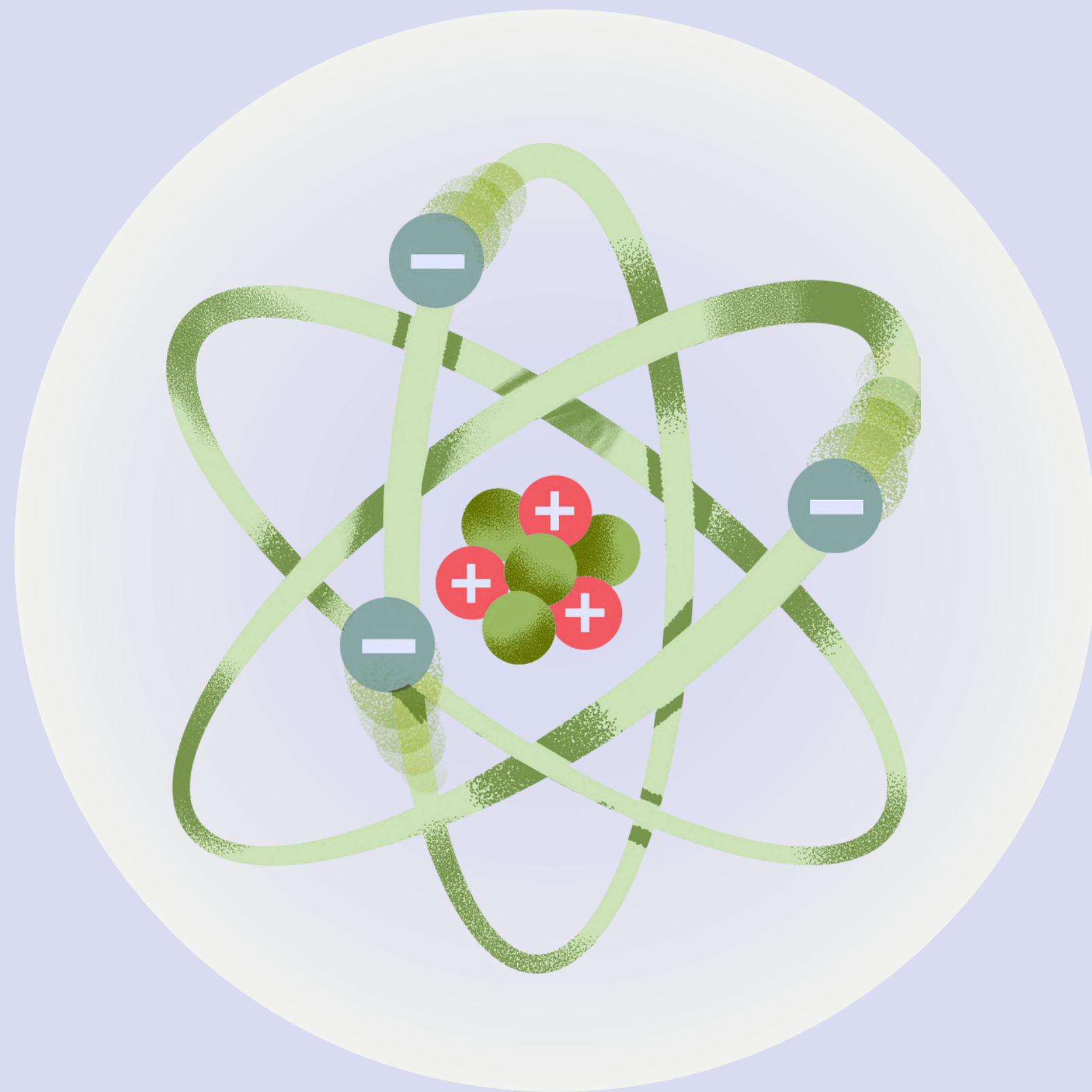
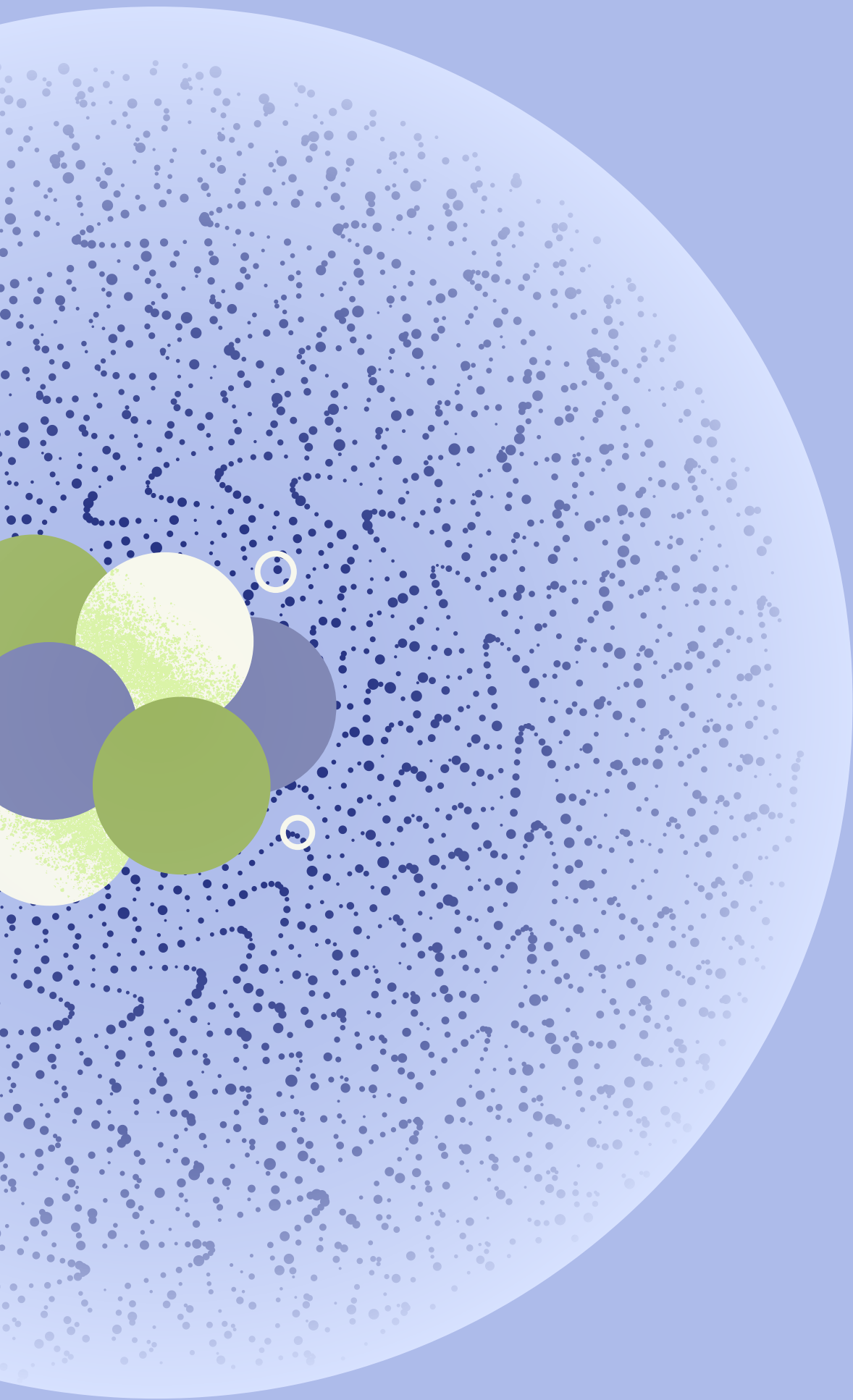


