

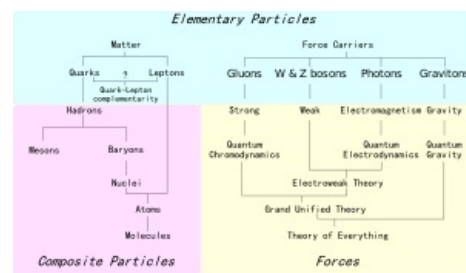
Standardní model částicové fyziky

Podle **kvantové teorie pole** vypracované v sedmdesátých letech (*Standardní model*) se veškerá hmota ve vesmíru skládá ze šesti druhů kvarků a šesti druhů leptonů, mezi nimiž mohou nastávat čtyři druhy *základních interakcí* (silná, slabá, elektromagnetická a gravitační). Tyto interakce jsou zprostředkovány tzv. *výměnnými* (neboli *intermediálními* či *zprostředkujícími*) *částicemi* příslušného pole.

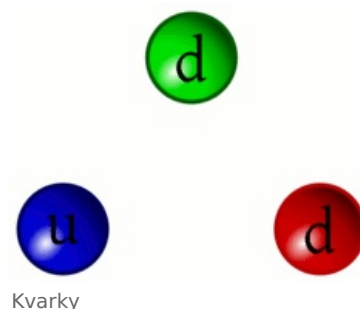
Fermiony a bosony

Podle hodnoty spinu dělíme částice na *fermiony* (poločíslný spin, jejich chování lze popsat *Fermiho-Diracovou statistikou* a chovají se podle *Pauliho vylučovacího principu*, který říká, že nemohou existovat dva fermiony s úplně totožnou energetickou charakteristikou) a *bosony* (celočíslný spin, popsány *Einstein-Boseovou statistikou*). Podle tohoto dělení *kvarky a leptony* (tj. základní stavební částice látkové formy hmoty) patří mezi *fermiony*, zatímco *intermediální částice* fyzikálních polí patří mezi *bosony*; uvedeme několik příkladů:

- **fermiony** (poločíslný spin):
 - leptony - např. elektrony, pozitrony, neutrina,
 - kvarky - skládají se z nich těžší částice např. nukleony,
 - některé složené částice, např. baryony,
- **bosony** (celočíslný spin):
 - intermediální částice - fotony, gluony atd.,
 - některé složené částice, např. mezony.



Elementární částice (rozdělení)



Základní fyzikální interakce

Tradičně fyzika uvažuje o čtyřech základních typech interakcí:

- **Elektromagnetická síla**
- **Gravitace**
- **Slabá interakce**
- **Silná interakce**

Tyto interakce dávají vzniknout následujícím polím:

Druh pole	Zdroj pole	Dosah	Kvantum
Elektromagnetické pole	elektrický náboj	neomezený	foton
Gravitační pole	hmotnost	neomezený	graviton (hypotetická částice)
Silné jaderné pole	barva	10^{-15} m	gluony
Slabé jaderné pole	vůně	10^{-18} m	intermediární bosony (W^+ , W^- , Z^0)

Standardní model je založen na objevech z 60. let, které ukazují, že je možno zkombinovat elektromagnetickou sílu a slabou interakci do jedné tzv. elektroslabé interakce.

Gravitace

Z řeckého gravis – těžký, je to obecná vlastnost všech těles.

Gravitační interakce, na rozdíl od ostatních interakcí, **působí bez výjimky na všechny částice**. Gravitační interakce je vždy **přitažlivá** a má **nekonečný dosah**, tzn. její účinky se nedají vyrušit. Tudíž je rozhodující silou mezi velmi vzdálenými objekty. Také ale platí, že ze všech interakcí je právě interakce gravitační tou **nejslabší**. Gravitační interakce působící mezi dvěma tělesy jsou tedy **vždy vzájemné**, což vyplývá i z třetího **Newtonova zákona**. Proto můžeme říci, že gravitace je **obecnou vlastností všech hmotných objektů**. Vzájemné silové působení dvou těles ale nedokážeme vždy pozorovat, projevuje se jen **pohybový účinek síly mnohonásobně hmotnějšího tělesa na druhém**, a to i přesto, že vzájemná **přitažlivá síla těchto těles je shodná**.

Gravitace je spojována s mnoha tématy, od struktury galaxií, vzniku černých děr, velkým třeskem, až po v praxi naprosto samozřejmé jevy jako je padání předmětů, nemožnost unést některá těžká tělesa apod.

Newtonův gravitační zákon – je nejstarší fyzikální teorie popisující gravitační interakce, je součástí klasické fyziky, tudíž se využívá především pro popis gravitačních interakcí slabých gravitačních polí a částic o **nízkých rychlostech ve srovnání s rychlostí světla**.

