

e-ISSN 3060-5059

DOI: 10.67227



IJTIMOIIY-GUMANITAR SOHADA ILMIY-INNOVATSION TADQIQOTLAR

ILMIY METODIK JURNAL

Scientific and Innovative Research in
Social and Humanitarian Studies

Vol. 3 • Issue 10

2026



Founded in 2024



publishscience.uz



publish_science_journal@mail.ru



PEER REVIEWED • OPEN ACCESS

PLANK DOIMIYSINI ANIQLASH VIRTUAL LABORATORIYASI ASOSIDA TALABALARNING FIZIK DOIMIYLIK LARGA OID KOMPETENSIYALARINI RIVOJLANTIRISH METODIKASI

Xamidov Botirjon Xusniddinovich

Navoiy davlat universiteti, tayanch doktorant.

e-mail: annora1976@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0991-5023>

Annotatsiya.

Maqolada fotoeffekt asosida Plank doimiysini aniqlash virtual laboratoriyasidan foydalanish metodikasi taklif etiladi. Model va uchta ekran qaydi tahlili asosida mashg'ulot bosqichlari hamda baholash mezonlari ishlab chiqildi. Kuchlanish modullari tormozlovchi kuchlanish deb shartli qabul qilinganda, 4,15% nisbiy og'ish olindi. Pedagogik samaradorlik alohida tajriba-sinovda baholanishi lozim.

Kalit so'zlar: Plank doimiysi, fotoeffekt, virtual laboratoriya, fizik doimiyliklar, kompetensiya, grafik tahlil, tormozlovchi kuchlanish, o'lchash noaniqligi.

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА

Хамидов Ботиржон Хусниддинович

Навоийский государственный университет, докторант.

Аннотация.

В статье предлагается методика использования виртуальной лаборатории для определения постоянной Планка на основе фотоэффекта. На основе анализа модели и трёх снимков экрана разработаны этапы проведения занятия и критерии оценивания. При условном принятии модулей напряжения за задерживающее напряжение получено относительное отклонение 4,15%. Педагогическая эффективность методики требует оценки в рамках отдельного экспериментального исследования.

Ключевые слова: постоянная Планка, фотоэффект, виртуальная лаборатория, физические константы, компетенция, графический анализ, задерживающее напряжение, неопределённость измерений.

METHODOLOGY FOR DEVELOPING STUDENTS' COMPETENCIES RELATED TO PHYSICAL CONSTANTS THROUGH A VIRTUAL LABORATORY FOR DETERMINING PLANCK'S CONSTANT

Xamidov Botirjon Xusniddinovich

Navoi State University, Doctoral Student.

Abstract.

The article proposes a methodology for using a virtual laboratory to determine Planck's constant based on the photoelectric effect. The stages of the laboratory session and assessment criteria were developed through an analysis of the model and three screenshots. When the absolute values of voltage were conditionally assumed to represent the stopping potential, a relative deviation of 4.15% was obtained. The pedagogical effectiveness of the proposed methodology should be evaluated in a separate experimental study.

Keywords: Planck's constant, photoelectric effect, virtual laboratory, physical constants, competence, graphical analysis, stopping potential, measurement uncertainty.

Kirish. Fizika ta'limining muhim vazifalaridan biri talabalarda tabiat qonunlarini tushuntirish, tajriba natijalarini tahlil qilish va nazariy bilimlarni amaliy vazifalarda qo'llash kompetensiyalarini shakllantirishdir. Fundamental fizik doimiyliklar turli hodisalar va nazariyalar o'rtasidagi bog'lanishlarni ochib berishi bilan bu vazifani amalga oshirishda alohida o'rin tutadi. Jumladan, Plank doimiysi yorug'lik kvantining energiyasi, atomdagi energetik o'tishlar va moddaning to'lqin xossalarini tavsiflashda qatnashadi. Uni o'qitishda son qiymati va formulalarni bayon qilish bilan birga, doimiylikni tajribaviy bog'lanishlardan hisoblash hamda natijani fizik jihatdan izohlashga e'tibor qaratish zarur.

