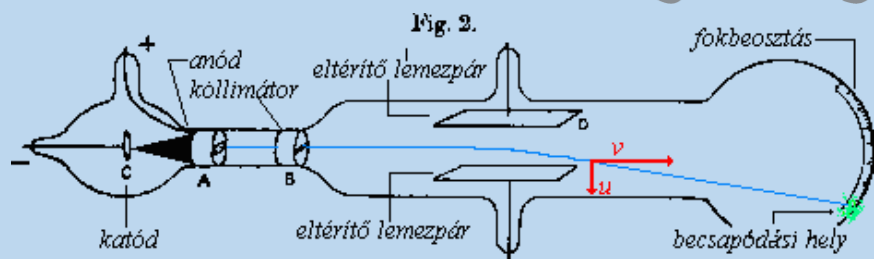


# A rejtélyes elektron



Az ábrán illetve a fényképen látható katódsugárcsővel végezte el Thomson a sorsdöntő méréseit.

A főszereplők

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

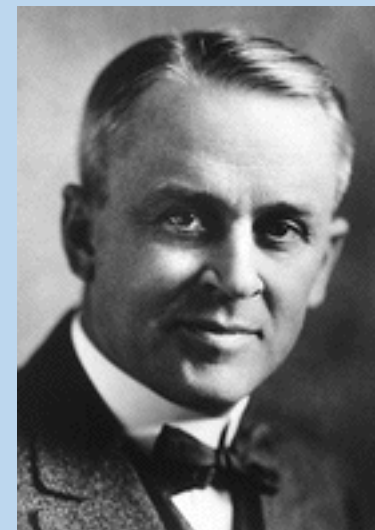
$$e^- = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



J.J. Thomson,  
Nobel-díj 1897-ben



G.P. Thomson, J.J.  
Thomson fia, Nobel-díj  
1937-ben



R.A. Millikan, Nobel  
díj 1923-ban

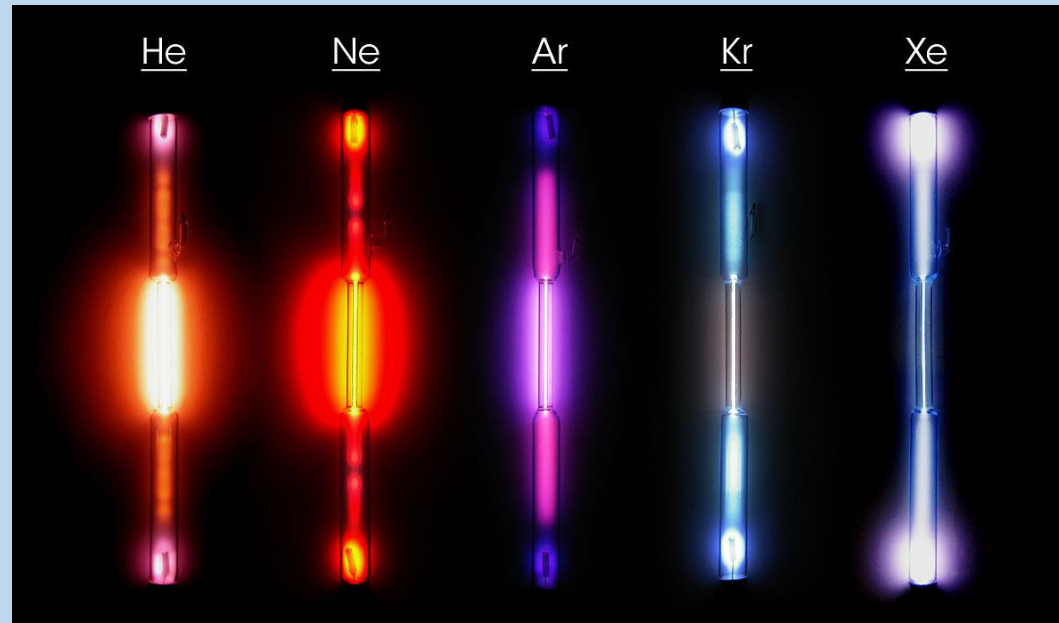
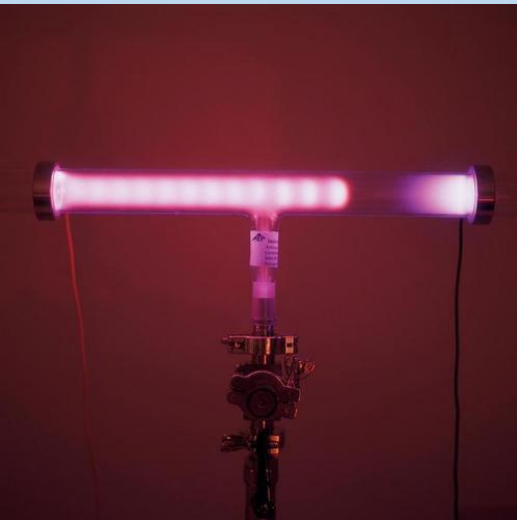


