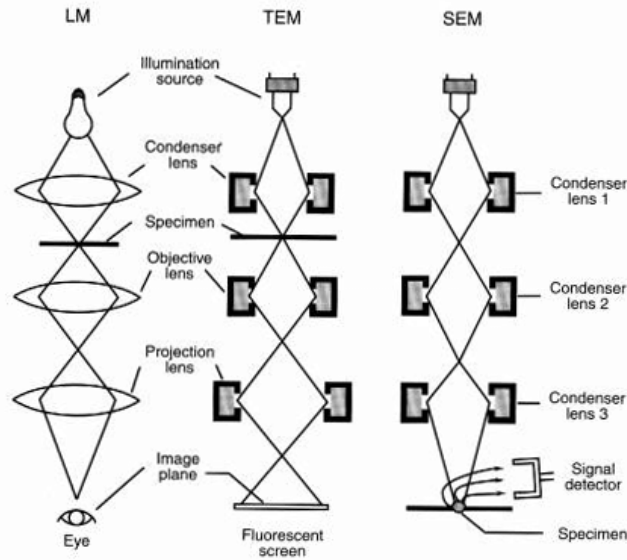


# Az elektronmikroszkóp

Az elektronmikroszkóp elődje a fénymikroszkóp (LM), amely a fény hullámtermészetét kihasználva tudja a szemünkkel is megfigyelhető, vizsgálható méretűre nagyítani a rendkívül kis tárgy részleteit. Ezt a kétszeresen fordított és nagyított képet két lencse – az objektív (tárgylencse) és az okulár (szemlencse) – hozza létre az ábrán látható módon.



Fénynek az emberi szemmel is érzékelhető, tehát nagyjából 400 - 800 nm hullámhosszú elektromágneses sugárzásokat nevezünk. A fénymikroszkóp ezt a hullámtermészetet használja ki, ezért csak a hullámhossznál nagyobb méretű tárgyak esetén működik. Ez az úgynevezett Abbe-feltételből adódik, ami szerint egy fénymikroszkóppal megfigyelhető legkisebb részlet mérete ( $d$ ) és a megfigyeléshez használt fény hullámhossza között a következő összefüggés áll fenn:

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot \sin \theta}$$

Az ennél finomabb részletek megfigyelése érdekében egy olyan részecskét kellett keresni, aminek a hullámhossza a fény hullámhosszánál jóval kisebb. Louis de Broglie 1924-es elmélete szerint minden részecskének – így az elektronnak is – olyan tulajdonsága van, mint a fotonnak, vagyis részecske- és hullám természete is van. Szerinte az elektron hullámtermészetéből fakadó hullámhossza a következő képlettel írható fel:

$$\lambda_{e^-} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Mіндеzt három évvel később a Davisson–Germer-kísérlet igazolta is, melyben egy katódsugárcsőben gyorsított elektronok útjába egy nagyon vékony grafitrácst helyeztek. Az ernyőn egy interferenciakép jött létre, ami csak az elektron hullámtermészetével magyarázható, valamint a mérések alapján a de Broglie által felírt hullámhossz képletet is igazolták.

Egy 50 V feszültséggel felgyorsított elektron hullámhossza a következőképpen számolható.  
A felgyorsított elektron energiája:

$$E = U Q$$

Az összes energiája mozgásra fordítódik, ezért:

$$U Q = \frac{1}{2} m v^2$$

Ebből a  $v$ -t kifejezve:

$$v = \sqrt{\frac{2 U Q}{m}}$$

Ezt beírva a de Broglie-féle képletbe:

$$\lambda_{e^-} = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{\sqrt{m} \sqrt{2 U Q}}$$

