

Sustabdyta šviesa ir kitos keistenybės: šviesos sklidimas daugelio lygmenų sistemose

Julius Ruseckas

Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

Balandžio 14, 2010

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

Quantum Optics Group

at the Institute of Theoretical Physics and Astronomy,
Vilnius University



Main

Members

Research Area

Collaboration

Publications

Media Coverage

Links

The [group](#) is working on the theory of quantum optics at the [Institute of Theoretical Physics and Astronomy of Vilnius University](#). Our 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 Professor [Gediminas Juzeliūnas](#).



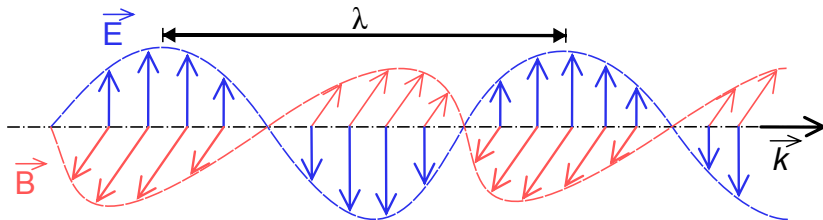
2009 ([Spring 2009](#), [2008](#))

- 1 Bendri dėsningumai
- 2 Šviesos sklidimas dviejų lygmenų sistemose
- 3 Šviesos sklidimas trijų lygmenų sistemose
- 4 Sudėtingesnės konfigūracijos

- 1 Bendri dėsningumai
- 2 Šviesos sklidimas dviejų lygmenų sistemose
- 3 Šviesos sklidimas trijų lygmenų sistemose
- 4 Sudėtingesnės konfigūracijos

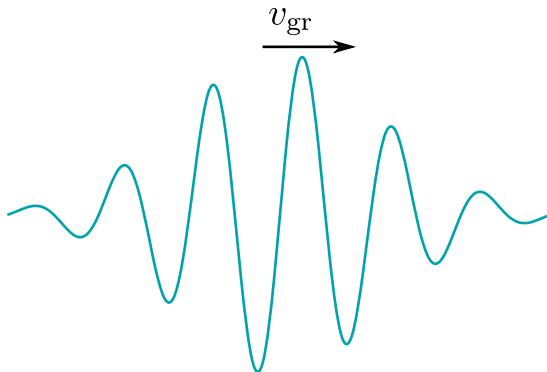
- 1 Bendri dėsningumai
- 2 Šviesos sklaidimas dviejų lygmenų sistemose
- 3 Šviesos sklaidimas trijų lygmenų sistemose
- 4 Sudėtingesnės konfigūracijos

- 1 Bendri dėsningumai
- 2 Šviesos sklidimas dviejų lygmenų sistemose
- 3 Šviesos sklidimas trijų lygmenų sistemose
- 4 Sudėtingesnės konfigūracijos



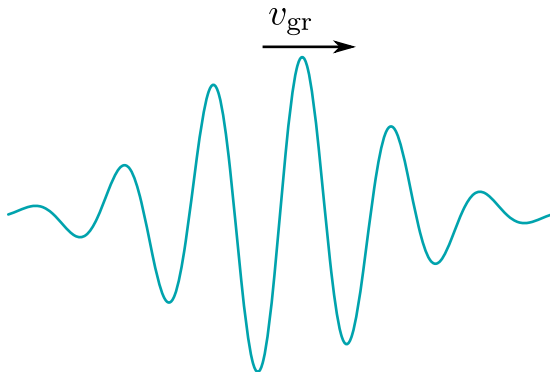
Šviesa yra elektromagnetinė banga

Kaip apibrėžti bangos greitį?



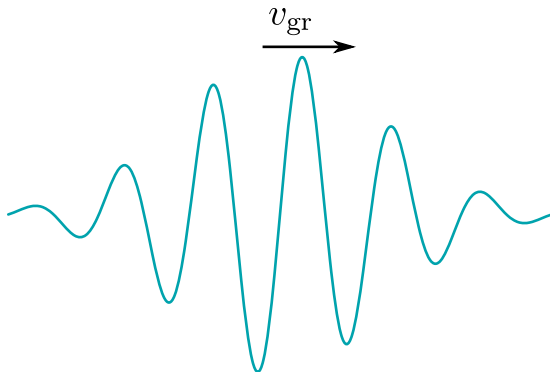
- Fazinis greitis
- Grupinis greitis
- Signalinis greitis

Kaip apibrėžti bangos greitį?



