

ELEKTROMAGNIT MAYDONLAR VA ELEKTROMAGNIT TO'LQINLARNING FAZODA TARQALISH MEHANIZMI

T.A.Jumaboyev, A.A.Djo'rayev, J.X.Nurmurodov, F.O.Nurullayeva, CH.A. Rustamova

M.A.Axmadjonova, tuygunjumaboyev22@gmail.com

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali

Annotatsiya: Ushbu ishda elektromagnit maydonlarning fizik mohiyati, ularning paydo bo'lishi va fazoda tarqalish mexanizmi tahlil qilinadi. Asosiy e'tibor elektr va magnit maydonlarning o'zaro bog'liqligiga hamda ularning vaqt bo'yicha o'zgarishi natijasida elektromagnit to'lqinlarning hosil bo'lishiga qaratiladi. Tadqiqotda Maksvell tenglamalari asosida elektromagnit maydonlarning nazariy tavsifi berilib, to'lqinlarning vakuum va muhitdagi tarqalish xususiyatlari yoritiladi.

Shuningdek, elektromagnit to'lqinlarning tezligi, yo'nalishi, energiya tashish xususiyati hamda ularning amaliy qo'llanilishi (radioaloqa, optik tizimlar, simsiz uzatish texnologiyalari) ko'rib chiqiladi. Ishda elektromagnit induksiya hodisasi ham muhim o'rin tutib, o'zgaruvchan magnit maydonning elektr maydon hosil qilishi va aksincha jarayonlar tushuntiriladi.

Natijada elektromagnit to'lqinlarning fazoda tarqalishi elektr va magnit maydonlarning o'zaro perpendikulyar holda tebranishi orqali amalga oshishi, ularning energiyasi esa Poynting vektori orqali ifodalanishi asoslab beriladi. Ushbu mavzu zamonaviy aloqa tizimlari va fizik texnologiyalarni tushunishda muhim ahamiyatga ega.

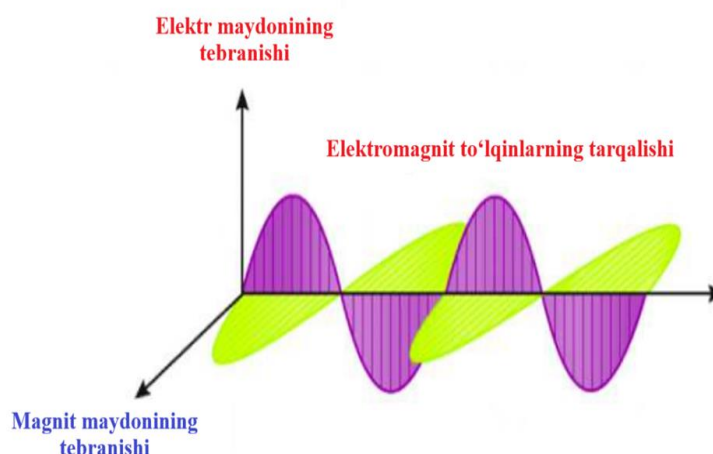
Kalit so'zlar: Elektromagnit maydon, Elektromagnit to'lqin, Maksvell tenglamalari, Elektr maydon, Magnit maydon, Maydonlarning o'zaro ta'siri, To'lqin hosil bo'lishi, Vaqt bo'yicha o'zgarish, Fazoda tarqalish, Vakuum muhit, Moddiy muhit, To'lqin xususiyatlari,