Louis de Broglie,  
Nobel-díj 1929-ben

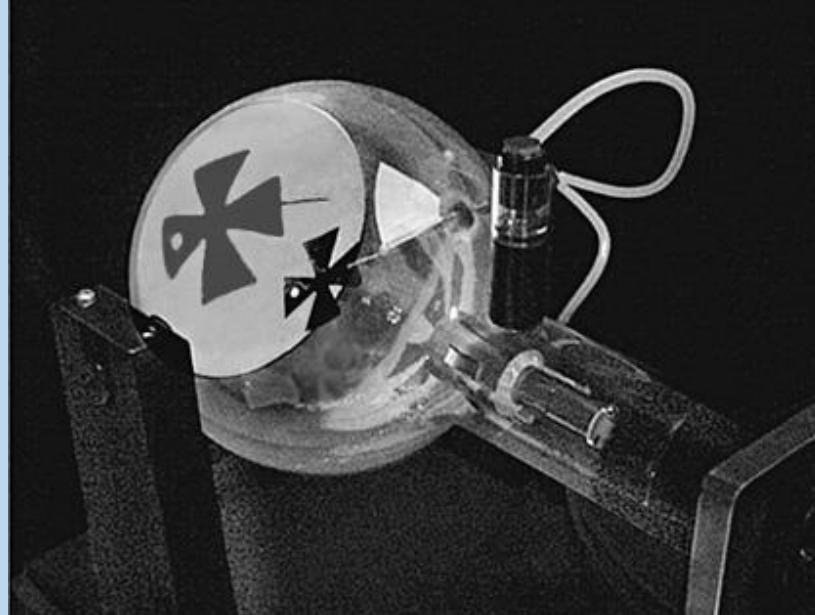
Az elektron, mint részecske

# A katódsugárzás rejtélye

- A 19. század közepén a **gázok** vezetési jelenségeit is széles körben vizsgálták. A kisnyomású gázok nagyfeszültség hatására, **érdekes fényjelenségek közepette, elektromosan vezetővé váltak.**
- Még érdekesebb és rejtélyesebb volt viszont az, hogy a szinte tökéletes vákuum is elektromos vezetőnek bizonyult, amit **a katódból kiinduló sugárzás formájában** képzeltek el.
- **Csaknem fél évszázadon keresztül kutatták kiváló fizikusok a katódsugárzás rejtélyét,** de a sok nagyszerű eredmény mellé hibás mérések, és főként rossz következtetések is párosultak.



# A katódsugarak egyenes vonalban terjednek



- Crookes 1871-ben olyan kisülési csövet szerkesztett, amelyben a **katódsugárzás terjedését tanulmányozta**.
- A sugárzás **egyenes vonalú terjedését bizonyítja**, hogy az útjába helyezett (fémből készült) máltai kereszt árnyéka megjelenik a sugárzás hatására fluoreszkáló üvegfalon.

# Az elektron felfedezése

A katódsugárcső végét foszforeszkáló anyaggal vonják be. Ha ezt eltalálja a katódsugár, akkor ezen a helyen zöldesen világít.

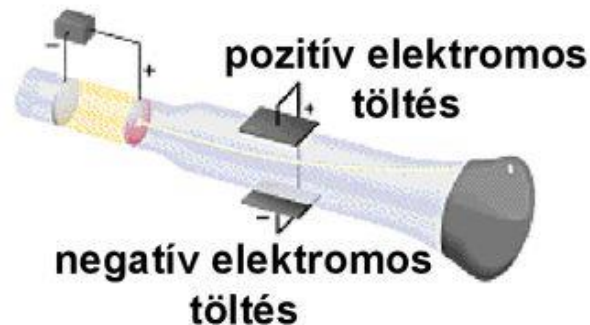
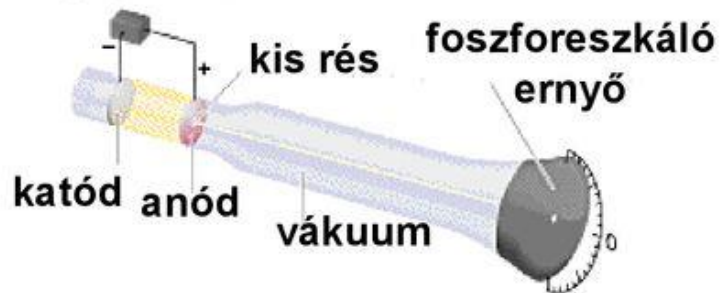


