

**O'ZBEKISTON OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA  
INSTITUTI**

**FIZIKA KAFEDRASI**

**HAKIM OLIMJONOVICH ABDULLAYEV**

**ELEKTRON BILAN BOG'LIQ  
KASHFIYOTLAR**

NAMANGAN - 2015

621.38.

H.O.Abdullayev. Elektron bilan bog'liq kashfiyotlar: Uslubiy qo'llanma.

Ushbu uslubiy qo'llanmada elektron bilan bog'liq kashfiyotlar qarab chiqilgan.

Uslubiy qo'llanma fizikaviy va tadbqiqiy elektronika, yarimo'tkazgichlar va yarimo'tkazgichli asboblarni fizikasi sohasida ixtisoslashayotgan studentlar, magistrantlar va bo'lajak injenerlarga hamda fan tarixiga qiziquvchilarga mo'ljallangan.

seshanba, 2015 yil 24-noyabr, 04:31:35

## **MUNDARIJA**

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ELEKTRON .....                                       | 4  |
| Elektron haqida hali hech narsa bilmaganlarida... .. | 4  |
| Elektronning kashf etilishi .....                    | 11 |
| Nobel mukofotlari qatori.....                        | 15 |

## ELEKTRON

Elektron kashf qilinganda uni  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg massali va  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl manfiy zaryadli birinchi elementar zarracha deb hisoblashdi. Bu ma'lum elementar zarrachalar ichidan eng yengili bo'lib, massasi proton massasidan 1837 marta kichik. Elektronni yashash vaqtining kattaaligini  $10^{22}$  yil bilan baholashgan.

Elektronlarning atom qobiqlarida joylashuvi va ular tomonidan energetik sathlarning to'ldirilishi xarakteri elektronlarda  $\frac{1}{2}$  ga teng spinning mavjudligi bilan bog'liq. Pauli printsiga muvofiq, bu printsipga ko'ra bir xil kvantli holatda ikkita elektronning bo'lishi ta'qiqlanadi, ximiyaviy elementlarning xossalari davriy takrorlanadi, Elektron spinining mavjudligi ma'lum bir sinfdagi moddalarning ferromagnetizmini, o'tao'tkazuvchanligini ta'qozo etadi. Elementar zarracha sifatida elektronni leptonlar sinfiga kiritganlar. Bu sinfnig zarrachalari elektromagnit, gravitastion va kuchsiz o'zarota'sirlashuvlarga ega.

Bu va boshqa ilmiy faktlar elektrli va magnitli hodisalarning tabiatini ko'p asrli eksperimental tadqiqotlarning, ko'p sonli nazariya va gipotezalarning mahsuli hisoblanadi. Nobel mukofotlarining soniga qarab fikrlaydigan bo'lsak, u yoki bu holda elektron bilan bog'liq tadqiqotlar fizika sohasida ustuvor hisoblanadilar. Jajji elektron hozirga qadar ulkan ilmiy muammolarni o'zida jam qilgan. Bu sohadagi tadqiqotlar jamiyat tomonidan tabiatdagi moddalarni o'zlashtirish, yangilarini izlashga qaratilgan texnologiyalarni yaratish, uning asosida ishlab chiqarishni yo'lga qoyish bilan chambarchas bog'liq bo'lib, u igna bilan quduq qazish jarayonini eslatadi...

### **Elektron haqida hali hech narsa bilmaganlarida...**

O'z zamonasida yunon to'quvchi qizlari to'quv dastgohi mokisining uchiga o'rnatilgan qahrabo<sup>1</sup> to'qish jarayonida yungdan qilingan ip tolalariga tegib

---

<sup>1</sup> Qahrabo materialning, moddaning nomi, ya'ni suv, temir kabi. Undan tashqari qahrabo rangning nomi: oq sariq, tiniq sariq rangni qahrabo rang deb ham atalgan. Oltin va kumush qotishmasini elektron deb atalgan va uning rangi qahrabo rangli bo'ladi, shu sababli yunonchadagi electron o'zbekchada qahrabo, ruschada yantar bo'ladi.

ishqalanishi natijasida, o'ziga yengil narsalarni tortish xususiyatiga ega bo'lib qolganini sezishgan.

Jun matoga ishqalangan qahraboning ba'zi-bir yengil buyumlarni tortish qobiliyatiga ega bo'lib qolishini to'quvchi ayollar sezganliklarini bizning eramizdan avvalgi VII asrda yashagan yunon faylasufi Fales Miletiskiy yozib qoldirgan edi.

Yigirma asr o'tgandan keyingina olimlar ishqalangan qahrabo muammosiga qaytdilar. Ingliz qirolichasi Elizaveta I ning saroy vrachi Uilyam Jilbert 1600 yilda o'zining o'n sakkiz yillik magnit hodisalarini tadqiqotlarini hamda elektr va magnetizmning birinchi nazariyasi tavsiflangan "Magnit, magnitli jismlar va katta magnit - Er haqida" asarini nashr etdi. O'zi yaratgan birinchi elektroskop - "versor" - yordamida u mayda narsalarni tortish qobiliyatiga faqat ishqalangan qahrabo emas, balki, olmos, sapfir, billur shisha va boshqa jismlar ham egaligini ko'rsatdi, bu moddalarni "qahraboli" deb atab, bu terminni fanga birinchi bor kiritdi (yuqorida izohlaganimizdek, qahrabo yunonchada elektron bo'ladi, shuning uchun bundan keyin qahraboli so'zi o'rniga elektrli so'zini ishlatamiz).



Uilyam Jilbert  
(1540 - 1603)



Otto fon Gerike  
(1602 - 1686)



Benjamin (Veniamin) Franklin  
(1706 - 1790)

Magdeburglik nemis fizigi, Leyptsig, Gelmshtadt, Yen va Leyden universitetlarining bitiruvchisi Otto fon Gerike o'zi yaratgan elektr mashinasi

yordamida elektrshunoslik sohasidagi tadqiqotlarni rivojlantirdi. Konstruktsiyaning asosida o'q atrofida aylana oladigan oltingugurtdan yasalgan shar bo'lgan. Magdeburgning burgomistri bo'lganida ham u ilmiy tajribalarni to'xtatmadi.

O. Gerike elektrli itarilish, ta'sir orqali elektrlanish, elektrli nurlanish hodisalarini kashf qildi, jajji uchqun razryadlarini kuzatdi. U magnitli hodisalarni tadqiq qildi, uzun temir buyumlarning meridian yo'nalishida joylashtirib toblantirish jarayonida magnitlanishi hodisasini kashf qildi.