Studium produkce podivných jader

Anežka Ježková, Jakub Sivák, Kateřina Hermannová





Obsah

- 01** Podivné částice
- 02** Podivná jádra
- 03** Feynmanovy diagramy
- 04** Amplituda
- 05** Totální a diferenciální účinný průřez
- 06** Numerické výpočty
- 07** Měření – resonance
- 08** Závěr, shrnutí, reference

Podivné částice

Zkoumáním kosmického záření byly zpozorovány nové baryony a mezony, četnost jejich produkce naznačovala jejich vznik silnou interakcí.

doba rozpadu o 10 řádů delší než očekávání
→ zavedeno nové kvantové číslo **podivnost (S)**

$$K^+ \quad S=+1$$

$$\Lambda, \Sigma \quad S=-1$$

zachování S – při srážkách hadronů ($S=0$)
vznikají v párech

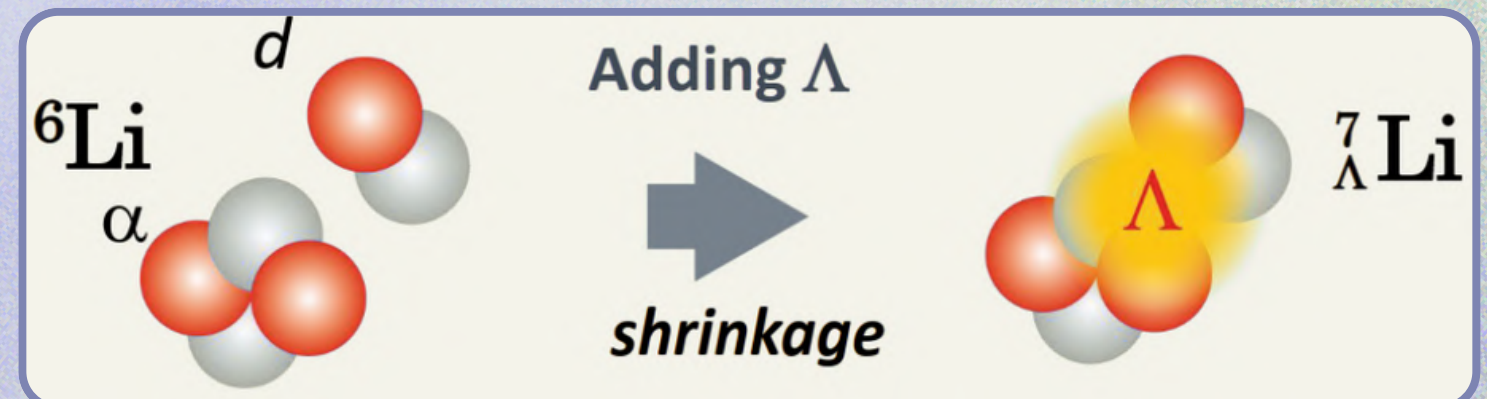
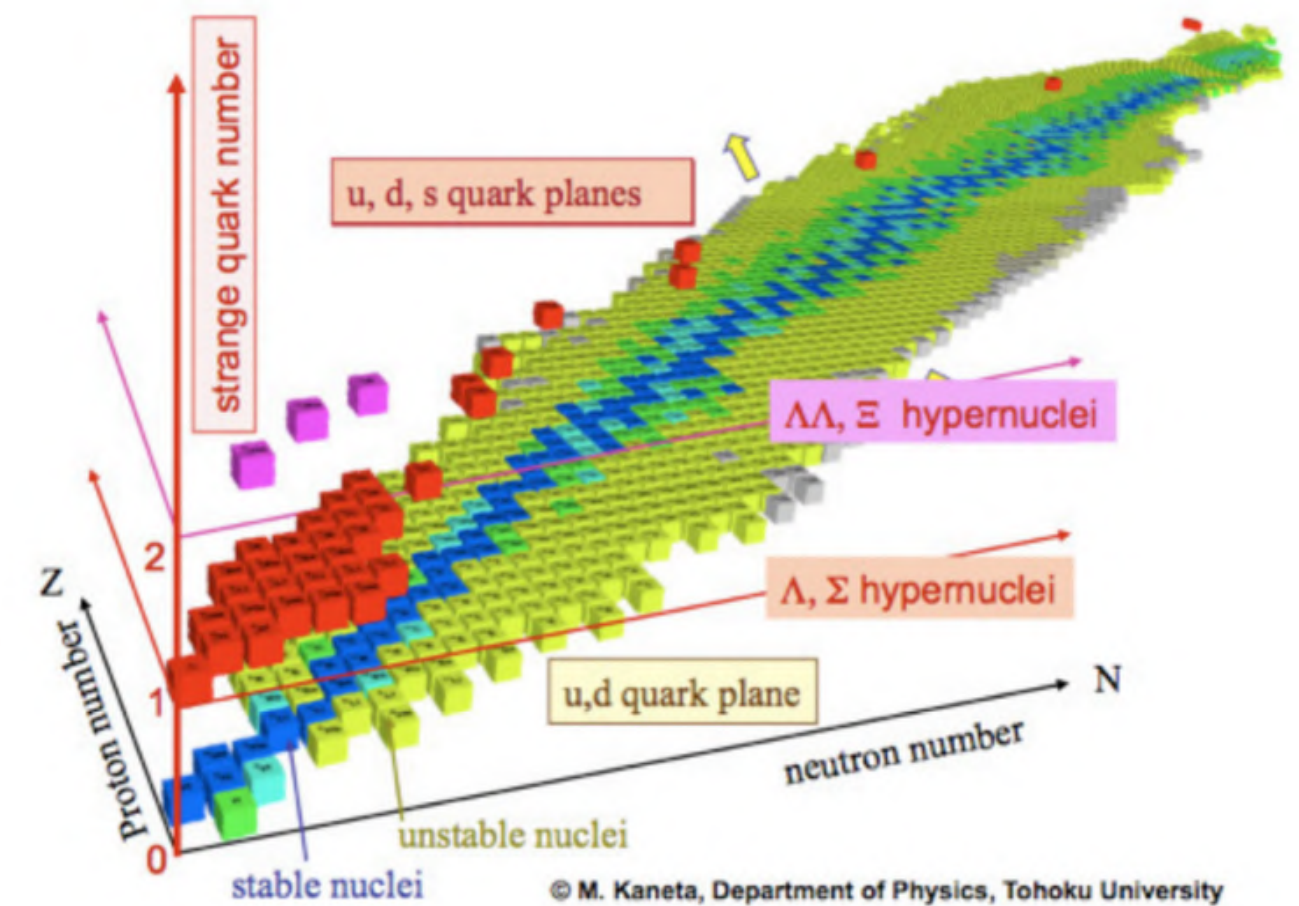
Standard Model of Elementary Particles					
three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)		
	I	II	III		
mass	<1.0 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<18.2 MeV/c ²	91.19 GeV/c ²	124.97 GeV/c ²
charge	0	0	0	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
LEPTONS	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z Z boson	H higgs
	0.511 MeV/c ² -1 1/2 e electron	105.66 MeV/c ² -1 1/2 μ muon	1.7768 GeV/c ² -1 1/2 τ tau	80.39 GeV/c ² ± 1 1 W W boson	
	2.2 MeV/c ² 2/3 1/2 u up	1.28 GeV/c ² 2/3 1/2 c charm	173.1 GeV/c ² 2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	
QUARKS	4.7 MeV/c ² -1/3 1/2 d down	96 MeV/c ² -1/3 1/2 s strange	4.18 GeV/c ² -1/3 1/2 b bottom		
				0 0 1 g gluon	
				GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS	SCALAR BOSONS

