

## تعمیم معادله و دریای دیراک

### Generalization of the Dirac's Equation and Sea

H. Javadi <sup>۱</sup>, F. Forouzbakhsh <sup>۲</sup> and H.Daei Kasmaei <sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> Invited professor, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

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

<sup>۲</sup> Department of Energy Technology, Aalborg University, Esbjerg, Denmark

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

<sup>۳</sup> Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[hamedelectroj@gmail.com](mailto:hamedelectroj@gmail.com)

[ham.daeikasmaei@iauctb.ac.ir](mailto:ham.daeikasmaei@iauctb.ac.ir)

14 June 2016

#### چکیده:

قانون دوم نیوتن، معادله حرکت در مکانیک کلاسیک است که در مورد طبیعت فیزیکی نیرو چیزی نمی گوید. فرمول بندی های معادل و توسعه یافته آن، یعنی لاگرانژی و هامیلتونی نیز از مکانیزم تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و بالعکس چیزی نمی گویند. در مکانیک کوانتومی معادله شرودینگر، مشابه قانون دوم نیوتن در مکانیک کلاسیک است. همچنین مکانیک کوانتومی گسترش مکانیک نیوتنی به ابعاد اتمی و زیراتمی است و مکانیک نسبیتی نیز توسعه مکانیک نیوتنی به سرعت های بالا نزدیک به سرعت نور است. معادله شرودینگر، یک

## تعمیم معادله و دریای دیراک

معادله نسبیتی نیست، زیرا تحت تبدیلات لورنتس ناوردا نیست. دیراک با ارائه دریای دیراک معادله شرودینگر را گسترش داد و مکانیک کوانتوم نسبیتی را پایه‌گذاری کرد. در این مقاله با بازنگری معادله و دریای دیراک، ساختمان فوتون مورد بررسی قرار گرفته و تلاش شده به سئوالات زیر پاسخ داده شود:

- ۱- چه رابطه‌ای بین فوتون و میدان‌های الکترومغناطیسی آن وجود دارد؟
- ۲- آیا نیرو موجودیت فیزیکی دارد یا تنها یک ابزار ریاضی برای توصیف برهمکنش‌های فیزیکی است؟
- ۳- مکانیزم تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و بالعکس چیست؟
- ۴- رابطه بین گرانش و الکترومغناطیس چیست؟
- ۵- چه رابطه‌ای بین فرمیون‌های وایل و فرمیون‌های دیراک وجود دارد؟

**کلید واژه:** دریای دیراک، زیرکوانتوم انرژی، فوتون مجازی، فرمیون، گراویتون، بار رنگ و مغناطیس رنگ

### معادله کلاین - گوردون

معادله کلاین-گوردون نخستین گام مهم از مکانیک کوانتوم نانسبیتی به سوی مکانیک کوانتوم نسبیتی است. معادله کلاین-گوردون یک نسخه نسبیتی معادله شرودینگر<sup>۱</sup> است که به صورت زیر داده شد:

$$E^2 = p^2 c^2 + (mc^2)^2 \quad (1)$$

در مکانیک کوانتوم تکانه یک ذره  $P$  به موج تختی به بردار موجی به صورت  $P = \hbar k$  داده می‌شود که در آن  $k$  عدد موج و  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  است. همچنین ذره‌ای با انرژی  $E$  دارای بسامد  $\omega$  است که با رابطه  $E = \hbar\omega$  داده می‌شود. با تفسیر عملگرهای مکانیک کوانتوم می‌توان نوشت:

<sup>۱</sup> - Schrödinger's equation — what is it? <https://plus.maths.org/content/schrodinger-1>

<sup>۲</sup> - Relativistic Quantum Mechanics, <http://hitoshi.berkeley.edu/۲۲۱B-S۰۲/Dirac.pdf>

The Klein-Gordon Equation, <http://www.mysearch.org.uk/website/۱/html/۰۳۸.Klein-Gordon.html>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$P \rightarrow -i\hbar\nabla, E \rightarrow i\hbar\frac{\partial}{\partial t} \quad (۲)$$

آنگاه معادله نسبیتی کلاین-گوردون به صورت زیر خواهد شد:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\psi - \nabla^2\psi + \frac{m^2c^2}{\hbar^2}\psi = 0 \quad (۳)$$

جوابهای این معادله مقادیر مختلط تابع موج  $\psi(t, x)$  است. اگر از طرفین رابطه (۱) جذر بگیریم خواهیم

