

ELEKTRONNING SOLISHTIRMA ZARYADINI MAGNETRON USULIDA ANIQLASH

Xudoyberdiyev E.N.

Navoiy davlat universiteti professor v.b.

Shopulatova Ruxshona

Sanaqulova Sevinch

Navoiy davlat universiteti Fizika va astronomiya yo'nalishi
talabasi

***Annotatsiya** Ushbu maqolada elektronning solishtirma zaryadini magnetron usuli yordamida virtual laboratoriya sharoitida aniqlash jarayoni ko'rib chiqildi. Tajribada solenoid toki va anod toki orasidagi bog'lanish kuzatildi. Solenoid toki oshib borganda anod tokining kamayishi magnit maydon elektronlar harakatiga ta'sir qilishini ko'rsatdi. Olingan natijalar asosida kritik tok tanlandi, kritik magnit induksiya hisoblandi va elektronning solishtirma zaryadi aniqlandi. Topilgan qiymat nazariy qiymatga yaqin chiqdi. Bu esa magnetron usuli elektronning elektr va magnit maydonlardagi harakatini o'rganishda qulay usul ekanini ko'rsatadi.*

***Kalit so'zlar:** elektron, solishtirma zaryad, magnetron usuli, solenoid toki, anod toki, kritik tok, magnit maydon.*

Kirish

Fizika fanida elektronning xossalarini o'rganish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Chunki elektron atom tarkibida mavjud bo'lgan asosiy zarralardan biri bo'lib, elektr toki, elektromagnit hodisalar va ko'plab texnik qurilmalar ishida bevosita ishtirok etadi. Elektron manfiy zaryadga ega bo'lgani uchun elektr va magnit maydonlar ta'sirida o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Shu sababli elektronning

maydonlardagi harakatini o'rganish uning fizik xossalarini tushunishda katta ahamiyatga ega.

Elektronning muhim kattaliklaridan biri uning solishtirma zaryadidir. Elektronning solishtirma zaryadi deganda elektron zaryadining uning massasiga nisbati tushuniladi. Bu kattalik e/m ko'rinishida belgilanadi. Elektron massasi juda kichik bo'lgani uchun u tashqi maydonlar ta'sirida tez harakatga keladi va trayektoriyasi sezilarli darajada o'zgaradi. Aynan shu xususiyat elektronning solishtirma zaryadini tajriba orqali aniqlashga imkon beradi.

Elektronning solishtirma zaryadini aniqlashda magnetron usuli qulay usullardan biri hisoblanadi. Bu usul elektronlarning elektr va magnit maydonlar ta'siridagi harakatiga asoslanadi. Tajribada elektronlar katoddan ajralib chiqib, anod tomonga harakatlanadi. Solenoid hosil qilgan magnit maydon esa elektronlarning yo'nalishini o'zgartiradi. Magnit maydon kuchaygan sari elektronlarning anodga yetib borishi qiyinlashadi va anod toki kamayadi.

Ushbu maqolada elektronning solishtirma zaryadini magnetron usuli yordamida virtual laboratoriyada aniqlash jarayoni yoritildi. Virtual laboratoriya orqali solenoid toki bosqichma-bosqich o'zgartirildi va har bir qiymatga mos anod toki kuzatildi. Olingan natijalar jadvalga kiritildi, grafik asosida kritik tok tanlandi va shu qiymat orqali elektronning solishtirma zaryadi hisoblandi.

Hisoblash formulasining qisqacha keltirib chiqarilishi

Elektronning solishtirma zaryadini magnetron usulida aniqlashda elektronning elektr va magnit maydondagi harakati asos qilib olinadi. Katoddan ajralib chiqqan elektron anod tomonga elektr maydon ta'sirida harakatlanadi. Bu vaqtda elektr maydon elektron ustida ish bajaradi va elektron kinetik energiyaga ega bo'ladi.

Elektr maydon bajargan ish va elektronning kinetik energiyasi quyidagicha yoziladi:

$$A = e \cdot U_a$$

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Elektr maydon bajargan ish elektronning kinetik energiyasiga teng bo'ladi:

$$e \cdot U_a = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Bu yerda e - elektron zaryadi, U_a - anod kuchlanishi, m - elektron massasi, v - elektron tezligi. Magnit maydonda harakatlanayotgan elektronga Lorens kuchi ta'sir qiladi:

$$F = e \cdot v \cdot B$$

Elektron egri trayektoriya bo'ylab harakatlangani uchun bu kuch markazga intilma kuch vazifasini bajaradi:

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Magnetron usulida kritik holatda elektronning harakat radiusi anod radiusining yarmiga teng deb olinadi:

$$r = \frac{R_a}{2}$$

Shu bog'lanishlardan foydalanib, elektronning solishtirma zaryadi uchun asosiy hisoblash formulasi olinadi:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_k^2 R_a^2}$$