Bunday o'quv faoliyati tajriba shartlarini boshqarish, kuzatuvlarni takrorlash va ma'lumotlarni grafik ko'rinishda tahlil qilish imkonini beradigan muhitni talab etadi. Virtual laboratoriya bu faoliyatlarni bir mashg'ulot doirasida tashkil etishga xizmat qilishi mumkin. Uning didaktik vazifasini aniq belgilash uchun boshqaruv amallari talaba javob berishi kerak bo'lgan fizik savollar va baholanadigan natijalar bilan bog'lanishi lozim. Shu jihatdan Plank doimiysini aniqlash virtual laboratoriyasidan foydalanish metodikasini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-uslubiy vazifadir.

Tadqiqotning maqsadi virtual fotoeffekt tajribasini fizik doimiyliklarga oid kompetensiyalarni rivojlantirishga

yo'naltirilgan o'quv faoliyati sifatida tashkil etish metodikasini ishlab chiqishdan iborat. Ishning metodik hisslari tajriba shartlarini tanlash, qayd etish, grafik tahlil va natijani asoslashni yagona ketma-ketlikka birlashtirish hamda bu faoliyatlar uchun baholash mezonlarini belgilashda ifodalanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Virtual laboratoriyalarning ta'limiy imkoniyatlarini o'rganishda texnik vosita bilan birga talabaning bilish faoliyatini ham hisobga olish zarur. Finkelshteyn va hammualliflar elektr zanjirlarini o'rganishda virtual hamda real jihozlardan foydalanishni taqqoslab, muayyan o'quv sharoitida simulyatsiyaning fizik tushunchalarni o'zlashtirish va amaliy vazifalarni bajarishga xizmat qilishini ko'rsatgan [1; 111-115-b.]. Fotoeffektga bag'ishlangan McKagan va hammualliflar ishida interaktiv model tushunchaviy savollar va matematik topshiriqlar bilan uyg'unlashtirilgan. Tajriba natijalarini oldindan taxmin qilish hamda kuzatuvlardan foton modeliga asoslangan xulosa chiqarish alohida o'quv maqsadlari sifatida ajratilgan [2; 87-94-b.]. Rutten va hammualliflarning sharhida simulyatsiyadan foydalanish shakli, o'quv faoliyatiga ko'mak va dars ssenariysining ahamiyati yoritilgan [3; 136-153-b.]. Ushbu ishlar virtual tajribani kuzatish, hisoblash va izohlash vazifalari bilan bog'lash uchun metodik asos beradi. Mazkur maqolada shu yondashuv Plank doimiysiga oid mashg'ulotga tatbiq etilib, laboratoriya boshqaruvlari tekshiriladigan fizik bog'lanishlar va talaba tayyorlaydigan o'quv mahsullari bilan muvofiqlashtiriladi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Tadqiqot metodik loyihalash va hisoblash tahliliga asoslandi. Materiallar sifatida HTML formatidagi virtual laboratoriya, uning yo'riqnomasi va uchta filtr bo'yicha ekran qaydlaridan foydalanildi. Dasturdagi kuchlanish va fototok modeli fotoeffekt tenglamasi bilan solishtirildi. Ekranlarda ko'rsatilgan kuchlanish modullari chastotaga bog'liq holda eng kichik kvadratlar usulidagi chiziqli regressiya bilan tahlil qilindi. Tahlil natijalari mashg'ulot bosqichlari, topshiriqlar va baholash mezonlarini ishlab chiqishga asos bo'ldi. Ushbu ishning natijalari metodik taklif va simulyatsiya qaydlarining hisoblash tahlili doirasida taqdim etiladi. Talabalar guruhlariga oid diagnostik ma'lumotlar keltirilmagan; shu sababli metodikaning pedagogik samaradorligi yoki rubrikaning empirik ishonchligi tasdiqlangan deb qaralmaydi. Fizik modelning mosligi va ta'lim natijasining o'zgarishi alohida baholanadigan masalalar sifatida ajratiladi.

