

Alternativne teorije gravitacije 2006–2007

Institucije

Institut za fiziku, Beograd
Fizički fakultet, Beograd

Istraživači

4 naučna savetnika
2 vanredna profesora
1 docent
5 studenata

Istraživačke oblasti definisane u predlogu projekta

- Teorija gravitacije u **post-Riemann-ovoj geometriji** prostorvremena
- **Strune i brane** – dinamika i geometrija
- **Nekomutativna teorija polja** u fizici čestica i gravitaciji

1. Ekstendirani objekti u zakrivljenom prostoru vremenu

Istraživači: Milovan Vasilić i Marko Vojinović

Motivacija i problem

Za tačkastu česticu:

Einstein-ove j-ne $\Rightarrow \nabla T = 0 \Rightarrow$ čestica se krće po geodezijskoj liniji

Šta se događa sa drugim oblicima materije (struna, membrana, itd) ?

Šta se događa u Riemann-Cartan-ovoj geometriji (krivina + torzija)?

Zadebljana struna u OTR (Riemann-ovo prostorvreme)

Tehnika rešavanja: razvoj T po parametru poprečne dimenzije strune,

$T = T(\text{beskonačno tanka struna}) + \text{popravke koje potiču od poprečne dimenzije}$

Slučaj beskonačno tanke strune:

Izvedene j-ne kretanja i granični uslovi za krajeve strune

Analiza kanonske strukture tenzora $T \Rightarrow$

struna može biti: masena, bezmasena, Nambu-Gotto i tahionska

Nambu-Gotto struna: dobijaju se standardne j-ne kretanja i granični uslovi

Uopštenje na p-dimenzione ekstenzirane objekte (p-brane) u OTR

Dobijene j-ne kretanja zavise i od unutrašnjeg ugaonog momenta p-brane,
za rotirajuće 3D telo u krivom prostorvremenu \Rightarrow Papapetrou

U planu: uopštenje na Riemann-Cartan-ovu geometriju (krivina + torzija)

Reference

- 1) M. Vasilić and M. Vojinović,
Classical string in curved backgrounds, Phys.Rev. D **73** (2006) 124013
- 2) M. Vasilić and M. Vojinović,
Classical Spinning Branes in Curved Backgrounds, JHEP **07** (2007) 028

2. Trodimenziona gravitacija sa torzijom

Istraživači: Milutin Blagojević i Branislav Cvetković

Motivacija i problem

Einstein-ova OTR (Riemann-ova geometrija)

dobro opisuje eksp. podatke, ali – singulariteti, kvantizacija ?!

PGT = Poincaré grad. teorija grav. (Riemann-Cartan-ova geom: krivina + torzija)

veće šanse za **ujedinjenje**, prevazilaženje problema **singulariteta** i **kvantizacije**

PGT teorija u 3D – jednostavnija, sa sličnim osn. principima dinamike

Dinamiku definiše Mielke-Baekler-ov model (1991), uopštenje OTR sa Λ

asimptotska struktura prostorvremena ?

termodinamika crne rupe ?

supersimetrična formulacija ?

Rezultati

- AdS asimptotika \Rightarrow asimptotska **konformna simetrija**,
opisana sa dve nezavisne V -algebre sa **različitim** centralnim nabojima
- Odredjena energija E i ug. momenat M crne rupe, \neq od OTR izraza

- Nadjena **entropija** crne rupe sa torzijom $\sim \ln(\text{broj kvantnih stanja})$, rezultat različit od entropije u OTR
- Dokazan **prvi zakon termodinamike**: $T\delta S = \delta E - \Omega\delta M$
- SS formulacija \Rightarrow asimptotska **super-konformna simetrija**
 \Rightarrow **uslovi stabilnosti** crne rupe

Reference

- 1) M. Blagojević and B. Cvetković, Canonical structure of 3D gravity with torsion, in: *Progress in General Relativity and Quantum Cosmology*, vol. 2, ed. Ch. Benton (Nova Science Publishers, New York, 2006), p. 103.
- 2) M. Blagojević and B. Cvetković, Black hole entropy in 3D gravity with torsion, *Class. Quantum Grav.* **23** (2006) 4781.
- 3) M. Blagojević and B. Cvetković, Black hole entropy from the boundary conformal structure in 3D gravity with torsion, *JHEP* **10** (2006) 005.
- 4) M. Blagojević and B. Cvetković, Covariant description of the black hole entropy in 3D gravity, *Class. Quant. Grav.* **24** (2007) 129.
- 5) B. Cvetković and M. Blagojević, Supersymmetric 3D gravity with torsion: asymptotic symmetries, *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 3933.

