Čtyři silové interakce v přehledu

Zkoumáme-li interakce částic (srážky částic), dostáváme se na základní úroveň sil působících v přírodě. V současné době známe pouze čtyři druhy sil, kterými na sebe částice vzájemně působí:

Experimenty ukazují, že více druhů silových interakcí není. Z pohledu fyziky jsou postačující, protože každá síla, s níž se fyzikové setkávají, patří mezi jednu z těchto čtyř interakcí.

1. silná jaderná síla (*S*) - jedná se o projev interakce obecnější (tzv. barevné interakce), která souvisí se vzájemnou interakcí kvarků. Silná síla se projevuje na známých částicích (protony, ...), zatímco barevná se projevuje na úrovni struktury. Tato interakce je zodpovědná za jaderné síly, které drží pohromadě jádro atomu.

Proto je silná síla odpovědná za to, že objekty (hvězdy, lidé, ...) jsou těžké. Většina hmotnosti daného objektu je soustředěna právě v atomovém jádru.

2. elektromagnetická síla (*E*) - působí mezi všemi nabitými částicemi a způsobuje proto elektromagnetické jevy. Její velikost je nulová v nekonečné vzdálenosti od nabité částice. Tato interakce fixuje velikost atomů, strukturu pevné látky, způsobuje vazbu mezi elektronem a jádrem, ...

Elektromagnetická síla tedy vytváří objem objektů. Většina sil z běžného života (třecí síly, odporové síly, ...) jsou projevem právě elektromagnetické interakce.

3. slabá jaderná síla (*W*) - jedná o interakci, která způsobuje β rozpad. Podléhají jí částice, které nejsou nabité (např. neutrina).
4. gravitační síla (*G*) - ve světě částic je její účinek zanedbatelně malý. Její význam je ale dominantní pro astronomii - drží pohromadě soustavy nebeských těles (Sluneční soustava, galaxie, ...), formuje hvězdy, běžná vesmírná tělesa s rozměry nad 100 km, ... Na rozdíl od elektromagnetické interakce nelze gravitační interakci žádným způsobem odstínit.

Malý účinek této interakce v mikrosvětě je dán malou hmotností (resp. klidovou hmotností) objektů mikrosvěta. Jinými slovy gravitační síla je zanedbatelná ve srovnání s jinými silami, které působí mezi týmiž částicemi.

Slabá jaderná síla způsobuje při β rozpadu přeměnu neutronu na proton, elektron a antineutrino uvnitř jádra. To je děj, který se nemůže stát vlivem žádné jiné síly. Silná interakce drží protony a neutrony v jádře pohromadě, elektromagnetická interakce se snaží protony od sebe oddálit, ale ani jedna z nich nemůže změnit typ těchto částic. A gravitační síla to v žádném případě neudělá také.

Jednotlivé interakce přehledně zobrazuje tab. 5, v níž:

1. *Dosah* udává dosah dané interakce;
2. *Vazbová konstanta* udává relativní intenzitu dané interakce;

Je to vlastně „síla“ daného typu interakce.

3. *Střední doba života* udává střední dobu života částice, která je vázána danou interakcí;

Jedná se tedy o pravděpodobnost, kdy (a jestli vůbec) se daná částice rozpadne.

4. *Účinný průřez* je daný rozptylem dvou částic (počítáno pro případ, kdy jedna částice stojí a druhá nalétá s energií 10 GeV).

Na obr. 208 je znázorněn průběh intenzity *I* jednotlivých silových interakcí v závislosti na vzdálenosti částic *R*. Je vidět, že nejvíce se projevují rozdíly v intenzitách interakcí právě uvnitř atomových jader, jejichž typický rozměr je řádově $10^{-15}\ \mathrm{m} = 1\ \mathrm{fm}$.

Typ interakce		Působí na „náboj“	„Cítí“ jí částice	Prostředník	Dosah	Vazbová konstanta	Střední doba života	Účinný průřez
silná	S	barevný náboj	kvarky, gluony	gluony	10^{-15} m	1 - 10	10^{-23} s	4 fm^2
elektromagnetická	E	elektrický náboj	elektricky nabité	fotony	∞	$\frac{1}{137}$	10^{-22} s	10^{-4} fm^2
slabá	W	vůně	kvarky, leptony	W^+, W^-, Z^0	10^{-18} m	10^{-10}	10^{-23} s	10^{-11} fm^2
gravitační	G	hmota	všechny	gravitony	∞	10^{-38}		

tab. 5

Ve vzdálenosti 1 fm je relativně nejsilnější silná interakce, což umožňuje existenci stabilních jader atomů.

Tato interakce je vždy přitažlivá - bez rozdílu na náboj částice, která se v jádře atomu nachází. A dále než v jádru atomu nepůsobí!