Laboratoriyaning fizik asosi

Plank doimiysini fotoeffekt orqali aniqlash yorug'lik kvantining energiyasi bilan elektronning maksimal kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishga asoslanadi. Foton yutilganda energiyaning bir qismi elektronni fotokatod sirtidan ajratishga sarflanadi. Maksimal kinetik energiyani tormozlovchi kuchlanishning musbat moduli orqali ifodalash yorug'lik chastotasi bilan kuchlanishni bog'laydi [4]:

$$h\nu = A + eU_s, \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Bu yerda A - elektronning fotokatoddan chiqish ishi, $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19}$ C - elementar zaryadning musbat qiymati, ν - yorug'lik chastotasi. Tormozlovchi qutblanishda voltmeter manfiy qiymatni ko'rsatishi mumkin, biroq energiya balansiga U_s ning musbat moduli kiritiladi. Ushbu farqni tushuntirish matematik belgi bilan fizik mazmuni muvofiqlashtirishga xizmat qiladi.

$$U_s = a\nu + b, \quad a = \frac{h}{e}, \quad h = ea, \quad A = -eb \quad (2)$$

Demak, $U_s(\nu)$ grafigining qiyaligi Plank doimiysi bilan, ordinata o'qi bilan kesishmasi esa chiqish ishi bilan bog'liq. Talaba grafik qurishda formuladagi kattaliklarni kuzatuv ma'lumotlari bilan bog'laydi va grafik parametrlariga fizik ma'no beradi. Ikki nuqta bo'yicha hisoblash quyidagi munosabat orqali bajariladi:

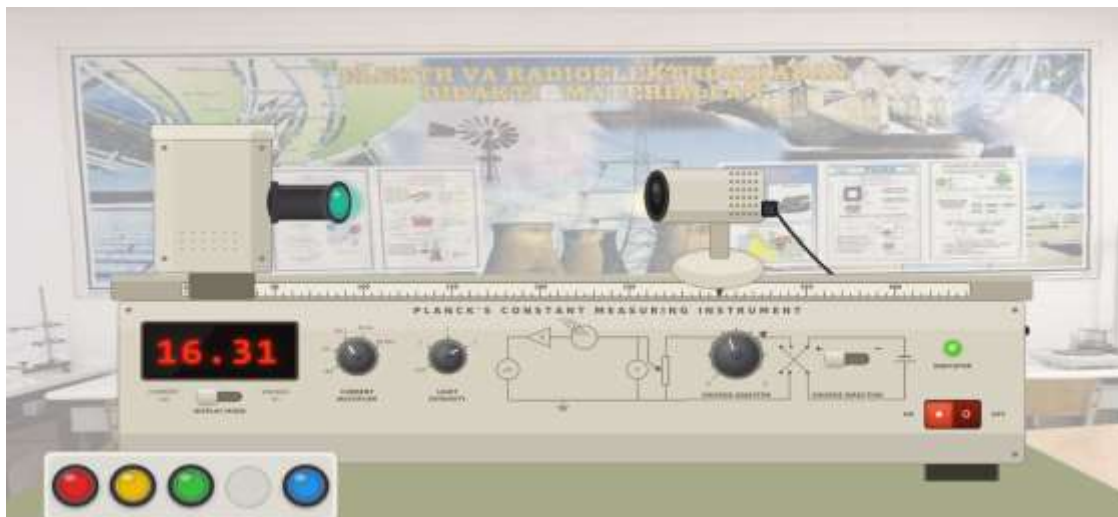
$$h = e \frac{U_{s2} - U_{s1}}{\nu_2 - \nu_1} \quad (3)$$

Bir nechta qayd mavjud bo'lsa, barcha nuqtalarni hisobga oladigan regressiya maqsadga muvofiq. Bunda nanometr metrga aylantiriladi, chastotalar $\nu = c/\lambda$ orqali hisoblanadi va grafik o'qlarining birliklari belgilanadi. Natija birligining $C \cdot V/Hz = J \cdot s$ ko'rinishida tekshirilishi hisoblashning fizik jihatdan to'g'riligini baholash imkonini beradi.

