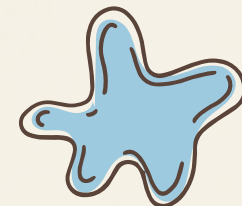


2+1 განზომილება და ანიონები

მომხსენებელი : არჩილ ბაღბაია



მაქსველის თეორია

$$\mathcal{L}_M = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - A_\mu J^\mu$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$

$$\partial_\mu A^\mu = 0 \quad \text{დენი ინახება}$$

$$A_\mu \rightarrow A_\mu + \partial_\mu \Lambda$$

ლაგრანჟიანი
ინვარიანტულია
ყალიბური
გარაქმნის
მიმართ

მაქსველის თეორია d განზომილებაში

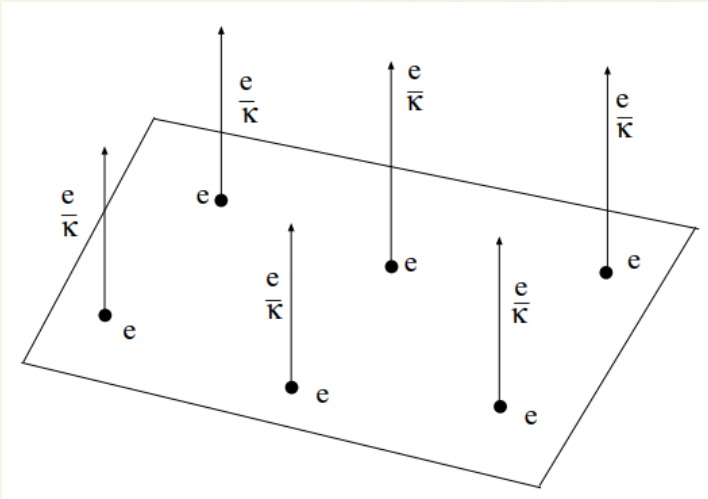
- μ ინდექსი გაირბენს 0-დან (d-1)-მდე
- აღსანიშნავია, რომ 2+1 განზომილებისთვის მაგნიტური ველი იქნება არა ფსევდო-ვექტორი, როგორც ეს იყო 3+1 განზომილებაში, არამედ ფსევდო-სკალარი :
 - $B = \epsilon^{ij} \partial_i A_j$
- მიზეზი, არის ის რომ, \vec{A} ვექტორ პოტენციალი 2+1 განზომილებაში წარდმოადგენს 2 განზომილებიან ვექტორს, ხოლო როტორი 2 განზომილებაში გვაძლევს სკალარს.
- მაშასადამე ველის ტენზორი შეიცავს 3 არანულოვან კომპონენტს : 2 ელექტრული ველისთვის (\vec{E}) და ერთი მაგნიტური ველისთვის (B).

ჩერნ-საიმონსის თეორია

- 2+1 განზომილებაში შემოაქვთ ყალიბური, ჩერნ-საიმონსის თეორია
 - ლორენც ინვარიანტულია
 - ყალიბურად ინვარიანტულია
 - ლოკალურია
- ლაგრანჟიანს აქვს სახე :
- $\mathcal{L}_{CS} = \frac{\kappa}{2} \epsilon^{\mu\nu\rho} A_\mu \partial_\nu A_\rho - A_\mu J^\mu$
- კლასიკური ეილერ-ლაგრანჟის განტოლებები:
- $\frac{\kappa}{2} \epsilon^{\mu\nu\rho} F_{\nu\rho} = J^\mu$

Chern-Simons Coupled to Matter Fields

- განვიხილოთ მოძრაობის განტოლება კომპონენტებში :
 - $\rho = \kappa B$
 - $J^i = \kappa \epsilon^{ij} E_j$
- 1-ელი განტოლება მიუთითებს, რომ მუხტის სიმკვრივე ლოკალურად პროპორციულია მაგნიტური ველისა, ეს წარმოადგენს ჩერნ-საიმონსის თეორიის უფექტს : გადააბას მაგნიტური ნაკადი ელექტრულ მუხტს. პროპორციულობის კოეფიციენტი წარმოადგენს ჩერნ-საიმონსის ბმის კონსტანტა.

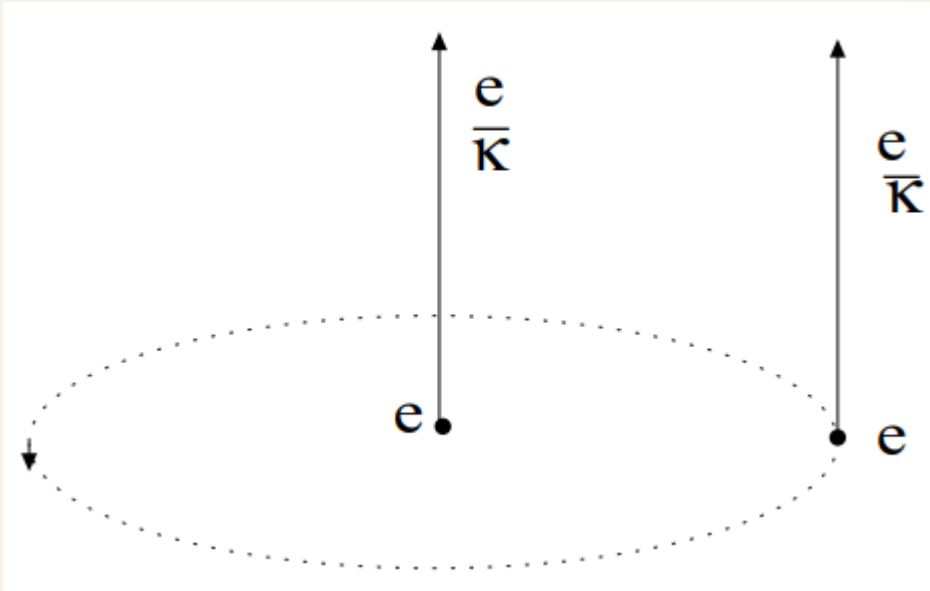


$$\dot{\rho} = \kappa \dot{B} = \kappa \epsilon^{ij} \partial_i \dot{A}_j$$

$$\dot{\rho} + \partial_i J^i = 0 \rightarrow J^i = -\kappa \epsilon^{ij} \dot{A}_j + \epsilon^{ij} \partial_j \chi$$

