$

munosabat orqali bog'langan κ kattalik kiritilsa, nazariy formulalar juda sodda shaklga keladi, bu yerda λ - moddadagi yorug'likning to'lqin uzunligi. Agar biz tekshirayotgan moddaning sindirish ko'rsatkichi n ga teng bo'lsa, u holda vakuumdagi to'lqin uzunligi

$$\lambda_0 = \alpha \lambda \quad (9)$$

bo'ladi va oqibatda

$$\alpha = \frac{4\pi}{\lambda_0} n \kappa \quad (10)$$

ya'ni

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{4\pi}{\lambda_0} n \kappa z\right) \quad (11)$$

Agar pu. miqdor birga teng bo'lsa, u holda qalinligi bir to'lqin uzunligiga teng bo'lgan ($z=\lambda$) qatlamda yorug'likning intensivligi $e^{4\pi}$ marta, ya'ni taxminan 10^5 marta kamayadi.

$$n \kappa > 1 \quad (12)$$

bulgan holdagi yutishni Plank "metallga oid yutish" deb atashni taklif etdi. Haqiqatan ham, spektrning ko'zga ko'rinadigan qismida ko'p metallar uchun o'tkazilgan o'lchashlarda $n \kappa$ ning qiymati 1,5 bilan 5 orasida yotadi. Uzunroq to'lqinlar sohasiga o'tilganda $n \kappa$ ning qiymatlari yanada ko'proq ortadi; masalan, $\lambda=6$ mkm bo'lganda kumushda $n \kappa$ ning qiymati 40 ga yetadi va λ ortganda yanada ko'proq ortadi. Yorug'lik intensivligi yorug'lik to'lqini amplitudasining kvadratiga proporsional bo'lgani uchun, yutilish oqibatida amplituda

$$A = A_0 \exp\left(-\frac{1}{2} \alpha z\right) = A_0 \exp[-(2\pi \lambda_0) n \kappa z] \quad (13)$$

qonun bo'yicha o'zgaradi va metalldagi yorug'lik to'lqini quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$s = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} z \right) = A_0 \exp \left(-\frac{2\pi}{\lambda_0} n \kappa z \right) \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} n z \right) \quad (14)$$

Tebranishni kompleks shaklda yozib, sodda shakl almashtirishlar bajarilgandan so'ng metalldagi yorug'lik to'liqini quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$s = A_0 \cos \left(-\frac{2\pi}{\lambda_0} n \kappa z \right) \operatorname{Re} \left\{ \exp \left[i \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} n z \right) \right] \right\} = A_0 \operatorname{Re} \exp \left\{ \omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} n (1 - i \kappa) z \right\} \quad (15)$$

Shunday qilib, kompleks ifodadan foydalanganda metalldagi to'liqinni odatdagi shaklda yozish mumkin, biroq odatdagi n sindirish ko'rsatkichi urniga formulada kompleks

$$n' = n(1 - i \kappa) \quad (16)$$

sindirish kursatkichi qatnashadi; kompleks sindirish ko'rsatkichining mavhum ($n \kappa$) qismi to'liqinning yutilishini aniqlaydi. Ikki n va κ parametr metallning optik xossalarini xarakterlovchi doimiylardir. Maksvell tenglamalaridan metall uchun to'liqin tenglamalarni keltirib chiqarish orqali biz metallning optik doimiylari bilan uning elektr xarakteristikalari (ϵ va σ) orasidagi munosabatni topamiz:

$$n^2(1 - \kappa^2) = \epsilon, \quad n^2 \kappa = \frac{\sigma}{\nu} \quad (17)$$

Bu yerda ν — yorug'lik chastotasi, ϵ — dielektrik singdiruvchanlik σ — elektr o'tkazuvchanlik. Metallarning σ elektr o'tkazuvchanligi doimiy maydonlar yoki chastotasi uncha katta bo'lmagan maydonlar uchungina oson o'lchanadi. ϵ ni bevosita o'lchash umuman mumkin emas. Shuning uchun odatdagi yoki ultrabinafsha yorug'lik (yuqori chastota) uchun n va κ dan iborat optik doimiylarni bu formulalar asosida hisoblab topib bo'lmaydi. Biroq n va κ ni eksperimentda aniqlash mumkin ekan, buning ikki usuli bor ekan.

