

**Review the time-resolved scattering of a single photon by a single atom, in Persian**

## **نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون**

**H. Javadi <sup>1</sup>, F. Forouzbakhsh <sup>2</sup>**

1 Faculty of Science, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

[Javadi\\_hossein@hotmail.com](mailto:Javadi_hossein@hotmail.com)

2 Department of Energy Technology, Aalborg University, Esbjerg, Denmark

[faf@et.aau.dk](mailto:faf@et.aau.dk)

Dec. 10, 2016

**چکیده:**

در مدل استاندارد، ذرات بنیادی از جمله فوتون فاقد ساختار داخلی هستند. از این رو برای آن شکلی قائل نیستند. دانشمندان مرکز تکنولوژی‌های کوانتوم (CQT) در دانشگاه ملی سنگاپور (NUS) اخیراً نشان داده‌اند که شکل یک فوتون نیز در نحوه‌ی جذب آن توسط یک اتم تأثیر دارد.

## نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون

در مکانیک کوانتومی فوتون ذره‌ای بدون ساختار است. یک فوتون بدون ساختار چگونه می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد؟ چون در فیزیک آزمایش معتبرتر از نظریه است، بنابراین باید مفهوم ذره در مکانیک کوانتوم بازنگری شود. این کاری است که در نظریه سی. پی. اچ. انجام شده است.

### بررسی آزمایش

کریستین کورتسیفر که مدیر تحقیقات در CQT است، به همراه تیمش این توانایی را داشتند که با دقت زیادی به فوتون‌های نور شکل دهند. برای این تحقیق، که در ۲۹ نوامبر سال جاری در مجله‌ی *Nature Communications* منتشر شد [1]، تیم تحقیقاتی از اتمهای روبیدیم و فوتون‌های فرسرخ برای پیشبرد آزمایشات خود استفاده می‌کردند. ویکتور لئونگ، یکی از محققان تیم در مورد آزمایش می‌گوید: آزمایش‌های ما در مورد بنیادی‌ترین برهم‌کنش‌های بین ماده و نور است. یک فوتون ۴ متری در عرض ۱۳ نانوثانیه از یک اتم عبور می‌کند. هر بار که فوتونی به‌سوی اتم فرستاده می‌شود، دانشمندان بررسی می‌کنند که آیا آن فوتون جذب اتم می‌شود یا نه و اگر جواب مثبت باشد آنها به دنبال این هستند که بفهمند این اتفاق به چه شکلی رخ می‌دهد. با پی بردن به زمان برانگیزش اتم و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن، محققان می‌توانند احتمال جذب فوتون توسط اتم را به‌صورت تابعی برحسب زمان بیان کنند.

در این تحقیق دو نوع فوتون مورد آزمایش قرار گرفت: نوعی از فوتون که روشنایی آن در حال افزایش و نوع دیگر فوتونی که روشنایی آن در حال کاهش بود. پس از انجام صدها میلیون آزمایش و اندازه‌گیری که ۱۵۰۰ ساعت به طول انجامید، محققان درنهایت به این نتیجه رسیدند که احتمال کلی جذب هر نوع فوتون توسط یک اتم روبیدیم، تنها کمی بیشتر از ۴ درصد است. با این حال، زمانی که تیم تحقیقاتی بر مبنای بازه‌های زمانی نانوثانیه به این فرآیند نگاه کردند، پی بردند احتمال جذب فوتون در هر لحظه به نوع فوتون نیز بستگی دارد [2].

چگونه مفهوم فوتون بدون ساختار قادر به توصیف شکل‌های مختلف و چهار متر طول آن است؟ علاوه بر چهار متر طول و شکل‌های متفاوت از فوتون، چگونه دو ذره باردار متضاد مانند الکترون و پوزیترون، می‌توانند فوتون بدون ساختار را که از نظر الکتریکی نیز خنثی است، جذب و منتشر کنند؟ در مکانیک کوانتوم تنها به جذب و تابش اشاره می‌شود و هیچ توضیحی در مورد مکانیزم جذب و تابش فوتون توسط ذرات باردار داده نمی‌شود.

## نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون

اما در نظریه CPH، فوتون ترکیبی از فوتون‌های مجازی مثبت و منفی است. بنابراین فوتون یک دو قطبی الکتریکی بسیار ضعیف است که با تجربه نیز سازگار است و حتی مقالات مختلفی در مورد حد بالای بار الکتریکی آن منتشر شده است [3, 4]. این ویژگی فوتون (دو قطبی الکتریکی بسیار ضعیف) می‌تواند جذب و نشر فوتون (انرژی) توسط ذرات باردار و شکل‌پذیری فوتون را توصیف کند.