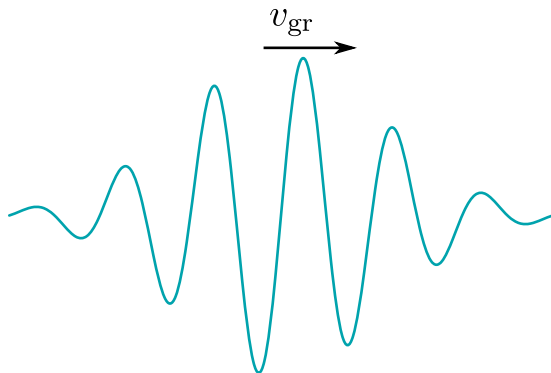
- Fazinis greitis
- Grupinis greitis
- Signalinis greitis

Kaip apibrėžti bangos greitį?

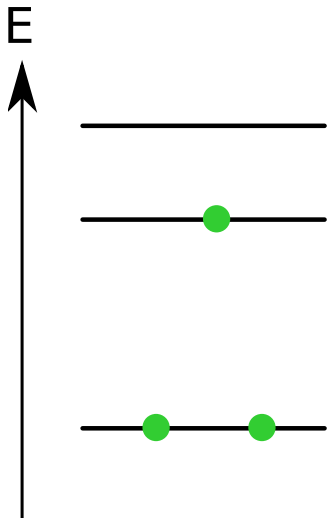


- Fazinis greitis
- Grupinis greitis
- Signalinis greitis

Kaip apibrėžti bangos greitį?



- Fazinis greitis
- Grupinis greitis
- Signalinis greitis

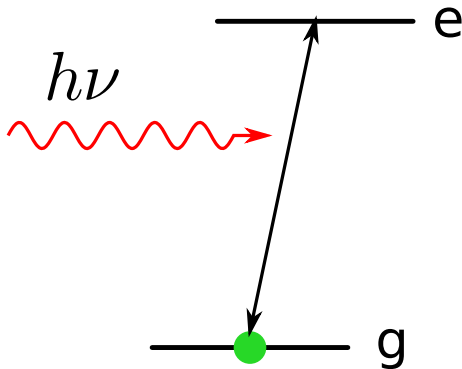


Elektronai atomuose gali turėti tik tam tikras energijos vertes

Rezonanso sąlyga

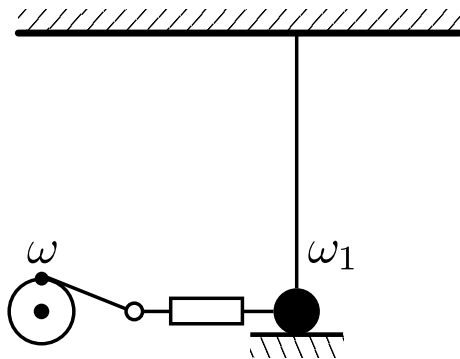
$$h\nu = E_2 - E_1$$

$h = 6.62606896 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ yra Planck'o konstanta



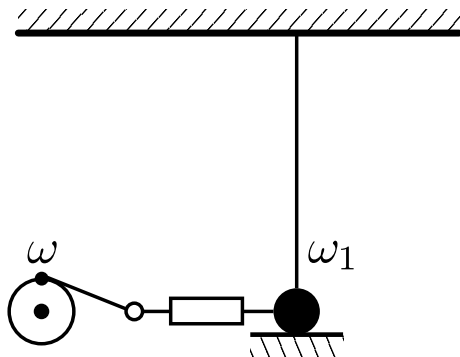
Šviesai esant rezonanse su šuoliu $g \rightarrow e$, vyksta sugertis

