

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
SAMARQAND DAVLAT VETERINARIYA
MEDITSINASI, CHORVACHILIK VA
BIOTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**“AXBOROT TEXNOLOGIYALARI TABIIY VA ANIQ
FANLAR” KAFEDRASI**

**O‘QITUVCHISI BOYMATOVA NARGIZA FAYZULLA
QIZINING «FIZIKA 1,2» FANIDAN**

“Elektrostatika, elektr maydoni, doimiy tok”

**MAVZUSIDA
OCHIQ AMALIY MASHG‘ULOT
ISHLANMASI**

Samarqand 2026

Tuzuvchi :

Boymatova N.- SamDVMCHBU “Axborot texnologiyalari tabiiy va aniq fanlar” kafedrasi o‘qituvchisi

Taqrizchilar:

A.Ergashev - Samarqand davlat tibbiyot universiteti “Informatsion texnologiyalar, biofizika va tibbiy fizika” kafedrasi p.f.n: v/b dotsenti

N.Mamatkulov - SamDVMCHBU “Axborot texnologiyalari tabiiy va aniq fanlar” kafedrasi dotsenti, f.m-f.n

O'quv mashg'ulotining ta'lim texnologiyasi modeli

MAVZU: “Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok” (2 SOAT)

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni: nafar
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi:</i>	Amaliy dars
<i>Dars rejasi (o'quv mashg'ulotining tuzilishi):</i>	1. Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok haqida tushunchaga ega bo'lish; 2. Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok tuzilishi va ishlash prinsipi hamda qo'llanilish sohalari o'rganish 3. Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok mavzusiga doir masalalarni formulalar yordamida hisoblashni o'rganish
<i>O'quv mashg'uloti maqsadi:</i>	Talabalarni fan yuzasidan egallagan bilim va ko'nikmalarini aniqlash, mustahkamlash, kengaytirish, Ularda “Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok” haqida yangi ma'lumotlar bo'yicha ko'nikmalar hosil qilish. Talabalalarda ushbu mavzu yuzasidan bilim va malakalarni rivojlantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - talabalarining oldingi mashg'ulotlarda o'zlashtirgan bilim va ko'nikmalarini mustahkamlash;	<i>O'quv faoliyati natijalari:</i> - talabalar oldingi amaliy mashg'ulotlarda olgan bilim va ko'nikmalarini namoyon etadilar; - dars davomida Elektrostatika, elektr maydoni, doimiy tok hamda ularning qo'llanilish sohalari haqida tushunchaga ega bo'ladilar;
<i>Ta'lim usullari:</i>	Amaliy, masalalar yechish
<i>Ta'lim shakli:</i>	Jamoa, guruhlarda ishlash, yakka tartibda ishlash, tezkor savol javoblar
<i>Ta'lim vositalari:</i>	O'quv dasturi, ma'ruza mashg'ulotlar matni, darslik, o'quv qo'llanmalari, uslubiy qo'llanmalar, tarqatma materiallar, kompyuter texnologiyasi va boshqalar.
<i>Ta'lim berish sharoiti:</i>	Dekanat tomonidan dars jadvalida belgilangan, guruh bo'lib ishlashga mo'ljallangan xona.
<i>Monitoring va baholash:</i>	Og'zaki so'rov: amaliy mashg'ulot.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. N.Mamatqulov Fizika (elektr va elektromagnetizm). Darslik T.: “Fan ziyosi” 2023. 256 bet.
2. O.Raximov. N.Mamatqulov. Fizika o‘quv qo‘llanma Samarqand: “Turon” 2021. 619 bet.
3. Norboev N. Arg‘inboev X. Abdullaev X.- Fizikadan amaliy mashg‘ulotlar.
4. T.: Xalq merosi, 2001.264 bet
5. M. Ismoilov, P.Habibullaev, M.Xaliullin. “Fizika kursi”. Darslik. T.:O‘zbekiston. 2000. 470 bet.
6. Sapayev B., Djuraeva L.T. Fizika (laboratoriya mashg‘ulotlari), T.:
7. “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati”, 2017y, 205 bet.
8. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekistonda erkin va farovon yashaylik. “Toshkent, “Tasvir” nashriyot uyi, 2021 yil. – 52 bet.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 28-martdagi “Veterinariya va chorvachilik sohasida davlat boshqaruvi tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-5696 son Farmoni.
- 10.O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 31-martdagi “Veterinariya va chorvachilik sohasida kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish to‘g‘risida”gi PQ-187-son qarori
- 11.Norboyev Z.P va boshqalar “Biofizika” T.: 2003
- 12.Mamatqulov N. Biofizika uslubiy ko‘rsatma 2013.
- 13.Ph. Nelson. Biological Physics-Energy, Information, Life. Updated First Edition. New York. 2008
- 14.J.Newman. Physics of the Life. Seiences DOI Springer Science Business. Medica. LLC. 2008.

“Elektrostatika, elektr maydoni, doimiy tok” mavzusi bo‘yicha texnologik xarita

№	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Talaba
1-bosqich Tayyorgarlik (15 daqiqa)	1.1. Amaliy mashg‘ulot mavzusi, rejasini e’lon qiladi, o‘quv mashg‘ulotining maqsadi va o‘quv faoliyat natijalarini tushuntiradi.	Tinglaydi
	1.2. Mashg‘ulotni o‘tkazish shakli va mezonlarini e’lon qiladi.	Tinglaydi
	1.3. Talabalarga Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok hamda uning asosiy xarakteristikalarini bo‘yicha axborot berish.	Tinglaydi
2-bosqich Asosiy (50-55 daqiqa)	2.1. Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tok haqida umumiy ma’lumot berish 2.2. Elektrostatika, Elektr maydoni, Doimiy tokni tuzilishi va ishlash prinsipini o‘rganish 2.3. Tarqatma materiallar to‘plami	Tinglaydi O‘rganadi O‘rganadi
3-bosqich Yakuniy (10 daqiqa)	3.1. Mavzu bo‘yicha umumiy xulosa qilinadi.	Tinglaydi
	3.2. Talabalarni baholash mezonlarini e’lon qilinadi.	Tinglaydi
	3.3. Navbatdagi amaliy mashg‘ulotda ko‘riladigan mavzuni e’lon qiladi	Tinglaydi Mustaqil ta’limga tayyorgarlik ko‘radi

Elektrostatika, elektr maydoni, doimiy tok

Elektr maydoni haqida tushuncha. Maktab fizika kursidan ma'lumki, u yoki bu yo'l bilan elektrlangan jismlar bir biri bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bu o'zaro ta'sirni tasvirlash uchun elektr maydoni degan tushuncha kiritiladi. Zaryadlangan jismlar fazoda elektr maydonini hosil qiladi deb aytiladi, bu esa uning maydoniga kiritilgan har qanday zaryadlangan jism bilan o'zaro ta'sirlashishiga asoslanadi.

