



ELEKTROSTATIK MAYDONNI O'RGANISHDA AN'ANAVIY VA RAQAMLI METODLARNING TAQQOSLANISHI

Zulunova Moxlaroyim Abdurashid qizi

Andijon davlat pedagogika instituti

Fizika va texnologik ta'lim kafedrası stajyor o'qituvchisi

Yo'lchiboyeva Oysaraxon Sharifjon qizi

Andijon davlat pedagogika instituti

Aniq va tabiiy fanlar fakulteti Fizika yo'nalishi 203-guruh talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektrostatik maydonni o'rganishda an'anaviy laboratoriya tajribalari va zamonaviy raqamli metodlarning samaradorligi taqqoslanadi. Maydon kuch chiziqlari va ekvipotentsial sirtlarni tasvirlash jarayonida real o'lchovlar, virtual simulyatsiyalar, gibrid hisoblash usullari hamda kompyuter modellashtirish vositalarining imkoniyatlari tahlil qilinadi. An'anaviy tajriba orqali fizik ko'nikmalarni rivojlantirish, raqamli metodlar yordamida murakkab maydonlarni vizualizatsiya qilish hamda nazariy-amaliy integratsiyani kuchaytirish imkoniyatlari ko'rsatib beriladi. Tadqiqot natijalari elektrostatik maydonni o'qitishda innovatsion pedagogik yondashuvlarning ahamiyatini oshiradi va ta'lim jarayonini samarali tashkil etishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Elektrostatik maydon, kuch chiziqlari, ekvipotentsial sirtlar, an'anaviy laboratoriya, raqamli laboratoriya, virtual simulyatsiya, kompyuter modellashtirish, elektrodli vanna, Poisson–Boltzmann, LMF, innovatsion ta'lim texnologiyalari, pedagogik integratsiya.

Аннотация: В данной статье проводится сравнительный анализ традиционных лабораторных методов и современных цифровых технологий при изучении электростатического поля. Рассматриваются подходы к визуализации силовых линий и эквипотенциальных поверхностей,



применение виртуальных лабораторий, гибридных численных методов и средств компьютерного моделирования. Показано, что традиционный эксперимент способствует формированию практических навыков, тогда как цифровые методы позволяют исследовать сложные структуры поля с высокой точностью. Результаты исследования подчёркивают важность интеграции инновационных педагогических технологий для повышения эффективности обучения электростатике.

Ключевые слова: электростатическое поле, силовые линии, эквипотенциальные поверхности, традиционная лаборатория, цифровая лаборатория, виртуальная симуляция, компьютерное моделирование, метод Пуассона–Больцмана, LMF, инновационные образовательные технологии.

Abstract: This article provides a comparative analysis of traditional laboratory experiments and modern digital technologies used in the study of electrostatic fields. The paper examines methods for visualizing electric field lines and equipotential surfaces, the use of virtual laboratories, hybrid numerical approaches, and computer simulations. The findings show that traditional laboratory work develops practical skills, while digital tools enable accurate exploration of complex field geometries. The study highlights the importance of integrating innovative pedagogical technologies to enhance the effectiveness of teaching electrostatics.

Keywords: electrostatic field, field lines, equipotential surfaces, traditional laboratory, digital laboratory, virtual simulation, computer modeling, Poisson–Boltzmann method, LMF, innovative educational technologies.

Bugungi kunda rivojlangan mamlakatlarda ilm-fan va texnika yutuqlari asosida aniq va tabiiy fanlarni o'qitish jarayonlarini texnologiyalashtirish, ta'lim sohasini modernizatsiyalash, interfaol ta'lim muhitini yaratish va innovatsion metodlardan foydalanishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ayniqsa fizika fanida, o'quvchilarning amaliy xarakterdagi mahorat va ko'nikmalarini shakllantirish, fizik