Podivná jádra

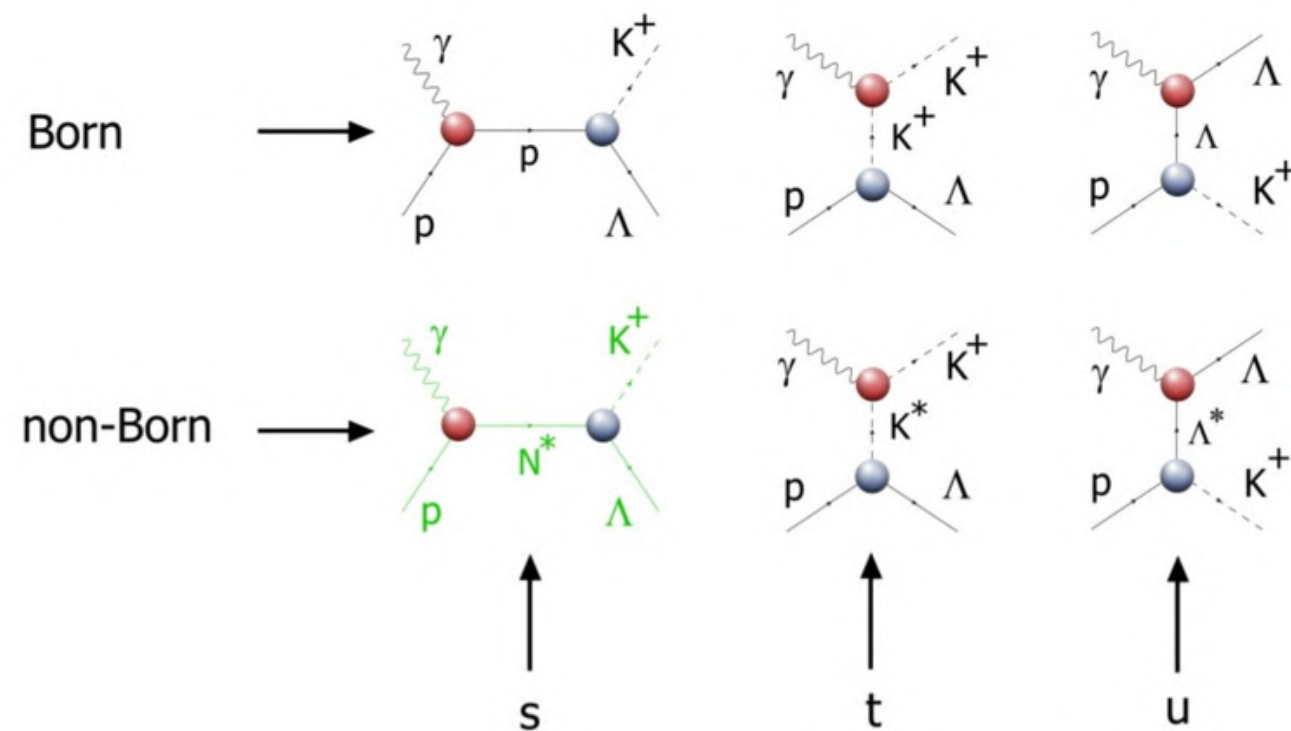
= jádra, ve kterých je alespoň jeden hyperon

hyperony se v jádře neřídí Pauliho vylučovacím principem, platným pro neutrony $\rightarrow$ tvoří si vlastní energetické hladiny

Hyperon přidáný do jádra mění deformaci hyperjádra.



Feynmanovy diagramy



Born – přenos částic v základním stavu
non-Born – přenos excitovaných částic

pomůcka při konstrukci invariantní
amplitudy M a popisu procesu
fotoprodukce K^+ a Λ

Absolutní hodnota M na druhou je
úměrná **diferenciálnímu účinnému
průřezu**.

Do výpočtu musely být zahrnuty
všechny možné způsoby průběhu
fotoprodukce

Diferenciální a úplný účinný průřez

DIFERENCIÁLNÍ ÚČINNÝ PRŮŘEZ

= pravděpodobnost, že se částice průchodem skrze silové centrum (terčíkovou částici) rozptýlí do rozmezí mezi úhly θ a $\theta + d\theta \rightarrow$ daným konkrétním směrem