Joseph J. Thomson  
(1856 – 1940)  
fizikai Nobel-díj: 1906

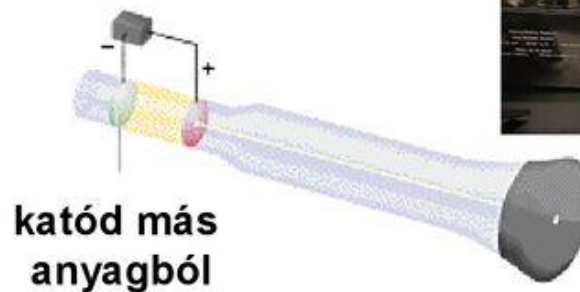
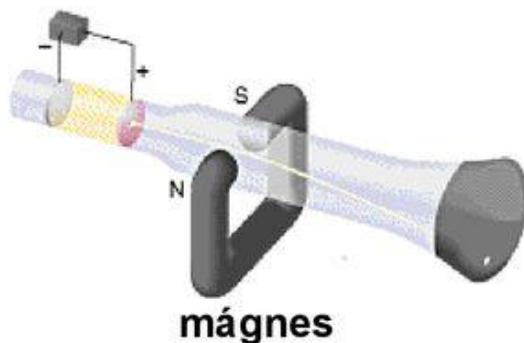
Thomson **kimutatta az elektront** fajlagos töltésének meghatározásával.

**Elektromos térben a katódsugár eltérül**  
⇒ **töltéssel rendelkező részecskék**

feszültségforrás



**Mágneses térben is eltérül** ⇒



Newton:  $F=ma$   
Lorentz:  $F=qv \times B$   
 $q=ze$   
 $e$ : egységtöltés  
 $z$ : töltésszám

$$a = (z/m)ev \times B$$

$$m_e/e = 5,686 \cdot 10^{-12} \text{ kg/C}$$

Az útvonal **elektród anyagától független**  
⇒ **mindig ugyanaz a részecske lép ki**

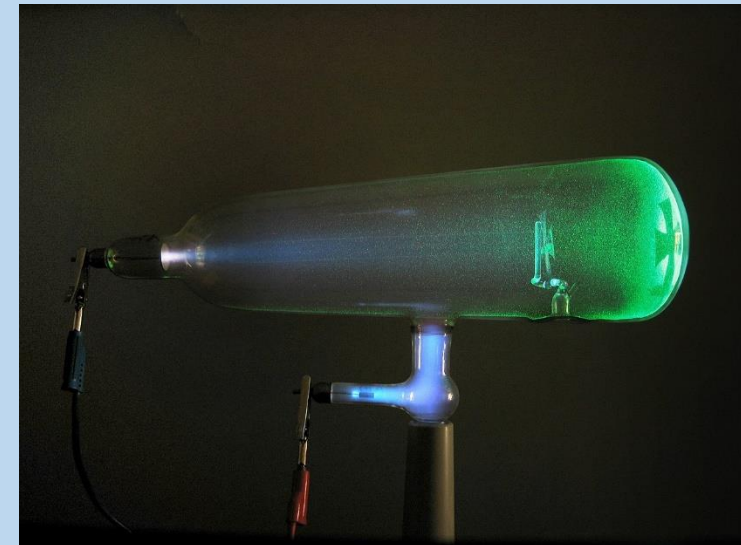
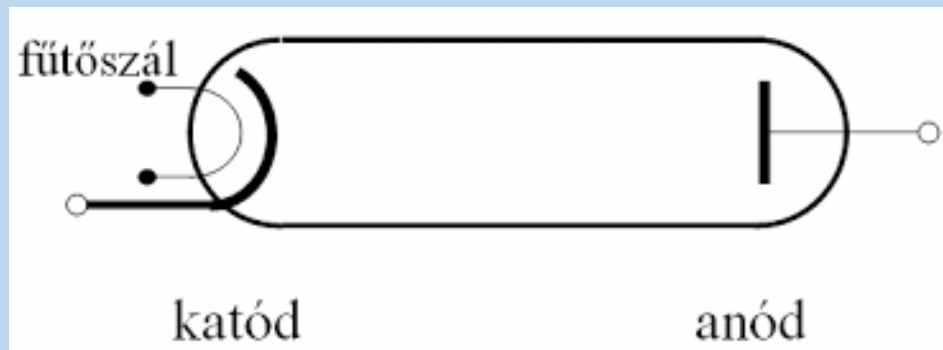


Elektron fajlagos töltése:  
tömegének és töltésének  
hányadosa:  $\frac{m_e}{e}$