Zamonaviy SI tizimida $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ qiymati aniq belgilangan [5]. O'quv laboratoriyasida uni "aniqlash" tajriba yoki model ma'lumotlaridan shu qiymatga mos bahoni olish ma'nosida ishlatiladi. Virtual muhitdagi hisobning o'quv mazmuni fizik bog'lanishni qayta tiklash va natijaning kelib chiqishini asoslashdan iborat.

Virtual laboratoriya modeli va imkoniyatlari

Nazariy munosabatni o'quv vazifasiga aylantirish uchun talaba shartlarni o'zgartirib, buning natijasini kuzatishi kerak. Virtual laboratoriyada yorug'lik manbai, fotoelement, optik taglik va filtrlar bilan birga intensivlik, kuchlanish, qutblanish hamda tok diapazoni boshqaruvlari mavjud. Tok va kuchlanish rejimlari bir tajriba holatini ikki kattalik orqali qayd etishga imkon beradi.



1-rasm. Virtual laboratoriya interfeysi va tajriba shartlarini boshqarish vositalari.

Filtrlarga 635, 570, 540, 500 va 460 nm to'liq uzunliklari mos keladi. Ularni almashtirish chastota ta'sirini, intensivlik va manba holatini o'zgartirish esa fototok miqdorini o'rganishga xizmat qiladi. Chastota ta'siri tekshirilayotganda boshqa shartlar saqlanadi. Har bir qayd filtr, manba holati, intensivlik, qutblanish va tok diapazoni haqidagi ma'lumotlar bilan birga yozilishi kerak.

Dasturda chiqish ishi $A = 1,55 \text{ eV}$ sifatida belgilangan. Tormozlovchi kuchlanishning model qiymati quyidagicha hosil qilinadi:

$$\frac{U_{s,model}}{V} = \frac{1239,84}{\lambda_{nm}} - 1,55 \quad (4)$$

Bu yerda image — to'liq uzunligining nanometrlarda ifodalangan son qiymati. Musbat kuchlanishda model fototoki to'yinishga yaqinlashadi; manfiy qutblanishda kuchlanish moduli ortishi bilan kamayib, image ga yetganda nolga tenglashadi. Intensivlik va masofa tok miqdoriga ta'sir qiladi. Indikatorga sun'iy tasodifiy shovqin qo'shilgan, kuchlanish ikki o'nlik xonagacha ko'rsatiladi. Ikki o'nlik xona indikatorning 0,01 V qadamda aks ettirishini bildiradi; bu xususiyatning o'zi o'lchash noaniqligini to'liq belgilamaydi.

Model fotoeffektning asosiy bog'lanishlarini kuzatish va signalni fondan ajratish faoliyatini tashkil etishga imkon beradi. Fotokatodning real spektral sezgirliigi, kontakt potentsiallari va filtrlarning spektral kengligi esa alohida modellashdirilmagan. Mavjud filtrlarning barchasi modeldagi qizil chegaradan yuqori chastotalarga mos keladi. Shuning uchun chegaradan o'tishni bevosita kuzatish mumkin emas; grafikdan topilgan chegaraviy chastota modelga tayangan ekstrapolyatsiya sifatida izohlanadi.