Agar maydonning xarakteristikasi vaqtga bo'g'liq bo'lmasa, unga elektrostatik maydon deyiladi. Bu ma'ruzaning asosiy maqsadi ham elektrostatik maydonning asosiy xossasini moddaning elektr xossasiga bo'g'liq bo'lmagan holda o'rganishdir. Buning uchun zaryadlangan jismlarni va ularning elektrostatik maydonini xarakterlaydigan ba'zi bir fizik kattaliklarni kiritamiz va ular bo'ysunadigan qonunlarni aniqlaymiz.

Elektr zaryadi. Zaryadning diskretligi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni

Elektrostatik o'zaro ta'sirni tajribada o'rganish shunday xulosaga olib keladi, ya'ni elektrlangan jismni skalyar fizik kattalik elektr zaryadi bilan xarakterlash mumkin.

Elektr zaryadini aniqlash uchun quyidagicha tajriba qilamiz. Elektrostatik maydonning qandaydir nuqtasiga navbat bilan turli xil zaryadlangan jismlarni joylashtiramiz va unga maydon tomonidan ta'sir qilgan kuchlarni aniqlaymiz. Agar maydonni hosil qiluvchi va unga kiritilgan jismlarning o'lchami ular orasidagi masofaga nisbatan kichik bo'lsa, tajriba ko'rsatadiki, o'zaro ta'sir kuchlar bitta to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir qiladi. Lekin bu ta'sir ba'zi bir jismlar bilan bir yo'nalishda, boshqalari bilan esa qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi. Shunga asosan, barcha zaryadlangan jismlar ikkiga bo'linadi va qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan xarakterlanadi, ularning absolyut miqdorlari q_1 va q_2 ga teng deb olinadi. Shu jismlarga ta'sir qiluvchi kuchlar kattaliklarining F_1 va F_2 nisbatlari ularning zaryadlari q_1 va q_2 nisbatida bo'ladi, ya'ni quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{F_1}{F_2} \quad (1.1)$$

Agar birinchi jismning zaryadini q bilan, ikkinchi zaryadni o'lchov birligi sifatida qabul qilsak (1.1) ga asosan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$|q| = (1 \text{ zaryad birligi}) F_q / F_q = 1 \text{ z.b.} \quad (1.2)$$

Shunday qilib, zaryadning absolyut miqdori son jihatidan shu zaryadga va birlik zaryadga navbatma-navbat maydonning shu nuqtasiga joylashtirilgan zaryadga ta'sir qiluvchi kuchlar nisbatiga teng bo'ladi. XB (SI) sistemasida elektr miqdorining o'lchov birligi sifatida 1 Kl (Kulon) qabul qilingan. O'tkazgich ko'ndalang kesimidan 1 sekundda 1 Kl zaryad o'tganda 1 Amperga teng tok kuchi hosil bo'ladi.

$1\text{Kl} = 3 \cdot 10^9 \text{ SGSE}_q = 6,3 \cdot 10^{18}$ ta elektron (yoki proton) zaryadiga teng.

Ma'lumki, hozirgi vaqtda jismning zaryadi atom tarkibiga kiruvchi elementar elektr zaryadining borligi bilan aniqlanadi (musbat zaryadlangan protonlar va manfiy zaryadlangan elektronlar). Bu va boshqa zaryadlangan jismlar elementar elektr zaryadiga ega bo'ladi, uning absolyut miqdori

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Kl} \quad (1.3)$$

Bu esa bitta elektronning zaryadidir va $1.6 \cdot 10^{-19}$ Kl bo'lgan zaryadning eng mayda bo'lakchasidir yoki elektr zaryadining tabiiy o'lchovidir (keyingi vaqtda kvarklar nazariyasi yana mayda zaryad borligini isbotlamoqda, bu haqda biz to'xtab o'tirmaymiz).

Jismning to'la zaryadi

$$q = eN_p + (-e)N_e, \quad (1.4)$$

bu yerda N_p - protonlar soni, N_e - elektronlar soni.

Protonlar soni elektronlar soniga teng bo'lganda $q=0$; elektronlar soni kam bo'lganda ($N_e < N_p$) jism musbat zaryadlanadi, ziyod bo'lganda ($N_e > N_p$)- manfiy zaryadlanadi.

Shunday qilib, jism zaryadi hamma vaqt elementar zaryad kattaligiga nisbatan karrali yoki diskretdir.

Ixtiyoriy yopiq (izolyatsiyalangan) sistema elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi. Bunga elektr zaryadlarining saqlanish qonuni deyiladi. Bu qonun tajriba natijalarini umumlashtirish asosida kelib chiqqan fundamental qonun hisoblanadi.

Kulon qonuni

1785 yilda Kulon tajribada ikkita nuqtaviy zaryadning, ya'ni o'lchami ular orasidagi masofaga nisbatan kichik bo'lgan zaryadlangan jismlar uchun o'zaro ta'sir qonunini topdi. Bu qonunga ko'ra, ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchlari Nyutonning uchinchi qonunini qanoatlantirdi. Ya'ni zaryadlar o'rtasidagi kuch zaryadlarni birlashtiruvchi to'G'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan bo'ladi, kattaliklari teng va yo'nalishlari qarama-qarshi bo'ladi. Bu kuchlarning kattaligi q_1 va q_2 zaryadlarga to'G'ri proporsional va ular orasidagi r_{12} masofaning kvadratiga teskari proporsional:

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}, \quad (2.1)$$

bu yerda k - proporsionallik koeffisienti bo'lib, o'lchov sistemasiga bog'liq va tajribada aniqlanadi. XB sistemasida u quyidagicha yoziladi:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0\text{- doimiylikka elektr doimiysi deyiladi. Tajribada } \epsilon_0\text{-ning qiymati}$$

uchun quyidagi natijani beradi: $\epsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11} \text{ F/m}$.