# Ismertté vált: a katódsugár, elektronok nyalábja

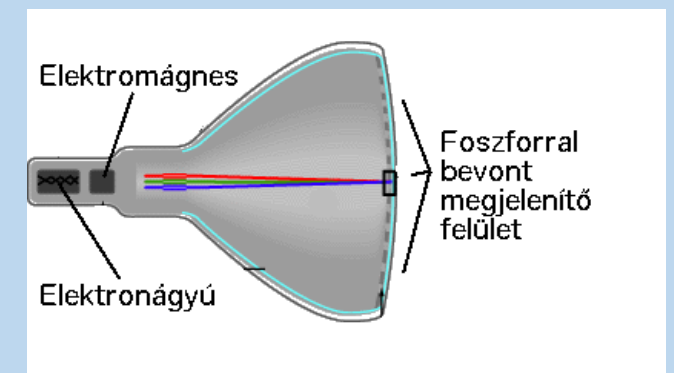
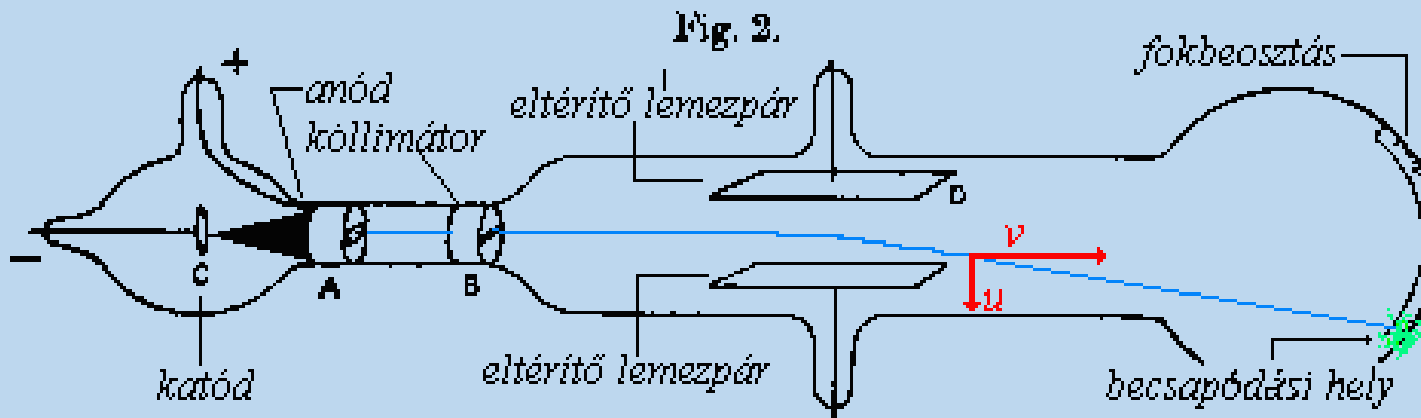
Vákuumban mozgó elektronsugár. Előállítására először nagy ritkítású gázkisülési csövet alkalmaztak, amelynek katódjából pl. **termikus emisszió** hatására **elektronok nyalábja** a **katódsugár** lép ki.

Azaz, amikor a katód anyagát melegítik, a **melegítés hatására elektronok lépnek ki a fémből**. Az így nyert elektronokat használják fel katódsugárcsőekben.



# Katódsugárcső

- Az időben változó elektromos jelek láthatóvá tételére alkalmas elektroncső. Lényeges része a **világító lumineszkáló ernyő**, amely a felgyorsított elektronok becsapódásának hatására világít. Ilyen katódsugárcső volt a régi televíziók képcsöve is.
- Az ábrán Thomson rajza látható.