Mechaninis sugerties analogas



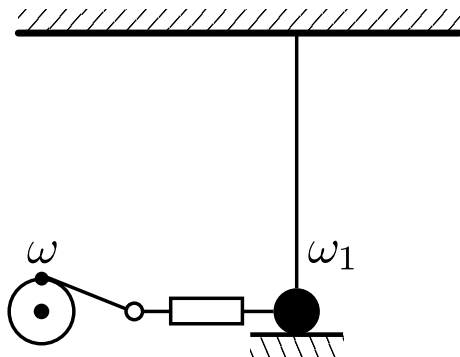
- Švytuoklės svyravimo periodas ω_1
- Rezonansas jei $\omega \approx \omega_1$
- Sugertis

Mechaninis sugerties analogas



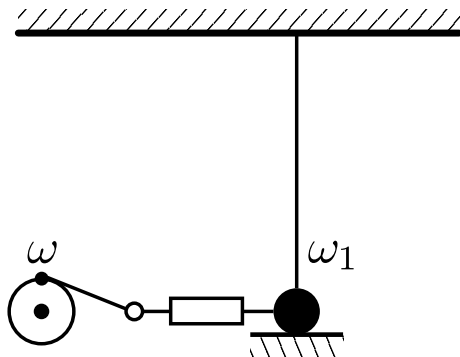
- Švytuoklės svyravimo periodas ω_1
- Rezonansas jei $\omega \approx \omega_1$
- Sugertis

Mechaninis sugerties analogas

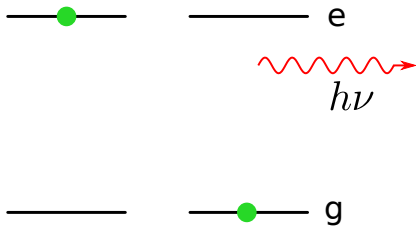


- Švytuoklės svyravimo periodas ω_1
- Rezonansas jei $\omega \approx \omega_1$
- Sugertis

Mechaninis sugerties analogas

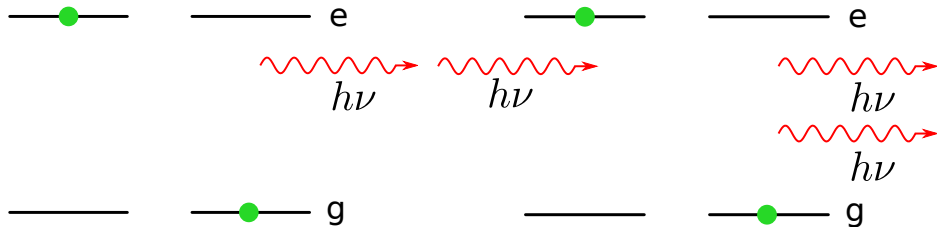


- Švytuoklės svyravimo periodas ω_1
- Rezonansas jei $\omega \approx \omega_1$
- **Sugertis**



Savaiminis spinduliavimas

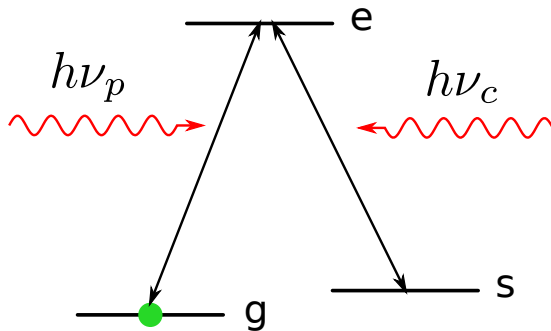
Kiti atvejai



Savaiminis spinduliavimas

Indukuotas spinduliavimas

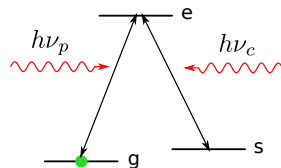
Trijų lygmenų Λ sistema



- Papildomas valdantysis lazeris

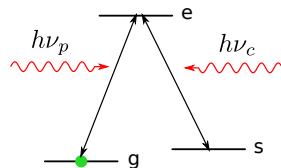
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būseną
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas



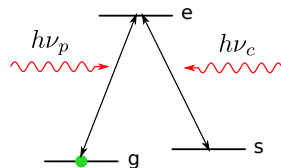
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būseną
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas



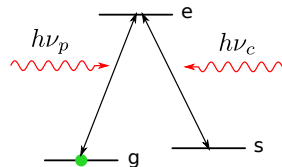
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būsena
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas



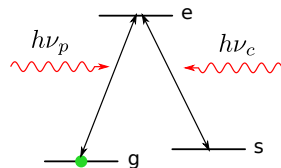
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būseną
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas



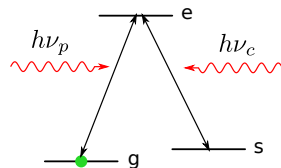
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būsena
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas



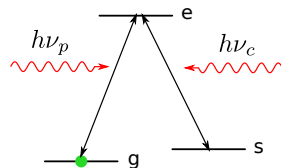
Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būseną
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas

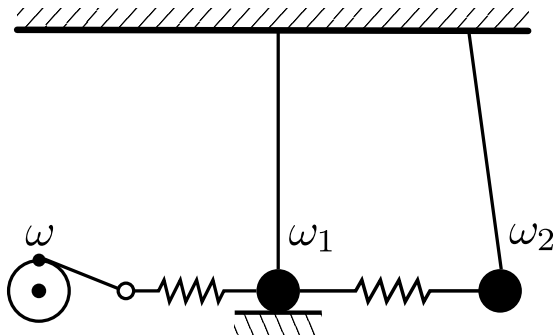


Trijų lygmenų Λ sistema

- Šuolių $g \rightarrow e$ ir $s \rightarrow e$ destruktvyvi interferencija
- Sugerties išnykimas
- Elektromagnetiškai sukeltas praskaidrėjimas
- Tamsi būseną
- Labai lengvai suardoma
- Labai siauras skaidrumo langas

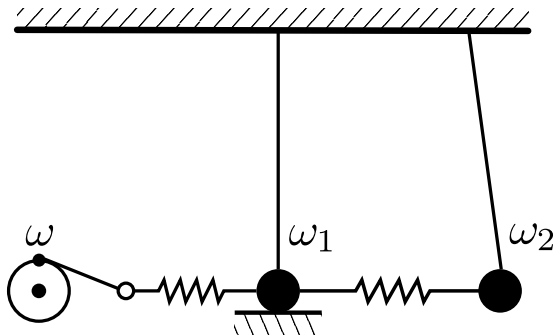


Mechaninis sugerties išnykimo analogas



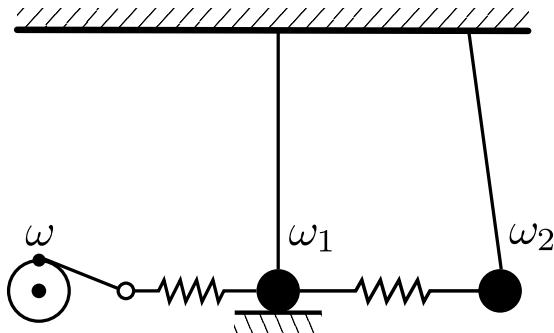
- Jei $\omega_2 \approx \omega$ tai švytuoklė 2 svyruoja su amplitudė, proporcinga išorinei jėgai ir su **priešinga faze**
- Švytuoklė 1 beveik nejuda, jėga iš dešinės = jėga iš kairės
- Disipacija išnyksta, tačiau tokia būseną yra lengvai suardoma

Mechaninis sugerties išnykimo analogas



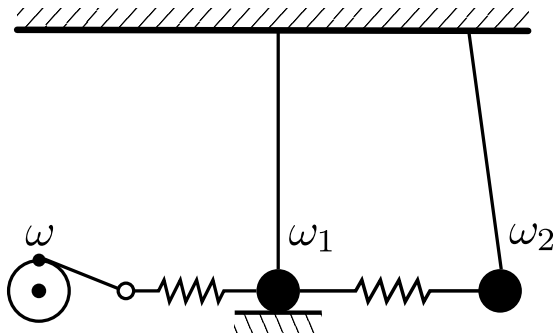
- Jei $\omega_2 \approx \omega$ tai švytuoklė 2 svyruoja su amplitudė, proporcinga išorinei jėgai ir su **priešinga faze**
- Švytuoklė 1 beveik nejuda, jėga iš dešinės = jėga iš kairės
- Disipacija išnyksta, tačiau tokia būseną yra lengvai suardoma