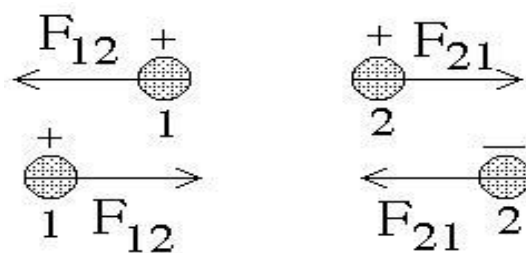
Bu yerda F/m elektr doimiysining o'lchov birligi.

Kulon qonunini vektor ko'rinishida ham yozish mumkin.

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|\vec{r}_{12}}{r_{12}^3}, \quad (2.2)$$

Bu yerda F_{12} - q_2 zaryad tomonidan q_1 zaryadga ta'sir etuvchi kuch:

r_{12} - q_1 zaryaddan q_2 zaryadga o'tkazilgan birlik vektor.



1–rasm.

1–Rasmda bu kuchning yo‘nalishi ko‘rsatilgan. Kuchlarning yo‘nalishi zaryadning ishorasiga bo‘g‘liq.

Agar zaryadlar ishorasi bir xil bo‘lsa, zaryadlarga ta’sir qiluvchi kuchlar qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi. Agar zaryadlar har xil ishorali bo‘lsa, zaryadlarga ta’sir etuvchi kuchlar bir biriga tomon yo‘nalgan bo‘ladi.

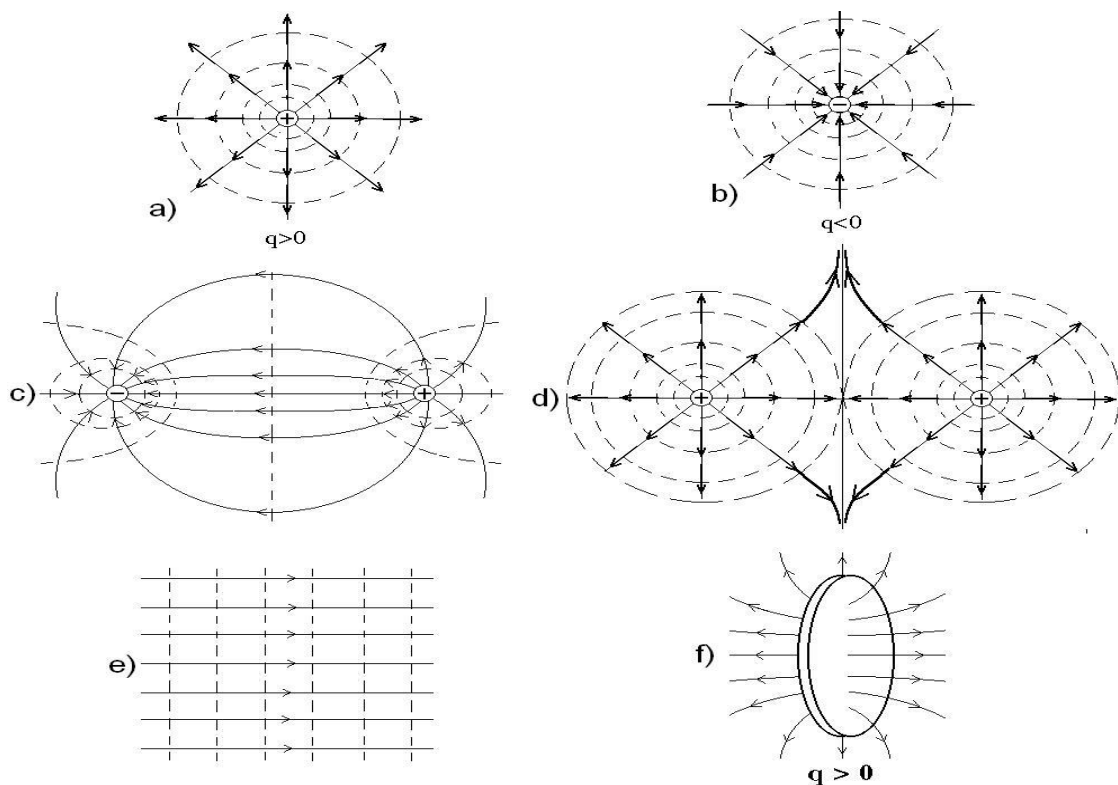
Dj. R. Zaxorias degan fizik “Science” jurnalida (8 mart 1957 y) quyidagicha yozadi: “....Kulon qonuni. Bir xil zaryadlar itarishadi, har xil zaryadlar bir biri bilan ular o‘rtasidagi masofaning kvadratiga teskari bo‘lgan kuch bilan ta’sirlashadi..... atom va molekulyar fizikaning barcha hodisalarida, barcha qattiq jismlar va suyuqliklarda, bizning atrof muhit bilan o‘zaro munosabatimizni aniqlab berdi: Ishqalanish kuchi, shamol kuchi, kimyoviy bo‘g‘lanish, magnetizm, butun fabrika va zavodlarni harakatga keltiruvchi kuchlar-bu hammasi Kulon qonunining ko‘rinishidir.”

Elektr maydon kuchlanganligi

Elektr maydonning asosiy xarakteristikasi kuchlanganlik vektoridir. Qandaydir qo‘zg‘almas zaryadlar sistemasi tomonidan hosil kilingan ixtiyoriy elektrostatik maydonini qaraymiz. Sinash zaryadi q_0 ni olamiz va uni maydonning turli xil nuqtalariga joylashtiramiz. (1.1) ga ko‘ra sinash nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta’sir qiluvchi kuch F sinash zaryad q_0 kattaligiga proporsionaldir:

$$\vec{F} = \vec{E}q_0, \quad (3.1)$$

Sinash zaryadi eng kamida ikkita shartni qanoatlantirishi kerak. Birinchidan, uning geometrik o‘lchamlari juda kichik bo‘lishi kerak, chunki bizni fazoning ma’lum nuqtasidagi kuch qiziqtiradi. Ikkinchidan, uning kattaligi q_0 ham uncha katta bo‘lmasligi kerak, aks holda uning maydoni tekshirilayotgan maydonning hosil qilgan zaryadlarining qayta taqsimlanishini o‘zgartirib yuborishi mumkin, ya’ni natijalarni sezilarli o‘zgartirib yuborishi mumkin.



