

Streszczenie

Fenomenologia kuł gluonowych w efektywnych modelach hadronowych

Ponieważ QCD jest teorią silnie oddziałującą w reżimie niskich energii, standardowe techniki perturbacyjne nie znajdują w tym zakresie zastosowania. W niniejszej rozprawie wykorzystujemy modele efektywne, w których stopnie swobody mają charakter hadronowy. Zasadą przewodnią jest konsekwentna implementacja globalnych symetrii QCD oraz wzorców ich łamania – anomalnego, jawnego i spontanicznego – ze szczególnym uwzględnieniem symetrii chiralnej oraz dylatacyjnej.

W pierwszej części badana jest teoria swobodnego pola skalarnego oddziałującego z klasycznym, niezależnym od czasu źródłem, traktowana jako uproszczony model produkcji dylatonu w ośrodku. Pokazujemy, że ewolucja czasowa w tej teorii jest nietrywialna, wbrew wcześniejszym oczekiwaniom. Teoria wykazuje nieperturbacyjną produkcję cząstek, analogiczną do mechanizmu Schwingera, z interesującymi własnościami, takimi jak nieeksponencjalny rozpad oraz kwantowy efekt Zeno.

Następnie wprowadzamy extended Linear Sigma Model (eLSM) i stosujemy go do opisu mezonów (aksjalno-)tensorowych, tensorowej kuli gluonowej oraz stanów charmonium mieszejących się z wektorową kulą gluonową. Potwierdzamy standardowe przypisanie mezonów tensorowych do nonetu kwark–antykwarł poprzez dopasowanie ich szerokości rozpadów do danych doświadczalnych. Wykorzystując symetrię chiralną, wyprowadzamy przewidywania dotyczące mas oraz rozpadów mezonów aksjalno-tensorowych, które mogą zostać zweryfikowane eksperymentalnie. Przewiduje się, że mezony aksjalno-tensorowe są stanami bardzo szerokimi.

Model eLSM jest następnie wykorzystywany do obliczenia stosunków rozpadów tensorowej kuli gluonowej. Otrzymane wyniki porównujemy z danymi doświadczalnymi dotyczącymi znanych kandydatów na tensorową kulę gluonową. Porównanie to wskazuje, że rezonans $f_2(1950)$ jest w tych ramach teoretycznych najbardziej prawdopodobnym kandydatem na tensorową kulę gluonową. Przybliżone oszacowania szerokości rozpadu sugerują ponadto, że tensorowa kula gluonowa może być stanem relatywnie szerokim.

W końcowej części analizowane są rozpady stanów charmonium J/ψ oraz $\psi(3686)$ do stanów końcowych typu wektor–pseudoskalar. Kanały te wykazują istotne naruszenia perturbacyjnej reguły QCD „13%”, szczególnie wyraźnie w kanale $\rho\pi$. Stosujemy model eLSM, uwzględniając efekty elektromagnetyczne oraz mieszanie z wektorową kulą gluonową. Pokazujemy, że uwzględnienie tych składników umożliwia udany fenomenologiczny opis obserwowanych stosunków $\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow h)/\mathcal{B}(J/\psi \rightarrow h)$.

Artur Kieley

10/02/2026