

POSUDEK OPONENTA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Vít Jirutka

Název práce: Detekce temné hmoty na neutrinových experimentech

Předložená bakalářská práce studenta Víta Jirutky pojednává o možnostech, jak experimentálně ověřit potenciální existenci temné hmoty (DM). Možností, popisované rozličnými modely, je nepřehledné množství, což student výstižně popisuje v prvních dvou kapitolách své práce. V další kapitole, stále rešeršní podoby, vyjmenovává a popisuje hlavní charakteristiky nejdůležitějších experimentů, které se snaží existenci dokázat za podmínky, že temná hmota je částicové povahy. S tím, že důkaz na rozumné věrohodnosti nebyl dosud nalezen. Ve čtvrté kapitole se student věnuje podstatně obsáhleji podskupině těchto experimentů, jejichž hlavním zájmem výzkumu jsou především neutrina. Zde se snaží prokázat, proč právě tyto experimenty by měly být těmi, kde důkaz můžeme nalézt. V poslední kapitole, jež je vlastním přínosem autora, jsou popsány experimentální simulace dvou takových kanálů, které se dají studovat v neutrinovém experimentu NOvA. V prvním případě jde o hypotetickou částic lehké temné hmoty χ , která se rozptyluje na elektronech prostředí blízkého detektoru. V druhém případě jde o hypotetický rozpad částic zvaných těžké neutrální leptony (HNL), které by se měly v detektoru rozpadat na „klasické částice“. Oba tyto případy by případně zanechávaly v blízkém detektoru charakteristickou stopu. Samozřejmě jde o simulace a k analýze s reálnými daty bude ještě velký kus cesty projít.

Obecně vzato je toto téma velice aktuální a snaha studovat různé podoby částic temné hmoty je velmi intenzivní a neutrinový experiment NOvA, případně jeho následovník, experiment DUNE, jsou dobrými příklady pro toto studium. Myslím, že student projevil svou práci zájem o tento úkol a má určitě rozumné předpoklady v jeho pokračování. Vlastní práce v podobě studia simulací modelů je určitě přínosná pro následnou analýzu s reálnými daty. Osobně bych doporučil pro další kroky ještě propojení z někým z teoretické sféry, protože teorie popisující chování takové hmoty jsou velmi komplikované a je jich velké množství a určitě nemá smysl se zabývat vším.

Konkrétní poznámky k práci

- Víím, že to může být problém programového prostředí, kde samotná práce vznikala, ale neskloňování slova „obrázek“ v odkazech na obrázky kazí jinak dobrý obrázek zpracování.
- Je velmi dobré, že student v rejstříku experimentů uvedl i ty budoucí, které se zatím připravují, jako je experiment DUNE. A Je jasné, že student nemůže sledovat aktuální stav těchto projektů až „do poslední chvíle“. Koncept „Dual Phase“ popisovaný na stranách 44-46 byl projektem opuštěn a nahrazen konceptem „Vertical Drift“, který, přestože sdílí některé charakteristiky původního návrhu, právě složku plynného argonu v detektoru vynechává.
- Obrázky 9, 10 a 11 bych rád viděl vynesené s osou y v logaritmické škále, aby bylo možné zhodnotit tvrzení studenta o tom, co z obrázků plyne.

Dotazy do diskuze

- Kterému druhu (experimentálně) hledání kandidátů temné hmoty se chce student věnovat v dalším výzkumu, předpokládá, že zůstane u tématu v rámci diplomové práce? Jde o lehkou temnou hmotu nebo HNL, či oboje? Studovala se možnost hledání rozpadů HNL v experimentu NOvA?
- Mohl by student stručně/bodově vyjmenovat, v čem by experiment DUNE jako následovník experimentu NOvA by měl být lepší v oblasti hledání DM?
- Jaký je základní princip hledání sterilních neutrin (jako taky možný kandidát na DM) v experimentu NOvA?
- Co to jsou za elektrony (odkud se berou), jejichž energetická spektra jsou zobrazena na obr. 9 a 10 ve srovnání s těma na obr. 11 a 12, která by měla být z rozptylu v prostředí blízkého detektoru?
- Co si mám představit pod spojením „Odražené elektrony“ na straně 53?
- Strana 56, první odstavec kap. 5.4: Může mně student vysvětlit tvrzení „Nevyskytují se zde částice χ , ...“? Proč ne?

Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení B (velmi dobře).

V Praze dne 8. 9. 2021

RNDr. Jaroslav Zálešák, Ph.D.
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.