tushunchalarni chuqurroq tushunish, ijodiy fikrlash qobiliyatini rivojlantirish uchun zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va fizik hodisalarning virtual modellaridan keng foydalanilmoqda. Elektrostatik maydonlarni o'rganish jarayonida esa bu yondashuvlarning ahamiyati yanada ortadi. Maydonning ko'rinishi, kuch chiziqlari va ekvipotentsial sirtlarni vizualizatsiya qilish, an'anaviy eksperimentlar va zamonaviy raqamli metodlarni birlashtirish orqali o'quvchilar nazariy bilimlarni amaliyot bilan bog'lay oladi. Virtual sensorlar, gibrid metodlar (LMF, Poisson-Boltzmann), kompyuter modellashtirish vositalari yordamida murakkab geometrik shakllardagi maydonlarni tushuntirish va tahlil qilish imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, eksperiment natijalari va nazariy modellashtirishni taqqoslash orqali o'quvchilarda ilmiy tahlil va mustaqil fikrlash ko'nikmalarini shakllantirishga yordam beriladi. Ushbu maqola elektrostatik maydonlarni o'rganishda an'anaviy va raqamli metodlarni taqqoslash, shuningdek, amaliy va nazariy natijalarni integratsiyalash orqali zamonaviy pedagogik yondashuvlarni o'rganishga bag'ishlangan. Elektrostatik maydon – materiyaning maxsus ko'rinishi hisoblanib, u qo'zg'olmas elektr zaryadlari o'zaro ta'sirining mahsulidir. Zaryadlangan jismlar atrofida elektr maydonning mavjudligini bilish uchun ularning atrofiga sinash zaryadi (zaryadlangan sharcha) keltiriladi. Zaryadlangan har qanday jism maydonning unga kiritilgan zaryadga ta'sirini kuch va energiya jihatidan miqdoriy xarakteristikalarini sifatida maydon kuchlanganligi vektori E va potentsialini qabul qilinadi. Maydonning muayyan bir nuqtasidagi kuchlanganligi deb, nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta'sir qilingan kuchning shu zaryad miqdoriga nisbatini ifodalovchi vektor kattalikka aytiladi:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1.1)$$

bu yerda, q_0 - musbat sinash zaryadining miqdori. Elektr maydonni grafik tasvirlash uchun maydon kuch chiziqlari tushunchasi kiritiladi. Kuch chiziqlari deb shunday



egrilarga aytiladiki, ularning har bir nuqtasida kuchlanganlik vektori shu nuqtaga o'tkazilgan urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Elektr maydonning potentsiali deb, zaryad potentsial energiyasining shu zaryad miqdoriga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{W}{q_o} \quad (1.2)$$

bu yerda, W - elektr maydonidagi zaryadning energiyasi. Odatda, zaryadni maydon markaziga yaqinroq bir nuqtadan markazdan uzoqroq ikkinchi nuqtaga ko'chirish uchun ma'lum miqdordagi elementar ΔA ish bajarish kerak bo'lib, bu ish zaryad potentsial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi, ya'ni

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta W}{q_o} = \frac{\Delta A}{q_o} \quad (1.3)$$

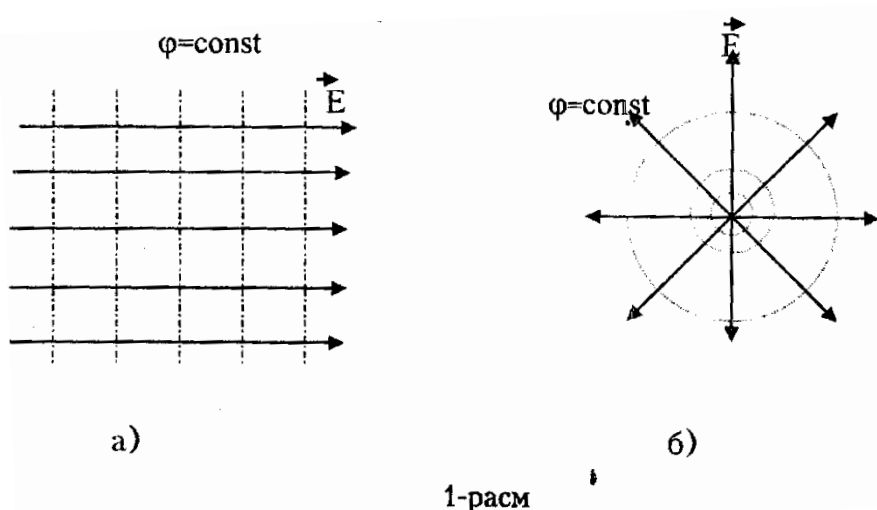
yoki mantiqiy va miqdoriy o'zgarishlardan so'ng

$$A = q_o(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (1.4)$$

bog'lanishni olamiz.