Mechaninis sugerties išnykimo analogas



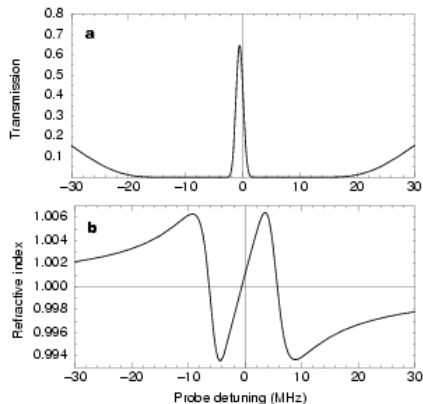
- Jei $\omega_2 \approx \omega$ tai švytuoklė 2 svyruoja su amplitude, proporcinga išorinei jėgai ir su **priešinga faze**
- Švytuoklė 1 beveik nejuda, jėga iš dešinės = jėga iš kairės
- Disipacija išnyksta, tačiau tokia būseną yra lengvai suardoma

Mechaninis sugerties išnykimo analogas

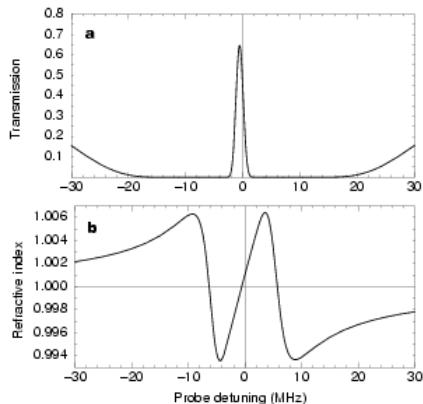


- Jei $\omega_2 \approx \omega$ tai švytuoklė 2 svyruoja su amplitude, proporcinga išorinei jėgai ir su **priešinga faze**
- Švytuoklė 1 beveik nejuda, jėga iš dešinės = jėga iš kairės
- Disipacija išnyksta, tačiau tokia būseną yra lengvai suardoma

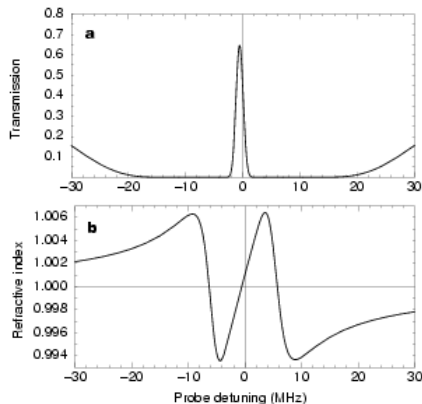




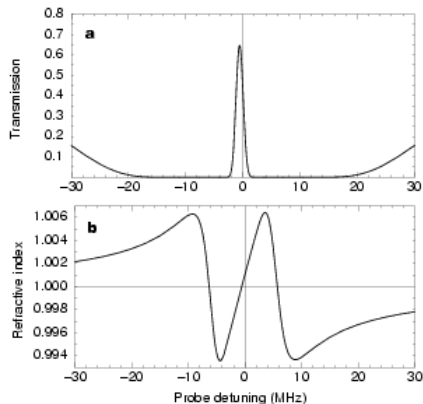
- Labai siauras skaidrumo langas
- Medžiaga su didele dispersija
- Mažas grupinis greitis - **lėta šviesa**



- Labai siauras skaidrumo langas
- Medžiaga su didele dispersija
- Mažas grupinis greitis - **lėta šviesa**

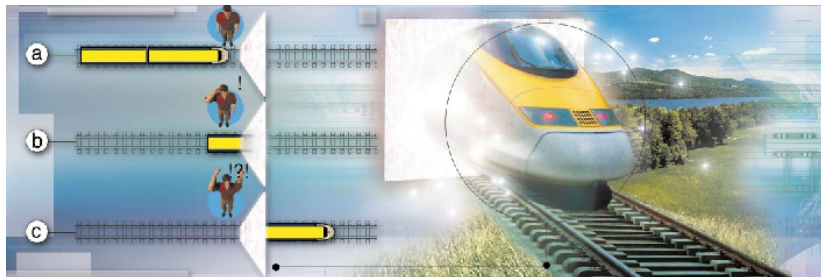


- Labai siauras skaidrumo langas
- Medžiaga su didele dispersija
- Mažas grupinis greitis - **lėta šviesa**



