

Fizikatörténet

Kvantumelmélet kialakulásának története

Berta Miklós
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

v 0.5

Bevezető

AFKT 5.1

A fizika világképe a XIX – XX. század fordulóján

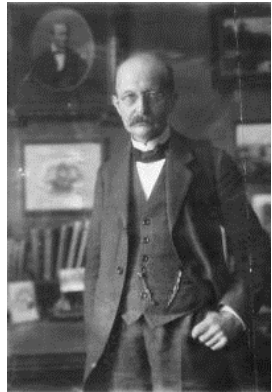
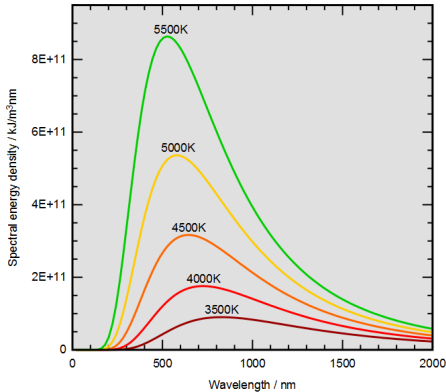
- Minden leírható a Newton-i mechanika és a Maxwell-i elektrodinamika segítségével. **KLASSZIKUS FIZIKA**
A hőjelenségek a molekulák átlagos mechanikai mozgásának tekinthetők, míg a fény, mint elektromágneses hullám, az elektrodinamika keretein belül értelmezhető.
- Csak néhány jelenség van, amit nem sikerül a klasszikus fizika keretein belül értelmezni, de ez csak idő kérdése!

A „makacs jelenségek köre”:

- Hőmérsékleti sugárzás
- Fényelektromos jelenség
- Diszkrét atomi spektrumok
- Fénysebességhez közeli sebességgel zajló események (Ezek vezetnek el a *relativitáselmélet*hez.)

Hőmérsékleti sugárzás értelmezése

AFKT 5.3.1 — AFKT 5.3.3 (elhagyásokkal)



1900-ban Max Planck ad magyarázatot a fénykvantum bevezetésével!

Fénykvantum energiatartalma:

$$E_\nu = h\nu$$

ν –fény frekvenciája

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Planck-féle eloszlás:

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

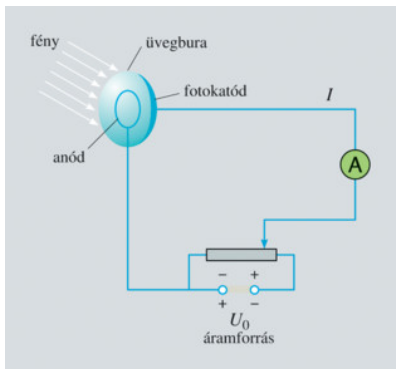
c –fénysebesség

T –sugárzó test abszolút hőmérséklete

Az elektromágneses energia adagokban, ún. *kvantumokban* keletkezik és nyelődik el! Ez szemben áll a Maxwell-i elektrodinamika következtetéseivel!

Fényelektromos jelenség értelmezése

AFKT 5.3.4

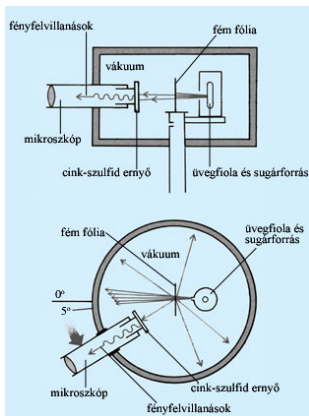


1905 – Albert Einstein, FOTON

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv_e^2$$

Az atom bolygómodellje

AFKT 4.6.5

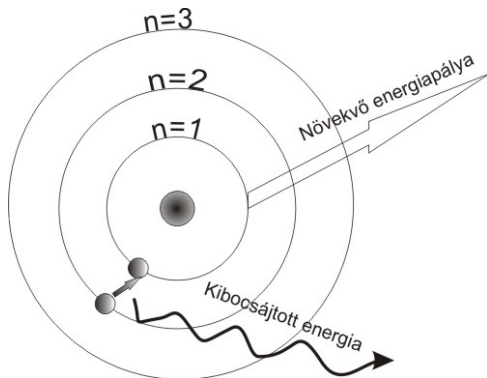


Ernest Rutherford
(1871-1937)

