



# Hmotnost elementárních částic

fyztyd.  
FYZIKÁLNÍ TÝDEN

Jana Kubištová<sup>a</sup>, Pavel Zhánal<sup>b</sup>, Karel Kolář<sup>c</sup>



<sup>a</sup> Gymnázium Václava Hrabete Horovice, Jiráskova 617



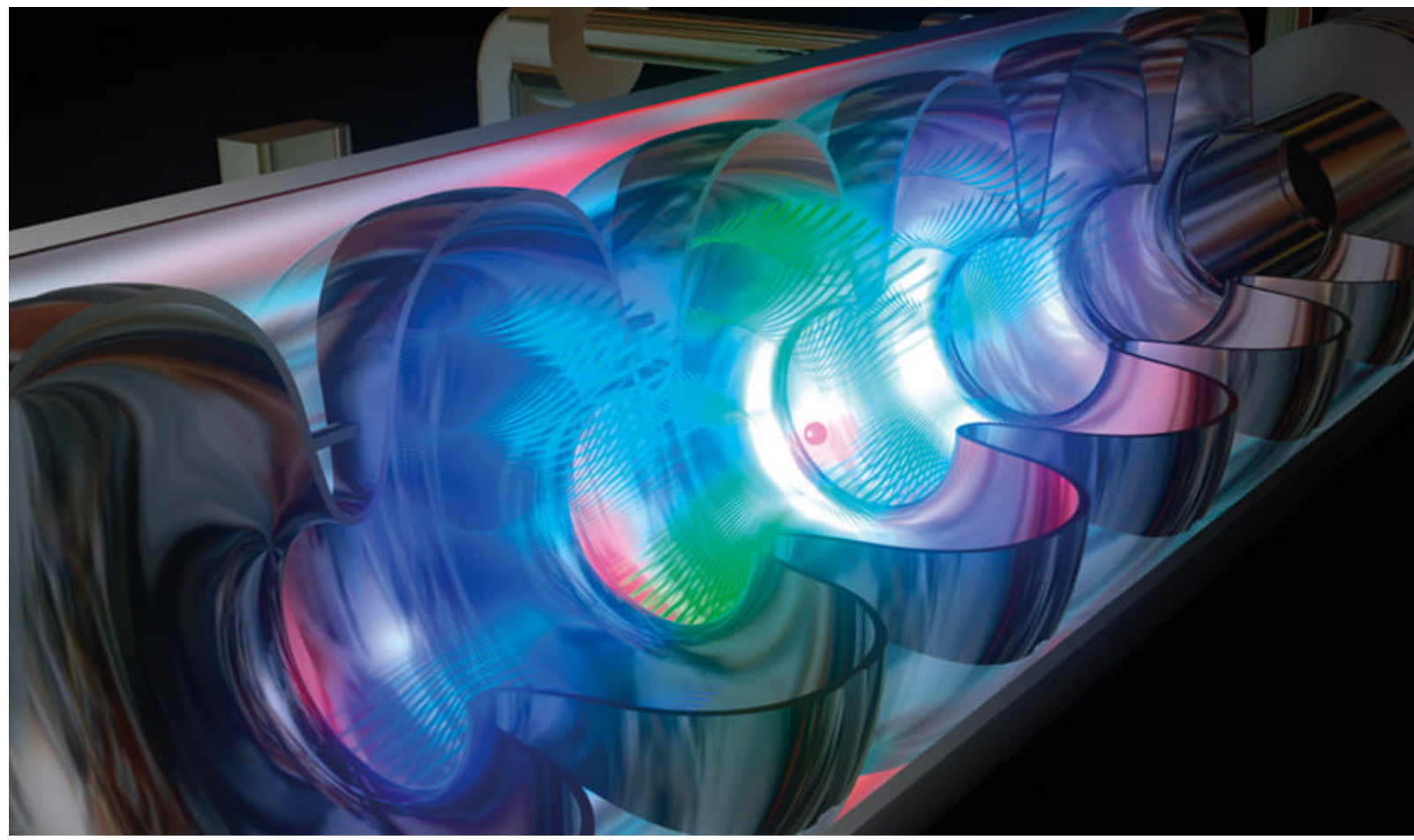
<sup>b</sup> SPŠ Trebíč, Manželu Curieových 734