Ta'kidlash joizki, o'sha uzoq vaqtlarda elektrshunoslik tajribalariga xuddi teatrlashtirilgan chiqishlarga kabi borar edilar. Amerikalik yirik siyosiy va jamoat arbobi Benjamin Franklin elektrshunoslik sohasidagi ilmiy tadqiqotlarga qiziqar edi. U ma'lumot olmagan, ammo doimo o'qirdi, AQSh da birinchi hammabop



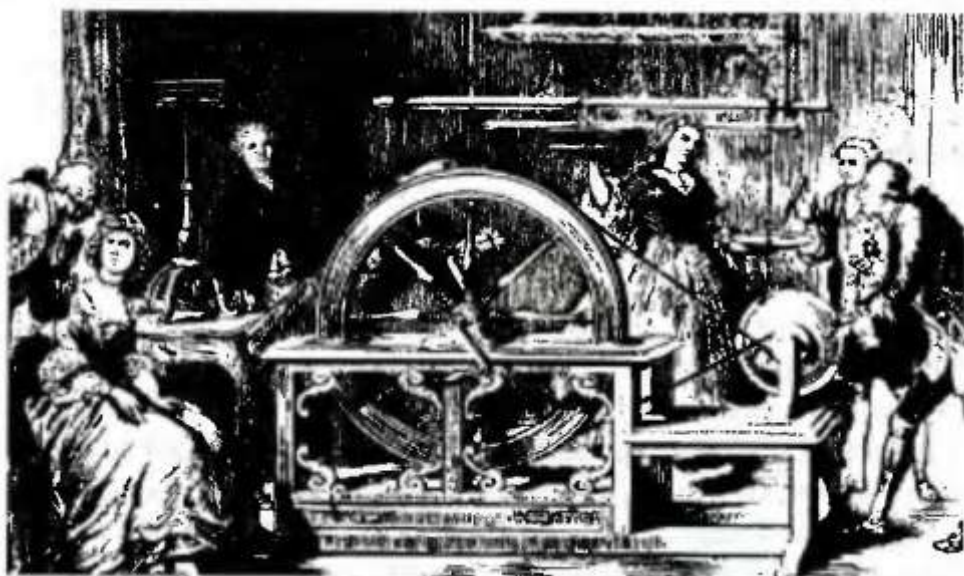
B. Franklin o'g'li bilan yashinni o'rganmoqda

bibliotekani yaratdi, Pensilvaniya universitetini ochdi, Amerika faylasufi jamiyatini yaratdi, "Mustaqillik deklaratsiyasi"ni tuzishda qatnashdi. B. Franklinning ilmiy yutuqlari ichida leyden bankasining fizikaviy mohiyatini tushuntirilishini, o'zining nazriyasi asosida birinchi yassi kondensatorni yaratilishini ta'kidlash lozim.

1750 yili u yashin qaytargichni yaratdi va chaqmoqning elektrli tabiatini, yer va atmosfera elektrshunosligi aynanligini isbotladi.

Aynan shu Franklin "elektr suyuqligi" tushunchasini kiritdi. Elektr suyuqligini u hamma jismlarga singib ketish xossasiga ega bo'lgan flyuida deb atadi. Bu nazariyaga muvofiq u musbat va manfiy

elektrlanishlar, musbat va manfiy zaryadlar haqida tasavvurlarni taqdim etdi. Franklin tomonidan kashf qilingan elektr zaryadining saqlanish qonuni fanda fundamental bo'lib qoldi.



XVIII asrda elektrshunoslikka oid tajribalar

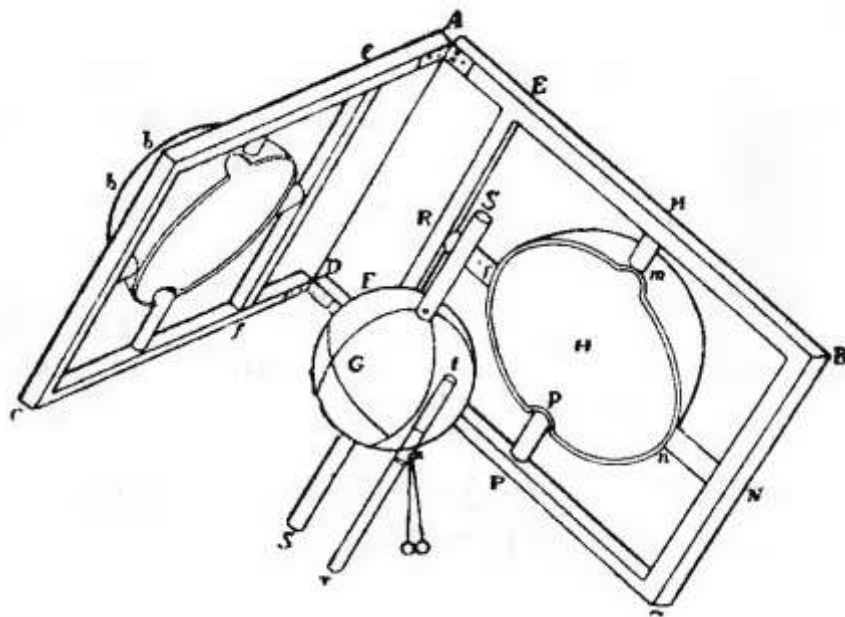
B. Franklinning buyuk ilmiy ulushi elektrshunoslikka oid tadqiqotlarga uning eksperimental yondoshuvi bo'ldi. U yashin razryadlarini tadqiq etishning o'ta original metodini taklif qildi. Havo iloni yordamida u o'g'li bilan leyden bankasini zaryadladi, so'ngra laboratoriyada zaryad kattaligini o'lchadi. Franklin elektrlanganlik "mayda zarrachalardan" tashkil topgan bo'lib, gaz atmosferada qanchalik oson tarqalsa, ular ham metallarning ichiga shunchalik oson singa oladilar, deb tasdiqlar edi. Rossiyada atmosferali elektrlanganlikni o'rganishni akademiklar M.V.Lomonosov va G.V.Rixmanlar muvoffaqiyat bilan amalga oshirdilar. G.V.Rixman turlicha geometrik shakldagi zaryadlangan o'tkazgichlar atrofidagi elektr maydonining geometriyasini o'rganishga imkon beruvchi eksperimental asbob - "elektr ko'rsatkich" ni kashf qildi. Bu asbob yonma-yon osilib turgan engil buyumlarning, masalan, po'kak sharchalarning, bir-biridan uzoqlashish kattaligiga ko'ra "elektrlanganlik kuchini" baholashga imkon beruvchi elektroskoplarning turli konstruksiyalariga asos bo'ldi. Elektrlanganlikni tadqiq etishda muhim davr bo'lib zaryadlarning

o'zarota'sirlashuv kuchini aniqlash bo'ldi. Diniy seminariyani tugatgan va ruhoniylar bo'lgan angliyalik fizik, Jozef Pristli (1773-1804), 1776 yili elektrik zaryadlar o'zarota'sirlashuv kuchining ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proportsional bo'lishini aniqladi. Angliyalik fizik Genri Kavendish B.Franklindan farqli holda o'zini butunlay fanga bag'ishlab, yolg'izlikda yashadi va ishladi. U o'zining laboratoriyasini yaratdi va unda fizika va ximiyaga oid tadqiqotlar o'tkazdi, faqat to'g'riligiga ishonch hosil qilganlarini chop ettirgan. Kavendish elektr sig'im tushunchasini kiritdi, muhitning kondensator sig'imiga ta'sirini kashf etdi, ba'zi moddalarning dielektrik singdiruvchanligini aniqladi. 1771 yili u elektrli o'zarota'sirlar kuchi zaryadlar orasidagi masofaning kvadratiga teskari proportsional ekanligini ko'rsatdi. Shu maqsadda u izolyatsiyalovchi ramaga mahkamlangan ikkita, bir-biriga birlashaoladigan va ajrasholadigan metall yarimsferalardan iborat asbob konstruksiyaladi.