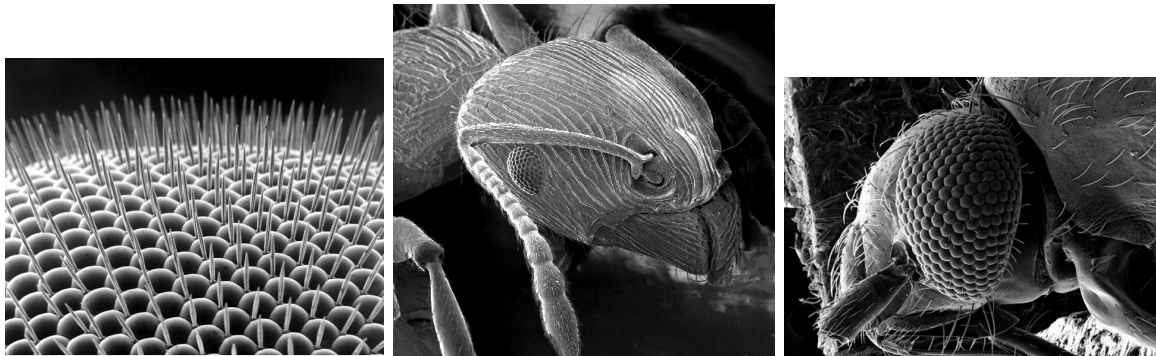
Tehát 50 V feszültség esetén:  $\lambda_{e^-} = 1,7375 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 1,7375 \cdot 10^{-1} \text{ nm}$ .

Megfigyelhető, hogy már 50 V feszültség esetében is három nagyságrenddel kisebb tartományú hullámhosszokról beszélünk, míg az elektronmikroszkópok között vannak, amik néhány száz kV feszültséggel működnek. Figyelembe véve, hogy a képletek alapján a hullámhossz fordítottan arányos a feszültség négyzetgyökével, 100 kV feszültség esetében a hullámhossz az 50 V esetén kiszámolt feszültségnek nagyjából a 40-ed része.

Mindezek alapján míg egy 400 nm hullámhosszú fényvel működő fénymikroszkóp esetén a legkisebb megfigyelhető részlet mérete (az Abbe-képlet alapján, valamint felhasználva, hogy  $n$  legfeljebb 1,5 lehet)  $d_1 = 1,63 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , addig egy 100 kV feszültségen működő elektronmikroszkóp esetén ez a méret  $d_2 = 1,58 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ . Tehát elektronmikroszkóp segítségével akár öt nagyságrenddel kisebb részleteket is láthatunk, mint amekkorákat fénymikroszkóppal megnézhetnénk.

Az elektronmikroszkópok alapelve ugyanaz, mint a fénymikroszkópoké – ahogy ezt az első ábra is összehasonlítja –, mindössze a felhasznált sugárzás különböző. A folyton fejlődő technológiáknak köszönhetően többféle elektronmikroszkóp is létezik. Három fő fajtája közül az első a transzmissziós elektronmikroszkóp (TEM), amely elektronsugaras átvilágítással végzi a tárgy megfigyelését. A második a reflexiós (sugár visszaverő) elektronmikroszkóp (REM), amely a tárgyról visszavert és megfelelően módosított sugarak segítségével alkot képet. A harmadik pedig a pásztázó elektronmikroszkóp (SEM), amely a tárgy mozgatásával annak felületéről pontról pontra állít elő képet az elektronsugarak és a tárgy kölcsönhatásából származó jelek segítségével. A kölcsönhatásból keletkező jelek az anyag adott felületére jellemzőek, ezért a minta különböző tulajdonságainak képszerű megjelenítése, vagy másfajta meghatározása is lehetővé válik. A SEM egyik előnye, hogy egyszerre nagy felbontású és nagyítású, valamint nagy mélységélességű képet tud alkotni.

Alább pásztázó elektronmikroszkóp által alkotott képek láthatók egy ecetmuslica összetett szerkezetéről, valamint két kép egy hangya különböző részeiről:



*(Czifrus Hanna)*

### *Források*

- 1 [https://hu.wikipedia.org/wiki/Feloldási\\_határ](https://hu.wikipedia.org/wiki/Feloldási_határ)
- 2 <https://hu.wikipedia.org/wiki/Elektronmikroszkóp>
- 3 [https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzmissziós\\_elektronmikroszkóp](https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzmissziós_elektronmikroszkóp)
- 4 [https://hu.wikipedia.org/wiki/Pásztázó\\_elektronmikroszkóp](https://hu.wikipedia.org/wiki/Pásztázó_elektronmikroszkóp)