

Přesnost atomových hodin

Přesnost měření času je u [atomových hodin](#) závislá na hodnotě [energie](#) (resp. na [frekvenci elektromagnetického záření](#)), která je nutná k excitaci elektronu na vyšší [energetické hladiny](#). A tato energie se právě u jednotlivých [atomů](#) i téhož prvku liší. Důvody jsou dva.

Prvním důvodem je skutečnost, že atomy konají tzv. [tepelný pohyb](#) - pohybují se náhodně všemi směry. Proto vzniká u každého z nich jiný posun frekvence [fotonů](#) elektromagnetického záření, které může atom absorbovat (nastává tedy [absorpce](#) tohoto záření [elektronem](#)). Rozdílné posuny frekvencí jednotlivých atomů vyplývají z různých relativních [rychlostí](#) atomů vůči sobě a tedy i různého [Dopplerova jevu](#), který u jednotlivých atomů nastává. Tepelný pohyb je náhodný a rozdělení rychlostí molekul plynu závisí na [teplotě](#) plynu. S rostoucí teplotou plynu roste i [velikost rychlosti pohybu](#) atomů. V důsledku Dopplerova jevu jsou proto frekvence záření, kterým je možné atomy excitovat, různé. Proto tedy do detektoru atomových hodin dopadá maximální počet excitovaných atomů pouze pro určité intervaly frekvencí. A šířka tohoto intervalu ovlivňuje přesnost atomových hodin. Vliv této nepřesnosti lze omezit snížením teploty pracovního plynu.

V důsledku svého pohybu tedy atomy „vidí“ jinou frekvenci záření - pokud se např. k vlně letící proti nim přibližují, „vidí“ vyšší frekvenci - „kopečky“ a „dolíky“ vlny se střídají rychleji. Pokud se naopak atomy od vlny vzdalují, „vidí“ nižší frekvenci - „kopečky“ a „dolíky“ je dohánějí později. A to je podstata Dopplerova jevu.

Druhým důvodem odlišností energií nutných k excitaci atomů je nemožnost určení energie a času s libovolnou přesností, tj. druhá [Heisenbergova relace neurčitosti](#). [Excitovaný stav](#), do kterého se atom dostane, není totiž stabilní. Po určité době přechází elektron do stavu s nižší energií a emituje foton odpovídající frekvence (nastává tedy [spontánní emise](#)). Pravděpodobnost tohoto samovolného přechodu je pro různé atomy a energetické hladiny známa. U velkého souboru atomů lze poměrně spolehlivě odhadnout, za jak dlouho přejde určitý počet atomů do stavu s nižší energií. Doba, za kterou přejde do stavu s nižší energií polovina atomů, se nazývá **poločas vybíjení daného stavu**. Ve shodě s Heisenbergovou relací neurčitosti jsou tedy vhodné ty atomy a jejich stavy, které mají dlouhý poločas vybíjení; energie takového stavu je dána s menší neurčitostí (tj. je známa přesněji).

Proto se hledají další atomy, které by bylo možné použít ke konstrukci atomových hodin - např. rtuť, yterbium. Cesiové hodiny vykazují určitý [jitter](#), rubidiové hodiny mají relativně velký [wander](#). Proto se tam, kde je nutné měřit čas opravdu přesně (např. [satelity](#) systému [GPS](#)), používá více druhů atomových hodin a výsledný čas se získá jako průměr časů měřených jednotlivými hodinami.

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.