Agar birlashtirilgan yarimsferalarga elektr zaryadi berilsa va so'ngra yarimsferalarni ajratib, sharni tekshirilsa sferada zaryad yo'qligini payqaladi. Agar, elektrlangan zarrachalar orasidagi o'zarota'sirlashuv qonuni kvadratlar qonunidan farq qilganida, sferik kondensatorning tashqi zaryadlangan qobig'i va zaryadlanmagan ichki qobig'i orasida u yoki bu ishorali zaryadning o'tish jarayoni sodir bo'lishi kerakligini Kavendish ko'rsatdi. Bu sodir bo'lmadi, negaki ichki sfera zaryadlanmadi. Bundan Kavendish elektrlangan zarrachalarning o'zarota'sirlashuv kuchlari masofaning kvadratiga teskari proportsional deb xulosa qildi. Ammo, nashr qilinmadi. Bu tajribalar yuz yil o'tkach J.Maksvell tomonidan nashr ettirildi.



**Genri Kavendish  
(1731-1810)**



Kavendish asbobi. Pastda zaryadlarning yo'qligini ko'rsatuvchi ikkita sharchalari bilan sinagich T.

Elektr kuchlarining miqdoriy qonuni haqida olam birinchi bor frantsuz fizigi va harbiy vrach Sharl Ogyusten Kulonning tajribalaridan bildi. 1784 yili u kuchlarni o'lchash uchun asbob - buralma tarozini yasadi.

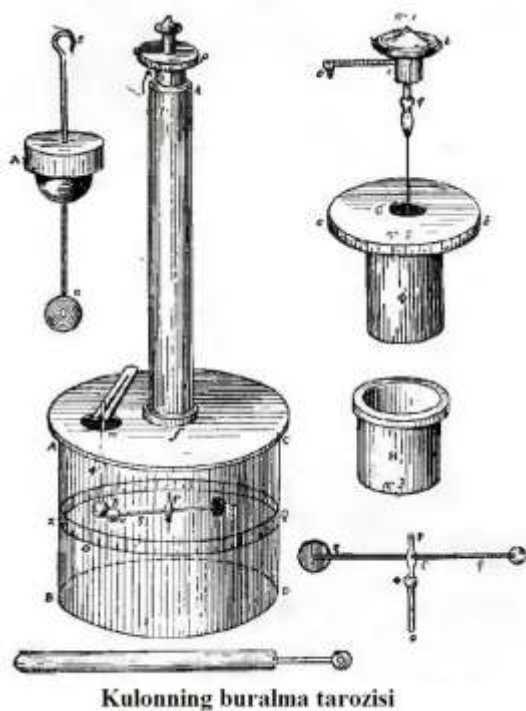


Sharl Ogyusten Kulon  
(1736-1806)

Buralma tarozi yordamida Kulon ikkita nuqtaviy zaryadlarning o'zarota'sirlashuv formulasini eksperiment yo'li bilan keltirib chiqardi: "Ikkita elektrlangan sharlarning, demakki, ikkita elektrlangan molekulalarning itarilish hamda tortishish ta'sirlari ikkita elektrlangan molekulalarning elektr flyuidalarining zichliklariga to'g'ri proportsional va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proportsional". Zamonaviy aytishda bu quyidagicha ko'rinadi:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

bu yerda  $q_1$  va  $q_2$  - zaryadlarning qiymatlari,  $r$  - ular orasidagi masofa,  $k$  -



o'zgarmas. Xalqaro sistemada shuning uchun ham elektr zaryadining birligi qilib kulon [Kl] qabul qilingan. Kulon bu ishlari bir vaqtda elektrostatika qonunlarini nuqtaviy magnit qutblariga ham tadbiq etdi. U molekulaning magnitlanish jarayonida qutblanish g'oyasini oldinga surdi. Biroq, elektr va magnit hodisalarni londonlik temirchining o'g'li, mustaqil ma'lumot olgan va professor bo'lgan, so'ngra Londondagi Qirollik instituti laboratoriyasining direktori, London qirollik jamiyatining a'zosi Maykl Faradey

bir-biriga bog'lay oldi. Uning tadqiqotlari asosiy maqsad - "magnetizmni elektrga aylantirish" ga yo'naltirilgan edi.

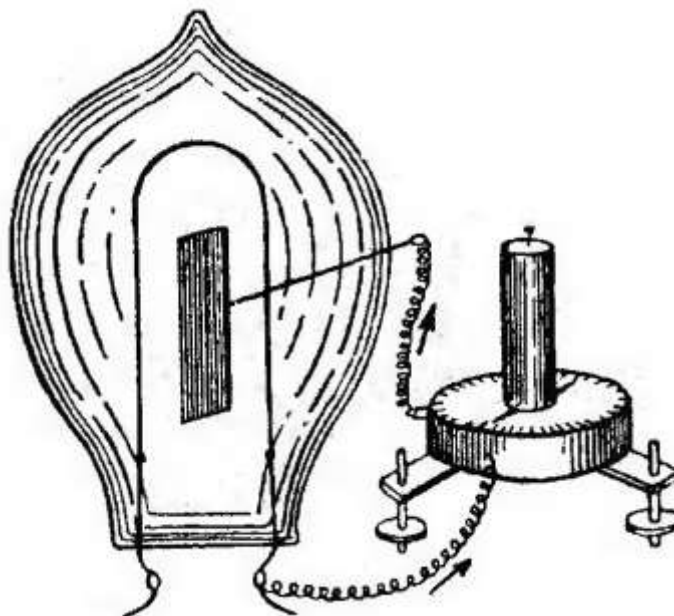
Faradeyning buyuk kashfiyotlari orasidan hamma ma'lum elektr turlarining ayniyligining isboti, elektroliz qonunlarining ochishi, diamagnetizm va paramagnetizmning ochishi, yorug'likning magnit maydonida qutblanish tekisligining aylanishi hodisasini ochishi, maydon, magnit va elektr kuch chiziqlari tushunchalarini kiritishi, katod, anod, ionlar, elektroliz, elektrolit, dielektrik singdiruvchanlik, voltmetrning ixtirosini ajratib ko'rsatamiz. U birinchi bo'lib yorug'likning elektromagnit tabiati, tabiat kuchlarining yagonaligi va ularning o'zaroalmashinuvi haqidagi g'oyalarni aytdi.

To'plangan bilimlar elektr toki ximiyaviy elementlarni ajratishini aniqlashga imkon berdi va ma'lum miqdordagi moddani ajratish uchun zarur bo'lgan elektr miqdorini o'lchandi.

Irland fizigi Jorj Jonston Stonining (1826-1911) kallasida elektrlanish, atomlar bilan o'xshatilgan (assotsiastiyalangan) uzlukli birlik zaryadlar ko'rinishida mavjud bo'lishi haqida fikr tug'ildi. 1891 yili u o'zining tasavvurlarini kengaytirdi va postulatlangan elektr zaryadining birligi uchun "elektron" nomini taklif qildi.

