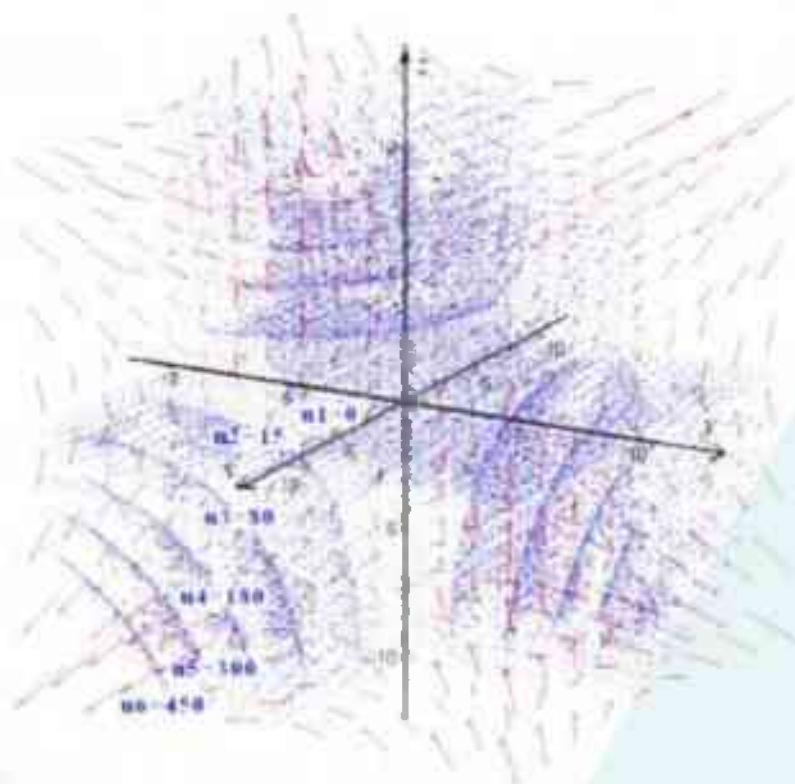


**DUSMURATOV MANSUR  
BAYSOATOVICH**

**OLIV TA'LIMDA ELEKTRODINAMIKANI  
AXBOROT TEXNOLOGIYALARIDAN  
FOYDALANIB O'QITISH IMKONIYATLARI**



*Monografiya*

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA  
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI**

**DUSMURATOV MANSUR BAYSOATOVICH**

**OLIY TA’LIMDA ELEKTRODINAMIKANI AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANIB O‘QITISH IMKONIYATLARI**

***M o n o g r a f i y a***

**CHIRCHIQ-2023**

**« Zebo Prints »**

**UDK-537;004**  
**KBK-32.85;32.973**  
**D-93**

**Dusmuratov M.B., / Oliy ta'limda elektrodinamikani axborot  
texnologiyalaridan foydalanib o'qitish imkoniyatlari / Monografiya – « Zebo  
Prints» nashriyoti. 2023. – 128 b.**

**Mas'ul muharrir**

K.T.Suyarov - pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Taqrizchilar**

N.R.Abduxalikova - fizika-matematika fanlari nomzodi, dosent v.b.

D.K.Nasriddinov - pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Mazkur monografiyada oliy ta'limda Fizika fanining Elektrodinamika bo'limini zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanib o'qitishning imkoniyatlari yoritib berilgan.

Monografiyadan pedagogika oliy ta'lim muasssalarining fizika mutaxassisligidagi bakalavr va magistr talabalari hamda mazkur yo'nalishda ilmiy izlanishlar olib borayotgan tadqiqotchilarga foydalanish tavsiya etiladi.

Monografiya Chirchiq davlat pedagogika universitetining Ilmiy texnik kengashida 2023 yil 15 sentabrda ma'qullangan (13-sonli bayonnoma) va nashr etishga tavsiya etilgan.

**ISBN 978-9910-9964-3-6**

© M.B.Dusmuratov 2023  
© « Zebo Prints », 2023

## MUNDARIJA

|                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>KIRISH .....</b>                                                                                                                         | <b>4</b>   |
| <b>I BOB. ELEKTRODINAMIKA BO‘LIMINI O‘QITISHNING ILMIY-METODIK VA PSIXOLOGIK-PEDAGOGIK ASOSLARI .....</b>                                   | <b>6</b>   |
| 1.1. Elektrodinamika bo‘limi haqidagi tasavvurlarni shakllantirish...                                                                       | 6          |
| 2.1. Zamonaviy kompyuter texnologiyalari va ularni fizika o‘qitish jarayoniga qo‘llashning psixologik va pedagogik asoslari .....           | 16         |
| Birinchi bob bo‘yicha xulosalar .....                                                                                                       | 23         |
| <b>II BOB. OLIY TA’LIMDA ELEKTRODINAMIKA BO‘LIMINI O‘QITISHNI AXBOROT KOMMUNIKATSION TEXNOLOGIYALARI VOSITASIDA TAKOMILLASHTIRISH .....</b> | <b>25</b>  |
| 2.1. Elektrodinamika bo‘limining o‘zlashtirilishi qiyin va fundamental mavzulari tahlili .....                                              | 25         |
| 2.2. Elektrodinamika bo‘limi mazmunini axborot texnologiyalari asosida yaxshilash imkoniyatlari .....                                       | 57         |
| Ikkinchi bob bo‘yicha xulosalar .....                                                                                                       | 92         |
| <b>UMUMIY XULOSALAR.....</b>                                                                                                                | <b>94</b>  |
| <b>ILOVALAR.....</b>                                                                                                                        | <b>95</b>  |
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI .....</b>                                                                                             | <b>111</b> |

## KIRISH

Jahon miqyosida axborot texnologiyalari ta'lim tizimi hamda insoniyat turmush tarzining ajralmas qismi sifatida namoyon bo'lmoqda. O'zining qulayligi, oshkoraligi va tezkorligi bobida zamonaviy axborot texnologiyalari yangilanishlarning muhim omiliga aylanib bormoqda. SHu bois, aniq, tabiiy va texnika fanlarini o'qitish samaradorligini oshirishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalardan keng foydalanish orqali axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini keng joriy etishga alohida ahamiyat berilmoqda. SHular bilan bir qatorda, barcha fanlar kabi fizika fanining o'zlashtirish samaradorligini oshirish va uni yanada chuqurroq o'rganishni jadallashtirish zaruriyati ham ko'zga tashlanmoqda.

Mamlakatimiz taraqqiyoti ham ta'lim sohasida o'tkazilayotgan islohotlar jahon andozasiga mos etuk va yuqori darajada fikrlaydigan kadrlar tayyorlashni taqozo etadi. Bu esa o'qitishni ham mazmun, ham uslub jihatdan yuqori pog'onaga ko'tarishni talab qiladi. Mamlakatimizda keyingi yillarda kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi bilan bog'lik holda mashg'ulotlarni tashkil etishning yangi shakllari yuzaga kelmoqda.

Kompyuter va axborot texnologiyalari imkoniyatlari turmushimizni engillatishi bilan bir qatorda hayotimizning ajralmas qismiga aylanib, xalq xo'jaligining barcha tarmoqlariga, barcha jabhalariga singib bormoqda. SHu jumladan, malakali va etuk kadrlar tayyorlashda, o'qitish samaradorligini oshirishda axborot texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalanish katta samara bermoqda. Ayniqsa, fizika mashg'ulotlarini ham axborot texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalangan holda tashkil etish ko'zlangan maqsadga erishishda kutilgan natijani beradi.

Demak, fizik hodisalarni namoyish qilishda axborot texnologiyalaridan foydalanish yaxshi natijalar bermoqda. Talabaning fizik tasavvurlarini kengaytirishda va ularning bilimlarini yanada oshirishda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash eng qo'lay vosita va unumli usul bo'lib hisoblanadi. Yana

shuni aytish mumkinki, yuqorida keltirilgan dasturlarni ma'ruza jarayonida qo'llash natijasida qisqa vaqt ichida kerakli axborotni talabalarga ko'rgazmali qilib etkazish imkoniyati yaratiladi. Bu esa o'quv samaradorligini oshirishning muhim omili bo'lib xizmat qiladi.

Shu sababli bu Elektrodinamika bo'limini izchillik va uzviylik nuqtai-nazardan tahlil va tadqiq qilish juda muhim. Ikkinchi tomondan, bu bo'limning elektr va magnit maydonlari xususiyatlarini, ularning turli xil zaryadlar yoki tokli o'tkazgichlar sistemalari tomonidan hosil qilingan elektr va magnit maydonlari kabi turli hodisa va jarayonlari talabalarning chuqur tasavvur qilish qobiliyatlarini ham talab qiladi. Shu sababli ham bunday mavzularning axborot texnologiyalari asosidagi mazmunini yaratish va uning asosida o'qitish samaradorligini oshirish masalasi pedagoglar uchun muhim vazifa hisoblanadi.

Mazkur monografiyada yuqorida sanab o'tilgan masalalar yechimlarini yoritib berish o'rin olgan bo'lib, unda axborot texnologiyalari hamda turli dasturiy vositalaridan faoydalanib Elektrodinamikada bo'limini o'qitish sir-sinoatlari haqida so'z boradi. Mazkur monografiya 2 ta bob, 4 ta pragraf, xulosalar, adabiyotlar hamda ilovalardan iborat bo'lib, unda bo'limga oid murakkab mavzularni axborot texnologiyalari yordamida o'qitishga oid dars ishlanmalari, zamonaviy dasturiy vositalar yordamida olingan rangli tasvirlar, nazariy savollar, masalalar va boshqalar joy olgan. Ushbu monografiyadan pedagogika oliy ta'lim talabalariga va magistrilariga foydalanish tavsiya etiladi.

## **I BOB. ELEKTRODINAMIKA BO‘LIMINI O‘QITISHNING ILMIY-METODIK VA PSIXOLOGIK-PEDAGOGIK ASOSLARI**

### **1.1-§. Elektrodinamika bo‘limi haqidagi tasavvurlarni shakllantirish**

Mamlakatimiz rivojlanishining muhim sharti zamonaviy iqtisodiyot, fan, madaniyat, texnika, texnologiya rivoji asosida kadrlar tayyorlash takomillashgan tizimining amal qilishiga erishishdir. "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi"ni bajarish uzluksiz ta'lim tizimining tuzilmasi va mazmunida zamonaviy fan yutuqlari hamda ijtimoiy tajribaga tayangan holda tub islohotlarni amalga oshirishni ko'zda tutadi.

Barcha ta'lim muassasalarida amalga oshirilayotgan ta'lim jarayonida fizika fanini sifatli va samarali o'qitish masalasi ham doimiy dolzarb masalalardan bo'lib qoladi. Buning uchun esa fizikani o'qitishni ilg'or, ilmiy-uslubiy jihatdan asoslangan yangi va zamonaviy uslubiyot namunalari bilan boyitib borish lozim. Fizikani o'qitishning maqsadi, vazifalari, mazmuni, uslubiy talablari fan, texnika va ilg'or texnologiya yutuqlaridan unumli foydalanish orqali bugungi ta'lim tizimi oldida turgan dolzarb muammolarning echimini topishga yo'nalgan bo'lishi kerak.

Kadrlar tayyorlash sohasidagi davlat siyosati uzluksiz ta'lim tizimi orqali shaxsning har tomonlama barkamol bo'lib etishishini ko'zda tutadi. Shaxs esa, uzluksiz ta'lim va kadrlar tayyorlashda ta'lim xizmatlarining iste'molchisi, ishtirokchisi hamda ishlab chiqaruvchisi sifatida namoyon bo'ladi [2; 6–9-b.].

Har bir bitiruvchi o'z navbatida moddiy ishlab chiqarish muhiti sharoitida, shuningdek, fan, madaniyat va xizmatlar ko'rsatish sohalarida ishtirok etadi. SHu sababli ta'limning muhim vazifalaridan biri fizikani yuqori saviyada o'qitishni ta'minlash hamda talabaning malakali kadr bo'lib etishib chiqishi uchun uni zaruriy zamonaviy ta'lim dasturlari asosida tayyorlashdan iborat. O'sib kelayotgan shaxsni o'qitish jarayonida ularga ta'lim olish sharoitlari yaratiladi. Talabalarning bilimga ehtiyoji va qobiliyatlarini shakllantirish hamda rivojlantirishning yo'naltirilgan bo'lishi o'qituvchi faoliyatining ma'suliyatini oshiradi. Fizika ta'limining samaradorligini oshirish, yoshlarning ta'lim jarayoni markazida bo'lishini va mustaqil bilim olishlarini ta'minlash uchun ta'lim muassasalariga

yaxshi tayyorgarlik ko'rgan, o'z sohasidagi bilimlarni mustahkam egallashdan tashqari zamonaviy pedagogik texnologiya-larni va interfaol usullarni biladigan, ularni mashg'ulotlar jarayonida unumli qo'llay oladigan o'qituvchilar kerak. Buning uchun fan o'qituvchilarini yangi pedagogik texnologiyalar va interfaol usullar bilan qurollantirish va olgan bilimlarini o'quv mashg'ulotlarida qo'llash malakalarini uzluksiz oshirib borish lozim [9; 12–16-b.].

Fizikaning Elektrodinamika bo'limini o'qitish uzviyligini nazariy va amaliy jihatdan asoslash fizika ta'limi jarayoni xususidagi tasavvurlar kengayishi, fizik hodisalar to'g'risidagi qarashlar rivoj-lanishi uchun ijobiy ta'sir etadi.

Tarixiy faktlarga bir oz to'xtalib o'tamiz. Elektromagnetizm to'g'risidagi tushuncha juda qadimgi bo'lib, Dekart davrida ham ikkita o'zaro ta'sirlashayotgan jismlarning tortishishi sababi ular orasidagi ma'lum bir muhit deb tushunilgan, magnitlangan va o'zaro elektrlangan jismlarning atrofini qandaydir ko'zga ko'rinmas, sezilmaydigan maydon o'rab olgan deb hisoblangan va uni dunyo "efiri" deb atashgan [59; 6–11-b.].

Qadimdan olimlar qahraboni ishqalash natijasida o'ziga boshqa jismlarni tortib olish hususiyatini bilishgan. "Elektr" so'zi qadimiy grek tilidan olingan bo'lib, elektron - bu "qahrabo" demakdir. Qadimgi greklarda yana maxsus metall temir rudasi mavjud bo'lib, ular ham temir buyumlarni o'ziga tortganligi qadimgi yozuvlarda bitilgan. SHu sababli bunday temir rudalari qadimgi YUnonistonning Magnisiy shahri nomi bilan bog'liq bo'lib, "magnit" so'zi ham shu shaharning nomidan olingan. Lekin qadimda elektromagnit hodisalariga ilmiy tomondan yondashuv mavjud bo'lmagan va buni ilohiy deb tushunilgan. Keyinchalik birinchi bo'lib Lukretsiy Kar o'zining "Tabiatdagi jismlar" asarida magnitning hususiyatini tushuntirib, uni juda ko'p atomlar "oqimi" deb atagan. XII asrda Xitoyda kompas ixtiro qilingan. Kemasozlikning rivojlanishi, dengizda ma'lum yo'nalishda harakatlanish uchun doimiy magnit tabiatini o'rganishga ehtiyoj yuzaga keldi va sun'iy yaratilgan magnit ixtiro qilindi.

Vilyam Gilbert tomonidan 1600 yili yozilgan "Magnit to'g'risida, magnitli jism va ulkan Erning magniti" asarida magnitning hususiyatlari, uning ikki qutbli



ekanligi, magnitning bir xil qutblari bir-birini itarishi, har xil qutblari esa bir-birini tortishini aytib o'tdi va Yerning magnit maydoni haqidagi gipotezani ilgari surdi. Gilbert magnit xususiyatlarini o'rganish bilan birga elektr xususiyatlarini ham o'rganib ularning bir-biridan farq qilishini, elektr xususiyat faqat qaxraboda mavjud bo'lmay, balki qog'oz, xrustal (chinni) shisha, oltingugurt va boshqa moddalarda ham mavjud ekanligini aytib o'tdi [59; 6–11-b.].

1672 yili nemis olimi M. Gerike zaryadlar mavjudligini, ular faqat tortishish kuchiga ega bo'lmay, balki itarishishi ham mumkinligini aytib o'tgan. XVII-asrning birinchi yarmida angliyalik Stefan Grey elektr o'tkazuvchanlik hodisasini kashf etdi.

Peterburglik akademik Frans Epinus suyuqliklarda ham elektr mavjudligini, ular ham bir-birini itarishi va tortishishi mumkinligini aytdi va elektr zaryadining saqlanish qonunini kashf qildi. F.Epinus o'zining 1759 yili yozilgan "Magnitlanish va elektrlanish nazariyasidan tajribalar" asarida magnit va elektr kuchlari mavjudligini bayon qilgan. Bu kuchlarning o'zaro uzoqlashganda ta'siri kamayishini kuzatgan.

Fransiyalik harbiy injener Sharl Ogyusten Kulon 1784 yil osma tarozi burilish burchagi orqali nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchini miqdoriy jihatdan aniqlashga harakat qildi. Bundan tashqari Kulon elektr va magnit maydonlarini aniqlagan. U sochning, ipak va metall iplarning buralishlarini tajribalarda ko'rsatib bergan edi. Bu ishlari uchun 1781 yilda Kulon Parij Fanlar akademiyasining a'zosi qilib saylandi. O'zi yasagan buralma tarozidan foydalanib, Kulon bir ishorali va har xil ishorali nuqtaviy elektr zaryadlarning o'zaro ta'sirini batafsil tekshirdi. Bu tajribalar 1785 yilda elektrostatikaning asosiy qonuni—Kulon qonunining kashf qilinishiga olib keldi. O'zining 1785 - 1789 yillarda e'lon qilingan ishlarida olim elektr zaryadlari hamisha o'tkazgich sirtida joylashishini ko'rsatdi. Magnit momenti, zaryadlarning qutblanishi va boshqa shu kabi iboralarni fanga kiritdi [104; 16–17-b.].

Kulonning eksperimental ishlari elektromagnit hodisalar nazariyasining yaratilishida muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Elektr miqdori birligi (K u l o n) uning sharafiga qo'yilgan [59; 124–132-b.].

Elektrodinamikaning rivojlanishda Aleksandr Volta tomonidan 1782 yili ixtiro qilingan elektroskop (bug'doy poyasi), 1787 yili A.Benneti tomonidan yaratilgan oltin yaproqchali elektrometr fanda katta yutuq bo'lib xizmat qildi. Luiji Galvanining asosiy ishlari qurbaqalar ustida o'tkazilgan tajribalar bo'lib, u atmosferada ham tirik organizmda ham elektr zaryadi mavjudligini tajribalar orqali isbotladi. Galvani musbat zaryadlar organizmning nervlarida joylashgan, manfiy zaryadlar esa muskullarda joylashgan degan hulosaga keladi. 1783 yili esa u kondensatorli elektroskop yaratgan.

XIX asrning o'rtalariga kelib elektr va magnit hodisalari to'g'risida muhim natijalarga kelina boshlandi. Masalan, bu davrdagi muhim yangiliklardan Kulon qonuni, Amper qonuni, elektromagnit induksiya hodisasi, o'zgarmas tok qonunlari va boshqalar hisoblanadi. Elektr va magnit hodisalarning yutuqlaridan biri Vilgelm Eduard Veber nazariyasi edi, bu nazariya o'sha paytda elektrostatika va elektromagnetizm o'rtasida bog'lanish hosil qildi. SHu bilan bir paytda hali fiziklar orasida bu hodisalar haqida to'liq bir umumiy fikr yo'q edi. Lekin shu bilan bir qatorda elektr va magnit hodisalari haqida Faradey qarashlari mavjud bo'lib, uning qarashlari biror qarshiliklarga uchramagan bo'lsada, uning tarafdorlari ham yo'q edi. Faradey 1800 yili birinchi bo'lib elektr toki generatorini yaratdi va bu yutuq unga shon-shuhrat olib keldi. U Parijning ikkita akademiyasi a'zoliciga saylandi. Napoleon unga Graf unvonini hamda Italiya qirolligining senatorlik lavozimini berdi.

Italiyalik Luidji Galvani odam organizmiga elektr tokining ta'sirini o'rgangan bo'lsa, Aleksandr Volta kontakt tokini kashf qildi, ya'ni turli metallar elektr zaryadini yutishini aniqladi. Anri Amper ikki tushunchani — tok va kuchlanishni farqlab berdi, yopiq zanjirdagi tok yo'nalishini aniqladi (tok kuchining birligi uning nomiga qo'yilgani tasodifiy emas). U shuningdek, parallel o'tkazgichlardan oqayotgan tok bir tomonga yo'nalgan bo'lsa, bu o'tkazgichlar bir-

birini tortishini, qarama-qarshi tomonga yoʻnalganda esa oʻzaro itarishishini aniqladi [59;210–219-b.].

A.Amper magnit, uning qutblarini birlashtiruvchi chiziqqa perpendikulyar boʻlgan tekisliklarda joylashgan doiraviy elektr toklar majmuidan iborat, degan tasavvurga asoslangai magnetizm nazariyasini ishlab chiqdi. 1826 yilda Georg Simon Om oʻzining nomi bilan ataladigan elektr zanjirining asosiy qonunini kashf qildi. Om qonuni: oʻtkazgichdagi oʻzgarmas elektr tok kuchi  $I$  uning ikki kesimi orasidagi  $U$  potentsiallar farqi (kuchlanish) ga toʻgʻri proporsionaldir, yaʼni  $I=U/R$ . Proporsionallik koeffitsienti  $1/R$ ,  $R$ -oʻtkazgichning qarshiligi. Bu qonunni E.X.Lens, B.S.Yakobi, K.Gauss, G.Kirxgoff va boshqalar oʻz tadqiqotlariga asos qilib olganlaridan keyingina u fanda tan olindi. 1881 yilda elektr klarning Halqaro kongressida elektr qarshilikning birligi Om nomi bilan ataldi (Om) [88; 72–79-b.], [111; 110–112-b.].

Maykl Faradey 1821 yili magnit maydoni bilan elektr maydonining oʻzaro taʼsiriga asoslangan elektrodvigatelni yaratdi. Faradey halqasi birinchi boʻlib transformator qurilmasi yaratilishiga ham asos boʻlgan edi. XIX asrning boshlarida fizikaning elektrotexnika boʻlimining rivojlanishi jadallasha boshladi. Elektrotexnikaning rivojlanishi elektrotelegrafda muhim rol oʻynadi. 1860-1870 yillarda telegraf va telefon aloqalarining yoʻlga qoʻyilishi elektrodinamikaning rivojlanishida muhim bosqich boʻldi. Elektrodinamikaning rivojlanishi elektr tebranishlarining V.Tomson tomonidan kashf qilinishiga olib keldi va elektrotexnikaning rivojlanishiga yanada katta hissa qoʻshdi.

Elektr tebranishlarning fanda oʻrganilishi elektr asboblari hamda elektr oʻlchagich asboblarning rivojlanishiga olib keldi, elektr oʻtkazgichlar ixtiro qilina boshlandi. Rus olimi Pavel Nikolaevich Yablochkov tomonidan 1876 yilda “Yablochkov shami” yaratildi va bu ixtiro elektr energiyasidan yorugʻlik ishlab chiqaruvchi sifatida foydalanish yoʻlidagi birinchi qadam boʻldi hamda Evropa, Amerika, Osiyoda «Rus yorugʻi» nomi bilan mashhur boʻldi [59; 245–253-b.].

b

o

g

,

“

bo‘limlardan iborat bo‘ldi:

1) “Maksvell elektrodinamikasi” yoki “Klassik makroelektrodinamika”

2) “Lorens elektrodinamikasi” yoki “Klassik mikroelektrodinamika”

3) “Relyativistik elektrodinamika”

4) “Kvant elektrodinamikasi”

Yuqorida sanab o‘tilgan Elektrodinamika bo‘limlaridan o‘rta umumta’lim maktablari, AL va KHKlarida faqat “Maksvell elektrodinamikasi”ning osonlashtirilgan mavzulari o‘rganiladi, xolos. Bu bo‘lim o‘rta umumta’lim maktablari, AL va KHK larida “Elektrodinamika asoslari” bo‘limi, texnika oliy ta’lim muassasalarida “Elektromagnetizm” bo‘limi, Toshkent davlat pedagogika universiteti Fizika va astronomiya o‘qitish metodikasi bakalavriat ta’lim yo‘nalishida “Elektromagnetizm” va “Elektrodinamika” bo‘limlari ko‘rinishlarida o‘qitiladi. “Lorens elektrodinamikasi”, “Relyativistik elektrodinamika” hamda “Kvant elektrodinamikasi” haqidagi ma’lumotlar O‘zMU va boshqa davlat universitetlarining magistratura bosqichi fizika mutaxassisligida beriladi.

“ Endi esa tabiatni o‘rganish ilmiga buyuk ajdodlarimiz, sharq allomalarining qo‘shgan hissalariga to‘xtalib o‘tamiz.

” Abu Nasr Al-Farobiy qomusiy olim bo‘lib, fizikaning mustaqil fan sifatida shakllanishiga asos soldi. Ungacha fizika tabiat haqidagi fan deb qaralib, boshqa tabiiy fanlar bilan birgalikda o‘rganib kelingan. Farobiy fizika faniga ta’rif berib, uning alohida fan sifatida shakllanishiga zamin yaratib berdi va keyinchalik ibn Sino tomonidan mustaqil fan sifatida shakllantirildi. Farobiyning modda tuzilishi, issiqlik, harakat, moddiylik, tovush tezligi, tovushning to‘lqin tabiati, tovush chastotasi, tovush to‘lqinining uzunligi va ularga asoslangan musiqa notalari hamda optikaga oid ko‘plab ishlari fizika fani rivojiga qo‘shilgan bebaho hissa deb hisoblanadi [37; 47–54-b.].

o

b

b

Abu Rayhon Beruniy qomusiy olim bo'lib falsafa, ma'danshunoslik (minerologiya), geodeziya, geografiya, biologiya, dorishunoslik, tarix, fizika, matematika, astronomiya sohalarida ijod qilib, bu fanlarning rivojlanishiga katta hissa qo'shgan. Uning 200 dan ortiq ilmiy ishlaridan bizgacha faqat 27 tasi etib kelgan. Beruniyning dunyoning moddiyligi, tabiat va jamiyat hodisalarini o'rganish usullari-metodologiya, harakat va harakat turlari, atomning bo'linishi, atomdan keyingi zarrachalarning harakati va o'zaro ta'sir kuchlari, bu zarrachalar hajmining atom ichidagi bo'shliq o'lchamlariga nisbati, solishtirma og'irlik va uni aniqlash usullari, jismning inersiyasi, bo'shliq va atmosfera bosimi, suyuqlikning gidrostatikasi, suvning issiqlikdan kengayish xususiyatlari, qor, yomg'ir va do'lning paydo bo'lish sabablari, energiyaning bir turdan boshqasiga aylanishlari, ishqalanganda jismlarning elektrlanishi, magnit va magnit kutblarining o'zaro ta'sirlari hamda bu ta'sirning oraliq muhitga bog'liqligi, dengiz va okean suvlarining ko'tarilish va pasayish sabablari, tovush va yorug'lik tezliklari orasidagi munosabat, linza xususiyatlari, yorug'likning qaytish va sinish xossalari va sabablari haqidagi izlanishlari dunyo ilm ahliga yaxshi ma'lum [37; 72–83-b.].

Abu Ali Husayn ibn Sino tabobat ilmi sultoni deb e'tirof qilinishi bilan birga tabiat ilmida ham ulkan ilmiy meros qoldirgan. Uning "Fizika" va "Mexanika" nomli asarlari natijasida fizika fani boshqa fanlardan ajralib alohida fan sifatida shakllandi. Ibn Sinoning fizika faniga bergan ta'rifi, harakat va harakat turlari, harakatning nisbiyligi, inersiya, kuch, massa va tezlanish orasidagi bog'lanish, aylanma harakat, markazga intilma kuch, chiziqli tezlik, bo'shliq va atmosfera bosimi, konveksiya, ob-havo (qor, yomg'ir, do'l), issiqlikning tabiati va issiqlik uzatilishining turlari, yashin va yashin turlari, tovush, yorug'lik tezligi va yorug'lik dispersiyasi, Oy tutilishining sababi, ko'zning ko'rish sabablari, linza, atom tuzilishi kabi mavzulardagi ishlari juda e'tiborlidir.

Shu bilan birga tabiat fanlari, Olam tuzilishi, fizika, matematika, astronomiya kabi fanlar rivojiga ulkan hissa qo'shgan Umar Xayyom, Al-Farg'oniy, Abu Bakr Ar-Roziy, Al-Xorazmiy, Umar Chag'iniy, Qozizoda Rumiy, Ali Qushchi, Mirzo Ulug'bek kabi ajdodlarimizning xizmatlari ma'lum va mashhurdir. Ularning ilmiy

merosi Evropa va pirovard natijada dunyo ilm-fani rivojlanishiga, hozirgi zamon ilm-fani shakllanishiga xizmat qildi.

Ilm-fanning rivojlanishi jadallashayotgan hozirgi davrda elektr zaryadiga ega bo'lgan har qanday fundamental zarracha elektromagnit kuchlar ta'sirida bo'lishi ma'lum bo'ldi. (leptonlarning yarmi, kvarklarning esa hammasi o'z elektr zaryadiga ega). Bu biz tabiatda kuzatadigan momaqaldiraqni hosil kiladigan, turli magnit kutblarining o'zaro tortilishiga olib keladigan kuchlar ekanligi fanga ma'lum.

Endi elektrodinamikani yanada yaqinroqdan bilish uchun tabiatda mavjud 4 ta o'zaro ta'sir turining bittasi elektromagnit o'zaro ta'sir ekaniga to'xtalib o'tamiz.

Elektrodinamika – elektr zaryadlari bilan elektromagnit maydonlar-ning o'zaro ta'sirini hamda bu maydonlarning barcha xususiyatlarini o'rganadigan fizikaning bir bo'limidir. Shuningdek, tabiatdagi elektr va magnit hodisalar sabablari va elektr asboblarning ishlashini ham elektrodinamika qonunlari tushuntirib beradi.

Olamdagi barcha tabiat hodisalari juda xilma-xil bo'lishiga qaramasdan, ular 4 ta o'zaro ta'sir turiga mansubdir.

1. Kuchli (yadroviy) o'zaro ta'sir;
2. Elektromagnit o'zaro ta'sir;
3. Kuchsiz (zaif) o'zaro ta'sir;
4. Gravitatsion o'zaro ta'sir.

Kundalik turmushda va umuman hayotimizda eng ko'p elektromagnit (elektrodinamik) o'zaro ta'sirga duch kelamiz. Quyidagi tabiat hodisalari elektromagnit o'zaro ta'sir turiga kiradi:

1. Og'irlik kuchidan tashqari barcha turdagi mexanik kuchlar (ishqalanish kuchi, muhitning qarshilik kuchi, elastiklik kuchi, Arximed kuchi, taranglik kuchi, zo'riqish kuchi, bosim kuchi va reaksiya kuchlari) birinchi yaqinlashishda mexanik ta'sirdek tuyulsa-da, elektromagnit (elektrodinamik) o'zaro ta'sir turiga tegishlidir.

2. Molekulalarning betartib xaotik harakati, suyuqlik hodisalari, termodinamikada issiqlik almashish jarayonlari ham elektromagnit (elektrodinamik) o‘zaro ta’sir natijasidir.

3. Optik hodisalar (yorug‘likning qaytish va sinish hodisasi, interferensiya, difraksiya, qutblanish hodisalari, izotropiya va anizotropiya hodisalari) ham elektromagnit (elektrodinamik) o‘zaro ta’sir turiga kiradi.

4. Atom va molekulalarning mavjudligi, ularning nurlanishi elektromagnit o‘zaro ta’sir natijasidir [85; [www.pedagog.uz](http://www.pedagog.uz)].

Olamning biz bilgan holatdagi ko‘rinishda bo‘lishida elektrodinamik o‘zaro ta’sirning roli juda ham kattadir. Agar elektromagnit (elektrodinamik) o‘zaro ta’sir turi mavjud bo‘lmaganda edi, atom va molekulalar mavjud (bir butun) bo‘lmasdi, davriy sistemadagi birorta element, biz bilgan moddalar (suv, tuproq, havo, organik va noorganik birikmalar va hokozalar), moddalarning agregat holatlari (gaz, suyuqlik va qattiq jism) mavjud bo‘lmagan, lampochka, Quyosh va yulduzlar nur sochmagan, umuman olganda yorug‘lik nuri va elektromagnit to‘lqinning o‘zi mavjud bo‘lmagan bo‘lar edi. Osmon jismlari -meteorlar, asteroidlar, planetalar, yulduzlar va hokozalar ko‘rinishlarida markazlashmagan va mavjud bo‘lmagan bo‘lardi. Elektromagnit o‘zaro ta’sir turi bo‘lmaganda Olamning ko‘rinishi zimiston ichra betartib harakatlanayotgan elementar zarralardangina iborat bo‘lar edi, xolos. Biz bilgan xilma-xillik va rang-baranglik bo‘lmas edi, hatto o‘zimiz ham mavjud bo‘lmagan bo‘lar edik.

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, elektrodinamika sohasida tub o‘zgarishlar sodir bo‘ldi va ayni paytda sodir bo‘lmoqda ham. Hozirda elektrodinamika deganda bizga shu paytgacha ma’lum bo‘lgan elektr zaryadlari, elementar zarralardan tortib biz yuqorida sanab o‘tgan tabiat hodisalaridan tashqari materiyaning qora materiya, qora energiya va gravitatsion to‘lqinlar kabi turlari ham tushuniladigan bo‘ldi. Qora materiya, qora energiya va gravitatsion to‘lqinlar sohasidagi izlanishlar va ularning natijalari jahon ilmiy matbuotida keng muhokama qilinmoqda hamda istiqboldagi tadqiqotlar rejalashtirilmoqda. SHu sababli elektrodinamika yuqorida bayon qilganimizday Olamni bilishda, insoniyat

jamiyatining rivojlanishida, Olam to'g'risidagi tasavvurlarimiz hamda dunyoqarashimizning shakllanishida asosiy o'rin tutadi, metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

## **2.1-§. Zamonaviy kompyuter texnologiyalari va ularni fizika o'qitish jarayoniga qo'llashning psixologik va pedagogik asoslari**

O'zbekiston Respublikasida «Ta'lim to'g'risida»gi Qonun va «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»ning qabul qilinishi oliy ta'lim muassasalari professor-o'qituvchilari oldiga davr talabiga javob beradigan ta'lim dasturi mazmuniga mos o'quv adabiyotlari va o'qitish metodlarini ishlab chiqish, shuningdek uzluksiz ta'lim tizimi bo'g'inlarini malakali kadrlar bilan ta'minlash vazifalarini qo'ydi. XXI asr nafaqat ilmiy-texnik axborotlar ko'lamining keskin ortishi bilan, balki texnologiyalarning sifat jihatidan mutloqo yangi bosqichga ko'tarilganligi bilan ham farqlanadi. Shu bois, fanning eng so'nggi yutuqlarini o'ziga qamrab oluvchi ta'lim mazmuni ham tubdan yangilanib borilishi talab etiladi.

Bundan 3500 yil oldin xitoy faylasufi Konfutsiy “eshitganimni yodimdan chiqaraman, ko'rganimni eslab qolaman, mustaqil bajarsam tushunib olaman” degan fikrni ilgari surgan. Shu sababli ham ta'lim tizimida multimediali elektron o'quv adabiyotlar, ma'ruzalar, virtual laboratoriya ishlari, har xil animatsion dasturlar va elektron variantlar, slaydlar yaratishda kerak bo'ladigan maxsus dasturlar mavjudligi zaruriyat hisoblanadi. Hozirgi kunda fizik jarayonlarni modellashtirish imkoni-yatini beradigan dasturlarga MatCad, MatLab, Maple, Matematika tizimlari, Crocodile, Physics, Electronics Workbench va boshqa dastur paketlarini misol keltirish mumkin.

Bugungi kunda o'qitishning an'anaviy ko'rinishidan farq qiladigan zamonaviy axborot texnologiyalarini qo'llash yuqori samaradorlikka erishishga imkoniyat yaratadi. Fizika fanini o'qitish borasida talabalar ongida nazariyalarga oid tasavvurlarni shakllantirish, hodisalar va jarayonlar bilan tanishtirishning samarali metodlarini ishlab chiqish muhimdir.

Kompyuterlashtirish jarayoni shunday amalga oshirilmoqdaki, bir necha yildan keyin har bir talaba kompyuter bilan ta'minlanishi mumkin. Shuning uchun



kompyuterlardan o'quv jarayonlarida foydalanishning o'quv -uslubiy qo'llanmalarini ishlab chiqish zarur. O'qituvchilar fizika dasturiga mos keluvchi, tushunarli bo'lgan dasturiy vositalarni qo'llashi, talabalarga elektron darsliklar va topshiriqlarning qulay va tushunarli tomonini ko'rsatishi kerak. Elektron darslikni barcha fan pedagoglariga o'z faoliyatlarida qo'llash va ular yordamida ma'ruzalar o'qish vazifasi yuklatilmoqda. Fizik jarayonlarni kompyuterda modellashtirish uchun axborot texnologiyalarini qo'llashda fizik bilimlardan keng foydalaniladi. Shuningdek, modellashtirishning o'ziga xos muhim tomonlari shundaki, unda turli xil fizik vosita va asboblarni tayyorlash shart emas, hodisalarni jonli va tabiiy ko'rinishda tasvirlash, tajribani istalgan paytda takrorlash, kuzatish qiyin bo'lgan va umuman kuzatilishi mumkin bo'lmagan jarayonlarni ham namoyish qila olish imkoniyatiga ega bo'linadi.

O'qituvchi kompyuter monitorida, shuningdek, proektor yordamida fizik hodisalarni namoyish etishi hamda yangi noan'anaviy o'qitish turini takomillashtirishi mumkin. Har bir fizika fani o'qituvchisi o'z mashg'ulotini rejalashtirishda kompyuter o'quv dasturidan to'g'ri foydalanishi kerak, chunki kompyuterlarni har qanday mashg'ulotda qo'llash mumkin. Shuning uchun uni rejalashtirish va ijobiy natijaga erishishda kompyuterdan qachon va qanday foydalanishni bilish zarur. Kompyuter dasturini qo'llash bilan kompyuter yordamida o'tilgan ma'ruzalar oddiy ma'ruzalardan ko'ra yaxshiroq samara beradi. Bu esa o'quv rejasining o'z vaqtida bajarilishini ta'minlaydi. Fizikaning turli bo'limlarini o'qitishda kompyuter dasturlaridan foydalangan holda, animatsiyali tarzda mashg'ulotlar olib borish o'qituvchiga va talabaga qo'laylik yaratib qo'ymasdan, balki fizik jarayonlarning yuz berish mexanizmlari va bosqichlari, umuman olganda ularning mazmun-mohiyatini tushunib etishda yaxshi samara berishi shubhasiz. Shuni e'tiborga olgan holda, fizik jarayonlar mexanizmlarini, ularning yuz berish bosqichlarini axborot texnologiyalari yordamida animatsion namoyish etishni tashkil qilish talabalar uchun ko'rgazmali, qiziqarli va yaxshi eslab qolishga yordam beradigan mashg'ulot bo'lishi aniq. Fizik jarayonlar mexanizmlarini ma'ruza, amaliy va ayniqsa tajriba mashg'ulotlarida axborot texnologiyalariga tayangan holda namoyish etish o'qitish jarayonida talabaga bilim

berish va fan asoslariga doir ko'nikmalar hosil qilish samara-dorligini oshiruvchi omillardan ekanligi aniqlandi [36; 22–26-b.].

Demak, fizik hodisalarni namoyish qilishda axborot texnologiyalaridan foydalanish yaxshi natijalar bermoqda. Talabaniing fizik tasavvurlarini kengaytirishda va ularning bilimlarini yanada oshirishda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash eng qo'lay vosita va unumli usul bo'lib hisoblanadi. Yana shuni aytish mumkinki, yuqorida keltirilgan dasturlarni ma'ruza jarayonida qo'llash natijasida qisqa vaqt ichida kerakli axborotni talabalarga ko'rgazmali qilib etkazish imkoniyati yaratiladi. Bu esa o'quv samaradorligini oshirishning muhim omili bo'lib xizmat qiladi.

Ilm-fan, texnika, ishlab chiqarish texnologiyalari rivojlanishining jadallashuvi ilmiy-texnik axborotlarning rivojiga tub yangilanishlar olib kirdi. Natijada xalq xo'jaligini modernizatsiyalash tezlashdi, sanoat kompyuterlashmoqda, ta'lim tizimiga Internet kirib keldi, mashg'ulotlar zamonaviy kompyuter texnologiyalari asosida tashkil etilmoqda. Yuqorida keltirilgan fikrlardan kelib chiqqan holda oliy ta'limda fizika mashg'ulotlari jarayonida shunday o'qitish metodlarini tadbiq etish joizki, ular oxir-oqibatda talabalarni mustaqil o'qishga, fikrlashga, ilmiy- texnik axborotlar bilan ijodiy ishlashga o'rgatsin, talabalarni o'ziga xos fikrlashga yo'llasin, abstrakt tushunchalarni tasavvur qilish ko'nikmasi paydo bo'lsin, mustaqil bilim olishga qiziqishini oshirsin, o'z ish faoliyatiga tanqidiy yondashishni tarbiyalasin, o'zgaruvchan ishlab chiqarish sharoitiga tez moslashish ko'nikmalarini shakllantirsin.

O'qituvchi kompyuter monitorida, shuningdek, multimedia proeaktori yordamida ko'pgina fizik hodisalarni animatsion namoyish etishi hamda yangi noan'anaviy o'qitish usulini takomillashtirishi mumkin. Har bir fizika fani o'qituvchisi o'zining fizika mashg'ulotini rejalashtirishda kompyuter o'quv dasturidan to'g'ri foydalanishi kerak, chunki kompyuterlarni har qanday dars yoki mashg'ulotda qo'llash mumkin. Shuning uchun o'qituvchi uni rejalashtirishi va ijobiy natijaga erishishda kompyuterdan qachon va qanday foydalanishini bilishi zarur. Kompyuter dasturini qo'llash bilan kompyuter yordamida o'tkazilgan ma'ruzalar oddiy ma'ruzalarga ko'ra yaxshiroq samara beradi. Bu esa o'quv

rejasining o'z vaqtida bajarilishini ta'minlaydi. Fizikaning turli bo'limlarini o'qitishda kompyuter dasturlaridan foydalangan holda, animatsiyali tarzda mashg'ulotlar olib borish o'qituvchiga va talabaga qo'laylik yaratib qo'ymasdan, balki fizik jarayonlarning yuz berish mexanizmlari va bosqichlari, umuman olganda mazmun-mohiyatini tushunib etishda yaxshi samara berishi shubhasiz. SHuni e'tiborga olgan holda, fizik jarayonlar mexanizmlarini, ularning yuz berish bosqichlarini axborot texnologiyalari asosida animatsion namoyish etishni tashkil qilish talabalar uchun ko'rgazmali, qiziqarli va yaxshi eslab qolishiga yordam beradigan mashg'ulot bo'lishi aniq. Fizika fanini o'qitishda axborot kommunikatsiya texnologiyalarini tatbiq etish, ta'lim jarayonini kompyuterlashtirish dolzarb vazifalardan hisoblanadi. Fizika fanini o'qitishning shunday o'ziga xos tomonlari borki, unda mega dunyo (Koinot miqyosidagi), makro dunyo (Nyuton mexanikasi amal qiladigan) va mikro dunyo (yadro va elementar zarralar) da yuz beradigan hodisa va voqealar o'rganiladi, ko'p hollarda ularni tabiiy sharoitda kuzatishning iloji bo'lmaydi. Ana'anaviy o'qitish usulida bunday jarayonlar rasmlar, sxemalar orqali og'zaki tarzda tushuntiriladi. Talabalarda esa bunday usulda berilgan bilimlarning o'zlashtirilish darajasi unchalik yuqori bo'lmaydi va uni uzoq vaqt yodda saqlab qolish ham mushkul bo'ladi. Bu muammolarni hal etish uchun hozirda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar usullaridan foydalanish imkoniyatlari mavjud. Mazkur muammolarni hal qilish o'qituvchiga, uning pedagogik hamda ilmiy malakasiga, mahoratini amalda samarali foydalana oladigan qilib tayyorlashga ko'p jihatdan bog'liqdir. Hozirgi paytda o'qituvchilar yangicha o'qitish metodlariga ega bo'lishi hamda ularning kasbiy faoliyatlariga uslubiy va texnikaviy jihatdan yordam ko'rsatish mexanizmlari ishlab chiqilishi lozim. Yangicha o'qitish metodlaridan foydalanib mashg'ulot olib borgan tajribali o'qituvchilar talabalarning fizik jarayonlarni etarlicha tasavvur qila olishiga va binobarin ularda kerakli bilim va ko'nikmalar shakllanishiga zamin yaratadilar.