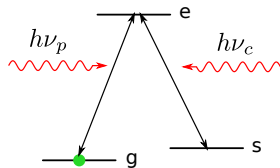
- Labai siauras skaidrumo langas
- Medžiaga su didele dispersija
- Mažas grupinis greitis - **lėta šviesa**

Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas



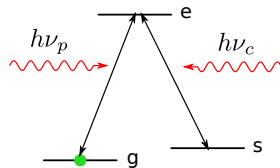
Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas

- Informacija apie sklindančią šviesą yra elektroniniame sužadiniame
- Išjungus valdantį lazerį, informacija elektroniniame sužadiniame išlieka
- Vėl įjungus valdantį lazerį, zondojuojantis šviesos pluoštas atsigamina



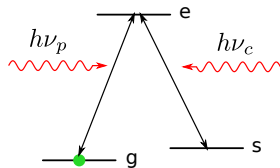
Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas

- Informacija apie sklindančią šviesą yra elektroniniame sužadinyje
- Išjungus valdantį lazerį, informacija elektroniniame sužadinyje išlieka
- Vėl įjungus valdantį lazerį, zondojuojantis šviesos pluoštas atsigamina



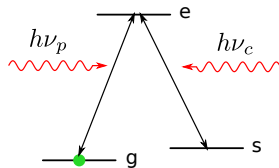
Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas

- Informacija apie sklindančią šviesą yra elektroniniame sužadinyje
- Išjungus valdantį lazerį, informacija elektroniniame sužadinyje išlieka
- Vėl įjungus valdantį lazerį, zondojuojantis šviesos pluoštas atsigamina

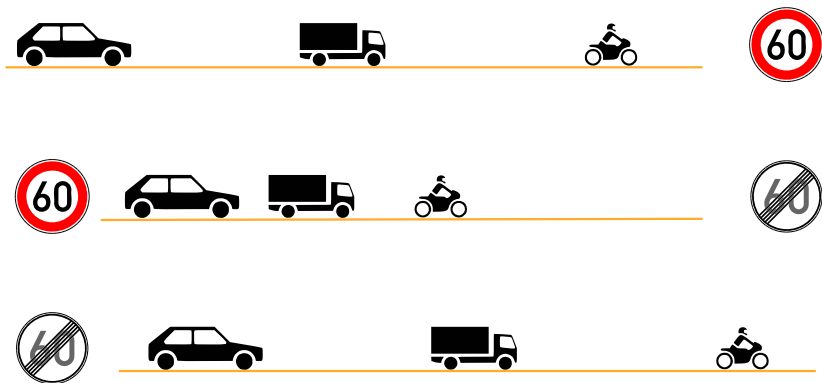


Lėtos šviesos išsaugojimas ir atgaminimas

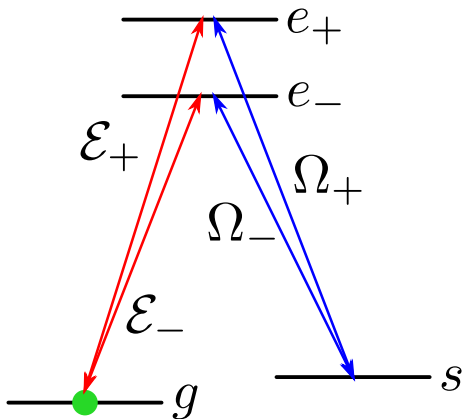
- Informacija apie sklindančią šviesą yra elektroniniame sužadiniame
- Išjungus valdantį lazerį, informacija elektroniniame sužadiniame išlieka
- Vėl įjungus valdantį lazerį, zondojuojantis šviesos pluoštas atsigamina



