

Posudek disertační práce

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Autor: Mgr. Tomáš Nosek

Název: Study of Neutrino Oscillations at the NOvA Experiment

Rok odevzdání: 2021

Oponent: RNDr. Jaroslav Zálešák, PhD

Pracoviště: Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i

Kontakt: zalesak@fzu.cz

Disertační práce Tomáše Noska popisuje analýzu dat z neutrinového experimentu NOvA, jež je součástí hlavního proudu experimentálních zařízení studující fenomén oscilace neutrin. Konkrétně jde o měření pravděpodobností, že minové (anti)neutrino se přemění v nějaký jiný druh (anti)neutrina během své cesty mezi dvěma detektory vzdálenými 810 km. Cílem bylo naměření či upřesnění parametrů, jež tyto pravděpodobnosti ovlivňují.

Předložená práce je napsaná v anglickém jazyce a je členěna do pěti kapitol.

V první části je popsán teoretický rámec fenoménu oscilací neutrin, v následující je popsán samotný experiment zahrnující urychlovačovou soustavu na výrobu neutrin a dva, blízký a vzdálený, detektory. V třetí kapitole je podrobně nastíněna strategie analýzy oscilací, jdoucí od systému výběru dat, přes popis simulací jak svazku a interakcí neutrin, tak detektorů; dále rekonstrukce vybraných případů; kalibrace až k technice extrapolací mezi oběma detektory. Čtvrtá je věnována stanovení, případně odhadnutí systematických chyb během analýzy, jež v konečném důsledku určují nepřesnosti stanovení finálních parametrů. V poslední kapitole jsou uvedeny konečné výsledky parametrů a jejich nepřesností stanovené z fitů na samotných datech a jejich teoretických predikcích. Součástí práce je i příloha s vyčerpávajícím výčtem všech měřených hodnot a jejich chyb na všech vzorcích dat v různých druzích analýz.

Je zřejmé, že neutrinová fyzika je v současnosti velmi aktuální obor a experiment NOvA prokazuje svými výsledky, že patří ke špičce v oblasti experimentální částicové fyziky. Tudíž aktivní účast doktoranda na tomto experimentu a zpracování dat je velmi ceněna. Je poznat, že doktorand se subjektu disertační práce věnuje delší dobu a zřejmě patří ke klíčovým členům týmu řešící problematiku oscilací na experimentu NOvA.

Úroveň zpracování, metodika experimentální analýzy a interpretace výsledků jsou na velmi dobré úrovni a výsledky jsou přímou součástí několika publikací kolaborace.

Využití odborné literatury je ve velkém rozsahu, nicméně toto se dá očekávat a příslušná literatura je v textu odkazována na správném místě a korektně.

Připomínky:

- Na konci práce je seznam publikací studenta, ať vlastních, či s velkým přispěním. Postrádám zde však i seznam konferencí, kde student měl vlastní příspěvek. Tuto informaci se lze dočíst v krátkém odstavci v úvodě, kde je stručně vyjmenován i vlastní konkrétní přínos do analýzy. Podle mého soudu by neškodilo, kdyby tento vklad byl zmiňován i průběžně v samotné práci. Samozřejmě lze objem vlastní tvůrčí činnosti případně dohledat v mnoha technických „notech“, jejichž je (spolu)autorem.
- Řekl bych, že je standardem začít novou kapitolu na nový list (to jest lichou stranou).

- Předložená práce je metodicky velmi zdařilá, ale možná i proto bych očekával větší rozpravu nad fyzikálními výsledky, např. k obrázkům 5.3, 5.4, 5.5, 5.8. Metodika zde vítězí nad fyzikou, rozhodně toto však nesnižuje kvalitu díla.
- Obr. 3.3 by měl být také barevný.
- Na obr. 3.26 došlo pravděpodobně během úprav k záměně horní/dolní za pravý/levý.
- Tabulka 3.3 ale i další jsou na hraně čitelnosti a pochopení, který sloupec či řádek patří ke kterému. Možná zavedení vertikálních linek by vylepšilo tento dojem.
- Možná by bývalo bylo lepší pro (vizuální) porovnání pro grafy na obr. 5.9 a 5.12 nechat stejnou škálu na osách x.
- Barevná paleta na obr. 5.10 a 5.13 mohla být lépe zvolena.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- Mohl by student ukázat nebo komentovat, jaký je předpokládaný vývoj oscilační analýzy na experimentu NOvA při dosáhnutí velikosti nabraných dat ke konci éry experimentu (2025)? Případně tento výhled srovnat s výsledky publikovanými zde.
- Na straně 27 je uveden parametr hustoty zemské kůry jako přesná konstanta. Jaký vliv a na kterém parametru oscilací více a na které méně by měl, kdyby hodnota byla větší/menší, řekněme, o 10 %?
- Na obr. 3.14 a 3.15 jsou hodnoty účinnosti a čistoty klasifikace v diagonálních („pravdivých“) bincích obecně větší pro antineutrinový mód než neutrinový (pravý versus levý obrázek). Je na to nějaké vysvětlení, je CVN lépe natrénovaná pro antineutrína?
- Tabulka 3.4: podíl v signálu příměsi neutrin (WS) v antineutrinovém svazku je poměrně velký. Je to způsobeno jenom nekvalitou antineutrinového svazku?
- Tabulka 3.5: Poměrný počet predikovaných případů v kanálu „peripheral“ je celkem znatelný. V dřívějších publikacích se tyto eventy vyhazovaly, že ano? Jaké změně/ám by došlo, kdyby tomu tak bylo i v této analýze? Testoval to někdo?
- V souhrnu kapitoly 4 je uveden jako jeden zdroj snižování systematických neurčitostí probíhající tesy na zkušebním svazku (TB). Které ze systematických chyb se opravdu zlepší použitím předpokládaných výsledků z testů? Ví autor, které z neurčitostí jsou významně větší než u konkurenčního experimentu T2K?
- Tabulky 5.1 a 5.2: Když srovnám v obou tabulkách počet celkových predikovaných případů s daty, tak vidím nadbytek predikovaných pouze v neutrinovém svazku, kdežto v antineutrinovém jsou ta čísla prakticky shodná. Je proto tento jev nějaké vysvětlení? Není nějaký systematický posun v neutrinovém módu?
- Obr. 5.3: Rozložení v energetickém spektru neutrinových případů ne zcela sedí na predikovaném fitu, především bin 2.75-3.0 GeV je výrazně pod daty, zatímco biny nižší energie jsou nad daty (i když stále v rámci chyb). Byl tento konkrétní případ studován podrobněji? A bylo takové chování pozorováno i v dřívějších analýzách?
- Užívají korekci pomocí přístupu Feldman-Cousins i jiné experimenty mimo Fermilab?
- Obr. 5.4: Opravdu přináší rozdělení energetických spekter do statisticky menších 4 podkategorií („Quartile“) takové vylepšení, které stojí časovou a výpočetní náročnost? Provedl a srovnal někdo analýzu bez tohoto rozdělení?
- Obr. 5.11: Proč F/N extrapolace zhoršuje systematické chyby pro rekonstrukci leptonů, zatímco u všech dalších pracuje správným směrem?
- Obr. 5.11 a 5.14 Proč F/N extrapolace je účinnější nebo obecně má větší efekt pro zmenšování systematických chyb pro „appearance“ mód než „disappearance“?

I přes mé výše uvedené připomínky a za předpokladu kladné reakce na mé otázky v diskuzi hodnotím předloženou dizertační práci Tomáše Noska takto:

Práce prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci.

V Praze, dne 1. 9. 2021

Jaroslav Zálešák