Elektrostatik maydon potentsiali nuqtadan-nuqtaga o'zgarib turuvchi funktsiyadir. Biroq har qanday real holda potentsiallari bir xil bo'lgan nuqtalar to'plamini topish mumkin. Teng potentsialli nuqtalarning geometrik o'rni ekvipotentsial (bir xil potentsialli) sirtlar yoki izopotentsial (o'zgarmas potentsialli) sirtlar dsb atlladi. Ekvipotentsial sirtlar quyidagi xossalarga ega: Ekvipotentsial sirtlar bo'yicha zaryadli ko'chirishda bajarilgan ish ayniy nolga teng (1.4); Ekvipotentsial sirtlarga doimo maydon kuchlanganligi chiziqlari perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi (1 a, b rasm). Umuman: elektrostatik maydon uchun quyidagi xossalar o'rinli:

1. Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlarning sirti doimo ekvipotentsial sirt bo'ladi



Kuch chiziqlari vektori maydon potentsialining tezlik bilan o'zgarish yo'nalishini ko'rsatadi. Maydon kuchlanganligi hamma vaqt va maydonning har bir nuqtasida potentsialning kamayishi tomon yo'nalgan bo'ladi, ya'ni:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \quad (1.5)$$

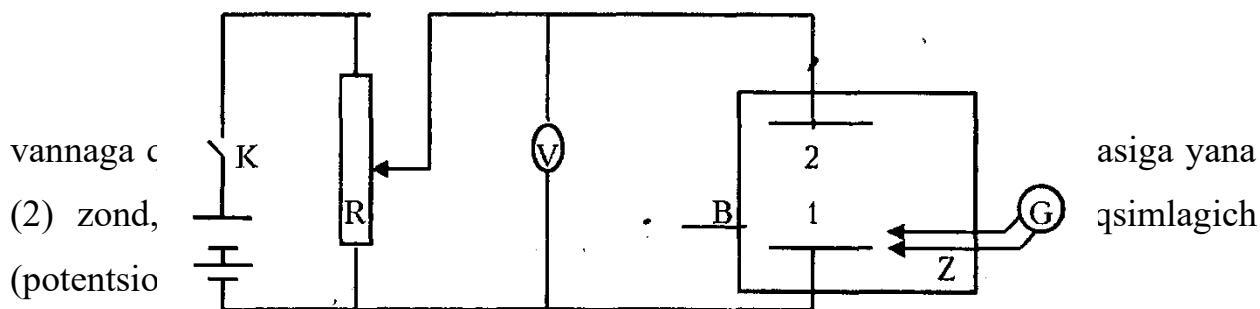
(1.5) dan ko'rinadiki, bir jinsli elektrostatik maydon kuchlanganligi Y_e , uzunlik birligidagi potentsialning kamayishini xarakterlaydi. Elektrostatik maydon kuchlanganligining miqdori qancha katta bo'lsa, ekvipotentsial sirtlar bip-biriga shuncha yaqin joylashadi. Mazkur laboratoriya ishining vazifasi maydonning har qanday nuqtasida maydon kuchlanganligining kattaligi va yo'nalishini aniqlashdan (ya'ni kuch chiziqlarini chizishdan) iborat. Amalda, tuzish osonroq bo'lganligi sababli, avval ekvipotentsial sirtlar topiladi, so'ngra ularning xossalriga asoslanib kuch chiziqlari chiziladi. Elektrostatik maydonda potentsiallarning taqsimlanishini o'rganish uchun zondlardan foydalaniladi. Zond elektr maydoniga kiritilganda iloji boricha unga kam ta'sir qilishi va shu zond qo'yilgan nuqtaning haqiqiy potentsialini o'lchashi kerak. Maydonga ta'sir qilmaydigan zond, o'zining atrofida ionlashgan gaz hosil qiluvchi kichkina metall elektroddan iborat bo'ladi. Bunday zondlardan



