

## De Broglieho hypotéza

[Comptonův jev](#) podal experimentální důkaz faktu, že [foton](#) ([kvantum elektromagnetického záření](#)), který byl považován za čistě vlnový jev, se chová zároveň také jako [částice](#). Tím se vymyká z rámce běžných představ klasické makroskopické fyziky. V roce 1924 přišel francouzský fyzik Louis de Broglie (1892 - 1987, Nobelova cena v roce 1929) s velmi odvážnou myšlenkou, která se později ukázala být geniální: Jestliže se kvantum elektromagnetického záření chová jako částice, proč by se ostatní objekty [mikrosvěta](#), které byly dosud považovány za částice v klasickém slova smyslu ([elektron](#), [neutron](#), [proton](#), [atomy](#), molekuly, ale i tělesa z nich vytvořená), nemohly chovat zároveň jako vlna?

L. de Broglie navrhl každé volně se pohybující částici, která má [energii](#)  $E$  a [hybnost](#)  $\vec{p}$ , přiřadit [frekvenci](#) a vlnovou délku analogickými vztahy, které platí pro fotony. To jsou sice částice s nulovou [klidovou hmotností](#), ale podle de Broglieho hypotézy by měly platit i pro částice s nenulovou klidovou hmotností. Podle de Broglieho lze psát:  $E = hf = mc^2$  a  $p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} = mv$  Potom je možné psát:  $f = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}$ ,  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ , kde  $v$  je [velikost rychlosti pohybu](#) částice a  $m$  je její klidová hmotnost.

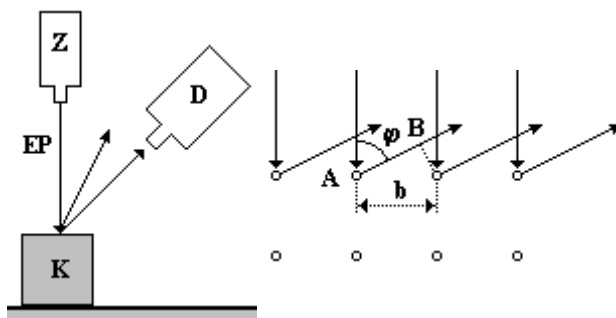
V případě, že se částice pohybuje [rychlostí](#) o velikosti blízké [velikosti rychlosti světla](#) ve [vakuu](#), označuje  $m$  [relativistickou hmotnost](#) částice.

Určitá energie a hybnost charakterizují stav rovnoměrně přímočaře se pohybující částice, určitá frekvence a vlnová délka zase postupnou rovinou vlnu. Oba tyto pohyby, které de Broglie spojil právě uvedenými vztahy, jsou ale pouze ideální. Žádná částice ani vlna se nemůže pohybovat v nekonečném prostoru po nekonečnou dobu.

De Broglieho myšlenka byla dost fantastická a neopírala se o žádné [experimenty](#). Nebylo také jasné, co má být vlastně podstatou de Broglieových vln, „co se vlastně vlní“ a jak jsou vlna a částice vzájemně spojeny. Většina fyziků proto nebrala jeho myšlenku vážně, pouze někteří (např. A. Einstein) si uvědomili její dosah a hloubku. Aby mohla být experimentálně potvrzena, bylo třeba ověřit, zda např. elektrony projevují takové vlastnosti jako je [difrakce](#) nebo interference.

První experimenty, které de Broglieho myšlenku potvrdily, provedli američtí experimentální fyzikové Clinton Joseph Davisson (1881 - 1958, Nobelova cena v roce 1937) s Lester Halbert Germer v USA a nezávisle na nich anglický fyzik George Paget Thomson (1872 - 1975, Nobelova cena v roce 1937, syn J. J. Thomsona) v Anglii v roce 1927.

V Davissonově - Germanově experimentu, který je schématicky znázorněn na obr. 16, dopadal svazek elektronů (elektronový [paprsek](#) EP) ze zdroje Z urychlený napětím několika desítek voltů na [monokrystal](#) niklu K a rozptýlené elektrony byly registrovány v závislosti na úhlu rozptylu  $\varphi$  detektorem D. Přitom byla pozorována [interferenční maxima](#) podobně jako při difrakci rentgenových [elektromagnetických vln](#). Je-li  $b$  vzdálenost atomů v krystalu ([mřížková konstanta](#)), můžeme podmínku pro tato maxima psát ve tvaru:  $|AB| = b \sin \varphi = k\lambda$ , kde  $k \in \mathbb{N}$  (viz obr. 17).



Urychlovací napětí  $U$  dodá elektronu s nábojem  $e$  **kinetickou energii**  $E_k = \frac{1}{2} m_e v^2 = eU$  a elektron se tedy bude pohybovat rychlostí o velikosti  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$ . Odpovídající vlnová délka de Broglieho vlny pak je  $\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{h}{\sqrt{2eUm_e}}$ .

Uvedený vztah platí pro nerelativistické částice. Pohybuje-li se částice rychlostí, jejíž velikost je srovnatelná s velikostí rychlosti světla ve vakuu, je nutno použít vztah mezi energií a hybností vyplývající z teorie relativity a klidovou hmotnost částice nahradit její relativistickou hmotností.

Vlnová délka se při napětích v řádech desítek voltů pohybuje v řádu  $10^{-10}$  m, což je délka srovnatelná s mřížkovou konstantou a vyhovující podmínce pro vznik interferenčního maxima. Davissonovy - Germanovy experimenty prokázaly, že se elektrony skutečně chovají jako vlny a umožnily určit jejich vlnovou délku (de Broglieho vlnová délka). Vzhledem k hodnotě vlnové délky elektronu bylo nutné použít jako „mřížku“ krystal, neboť začátkem 20. století nebylo možné vyrobit mřížku s takovou mřížkovou konstantou, která by byla srovnatelná s vlnovou délkou elektronu.

Tím byl dualismus částice - vlna (**korpuskulárně vlnový dualismus**) prokázán i pro částice. Proto je nutné si uvědomit, že pod pojmem *částice* se v mikrosvětě rozumí objekt, který vykazuje jak částicové vlastnosti, tak vlnové vlastnosti.