***Výměnný charakter silových interakcí

Uvažujme dvě částice *A* a *B* (viz obr. 209), které tvoří látku (tj. patří mezi fermiony a mají tedy poločíselný spin). Vyšle-li částice *A* částici *x* s celočíselným spinem (kvantum pole, virtuální částici), která zprostředkovává danou silovou interakci, změní zpětný ráz vzniklý při vyslání částice *x* rychlost částice *A*. Virtuální částice *x* se setká s částicí *B*, která ji pohltí. Při této srážce změní částice *B* svoji rychlost díky hybnosti, kterou jí předala částice *x*. Navenek celá situace vypadá tak, jako by mezi oběma látkovými částicemi *A* a *B* působila síla - v tomto případě síla odpudivá.

Tuto výměnu si lze představit tak, že si dvě osoby, z nichž každá stojí na jedné loďce na klidné hladině rybníka, vzájemně přehazují těžký míč.

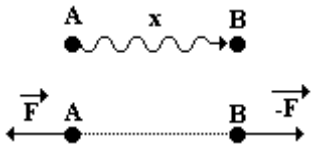
Tato zde velmi zjednodušená představa má své hluboké matematické základy, které ovšem vyžadují vysokoškolský matematický a fyzikální aparát.

Přitažlivou sílu lze popsat podobným způsobem, i když v této analogii velmi obtížně.

Jednou z variant je představit si dvě osoby stojící každá na své loďce na klidné hladině rybníka. Každá osoba má v ruce bumerang, který hodí po druhé tak, že bumerang danou osobu obletí a udeří jí zezadu. Tak jí předá příslušnou hybnost ve směru pohybu k první osobě. Analogicky se zachová s bumerangem i druhá osoba.

Částice zprostředkovávající silové interakce se nazývají virtuální částice (zdánlivé částice) proto, že na rozdíl od skutečných částic je nelze přímo zachytit v žádném přístroji. Svoji existenci ale dokazují měřitelnými projevy - hlavně jsou příčinou samotné silové interakce mezi částicemi. Za určitých předpokladů mohou být tyto částice pozorovány přímo. V tom případě se ale projevují jako vlny z klasické fyziky (světelné vlny, gravitační vlny, ...). Ty mohou vznikat třeba tehdy, když si látkové částice vyměňují virtuální částice. Např. elektrická odpudivá síla mezi dvěma elektrony je vyvolána výměnou virtuálních fotonů, které nikdy nelze přímo zaznamenat. Jestliže se však jeden elektron pohybuje kolem druhého, vznikají také skutečné fotony, které pozorujeme jako světelné záření.

Z hlediska energie částic se jedná o problém stojící částice *A*, která má na úkor své vnitřní energie uvolnit (vyslat) kvantum pole (virtuální částici) tak, aby toto kvantum mohla druhá částice (částice *B*) přijmout. Klasicky to není možné realizovat, neboť by došlo k porušení zákona zachování energie. Zde to možné je, neboť v mikrosvětě může být zákon zachování energie porušen v rámci Heisenbergovy relace neurčitosti $\Delta E.\Delta t \geq \hbar$.



Obr. 209

Maximální energie, kterou částice má, je klidová energie $E_0 = m_0 c^2$. Interakce mezi částicemi má proběhnout na vzdálenost *r*, tj. tuto vzdálenost musí virtuální částice za dobu Δt urazit.

A právě na tuto dobu si „půjčila“ energii.

V hrubém výpočtu neuděláme velkou chybu, budeme-li předpokládat, že se částice bude pohybovat rychlostí o velikosti rychlosti světla ve vakuu *c*. Pak podle Heisenbergovy relace neurčitosti dostaneme: $m_0 c^2 . \frac{r}{c} \doteq \hbar$, odkud lze pro vzdálenost *r* psát $r = \frac{\hbar}{m_0 c} = \lambda_x$. Tak jsme získali obecnou **Comptonovu vlnovou délku** virtuální částice *x*, která interakci způsobuje.

Částice přenášející silové interakce se nepodřizují Pauliho vylučovacímu principu (viz 4.2.2).

Tedy počet částic, které mohou být vyměněny, není omezen, a tak může vzniknout velmi intenzivní silové působení. Těžké interakční částice se ovšem vytvářejí a vyměňují obtížněji než částice s menší klidovou hmotností. Síly zprostředkované velmi hmotnými částicemi proto mají krátký dosah (viz právě odvozený vztah pro vzdálenost r). Na druhé straně silové částice (virtuální částice), které mají nulovou klidovou hmotnost (např. fotony), způsobují interakce dalekého dosahu.

© 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.