Birinchi usulni Kundt (1888 y.) topgan; Kundt ba'zi metallardan sindirish burchagi juda kichik bo'lgan juda yupqa prizmachalar yasab, bu metallarga tegishli n va κ doimiylarni bevosita o'lchab topdi.

Ancha takomillashgan va umumiyroq bo'lgan ikkinchi usulni Drude (1889y.) topgan. Bu usul metallardan qaytgan yorug'likning xossalarini o'rganishga asoslangan. Oldin aytib o'tilganidek, metallning dielektrikka nisbatan optik xususiyatlari odatdagi n sindirish ko'rsatkichi o'rniga kompleks

$$n' = n(1 - i \kappa) \quad (18)$$

sindirish kursatkichi kiritilishi bilan hissbga olinadi. Shuning uchun metallga oid Fresnel formulalarida qaytgan (va singan) to'liqinnng amplitudalari kompleks bo'lib qoladi, ya'ni qaytgan (va singan) hamda tushayotgan to'liqlarning komponentalari orasida fazalar farqi paydo bo'ladi. Fazalarning bu farqi elektr vektorining yorug'lik tushish tekisligida yotgan va unga perpendikulyar bo'lgan komponentalarida bir xil emas.

Shuning uchun qaytgan (va singan) to'liqinda o'zaro perpendikulyar bo'lgan E_r va E_i , komponentalar orasida fazalar farqi hosil bo'ladi va, demak, metall sirtiga chiziqli qutblangan yorug'lik tushsa, u holda qaytgan yorug'lik elliptik qutblangan bo'ladi. Qutblanish xarakteri (ellipsning eksentrisiteti va joylashishi) metallning optik xossalariga, ya'ni n va κ ga bog'liq.

Drude nazariyasi bu miqdorlarni elliptik qutblanish haqida eksperimental ravishda topiladigan ma'lumotlarga bog'laydi va shunday qilib metallning optik doimiylarini aniqlashga imkon beradi. Drude metodi bilan topilgan natijalarni Kundt topgan ma'lumotlarga solishtirish mumkin bo'lgan hollarda ular bir-biriga qanoatlanarli ravishda to'g'ri kelgan.

Yorug'lik metall sirtiga normal ravishda tushgan oddiy holda E_r va E_i orasidagi fazalar farqini ham, qaytarish koeffitsientini ham hisoblab topish qiyin emas.

Buning uchun

$$r_r = r_i = -\frac{(n-1)}{(n+1)} \quad (19)$$

ifodada n o'rniga

$$n' = n(1 - i\kappa) \quad (20)$$

qo'yish kerak:

$$-r_r = -r_i = -\frac{n(1-i\kappa)-1}{n(1-i\kappa)+1} = \frac{(n-1)-i\kappa n}{(n+1)-i\kappa n} = |r|\exp(i\delta_r) \quad (21)$$

bundan

$$\operatorname{tg}\delta_r = \frac{2(n\kappa)}{1-n^2-(n\kappa)^2} \quad (22)$$

Intensivlikka qarab $|r|^2$ qaytarish koeffitsientini topish uchun (21) ifodani unga qo'shma bo'lgan $|r|\exp(-i\delta_r)$ miqdorga ko'paytirish kerak natijada quyidagi hosil bo'ladi:

$$|r|^2 = \frac{(n-1)^2 + \kappa^2 n^2}{(n+1)^2 + \kappa^2 n^2} \quad (23)$$

(23) dan ko'rinishicha, qaytarish koeffitsientini intensivlikka qarab o'lchashdan metallning optik doimiylarini aniqlashda foydalanish mumkin. Bir qator metallarning $\lambda = 589,3$ nm bo'lgan holdagi $n\kappa$, n va $|r|^2$ larining qiymatlari ko'rsatilgan quyidagi jadval (23) munosabatning qay darajada to'g'ri ekanligini tekshirib ko'rishga imkon beradi. (Bu jadvaldagi ma'lumotlarni elektr o'tkazuvchanlikning odatdagi qiymatlariga (22) bevosita solishtirish qanoatlanarli natija bermaydi. shunday bo'lishi biz uchun tasodifiy emas. (22)

formulalarni chiqarishda biz metallni elektronlari erkin elektronlar (o'tkazuvchanlik elektronlari) deb hisoblash mumkin

Ba'zi metallarning $\lambda = 589,3$ nm bo'lgan holdagi optik doimiylari.