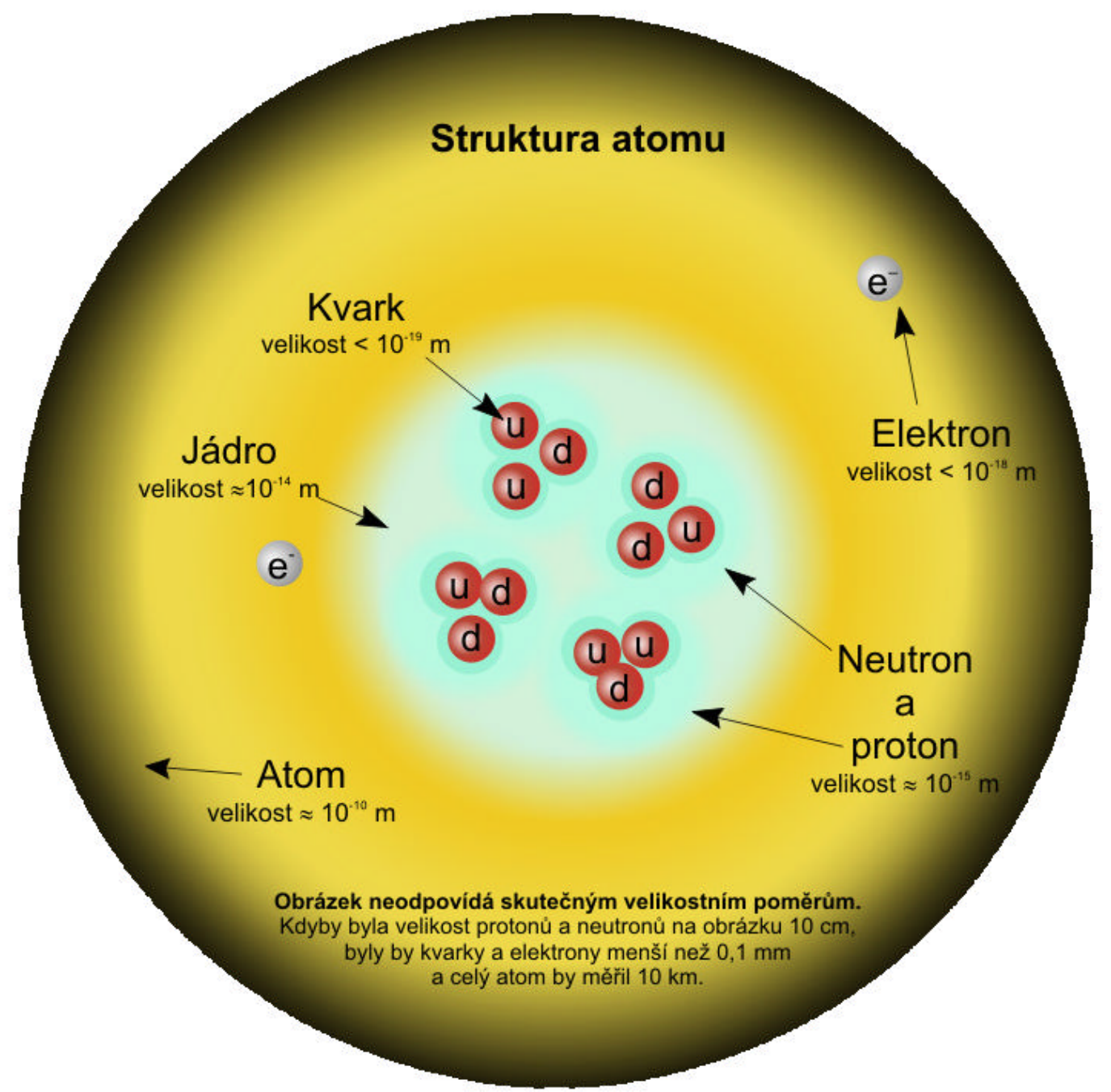
<sup>c</sup> Gymnázium, Špitálská 2, Praha 9