داشت:

$$E = \pm\sqrt{p^2c^2 + (mc^2)^2} \quad (۴)$$

این کاملاً طبیعی است که سعی کنیم با استفاده از ماهیت انرژی در نسبیت خاص (در معادله ۱) از معادله نسبیتی کلاین - گوردون استفاده کنیم، پس با ترکیب روابط (۱، ۲ و ۳) و با صرف نظر کردن از قسمت منفی رابطه (۴)، چون انرژی منفی بی معنی است، خواهیم داشت:

$$E = \sqrt{p^2c^2 + (mc^2)^2} \quad (۵)$$

با قرار دادن عملگرهای مکانیک کوانتومی برای تکانه و انرژی در معادله (۵) به معادله زیر خواهیم رسید:

$$\sqrt{m^2c^4 - \hbar^2\nabla^2c^2}\psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi \quad (۶)$$

در رابطه (۶) عملگر دیفرانسیلی  $\nabla$  زیر رادیکال قرار دارد که بی معنی است.<sup>۳</sup> اگر زیر رادیکال (سمت چپ

رابطه ۶) را بسط دهیم خواهیم داشت<sup>۴</sup>:

<sup>۳</sup>- وحید کریمی پور "مکانیک کوانتومی نسبیتی" ۱۳۹۴،

<http://physics.sharif.edu/~vahid/teaching/QFT2010/Relativistic%20QM.pdf>

<sup>۴</sup>- Tobias Gleim, "Klein-Gordon and square-root operator equations for two-spinors and scalars: perturbation calculations for hydrogen-like systems" <https://arxiv.org/ftp/quant-ph/papers/0602/0602047.pdf>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$\sqrt{m^2 c^4 - \hbar^2 \nabla^2 c^2} = mc^2 \sqrt{1 - \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^2 \nabla^2} = mc^2 \left[ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^2 \nabla^2 + \frac{1}{8} \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^4 \nabla^4 + \dots \right]$$

با صرف نظر کردن از جمله سوم به بعد خواهیم داشت:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = mc^2 \left[ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^2 \nabla^2 \right] \psi = \left( mc^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \right) \psi \quad (7)$$

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \left( mc^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \right) \psi \quad (8)$$

معادله (۸) همان معادله شرودینگر است که در آن جمله اول سمت راست، انرژی حالت سکون ذره است.<sup>۵</sup> به وضوح دیده می‌شود که این معادله تحت تبدیلات لورنتس ناوردا نیست، زیرا در این معادله مشتق نسبت به زمان درجه یک و نسبت به مکان درجه دوم است، بنابراین غیر نسبیتی است. علاوه بر آن از قسمت منفی رابطه (۴) به دلیل عدم پذیرش انرژی منفی صرف نظر شد. اما دیراک امکان وجود انرژی منفی را نادیده نگرفت.

### معادله دیراک

در سال ۱۹۲۸، پل دیراک مقاله‌ای تحت عنوان "نظریه کوانتومی الکترون" منتشر کرد که در آن معادله موج نسبیتی برای الکترون را ارائه داد<sup>۶</sup> که دستورالعمل اصلی برای به دست آوردن معادله دیراک شد. معادله دیراک، تعمیم معادله شرودینگر برای محاسبه تابع موجی ذرات است که با نسبیت خاص نیز سازگار است. دیراک این معادله را بر مبنای معادله کلاین - گوردون گسترش داد که در تعبیر حالت‌هایی با انرژی منفی نیز کارایی داشت، یعنی بخش منفی معادله (۴) را نیز پوشش می‌داد. دیراک معادله خود را به صورت زیر ارائه کرد:

<sup>۵</sup> - The Klein-Gordon equation, [https://www.eng.fsu.edu/~dommelen/quantum/style\\_a/kg.html](https://www.eng.fsu.edu/~dommelen/quantum/style_a/kg.html)

<sup>۶</sup> - Dirac P. A. M., "The Quantum Theory of the Electron", Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character ۱۱۷ (۷۷۸): ۶۱۰-۲۴۰, Published ۱ February ۱۹۲۸ <http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/royprsa/117/778/610.full.pdf>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$[p_0 + \rho_1(\sigma, P) + \rho_2 mc]\psi = 0 \quad (9)$$

که در آن  $\rho_1, \rho_2$  از ماتریس پائولی گرفته شده است.<sup>۷</sup> معادله دیراک، تابع موجی ذرات با اسپین نیمه صحیح یعنی فرمیون‌ها (مانند الکترون‌ها) را توجیه می‌کند، در حالی که معادله کلاین-گوردون برای ذرات با اسپین صفر (مانند بعضی مزون‌ها) در نظر گرفته می‌شود. دیراک همچنین با معادله‌اش، موجودیت ضد ماده را پیش‌بینی کرد که بعداً با تجربه تأیید شد. سی سال بعد یعنی در سال ۱۹۵۸، دیراک با انتشار کتابی<sup>۸</sup> شکل اصلی معادله خود را به صورت زیر پیشنهاد کرد:

$$\left(\beta mc^2 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j cp_j\right)\psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} \quad (10)$$