Fazoda tovush yo'q, chunki tovush to'lqinlari tarqalishi (uzatilishi) uchun muhit, ya'ni havo yoki boshqa molekulalar kerak bo'ladi. Fazoda esa molekulalar deyarli bo'lmagani uchun tovush tarqalmaydi. Elektromagnit to'lqinlar tovushga o'xshamaydi. to'lqinlar, chunki ularga molekulalar kerak emas. Elektromagnit to'lqinlar havo, qattiq jismlar va fazo orqali tarqalishi mumkinligi kuzatiladi. Kosmik yurishdagi kosmonavtlar radio to'lqinlaridan foydalanib, muloqot qilishadi. Radioto'lqinlar elektromagnit to'lqinlarni bir qismi hisoblanadi. Elektromagnit to'lqinlar qattiq-suyuq-gazsimon moddalar, havo va fazo kabi har qanday turdagi muhitlar orqali o'tadi. Elektromagnit to'lqinlar har biriga perpendikulyar ta'sir etuvchi elektr va magnit maydonlardan o'tuvchi elektronlar dastasidan hosil bo'ladi. boshqa. U havoda yorug'lik tezligida harakatlanadi va chastotasi juda past diapazonga (3 Hz) va juda yuqori diapazonga (1024 Hz) ega. U radioto'lqinlar, mikroto'lqinlar, infraqizil nurlanish, ko'rinadigan yorug'lik to'lqinlari, ultrabinafsha nurlar kabi ortib boruvchi diapazonda joylashgan turli chastotalardagi elektromagnit spektrdan iborat. radiatsiya, rentgen nurlari, gamma nurlari va h.k. Maksvell ixtiro qilgan elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi uchun elektr va magnit maydon haqidagi matematik formulalar. Elektromagnit to'lqinlar tasavvuri ular massasiz va zaryadsiz zarrachalar bo'lgan fotonlardan iborat deb taxmin qilinadi. Ushbu bitiruv malakaviy ishida elektromagnit to'lqinlar yorug'lik tezligida harakatlanadigan, juda katta massaga ega bo'lgan, barcha turdagi materiallar, havo va kosmosga kirib boradigan erkin elektronlar to'plamidir. Elektromagnit to'lqinlarning ta'siri atrof-muhitning ifloslanishiga va tirik mavjudotlar, shu jumladan odamlar va daraxtlar dunyosi uchun maksimal darajada sog'liq uchun xavf tug'dirmoqda. Elektromagnit to'lqinlar elektr maydoni magnit maydoni bilan bog'langanda ramkaga olinadi. Elektromagnit to'lqinning magnit va elektr maydonlari o'zaro va elektromagnit to'lqin yo'nalishiga perpendikulyar bo'ladi.

Radio to‘lqinlar, televizion to‘lqinlar, mikroto‘lqinlar, rentgen nurlari, ko‘rinadigan yorug‘lik to‘lqinlari elektromagnit to‘lqinlarga misol bo‘la oladi. Ular faqat bir-biridan to‘lqin uzunligi yoki talabchanlik To‘lqin uzunligi bir.

to‘lqin cho‘qqisi keyingisiga o‘tadi va chastotasi soniyada takrorlangan to‘lqin uzunliklari soni.

To‘lqin uzunligi qancha kichik bo‘lsa (chastota qancha yuqori bo‘lsa) qanchalik yuqori energiyaga ega bo‘lsa, masalan, g‘isht devor ko‘rinadigan yorug‘lik to‘lqinlarini to‘sadi, lekin g‘isht devorlar orqali ko‘proq energiyaga ega bo‘lgan rentgen nurlari (yuqori chastotali va kichikroq to‘lqin uzunligiga ega) o‘tishi mumkin. Elektromagnit to‘lqinlar suv, binolar, qo‘rg‘oshin va boshqalar kabi ba‘zi materiallar bilan "to‘siladi," ya‘ni energiyaning to‘lqin uzunliklari jismlar tomonidan "yutiladi." Atmosfera, shuningdek, elektromagnit to‘lqinlarning ba‘zi to‘lqin uzunliklarini yutadi. Elektromagnit to‘lqinlarni ishlab chiqarish elektr va magnit maydonlar rasmda ko‘rsatilgan.



