

## První Heisenbergova relace neurčitosti

Chceme-li změřit polohu nějaké [částice](#), „posvítíme“ si na ni nějakým zářením o vlnové délce  $\lambda$ . Při daném záření není možné rozeznat předměty menší než  $\frac{\lambda}{2}$ . Přesnost měření polohy (neurčitost polohy)  $\Delta x$  je tedy  $\Delta x \geq \frac{\lambda}{2}$ .

Jinými slovy, aby byl určitý objekt detekovatelný zářením o vlnové délce  $\lambda$ , musí mít velikost alespoň  $\frac{\lambda}{2}$ . Předmětům, které jsou menší, se vlna, která se „má strefit“ do předmětu, „vyhne“. Od předmětu se proto neodrazí a odražená vlna nedopadne do detektoru ([oko](#), [objektiv fotoaparátu](#), [objektiv kamery](#), ...).

Dopadem záření (tj. [fotonů](#)) na částici dojde zároveň k předání [hybnosti](#) ve stejném směru, v jakém dopadá záření. Nejmenší předání hybnosti nastává v případě dopadu jednoho fotonu, jehož velikost hybnosti je  $p = \frac{h}{\lambda}$ . Díky tomu se po [srážce](#) fotonu a částice změní hybnost částice o velikost  $\Delta p = \frac{h}{\lambda}$  (částice byla před dopadem fotonu v [klidu](#)). Dostáváme tedy:  $\Delta x \Delta p \geq \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2}$ . Tento vztah platí obecně. Užitím základních předpokladů kvantové teorie se při přesném odvození ukazuje, že spodní mezí uvedeného součinu je  $\frac{h}{4\pi}$ .

Vzhledem k tomu, že v [kvantové mechanice](#) se velmi často vyskytuje zlomek  $\frac{h}{2\pi}$ , bylo zavedeno označení  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ , přičemž  $\hbar = 1,0545 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \doteq 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ . Proto můžeme **1. Heisenbergovu relaci neurčitosti** psát ve tvaru:  $\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ :

**SOUČIN NEPŘESNOSTÍ, JICHŽ SE DOPOUŠTÍME PŘI SOUČASNÉM MĚŘENÍ POLOHY A HYBNOSTI ČÁSTICE, JE ROVEN NEJMÉNĚ  $\frac{\hbar}{2}$ .**

Právě odvozená [relace neurčitosti](#) říká, že čím přesněji známe polohu částice, tím neurčitější je informace o její hybnosti (a tedy je i větší rozptyl v určení její [kinetické energie](#)) a naopak. Zvětšuje-li se  $\Delta x$ , klesá  $\Delta p$  a naopak.

„Svíráme-li částici v hrsti“ víc a více, je stále neklidnější, pohyblivější a chová se bouřlivěji.

Podle [zákonů](#) kvantové mechaniky částice nemůže mít současně přesnou polohu a přesně určenou hybnost. Proto nemá smysl mluvit o tom, že se částice pohybuje po nějaké [trajektorii](#) nějakou [rychlostí](#)! Mluvíme pouze o pravděpodobnostech výskytu částice v prostoru.

Vzhledem k tomu, že částice, která byla při odvozování brána v úvahu, byla na začátku „pozorování“ v klidu, začala se pod vlivem srážky s fotonem pohybovat po přímce (ne po zakřivené trajektorii). Proto ve zcela správném zápisu 1. Heisenbergovy relace nevystupuje velikost hybnosti  $p$ , ale pouze velikost její  $x$ -ové složky  $p_x$ .