Mazkur ish zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar asosida Elektrodinamika fanini kompyuter texnologiyalari asosida samarali o'qitishni

tashkil etishga bag'ishlangan. O'qitish nazariyasiga oid bir qator ilmiy-tadqiqot ishlari natijalari shuni ko'rsatmoqdaki, bugungi kungacha o'qitish asosan an'anaviy tushuntirish usullariga tayangan holda olib borilgan. An'anaviy o'qitish metodikasida o'quv materiallari asosan matn va formulalar ko'rinishida ifodalanib, ularni bevosita o'qitish jarayonida namoyish qilish imkoniyati deyarli mavjud emas. Bunday ko'rinishda berilayotgan o'quv materiallarni o'zlashtirish talaba tomonidan asosan ketma-ket ravishda qabul qilinadi, shu sababli ularni o'zlashtirish va esda saqlab qolish darajasi yuqori bo'lmaydi [36; 13–15-b.]. An'anaviy o'qitish usullari katta hajmdagi ma'lumotlarning batafsil ravishda o'qituvchi tomonidan taqdim etilishiga, berilgan ma'lumotlarni ko'p marta takrorlab o'zlashtirishga, o'quv jarayonida, asosan, reproduktiv usulni qo'llashga va o'qituvchining avtoritar usulda faoliyat ko'rsatishiga asoslangan. An'anaviy o'qitish usullari asosida turli soha mutaxassislarini tayyorlashda katta muvaffaqiyatlarga erishildi. Ammo, yuksak texnik taraqqiyot zamon va bozor iqtisodiyoti talablari nuqtai-nazaridan qaraganda, an'anaviy o'qitish usullarining kamchiliklari ham namoyon bo'ladi. An'anaviy o'qitish usullarida talabani mustaqil bilim olishga o'rgatishga, tanqidiy fikrlash qobiliyatini rivojlantirishga hamda o'quv jarayonini insonparvar-lashtirishga kam e'tibor beriladi. Bugungi kunda har bir fandan shu darajada ko'p ilmiy ma'lumotlar to'planganki, ularni an'anaviy o'qitish usullari yordamida o'qitish va o'quv dasturlarida ajratilgan soatlar davomida tinglovchiga etkazishning iloji yo'q. Hozirda bu muammolarning echimini topishga yo'naltirilgan bir qancha o'qitish usullari mavjud bo'lib, ular orasida zamonaviy axborot texnologiyalari vositalari asosida o'qitish alohida ahamiyatga ega. Zamonaviy axborot texnologiyalarining imkoniyat-lariga gipermatn, gipermedia, grafik va kompyuterli ovoz dasturlarini misol qilib keltirish mumkin. Gipermatn, gipermedia, grafik va kompyuterli ovoz dasturlarining yaratilishi nafaqat axborot texnologiyalaridan ta'lim tizimida samarali foydalanishga, balki undan fan mavzulari bo'yicha noan'anaviy mashg'ulotlarni tashkil etishga imkon yaratmoqda. Taraqqiy etgan xorijiy davlatlar oliy ta'lim muassasalarida hamda respublikamizning etakchi ta'lim muassasalarida kompyuter

texnologiyalari asosidagi o'qitish jarayoni tahlil qilinganda bir nechta yo'nalishlarni ko'rish mumkinligi ko'zga tashlanadi [23; 14–18-b.].

Shulardan biri kompyuter modellaridan foydalanish hisoblanadi. Bu yo'nalish o'qitilayotgan fanlar ob'ektlarining tabiiy ko'rinishda ko'rsatish mumkin bo'lmagan ma'lumotlarini ifoda etish imkoniyatini yaratadi. Bu esa o'z navbatida originalning tabiatini aniqlash, uning ichki, tashqi xossalarini va rivojlanish jarayonini kuzatish imkoniyatini yaratadi. Hozirgi kunda kompyuterda modellashtirish texnologiyasi mavjud bo'lib, uning maqsadi atrofimizni o'rab turgan tabiat, unda ro'y beradigan hodisa, voqealarni va jamiyatdagi o'zgarishlarni anglash, tushunib etish jarayonini zamonaviy usullar vositasida tezlashtirish va sifatli o'zlashtirishdir. Kompyuterda modellashtirish texnologiyasini o'zlashtirish kompyuter tizimlarini (vositachi qurilma sifatida) yaxshi bilishni va unda modellashtirish texnologiyalarini qo'llay olishni talab qiladi. Kompyuterda dasturlash tillaridan foydalanish matematik modellashtirish usulida jiddiy burilish yasadi. XX asr oxirlarida yaratilgan yuqori quvvatli Pentium protsessorli kompyuterlarda o'rganilayotgan jarayonlar modellarining turli xil ko'rinishlarini (grafik, diagramma, animatsiya, multiplikatsiya va h.k.) kompyuter monitorida hosil qilish mumkin. Ekrandagi modelni (masalan, rasm eskizini) turli xil darajada (tekislik, fazo bo'yicha) harakatga keltirish imkoniyatlari mavjud. Ushbu fikrlardan kelib chiqib, fizikaning Elektrodinamika bo'limidagi tabiiy sharoitda kuzatib bo'lmaydigan jarayonlarning kompyuter imitatsion modelini yaratish va u asosida mashg'ulotlarni tashkil etish mumkin. Xulosa qilib aytganda, kompyuter imitatsion modellari ma'lumotlardan ongli ravishda bir-biriga to'g'ri keladigan (uyg'un) holda foydalanish imkoniyatini yaratadi. Bu esa zamonaviy o'qitish usullaridan foydalangan holda bilimni har xil shakllarda taqdim etish imkoniyatini beradi. Shuning bilan birga kompyuter imitatsion modeli asosida mashg'ulot o'tkazishda faqat o'quv materiallarini yaxshi o'zlashtirishga erishib qolmasdan, balki yaxshi o'zlashtira olmaydigan talabalarning ham yangi bilim olishga bo'lgan intilishlari kuchayadi. Kompyuter imitatsion modeli yordamida o'qitish

talabalarning faolligini, o'zlashtirishining sifat ko'rsatgichini oshirishga asos bo'ladi [22; 108–118-b.].

Kompyuterlarni xotirasining hajmi, bir sekunda bajaradigan amallar tezligi, ma'lumotlarning razryad to'rida (yacheykalarda) tasvirlanishiga qarab, guruhlariga bo'lish mumkin:

- super kompyuterlar (Super Computers);
- katta kompyuterlar (Mainframe Computers);
- mini kompyuterlar (Minicomputers);
- shaxsiy kompyuterlar (PC-Personal Computers);
- bloknот (notebook) kompyuterlar.

Super kompyuterlar – amallarni juda katta tezlikda bajara oladigan va katta hajmdagi masalalarni echish uchun mo'ljallangan kompyuterlar hisoblanadi. Bunday masalalar sifatida ob-havoning global prognoziga oid masalalarni, uch o'lchovli fazoda turli oqimlarning kechishini o'rganish masalalari, global informatsion sistemalar va hokazolarni keltirish mumkin. Bu kompyuterlar bir sekunda 10 trillionga yaqin amalni bajaradi. Xususan, bu kompyuter yadro sinovlarini va eskirayotgan yadro qurollarini modellashtirishda ham qo'llaniladi. Shuni qayd qilish lozimki, superkompyuterlarning ma'lum yo'nalish masalalarini echishga qaratilgan turlari ham mavjud.

Katta kompyuterlar - fan va texnikaning turli sohalariga oid masalalarni echishga mo'ljallangan. Ularning amal bajarish tezligi va xotira hajmi super kompyuterlarnikiga qaraganda bir-ikki pog'ona past. Bularga misol sifatida AQSHning CRAY (krey), IBM 390, 4300, IBM ES / 9000, Fransiyaning Borrous 6000, Yaponiyaning M1800 rusumli kompyuteri va boshqalarni isol qilib keltirish mumkin.

Minikompyuterlar hajmi va bajaradigan amallar tezligi jihatidan katta kompyuterlardan kamida bir pog'ona pastdir. SHuni aytish joizki, ularning gabariti (hajmi) tobora ixchamlashib, hatto shaxsiy kompyuterlardek kichik joyni egallaydigan turlari ham yaratilmoqda. Bunday kompyuterlarga ilk bor yaratilgan PDP-11 (Programm Driver Processor-dasturiy boshqaruv protsessori) turkumini,

ilgari harbiy maqsadlar uchun ishlatilgan (maxfiy hisoblangan) VAX, SUN turkumli kompyuterlar, IBM 4381, Hewlett Packard firmasining HP 9000 va boshqa kompyuterlarni misol sifatida keltirish mumkin.

Axborot ta'minotining samaradorligi jamiyat a'zolariga zarur bo'ladigan axborotlarning to'la yig'ilganligiga, ularni qayta ishlash sifati darajasiga, saqlash va qidirishning ishonchligiga, axborotni tanlash va tez etkazib berishga bog'liqdir. Aynan shu kabi samaradorlikka erishish uchun ko'rinib turibdiki, ilmiy-texnika xizmati tarmoqlaridagi xodimlar faoliyatini yangi texnika va texnologiyalar bilan bog'lash kerak bo'ladi. Buning uchun axborot xizmati xodimlarigina emas, balki axborot iste'molchisi ham shu zamonaviy texnika va texnologiyalardan foydalana olishi talab qilinadi.

## **I bob bo'yicha xulosalar**

Elektrodinamika bo'limi haqidagi tasavvurlarni shakllantirish muammolari, bu bo'limning o'zlashtirilishi qiyin va fundamental mavzulari, bo'limni o'qitish jarayonidagi mavjud muammolarni o'rganish va tahlil qilish natijasida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Oliy ta'lim bosqichida Elektrodinamika bo'limini o'qitishda elektromagnitizm haqidagi tasavvurlarni shakllantirish, uning ilmiy asoslarini o'rganish bo'yicha olib borilgan ilmiy tahlillar shuni ko'rsatadiki, oliy ta'lim muassasalarida, ayniqsa pedagogika oliy ta'lim muassasalarida bu bo'lim chuqurlashtirilgan va tizimli ravishda o'qitishni talab etadi.

2. Respublikamiz oliy ta'lim bosqichini takomillashtirish, uni jahon ta'lim standartlari talablari darajasiga ko'tarishga bo'lgan ehtiyoj, boshqa o'quv fanlari kabi, Elektrodinamika o'quv fanining ham eng so'nggi yutuqlarini e'tiborga olgan holda mazmun va mohiyatini yangilash va uning o'qitish metodikasini yanada takomillashtirish dolzarb vazifa ekanligini ko'rsatmoqda.

3. Elektrodinamika sohasida sodir bo'layotgan yangilik va o'zgarishlar-ni e'tiborga olib, elektrodinamikani o'qitish metodikasi bo'yicha ilmiy-pedagogik tadqiqotlarni keng ko'lamda amalga oshirish, takomillashgan mazmundagi

mavzularni muntazam ta'lim jarayoniga kiritib borish, o'quv-uslubiy ishlanmalar yaratish maqsadga muvofiqdir.

4. Zamonaviy kompyuter texnologiyalarining muhim yutuqlaridan biri-multimediya komponentlaridan foydalanishni ta'minlovchi o'quv dasturiy vositalarining yaratilishidir. Ayniqsa, elektrodinamika fanini o'qitish jarayonida amaliy va laboratoriya ishlarini tashkil qilishda bu dasturiy vositalarning o'rni salmoqlidir. Multimedia vositalarini elektrodinamikadan mashg'ulotlarni tashkil etishda qo'llash o'qitishning yangi shakl va metodlarini ishlab chiqishni toqozo etmoqda.

5. Zamonaviy kompyuter texnologiyalarining muhim yutuqlaridan biri-multimediya komponentlaridan foydalanishni ta'minlovchi o'quv dasturiy vositalarining yaratilishidir. Ayniqsa, elektrodinamika fanini o'qitish jarayonida amaliy va laboratoriya ishlarini tashkil qilishda bu dasturiy vositalarning o'rni salmoqlidir. Multimedia vositalarini elektrodinamikadan mashg'ulotlarni tashkil etishda qo'llash o'qitishning yangi shakl va metodlarini ishlab chiqishni toqozo etmoqda.



## **II BOB. OLIY TA'LIMDA ELEKTRODINAMIKA BO'LIMINI O'QITISHNI AXBOROT KOMMUNIKATSION TEXNOLOGIYALARI VOSITASIDA TAKOMILLASHTIRISH**

### **2.1-§. Elektrodinamika bo'limining o'zlashtirilishi qiyin va fundamental mavzulari tahlili**

Elektrodinamika bo'limini samarali o'qitishni ta'minlaydigan omillardan biri uning mavzularini o'qitish maqsadi va vositalarining o'zaro muvofiqlashuvi bo'lib, bo'limni o'qitish samaradorligining, binobarin, o'quv faoliyati natijasi uzluksiz oshib borishining etakchi sharti hisoblanadi. Ta'lim maqsadiga muvofiq o'quv vositasini tanlash, qo'yilgan maqsadni aniqlab, undan unumli foydalanish, zarur bo'lganda o'quv maqsadlarini aniqlab qo'yish, yangi vositalarni tanlash yo'llari bilan natijaga erishiladi. Bulardan fizika ta'limida Elektrodinamika bo'limini o'qitishning davrlarini o'rganish, ajratish uchun ta'lim natijasini Elektrodinamika bo'limiga tadbiq qilgan holda o'rganish zarur, degan xulosa kelib chiqadi.

Elektrostatik maydon, elektrostatik maydon kuchlanganligi, elektrostatik maydonni ifodalovchi parametrlar, ularning birliklari, kuchlanganlik chiziqlari, elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi, dipol maydoni, elektrostatik maydon kuchlarining ishi, zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish, elektrostatik maydonning potensial maydon ekanligi, skalyar potensial, uning birligi, portensiallar farqi, zaryadlar sistemasining potentsiali, elektrostatik maydon kuchlanganligi va skalyar potensial orasidagi bog'lanish, ekvipotensial sirtlar, dielektriklar, dielektriklarning qutblanishi, qutblanganlik, dielektrik singdiruvchanlik, elektr maydondagi o'tkazgichlar, o'tkazgichdagi erkin zaryadlar, elektrostatik himoya, magnit maydon, magnit maydonning induksiya vektori, magnit maydon kuchlanganligi, Amper qonuni, parallel toklarning o'zaro ta'siri, magnit maydoni oqimi, tokli o'tkazgichning magnit maydonda bajargan ishi, magnit maydonning harakatlanuvchi zaryadli zarraga ta'siri, Lorens kuchi, elektromagnit induksiya hodisasi, uyurmali elektr maydoni tushunchalari talabalarga turli usullarda tushuntiriladi.

Elektrodinamikaga oid mavjud axborotlarni o'rganish jarayonida o'qituvchining asosiy vazifalaridan biri ta'lim manbalarini uyg'unlash-tirishdan iborat bo'ladi: darslik, o'qituvchining nutqi, kompyuter ekranidagi yozuv, ko'rgazmali qurol kabilar talaba uchun o'rganish manbalari sirasiga kiradi. Oliy ta'lim muassasasi talabasining mavjud bilimi nuqtai-nazaridan fikr yuritadigan bo'lsak, uni mustaqil tarzda bilim olishga undash maqsadga muvofiq, bunda talaba darslikdan tashqari umumiy fizikaga taalluqli boshqa adabiyotlardan (o'qituvchi tavsiyasi bilan), Internetda mavjud elektrodinamikaga doir ma'lumotlar (elektron adabiyotlar)dan, mavzuga doir masalalar va testlar to'plamlarini mustaqil echish orqali bilimlarini oshirishga intiladi. O'qib-o'rganish jarayonini ko'proq mustaqil amalga oshirishga undashning o'ziga xos sabablari bor, chunki oliy ta'lim muassasasiga qabul jarayonida bo'lajak talabalar nisbatan qobiliyatliroq talabgorlar orasidan tanlanadi. SHu bilan birga o'rta umumta'lim maktab dasturi fizikaning barcha bo'limlarini o'z ichiga qamrab olgan va oliy ta'lim talabasi uchun olinadigan bilimlar qisman takrorlanib boyitiladi hamda chuqurlashtiriladi. SHu sabab ham aynan axborot texnologiyalarini qo'llashdan foydalanib tashkil qilingan ta'lim muhim ahamiyat kasb etadi.

Maktab dasturidan olingan unchalik murakkab bo'lmagan bilimlar elektrodinamika bo'limi to'g'risidagi umumiy tushunchalarni anglash imkonini beradi. Qahrabodan jismlarning elektrlanishi, ya'ni ularning elektr zaryadi bilan zaryadlanishi, elektr zaryadining ikki turda bo'lishi, tabiatdagi moddalar elektr o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ko'ra ikki xil – o'tkazgichlar va dielektrlarga bo'linishi, sodir bo'ladigan o'zaro elektr ta'sirlar maydonlar orqali ro'y berishi umumiy tarzda bayon qilinadi, talabada bo'lim to'g'risidagi umumiy tasavvurlar rivojlantiriladi. Mavzularni o'rganish bosqichida elektr maydonlarni tavsiflovchi kattaliklar to'g'risida ko'proq ma'lumotga ega bo'lgan talaba fikrlashi va tasavvurida o'sish yuz beradi, ya'ni, mavjud maydonlarning farqlari to'g'risidagi o'z bilimlarini aniqlashtirishga, to'liq o'zlashtirishga intiladi. Ta'limni tashkil etish, uni boshqarish va nazorat qilishning asosiy belgisiga aylana olgan

natijadagina, ta'limning samarasi bo'lgan bilimli, etuk, barkamol va ma'suliyatli mutaxassislarni tarbiyalash vazifasi amalga oshirilgan hisoblanadi [95; 25–28-b.].

Elektr maydonlari va ularni tavsiflovchi mavzular bo'yicha o'rganilgan bilimlarni ongli ravishda esga tushirish o'qituvchi tomonidan qo'yilgan savollarga javob izlash, nazariy va amaliy tavsifdagi topshiriq, muammolarning hal qilinishi, mustaqil ishlar bajarilishi orqali ta'minlanadi. Biz quyida o'zlashtirilishi qiyin bo'lgan mavzular va tushunchalarni sanab o'tamiz va shulardan ba'zilarini yoritib beramiz:

elektr maydonining potensial maydon ekanligini mazmunan tushunish talabalarda har doim ham oson kechavermaydi;

skalyar maydon gradienti, gradientning vektor kattalik ekanligi va uning elektr maydoniga tadbqiqini anglab olish o'zlashtirilishi qiyin jarayonlar sirasiga kiradi;

vektor maydon divergensiya, divergensiyaning skalyar kattalik ekanligi va uning elektr maydoni va magnit maydoniga tadbqiqini o'zlashtirish ancha qiyin jarayonlardir;

vektor maydon rotori, rotorning vektor kattalik ekanligi va uning elektr maydoni va magnit maydoniga tadbqiqini o'zlashtirish ham talabalarida ancha qiyin kechadigan jarayon;

operatorlar bilan ishlash hamda gradient, divergensiya, rotor kabi kattaliklarni operator orqali ifodalash ham tushunish va tasavvur qilish qiyin bo'lgan jarayondir.

Misol tariqasida **“Elektr maydonining zaryadni ko'chirishda bajargan ishi”** mavzusini talabalarga tushuntirish jarayonida quyidagicha yo'l tutish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz:

Ma'lumki, qo'zg'almas elektr zaryadlari hosil qilgan elektr maydoni potensial (konservativ) maydondir. Boshqacha aytganda elektr maydoni bajargan ish zaryadli zarra traektoriyasi shakliga bog'liq emas va bu maydonining zaryadni berk kontur bo'ylab ko'chirishda bajargan ishi nolga teng. Ushbu holat bilan o'quvchilar hamda talabalar fizika mashg'ulotlarida tanishishgan. Ularga ushbu

qoida faqat  $A = W_1 - W_2 = kQq \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 0$  formula orqali tushuntirilib o'tiladi.

Lekin, bu ifoda matematik jihatdan tahlil etilmaydi hamda mavjud adabiyotlarda ham etarli darajada isboti keltirilmagan [28; 22–32-b.].

Elektr maydoni haqiqatan ham potensial (konservativ) maydonmi?

– Masalaga matematik yondashgan holda bir necha misollar orqali javob berishga harakat qilib ko'ramiz [79; 39–45-b.].

$\vec{F} = P(x, y, z) \cdot \vec{i} + Q(x, y, z) \cdot \vec{j} + R(x, y, z) \cdot \vec{k}$  ifoda bilan berilgan kuch maydonida jism elementar  $d\vec{r} = dx \cdot \vec{i} + dy \cdot \vec{j} + dz \cdot \vec{k}$  masofaga siljigan bo'lsin. Bu kuch maydonining bajargan ishi quyidagicha [99; 433–439-b.]:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = P(x, y, z) \cdot dx + Q(x, y, z) \cdot dy + R(x, y, z) \cdot dz \quad (2.1.1)$$

Kuchning biror  $L$  berk kontur bo'ylab bajargan ishi esa vektor sirkulyasiyasi deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$A = \mathcal{U} = \oint_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x, y, z) \cdot dx + Q(x, y, z) \cdot dy + R(x, y, z) \cdot dz \quad (2.1.2)$$

Agar  $\vec{F}$  kuchning hosil qilgan maydoni haqiqatan ham potensial (konservativ) bo'lsa, u holda bu kuchning jismni berk kontur bo'ylab ko'chirishdagi bajargan ishi, ya'ni sirkulyasiyasi nolga teng bo'lishi kerak.

$$A = \mathcal{U} = \oint_L \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_L P(x, y, z) \cdot dx + Q(x, y, z) \cdot dy + R(x, y, z) \cdot dz = 0 \quad (2.1.3)$$

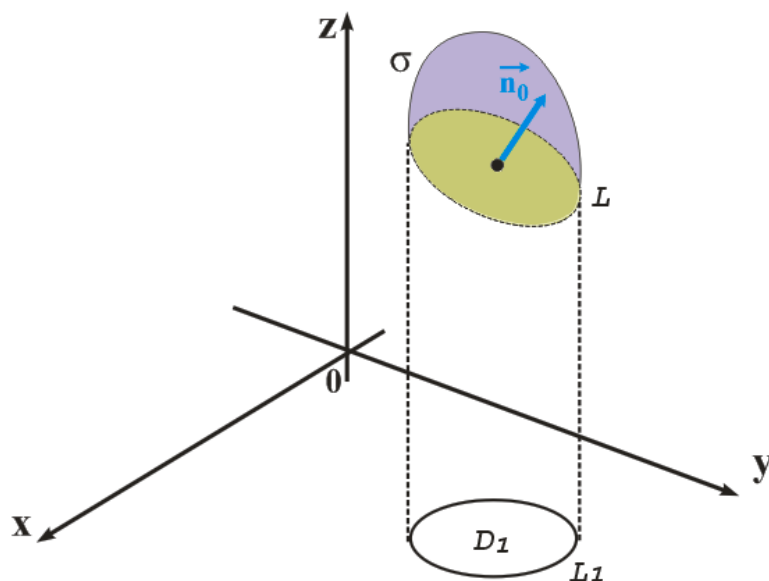
(2.1.3) ni oliy matematikadan ma'lum Stoks formulasiga ko'ra quyidagicha o'zgartirish mumkin [98; 472–493-b.]:

$$A = \mathcal{U} = \oiint_{\sigma} \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) \cos \alpha + \left( \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} \right) \cos \beta + \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \cos \gamma \right] d\sigma = 0 \quad (2.1.4)$$

Bu yerda,  $P, Q, R$  – funksiyalar  $L$  yopiq kontur bo'ylab chegaralangan  $\sigma$  sohada 1-tartibli xususiy hosilalarga ega.  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$  – birlik  $\vec{n}_0$  vektorning yo'naltiruvchi kosinuslari (2.1.1-rasmga qarang).

Yuqoridagi (2.1.4) tenglik bajarilishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

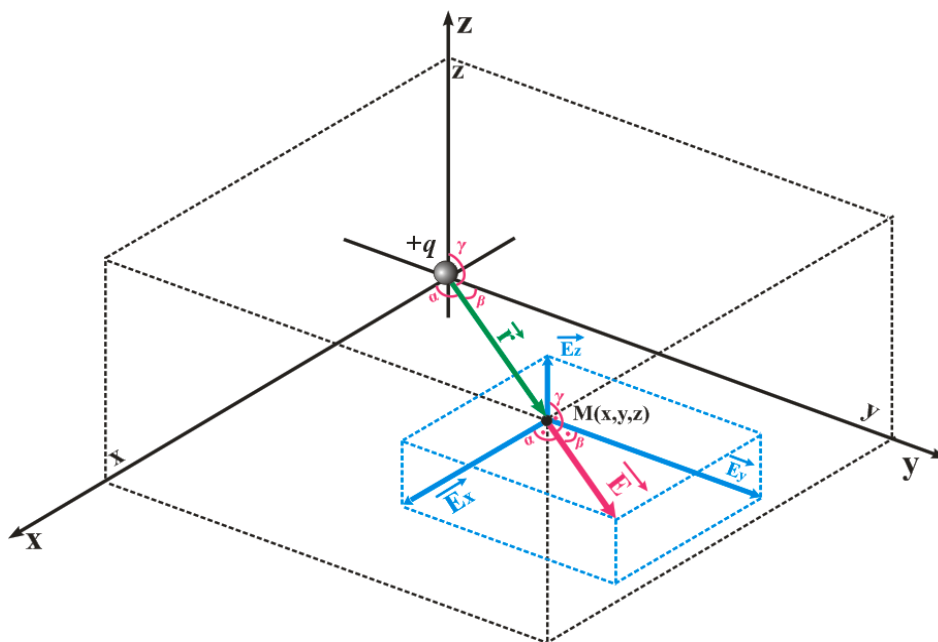
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial x} &= \frac{\partial P}{\partial y}, & \frac{\partial R}{\partial y} &= \frac{\partial Q}{\partial z}, & \frac{\partial P}{\partial z} &= \frac{\partial R}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (2.1.5)$$



**2.1.1-rasm. Sirtning tekislikdagi proeksiyasi yopiq kontur hosil qiladi.**

Bu ifoda barcha vektor kattaliklar maydonining umumiy holdagi konservativlik shartidir.

Elektr zaryadi hosil qilgan maydon ham (2.1.5) shartni qanoatlantirsa, demak, bu maydon ham potensial maydon bo‘ladi.



**2.1.2-rasm. Qo‘zg‘almas nuqtaviy elektr zaryadining  $M(x, y, z)$  nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi va kuchlanganlikning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari.**

Musbat  $+q$  nuqtaviy zaryadni  $Oxyz$  dekart koordinatalar sistemasining koordinatalar boshiga joylashtiraylik (2.1.2-rasmga qarang). Bu zaryaddan  $r$  masofada joylashgan ixtiyoriy  $M(x,y,z)$  nuqtadagi maydon kuchlanganligi quyidagicha bo‘ladi [88; 16–33-b.]:

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad [B / M] \quad (2.1.6)$$

Bu yerda,  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ,  $k = 9 \cdot 10^9 [H \cdot M^2 / \kappa z^2]$  – proporsionallik koeffitsienti.

Elektr maydon kuchlanganligining o‘qlardagi proeksiyalari quyidagicha ifodalanadi [79; 39–45-b.], [102; 59–64-b.]:

$$\begin{cases} P = E_x = E \cos \alpha = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{x}{r} = k q \frac{x}{r^3} \\ Q = E_y = E \cos \alpha = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{y}{r} = k q \frac{y}{r^3} \\ R = E_z = E \cos \alpha = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{z}{r} = k q \frac{z}{r^3} \end{cases} \quad (2.1.7)$$

Bu yerda xususiy hosilalar

$$\begin{cases} \frac{\partial r}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x}{r} \\ \frac{\partial r}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{y}{r} \\ \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{z}{r} \end{cases} \quad (2.1.8)$$

qiymatlarga tengligini hisobga olib,  $P, Q, R$  funksiyalarning xususiy hosilalarini topamiz [79; 39–45-b.]:

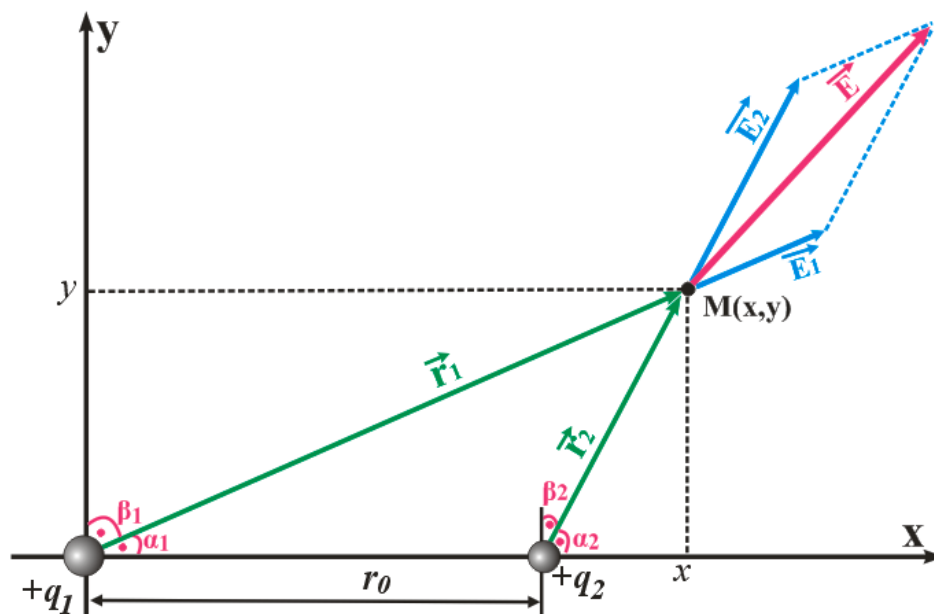
$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} = \left( k q \frac{y}{r^3} \right)'_x = -3k q \frac{x}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = -3k q \frac{xy}{r^5} \\ \frac{\partial P}{\partial y} = \left( k q \frac{x}{r^3} \right)'_y = -3k q \frac{y}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = -3k q \frac{xy}{r^5} \end{cases} \quad (2.1.9)$$

Bundan (2.1.5) ifodadagi  $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$  tenglik kelib chiqadi. (2.1.5) dagi qolgan

ikkita tenglikni ham shu usulda keltirib chiqarish mumkin. Bundan nuqtaviy zaryadning maydoni potensial maydon ekan degan xulosaga kelamiz.

Endi ushbu masalani boshqa usul, ya'ni (2.1.2) tenglama yordamida biror berk kontur bo'ylab chiziqli integrallash orqali bajarib ko'ramiz. Bunda ham elektr maydonning potensial maydon ekanligi o'z isbotini topadimi degan savolga javob olamiz. Nuqtaviy zaryadning maydonida sinov zaryadini turli traektoriyalar bilan ko'chirilganda bajarilgan ishlar aynan bir xil bo'lishi 3-ildovada berilgan.

Biz yuqoridagi 3 ta masalani bitta nuqtaviy zaryad uchun tekshirdik. Bir necha zaryadlardan iborat sistema hosil qilgan elektr maydoni ham konservativligini saqlab qoladimi degan savol tug'iladi. Fikrimizni bir-biridan  $r_0$  masofada turgan ixtiyoriy  $q_1$  va  $q_2$  musbat zaryadlar uchun tekshirib ko'ramiz. Masala oson bo'lishi uchun  $q_1$  zaryadni  $Oxy$  tekislikdagi koordinatalar boshiga,  $q_2$  zaryadni esa  $Ox$  o'qida, koordinatalar boshidan biror  $r_0$  masofaga joylashtiramiz. Ixtiyoriy  $M(x,y)$  nuqtadagi natijaviy maydon kuchlanganligi maydonlarni qo'shishning superpozitsiya prinsipidan foydalanib topiladi (2.1.3-rasmga qarang) [79; 39–45-b.].



**2.1.3-rasm. Ikkita nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi.**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = k \frac{q_1}{x^2 + y^2}, \quad E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = k \frac{q_2}{(x - r_0)^2 + y^2} \quad (2.1.10)$$

Kuchlanganlikning o'qlardagi proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} P = E_x = E_{1x} + E_{2x} = E_1 \cos \alpha_1 + E_2 \cos \alpha_2 = k q_1 \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} + k q_2 \frac{x - r_0}{\sqrt{((x - r_0)^2 + y^2)^3}} \\ Q = E_y = E_{1y} + E_{2y} = E_1 \sin \alpha_1 + E_2 \sin \alpha_2 = k q_1 \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} + k q_2 \frac{y}{\sqrt{((x - r_0)^2 + y^2)^3}} \end{cases} \quad (2.1.11)$$

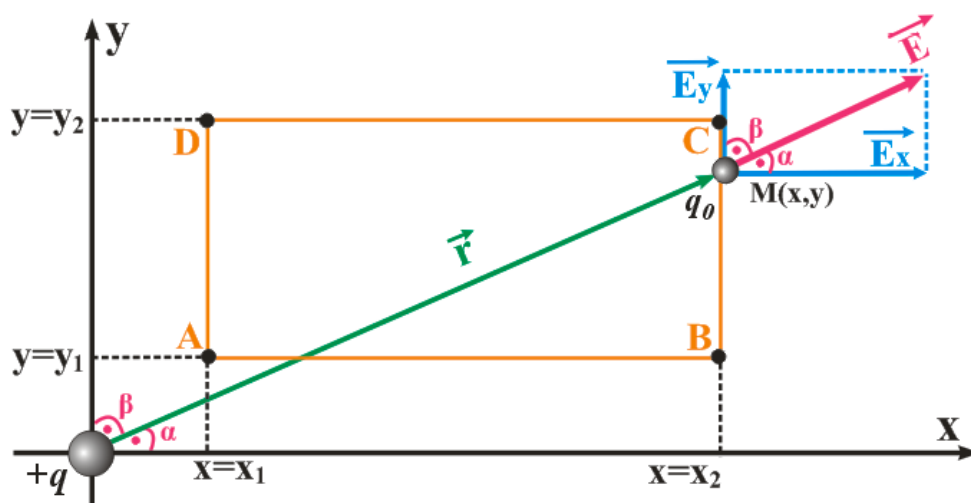
Endi (2.1.11) ifodaning xususiy hosilalari  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  va  $\frac{\partial P}{\partial y}$  ni topamiz.

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} = -3k q_1 y \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^5}} - 3k q_2 y \frac{x - r_0}{\sqrt{((x - r_0)^2 + y^2)^5}} \\ \frac{\partial P}{\partial y} = -3k q_1 x \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^5}} - 3k q_2 (x - r_0) \frac{y}{\sqrt{((x - r_0)^2 + y^2)^5}} \end{cases} \quad (2.1.12)$$

Ushbu ifodadan ko'rinib turibdiki, haqiqatan ham  $\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y}$  ekan. Bu esa (2.1.5) ifoda shartini qanoatlantirishini bildiradi. Demak, zaryad yoki zaryadlar sistemasi hosil qilgan elektr maydoni potensial (konservativ) maydon ekan, ya'ni bu maydonning elektr zaryadini ko'chirishda bajargan ishi traektoriya shakliga bog'liq emas hamda berk kontur bo'ylab zaryadni ko'chirishda bajargan ishi esa har doim nolga tengdir.

Endi elektr maydoni potensial maydon ekanini teshshirish uchun ushbu masalani boshqa usul, ya'ni (2.1.2) tenglama yordamida biror berk kontur bo'ylab chiziqli integrallash orqali bajarib ko'ramiz. Bunda ham elektr maydonning potensial maydon ekanligi o'z isbotini topadimi?





**2.1.4-rasm. Sinov zaryadini qo'zg'almas zaryad maydonida ABCD berk kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblash.**

Buning uchun  $q$  zaryadni  $Oxy$  tekislikda koordinata boshiga joylashtirib, bu zaryadning maydonida joylashgan biror  $q_0$  zaryadni ixtiyoriy  $L$  berk kontur bo'yicha ko'chirishda bajarilgan ishining haqiqatan ham nolga teng bo'lishini tekshirib ko'ramiz. Aytaylik  $L$  berk konturimiz tomonlari  $a$  va  $b$  bo'lgan  $ABCD$  to'g'ri to'rtburchak bo'lsin (2.1.4-rasmga qarang). Kulon kuchining shu to'rtburchak bo'ylab  $q_0$  zaryadni  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  yo'nalish bo'yicha ko'chirishda bajarilgan ishini hisoblaymiz. Ixtiyoriy  $M(x, y)$  nuqtada joylashgan  $q_0$  zaryadga ta'sir etuvchi Kulon kuchi quyidagiga teng [88; 16–33-b.], [79; 39–45-b.]:

$$F = k \frac{q \cdot q_0}{r^2} \quad [H] \quad (2.1.13)$$

Bu yerda,  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  – zaryadlar orasidagi masofa.

Bu kuchning o'qlardagi proeksiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{cases} P = F_x = F \cos \alpha = k \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \frac{x}{r} = k q \cdot q_0 \frac{x}{r^3} \\ Q = F_y = F \sin \alpha = k \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \frac{y}{r} = k q \cdot q_0 \frac{y}{r^3} \end{cases} \quad (2.1.14)$$

To'g'ri to'rtburchakni  $L_1 = AB$ ,  $L_2 = BC$ ,  $L_3 = CD$ ,  $L_4 = DA$  qismlarga ajratib, Kulon kuchining bu chiziqlar bo'yicha  $q_0$  zaryadni ko'chirishdagi ishlarini mos holda  $A_1, A_2, A_3, A_4$  bilan belgilaymiz va ularni hisoblaymiz:

$$\begin{aligned}
A_1 = A_{AB} &= \int_{L_1} Pdx + Qdy = k q q_0 \int_{x_1}^{x_2} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dx + \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dy = k q q_0 \int_{x_1}^{x_2} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y_1^2)^3}} dx + \\
&+ \frac{y_1}{\sqrt{(x^2 + y_1^2)^3}} \cdot 0 = -k q q_0 \frac{1}{\sqrt{x^2 + y_1^2}} \Big|_{x_1}^{x_2} = k q q_0 \left[ \frac{1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{x_2^2 + y_1^2}} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right]
\end{aligned}$$

(2.1.15a)

$$\begin{aligned}
A_2 = A_{BC} &= \int_{L_2} Pdx + Qdy = k q q_0 \int_{y_1}^{y_2} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dx + \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dy = k q q_0 \int_{y_1}^{y_2} \frac{x_2}{\sqrt{(y^2 + x_2^2)^3}} \cdot 0 + \\
&+ \frac{y}{\sqrt{(y^2 + x_2^2)^3}} \cdot dy = -k q q_0 \frac{1}{\sqrt{y^2 + x_2^2}} \Big|_{y_1}^{y_2} = k q q_0 \left[ \frac{1}{\sqrt{y_1^2 + x_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{y_2^2 + x_2^2}} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OB} - \frac{1}{OC} \right]
\end{aligned}$$

(2.1.15b)

$$\begin{aligned}
A_3 = A_{CD} &= \int_{L_3} Pdx + Qdy = k q q_0 \int_{x_2}^{x_1} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dx + \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dy = k q q_0 \int_{x_2}^{x_1} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y_2^2)^3}} dx + \\
&+ \frac{y_2}{\sqrt{(x^2 + y_2^2)^3}} \cdot 0 = -k q q_0 \frac{1}{\sqrt{x^2 + y_2^2}} \Big|_{x_2}^{x_1} = k q q_0 \left[ \frac{1}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{x_1^2 + y_2^2}} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OC} - \frac{1}{OD} \right]
\end{aligned}$$

(2.1.15c)

$$\begin{aligned}
A_4 = A_{DA} &= \int_{L_4} Pdx + Qdy = k q q_0 \int_{y_2}^{y_1} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dx + \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}} dy = k q q_0 \int_{y_2}^{y_1} \frac{x_1}{\sqrt{(y^2 + x_1^2)^3}} \cdot 0 + \\
&+ \frac{y}{\sqrt{(y^2 + x_1^2)^3}} \cdot dy = -k q q_0 \frac{1}{\sqrt{y^2 + x_1^2}} \Big|_{y_2}^{y_1} = k q q_0 \left[ \frac{1}{\sqrt{y_2^2 + x_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{y_1^2 + x_1^2}} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OD} - \frac{1}{OA} \right]
\end{aligned}$$

(2.1.15d)

Ma'lumki, berk kontur bo'yicha bajarilgan ish har bir qismda bajarilgan ishlarning yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\begin{aligned}
A_{ym} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = k q q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right] + k q q_0 \left[ \frac{1}{OB} - \frac{1}{OC} \right] + k q q_0 \left[ \frac{1}{OC} - \frac{1}{OD} \right] + k q q_0 \cdot \\
&\cdot \left[ \frac{1}{OD} - \frac{1}{OA} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} + \frac{1}{OB} - \frac{1}{OC} + \frac{1}{OC} - \frac{1}{OD} + \frac{1}{OD} - \frac{1}{OA} \right] = k q q_0 [0 + 0 + 0 + 0] = 0
\end{aligned}$$

(2.1.16)

Bu ifoda (2.1.3) shartni qanoatlantiradi.

Endi (2.1.15a), (2.1.15b), (2.1.15c) va (2.1.15d) ifodalardan foydalanib, elektr maydonining bajargan ishi traektoriya shakliga bog‘liq emasligini ko‘rsatishimiz mumkin. Misol uchun 2.1.4-rasmdagi  $q_0$  zaryadni A nuqtadan C nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ishni topaylik. A nuqtadan C nuqtaga  $q_0$  zaryadni  $A \rightarrow B \rightarrow C$  yoki  $A \rightarrow D \rightarrow C$  traektoriyalar bo‘yicha ko‘chirish mumkin. Zaryadni  $A \rightarrow B \rightarrow C$  va  $A \rightarrow D \rightarrow C$  traektoriyalar bo‘yicha ko‘chirishda bir xil ish bajarilishini hisoblab ko‘ramiz:

$$A_{ABC} = A_{AB} + A_{BC} = A_1 + A_2 = k q q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right] + k q q_0 \left[ \frac{1}{OB} - \frac{1}{OC} \right] = k q q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OC} \right] \quad (2.1.17a)$$

$$A_{ADC} = A_{AD} + A_{DC} = -A_{DA} - A_{CD} = -A_4 - A_3 = -k q q_0 \left[ \frac{1}{OD} - \frac{1}{OA} \right] - k q q_0 \left[ \frac{1}{OC} - \frac{1}{OD} \right] = q_0 \left[ \frac{1}{OA} - \frac{1}{OC} \right] \quad (2.1.17b)$$

Demak,

$$A_{ABC} = A_{ADC} \quad (2.1.18)$$

bo‘ladi va yuqorida ko‘rib o‘tilgan masala Kulon kuchining bajargan ishi traektoriya shakliga bog‘liq emasligini ko‘rsatadi.