1-rasm. Elektromagnit to‘lqinning hosil bo‘lishi va tarqalishi

Barcha elektromagnit to‘lqinlar $3 \cdot 10^8$ tezlikda tarqaladi. metr/sekund bo‘lib, bu yorug‘lik tezligidir. Hammasi elektromagnit to‘lqinlar yorug‘lik tezligi bilan muhitda yoki erkin fazoda tarqaladi, ularga tovush to‘lqini, suv to‘lqini va elektr to‘lqini kabi boshqa mexanik to‘lqinlar talab qilganidek, tarqalish uchun hech qanday moddiy muhit kerak emas. Elektromagnit to‘lqinlar fazoda tarqalganda, u biror muhitga energiya yo‘qotmaydi. Ular materiyaga urilganda energiya yo‘qotadi, ular materiyadan qaytishi yoki sinishi, difraksiyalanishi yoki yutilishi va issiqlik, elektr va boshqa energiya turlariga aylanishi mumkin. Elektr zaryadlangan zarracha tebranayotganda elektromagnit to‘lqin hosil bo‘ladi. Tebranayotgan zaryadlangan zarra uni o‘rab turgan elektr maydonini ham tebratadi. Tebranuvchi elektr maydon o‘z navbatida perpendikulyar yo‘nalishda tebranuvchi magnit maydon hosil qiladi. Zaryadlangan zarrachaga yana tebranuvchi magnit maydon qo‘yiladi, u ham perpendikulyar ravishda tebranuvchi elektr maydon hosil qiladi. Perpendikulyar (to‘g‘ri burchak ostida) ta‘sir qiluvchi bu ikki turdagi tebranuvchi maydonlar (elektr va magnit maydonlar) birlashib, elektromagnit to‘lqinni hosil qiladi. ikkala maydonga perpendikulyar yo‘nalishda harakatlanadi. Demak, elektromagnit to‘lqin ko‘ndalang to‘lqindir.

Elektromagnit to‘lqinlar radioto‘lqinlar, mikroto‘lqinlar, infraqizil nurlanish, ko‘rinadigan yorug‘lik to‘lqinlari kabi chastotaning oshishi bilan elektromagnit spektr deb ataladigan bir qator chastotalarga (to‘lqin uzunliklariga) bo‘linadi. jadvalda ko‘rsatilgan ultrabinafsha nurlanish, rentgen nurlari, gamma nurlari Bu Maks Plank va Albert Eynshteynning elektromagnit kabi

zamonaviy kvant nazariyasi bilan aniq tushuntiriladi. to‘lqinlar foton zarrachalaridan (ular taxmin qilganidek) va to‘lqinlar yoki foton ega bo‘lgan energiyadan (E) iborat zarrachalar hisoblanadi. Foton massasiz va zaryadi kamroq bo‘lgan elementar zarracha bo‘lib, zarracha va ikkalasi ham o‘z taxminlariga ko‘ra to‘lqin xususiyatlariga ega. Agar har bir fotonning energiyasi E bo‘lsa, U holda

$$E = h \nu \quad (1)$$

bu yerda h Plank doimiysi deb ataladi, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ joul-sekund; f yoki ν ning chiziqli chastotasi elektromagnit to‘lqinlar. Agar elektromagnit to‘lqinlarning tezligi c va λ to‘lqin uzunligi bo‘lsa,

bilamizki, $f\lambda = c$, u holda $f = c/\lambda$,

Demak, $E = hf = hc/\lambda$

Elektromagnit to‘lqinlarning tezligi, c yorug‘lik tezligiga teng,

Demak, $c = 2,9979 \cdot 10^8$

metr/sekund yoki 186000 mil/sekund.

Demak, ko‘rinib turibdiki, elektromagnit to‘lqinlarning chastotasi yuqori bo‘lsa, u ko‘proq energiyaga ega bo‘ladi va shu bilan atomlarga, ya‘ni tirik va notirik jismlarga ko‘proq energiya yoki quvvat bilan kirib boradi. Foton zarrachalaridan iborat yuqori chastotali elektromagnit to‘lqinlar istalgan atomga (metall yoki metallmas) tushganda fotonlar tushishini Albert Eynshteyn "Fotoeffekt" asarida (1921-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan) allaqachon isbotlagan. atomlardan fotoelektronlar deb ataluvchi elektronlarni ajratib chiqaradi, tok hosil bo‘lishiga yoki zanjirdan tok o‘tishiga sabab bo‘ladi.