განივი კომპონენტა $\chi = \kappa A_0$

თეორიის შედეგი



- მნიშვნელოვანი შედეგი, რაც დგება მუხტისა და მაგნიტური ნაკადის გადაბმისას, არის ის რომ მას მივყავართ ახალი ტიპის აჰარანოვ-ბომის ურთიერთქმედებამდე. ამ დროს, როცა ერთი ნაწილაკი მოძრაობს მეორის გარშემო, მიუხედავად მათ შორის არსებული ურთიერთქმედებისა, კვანტურ დონეზე, არარელატივისტური ტალღური ფუნქცია იძენს დამატებით აჰარანოვ-ბომის ფაზას.

$$\exp \left(ie \oint_c \vec{A} \cdot d\vec{x} \right) = \exp \left(\frac{ie^2}{\kappa} \right)$$

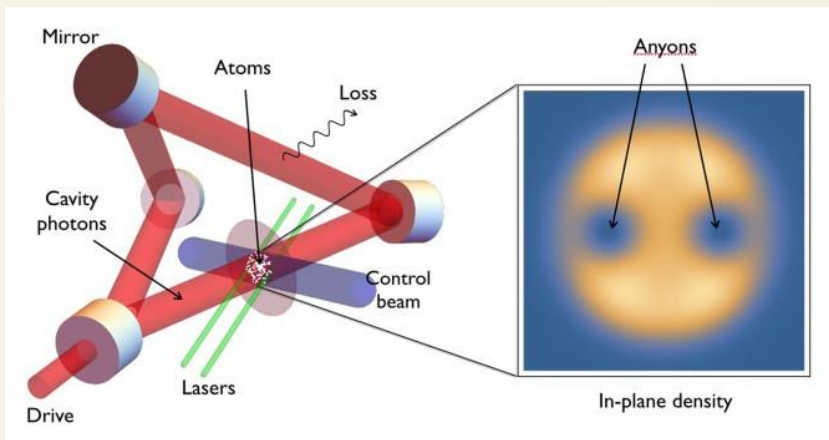
- აჰარანოვ-ბომის ურთიერთქმედება მუხტსა და მეორე ანიონის მაგნიტურ ნაკადს შორის, ორმაგი გაცვლისას. ამ დროს მულტი ანიონური სისტემის ტალღური ფუნქცია იძენს დამატებით აჰარანოვ-ბომის ფაზას.

- თუკი მსგავსს მოძრაობას მივცემთ ორგმაგი ურთიერთგაცვლის ინტერპრეტაციას, მაშინ ეს მოგვცემს ანიონური გაცვლის ფაზას, რომელიც დამოკიდებულია თეორიის ბმის კონსტანტაზე და შეიძლება მიიღოს სხვადასხვა მნიშვნელობა, რაც გავლენას ახდენს ე.წ. ანიონურ სტატისტიკაზე.

$$2\pi\Delta\theta = \frac{e^2}{2\kappa}$$

ანიონები

- გამომდინარე აქედან შეიძლება დავუშვათ და მივიჩნიოთ რომ მატერიის ველს აქვს საკუთარი დინამიკა, ხოლო ჩერნ-საიმონსის ბმა წარმოადგენს მაგნიტური ნაკადის „მიბმას“ მუხტის სიმკვრივეზე, ისე რომ გამუდმებით თან დაჰყვება მას.
- მაგნიტური ნაკადის მიბმა მუხტზე, ფაქტობრივად წარმოადგენს ანიონების რეალიზაციას.
- ანიონები წარმოადგენენ კვაზინაწილაკებს, რომლებიც არსებობენ მხოლოდ 2 განზომილებაში.



- ანიონები არ განეკუთვნებიან არც ბოზე-აინშტაინის და არც ფერმი-დირაკის სტატისტიკას. ისინი გარკვეულწილად გარდამავალი რგოლია და მიეკუთვნებიან წილადურ სტატისტიკას.
- პრიველად წამოყენებულ იქნა კვანტური ჰოლის ეფექტში, როცა 2 განზომილებიან ელექტრონების გაზს ათვისებენ ძლიერ მაგნიტურ ველში.
- ანიონების თვისებები დამოკიდებულია იმ გზაზე, რომელზეც მოძრაობენ ერთმანეთის მიმართ და არა მათ კოორდინატზე.
- გზაზე დამოკიდებულება, ხდის მათ მედეგს ლოკალური შეშფოთების მიმართ.
- იმის მიხედვით, როგორ სისტემში ჩნდებიან, შესაძლებელია ქონდეთ ელემენტალური მუხტის არამთელი მნიშვნელობა.
- მათი გამოყენება შეიძლება სხვადასხვა კვანტური პროცესის სიმულაციისთვის, რომელიც ექსპერიმენტულად რთული განსახორციელებელია (მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა).