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