

I.5. A mikrovilág kvantummechanikai leírása

Teljesen új világgépet jelent, hogy a mikrovilág leírásához egy egészen bizarr feltételezésre van szükség:

I.5.1. Az anyag kettős természete

Egyrészt: a **fény**, melyet hagyományosan hullámként írunk le, **bizonyos kísérletekben részecskéként viselkedik**, ld. fentebb a **fotoelektromos effektus**

Másrészt, *de Broglie*: a fenti gondolatot fordítva is érvényesítsük: **a korpuszukulaként leírt anyag, és speciálisan az elektron, hullámként is viselkedhet** (1924).

Mekkora az **elektronhoz rendelt hullámhossz?**

De Broglie gondolatmenete „heurisztikus”

(ötletszerű, nem igazi levezetés!)

a) Relativitáselméletből: (Einstein, Poincaré): $E = mc^2$

b) másrészt, a fotoelektromos effektusból: $E = h\nu$

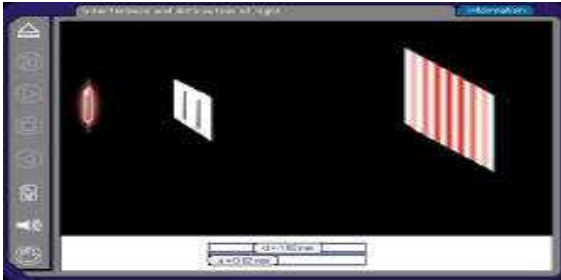
A kettőt egyesítve, a foton impulzusa [fizikai alapfogalom: impulzus = tömeg \times sebesség, $p = mv$].

$$p = mc = h\nu/c = h / \lambda, \text{ ill.: } \lambda = h / p$$

a kvantummechanika egyik legalapvetőbb formulája: minden anyagi testhez hullám is rendelhető, a hullámhossz fordítva arányos az impulzussal.

Kísérleti igazolás:

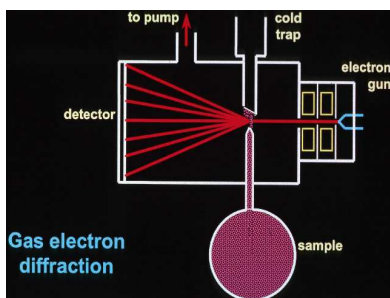
A hullámtermészet lényege: *diffrakció* (elhajlás). Tehát az **elektronsugár** is kell mutasson diffrakciót, s eredményként *interferencia*-képet. Általánosan az ábra mutatja: a kettős résen a fényhullám diffrakciót szenved; a két rés új hullámok kiindulópontja, melyek egymással interferálnak: az irány függvényében eltérő az útkülönbség, emiatt hol erősítés, hol gyengítés lesz. (ld. majd kristályok, röntgendiffrakció).



fényforrás kettős rés diffrakciós kép

Elektronra történetileg: *Davisson és Germer*, 1927.

Elrendezésük kicsit más, de lényeg ugyanaz: az elektronsugár nikkell kristályon szóródva interferenciaképet ad. Megj: akkor is interferencia van, ha az elektronok időben elválasztva érkeznek! Feynman-nál még csak gondolat-kísérlet; **Tonomura** kétréses kísérletét a 20.sz. legszébbjei közé választották.



Ma: szerkezetkutató módszer alapul az elektron hullámtermészetén: gáz-elektrondiffrakció; molekulák geometriájának meghatározása!!

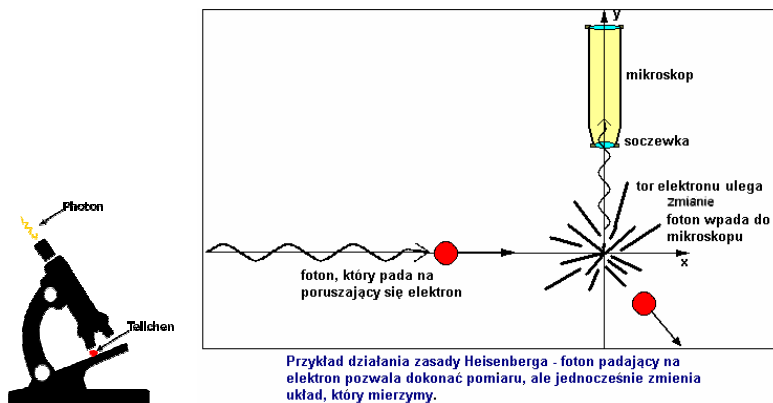
I.5.2. A Heisenberg-féle határozatlansági elv

A kvantummechanika filozófiai lényegét jelenti az a megállapítás, hogy a mikrovilágban bizonyos összetartozó (egymáshoz *konjugált*) mennyiségek ELVILEG nem lehetnek egyidejűleg meghatározottak. Pl. a hely és az impulzus ($p = mv$, tehát lényegében a sebesség) bizonytalansága (Δ) összefügg: minél kisebb az egyik, annál nagyobb a másik:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2; \text{ itt } \hbar \equiv h/2\pi$$

$h = 6.62620 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ (Planck-állandó), nagyon kicsi

Heisenberg így illusztrálja a tételt (ez NEM bizonyítás, csak megvilágítja a jelentését egy speciális esetre).



In the 1870s, Ernst Abbe explained why the resolution of a microscope is limited. He said that since the microscope uses visible light and visible light has a set range of wavelengths, the microscope can't produce the image of an object that is smaller than the length of the light wave.

A mikroszkóp felbontásának határt szab a fény hullámhossza:

$\Delta x \sim \lambda$, ez jelenti a helymeghatározás bizonytalanságát. Más-részt, a részecskét a bejövő foton „meglöki”; mivel a foton impulzusa $p = h/\lambda$ (de Broglie), ez jelenti a vizsgált részecske impulzusának bizonytalanságát, Δp -t. Tehát: $\Delta x \Delta p \sim h$

[A határozatlansági elv teljesen általános, csak a makrovilágban persze nem vehető észre. Ne is próbáljuk a hétköznapi értelemben „megérteni”. A filozófiai tartalma talán ez: a mikrovilágban olyan parányiak a részecskék és a kölcsönhatások, hogy a rendszer NEM KÜLÖNÍTHETŐ EL a megfigyelőtől - a mérés *beavatkozás* a rendszerbe.]