biri alangali zondidir. Alangali zond shisha naychadan qilingan gaz gorelkasi va ingichka metall simdan iborat. Sim elektrometrğa ulanib, uning uchi esa alanga ichida bo'lgan holda maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga qo'yiladi. Gaz alangasidagi ionlar va elektr maydoni ta'sirida zaryadlarning simga o'tishi yoki undan chiqishini ta'minlaydi. Zaryadlarning ko'chishi simdagi potentsial qiymati maydonning shu simning uchi turgan joydagi potentsial qiymatiga tenglashguncha davom etadi, bu vaqtda sim ulangan elektrometrning ko'rsatishi maydonning tekshirilayotgan nuqtasidagi potentsialiga haqiqatdan mos keladi. Zondlar bilan ishlashdagi murakkabliklar va umuman elektrostatik o'lchashdagi qiyinchiliklar elektrostatik maydonni o'rganishni o'zgarmas elektr toki maydonini o'rganishga olib keladi. Bu usulni qo'llash, elektrolitlardagi kuchsiz toklarni Om qonuni $j = \sigma \cdot E$ yordamida hisoblash mumkinligiga asoslangan. Bu yerda, j – tok zichligi, uning yo'nalishi - musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi deb hisoblanadi. SHuning uchun tok maydoni, elektrostatik maydon – kuch chiziqlari bilan xarakterlanganligi kabi, tok zichligi chiziqlari bilan xarakterlanadi, mazkur chiziqlar esa ustma-ust tushadi. Bu esa, o'tkazgichlarning potentsiali doimiy saqlangan holda muhit va o'tkazgichlar o'tkazuvchanligining o'zaro munosabati o'tkazgichlar sirtlarini ekvipotentsial sirtlar deb hisoblashga imkon bergan hollardagina elektrostatik maydonni o'rganish o'rniga o'zgarmas tokning maydonini o'rganish mumkin ekanligini tasdiqlaydi. Bu usul zond sifatida metall elektrodlardan foydalanishga imkon beradi, chunki o'tkazuvchan muhitda zondan zaryadlarning ko'chishiga imkon tug'iladi va zond potentsiali bilan maydonining berilgan nuqtasining potentsiali o'z - o'zidan tenglashib qoladi. SHuni ham nazarda tutish kerakki, zondning elektr zanjiri zond kiritilgan nuqta bilan unga eng yaqin bo'lgan elektrod orasidagi o'tkazuvchan muhit qarshiligiga nisbatan katta qarshilikka ega bo'lishi kerak. Biz quyida tekislikdagi maydonni o'rganamiz, shuning uchun kuchsiz elektrolit quyilgan to'g'ri burchakli elektrolitik vanna (V) dan foydalanamiz (2-



rasm). Vannaga 1 va 2 elektrodlar tushiriladi, uning bir tomoni vanna tubiga tegib turadi, ikkinchi tomoni esa



Kerakli a

2-расм.

tr, reostat,

metall zondlar, turli shakldagi elektrodlar, ulagich simlar, kalit. Kompyuter, virtual laboratoriya dasturi (PhET Physics, Labster yoki shunga o'xshash), simulyatsiya moduli, internet aloqasi.

Laboratoriya ishining metodik tavsifi; An'anaviy metod (real laboratoriya) bo'yicha: Elektrolitik vanna tayyorlanadi va unga kuchsiz elektrolit eritmasi quyiladi. Elektrodlar vanna ichiga joylashtiriladi va elektr zanjiri galvanometr va voltmeter orqali ulangan. Metall zond yordamida maydonning turli nuqtalarida potentsial o'lchanadi va ekvipotentsial sirtlar aniqlanadi. Olingan natijalarga asoslanib, kuch chiziqlari chiziladi va maydonning xarakteristikasi tahlil qilinadi. An'anaviy metodning afzalliklari shundaki, o'lchovlar real bo'ladi va zond orqali maydonni sezish mumkin, shuningdek amaliy ko'nikmalar rivojlanadi. Kamchiliklari esa tajriba ko'p vaqt oladi, xatoliklar ehtimoli yuqori va ba'zi murakkab tajribalarni o'tkazish qiyin bo'ladi.

