

# Labai šaltų atomų dujų sąveika su šviesa

Julius Ruseckas

Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

Liepos 19, 2008

<http://www.itpa.lt/quantumgroup/>

## Quantum Optics Group

at the Institute of Theoretical Physics and Astronomy  
of Vilnius University



Main

Members

Research Area

Collaboration

Publications

Links

The [group](#) is working on the theory of quantum optics at the [Institute of Theoretical Physics and Astronomy of Vilnius University](#). Our main main [research interests](#) are cold atomic gases, electromagnetically induced transparency, slow light, lefthanded light and effective gauge field theories.

The Quantum Optics group is headed by Habil. Dr. [Gediminas Juzeliūnas](#).



# Kiek šalti turi būti atomai?

## Tikslas:

Norime, kad pasireikštų kvantiniai efektai.

De Broglie bangos ilgis dėl šiluminio judėjimo turi būti sulyginamas su atstumais tarp atomų.

Tipiškos temperatūros yra  $T \sim 100 \text{ nK}$ .

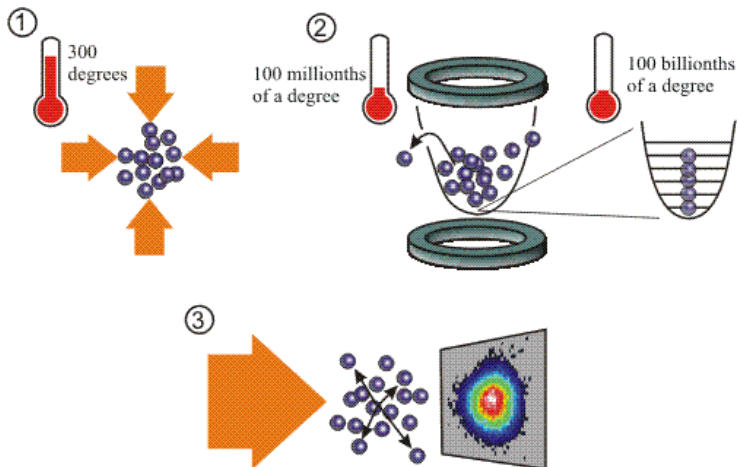
## Atomo fizika $\iff$ Kietojo kūno fizika

Šaltų atomų dujų privalumai:

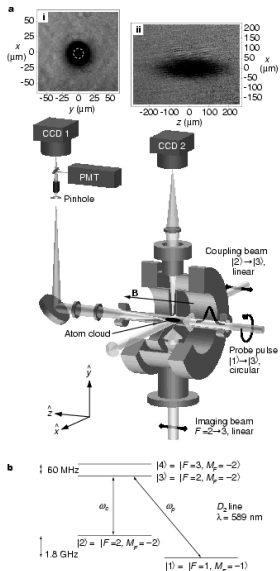
Lengvai keičiami sistemos parametrai, kuriuos kietojo kūno fizikoje ne visada galima pakeisti.

- atomų kiekis
- išorinio (gaudyklės) potencialo forma
- atomų tarpusavio sąveikos stiprumas

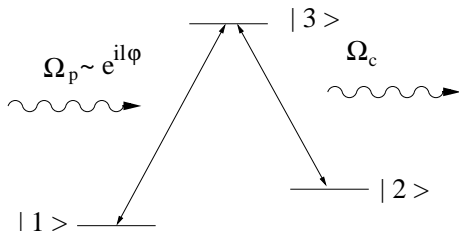
# Kaip atrodo eksperimentas?



# Kaip atrodo eksperimentas?



# Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas



## Tamsi būseną

Atomas gali būti tokioje būsenoje, kad dėl destruktivos interferencijos išnyksta sugertis.

Du šviesos pluoštai: **zonduojantis** (probe)  $\Omega_p$  ir **kontrolinis** (control)  $\Omega_c$





# Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas

Nature, Hau *et al*, 2001



## Problema

Atomai yra elektriškai neutralios dalelės. Nėra tiesioginės analogijos su elektronų kristaluose magnetinėmis savybėmis

**Sprendimas:** galima sukurti efektyvųjį magnetinį lauką.

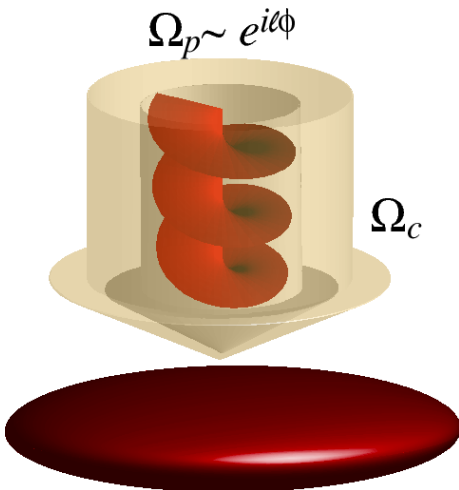
- Coriolis'o jėga:

$$\mathbf{F}_C = 2m\mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega}$$

- Lorenz'o jėga:

$$\mathbf{F}_L = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

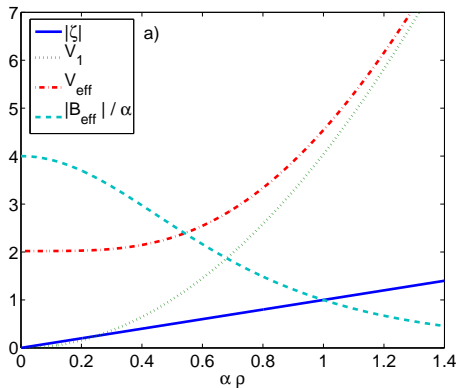
Sukimasis yra panašus į magnetinį lauką.