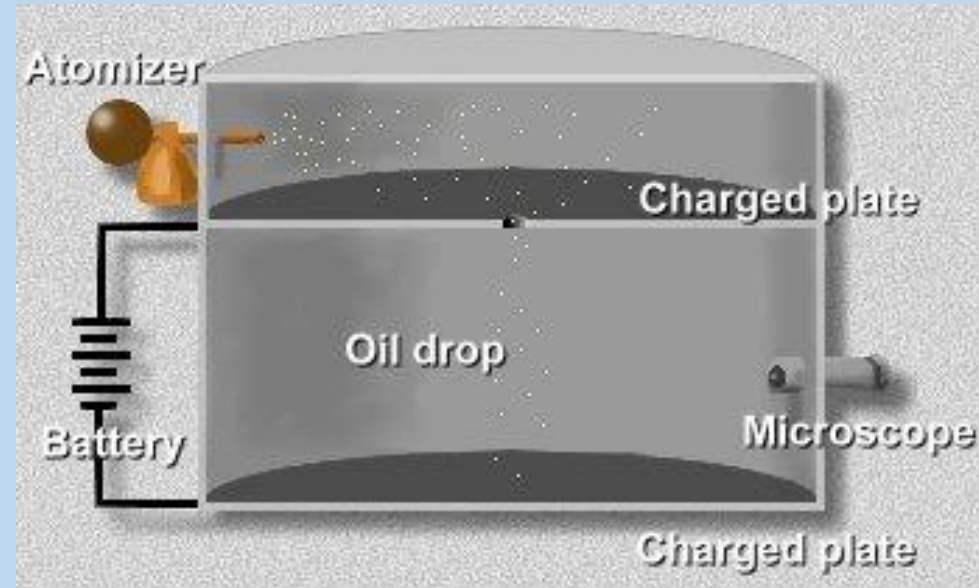


# Millikan 1911-es mérése, az elemi töltés meghatározása



**Robert Andrews  
Millikan** 1868-1953  
Nobel-díj 1923-ban

*Elektron töltése:*  
 $e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$



$$q \cdot E = m \cdot g$$
$$q = \frac{m \cdot g}{E}$$

Az elektron töltése az úgynevezett elemi töltés (jele:  $e$ ). Minden elektromosan töltött test töltése ennek az elemi töltésnek az egész számú többszöröse. Ezt bizonyította elektromosan töltött olajcseppek elektromos térben való mozgásának vizsgálata során.



Az elektron, mint hűtő

# Fizikai Nobel díj 1937-ben az elektrondiffrakció kimutatásáért

A **diffrakció**, vagy **elhajlás** a fizikában egy olyan hullámtani jelenség, mely a hullám terjedése közben következik be, ha a hullámhosszával összemérhető méretű akadállyal találkozik. Az elektrondiffrakció kimutatása **az elektron hullámtermészetét igazolta.**



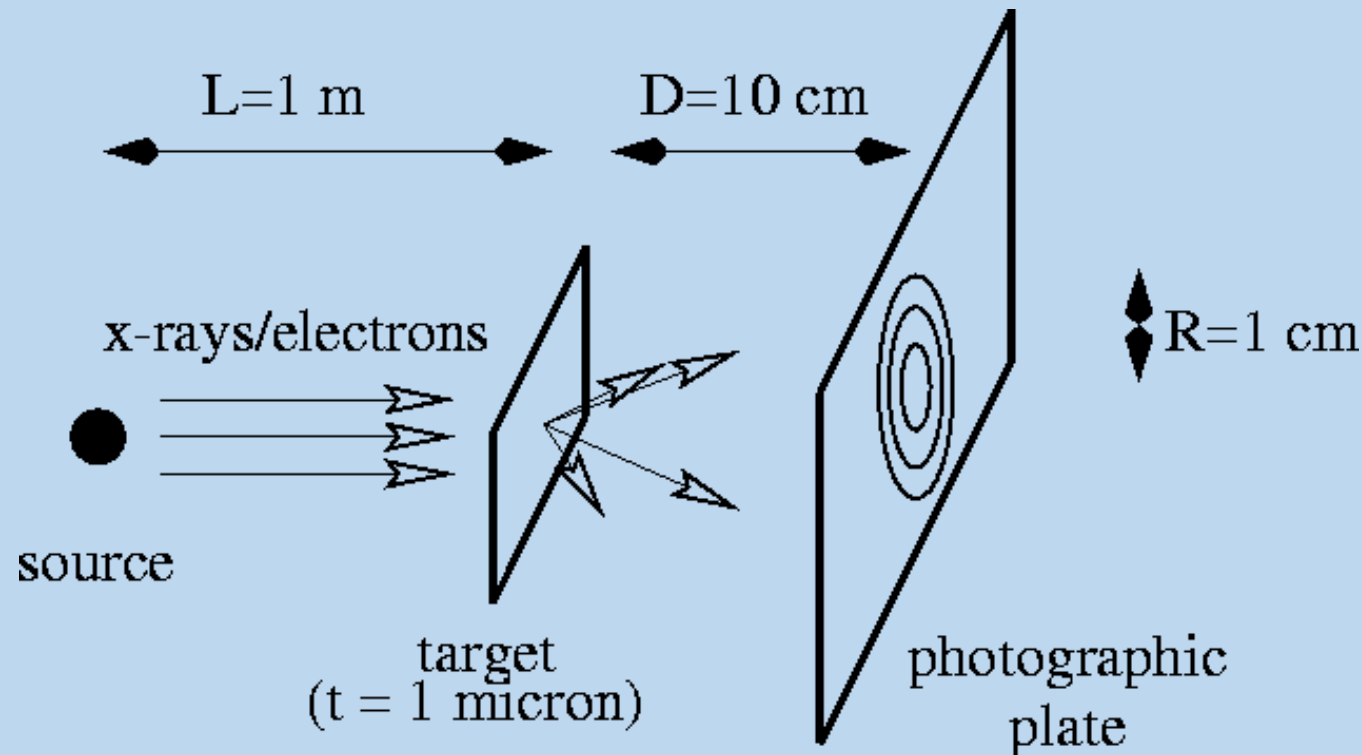
- **Clinton Joseph Davisson**  
(1881-1958)
- Megosztott díj