## Abstrakt

Zjišťovali jsme co možná nejvíce informací o elementárních částicích, ze kterých se skládá látka. Některé částice, které byly ještě donedávna považovány za nedelitelné, chápeme dnes jako složené z jiných částic, dále máme i částice, které zprostředkovávají různé fyzikální interakce. Pokusili jsme se vytvořit přehled techto částic a porovnat jejich hmotnosti v klidu s jejich hmotností ve vazbe.



Srážka částí v lineárním urychlovači (ILC) – umelecká vize



Obrázek neodpovídá skutečným velikostním poměrům. Kdyby byla velikost protonu a neutronu na obvodu 10 cm, byly by kvarky a elektrony menší než 0,1 mm a celý atom by měl 10 km.

Vlastnosti	Interakce	Gravitační	Slabá (Elektroslabá)	Elektromagnetická	Základní	Silná
„Náboj“, na který působí:		hmota	vůně	elektrický náboj	barevný náboj	viz. odstavce o zbytkové silné interakci
Částice, které ji cítí:		všechny	kvarky, leptony	kvarky, gluony	kvarky, gluony	hadrony
Zprostředkující částice:		graviton (dosud neobjeven)	$W^+$ $W^-$ $Z^0$	$\gamma$	gluony	mesony
Síla v poměru k elektromagnetické mezi dvěma u kvarky ve vzdálenosti $10^{-16}$ m		$10^{-41}$	0.8	1	25	nejtýká se kvarků
... a mezi dvěma protony v jádře		$10^{-41}$	$10^{-6}$	1	60	nejtýká se hadronů
		$10^{-38}$	$10^{-7}$	1		20

Název	Hmotnost GeV/c <sup>2</sup>	Elektrický náboj
$g$ gluon	0	0

Název	Hmotnost GeV/c <sup>2</sup>	Elektrický náboj
$\gamma$ foton	0	0
$W^+$ $W^-$ $Z^0$	80.4 80.4 91.188	-1 +1 0



**Pauliho vylučovací princip:**  
Žádné dva nerozlišitelné fermiony nemohou být ve stejném kvantovém stavu.

Všechny fermiony mají necelocíselný spin (mají vnitřní moment hybnosti, jehož hodnota je  $\hbar/2$  (redukováná Planckova konstanta) krát polovina lichého celého čísla). V teorii kvantové mechaniky jsou fermiony popisovány jako „antisymetrické stavy“.

Příkladem aplikace Pauliho vylučovacího principu je plnění atomového obalu elektrony: v elektronovém obalu daného atomu může být v konkrétním kvantovém stavu popsán kvantovými čísly  $n, l, m, s$  nejvýše jeden elektron - v daném kvantovém stavu nemohou existovat dva elektrony současně, každé dva elektrony v obalu se liší v hodnotě alespon jednoho kvantového čísla.

Za tuto práci dostal Nobelovu cenu roku 1945.