Obecná teorie relativity – popisuje gravitaci jako **zakřivení časoprostoru** způsobené vlastnostmi prostoru a času. Předpokládá existenci **gravitačních vln** (šířící se změny gravitačního pole), které se pohybují rychlostí světla. Využívá se pro silná pole a pro rychlosti blízké rychlosti světla. Do budoucna se uvažuje o **teorii kvantové gravitace**, která by měla být nástupcem obecné teorie relativity a měla by propojit kvantovou fyziku, elektrodynamiku, jadernou a částicovou fyziku s gravitací (teorií o prostoru a času). Hypotetickou částicí teorie kvantové gravitace je **graviton**.

Elektromagnetická síla

Jedná se o nejlépe prostudovanou silovou interakci, se kterou se běžně setkáváme například v televizorech, počítačích, rádiích, při přenosu světla nebo dokonce v nás samotných v podobě nervových vzruchů. Je **zodpovědná za tvar a objem těles**, neboť se stará o **soudržnost atomů, jejich velikost, strukturu látek a tvorbu chemických vazeb**. Její působení můžeme pozorovat jako projev odporových nebo třecích sil.

Elektromagnetická síla je **dalekodosahová** a se vzdáleností klesá její síla **kvadraticky**. Působí pouze **na nabitě částice**. Může být buď odpuzivá nebo přitažlivá. Pokud má jedna částice náboj kladný a druhá záporný, vznikne **síla přitažlivá**, pokud mají obě částice náboj shodný, bude mezi nimi **síla odpuzivá**. Částice ale mohou mít i **neutrální elektrický náboj**, potom mezi nimi elektromagnetická **síla působit nebude**.

O elektromagnetické síle často uvažujeme, jako kdyby byla složena ze dvou polí- elektrického a magnetického. Mezi těmito poli však existuje úzký vztah, nelze je zkoumat zcela odděleně a proto např. u elektromagnetického vlnění hovoříme o **elektrické a magnetické složce, které jsou vzájemně kolmé**.

Intermediálními částicemi elektromagnetické síly jsou **fotony**. I když elektromagnetická síla působí mezi nabitými částicemi, fotony samy o sobě **žádný náboj nenesou**.

Elektromagnetická interakce má svou teorii v klasické i kvantové fyzice:

V klasické fyzice elektromagnetické interakce popisuje např.:

- Coulombův zákon (síly mezi dvěma náboji),
- Gaussův zákon elektrostatiky (tok intenzity elektrického pole),
- Lorentzova síla (náboj pohybující se v elektrickém a magnetickém poli),
- Ampérův zákon (elektrický proud vytváří magnetické pole),
- Biotův-Savartův zákon (elektromagnetická indukce),
- Maxwellovy rovnice (elektromagnetické vlnění).

Elektromagnetické síly v kvantovém světě popisuje kvantová elektrodynamika. Nejdůležitějším odtud pramenícím poznatkem (zejména pro biofyziku) je zjištění, že naprostá většina pozorovaných jevů (např. chemické vazby, interakce záření s hmotou atd.) je **důsledkem vzájemných interakcí mezi fotony a elektrony**. Tyto *foton-elektronové interakce* dobře znázorňují Feynmanovy diagramy.

Slabá interakce

Slabých interakcí se účastní leptony a hadrony, projevují se v rozpadech neutronu či mionu. Mají **velmi malý dosah** 10^{-17} m a jejich intermediálními částicemi jsou **bosony W^+ , W^- , Z^0** .

Při nízkých energiích (do 20 GeV) jsou dosti slabé, proto jsou označovány jako slabé interakce. Při vyšších energiích jsou přibližně stejně silné jako elektromagnetické interakce.

Podílí se na β rozpadu neutronu, kdy za účasti bosonu W^- dojde ke vzniku protonu, elektronu a elektronového antineutrína.

Slabou interakci společně s elektromagnetickou silou popisuje **elektroslabá teorie**.

Silná interakce

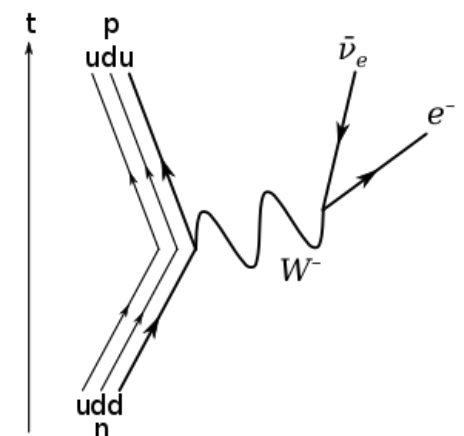
Působí mezi kvarky, které tvoří **hadrony**. Její náboj se označuje jako **barevný náboj**. Má **pouze malý dosah**, řádově 10^{-15} m, a je **nejsilnější ze základních interakcí**. Zprostředkujícími částicemi této interakce jsou **gluony**.

