



КВАНТ ФИЗИКАСИНИНГ ПАЙДО БЎЛИШИ ТАРИХИ. ФОТОЭЛЕКТРИК ЭФФЕКТ

Андижанской техникума №1

Учительницы Физики

Мамадалиевой Лолы

91 606 07 40

Аннотация

Данная расширенная лекция подробно освещает процесс возникновения квантовой физики на примере фотоэлектрического эффекта. Рассматриваются кризис классической физики конца XIX века, квантовая гипотеза Макса Планка, эксперименты Генриха Герца и Филиппа Ленарда, фотонная теория Альберта Эйнштейна, подтверждения Роберта Милликена, а также современные применения (солнечные батареи, фотодиоды). Всё изложено с реальными примерами, расчётами и графиками. Глубоко анализируется волново-корпускулярный дуализм света и основы квантовой механики. Лекция предназначена для студентов, преподавателей и всех любителей науки — каждый этап сопровождается визуальными изображениями и практическими примерами.

Ключевые слова: квантовая физика, фотоэлектрический эффект, ультрафиолетовая катастрофа, квант Планка, фотон, уравнение Эйнштейна, работа выхода, пороговая частота, волново-корпускулярный дуализм света, солнечные батареи, эксперимент Милликена.

Anotatsiya

Ushbu kengaytirilgan maruza kvant fizikasining paydo bo'lishi jarayonini fotoelektrik effekt misolida batafsil yoritadi. XIX asr oxiridagi klassik fizika inqirozi, Maks Plankning kvant gipotezasi, Genrix Gerts va Filipp Lenard tajribalari, Albert Eynshteynning foton nazariyasi, Robert Millikan tasdiqlashlari va zamonaviy



ilovalari (quyosh panellari, fotodiodlar) real misollar, hisob-kitoblar va grafiklar bilan ko‘rib chiqiladi. Yorug‘likning to‘lqin-korpuskulyar dualizmi va kvant mexanikasining asoslari chuqur tahlil qilinadi. Maruza talabalar, o‘qituvchilar va ilm-fan ixlosmandlari uchun mo‘ljallangan – har bir bosqich vizual rasmlar va amaliy misollar bilan yoritilgan.

Kalit so‘zlar: kvant fizikasi, fotoelektrik effekt, ultrabinafsha halokati, Plank kvanti, foton, Eynshteyn tenglamasi, chiqish ishi, chegara chastotasi, to‘lqin-korpuskulyar dualizm, quyosh panellari, Millikan tajribasi.

Klassik fizikaning inqirozi

XIX asr oxiriga kelib Nyuton mexanikasi va Maksvell elektrodinamikasi deyarli barcha hodisalarni tushuntirardi. Ammo uchta “qora bulut” paydo bo‘ldi:

- Qora jism nurlanishi (ultrabinafsha halokati),
- Fotoelektrik effekt,
- Atom spektri.

Bu inqiroz 1900–1905 yillarda kvant fizikasining tug‘ilishiga olib keldi. Fotoelektrik effekt eng yorqin misol bo‘ldi, chunki u klassik to‘lqin nazariyasini butunlay rad etdi va yorug‘likning “kvant” (foton) tabiatini ochib berdi. Keling, bosqichma-bosqich ko‘rib chiqamiz.

Klassik fizika muvaffaqiyatsizligi: Ultrabinafsha halokati

Kvant fizikasi 20-asrning boshlarida zarralarning atom va subatomik darajadagi xatti-harakatlarini tushuntirish uchun ishlab chiqilgan. Bu qora tana nurlanishi^[2] va fotoelektr^[3] ta'siri kabi ba'zi hodisalarni tushuntirib bera olmaydigan klassik fizikaning cheklovlariga javob edi. Maks Plank^[4] ko'pincha 1900 yilda



energiya uzluksiz emas, balki kvant deb ataladigan diskret paketlarda mavjudligini taklif qilganda kvant nazariyasining rivojlanishini boshlagan deb hisoblanadi.