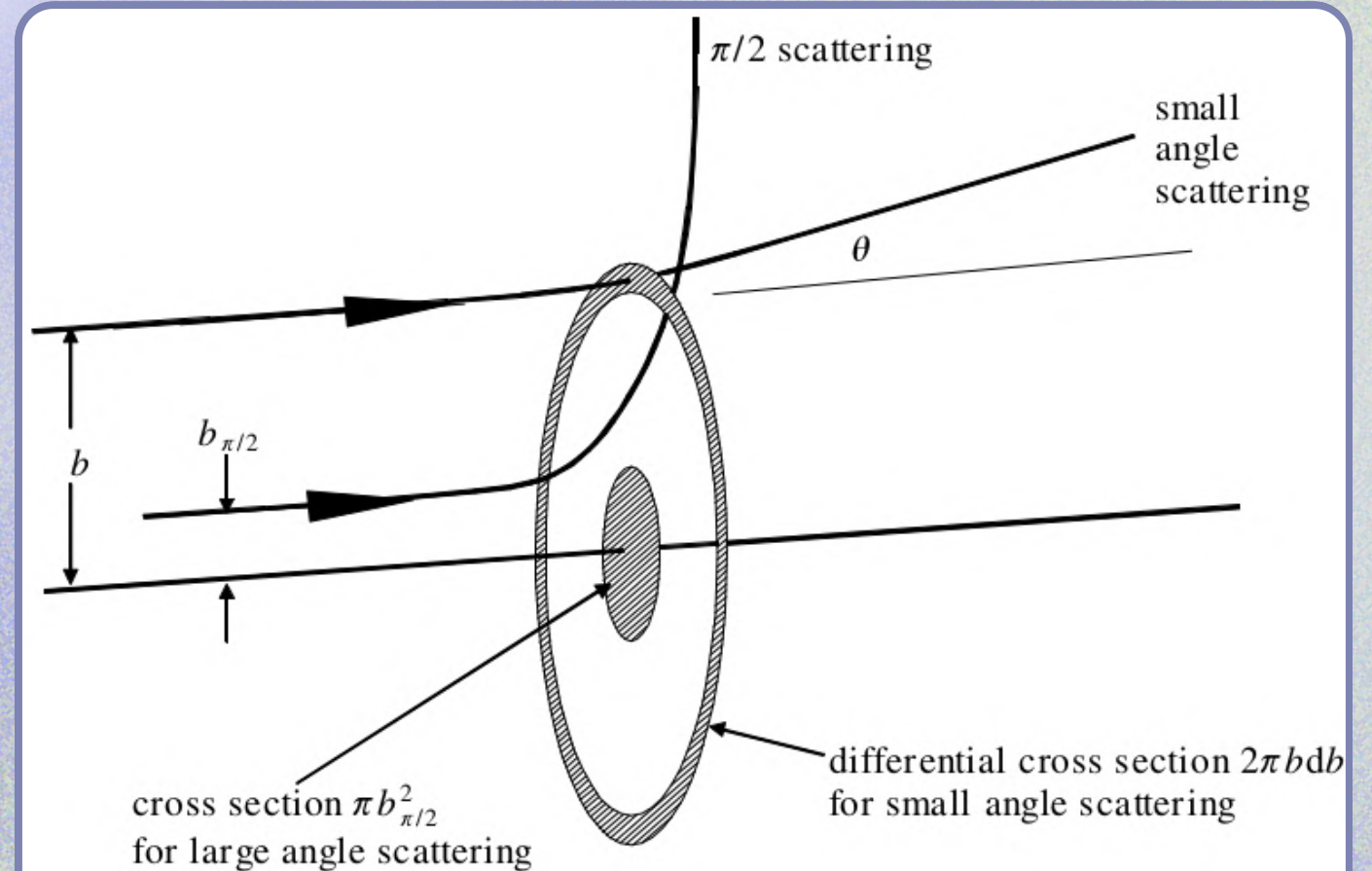
značen $d\sigma = \frac{dN}{N}$ (N = počet dopadajících částic, dN = počet částic rozptýlených do intervalu $d\theta$)

ÚPLNÝ ÚČINNÝ PRŮŘEZ

