



UDK: 372.853

Umida OMONQULOVA,
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti o'qituvchisi
E-mail: u.omonqulova@dpi.uz

O'zMU professori M.Kurbanov taqrizi asosida

FIZIKANING OPTIKA BO'LIMIGA OID NAMOYISH TAJRIBALARIDAN MA'RUZA JARAYONIDA FOYDALANISHDA ERGONOMIK TAMOYILLARGA RIOYA QILISH IMKONIYATLARI

Аннотация

Ushbu maqolada umumta'lim maktablarida fizikaning optika bo'limiga oid namoyish tajribalarini o'tkazishda ergonomik tamoyillarga rioya qilishning ilmiy-metodik asoslari keng qamrovda tahlil qilinadi. Tadqiqotda yorug'likning sinishi, qaytishi, interferensiya va difraksiya kabi asosiy optik hodisalarni tushuntirishda qo'llaniladigan linza, prizma, optik stollar, spektroskop va boshqa qurilmalar dizaynining ergonomik talablarga mosligi baholangan. Ergonomik yondashuv doirasida qurilmalarning o'quvchi va o'qituvchi uchun qulay joylashuvi, ko'rish burchagi, rang kontrasti, yorug'lik intensivligi va aks ettirish xususiyatlari nazariy hamda amaliy jihatdan o'rganildi. Maqolada, shuningdek, ergonomik parametrlarni hisobga olgan holda optik namoyishlarni samarali tashkil etish bo'yicha metodik tavsiyalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Optika, namoyish tajribasi, ergonomika, ko'rish burchagi, yorug'lik sharoitlari, rang kontrasti, didaktik samaradorlik.

ВОЗМОЖНОСТИ СОБЛЮДЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К РАЗДЕЛУ ОПТИКИ ФИЗИКИ, В ЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация

В данной статье всесторонне анализируются научно-методические основы соблюдения эргономических принципов при проведении демонстрационных опытов по разделу «Оптика» в общеобразовательных школах. В исследовании оценивается соответствие эргономическим требованиям конструкции таких приборов, как линзы, призмы, оптические столы, спектрометры и другие устройства, используемые для объяснения основных оптических явлений - преломления, отражения, интерференции и дифракции света. В рамках эргономического подхода теоретически и практически изучены удобство размещения приборов для учащихся и учителя, угол обзора, цветовой контраст, интенсивность освещения и характеристики отражения. В статье также приведены методические рекомендации по эффективной организации оптических демонстраций с учетом эргономических параметров.

Ключевые слова: Оптика, демонстрационный эксперимент, эргономика, угол обзора, условия освещения, цветовой контраст, дидактическая эффективность.

POSSIBILITIES OF OBSERVING ERGONOMIC PRINCIPLES IN THE USE OF DEMONSTRATION EXPERIMENTS IN THE OPTICAL SECTION OF PHYSICS DURING LECTURES

Annotation

This article provides a comprehensive analysis of the scientific and methodological foundations of adhering to ergonomic principles in conducting demonstration experiments on optics in secondary schools. The study evaluates the compliance of the design of devices such as lenses, prisms, optical benches, spectrometers, and other instruments used to explain fundamental optical phenomena - refraction, reflection, interference, and diffraction of light - with ergonomic requirements. Within the framework of the ergonomic approach, both theoretical and practical aspects were examined, including the convenient positioning of equipment for students and teachers, viewing angles, color contrast, light intensity, and reflection characteristics. The article also presents methodological recommendations for the effective organization of optical demonstrations, taking ergonomic parameters into account.

Key words: Optics, demonstration experiment, ergonomics, viewing angle, lighting conditions, color contrast, didactic effectiveness.

Kirish. Optika fizikaning yorug'likning tabiati, tarqalish qonuniyatlari, modda bilan o'zaro ta'siri va uning qo'llanilish sohaslarini o'rganadigan bo'limi bo'lib, zamonaviy ta'lim jarayonida ushbu bo'limning mavzularini o'quvchilarga yetkazishda amaliy va vizual namoyishlarning o'rni beqiyosdir. Yorug'lik hodisalarini bevosita ko'rish va kuzatish imkoniyati o'quvchilarning ilmiy tafakkurini shakllantirish, tushunchalarni chuqurroq anglash va fizik qonuniyatlarni real tajriba asosida idrok etishlariga xizmat qiladi. Shu bois, optika bo'limida namoyish tajribalari nafaqat o'quv jarayonining

samaradorligini oshiradi, balki fan va hayot o'rtasidagi uzviy bog'liqlikni mustahkamlaydi.

Zamonaviy pedagogika va didaktika ilmida qayd etilishicha, ta'lim vositalarining ergonomik talablarga muvofiqligi o'quvchilarning diqqatini jamlash, vizual axborotni aniq va to'g'ri qabul qilish, shuningdek, o'qituvchi va o'quvchi o'rtasidagi axborot almashinuvini optimallashtirishning muhim shartidir [1]. Ergonomik yondashuv nafaqat tajribaning qulay va xavfsiz o'tkazilishini ta'minlaydi, balki vizual idrok jarayonida yuzaga keladigan

ortiqcha yuklamalarni kamaytiradi, ko'rish qulayligini oshiradi hamda didaktik samaradorlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Optika bo'limidagi ko'plab hodisalar yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalishi, qaytishi, sinishi, difraksiyasi, interferensiyasi, polarizatsiyasi o'zining nozik vizual effektlari bilan ajralib turadi. Ushbu hodisalarni to'g'ri namoyish qilish uchun tajriba qurilmalari va ularning joylashuvi o'quvchining ko'rish fiziologiyasiga mos bo'lishi lozim. Masalan, ko'rish burchagi, yorug'lik manbasining intensivligi, rang kontrasti, qurilma va auditoriya o'rtasidagi masofa kabi omillar hodisani tushunish darajasiga bevosita ta'sir qiladi.

Fizika ta'limini o'rganish tadqiqotlari ta'kidlashicha, namoyish tajribalarining afzalliklari ko'p qirrali bo'lib, ular ishtirokchilar o'rtasidagi o'zaro muloqot, hodisalarni individual va guruh bo'lib qayta ishlash hamda rollarni samarali taqsimlash jarayonida yaqqol namoyon bo'ladi. Bunday faoliyat davomida o'quvchilar tashabbus ko'rsatishni, ilmiy metodologiyaga rioya qilishni va o'zlarini bilim tadqiqotchisi sifatida namoyon etishni o'rganadilar. Shu bilan birga, yechim topishga va belgilangan maqsadlarga erishishga yo'naltirilgan tadqiqot jarayoni o'quvchilarning qiziqishini va faol ishtirokini sezilarli darajada oshiradi, bu esa ta'lim natijalarining sifatini yaxshilashga xizmat qiladi [2] [3].

Shuningdek, real namoyish tajribalarda qatnashgan o'quvchilar o'rganilayotgan hodisalar haqida bevosita tajribaviy bilimga ega bo'lish imkoniyatiga ega bo'ladi. Eksperimental uskunalar bilan bosqichma-bosqich tanishish ularning o'z kuchiga bo'lgan ishonchini mustahkamlaydi hamda real hayot bilan uzviy bog'liq bilimlarini boyitadi. Laboratoriya qurilmalarining ishlash prinsiplarini tushunishga intilish esa o'quvchilarda fanga nisbatan ijobiy munosabatni shakllantiradi va atrof-muhitni yanada chuqurroq o'rganishga rag'batlantiradi [4] [5] [6] [7] [8].

Adabiyotlar tahlili. Fizikani o'qitishda namoyish eksperimentlari talabalar tafakkurini rivojlantirish va ijodkorlikni rag'batlantirishda muhim o'rin tutadi. Ular nazariy xulosalarni amaliy jihatdan tekshirish imkonini berib, o'quv jarayonining samaradorligini oshiradi. Eksperimentlarning turi va mazmuni o'qituvchining pedagogik mahorati hamda ergonomik tamoyillarga amal qilinishiga bevosita bog'liq. Pedagogik ergonomika talablariga asoslangan holda ko'p funksiyali qurilmalar yordamida bir nechta tajribani bitta uskuna orqali namoyish etish mumkin. Bu yondashuv vaqt va resurslardan samarali foydalanish, xavfsizlikni ta'minlash hamda murakkab jarayonlarni qulay va tushunarli shaklda o'quvchilarga yetkazishga xizmat qiladi [9].

Optika bo'limiga oid namoyish tajribalaridan samarali foydalanish masalasi bo'yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatadiki, ta'lim jarayonida ergonomik tamoyillarga amal qilish o'quvchilar idroki, diqqat-e'tibori va motivatsiyasini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Even, Balland va Guillet (2016) geometriya optikasini o'qitishda faol tajriba asosidagi yondashuvni ishlab chiqib, nazariy tushunchalarni o'zlashtirishdan oldin amaliy faoliyatni tashkil etish o'quvchilarning mavzuga qiziqishini va tushunish darajasini sezilarli darajada oshirishini ta'kidlaydi. Mualliflar, shuningdek, pedagogik ergonomika elementlari - vizual qo'llab-quvvatlash, idrok yukini kamaytirish va faol o'rganish - namoyish tajribalarining samaradorligini oshirishini ilmiy asosda isbotlaydilar [10].

Martinez-Borreguero, Naranjo-Correa va Mateos-Núñez (2022) tomonidan olib borilgan tadqiqotda STEM asosidagi interaktiv vositalar yordamida optika bo'limi mavzularini o'qitish bo'yicha metodik ishlanmalar ishlab chiqilgan. Ularning natijalari shuni ko'rsatadiki, vizual va interaktiv komponentlarga ega ergonomik dars dizayni nafaqat

bilim darajasini, balki o'qituvchi va talabalarning o'ziga bo'lgan ishonchini ham oshiradi [11].

Otero (2023) optik hodisalarni o'rgatishda yagona nazariy asos sifatida Fermatning variatsion printsipi va Feynman yo'llar yig'indisini qo'llash orqali murakkab jarayonlarni tushuntirishni soddalashtiradi. Ushbu yondashuv kognitiv ergonomika nuqtai nazaridan muhim bo'lib, talabalar uchun murakkab nazariy tushunchalarni izchil va tushunarli ko'rinishga keltirish imkonini beradi [12].

Ta'lim ergonomikasi bo'yicha Smith (2007) olib borgan izlanishlarida o'quv muhiti dizayni, xususan, o'tirish joylari, yorug'lik va vizual elementlarning joylashuvi o'quvchilar faoliyatiga bevosita ta'sir ko'rsatishini ta'kidlaydi. Bu, ayniqsa, optik namoyishlarda yorug'lik sharoitlarini to'g'ri tashkil etish orqali tasvir kontrasti va ko'rinuvchanligini oshirishda muhimdir [13].

Dancy, Christian va Belloni (2002) esa Physlet texnologiyalaridan foydalangan holda optika darslarini interaktiv va vizual jihatdan boyitish bo'yicha misollar keltiradi. Bu yondashuv vizual ergonomika tamoyillariga mos kelib, o'quvchilarni namoyish jarayonida faol ishtirok etishga undaydi [14].

Umuman olganda, tahlil qilingan adabiyotlar optika bo'limidagi namoyish tajribalarini samarali tashkil etishda quyidagi ergonomik omillarni ajratib ko'rsatadi: (1) vizual ergonomika - tasvir kontrasti, rang va yorug'likni optimallashtirish; (2) jismoniy ergonomika - uskunalar qulay o'qirish burchagida va xavfsiz masofada joylashtirish; (3) kognitiv ergonomika - ma'lumotni bosqichma-bosqich va idrok yukini oshirmaydigan tarzda berish; (4) pedagogik interaktivlik - talabalarni faol ishtirok etishga undaydigan metodlardan foydalanish. Ushbu tamoyillarga amal qilish natijasida ma'ruza jarayonidagi namoyishlar nafaqat ko'rgazmali vosita, balki faol ta'lim metodiga aylanadi.