2-rasm

F-kuch maydonning xarakteristikasi bo'la olmaydi, chunki u shu maydonga kiritilgan sinash zaryadiga bo'g'liqdir. Vektor $\vec{E}$ esa q_0 ga bo'g'liq emas, u maydonning xossasiga, ayniqsa zaryad hosil qilgan maydonning fazoda tarqalishiga va fazoning nuqtasiga bo'g'liqdir. Unga elektr maydon kuchlanganligi deyiladi. (3.1) ifodadan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad (3.2)$$

Elektr maydon kuchlanganligi son jihatdan sinash zaryad kattaligiga ta'sir qiluvchi kuchga tengdir. Yoki boshqacha aytganda, kuchlanganlik son jihatdan va yo'nalishi jihatdan birlik musbat sinash zaryadiga ta'sir qiluvchi kuchga tengdir. XB sistemasida kuchlanganlikning o'lchov birligi 1N/Kl, bu esa 1V/m ga ekvivalentdir.

Juda ko'p masalalarda fazoda zaryadlarning joylanishiga qarab elektrostatik maydonning kuchlanganligini aniqlash talab etiladi.

Nuqtaviy zaryad maydonining kuchlanganligi

Nuqtaviy zaryadni q bilan, fazodagi nuqtalarning holatini radius-vektori $\vec{r}$ bilan xarakterlaymiz. Sinash zaryad q_0 ga ta'sir qiluvchi kuch Kulon qonuni (2.2) bilan aniqlanadi, bu yerda qabul qilingan belgilashlarga ko'ra, q_1 ni q ga, q_2 ni q_0 ga va r_{12} ni r ga almashtiramiz.

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q||q_0|\vec{r}}{r^3} \quad (4.1)$$

(3.2) ga ko'ra, kuchni sinash zaryad kattaligiga bo'lsak, quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|\vec{r}}{r^3} \quad (4.2)$$

Kuchlanganlikning absolyut qiymati uchun quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \quad (4.3)$$

(4.2) dan kelib chiqadiki, musbat nuqtaviy zaryadning ($q>0$) maydon kuchlanganlik vektori radius-vektor $\vec{r}$ tomon yo'nalgan bo'ladi, manfiy zaryadning ($q<0$) maydoni $\vec{r}$ ga qarshi yo'nalgan bo'ladi, ya'ni q zaryadga tomon yo'nalgan bo'ladi. Kuchlanganlikning kattaligi masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir. Nuqtaviy zaryadning maydon manzarasi 2-rasmda tasvirlangan (a va b hol). Bu yerda kuchlanganlik vektori strelka bilan tasvirlangan.

Superpozitsiya prinsipi. Nuqtaviy zaryadlar tizimining maydon kuchlanganligi

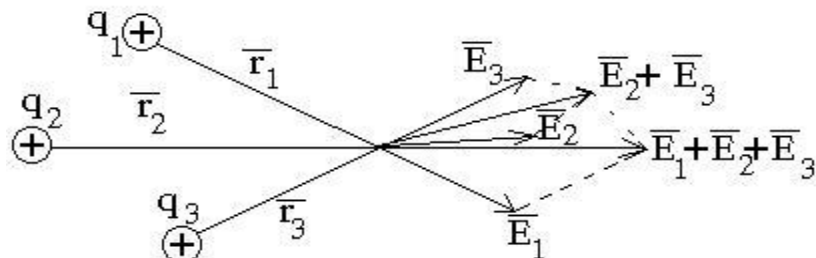
Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi, yoki qo'shilish, bunga ko'ra ixtiyoriy zaryadlar sistemasi tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganligi har bir nuqtada alohida zaryadlar hosil qilgan maydon kuchlanganliklar yiG'indisiga teng bo'ldi.

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i \quad (5.1)$$

bu yerda $\vec{E}_i$ -sistemaning i -zaryad hosil qilgan maydon kuchlanganligi va summa sistemadagi barcha zaryadlar bo'yicha olinadi. Superpozitsiya prinsipi zaryadlar fazoda har qanday taqsilanganda maydon kuchlanganligi nazariy hisoblash bilan mumkinligini ko'rsatadi. Haqiqatda ham har qanday zaryadlangan jismni nuqtaviy zaryadlar yiG'indisi yoki to'plami deb qarash mumkin. q_i ta nuqtaviy zaryadlar sistemasining hosil qilgan maydoni uchun (5.1) superpozitsiya prinsipiga asosan quyidagiga ega bo'lamiz:

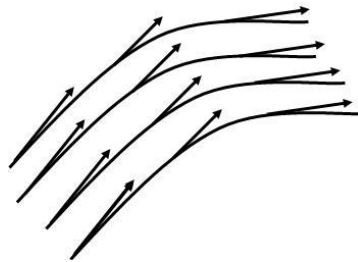
$$\vec{E} = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^3} \vec{r}_i \quad (5.2)$$

Bu hol uchta nuqtaviy zaryad uchun quyidagi 3-rasmda ko'rsatilgan:



3-rasm

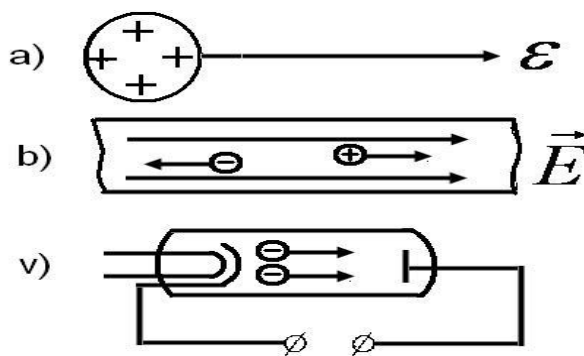
Kuchlanganlik chiziqlari. Agar qandaydir vektor kattalikning qiymati fazoning barcha nuqtalarida yoki fazoning sohasida aniqlangan bo'lsa, vektor maydon haqida gapiriladi. Vektor maydonning ko'rgazmali tasvirini hosil qilish uchun chiziqlar shunday o'tkaziladiki, har bir nuqtadagi vektorning yo'nalishi shu chiziqlarga urinma bo'lishi kerak. (4-rasm)