Raqamli metod (virtual laboratoriya) bo'yicha: Kompyuter dasturi orqali elektrostatik maydon modeli ochiladi. Elektrodlar va zaryadlarni ekran orqali joylashtirib, maydon kuch chiziqlari va ekvipotentsial sirtlar simulyatsiya qilinadi. Turli parametrlar o'zgartiriladi, masalan, zaryad miqdori, elektrod shakli va masofa. Natijalar avtomatik tahlil qilinadi va vizual tarzda ko'rsatiladi. Raqamli metodning



afzalliklari – vaqtni tejash, xatoliklar kamligi, murakkab maydon shakllarini o‘rganish imkoniyati va ko‘p o‘quvchi bir vaqtda ishlay olishi. Kamchiliklari esa, o‘quvchi real amaliy mashg‘ulotni his qilmaydi va zondning fizik interaktsiyasini ko‘ra olmaydi. Virtual sensorlar yordamida maydon kuchi va potentsialning turli nuqtalaridagi qiymatlarni real vaqt rejimida kuzatish mumkinligi. Gibridd metodlar (masalan, LMF, Poisson-Boltzmann) yordamida murakkab geometrik shakldagi maydonlarni simulyatsiya qilish imkoniyati. Kompyuter modellashirish vositalari orqali ekvipotentsial sirtlar va kuch chiziqlarini vizual tarzda ko‘rsatish.

Ekspirimentni amalga oshirish tartibi; An’anaviy metod bo‘yicha: Vannaga elektrolit solib, elektrodlar joylashtiriladi. Zondlarni maydonning turli nuqtalariga qo‘yib, galvanometr ko‘rsatkichlari yoziladi. Olingan nuqtalardan ekvipotentsial sirtlar chiziladi. Kuch chiziqlari ekvipotentsial sirtlarga perpendikulyar chiziladi.

Raqamli metod bo‘yicha: Virtual laboratoriya dasturini oching, elektrodslarni va zaryadslarni joylashtiring. Maydon kuch chiziqlari va ekvipotentsial sirtlar avtomatik tarzda ko‘rsatiladi. Parametrlarni o‘zgartirib, natijalarni solishtiring. Raqamli va real tajriba natijalarini taqqoslang: sirt shakllari, kuch chiziqlari tarqalishi va xatoliklar. Ekvipotentsial sirtlar va kuch chiziqlarining shakllari turli metodlarda qanday farq qilganini aniqlang. An’anaviy va virtual metodlar yordamida olingan natijalarni solishtirib, samaradorlikni baholang.

An’anaviy metodda – zond va o‘lchash cheklovlari, virtual metodda – dastur parametrlariga bog‘liqlik. An’anaviy metod amaliy ko‘nikmalarni rivojlantiradi va fizik maydonni sezish imkonini beradi, ammo ko‘p vaqt oladi va xatoliklar bo‘lishi mumkin. Virtual laboratoriya metodlari tez va aniq, murakkab eksperimentlarni amalga oshirishga imkon beradi, ammo real tajriba hissi yetishmaydi. Ikkala metodni uyg‘un qo‘llash – elektrostatik maydonni o‘rganish jarayonini maksimal samarali qiladi. Virtual sensorlar va gibridd metodlar murakkab fizik maydonlarni o‘rganishni osonlashtiradi va o‘quvchilarni ilmiy fikrlashga rag‘batlantiradi.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. *Fundamentals of Physics*, 10th Edition. Wiley, 2014.
2. Griffiths, D. J. *Introduction to Electrodynamics*, 4th Edition. Pearson, 2013.
3. Sadiku, M. N. O. *Elements of Electromagnetics*, 7th Edition. Oxford University Press, 2020.
4. Jackson, J. D. *Classical Electrodynamics*, 3rd Edition. Wiley, 1998.
5. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. *Fizika fanining namunaviy o'quv dasturi*, 2021.
6. Chen, W., et al. "Numerical Simulation of Electrostatic Fields Using Poisson-Boltzmann Equation." *Journal of Computational Physics*, 2019, 395: 345-360.
7. Smith, A. R., "Virtual Laboratory Tools in Physics Education." *Physics Education*, 2018, 53(5): 055011.
8. Patel, K., et al. "Hybrid Methods for Complex Electrostatic Field Analysis." *International Journal of Electrical Engineering Education*, 2020, 57(4): 321-340.