1-jadval

Metall	$n\kappa$	n	$ r ^2$
Natriy	2,61	0,05	99,8
Kumush	3,64	0,18	95,0
Magniy	4,42	0,37	92,9
Oltin	2,82	0,37	85,1
Oltin, elektrolitik	2,83	0,47	81,5
Simob	4,41	1,62	73,3
Mis, quyma	2,62	0,64	70,1
Nikel, quyma	3,32	1,79	62,0
Nikel, zlektrolitik	3,48	2,01	62,1
Nikel, changlantirilgan	1,97	1,30	43,3
Temir, changlantirilgan	1,63	1,51	32,6

bo'ladigan sistema sifatida tasavvur etganmiz; qiyosan yuqori chastotali sohaga (ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha yorug'lik) tegishli optik hodisalar esa bog'lik elektronlarning (qutblanuvchanlik elektronlarining) ta'siriga sezilarli darajada bog'liq bo'ladi, bu to'g'rida dispersiyaga bag'ishlangan bobda birmuncha

to'laroq ma'lumot beriladi.

Haqiqatan ham, masalan, mis uchun elektr o'tkazuvchanlikning statik qiymatini $\sigma = 5,14 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$ deb olib, sariq yorug'likda, ya'ni $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ da

$\sigma/\nu = 1000$ ekanligini topamiz, vaholanki $n^2\kappa = 1,67$. Xuddi shuningdek, simobga tegishli $n^2\kappa$ ko'paytma natriyga tegishli ko'paytmadan ancha ortiq bo'lgani holda natriyning odatdagi elektr o'tkazuvchanligi simobnikidan beqiyos darajada ortiq.

Agar n va κ ni pastroq chastotalar (infraqizil chastotalar) uchun aniqlansa, bu munosabatlarni tekshirib ko'rish mumkin;

past chastotalar sohasida metallarning optik xossalari uchun erkin elektronlar asosiy ahamiyatga ega.

Masalan, $\lambda = 12 \text{ mkm}$ bo'lganda metallning optik doimiylari bilan elektr o'tkazuvchanligi orasidagi nazariy munosabat tajribada yaxshi tasdiqlanadi. Metallar optikasining zamonaviy kvant nazariyasi yanada murakkab munosabatlarga olib keladiki, bular tajriba ma'lumotlariga juda yaxshi to'g'ri keladi.

XULOSA

Bu mavzularni talabalarga o'rgatishda fandagi bir nechta muammolar haqida ham gapirib o'tish zarur. Kristalldagi qo'zg'alish yoki uyg'onishning harakatini tavsiflash uchun chekli yaqinlashuvga mos keladigan ikkita model mavjud: birinchisiga ko'ra, eksiton kuchli bog'langan tizim sifatida qaraladi; ikkinchisiga ko'ra, eksiton zaif bog'langan tizim sifatida qaraladi, bu yerda elektron va kovak orasidagi masofa panjara doimiysiga nisbatan katta deb

hisoblanadi. Bunday gipotezalar fanda o'zaro qarama qarshilikni vujudga keltiradi va rivojlanishga turtki bo'lishi mumkin.

Qattiq jismlarning optik xossalari o'rganilmagan muammolari talaygina. Masalan, kristallarda yorug'lik nuri yoki elektromagnit to'lqinlar bilan ta'sirlashganda hosil bo'luvchi nuqsonlar kinetikasi va boshqalar. Ular ustida dunyo tadqiqotchilari bilan bir qatorda Respublikamizning fizik olimlari ham ilmiy-tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar.