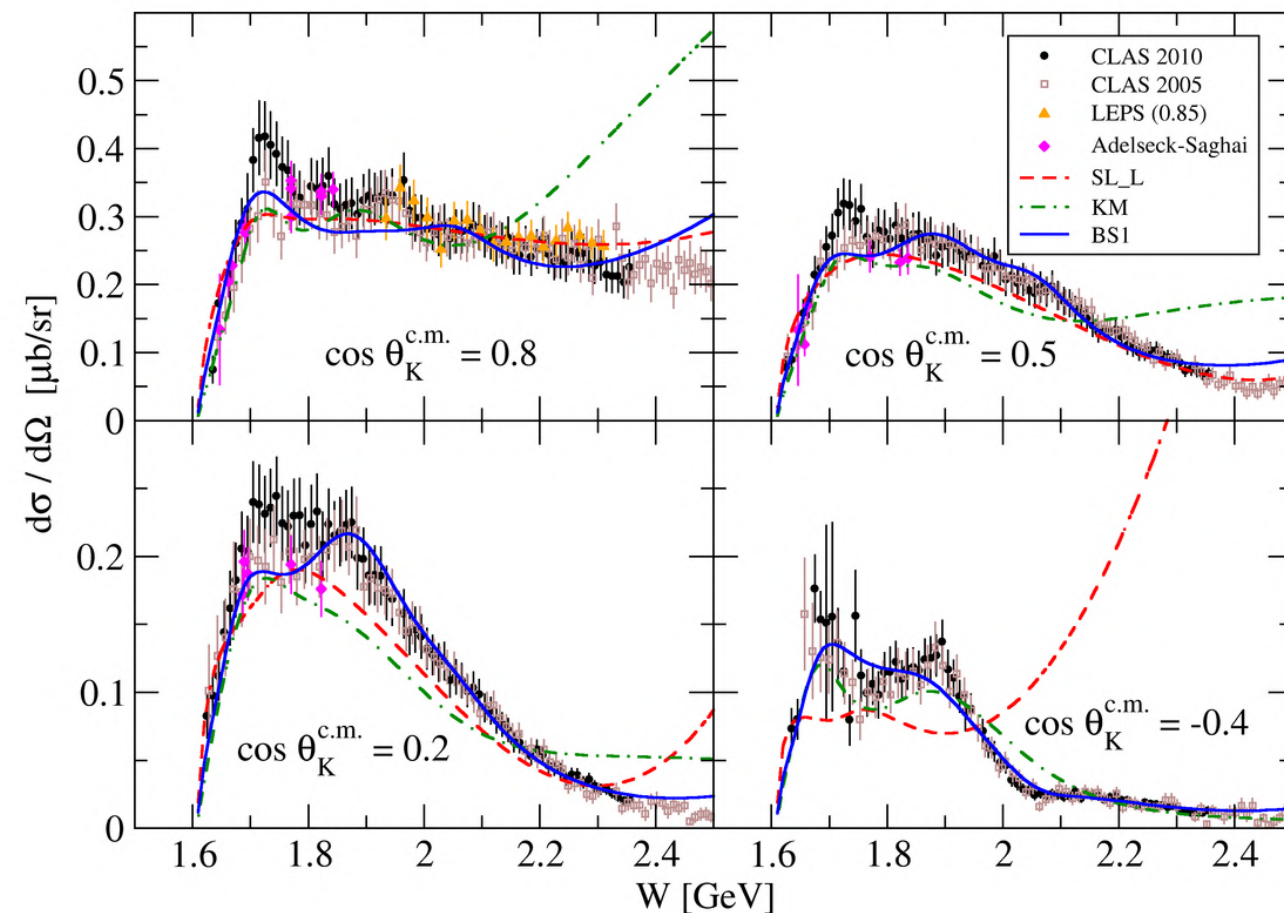
= integrál diferenciálního účinného průřezu přes prostorový úhel $\Omega \rightarrow$ pravděpodobnost, že se částice průchodem silovým centrem rozptýlí do jakéhokli směru