Bu yerda e/m - elektronning solishtirma zaryadi, U_a - anod kuchlanishi, B_{kr} - kritik magnit maydon induksiyasi, R_a - anod radiusi. Kritik magnit induksiya solenoid toki orqali hisoblanadi:

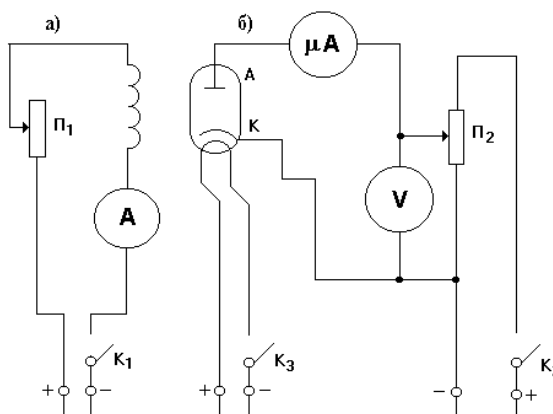
$$B_k = \frac{\mu_0 I_k N}{\sqrt{D^2 + L^2}}$$

Bu yerda μ_0 - magnit doimiysi, I_{kr} - kritik solenoid toki, N - solenoid o'ramlar soni, D - solenoid diametri, L - solenoid uzunligi. Demak, avval grafik va jadval asosida kritik tok I_{kr} aniqlanadi. Keyin shu tok orqali B_{kr} hisoblanadi. So'ngra B_{kr} , U_a va R_a qiymatlari yordamida elektronning solishtirma zaryadi topiladi.

Tajriba qurilmasi va ishni bajarish tartibi

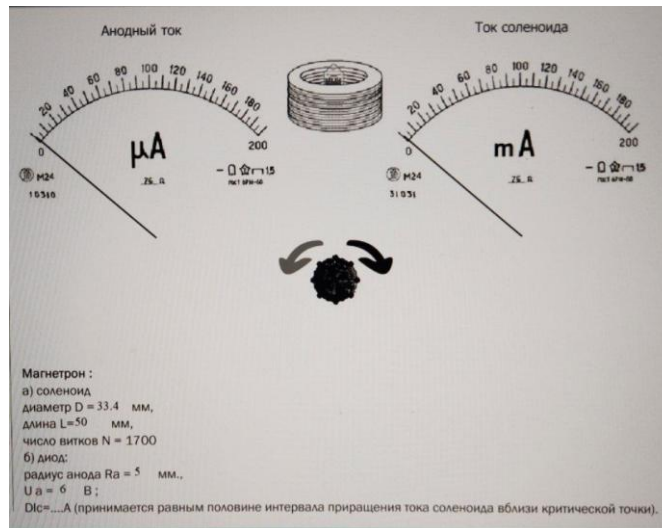
Elektronning solishtirma zaryadini magnetron usulida aniqlash uchun virtual laboratoriya qurilmasidan foydalanildi. Bu qurilma haqiqiy laboratoriya ishining kompyuterda modellashirilgan ko'rinishi bo'lib, unda anod toki, solenoid toki va anod kuchlanishi kabi kattaliklarni kuzatish mumkin.

Tajriba qurilmasi asosan ikki qismdan iborat bo'ladi: solenoid zanjiri va diod zanjiri. Solenoid zanjiri magnit maydon hosil qilish uchun xizmat qiladi. Diod zanjirida esa elektronlar katoddan ajralib chiqib, anod tomonga harakatlanadi. Katod va anod orasida elektr maydon hosil bo'ladi, solenoid orqali tok o'tganda esa magnit maydon yuzaga keladi.



1-rasm. Magnetron usulida elektronning solishtirma zaryadini aniqlash qurilmasining elektr sxemasi

Virtual laboratoriya oynasida solenoid tokini o'lchash uchun ampermetr, anod tokini o'lchash uchun mikroampermetr va anod kuchlanishini kuzatish uchun voltmeter mavjud bo'ladi. Tajriba davomida shu asboblarning ko'rsatkichlariga qarab kerakli qiymatlar yozib borildi. Anod kuchlanishi $U_a = 5,9$ V qiymatda olindi.



2-рasm. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash virtual laboratoriya oynasi

Shundan so'ng solenoid toki bosqichma-bosqich oshirib borildi. Har bir solenoid toki qiymatida anod toki kuzatildi va jadvalga yozildi. Solenoid toki kichik bo'lgan vaqtda magnit maydon kuchsiz bo'ladi. Bunday holatda elektronlarning ko'p qismi anodga yetib boradi va anod toki katta qiymatda bo'ladi. Solenoid toki oshirilganda magnit maydon kuchayadi, elektronlarning trayektoriyasi egiladi va anod toki kamayadi.