Qattiq jismlarning optik xossalarini o'quvchi va talabalarga tushuntirganimizda izchillik tamoyiliga asoslanib, zamonaviy pedagogik texnologiyalardan foydalangan holda mashg'ulotlarni tashkil qilish, ularning fizika faniga qiziqishi yanada ortadi hamda ularning ilmiy layoqatlari rivojlanishiga olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kattabekov, R., Rahmanov, V., & Davlatov, O. T. (2023). "ZARYADLANGAN ZARRANING ELEKTROMAGNIT MAYDONDAGI HARAKATI" MAVZUSINI O 'QITISHNING NAZARIY MASALALARI. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(6), 197-201.
2. Rahmanov, V., Davlatov, O. T., & Ashirov, S. (2023). QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING EKOLOGIK AXAMIYATINI FIZIKA DARSLARIDA O 'TISH USULI. Евразийский журнал технологий и инноваций, 2(1 Part 2), 184-188.
3. Rahmanov, V., Sodiqov, A., Topiboldiyev, J., & Qahharboyeva, S. (2023). UMUMTA'LIM MAKTABLARIDA FIZIKA FANI MASSA VA ENERGIYA HAQIDA MULOHAZALAR. Евразийский журнал технологий и инноваций, 2(1 Part 2), 173-179.
4. Davlatov, O. T., Rahmanov, V., & Yo'ldosheva, M. (2024). UMUMTA'LIM MAKTABLARIDA O 'QUVCHILAR BILIMINI BAHOLASH VA NAZORAT QILISH METODI. Центральноеазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(1), 33-40.
5. Rahmanov, V., Firmamatov, M., Yusupov, N., & Norqobilov, B. (2023). MAKTAB O 'QUVCHILARIDA FIZIKA NAMOYISH TAJRIBALARIGA OID KOMPETENSIYALARNI RIVOJLANTIRISHDA SINFDAN TASHQARI MASHG 'ULOTLARNING AHAMIYATI. Евразийский журнал технологий и инноваций, 2(1 Part 2), 129-133.
6. Rahmanov, V., & Alijonov, J. (2022). INNOVATIVE WIND TURBINE. Science and Innovation, 1(8), 136-140.
7. Rahmanov, V., & Alijonov, J. (2022). WIDE USE OF SOLAR AIR HEATING COLLECTOR IN THEIR CONDITIONS. Science and Innovation, 1(7), 835-838.
8. Rahmanov, V., Ashurova, F., Abdixonova, S., & Yunusova, M. (2024). OLIY O 'QUV YURTLARIDA FIZIKA YO 'NALISHI TALABALARIGA MOLEKULYAR FIZIKA FANIDAN HARORAT O 'LCHASH ASBOBLARI HAQIDA ASOSIY MA'LUMOTLAR VA ULARNING TASNIFI MAVZUSINI O 'TISHDA SKARABEY TEXNOLOGIYA ASOSIDA TUSHUNTIRISH. Центральноеазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(2), 242-250.
9. Rahmanov, V., Kamolov, S., Abdusalomova, M., & Ochilova, S. (2024). UMUMTA'LIM MAKTABLARIDA FIZIKA FANNI ELEKTROMAGNIT TO 'LQINLARNING XOSSALARI MAVZUSINI O 'QITISHDA INTERFAOL METODLARIDAN FOYDALANISH VA ZAMONAVIY DARSLARNI TASHKIL ETISHNING SAMARADORLIGI. Центральноеазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(2), 226-233.

10. Rahmanov, V., Omonov, A., Farmonova, Z., & Turo'unboyeva, S. (2024). SOVUTGICH QURILMASINING ISHLASH TAMOYILLARI VA TERMODINAMIK SIKLINI O'RGANISH. Центральноазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(2), 213-222.

11. Rahmanov, V., Umirzoqova, G., Rayimova, S., & Aminjonova, G. (2024). OLIY O 'QUV YURLARIDA MOLEKULYAR FIZIKA FANIDAN TALABALARGA TEMPERATURA SHKALALARI VA TERMOMETRLARNING ISHLASH PRINSIPI HAQIDA TASAVVUR TUSHUNCHALARNI RIVOJLANTIRISH. Центральноазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(2), 195-200.

12. Rahmanov, V., Firmamatov, M., Yusupov, N., & Qahharboyeva, S. (2024). OLIY O 'QUV YURLARIDA FIZIKANING "ELEKTROMAGNIT TEBRANISH VA TO 'LQINLAR" MAVZUSINI O 'TISHDA SKARABEY TEXNOLOGIYASINI QO 'LLASH. Евразийский журнал технологий и инноваций, 2(1 Part 3), 20-26.

Rahmanov, V., Primqulova, C., & Rahmatova, I. (2024). OLIY O 'QUV YURLARIDA MOLEKULYAR FIZIKA FANIDA KRISTALL MODDALARINING NUQSONLARI MAVZUSINI O 'RGANISHDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI O 'RNI. Центральноазиатский журнал междисциплинарных исследований и исследований в области управления, 1(1), 187-193

INNOVATIVE
ACADEMY