Aslida, elektromagnit to‘lqinlarni massasiz va zaryadsiz zarracha kabi fotonlar deb taxmin qilish noto‘g‘ri. to‘g‘ri; agar foton massasiz bo‘lsa, u holda uning energiyasi (potensial ham, kinetik ham) nolga aylanadi, ya‘ni foton ma‘lum energiya bilan urilishi mumkin emas. Shuning uchun fotonlar tinch holatda juda kichik massaga, ya‘ni $9 \cdot 10^{-31}$ kg massaga ega bo‘lgan va yorug‘lik tezligi bilan harakatlanayotganda erkin holatda cheksiz yoki juda katta massaga ega bo‘lgan erkin elektronlardan boshqa narsa emas. Demak, elektromagnit to‘lqinlar o‘z hajmiga nisbatan juda katta (cheksiz) massaga ega bo‘lgan (elektronning radiusi, $r = 2,82 \cdot 10^{-15}$ m) va yorug‘lik tezligida harakatlanuvchi manfiy zaryadga ega bo‘lgan erkin elektronlardir. Elektromagnit to‘lqinlar moddalar mavjud bo‘lgan muhitda mavjud bo‘lgan har doim ularning to‘lqin uzunligi kamayadi. Elektromagnit nurlanishning to‘lqin uzunliklari, ular qanday muhitdan o‘tishidan qat‘i nazar, odatda vakuum to‘lqin uzunligi orqali ifodalanadi, garchi bu har doim ham aniq ko‘rsatilmasa ham.

Elektromagnit to‘lqinlarni olish Elektromagnit to‘lqinlar bo‘sh fazoda yoki izolyatsiyalovchi materiallar orqali harakatlanadi, lekin ular o‘tkazuvchi materiallar orqali harakatlana olmaydi, garchi ular sirtlari bo‘ylab harakatlanishi mumkin. O‘zgaruvchan tok simdan o‘tganda (ya‘ni elektr zaryadlari tezlashtirilganda) kam miqdorda elektromagnit to‘lqinlar hosil qiladi. O‘sha shu yo‘l bilan hosil qilingan elektromagnit to‘lqinlarning chastotasi o‘zgaruvchan tokning chastotasiga teng bo‘ladi. Agar elektromagnit to‘lqin simga (ya‘ni qabul qiluvchi antennaga) urilsa, u simda xuddi shunday chastotali o‘zgaruvchan tokni induksiylaydi. Radio yoki televizorning qabul qiluvchi antennalari shunday ishlaydi. Shunday qilib, antenaning uzunligi uzatilayotgan yoki qabul qilinayotgan elektromagnit to‘lqinlarning to‘lqin uzunligi tartibida bo‘lsa, u eng samarali antenna hisoblanadi. Televizion uzatish uchun to‘lqin uzunligi bir metr tartibida bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlar, bu ham odatdagi TV antenasining o‘lchamiga teng.

Elektromagnit nurlanishning hosil bo‘lishi quyidagi ikki toifaga bo‘linadi:

1. Chastotalarning keng uzluksiz spektrini qamrab oluvchi nurlanishni hosil qiluvchi tizimlar yoki jarayonlar, masalan Uzluksiz spektrli Quyosh.

2. Muayyan tizimlarning xususiyatlari bo'lgan diskret chastotali nurlanishni chiqaradigan (va yutadigan) masalan, bir chastotaga sozlangan radiouzatkich yoki qabul qilgich.