## Fermiony

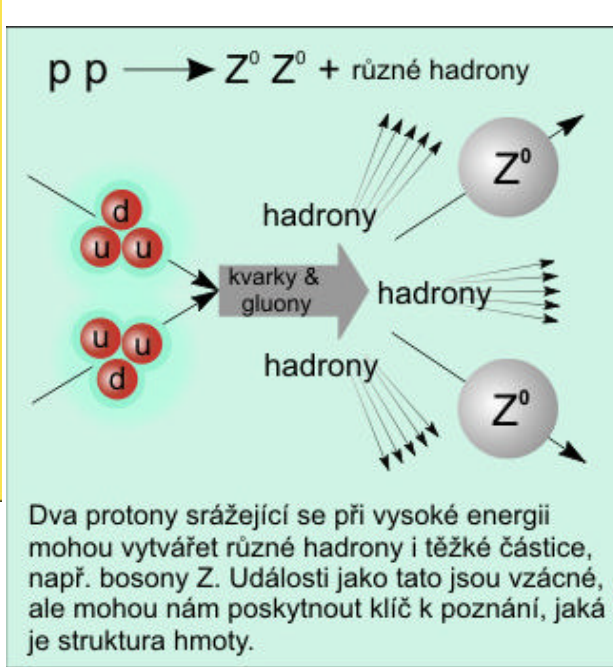
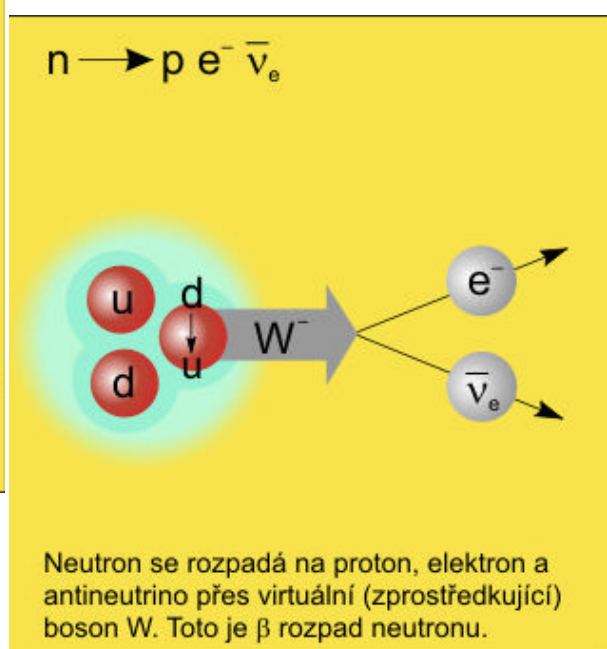
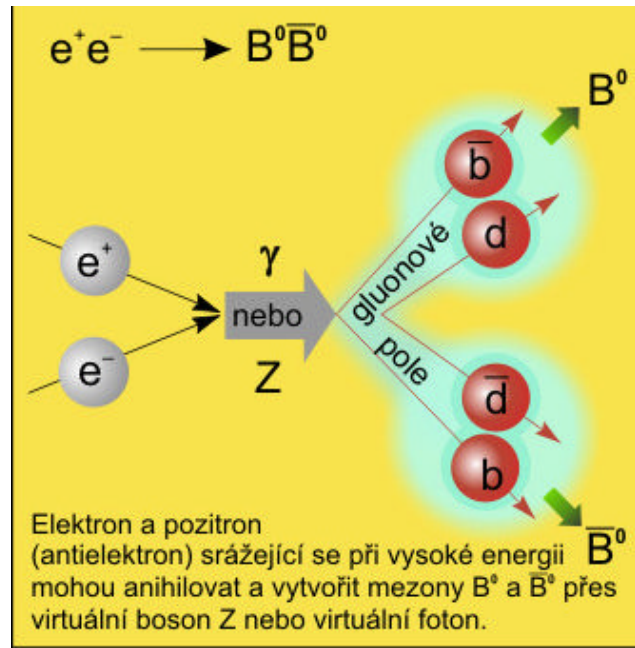
Fermiony mají polocíselný spin, patří sem všechny leptony a kvarky a všechny baryony. Právě kvůli Pauliho vylučovacímu principu různé elektrony v atomovém obalu zaujímají různé kvantové stavy a tím vytvářejí rozmanité chování chemických prvků.

**Intermediální částice** obklopují částice podléhající interakci.

Pojem pole (elektromagnetické, slabé, silné, gravitační) tak neznamená nic jiného než tento oblak intermediálních částic.

