



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **The holographic glass bead game : from superconductivity to time machines**

Bagrov, A.

### **Citation**

Bagrov, A. (2015, September 23). *The holographic glass bead game : from superconductivity to time machines*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/35436>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/35436>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/35436> holds various files of this Leiden University dissertation

**Author:** Bagrov, Andrey

**Title:** The holographic glass bead game : from superconductivity to time machines

**Issue Date:** 2015-09-23

# Samenvatting

Dit proefschrift is gewijd aan het toepassen van de holografische dualiteit op een kwalitatieve analyse van problemen in verschillende gebieden van de theoretische natuurkunde. Na een overzicht van de basisprincipes van deze correspondentie tussen een anti-de Sitter ruimte en een conforme veldentheorie in een dimensie lager (AdS/CFT) in hoofdstuk 1, nemen wij zijn concrete toepassingen in de fysica van de gecondenseerde materie, de kwantumchromodynamica, en de theorie van de niet-causale ruimtetijden ter hand.

In hoofdstuk 2 gebruiken we AdS/CFT methoden om een theorie te formuleren van BCS-achtige (Bardeen-Cooper-Schrieffer) supergeleiding gedreven door het paarsgewijs condenseren van fermionen in holografische systemen met Landau-achtige langlevende quasideeltjes. We tonen aan dat de duale theorie op de rand van AdS, dual aan een interagerende Dirac-Maxwell-Scalar theorie, zowel supergeleiding als de Bardeen-Cooper-Schrieffer/Bose-Einstein condensaat (BCS/BEC) crossover vertoont. Wanneer de scalaire en de fermionische velden ontkoppeld zijn, concurreren zij om de elektrische lading, en onderdrukken de fermionen het scalaire superfluid condensaat. Als er daarentegen sprake is van Yukawa koppeling, dragen de fermionen bij aan de totale condensaat waarde. Een opmerkelijk aspect van holografische fermionen is dat het bulk  $U(1)$  ijkveld, dual aan de chemische potentiaal op de rand, een splitsing van de fermionische banden induceert (dit kan worden beschouwd als een bulk analoog van Rashba spin-baan splitsing), die op zijn beurt leidt tot het feit dat de paarvormings-symmetrie in de veldentheorie op de rand gelijk is aan  $p + ip$ . We merken ook op dat de standaard Gubser-Klebanov-Polyakov-Witten regel voor correlatiefuncties aan de theorie op de rand niet zonder wijzigingen kan worden gebruikt zodra de bulkvelden aan elkaar zijn gekoppeld.

In hoofdstuk 3 richten we onze aandacht op de niet-evenwicht fysica van de vorming van het quark-gluon plasma (QGP) dat in botsingen van zware ionen tot stand komt. We gebruiken ter vereenvoudiging compleet vlakke zwaartekrachts-schokgolven als een dual model voor de relativistische ionen in de veldentheorie op de rand en bestuderen hoe de aanwezigheid van een chemische potentiaal het proces van QGP forma-

tie beïnvloedt. Om de moeilijkheden van een dynamische simulatie van het bulksysteem met botsende schokgolven te omzeilen, concentreren we ons op de formatie van “trapped surfaces” (omsloten oppervlakken) die het mogelijk maken enkele eigenschappen van “het-te-vormen” zwart gat (duaal aan de deconfined toestand in de randtheorie) in te schatten, zonder de tijdsafhankelijke Einstein vergelijkingen op te hoeven lossen. We concluderen dat, vergeleken met het neutrale geval, elektrische lading de hoeveelheid hadrons geproduceerd in de botsing vermindert, en de temperatuur van de confinement/deconfinement overgang verhoogt.

In hoofdstuk 4 behandelen wij paradoxen behorende bij het reizen in de tijd. Met behulp van holografie kunnen wij de tweepunts Green’s functies in een niet-causale kwantumveldentheorie berekenen. Zulke theorieën zijn moeilijk vanuit basisprincipes te herleiden. De zwaartekracht-configuratie dual in deze theorie is een  $(2 + 1)$  - dimensionale anti-de Sitter ruimtetijd met twee elkaar omcirkelende conische defecten. Dit resulteert in een ruimtetijd met gesloten tijdachtige krommen. Door toepassing van de AdS/CFT-correspondentie in zijn klassieke limiet, kunnen we de analyse van de kwantumdynamica zonder causaliteit vereenvoudigen tot simpelweg de analyse van klassieke pseudo-Riemann-metkunde van de bulk ruimtetijd. Ons basierend op de geodetische benadering kunnen we de Green’s functie in de theorie op de rand afleiden zonder extra zelf-consistentie eisen en wij tonen aan dat, zelfs in afwezigheid van de causaliteit, de evolutie van een kwantumveld zowel controleerbaar als niet-pathologisch kan zijn.

Tenslotte geven we in hoofdstuk 5 een overzicht van onze resultaten en plaatsen ze in een bredere context van de hedendaagse theoretische fysica.