Yuqoridagi (2.1.16) va (2.1.18) ifodalar nuqtaviy zaryadning elektr maydonining haqiqatan ham potensial (konservativ) maydon ekanligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, ushbu mavzuni o‘qitishda yuqorida qaralgan usullardan foydalanish talabalarning nazariy bilimlarini chuqurlashtirishga hamda elektr maydoni va uning bajargan ishi haqidagi tasavvurlarini kengaytirishga olib keladi, talabalarda elektr maydonining xususiyatlari haqidagi bilim mustahkamlanadi, chiziqli integrallar bilan ishlash malakasi ortadi. Bu esa bo‘lajak fizika o‘qituvchilari uchun juda muhim hisoblanib, ularning chuqur bilimga ega bo‘lishlarida katta rol o‘ynaydi.

Elektrodinamikada ko‘p uchraydigan yana bir terminni yoritishga harakat qilib ko‘ramiz. Oliy ta’limda fizika mashg‘ulotlarida talabalar biror fizik kattalikning gradienti (masalan, tezlik, bosim, temperatura, potensial va h.k.) bilan

bog'liq masalalarga ko'p duch kelishadi. Umuman olganda fazoviy tasavvurni talab etgani bois skalyar maydon gradienti tushunchasini o'zlashtirish talabalarida har doim ham oson kechavermaydi. Eng avvalo ushbu ibora va u bilan bog'liq mavzularni o'zlashtirish talabalardan matematikadan differensial va integral hisob, vektor analiz hamda maydon nazariyasi haqidagi bilimlarni o'zlashtirishni taqozo etadi. Shuning uchun skalyar maydon gradientini matematik jihatdan chuqur o'rganib, so'ngra uni fizik hodisalarga, ya'ni mexanik, issiqlik, elektr va magnit kabi hodisalariga tadbiq etish talabalar uchun juda foydalidir.

Skalyar maydon gradientiga turli adabiyotlarda turlicha ta'riflar keltirilgan bo'lib, bu haqda talabalarda etarlicha tasavvur shakllanishi uchun bu ta'riflarga birma-bir to'xtalib o'tamiz.

Faraz qilaylik,  $Oxyz$  fazoning biror  $V$  sohasida faqat son qiymat bilangina aniqlanadigan va differensiallanuvchi  $u = u(x, y, z)$  skalyar maydoni berilgan bo'lsin.

**1-ta'rif:**  $u = u(x, y, z)$  differensiallanuvchi funksiya bilan berilgan skalyar maydonning  $M(x, y, z)$  nuqtasidagi gradienti deb,  $gradu$  bilan belgilanuvchi vektorga aytiladi va u

$$gradu = \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \vec{k} \quad (2.1.19)$$

ko'rinishga ega bo'ladi [99; 426–427-b.].

Ushbu keltirilgan ta'rif gradientning koordinatalar sistemasini tanlashga bog'liq bo'lgan ta'rifidir [98; 464–471-b.], [99; 426–429-b.].

Biz  $u = u(x, y, z)$  funksiyaning ixtiyoriy  $\vec{\ell}$  yo'nalish bo'yicha hosilasi  $\frac{du}{d\ell} = \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \cos \alpha + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \cos \beta + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \cos \gamma$  ekanini bilamiz.  $\vec{\ell}$  yo'nalish bo'yicha olingan birlik vektor  $\vec{\ell}_0 = \frac{\vec{\ell}}{|\vec{\ell}|} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} + \cos \gamma \cdot \vec{k}$  bo'lib, uning koordinata

o'qlaridagi proeksiyalari  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$  ga teng. Bunda  $\alpha, \beta, \gamma - \vec{\ell}$  vektor yo'nalishining mos holda x, y- va z-koordinata o'qlari bilan hosil qilgan

burchaklari. Funksiyaning biror nuqtadagi gradienti va shu nuqtadan yoʻnalgan birlik vektorning skalyar koʻpaytmasi shu funktsiyaning  $\vec{\ell}_0$  yoʻnalishdagi hosilasini beradi [87; 102–113-b].

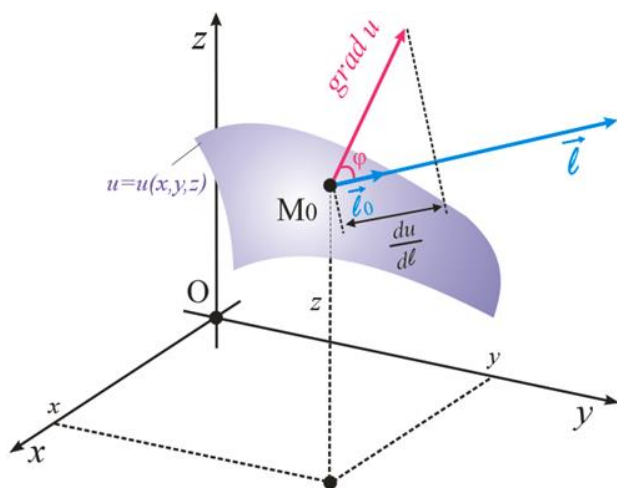
$$\begin{aligned} \text{grad } u \cdot \vec{\ell}_0 &= \left( \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \vec{k} \right) \cdot (\cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} + \cos \gamma \cdot \vec{k}) = \\ &= \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \cos \alpha + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \cos \beta + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \cos \gamma = \frac{du}{d\ell} \end{aligned} \quad (2.1.20)$$

yoki

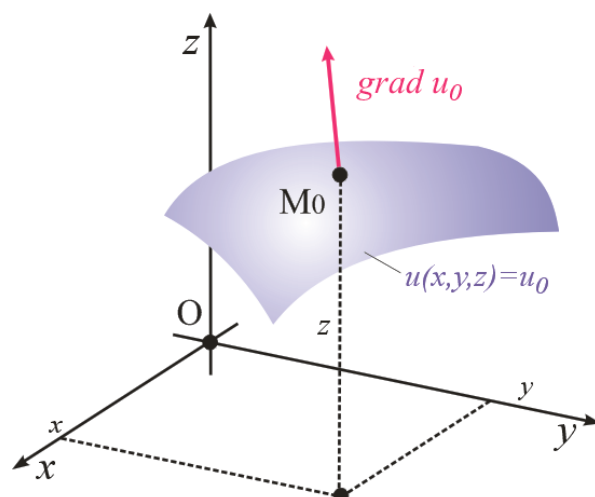
$$\frac{du}{d\ell} = \text{grad } u \cdot \vec{\ell}_0 = |\text{grad } u| \cdot |\vec{\ell}_0| \cdot \cos \varphi = |\text{grad } u| \cdot \cos \varphi \quad (2.1.21)$$

boʻladi.

Bundan yoʻnalish boʻyicha hosila oʻzining eng katta qiymatini  $\varphi = 0$  da, yaʼni  $\cos \varphi = 1$  da qabul qiladi degan xulosaga kelish mumkin (2.1.5-rasmga qarang). Boshqacha aytganda yoʻnalish funktsiya gradienti bilan mos tushganda uning hosilasi eng katta qiymatga erishadi [87; 102–113-b], [98; 426–430-b].



**2.1.5-rasm. Skalyar maydon gradienti va tanlangan yoʻnalish orasidagi burchak.**



**2.1.6-rasm. Skalyar maydon gradienti yoʻnalishi.**

**2-taʼrif:**  $u = u(x, y, z)$  skalyar maydonning gradienti deb, bu maydon oʻzgarishining eng katta tezligini ifodalovchi vektor kattalikka aytiladi [98; 426–430-b].

Ushbu keltirilgan ta'rif gradientning koordinatalar sistemasini tanlanishiga bog'liq bo'lmagan ta'rifdir.

Agar yuqorida ko'rgan  $\frac{du}{d\ell} = |\text{gradu}| \cdot \cos \varphi$  formulada  $\varphi = \pi$ , ya'ni  $\cos \varphi = -1$  bo'lsa, tanlangan yo'nalishda maydon eng tez kamayadi. Bu yo'nalish gradient yo'nalishi bilan qarma-qarshi yo'nalgan bo'ladi.

Agar yuqorida ko'rib o'tilgan  $\frac{du}{d\ell} = |\text{gradu}| \cdot \cos \varphi$  formulada  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ , ya'ni  $\cos \varphi = 0$  bo'lsa, tanlangan yo'nalishda maydon o'zgarishi sodir bo'lmaydi. Boshqacha aytganda, skalyar maydonning qiymati o'zgarmaydigan nuqtalarning geometrik o'rni sath sirtlari (fizikada ekvipotensial sirtlar) deyiladi.  $u = u(x, y, z)$  skalyar maydonning ixtiyoriy  $M_0(x_0, y_0, z_0)$  nuqtadagi gradienti  $\text{gradu}_0$  shu nuqtadan o'tuvchi sath sirtiga har doim perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi (2.1.6-rasmga qarang) [98; 422–430-b.].

**3-ta'rif:** Nabla operatori  $\left( \vec{\nabla} = \vec{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right)$  skalyar kattalikka skalyar ta'sir etib, shu skalyar funksiyaning gradientini beradi. YA'ni skalyar kattalikni vektor kattalikka aylantiradi.

$$\vec{\nabla} u = \left( \vec{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right) \cdot u = \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \vec{k} = \text{gradu} \quad (2.1.22)$$

Endi skalyar maydon gradientiga doir bir necha masalalar ko'rib chiqish orqali gradient tushunchasiga doir bilimlarni mustahkamlaymiz.

**1-misol:**  $u = x^2 + xy^2 - xyz$  skalyar maydonning  $M(1, 3, 5)$  nuqtadagi gradienti va  $\vec{\ell} = 3\vec{i} - \vec{j} + 3\vec{k}$  yo'nalishlari orasidagi burchak  $\varphi$  ni toping.

Yechish:  $\vec{\ell}$  ning uzunligi  $|\vec{\ell}| = \sqrt{3^2 + (-1)^2 + 3^2} = \sqrt{19}$  ga teng. Skalyar funksiyaning berilgan nuqtadagi xususiy hosilalarini topamiz.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial u}{\partial x} &= 2x + y^2 - yz, & \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{M_0} &= 2 \cdot 1 + 3^2 - 3 \cdot 5 = 11 - 15 = -4 \\
\frac{\partial u}{\partial y} &= 2xy - xz, & \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{M_0} &= 2 \cdot 1 \cdot 3 - 1 \cdot 5 = 6 - 5 = 1 \\
\frac{\partial u}{\partial z} &= xy, & \left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{M_0} &= 1 \cdot 3 = 3
\end{aligned} \tag{2.1.23}$$

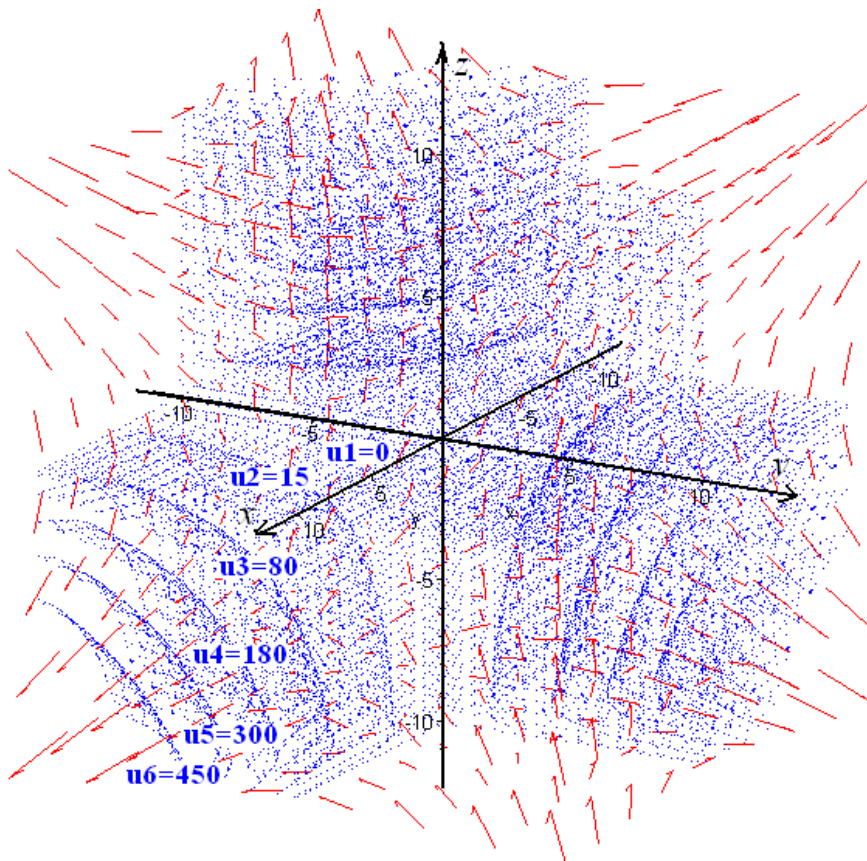
Demak, funksiyaning  $M_0$  nuqtadagi gradienti  $\text{grad } u = -4\vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}$

ko‘rinishda, uning son qiymati esa  $|\text{grad } u| = \sqrt{(-4)^2 + 1^2 + 3^2} = \sqrt{26}$  bo‘ladi. Endi

$\vec{\ell} = 3\vec{i} - \vec{j} + 3\vec{k}$  va  $\text{grad } u = -4\vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}$  vektorlar orasidagi burchakni topamiz.

$$\cos \varphi = \frac{\text{grad } u \cdot \vec{\ell}}{|\text{grad } u| \cdot |\vec{\ell}|} = \frac{-4 \cdot 3 + 1 \cdot (-1) + 3 \cdot 3}{\sqrt{26} \cdot \sqrt{19}} = -\frac{4}{\sqrt{494}} \approx -0,18; \rightarrow \varphi \approx \arccos(-0,18) = 100,36^\circ.$$

**2-misol:** Ushbu  $u = xyz$  skalyar maydonning  $M(0,1,-2)$  nuqtadagi eng tez o‘zgarish kattaligi va uning yo‘nalishini toping [99; 426–429-b.].



**2.1.7-rasm. Ixtiyoriy skalyar maydonning sath sirlari va gradienti o‘zaro perpendikulyar.**

Yechish: Avvalo xususiy hosilalarni topamiz.

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial x} &= yz, & \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{M_0} &= 1 \cdot (-2) = -2; & \frac{\partial u}{\partial y} &= xz, & \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{M_0} &= 0 \cdot (-2) = -2 \\ \frac{\partial u}{\partial z} &= xy, & \left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{M_0} &= 0 \cdot 1 = 0\end{aligned}\quad (2.1.24)$$

Demak, funksiyaning  $M_0$  nuqtadagi gradienti  $\text{grad } u = -2\vec{i}$  ko‘rinishda, miqdori esa  $|\text{grad } u| = \sqrt{(-2)^2 + 0^2 + 0^2} = 2$  bo‘ladi. Demak, funksiya gradienti yo‘nalishi  $Ox$ -o‘qiga qarama-qarshi yo‘nalgan ekan [73; 76–83-b.].

Agar berilgan skalyar funksiya maydoni va uning gradientidan iborat vektor maydonni axborot texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalanib ifodallasak, quyidagi tasvirga ega bo‘lamiz (2.1.7-rasmga qarang).

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, sath sirtlari va gradient yo‘nalishlari barcha nuqtalarda o‘zaro perpendikulyar ekan [61; 16–19-b.].

**3-misol:** Agar dengiz sathidan har 12 m balandlikka ko‘tarilganda atmosfera bosimi o‘rtacha 1mm.sm.ust ga kamayib borishi ma’lum bo‘lsa, bosim gradienti va uning yo‘nalishini toping. Bosim maydoni uchun sath sirtlari qanday ko‘rinishda bo‘ladi [73; 76–83-b.]?

Yechish: Koordinatalar sistemasining  $Oxy$  tekisligini dengiz sathida yotadigan va  $Oz$ -o‘qini esa vertikal tepaga yo‘nalgan qilib tanlaymiz. Gradientning ta’rifiga ko‘ra biror kattalikning gradienti o‘sha kattalik masofa birligida eng ko‘pi bilan qanday miqdorga o‘zgarishini bildiradi. Bosim gradientining miqdori

$$\frac{\Delta P}{\Delta h} = \frac{1\text{mm.sm.ust.}}{12\text{ m}} = \frac{133,3\text{ Pa}}{12\text{ m}} = 11,1 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \quad (2.1.25)$$

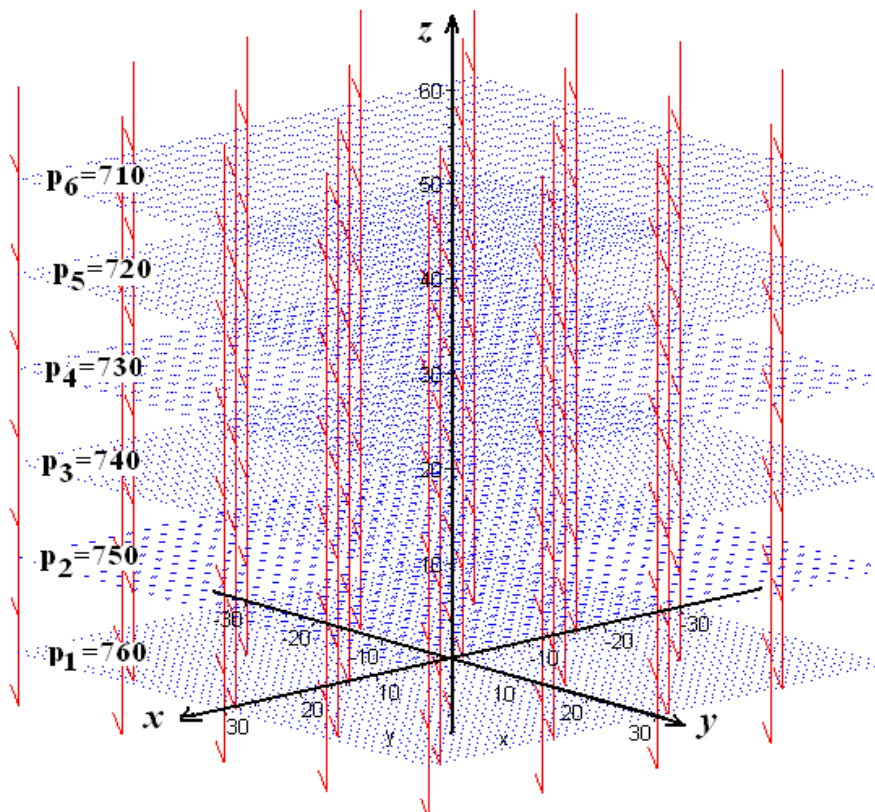
bo‘lib,  $Oz$ -o‘qiga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi. Dengiz sathida bosim  $P_0 = 760\text{mm.sm.ust} \approx 101300\text{ Pa}$  ga teng bo‘lib, uning qiymati har 1 m balandlikka ko‘tarilganda o‘rtacha 11,1 Pa ga kamayib boradi. Demak, atmosfera bosim maydonidan iborat skalyar funksiya bo‘lib, u  $P = P_0 - 11h = P_0 - 11z$  ko‘rinishda bo‘lar ekan. Bu maydonning xususiy hosilalari



$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial P}{\partial z} = -11 \frac{Pa}{m} \quad (2.1.26)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. SHunday qilib, Er sirtiga yaqin yuzalarda atmosfera bosimi maydonining gradienti  $grad P = -11,1\vec{k}$  ko‘rinishda bo‘lar ekan.  $Ox$ - va  $Oy$ - o‘qlar bo‘yicha xususiy hosilalar nolga teng bo‘lgani uchun bu yo‘nalishlarda, ya’ni  $Oxy$  tekisligi va unga parallel tekisliklarda hech qanday bosim o‘zgarishlari sodir bo‘lmaydi. Shu boisdan ham bu tekisliklarni sath sirtlari deyish mumkin. Axborot texnologiyasidan foydalanib bosim va uning gradientini tasvirlasak, 2.1.8-rasmdagi tasvir hosil bo‘ladi [73; 76–83-b.].

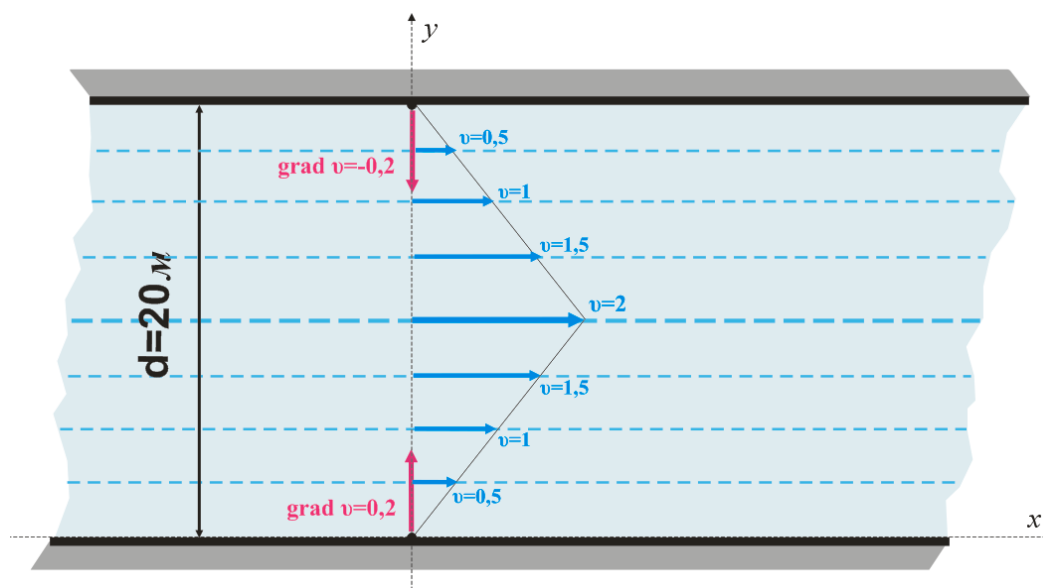
Xuddi yuqorida keltirilgan misolga o‘xshab, dengiz tubiga kirib borgan sayin gidrostatik bosim har  $1\text{ m}$  chuqurlikda taxminan  $9800\text{ Pa}$  ga oshib borishi ma’lum bo‘lsa, bosim maydoni  $P = 9800h = -9800z$  ko‘rinishda, uning gradienti esa  $grad P = -9800\vec{k}$  ko‘rinishda bo‘ladi.



**2.1.8-rasm. Atmosfera bosimi maydoni va uning gradienti o‘zaro perpendikulyar.**

**4-misol:** Agar anhorning eni  $20\text{ m}$  bo'lib, anhor o'rtasida oqim tezligi  $2\text{ m/s}$  ga teng bo'lsa, tezlik gradienti va uning yo'nalishi qanday? Tezliklar maydoni uchun sath sirtlari-chi?

Yechish: Bu masalada tezlik aslida vektor kattalik bo'lsa-da, uning son qiymati bilan ish ko'ramiz. Tezlik son qiymatining eng tez o'zgaradigan yo'nalishi tezlik gradienti yo'nalishini beradi. Qirg'oqqa tegib turgan suv molekulalarini ichki ishqalanish tufayli harakatlanmaydi deyish mumkin. Anhor o'rtasida oqim tezligi eng katta bo'lib, u  $v_{\max} = 2\text{ m/s}$  ga teng. Demak, qirg'oqdan anhor o'rtasiga tomon borgan sayin suyuqlik tezligi chiziqli ravishda oshib boradi. Suyuqlik juda ensiz qatlamlar ko'rinishida o'z tezligi bilan qo'shni qatlamlarga aralashmagan holda oqadi (laminar oqim). Tezlik gradienti miqdori  $|\text{grad } v| = \frac{\Delta v}{\Delta y} = \frac{2-0}{10} = 0,2\text{ m/s}$  ga teng (2.1.9-rasmga qarang). Tezlik maydonining sath sirtlari qirg'oqqa parallel tekisliklardan iborat bo'lib, tezlik gradienti esa sath sirtlariga perpendikulyar yo'naladi [73; 76–83-b.].



**2.1.9-rasm. Suv oqimining sath sirtlari va tezlik gradienti o'zaro perpendikulyar.**

Oliy ta'lim muassasalarida fizika fanining Elektromagnetizm va Elektrodinamika bo'limlarini o'qitishda elektr va magnit maydon rotori hamda bu maydonlarning divergensiya iboralariga ko'p duch kelinadi. Bu ibora va tushunchalarning ma'no-mohiyatini, bu operatorlarning qo'llani-shini bilmasdan

turib fizikaning bu bo'limi mavzularini o'zlashtirish umuman mumkin emas. Fazoviy tasavvurni talab etgani bois, maydon divergensiya va rotori tushunchalarini o'rganish talabalarda ma'lum qiyinchiliklar tug'diradi. Undan tashqari, bu tushunchalarning mohiyatini tushunish matematikadan vektor analiz, integral va differensial hisob haqida etarlicha bilimlarni o'zlashtirishni ham taqozo etadi. Shuning uchun vektor maydon divergensiya va rotorini umumiy holda matematik jihatdan o'rganib, so'ngra bu bilimlarni fizik jarayonlarga, ya'ni elektr va magnit maydonlarga tatbiq etish, hamda ularga doir masalalar echish talabalar uchun juda foydalidir. Shuning uchun maydon divergensiya va maydon rotorini matematik ta'riflarini keltirib, ularga doir misollar echish, so'ngra elektr maydon divergensiya va rotori, magnit maydon divergensiya va rotorini o'rganish, ularga doir misollar echish orqali bu tushunchalarni chuqur tushunib etish va mustahkamlash mumkin.

### ***Elektrodinamikada divergeniya tushunchasi va unga doir misollar***

Turli adabiyotlarda vektor maydon divergensiya turlicha ta'riflar keltirilgan bo'lib, talabalarda etarli va keng qamrovli tasavvur hosil qilish uchun bu ta'riflarga birma-bir to'xtalib o'tamiz [80; 1–6-b].

**1-ta'rif:**  $\vec{a} = P(x, y, z) \cdot \vec{i} + Q(x, y, z) \cdot \vec{j} + R(x, y, z) \cdot \vec{k}$  vektor maydonning divergensiya (uzoqlashuvchisi) deb ixtiyoriy  $M(x, y, z)$  nuqtaning  $\text{div} \vec{a}$  ko'rinishida belgilanadigan va

$$\text{div} \vec{a} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \quad (2.1.27)$$

formula bilan aniqlanadigan skalyar maydoniga aytiladi.

Bu yerda xususiy hosilalar berilgan  $M(x, y, z)$  nuqtada hisoblanadi.

Divergensiyaning ta'rifidan foydalanib, ikki karrali integralni uch karrali integralga aylantirish mumkin.

$$\oint_S \vec{a} \cdot d\vec{S} = \iiint_V \text{div} \vec{a} \cdot dV \quad \text{yoki} \quad (2.1.28)$$

$$\oiint_S P dy dz + Q dx dz + R dx dy = \iiint_V \left( \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (2.1.28a)$$

Yuqorida berilgan ta'rif divergensiyaning koordinata o'qlarini tanlashga bog'liq bo'lgan ta'rifi hisoblanadi [80; 1–6-b], [98; 522–528-b].

**2-ta'rif:**  $\vec{a}$  vektor maydonning berilgan  $M(x, y, z)$  nuqtadagi divergensiya deb  $M(x, y, z)$  nuqtani qamrab olgan yopiq sirt orqali o'tuvchi maydon oqimining shu sirt bilan chegaralangan sohaning  $V$  hajmiga nisbatining bu hajm nuqtaga tortilgandagi, ya'ni  $V \rightarrow 0$  dagi limitiga aytiladi [98; 522–528-b], [87; 136–141-b].

$$\operatorname{div} \vec{a} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\oiint_S \vec{a} \cdot d\vec{S}}{V} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\Phi_a}{V} \quad \text{yoki} \quad (2.1.29)$$

$$\lim_{M_1 \rightarrow M} \operatorname{div} \vec{a}(M_1) = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \oiint_S \vec{a} \cdot d\vec{S} \quad (2.1.29a)$$

Yuqorida berilgan ta'rif divergensiyaning koordinata o'qlarini tanlashga bog'liq bo'lmagan ta'rifi hisoblanadi [98; 522–528-b].

**3-ta'rif:** Nabla operatori  $\left( \vec{\nabla} = \vec{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right)$  vektor kattalikka skalyar ta'sir etib, shu vektor maydonining divergensiya hosil qiladi [87; 136–141-b], [99; 433–435-b].

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{a} = \vec{\nabla} \cdot \vec{a} &= \left( \vec{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right) \cdot (P(x, y, z) \cdot \vec{i} + Q(x, y, z) \cdot \vec{j} + R(x, y, z) \cdot \vec{k}) = \\ &= \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \end{aligned} \quad (2.1.30)$$

Endi vektor maydon divergensiya fizik talqin beramiz.

Divergensiyaning fizik ma'nosi:

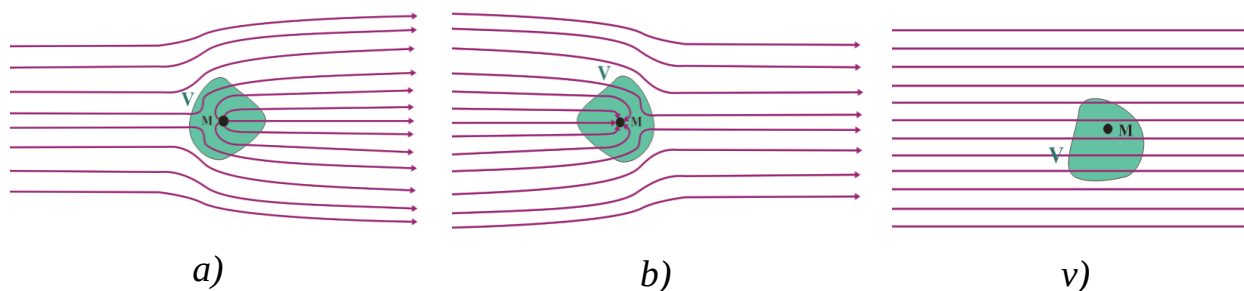
Faraz qilaylik,  $\vec{a}(M)$  vektor biror  $V$  sohada oqayotgan suyuqlikning tezliklar maydonini ifodalasin.  $\vec{a}(M)$  vektor maydonning biror  $S$  yopiq sirtning tashqi

normali bo'yicha  $\Phi_a$  oqimi shu sirt bilan chegaralangan hajmga birlik vaqt ichida oqib kirgan va undan oqib chiqqan suyuqlik miqdorlari orasidagi ayirmani ifodalaydi [98; 522–528-b].

Ushbu

$$\frac{\Phi_a}{V} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\oiint_S \vec{a} \cdot d\vec{S}}{V} \quad (2.1.31)$$

hajm birligiga bo'lingan suyuqlik oqimini ifodalaydi. Boshqacha aytganda  $\Phi_a > 0$  bo'lganda berilgan yopiq sohada manba,  $\Phi_a < 0$  bo'lganda esa o'sha sohada qurdum (quduq) bo'ladi. Vektor maydon divergensiya  $\text{div} \vec{a} = \frac{\Phi_a}{V}$  esa birlik hajmga to'g'ri kelgan suyuqlik oqimi, ya'ni manbaning quvvatini bildiradi (2.1.10-rasmga qarang). Demak, vektor maydon divergensiya biror nuqtada musbat va miqdor jihatdan qancha katta bo'lsa, bu nuqta manbaga aylanadi va shuncha ko'p vektor chiziqlari nurlaydi, emissiya qiladi. Aksincha, manfiy va miqdor jihatdan qancha katta bo'lsa, bu nuqta qurdum (quduq) ga aylanadi va shuncha ko'p vektor chiziqlarni yutib yuboradi [80; 1–6-b].



**2.1.10-rasm. Divergensiya ishorasining nuqtani qamragan yopiq sirt yoki  $V$  hajmga kiruvchi va undan chiquvchi vektor chiziqlar farqiga bog'liqligi.**

Endi vektor maydon divergensiya doir bir necha misollar keltiramiz.

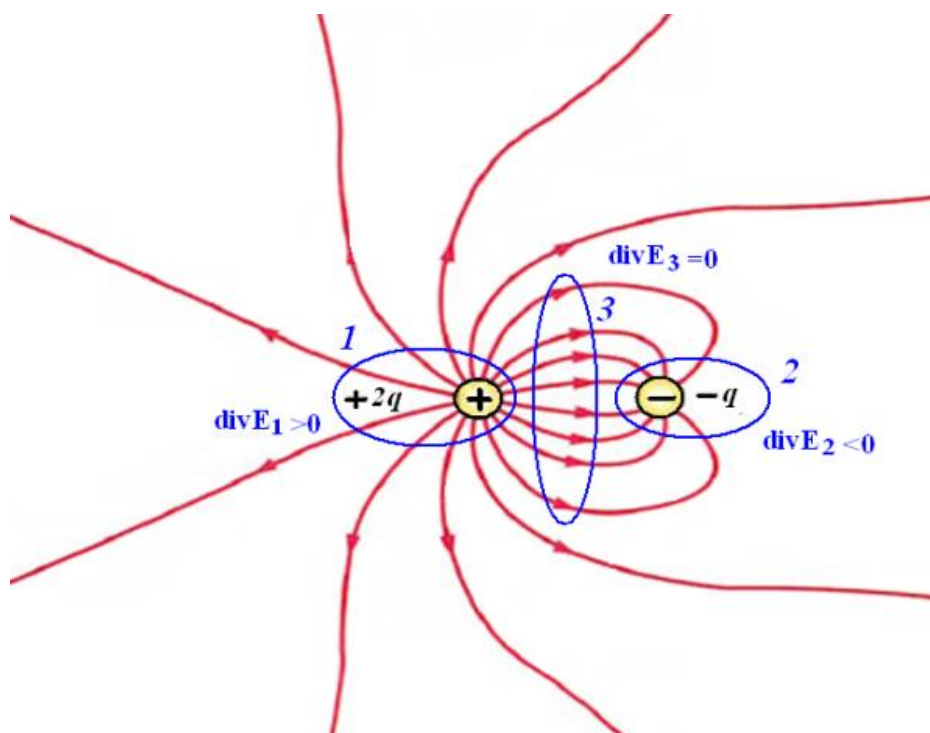
**1-misol:**  $\vec{a} = xyz \cdot \vec{i} + (x + y + z) \cdot \vec{j} + (x^2 + y^2 + z^2) \cdot \vec{k}$  vektor maydonning  $M(1; -1; 2)$  nuqtadagi divergensiya toping [99; 433–435-b].

**Yechish:** Bu yerda:  $P = xyz$ ,  $Q = x + y + z$ ,  $R = x^2 + y^2 + z^2$  berilgan vektorning koordinatalari bo'lib, ularning xususiy hosilalarini topamiz.

$$\frac{\partial P}{\partial x} = yz, \quad \frac{\partial Q}{\partial y} = 1, \quad \frac{\partial R}{\partial z} = 2z \quad (2.1.32)$$

Demak,  $\operatorname{div} \vec{a}(M) = -1 \cdot 2 + 1 + 2 \cdot 2 = 3$  ekan. Ushbu misolda  $\operatorname{div} \vec{a}(M) > 0$  bo'lgani uchun berilgan nuqtada vektor chiziqlarni nurlovchi manba bor, ya'ni  $M$  nuqtani qamragan cheksiz kichik hajmga kiruvchi vektor chiziqlar soni bu hajmdan chiquvchi chiziqlardan kamroq ekanini bildiradi.

**2-misol:** Qo'zg'almas nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektrostatik maydon divergensiya aniqqlang [102; 21–25-b], [104; 38–42-b].



**2.1.11-rasm. Elektr maydon divergensiya aniqqlashga doir tasvir.**

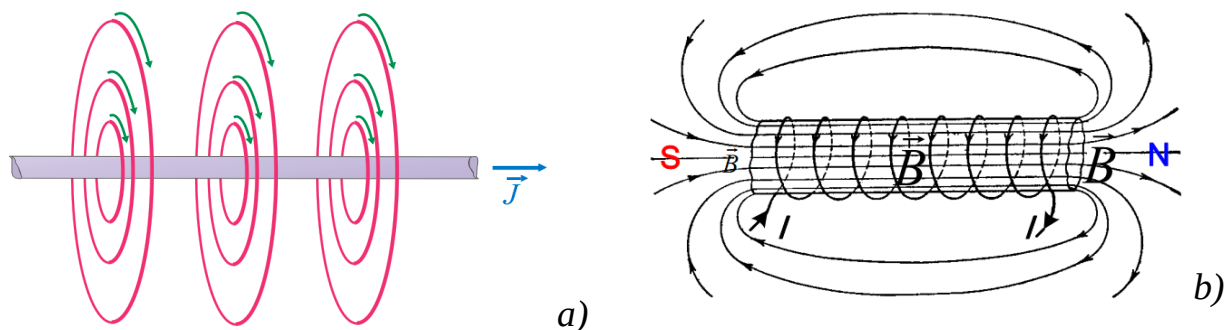
Yechish: Hisoblashlarga ko'ra elektr zaryadi joylashgan nuqtalardan boshqa barcha nuqtalarda elektr maydon divergensiya nolga teng bo'lar ekan. Zaryad joylashgan nuqtada esa

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\oint \vec{E} \cdot d\vec{S}}{V} = \frac{\oint k \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2}{V} = \frac{q}{\varepsilon_0 V} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (2.1.33)$$

bo'ladi. Boshqacha aytganda, divergensiya berk sirt bilan chegaralangan hajm ichidagi zaryadga (yoki zaryadlar yig'indisiga) to'g'ri proporsional, ya'ni  $\operatorname{div} \vec{E} \sim q$  bo'lar ekan. Demak, berk sirt ichidagi zaryadlar yig'indisi musbat

( $\sum q_i > 0$ ) bo'lsa, u holda divergensiya musbat ( $\text{div } \vec{E} > 0$ ) bo'ladi, aksincha zaryadlar yig'indisi manfiy ( $\sum q_i < 0$ ) bo'lsa, u holda divergensiya ham manfiy ( $\text{div } \vec{E} < 0$ ) bo'ladi. Agar zaryadlar yig'indisi nolga teng ( $\sum q_i = 0$ ) bo'lsa, u holda ( $\text{div } \vec{E} = 0$ ) bo'ladi (2.1.11-rasmga qarang) [80; 1–6-b].

Hisoblashlarga ko'ra tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydon divergensiya  $\text{div } \vec{B} = 0$  bo'lar ekan. Haqiqatda ham shunday bo'lish kerak edi. Chunki tabiatda elektr zaryadlariga o'xshash magnit zaryadlari yo'q. Elektr maydoni musbat zaryadlardan boshlanib manfiy zaryadlarda tugashini, ya'ni elektr maydonining boshi va oxiri (manbasi) borligini yaxshi bilamiz. Magnit maydonining esa boshi ham oxiri ham (manbasi) yo'q, ya'ni magnit maydoni biror nuqtadan boshlanib boshqa bir nuqtada tugamaydi. Magnit maydoni har doim berk (uyurmaviy) bo'ladi (2.1.12-rasmga qarang). Boshqacha aytganda ixtiyoriy berk sirt bilan chegaralangan hajmga nechta magnit chiziqlari kirsam, shu hajmdan shuncha chiziq chiqadi, ya'ni  $\text{div } \vec{B} = 0$  bo'ladi.



**2.1.12-rasm. Magnit maydon divergensiya tengligini aniqlashga doir tasvir.**

Vektor maydon divergensiya mavzusini talabalarga etkazishda avval uni matematik jihatdan umumiy holda chuqur tahlil etib, so'ngra turli fizik jarayonlarga tatbiq etish, ularga doir turli elektrodinamika masalalarini echish – mavzuni o'zlashtirishning samarali usuli bo'lib, bu talabalar uchun juda foydalidir. Natijada ularda chuqur ko'nikma hosil bo'lib, divergensiya bilan ishlash malakasi ortadi.



### ***Elektrodinamikada rotor tushunchasi va unga doir misollar***

Turli adabiyotlarda vektor maydon rotoriga turlicha ta'riflar keltirilgan bo'lib, talabalarda etarli hamda keng qamrovli tasavvur hosil qilish uchun bu ta'riflarga birma-bir to'xtalib o'tamiz [86;26–32-b].

Faraz qilaylik, Oxyz fazoning V sohasida  $P = P(x, y, z)$ ,  $Q = Q(x, y, z)$ ,  $R = R(x, y, z)$  koordinatalarga ega bo'lgan  $\vec{a} = P(x, y, z) \cdot \vec{i} + Q(x, y, z) \cdot \vec{j} + R(x, y, z) \cdot \vec{k}$  vektor maydon berilgan bo'lsin.

**1-ta'rif:**  $\vec{a}$  vektor maydonning uyurmasi (yoki rotori) deb ixtiyoriy  $M(x, y, z)$  nuqtada  $\text{rot } \vec{a}$  bilan belgilanadigan va

$$\text{rot } \vec{a} = \left( \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) \cdot \vec{i} + \left( \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} \right) \cdot \vec{j} + \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \cdot \vec{k} \quad (2.1.34)$$

formula bilan aniqlanadigan vektor maydoniga aytiladi [102; 122–124-b].

Bunda

$$\text{rot}_x \vec{a} = \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad \text{rot}_y \vec{a} = \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x}, \quad \text{rot}_z \vec{a} = \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \quad (2.1.35)$$

vektor maydon rotorining koordinatalari.

Yuqorida keltirilgan ta'rif rotorning koordinatalar sistemasini tanlashga bog'liq bo'lgan ta'rifi hisoblanadi [87; 141–146-b].

**2-ta'rif:**  $\vec{a}$  vektor maydonning uyurmasi (yoki rotori) deb shunday vektorga aytiladiki, uning biror yo'nalishga proeksiyasi shu yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan  $S$  yassi yuzni chegaralovchi  $L$  kontur bo'yicha vektor maydon sirkulyasiyasining  $S$  yuzaning kattaligiga nisbatiga teng, yuzaning o'zi esa nuqtaga tortiladi (2..1.13-a-rasmga qarang) [98; 528–532-b].