Jde o tyto částice:

fotony  
gluony  
graviton  
 $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$



**Baryony** jsou částice složené ze tří kvarků z nichž každý musí mít jinou barvu. Tri kvarky lze kombinovat tak, že výsledný spin je roven 1/2 nebo 3/2.

Rozdělení baryonů:

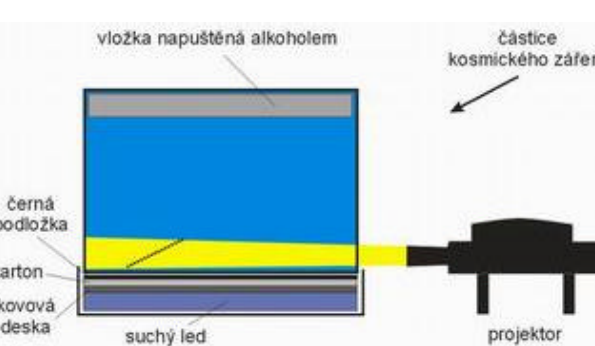
- hyperony - částice obsahující s kvark
- nukleony – jaderné částice: proton (těžká částice s hmotností 1, 67·10<sup>-27</sup> kg, má kladný náboj) a neutron (o necelé 2 promile těžší než proton)

Generace kvarků:

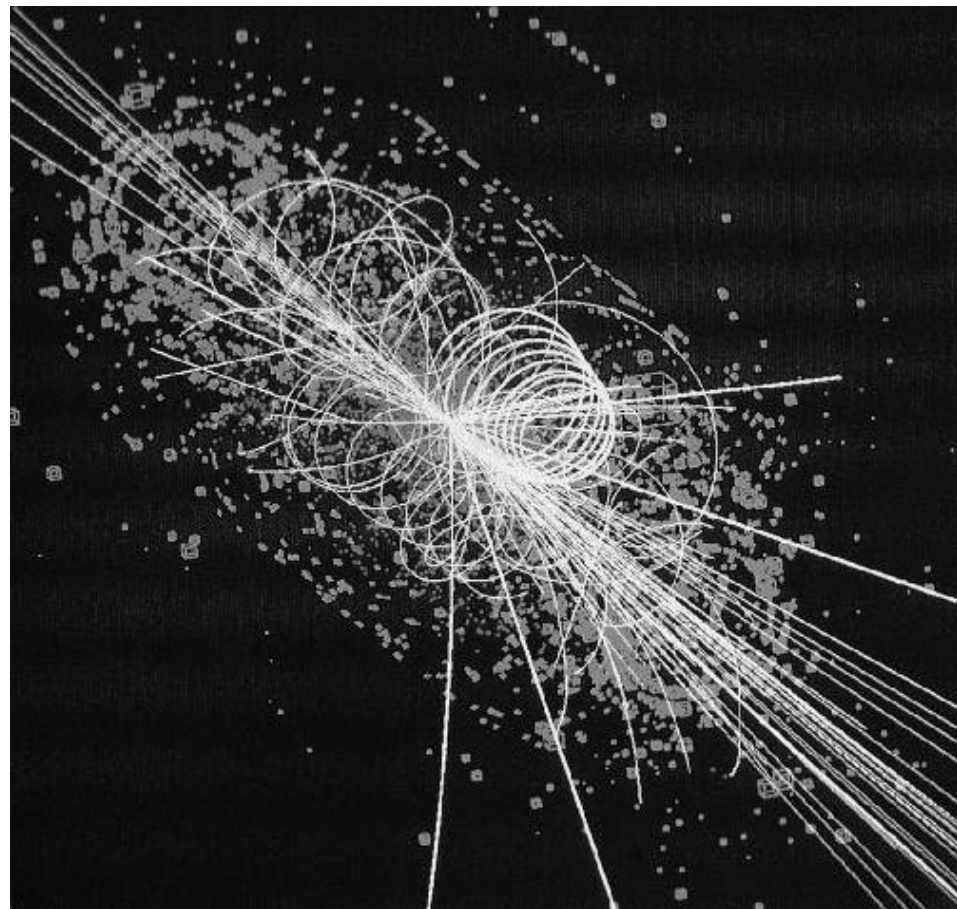
- generace – kvarky d, u a jejich antikvarky – běžně se vyskytují v přírodě
  - generace – kvarky s, c – v částicích kosmického záření (např. hyperony)
  - generace – kvarky b, t – dokážeme je připravit umele na urychlovacích
- Existuje také mnoho hadronu složených z kvarků, které nejsou v základním stavu. Známých hadronů je více než 200.