### ساختمان فوتون

برای درک ساختمان فوتون، حداقل دو راه وجود دارد:

1- تعمیم معادله و دریای دیراک

2- رفتار فوتون در میدان گرانشی

خوشبختانه، هر دو راه به نتیجه یکسانی می‌رسند.

### تعمیم معادله و دریای دیراک

در آخرین ویرایش از بازنگری معادله و دریای دیراک، ساختمان فوتون مورد بررسی قرار گرفته و تلاش شده به سئوالات زیر پاسخ داده شود:

1- چه رابطه‌ای بین فوتون و میدان‌های الکترومغناطیسی آن وجود دارد؟

2- آیا نیرو موجودیت فیزیکی دارد یا تنها یک ابزار ریاضی برای توصیف برهمکنش‌های فیزیکی است؟

3- مکانیزم تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و بالعکس چیست؟

4- رابطه بین گرانش و الکترومغناطیس چیست؟

5- چه رابطه‌ای بین فرمیون‌های وایل و فرمیون‌های دیراک وجود دارد؟

برای دانلود مقاله به لینک‌های زیر مراجعه فرمایید.

## نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون

H. Javadi, et. Al, "Generalization of the Dirac's Equation and Sea, in Persian", General Science Journal, 2016

[http://gsjournal.net/Science-Journals/%7B\\$cat\\_name%7D/View/6553](http://gsjournal.net/Science-Journals/%7B$cat_name%7D/View/6553)

[https://www.researchgate.net/publication/303988130\\_tmym\\_madlh\\_w\\_dryay\\_dyarak](https://www.researchgate.net/publication/303988130_tmym_madlh_w_dryay_dyarak)

### 2- رفتار فوتون در میدان گرانشی

شواهد تجربی بسیاری وجود دارد که گرانش انرژی الکترومغناطیسی تولید می‌کند. علاوه بر آن از زمانی که نیروهای الکتریکی و مغناطیسی مورد توجه و آزمایش قرار گرفت، فیزیک‌دانان به وابستگی شدید نیروهای الکترومغناطیسی و گرانشی پی بردند. فارادی نخستین کسی بود که این وابستگی را متذکر شد. پلانک نیز نظری مشابه داشت. اینشتین هم مدتی بیش از 25 سال تلاش کرد تا روابطی مشابه وابستگی الکترومغناطیسی و مغناطیسی، بین گرانش و الکترومغناطیسی ارائه دهد. اما این کوشش‌ها بی‌نتیجه ماند. سؤال این است که چرا با تمام شواهد تجربی موجود و تصریح فیزیک‌دانان بزرگی که در دو زمینه گرانش و الکترومغناطیسی کشفیات ارزشمندی داشتند، هنوز نتیجه‌ی قابل قبولی در اتحاد نیروهای الکترومغناطیسی و گرانش به دست نیامده است؟

در نظریه سی. پی. اچ. با رویکردی متفاوت و جدید، سقوط فوتون در میدان گرانشی با استفاده از مفهوم کوانتومی گرانش (گراویتون) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

برای دانلود مقاله به لینک‌های زیر مراجعه فرمایید.

H. Javadi, et. Al, "Adaptive Review of Three Fundamental Questions in Physics, in Persian", Section2, General Science Journal, 2016

[http://gsjournal.net/Science-Journals/%7B\\$cat\\_name%7D/View/6494](http://gsjournal.net/Science-Journals/%7B$cat_name%7D/View/6494)

[https://www.researchgate.net/publication/302312305\\_nqd\\_w\\_brrsy\\_tbyqy\\_sh\\_swal\\_bnyady\\_dr\\_fyzyk](https://www.researchgate.net/publication/302312305_nqd_w_brrsy_tbyqy_sh_swal_bnyady_dr_fyzyk)