Har qanday harakat o'zgarishi tezlanish yoki sekinlanish (tormozlanish) bo'lgani uchun elektronlarning aylanma oqimlari elektromagnit nurlanish hosil qiladi. Bu aylanuvchi elektronlar relyativistik tezlik bilan harakatlanganda (ya'ni yorug'lik tezligiga yaqinlashganda) nurlanishning ravshanligi nihoyatda ortadi. Ushbu nurlanish birinchi marta 1947-yilda General Electric kompaniyasida elektron sinxrotronda kuzatilgan bo'lib, u kuchli magnit maydonlaridan foydalangan holda relyativistik elektronlarni aylana orbitalarga majburlaydigan zarracha tezlatgichining bir turi hisoblanadi. Elektromagnit to'lqinlar 10-16 m dan 100 Mm gacha bo'lgan to'lqin uzunliklaridan iborat bo'lib, bu $3 \cdot 10^{24}$ Hz dan 3 Hz gacha bo'lgan chastotalarga to'g'ri keladi. Quyoshdan yerga yetib keladigan barcha energiya quyosh radiatsiyasi sifatida keladi elektromagnit nurlanish spektri deb ataluvchi katta energiya to'plami. Quyosh radiatsiyasi ko'rinadigan yorug'lik, ultrabinafsha yorug'lik, infraqizil nurlanish, radioto'lqinlar, rentgen va gamma nurlari kabi elektromagnit nurlanishlardan tashkil topgan. nurlar. Radiatsiya issiqlik energiyasini uzatishning bir usuli hisoblanadi. Har bir jism yoki materiya uzluksiz nurlanib turadi. elektromagnit to'lqinlar, agar uning temperaturasi absolyut nolga teng bo'lmasa.

Molekulalar yoki atomlar yuqori atom darajasidagi (yuqori qobiq yoki orbitadagi) yuqori energiyali elektronlar tushganda nurlanish chiqaradi. quyi energetik sathlargacha (quyi orbita). Yo'qotilgan energiya elektromagnit to'lqinlar nurlanishi sifatida chiqariladi, masalan yorug'lik, infraqizil, radioto'lqinlar va boshqalar. Energiya atom tomonidan yutilganda, u elektronlarning yuqori energiya darajalariga (yuqori orbita yoki qobiq) "sakrashiga" sabab bo'ladi. Shuning uchun barcha atomlar (jismalar) nurlanishni, ya'ni elektromagnit to'lqinlarni yutadi va chiqaradi. Energiya yutilishi energiya chiqarilishini muvozanatlashtirganda, atomlarning harorati o'zgarmaydi. Agar energiya yutilishi energiya chiqarilishidan katta bo'lsa, jismning harorati ko'tariladi. Agar energiya yutilishi energiya chiqarilishidan kam bo'lsa, jismning harorati pasayadi. Elektromagnit nurlanish atom energiya yutganda hosil bo'ladi. Yutilgan energiya bir yoki bir nechta elektronlarning atomdagi joylashuvini o'zgartiradi. Elektron dastlabki holatiga qaytganda, elektromagnit to'lqin hosil bo'ladi. Atomning turiga va energiya miqdoriga qarab, bu elektromagnit nurlanish issiqlik, yorug'lik, ultrabinafsha yoki boshqa elektromagnit to'lqinlar shaklida bo'lishi mumkin.