MASHG'ULOTNI TASHKIL ETISH METODIKASI

Mashg'ulot oldingi bilimlar bilan yangi kuzatuv o'rtasida bog'lanish o'rnatishdan boshlanadi. Fotoeffekt tenglamasi va kuchlanish qutblanishi qisqacha muhokama qilinadi. Talaba "Intensivlik oshganda U_s qanday o'zgaradi?" va "To'liq uzunligi kamayganda image grafigidagi nuqta qayerga siljiydi?" savollariga yozma taxmin beradi. Bu taxmin keyingi kuzatuv va hisoblash bilan solishtiriladi. Shu orqali tajriba tekshiriladigan savolga javob izlash faoliyati sifatida tashkil etiladi.

1-jadval. Mashg'ulot bosqichlari va baholanadigan o'quv mahsullari

Bosqich	Talabaning vazifasi	O'quv mahsuli
Muammoni qo'yish	Plank doimiysini qaysi bog'lanishdan aniqlash mumkinligini asoslash	Fizik taxmin va energiya balansi
Rejalashtirish	O'zgartiriladigan va saqlanadigan shartlarni ajratish	Tajriba va qaydlar rejasi
Qayd etish	Fototokning kamayishini kuzatib, tormozlanish sohasini qayd etish	λ , tok, kuchlanish va rejimlar jadvali
Hisoblash	Chastotalarni hisoblash, $U_s(\nu)$ grafigi va regressiyani tuzish	Grafik, qiyalik va h bahosi
Nazorat	Ayni filtrda intensivlikni o'zgartirib, tok va U_s ni solishtirish	Taxmin va kuzatuv taqqoslanishi
Refleksiya	Natijani va uni olish shartlarini izohlash	Dalillarga asoslangan xulosa

Qayd etishdan oldin yorug'lik o'chirilgan holatdagi tok indikatorini kuzatiladi. Tok diapazoni koeffitsienti yozib

olinadi va ko'rsatilgan son shu koeffitsient yordamida tok qiymatiga aylantiriladi. Keyin tanlangan filtr, saqlangan masofa va intensivlikda tormozlovchi kuchlanish moduli bosqichma-bosqich oshiriladi. Tok indikator fon bilan farqlanmay qoladigan kuchlanish sohasi qayd etiladi. Bir martalik «0» ko'rsatkich o'rniga ketma-ket kuzatuvlar va ularga mos kuchlanishlar hisobga olinadi. Qayd mezonini bir xil qo'llash uchun o'quv protokolidagi kuzatuvlar soni, kuchlanish qadami va fon bilan taqqoslash tartibi oldindan belgilanadi. Dastur tok rejimida shovqin hosil qilishi sababli bunday mezon modeldagi ideal U_s ning aynan o'zini emas, balki signalni ajratish chegarasini ham aks ettirishi mumkin. Har bir filtr bilan jarayonni kamida uch marta takrorlash tavsiya etiladi. Bu takrorlashlar simulyatsiyadagi qayd protsedurasini tahlil qilishga xizmat qiladi; real qurilmaning takrorlanuvchanligini ifodalamaydi. Nazorat vazifasida ayni filtr bilan intensivlik o'zgartiriladi. Ideal fotoeffekt bog'lanishida intensivlik fototokni oshiradi, U_s esa o'zgarmaydi [4]. Kuchsiz signalda qayd etilgan U_s bahosi siljisa, bu holat fon, shovqin va qayd mezonini bilan birga tahlil qilinadi. Talaba shu tariqa fizik qonuniyat bilan uni kuzatish shartlarini farqlashga yo'naltiriladi.