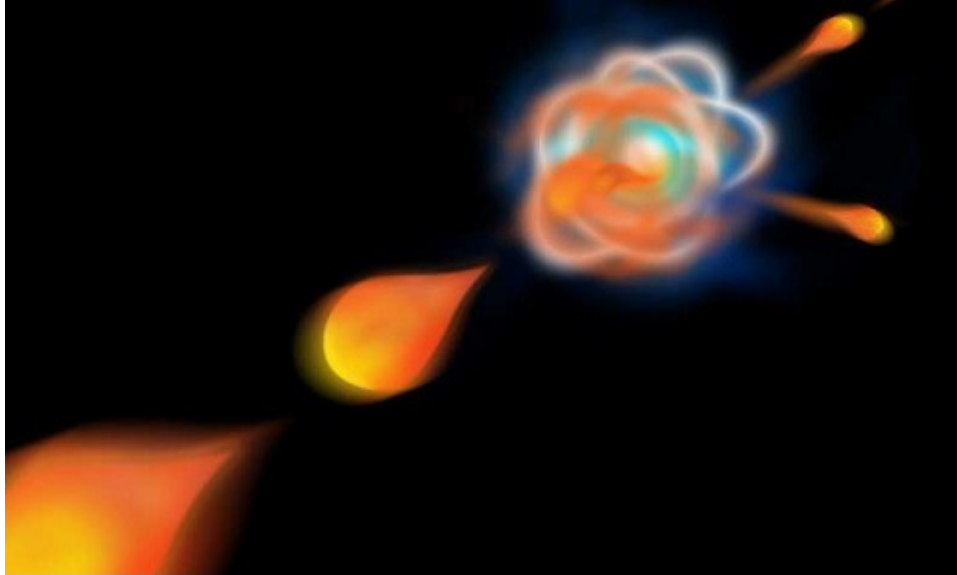
# نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون

## References:

- [1] Victor Leong, et. al., "Time-resolved scattering of a single photon by a single atom", Nature Communications (2016). DOI: 10.1038/ncomms13716. Preprint available at: <https://arxiv.org/abs/1604.08020>
- [2] بابک قهرمانی "نقشه برداری تعامل اتم های منفرد با یک فوتون" زمیت، ۱۶ آذر ۹۵  
<http://www.zoomit.ir/2016/12/6/149297/interaction-of-a-single-atom-with-a-single-photon/>
- [3] Heeck, J. (2013). How stable is the photon? Physical review letters, 111(2), 021801  
Liang-Cheng Tu, Jun Luo and George T Gillies, "The mass of the photon" Rep. Prog. Phys. 68 (2005) 77–130 , doi:10.1088/0034-4885/68/1/R02  
Antonio Accioly, Jos'e Helay'el-Neto, and Esley Scatena, "Upper bounds on the photon mass", Phys.Rev.D82:065026,2010, DOI: 10.1103/PhysRevD.82.065026
- [4] Giuseppe Cocconi, "Upper limit for the electric charge of the photons from the millisecond pulsar 1937+21 observations" Physics Letters B Volume 206, Issue 4, 2 June 1988, Pages 705–706  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037026938890723X>
- V. V. Kobychyev and S. B. Popov, "Constraints on the Photon Charge from Observations of Extragalactic Sources"  
Astronomy Letters, Vol. 31, No. 3, 2005, pp. 147–151.  
<http://xray.sai.msu.ru/~polar/html/publications/charge/AL147.pdf>
- C Sivaram and Kenath Arun "Some Additional Bounds on the Photon Charge"  
<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0802/0802.1562.pdf>
- L.B. Okun, "PHOTON: HISTORY, MASS, CHARGE", ACTA PHYSICA POLONICA B Vol. 37 (2006)  
<http://www.actaphys.uj.edu.pl/fulltext?series=Reg&vol=37&page=565>

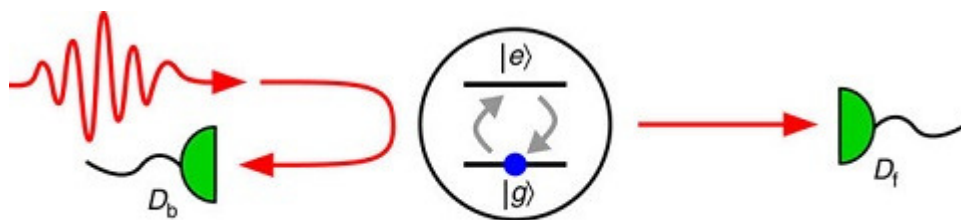
## نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون

### Figures:



<http://cdn.phys.org/newman/csz/news/800/2016/shapematters.jpg>

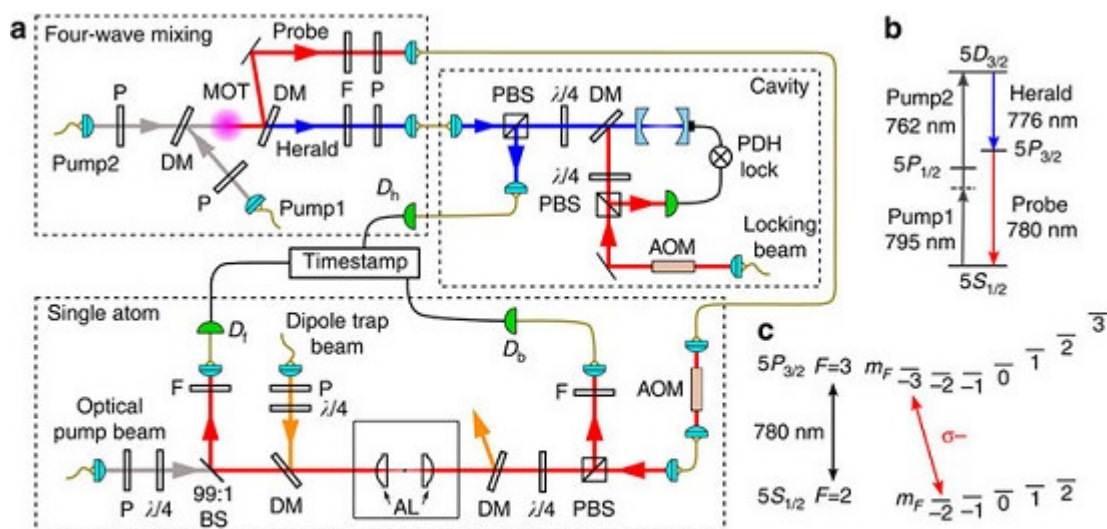
Fig 1: Scientists at the Centre for Quantum Technologies at the National University of Singapore have shown that a photon's shape affects how it is absorbed by a single atom. This artist's illustration is not to scale: in the experiment the photons are some 4 meters long, while the atom is less than a nanometer wide. Credit: Timothy Yeo / Centre for Quantum Technologies, National University of Singapore. [2]



<http://www.nature.com/article-assets/npj/ncomms/2016/161129/ncomms13716/images/m685/ncomms13716-f1.jpg>

Figure 2: Single photon scattering by a two-level atom in free space. The time evolution of the atomic excited state population is inferred by measuring photons in the forward or backward direction.  $D_f$  and  $D_b$ : forward and backward detectors,  $|g\rangle$  and  $|e\rangle$  : ground and excited levels of the atom. [1]

## نقد کنش اتمهای منفرد با یک فوتون



<http://www.nature.com/article-assets/npg/ncomms/2016/161129/ncomms13716/images/m685/ncomms13716-f2.jpg>

Figure 3: Experimental setup and level schemes. (a) (Top left) Four-wave mixing part, providing heralded single photons: pump 1 (795 nm) and pump 2 (762 nm) are overlapped in a copropagating geometry inside the cold cloud of  $^{87}\text{Rb}$  atoms in a magneto-optical trap (MOT), generating pairs of herald (776 nm) and probe (780 nm) photons. The detection of a photon at  $D_h$  heralds a probe photon. (Top right) Tuning the resonance of a bandwidth-matched cavity with respect to the heralding photon frequency controls the temporal envelope. (Bottom) Single atom part: A  $^{87}\text{Rb}$  atom is trapped at the focus of a confocal aspheric lens pair (AL; numerical aperture 0.55) with a far-off-resonant optical dipole trap (980 nm). The probe photons are guided to the single atom part by a single mode fibre and focused onto the atom by the first AL. Avalanche photodetectors  $D_f$  and  $D_b$  detect photons collected in forward and backward directions. An acousto-optic modulator (AOM) shifts the probe photon frequency to compensate for the shift of the atomic resonance frequency caused by the bias magnetic field and the dipole trap.  $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$ , half- and quarter-wave plates;  $D_h$ ,  $D_f$ ,  $D_b$ , avalanche photodetectors (APDs); DM, dichroic mirror; F, interference filter; PDH lock, Pound–Drever–Hall frequency lock electronics; P, polarizer; (P)BS, (polarizing) beam splitter. (b) Relevant level scheme of the four-wave mixing process in a cloud of  $^{87}\text{Rb}$  atoms. (c) Relevant level scheme of the single  $^{87}\text{Rb}$  atom in the dipole trap. The probe photons are resonant with the closed transition  $|g\rangle = 5S_{1/2}, F=2, m_F=-2$  to  $|e\rangle = 5P_{3/2}, F=3, m_F=-3$ . [1]