

Prof. dr hab. Marek Rogatko
Katedra Fizyki Teoretycznej
Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Lublin, 6.07.20

Recenzja pracy doktorskiej Nilsa Albina Nilssona pt.
“Aspects of Lorentz and CPT Violation in Cosmology”.

Rozprawa doktorska zawiera 105 stron druku, składa się ze wstępu, pięciu rozdziałów, podsumowania oraz spisu literatury. We wstępie autor opisuje rolę symetrii w fizyce i kosmologii a także cel i zakres swojej pracy doktorskiej. W rozdziale II przedstawione zostały ogólne założenia dotyczące złamania symetrii Lorentza (właściwe i spontaniczne), problemu symetrii CPT w rozszerzającym się Wszechświecie oraz modeli grawitacji ze złamaną symetrią Lorentza. Opiszono model podwójnej ogólnej teorii względności, model Horavy-Lifshitz, relatywistyczną teorię eteru, tzw. ‘bumblebee gravity’, oraz rozszerzenie Modelu Standardowego o gęstości lagranżanu opisujące część lorentzowsko niezmienniczą oraz ze złamaną symetrią tego typu.

W rozdziale III autor zajmuje się zmodyfikowanym modelem Friedmana w tzw. tęczowej grawitacji. Podstawę rozważań stanowi sugestia Wheelera, że kwantowe efekty obecne w grawitacji mogą występować przy bardzo wysokich energiach i na krótkich skalach czasowych. Rozważane są zmodyfikowane relacje dyspersyjne dla cząstek bezmasowych. Funkcja modyfikująca powyższe relacje została przyjęta w postaci szeregu potęgowego względem energii, dla której efekty związane ze złamaniem symetrii Lorentza wydają się być istotne. Wprowadzony formalizm zostaje zastosowany do opisu kosmologii typu Friedmana. Wybór funkcji określających zmiany energii został dokonany na podstawie sugestii z rozważań z kosmologii ze zmiennymi stałymi. Tak otrzymane równania ruchu porównywane są z zależnościami kosmologii Λ CDM,

poszukiwane są efekty energetyczne związane ze złamaniem symetrii. Efekty powyższe mogą być interpretowane jako występowanie ciemnej energii w opisywanym modelu. Autor interpretuje energię, przy której zachodzą efekty łamania symetrii Lorentza jako energię potrzebną bezmasowym cząstkom do oddzielenia się od nietrywialnych efektów tła.

Rozdział IV rozprawy doktorskiej poświęcony jest teorii grawitacji Horavy-Lifshitz, potencjalnie będącej kandydatem na kompletną teorię kwantową grawitacji w ultrafiolecie. Poszukiwano ograniczeń wynikających z tej teorii poprzez analizę zestawów danych kosmologicznych. Analiza powyższa wykluczyła scenariusz Wszechświata o zerowej krzywiznie, wstępnie potwierdziła niezerową stałą kosmologiczną. Autor oczekuje, iż nastąpi późnoczesowe złamanie symetrii CPT, podobnie jak ma to miejsce w podwójnej teorii grawitacji czy też modelu Λ CDM. Znaleziono ograniczenia na parametr Hubble'a jako iloczyn z odpowiednimi parametrami wchodzącymi w skład lagranżianu teorii Horavy-Lifshitz. W rozważaniach przyjęto, że parametr λ teorii, równy jest jedności.

W rozdziale V przedstawiono problematykę związaną z badaniem wpływu wyboru układu w teorii Horavy-Lifshitz a wartością parametru Hubble'a. Oszacowano, że rozbieżność wartości mierzonych w lokalnym układzie i układzie związanym z CMB jest w granicach $0 \geq \xi^2 \geq 0.25$. Przedstawiono także ograniczenia na parametr Horavy-Lifshitz λ . Niektóre obszary wartości parametru wiążą się z wartościami prowadzącymi do niestabilności typu 'duchów' w rozważanej teorii. Określono także potencjalny wpływ efektów związanych ze złamaniem symetrii Lorentza na wartość parametru Hubble'a. Może on sięgać do 38%.

W rozdziale VI zastosowano formalizm ADM do rozszerzonego Modelu Standardowego. Autor uzyskał analityczne wzory na gęstość Hamiltonianu i momenty sprzężone. Pokazał także, że powyższe sformułowanie prowadzi do znalezienia dodatkowego skalarne stopnia swobody, proporcjonalnego do współczynnika określającego złamanie symetrii Lorentza.

Rozdziały od III -VI oparte zostały na pracach doktoranta i jego promotora opublikowanych w czasopiśmie Physics of Dark Universe, oraz w postaci preprintów.

Uwagi krytyczne:

- 1.w równaniu (2.26) powinno być u^μ ,
- 2.w paragrafie 5.3 powinno być 'In this chapter...'
- 3.w paragrafie 6.1, kropki powinny być po cytowaniach prac,
- 4.w paragrafie 6.3 warto wypisać dokładne wzory na momenty sprzężone, a także równania

Hamiltona, co dzieje się z członem powierzchniowym Hamiltonianu?

Podsumowując stwierdzam, że Nils Albin Nilsson wykazał się dobrą znajomością relatywistycznej kosmologii i uzyskał ciekawe wyniki dotyczące teorii ze złamaną symetrią Lorentza. Treści zawarte w rozprawie doktorskiej odnoszą się częściowo do oryginalnych rezultatów badań doktoranta uzyskanych pod kierunkiem i we współpracy z prof. Mariuszem Dąbrowskim (jego promotorem) oraz dr hab. Ewą Czuchry, które jak już wspomniano zostały opublikowane bądź są dostępne w postaci preprintów przyjętych do druku. Z tego względu moja pozytywna ocena pracy doktorskiej ma swoje potwierdzenie w opiniach specjalistów redakcyjnych przyjmujących prace do druku.

Mój końcowy wniosek jest oczywiście pozytywny i wnoszę o dopuszczenie Nilsa Albina Nilssona do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.