- **George Paget Thomson**  
(1892-1975 )
- Megosztott díj

# G.P. Thomson kísérlete

G.P. Thomson kísérlete volt az első tudatosan tervezett elektron - interferencia kísérlet. A kísérlet első változatát Thomson 1927-ben végezte el A. Reiddel közösen. Első kísérletükben 3900 és 16500 V között gyorsított elektronokat küldtek át  $3 \cdot 10^{-8}$  m vastag celluloidrétegen, és fényképészeti lemezen rögzítették az **elektroninterferenciára utaló gyűrűket**. A fotókon szabad szemmel csak egy gyűrű volt látható, sugaraik 3 és 5 mm köztiek.



# De Broglie 7. hercege, aki Nobel díjat kapott 1929-ben



**Louis-Victor-Pierre-Raymond, de Broglie 7. hercege**, akit általában **Louis de Broglie** néven ismerünk ( 1892 - 1987) Nobel-díjas francia fizikus.

- Albert Einstein és Max Planck munkásságára alapozta az **anyag hullám-részecske kettősségének elvét**: a de Broglie hipotézis szerint miszerint ***minden mozgó részecskéhez vagy objektumhoz tartozik egy hozzárendelt hullám.***
- Ezzel, a fény és az anyag fizikáját egyesítve teremtette meg a fizikában a ***hullámmechanikát***, amiért **1929-ben megkapta a fizikai Nobel-díjat.**
- Ennek egyik, látványos alkalmazása **az elektronmikroszkóp**, ami sokkal jobb felbontást ad az optikai mikroszkópnál, mivel az elektron hullámhossza a látható fényénél rövidebb.

# Az elektron mint hullám

- De Broglie 1924-ben doktori értekezésében fejtette ki részletesen forradalmi elméletét az elektronhullámokról. Dolgozat mindössze 3 és fél oldalas volt!)
- Az elektron hullámhossza a Planck állandónak és lendületének a hányadosa