Tajriba davomida asosiy e'tibor anod toki I_a ning solenoid toki I_s ga bog'liqligiga qaratildi. Olingan qiymatlar jadval ko'rinishida yozildi. Keyin shu qiymatlar asosida grafik tuzilib, anod tokining kamayish sohasi tahlil qilindi. Grafikdan elektronlarning anodga yetib borishi sezilarli kamayadigan holat tanlandi. Shu holatga mos solenoid toki kritik tok deb olindi.

Tajriba natijalari va ularning tahlili

Virtual laboratoriya yordamida tajriba bajarilganda solenoid toki bosqichma-bosqich oshirib borildi va har bir qiymat uchun anod toki kuzatildi. Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, solenoid toki ortib borganda anod toki kamayib boradi. Bu holat magnit maydonning elektronlar harakatiga ta'sir qilishi bilan izohlanadi.

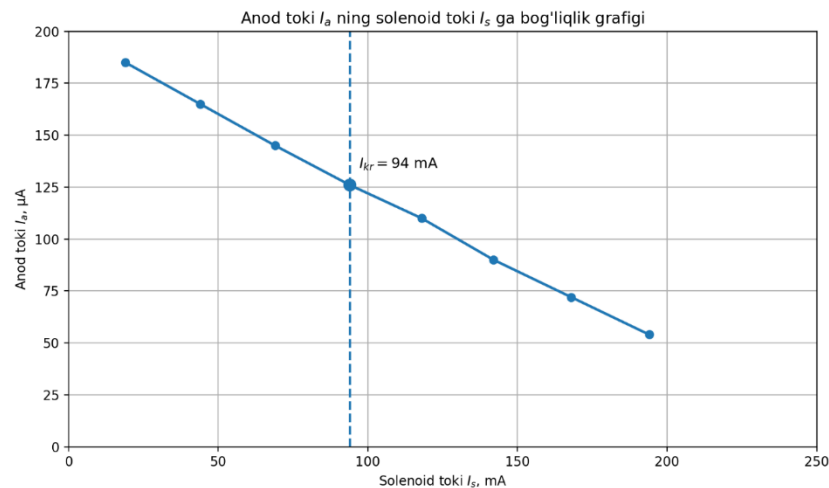
Tajriba davomida olingan qiymatlar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Solenoid toki va anod toki qiymatlari

T/r	Solenoid toki I_s (mA)	Anod toki I_a (μ A)
1	19	185
2	44	165
3	69	145
4	94	126
5	118	110
6	142	90
7	168	72
8	194	54

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, solenoid toki 19 mA bo'lganda anod toki 185 μ A ga teng bo'lgan. Solenoid toki 194 mA ga yetganda esa anod toki 54 μ A gacha kamaygan. Bu natija shuni ko'rsatadiki, solenoid toki ortishi bilan magnit maydon kuchayadi va elektronlarning anodga yetib borishi qiyinlashadi.

Grafik va jadval natijalarini tahlil qilib, kritik tok qiymati sifatida $I_{kr} = 94 \text{ mA} = 0,094 \text{ A}$ qabul qilindi. Keyingi hisoblashlarda aynan shu kritik tok qiymatidan foydalanildi.



3-rasm. Anod toki I_a ning solenoid toki I_s ga bog'liqlik grafigi

Hisoblash natijalari

Kritik tok aniqlangandan keyin kritik magnit maydon induksiyasi hisoblandi. Buning uchun quyidagi qiymatlardan foydalanildi:

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$; $I_{kr} = 0,094 \text{ A}$; $N = 1700$; $D = 0,0334 \text{ m}$; $L = 0,05 \text{ m}$

$$B_k = \frac{\mu_0 I_k N}{\sqrt{D^2 + L^2}}$$

$$B_k = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,094 \cdot 1700}{\sqrt{0,0334^2 + 0,05^2}}$$

Hisoblash natijasida kritik magnit maydon induksiyasi quyidagicha chiqdi:

$$B_k \approx 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

Endi elektronning solishtirma zaryadi asosiy formula yordamida hisoblandi:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_k^2 R_a^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{8 \cdot 5,9}{(3,34 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (0,005)^2}$$

$$\frac{e}{m} \approx 1,69 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$$