## Kvarky

Z kvarků jsou tvořeny těžké částice s vnitřní strukturou (proton, neutron a mezony). Podléhají interakci silné, slabé i elektromagnetické. Podle kvantové charakteristiky nazvané "vůně" je šest kvarků u, d, s, c, b, t. Toto označení vychází z anglických slov "up" (protonový), "down" (neutronový), "strange" (podivný), "charmed" (pouvabný), "bottom" (spodní) a "top" (svrchní). Každá vůně se přitom vyskytuje ve třech "barvách", což je další kvantová charakteristika, a to červené, zelené a modré.



**Higgsovy částice** – zatím nenalezené částice, které by v přírodě mely způsobovat spontánní narušení symetrie elektroslabé interakce. Podstatnou úlohu hrají v teorii elektroslabé interakce, kde způsobují nenulovou hmotnost intermediálních částic slabé interakce a její konečný dosah. Tyto částice by také mely rozhodnou měrou ovlivnit počáteční fázi našeho Vesmíru. Vytvářejí vakuový kondenzát v celém Vesmíru, který může odstartovat inflační vývojovou fázi Vesmíru. Po částicích se intenzivně pátrá a mely by být detekovatelné v současné době stavenými urychlovací (LHC – projekt ATLAS).



## Záver

Vyhledali jsme si informace o elementárních částicích a seznámili jsme se s některými novými poznatky, které ještě nejsou vědecky overené. Pracovali jsme se standardním modelem, který je dnes považován za obecně platný a velmi dobře popisuje vlastnosti elementárních částic.

## Reference:

- [http://www.volny.cz/itolber/psaci/fyzika/\\_/Image263.gif](http://www.volny.cz/itolber/psaci/fyzika/_/Image263.gif)
- <http://www.jan.curn.info>
- <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/subatom/castice/osnova.html>
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rn%C3%AD\\_%C4%8D%C3%A1stice](http://cs.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rn%C3%AD_%C4%8D%C3%A1stice)
- <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/interakce/particles.html>
- <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni\\_model\\_1.jpg](http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni_model_1.jpg)
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pauliho\\_vyluc%C3%A1vac%C3%AD\\_princip](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pauliho_vyluc%C3%A1vac%C3%AD_princip)
- [http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc\\_kollision\\_hr\\_ger.jpg](http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc_kollision_hr_ger.jpg)
- <http://www.physto.se/~grulab/studmat/fys2004/fy1200/hemsidan/pics/bubble-chamber2.jpg>
- [http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc\\_kollision\\_hr\\_ger.jpg](http://zms.desy.de/e548/e550/e6947/e242/imageobject248/ilc_kollision_hr_ger.jpg)
- [http://www.physics.adelaide.edu.au/theory/staff/leinweber/VisualQCD/Nobel/VacuumRespAction16t32\\_YshapeCSSMcover.jpg](http://www.physics.adelaide.edu.au/theory/staff/leinweber/VisualQCD/Nobel/VacuumRespAction16t32_YshapeCSSMcover.jpg)
- [http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni\\_model\\_1.jpg](http://ipnp00.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/outreach/standardni_model_1.jpg)
- Naše vlastní mozky
- Mozek supervizora