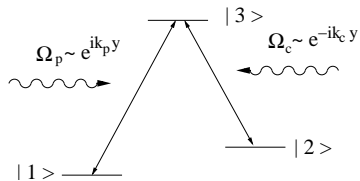
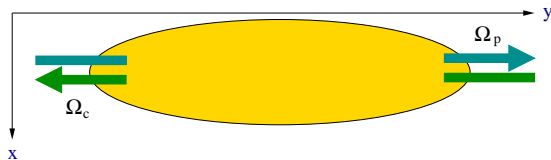
## Šviesos sūkurys

- Plokščiai bangai pastovios fazės paviršius yra plokštuma.
- Šviesos sūkuriui pastovios fazės paviršius yra sraigtas.

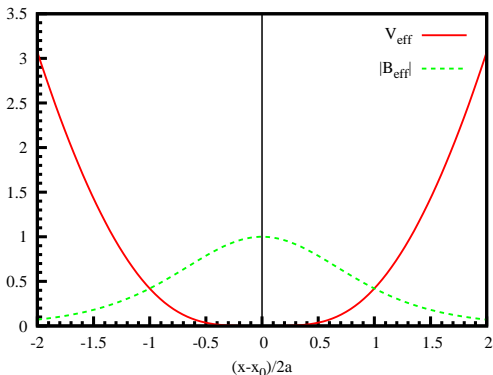
# Tiesiskai didėjantis pluoštų amplitudžių santykis



# Priešpriešais sklindantys šviesos pluoštai

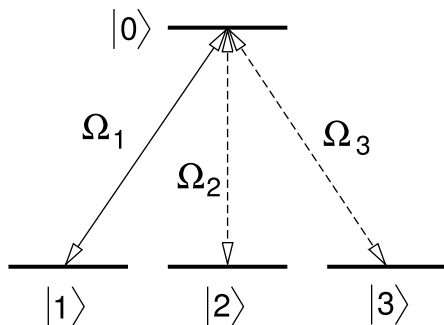


# Priešpriešais sklindantys gausiniai pluoštai



Efektывusis gaudyklės potencialas  $V_{\text{eff}}$  ir efektyvusis magnetinis laukas  $B_{\text{eff}}$  sukurti priešpriešais sklindančių gausinių pluoštų.

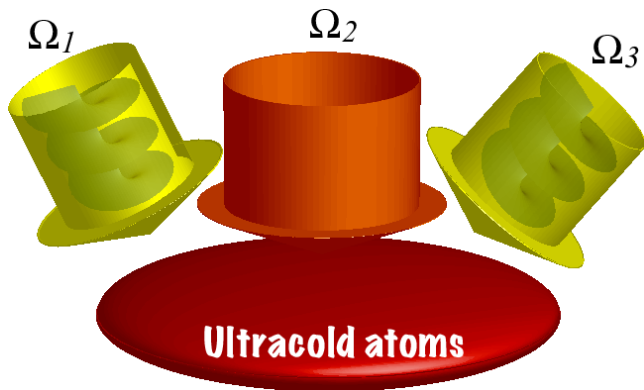
# Tripodo konfigurācija



- **Dvi** išsigimusios tamsios būsenos
- **Neabeliniai** kalibruotiniai potencialai



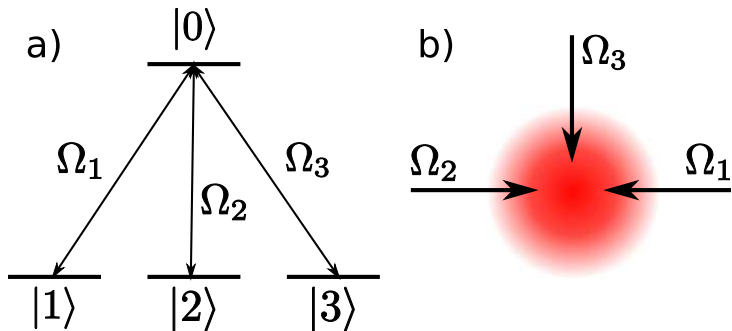
# Tripodo konfigurācija



Šaltų atomų dujos yra ne vien tik kietojo kūno fizikos analogas. Šaltiems atomams veikiamiems šviesos pluoštų gali būti gaunamos lygtys, kurios paprastai pasirodo elementariųjų dalelių fizikoje.