Poutá k sobě nukleony (**zbytková silná interakce**) a je zodpovědná za velmi rychlý rozpad hadronů.

Kvantová chromodynamika (QCD) popisuje chování částic při silných interakcích.

Intermediální částice

- gluon
- foton
- bosony W^+ , W^- a Z^0
- graviton



β rozpad neutronu

Základní částice hmoty

Elementární částice

Terminologický problém: Pojem „elementárních (základních) částic“ jako nejjednodušších stavebních prvků hmoty je **závislý na stavu poznání** v dané době. Postupně se tento termín používal pro hadrony (protony, neutrony...), leptony a kvarky (v rámci tzv. *Standardního modelu*) a s pokračujícím poznáním se tento termín může přesunout k dalším částicím, tak jak se nám budou zdát „elementárními“. Proto je lépe se pojmu „elementárních částic“ vyhnout.

Leptony a kvarky

1. **Leptony** (neinteragují se silnou jadernou silou; elektrony a elektronová neutrina, miony a mionová neutrina, tauony a tauonová neutrina).
2. **Kvarky** (vůně: up, down, charm, strangeness, bottom, top; barva: červená, zelená, modrá; náboj $-1/3$ nebo $+2/3$).

Fundamentální částice mají **spin $\pm 1/2$** a ke každé existuje antičástice (stejná hmotnost, opačná točivost spinu, opačný magnetický moment, náboj i barva).

Kvarky se mohou skládat v **hadrony** (podmínky: celočíselný náboj a bílá barva), **mesony** (kvark a antikvark; celočíselný spin) a **baryony** (3 kvarky, neceločíselný spin; proton a neutron).

Složené částice

Hadrony

- **mezony**
- **baryony:**
 - nukleony
 - hyperony

Částice alfa

V částicové fyzice jsou za alfa částice považována jádra ${}^4\text{He}$. Částice se skládá z 2 neutronů a 2 protonů, celkový náboj této částice je $+2e$, značíme ji α nebo He^{2+} . Alfa částice má nenulovou klidovou hmotnost, tudíž se pohybuje rychlostí **vždy menší než rychlost světla**. Proud částic α označujeme jako **alfa záření**, vzniká při **alfa rozpadu**.

Antičástice

Antičástice je ve své podstatě „opakem“ částice. Antičástice a k ní příslušná částice mají stejnou hmotnost, spin a střední dobu života, liší se od sebe elektrickým nábojem, magnetickým momentem, baryonovým a leptonovým číslem, izospinem a podivností. Antičástice se řídí stejnými fyzikálními zákony jako částice.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Antičástice.*

Kvazičástice

Kvazičástice jsou koncept především fyziky kondenzovaných látek. Nejedná se o částice v pravém slova smyslu, jde o vzruch šířící se daným prostředím, který je výhodné pro potřeby další analýzy pokládat za částici. Pomocí kvazičástic lze analyzovat některé složité fyzikální děje.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Kvazičástice.*

Odkazy

Související články

- Atom
- Atomové jádro
- Comptonův rozptyl
- Hadrony
- Základní částice hmoty

Externí zdroje

- Elementární částice
- Záznam přednášky: Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc., FEL ČVUT, Astrofyzika 03 (<https://avc-cvut.cz/avc.php?id=1869>) (Výtečná přednáška! – cca 500 MB)
- Systematický přehled elementárních částic (<https://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>) na

Použitá literatura

- MACHÁČEK, Martin a Zuzana FOGLAROVÁ. *Encyklopedie fyziky*. 1. vydání. Praha : Mladá fronta, 1999. 408 s. Kapitola 6: Kvantová fyzika. ISBN 80-204-0237-3.
- KATEDRA DIDAKTIKY FYZIKY, MFF UK V PRAZE,, et al. *FyzWeb* [online]. [cit. 2013-11-29]. <<http://fyzweb.cz/materialy/sily/obecne/inter.php>>.
- REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2013-11-29]. <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/894-ctyri-silove-interakce-v-prehledu>>.
- NEZNÁMÝ, Autor. *aldebaran* [online]. [cit. 2013-12-04]. <<https://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>>.
- WAGNER, Vladimír. *Objective Source E-Learning* [online]. [cit. 2013-12-04]. <<http://www.osel.cz/3457-jak-se-vyznat-ve-vsemoznych-casticich.html>>.
- VELTMAN, Martinus. *Fakta a záhady ve fyzice elementárních částic*. 1. vydání. Praha : Academia, 2007. ISBN 978-80-200-1500-6.