### **Elektronning kashf etilishi**

Biroq, elektronni va elektronli emissiyani birinchi bo'lib kashf qilgan va bu haqda bilmagan amerikalik kashfiyotchi Tomas Alva Edison edi. O'zining uzoq hayoti davomida u AQSh Patentlar byurosida 1093 ta patent oldi. Bu yutuq hozirgacha fantastik hisoblanadi. Edison 1883 yili o'zi kashf qilgan cho'g'lanma lampalar uchun ko'mir iplari ustida ishlar edi. U lampalarni shisha ballonini ichki sirti vaqt o'tishi bilah qorayib qolishini zesib qoldi. Qorqyib qolish joyi bir tekis edi, ammo, ko'mir ip mahkamlangan joyda yorug' yo'l (polosa) ham shakllanardi. Edison oynaning qorayib qolishini, yani oyhada qurum paydo bo'lishini ko'mirning changi deb tushuntirdi, ipdan "soya" paydo bo'lishi esa uning uchun jumboqligicha qoldi. U shisha ballon ichidagi tirkagichni oyoqlari orasiga metall plastina joylashtirib, tajribani o'zgartirdi.



“Edison effekti” ni kuzatish uchun asbob

Edison plastinaga musbat potentsial berganida elektr toki paydo bo'lishini payqadi. Manfiy zaryad berganida tok o'tmadi. Edison bu hodisani tushuntira olmadi, shunday bo'lsada o'zi kashf etgan "Edison effekti" ga patent ola oldi. *(Bu yerda yangi narsa kuzatildi; bu juda tushunarsiz, xira, nooddiy, ongli holda bo'lmasada, juda katta ahamiyatga ega, chunki bu fanni yangi tadqiqot sohasiga olib chiqmoqda).* Shuni ta'kidlash joizki, XIX asrning oxiri jadal ilmiy tadqiqotlar bilan, xususan gaz razryadini tadqiqotlari bilan xarakterlandi.

Angliyalik fizik, London qirollik jamiyatining a'zosi Uilyam Kruks (1832-1919) vakuumdagi elektr razryadining asosi bo'lib, katod tomonidan chiqarilayotgan (nurlayotgan) zaryadli zarrachalar oqimi ekanligini isbotladi. U katod nurlari o'zlari bilan energiya va impuls tashuvchi materiyaning "nurli holati" degan xulosaga keldi.

Frantsuz fizigi, Parij fanlar akademiyasining a'zosi Jan Batist Perren (1870-1942) 1895 yili katod nurlayotgan, katod nurlari deb atalayotgan narsa manfiy zaryadlangan zarrachalar oqimidan iboratligini eksperimentlarda isbotladi. Bu nurlar magnit maydonida og'ar edilar, shishada fluorestsentsiyalanar edilar, shaffofmas ekran ortida soya hosil qilar edilar.

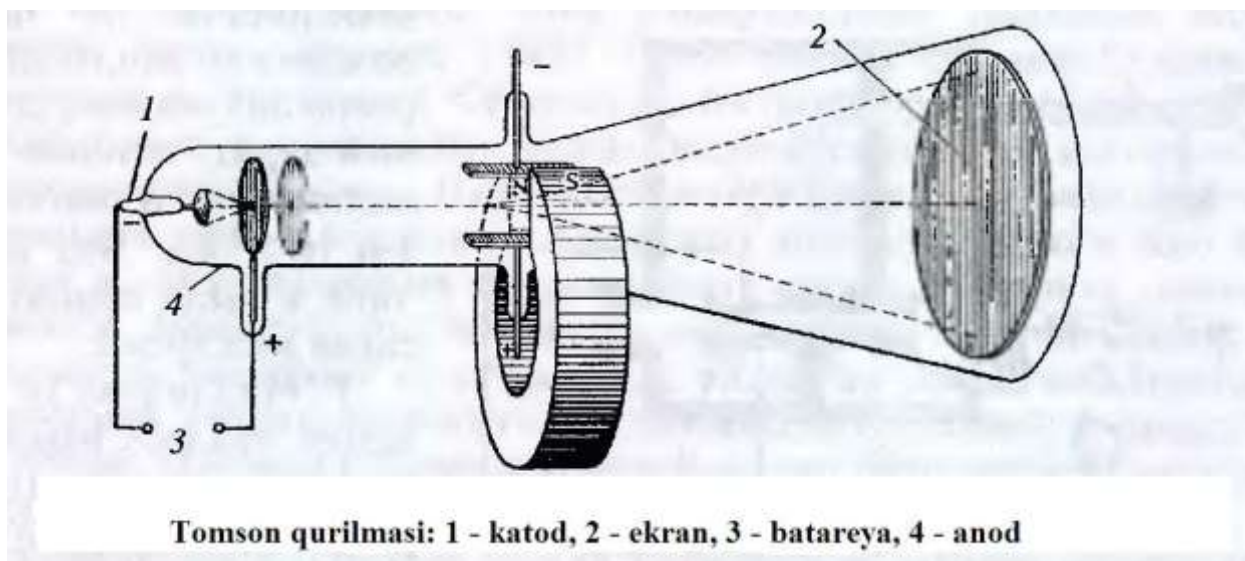
Bu tagribalarni ingliz fizigi, Kavendish laboratoriyasining direktori, London qirollik jamiyatining a'zosi umumlashtirdi va mantiqan tugal holga etkizdi. 1887 yili u katod nurlarini elektr va magnit maydonlari yordamida tadqiq etishning metodini ishlab chiqdi.

Magnit maydoni kuchlanganligining berilgan, fiksirlangan qiymatida elektr maydonining kuchlanganligini katod nurlari fluorestsiyalanuvchi ekranning elektr va magnit maydonlari yo'qligida dastlab tanlangan nuqtasiga borib tushmagunga qadar o'zgartirilar edi. Bu holda  $H_{ev} =$



$Ee$  kuchlarning tengligi o'rinli bo'ladi, bunda  $H$  va  $E$  lar mos holda magnit va elektr maydonlarining qiymatlari,  $e$  - elektr zaryadining kattaligi,  $v$  - zarrachalarning tezligi bo'lib,  $u = E/H$  nisbatga teng.

Tomson tezlikni hisoblab,  $60 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  ga tengligini aniqladi, bu yorug'lik tezligining beshdan bir qismiga teng. Zarrachaning tezligini bilgan holda zaryadni massaga nisbatini  $e/m$  aniqlash mumkin edi. Tomson xulosa qildi: agar  $e$  kattalik vodorod atomi tashiydigan elektr zaryadi bo'lsa, katod zarrachalarining  $m$  massasi vodorod atomining massasini mingdan biridan katta bo'lmasligi kerak. 1897 yili J.J. Tomson London qirollik jamiyatida doklad bilan qatnashdi. Shu momentdan boshlab minimal zaryadga ega bo'lgan elementar zarracha (korpuskula) elektron degan nomni oldi. Nomini avvalroq J. Stoni o'ylab topgan birinchi elementar zarracha elektron anashunday kashf etildi.



J. Tomsonning kashfiyoti har tomonlama tekshiruvdan o'tkazildi.

Nemis fizigi, Berlin fanlar akademiyasining muxbir a'zosi Genrix Rudolf Gerts 1887 yili tashqi fotoeffektni kuzatdi. Fotoeffektni 1887 yili rus fizigi, Moskva universitetining professori Aleksandr Grigorevich Yrevich Stoletov batafsil tadqiq etdi. Tashqi fotoeffektga oid eksperimentlar yorug'lik ta'sirida ajralayotgan zarrachalar katod nurlari ega bo'lgan solishtirma zaryadga ega ekanligini tasdiqladilar.