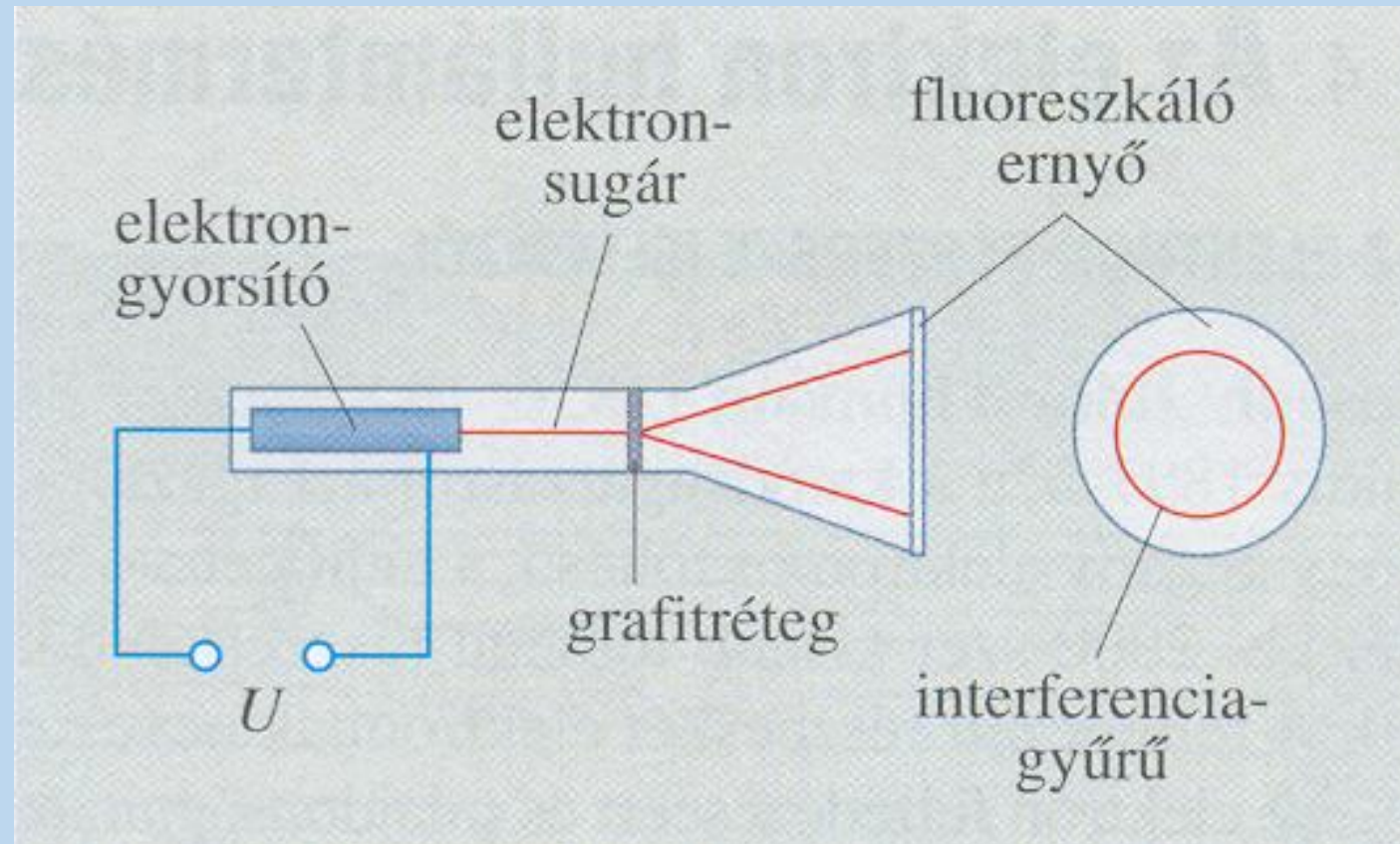


$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e \cdot v}$$

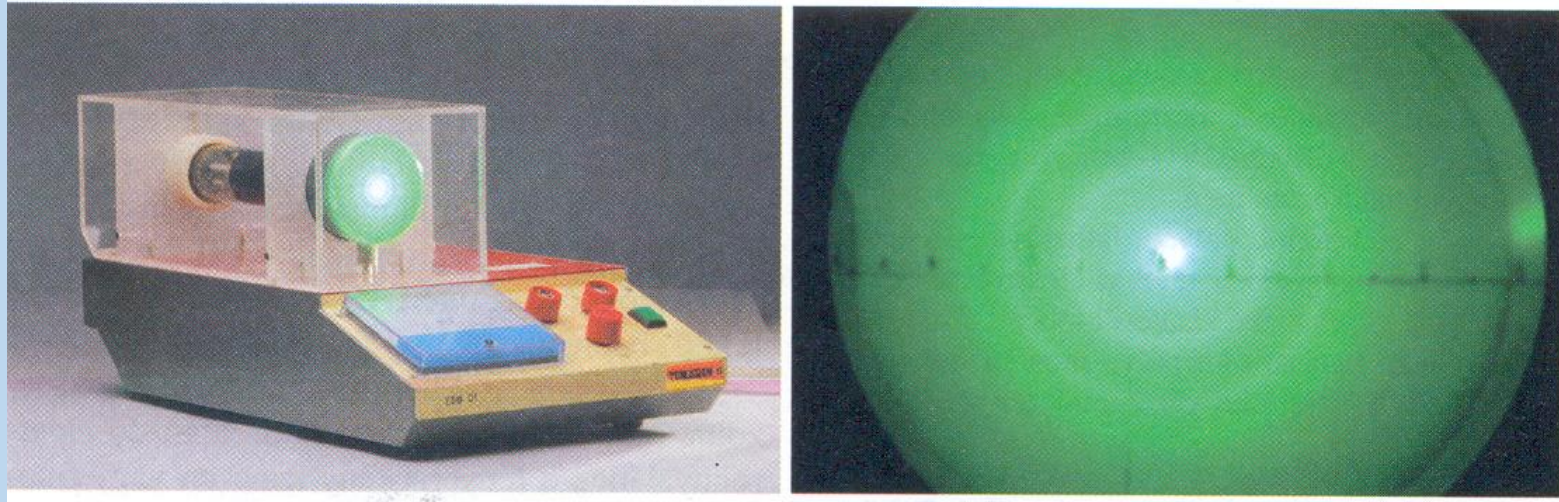
Minél gyorsabb az elektron, annál kisebb a hullámhossza.