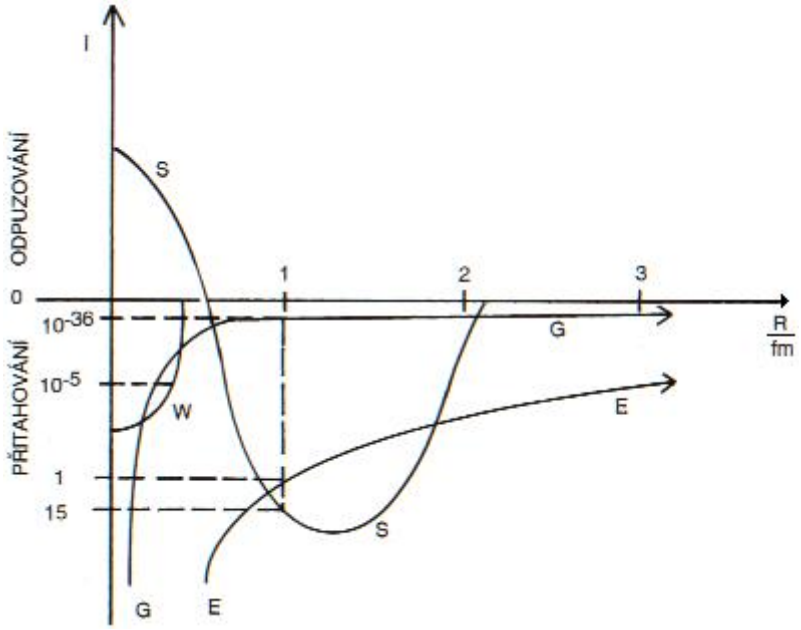
Elektromagnetická interakce je totiž přitažlivá jen pro částice s opačným elektrickým nábojem. Z grafu je také vidět, že slabá interakce se uplatňuje pouze uvnitř atomových jader. Gravitace a elektromagnetismus jsou jediné interakce dalekého dosahu, a proto se uplatňují i v makrosvětě resp. v kosmologii.

Poznámka: Stupnice intenzity na obr. 208 je silně nelineární - jinak by obrázek nebylo možné nakreslit tak, aby na něm byly interakce rozumně vidět.

O uvedených silových interakcích předpokládáme, že jsou zprostředkovány kvanty silových polí (virtuálními částicemi) a představujeme si vzájemné silové působení (silové interakce) tak, že si částice vyměňují tato kvanta.

Gravitační silové působení ve světě částic je sice univerzální tj. gravitačně na sebe vzájemně působí všechny druhy částic, ale je nejslabší. Zprostředkující kvanta gravitačního silového pole, tzv. **gravitony**, se zatím nepodařilo objevit. K jejich objevu by mohla napomoci registrace gravitačních vln z vesmíru a jejich zkoumání.

O to se fyzikové pokoušejí už od dob Alberta Einsteina, který gravitaci popsal v rámci obecné teorie relativity, ale teprve v nedávné době (cca od 90. let 20. století) se začaly stavět velké detektory gravitačních vln. Problém je ale v tom, že gravitační vlny, které na Zem dospějí, mají velmi malou amplitudu. Proto jsou velmi obtížně detekovatelné. A takové události ve vesmíru, které by byly zdrojem silnějších gravitačních vln, jsou velmi vzácné. Nicméně technika snad už brzy umožní rozumně detekovat i velmi slabé gravitační vlny, abychom se více dozvěděli i o této interakci.



Obr. 208

Elektromagnetické působení je nejlépe prozkoumáno a probíhá mezi částicemi, které mají elektrický náboj. Zprostředkující kvantum je **foton**, kvantum elektromagnetického záření.

V mikrosvětě se navíc setkáváme s dalšími dvěma druhy sil. Ty, které nazýváme **silné interakce**, tvoří podstatu jaderných sil, a tedy i jaderné energie. **Slabé interakce** se uplatňují při reakcích, kde vystupují neutrina, při radioaktivním β rozpadu, ...

K velkým úspěchům částicové fyziky patří objev částic, které zprostředkují slabé síly. Jedná se o tři částice: intermediální bosony $W^{\pm}$ a Z^0. Na rozdíl od fotonu mají nenulovou klidovou hmotnost, a to dokonce značnou; u $W^{\pm}$ jde o hmotnost, která je ekvivalentní energii 81 GeV a u Z^0 je to 92 GeV (zatímco u elektronu je to pouze 0,5 MeV). Existenci těchto částic předpověděli na základě teorie američtí fyzikové S. Weinberg (narozen 1933) a S. Glashow (1932) a pákistánský fyzik A. Salam (1926), nositelé Nobelovy ceny za rok 1979. Vzhledem k velké klidové hmotnosti intermediálních bosonů bylo možno očekávat jejich experimentální pozorování pouze na urychlovačích s dostatečně velkou energií. Podařilo se to italskému fyzikovi C. Rubbiovi (narozen roku 1934) a holandskému fyzikovi S. van der Meerovi (1925) a jejich spolupracovníkům na urychlovači SPS v CERNu a byli za to odměněni Nobelovou cenou v roce 1984.

© 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.