Kvant nazariyasining rivojlanishi 1905 yilda yorug'lik kvantlarda yoki fotonlarda ham mavjudligini taklif qilgan Albert Eynshteyn tomonidan yanada ilgari surildi^[5]. Bu to'lqin-zarrachalar dualligining rivojlanishiga olib keldi, bu zarralar ham to'lqinlar kabi harakat qilishi mumkin degan fikr va aksincha.

Kvant nazariyasining rivojlanishiga 1913 yilda atomdagi elektronlar faqat ma'lum diskret energiya darajalarini egallashi mumkinligini taklif qilgan Nils Born^[6] ning ishi ham ta'sir ko'rsatdi. Bu bugungi kunda ham asosiy atom tuzilishini o'rgatish uchun foydalaniladigan atomning Bor modelining rivojlanishiga olib keldi.

Kvant mexanikasi tamoyillari yana bir qancha fiziklar, jumladan Verner Geyzenberg, Ervin Shredinger, Pol Dirak va boshqalar tomonidan ishlab chiqilgan. 1920-1930-yillarda kvant mexanikasi tamoyillari bugungi kunda ham qo'llanilayotgan matematik asosga aylantirildi.

Kvant fizikasining asosiy tamoyillari Kvant fizikasining tamoyillari ko'pincha intuitiv va tushunish qiyin. Biroq, nazariya uchun asosiy bo'lgan bir nechta asosiy tamoyillar mavjud.

To'lqin-zarracha ikkiligi: Yuqorida aytib o'tilganidek, zarralar ham to'lqinlar kabi harakat qilishi mumkin va aksincha. Bu shuni anglatadiki, zarralar bir vaqtning o'zida ham to'lqin, ham zarracha xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Zarrachalarning xatti-harakati to'lqin funktsiyasi bilan tavsiflanadi, bu ma'lum bir holatda zarrachani topish ehtimolini beradi.

Superpozitsiya^[7] - bu zarracha kuzatilmaguncha bir vaqtning o'zida bir nechta holatda yoki joylarda mavjud bo'lishi mumkin degan fikr. Demak, zarrachalar



kuzatilgunga qadar “kvant noaniqlik” holatida bo‘lishi mumkin, bu vaqtda to‘lqin funksiyasi “yiqilib”, zarracha aniq holatga keladi.

O'zaro bog'lanish: Ikki zarracha bir-biriga bog'langanda, hatto katta masofada bo'lsa ham, ularning holati bir-biriga bog'liq bo'lganda paydo bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, bir zarraning holati boshqa zarrachaning holatiga ta'sir qilishi mumkin, hatto ular jismoniy aloqada bo'lmasa ham.

Noaniqlik printsipi: Verner Heisenberg tomonidan ishlab chiqilgan noaniqlik printsipi zarrachaning pozitsiyasi va impulsini bir vaqtning o'zida mutlaq aniqlik bilan bilish mumkin emasligini ta'kidlaydi. Bu shuni anglatadiki, biz zarrachaning o'rnini qanchalik aniq bilsak, uning impulsini shunchalik kam aniq bilamiz va aksincha.

Kvant fizikasi ko'plab texnologik yutuqlarga olib keldi va boshqa ta'lim sohalariga, jumladan kimyo, biologiya va materialshunoslikka ta'sir ko'rsatdi. Kvant fizikasining amaliy qo'llanilishiga bir nechta misollar:

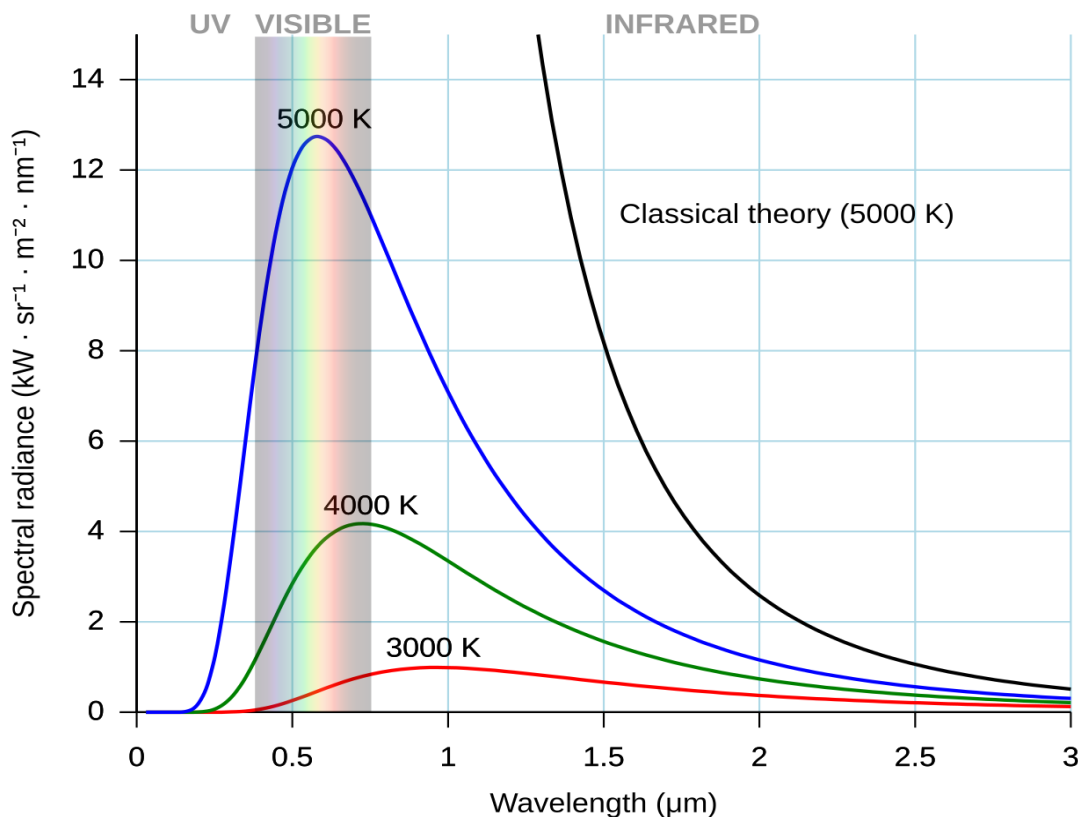
Lazerlar: Lazerlar - bu stimulyatsiya qilingan emissiya deb ataladigan jarayon orqali yorug'lik chiqaradigan qurilmalar. Lazerlarning rivojlanishi kvant mexanikasi tamoyillari tufayli mumkin bo'ldi.

Transistorlar: Transistorlar - bu kalit yoki kuchaytirgich sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan elektron qurilmalar. Tranzistorlarning rivojlanishi kvant mexanikasi tamoyillari tufayli mumkin bo'ldi.

Klassik nazariya qora jism nurlanishini hisoblashda yuqori chastotalarda (ultrabinafsha hududida) energiya cheksiz o'sishini bashorat qilardi. Bu “ultrabinafsha halokati” deb ataldi – real dunyoda bunday bo‘lmaydi!



Quyidagi grafikda ko‘rsatilganidek, klassik nazariya (qora chiziq) yuqori chastotalarda energiyani cheksiz oshiradi, Plank qonuni esa real egri chiziq beradi.



en.wikipedia.org

Ultraviolet catastrophe - Wikipedia

Misol: 5000 K haroratdagi qora jismda klassik nazariya ultrabinafsha hududida energiyani “portlash” darajasiga yetkazardi, lekin real hayotda bu sodir bo‘lmaydi. Plank 1900-yilda energiya **kvant** shaklida bo‘lishini taklif qildi: $E=h\nu$ $E = h \cdot \nu$ $E=h\nu$ ($h = 6,626 \times 10^{-34}$ J·s). Bu gipoteza dastlab “matematik hiyla” deb atalgan bo‘lsa-da, keyin kvant fizikasining tug‘ilishiga asos bo‘ldi.

