

Study of non-linear evolution of the hadron structure within quantum chromodynamics

Předložená diplomová práce se věnuje studiu vlivu partonové saturace na strukturu protonu. Struktura protonu je v této práci reprezentována tzv. strukturální funkcí definovanou v rámci hluboce nepružného rozptylu elektronu na protonu. Tuto strukturální funkci lze v modelu barevného dipolu vyjádřit pomocí amplitudy rozptylu, která závisí na vlnové funkci fotonu resp. jeho nejjednoduššího Fockova stavu a na tzv. dipolovém účinném průřezu, který v sobě zahrnuje veškerou informaci o interakci příslušného dipolu s partonovou strukturou protonu. Evoluci této struktury se zvyšující energií srážky je možno v určitém rozsahu Bjorkenových x popsat pomocí lineární BFKL evoluční rovnice. Ovšem v oblasti velmi malých Bjorkenových x je třeba započítat i nelineární jevy reprezentované rekombinací partonů. Tato modifikace je vyjádřena pomocí tzv. Balitsky-Kovchegovovy (BK) rovnice, jejíž řešení poskytuje potřebný dipolový účinný průřez se zahrnutím partonové saturace. V obecné rovině je BK rovnice čtyř-dimenzionální integro-diferenciální rovnice s kolineárně divergentním jádrem a v současné době není známé její analytické řešení. Je tedy třeba použít numerické metody řešení za předpokladu zjednodušujících aproximací. V současnosti nejpoužívanější variantou BK rovnice je jedno-dimenzionální varianta závislá pouze na velikosti vektoru příčného rozměru dipolu. V rámci této práce bylo konfrontováno řešení této nejběžnější varianty BK rovnice s nedávno publikovaným řešením dvou-dimenzionální varianty, závislé na velikosti příčného rozměru dipolu a na velikosti jeho impakt parametru. Všechny výsledky výpočtů byly konfrontovány s daty pro strukturální funkce z experimentů H1 a ZEUS na urychlovači HERA.

Problematika je velmi aktuální vzhledem k plánovanému urychlovači Electron-Ion Collider v USA, který bude srážet elektrony s jádry a pro nějž budou přesné předpovědi měřitelných veličin elektron-protonových srážek důležité pro odlišení jaderných efektů od efektů, které jsou přítomny už pro protonové terče. Diplomová práce je napsaná v anglickém jazyce excelentní úrovní a je členěna do pěti kapitol, úvodu a závěru. V prvních čtyřech kapitolách se autor věnuje teoretickému popisu studovaných jevů. Nejprve je popsáno studium struktury hadronu pomocí hluboce nepružného rozptylu, způsob výpočtu účinného průřezu a strukturální funkce F_2 v originální soustavě nekonečné hybnosti protonu a následně je zformulován ten samý proces ve vhodnější soustavě světelného kužele pomocí přiblížení barevného dipólu. V třetí kapitole je zevrubný popis evolučních rovnic v QCD a implementace jevu partonové saturace pomocí BK evoluční rovnice. V následující kapitole je detailně diskutováno její numerické řešení. V poslední kapitole jsou prezentovány dosažené výsledky pro pozorovatelné veličiny. Je ukázáno, že metoda výpočtu velmi dobře popisuje dostupná data pro hluboce nepružný rozptyl z experimentů na urychlovači HERA. K práci je přiloženo také několik appendixů, kde jsou detailně popsány numerické metody použité při výpočtech, což umožní v budoucnu práci použít jako učební materiál pro nové začínající studenty. Tyto části jsou zpracovány velmi pečlivě, což hodnotím velmi kladně.

K práci jako takové nemám větší výhrady. Práce má logickou strukturu a dosažené výsledky jsou originální a velmi přínosné. Jedinou drobnou výtka mám k místy přílišnému odbíhání od hlavní náplně práce, což vede k větší šíři prezentovaných informací a zajímavému kontextu předkládané problematiky ale zároveň je to na úkor plynulosti a návaznosti textu.

Na závěr tedy konstatuji, že student realizoval úkoly stanovené v zadání diplomové práce v plném rozsahu a ve výborné kvalitě. Práce je původní a velmi aktuální, metody odborné části jsou adekvátní a student si je osvojil na vysoké úrovni.

Na základě výše zmíněných faktů a soustavné aktivní práce studenta na řešené problematice navrhuji ohodnocení známkou výborně (A).

V Praze, dne 31. 5. 2021

Jan Čepila