MUHOKAMA

Taklif etilgan metodikada laboratoriya boshqaruvlari fizik savolni tekshirish vositasi sifatida qo'llanadi. Filtrni almashtirish chastota ta'sirini, intensivlikni o'zgartirish esa foton energiyasi bilan tok miqdorining farqini o'rganishga xizmat qiladi. Grafik qiyaligidan h ni topish hisoblashni fizik talqin bilan bog'laydi. Model shartlari va qayd mezonini muhokama qilish esa tayyor sonni qabul qilishdan oldin uning daliliy asosini tekshirishga yo'naltiradi. Virtual muhit optik moslash, kontaktlarni tekshirish, kalibrlash va haqiqiy fon tokini aniqlash ko'nikmalarini to'liq qamrab olmaydi. Ushbu ishda beshta filtr bo'yicha to'liq tok-kuchlanish protokoli, real tajriba bilan taqqoslash va talabalar bo'yicha oldingi hamda keyingi diagnostika mavjud emas. Shu sababli ishlab chiqilgan faoliyat ketma-ketligi va rubrika metodik taklif sifatida, hisoblangan qiymatlar esa shartli simulyatsiya tahlili sifatida baholanadi.

Pedagogik samaradorlikni tekshirishda boshlang'ich va yakuniy topshiriqlar, mashg'ulot sharoitlari hamda talabalar yozma izohlari qayd etilishi kerak. Nazorat guruhi bilan taqqoslashda boshlang'ich tayyorgarlik va boshqa ta'lim omillari hisobga olinadi. Bunday sinov texnik vositaning imkoniyatlari qanday o'quv natijalariga aylanganini baholashga asos beradi.

NATIJALAR

Hisoblash bosqichini yoritish uchun uchta filtr bo'yicha ekran qaydlaridan foydalanildi. Qizil, sariq va yashil filtrlarda kuchlanishlar mos ravishda $-0,40$; $-0,61$ va $-0,73$ V sifatida ko'rsatilgan. Shu holatlardagi tok protokoli berilmagani uchun kuchlanish modullari tormozlovchi kuchlanish deb shartli qabul qilindi. Quyidagi hisob ana shu shart doirasida talqin qilinadi.



2-rasm. 635, 570 va 540 nm filtrlar uchun kuchlanish rejimidagi ekran qaydlari.

2-jadval. Ekran qaydlari va dastur modelidagi kuchlanishlar

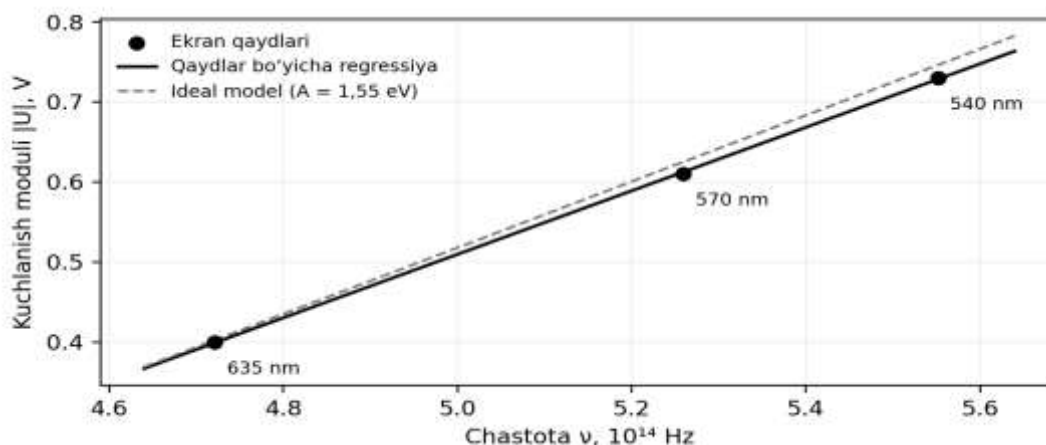
λ, nm	$\nu, 10^{14} Hz$	U_{qayd}, V	$ U , V$	$U_s model, V$
635	4,72114	-0,40	0,40	0,40250
570	5,25952	-0,61	0,61	0,62516
540	5,55171	-0,73	0,73	0,74600