3. Strune u zakrivljenom prostorvremenu

Istraživači: Branislav Sazdović

Motivacija i problem

Da li teorija struna implicira geometriju prostorvremena ?

Zatvorena bozonska struna ima dejstvo $I = \int d^2\xi \mathcal{L}(x; G, B, \Phi)$

$G_{\mu\nu}$ = metrika, $B_{\mu\nu}$ = antisim. polje, Φ = dilaton

Da li pozadinska polja G , B i Φ imaju geometrijsku interpretaciju ?

Rezultat

Polazeći od j-na kretanja strune u 2D, nadjeno je da:

G je izvor krivine, B je izvor torzije, a Φ je izvor nemetričnosti prostorvremena
krivina, torzija i nemetričnost \Rightarrow afina geometrija prostorvremena

Reference

- 1) D. S. Popović and B. Sazdović,
The geometrical form for the string space-time action,
Eur. Phys. J. C **50** (2007) 683.

4. Nekomutativnost koordinata Dp-brane

Istraživači: Branislav Szadović i Bojan Nikolić

Motivacija i problem

p-brana = ekstenzirani objekat sa p prostornih i 1 vremenskom dimenzijom

Posmatrajmo otvorenu strunu čiji se krajevi

slobodno kreću duž p-brane (Neumann-ov granični uslov)

ali se ne mogu odvojiti od nje (Dirichle-ov granični uslov). \Leftrightarrow Dp-brane

Dejstvo za otvorenu strunu u 2D: $\int d^2\xi \mathcal{L}(x; G, B, \Phi)$,

pozadinska polja: metrika $G_{\mu\nu}$, antisim. polje $B_{\mu\nu}$ i dilaton Φ ,

odredjena iz uslova konformne inv. $\beta = 0$

Kako postojanje Dp-brana utiče na efektivnu dinamiku struna ?

Rezultat

Prosta rešenja j-na $\beta = 0$: $G, B = \text{const}, \Phi = a + bx$

Granični uslovi za strunu (na Dp-brani) se tretiraju kao kanonske veze

konzistentnost ovih veza daje nove, sekundarne veze, itd.

Ovaj beskonačan skup veza je ekvivalentan sa $\Gamma^a(\sigma) = 0$

Veze $\Gamma^a(\sigma) = 0$ se mogu eksplicitno rešiti:

uvedimo efektivne kanonske koordinate strune $= q^i(\sigma), p^i(\sigma)$

izrazimo originalne koordinate strune $x^\mu(\sigma)$ preko $q^i(\sigma), p^i(\sigma)$

\Rightarrow Ove redukovane koordinate strune **ne komutiraju na granici**, tj. na **Dp-brani** !

Novi element u analizi: razjašnjenje uloge dilatonskog polja Φ .

Reference

- 1) B. Nikolić and B. Sazdović,
Gauge symmetries decrease the number of Dp-brane dimensions
Phys. Rev. D **74** (2006) 045024.
- 2) B. Nikolić and B. Sazdović,
Gauge symmetries decrease the number of Dp-brane dimensions,
II Inclusion of the Liouville term, Phys. Rev. D **75** (2007) 085011.

5. Lokalne simetrije, materija i gravitacija

Istraživači: Djordje Šijački i Igor Salom

Motivacija i problem

Grupa simetrije dejstva **p-brane** i njene spinorske rep (fermionski stepeni slobode)

Neka je p-brana utopljena u **zakrivljenom** (a ne ravnom) D-dim prostoru \mathcal{M}_D

Struktura lokalne simetrije superbrane u \mathcal{M}_D ?