1911 – Ernst Rutherford, Bolygómodell, ATOMMAG

Bohr-féle atommodell

AFKT 5.3.5

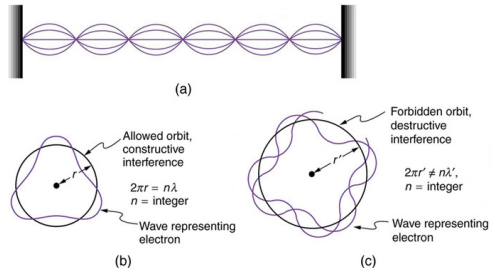
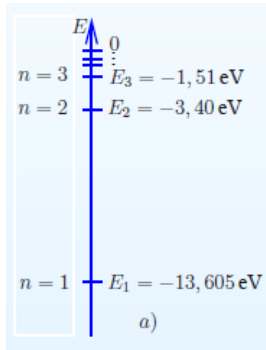


Niels Bohr
(1885-1962)

1913 – Niels Bohr, Kvantumfeltétel a perdületre

$$mv_e r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

Diszkrét energiaszintek



Hullám–részecske dualizmus

$$E_n = -\frac{E_1}{n^2}$$

Állapotfüggvény és értelmezése

Klasszikus állapotleírás: $\vec{r}(t_0), \vec{p}(t_0)$ egyértelműen megadja egy klasszikus részecske állapotát a t_0 időpillanatban!
Időfejlődés a mozgástörvény szerint.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}(\vec{r}, \vec{p}, t)$$

Kvantumállapot: $\Psi(\vec{r}, t)$ – **ÁLLAPOTFÜGGVÉNY.**
Időfejlődés a mozgástörvény szerint.

$$\hat{H}(\vec{r}, t) \Psi(\vec{r}, t) = -i \frac{\hbar}{2\pi} \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t}$$

$\hat{H}(\vec{r}, t)$ – Hamilton-operátor vagy energia-operátor

A kvantumelméletben a fizikai mennyiségekhez operátorokat kell rendelni!

Statisztikus értelmezés

$|\Psi(\vec{r},t)|^2$ – annak a **valószínűsége**, hogy a $\Psi(\vec{r},t)$ állapotú rendszer a t időpillanatban az \vec{r} helyen „tartózkodik”!

$$\overline{M} = \langle \Psi | \hat{M} | \Psi \rangle = \int_{(V)} \Psi^* \hat{M} \Psi d\vec{r}$$

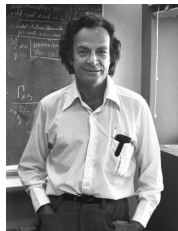
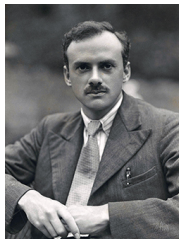
\overline{M} – az M fizikai mennyiség várható értéke

$$\overline{(M - \overline{M})^2} = \langle \Psi | (\hat{M} - \overline{M})^2 | \Psi \rangle = \int_{(V)} \Psi^* (\hat{M} - \overline{M})^2 \Psi d\vec{r}$$

$\overline{(M - \overline{M})^2}$ – az M fizikai mennyiség szórásnégyzete

A kvantumelmélet csak nagyszámú mérés alapján ellenőrizhető kísérletileg!

E. Schrödinger W. Heisenberg W. Pauli

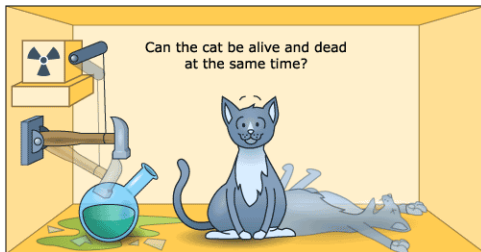


P. M. Dirac

R. P. Feynman

Furcsa következmények

Két-rés kísérlet Katt ide!
Schrödinger macskája



Heisenberg-féle határozatlansági reláció!

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$$

Alkalmazások

1. Szilárdtestfizika, félvezetők, mikroelektronika, tranzisztor, processzor, PC
2. Kvantumelektrodinamika, lézerek, holográfia, CD, DVD, Blu-ray
3. Elektronmikroszkóp
4. Kozmológia és részecskefizika