Chastotalar $c = 299792458$ m/s qiymati asosida hisoblandi. $x = \nu/(10^{14} Hz)$ o'lchamsiz o'zgaruvchi uchun kuchlanish modullari bo'yicha regressiya tenglamasi:

$$\frac{|U|}{\nu} = 0,396414x - 1,472417 \quad (5)$$

Qiyalikni fizik chastota birligiga o'tkazib, elementar zaryadga ko'paytirish natijasida quyidagi qiymat olinadi:

$$a \approx 3,964 \cdot 10^{-15} V \cdot s, \quad h_{hisob} = ea \approx 6,35 \cdot 10^{-34} J \cdot s \quad (6)$$



3-rasm. Ekran qaydlari bo'yicha regressiya va $A = 1,55$ eV shartidagi ideal fotoeffekt bog'lanishi.

$$\delta = \frac{|h_{hisob} - h_{SI}|}{h_{SI}} \cdot 100\% \approx 4,15\% \quad (7)$$

Bu yerda image hisoblangan qiymatning aniq SI qiymatiga nisbatan og'ishidir. Regressiya kesishmasi shartli ravishda image bahoni beradi. Grafikdagi nuqtalarning model chizig'idan farqi sariq va yashil filtr qaydlarida yaqqolroq ko'rinadi: kuchlanish modullari model qiymatlaridan mos ravishda taxminan 0,015 va 0,016 V kichik. Tok protokoli mavjud bo'lmagani uchun bu farqning sababini faqat indikator shovqini yoki yaxlitlashga bog'lash mumkin emas. 500 va 460 nm filtrlar uchun dastur formulasi 0,92968 va 1,14530 V qiymatlarni beradi. Ular kuzatuv natijasi sifatida qayd etilmagani sababli regressiyaga qo'shilmadi. Uchta mavjud kuchlanishdan olingan h va A baholari ham mustaqil fizik o'lchash natijasi yoki real fotokatod tavsifi sifatida qaralmaydi.

Simulyatsiyada kuchlanishning o'zi h bilan bog'liq koeffitsientdan hosil qilinadi. Shuning uchun hisobning metodik mazmuni shu bog'lanishni qayta tiklash, grafik parametrlarini izohlash va qayd mezonini tekshirishdan iborat. 4,15% og'ish o'lchash noaniqligi yoki pedagogik samaradorlik ko'rsatkichi emas. Noaniqlikni baholash uchun natijaga ta'sir qiluvchi omillar va kuzatuv protsedurasi alohida hisobga olinishi kerak [6; 5–8-b.], [7].

Kompetensiyalarni mezonli baholash

Laboratoriya ishini faqat h ning yakuniy qiymati bilan baholash talabning qanday bilim va ko'nikmalarni qo'llaganini to'liq ko'rsatmaydi. Shu sababli fizik izoh, tajriba rejasi, grafik tahlil, hisoblash va natijani tanqidiy baholash alohida ko'rsatkichlar sifatida ajratildi. Rubrika yakuniy javob bilan birga unga olib kelgan faoliyatni baholashga yo'naltirilgan. Har bir ko'rsatkich 0, 1 yoki 2 ball bilan baholanadi; maksimal yig'indi 10 ball.

3-jadval. Talabning laboratoriya faoliyatini baholash mezonlari

Ko'rsatkich	0 ball	1 ball	2 ball
Fizik izoh	Bog'lanishni noto'g'ri tushuntiradi	Tenglamani yozadi, izoh qisman	h , A , ν va U_s ma'nosini bog'laydi
Tajriba rejasi	Shartlarni qayd etmaydi	Ayrim shartlarni qayd va nazorat qiladi	Filtr, qutb, intensivlik, masofa va diapazonni qayd etib, saqlanadigan shartlarni asoslaydi
Grafik tahlil	O'qlar yoki birliklar xato	Grafik bor, qiyalik talqini qisman	Chastota, regressiya qiyaligi va uning birligini asoslaydi
Hisoblash	Formula yoki birlik xato	h ni hisoblaydi, tekshiruv qisman	h va og'ishni hisoblab, birliklarni tekshiradi
Tanqidiy baholash	Simulyatsiyani mustaqil real o'lchash deb oladi	Ayrim cheklovlarni aytadi	Model sharti, qayd mezonini, og'ish va noaniqlikni farqlaydi