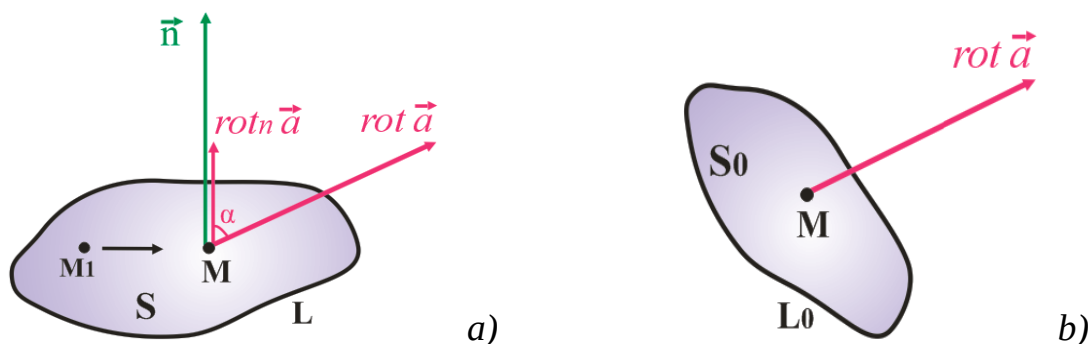
$$\text{rot}_n \vec{a}(M) = \lim_{M_1 \rightarrow M} \text{rot}_n \vec{a}(M_1) = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{\oint \vec{a} \cdot d\vec{\ell}}{S} = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{I}{S} \quad (2.1.36)$$

Bu yerda,  $\text{rot}_n \vec{a} = \text{rot } \vec{a} \cdot \cos \alpha$



Ta'rifni boshqacharoq ham keltirish mumkin.  $\vec{a}$  vektor maydonning ixtiyoriy  $M(x, y, z)$  nuqtadagi rotori deb, shunday vektorga aytiladiki, bunda shu nuqtadagi vektor maydon rotoriga perpendikulyar bo'lgan va nuqtaga tortilgan cheksiz kichik yuzaga ega bo'lgan  $S_0$  yuzani chegaralovchi berk  $L$  kontur bo'ylab vektor maydon bajargan ishning cheksiz kichik  $S_0$  yuzaga nisbati vektor maydon rotorining qiymatini beradi (2.1.13-b-rasmga qarang) [98; 528–533-b], [87;141–146-b].

$$\text{rot } \vec{a}(M) = \lim_{M_1 \rightarrow M} \text{rot } \vec{a}(M_1) = \lim_{S_0 \rightarrow 0} \frac{\oint \vec{a} \cdot d\vec{\ell}}{S_0} = \lim_{S_0 \rightarrow 0} \frac{I}{S_0} \quad (2.1.37)$$



**2.1.13-rasm. Vektor maydon rotorining ixtiyoriy yo'nalishga proeksiyasi va rotorning yo'nalishi**

Vektor sirkulyasiyasi bilan yopiq chiziq chegaralagan yuza nisbatining limiti maksimum bo'lgan yo'nalish vektor uyurmasi (rotori)ning yo'nalishidir va bu maksimum vektor uyurmasining moduliga tengdir.

Yuqorida keltirilgan ta'rif rotorning koordinatalar sistemasini tanlashga bog'liq bo'lmagan ta'rifi hisoblanadi [98; 528–532-b].

Ta'rifdan shunday xulosa chiqarish mumkinki, vektor maydon rotorining biror yuzadan o'tuvchi oqimi vektor maydonning shu sirtini chegaralovchi kontur bo'ylab bajargan ishi (sirkulyasiyasi)ga teng ekan.

$$\int_S \text{rot } \vec{a} \cdot d\vec{S} = \oint_L \vec{a} \cdot d\vec{\ell} = I \quad (2.1.38)$$

**3-ta'rif:**  $\vec{a}$  vektorning biror  $M$  nuqtadagi rotori (yoki uyurmasi) deb, shu nuqtani qamragan  $S$  yopiq sirt orqali o'tuvchi  $\oint_S d\vec{S} \times \vec{a}$  vektorning sirt bilan

chegaralangan hajmga nisbatiga teng bo'lgan vektor kattalikka aytiladi. Bunda  $M$  nuqtani qamragan sirt juda kichik bo'lib, uning hajmi nolga intilishi kerak [98; 528–533-b].

$$\operatorname{rot} \vec{a} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\oint d\vec{S} \times \vec{a}}{V} \quad (2.1.39)$$

**4-ta'rif:** Nabla operatori  $\left( \vec{\nabla} = \vec{i} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right)$  vektor kattalikka vektor ta'sir etib, shu vektor maydonining rotorini hosil qiladi.

$$\operatorname{rot} \vec{a} = \vec{\nabla} \times \vec{a} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} \quad (2.1.40)$$

Vektorning biror nuqtadagi uyurmasi (yoki rotor) nomlanishidan ham ko'rinib turibdiki, shu nuqtada uyurmalik yoki girdobga yoki burovchi momentga o'xshash qandaydir bir aylanma jarayon, aylantiruvchi ta'sir kuzatilayotganini bildiradi. Rotorning son qiymati qancha katta bo'lsa, aylanma jarayon, aylantiruvchi ta'sir shunchalik kuchli kuzatiladi. O'zgarmas vektorning rotorini har doim nolga teng bo'ladi [87;141–146-b], [98; 528–533-b].

Endi maydon rotoriga doir bir necha misollar keltiramiz.

**1-misol:**  $\vec{a} = xyz \cdot \vec{i} + (x + y + z) \cdot \vec{j} + (x^2 + y^2 + z^2) \cdot \vec{k}$  vektor maydonning  $M(1; -1; 2)$  nuqtadagi rotorini toping [99; 433–435-b].

**Yechish:** Bu yerda  $P = xyz$ ,  $Q = x + y + z$ ,  $R = x^2 + y^2 + z^2$  berilgan vektorning koordinatalari bo'lib, ularning xususiy hosilalarini topamiz.

$$\operatorname{rot}_x \vec{a} = \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} = 2y - 1, \quad \operatorname{rot}_y \vec{a} = \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} = xy + 2x, \quad \operatorname{rot}_z \vec{a} = \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} = 1 - xz \quad (2.1.41)$$

Demak,  $\operatorname{rot} \vec{a} = \operatorname{rot}_x \vec{a} \cdot \vec{i} + \operatorname{rot}_y \vec{a} \cdot \vec{j} + \operatorname{rot}_z \vec{a} \cdot \vec{k}$  ekanini hisobga olsak, berilgan vektorning rotorini  $\operatorname{rot} \vec{a} = (2y - 1) \cdot \vec{i} + (xy + 2x) \cdot \vec{j} + (1 - xz) \cdot \vec{k}$  ko'rinishda

bo‘ladi. Endi rotorning berilgan nuqtadagi qiymatini topamiz.

$$\text{rot } \vec{a} = (2 \cdot (-1) - 1) \cdot \vec{i} + (1 \cdot (-1) + 2 \cdot 1) \cdot \vec{j} + (1 - 1 \cdot 2) \cdot \vec{k} = -3 \cdot \vec{i} + \vec{j} - \vec{k} \quad (2.1.42)$$

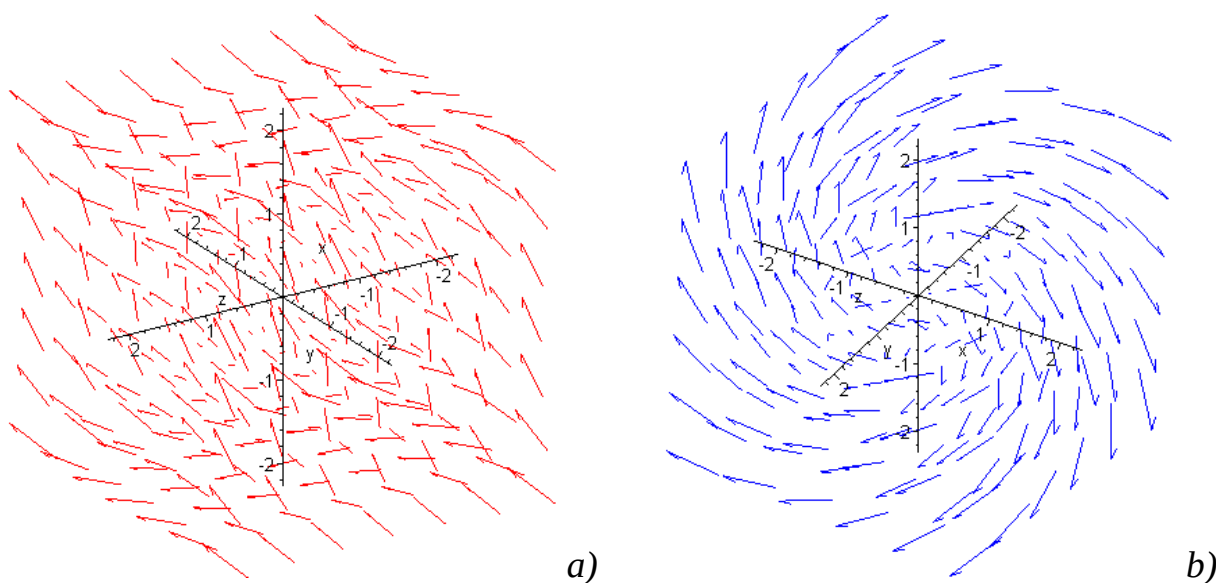
**2-misol:** Ushbu  $\vec{a} = y^2 \cdot \vec{i} + z^2 \cdot \vec{j} + x^2 \cdot \vec{k}$  vektor maydonning rotorini toping (2.1.14-rasmga qarang) [99; 378–392-b].

Yechish: Bu yerda,  $P = y^2$ ,  $Q = z^2$ ,  $R = x^2$  berilgan vektorning koordinatalari bo‘lib, ularning xususiy hosilalarini topamiz.

$$\text{rot}_x \vec{a} = \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} = -2z, \quad \text{rot}_y \vec{a} = \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} = -2x, \quad \text{rot}_z \vec{a} = \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} = -2y \quad (2.1.43)$$

Demak, berilgan vektorning rotorini  $\text{rot } \vec{a} = -2z \cdot \vec{i} - 2x \cdot \vec{j} - 2y \cdot \vec{k}$  ko‘rinishda bo‘lar ekan.

Agar yuqoridagi masalada berilgan vektorni hamda uning rotorini axborot texnologiyalaridan foydalanib tasvirlasak, quyidagi chizmaga ega bo‘lamiz.



**2.1.14-rasm. Vektor maydoni va uning rotorini**

Chizmadan ko‘rish mumkinki, rotor vektori berilgan vektor atrofida girdobga o‘xshash uyurmani hosil qiladi.

Endi biz quyidagi misolda vektor maydon rotoriga fizik talqin beramiz.

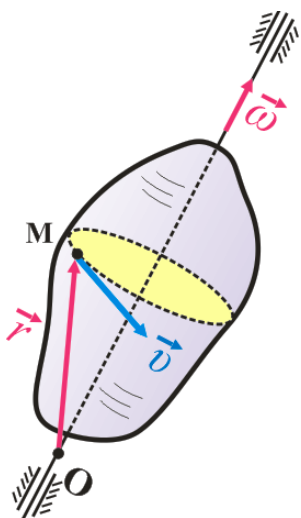
**3-misol:** Biror o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jism ixtiyoriy nuqtasining tezliklar maydoni rotorini aniqlang [86; 26–32-b].

Yechish: Kinematikada tezliklar maydoni  $\vec{g} = \vec{\omega} \times \vec{r}$  formuladan topilishini bilamiz. Bu yerda radius vektor va burchak tezlik vektori  $\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$ ,  $\vec{\omega} = \omega_x \cdot \vec{i} + \omega_y \cdot \vec{j} + \omega_z \cdot \vec{k}$  ekanini hisobga olib

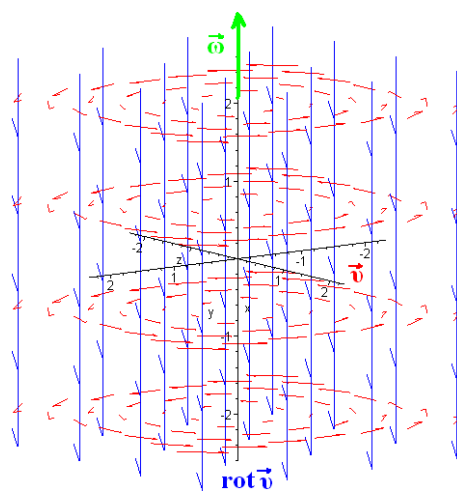
$$\vec{g} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \end{vmatrix} = (\omega_z y - \omega_y z) \cdot \vec{i} + (\omega_x z - \omega_z x) \cdot \vec{j} + (\omega_y x - \omega_x y) \cdot \vec{k} \quad (2.1.44)$$

ga ega bo‘lamiz.  $P = \omega_z y - \omega_y z$ ,  $Q = \omega_x z - \omega_z x$ ,  $R = \omega_y x - \omega_x y$  ekanini hisobga olib, xususiy hosilalarni topamiz.

$$\begin{aligned} \text{rot}_x \vec{g} &= \frac{\partial}{\partial y} (\omega_y x - \omega_x y) - \frac{\partial}{\partial z} (\omega_x z - \omega_z x) = -\omega_x - \omega_x = -2\omega_x \\ \text{rot}_y \vec{g} &= \frac{\partial}{\partial z} (\omega_z y - \omega_y z) - \frac{\partial}{\partial x} (\omega_y x - \omega_x y) = -\omega_y - \omega_y = -2\omega_y \\ \text{rot}_z \vec{g} &= \frac{\partial}{\partial x} (\omega_x z - \omega_z x) - \frac{\partial}{\partial y} (\omega_z y - \omega_y z) = -\omega_z - \omega_z = -2\omega_z \end{aligned} \quad (2.1.45)$$



**2.1.15-rasm. Tezlikning rotorini burchak tezlik ekanligi**



**2.1.16-rasm. Tezlik va uning rotorining o‘zaro perpendikulyarligi**

Shunday qilib, tezliklar maydoni rotorini  $\text{rot } \vec{g} = -2\omega_x \cdot \vec{i} - 2\omega_y \cdot \vec{j} - 2\omega_z \cdot \vec{k} = -2\vec{\omega}$  ga teng ekan. Demak, tezliklar maydoni rotorini qattiq jism aylanishining o‘z burchak tezligiga kollinear bo‘lib, miqdori esa ikkilangan burchak tezligiga teng bo‘lar ekan (2.1.15-rasmga qarang).

Hozirgi masalada agar jism Oz o‘qi atrofida aylanayotgan bo‘lsa,  $\vec{\omega} = \omega_z \vec{k}$ ,  $\text{rot } \vec{g} = -2\omega_z \cdot \vec{k}$  bo‘ladi.

Agar yuqoridagi masalada berilgan vektorni hamda uning rotorini axborot texnologiyalaridan foydalanib tasvirlasak, 2.1.16-chizmadagi fazoviy tasvirga ega bo‘lamiz [91; 156–183-b.].

**4-misol:** Kuch ta’sirida biror o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jismga ta’sir qiluvchi kuch momenti vektori maydonining rotorini aniqlang [86; 26–32-b].

Yechish: Dinamikada kuch momenti vektor maydoni  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$  formuladan aniqlanishini bilamiz. Bu yerda kuch qo‘yilgan nuqtaga o‘tkazilgan radius vektor va kuch vektori  $\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$ ,  $\vec{F} = F_x \cdot \vec{i} + F_y \cdot \vec{j} + F_z \cdot \vec{k}$  ekanini hisobga olib

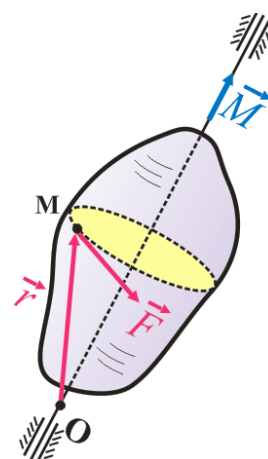
$$\vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = (yF_z - zF_y) \cdot \vec{i} + (zF_x - xF_z) \cdot \vec{j} + (xF_y - yF_x) \cdot \vec{k} \quad (2.1.46)$$

ga ega bo‘lamiz.  $P = yF_z - zF_y$ ,  $Q = zF_x - xF_z$ ,  $R = xF_y - yF_x$  ekanini bilgan holda xususiy hosilalarni topamiz.

$$\begin{aligned} \text{rot}_x \vec{G} &= \frac{\partial}{\partial y}(xF_y - yF_x) - \frac{\partial}{\partial z}(zF_x - xF_z) = -F_x - F_x = -2F_x \\ \text{rot}_y \vec{G} &= \frac{\partial}{\partial z}(yF_z - zF_y) - \frac{\partial}{\partial x}(xF_y - yF_x) = -F_y - F_y = -2F_y \\ \text{rot}_z \vec{G} &= \frac{\partial}{\partial x}(zF_x - xF_z) - \frac{\partial}{\partial y}(yF_z - zF_y) = -F_z - F_z = -2F_z \end{aligned} \quad (2.1.47)$$

Shunday qilib, burovchi moment vektori maydoni rotori  $\text{rot } \vec{F} = -2F_x \cdot \vec{i} - 2F_y \cdot \vec{j} - 2F_z \cdot \vec{k}$  ga teng ekan. Demak, burovchi moment vektori maydonining rotori qattiq jismga ta’sir qiluvchi kuch vektoriga kollinear bo‘lib, miqdori esa ikkilangan kuch kattaligiga teng bo‘lar ekan (2.1.17-rasmga qarang).

**5-misol:** Qo‘zg‘almas nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektrostatik maydon rotorini aniqlang [86; 26–32-b].

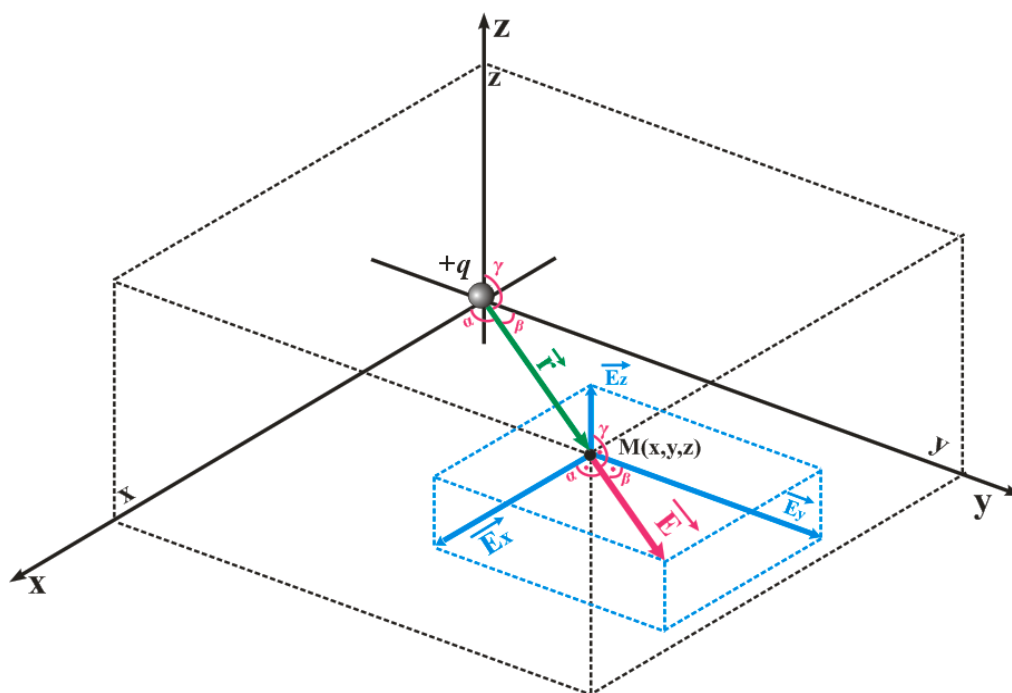


**2.1.17-rasm. Burovchi momentning rotori**

Yechish: Markazi koordinatalar boshida bo'lgan  $+q$  nuqtaviy zaryadni olamiz. Bu zaryaddan  $r$  masofada joylashgan ixtiyoriy  $M(x,y,z)$  nuqtadagi maydon kuchlanganligi quyidagicha bo'ladi (2.1.18-rasmga qarang):

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad (2.1.48)$$

Bu yerda,  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ,  $k = 9 \cdot 10^9 [N \cdot m^2 / kg^2]$  – proporsionallik koeffitsienti.



**2.1.18-rasm. Qo'zg'almas nuqtaviy elektr zaryadining  $M$  nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi va uning koordinatalari**

Elektr maydon kuchlanganligining o'qlardagi proeksiyalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} P = E_x = E \cos \alpha = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{x}{r} = k q \frac{x}{r^3} \\ Q = E_y = E \cos \beta = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{y}{r} = k q \frac{y}{r^3} \\ R = E_z = E \cos \gamma = k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{z}{r} = k q \frac{z}{r^3} \end{cases} \quad (2.1.49)$$

Bu yerda xususiy hosilalar

$$\begin{cases} \frac{\partial r}{\partial x} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{\partial x} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x}{r} \\ \frac{\partial r}{\partial y} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{\partial y} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{y}{r} \\ \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{\partial z} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \frac{z}{r} \end{cases} \quad (2.1.50)$$

ekanini hisobga olib,  $P$ -,  $Q$ -,  $R$ - funksiyalarning xususiylarini topamiz:

$$\begin{cases} \frac{\partial R}{\partial y} = \left( k q \frac{z}{r^3} \right)'_y = -3k q \frac{z}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = -3k q \frac{yz}{r^5} \\ \frac{\partial Q}{\partial z} = \left( k q \frac{y}{r^3} \right)'_z = -3k q \frac{y}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial z} = -3k q \frac{yz}{r^5} \end{cases}, \quad (2.1.51a)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial z} = \left( k q \frac{x}{r^3} \right)'_z = -3k q \frac{x}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial z} = -3k q \frac{xz}{r^5} \\ \frac{\partial R}{\partial x} = \left( k q \frac{z}{r^3} \right)'_x = -3k q \frac{z}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = -3k q \frac{xz}{r^5} \end{cases}, \quad (2.1.51b)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} = \left( k q \frac{y}{r^3} \right)'_x = -3k q \frac{x}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = -3k q \frac{xy}{r^5} \\ \frac{\partial P}{\partial y} = \left( k q \frac{x}{r^3} \right)'_y = -3k q \frac{y}{r^4} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = -3k q \frac{xy}{r^5} \end{cases} \quad (2.1.51c)$$

Endi elektrostatik maydon rotorini topamiz.

$$\text{rot } \vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{E} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \left( \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \cdot \vec{i} + \left( \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \cdot \vec{j} + \left( \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \cdot \vec{k} = 0 \quad (2.1.52)$$

Demak, elektrostatik maydon rotori nolga teng bo'lar ekan. Chunki elektrostatik maydonning biror nuqtadagi qiymati miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarmasdir, o'zgarmas vektorning rotori esa nolga teng bo'ladi.

**6-misol:** Tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydon rotorini aniqlang [87; 141–146-b].

Yechish: Oson bo'lishi uchun tokli o'tkazgichni Oz o'qi bo'ylab ustma-ust qo'yamiz. Bu o'tkazgichdan ixtiyoriy  $d = \sqrt{x^2 + y^2}$  masofada joylashgan ixtiyoriy  $M(x, y, z)$  nuqtadagi maydon induksiya vektori Bio-Savar-Laplas qonuni bo'yicha  $B = k \frac{I}{d} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{\sqrt{x^2 + y^2}}$  bo'ladi.

Magnit maydonning proeksiyalari quyidagicha bo'ladi (5.7-rasmga qarang):

$$\begin{cases} B_x = -B \cdot \cos \beta = -\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \frac{y}{d} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{y}{d^2} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{y}{x^2 + y^2} \\ B_y = B \cdot \cos \alpha = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \frac{x}{d} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{x}{d^2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{x}{x^2 + y^2} \\ B_z = 0 \end{cases} \quad (2.1.53)$$

Magnit maydon  $\vec{B} = B_x \cdot \vec{i} + B_y \cdot \vec{j} + B_z \cdot \vec{k}$  ekanini hisobga olib, bu maydonning rotorini topamiz.

$$\text{rot } \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = \left( \frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z} \right) \cdot \vec{i} + \left( \frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x} \right) \cdot \vec{j} + \left( \frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} \right) \cdot \vec{k} \quad (2.1.54)$$

Shunday qilib, vektor maydon rotori vektor kattalik bo'lib, vektor kattalikning biror o'q yoki nuqta atrofida qanchalik shiddat bilan aylanib uyurma hosil qilayotganini bildirar ekan. Vektor maydon rotori mavzusini talabalarga etqazishda avval uni matematik jihatdan umumiy holda chuqur tahlil etib, so'ngra turli fizik jarayonlarga tatbiq etish, ularga doir turli elektrodinamika masalalarini echish talabalar uchun juda foydalidir. Natijada ularda chuqur ko'nikma hosil bo'lib, rotor bilan ishlash malakasi ortadi.



## **2.2-§. Elektrodinamika bo‘limi mazmunini axborot texnologiyalari asosida yaxshilash imkoniyatlari**

Axborot texnologiyalari—gipermatn, multimedia, Internet, intranet, elektron pochta, WEB texnologiyasi, sun‘iy intellekt tizimlarini o‘zida mujassamlashtiradi. Axborotlar ko‘paygan va texnik vositalar rivojlanib borayotgan hozirgi davrda fizikani o‘qitish jarayonida o‘qituvchi har bir mavzuga doir ma’lumotlar berishida faqat darslikdagi ma’lumotlar bilan cheklanib qolmay, mavzuga oid proeksion ko‘rgazmalar, elektron darsliklardan, internet ma’lumotlar, turli dasturlar yordamida tayyorlangan animatsiyalardan foydalanishi ham juda muhim hisoblanadi.

O‘qituvchining barcha zamonaviy texnika, informatsion va pedagogik texnologiyalardan xabardor bo‘lishi davr talabidir. Nazariy va amaliy mashg‘ulotlar o‘tkazishda yangi adabiyotlardan foydalanish bilan bir qatorda internet ma’lumotlari va elektron darsliklardan foydalanish fizika mashg‘ulotlari samaradorligini yanada oshiradi. Buning uchun esa o‘qituvchining o‘zi kompyuter texnologiyalaridan xabardor, etarli darajada malaka va ko‘nikmalarga ega bo‘lishi talab etiladi [22; 15–19-b.].

Axborot texnologiyalaridan mashg‘ulot jarayonida va mashg‘ulotlardan tashqari vaqtlarda foydalanish o‘qituvchidan turli metodlardan foydalana olishni, talabalar qiziqishini oshirishni, ularning mashg‘ulot jarayonida faol ishtirok etishlarini ta’minlashni talab etadi. Mashg‘ulot tushunarli, qiziqarli bo‘lishi uchun o‘quv materiallarini saralash, o‘quv jarayonini loyihalashtirish, o‘quv jarayoniga tegishli bo‘lgan turli topshiriqlarni bajarish uchun tavsiyalar berish zarur.

Buning uchun avvalo o‘qituvchining o‘zi quyidagi bilim, ko‘nikma va malakalarga ega bo‘lishi talab etiladi:

kompyuterning asosiy texnik vositalari va ularning tavsiflarini bilishi;

kompyuter savodxonligi, Internet tizimi, modem aloqa va elektron pochtdan foydalana bilishi;

mashg'ulot jarayonida axborotni saqlash, qayta ishlash, tarqatish va namoyish qila olishi;

axborot texnologiyalarini, ularni mashg'ulot jarayoniga joriy etish yo'llarni bilishi;

axborot texnologiyalari asosida bilim olishning didaktik tamoyillarini bilishi;

axborot texnologiyalari asosida muammoli ta'limni tashkil etish bo'yicha ilg'or pedagoglarning tajribalarini o'rganishi;

mashg'ulot jarayoniga tegishli bo'lgan manbalarni Internetdan izlab topish va undan foydalanish ko'nikmasiga ega bo'lishi.

O'qituvchi oliy ta'lim muassasalari fizika mashg'ulotlarida mavjud elektron darslik, multimedia vositalari, internet ma'lumotlaridan foydalanish bilan bir qatorda, har bir mavzuga mos bo'lgan Elektrodinamika bo'limiga oid misollarni kompyuter asosida tushuntirish imkoniyatlariga ega bo'lishi zarur. Masalan, o'qituvchida elektr va magnit maydonlariga taalluqli mavzularni tushuntirishda kompyuter yordamida turli dasturlar asosida elektr hodisalariga oid misollarni tayyorlab ko'rsatish imkoniyati mavjud. SHu o'rinda maydon kuch chiziqlari, maydon energiyasining o'zgarish jarayonini ko'rsatib berish imkoniyati ham mavjud. O'qituvchi mavzularni o'qitishda turli xildagi animatsiyalardan mashg'ulot jarayonida foydalana olsa, talabalarning ijodiy fikrlashi, mustaqil o'qib o'rganish qobiliyati, fanga bo'lgan qiziqishi ortadi. O'qituvchi mashg'ulot jarayonida multimedia orqali sur'atlar, jadvallar va shunga o'xshash mavzuga oid qo'shimcha ma'lumotlarni ko'rsatib o'tsa, bu talabalarning nafaqat mashg'ulotga bo'lgan qiziqishini oshiradi, balki talabaning mustaqil o'qishini talab darajasida shakllantirishga, mavzuni imkon darajasida to'la o'zlashtirishiga ham yordam beradi.

Oliy ta'lim muassasalarida talabalarga elektr maydonining mavjudligini, uning kuch chiziqlari, elektr maydon kuchlanganligi haqidagi ma'lumotlarni berishda ancha qiyinchiliklarga duch kelinishi ma'lum. Bunga sabab, yuqoridagi tushunchalarning qo'l bilan ushlab, ko'z bilan ko'rib bo'lmasligi va abstrakt tushunchalar ekanligi hamda talabalarning tasavvuriga etkazishning qiyinligidir.

Bu muammoni hal qilishda bizga yana axborot texnologiyalari yordamga kelishi mumkin. Elektr maydon haqidagi tushunchani kiritishda quyidagilardan boshlash maqsadga muvofiq: Bizning sezgi organlarimizga bog‘liq bo‘lmagan holda elektrlangan jism atrofida mavjud bo‘ladigan maydonga *elektr maydon* deyiladi, elektr maydonning mavjudligini uning elektr zaryadiga maydon tomonidan ta’sir qiladigan kuch orqali bilish mumkin [88; 12–28-b.], [94; 13–24-b.].

O‘rta umumta’lim maktab kursining 8-sinfida elektr zaryadlari atrofidagi ***muhit*** haqida quyidagilar bayon qilingan:

***Elektr zaryadlari*** bir-biriga bevosita tegmasdan ham ta’sirlashadi. Ular atroflaridagi muhit orqali o‘zaro ta’sirlashadi, **bu muhit elektr maydondir**. Bir zaryadning maydoni ikkinchi zaryadga, ikkinchisining maydoni birinchi zaryadga ta’sir qiladi. Zaryaddan uzoqlashilgan sayin maydon zaiflasha boradi. Elektr maydonini bevosita ko‘ra olmaymiz, sezmaymiz ham, shuning uchun ham bu maydon bizning sezgi organlarimizga bog‘liq emas, deb xulosa qilinadi.

SHunday qilib, elektr zaryadlarining ta’siri elektr maydon orqali uzatiladi. Elektr maydon maxsus muhitdir. Elektr maydon ***materiya*** ning alohida bir turidir. Binobarin, elektr zaryadlari va elektr maydon materiyaning ikkita ajralmas turidir. Elektr zaryadlari atrofidagi hosil bo‘lgan elektr maydon moddiy va cheksizlikka tarqalgan bo‘lib, u bizga bog‘liq bo‘lmagan holda mavjuddir [111; 15–18-b.].

**Elektr maydon kuchlanganligi. “Sinov zaryadi” haqida tushuncha.** Elektr maydon xususiyatlarini o‘rganamiz. Buning uchun elektr maydoniga **“sinov zaryadi”** kiritamiz. “Sinov zaryadi” deganda elektr maydoniga kiritganda o‘zining maydoni bilan mavjud maydonga ta’sir o‘tkaza olmaydigan darajada kichik, ya’ni birlik deb qabul qilingan musbat yoki manfiy elektr zaryadini tushunamiz.

Elektr maydonini ifodalovchi asosiy fizik kattalik ***elektr maydon kuchlanganligi***dir. Elektr maydon kuchlanganligiga quyidagicha ta’rif berilgan: Elektr maydon kuchlanganligi nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta’sir qiladigan kuchning shu zaryadga nisbatiga teng.

Bilimlarimizni boyitamiz, **ta’rif:**

Elektr maydonning berilgan nuqtadagi kuchlanganligi deb, shu nuqtaga joylashtirilgan bir birlik zaryad - “sinov zaryadi”ga ta’sir etuvchi kuchga son jihatdan teng bo’lgan vektor kattalikka aytiladi. Elektr maydon kuchlanganligi elektr maydonni miqdor jihatdan baholaydi va  $\vec{E}$  bilan belgilanadi [88; 16–36-b.], [111; 16–23-b.]:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2.2.1)$$

Bu yerda,  $\vec{E}$  – elektr maydon kuchlanganligi, o’lchov birligi  $\frac{H}{Kl}$ ;

$\vec{F}$  – elektr kuchi, o’lchov birligi Nyuton [N];

$q_0$  – “sinov zaryadi”, o’lchov birligi Kulon [Kl].

**Ta’rif:** Elektr maydonga kiritilgan zaryadga elektr maydoni tomonidan ta’sir qiluvchi kuchga **elektr kuchi** deyiladi.

Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo’lib, uning yo’nalishi elektr kuchining yo’nalishi bilan aniqlanadi.

**Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi.**

**Qo’zg’almas zaryad**ning yoki zaryadlar sistemasining maydoni **elektrostatik** maydon deyiladi.

Elektr maydonni elektrostatik maydon tarzida o’rganamiz.

**Ta’rif:** O’lchamlari ta’sir masofasidan ko’p marta kichik bo’lgan elektr zaryadga **nuqtaviy zaryad** deyiladi.

Nuqtaviy zaryad  $q$  ning elektrostatik maydoniga  $q_0$ –“sinov zaryadi”ni kiritamiz. Elektrostatik maydon bu zaryadga

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad (2.2.2)$$

kuch bilan ta’sir qiladi, bu kuch **Kulon kuchi**, ya’ni ikki nuqtaviy zaryad orasidagi o’zaro ta’sir kuchiga teng [88;12–22-b], [93;13–15-b]:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (2.2.3)$$

(3.2.3) ifoda **Kulon** qonunining vektor ko’rinishidagi ifodasidir.

(3.2.2) va (3.2.3) ifodalarning chap tomonlarini tenglashtirib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$q_0 \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (2.2.3a)$$

Tenglikning ikkala tomonidan  $q_0$  larni qisqartirsak, vakuumda joylashgan nuqtaviy zaryad uchun elektrostatik maydon kuchlanganligi formulasiga ega bo‘lamiz [88; 11–26-b.], [93;16–22-b]:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (2.2.4)$$

Bu yerda,  $\epsilon_0$  – elektr doimiysi deb ataluvchi kattalik bo‘lib, uning XBSdagi qiymati quyidagiga teng:

$$\epsilon_0 = \frac{1 K \cdot l^2}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 H \cdot M^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{M} \quad (2.2.4a)$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} - \text{proporsionallik koeffitsienti};$$

$r$  – maydonni hosil qilgan zaryaddan maydonga kiritilgan nuqtaviy zaryadgacha bo‘lgan masofa,  $\frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} = 1$  – bu berilgan  $\vec{r}$  vektor yo‘nalishidagi birlik vektor.

Kattaliklarni o‘rniga qo‘yib formulani muhit uchun yozsak, quyidagi ko‘rinishga kelamiz:

$$E = k \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (2.2.5)$$

Bunda  $\epsilon$  ***muhitning dielektrik singdiruvchanligi*** bo‘lib, birliksiz kattalik, ya’ni

$$\epsilon = \frac{E_0}{E} \quad (2.2.6)$$

kabi aniqlanadi.

Formuladan ko‘rinadiki, nuqtaviy zaryad elektr maydoni muhitda maydonni hosil qiladigan zaryadgagina bog‘liq bo‘lib, maydonga kiritilgan “sinov zaryadi”ga bog‘liq emas va muhitda uning miqdori  $\varepsilon$  marta kamayadi.

**Elektrostatik maydon** kuchlanganligining birligini (2.2.1) ifodadan topish mumkin [88; 16–36-b.].

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{H}{Kl} = \frac{B}{M} \quad (2.2.6a)$$

$1 \frac{H}{Kl}$  – bu maydonning shunday nuqtasining kuchlanganligi bo‘lib, unda joylashtirilgan 1Kl nuqtaviy zaryadga 1N kuch ta’sir qiladi. Kuchlanganlikning  $\frac{B}{M}$  birligidan ham foydalaniladi, bunda V (volt) elektrostatik maydon potensialining birligi.

**Kuchlanganlik chiziqlari va uni o‘tkazish qoidalari. Elektr maydonini grafik ravishda tasvirlash.**

Ma’lumki, har qanday zaryadlangan jism o‘z atrofida elektr maydoni hosil qiladi. Zaryadlangan jismlar bir-biri bilan shu elektr maydonlari orqali ta’sirlashadi. Zaryadlangan jismlar bir-biriga qancha yaqin bo‘lsa, ta’sirlashuv shuncha kuchli bo‘ladi. Demak zaryadlangan jismga yaqin joylarda elektr maydoni kuchliroq, uzoq joylarda kuchsizroq bo‘ladi. Elektr maydonining ta’sirini baholash uchun elektr maydoni kuchlanganligi tushunchasi kiritiladi.

Elektr maydonining ixtiyoriy nuqtasiga biror q sinov zaryadini kiritamiz. Bu sinov zaryadiga maydon tomonidan qandaydir  $\vec{F}$  kuch ta’sir qiladi. Maydon tomonidan zaryadga ta’sir qiluvchi  $\vec{F}$  kuchning sinov zaryadiga nisbati sinov zaryadining katta kichikligiga bog‘liq bo‘lmasdan, shu nuqtadagi *elektr maydon kuchlanganligi* deyiladi [88; 16–23-b.].

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [E] = \left[ \frac{N}{C} \right] = \left[ \frac{V}{m} \right] \quad (2.2.7)$$

Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik, elektr maydoni esa vektor maydondir. Elektr maydon kuchlanganligi ushbu maydonni kuch jihatidan xarakterlaydi.

Elektr maydoni ham vektor maydon, uning kuchlanganligining miqdori va yoʻnalishi fazo koordinatalariga bogʻliq. Misol uchun koordinata boshida joylashgan nuqtaviy zaryad maydonini qaraymiz.

$$E = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2.2.8)$$

Bu yerda,  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$  – Kulon doimiysi;  $q$  – zaryad miqdori.

Elektr maydoni vektor koʻrinishda quyidagicha tasvirlanadi:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= k \frac{q}{r^3} \cdot \vec{r} = k \frac{q}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} (x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}) = \\ &= kq \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \cdot \vec{i} + kq \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \cdot \vec{j} + kq \frac{z}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \cdot \vec{k} \end{aligned} \quad (2.2.8a)$$

Demak,  $\vec{E}$  maydonni koordinatalar orqali ifodalab,  $\vec{E} = \vec{E}(x, y, z)$  koʻrinishdagi vektor maydon hosil qildik. Bu ifodadan  $\vec{E}$  kuchlanganlik vektorining tashkil etuvchilari quyidagicha boʻladi.

$$\begin{aligned} E_x &= kq \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \\ E_y &= kq \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \\ E_z &= kq \frac{z}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \end{aligned} \quad (2.2.8b)$$

Bu vektor maydon Maple dasturiga quyidagicha kiritiladi [91; 78–116-b.], [89; 178–236-b.]:

a) barcha grafik jarayonlar **With(plots):** buyrugʻi bilan boshlanadi;

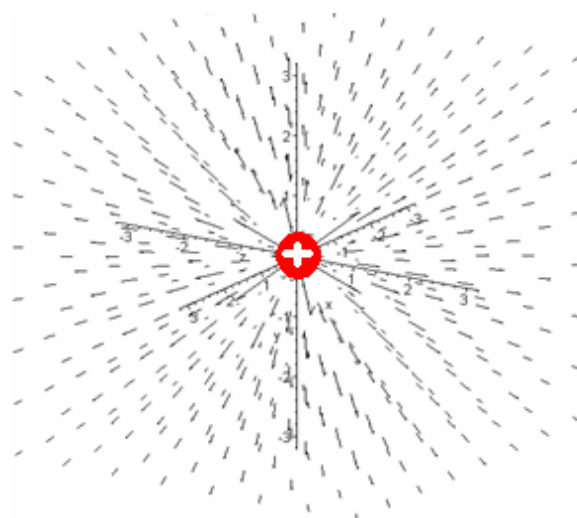
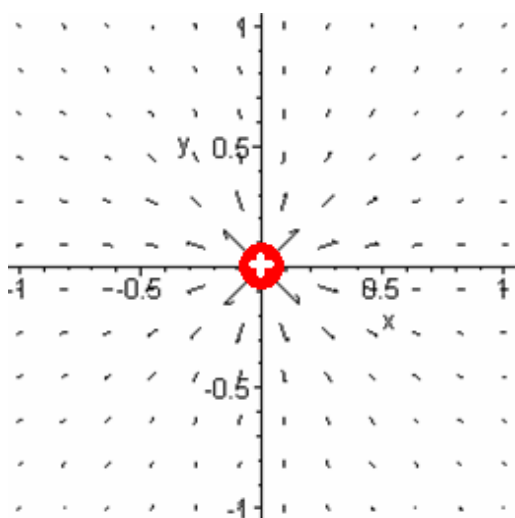
- b) vektor maydon dasturga **fieldplot** va **fieldplot 3d** buyruqlari orqali kiritiladi. Maydonning tekislikdagi (ikki o'lchamli) tasvirini olish uchun **fieldplot** buyrug'idan, fazoviy (uch o'lchamli) tasvirini olish uchun esa **fieldplot 3d** buyrug'idan foydalaniladi;
- c) bizni qaysi sohadagi vektor maydon qiziqтира, koordinata o'qlariga o'sha soha, ya'ni  $x=a_1 \dots b_1$ ,  $y=a_2 \dots b_2$ ,  $z=a_3 \dots b_3$  tarzida kiritiladi;
- d) har bir o'q bo'yicha nechtdan qiymat kerak bo'lsa, buni **grid** buyrug'i bilan amalga oshiriladi. Masalan, **grid[10,15,20]** buyrug'i berilsa, Ox- o'qi bo'yicha 10 ta, Oy- o'qi bo'yicha 15 ta, Oz- o'qi bo'yicha 20 ta, jami  $10 \times 15 \times 20 = 3000$  ta nuqtada birlik vektorlar yo'nalishlarini ko'rsatib beradi;
- e) tasvirning rangi **color** buyrug'i bilan kiritiladi. Masalan, **color=black** buyrug'i kiritilsa, tasvir qora rangda beriladi;
- f) natija ekranga **display** buyrug'i bilan chiqariladi. Dasturlash nihoyasiga etganda nuqtali vergul qo'yiladi.

Dasturlashni ikki va uch o'lchamli holatlar uchun kiritamiz.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>With(plots):</b><br>$k^9=9 \cdot 10^9$ ; $q:= 1 \cdot 10^{-9}$ ;<br><b>E =fieldplot([ x/sqrt((x^2+y^2) ^3),</b><br>$y/\sqrt{(x^2+y^2)^3}]$ , $x=-3..3$ , $y=-$<br>$3..3,z=-3..3$ , <b>color=black,</b><br><b>grid=[10,10]):</b><br><b>display (E,scaling=constrained,</b><br><b>axes=normal);</b> | <b>With(plots):</b><br>$k^9=9 \cdot 10^9$ ; $q:= 1 \cdot 10^{-9}$ ;<br><b>E =fieldplot3d([ x/sqrt((x^2+y^2+z^2)</b><br>$^3),$<br>$y/\sqrt{(x^2+y^2+z^2)^3},z/\sqrt{(x^2+y^2$<br>$+ z^2)^3) ]$ , $x=-3..3$ , $y=-3..3,z=-3..3$ ,<br><b>color=black, grid=[10,10,10]):</b><br><b>display (E,scaling=constrained,</b><br><b>axes=normal);</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Dastur quyidagi tasvirni ekranda hosil qiladi:





**2.2.1-rasm. Nuqtaviy zaryadning 2d- va 3d- o'lchamli elektr maydoni tasviri.**

Yuqoridagi tasvirlardan ko'rinib turibdiki, zaryadga yaqin joyda maydon kuchli bo'lib, zaryaddan uzoqlashgan sayin maydon kuchlanganligi kamayib boradi. Zaryaddan uzoq masofadagi nuqtadagi maydon shunchalik kichik bo'ladiki, buni rasmda ko'z bilan ilg'ab bo'lmay qoladi. Maydonning har bir nuqtadagi yo'nalishini bir xil o'lchamli qilib tasvirlash uchun o'sha nuqtalardagi birlik vektorlarni tasvirlash etarli.