Rezultati

- Diff koji čuvaju volumen p-brane \Rightarrow **beskonačno-komponentni spinori**
- Green-Schwarz superbrana kovariantno utopljena u \mathcal{M}_D :
formulacija sa konačno/ ∞ -komp. spinorima \Rightarrow ima/**nema** restrikcija na \mathcal{M}_D
- Data alternativna konstrukcija konformne Lie-jeve algebre

Reference:

Dj. Sijacki, Strings, Branes and Other Extensions,

in: Matter Particle Patterns, Structure and Dynamics, R. Ruffini and Y. Verbin eds., World Scientific Series in 20th Century Physics - Vol. 38 (2006) 607.

preprinti ...

6. Nekomutativna teorija polja

Istraživači: Maja Burić, Voja Radovanović, Marija Dimitrijević i Duško Latas

Opšta motivacija

Potreba za regularizacijom u TP – nekomutirajuće koordinate (Snyder)

Kvantna gravitacija – postojanje minimalne dužine – nekomutativnost koordinata

Nekomutativne koordinate se pojavljuju u teoriji struna i Dp-brana

Dalji razvoj

Formulacija KTP na nekomutativnom (NK) prostoru je veoma složen problem
matematički formalizam, fizički sadržaj, komutativni limes

Veliki broj otvorenih pitanja:

- Šta je to **NK prostor**, kako se opisuje njegova **geometrija** ?
- **Uprošćenja**: konstantni NK parametar, NK deformacija Lijeve algebre
def: konstantni NK par. + Moyal-ov produkt \Rightarrow NK Minkowski-jev prostor
- **Kako je definisana TP** ? Dejstvo, rešenja, komutativni limes, def. kvantizacije ?
- Kako se u NK prostoru definišu **simetrije**, posebno **lokalne simetrije** ?
- **NK teorija gravitacije** ? Preko NK prostora, ili NK deformacijom difeomorfizama ?

Problemi

A. Klasična TP i simetrije

Simetrije: lokalne, difeomorfizmi;

konst. NK parametri θ , κ -deformisan Minkowski
 realizacija simetrije preko tzv. kvantne grupe
 NK supersimetrija

B. Renormalizabilnost lokalne TP

Neabelova TP

nerenormalizabilna u opštem slučaju (prvi red po θ , 1-petlja)
 asimptotska sloboda po θ

Standardni model

sektor gauge polja renormalizabilan (prvi red po θ , 1-petlja), uz pogodan izbor param.
 fermionski sektor ? Higgs-ovi ? ... (u planu)

C. Gravitacija

Razmatran problem prostiranja talasa u ravnom NK Mink. prostoru (perturbativno)

Konstrukcija NK Schwarzschild-ovog rešenja, osobine singularnosti – još uvek nedostižno

Reference

- 1) P. Aschieri, M. Dimitrijević, F. Meyer and J. Wess,
Noncommutative Geometry and Gravity, Class. Quant. Grav. **23** (2006) 1883.
- 2) P. Aschieri, M. Dimitrijević, F. Meyer, S. Schraml and J. Wess,
Twisted Gauge Theories, Lett. Math. Phys. **78** (2006) 61.
- 3) M. Burić, T. Grammatikopoulos, J. Madore, G. Zoupanos,
Gravity and the structure of noncommutative algebras, JHEP **0604** (2006) 054.
- 4) M. Burić, D. Latas and V. Radovanović,
Renormalizability of noncommutative SU(N) gauge theory, JHEP **0602** (2006) 046.
- 5) M. Burić, V. Radovanović and J. Trampetić, The one-loop renormalization of the gauge sector in the noncommutative standard model, JHEP **0703** (2007) 030.
- 6) M. Burić, D. Latas, V. Radovanović and J. Trampetić,
Nonzero $Z \rightarrow \gamma\gamma$ decays in the renormalizable gauge sector of the noncommutative standard model, Phys. Rev. D **75** (2007) 097701.
- 7) D.Latas, V. Radovanović, J. Trampetić, Non-commutative SU(N) gauge theories and asymptotic freedom, to appear in Phys Rev D (2007).

Zaključak

Istraživačke teme

Dobro definisane, uskladjene sa ciljevima projekta

Istraživački rezultati

Prepoznatljivi u svetu

Publikacije

Broj radova po doktoru = $18/7 \approx 1.5$

Kako dalje ?

Kako savladati teškoće u procesu izgradnje kompletne teorije osnovnih interakcija ?

Galileo (Dialogo, 1632):

” Pre svega, izgleda poželjno naći i objasniti definiciju koja se najbolje slaže sa prirodnim pojavama”