# Elektrondiffrakciós készülék, amely sok iskolában megtalálható

Elektrondiffrakciós készülék elvi összeállítása

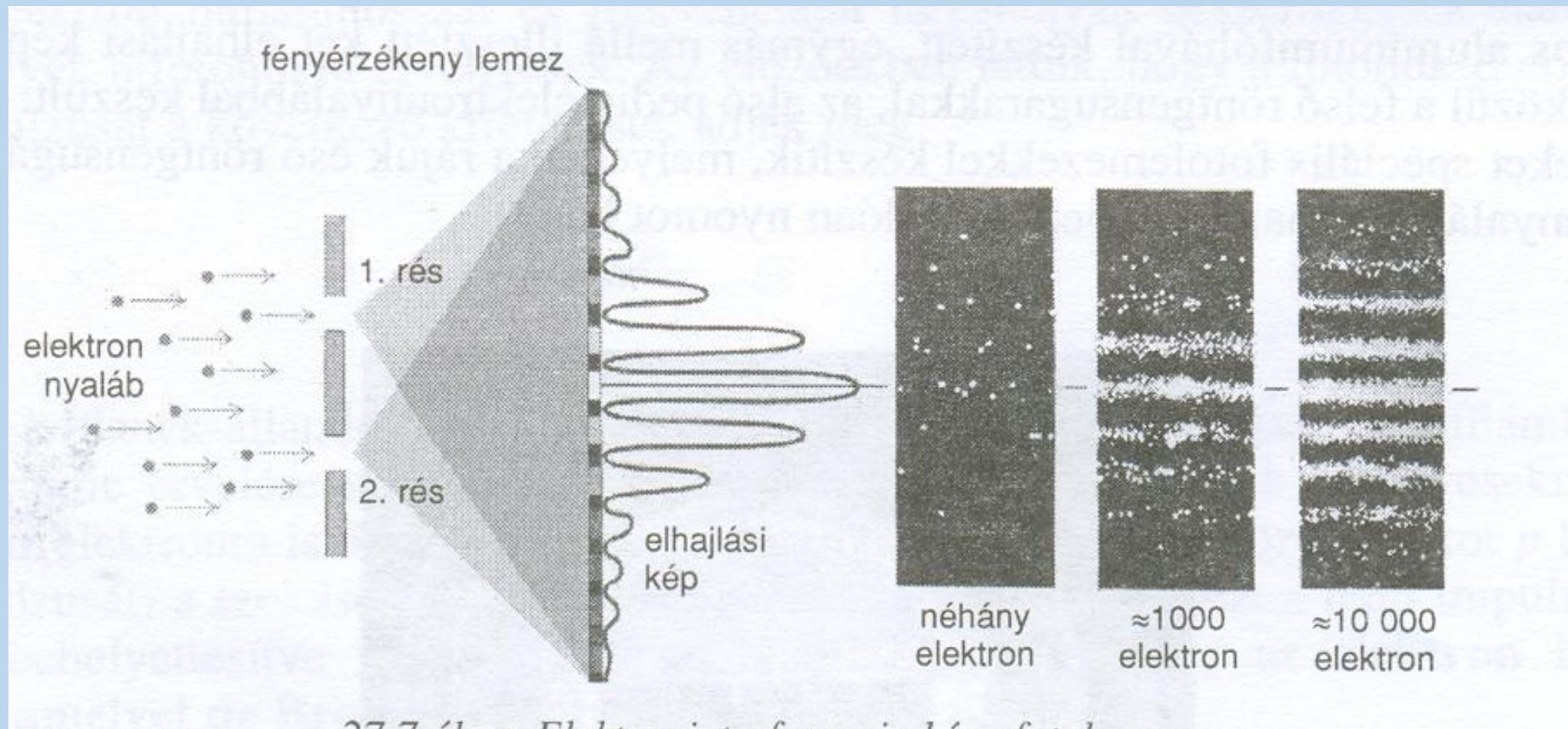


# Elektrondiffrakciós készülék



- Az interferencia léte hullámok találkozását jelzi!
- A készülékben  $L=11$  cm; a grafit rácsállandója  $d=1,4 \cdot 10^{-10}$  m. Az elsőrendű interferenciagyűrű átmérője  $h=3,4$  cm, ha 3000V gyorsító feszültséget alkalmaznak.
- A hullámhossz:  $\lambda=dh/2L=2,2 \cdot 10^{-11}$  m.

# Elektroninterferencia fotolemezen





# Nem csak az elektronra igaz a részecske-hullám tulajdonság

- Az elektronok mozgását a newtoni mechanikával nem lehet leírni, mivel az elektronnak **egyszerre vannak hullám- és részecske tulajdonságai is**. *De Broglie* javaslatára a foton mintájára minden részecskéhez rendeltek egy hullámtulajdonságot is.
- Az **m** tömegű, **v** sebességgel mozgó, azaz **p = mv** impulzusú részecskéhez rendelhető egy ún. **anyaghullámhossz**, mely az:
- $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$  képlet alapján vezethető le.

# Elektronmikroszkóp

Az izzókatódból kilépő elektronokat 10-100kV-al gyorsítják. A kondenzor lencse után párhuzamos nyaláb alakul ki. Az egész berendezést (a mintával együtt) vákuumba kell helyezni a levegő molekulákkal való ütközés elkerülése miatt. A minták elhelyezése zsilipezzel szokott történni.