Birlik vektorlardan iborat maydonni Maple dasturlash tilida qanday tasvirlash mumkin?

Vektor maydonining biror nuqtasida birlik  $\vec{\ell}$  vektor berilgan bo'lsin. Vektorni uning koordinatalari orqali ifodalaymiz (2.2.2-rasmga qarang).

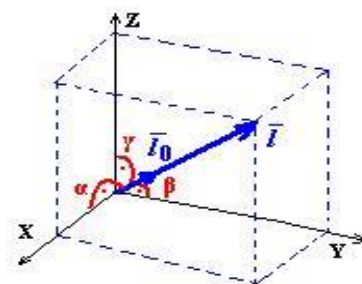
$$\vec{\ell} = \ell_x \cdot \vec{i} + \ell_y \cdot \vec{j} + \ell_z \cdot \vec{k} = \ell \cdot \cos\alpha \cdot \vec{i} + \ell \cdot \cos\beta \cdot \vec{j} + \ell \cdot \cos\gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.9)$$

Bu ifodaning ikkala tomonini vektor moduli  $|\vec{\ell}|$  ga bo'lib, berilgan vektor bo'yicha yo'nalgan birlik vektor  $\vec{\ell}_0$  ni hosil qilamiz.

$$\vec{\ell}_0 = \frac{\vec{\ell}}{|\vec{\ell}|} = \cos\alpha \cdot \vec{i} + \cos\beta \cdot \vec{j} + \cos\gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.9a)$$

Ushbu ifoda birlik vektorning yoʻnaltiruvchi kosinuslar orqali tasvirlanishidir.

Bu yerda,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  – mos holda  $\vec{\ell}_0$  – birlik vektorning  $Ox$ -,  $Oy$ -,  $Oz$ -oʻqlari bilan hosil qilgan burchaklari.



**2.2.2-rasm.  $\vec{\ell}$  – vektor va  $\vec{\ell}_0$  – birlik vektori.**

$\vec{\ell}_0$  – birlik vektori Maple dasturiga quyidagicha kiritiladi:

**With(plots):**

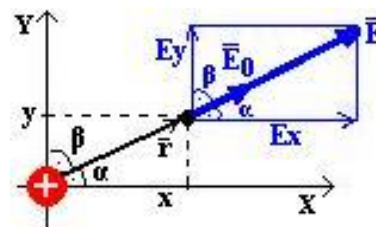
**$\ell_0 = \text{fieldplot 3d} (\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma, x = \dots, y = \dots, z = \dots):$**

**$\text{display} (\ell_0, \text{scaling}=\text{constrained}, \text{axes}=\text{normal});$**

Bu yerda,  $Ox$ -,  $Oy$ -,  $Oz$ -oʻqlariga oʻzimizni qiziqtirgan sohani kiritamiz. Endi nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydonni koʻrib chiqamiz. (2.2.3-rasmga qarang). Bunda vektorning yoʻnaltiruvchi kosinuslari quyidagicha boʻladi:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{E_x}{E} = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ \cos \beta &= \frac{E_y}{E} = \frac{y}{r} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned} \quad (2.2.10)$$

Yuqoridagi yoʻnaltiruvchi kosinuslardan koʻrinib turibdiki, nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektr maydonining yoʻnalishi zaryadning katta-kichikligiga bogʻliq emas ekan.



**2.2.3-rasm.  $\vec{E}$  – vektor va uning yoʻnaltiruvchi kosinuslari.**

Berilgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi vektori tashkil etuvchilar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{E} = E_x \cdot \vec{i} + E_y \cdot \vec{j} = E \cos \alpha \cdot \vec{i} + E \cos \beta \cdot \vec{j} \quad (2.2.11)$$

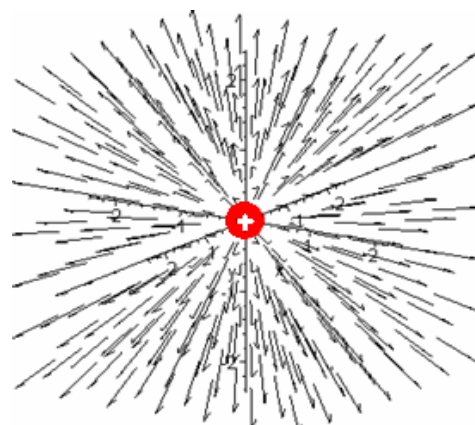
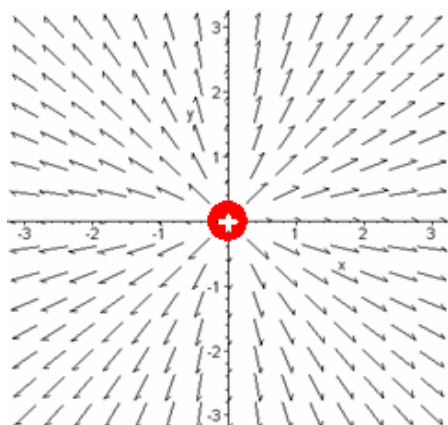
Yuqoridagi ifodaning ikkala tomonini  $E$  ga boʻlib, berilgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi boʻyicha yoʻnalgan birlik  $\vec{E}_0$  vektorni olamiz.

$$\vec{E}_0 = \frac{\vec{E}}{E} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \vec{i} + \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \vec{j} \quad (2.2.11a)$$

Hosil bo'lgan  $\vec{E}_0$ -birlik vektorni dasturga ikki va uch o'lchamli holatlar uchun quyidagicha kiritamiz [91; 78–116-b.]:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>With(plots):</b><br/> <math>E_0 = \text{fieldplot}([x/\sqrt{x^2+y^2}, y/\sqrt{x^2+y^2}], \quad x=-3..3, \quad y=-3..3, \quad \text{color}=\text{black}, \text{grid}=[15,15]):</math><br/> <b>display</b> <math>(E_0, \text{scaling}=\text{constrained}, \text{axes}=\text{normal});</math></p> | <p><b>With(plots):</b><br/> <math>E_0 = \text{fieldplot3d} \quad ([x/\sqrt{x^2+y^2}, y/\sqrt{x^2+y^2}, z/\sqrt{x^2+y^2}], \quad x=-3..3, y=-3..3, z=-3..3, \text{color}=\text{black}, \text{grid}=[15,15,15]):</math><br/> <b>display</b> <math>(E_0, \text{scaling}=\text{constrained}, \text{axes}=\text{normal});</math></p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Bizga dastur quyidagi tasvirni beradi:



#### **2.2.4-rasm. Nuqtaviy zaryadning kuchlanganlik yo'nalishlari.**

Dastur yordamida faqat bitta nuqtaviy zaryadning emas, balki zaryadlar sistemasining elektr maydon kuchlanganliklari tasvirini ham tekislikda yoki fazoda hosil qilishimiz mumkin. Buning uchun maydonlarni qo'shishning superpozitsiya prinsipidan foydalanamiz (2.2.5-rasm, bu rasm faqat ikkita nuqtaviy zaryad uchun tekislikda berilgan).

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n \quad (2.2.12)$$

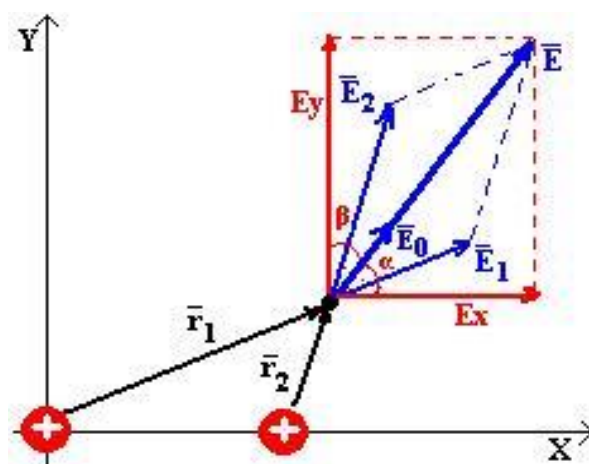
Natijaviy maydon kuchlanganligining o'qlardagi proeksiyalari :

$$\begin{cases} E_X = E_{1X} + E_{2X} + E_{3X} + \dots + E_{nX} \\ E_Y = E_{1Y} + E_{2Y} + E_{3Y} + \dots + E_{nY} \\ E_Z = E_{1Z} + E_{2Z} + E_{3Z} + \dots + E_{nZ} \end{cases} \quad (2.2.12a)$$

ko'rinishga keladi.

Natijaviy maydon kuchlanganligi quyidagicha bo‘ladi:

$$\vec{E} = E_x \cdot \vec{i} + E_y \cdot \vec{j} + E_z \cdot \vec{k} = E \cos \alpha \cdot \vec{i} + E \cos \beta \cdot \vec{j} + E \cos \gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.12b)$$



**2.2.5-rasm. Ikkita nuqtaviy zaryadning natijaviy elektr maydon kuchlanganligini aniqlash.**

Yuqoridagi ifodaning ikkala tomonini  $E$  ga bo‘lib, berilgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi bo‘yicha yo‘nalgan birlik  $\vec{E}_0$ -vektorni topamiz.

$$\vec{E}_0 = \frac{\vec{E}}{E} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} + \cos \gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.12v)$$

Bu yerda,  $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$  – natijaviy kuchlanganlik.

Hosil bo‘lgan  $\vec{E}_0$ -birlik vektorni Maple dasturiga kiritamiz. Zaryadlari 1 nKl va -3 nKl bo‘lgan ikkita nuqtaviy zaryad uchun dastur tuzamiz [91; 45–96-b.].

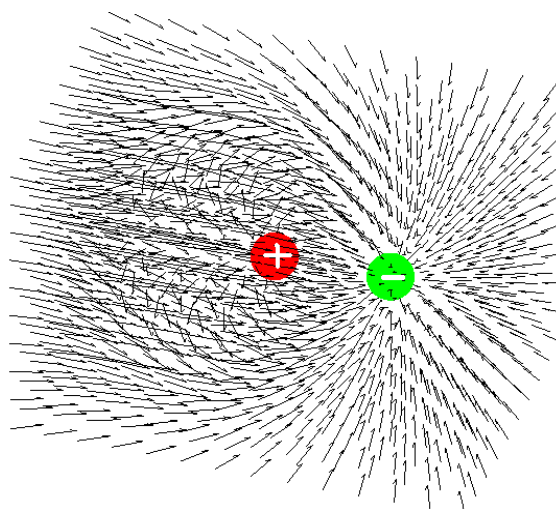
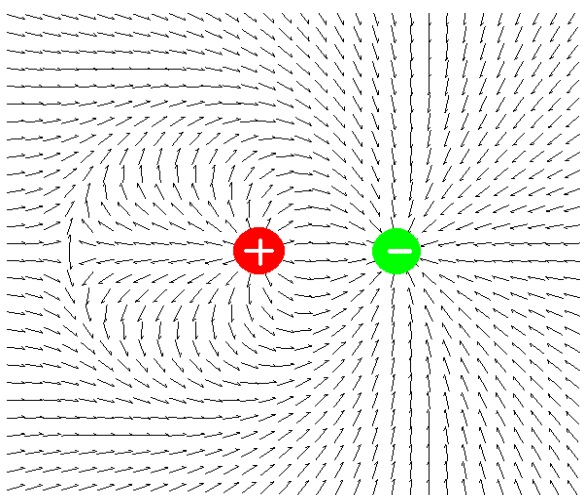
**>With(plots):**

**>q1:=1\*10<sup>(-9)</sup>; q2:=-3\*10<sup>(-9)</sup>; k:=9\*10<sup>9</sup>; x2:=4; y2:=0;**

**>E0:=fieldplot([ (x/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(x-x2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>  
\*k\*q2)/sqrt((x/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(x-x2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>  
\*k\*q2)<sup>2</sup>+(y/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(y-y2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>  
\*k\*q2)<sup>2</sup>), (y/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(y-y2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*  
k\*q2)/sqrt((x/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(x-x2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*  
q2)<sup>2</sup>+(y/(x<sup>2</sup>+y<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup>\*k\*q1+(y-y2)/((x-x2)<sup>2</sup>+(y-y2)<sup>2</sup>)<sup>(3/2)</sup> \*k\*q2)<sup>2</sup>),  
x=-5..8,y=-6..6,color=black,grid=[18,18]):**

**>display (E0, scaling=constrained,axes=normal);**

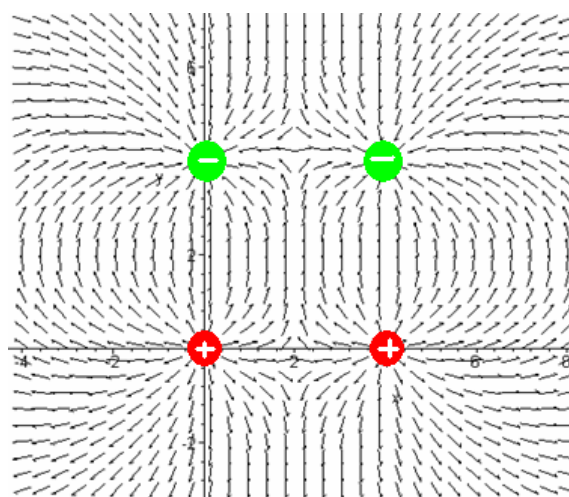
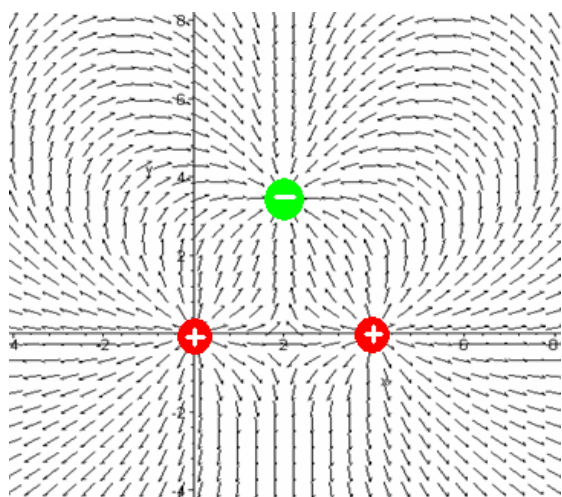
Natijani ikki va uch o‘lchamli holatlar uchun tasvirlaymiz.

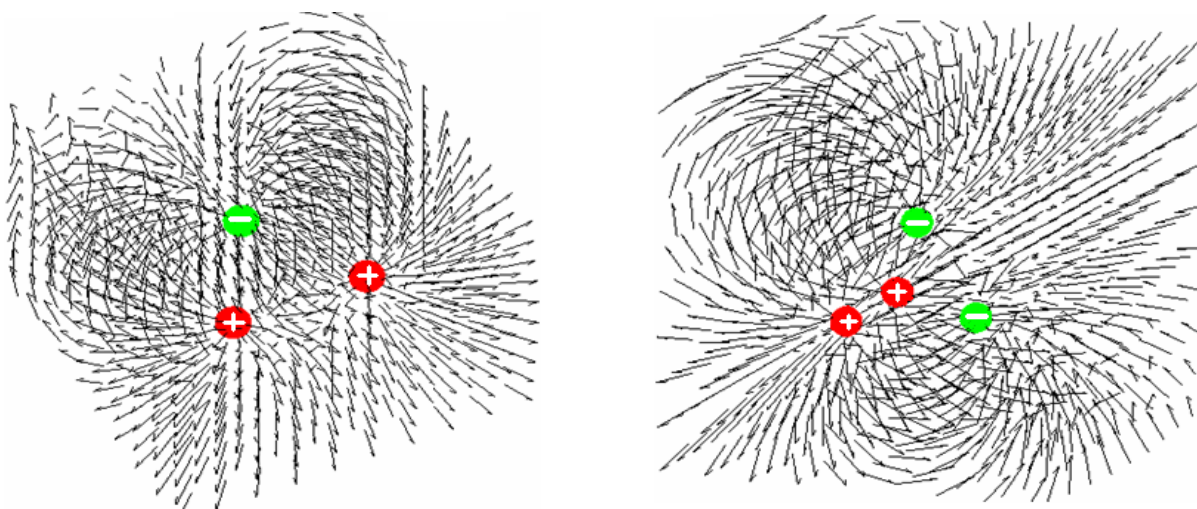


**2.2.6-rasm. 1 nKl va -3 nKl bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryadlar  
hosil qilgan maydon kuchlanganligi.**

Zaryadlardan iborat sistemaning vektor maydonini tasvirlash uchun zaryadlar soni, har bir zaryadning miqdori, ishorasi va koordinatasini dasturga kiritish lozim.

Endi Maple dasturining imkoniyatlari yanada kengroq ekanligini ko'rsatib berish uchun zaryadlar sistemasining tekislikdagi va fazoviy tasvirlarini ko'rsatamiz. Faqat dasturlash tartibi zaryadlar sistemasi uchun ham avvalgilarga o'xshash bo'lgani uchun dasturlashning o'zini ko'rsatmasdan natijani havola etamiz.





**2.2.7-rasm. Miqdor jihatdan teng bo‘lgan zaryadlar sistemasining tekislikda va fazoda hosil qilgan elektr maydonlari.**

Shunday qilib, ko‘rib chiqilgan misollar asosida mavzuni Maple dasturida o‘qitishning quyidagi afzalliklarini ko‘rsatib o‘tishimiz mumkin:

talabalarda elektr maydonining vektor maydon ekanligiga ko‘nikma hosil qiladi va maydon haqida tasavvurni kengaytirishga xizmat qiladi ;

talabalarni dastur tuzishga o‘rgatadi;

hisoblashlarni engillatishga va aniq natijaga erishishga olib keladi, kattaliklarni o‘zgartirish orqali tez fursat ichida elektr maydonning juda aniq ikki va uch o‘lchamli tasvirini olishga imkon beradi;

natija olish uchun maxsus laboratoriya xonasi zarur emas, kompyuter va dasturlash tilining o‘zi etarli.

### **Mavzu ustida ishlash, uni mustahkamlash.**

1. O‘tilgan mavzuni mustahkamlash maqsadida talabalarga quyidagi savollar beriladi:

Elektr zaryadi atrofida maydon mavjudligini qanday aniqlash mumkin?

Elektrostatik maydon deb qanday maydonga aytiladi?

Elektrostatik maydon vaqtga qanday bog‘liq?

Elektr maydoni ham materiyaning bir turimi?

“Sinov zaryadi” deb qanday zaryadga aytiladi?

Elektr kuchi deb nimaga aytiladi?



Elektrostatik maydon kuchlanganligi deb nimaga aytiladi?

Kuchlanganlik “sinov zaryadi” ga bog‘liqmi?

Kuchlanganlik elektrostatik maydonning qanday xarakteristikasi?

Nuqtaviy zaryadning elektrostatik maydon kuchlanganligi va uning yo‘nalishiga ta’rif bering.

Musbat va manfiy elektr zaryadlarining maydon kuchlanganliklari to‘g‘risida nimalar bilasiz?

Elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi nima?

Kuchlanganlik chiziqlariga ta’rif bering.

Kuchlanganlik chiziqlari tushunchasi nima maqsadda kiritiladi?

Elektrostatik maydon kuch chiziqlari qайдan boshlanib, qaida tugaydi?

Elektrostatik maydon kuch chiziqlarining boshlanish va tugash nuqtalarining mavjudligi nimani ko‘rsatadi?

Kuchlanganlik chiziqlari elektrostatik maydon kuchlanganligi qiymati bilan qanday bog‘liq?

Bir jinsli maydonga ta’rif bering.

Bir jinsli maydon qanday hosil bo‘ladi?

Tekis zaryadlangan tekislikka ta’rif bering.

Sirt zaryad zichligiga ta’rif bering, formulasi va birligini ayting.

Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipini aytib bering.

Ikki zaryad elektrostatik maydonlarining biror nuqtada hosil qilgan kuchlanganligi nimaga teng?

2. Elektroskop yordamida tajribalar o‘tkazib izohlab bering.

3. O‘tilganlarni mustahkamlash maqsadida masalalar:

(9.22 V). Bir valentli iondan  $2 \cdot 10^{-8}$  sm masofada elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin. Ionning zaryadi nuqtaviy deb hisoblansin.

(9.9 V). Ikkita  $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  va  $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  nuqtaviy zaryadlar o‘rtasida yotgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin. Zaryadlar oralig‘i  $r = 10 \text{ см}$ ,  $\epsilon = 1$ .

(9.25 V). Bir-biridan  $a=10\text{ sm}$  masofada joylashgan ikkita parallel o'tkazgichlar bir xil  $\tau_1=\tau_2=10^{-7}\text{ K}\mu/\text{m}$  chiziqli zaryadga ega. Ularning har biridan  $10\text{ sm}$  masofadagi nuqtada elektr maydon kuchlanganligi miqdori va yo'nalishi qanday [47; 139–149]?

### **Uyga vazifa berish va talabalarni baholash.**

Mashg'ulot davomidagi ishtiroki va o'tilgan mavzuni mustahkamlash jarayonidagi faoligiga qarab talabalar baholanadilar.

Uyga vazifa: darslikdan 139–141-betdagi 9.13-, 9.19- va 9.24-masalalarni echish, Sh.O.Kulon hayoti va faoliyati haqida referat tayyorlab kelish, mavzuga oid ta'rif va formulalarni yodlash.

**Izoh:** Mashg'ulot ishlanmasida berilgan barcha rasmlar va formulalar slayd tarzida tayyorlanib, taqdimot qilinadi, parallel ravishda elektron darslikdan ham foydalaniladi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilgani kabi oliy ta'lim muassasalarida talabalarga magnit maydonining mavjudligini, uning kuch chiziqlari, magnit maydon induksiyasi va kuchlanganligi haqidagi ma'lumotlarni bayon qilishda ham ancha qiyinchiliklarga duch kelinishi ma'lum bo'ldi. Bunga sabab, yuqoridagi tushunchalarning qo'l bilan ushlab, ko'z bilan ko'rib bo'lmasligi va abstrakt tushunchalar ekanligi, talabalarning tasavvuriga etkazishning qiyinligidir. Bu muammoni hal qilishda bizga yana axborot texnologiyalari yordamga kelishi mumkin. Magnit maydon haqidagi ma'lumotlarni bayon qilishni quyidagilardan boshlash maqsadga muvofiq:

Bizning sezgi organlarimizga bog'liq bo'lmagan holda tokli o'tkazgich atrofida mavjud bo'lgan maydonga *magnit maydon* deyiladi, magnit maydonning mavjudligini birinchi bo'lib 1821 yilda tajriba yo'li bilan G.X.Ersted aniqlagan edi. Magnit maydonining ta'sirini uning maydoniga kiritilgan tokli o'tkazgich yoki tokli konturga ta'siri orqali bilish mumkin.

Tokli o'tkazgichlar bir-biriga bevosita tegmasdan ham ta'sirlashadi. Bu ta'sirlashish ular atrofidagi muhit orqali sodir bo'ladi, **bu muhit magnit maydondir**. Bunda bir tokning magnit maydoni ikkinchi tokka, ikkinchisining



magnit maydoni esa birinchi tokka ta'sir qiladi. Tokli o'tkazgichdan uzoqlashgan sayin magnit maydon zaiflasha boradi. Magnit maydonni bevosita ko'ra olmaymiz, sezmaymiz ham, shuning uchun bizning sezgi organlarimizga bog'liq emas, degan xulosa qilinadi.

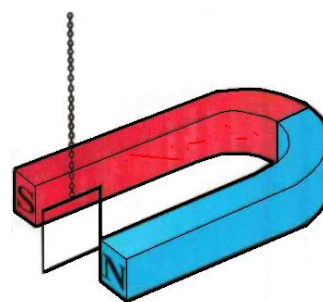
Shunday qilib, tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siri magnit maydoni orqali uzatiladi. magnit maydon maxsus muhitdir. Bu maydon **materiya** ning alohida bir turidir. Tokli o'tkazgichlar atrofida hosil bo'lgan magnit maydon moddiy va cheksizlikka tarqalgan bo'lib, u bizga bog'liq bo'lmagan holda mavjuddir. Bu maydon boshqa bir magnit maydoniga duch kelganida u bilan o'zaro ta'sirga kirishadi [94; 105–120-b.].

### **Magnit maydon induksiyasi. “Sinov konturi” haqida tushuncha.**

Elektr maydonini qo'zg'almas elektr zaryadi hosil qilsa, magnit maydonini esa harakatdagi elektr zaryadi hosil qiladi. Boshqacha aytganda, elektr maydoni o'zgarganda (siljiganda) magnit maydoni hosil bo'ladi. Elektr maydonidan farqli ravishda magnit maydoni berk maydondir, ya'ni magnit maydoni kuch chiziqlarining boshlanish va tugash nuqtalari mavjud emas.

Magnit maydonining miqdoriy xarakteristikasi sifatida, **magnit induksiyasi** deb ataladigan kattalikdan foydalaniladi. Elektr maydonini tekshirayotganda **sinov zaryadi**dan foydalangan bo'lsak, magnit maydonni o'rganayotganda esa tokli berk kontur – **sinov konturidan** foydalanamiz.

Yuzasi  $S$  bo'lgan va  $I$  tok o'tayotgan tokli ramkani doimiy magnit qutblari orasiga joylashtiramiz (2.2.8-rasmga qarang). Doimiy magnit va tokli ramkaning magnit maydonlari ta'sirlashib, ramkani vertikal o'q atrofida burovchi moment hosil qiladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, bu burovchi moment ramkadan o'tayotgan tok kuchiga, ramka yuziga va ramkaning



**2.2.8-rasm. Magnit maydoniga kiritilgan tokli kontur.**

kattaligiga bog‘liq. Magnit maydon yo‘nalishi ramka tekisligiga perpendikulyar bo‘lganda burovchi moment nolga teng bo‘ladi, parallel bo‘lganda esa burovchi moment maksimal qiymatga ega bo‘ladi [83; 19–27-b.].

Tokli ramkaga ta’sir qiluvchi burovchi momentning maksimal qiymati ramka yuzi va ramkadan o‘tayotgan tok kuchiga proporsionaldir, ya’ni

$$M_{\max} \sim I \cdot S \quad (2.2.13)$$

Turli yuza va tok kuchiga ega bo‘lgan ramkalar uchun ramkaga ta’sir qiluvchi burovchi momentning qiymati ham turlicha bo‘ladi, lekin  $M_{\max}$  ning  $I \cdot S$  ko‘paytmaga nisbati tokli ramka kiritilgan nuqta uchun o‘zgarmas kattalikdir. Bu nisbat tashqi magnit maydonini kuch jihatdan xarakterlaydi va tokli ramka kiritilgan nuqtadagi magnit maydonining induksiyasi deyiladi [83; 19–27-b.], [94; 105–120-b.].

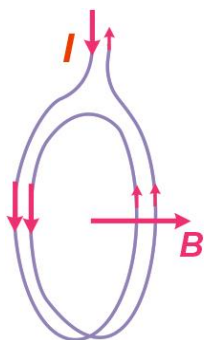
$$B = \frac{M_{\max}}{I \cdot S} \quad (2.2.14)$$

Magnit induksiyasining o‘lchov birligi  $Tl$  (Tesla) bo‘lib unga quyidagicha ta’rif beriladi:

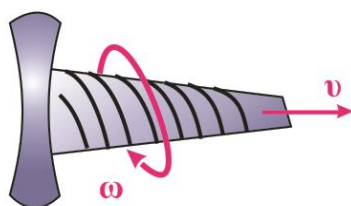
Bir jinsli magnit maydoniga  $1m^2$  yuzaga ega bo‘lgan va  $1A$  tok o‘tayotgan sim ramka kiritilganda, bu ramkaga maydon tomonidan  $1H \cdot m$  maksml burovchi moment ta’sir qilsa, bu maydonning induksiyasi  $1Tl$  ga teng bo‘ladi.

$$\frac{1H \cdot m}{1A \cdot 1m^2} = 1 Tl \quad (2.2.14a)$$

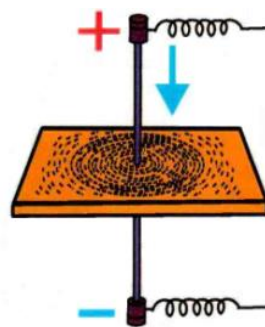
Magnit induksiyasi vektor kattalik bo‘lib, uning yo‘nalishi maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga kiritilgan tokli ramkaning muvozonat vaziyatidagi musbat normal yo‘nalishi bilan aniqlanadi. Eslatib o‘tamiz, musbat normal deganda ramka yuzasiga perpendikulyar joylashgan o‘ng parma dastasini ramkadagi aylanma tok yo‘nalishida burash natijasida parma erishgan ilgariylanma harakat yo‘nalishi tushuniladi (2.2.9-rasmga qarang).



**2.2.9-rasm. Magnit induksiya vektori yo‘nalishining o‘ng parma ilgarilanma harakati bilan aniqlanishi.**



**2.2.10-rasm. To‘g‘ri tokning hosil qilgan maydonini qipiqalar yordamida tasvirlash.**



Doimiy magnit yoki to‘g‘ri tokning magnit maydoni tasvirini laboratoriya sharoitida temir qipiqalari yordamida hosil qilish mumkin. Xususan, to‘g‘ri tokning maydoni tasvirini olish uchun karton qog‘ozga yoki shisha ustiga temir qipiqalari to‘kiladi. Karton yoki shisha tekisligiga perpendikulyar (vertikal) yo‘nalishda tok o‘tkazganda temir qipiqalar uyurmaviy berk chiziqlardan iborat tasvir hosil qiladi (2.2.10-rasmga qarang). Lekin laboratoriya sharoitida har doim ham aniq tasvir olinavermaydi. Masalan, bir nechta parallel bo‘lmagan fazoviy to‘g‘ri toklarning magnit maydoni tasvirini laboratoriya sharoitida olishning imkoni yo‘q. SHunday hollarda biz Maple dasturidan foydalanishimiz mumkin. Xo‘sh, Maple dasturi yordamida magnit maydon tasvirini qanday hosil qilamiz?

**Induksiya chiziqlari va uni o‘tkazish qoidalari. Tokli o‘tkazgichlarning magnit maydonini grafik ravishda tasvirlash.**

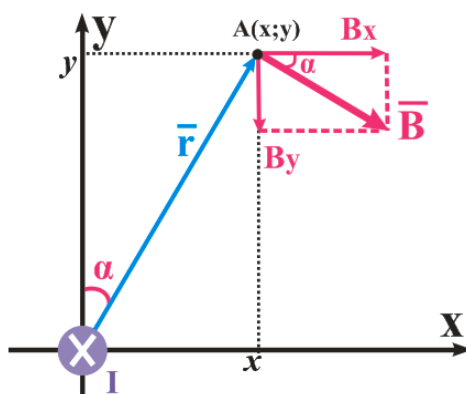
Biz to‘g‘ri tokning magnit induksiya vektori o‘ng parma qoidasi bo‘yicha aniqlanishini va bizdan oqib ketayotgan tokning induksiyasi soat strelkasi bo‘yicha, bizga oqib kelayotgan tokniki esa soat strelkasiga qarama-qarshi yo‘nalganligini bilamiz. Bizdan oqib ketayotgan tokni koordinata boshiga joylashtirib, ixtiyoriy  $A(x; y)$  nuqtadagi maydon induksiyasini quyidagi formuladan aniqlashimiz mumkin (2.2.11-rasmga qarang) [83; 19–27-b.].

$$B = \frac{k I}{r} = \frac{k I}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (2.2.15)$$

Demak, to‘g‘ri tokning magnit maydoni fazo koordinatalariga bog‘liqligi hamda miqdor va yo‘nalishga ega bo‘lgani uchun magnit maydoni ham elektr

maydoni kabi vektor maydondir. Magnit induksiya vektorining tashkil etuvchilari quyidagicha bo‘ladi:

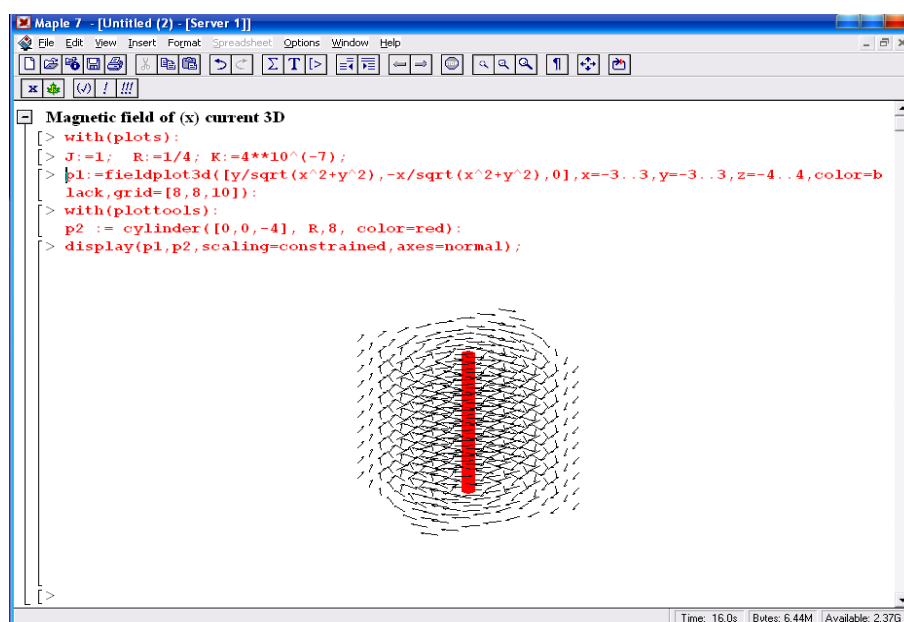
$$\begin{cases} B_x = B \cdot \cos \alpha = \frac{kI}{r} \cdot \frac{y}{r} = kI \cdot \frac{y}{x^2 + y^2} \\ B_y = -B \cdot \sin \alpha = -\frac{kI}{r} \cdot \frac{x}{r} = -kI \cdot \frac{x}{x^2 + y^2} \\ B_z = 0 \end{cases} \quad (2.2.16)$$



**3.2.11-rasm. Bizdan yo‘nalgan to‘g‘ri tokning ixtiyoriy nuqtadagi magnit induksiya va uning proeksiyalari.**

Bu vektor maydonning Maple dasturiga kiritilish ketma-ketligi 10-ilovada keltirilgan.

Quyidagi rasmda Maple dasturi oynasi tasvirlangan [91; 45–96-b.].



**2.2.12-rasm. To‘g‘ri tokning magnit maydoni Maple dasturi darchasida.**

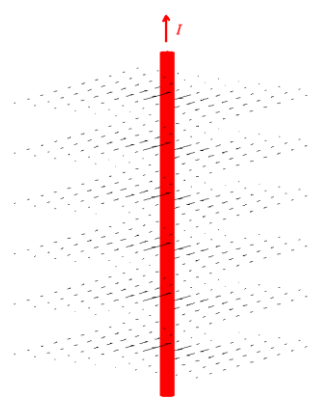
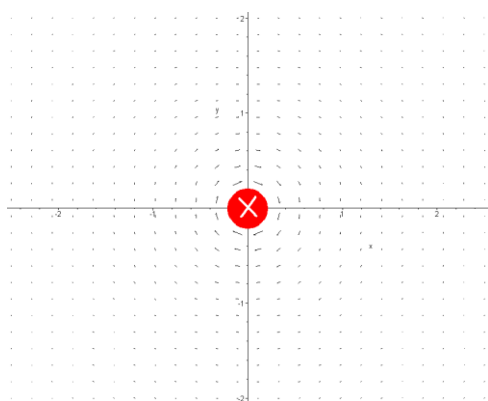
Endi to'g'ri tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydonni tasvirlashni ushbu algoritim asosida ikki va uch o'lchamli holatlar uchun amalga oshiramiz.

*Ikki o'lchamli*

*Uch o'lchamli*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>With(plots):</b></p> <p><math>k=2 \cdot 10^{-7}</math> ; <math>I:=1</math> ; <math>R:=0.2</math>;</p> <p><math>B = \text{fieldplot}([y/(x^2+y^2), x/(x^2+y^2)], x=-3..3, y=-3..3</math><br/> <math>\text{color=black, grid}=[20,20])</math>;</p> <p><b>with(plottools):</b></p> <p><math>P := \text{disk}([0,0], R, \text{color=red})</math>;</p> <p><math>\text{display}(B, P, \text{scaling=constrained, axes=normal})</math>;</p> | <p><b>With(plots):</b></p> <p><math>k=2 \cdot 10^{-7}</math> ; <math>I:=1</math> ; <math>R:=0.2</math>;</p> <p><math>B = \text{fieldplot3d}([y/(x^2+y^2+z^2), x/(x^2+y^2+z^2), 0], x=-3..3, y=-3..3, z=-3..3, \text{color=black, grid}=[10,10,10])</math>;</p> <p><b>with(plottools):</b></p> <p><math>P := \text{cylinder}([0,0,-3], R, 6, \text{color=red})</math>;</p> <p><math>\text{display}(B, P, \text{scaling=constrained, axes=normal})</math>;</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

ENTER tugmasi bosilganda biz ekranda quyidagi tasvirga ega bo'lamiz:



### 2.2.13-rasm. To'g'ri tok magnit maydonining 2d- va 3d- o'lchamli tasvirlari.

Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki, tokli o'tkazgichga yaqin joylarda magnit maydoni kuchli va u tokli o'tkazgichdan uzoqlashgan sayin masofaga teskari proporsional holda susayib boradi. O'tkazgichdan ancha uzoq masofada esa maydon shunchalik kuchsizki, uni hatto rasmda ilg'ab bo'lmay qoladi. Maydonning har bir nuqtadagi yo'nalishini bir xil ko'rinarli qilib tasvirlash uchun o'sha nuqtalardagi birlik vektorlarni tasvirlash etarli.

Birlik vektorlardan iborat maydonni Maple dasturida qanday tasvirlash mumkin? Vektor maydonining biror nuqtasida birlik  $\vec{e}$  vektor berilgan bo'lsin. Bu

vektorni uning koordinatalari orqali ifodalaymiz (2.2.14-rasmga qarang) [83; 19–27-b.].

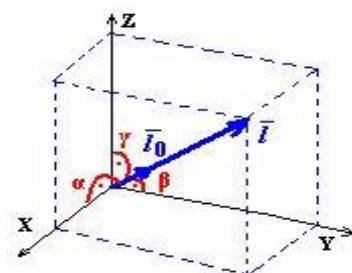
$$\vec{\ell} = \ell_x \cdot \vec{i} + \ell_y \cdot \vec{j} + \ell_z \cdot \vec{k} = \ell \cdot \cos\alpha \cdot \vec{i} + \ell \cdot \cos\beta \cdot \vec{j} + \ell \cdot \cos\gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.17)$$

Bu ifodaning ikkala tomonini vektor moduli  $|\vec{\ell}|$  ga bo'lib, berilgan vektor bo'yicha yo'nalgan birlik  $\vec{\ell}_0$  -vektorni hosil qilamiz.

$$\vec{\ell}_0 = \frac{\vec{\ell}}{|\vec{\ell}|} = \cos\alpha \cdot \vec{i} + \cos\beta \cdot \vec{j} + \cos\gamma \cdot \vec{k} \quad (2.2.17a)$$

Ushbu ifoda birlik vektorning yo'naltiruvchi kosinuslar orqali tasvirlanishidir.

Bu yerda,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  – mos holda  $\vec{\ell}_0$  birlik



2.2.14-rasm.  $\vec{\ell}$ -vektor va  $\vec{\ell}_0$ -birlik vektori.

vektorning  $Ox$ -,  $Oy$ -,  $Oz$ -o'qlari bilan hosil qilgan burchaklari.

$\vec{\ell}_0$  - birlik vektori Maple dasturiga quyidagicha kiritiladi:

> **With(plots):**

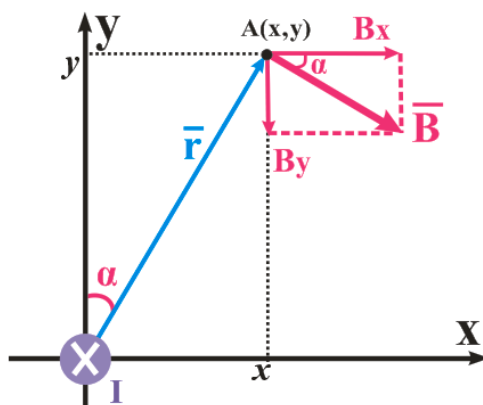
>  **$\ell_0 = \text{fieldplot 3d} (\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma, x = \dots, y = \dots, z = \dots)$ :**

> **display ( $\ell_0$ , scaling=constrained, axes=normal);**

Bu yerda,  $Ox$ -,  $Oy$ -,  $Oz$ -o'qlariga o'zimizni qiziqtirgan sohani kiritamiz.

Endi to'g'ri tok hosil qilgan maydonni qarab chiqamiz. Magnit induksiya vektorining yo'naltiruvchi kosinuslari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} \cos\alpha = \frac{B_x}{B} = \frac{y}{r} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ \cos\beta = -\frac{B_y}{B} = -\frac{x}{r} = -\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ \cos\gamma = 0 \end{cases} \quad (2.2.18)$$



### 2.2.15-rasm. Induksiya vektori va uning yo‘naltiruvchi kosinuslari.

Yuqoridagi yo‘naltiruvchi kosinuslardan ko‘rinib turibdiki, to‘g‘ri tok hosil qilgan magnit maydonining yo‘nalishi tok kuchining miqdoriga bog‘liq emas.

