

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Faculty of Science		Department of Physical Sciences	
Tekijä — Författare — Author			
Aleksi Vuorinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Four-loop Feynman diagrams in three dimensions			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Theoretical Physics			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Master's Thesis		October 2001	46
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>The free energy of quantum chromodynamics is one of the most fundamental quantities that describe a strongly interacting high-temperature system. Theoretical predictions for its value can be obtained by different means but each method is only applicable on a limited temperature range. Lattice simulations in thermal QCD are restricted to temperatures close to the critical temperature of the deconfining transition, whereas conventional finite T perturbation theory is only reliable at very high energies. A well-motivated prediction for the values of F has been lacking for temperatures that fall between these two regions.</p> <p>The reason why the perturbative regime has so far not been extended down to temperatures close to T_c is that as the energy scale is decreased the value of the gauge coupling g increases, and on the other hand the loop expansion of the free energy has been shown to break down at order g^6. The objective of this thesis is to explore the use of three-dimensional effective field theories in improving the perturbation expansion of F and to provide new results for four-loop Feynman diagrams needed in this process. The construction of the effective theories is explained in detail as well as the separation of the free energy into contributions from different energy scales. It is furthermore demonstrated how the different parameters of the effective theories can be obtained, and the extension of the perturbative expansion to the next order is outlined.</p> <p>The application of the effective theory method to evaluating the free energy requires the calculation of large sets of multi-loop Feynman diagrams in three dimensions, of which ten four-loop scalar diagrams are evaluated in this thesis. These diagrams constitute all non-trivial four-loop 2PI vacuum graphs of a scalar theory containing couplings of any number of particles. Arbitrary masses are used on each propagator line and analytic results are obtained whenever possible; this is the case with e.g. all divergent parts of the diagrams. When the masses are set identical, numerical values are extracted for all diagrams making a direct comparison of their magnitudes possible.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
Quantum chromodynamics, Feynman diagrams			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Kumpula Science Library, University of Helsinki			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Fysikaalisten tieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Aleksi Vuorinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Four-loop Feynman diagrams in three dimensions			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Teoreettinen fysiikka			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	
Pro gradu		Lokakuu 2001	
		Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages	
		46	
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>Kvanttikromodynamiikan vapaa energia on eräs tärkeimmistä vahvasti vuorovaikuttavaa systeemiä korkeissa lämpötiloissa kuvaavista suureista. Sen arvoa on pyritty määrittämään erilaisin teoreettisin keinoin, joista yksikään ei kuitenkaan toimi kovin laajalla lämpötila-asteikolla: hilasimulaatiot rajoittuvat deconfinement-transition kriittisen lämpötilan ympäristöön, kun taas häiriöteoreettiset laskut ovat luotettavia ainoastaan erittäin korkeilla energioilla. Näiden lämpötilaskaalojen välisellä alueella suuretta F ei toistaiseksi ole pystytty määrittämään minään hyvin perustellun menetelmän avulla.</p> <p>Se ettei häiriöteorian pätevyysaluetta ole kyetty jatkamaan T_c:n läheisyyteen johtuu QCD:n kytkinvakion g arvon kasvamisesta energiaskaalan laskiessa sekä siitä, että vapaan energian silmukkakehitelmä hajoo kertaluvussa g^6. Tässä tutkielmassa tarkoituksenani on tarkastella kolmiulotteisten efektiivisten teorioiden käyttöä F:n häiriökehityksen parantamisessa sekä määrätä joidenkin ennen laskemattomien ja kyseisessä prosessissa tarvittavien Feynmanin diagrammien arvoja. Käyn työssä yksityiskohtaisesti läpi efektiivisten teorioiden rakentamisprosessin ja näytän, kuinka vapaa energia voidaan jakaa eri energiaskaalojen kontribuutioihin. Lisäksi kerron, kuinka efektiivisten teorioiden eri parametrit määritetään ja selitän, miten häiriökehitystä voidaan periaatteessa jatkaa seuraavaan kertalukuun.</p> <p>Efektiivisten teorioiden soveltaminen vapaan energian laskemiseen johtaa mm. useisiin monisilmukkaisiin Feynmanin diagrammeihin, joista tässä työssä määrään kymmenen nelisilmukkaisten skalaaridiagrammien arvon kolmessa ulottuvuudessa. Näiden graafien joukko kattaa itse asiassa kaikki epätriviaalit kaksihiukkas-reduoitumattomat tyhjiödiagrammat yhden skalaarikentän teoriassa, jossa esiintyy mielivaltaisen monen hiukkasen kytkentöjä. Laskuissa käytän ennalta määräämättömiä propagaattorimassoja ja johdan diagrammeille analyyttisiä tuloksia aina, kun se vaikuttaa mahdolliselta; tämä on tilanne esimerkiksi kaikkien diagrammien divergoivien osien tapauksessa. Lisäksi annan numeeriset arvot jokaiselle diagrammalle siinä erikoistapauksessa, jossa massat ovat yhtäsuuret.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
Kvanttikromodynamiikka, Feynmanin diagrammat			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Kumpulan tiedekirjasto, Helsingin yliopisto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			