4-rasm

Vektor maydon chiziqlarini o'tkazish shunday shart bilan amalga oshiriladi, uning zichligi har bir nuqtadagi vektor kattalikning absolyut qiymatiga teng bo'ladi. Bunga ko'ra vektor maydon kichik chiziqlar manzarasiga qarab nafaqat uning yo'nalishi haqida, balki uning kattaligi haqida fikr yuritildi: chiziqlar zich bo'lgan joyda vektorning kattaligi ko'p, va aksincha. Kuchlanganlik vektori chiziqlari yana bir muhim xossaga ega bo'ladi: agar kuch chiziqlarini zichlik sharti bo'yicha o'tkazilsa, ular zaryadlangan jismlardan tashqari uzluksiz bo'lib, zaryad bor joyda esa uziladi, musbat zaryad bor joyda -"boshlanadi", manfiy zaryadlarda -" tugaydi ". Bu esa Gauss tenglamasini natijasi, bu haqda keyin qaraymiz. 2-rasmda musbat va manfiy zaryad (a, b), ikkita turli xil va bir xil zaryadlangan (c va d), bir jinsli (e) va yupqa zaryadlangan (f) diskning kuchlanganlik chiziqlari tutash chiziqlar bilan belgilangan.

Elektr toki haqida umumiy tushunchalar va tokning turlari. Elektr toki deb, elektr zaryadlarining tartibli harakatiga aytiladi. Elektr tokiga berilgan bu ta'rif bir tomonlama bo'lib elektr tokining umumiyligini hisobga olmaydi. Elektr tokini hosil qilishning turli xil hollar bo'lishi mumkin. Masalan, qandaydir jismni zaryadlaymiz, ya'ni unga elektr zaryadi beramiz va uni fazoda ko'chiramiz. Bu vaqtda elektr zaryadi makroskopik jism bilan birga harakat qiladi (36a-rasm). Bunday tokka konveksion tok deb ataladi. (Konveksion tokka keyingi boblarda batafil to'xtab o'tamiz)



36 rasm

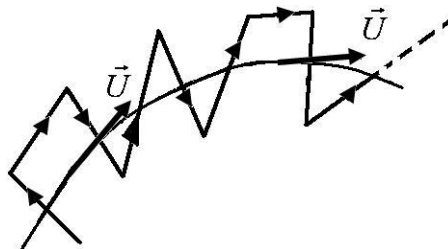
Endi tashqi elektr maydonida joylashgan o'tkazgichni qaraylik (36b–rasm) O'tkazgich ichida joylashgan elektr zaryadining harakati quyidagicha bo'ladi: musbat zaryadlar maydon bo'yicha, manfiy zaryadlar esa maydonga qarama-qarshi bo'ladi. Bunday mikroskopik zaryadning hosil qilgan tokiga o'tkazuvchanlik toki deb ataladi. Ma'lumki, elektron lampada (36v–rasm) mikroskopik elektr zaryadlarining bo'shliqdagi harakati tufayli elektr tokini hosil qiladi. Bunday tokka vakuumdagi tok deb aytiladi.

Sizga ma'lumki, elektromagnit induksiya hodisasidan berk konturda hosil bo'lgan tokka induksion tok deb aytilgan edi. Bu yerda induksion tokning paydo bo'lishi o'tkazgichdagi erkin elektronning kristall panjarada mahkamlangan musbat zaryadga nisbatan harakati tufayli paydo bo'ladi. Xuddi shuningdek, ferromagnitlarda magnitlanish toki haqida ham gapiriladi.

Yuqorida keltirilgan misollar elektr tokiga umumiy ta'rif berishi kerakligini taqqazo etadi. Elektr toki deb, moddada musbat va manfiy zaryadlarning, elektronlar va teshiklarning, spinlarning tashqi ta'sir natijasidagi harakatiga aytiladi.

Biz texnik jihatdan juda ko'p qo'llanishga ega bo'lgan o'tkazuvchanlik tokining qonunlarini qarab chiqamiz. Elektr tokini o'tkazadigan moddalarga o'tkazgich deyiladi. O'tkazgichning asosiy belgisi unda zaryadlangan zarracha-tok tashuvchilarning bo'lishidir, ya'ni tashqi maydon ta'sirida o'tkazgich bo'ylab ularning harakatini hosil qilishidir. O'tkazgichlar: metallar, yarim o'tkazgichlar, ba'zi-bir suyuqliklar (elektrolitlar), ma'lum sharoitda gazlar ham bo'lishi mumkin.

O'tkazgichdan tok o'tganda alohida tok tashuvchilarning trayektoriyasini sxematik ravishda siniq chiziq bilan tasvirlash mumkin (37-rasm). Tok tashuvchilar xaotik harakatda bo'ladi va shu bilan birga unga ta'sir qiluvchi kuch tomonga tartibli harakat ham qiladi. Elektr tokini makroskopik jihatdan tasvirlaganda issiqlik harakatini hisobga olmaslik ham mumkin, chunki u zaryadning sistematik ko'chishiga uncha halaqit bermaydi va trayektoriya bo'yicha yoki tok chiziqlari bo'yicha $\vec{V}$ tezlik bilan harakatini qarasak yetarli bo'ladi.



37-rasm

Tok kuchi va tok zichligi. O'tkazgich ichida qandaydir S sirtni qaraymiz. Qisqa vaqt ichida, t va $t + \Delta t$ vaqt davomida bu sirt orqali Δq zaryad o'tsin, u vaqtda tok kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (31.1)$$

Bu nisbatga S sirt orqali o'tayotgan tok kuchi deyiladi.