Nemis fizigi, Berlin fanlar akademiyasining a'zosi Filipp Eduard Anton Lenard 1899 yili o'zining eksperimentlari bilan tashqi fotoeffektda elektronlar emittirlanishini, uchib chiqayotgan elektronlarning energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'liq emasligini va tushayotgan yorug'likning chastotasiga to'g'ri proportsionalligini isbotladi.

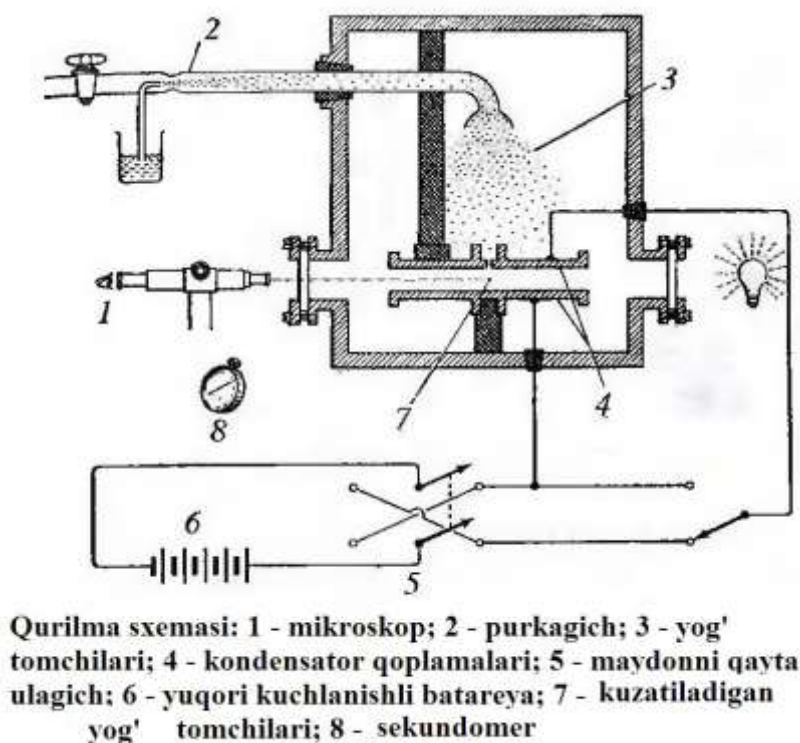


Robert Endrus Milliken  
(1868 - 1953)

Bu tadqiqotlar J.J.Tomson, elektronning massasi vodorod atomi massasidan ming marta kichik deb hisoblab, xato qilganligini ko'rsatdi.

Elektronning parametrlarini aniqlash bo'yicha ilmiy-tadqiqotlar bumi ("musobaqasi") boshlandi. Juuda ko'p fiziklar elektronning zaryadi va massasining qiymatlarini ajralgan holda aniqlar edilar. Amerika fizigi, Milliy akademiya a'zosi Robert Endrus Milliken bu yo'nalishda eng katta yutuqlarga erishdi. 1906 yili u alohida elektronlarning zaryadini o'lchashga imkon beruvchi yog'ning zaryadlangan tomchilari metodini ishlab chiqdi.

Purkalgan yog'ning ba'zi tomchilariga havoda rentgen nurlari tomonidan ionlashtirish natijasida paydo bo'lgan ionlar o'tirib qolar edilar. Yog'ning aniq bir tomchisi tadqiq etiladi va uning urning tortishish maydonida tomchining o'lchami va massasiga, havoning qovushoqligiga, yog'ning zichligiga bog'liq bo'lgan tushish tezligi o'lchanadi. Tomchi tushayotgan fazoga elektr maydoni qo'yilsa o'zida zaryad tashuvchi tomchilar o'z tezliklarini o'zgatirar, hatto yuqoriga harakatlana olar edilar. Elektr zaryadi tushish tezligi va yuqoriga harakat tezligidan hisoblandi. Tomchiga o'tirib qolgan elektronlarning soniga bog'liq holda turlicha zaryad olinar edi va u har doim  $1,6 \cdot 10^{-19}$  K1 qiymatga karrali bo'lib chiqdi. Bu kattalikni elektron zaryadi deb qabul qilindi.



R. Milliken vaqt o'tishi bilan elektron zaryadining qiymatini 1% aniqlikkacha o'lchashning uddasidan chiqdi.

Millikendan so'ng elektronning zaryadini o'lchashning boshqa metodlari ham ishlab chiqildi. Elektronning massasi harakatning Nyuton qonunlari uchun o'zgarmas kattalik hisoblanadi. Tartibi 10 000 V potentsiallarda elektronning effektiv massasi o'zgaradi.

### **Nobel mukofotlari qatori**

Nobel mukofotlari ilmiy jamoatchilik orasida jamiyat uchun amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar va ishlanmalarning ahamiyatini eng obro'li baholash hisoblanadilar. XX asrning boshlaridan beri tadqiqotchilar yutuqlarining ko'rsatkichi bo'lib Nobel mukofotlari, xususan fizika bo'yicha mukofotlar bo'lib qoldilar.

Fizika bo'yicha birinchi Nobel mukofoti 1901 yili nemis fizigi, Berlin fanlar akademiyasining muxbir a'zosi **Vilyam Konrad Rentgen** (1845-1943) ga katod nurlari sohasidagi tadqiqotlari uchun topshirilgan edi. Kruks trubkasida katod

nurlarini tadqiq etayotib u 1895 yili nurlanishning yangi turini kashf qildi. Keyinchalik bu nurlanishni uning nomi bilan - Rentgen nurlari deb ataldi. Bu nurlarning to'liq uzunligi ultrabinafsha nurlarning to'liq uzunligidan qisqa edi.

Elektronning kashfiyotchisi **Jozef Jon Tomson** fizika bo'yicha Nobel mukofotini oltinchi bo'lib - 1906 yili oldi. Unga mukofot elektr tokining gazlarda o'tishini nazariy va eksperimental tadqiqotlari uchun berildi. Aynan shu J.J. Tomsonning ishlari elektronning xossalari va ularni tadbiq etish sohasidagi tadqiqotlarga keng front boshlanishiga yo'l ochib berdi. Elektronlar bilan u yoki bu holda bog'liq fizikaning turli sohalaridan tashqari fan va texnikada yangi yo'nalish - elektronika paydo bo'ldi. XX asrning boshida bu yo'nalish vakuumli elektronika nomini oldi.

Fizika bo'yicha ikkinchi Nobel mukofotini 1902 yili gollandiyalik fizik, Niderlandiya fanlar akademiyasining a'zosi **Xendrik Anton Lorents** (1853-1928) magnetizmning nurlanishga ta'sirining tadqiqotlari uchun oldi. U harakatchan ionlar va elektronlar elektromagnit maydonlar manbai sifatidagi tasavvuriga asoslanib elektron nazariyani yaratdi. Lorents birta voqeaning turlicha ikkita inertsiyal sanoq sistemalardagi fazoviy koordinatalri va vaqt momentlarini bog'lovchi formulalarni keltirib chiqardi (Lorents almashtirishlari). Bu unga elektron massasining tezlikka bog'liqlini birinchi bo'lib olishga, hamda o'zining elektron nazariyasi asosida bir qator fizikaviy hodisalarni tushuntirishga va yangilarini bashorat qilishga imkon berdi. Lorents bilan mukofotni uning vatandoshi Niderlandiya fanlar akademiyasining a'zosi **Piter Zeeman** (1865-1943) bo'lishib oldi.