Yakuniy savollar talabning jadval va grafikdan foydalanib xulosa chiqarishini talab qiladi. Intensivlik ortishi ideal sharoitda U_s ni nima uchun o'zgartirmasligi, $-0,61$ V ni tormozlovchi kuchlanish deb olish uchun qanday tok qaydi kerakligi va nisbiy og'ishning noaniqlikdan farqi so'raladi. Javoblar hisoblash natijalari va qayd protokoli bilan birga baholanadi. Rubrikaning ishonchliligi, baholovchilar o'rtasidagi muvofiqlik va ball chegaralarini kompetensiya darajalariga aylantirish alohida sinovda asoslanishi lozim.

XULOSA

Plank doimiysini aniqlash virtual laboratoriyasi uchun fizik muammoni qo'yishdan natijani asoslashgacha bo'lgan

o'quv faoliyati ketma-ketligi va beshta ko'rsatkichli baholash rubrikasi ishlab chiqildi. Metodik taklifning asosiy mazmuni laboratoriya boshqaruvlarini fizik bog'lanishlar, talaba tayyorlaydigan mahsullar va tekshiriladigan faoliyat ko'rsatkichlari bilan muvofiqlashtirishdan iborat. Uchta ekran qaydidagi kuchlanish modullari U_s deb shartli qabul qilinganda, $h \approx 6,35 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ va SI qiymatiga nisbatan 4,15% og'ish olindi. Bu natija hisoblash usulini va model qaydlarining talqinini yoritadi. Tormozlovchi kuchlanishlarni asoslash uchun tok protokoli, pedagogik samaradorlikni baholash uchun esa talabalar faoliyatiga oid diagnostik ma'lumotlar zarur. Taklif etilgan metodika shu ikki turdagi dalilni farqlagan holda fizik doimiyliklarni o'rganish mashg'ulotini tashkil etishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Finkelstejn N. D., Adams W. K., Keller C. J., Kol P. B., Perkins K. K., Podolefsky N. S., Reid S., LeMaster R. When Learning About the Real World Is Better Done Virtually: A Study of Substituting Computer Simulations for Laboratory Equipment // *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. – 2005. – Vol. 1. – Art. 010103. – DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.1.010103. – URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>.
2. McKagan S. B., Handley W., Perkins K. K., Weyman C. E. A Research-Based Curriculum for Teaching the Photoelectric Effect // *American Journal of Physics*. – 2009. – Vol. 77. – P. 87–94. – DOI: 10.1119/1.2978181. – URL: <https://doi.org/10.1119/1.2978181>.
3. Rutten N., van Joolingen W. R., van der Veen J. T. The Learning Effects of Computer Simulations in Science Education // *Computers & Education*. – 2012. – Vol. 58, № 1. – P. 136–153. – DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>.
4. Ling S. J., Sanny J., Moebs W. *University Physics*. – Vol. 3. – OpenStax, 2016. – Section 6.2: Photoelectric Effect. – URL: <https://openstax.org/books/university-physics-volume-3/pages/6-2-photoelectric-effect>.
5. BIPM. Resolution 1 of the 26th CGPM: On the Revision of the International System of Units (SI). – 2018. – URL: <https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm/26-2018/resolution-1>.
6. JCGM. Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – JCGM 100:2008. – 2008. – DOI: 10.59161/JCGM100-2008E. – URL: <https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E>.
7. JCGM. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – Part 1: Introduction. – JCGM GUM-1:2023. – 2023. – DOI: 10.59161/JCGMGUM-1-2023. – URL: <https://doi.org/10.59161/JCGMGUM-1-2023>.