Demak, tajriba natijalariga ko'ra elektronning solishtirma zaryad $(\frac{e}{m})_{\text{taj}} \approx 1,69 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$ ga teng bo'ldi. Zamonaviy qurilmalarda olingan o'lchash natijalariga ko'ra elektronning solishtirma zaryadi $(\frac{e}{m}) = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$ teng ekanligi aniqlangan. Agar bu natijani etalon sifatida qabul qilsak, virtual tajriba natijasining xatoligini aniqlashimiz mumkin. Tajriba natijasini etalon qiymat bilan solishtirish uchun nisbiy xatolik quyidagicha hisoblandi:

$$\delta = \frac{|(\frac{e}{m}) - (\frac{e}{m})_{\text{taj}}|}{(\frac{e}{m})} \cdot 100\%$$

$$\delta = \frac{|1,76 \cdot 10^{11} - 1,69 \cdot 10^{11}|}{1,76 \cdot 10^{11}} \cdot 100\%$$

$$\delta \approx 3,98\%$$

Nisbiy xatolik 5% dan kichik bo'lgani uchun tajriba natijasini qoniqarli deb baholash mumkin. Olingan qiymat etalon qiymatga yaqin chiqdi va bu magnetron usuli yordamida elektronning solishtirma zaryadini aniqlash mumkinligini ko'rsatdi.

Xulosa

Ushbu maqolada elektronning solishtirma zaryadini magnetron usuli yordamida virtual laboratoriya sharoitida aniqlash jarayoni ko'rib chiqildi. Tajribada solenoid toki va anod toki orasidagi bog'lanish o'rganildi. Solenoid toki ortishi bilan anod tokining kamayishi magnit maydon elektronlar harakatiga ta'sir qilayotganini ko'rsatdi. Virtual tajriba elektronning magnit maydonidagi harakatiga asoslangan. Solenoid toki ortganda magnit maydon kuchayadi. Magnit maydon kuchaygan sari elektronlarning harakat yo'nalishi egiladi, anodga yetib

boruvchi elektronlar soni kamayadi va anod toki pasayadi. Jadval va grafik tahlili asosida kritik tok $I_{kr} = 0,094 \text{ A}$ deb olindi. Shu qiymat orqali kritik magnit induksiya $B_{kr} \approx 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ deb hisoblandi. Keyin anod kuchlanishi, anod radiusi va kritik magnit induksiya yordamida elektronning solishtirma zaryadi topildi. Hisoblash natijasida $(\frac{e}{m})_{taj} \approx 1,69 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$ qiymat olindi.

Topilgan qiymat nazariy qiymat bilan solishtirilganda nisbiy xatolik 3,98% ni tashkil etdi. Bu xatolik 5% dan kichik bo'lgani uchun tajriba natijasi qoniqarli deb baholandi. Demak, magnetron usuli elektronning solishtirma zaryadini aniqlashda qulay va tushunarli usul hisoblanadi. Virtual laboratoriya esa tajribani xavfsiz bajarish, natijalarni qayta ko'rish va hisoblashlarni tekshirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xudayberdiyev E.N. v.b Umumiy fizika bo'yicha laboratoriya ishlari. - Navoiy, 2024.
2. Nasriddinov K.R , Xudayberdiyev E.N. v.b Atom fizikasi. Darslik. – Toshkent. Zebo prints, 2025. – 412 b.
3. Xudayberdiyev E.N. v.b Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi. - Toshkent. Zebo prints, 2026. – 483 b.
4. Sivuxin D.V. Umumiy fizika kursi. Elektr va magnetizm. - Moskva: Nauka, 1983.
5. Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. 2-jild. Elektr va magnetizm. - Moskva: Nauka, 1988.
6. Nurmetova, M. Issues OF Greening the Economy in Ensuring Sustainable Economic Growth. Green Economy and Development, 2(8), 664796.

7. Tursunmetov K.A., Uzoqov A.A. Fizika. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. - Toshkent: O'qituvchi, 2019.
8. Nurmetova, M., & Otamuratova, D. Yashil Iqtisodiyotni Rivojlantirish Tajribalari. Green Economy and Development, 3(2), 666415.
9. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M. Fizika kursi. - Moskva: Vysshaya shkola, 2002.
10. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. - Wiley, 2018.
11. Elektronning solishtirma zaryadini magnetron usulida aniqlash bo'yicha virtual laboratoriya qo'llanmasi.
12. Nurmetova, M., Qutliboyev, S., & Otamuratova, D. (2025). Digitalization directions of the green economy. IITE Proceeding: International Innovation Technology Proceeding, 3(1), 193-205.
13. Olimhon, A., & Muyassar, N. (2025). Using digital technologies to develop the green economy. IITE Proceeding: International Innovation Technology Proceeding, 3(1), 49-61.
14. Nurmetova, M. Swot analysis of the use of digital technologies in the development of the green economy in Uzbekistan. Экономика, (5), 162-166.