značen $\sigma = \int_{\Omega} d\sigma$

účinný průřez = pravděpodobnost, že odstřelující částice ze svazku bude interagovat s částicí terče (nude odražena, rozptýlena, dojde k jaderné reakci...)



Numerické výpočty



Kvůli náročnosti výpočtu účinného průřezu jsme použili počítačové modely **Saclay_Lyon** (SL_L), **Kaon-MAID** (KM) a **BS1**.

SL_L a **KM** jsou starší a naitované pomocí dat z dřívějších experimentů → odlišnost od experimentálních dat

SL_L dominují hyperonové rezonance a nemá mnoho nukleonových → hladká křivka

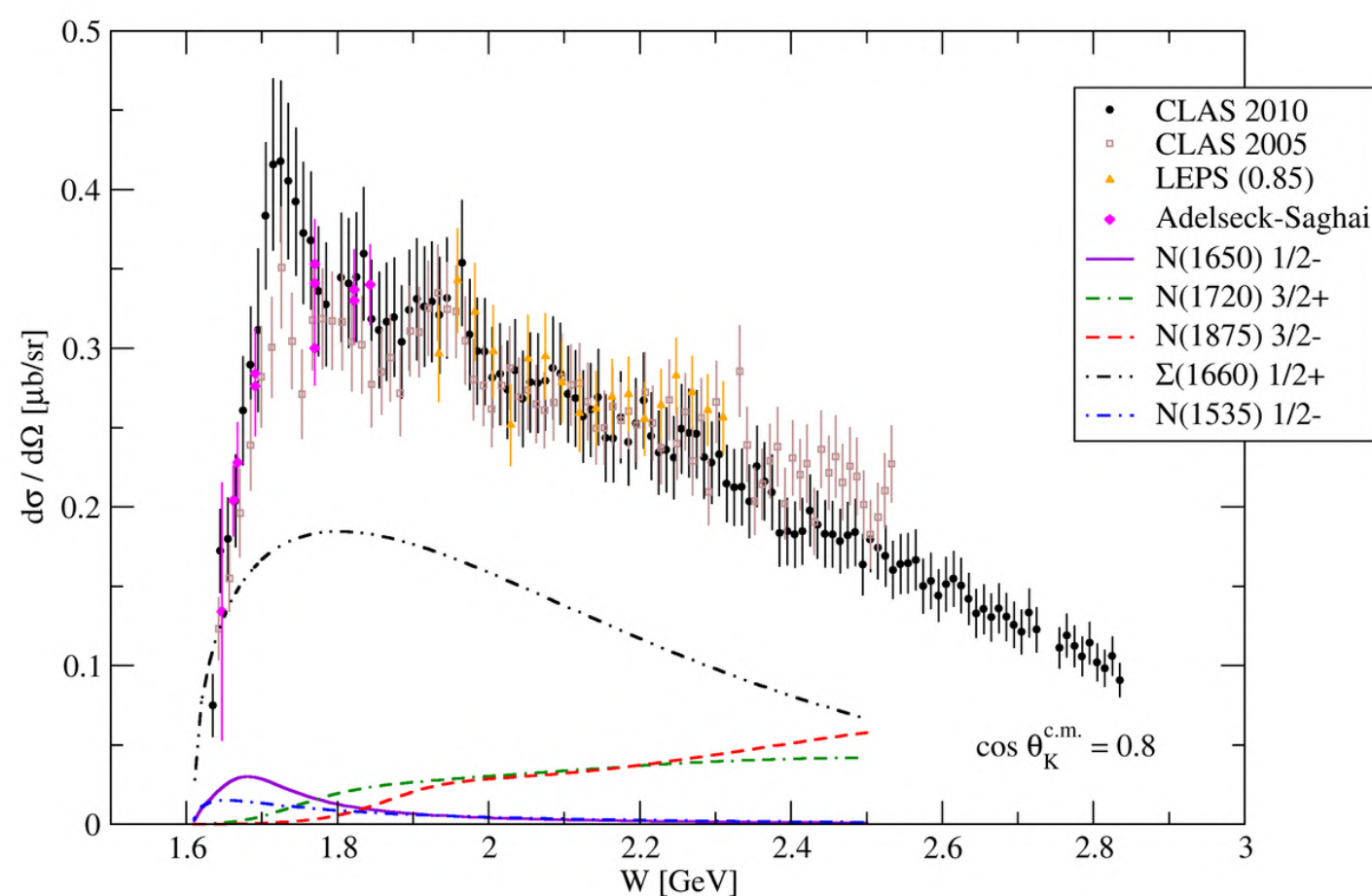
všechny modely se rozcházejí s experimentálními daty ve vyšších energiích - nejsou pro ně naitované

data z experimentu **CLAS 2010** se v oblasti 1.7 GeV neshodují s modely, ale ani s ostatními experimenty → chyba nejspíš na straně experimentu

diferenciální účinný průřez je větší pro nižší úhly → produkce hyperjader fotoprodukcí hyperonů se studuje zejména v této oblasti úhlů.