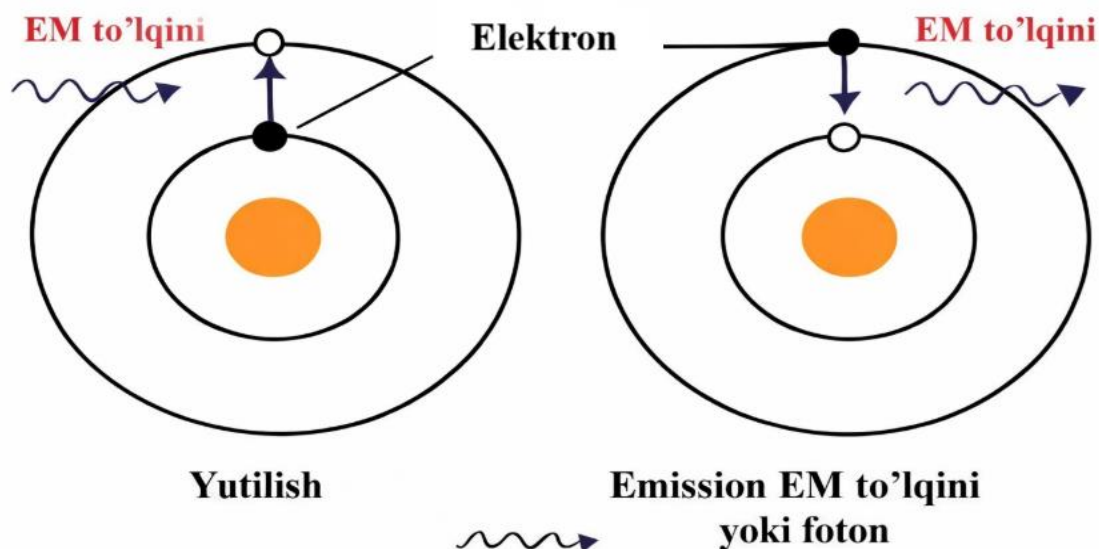
Atomlarning energiya yutishiga sabab bo'lishning bir necha usullari mavjud. Buning yo'llaridan biri atomlarni elektr energiyasi bilan uyg'otishdir. Buni neonli belgilarda (trubkalarda) bajaramiz. Biz neon naychalari orqali o'tkazgan elektr energiyasi neon atomlarini qo'zg'atadi yoki ularga energiya qo'shadi. Bu atomlardagi elektronlar yuqori energetik holatda bo'ladi. Elektronlar yuqori energiyali holatda bo'lishni yoqtirmaydi va biz yorug'lik sifatida ko'radigan nurlanish chiqarib, past energiyali holatga qaytadi. Elektromagnit to'lqinlarda energiya elektr va magnit maydonlarining tebranishi orqali uzatiladi. Kvant fizikasi elektronlar yorug'lik tezligida harakatlanadigan va boshqa zarrachalarga urilib, energiya va impuls almashadigan virtual fotonlarni (ya'ni erkin elektronlarni) haydab chiqarishini tushuntiradi. Bu yerda virtual fotonlar faqat erkin elektronlardir.

Nemis fizigi Genrix Gers 1887-yilda birinchi bo'lib laboratoriyada elektromagnit to'lqinlarning ba'zi turlarini hosil qildi va aniqladi.

Atomdagi elektron yorug'lik yoki elektromagnit to'liqlar (fotonlar, ya'ni erkin elektronlar) energiyasini yutishi mumkin. issiqlik faqat foton yoki fonon tashiydigan energiyaga mos keladigan energiya sathlari o'rtasida o'tish mavjud bo'lganda. To'liq uzunligi to'g'ri bo'lgan fotonlar (erkin elektronlar) tushayotgan elektromagnit to'liqlarning energiyasini yutib, elektronning quyi energetik sathdan yuqori energetik sathga (qobiqqa) sakrashiga sabab bo'lishi mumkin. Elektron yuqori energetik sathda uzoq vaqt turmaydi, u yangi foton (ya'ni erkin elektron) chiqarib, yuqori energetik sathdan pastki energetik sathga spontan nurlanish ko'rinishida tushadi,

$$E_2 - E_1 = h \nu \quad (2)$$

Bu yerda h Plank doimiysi deb ataladi, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ joule*sekund; ν yoki f ning chiziqli chastotasi elektromagnit to'liqlar.



2-rasm. Elektron o'tishlari natijasida elektromagnit to'liqlarning yutilishi va emissiyasi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. J.D. Jackson. *Classical Electrodynamics*. Wiley, 3rd Edition, 1998.
2. David J. Griffiths. *Introduction to Electrodynamics*. Cambridge University Press, 4th Edition, 2017.
3. Halliday, Resnick, Walker. *Fundamentals of Physics*. Wiley, 10th Edition, 2014.
4. Serway, Jewett. *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning, 9th Edition, 2013.
5. Edward M. Purcell, David J. Morin. *Electricity and Magnetism*. Cambridge University Press, 3rd Edition, 2013.
6. M. Faraday. *Experimental Researches in Electricity*. 1839–1855.
7. J. C. Maxwell. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford University Press, 1873.
8. I.V. Savelyev. *General Physics Course, Volume 2: Electricity and Magnetism*.