Agar S sirt orqali o'tgan zaryadni vaqtning funksiyasi $q(t)$ deb qarasak, u vaqtda (31.1) ga ko'ra tok kuchi zaryadning vaqt bo'yicha hosilasiga tengdir:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (31.2)$$

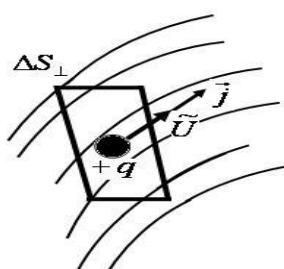
Demak, tok kuchi son jihatdan qaralayotgan sirtdan vaqt birligi ichida o'tgan zaryaddir. Doimiy tokda $q(t)$ vaqtga proporsional, shuning uchun (30.2) formuladagi hosila o'rniga istalgan vaqt ichida o'tgan zaryadning shu vaqtga nisbati olinadi:

$$I = \frac{q}{t} \quad (30.3)$$

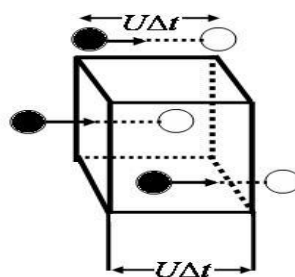
Tok kuchi algebraik kattalikdir. O'tkazgich bo'yicha ikkita yo'nalishlardan birini musbat deb, tok kuchiga musbat ishora, agar musbat zaryad tashuvchilar shu yo'nalishda harakat qilsalar va manfiy ishora qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilsa. Tok kuchining o'lchov birligi XB sistemasida amper bo'lib, bu haqda magnit maydoni mavzusida alohida to'xtalamiz.

Ko'pgina hollarda o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan o'tgan to'la tok kuchini bilish yetarli bo'lmaydi, shuning uchun o'tkazgich kesimi bo'yicha tokning taqsimlanishini bilish kerak bo'ladi. Shu maqsadda tok zichligi vektori degan kattalik kiritiladi. Tok zichligi deb, shunday vektorga aytiladiki, uning kattaligi tok chiziqlariga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzadan o'tgan tok kuchiga teng bo'lib, yo'nalishi musbat tok tashuvchilarining tartibli harakat yo'nalishi bilan mos keladi. (38-rasm) Agar tok chiziqlariga perpendikulyar bo'lgan yuza $\Delta S_{\perp}$ ga ΔI tok kuchi to'g'ri kelsa, u vaqtda ta'rif bo'yicha, biz tok zichligi vektori kattaligi uchun quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$j = \frac{\Delta I}{\Delta S_{\perp}} \quad (31.4)$$



38-rasm



39-rasm

Tok zichligini tok tashuvchilar konsentrasiyasi n_0 va tartibli harakat tezligi $\vec{g}$ orqali ifoda qilish mumkin. 39-rasmdan ko‘rinadiki, kichik $\Delta S_{\perp}$ yuza orqali Δt vaqt ichida faqat shuncha tok tashuvchilar o‘tadiki, agar t vaqt ichida asosi $\Delta S_{\perp}$ va balandligi $\vec{g} \Delta t$ bo‘lgan to‘G‘ri parallelopipedda joylashgan tashuvchilargina (boshqa zaryad tashuvchilar yuzaga yetmasligi, u yoki uning yaqindan o‘tib ketishi mumkin) joylashgan bo‘ladi. Bu zaryad tashuvchilar soni $n_0 u \Delta t \Delta S_{\perp}$ ni alohida tok tashuvchi zaryad q ga ko‘paytirsak, $\Delta S_{\perp}$ yuzadan Δt vaqt ichida o‘tgan zaryad $q n_0 u \Delta t \Delta S_{\perp}$ ga teng bo‘ladi. Buni Δt ga bo‘lsak, $\Delta S_{\perp}$ orqali o‘tgan tok kuchi ΔI ni topamiz: $\Delta I = q n_0 u \Delta t \Delta S_{\perp}$. Bu ifodaning ikkala tomonini $\Delta S_{\perp}$ ga bo‘lsak tok zichligi uchun quyidagi kattalik kelib chiqadi:

$$\vec{j} = q n_0 \vec{g} \quad (31.5)$$

Bu formulani vektor ko‘rinishida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{j} = q n_0 \vec{g} \quad (31.6)$$

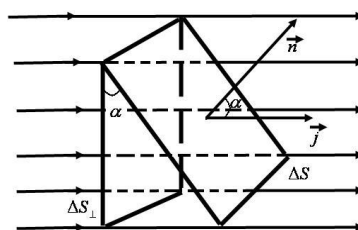
Agar tok tashishda musbat va manfiy zaryadlar ishtirok etsa, u vaqtda unga tegishli tok zichligi:

$$\vec{j} = \vec{j}_+ + \vec{j}_- = q n_0 \vec{g}_+ + q n_0 \vec{g}_- \quad (31.7)$$

Har qanday ixtiyoriy sirt S orqali o‘tgan tok kuchi tok zichligi vektorining shu sirt orqali o‘tgan oqimiga teng:

$$I = \int_S \vec{j}_n ds \quad (31.8)$$

Bu formulani isbot qilish mumkin. Buning uchun eng avvalo, ΔS kichik yuza orqali o‘tgan tok kuchi ΔI ni topamiz. (40-rasm)



40-rasm

Zaryadning saqlanish qonunini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

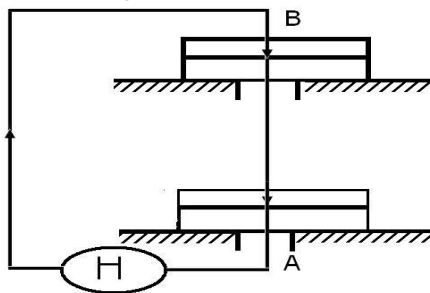
$$\frac{dQ}{dt} = - \oint_S \vec{j}_n ds \quad (31.9)$$

Bu ifodaning differensial ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{d\rho}{dt} + \text{div} \vec{j} = 0 \quad (31.10)$$

Tashqi kuchlar, elektr yurituvchi kuch va kuchlanish. O'tkazgichda elektr toki hosil qilish uchun unda elektr maydoni hosil qilish kerak. Bu maydon tok tashuvchilarga ta'sir qilib, ularning tartibli harakatini hosil qiladi. Ravshanki, doimiy tok olish uchun faqat elektrostatik kuchlarning bo'lishi yetarli emas, chunki biz bilamizki, ularning ta'sirida zaryad o'tkazgich sirti bo'yicha tekis taqsimlanadi, chunki o'tkazgich ichida maydon bo'lmaydi. Ikkinchi tomondan, energiyaning saqlanish qonuniga asosan, doimiy tok zanjiridan uzluksiz ravishda issiqlik ajralib turadi. O'tkazgichlarning ichki energiyasi undan tok o'tganda o'zgarmaydi, issiqlik ajralib chiqishi zaryadni qandaydir boshqa kuchlar tomonidan ko'chirilgan ish hisobidan amalga oshiriladi. Bu elektrostatik kuch bo'lmasligi kerak, chunki elektrostatikadan ma'lumki, ularning yopiq kontur bo'yicha bajargan ishi nolga teng.

