

Sunkiųjų barionų M1 šuolių pločių skaičiavimas

Calculation of M1 decay widths of heavy baryons

Vytautas Šimonis

Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius
vytautas.simonis@tfai.vu.lt

Šiuo metu eksperimentariai jau yra stebėję beveik visus pagrindinių būsenų barionus, turinčius vieną sunkųjį (c - ar b -) kvarką. Tikimasi, kad netolimoje ateityje pavyks atrasti ir barionus, turinčius keletą tokių kvarkų. Tad nieko nuostabaus, kad ir teoriniam šių dalelių savybių tyrimui skiriamas tam tikras dėmesys.

Viena iš svarbių hadronų charakteristikų yra jų elektromagnetinių šuolių pločiai. Šio darbo tikslas buvo sunkiųjų barionų magnetinių dipolinių (M1) šuolių pločių teorinis įvertinimas. Naudodami modifikuotą maišų modelį mes suskaičiavome visų pagrindinių būsenų sunkiųjų barionų magnetinių dipolinių šuolių momentus. Kad galėtume lyginti su eksperimentiniais duomenimis šie dydžiai dar turi būti pakoreguoti atsižvelgiant į pataisas dėl masių centro judėjimo. Tam naudojome tą pačią procedūrą, kaip ir ankstesniame darbe, kur buvo nagrinėjamos mezonų magnetinės savybės [1]. Esminis skirtumas nuo įprasto metodo yra tas, kad koreguojami atskirų kvarkų, o ne viso hadrono, šuolių momentai. Tik taip įmanoma pasiekti gerą suskaičiuotų dydžių sutapimą su eksperimentiniais duomenimis. Pakoreguoti dydžiai naudojami skaičiuojant M1 šuolių pločius remiantis išraiška

$$\Gamma = 8 \alpha \mu^2 k^3 / (2J+1),$$

kur α – smulkiosios struktūros konstanta, μ - šuolio momentas, k - fotono energija skyrančio bariono atskaitos sistemoje, J - šio bariono sukinys.

Siekiant kiek įmanoma sumažinti galimas paklaidas, skaičiuojant fotono energijas tais atvejais, kai barionų masės yra žinomos, tikslinga naudoti eksperimentines barionų masių vertes. Kitais atvejais tenka remtis teoriniais įverčiais. Sunkiųjų barionų atveju čia situacija nėra labai gera. Skaičiavimai remiantis pirminiais principais (QCD ant keturmatės gardelės) gali pasitarnauti kaip naudingas orientyras, tačiau praktiškai, dėl vis dar gana didelių statistinių bei sisteminių paklaidų, nėra labai naudingi. Rezultatai gaunami naudojant įvairius modelius gana skiriasi tarpusavyje, o ir sutapimas su eksperimentu (barionų su vienu sunkiu kvarku atveju) toli gražu nėra pakankamai geras. Barionų, turinčių keletą sunkiųjų kvarkų, atveju mūsų skaičiavimams konkrečios jų masės nėra labai reikalingos – pilnai pakanka masių skirtumų, atsirandančių dėl kvarkų „hipersmulkiosios“ (sukinio-sukinio tipo) sąveikos. Siekdami įvertinti šiuos barionų masių skirtumus mes pasinaudojome įprastais kvarkų modelio sąryšiais. Remdamiesi prielaida, kad konkrečiame modelyje gaunamų rezultatų nesutapimą su eksperimentu sąlygoja kvarkų tarpusavio sąveikos energijos netikslus įvertinimas, kaip pradinius duomenis paėmėme rezultatus gautus viename iš pakankamai

stabilių modelių (potencialinis modelis AL1 [2,3]) ir pernормavome juos taip, kad gaunami barionų su vienu sunkiu kvarku masių skirtumai sutaptų su eksperimentiniais. Vis dėlto, kvarkų b - ir c - tarpusavio sąveikos įvertinimui eksperimentinių duomenų nepakanka, tad teko remtis, kaip patikimiausiais, QCD skaičiavimais ant gardelės [4]. Pasirinkome barionus Ω_{cbb}^* , Ω_{cbb} . Kadangi QCD ant gardelės, kaip taisyklė, pervertina „hipersmulkiosios“ sąveikos sąlygotus barionų masių skirtumus, paėmėme mažiausią paklaidų ribose galimą jų masių skirtumo vertę ir prilyginome ją eksperimentinei.

Dalis gautų darbe rezultatų pateikta lentelėje, kur jie palyginti su kituose modeliuose (potencialiniame [3] bei reliatyvistiniame kvarkų modelyje [5]) gautais M1 šuolių pločių įverčiais. Kaip matome, išskyrus keletą atvejų, rezultatai gaunami trijuose skirtinguose modeliuose yra gana panašūs.

1 lentelė. Barionų su dviem sunkiais kvarkais magnetinių dipolinių šuolių pločiai Γ (Kev).

	PM[3]	RQM[5]	
$\Xi_{cc}^{*++} \rightarrow \Xi_{cc}^{++}$	2,79	23,46	
$\Xi_{cc}^{*+} \rightarrow \Xi_{cc}^{+}$	2,17	28,79	
$\Omega_{cc}^{*+} \rightarrow \Omega_{cc}^{+}$	1,60	2,11	
$\Xi_{cb}^{*+} \rightarrow \Xi_{cb}^{+}$	1,306	0,739	0,46
$\Xi_{cb}^{*+} \rightarrow \Xi_{cb}^{\prime+}$	0,0293	0,0605	0,0015
$\Xi_{cb}^{\prime+} \rightarrow \Xi_{cb}^{+}$	0,161	0,124	0,14
$\Xi_{cb}^{*0} \rightarrow \Xi_{cb}^0$	0,876	1,03	0,51
$\Xi_{cb}^{*0} \rightarrow \Xi_{cb}^{\prime0}$	$7,6 \times 10^{-5}$	0,0012	2×10^{-6}
$\Xi_{cb}^{\prime0} \rightarrow \Xi_{cb}^0$	0,204	0,209	0,31
$\Omega_{cb}^{*0} \rightarrow \Omega_{cb}^0$	0,637	0,502	0,29
$\Omega_{cb}^{*0} \rightarrow \Omega_{cb}^{\prime0}$	$1,3 \times 10^{-5}$	0,0031	1×10^{-6}
$\Omega_{cb}^{\prime0} \rightarrow \Omega_{cb}^0$	0,170	0,0852	0,21
$\Xi_{bb}^{*0} \rightarrow \Xi_{bb}^0$	0,137		0,31
$\Xi_{bb}^{*-} \rightarrow \Xi_{bb}^{-}$	0,0268		0,059
$\Omega_{bb}^{*-} \rightarrow \Omega_{bb}^{-}$	0,0148		0,0226

Reikšminiai žodžiai: sunkieji barionai, magnetiniai dipoliniai (M1) šuoliai, maišų modelis.

Literatūra

- [1] V. Šimonis, Eur. Phys. J. A **52**, 90 (2016).
- [2] C. Albertus, J.E. Amaro, E. Hernández and J. Nieves, Nucl.Phys. **A740**, 333 (2004).
- [3] C. Albertus, E. Hernández, and J. Nieves, Phys. Lett. B **690**, 265 (2010).
- [4] Z.S. Brown, W. Detmold, S. Meinel, and K. Orginos, Phys. Rev. **D 90**, 094507 (2014).
- [5] T. Branz, A. Faessler, T. Gutsche, M. A. Ivanov, J.G. Körner, V. E. Lyubovitskij, and B. Oehl, Phys. Rev. **D 81**, 114036 (2010).