Shunday qilib, Nobel mukofotlari avval elektronning xossalari uchun, keyin esa uning mohiyati uchun berildi.

1905 yili Nobel mukofotini katod nurlari sohasidagi tadqiqotlarga nemis fizigi **Filipp Eduard Anton Lenerd** (1862-1947) oldi. U tashqi fotoeffektda elektronlar ajralishini isbotladi. Bu fotoelektronlarning energiyasi tushayotgan yorug'likning intensivligiga bog'liq emas va ularning chastotasiga to'g'ri proporsional.

1909 yili fizika bo'yicha Nobel mukofoti nemis fizigi Berlin fanlar akademiyasining muxbir a'zosi **Karl Ferdinand Braun** (1850-1918) va italyan fizigi, injener va tadbirkor **Gulelmo Markoni** (1874-1937) ga simsiz telegrafiyani rivojlantirishga qo'shgan hissalar uchun berildi. Zamonaviy tilda bu radiotexnika, aloqa vositasi sifatidagi radiodir. Radioaloqa elektromagnit tebranishlarni generatsiyalash, tarqatish va qabul qilish bilan chambarchas bog'ligi ayon. Braun 1898 yili so'nishlar oz bo'ladigan tebranishlar konturining konstruksiyasini (Braun zangiri) va antennalar konstruksiyasini taklif etdi. Shu bilan birga Braun katod trubkasining ixtirochisi sifatida ham ma'lum (1897 yil). Braun trubkasi asosida birinchi elektron ostsillograf, elektron televizion trubkalar yaratilgan. Markoni esa bu ishlarga radioning ixtirochisi, ulug' rus olimi Aleksandr Stepanovich Popov bu vaqtga kelib olamdan o'tgan bo'lganligi uchun qo'shilgan.

1900 yildayoq nemis fizigi, Berlin fanlar akademiyasining a'zosi **Maks Karl Ernst Lyudvig Plank** (1858-1947) klassik fizika uchun yot bo'lgan, kattaligi Plank doimiysi va tebranishlar chastotasini ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi energiya kvanti g'oyasini taklif qildi. Bu kashfiyot klassik fizikani "ag'darib" tashladi, kvantli fizika olamga keldi. 1918 yilning Nobel mukofoti energiya kvantini kashfiyotiga berildi. O'sha vaqtdan beri yo'rug'lik ta'siridagi elektronli emissiya bilan bog'liq hamma jarayonlarni elektronning roli aniq bo'lgan kvant nazariya bilan bog'laydilar.

Maks Plank g'oyasini juda ko'plab olimlar (Lorents, Lenerd va boshqalar) rivojlantirdilar. Biroq aynan Albert Eynshteyn fotonni nazariy jihatdan kashf qildi, buni amerikalik fizik, Milliy fanlar akademiyaning a'zosi **Artur Xolli Kompton** (1892-1962) eksperimentda aniqladi. 1927 yili unga Nobel mukofotini uning nomi bilan aytilgan qonunni kashfiyotiga berildi. A. Eynshteyn yorug'likning kvant nazariyasiga asoslanib fotoeffekt hodisaini, fotoionlashishni, fotoximiya qonunlari va boshqa hodisalarni tushuntirdi. 1909 yili A. Eynshteyn nurlanish uchun korpuskulyar-to'lqin dualizmi tushunchasini kiritdi. Keyinchalik Eynshteynning bu g'oyasini de Broyl rivojlantirdi va shundan keyin elektronda nafaqat korpuskulyar, balki to'lqin xossalar mavjudligi aniqlandi. Fizika bo'yicha Nobel mukofoti esa

**Albert Eynshteyn** (1879-1955) ga 1921 yili muhim matematik- fizik tadqiqotlariga, ayniqsa fotoeffekt qonunlarini kashfiyotiga berildi. Elektronlarda ham korpuskulyar, ham to'liq xossalr mavjudligini kashf qilinganligini ta'kidlab o'tamiz.

M.Plank va A.Eynshteyn ishlari asosida daniyalik fizik **Nils Xendrik David Bor** (1885-1962) atomning kvant modelini yaratdi, bu modelga ko'ra elektronlar nazariy jihatdan ma'lum bo'lgan stasionar orbitalar bo'ylab harakatlanadilar, ularning orbitadan orbitaga o'tishlari esa energiya kvantini nurlash yoki yutish bilan bog'liq. Atom tuzilishi va ular nurlanishlarni o'rganishdagi xizmatlari Nils Bor 1922 yili Nobel mukofotiga sazovor bo'lgan. Atomlarda diskret energiya sathlari mavjudligi Frank-Gertslarning elektronlarning gaz atomlari bilan to'qnashishlariga oid ishlarida tasdig'ini topdi. Nemis fiziklari **Gustav Lyudvik Gerts** (1887-1975) va **Jeyms Frank** (1882-1964) larning atomlar va elektronlar orasidagi to'qnashishlar qonunlarini kashfiyotiga 1925 yili Nobel mukofoti loyiq deb topildi.

Elektronning korpuskulyar xossalriga qiziqish kamaymadi. Radiotexnika va elektronika paydo bo'lishining boshlang'ich vaqtlarida termoelektronli katodlar asosida elektronli lampalar yaratildilar. Angliyalik fizik **Ouen Vilyams Richardson** (1879-1959) 1901 yili elektronli emissiya toki zichligining temperaturaga fundamental bog'liqligini aniqladi. Termoelektron emissiya bo'yicha ishlariga, ayniqsa uning nomi bilan yuritilgan qonunlarning kashfiyotiga u 1928 yili Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. O'sha vaqtda hali elektronning zaryadini kattaligi haqida hach narsa ma'lum emasligini eslatib o'tamiz.

Amerikalik fizik Robert Endrus Milliken tomchilar metodini ishlabchiqdi, uning yordamida u alohida elektronlarning zaryadini o'lchashga muvaffaq bo'ldi. 1913 yili u zaryad kattaligining qiymati uchun  $4,774 \cdot 10^{-10}$  eletrostaik birlikni oldi. U elektr zaryadining diskretligini eksperimentda isbotladi va uning kattaligini etarlicha aniq o'lchadi. 1923 yili **R.Millikenga** elementar zaryadlar sohasidagi ishlariga va fotoelektrik effektga Nobel mukofoti berildi. Bir vaqtning o'zida elektronning kvantli xossalriga qiziqishlar kamaymadi.

1923 yili frantsuz fizigi Lui de Broyl A.Eynshteyning yorug'likning ikkiyoqlamali xossalari haqidagi g'oyalari moddiy materiyaga ham o'rinli deb aytdi. U moddiy zarrachalar oqimi massa va energiyaga to'g'ridan-to'g'ri bogliq bo'lgan to'lqin xossalarga ham ega bo'lishlari kerak deb faraz qildi. Bu g'oyalar elektronlarning kristallardagi difraktsiyasi boyicha o'tkazilgan eksperimentlarda tasdiqlandilar. Elektronning to'lqin xossalarini kashfiyotiga frantsuz fizigi, Parij fanlar akademiyasining a'zosi **Lui-Viktor de Broyl** (1892-1987) 1929 yili Nobel mukofotini oldi.