- Neabeliniai kalibruotiniai potencialai
- Magnetinis monopolis
- Ultrareliatyvistiniai Dirac'o fermionai
- Zitterbewegung
- Neigiamas atspindys

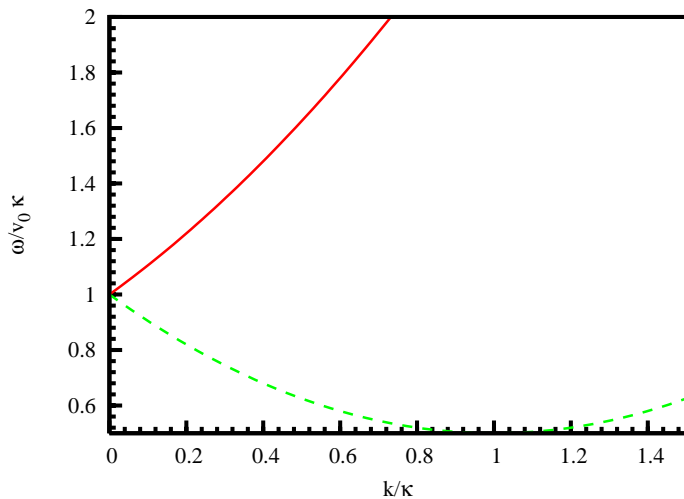
# Ultrareliatyvistiniai Dirac'o fermionai



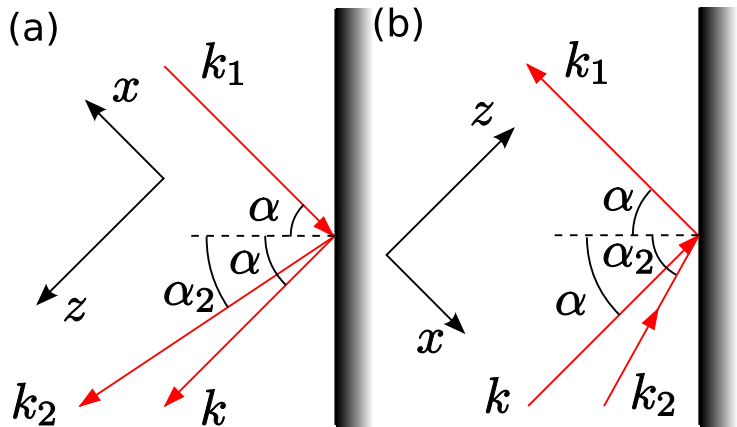
Parenkamas tam tikras šviesos pluoštų intensyvumų santykis.

- Mažiems banginiams vektoriams  $k$  lygtis atomų judėjimui sutampa su viena iš elementariųjų dalelių **reliatyvistinių** lygčių (Weyl'io lygtimi)
- Lygtyse pasirodo greitis, kuris yra šviesos greičio atitikmuo. Šaltiems atomams šis greitis yra 1 cm/s eilės.

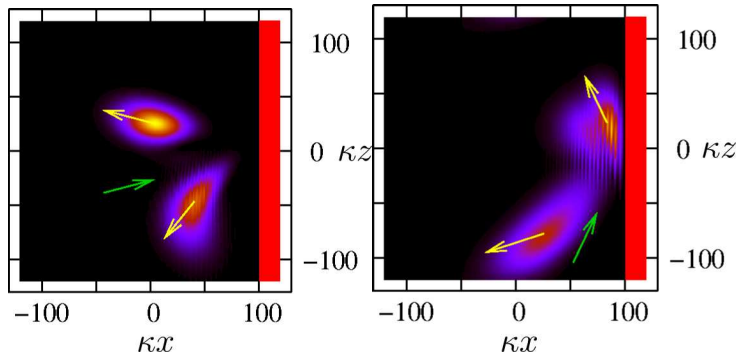
# Ultrareliatyvistiniai Dirac'o fermionai



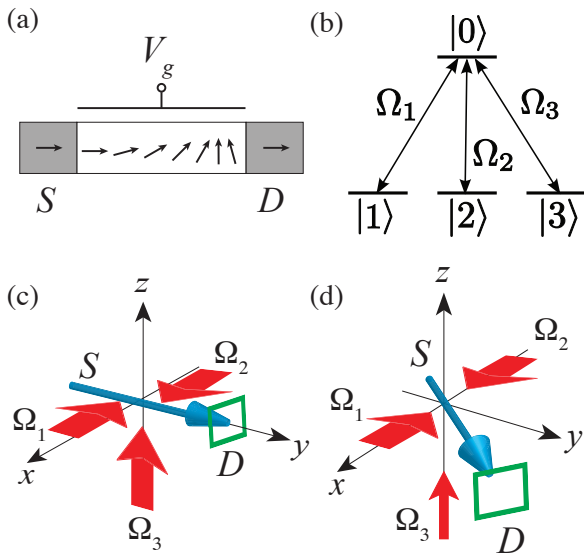
# Neigiamas atspindys



# Neigiamas atspindys



# Atomų sukinių tranzistorius





Ačiū už dėmesį!