Berilgan nuqtadagi magnit maydon induksiya vektori quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{B} = B_x \cdot \vec{i} + B_y \cdot \vec{j} + B_z \cdot \vec{k} = B \cos \alpha \cdot \vec{i} + B \cos \beta \cdot \vec{j} + B \cos \gamma \cdot \vec{k} \quad (3.2.19)$$

Yuqoridagi ifodaning ikkala tomonini  $B$  ga bo‘lib, berilgan nuqtadagi maydon induksiyasi bo‘yicha yo‘nalgan birlik  $\vec{B}_0$ -vektorni aniqlaymiz.

$$\vec{B}_0 = \frac{\vec{B}}{B} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} + \cos \gamma \cdot \vec{k} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \vec{i} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \vec{j} \quad (3.2.19a)$$

Hosil bo‘lgan  $\vec{B}_0$ -birlik vektorni dasturga ikki va uch o‘lchamli holatlar uchun quyidagicha kiritamiz [91; 45–96-b.]:

*Ikki o‘lchamli*

*Uch o‘lchamli*

> **With(plots):**

> **k=2\*10<sup>-7</sup> ; I:= 1 ; R:=0.2;**

> **B =fieldplot([ y/(x^2+y^2) , -  
x/(x^2+y^2)], x=-3..3, y=-3..3  
color=black, grid=[25,25]):**

> **with(plottools):**

**P := disk([0,0], R, color=red):**

> **display (B,P,scaling=constrained,  
axes=normal);**

> **With(plots):**

**k=2\*10<sup>-7</sup> ; I:= 1 ; R:=0.2;**

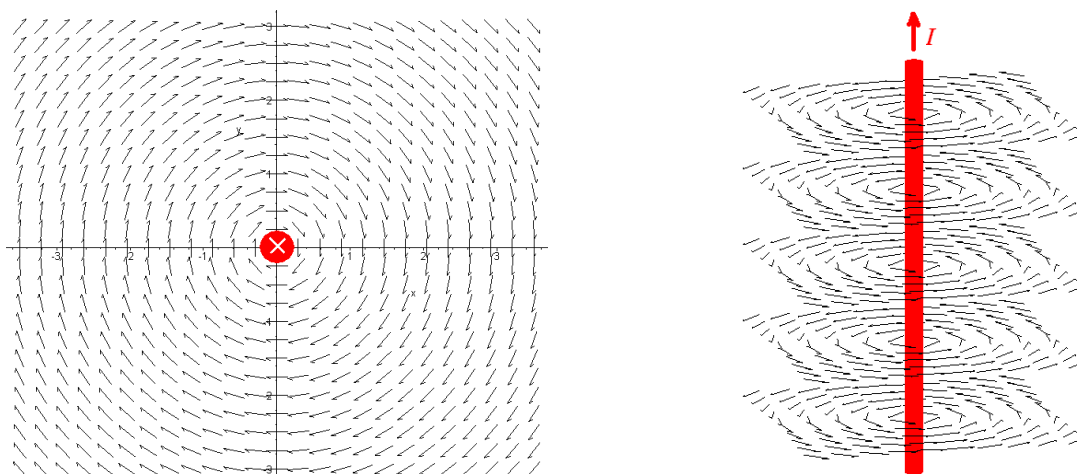
> **B =fieldplot3d([ y/(x^2+y^2+z^2) , -  
x/(x^2+y^2+z^2),0 ], x=-3..3, y=-3..3,  
z=-3..3, color=black, grid=[10,10,5]):**

> **with(plottools):**

> **P := cylinder([0,0,-5], R,9, color=red):**

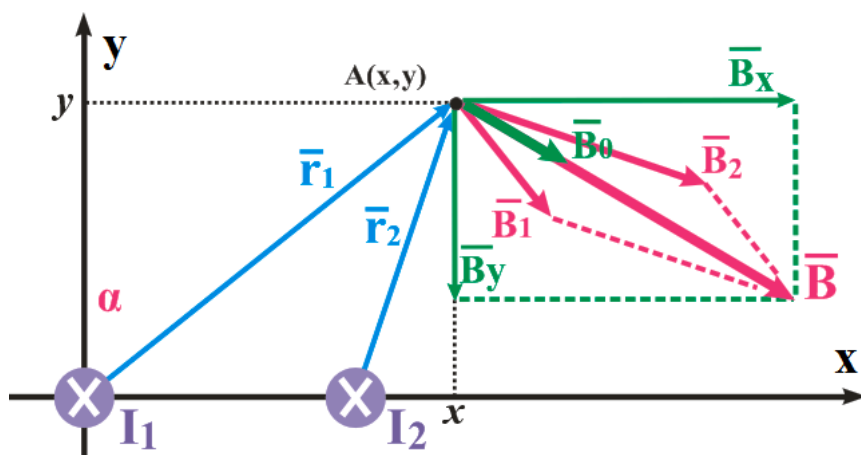
> **display (B, P, scaling=constrained,  
axes=normal);**

Dastur ekranda quyidagi tasvirni hosil qiladi:



**2.2.16-rasm. To'g'ri tok magnet maydonining birlik vektorlar orqali 2d- va 3d- o'lchamli tasvirlari.**

Dastur yordamida faqat bitta tokli o'tkazgichning emas, balki parallel tokli o'tkazgichlar sistemasining magnet maydon induksiyasi vektorlarining tasvirini tekislikda yoki fazoda hosil qilishimiz ham mumkin. Buning uchun maydonlarni qo'shishning superpozitsiya prinsipidan foydalanamiz (2.2.17-rasm, bu rasm faqat ikkita parallel tokli o'tkazgichlar uchun tekislikda berilgan).



**2.2.17-rasm. Ikkita o'zaro parallel to'g'ri toklarning natijaviy magnet maydon kuchlanganligini aniqlash.**

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n \quad (3.2.20)$$

Natijaviy maydon induksiyasining o'qlardagi proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} B_x = B_{1x} + B_{2x} + B_{3x} + \dots + B_{nx} \\ B_y = B_{1y} + B_{2y} + B_{3y} + \dots + B_{ny} \\ B_z = B_{1z} + B_{2z} + B_{3z} + \dots + B_{nz} = 0 \end{cases} \quad (3.2.20a)$$



Natijaviy maydon induksiya vektori quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\vec{B} = B_x \cdot \vec{i} + B_y \cdot \vec{j} + B_z \cdot \vec{k} = B \cos \alpha \cdot \vec{i} + B \cos \beta \cdot \vec{j} \quad (3.2.20b)$$

Yuqoridagi ifodaning ikkala tomonini  $B$  ga bo‘lib, berilgan nuqtadagi magnit maydon kuchlanganligi bo‘yicha yo‘nalgan birlik  $\vec{B}_0$  -vektorni aniqlaymiz.

$$\vec{B}_0 = \frac{\vec{B}}{B} = \cos \alpha \cdot \vec{i} + \cos \beta \cdot \vec{j} \quad (3.2.20v)$$

Bu yerda,  $B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$  – natijaviy magnit maydon induksiyasi.

Yuqoridagilarga tayangan holda, bir xil yo‘nalishda va miqdor jihatdan teng ikki parallel tokli o‘tkazgichlar hosil qilgan maydonni ikki va uch o‘lchamli holatlarda tasvirlash uchun algoritm tuzamiz.

*Ikki o‘lchamli*

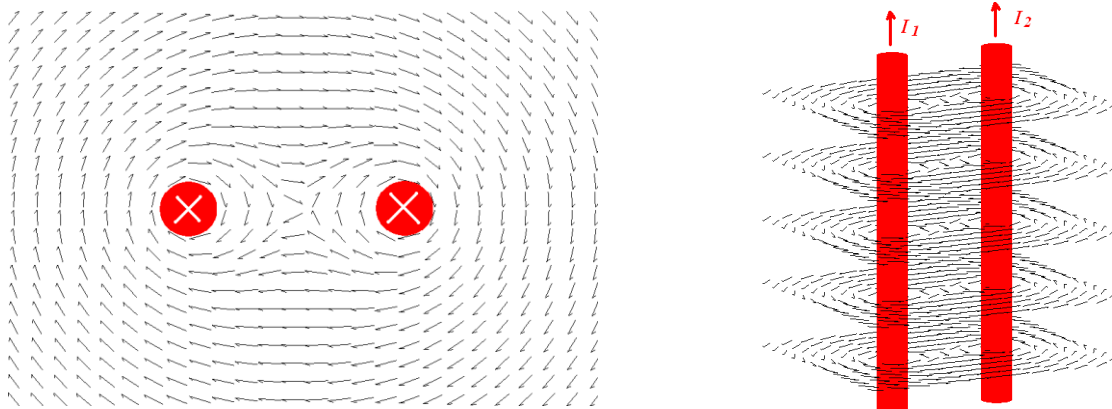
*Uch o‘lchamli*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> &gt;with(plots): k=2*10<sup>-7</sup> ; I1:= 1; I2:= 1; R1:=0.2; R2:=0.2; x2:=3/2; y2:=0; &gt;B = fieldplot([(y/(x^2+y^2)*k*I1+(y- y0)/((x-x2)^2+(y-y2)^2)* k*I2)/sqrt ((y/(x^2+y^2)* k*I1+ (y-y2)/((x-x2)^2+ (y-y2)^2)* k*I2)^2 +(x/(x^2+ y^2)*K1+ (x-x2)/((x-x2)^2+(y-y2) ^2)* k*I2)^2), - (x/(x^2+y^2)* k*I1+(x-x2)/ ((x-x2)^2+ (y-y2) ^2)* k*I2)/sqrt((y/(x^2+y ^2)* k*I1+(y-y2) /((x-x2)^2+(y-y2)^2)* k*I2) ^2+ (x/(x^2+y^2)* k*I1+(x-x2)/((x- x2)^2+ (y-y2)^2)* k*I2)^2)],x=-1.5..3, y=-1.5..1.5,color=black, grid=[30,30]): &gt;with(plottools): p1 := disk([0,0], R1, color=red): p2:= disk([x0,y0], R2, color=green): </pre> | <pre> &gt;with(plots): k=2*10<sup>-7</sup> ; I1:= 1; I2:= 1 ; R1:=0.2; R2:=0.2; x2:=3/2; y2:=0; &gt;B = fieldplot3d([(y/(x^2+y^2)* k*I1+(y- y2)/ ((x-x2)^2+(y-y2)^2)* k*I2)/sqrt ((y/(x^2+y^2) * k*I1+(y-y2)/((x-x2)^2+ (y-y2)^2)* k*I2)^2+ (x/(x^2+y^2)* k*I1+ (x-x2)/((x-x2)^2+(y-y2) ^2)* k*I2)^2,- (x/(x^2+y^2)* k*I1+(x-x2)/ ((x-x2)^2+(y- y2)^2)* k*I2)/sqrt((y/(x^2+y^2) * k*I1+ (y-y2)/((x-x2)^2+(y-y2)^2)* k*I2)^2+ (x/(x^2+y^2)* k*I1+(x-x0)/((x-x2)^2+(y- y2) ^2)* k*I2)^2),0],x=-2..3.5,y=-3..3,z=- 2..2, color=black,grid=[17,17,5]): &gt;with(plottools): p2 := cylinder([0,0,- 2.5], R1,5, color=red): p3 := cylinder([x0,y0,-2.5], R2, 5, color=green): </pre> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

```
>display (B,p1,p2,scaling=constrained,  
axes=None);
```

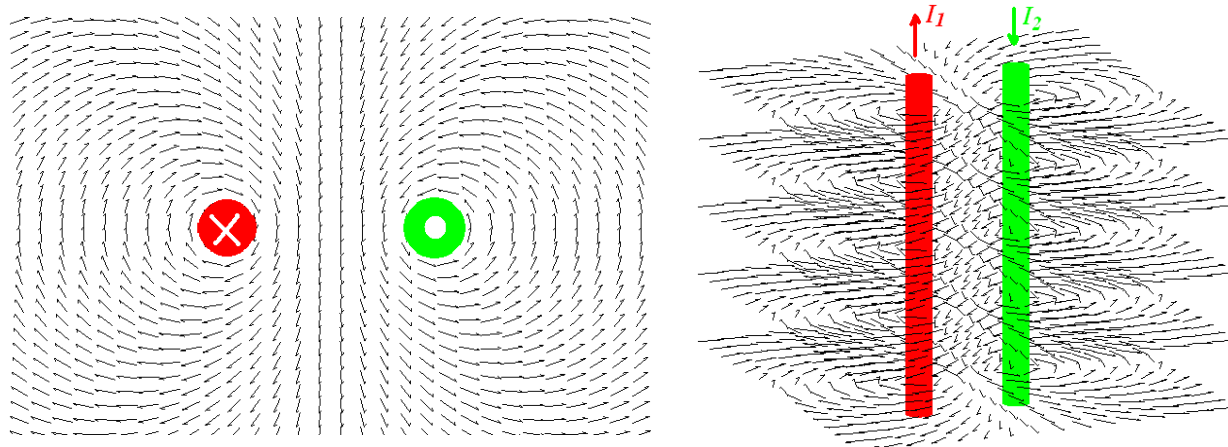
```
>display (B, p1,p2, scaling=constrained,  
axes=None);
```

Dastur quyidagi tasvirni ekranda hosil qiladi:



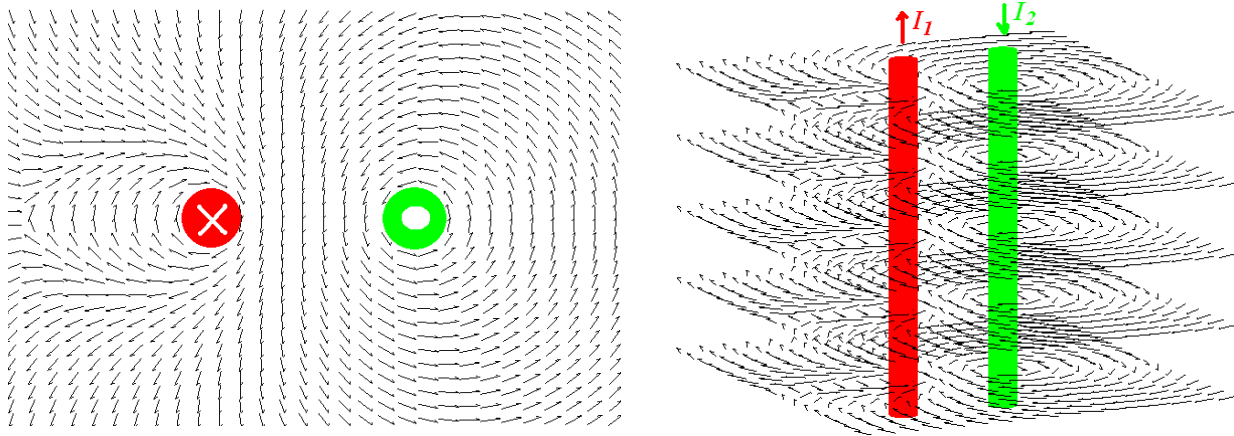
**2.2.18-rasm. O‘zaro parallel bir tomonga yo‘nalgan tokli o‘tkazgichlar magnit maydonlarining 2d- va 3d-o‘lchamli tasvirlari.**

Ayni shu algoritim yordamida qarama-qarshi yo‘nalgan toklar uchun tasvir hosil qilsak, quyidagiga ko‘rinishga ega bo‘lamiz:



**2.2.19-rasm. O‘zaro parallel, qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan, miqdorlari teng tokli o‘tkazgichlar magnit maydonlarining 2d- va 3d- o‘lchamli tasvirlari.**

Yuqoridagi tasvirlar simmetrik, chunki  $I_1 = 1A$ ,  $I_2 = -1A$ . Dasturning imkoniyati kengligini ko‘rsatish uchun tok kuchlarini turlicha, masalan  $I_1 = 1A$ ,  $I_2 = -2A$  tanlab, boshqa ajoyib manzaralarga ega bo‘lishimiz mumkin.



**2.2.20-rasm. O‘zaro parallel, qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan, miqdor jihatdan ikki marta farq qiluvchi tokli o‘tkazgichlar magnit maydonlarining 2d- va 3d- o‘lchamli tasvirlari.**

Yuqoridagi rasmdan ko‘rinib turibdiki, tok kuchi kattaroq bo‘lgan o‘tkazgichning hosil qilgan magnit maydoni ham kuchliroq va shuning uchun uning ta’sir doirasi ham kengroq bo‘ladi.

Uchta va to‘rtta parallel toklar hosil qilgan maydonlar uchun ham yuqoridagi tartibda algoritm tuziladi. Algoritm tuzish avvalgilarga o‘xshash bo‘lgani uchun mayda tavsilotlarga to‘xtalmasdan, natijani 2d- va 3d- o‘lchamli holatlar uchun havola qilamiz. Dastur yordamida olingan natijalar 3-ildovada batafsil tasvirlangan [91; 45–96-b.].

Maple dasturi yordamida nafaqat parallel tokli o‘tkazgichlarning, balki fazoviy ayqash to‘g‘ri tokli o‘tkazgichlarning ham magnit maydonini uch o‘lchamda tasvirlash mumkin. Bir-biri bilan  $90^\circ$  burchak hosil qiluvchi fazoviy ikki ayqash to‘g‘ri toklarning maydonini tasvirlash uchun algoritm tuzamiz.

**>with(plots):**

**>k=2\*10<sup>-7</sup> ; I1:= 1; I2:= 1 ; R1:=0.2; R2:=0.2; d=1;**

**>B:=fieldplot3d([(z-d)/(x^2+(z-d)^2)\*k\*I2/sqrt(((z-d)/(x^2+(z-d)^2)\*  
k\*I2)^2+(-z/(y^2+z^2)\*k\*I1)^2+(y/(y^2+z^2)\*k\*I1-x/(x^2+(z-d)^2)\*  
k\*I2)^2),-z/(y^2+z^2)\*k\*I1/ sqrt(((z-d)/(x^2+(z-d)^2)\*k\*I2)^2+(-  
z/(y^2+z^2)\*k\*I1)^2+(y/(y^2+z^2)\*k\*I1-x/(x^2+(z-d)^2)\*k\*I2)^2),  
(y/(y^2+z^2)\*k\*I1-x/(x^2+(z-d)^2)\*k\*I2)/sqrt(((z-d)/(x^2+(z-d)^2)\*  
k\*I2)^2+ (-z/(y^2+z^2)\*k\*I1)^2+(y/(y^2+z^2)\*k\*I1-x/(x^2+(z-d)^2)\*  
k\*I2)^2)], x=-3.5..3.5, y=-3.5..3.5, z=-3..3, color=black,grid=[12,12,10]):**

```

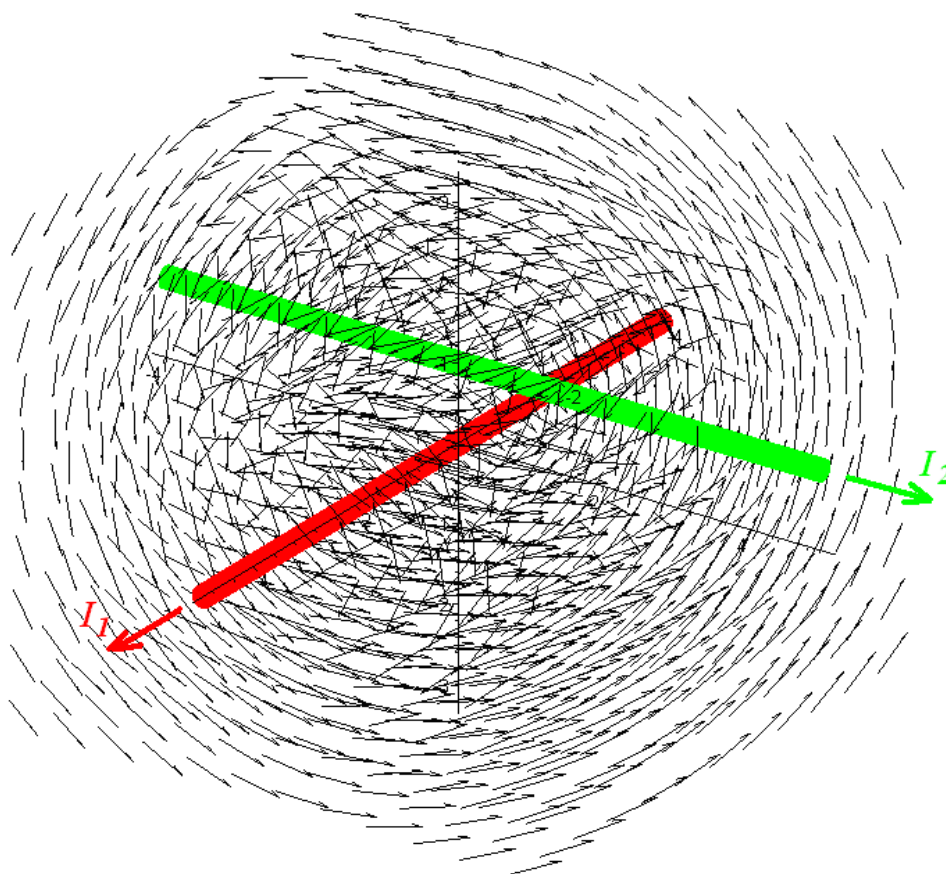
>p1:= tubeplot([t,0,0], t = -..5, radius=R1, numpoints=10, tubepoints=20,
  axes=normal, color=red):
>p2:=tubeplot([0,t,d],t = -4..5, radius=R2, numpoints=10, tubepoints=20,
  axes=normal, color=green):
> display(B,p1,p2,scaling=constrained,axes=normal);

```

ENTER tugmasi bosilganda, dastur ekranda 2.2.21-rasmdagi tasvirni hosil qiladi. [119, 122, 124, 129] internet adabiyotlarida ham dastur yordamida olgan rasmlarga o‘xshash natijalar berilgan.

Shunday qilib, bu mavzuni Maple dasturidan foydalangan holda talabalarga o‘qitishning afzalliklari quyidagilardan iborat deb xulosa qilishimiz mumkin:

talabalarda magnit maydonining vektor maydon ekanligiga ko‘nikma hosil qilishga va magnit maydon haqida tasavvurlarni kengaytirishga xizmat qiladi;



**2.2.21-rasm. O‘zaro perpendikulyar, miqdorlari teng tokli o‘tkazgichlar magnit maydonlarining 3d- o‘lchamli tasviri.**

talabalarni dastur tuzishga o‘rgatadi;

hisoblashlarni engillatishga va aniq natijaga erishishga olib keladi;

kattaliklarni o'zgartirish orqali tez fursat ichida magnit maydonining ikki va uch o'lchamli tasvirlarini juda aniq olishga imkon beradi;

natija olish uchun maxsus laboratoriya xonasi zarur emas, kompyuter va dasturlash tilining o'zi etarli.

### **Mavzu ustida ishlash, uni mustahkamlash.**

1. O'tilgan mavzuni mustahkamlash maqsadida talabalarga quyidagi savollar beriladi:

Elektr toki atrofida maydon mavjudligini qanday aniqlash mumkin?

Magnit maydon deb qanday maydonga aytiladi?

Toklarning magnit maydoni vaqtga qanday bog'liq?

Magnit maydoni ham materiyaning bir turimi?

“Sinov konturi” deb nimaga aytiladi?

Magnit maydon induksiyasi deb nimaga aytiladi?

Induksiya “sinov konturi” ning magnit momentiga bog'liqmi?

Magnit maydon induksiyasi qanday kattalik?

Magnit maydoni induksiya vektori xarakteri qanday? Uning boshi va oxiri mavjudmi?

Magnit induksiyasining o'lchov birligi nima? Uning birligiga qanday ta'rif beriladi?

Induksiya chiziqlariga ta'rif bering.

Bir jinsli magnit maydonga ta'rif bering.

Bir jinsli magnit maydoni qanday hosil bo'ladi?

Ikki tokli o'tkazgich magnit maydonlarining biror nuqtada hosil qiluvchi induksiyasi nimaga teng?

2. Ersted tajribasini izohlab bering.

3. O'tilganlarni mustahkamlash maqsadida masalalar:

(11.2 V). 1A tok o'tayotgan, radiusi 1 sm bo'lgan doiraviy sim o'rami markazidagi magnit maydon induksiyasi nimaga teng?

(11.5 V). Tomoni  $a$  bo'lgan teng tomonli uchburchakning asosida  $+I$ ,  $+I$  tokli o'tkazgichlar, uchida esa  $-I$  tokli o'tkazgich uchburchak tekisligiga perpendikulyar holda o'tadi. Maydonning uchburchak markazidagi induksiyasini toping.

(11.26 V). Cheksiz uzunlikdagi tokli o'tkazgich o'ziga urinma holda doiraviy sirtmoq hosil qiladi. O'tkazgich bo'ylab  $5\text{ A}$  tok o'tmoqda. Sirtmoq markazidagi magnit maydon kuchlanganligi  $41\text{ A/m}$  bo'lganda, sirtmoq radiusi qanday bo'ladi [47; 185–194]?

### **Uyga vazifa berish va talabalarni baholash.**

Mashg'ulot davomidagi ishtiroki va o'tilgan mavzuni mustahkamlash jarayonidagi faolligiga qarab talabalar baholanadilar.

Uyga vazifa: darslikdan 186–189-betlaridagi 11.8-, 11.9-, 11.10-, 11.15-, 11.23-, 11.28-masalalarni echish, M.Faradey hayoti va faoliyati haqida referat tayyorlab kelish, darslikdagi ta'rif va formulalarni yodlash.

**Izoh:** Mashg'ulot ishlanmasida berilgan barcha rasmlar va formulalar slayd tarzida tayyorlanib, taqdimot qilinadi, parallel ravishda elektron darslikdan ham foydalaniladi.

Misol tariqasida, Oliy ta'lim bosqichida “Ekvipotensial sirtlar” mavzusini Maple dasturlash paketi yordamida namoyish etishni qarab chiqamiz. Dastur yordamida ekvipotensial sirtning kuchlanganlik chiziqlariga perpendikulyar ekanligini ko'rsatib o'tamiz [61; 16–19-b.], [75; 60–66-b.].

Ma'lumki, har qanday zaryadlangan jism o'z atrofida elektr maydoni hosil qiladi. Zaryadlangan jismlar bir-biri bilan shu elektr maydonlari orqali ta'sirlashadi. Potensial energiya ta'sir energiyasi bo'lganligi uchun, ta'sirlashuvchi zaryadlar ham albatta potensial energiyaga ega bo'ladilar. Ta'sirlashuvchi nuqtaviy zaryadlarning potensial energiyasi quyidagicha:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} = F \cdot r \cdot \cos\alpha = \frac{kQq}{r^2} \cdot r \cdot \cos\alpha = \frac{kQq}{r} \cdot \cos\alpha \quad (3.2.21)$$

Bu yerda,  $\alpha$  —  $\vec{F}$  va  $\vec{r}$  orasidagi burchak bo‘lib, zaryadlar o‘zaro tortishish xususiyatiga ega (har xil ishorali) bo‘lganda  $\alpha = 180^\circ$ ,  $w = -\frac{kQq}{r}$  bo‘ladi, zaryadlar o‘zaro itarishish xususiyatiga ega bo‘lganda esa  $\alpha = 0^\circ$ ,  $w = \frac{kQq}{r}$  bo‘ladi. Demak, har xil ishorali zaryadlarning potensial energiyasi manfiy, bir xil ishorali zaryadlarning potensial energiyasi esa musbat bo‘ladi [111; 68–69-b.], [114; 107–112-b.], .

$w = \frac{kQq}{r}$  potensial energiya aynan 1-zaryadning energiyasi yoki 2-zaryadning energiyasi bo‘lmasdan, balki bir vaqtda ikkala zaryad ham  $w = \frac{kQq}{r}$  potensial energiyaga egadir, ya’ni potensial energiya tushunchasi zaryadlar sistemasi uchun o‘rinli bo‘ladi. Lekin maydonni energetik jihatdan xarakterlaydigan shunday kattalik borki, bu kattalik maydonni aynan qaysi zaryad hosil qilgan bo‘lsa, o‘sha zaryadga tegishli kattalikdir. Bu kattalik **maydon potentsiali** deyiladi. Maydon potensialini quyidagicha ta’riflaymiz:

Elektr maydonining ixtiyoriy nuqtasiga biror  $q$ -sinov zaryadini kiritaylik. Bu sinov zaryadining potensial energiyasi  $w$  bo‘lsin. Potensial energiya  $w$  ning sinov zaryadi  $q$  ga nisbati sinov zaryadining miqdoriga bog‘liq bo‘lmaydi va shu nuqtadagi **maydon potentsiali** deyiladi [88; 22–44-b.], [94; 48–72-b.].

$$\varphi = \frac{w}{q} \quad \text{yoki} \quad \varphi = \frac{\frac{kQq}{r}}{q} = \frac{kQ}{r} \quad (2.2.22)$$

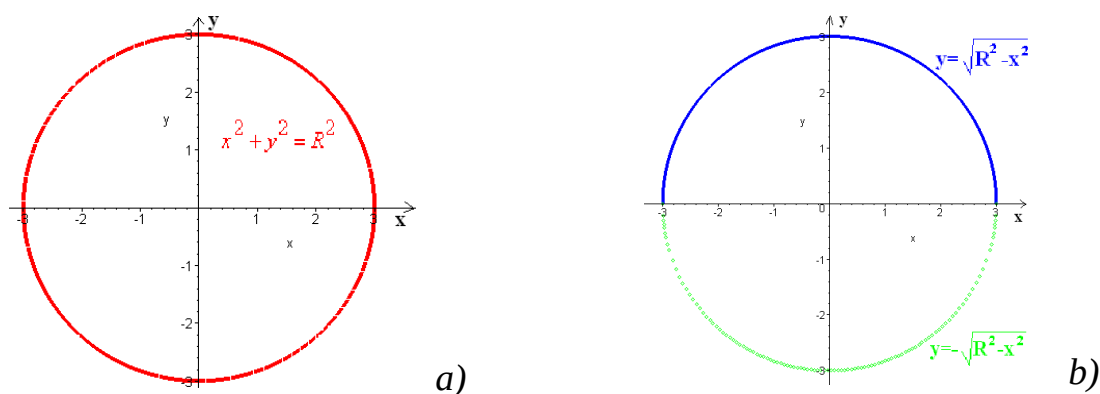
Boshqacha ta’riflaydigan bo‘lsak, maydonning biror nuqtasidagi **potentsiali** deb shu nuqtaga kiritilgan musbat birlik sinov zaryad ega bo‘lishi mumkin bo‘lgan potensial energiya -  $w$  ga son jihatdan teng bo‘lgan kattalikka aytiladi.

Bir xil potensialga ega bo‘lgan nuqtalarning geometrik o‘rni **ekvipotensial sirt** deb ataladigan sirtni hosil qiladi. Ekvipotensial sirtning hohlagan nuqtasiga kiritilgan  $q$  sinov zaryadi bir xil  $w = \varphi \cdot q$  potensial energiyaga ega bo‘ladi. Demak, sinov zaryadini bu sirtning hohlagan ikki nuqtasi orasida ko‘chirishda  $A = w_2 - w_1 = 0$  formulaga ko‘ra ish bajarilmaydi. Boshqa tomondan kuch va



ko‘chish orasidagi burchak  $90^\circ$  ga teng bo‘lganda ham  $A = F \cdot s \cdot \cos 90^\circ = 0$  formulaga ko‘ra ish bajarilmaydi. Bundan, maydon kuchlanganlik chiziqlari har doim ekvipotensial sirtga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lishi kerak degan xulosa kelib chiqadi. Maqsadimiz ham ana shu holatni **Maple** dasturi yordamida ko‘rsatib berish edi.

Dastlab, matematikadan “Oshkormas funksiyalar” mavzusiga qisqacha to‘xtalamiz (dasturlashda ana shu funksiyalarga tayanamiz).  $y = f(x)$  (ikki o‘lchamli) yoki  $z = f(x, y)$  (uch o‘lchamli) ko‘rinishdagi funksiyalar oshkor funksiyalardir.  $f(x, y) = C$  (ikki o‘lchamli) yoki  $f(x, y, z) = C$  (uch o‘lchamli) ko‘rinishdagi funksiyalar esa oshkormas funksiyalardir. Oshkor funksiyada koordinatalardan biri boshqalari orqali aniq ifodalangan bo‘ladi, ya’ni oshkor etilgan bo‘ladi. Oshkormas funksiyada esa koordintalardan hech biri boshqalari orqali ifodalanmasdan, ular ifodada aralash keladi, ya’ni oshkor etilmagan bo‘ladi. Masalan,  $x^2 + y^2 = R^2$  aylananing oshkormas ko‘rinishda berilishidir. Oshkor ko‘rinishda esa aylana ikkita  $\begin{cases} y = \sqrt{R^2 - x^2} \\ y = -\sqrt{R^2 - x^2} \end{cases}$  yarim aylanalar ajraladi. Aylanalar chizmalari 2.2.21-rasmda keltirilgan.



**2.2.21-rasm.**  $x^2 + y^2 = R^2$  aylana tasvirlari.

Ekvipotensial sirtni Maple dasturiga kiritish ketma-ketligi 10-ilovada keltirilgan [75; 60–66-b.].

Endi nuqtaviy zaryad hosil qilgan ekvipotensial sirtni tasvirlash uchun dastur tuzamiz. Dasturni ikki va uch o‘lchamli holatlar uchun tuzamiz.

|                                            |                                               |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>k:=9*10^9;q:=10*10^(-9); R:=6*10^(-</b> | <b>k:=9*10^9;q:=10*10^(-9); R:=6*10^(-2);</b> |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|



```

2); r:=1;
X1:=12/100*r;X2:=23/100*r;
X3:=36/100*r; X4:=50/100*r;
Fi1:=k*q/X1; Fi2:=k*q/X2;
Fi3:=k*q/X3; Fi4:=k*q/X4; .
with(plots):
S:=implicitplot({k*q/sqrt(x^2+y^2)=Fi
1, k*q/sqrt(x^2+y^2)=Fi2, k*q/sqrt
(x^2+y^2) =Fi3, k*q/sqrt(x^2+y^2)=
Fi4.}, x=-r..r,y=-r..r,color=blue,scaling=
constrained,numpoints=3537,
thickness=4):
V:=fieldplot([x/sqrt(x^2+y^2),y/sqrt(x^
2+y^2)],x=-r..r,y=-r..r,color=black,grid
=[17,17]):
with(plottools):
P := disk([0,0], R, color=red):
display(S,V,P,scaling=constrained,axes
=none);

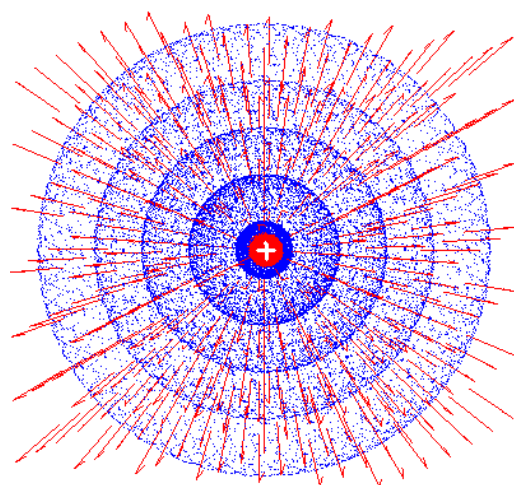
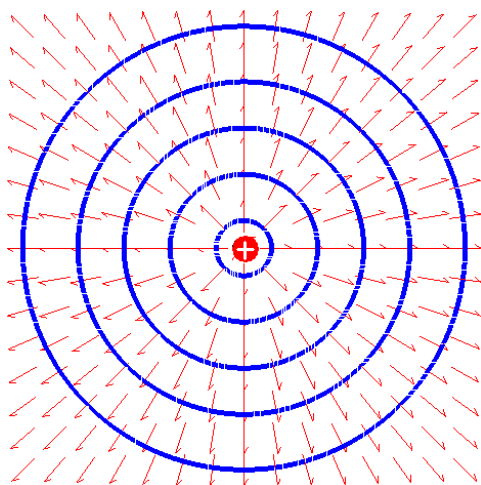
```

```

r:=1;
X1:=12/100*r;X2:=23/100*r;
X3:=36/100*r; X4:=50/100*r;
Fi1:=k*q/X1; Fi2:=k*q/X2;
Fi3:=k*q/X3; Fi4:=k*q/X4; .
with(plots):
S:=implicitplot3d({k*q/sqrt(x^2+y^2+z^
2) =Fi1, k*q/sqrt(x^2+y^2+z^2)=Fi2,
k*q/sqrt (x^2+y^2+z^2) =Fi3, k*q/sqrt
(x^2+y^2+z^2) =Fi4}, x=-r..r,y=-r..r,
color=blue, scaling= constrained,
numpoints=6700, style=point):
V:=fieldplot3d([x/sqrt(x^2+y^2+z^2),
y/sqrt (x^2+y^2+z^2), z/sqrt
(x^2+y^2+z^2)], x=-r..r,y=-r..r,color=
black,grid =[10,8,8]):
P:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=1/125,
x=-r/10..r/10,y=-r/10..r/10,z=-r/10..r/10,
grid=[25,25,25], color=red,style=point):
display(S,V,P,scaling=constrained,
axes=none);

```

Dastur ekranda quyidagi tasvirlarni hosil qiladi:



**2.2.22-rasm. Nuqtaviy zaryad elektr maydoni va ekvipotensial sirtlarining 2d- va 3d- o'lchamli tasvirlari.**

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, nuqtaviy zaryadning ekvipotensial sirtlari markazi zaryad turgan nuqtada bo‘lgan konsentrik sferalardan iborat bo‘ladi. Elektr maydon kuchlanganlik vektorlari esa har bir nuqtada ekvipotensial sirtlarga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘ladi.

Elektr maydon potentsiali skalyar kattalik bo‘lib, maydonni energetik jihatdan xarakterlaydi. Musbat zaryadlar o‘z atrofida musbat potentsial, manfiy zaryadlar esa o‘z atrofida manfiy potentsial hosil qiladi. Maydonning biror nuqtasidagi natijaviy potentsialni topish uchun shu nuqtadagi har bir zaryad hosil qilgan potentsiallar algebraik qo‘shiladi.

$$\varphi_{HAT} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_N \quad (2.2.22)$$

Endi miqdorlari teng bo‘lgan nuqtaviy zaryadlar hosil qilgan ekvipotensial sirtlarni tasvirlash uchun dastur tuzamiz. Dasturni ikki va uch o‘lchamli holatlar uchun tuzamiz [91; 45–96-b.].

```
k:=9*10^9;q1:=10*10^(-9);
q2:=10*10^(-9); R1:=6*10^(-2);
R2:=6*10^(-2); r:=1;
X1:=15/100*r;X2:=23/100*r;
X3:=36/100*r; X4:=50/100*r;
Fi1:=k*q/X1; Fi2:=k*q/X2;
Fi3:=k*q/X3; Fi4:=k*q/X4; .
x0:=r; y0:=0;
with(plots):
S:=implicitplot({k*q1/sqrt(x^2+y^2)+
k*q2/sqrt((x-x0)^2+y^2)=Fi1,
k*q1/sqrt(x^2+y^2)+ k*q2/sqrt((x-
x0)^2+y^2) =Fi2, k*q1/sqrt(x^2+y^2)+
k*q2/sqrt((x-x0)^2+y^2) =Fi3, k*q1/
sqrt(x-x^2+y^2)+ k*q1/ sqrt((x-x0)^2+
y^2) =Fi4}, x=-r..r,y=-r..r,color=blue,
scaling= constrained, numpoints=3537,
```

```
k:=9*10^9;q1:=10*10^(-9); q2:=10*10^(-
9); R1:=6*10^(-2); R2:=6*10^(-2); r:=1;
X1:=15/100*r;X2:=23/100*r;
X3:=36/100*r; X4:=50/100*r;
Fi1:=k*q/X1; Fi2:=k*q/X2;
Fi3:=k*q/X3; Fi4:=k*q/X4; .
x0:=r; y0:=0; z0:=0
with(plots):
S:=implicitplot3d({k*q1/sqrt(x^2+y^2)+
k*q2/sqrt((x-x0)^2+y^2)=Fi1, k*q1/sqrt
(x^2+ y^2)+ k*q2/sqrt((x-x0)^2+y^2)
=Fi2, k*q1/sqrt(x^2+y^2)+ k*q2/sqrt((x-
x0)^2+y^2) =Fi3, k*q1/sqrt(x-
x^2+y^2)+ k*q1/ sqrt((x-x0)^2+y^2)
=Fi4, }, x=-r..r,y=-r..r,color=blue,
scaling= constrained, numpoints=3537):
V:= fieldplot(l(x/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1
```

**thickness=4):**

```
V:= fieldplot([(x/(x^2+y^2)^(3/2)*
kq1+(x-x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*
kq2)/sqrt ((x/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1+(x-
x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*K2)^2+
(y/(x^2+y^2)^(3/2)* kq1+(y-y0)/((x-
x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*K2) ^2),
(y/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1+(y-y0)/((x-
x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*kq2)/
sqrt((x/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1+(x-
x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*kq2)^2+
(y/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1+(y-y0)/((x-
x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*kq2)^2)],x=-
0.4..1.5, y=-0.7..0.7, color=black,
grid=30,30]):
```

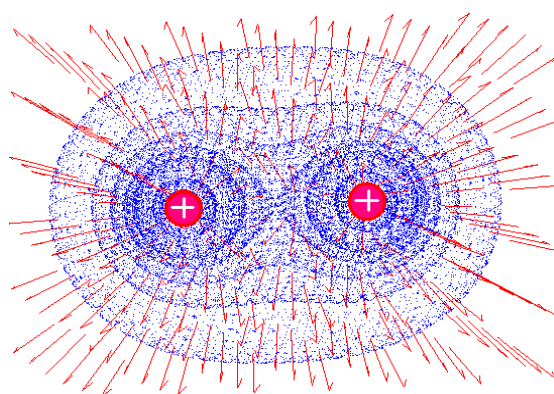
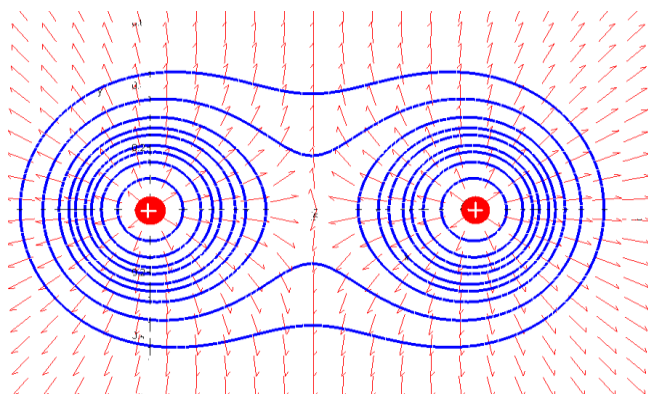
**with(plottools):**

```
P1:= disk([0,0], R1, color=red): P2:=
disk([r,0], R2, color=red):
display(S,V,P1,P2,scaling=constrained,
axes=None);
```

```
+(x-x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*kq2)
/sqrt ((x/(x^2+y^2)^(3/2)*kq1+(x-
x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*K2)^2+
(y/(x^2+y^2)^(3/2)* kq1+(y-y0)/((x-x0)
^2+(y-y0)^2)^(3/2)*K2) ^2), (y/(x^2+
y^2)^(3/2)*kq1+(y-y0)/((x-x0)^2+(y-
y0)^2)^(3/2)*kq2)/sqrt((x/(x^2+y^2)^(
3/2)* kq1+(x-x0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)
^(3/2)*kq2) ^2+(y/(x^2+y^2)^(3/2)*
kq1+(y-y0)/((x-x0)^2+(y-y0)^2)^(3/2)*
kq2)^2)],x=-0.4..1.5, y=-0.7..0.7,
color=black, grid=30,30]):
```

```
P1:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=R1^2,
x=-R1..R1, y=-R1..R1,z=-R1..R1,
grid=[20,20,20], color=red,style=point):
P2:=implicitplot3d ((x-x0)^2+(y-
y0)^2+(z-z0)^2=R2^2, x=x0-R2..x0+R2,
y=y0-R2..y0+ R2,z=z0-R2..z0+R2,
grid=[20,20,20], color=red,style=point):
display(S,V,P1,P2,scaling=constrained,
axes=None);
```

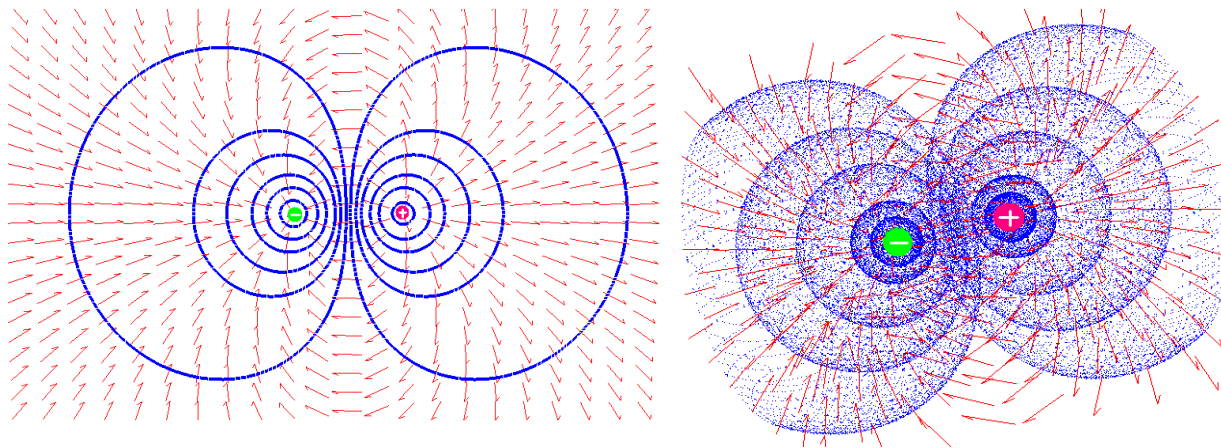
Ekkranda quyidagi tasvirni ko'ramiz:



**2.2.23-rasm. Miqdor va ishoralari bir xil bo'lgan nuqtaviy zaryadlar elektr maydoni va ekvipotensial sirtlari.**

[119, 122, 124, 126, 128, 129] internet adabiyotlarida ham dastur yordamida olingan rasmlarga o'xshash natijalar berilgan.