3. Fotoelektrik effektning kashfiyoti va tajribaviy kuzatuvlar



1887-yilda Genrix Gerts ultrabinafsha nurlar metall (sink) yuzasidan elektron chiqarishini kashf etdi. 1902-yilda Filipp Lenard batafsil o'rgandi va 3 ta asosiy qonuniyatni aniqladi:

1. Elektronlar soni nurlanish intensivligiga proporsional.
2. Har bir metall uchun **chegara chastotasi** (ν_0) mavjud – past chastotada hech qanday elektron chiqmaydi.
3. Elektronlarning maksimal kinetik energiyasi faqat chastotaga bog'liq, intensivlikka emas!

Klassik to'liq nazariyasi buni tushuntira olmadi: energiya intensivlikka bog'liq bo'lishi kerak edi.

Fotoelektrik effekt tajriba o'rnatilishi (real diagrammasi):

Metall plastinka (katod) ustiga yorug'lik tushiriladi → elektronlar chiqadi → anod ularni tortib oladi → ampermetr oqimni ko'rsatadi. Agar yorug'lik zaif bo'lsa ham, chastota yuqori bo'lsa – effekt bor!

4. Albert Eynshteynning 1905-yilgi inqilobiy tushuntirishi

Eynshteyn yorug'likni **fotonlar** (energiya kvantlari) deb hisobladi. Har bir foton energiyasi: $E=h\nu$

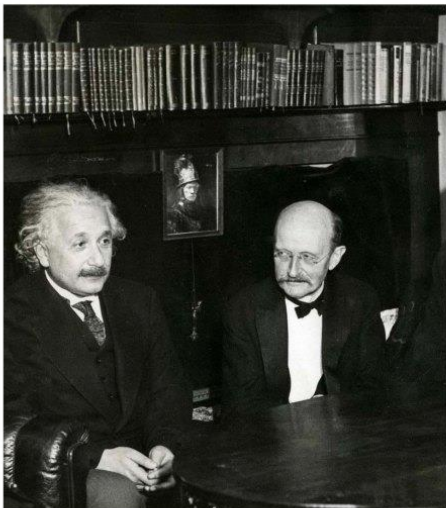
Metall sirtidan elektron chiqarish uchun “chiqish ishi” A (ish funksiyasi) kerak. Qolgan energiya kinetik energiyaga aylanadi:

$$h\nu = A + K_{\max} \quad \text{yoki} \quad K_{\max} = h\nu - A \quad \text{yoki} \quad K_{\max} = h\nu - A$$

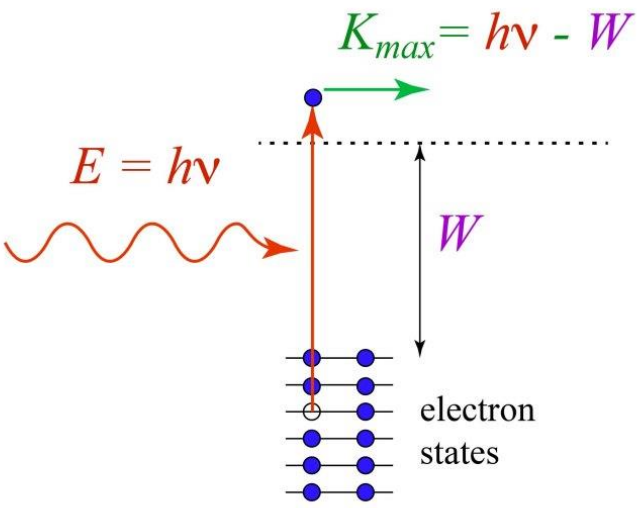
Vizual tushuntirish (Eynshteyn tenglamasi diagrammasi):



Einstein vs. Planck



The Photoelectric Effect



galileo-unbound.blog

Who Invented the Quantum? Einstein vs. Planck | Galileo Unbound

Agar $h\nu < A$ bo'lsa – effekt yo'q! Bu yorug'likning **to'liqin-korpuskulyar dualizmini** ochib berdi.

Amaliy misol va hisob: Natriy metalli uchun chegara chastotasi $\nu_0 = 4,4 \times 10^{14}$ Hz ($\lambda_0 \approx 682$ nm – qizil chegara). Agar yashil yorug'lik ($\nu = 6 \times 10^{14}$ Hz) tushsa: $K_{max} = h(6 \times 10^{14}) - A$ $A = h\nu_0 = 6,626 \times 10^{-34} \times 4,4 \times 10^{14} \approx 2,91 \times 10^{-19}$ J $K_{max} \approx 1,05 \times 10^{-19}$ J (tezlik ~ 480 km/s). Agar infraqizil yorug'lik (ν past) tushsa – hech qanday elektron chiqmaydi!

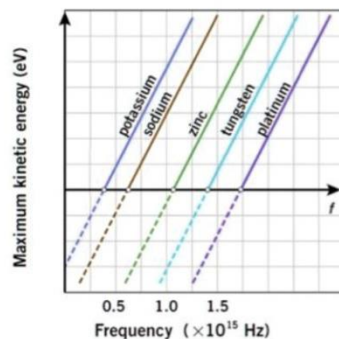
5. Eksperimental tasdiqlash va chegara chastotasi grafikasi

1914–1916-yillarda Robert Millikan Eynshteyn tenglamasini to'liq tasdiqladi va Plank doimiysini aniq o'lchadi (Nobel 1923).

Turli metallar uchun K_{max} chastotaga chiziqli bog'liq (grafik):



1. A photoelectric effect experiment is being conducted on a zinc plate. A graph of maximum kinetic energy vs. frequency is shown below.



- (a) Find the critical frequency of light below which no electrons will be ejected.
 (b) Find the corresponding wavelength in nm.
 (c) Find the work function of zinc.

numerade.com

1. A photoelectric effect experiment is being conducted on a...

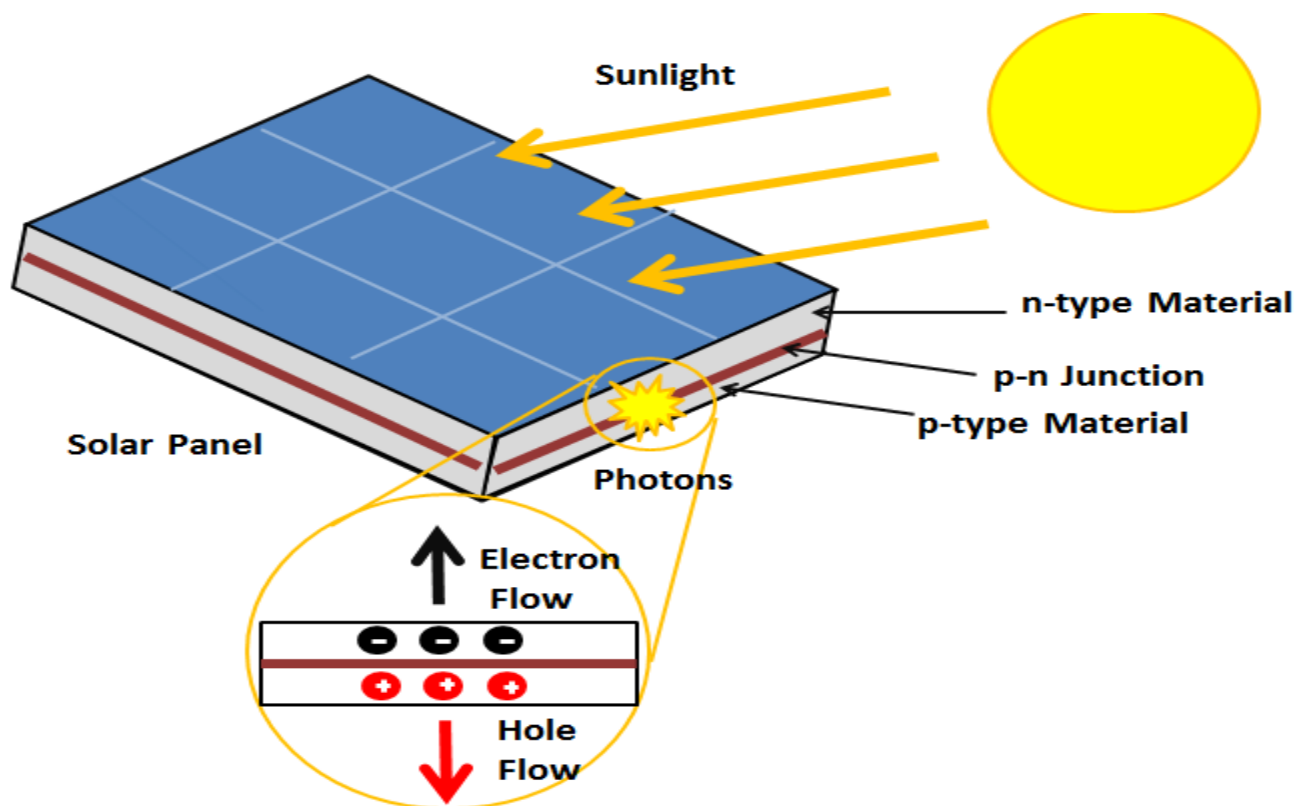
Har bir chiziqning kesishishi – o‘sha metallning chiqish ishi. Natriy va kaliyda past, oltin va kumushda yuqori.

6. Zamonaviy ilovalar va amaliy misollar

Fotoelektrik effekt bugungi texnologiyalarning asosidir:

- **Quyosh panellari** (fotovoltaik effekt): Fotonlar kremniyda elektron-hole juftini hosil qiladi → elektr tok.

Quyosh paneli ishlash prinsipi diagrammasi:



ecoflow.com

What Is the Photovoltaic Effect?

•Fotodiodlar, kameralar, tungi ko‘rish qurilmalari, lazerlar. **Misol:** Oddiy quyosh panelida 1 m² yuzada 1000 Vt quyosh nuri tushsa, ~150–200 Vt elektr energiyasi hosil bo‘ladi – bu fotoelektrik effektning bevosita natijasi!

Xulosa

Fotoelektrik effekt klassik fizika inqirozidan kvant fizikasining tug‘ilishigacha bo‘lgan eng muhim “ko‘prik” bo‘ldi. Plank kvant gipotezasi, Eynshteyn foton nazariyasi va Millikan tasdiqlashi orqali yorug‘likning dual tabiati isbotlandi. Bu



kashfiyot nafaqat nazariy inqilob, balki zamonaviy energiya, elektronika va nanotexnologiyalarning asosiga aylandi.

Maruzadan olingan asosiy xulosa: “Yorug‘lik nafaqat to‘lqin, balki kvant zarralaridir!” Har bir talaba bu tenglamalarni va grafiklarlarni yodda saqlasin – ular kvant mexanikasining kalitidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Einstein A. On a Heuristic Point of View Concerning the Production and Transformation of Light (1905).
2. Millikan R.A. A Direct Photoelectric Determination of Planck’s Constant (1916).
3. O‘zbekiston Milliy ensiklopediyasi. Fotoelektr effekti.
4. Khan Academy. Photoelectric effect (uzbek tilidagi versiya).
5. Serway, Jewett. Physics for Scientists and Engineers (9th ed.).
6. Musaxonov M.M. Kvant mexanikasi. Toshkent, 2020.