Shunday qilib, doimiy tok bo'lishi uchun zanjirda qandaydir noelektr kuch bo'lishi kerak - bu kuchni tashqi kuchlar deyiladi. Agar Kulon kuchlari turli xil ishorali zaryadlarni qo'shib, ularning potensialini tenglashtirishga va elektr tokini o'tkazishda yo'qotishga olib kelsa, tashqi kuchlar esa turli xil ishorali zaryadlarni ajratadi va o'tkazgich uchlarida potensiallar ayirmasini doimiy saqlab turadi. Zanjirda tashqi kuchlarning qo'shimcha maydoni elektr energiyasi manbalari (galvanik elementlar, akkumulyatorlar, termogeneratorlar, elektrogeneratorlari va hakoza.) orqali amalga oshiriladi. Doimiy tok zanjirida tashqi kuchlar manbaining bo'lishi har qanday yopiq gidravlik sistemada suyuqlikning doimiy oqimini hosil qiluvchi nasos kabi zarurdir. Bu jarayonni sifat jihatdan tushuntirishda quyidagi gidravlik zanjirdagi o'xshashlikdan foydalanish mumkin.



41-rasm

Yuqoridagi rasmda yopiq suv sistemasida A nuqtadan B nuqtagacha suv nasos N tomonidan hosil qilingan tashqi kuchlar ta'sirida oG'irlik kuchiga qarshi harakat qiladi, B nuqtadan A nuqtagacha u oG'irlik kuchi ta'sirida harakat qiladi. Elektr zanjirida nasos vazifasini elektr energiya manbai bajaradi. Shu hisobdan hosil qilingan tashqi kuchlarning maydoni elektr zaryadini elektr energiya manbai ichida elektrostatik maydon kuchiga qarshi ish bajarish hisobidan hosil bo'ladi. Natijada

tashqi zanjirning uchlarida potentsiallar ayirmasi doimiy ushlab turiladi va zanjirda doimiy tok oqadi.

Doimiy tok qonunlari. Ikki holatni ta'kidlab o'tamiz. Birinchisi, doimiy tok faqat yopiq zanjirda oqadi, aks holda zanjir uzilgan joyda zaryadlar to'planib qoladi. Bu esa vaqt bo'yicha elektr tokining o'zgarishiga olib keladi, natijada tok tashuvchilarning statsionarlik holati buziladi. Ikkinchidan, tok kuchi har qanday o'tkazgich kesimlarida turlicha bo'lganda edi, shu kesma o'rtasidagi sohada zaryad to'planib qolar edi, bu yana o'z navbatida elektr maydonining o'zgarishiga olib kelar edi, shu bilan birga tokning statsionar harakati buzilar edi.

Endi doimiy tokning miqdoriy qonunlariga o'tamiz. Nemis fizigi Georg Om tajribada aniqladiki, doimiy tok zanjirining bir qismi uchun, bu sohada EYUK bo'lmagan holda, tok kuchi kattaligi kuchlanishga proporsional ekanligini ko'rsatib berdi:

$$I = \frac{U}{R} \quad (33.1)$$

Bu yerda R - proporsionallik koeffisienti bo'lib, o'tkazgichning fizik xossasiga va geometrik shakliga bog'liq bo'ladi va unga o'tkazgichning qarshiligi deyiladi. Elektr qarshilik tushunchasini fizikaga G. Om kiritgan, shunga ko'ra qarshilik o'lchov birligi uchun Om qabul qilingan.

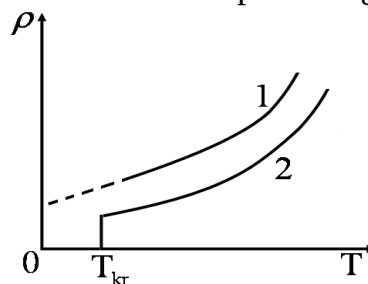
Silindrik shakldagi bir jinsli o'tkazgich qarshiligi, uning uzunligi l ga to'g'ri proporsional bo'lib, o'tkazgich ko'ndalang kesim yuzasi S ga teskari proporsionaldir:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (33.2)$$

Bu yerda ρ koeffisient bo'lib, son jixatidan uzunlik birligidagi silindrik o'tkazgich qarshiligini bildiradi ($l=1\text{m}$, $S=1\text{m}^2$). Unga o'tkazgichning solishtirma qarshiligi deyiladi. Unga teskari kattalikka moddaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi deyiladi:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (33.3)$$

Solishtirma qarshilik o'tkazgich temperaturasining oshishi bilan oshadi, uncha past bo'lmagan temperaturalarda taxminan temperaturaga proporsionaldir.



43-rasm

Ko'pgina metallar (simob, qalay, alyuminiy, va h.z.) va qotishmalar sovitilganda qandaydir kritik temperaturaga (T_{kr}) yetganda o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tiladi. Bu holatga o'tishning belgisi qarshilikning nolga teng bo'lishi bilan baholanadi, keyingi sovutishlarda ham nol holatda qolaveradi (42-rasmdagi 2-egri chiziq).

Kritik temperaturalar qiymati 1911 yillarda, ya'ni Kamerling Onnes davrida juda past edi. Bu qiymat 5K dan kichik edi. Ammo, 1986 yilda o'ta o'tkazuvchanlikning rivojlanishi yangi bosqichga o'tdi. Uta o'tkazuvchanlik temperaturasi 80-100 K lar ga ko'tarildi. Bu yangi kashfiyot uchun Shveysariyalik fiziklar Bedner va Myullerga Nobel mukofoti berildi.

Joul-Lens qonuni bo'yicha doimiy tok zanjirining sohasidan tok o'tganda uzluksiz ravishda issiqlik ajralib chiqib turadi, bu issiqlik miqdori soha qarshiligiga, tok kuchining kvadratiga va vaqtga bo'g'liqdir. Demak, t vaqt ichida o'tkazgichdan ajralib chiqqan issiqlik miqdori Q quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = I^2 R t \quad (33.4)$$

Joul-Lens qonuni EYUK ga va qarshilikka ega bo'lgan zanjir uchun Om qonunini chiqarishga imkon beradi (energiyaning saqlanish qonuning natijasi sifatida). Haqiqatdan ham (32.4) ni hisobga olsak va uni q ga bo'lib, topamizki, birlik zaryad o'tgan vaqtda ajralib chiqqan issiqlik miqdori son jixatidan $I \cdot R$ ga teng bo'ladi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, bu issiqlik birlik zaryadni ko'chirishdagi barcha kuchlarning ishiga tengdir:

$$I \cdot R = \varphi(B) - \varphi(C) + \varepsilon \quad (33.5)$$

EYUKga ega bo'lgan zanjir qismi uchun chiqadigan Om qonunidan bevosita tarmoqlanmagan yopiq zanjir uchun Om qonuni kelib chiqadi.