Dasturni har xil ishorali teng miqdordagi zaryadlar uchun qo'llab quyidagi natijani olamiz.



**2.2.24-rasm. Miqdorlari teng va ishoralari har xil bo'lgan nuqtaviy zaryadlar elektr maydoni va ekvipotensial sirlari.**

Biz yuqorida dastur yordamida hosil qilgan rasmlardan ko'rinib turibdiki, elektr maydon kuchlanganlik vektorlari har bir nuqtada ekvipotensial sirlarga perpendikulyar yo'nalgan.

Endi Maple dasturining imkoniyatlari yanada kengroq ekanligini ko'rsatib berish uchun zaryadlar sistemasi hosil qilgan elektr maydoni va ekvipotensial sirtlarning tekislikdagi va fazoviy tasvirlariga bir necha namunalar keltirishimiz mumkin. Bu namunalar 3-ilovada batafsil tasvirlangan.

SHunday qilib, bu mavzuni talabalarga axborot texnologiyalaridan foydalanib o'qitishning quyidagi afzalliklari mavjud:

talabalarning elektr maydon potentsiali haqida tasavvurini kengaytirishga xizmat qiladi;

talabalarni dastur tuzishga o'rgatadi va ularda oshkormas funksiyalar haqida tasavvurlarni kengaytiradi;

zaryadlardan iborat sistema uchun ham hisoblashlarni engillatishga va aniq natijaga erishishga olib keladi;

laboratoriya xonasi bo'lmagan sharoitda ham dastur yordamida tez va aniq natijalar olinadi.

Yuqorida tanishib o'tgan misolimizda zaryadlar soni chekli bo'lgan hol uchun superpozitsiya prinsipidan foydalangan edik. Agar zaryadlar soni ko'p bo'lsa, u holda masala qanday echilishini navbatdagi misolimizda tanishib o'tamiz. Aytaylik, nuqtaviy jismlar soni ixtiyoriy 3 ta yoki 4 ta bo'lib, bu jismlar miqdor va ishora jihatdan bir xil yoki turlicha zaryadlarga ega bo'lsin. Ana shunday hollarda ham bu zaryadlar sistemasi hosil qilgan elektr maydonini hamda ekvipotensial sirtlarini zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida tasvirlash mumkin. 3- va 4- ilovada ana shunday holatlar batafsil aks ettirilgan bo'lib, bular yordamida talabalarning elektr maydon va ekvipotensial sirtlar to'g'risidagi fazoviy tasavvurlari yanada kengayadi.

## **II bob bo'yicha xulosalar**

Oliy ta'lim muassasalarida talabalarga kompyuter texnologiyalari bilan bog'lagan holda mashg'ulotlarni tashkil etishning yangi shakllaridan foydalanish imkoniyatlari o'rganildi. Ulardan keng foydalanilgan amaliy ishlardan biri kompyuterda maxsus dasturlar yordamida kuzatilishi qiyin bo'lgan elektrodinamik jarayonlarni elektron darsliklar, animatsiyalar, virtual tajribalar va taqdimotlar vositasida ko'rgazmali tushuntirishdir. Bunday ko'rinishda ishlangan elektrodinamika kursiga tegishli elektron vositalar ko'plab mavjud bo'lib, ular asosan oliy ta'lim muassasalari talabalari uchun qo'llanilishi ko'rsatildi. Elektrodinamika kursini o'qitish jarayoniga kompyuter texnologiyalarini qo'llash va ular asosidagi multimediya vositalardan foydalanish pedagogik va psixologik nuqtai-nazardan katta ahamiyatga ega bo'lib, qo'yidagi muhim natijalarga olib keldi:

1. Elektrodinamika jarayonlarini ko'rgazmali tasvirlashda Maple va Delphi dasturlari qulayligi, ularni talabalar o'zlashtirishi oson hamda bunday fizik hodisa va jarayonlarni to'g'ri namoyish qila olishi ko'rsatib berildi.

2. Elektrodinamikani fan sifatida o'qitishda bo'limning o'zlashtirilishi qiyin bo'lgan tushuncha va fundamental mavzulari tahlil qilib chiqildi. Ushbu fanga

doir ko'pgina tushunchalar murakkab matematik formulalarni va fazoviy tasavvurlarni talab etgani bois, ularni o'zlashtirish talabalarda qiyinchilik tug'dirishi tabiiy. Bu mavzularni o'qitishni osonlashtirish uchun zamonaviy kompyuter texnologiyalari va animatsiyali dasturlardan unumli foydalanish nafaqat fizikani o'qitish samaradorligini oshiradi, balki talabaning kasbiy-pedagogik tayyorgarligini ham kuchaytiradi.

3. Elektrodinamika bo'limining o'zlashtirilishi qiyin bo'lgan tushunchalarining takomillashtirilgan mazmuni ishlab chiqildi. Bular:

elektr va magnit maydonlarini xarakterlovchi gradient (grad), divergensiya (div) va rotor (rot) operatorlarining mohiyati fizik jihatdan ochib berildi, ular Maksvell tenglamalari sistemasi, elektrostatika va magnitostatika tenglamalarini tushunishga imkon beradi va ularning masalalar echishdagi qo'llanilishi talabalarga tushunarli tilda bayon qilindi. Elektr maydonining potensial maydon ekanligi turli nuqtai-nazardan misol va masalalar echish orqali talabalarga tushunarli tarzda asoslab berildi. Bu esa o'z navbatida Elektrodinamika bo'limini talabalar tomonidan o'zlashtirilish samaradorligining oshishini ta'minlashga xizmat qiladi.

4. Elektrodinamika bo'limi o'zlashtirilishi qiyin mavzularining axborot texnologiyalari asosidagi takomillashtirilgan mazmuni ishlab chiqildi. Bular:

elektr zaryadi va zaryadlar sistemasi elektr maydoni;

elektr zaryadi va zaryadlar sistemasi ekvipotensial sirtlari;

elektr toki va toklar sistemasi magnit maydoni;

## UMUMIY XULOSALAR

Oliy ta'lim muassasalarida Elektrodinamika bo'limining hozirgi o'qitilish holatini, uning o'qitish metodikasi oldida hal etilishi zarur bo'lgan masalalarni o'rganish hamda ushbu tadqiqot ishini bajarish jarayonida olingan natijalar asosida quyidagi xulosa va tavsiyalarni keltiramiz:

1. Oliy ta'lim bosqichida fizika yo'nalishi uchun Elektrodinamika bo'limidan jahon andozalari darajasidagi darslik va o'quv qo'llanmalarni davlat tilida tayyorlash, nashr etish, bo'lajak fiziklarning kasbiy tayyorgarligini oshirishda Elektrodinamikaning mavqeini oshirish ilmiy-metodik muammodir.

2. Oliy ta'lim bakalavriat bosqichida fizikaning Elektrodinamika bo'limining O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan yangi o'quv rejasiga asosan axborot texnologiyalari asosidagi takomillashgan mazmuni shu fanning hozirgi holati nuqtai nazaridan ishlab chiqildi. Fizika fani nuqtai nazaridan elektrodinamikani o'qitishda kompyuter texnologiyalarini qo'llashning yangicha ilmiy-uslubiy talqini berildi.

3. Elektrodinamika bo'limining hozirgi zamon yutuqlarini qamrab olgan yangi ma'lumotlarning talabalarga etarli darajada berilishi ularning shu sohadagi yangiliklarni tushunishlari hamda ularni mustaqil ravishda o'zlashtirishlariga zamin bo'lib xizmat qiladi. O'quv jarayonining yangi mazmuni hamda kompyuter texnologiyalarini qo'llashning yangicha ilmiy-metodik talqini asosida tashkil qilinishi talabalarning bu bo'limni o'zlashtirish samaradorligi yuqori bo'lishini amalda ko'rsatdi.

5. Dissertatsiya materiallari asosida olingan natijalarga ko'ra, Elektrodinamika bo'limi o'zlashtirilishi qiyin tushuncha va mavzularining axborot texnologiyalari asosidagi yangi takomillashtirilgan mazmuni, yaratilgan dasturiy vositalar va tavsiyalarning samaradorligi o'tkazilgan tajriba-sinov ishlari natijasida o'z tasdig'ini topdi.



### ***Talabalarning dastlabki bilimlarini tekshirishga oid nazariy savollar***

1. Skalyar va vektor kattaliklar haqida nimalarni bilasiz, ular qanday farqlanadi?
2. Skalyar maydon nima, uning matematik ko‘rinishi qanday?
3. Vektor maydon nima, uning matematik ko‘rinishi qanday?
4. Elektr maydoni skalyar maydonmi yoki vektor maydonmi?
5. Magnit maydoni skalyar maydonmi yoki vektor maydonmi?
6. Elektrostatik maydonning manbasi bormi, u qanday hosil bo‘ladi?
7. Magnit maydonning manbasi bormi, bu maydon qanday hosil bo‘ladi?
8. Magnit maydoni nisbiymi, u qanday sharoitlarda paydo bo‘ladi?
9. Elektr maydonini kuch jihatidan xarakterlaydigan kattaliklarni aytib bering.
10. Muhitning va vakuumning elektr xossalarini qaysi kattaliklar xarakterlaydi?
11. Elektr maydonini energetik jihatdan xarakterlaydigan kattaliklarni aytib bering.
12. Elektr maydon uchun superpozitsiya prinsipini yozib bering.
13. Magnit maydonini kuch jihatidan xarakterlaydigan kattaliklarni aytib bering.
14. Muhitning va vakuumning magnit xossalarini qaysi kattaliklar xarakterlaydi?
15. Magnit maydon uchun superpozitsiya prinsipini yozib bering.
16. Sinov zaryadi va sinov konturiga ta’rif bering.
17. Elektr va magnit doimiylarini va o‘lchov birliklarini yozib bering.
18. Ekvipotensial sirt nima, uning qanday xossalarini bilasiz?
19. Elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali orasida qanday bog‘lanish bor?

### ***(1-ilovaning davomi)***

20. Uyurmaviy elektr maydoni nima, u qanday hosil bo‘ladi, elektrostatik maydondan qanday farq qiladi?
21. Doimiy magnitlarning magnit maydoni qanday hosil bo‘ladi? Molekulyar toklar nazariyasi nima?
22. Magnetiklarning qanday turlari bor? Gisterezis sirtmog‘i nima?
23. Gradient tushunchasi nima, u qanday turdagi maydonlar uchun o‘rinli?



24. Divergensiya tushunchasi nima, u qanday turdagi maydonlar uchun o‘rinli?
25. Rotor tushunchasi nima, u qanday turdagi maydonlar uchun o‘rinli?
26. Nabla operatori nima? U vektor va skalyar maydonga ta’sir etganda nima bo‘ladi?
27. Tebranish konturi nima? Tebranish konturida qaysi elektr kattaliklar tebranadi?
28. Tebranish konturida tebranuvchi kattaliklarning tebranish tenglamalarini yozib bering. Bu kattaliklar tebranish fazalari farqini ko‘rsating.
29. Tebranish konturidagi so‘nuvchi tebranishlar hosil bo‘lish sababini ayting va so‘nuvchi tebranish tenglamasini yozib bering.
30. Gers vibratorini tushuntirib bering.
31. Elektromagnit to‘lqin tarqalish shart-sharoitlarini ayting va elektromagnit to‘lqin tenglamalarini yozib bering.
32. Umov-Poynting vektori formulasini yozib bering. Bu vektor yo‘nalishi nimani ko‘rsatadi?

**MASALALAR**

1. Zaryadi  $10 \text{ nKl}$  bo'lgan nuqtaviy zaryaddan  $20 \text{ sm}$  masofada elektr maydon kuchlanganligi va induksiyasi nimaga teng?
2. Zaryadi  $10 \text{ nKl}$  bo'lgan nuqtaviy zaryad koordinata boshida joylashgan. Ixtiyoriy ( $4 \text{ sm}$ ;  $3 \text{ sm}$ ) koordinataga ega bo'lgan nuqtadagi elektr maydon induksiyasi nimaga teng?
3. Fazoning biror nuqtasida elektr maydon kuchlanganligining tashkil etuvchilari  $E_x = 40$ ;  $E_y = 30$ ;  $E_z = 120 \text{ [V/m]}$  bo'lsa, bu nuqtadagi kuchlanganlik qiymati nimaga teng?
4. Fazoning biror nuqtasida elektr maydon kuchlanganligi  $\vec{E} = 30 \cdot \vec{i} + 40 \cdot \vec{j} + 120 \cdot \vec{k}$  ko'rinishda bo'lsa, u holda kuchlanganlik vektorining bu nuqtadagi yo'naltiruvchi kosinuslari nimaga teng?
5. Zaryadi  $4913 \text{ nKl}$  bo'lgan nuqtaviy zaryad koordinata boshida joylashgan. Ixtiyoriy ( $15 \text{ sm}$ ;  $8 \text{ sm}$ ) koordinataga ega bo'lgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligining komponentalari  $E_x$  va  $E_y$  nimaga teng?
6. Sirt zichligi  $\sigma = 8,85 \cdot 10^{-8} \text{ [Kl/m}^2\text{]}$  bo'lgan plastinaning elektr maydon kuchlanganligi nimaga teng?
7. Sirt zichligi  $\sigma = 4 \cdot 10^{-7} \text{ [Kl/m}^2\text{]}$  bo'lgan plastinaning elektr maydon induksiyasi nimaga teng?
8. Chiziqli zichligi  $\tau = 8 \cdot 10^{-9} \text{ [Kl/m]}$  bo'lgan cheksiz to'g'ri o'tkazgichdan  $3,2 \text{ sm}$  masofada elektr maydon induksiyasi nimaga teng?
9. Chiziqli zichligi  $\tau = 17,7 \cdot 10^{-9} \text{ [Kl/m]}$  bo'lgan cheksiz to'g'ri o'tkazgichdan  $10 \text{ sm}$  masofada elektr maydon kuchlanganligi nimaga teng?
10. Nuqtaviy zaryaddan, chiziqli zaryadlangan uzun simdan, cheksiz yassi plastinadan 3 marta uzoqlashganda elektr maydon necha marta susayadi?

11.  $R=50\text{ sm}$  radiusli sim halqa  $13\text{ nKl}$  elektr zaryadiga ega. Bu halqa markazidan  $120\text{ sm}$  masofada joylashgan nuqtada elektr maydon potentsiali nimaga teng?
12.  $R=60\text{ sm}$  radiusli sim halqa  $10\text{ nKl}$  elektr zaryadiga ega. Bu halqa markazidan  $80\text{ sm}$  masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi nimaga teng?
13.  $R=10\text{ sm}$  radiusli sim halqa  $2\text{ nKl}$  elektr zaryadiga ega. Bu halqa markazidan qanday masofada elektr maydon kuchlanganligi maksimal bo'ladi? Bunda kuchlanganlikning maksimal qiymati nimaga teng?
14.  $q_1 = 225\text{ nKl}$  va  $q_2 = 64\text{ nKl}$  bo'lgan zaryadlar orasidagi masofa  $170\text{ sm}$  ga teng. 1-zaryaddan  $150\text{ sm}$  va 2-zaryaddan  $80\text{ sm}$  masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi nimaga teng bo'ladi?
15. Ikkita cheksiz yassi plastinalar  $\sigma_1 = +120\text{ nKl/m}^2$  va  $\sigma_2 = -80\text{ nKl/m}^2$  sirti y zichlikkacha zaryadlangan. Bu plastinalar orasida va tashqarisida elektr maydon induksiylari nimaga teng?
16. Elektr maydon kuch chiziqlar soni vakuumdan biror shaffof dielektrik muhitga o'tganda 9 marta kamaygan bo'lsa, bu dielektrik muhitning absolyut nur sindirish ko'rsatkichi nimaga teng?
17. O'zgarmas tok zanjiri  $RC$  ko'rinishida bo'lib, bunda  $R=250\text{ Om}$  va  $C=4\text{ mkF}$  ga teng. Bu elektr zanjiri uchun vaqt doimiysi  $\tau$  nimaga teng?
18. O'zgarmas tok zanjiri  $RC$  ko'rinishida bo'lib, bunda  $R=250\text{ Om}$  va  $C=4\text{ mkF}$  ga teng. Kondensator  $\varepsilon = 30\text{ V}$  bo'lgan tok manbaiga ulangan holda turibdi. Zanjir tok manбайдan uzilgandan qacha vaqt o'tgach kondensatorda zaryad miqdori  $24\text{ mkKl}$  ga teng bo'lib qoladi?
19. To'g'ri o'tkazgichdagi tok kuchi  $1\text{ A}$  ga teng. Bu o'tkazgichdan  $10\text{ sm}$  va  $20\text{ sm}$  uzoqliklarda magnit induksiyasi nimaga teng bo'ladi?  
 $R=6\text{ sm}$  radiusli sim halqa  $100\text{ mA}$  aylanma tok hosil qilindi. Bu halqa markazidan  $8\text{ sm}$  masofada joylashgan nuqtada magnit maydon kuchlanganligi nimaga teng?

20. G'altakdagi tok kuchi  $0,4\text{ A}$  ga teng. Bu g'altakning uzunligi  $8\text{ sm}$  bo'lib, unda 400 ta o'ram bor. Bu g'altak o'rtasida magnit maydon induksiyasi nimaga teng?
21. Tok kuchi  $1\text{ A}$  bo'lgan tokli o'tkazgich bizdan tik holda kitob tekisligi tomonga yo'nalgan. Oxy tekisligi odatdagidek kitob tekisligida joylashgan. O'tkazgich koordinata boshidan o'tadi hisoblab, koordinatasi  $(3\text{ sm}; 4\text{ sm})$  bo'lgan nuqtadagi magnit induksiyani aniqlang.
22. Tok kuchi  $3,14\text{ A}$  bo'lgan tokli o'tkazgich bizdan tik holda kitob tekisligi tomonga yo'nalgan. Oxy tekisligi odatdagidek kitob tekisligida joylashgan. O'tkazgich koordinata boshidan o'tadi hisoblab, koordinatasi  $(3\text{ sm}; 4\text{ sm})$  bo'lgan nuqtadagi magnit maydon kuchlanganligini vektor ko'rinishda yozing.
23. Fazoning biror nuqtasida birinchi tok  $H_1 = 20\text{ A/m}$ , ikkinchi tok esa  $H_2 = 30\text{ A/m}$  ga teng kuchlanganliklar hosil qilib, ular o'zaro  $45^\circ$  burchak tashkil etadi. SHu nuqtadagi natijaviy magnit maydon kuchlanganligi nimaga teng?
24. Bir tomonga yo'nalgan o'zaro parallel to'g'ri tokli o'tkazgichlardan  $I_1 = 4I$  va  $I_2 = I$  ga teng toklar o'tmoqda. Bu tokli o'tkazgichlar orasidagi masofa  $r = 20\text{ sm}$  ga teng bo'lsa, tokli o'tkazgichlardan qancha uzoqlikda bo'lgan nuqtada natijaviy maydon induksiyasi nolga teng bo'ladi?
25. Elektr qarshiligi  $R = 3\text{ Om}$  bo'lgan sim halqani kesib o'tuvchi magnit oqimi  $\Delta\Phi = 24\text{ mVb}$  ga o'zgarganda simning ko'ndalang kesimi orqali qancha miqdordagi elektr zaryadi oqib o'tadi?
26. O'zgarmas tok zanjiri  $RL$  ko'rinishida bo'lib, bunda  $R = 25\text{ Om}$  va  $L = 100\text{ mGn}$  ga teng. Bu elektr zanjiri uchun vaqt doimiysi  $\tau$  nimaga teng?
27. O'zgarmas tok zanjiri  $RL$  ko'rinishida bo'lib, bunda  $R = 25\text{ Om}$  va  $L = 100\text{ mGn}$  ga teng. Kondensator  $\varepsilon = 30\text{ V}$  bo'lgan tok manbaiga ulangan holda turibdi. Zanjir tok manбайдan uzilgandan qancha vaqt o'tgach g'altakdagi tok kuchi  $240\text{ mA}$  ga teng bo'lib qoladi?
28. Tebranish konturi induktivligi  $L = 4 \cdot 10^{-5}\text{ Gn}$  bo'lgan induktiv g'altagi va elektr sig'imi  $C = 9 \cdot 10^{-9}\text{ F}$  bo'lgan kondensatordan tashkil topgan. Bu tebranish konturi

uchun tebranish davri nimaga teng?

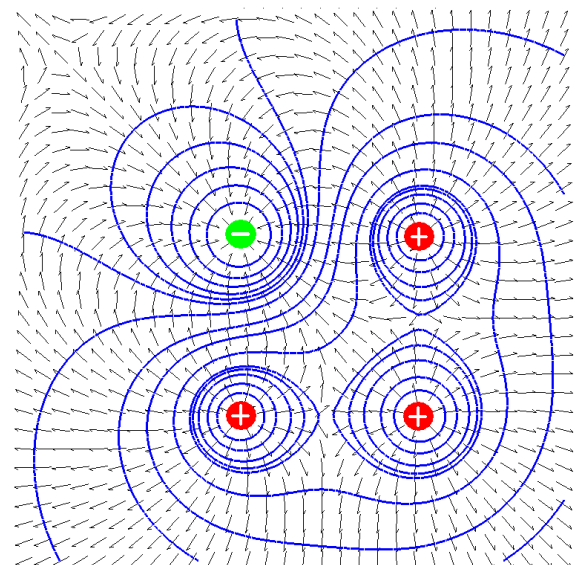
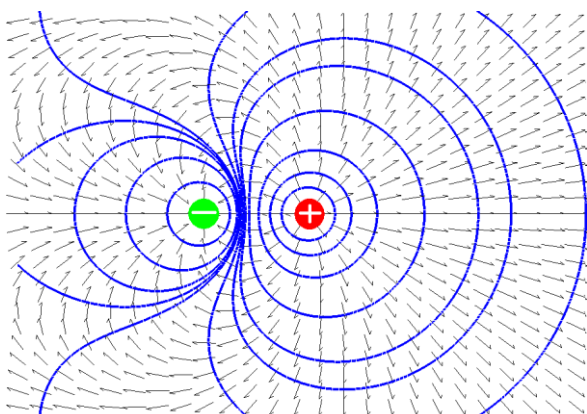
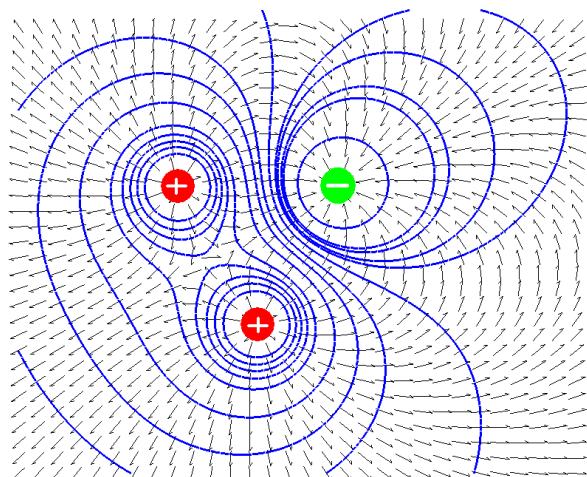
**29.** Real tebranish konturida simlarning elektr qarshiligi  $R=10\text{ Om}$ , induktiv g'altakning induktivligi  $L=10^{-4}\text{ Gn}$ , kondensatorning elektr sig'imi  $C=10^{-6}\text{ F}$  ga teng. Bu real tebranish konturi uchun so'nishning logarifmik dekrementi nimaga teng?

**Masalalarning javoblari:**

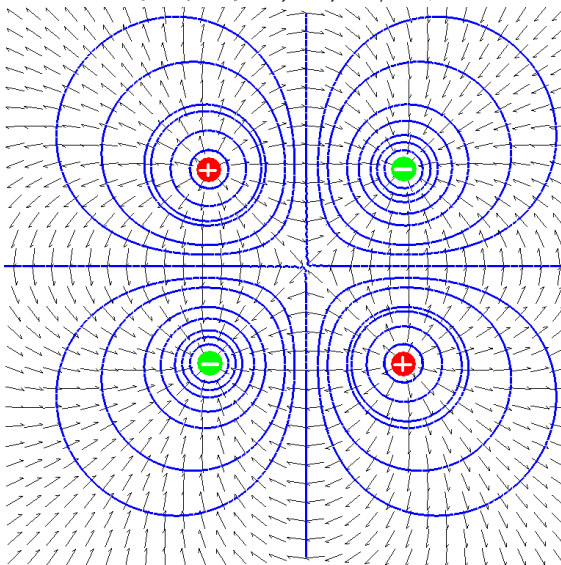
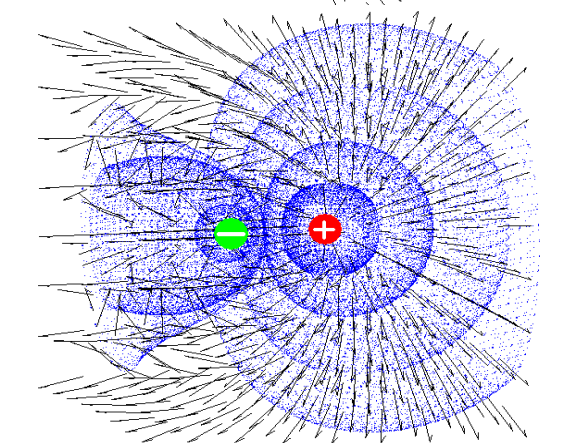
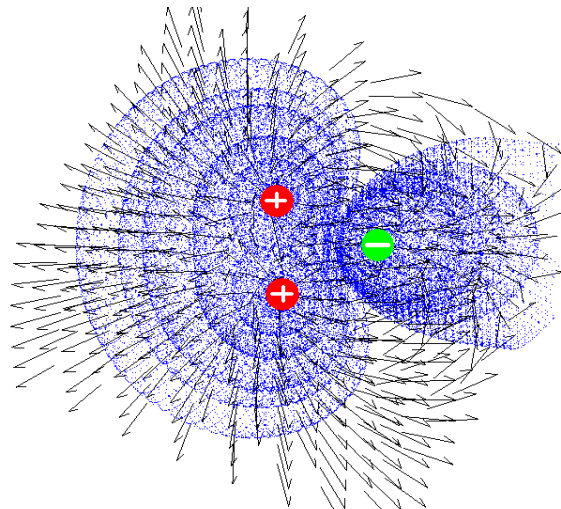
- 1.**  $E=2250\text{ V/m}$ ;  $D=20\text{ nKl/m}^2$ ; **2.**  $D=320\text{ nKl/m}^2$ ; **3.**  $E=130\text{ V/m}$ ; **4.**  $\cos\alpha = \frac{4}{13}$ ;  $\cos\beta = \frac{3}{13}$ ;  $\cos\gamma = \frac{12}{13}$ ; **5.**  $E_x = 1350$ ;  $E_y = 720\text{ [kV/m]}$ ; **6.**  $E=5\text{ kV/m}$ ; **7.**  $D=200\text{ nKl/m}^2$ ; **8.**  $D=40\text{ nKl/m}^2$ ; **9.**  $E=3200\text{ V/m}$ ; **10.** 9 marta; 3 marta; o'zgarmaydi; **11.**  $\varphi = 90\text{ V}$ ; **12.**  $72\text{ V/m}$ ; **13.**  $L_0 = 14\text{ sm}$ ;  $E_0 = 490\text{ V/m}$ ; **14.**  $1273\text{ V/m}$ ; **15.**  $D_1 = 100\text{ nKl/m}^2$ ;  $D_2 = 20\text{ nKl/m}^2$ ; **16.**  $n=3$ ; **17.**  $\tau=1\text{ ms}$ ; **18.**  $t=1,61\text{ ms}$ ; **19.**  $B_1 = 2 \cdot 10^{-6}\text{ Tl}$ ;  $B_2 = 1 \cdot 10^{-6}\text{ Tl}$ ; **20.**  $H=18\text{ A/m}$ ; **21.**  $B=2,51\text{ mTl}$ ; **22.**  $B = 4 \cdot 10^{-6}\text{ Tl}$ ; **23.**  $\vec{H} = 8 \cdot \vec{i} + 6 \cdot \vec{j}\text{ [A/m]}$ ; **24.**  $46,35\text{ A/m}$ ; **25.**  $r_1 = 16\text{ sm}$ ;  $r_2 = 4\text{ sm}$ ; **26.**  $\Delta q=8\text{ mKl}$ ; **27.**  $\tau=4\text{ ms}$ ; **28.**  $t=6,44\text{ ms}$ ; **29.**  $T=3,77\text{ mks}$ ; **30.**  $D=1,813$

**Nuqtaviy zaryadlar sistemasi hosil qilgan elektr maydoni va ekvipotensial sirtlarning Maple dasturi yordamida olingan 2d- va 3d- o'lchamli tasvirlari**

2d- o'lchamli



3d- o'lchamli

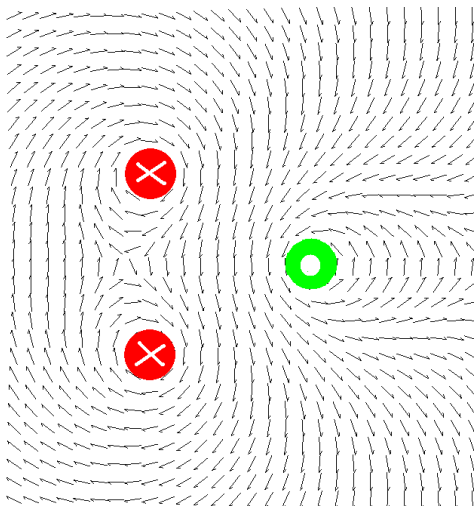


**3.1-rasm. Zaryadlar sistemasining elektr maydoni va ekvipotensial sirtlari**

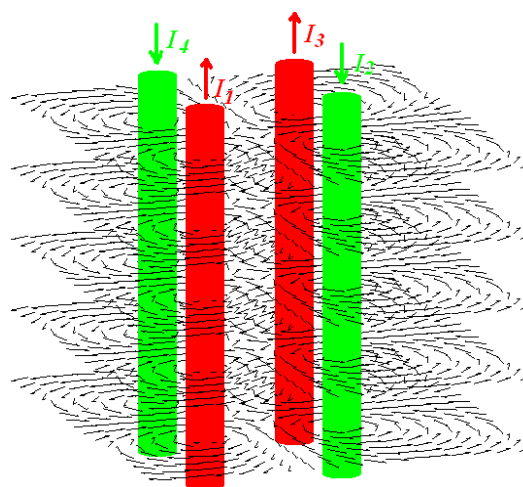
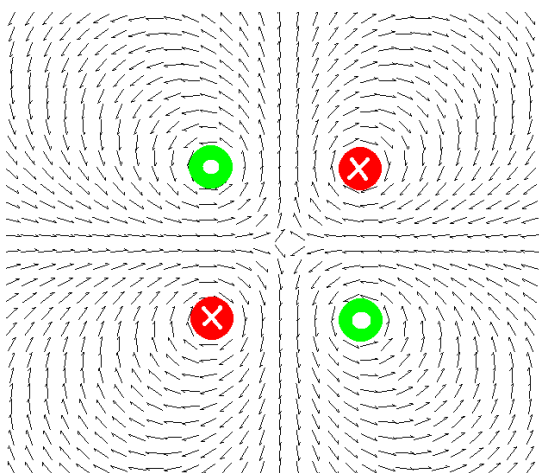
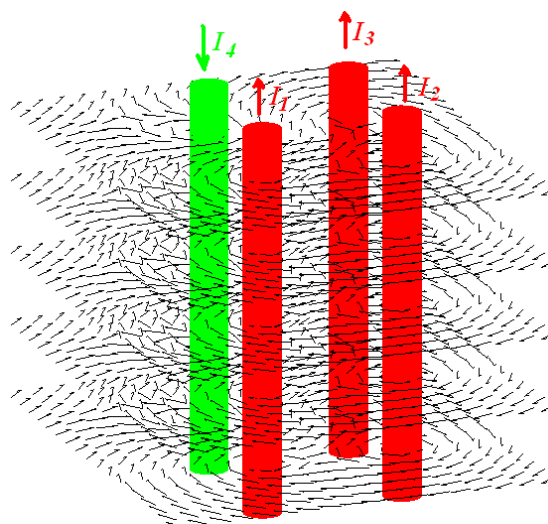
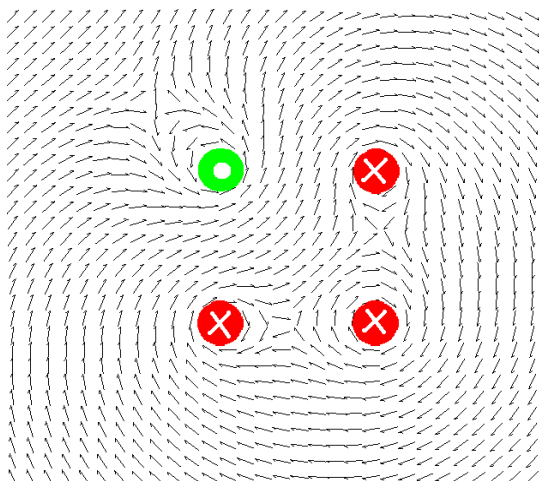
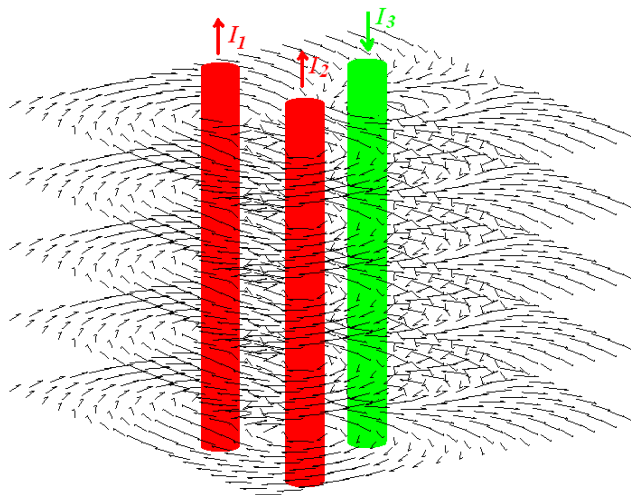


**To'g'ri toklar sistemasi hosil qilgan magnit maydonning Maple dasturi  
yordamida olingan 2d- va 3d- o'lchamli tasvirlari**

2d- o'lchamli



3d- o'lchamli



**3.2-rasm. Toklar sistemasining magnit maydoni**

**Mavzu: Chekli uzunlikdagi zaryadlangan o'tkazgichning elektr maydoni va ekvipotensial sirtlarini o'rganish.**

Agar elektr maydonini chekli sondagi (diskret) zaryadlar hosil qilayotgan bo'lsa, u holda elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali quyidagi ko'rinishda bo'ladi [93; 12–15-b.], [112; 261–271-b.]:

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i = \sum k \frac{q_i}{r_i^3} \cdot \vec{r}_i \\ \varphi &= \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum \varphi_i = \sum k \frac{q_i}{r_i}\end{aligned}\tag{4.1}$$

Agar elektr maydonini cheksiz ko'p sondagi (uzluksiz) elementar zaryadlar hosil qilayotgan bo'lsa, u holda yuqoridagi formuladagi summa belgisi integralga aylanadi [76; 49–56-b.].

$$\begin{aligned}\vec{E} &= E \cos \alpha \cdot \vec{i} + E \cos \beta \cdot \vec{j} + E \cos \gamma \cdot \vec{k} \\ E &= k \int \frac{dq}{r^2} \\ \varphi &= k \int \frac{dq}{r}\end{aligned}\tag{4.2}$$

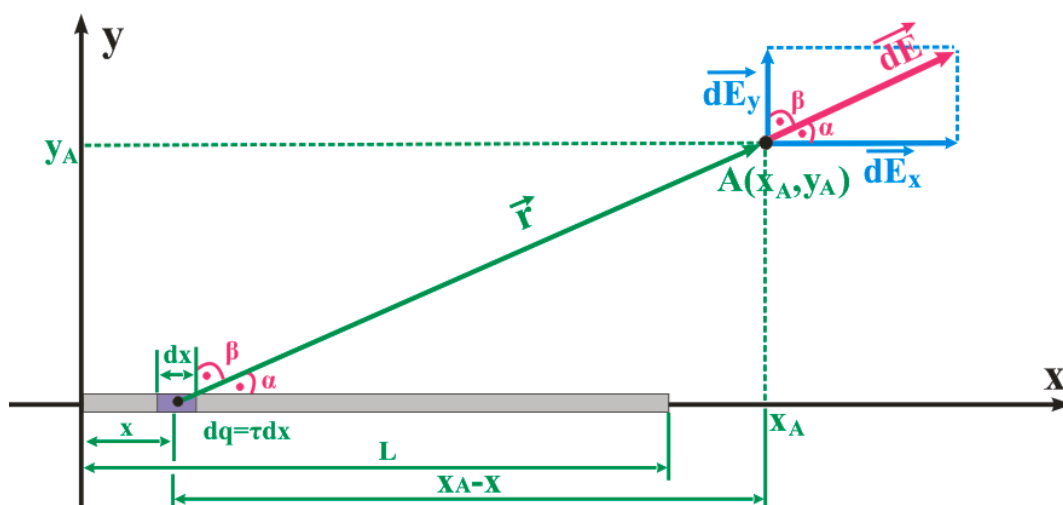
Bu erda,  $\cos \alpha$  –,  $\cos \beta$  – va  $\cos \gamma$  –  $\vec{E}$  vektorining yo'naltiruvchi kosinuslari.

Biror  $L$  uzunlikdagi tekis zaryadlangan to'g'ri o'tkazgichning maydonini o'rganishda ham yuqoridagi formulalardan foydalanamiz. Buning uchun koordinatalar boshini o'tkazgichning bir uchiga joylashtirib,  $Ox$  – o'qini o'tkazgich bo'ylab,  $Oy$  – o'qini esa unga perpendikulyar yo'naltiramiz (4.1-rasmga qarang).

Ixtiyoriy  $A(x_A; y_A)$  nuqtada ana shu o'tkazgich hosil qilgan maydon kuchlanganligi va potentsialini topamiz.  $dq = \tau \cdot dx$  elementar zaryadning berilgan nuqtadagi maydon kuchlanganlik vektorini  $d\vec{E}$  bilan, uning koordinata o'qlaridagi proeksiyalarini  $dE_x$  va  $dE_y$  bilan hamda elementar zaryad hosil qilgan potentsialni



$d\varphi$  bilan belgilaymiz. Dastlab maydon kuchlanganligining proeksiyalarini topamiz.



**4.1-rasm. CHekli uzunlikdagi zaryadlangan o'tkazgich ixtiyoriy elementi hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi**

$$dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\tau \cdot dx}{(x_A - x)^2 + y_A^2} = k\tau \frac{dx}{(x - x_A)^2 + y_A^2} \quad (4.3)$$

$$dE_x = dE \cdot \cos \alpha = k\tau \frac{dx}{(x - x_A)^2 + y_A^2} \cdot \frac{x_A - x}{\sqrt{(x - x_A)^2 + y_A^2}} = -k\tau \frac{(x - x_A)^2 dx}{\sqrt{((x - x_A)^2 + y_A^2)^3}} \quad (4.4)$$

O'tkazgich uzunligi  $0 \leq x \leq L$  oraliqda joylashgan bo'lgani uchun shu oraliqda integrallaymiz.

$$\begin{aligned} E_x &= \int dE_x = -k\tau \int_0^L \frac{(x - x_A)}{((x - x_A)^2 + y_A^2)^{\frac{3}{2}}} dx = -k\tau \int_0^L \frac{d((x - x_A)^2 + y_A^2)^{\frac{3}{2}}}{((x - x_A)^2 + y_A^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k\tau}{\sqrt{(x - x_A)^2 + y_A^2}} \Big|_0^L = \\ &= k\tau \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{(L - x_A)^2 + y_A^2}} - \frac{1}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2}} \right) \end{aligned} \quad (4.4a)$$

$$dE_y = dE \cdot \sin \alpha = k\tau \frac{dx}{(x - x_A)^2 + y_A^2} \cdot \frac{y_A}{\sqrt{(x - x_A)^2 + y_A^2}} = k\tau y_A \frac{dx}{\sqrt{((x - x_A)^2 + y_A^2)^3}} \quad (4.5)$$

Bu ifoda ham  $0 \leq x \leq L$  oraliqda integrallanadi [76; 49–56-b.].

$$E_y = \int dE_y = k\tau y_A \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{((x-x_A)^2 + y_A^2)^3}} = k\tau y_A \int_0^L \frac{d(x-x_A)}{\sqrt{((x-x_A)^2 + y_A^2)^3}} = \frac{k\tau}{y_A} \cdot \left. \frac{x-x_A}{\sqrt{(x-x_A)^2 + y_A^2}} \right|_0^L = \frac{k\tau}{y_A} \cdot \left( \frac{L-x_A}{\sqrt{(L-x_A)^2 + y_A^2}} + \frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2}} \right) \quad (4.5a)$$

Endi shu zaryadlangan o'tkazgich hosil qilgan potensialni topamiz.

$$d\phi = k \frac{dq}{dr} = k\tau \frac{dx}{\sqrt{(x_A - x)^2 + y_A^2}} = k\tau \frac{dx}{\sqrt{(x - x_A)^2 + y_A^2}} \quad (7.6)$$

Bu (7.6) ifoda ham  $0 \leq x \leq L$  oraliqda integrallanaib  $A(x_A; y_A)$  nuqtadagi to'la potensial topiladi.

$$\phi = \int d\phi = k\tau \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{(x-x_A)^2 + y_A^2}} = k\tau \int_0^L \frac{d(x-x_A)}{\sqrt{(x-x_A)^2 + y_A^2}} = k\tau \cdot \ln |(x-x_A) + \sqrt{(x-x_A)^2 + y_A^2}| \Big|_0^L = k\tau \cdot \ln \left| \frac{\sqrt{(L-x_A)^2 + y_A^2} + L - x_A}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2} - x_A} \right| \quad (4.6a)$$

Demak,  $A(x_A; y_A)$  nuqtada elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali quyidagicha bo'lar ekan:

$$\begin{aligned} E_x &= k\tau \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{(L-x_A)^2 + y_A^2}} - \frac{1}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2}} \right) \\ E_y &= \frac{k\tau}{y_A} \cdot \left( \frac{L-x_A}{\sqrt{(L-x_A)^2 + y_A^2}} + \frac{x_A}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2}} \right) \\ \vec{E} &= E_x \cdot \vec{i} + E_y \cdot \vec{j}, \quad \cos \alpha = \frac{E_x}{E}, \quad \cos \beta = \frac{E_y}{E} \\ \phi &= k\tau \cdot \ln \left| \frac{\sqrt{(L-x_A)^2 + y_A^2} + L - x_A}{\sqrt{x_A^2 + y_A^2} - x_A} \right| \end{aligned} \quad (4.7)$$

$A(x_A; y_A)$  nuqtani hohlagan joydan tanlash imkoniga ega bo'lganimiz uchun nuqtani  $A(x; y)$  deb ham belgilashimiz mumkin. Chunki nuqta koordinatalari o'zgaruvchi bo'lib, ular  $-\infty \leq x_A \leq \infty$  va  $-\infty \leq y_A \leq \infty$  oraliqda o'zgara oladi. Dasturga esa biz o'zimiz qiziqtirgan sohani kiritamiz.

YUqoridagi formulalarga tayangan holda  $L$  uzunlikdagi va tekis zaryadlangan chekli o'tkazgichning elektr maydoni va ekvipotensial sirtlarini Maple dasturi yordamida tasvirlashga kirishamiz. Buning uchun quyidagi ketma-ketlikdagi ish bajariladi [91; 156–183-b.], [89; 183–209-b.]:

- a) Dastlab dastur oknosi ochilib, kerakli barcha koeffitsientlar dasturga kiritiladi.
- b) Grafik, chiziq, sirt, vektor, gradient kabi chizma bilan bog'liq barcha jarayonlar **With(plots):** buyrug'i bilan boshlanadi.
- c) Vektor maydonni tasvirlash uchun **fieldplot** va **fieldplot3d** buyruqlaridan foydalaniladi. Grafikning tekislikdagi (ikki o'lchamli) tasvirini olish uchun **fieldplot** buyrug'idan, fazoviy (uch o'lchamli) tasvirini olish uchun esa **fieldplot3d** buyrug'idan foydalaniladi.
- d) Ekvipotensial sirtlar oshkormas funksiya ko'rinishida beriladi. Oshkormas funksiyalar esa dasturga **implicitplot** va **implicitplot3d** buyruqlari orqali kiritiladi. Grafikning tekislikdagi (ikki o'lchamli) tasvirini olish uchun **implicitplot** buyrug'idan, fazoviy (uch o'lchamli) tasvirini olish uchun esa **implicitplot3d** buyrug'idan foydalaniladi.
- e) Biror ekvipotensial sirtni aniqlash uchun kordinatasi  $x_1; y_1$  bo'lgan nuqtadagi potensial  $\varphi_1$  ni aniqlash kifoya. Butun o'tkazgich hosil qilgan potentsiali  $\varphi_1$  ga tenglanadi. Dasturning o'zi aynan natijaviy potensial  $\varphi_1$  ga teng bo'lgan nuqtalarni topib, ularni ketma-ket tutashtirishdan ekvipotensial sirtni chizadi. Bir necha ekvipotensial sirtlar olish uchun ham shu ketma-ketlikda ish bajariladi.
- f) Bizni qaysi sohadagi sirt qiziqтира, koordinata o'qlariga o'sha soha, ya'ni  **$x=a_1 \dots b_1, y=a_2 \dots b_2, z=a_3 \dots b_3$**  tarzida kiritiladi.

- g) Har bir o'q bo'yicha nechtdan nuqta tasvirlamoqchi bo'lsak, buni **grid** buyrug'i bilan amalga oshiriladi. Masalan, **grid[8,10,15]** buyrug'i berilsa,

Ox- o‘q bo‘yicha 8 ta, Oy- o‘q bo‘yicha 10 ta, Oz-o‘q bo‘yicha 15 ta, bitta ekvipotensial sirtida jami  $8 \times 10 \times 15 = 1200$  ta nuqta tasvirlanadi.

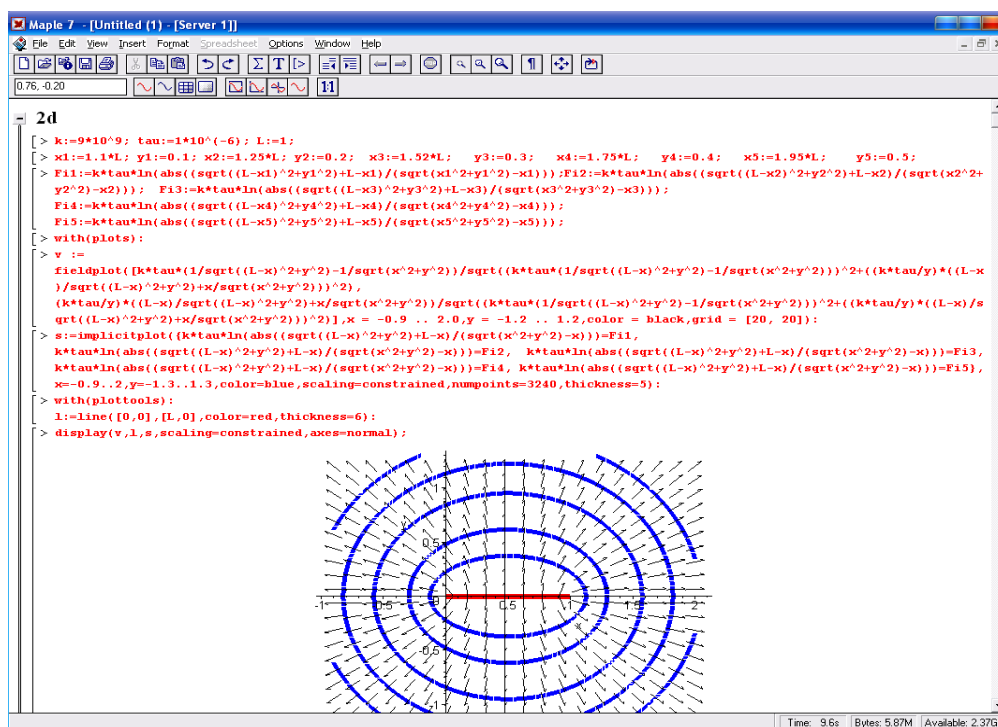
h) Tasvirning rangi **color** buyrug‘i bilan kiritiladi. Masalan, **color=blue** buyrug‘i kiritilsa, tasvir ko‘k rangda namoyon bo‘ladi.

i) CHizma stili **style** buyrug‘i bilan o‘zgartiriladi. Masalan, **style=line** buyrug‘i chizmani chiziqli, **style=point** buyrug‘i chizmani nuqtali ko‘rinishda tasvirlaydi.

j) Barcha o‘qlarga bir xil masshtab berish **scaling= constrained** buyrug‘i bilan bajariladi.

Natija ekranga **display** buyrug‘i bilan chiqariladi. Dasturlash nihoyasiga etganda nuqtali vergul qo‘yiladi.

Quyidagi rasmda Maple dasturi oynasi tasvirlangan.

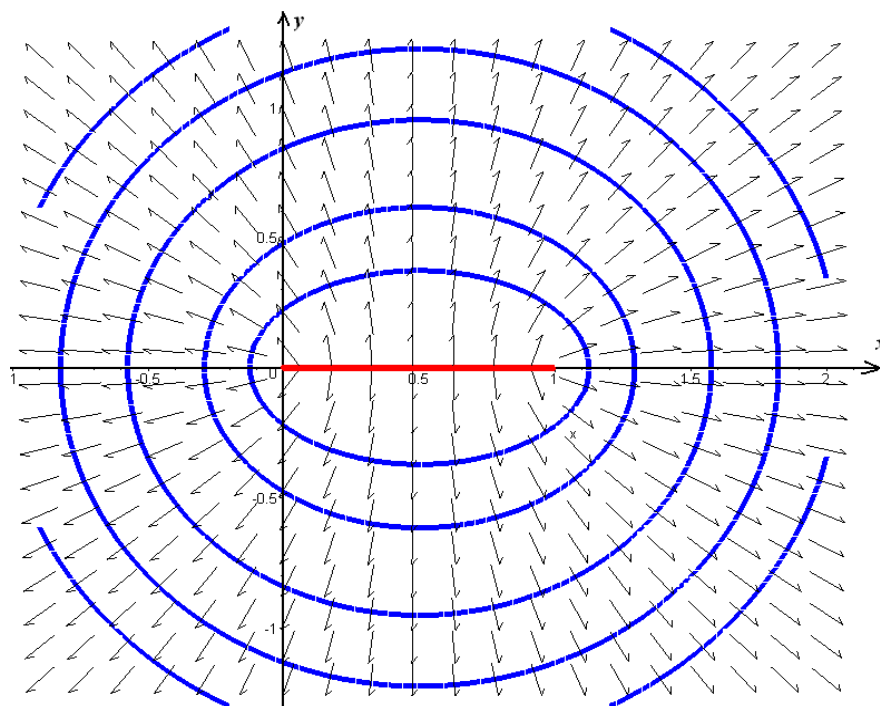


**4.2-rasm. CHekli uzunlikdagi zaryadlangan o‘tkazgichning elektr maydoni va ekvipotensial sirtlari Maple dasturi darchasida**

Endi yuqoridagi algoritm asosida uzunligi  $L=1m$  va zaryadning chiziqli zichligi  $\tau=1\mu C/m$  bo‘lgan o‘tkazgichning elektr maydoni va ekvipotensial sirtining tekislikdagi tasvirini olish uchun quyidagicha algoritm tuzamiz [91; 156–183-b.]:

```
> k:=9*10^9; tau:=1*10^(-6); L:=1;
> x1:=1.1*L; y1:=0.1; x2:=1.25*L; y2:=0.2; x3:=1.52*L; y3:=0.3;
x4:=1.75*L; y4:=0.4; x5:=1.95*L; y5:=0.5;
> Fi1:=k*tau*ln(abs((sqrt((L-x1)^2+y1^2)+L-x1)/(sqrt(x1^2+y1^2)-x1)));
> Fi2:=k*tau*ln(abs((sqrt((L-x2)^2+y2^2)+L-x2)/(sqrt(x2^2+y2^2)-x2)));
> Fi3:=k*tau*ln(abs((sqrt((L-x3)^2+y3^2)+L-x3)/(sqrt(x3^2+y3^2)-x3)));
> Fi4:=k*tau*ln(abs((sqrt((L-x4)^2+y4^2)+L-x4)/(sqrt(x4^2+y4^2)-x4)));
> Fi5:=k*tau*ln(abs((sqrt((L-x5)^2+y5^2)+L-x5)/(sqrt(x5^2+y5^2)-x5)));
with(plots):
> v := fieldplot([k*tau*(1/sqrt((L-x)^2+y^2)-1/sqrt(x^2+y^2))/sqrt((k*tau*(1/
sqrt((L-x)^2+y^2)-1/sqrt(x^2+y^2)))^2+((k*tau/y)*((L-x)/sqrt((L-x)^2+y^2)
+x/sqrt(x^2+y^2)))^2), (k*tau/y)*((L-x)/sqrt((L-x)^2+y^2)+x/sqrt(x^2+y^2))/
sqrt((k*tau*(1/sqrt((L-x)^2+y^2)-1/sqrt(x^2+y^2)))^2+((k*tau/y)*((L-x)/sqrt
((L-x)^2+y^2)+x/sqrt(x^2+y^2)))^2)],x = -0.9 .. 2.0,y = -1.2 .. 1.2,color = black,
grid = [20, 20]):
> s:=implicitplot({k*tau*ln(abs((sqrt((L-x)^2+y^2)+L-x)/(sqrt(x^2+y^2)-x)))=
Fi1, k*tau*ln(abs((sqrt((L-x)^2+y^2)+L-x)/(sqrt(x^2+y^2)-x)))=Fi2, k*tau*ln
(abs((sqrt((L-x)^2+y^2)+L-x)/(sqrt(x^2+y^2)-x)))=Fi3, k*tau*ln(abs((sqrt((L-
x)^2+y^2)+L-x)/(sqrt(x^2+y^2)-x)))=Fi4, k*tau*ln(abs((sqrt((L-x)^2+y^2)+L-
x)/(sqrt(x^2+y^2)-x)))=Fi5}, x=-0.9..2,y=-1.3..1.3,color=blue,scaling=
constrained,numpoints=3240,thickness=5):
> with(plottools):
> l:=line([0,0],[L,0],color=red,thickness=6):
> display(v,l,s,scaling=constrained,axes=normal);
```

ENTER tugmasi bosilganda dastur bizga tasvirni ekranga chiqarib beradi.



**4.3-rasm. Chekli uzunlikdagi zaryadlangan o‘tkazgichning elektr maydoni va ekvipotensial sirlari 2d- o‘lchamda**

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Ўзбекистон Республикасининг «Таълим тўғрисида»ги қонуни // Баркамол авлод – Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. – Т.: Шарк НМК, 1997. – 64 б.                                                                                                                                                                                                                             |
| 2. | Ўзбекистон Республикасининг “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури”// Баркамол авлод – Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. – Т.: Шарк НМК, 1997, – 64 б.                                                                                                                                                                                                                        |
| 3. | Мирзиёев Ш.М. “Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамыз” мавзусидаги Ўзбекистон Республикаси Президенти лавозимида киришиш тантанали маросимида бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. – Т.: Ўзбекистон, 2016. – 56 б.                                                                     |
| 4. | Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сон Фармони.                                                                                                                                                                                                   |
| 5. | Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг “Узлуксиз таълим тизими учун давлат таълим стандартларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш тўғрисида”. – Т.: Маърифат, 1998 йил 5 январь, 5-сонли Қарори ва “Ўрта махсус, касб-ҳунар таълими тизими учун дарсликлар ва ўқув адабиётларининг янги авлодини яратиш тўғрисида”. - Т.: Маърифат. 2001 йил 16 август, 341-сонли Қарори. |
| 6. | Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 8 октябрдаги “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 5847-сон Фармони.                                                                                                                                                                               |
| 7. | Мирзиёев Ш.М. Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик – ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қондаси бўлиши керак. –Т.: Ўзбекистон. – 2017. – 102 б.                                                                                                                                                                                                  |
| 8. | Цой М., Джураев Р., Тайлаков Н. Создание электронных учебников. Теория и практика. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2007. –С. 10–26.                                                                                                                                                                                                                           |
| 9. | Қурбонов М. Узлуксизлик таълимда физик экспериментларнинг дидактик функциялари самарадорлигини ошириш (олий таълим мисолида). Пед.фан.док.дисс.–Т.: ЎзМУ, 2012. –255 б.                                                                                                                                                                                                    |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>10.</b> | Қаюмова Н.А. Ўқитишнинг ахборот таълим тизими шароити ва унда АКТ соҳаси ўқитувчиларини тайёрлаш. Монография.—Тошкент.: Фан, 2015. —56 б.                                                                                                                  |
| <b>11.</b> | Нуриллаев Б.Н. Умумий физика практикумларида бўлажак ўқитувчиларнинг экспериментал кўникмаларини шакллантиришнинг дидактик асослари. Пед.фан.ном.дисс.автореф. —Тошкент, ТДПУ, 2006. —Б. 3–18.                                                             |
| <b>12.</b> | Юнусова Г.Н. Создание и применение в учебном процессе педагогических программных средств для фундаментальных тем курса общей физики: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. — Т.: НИИПН РУз, 1997. — 16 с.                                                     |
| <b>13.</b> | Бегматова Д.А. Физика практикуми ишларини микдорий баҳолашнинг дидактик асослари: Автореф. дис. ... пед. фанл. номзоди илмий даражасини олиш учун. —Т.: ТДПУ, 2004. — 19 б.                                                                                |
| <b>14.</b> | Эрназарова Г.О. Касб-хунар коллежларида умумкасбий фанларни ўқитишда компьютер технологияларидан фойдаланишнинг методик асослари. Пед.фан.ном...дисс. — Тошкент, ТДПУ, 2009. — Б. 62–91.                                                                   |
| <b>15.</b> | Ишмухамедов Р.Ж., Юлдашев М. Таълим ва тарбияда инновацион педагогик технологиялар.— Т.: Ниҳол, 2016. —279 б.                                                                                                                                              |
| <b>16.</b> | Закирова Ф. М. Теоретические и практические основы методической подготовки будущих преподавателей информатики в педагогических вузах // Тошкент, 2005. —154 с.                                                                                             |
| <b>17.</b> | Пулатов Ю.П. Роль физического эксперимента в профессиональной подготовке учителей физики в университетах: Автореф. дис. ... доктора. пед. наук. — Т.: ТашГУ, 1998. —37 с.                                                                                  |
| <b>18.</b> | Ўсаров Ж.Э. Таянч ва фанга оид компетенциялар асосида таълим мазмунини такомиллаштириш ва ўқувчилар компетентлигини ривожлантириш (физика фанини ўқитиш мисолида) Автореф. дис. ... пед. фан. доктори илмий даражасини олиш учун. —Т.: ТДПУ, 2019. — 30 б. |
| <b>19.</b> | Болтаева М.Л. Физика таълими жараёнида талабаларнинг мустақил ўқув фаолиятини ривожлантириш: Автореф. дис. ... пед. фанл. номзоди илмий даражасини олиш учун. —Т.: ТДПУ, 2004. — 20 б.                                                                     |
| <b>20.</b> | Коликова В.М. Лабораторный практикум по физике - первый шаг                                                                                                                                                                                                |



|            |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | студентов к самостоятельной исследовательской работе //В кн.: Методика и практика преподавания в техническом вузе: Науч.-метод. сб. – Ленинград: 1981. – С. 100–104.                                                    |
| <b>21.</b> | Разумовский В.Г. Физика ўқитиш методикаси асослари. –Т.: Ўқитувчи, 1990. – Б. 12–16.                                                                                                                                    |
| <b>22.</b> | Фарберман Б.Л. Илғор педагогик технологиялар. – Т.: Фан, 1999. – Б. 108–118.                                                                                                                                            |
| <b>23.</b> | Махмудова Х.М. Применение информационной технологии при проведении лабораторных занятий по разделу оптика курса общей физики: Автореф. дис.... канд. пед. наук. –Т.: ТГПУ, 2000. – 22 с.                                |
| <b>24.</b> | Абдуқодиров А.А., Пардаев А.Х. Таълим жараёнида технологиялаштириш назарияси ва методологияси. – Тошкент. Фан ва технология, 2012. – Б. 54–75.                                                                          |
| <b>25.</b> | Мирзааҳмедов Б. М., Ғофуров Н.Б., Тошмухаммедов Ф.Ф. Физика ўқитиш методикаси курсидан ўқув эксперименти. –Т.: Ўқитувчи, 1989. –111 б.                                                                                  |
| <b>26.</b> | Мансурова М.Ю. Олий таълимда элементар зарралар физикаси мазмуни ва уни ўқитиш методикаси: Автореф. дис. ... пед. фан. номзоди илмий даражасини олиш учун. –Т.: ТДПУ, 2009. – 20 б.                                     |
| <b>27.</b> | Аҳмаджонов О.И. Олий техника ўқув юртларида физика ўқитиш самарадорлигини ошириш йўллари: Автореф. дис. ... пед.фан.доктори илмий даражасини олиш учун.. –Т.: ТДПУ, 1995. – 35 б.                                       |
| <b>28.</b> | Черкасова Э.С. Преемственность как дидактическое условие повышения эффективности формирования знаний и умений у учащихся средней школы // Совершенствование процесса обучения физике в средней школе. –Челябинск, 1982. |
| <b>29.</b> | Айбиндер А.Б. Формы совершенствования демонстрационного эксперимента по физике. Автореф. дис. ...канд. пед наук. –Киев, ТДПУ, 1995. – 35 б.                                                                             |
| <b>30.</b> | Горбунова И.Б. Повышение операционности знаний по физике с использованием новых компьютерных технологий: Автореф. дисс.докт. пед. наук. – Санкт-Петербург, 1999. – С. 3–26.                                             |
| <b>31.</b> | Суяров К.Т. Физик экспериментлар асосида ўқувчиларда ўқув-тадқиқотчилик кўникмаларини ривожлантириш (академик лицейлар                                                                                                  |

|            |                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | мисолида) Автореф. дис. ... пед. фан. номзоди илмий даражасини олиш учун. –Т.: ТВЧДПИ, 2020. – 18 б.                                                                                                                                        |
| <b>32.</b> | Оплачко Т.М. Методика разработки и содержание «опорных конспектов» по физике (для академических лицеев и профессиональных колледжей): Автореф. дис. ... канд. пед. наук. –Т.: ТГПУ, 2008. –24 с.                                            |
| <b>33.</b> | Тигай О.Э. Методика применения информационных технологий в преподавании физики в среднем специальном, профессиональном образовании (на примере электронного учебника по физике): Автореф. дис.... канд. пед. наук. –Т.: ТГПУ, 2009. – 24 с. |
| <b>34.</b> | Джораев М. Вероятностно статистические идеи в преподавании физики. –Т.: Фан, 1992. – 121 с.                                                                                                                                                 |
| <b>35.</b> | Джораев М. Методологические и дидактические основы формирования вероятностно-статистических идей и понятий: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. –Т.: ТГПУ, 1993. – 40 с.                                                                     |
| <b>36.</b> | Умарова Г.А. Совершенствование методики преподавания квантовой физики на основе компьютерных технологий в общеобразовательной школе: Автореф. дис.... канд. пед. наук. –Т.: ТГПУ, 2008. –20 с.                                              |
| <b>37.</b> | Таджиева З.Г. Научная деятельность и педагогические воззрения Абу Райхана Беруни. –Т.: Фан, 2008, –116 с.                                                                                                                                   |
| <b>38.</b> | Лернер И.В. Дидактические основы методов обучения. –Москва, Педагогика, 1981. – С. 3–86.                                                                                                                                                    |
| <b>39.</b> | Махмудов Ю.Ғ., Мирзахмедов Б.М. Электродинамикадан масалалар ва уларни ечиш методикаси. Ўқув-услугий қўлланма. – Тошкент: ЎзПФТИ, 1994. – Б. 5–32.                                                                                          |
| <b>40.</b> | Талызина Н.Ф. Формирование познавательной деятельности учащихся. – Москва: Просвещение, 1988. –С. 9–13.                                                                                                                                     |
| <b>41.</b> | Тошхонова Ж., Маҳмудова Х., Нуриллаев Б. Умумий физика курси. Ядро ва элементар зарралар физикаси. Кварклар: Ўқув қўлланма. –Т.: Фан, 2004. – 199 б.                                                                                        |
| <b>42.</b> | Махмудов Ю.Ғ. Кашфиётлар, ихтиролар, гипотезалар, назариялар, қонунлар, қонуниятлар. – Тошкент, Янги нашр, 2017. – 496 б.                                                                                                                   |
| <b>43.</b> | Bent B. Andrese. etc. Multimedia in Education.UNESCO Institute for Information Technologis in Education. 2013.ISBN 978–5–7777–0556–3, –83 р.                                                                                                |

|            |                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>44.</b> | James L. Antonakos. Broome Technical Community College. Simulations for Digital Electronics Using Electronic Workbench, 1/e. Published February, 1999 by Prentice Hall Career & Technology. Copyright 1999. – 120 p.                     |
| <b>45.</b> | Lányi Cecília Sík. Virtual reality and environments. First published April, 2012. Printed in Croatia. Published by InTech. ISBN 978–953–51–0579 – 4, –27 p.                                                                              |
| <b>46.</b> | Moursund D. Future of Information Technology in Education. Eugene, Oregon: ISTE, 1997. – 32 p.                                                                                                                                           |
| <b>47.</b> | Волькенштейн В.С. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. – Т.: Ўқитувчи, 1979. – 437 б.                                                                                                                                               |
| <b>48.</b> | Zappone R. Using Technologe in Education: Step to the Future. Computers in the Schools, 1991, 8. –P. 83 – 87.                                                                                                                            |
| <b>49.</b> | Tay Vaughan. Multimedia: Making It Work. Chapter 1: What Is Multimedia? 2011. ISBN: 978–0–07–174850-6/ – 15 p.                                                                                                                           |
| <b>50.</b> | Корнушова И.Б. и др. Технологии подработки компьютерного учебного пособия по физике для общеобразовательной школы. Использование информационных технологии в общеобразовательной школе. – Новосибирск, 1999. – С. 45–47.                 |
| <b>51.</b> | Мирзахмедов Б.М. Прикладные вопросы физики в системе среднего образования. –Ташкент: Укитувчи, 1980. –193 с.                                                                                                                             |
| <b>52.</b> | Шералиев С.С. Физиканинг “Тебраниш ва тўлқинлар” бўлимини ўқитишдаги электрон қўлланмаларнинг мазмуни ва методикасини такомиллаштириш: Автореф. дис. ... пед. фанл. номзоди илмий даражасини олиш учун. –Т.: ЎзМУ, 2019. – 22 б.         |
| <b>53.</b> | Жалолова П.М. Олий таълимда “Атом физикаси”га оид лаборатория машғулотларида ахборот технологияларидан фойдаланиш методикасини такомиллаштириш. Автореф. дис. ... пед. фан. номзоди илмий даражасини олиш учун. –Т.: ЎзМУ, 2019. – 20 б. |
| <b>54.</b> | Смирнов А.В. Теория и методика применения средств новых информационных технологий в обучении физике. Автореф дисс. ... докт. пед наук. – Москва, 1996. – С. 22– 28.                                                                      |
| <b>55.</b> | Курбанов М. Разработка демонстрационных опытов по физике полупроводников и методика их эффективного использования в                                                                                                                      |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | лекционном преподавании. Дисс.канд.пед.наук. –Т.: ТашГУ, 1991. –160 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>56.</b> | Педагогика: педагогические теории, системы, технологии/Под ред. Смирнова М. –М.: Издательский центр Академия, 1999. –544 с.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>57.</b> | Гомулина Н.Н. Применение новых информационных и телекоммуникационных технологий в школьном физическом и астрономическом образовании. Канд.пед.наук...дисс. – Москва, 2003. – С. 11– 19.                                                                                                                                                                                                          |
| <b>58.</b> | Қурбонов М. Физикадан намоёиш экспериментларининг методик функцияларини кенгайтиришнинг назарий асослари. Монография. –Тошкент, Фан, 2008. –118 б.                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>59.</b> | Дорфман Я.Г. Всемирная история физики с начала 19 века до середины 20 века. М.: Мир, 1979. – 300 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>60.</b> | Дусмуратов М.Б. Электр майдон кучланганлиги мавзусини Maple7 дастурлаш тили ёрдамида ўқитиш//Замонавий физика ва астрономия ютуқлари:муаммо ва ечимлар. Республика илмий ва амалий конференция материаллари. – Тошкент, ТДПУ, 2011. – Б. 70–73.                                                                                                                                                  |
| <b>61.</b> | Дусмуратов М.Б. Эквипотенциал сиртларни Maple дастури ёрдамида ўрганиш ва намоёиш этиш// Академик лицей ва касб-хунар коллежларида физика, математика ва информатика фанларини ўқитишни такомиллаштириш. Ўзбекистон Республикаси мустақиллигининг 20 йиллигига бағишланган 7-анъанавий республика олий ўқув юртлариаро илмий амалий конференция материаллари. – Тошкент, ТДПУ, 2011. – Б. 16–19. |
| <b>62.</b> | Дусмуратов М.Б. Тебраниш контуридаги сўнувчи тебранишларни Maple дастури имкониятларидан фойдаланган ҳолда ўқитиш// Ўқитувчиларнинг замонавий ахборот-коммуникация технологиялар бўйича компетентлиги: муаммо ва ечимлар. Вазирлик тизимидаги олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасалари миқёсида илмий-амалий анжуман материаллари. – Тошкент, ТДПУ, 2012. – Б. 104–107.                        |
| <b>63.</b> | Дусмуратов М.Б. Конденсаторнинг зарядланиш ва разрядланиш жараёнини ахборот технологияларидан фойдаланган ҳолда намоёиш этиш//Нанотехнологиялар ва қайта тикланадиган энергия манбалари: Муаммо ва ечимлар. Республика илмий амалий анжуман материаллари.                                                                                                                                        |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | – Қарши, ҚарМИИ, 2012. – Б. 300–303.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>64.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б. Ғалтакдан ток ўтиш жараёнини ахборот технологиялари имкониятларидан фойдаланиб намоиш этиш// Замонавий физиканинг долзарб муаммолари. Республика илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. – Бухоро, БухДУ, 2012. –Б. 268–270.                                                                                                                                           |
| <b>65.</b> | Дусмуратов М.Б. Конденсатор зарядланиш жараёнини ахборот технологиялари имкониятларидан фойдаланиб ўқитиш//Яримўтказгичлар физикаси ва қурилмалари ҳамда уларни ўқитишнинг муаммолари. Наманган давлат университети ҳудудий илмий-анжумани материаллари.<br>– Наманган, НамДУ, 2013. – Б. 157–159.                                                                                                                |
| <b>66.</b> | Дусмуратов М.Б. Вектор майдон роторини турли физик-математик масалалардан фойдаланган ҳолда ўқитиш//XXI аср–интеллектуал авлод асри. Конференция материаллари. – Тошкент, ТДПУ, 2013. –Б. 337–340.                                                                                                                                                                                                                |
| <b>67.</b> | Дусмуратов М.Б. Вектор майдон дивергенциясини турли физик-математик масалалардан фойдаланган ҳолда ўқитиш//Замонавий физика ва астрономия ютуқлари: муаммо ва ечимлар. Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент, 2013. – Б. 55–58.                                                                                                                                                             |
| <b>68.</b> | Дусмуратов М.Б. Диполнинг электр майдони билан таъсирини ўзлаштиришда ахборот технологияларидан фойдаланиш//Таълим тизимида информатика ва ахборот технологиялари мутахассисларини инновацион фаолиятга тайёрлашдаги муаммо ва ечимлар. Вазирлик тизимидаги олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасалари миқёсида илмий-анжуман материаллари. – Тошкент, ТДПУ, 2015. – Б. 327–329.                                  |
| <b>69.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б., Хуррамов Р. Атом электрон булутларини тасвирлашда ахборот технологиялари имкониятларидан фойдаланиш//Педагогнинг шахсий ва касбий ахборот майдонини лойиҳалашда ахборот коммуникация технологияларига оид компетентлигини ривожлантириш. Вазирлик тизимидаги олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасалари миқёсида илмий-анжуман материаллари.<br>– Тошкент, 2015. – Б. 404–407. |
| <b>70.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б., Қаюмов О. Физика таълимида                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | ахборот технологияларини қўллаш//Педагогнинг шахсий ва касбий ахборот майдонини лойиҳалашда ахборот коммуникация технологияларига оид компитентлигини ривожлантириш. Вазирлик тизимидаги олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасалари миқёсида илмий-анжуман материаллари. – Тошкент, 2015. – Б. 407–408. |
| <b>71.</b> | Дусмуратов М.Б. Ғалтакдан ток ўтиш жараёнини компьютерли моделлаштириш// Сборник тезисов Международной научно-практической конференции. Инновационные технологии в повышении качества образования. – Тошкент, ТДИУ, 2012. – Б. 110–113.                                                                 |
| <b>72.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б. Extra dimensions in physics// Abstracts of the international conference “Problems of modern topology and its applications”. – Tashkent, TSPU. 2013. – P. 67–68.                                                                                                       |
| <b>73.</b> | Дусмуратов М.Б. Преподование градиента скалярного поля с использованием различных физико-математических способов// Актуальные вопросы современной науки. Материалы XXI международной научно-практической конференции. – Москва, 2013. – С. 76–83.                                                       |
| <b>74.</b> | Дусмуратов М.Б. Электр майдон кучланганлиги мавзусини Maple7 дастурлаш тили ёрдамида намоиш этиш//Педагогик таълим. – Тошкент, 2011. –№4. –Б. 39–45.                                                                                                                                                    |
| <b>75.</b> | Дусмуратов М.Б. Эквипотенциал сиртларни Maple дастури ёрдамида ўрганиш ва намоиш этиш//Педагогик таълим. – Тошкент, 2012. –№5. –Б. 60–66.                                                                                                                                                               |
| <b>76.</b> | Дусмуратов М.Б. Чекли узунликдаги заряд-ланган ўтказгичнинг электр майдони ва эквипотенциал сиртларини Maple дастури ёрдамида ўрганиш ва намоиш этиш//Педагогик таълим. – Тошкент, 2012. –№6. – Б. 49–56.                                                                                               |
| <b>77.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б. Тебраниш контуридаги сўнувчи тебранишларни ахборот технологиялари-дан фойдаланган ҳолда ўқитиш// Педагогик маҳорат. – Бухоро, 2012. –№2. –Б. 39–46.                                                                                                                   |
| <b>78.</b> | Дусмуратов М.Б. Тебраниш контуридаги эркин тебранишларни Maple дастури ёрдамида ўрганиш ва намоиш этиш//Педагогик таълим. – Тошкент, 2012. –№3. –Б. 54–59.                                                                                                                                              |
| <b>79.</b> | Дусмуратов М.Б. Электр майдонининг потенциал майдон эканлигини                                                                                                                                                                                                                                          |



|            |                                                                                                                                                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | математик ёндашган ҳолда ўқитиш//Педагогик таълим. – Тошкент, 2013. – №3. –Б. 39–45.                                                                                                                   |
| <b>80.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б. Вектор майдон дивергенциясини турли физик-математик масалалардан фойдаланган ҳолда ўқитиш//Бухоро давлат университети илмий ахбороти. – Бухоро, 2014. – №1. –Б. 1–6. |
| <b>81.</b> | Ибрагимов Б., Дусмуратов М.Б. Атом электрон булутларини тасвирлашда ахборот технологиялари имкониятларидан фойдаланиш//ТДПУ илмий ахборотлари. – Тошкент, 2017. –№1. –Б. 22–27.                        |
| <b>82.</b> | Насриддинов К.Р., Дусмуратов М.Б. Менделеев даврий системасининг тузилишини дастлабки ва квант тушунчаларни боғлаган ҳолда ўқитиш// Педагогика. – Тошкент, 2016. –№2. –Б. 61–65.                       |
| <b>83.</b> | Дусмуратов М.Б. Преподавание и демонстрация темы «Магнитное поле проводника с током» с помощью программы Maple//Технологии и методики в образовании. – Воронеж, 2011. –№3. –С. 19–27.                  |
| <b>84.</b> | Дусмуратов М.Б. Демонстрация протекания тока через катушку индуктивности с использованием информационных технологий//Наука XXI века: вопросы, гипотезы, ответы. –Новосибирск, 2013. –№1. –С. 75–84.    |
| <b>85.</b> | Dusmuratov M.B. Teaching prosses of capacitor charging using information technology// The advanced science. –USA, 2013. –№7. –Р. 84–91.                                                                |
| <b>86.</b> | Дусмуратов М.Б. Преподавание ротора векторного поля с использованием различных физико-математических задач// Science and world. –Волгоград, 2014. –№2. –С. 26–32.                                      |
| <b>87.</b> | Маллин Р.Х. Майдон назарияси. –Тошкент, Ўқитувчи, 1965. – 491 б.                                                                                                                                       |
| <b>88.</b> | Орифжонов С.Б. Электромагнетизм. –Тошкент, Ношир, 2011. –420 б.                                                                                                                                        |
| <b>89.</b> | Коптев А.А., Пасько А.А., Баранов А. А. Maple в инженерных расчетах. Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2003. – 468 с.                                                      |
| <b>90.</b> | Абдумаликов А. Электродинамика. –Тошкент, Ношир, 2012. –308 б.                                                                                                                                         |
| <b>91.</b> | Примкулова Г., Тургунбаев Р., Ешчанова Г., Исмоилов Ш. Maple да математик масалаларни ечиш методлари (методик қўлланма). – Тошкент, ТДПУ, 2009. –224 б.                                                |

|             |                                                                                                                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>92.</b>  | Гроот С.Р., Сатторп Л.Г. Электродинамика. –М.: Наука, 1982. –560 с.                                                                                                        |
| <b>93.</b>  | Джанколи Д. Физика, 2–часть. –Москва.: Мир, 1989. –673 с.                                                                                                                  |
| <b>94.</b>  | Савальев И.В. Умумий физика курси, 2-қисм. –Тошкент.: Ўқитувчи, 1985. –367 б.                                                                                              |
| <b>95.</b>  | Нужнова С.В. Применение статических методов в психолого-педагогических исследованиях. Учебное пособие. –Троицк.: Челябинского государственного университета, 2009, –120 с. |
| <b>96.</b>  | Ғайбуллаев Н. Педагогика / Маъруза матни. –Т.: Университет, 2000. –163 б.                                                                                                  |
| <b>97.</b>  | Раҳимов А.Ў., Отақулов Е.О. Электродинамика ва нисбийлик назарияси, 1-китоб. –Т.: Ўқитувчи, 1985. –398 б.                                                                  |
| <b>98.</b>  | Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа. –Москва.: Наука. 1971. –735 с.                                                                         |
| <b>99.</b>  | Соатов Ё.У. Олий математика, 3-қисм. –Тошкент.: Ўзбекистон. 1996. –638 б.                                                                                                  |
| <b>100.</b> | Айвзян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. –М.: Финансы и статистика, 1983. –471 с.                                                                    |
| <b>101.</b> | Маллин Р.Х. Классик электродинамика, 1-қисм. –Тошкент.: Ўқитувчи, 1977. –253 б.                                                                                            |
| <b>102.</b> | Маллин Р.Х. Классик электродинамика, 2-қисм. –Тошкент.: Ўқитувчи, 1978. –263 б.                                                                                            |
| <b>103.</b> | Смирнов И.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. –М.: Наука, 1965. –511 с.                                                        |
| <b>104.</b> | Тамм И.Е. Основы теории электричества. –М.: Государственное издательство, 1954. –620 с.                                                                                    |
| <b>105.</b> | Halliday Resnick, Jearl Walker. Principles of physics (9 <sup>th</sup> edition). Cleverland state university. Jojn Wiley & Sons, Inc. 2012. – 1248 p.                      |
| <b>106.</b> | Зиямухаммедова С., Зиямухаммедов Б. Новая педагогическая технология: теория и практика. –Т.: Магика, 2002. –118 с.                                                         |
| <b>107.</b> | Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. –М.: Наука, 1973. –502 с.                                                                                                            |
| <b>108.</b> | Сайидахмедов Н.С. Янги педагогик технологиялар. – Т.: Молия, 2003. –168 с.                                                                                                 |
| <b>109.</b> | Загуста А.Г., Макеева Г.А., Микулич А.С., Савицкая И.Ф., Цедрик М.С. Умумий физика курсидан масалалар тўплами (педагогика институтлари                                     |



|             |                                                                                                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | учун). –Т.: Ўқитувчи, 1991. –238 б.                                                                                                                                                             |
| <b>110.</b> | Академик лицей ва касб-хунар коллежлари учун ўқув дастури. Физика. Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Ўрта махсус, касб-хунар таълими маркази. –Тошкент, 2004. –14 б. |
| <b>111.</b> | Калашников С.Г. Электр. –Т.: Ўқитувчи, 1984. –622 б.                                                                                                                                            |
| <b>112.</b> | Ремизов А.Н., Потапенко А.Я. Курс физики. 2-е издание. –М.: Дрофа, 2004. –720 с.                                                                                                                |
| <b>113.</b> | Визгин В.П. Методологические принципы физики. – М.: Наука, 1980. –327 с.                                                                                                                        |
| <b>114.</b> | Рахимов А.Ў., Отақулов Б.О. Электродинамика ва нисбийлик назарияси, 2-китоб. –Тошкент, Ўқитувчи, 1986. –344 б.                                                                                  |
| <b>115.</b> | Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. – М.: Наука, 1981. –494 с.                                                                                                                           |
| <b>116.</b> | Насриддинов К.Р. Майдон назарияси асослари ва элементар зарралар физикаси / Маъруза матни. –Т.: Университет, 2002. –44 б.                                                                       |
| <b>117.</b> | Nasriddinov K., Porsakhonov A., Mansurova M. Maydon nazariyasi asoslari va elementar zarralar fizikasi. 2006. Electron qo'llanma. <a href="http://www.pedagog.uz">www.pedagog.uz</a>            |
| <b>118.</b> | Насриддинов К. Атом физикаси / Маъруза матни. –Т.: Университет, 2001. –60 б.                                                                                                                    |
| <b>119.</b> | <a href="http://www.crocodile-clips.com">http://www.crocodile-clips.com</a> - Crocodile physics дастури. 1994.                                                                                  |
| <b>120.</b> | Interactive physics - мухитида физик жараёнларни моделлаштириш. Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари, III-том. –Тошкент. 2006, – Б. 294–298.                                     |
| <b>121.</b> | Пиратинская И.И. Проблемы активизации учебного процесса// <a href="http://www.bytic/cueg9m/cc6xr2rdm9.htm">http://www.bytic/cueg9m/cc6xr2rdm9.htm</a>                                           |
| <b>122.</b> | <a href="http://www.colorado.edu">http://www.colorado.edu</a> – Physics Education Technology дастури. 2001.                                                                                     |
| <b>123.</b> | <a href="http://www.electrodinamics.ru">http://www.electrodinamics.ru</a> –Электродинамикага оид маълумотлар сервери                                                                            |
| <b>124.</b> | <a href="http://www.electrostatica.ru">http://www.electrostatica.ru</a> – Электростатикага оид маълумотлар сервери                                                                              |
| <b>125.</b> | <a href="http://sunnyccas.ru/library.html">http://sunnyccas.ru/library.html</a> –Жахон кутубхона сервери                                                                                        |
| <b>126.</b> | <a href="http://www.uiniti/msk/ru">http://www.uiniti/msk/ru</a> –Умумроссия илмий ва техник ахборотлар институтининг сервери                                                                    |
| <b>127.</b> | <a href="http://center.fio/ru/method/razdel/aspid">http://center.fio/ru/method/razdel/aspid</a> – Москвадаги интернет таълим федерацияси сервери                                                |
| <b>128.</b> | <a href="http://wwwphysics3d.com">http://wwwphysics3d.com</a> -State University of Compinas сервери                                                                                             |

|      |                                                           |            |                 |        |
|------|-----------------------------------------------------------|------------|-----------------|--------|
| 129. | <a href="http://wwwphysicon.ru">http://wwwphysicon.ru</a> | Россиянинг | Санкт-петербург | миллий |
|      | университетида ишлаб чиқилган виртуал ишланмалар сервери  |            |                 |        |

**DUSMURATOV MANSUR BAYSOATOVICH**

**OLIY TA'LIMDA ELEKTRODINAMIKANI AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANIB O'QITISH  
IMKONIYATLARI**

***M o n o g r a f i y a***

**Mugarrir:**  
**Texnik muharrir:**  
**Musahhih:**  
**Sahifalovchi:**

**X.Taxirov**  
**S.Melikuziva**  
**M.Yunusova**  
**A.Ziyamuhamedov**

**Nashriyot litsenziya № 2044, 25.08.2020 й**

Bichimi 60x84 1/16 "Times new roman" garniturası, kegli 14.  
Offset bosma usulida bosildi. Shartli bosma tabog'i 18,5. Adadi 100 dona.  
Buyurtma № 153

**Zebo prints MCHJda chop etildi.**

Manzil: Toshkent shahar, Yashnobod tumani,  
22-harbiy shaharcha