křivky pro jednotlivé resonance nukleonů a
baryonu Σ

→ použili jsme model BS1



Resonance

narozdíl od sigmy mají nukleonové resonance tvar
běžné resonance, u některých pravé rameno
neklesá k nule

→ způsobeno vyšším spinem částice

závislost invariantní amplitudy na
vysokoenergetické čtyřhybnosti roste pro částice
se spinem $n + \frac{1}{2}$ takto:

$$M \sim q^{2n}$$

křivky částic s vyšším spinem neklesají ale
rostou $(\frac{3}{2})$ nebo zůstávají stejné $(\frac{5}{2})$

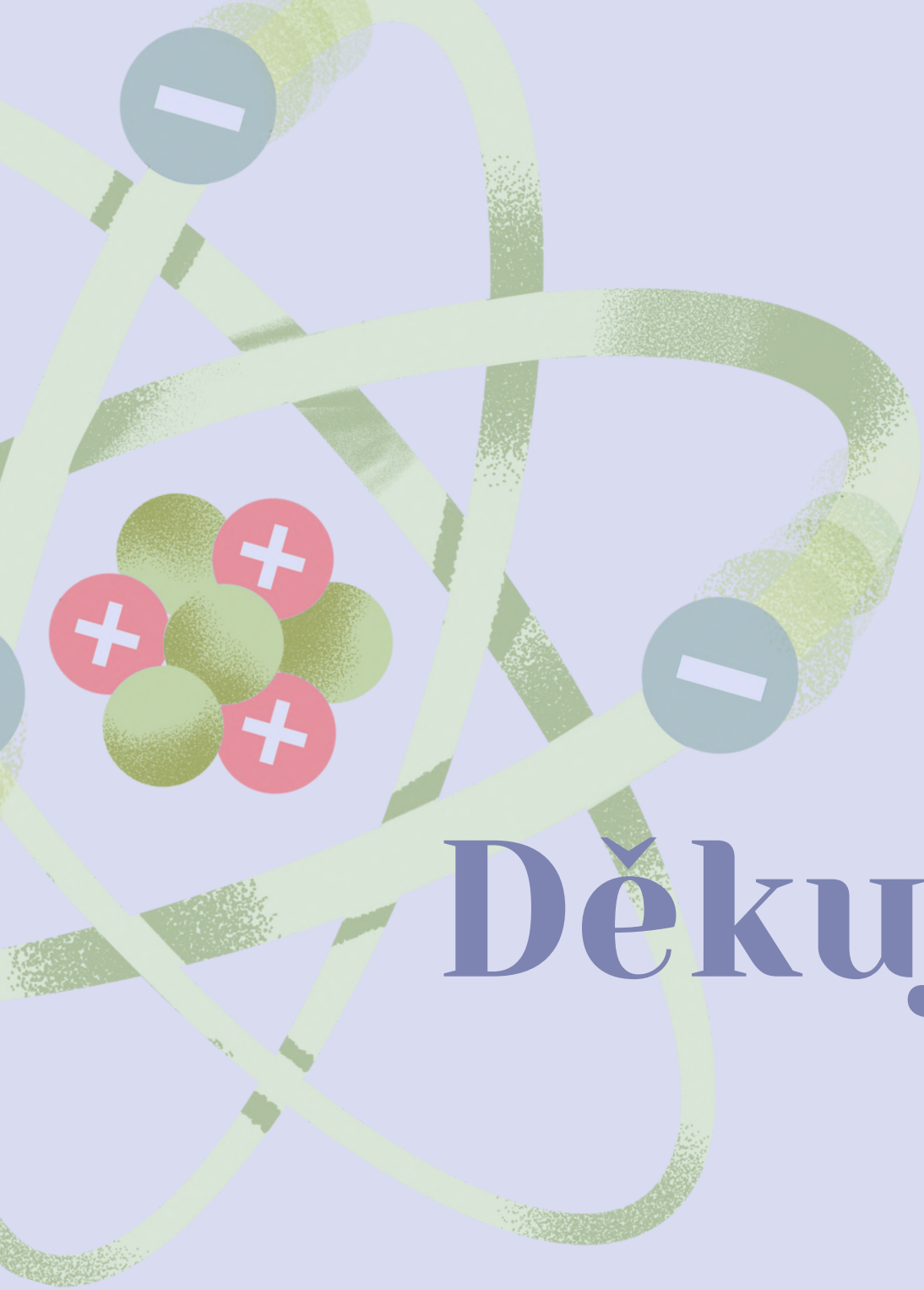
resonance kaonu výrazně rostou s energií a
začínají nabývat vyšších hodnot po 2,5 GeV

