

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

Lublin, 02.12.25

Recenzja pracy doktorskiej Eryka Gabriela Buka pt.
“Topologically trivial and non-trivial extremal, isolated horizons ”.

Praca doktorska przedstawiona do recenzji ma formę rozprawy napisanej w języku angielskim. Składa się ze wstępu zawierającego 66 stron druku. Zawiera cztery rozdziały, podsumowanie badań oraz trzy dodatki dotyczące odpowiednio, geometrii blisko horyzontu zdarzeń dla czasoprzestrzeni określonej w sąsiedztwie zdegenerowanego horyzontu Killinga, formalizmu Newmana-Penrose’a dla izolowanych horyzontów i rozwiązań równania dla geometrii blisko horyzontu.

Po wstępie w **rozdziale I**, w następnym rozdziale autor przedstawia pojęcia stosowane w dalszej części rozprawy. Definiuje między innymi nie rozszerzające się horyzonty zarówno zanurzone jak i abstrakcyjne, przytaczając potrzebne definicje powierzchniowej grawitacji oraz dominujących warunków energetycznych narzuconych na tensor energii pędu.

Następnie omawia pojęcie horyzontów izolowanych. W przypadku ekstremalnych horyzontów zostały one zdefiniowane poprzez równania więzów narzuconych na równania Einsteina-Maxwella na powierzchni powstałej wskutek lokalnych cięć horyzontu zdarzeń, które razem z równaniami Maxwella tworzą tzw. równania geometrii w pobliżu horyzontu. W dalszej części przytoczone zostały równania w pobliżu horyzontu zdarzeń dla trywialnych topologicznie ekstremalnych horyzontów Killinga. Ostatnia część rozdziału poświęcona została czasoprzestrzeniom z izolowanymi horyzontami. Autor opisuje statycznie sferyczne symetryczne

czarne dziury, czarne dziury ze stałą kosmologiczną, rozwiązanie Reissnera-Nordströma, oraz Kerra-Newmana (anti) de Sittera.

W **rozdziale III** autor przedstawia rozważania dotyczące topologicznie trywialnych ekstremalnych, izolowanych horyzontów, z uwzględnieniem pól Maxwella i stałej kosmologicznej. Na początku badane jest równanie geometrii w pobliżu horyzontu dla topologii $R \times S^2$, zanurzone w czasoprzestrzeniach Reissnera-Nordströma i Reissnera-Nordströma (anti) de Sittera. Rozważano także graniczne przypadki braku pola elektromagnetycznego i stałej kosmologicznej.

Ciekawe rezultaty uzyskano przy rozpatrywaniu niezerowej jedno-formy rotacji, co pozwoliło na studia równania geometrii w pobliżu horyzontu dla czasoprzestrzeni Kerra-Newmana (anti) de Sittera. Natomiast dla horyzontu o topologii $R \times T_2$ jedynym rozwiązaniem równania geometrii okazała się być czasoprzestrzeń płaska i nierotująca.

Na końcu rozdziału podano ograniczenia dla funkcji i parametrów występujących w równaniu geometrii w pobliżu horyzontu, dla rozpatrywanych czasoprzestrzeni.

W **rozdziale IV** doktorant przedstawia rozważania dotyczących ekstremalnych, izolowanych horyzontów o nietrywialnej topologii S^3 , co prowadzi do różnych warunków brzegowych w rozpatrywanym równaniu geometrii w pobliżu horyzontu. Jako przykład wybrano i opisano podstawowe własności czasoprzestrzeni rozwiązania Plebańskiego-Demiańskiego, z odniesieniami tej czasoprzestrzeni do innych rozwiązań czarnodziurowych, przy określonych parametrach występujących w tym rozwiązaniu. Doktorant znalazł i opisał osiowosymetryczne ekstremalne, izolowane horyzonty, z rotacją i bez rotacji, przy uwzględnieniu pola Maxwella i stałej kosmologicznej. Przeanalizował także dopuszczalny zakres parametrów dla otrzymanych rozwiązań. Przebadano także zanurzenie otrzymanych izolowanych horyzontów w czasoprzestrzeni rozwiązania Plebańskiego-Demiańskiego.

Podsumowując stwierdzam, że mgr Eryk Buk wykazał się bardzo dobrą znajomością zaawansowanych metod geometrycznych problemów ogólnej teorii względności. Autor w ciekawy sposób połączył teoretyczne rozważania z analizą czasoprzestrzeni czarnodziurowych dla rozwiązań statycznych i stacjonarnych osiowo-symetrycznych z uwzględnieniem pola Maxwella i stałej kosmologicznej.

Treści zawarte w rozprawie doktorskiej odnoszą się w dużej mierze do oryginalnych rezultatów badań doktoranta uzyskanych we współpracy ze swoim prof. Jerzym Lewandowskim i profesorem Adamem Szereszewskim. Zostały one opublikowane w Physical Review D. W sumie mgr Buk

jest współautorem dwu opublikowanych prac i jednego preprintu.

Moja pozytywna ocena treści pracy doktorskiej ma także swoje potwierdzenie w opiniach specjalistów redakcyjnych przyjmujących prace do druku w Physical Review D.

Reasumując, uzyskane przez doktoranta, oryginalne wyniki zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie oraz sposób ich prezentacji wskazujący na dobrą znajomość tematyki izolowanych horyzontów, geometrii różniczkowej i ogólnej teorii względności, sprawiają że rozprawa spełnia formalne, ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę o dopuszczenie pana mgr. Eryka Buka do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.