Agar formula (33.5) da $\varphi(B) = \varphi(C)$ deb olsak, biz konturning dastlabki holatiga qaytgan bo'lamiz. To'la qarshilikni R va ichki qarshilikni r bilan belgilasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$I \cdot (R + r) = \varepsilon \quad (33.6)$$

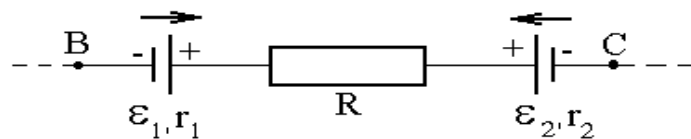
Bu (33.5) va (33.6) formulalardagi yiG'indi EYUK ni bildiradi.

Ishoralar qoidasini aniqlaymiz. Qandaydir aylanish yo'nalishini musbat uchun qabul qilamiz - bu boshlanG'ich nuqta B dan oxirgi nuqta C yo'nalishdagi manbaning E.Yu.K. ga musbat ishora, agar tashqi kuchlarning kuchlanganlik yo'nalishi unda aylanish yo'nalishi bilan mos kelsa va manfiy ishora aks holda (tashqi kuchlarning kuchlanganligi yo'nalishi manba ichida manfiy elektrodan

musbatga yoʻnalgan). Tok kuchi ishorasi musbat zaryadlarning qayeqqa yoʻnalganligiga bogʻliq boʻladi: aylanish musbat yoʻnalish boʻyicha boʻlsa ($I > 0$) yoki unga qarshi ($I < 0$) rasmda koʻrsatilgan soha uchun, bu yerda strelkalar tashqi kuchlarning manbadagi kuchlanganligining yoʻnalishini koʻrsatadi. U vaqtda Om qonuni (33.5) quyidagicha yoziladi:

$$I(R + r_1 + r_2) = \varphi(B) - \varphi(C) + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (33.7)$$

Agar R , r_1 , r_2 va $\varphi(B)$, $\varphi(C)$, ε_1 , ε_2 larning son qiymatlari qoʻyilganda $I > 0$ boʻlsa, u vaqtda tok musbat yoʻnalishiga qarshi oqadi, yaʼni C nuqtadan B nuqtaga oʻtadi.



Elektrostatika, elektr maydoni, doimiy tok

Fan topshiriqlari

1. Vodorod atomning yadrosi bilan elektroni orasidagi tortishish kuchi topilsin. Vodorod atomining radiusi $0,50 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$, yadro zaryadi elektron zaryadiga miqdor jihatidan teng va qarama-qarshi ishoralidir.
2. Havoda bir-biridan 20 sm uzoqlikda turgan ikkita nuqtaviy zaryad biror kuch bilan oʻzaro taʼsir qiladi. Yogʻda bu zaryadlar shunday kuch bilan oʻzaro taʼsir qilishi uchun, ularni qanday uzoqlikda joylashtirish kerak?
3. Ikkita nuqtaviy zaryad oʻzaro taʼsir kuchining ular orasidagi masofaga bogʻlanish grafigi chizilsin. Grafik $2 \leq r \leq 10 \text{ sm}$ intervalda 2 sm oraliq bilan chizilsin. Zaryadlar miqdoriy mos ravishda $2 \cdot 10^{-8} \text{ Kl}$ va $3 \cdot 10^{-8} \text{ Kl}$.
4. Ikkita protonning Nyuton tortishish kuchi ularning kulon itarishish kuchidan necha marta kichik? Protonning zaryadi son jihatdan elektron zaryadigateng.
5. Natriy atomini bombardimon qilayotgan proton uning yadrosiga $6 \cdot 10^{-12} \text{ sm}$ gacha yaqin keldi deb hisoblab, proton bilan natriy yadrosining elektrostatik itarishish kuchi topilsin. Natriy yadrosining zaryadi proton zaryadidan 11 marta koʻp. Natriy atomi elektron qobiGʻining taʼsiri hisobga olinmasin.
6. Har birining ogʻirligi $0,2 \text{ kg}$ boʻlgan ikkita zaryadlangan metall sharcha bir-biridan biror oraliqda turibdi. Agar shu oraliqda ularning elektrostatik energiyasi oʻzaro gravitasion taʼsir energiyasidan million marta kattaligi maʼlum boʻlsa, sharchalarning zaryadi topilsin.

7. Zaryadi q va massasi m bo'lgan ikkita zarrachaning elektrostatik o'zaro ta'sir energiyasi ularning gravitasion o'zaro ta'sir energiyasidan necha marta katta? Masalani: 1) elektronlar uchun, 2) protonlar uchun yechilsin.
8. Ikkita nuqtaviy zaryad potensial elektrostatik energiyasining ular oraliG' iga boG' lanish grafigi $2 \leq r \leq 10 \text{ sm}$ intervalda har 2 sm oraliqda qilib chizilsin. Zaryadlar $q_1=10^{-9} \text{ Kl}$ va $q_2=3 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$; $\epsilon=1$. Grafik ikki hol uchun chizilsin: 1) zaryadlar bir xil ishorali, 2) zaryadlar turli xil ishorali.
9. Ikkita $q_1=8 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$ va $q_2= -6 \cdot 10^{-9} \text{ Kl}$ nuqtaviy zaryad o'rtasida yotgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi topilsin. Zaryadlar oraliG' $r=10 \text{ sm}$; $\epsilon=1$.
10. Har bir uchida 7 SGSq zaryad turgan kvadratning markaziga manfiy zaryad joylashtirilgan. Agar har zaryadga ta'sir etuvchi natijaviy kuch nolga teng bo'lsa, markazdagi zaryadning miqdori qancha?

Tuzuvchi: o'qituvchi

N.Boymatova

Kafedra mudiri:

L.Safarova