Závěr

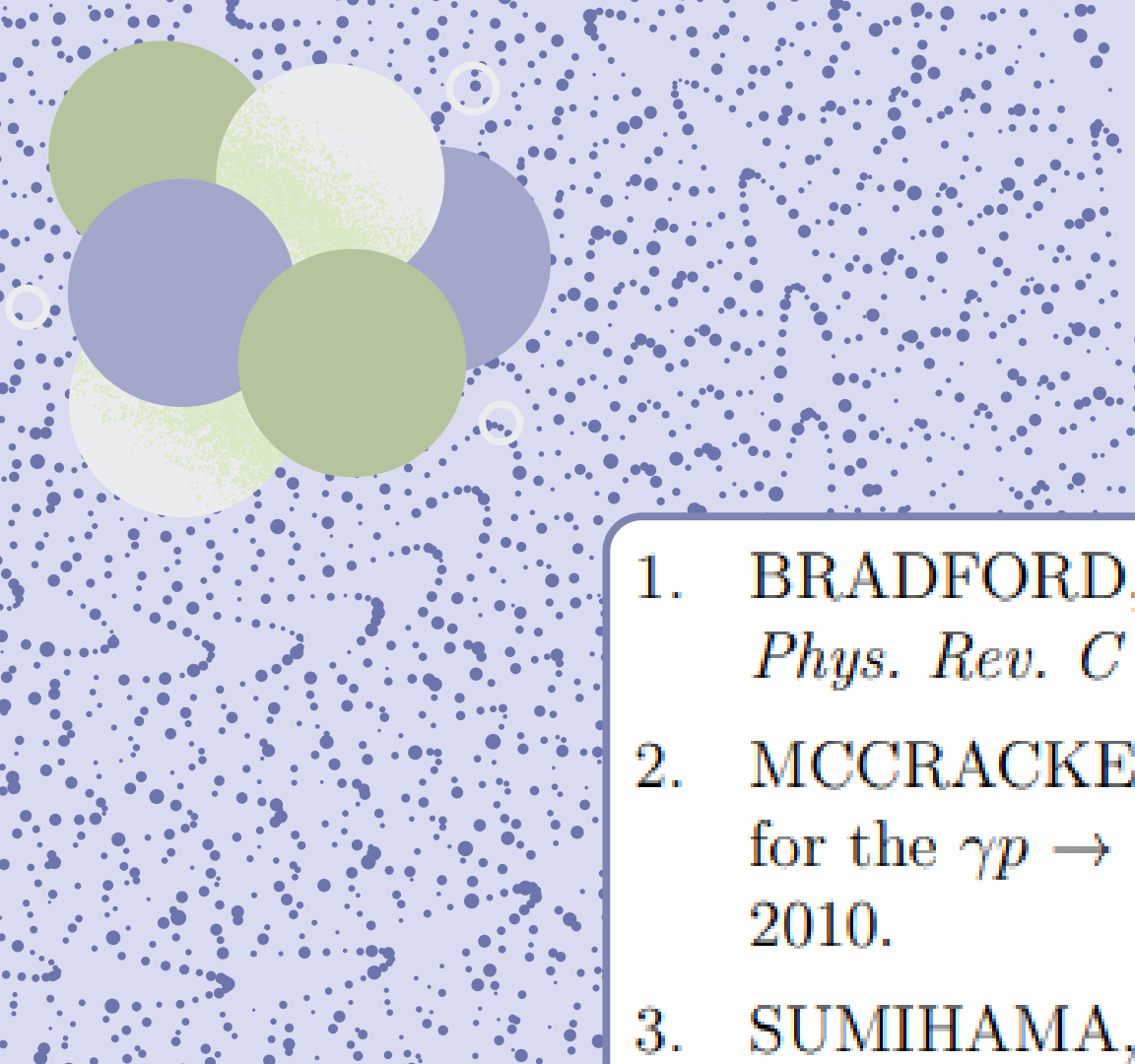
Hyperjádra jsou jádra obsahující **hyperon** – částicovou "příměs" s nenulovou podivností.

Kvantové číslo **podivnosti (S)** vypovídá o průběhu interakcí a rozpadu částic.

Studium produkce hyperonů nám pomáhá porozumět mnohým mezičásticovým interakcím z jaderné fyziky – například **baryon-baryonovým interakcím**.



Děkujeme za pozornost!



Literatura

1. BRADFORD, R. Differential cross sections for $\gamma + p \rightarrow K^+ + Y$ for Λ and Σ^0 hyperons. *Phys. Rev. C* 73, 035202. 2006.
2. MCCRACKEN, M. E. Differential cross section and recoil polarization measurements for the $\gamma p \rightarrow K^+ \Lambda$ reaction using CLAS at Jefferson Lab. *Phys. Rev. C* 81, 025201. 2010.
3. SUMIHAMA, M. The $\vec{\gamma} p \rightarrow K^+ \Lambda$ and $\vec{\gamma} p \rightarrow K^+ \Sigma^0$ reactions at forward angles with photon energies from 1.5 to 2.4 GeV. *Phys. Rev. C* 73, 035214. 2006.
4. SKOUPIL, D. *Svět podivných jader*. 2025. (Prezentace pro TV@J).
5. DAVID, J. C. Electromagnetic production of associated strangeness. *Phys. Rev. C* 53, 2613. 1996.
6. T. MART, C. B. N and Δ resonances. *Phys. Rev. C* 61, 012201(R). 1999.
7. D. SKOUPIL, P. B. Photoproduction of $K\Lambda$ on the proton. *Phys. Rev. C* 93, 025204. 2016.
8. R. A. ALDESECK, B. S. Photo- and electroproduction of strangeness. *Phys. Rev. C* 42, 108. 1990.