

**Título em Português:** Subradiância em nuvens de átomos frios

**Título em Inglês:** Subradiance in cold atomic clouds

**Autor:** Paola Rebeca Storino Azzar

**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Unidade:** Instituto de Física de São Carlos

**Orientador:** Romain Pierre Marcel Bachelard

**Área de Pesquisa / SubÁrea:** Física Atômica e Molecular

**Agência Financiadora:** CNPq - PIBIC

## Sub-radiância em nuvens de átomos frios

Paola Rebeca Storino Azzar

Romain Pierre Marcel Bachelard

Universidade de São Paulo

paolaazzar@usp.br

### Objetivos

Nuvens de átomos frios espalham a luz de maneira “cooperativa”: a luz incidente induz dipolos atômicos, o que gera interação dipolo-dipolo entre as partículas (1). Essa interação é a origem da famosa super-radiância em sistemas de dois níveis, um fenômeno que foi depois observado em vários sistemas, além da física atômica. Hoje o fenômeno voltou a chamar atenção da comunidade pela possibilidade de usar o efeito, para controlar a emissão, como por exemplo no laser super-radiante.

Porém, existe hoje um debate sobre a natureza da sub-radiância em grandes nuvens desordenadas: enquanto ela pode ser entendida usando uma abordagem de espalhamento coerente de luz (modelo de dipolos acoplados), o “armazenamento de radiação” é um fenômeno incoerente que também pode explicar os grandes tempos de vida da radiação relatados em alguns experimentos (2).

O objetivo do presente projeto é propor um teste que permite diferenciar processo coerente e incoerente de radiação com grande tempo de vida. A proposta é introduzir uma mudança de fases aleatórias dos dipolos durante a dinâmica de radiação, o que irá afetar os processos coerentes (i.e., para quais a relação entre as fases dos dipolos é importante), mas não os processos incoerentes (pois modelos de

marcha aleatória de fótons, que possuem intensidade, mas não fase, não serão afetados).

### Resultados

Usando um modelo que leva em conta tanto os processos coerentes quanto incoerentes, implementamos essa mudança de fase através de um campo magnético externo sintonizável. Observamos que a dinâmica de radiação da luz é alterada, o que sugere que a energia no sistema é redistribuída entre os modos super- e sub-radiantes. Essa observação permite descartar o armazenamento de radiação, pois ele não é sensível às fases, e assim não é alterado pelas mudanças de fase.

### Conclusões

Enquanto temos os primeiros indícios de um teste que permite diferenciar processos coerentes e incoerentes, no futuro pretendemos caracterizar em mais detalhe a redistribuição de energia entre os modos coletivos do sistema, realizada com a manipulação das fases.

### Referências Bibliográficas

- [1] LEHMBERG, R. H. Radiation from an N-Atom System. I. General Formalism. **Physical Review A**, v. 2, n. 3, p. 883–888. set. 1970.
- [2] COTTIER, F. A. J. Light-atom interaction: mean-field approach and intensity fluctuations. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Física



de São Carlos, Universidade de São Paulo.  
São Paulo, p. 147 . 2018.

## Subradiance in cold atomic clouds

**Paola Rebeca Storino Azzar**

**Romain Pierre Marcel Bachelard**

Universidade de São Paulo

paolaazzar@usp.br

### Objectives

Cold atom clouds scatter light in a “cooperative” mode: the incident light induces atomic dipoles, generating dipole-dipole interactions between the particles (1). This interaction is the origin of the known super-radiance in two-level systems, phenomena widely observed in many systems, not exclusively in atomic physics. Today it returned to draw the attention of the scientific community for the possibility of using the effect to control the emission, for example in the case of a super-radiant laser. However, there is a debate about the nature of sub-radiance in big disordered clouds: while it can be understood with a coherent light scattering approach (coupled-dipole model), the “radiation trapping” is an incoherent phenomena that can also explain the big radiation lifetimes reported in some experiments (2).

The goal of the present project is to propose a test that allows us to differentiate the coherent and incoherent process of radiation with big lifetimes. The method intended is to introduce a random phase change in the dipoles during the radiation dynamics, which will affect the coherent processes (i.e., the ones in which the relationship between the dipoles phase is important), but not the coherent ones (since the photon's' random walk mode, that contains light intensity but no phase, won't be affected).

Using a model that takes into account both coherent and incoherent processes, we implemented that phase change through an external tunable magnetic field. We observed that the light radiation dynamics are altered, which suggests that the energy in the system is redistributed between the super and sub-radiant modes. This observation allows us to put away the idea of radiation trapping, since it isn't sensible to phase change, and therefore isn't changed by them.

### Conclusions

While we have the first clues of a test that allows us to differentiate coherent and incoherent processes, in the future, we aim to categorize in detail the energy redistribution between the collective modes of the system, which will be made using phase manipulation.

### References

- [1] LEHMBERG, R. H. Radiation from an N-Atom System. I. General Formalism. **Physical Review A**, v. 2, n. 3, p. 883–888. set. 1970.
- [2] COTTIER, F. A. J. Light-atom interaction: mean-field approach and intensity fluctuations. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 147 . 2018.

### Results