De Broylning korpuskulyar-to'lqin xossalarning umumiyliigi haqidagi g'oyalari E.Shredingerning to'lqin mexanikasiga asos qilib qo'yildi. **Ervin Shredinger** (1887-1961) mikroobektning holatini tavsiflash uchun to'lqin funktsiyani kiritdi va fundamental tenglamani taklif qildi. U o'zining to'lqin mexanikasi va V.Geyzenderg, M. Born va P.Iordanlar ishlabchiqqan matritsali mexanikaning ekvivalentligini isbotladi. 1933 yoli nemis fizigi **Verner Karl Geyzenberg** (1901-1975), avstriyalik fizik **Ervin Shredinger** va angliyalik fizik **Pol Adrien Moris Diraklar** kvantli mexanikani yaratganlariga Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar. Elektron avvalgidek diqqat maqkazida.

1925 yili amaerikalik fizik, Milliy fanlar akademiyasining a'zosi **Jorj Yudjin Ulenbek va Samuel A. Gaudsmitlar** elektronda spin yoki harakat miqdori momenti mavjudligini kashf qildilar. Spinning kattaligi hamma elektronlar uchun bir xil, ammo orientastiya o'qi o'zgarishi mumkin. Eksperimental ma'lumotlar spektral chiziqlarni, masalan, Shtern-Gerlaxning klassik tajribasini o'rganishda bor edi.

Amerikalik fizik **Klinton Jozef Devisson** (1881-1958) va angliyalik fizik **Jorj Padjit Tomson** (1892-1975) lar termoelektron va termoionli emissiyani o'rganayotib, elektronlarning kristallardagi difraktsiya hodisasini mustaqil holda kashf qildilar. Bundagi difraktsion manzara rentgen niurlarining kristallarda sochilishidagiga o'xshash. Bu de Broyl g'oyalarining yana bir isboti bo'ldi. Elektronlar bilan nurlantirilgan kristallarda interenferntsion hodisalarni eksperimental kashfiyotiga 1937 yili ularga Nobel mukofoti berildi.

Shu yerda nemis fizigi **Maks Born** (1882-1970) ga 1954 yili kvantli mexanika bo'yicha fundamental tadqiqotlariga, ayniqsa to'liq funktsiyasining statistik interpretatsiyasiga berilgan Nobel mukofotini eslab o'tish o'rinli.

1932 yili amerikalik fizik, Milliy fanlar akademiyasining a'zosi **Karl Deyvid Anderson** kosmik nurlarda pozitronni eksperimental payqadi. Ma'lum bo'ldiki, pozitron elektronning antizarrachasi ekan. Pozitronning kashfiyotiga K.Anderson Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Elektronida antizarracha borligini kashf etilganiga e'tibor qaratamiz.

Elektronni elementar zarracha sifatida tadqiq etish atom nurlanishlari va kosmik nurlarda davom ettirildi. Zaryadli zarrachalarning, jumladan elektronlarning tezlatkichlari yaratildi, bular materiyaning yangi xossalarini, masalan radioaktivlikni kashf etishga imkon berdilar. U yoki bu taezda elektronning tabiati bilan bog'liq sohalarda ham Nobel mukofotlari, masalan, **Ernst Orlando Lourens** (1901-1958) ga tsiklotronni yaratganiga (1939) berildi.

Elektronni kvantli zarracha sifatida tadqiq etilishi natijasida elektronning spini tushunchasini kiritishni keltirib chiqardi. Shunday qilib, zaryad va massadan tashqari elektron yana xususiy mexanik moment va xususiy magnit momentiga egaligi aniqlandi. Elektronning spinini e'tiborga olish avstriyalik fizik **Wolfgang Pauli** (1900-1958) ga shunday printsipni shakllantirishga imkon berdiki, bunga muvofiq yarimbutun spinli ikkita ayniy zarrachalar birta holatda bo'lishlari mumkin emas. U elektron spini nazariyasini, spinli matritsalarini yaratdi. "Pauli printsipi" deb atalgan istisno printsipini kashfiyotiga 1945 yili unga Nobel mukofoti berildi. Shu vaqtdan beri elektronning spini mavjudligi ma'lum bo'ldi.

Elektronning xossalarini tadqiqi bo'yicha eksperimental ishlar ichida elektronning anomal magnit momentini o'lchash bo'yicha ishni nazarga olish lozim. Amerikalik fizik, Milliy fanlar akademiyaning a'zosi **Plikarp Kash** bu unikal (noyob) eksperimentalga 1955 yili Nobel mukofotini oldi.

Elektron xossalarining tuganmasligi ham nazariy, ham eksperimental tadqiqotlarda namoyon bo'laverdi. Rus fizigi, akademik **Pavel Alekseevich Cherenkov** (1904-1990) yorug'lik tezligidan katta tezlikda harakatlanayotgan

elektronlar ta'sirida moddaning yorug'lanish hodisasini kuzatdi. Hodisa "Vavilov-Cherenkov effekti" nomini oldi, ammo nazariy tushuntirib berilmadi. Rus fiziklari, akademiklar **Igor Evgenevich Tamm** (1895-1971) va **Ilya Mixaylovich Frank** (1908-1990) lar effektning nazariyasini yaratdilar. 1958 yili hamma uchchovlariga "Cherenkov effekti"ni kashfiyotiga va tushuntirilishiga Nobel mukofoti topshirilgan.

1950 yillari erkin elektronlar faqat vakuumda emas, balki qattiq jismda ham mavjud bo'lishi mumkinligi bilinib qoldi (oshkor bo'ldi). Buning ustiga ularning



**Jores Ivanovich Alfyorov**

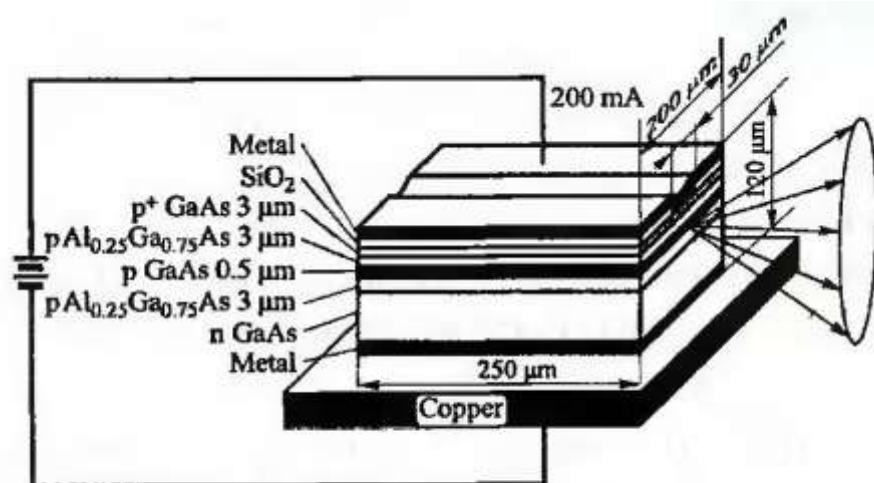
antipodlari (akslari) - yarimo'tkazgichlarda kvazizarracha - kovaklar ham bor ekan.