Šviesos impulsų susispaudimas dėl suletėjimo

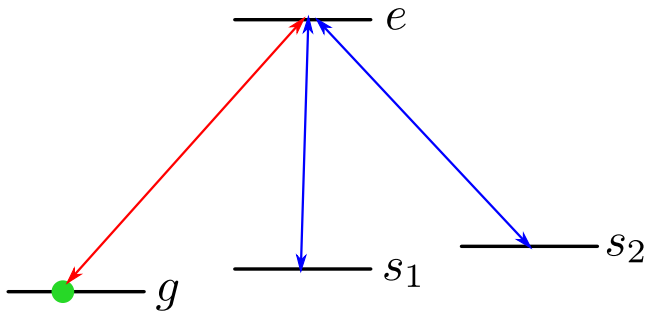


Dviguba Λ schema

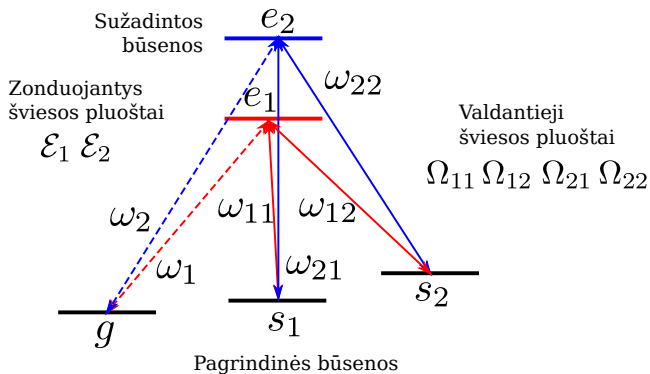


- Papildoma sužadinta būseną
- Papildomas, priešpriešais sklindantis, valdantysis lazerio pluoštas

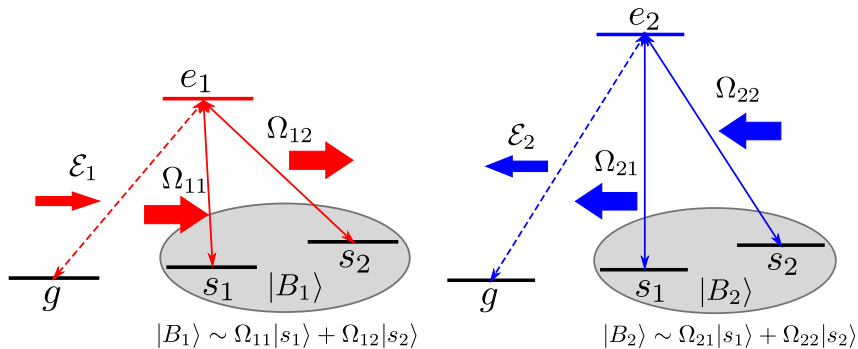
Tripodo schema



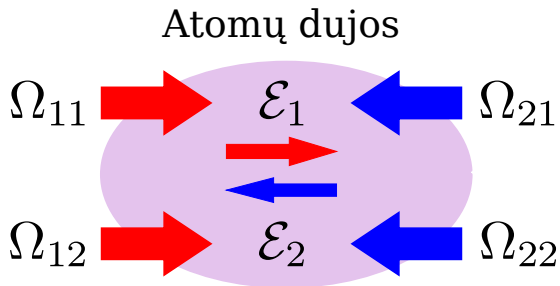
Dvigubo tripodo schema



Dvigubo tripodo schema

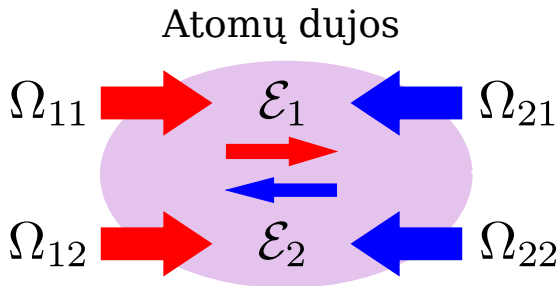


Dvi sukabintos posistemės

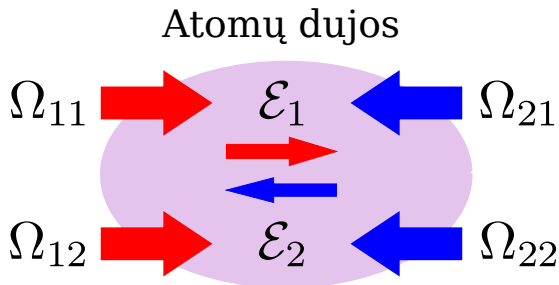


- Laukai \mathcal{E}_1 ir \mathcal{E}_2 yra sukabinti
- Pavieniui jie neturi apibrėžto grupinio greičio
- Tik tam tikros zonduojančių laukų kombinacijos sklinda apibrėžtu greičiu