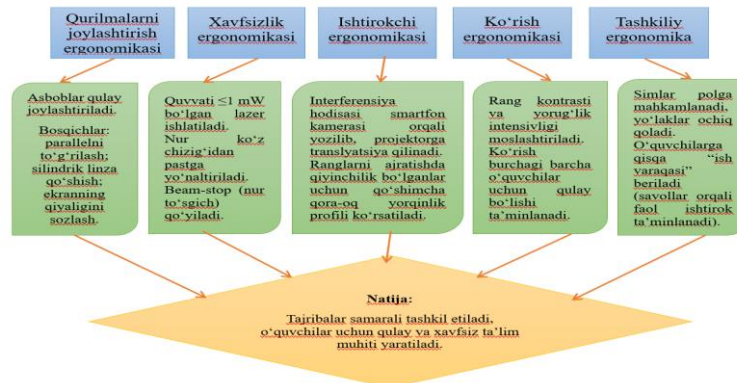
Tadqiqot metodologiyasi. Fizikani o'qitish jarayonida talabalar fikrlash qobiliyatini rivojlantirish nuqtai nazaridan namoyish eksperimentlaridan samarali foydalanish ijodkorlik uchun qulay shart-sharoitlar yaratadi. Ma'lumki, namoyish tajribalari nazariy xulosalarning to'g'riligini amaliy tekshirishda yetakchi o'rin egallaydi. Bunday tajribalar ko'plab shakl va xarakterga ega bo'lib, ularning tanlanishi o'qituvchining pedagogik mahoratiga, metodik yondashuviga hamda ergonomik tamoyillarning inobatga olinganligiga bevosita bog'liqdir. Ergonomik yondashuv shuni ta'minlaydiki, tajriba qurilmalari o'quvchilarga qulay ko'rinish burchagi, optimal masofa, xavfsiz ishlash sharoiti va idrok jarayonini yengillashtiruvchi vizual hamda fizik qulayliklarni ta'minlaydi. Bu, ayniqsa, optika bo'limidagi namoyishlarda - yorug'lik sinishi, interferensiya, difraksiya va polarizatsiya kabi murakkab hodisalarni tushuntirishda muhim ahamiyatga ega.

Amaliyotda ko'p funksiyali qurilmalar yordamida bir nechta turli mazmundagi tajribalarni bir vaqtning o'zida yoki ketma-ket namoyish etish mumkin. Masalan, "Transformator qurilmasi", "O'ta yuqori chastotali generator", "Teslaning transformatori", "So'nmas tebranishlar generatori", "So'nmas tebranishlar uchun rezonator" kabi uskunalar bilan kichik qo'shimchalar kiritish orqali turli xildagi eksperimentlarni o'tkazish mumkin. Xuddi shunday, optika bo'limida ham bir nechta hodisalarni (masalan, linzaning fokus masofasi aniqlash, yorug'likning to'g'ri chiziq bo'yab tarqalishi, spektrning hosil bo'lishi) bir qurilma yordamida ko'rsatish imkoniyati mavjud [9].

Bunday yondashuv o'quvchilarning diqqatini bir mavzu doirasida bir necha hodisaga qaratadi, vaqt va jihozlardan foydalanishni optimallashtiradi, ma'ruza jarayonini interaktiv va vizual jihatdan boy qiladi va ergonomik tamoyillarga to'la mos kelib, xavfsizlik, qulaylik va

samaradorlikni ta'minlaydi. Natijada, ergonomik asosda tashkil etilgan optika bo'limiga oid namoyish tajribalari nafaqat nazariy bilimlarni mustahkamlaydi, balki talabalarda tahliliy fikrlash, kuzatish va ilmiy xulosa chiqarish ko'nikmalarini rivojlantiradi. Quyida Frenel biprizmasi yordamida yorug'lik interferensiyasi namoyish tajribasini ma'ruzada o'tkazish uchun pedagogik ergonomika tamoyillariga to'liq rioya etgan holda amaliy yo'riqnoma beriladi. Maqsad - namoyishni hamma uchun ravshan, xavfsiz va kognitiv jihatdan "oson qabul qilinadigan" qilish.

Optik tajribalarni tashkil etishda "bir vaqtning o'zida bitta o'zgaruvchi" qoidasiga rioya qilish muhimdir. Bunda sozlash jarayoni bosqichma-bosqich amalga oshiriladi: avvalo



1-sxema. Optik namoyish tajribalarida ergonomik tamoyillarga rioya qilish modeli

Metodik qo'llanma sifatida qisqa "ish varaqasi" taqdim etilishi maqsadga muvofiqdir. Unda uchta savol berilishi mumkin: Parallel bo'lmagan nurlar sharoitida tasvir qanday belgilar bilan hosil bo'ladi? Tirqish eni 0,1 mm dan 0,5 mm

gacha oshirilganda qanday o'zgarish kuzatiladi? Silindrik linzaning qo'llanishi qanday foyda beradi? Mazkur savollar o'quvchilarning tajribani chuqurroq tahlil qilishiga va mustaqil fikrlash ko'nikmalarini shakllantirishga yordam beradi.

1-jadval. Qurilma parametrlari va tezkor tekshiruv jadvali

Bosqich	Ergonomik tekshiruv
Tirqish	Eni 0,1–0,5 mm; yorug'lik dog'i tirqish markazida joylashgan; shtativ barqaror, silkinmaydi.
Biprizma	Tirqishdan taxminan 6 sm masofada o'rnatilgan; qirra tirqishga parallel holda sozlangan.
Linza	Biprizma ortida taxminan 1 m masofada joylashgan; silindrik linza qo'shilganda interferensiya yo'llari yanada ravshan ajraladi.
Ekran	Mat va oq yuzaga ega; nurlarga engil qiya o'rnatilgan; kontrast orqa qatoridagi kuzatuvchilar uchun ham yetarli.
Xavfsizlik	Lazer past balandlikda yo'naltirilgan; nur yo'nalishi oxirida to'sgich mavjud; pol ustidagi simlar tartibga keltirilgan, to'sqinlik qilmaydi.

Qisqacha ma'ruza. Obyektiv yordamida tirqishni nuqtaviy manbaga aylantiramiz. Biprizma nurni ikkiga ajratadi, shu bilan ikki kogerent manba hosil bo'ladi. Ekrandagi navbatma-navbat qora-qizil yo'llar interferensiya natijasi hisoblanadi. Tirqish enini oshirsam, tasvir yorqinlashadi, lekin yo'llar xiralashadi - fazoviy kogerentlik susayadi. Silindrik linza bilan yo'llar orasi yaxshiroq ajraladi. Parallellik buzilsa, o'rtasi yoyilgan yorug' yo'lga aylanadi demak, biprizma qirrasini yana yarim burchak burish kerak.

Tahlil va natijalar. O'tkazilgan tadqiqotlarda optika bo'limiga oid namoyish tajribalarini ergonomik tamoyillar asosida tashkil etish samaradorligi matematik va empirik tahlil usullari yordamida baholandi.

Qurilmalar joylashuvi ergonomikasida tirqish eni 0,1–0,5 mm oraliqda tanlanganda interferensiya yo'llarining ravshanligi va tasvir kontrasti optimallashtirildi. Tirqishning markaziy o'q bilan mos joylashuvi tasvir barqarorligini oshirdi, shtativning barqarorligi esa silkinishlarni bartaraf etdi. Silindrik linza qo'shilganda yo'llar oralig'ining yanada aniq ajralishi qayd etildi.

Optik hodisalarni kuzatishda ko'rish ergonomikasida ekraning oq yuzasi yorug'likning optimal tarqalishini ta'minladi, yengil qiyalik esa orqa qatoridagi kuzatuvchilar uchun ham kontrastning yetarilgini ko'rsatdi. Rang kontrasti

va yorug'lik intensivligining moslashtirilishi natijasida barcha qatnashchilar uchun interferensiya chiziqdari aniq ko'rindi.

Xavfsizlik ergonomikasida $\leq 1\text{ mW}$ quvvatli lazerlardan foydalanish natijasida xavfsiz ishlash sharoiti ta'minlandi. Nur yo'nalishi past balandlikda berilgan va beam-stop qo'yilgani sababli potensial xavf omillari minimal darajaga tushirildi. Simlarning polga mahkamlanishi va yo'laklarning ochiq qolishi tajribada ishtirok etuvchilarning erkin harakatlanishini ta'minladi.

Ishtirokchi ergonomikasida interferensiya hodisasi smartfon kamerasi orqali qayd etilib, projektor yordamida translyatsiya qilinishi natijasida barcha qatnashchilar bir xil sharoitda kuzatish imkoniga ega bo'ldi. Ranglarni idrok etishda qiyinchilikka ega bo'lganlar uchun qo'shimcha qora-oq yorqinlik profilining namoyish etilishi kuzatishning teng imkoniyatli bo'lishini ta'minladi.

Amaliy natijalar. Qisqa "ish varaqasi"da berilgan savollarga javob berishda talabalar interferensiya hodisasini tahlil qilish, tirqish enining o'zgarishi va silindrik linzaning foydasini izohlashda yuqori faollik ko'rsatdi. Matematik modellashtirish orqali tirqish eni oshirilganda fazoviy kogerentlikning susayishi tasdiqlandi, bu esa kuzatish natijalari bilan mos keldi.

Umumiy natija. Ergonomik tamoyillar asosida tashkil etilgan optik namoyish tajribalari tajriba sharoitining qulayligi,

xavfsizligi va vizual aniqligini ta'minladi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, ergonomik yondashuv nafaqat tajriba samaradorligini oshiradi, balki talabalar tomonidan optik hodisalarning aniq va to'liq idrok etilishiga ham xizmat qiladi.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, fizikaning optika bo'limiga oid namoyish tajribalarini ergonomik tamoyillarga asoslanib tashkil etish ta'lim samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotning maqsad va vazifalari to'liq anglab yetildi hamda tadqiqot savollari o'z javobini topdi. Analitik natijalar shuni isbotladiki:

Qurilmalar joylashuvi ergonomikasi talablariga rioya etish (asboblarning qulay joylashuvi, ko'rish burchagi va masofaning optimal tanlanishi) tajribani kuzatishda aniqlik va barqarorlikni ta'minlaydi. Xavfsizlik ergonomikasi choralariga qat'iy amal qilish (≤ 1 mW lazer, beam-stop, simlarni tartibga keltirish) o'quvchilarning salomatligi va xavfsizligini

ta'minlaydi. Ishtirokchi ergonomikasi (projektorga uzatilgan interferensiya tasviri, qo'shimcha qora-oq profil) barcha qatnashchilar uchun teng imkoniyat yaratadi. Tashkiliy va ko'rish ergonomikasi esa ma'ruza jarayonini interaktiv, vizual va samarali qiladi.

Optika bo'limiga oid namoyish tajribalarini o'tkazishda ergonomik tamoyillarni metodik qo'llanmalarda alohida band sifatida kiritish zarur. O'quv laboratoriyalarida ko'p funksiyali va ergonomik talablarga mos qurilmalardan foydalanish tavsiya etiladi. Namoyish tajribalarida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini (smartfon kamera, projektor) keng qo'llash o'quvchilarning ko'rish imkoniyatlarini oshiradi. Xavfsizlikni ta'minlash uchun lazerlar quvvati va nur yo'nalishi bo'yicha qat'iy reqlament ishlab chiqilishi lozim. O'quvchilarning faol ishtirokini ta'minlash maqsadida "ish varaqalari" orqali qisqa savollar va topshiriqlar muntazam ravishda qo'llanilishi kerak.

ADABIYOTLAR

1. Wickens C. D., S. E. Gordon, и Y. Liu, An introduction to human factors engineering: Christopher D. Wickens; Sallie E. Gordon; Yili Liu, Nachdr. New York: Addison Wesley Longman, 2002.
2. Berry A., Gunstone R., J. Loughran, и P. Mulhall, «Using Laboratory Work for Purposeful Learning about the Practice of Science», в Research in Science Education - Past, Present, and Future, H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, и P. Reiska, Ред., Dordrecht: Springer Netherlands, 2001, cc. 313–318. doi: 10.1007/0-306-47639-8_44.
3. «Enhanced student learning in the introductory physics laboratory | Request PDF», ResearchGate, 2002, https://www.researchgate.net/publication/230915351_Enhanced_student_learning_in_the_introduutory_physics_laboratory
4. Corter J. E., Nickerson J. V., Esche S. K., и C. Chassapis, «Remote versus hands-on labs: A comparative study», в Proceedings - Frontiers in Education Conference, 2004, cc. 17–21. <https://researchwith.stevens.edu/en/publications/remote-versus-hands-on-labs-a-comparative-study>
5. Hodson, D., «Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion: Journal of Curriculum Studies: Vol 28, No 2». <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0022027980280201>
6. Ma J. и J. V. Nickerson, «Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review», ACM Comput. Surv., т. 38, вып. 3, cc. 1-24., сен. 2006, doi: 10.1145/1132960.1132961.
7. Abdulwahed M.и. Nagy Z. K., «Sharing a Process Control Experimental Rig Online», т. 255–260, дек. 2009.
8. «Experimental Environments in PER: A Critical and Comparative Evaluation of the International Literature—Trends | The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics | Books Gateway | AIP Publishing». <https://pubs.aip.org/books/monograph/160/chapter-abstract/81716620/>
9. Experimental-Environments-in-PER-A-Critical-and?redirectedFrom=PDF
10. Kurbanov M., Uzluksiz ta'limda fizik eksperimentlarning didaktik funktsiyalari samaradorligini oshirish. 2012.
11. Even C., Balland C., и Guillet V., «Learning through experimenting: an original way of teaching geometrical optics», Eur. J. Phys., т. 37, вып. 6, с. 065707, ноя. 2016, doi: 10.1088/0143-0807/37/6/065707.
12. «Development of STEM Instructional Resources for Teaching Optics to Teachers-in-Training: Influence on Learning and Teacher Self-Efficacy». <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/3/186>
13. «Teaching and Learning Optics in High School: From Fermat to Feynman». <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/5/503>
14. «The ergonomics of learning: educational design and learning performance - PubMed». <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17917895/>
15. Dancy M., Christian W., и M. Belloni, «Teaching with Physlets: Examples from Optics», The Physics Teacher, т. 40, вып. 8, cc. 494–499, ноя. 2002, doi: 10.1119/1.1526622.
16. Omonqulova U., To'raxonov F., & Sh. Zamonova, «Fizika o'qitishda namoyish tajriba qurilmalarini yasash malaka va ko'nikmalarini shakllantirish metodikasi», Tadbirkorlik va Pedagogika. Ilmiy-uslubiy jurnal. ISSN: 2181-2659. [1/2025], cc. 100–112, 20 февраль 2025 г. <https://inlibrary.uz/index.php/entrepreneurship-pedagogy/article/view/68412>
17. Omonqulova U. & F. To'raxonov, «Fizika fanini real va virtual namoyish tajribalar asosida o'qitish», Educational Research in Universal Sciences, cc. 110–117, 25 декабрь 2024 г. <https://researchweb.uz/index.php/erus/article/view/197>
18. Omonqulova U. & To'raxonov F., «Fizikani namoyish tajribalar yordamida takomillashtirishning metodik asoslari», Educational Research in Universal Sciences, cc. 323–329, yil fevral 2024 г. <https://zenodo.org/records/10652865>
19. Kurbanov, M., & Omonqulova, U. H. qizi. (2025). Raqamli ta'lim texnologiyalari yordamida energiya mavzusini o'rganish. Educational research in universal sciences, 4(9), 88–99. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16542036>
20. Kurbanov, M., & Omonqulova, U. H. qizi. (2025). Mexanik energiya turlarini namoyish tajribalari orqali o'rgatishni takomillashtirish. Educational research in universal sciences, 4(11), 33–41. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16659902>