Qattiq jismdagi elektronlar va kovaklar oqimini boshqarib, turli elektronli asboblarni yaratish mumkin. Amerikalik fiziklar

**Uilyam Bredford Shokli, Jon Bardin va Uolter Xauzer Bratteyn**lar yarimo'tkazgichli tranzistor yaratdilar, bu elektronika olamini ag'darib tashladi, nafaqat elektronika sohasida, balki, fan va texnikaning hamma sohalarida yangi gorizontlar ko'rsatib berdi.

1956 yili bu olimlar yarimo'tkazgichlarni va tranzistorli effektning tadqiqotlariga Nobel mukofotini oldilar.

Akademik Jores Ivanovich Alfyorov rahbarligida amalga oshirilgan ishlarning ahamiyati ham katta. U yarimo'tkazgichli va kvantli asboblarni yaratayotib, o'tainjeksiya hodisasini kashf qildi, ideal yarimo'tkazgichli geterostrukturalarni yaratdi. 2000 yili Jores Ivanovich Alfyorovning axborotli va kommunikatsion texnologiyalar sohasidagi asos bo'ladigan ishlariga Nobel mukofoti berildi. U bilan birvaqtda bu mukofotga amerikalik tadqiqotchi, tranzistorlar asosida birinchi bor integral sxema yaratgan J.Kilbi ham sazovor bo'ldi.



### Birinchi injeksiyali QGS lazer

XX asrning o'rtalarida to'lqin uzunliklarning optik diapazonida nurlanishlarni asr boshida A.Eynshteyn kashf etgan, atomdagi elektronlarning



A.M.Proxorov

kvantli xossalariga asoslangan induktsiyalangan nurlanish hodisasi yordamida generatsiyalash mumkinligi aniqlandi. Rossiyalik fiziklar, akademiklar **Aleksandr Mixaylovich Proxorov** (1916-2001), **Nikolay Gennadevich Basov** (1922-2001) va amarikalik fizik **Charz Tauns** 1964 yili yangi turdagi generator va kuchaytirgichlar - mazerlar va lazerlarni yaratishga olib kelgan kvantli radiofizika sohasidagi fundamental tadqiqotlariga Nobel mukofotini oldilar.



N.G.Basov

Yarimo'tkazgichlarda elektronlarni tunnellanishi effektidan foydalanib yapon fizigi **Leo Esaki** tunnel diodini yaratdi va 1973 yili Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Shu mukofotga ingliz fizigi **Brayn Devid Jozefson** ham o'tao'tkazgichlarda elektronlarning jofeson tunnellanishi effektini bashoratiga sazovor bo'ldi.

Ilm olami butun elementar zaryadga, aniq massaga,

spinga va u bilan bog'liq hamma elektronning xossalariga ko'nikib qoldi. Elektronning to'liq xossalariga ham ko'nikildi.

1879 yilda, Baltimordagi (AQSh) universitetning 5- bosqich studenti Edvin Gerbert Xoll tomonidan zaryad tashuvchilarning magnit maydonda harakat yo'nalishlaridan og'ishlari effekti yuzaga kelishini payqab qolishi, hozirgi vaqtda zaryad tashuvchilarning kontsentratsiyasini va ularning ishorasini yuqori aniqlikda aniqlashning baquvvat eksperimental metodi bo'lib qoldi. 1980 yillarda jida ko'p ishlarda, shu jumladan J.I.Alfyorov ishlarida ikkio'lchamli elektron gazlarni realizatsiyalashga imkon beruvchi  $\text{GaAs} - \text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$  turidagi yarimo'tkazgichli geterostrukturalar olish texnologiyalari rivojlantirildi. Nemis fizigi **Klaus fon Klittsing** hamkasblari bilan 1980 yili ikkio'lchamli elektron gazli geterostrukturalarda magnitqarshilikni va Xoll EyuK ni o'lchadi. Xoll o'tkazuvchanliginign kvantlanish effekti payqaldi. Bu effektini kvantli Xoll effekti (Integer Quantum Hall Effekt - IQHE) deb nomlandi. Kvantli Xoll effektini kashfiyotiga K.fon Klittsing 1985 yili Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Bu effektga R. Laflin nazariy tushuntirish berdi. Uning nazariyasiga mivofiq ikkio'lchamli elektron gazidagi elektronlar kuchli kulon itarilishlari tufayli siqilmaydigan kvantli suyuqlik - Laflin suyuqligini hosil qiladilar. Bu ikkio'lchamli sistemaning avval ma'lum bo'lmagan kvantli holati. Laflin suyuqligining alhida xossasi shundan iboratki, undagi elementar qo'zg'alishlar kasrli zaryadga ega bo'lishlari mumkin. 1997 yilning sentyabrida tadqiqotchilar kuzatilayotgan kvazizarrachali qo'zg'alishlar  $e/3$  zaryadga ega edilar, yoki, to'ldirish faktori  $1/3$  bo'lganida elektron zaryadidan uch marta kichik zaryadga ega edilar. 1998 yil Nobel mukofoti **R.Laflin, X.Shtermer va D.Teuil**arga qisman zaryadlangan qo'zg'alishli yangi shakldagi kvantli suyuqlikni kashfiyotiga topshirildi. Shunday qilib, elektron ma'lum sharoitlarda kasrli zaryadga ega bo'lishi mumkin ekan. Elektron kashf etilgandan deyarli yuz yil o'tgach elektron har doim ham elementar manfiy zaryad tashiyvermas ekanligi oydin bo'ldi.

Elektronlarning xossalari mikroskopiya amaliyotida, modda tuzilishi nazariyasida va yagona maydon nazariyasida qo'llanishlar topdi. 1986 yili

**E.Ruska, G.Binning va G.Rorerlar** ektronli va skanirlanuvchi tunnelli mikroskopni ishlab chiqqanlariga Nobel mukofotini oldilar.

Zarrachalar fizikasida kvarkli modellarni yaratishda nihoyatda muhim bo'lgan elektronlarning protonlarda va bog'langan neytronlarda o'tanoelastik sochilishlarini birinchi bor tadqiqotlariga **J.Fridman, G.Kendal va R.Teylorlar** 1990 yili Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar.

### **Foydalanilgan va tavsiya etilgan adabiyotlar**

1. **N.Raximov., R.Rasulov.** *Nanofizika va nanoelektronika asoslari.* Namangan. : Faxrizoda., 2012.115 bet.
2. **S.G.Kalashnikov.** *Elektr.* Toshkent : O'qituvchi, 1979. 615 bet.
3. **A.A, Щука.** *Нанoeлектроника.* Москва : Физматкнига, 2007. 464с.
4. **H.O.Abdullayev., S.U.Abdulboriyev.** *Nanotexnologiyaga kirish.* . Namangan. : Namangan davlat universiteti., 2012.62 bet.
5. **E.L.Ivchenko, R.Ya.Rasulov.** *Nanofizikaning nazariy asoslari.* Farg'ona : Farg'ona davlat universiteti. Qo'llanma, 2013.
6. **К., Шимони.** *Физическая электроника.* Москва : Энергия, 1977. 608 с.