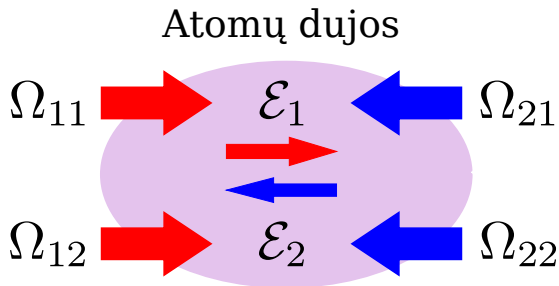
Priešpriešais sklindantys pluoštai



- Laukai \mathcal{E}_1 ir \mathcal{E}_2 yra sukabinti
- Pavieniui jie neturi apibrėžto grupinio greičio
- Tik tam tikros zondojuančių laukų kombinacijos sklinda apibrėžtu greičiu

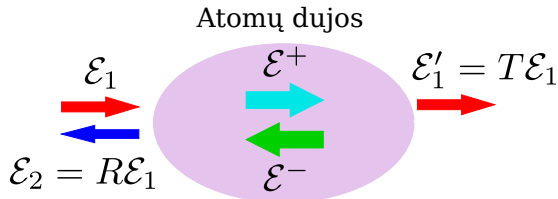


- Laukai \mathcal{E}_1 ir \mathcal{E}_2 yra sukabinti
- Pavieniui jie neturi apibrėžto grupinio greičio
- Tik tam tikros zondojuančių laukų kombinacijos sklinda apibrėžtu greičiu



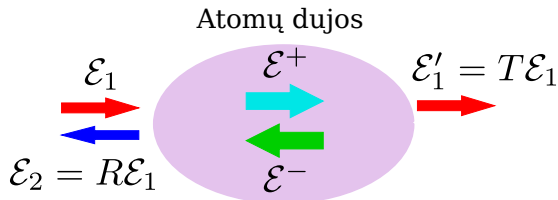
- Laukai \mathcal{E}_1 ir \mathcal{E}_2 yra sukabinti
- Pavieniui jie neturi apibrėžto grupinio greičio
- Tik tam tikros zonduojančių laukų kombinacijos sklinda apibrėžtu greičiu

Osciliacijos kaip tarp neutrinų rūšių



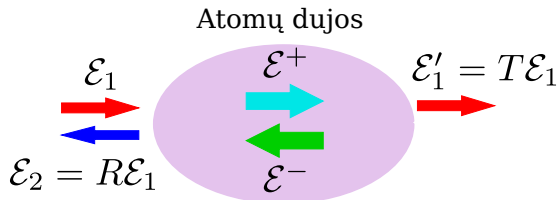
- \mathcal{E}_1 yra atspindimas į \mathcal{E}_2
- Atspindėtų ir praėjusių laukų intensyvumai periodiškai kinta kintant dujų debesėlio ilgiui

Osciliacijos kaip tarp neutrinų rūšių



- \mathcal{E}_1 yra atspindimas į \mathcal{E}_2
- Atspindėtų ir praėjusių laukų intensyvumai periodiškai kinta kintant dujų debesėlio ilgiui

Osciliacijos kaip tarp neutrinų rūšių



- \mathcal{E}_1 yra atspindimas į \mathcal{E}_2
- Atspindėtų ir praėjusių laukų intensyvumai periodiškai kinta kintant dujų debesėlio ilgiui

Kiek nukrypus lazerių dažniams nuo rezonanso gaunama sklidimo lygtis tampa panaši į lygtį **reliatyvistinėms dalelėms**, turinčioms masę.

Kiek nukrypus lazerių dažniams nuo rezonanso gaunama sklidimo lygtis tampa panaši į lygtį **reliatyvistinėms dalelėms**, turinčioms masę.

Ačiū už dėmesį!