که در آن  $\psi(x, t)$  تابع موج برای یک الکترون با جرم حالت سکون  $m$  با مختصات فضا-زمانی  $x, t$  است. مولفه‌های  $p_1, p_2, p_3$  مختصات تکانه است که در معادله شرودینگر عملگرهای تکانه شناخته می‌شوند. در معادله بالا ثابت‌های فیزیکی اساسی، منعکس‌کننده ویژگی‌های نسبیت و مکانیک کوانتومی است. کوچکترین نمایش از  $a_i$  و  $\beta$  به صورت ماتریس‌های  $4 \times 4$  است که می‌توان آنها را با استفاده از ماتریس‌های پائولی  $\sigma_i$  به صورت زیر ماتریس ساخت<sup>۹</sup>:

$$\beta = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \sigma_i = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_i \\ \sigma_i & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

که هر عنصر آن یک زیر ماتریس  $2 \times 2$  است که به طور کامل به صورت زیر نوشته می‌شود:

<sup>۷</sup> - Mario Bacelar Valente, "The Dirac equation, the concept of quanta, and the description of interactions in quantum electrodynamics", [http://philsci-archive.pitt.edu/8366/1/The\\_Dirac\\_equation, the concept of quanta, and the description of interactions in quantum electrodynamics.pdf](http://philsci-archive.pitt.edu/8366/1/The_Dirac_equation,_the_concept_of_quanta,_and_the_description_of_interactions_in_quantum_electrodynamics.pdf)

<sup>۸</sup> - Dirac, P.A.M. "Principles of Quantum Mechanics. International Series of Monographs on Physics" (۴th ed.). Oxford University Press. p. ۲۵۵. ISBN ۹۷۸-۰-۱۹-۸۵۲۰۱۱-۵. ۱۹۵۸

<sup>۹</sup> - Quantum Theory ۲۰۱۵/۱۶, <http://www2.ph.ed.ac.uk/~bjp/qt/rqt.pdf>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$\beta = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\sigma_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \sigma_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & -i & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \sigma_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

با ترکیب معادلات (۱) و (۱۰) می‌توان مشکل انرژی منفی را با رویکردی متفاوت مورد بررسی قرار داد<sup>۱۰</sup>:

$$E^2 = p^2 c^2 + (mc^2)^2 = (\beta mc^2 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j cp_j)^2 \quad (14)$$

برای یک ذره در حالت  $p = 0$  خواهیم داشت:

$$E^2 = (mc^2)^2 = (\beta mc^2)^2 \quad (15)$$

با در نظر گرفتن ماتریس  $\beta$  (رابطه ۱۲)، می‌توان نوشت:

$$\beta mc^2 \rightarrow \begin{bmatrix} mc^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & mc^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -mc^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -mc^2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

برای مقادیر ویژه و با در نظر گرفتن  $p = 0$  (در معادله ۴) خواهیم داشت<sup>۱۱</sup>:

<sup>۱۰</sup> - ANDREW ERIC BRAINERD, "SELF-ADJOINT EXTENSIONS TO THE DIRAC COULOMB HAMILTONIAN"

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ۲۰۱۰,

<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/611203/701106459-MIT.pdf;sequence=2>

<sup>۱۱</sup> - Chapter ۱۵, pages ۶۹۶-۷۱۶, Bransden & Joachain, Quantum

Mechanics, <http://www.physics.udel.edu/~msafrono/PDF/L22.pdf>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$E_+ = mc^2, \quad E_- = -mc^2 \quad (۱۷)$$

معادله دیراک وجود ذره‌ای با انرژی منفی را پیش‌گویی کرد و با ناباوری فیزیک‌دانان مواجه شد. اما در سال ۱۹۳۲، آندرسن<sup>۱۲</sup> این ذره را در اشعه‌ی کیهانی کشف کرد و آن را پوزیترون نامیدند. بعدها در آزمایشگاه نیز با واپاشی فوتون، زوج الکترون - پوزیترون تولید شد. فوتونی با انرژی زیاد، تمامی انرژی  $E = h\nu$  خود را در برخورد با هسته از دست می‌دهد و یک زوج الکترون - پوزیترون می‌آفریند. پوزیترون ذره‌ای است که کلیه‌ی خواص آن با خواص الکترون یکسان است مگر بار الکتریکی و علامت گشاور مغناطیسی آن، زیرا بار الکتریکی پوزیترون مثبت است. وجود انرژی منفی در معادله دیراک، چندان خوشایند فیزیک‌دانان نبود، با این حال انرژی منفی در این معادله موجب شد دیراک اصولاً انرژی منفی را به طور کلی مورد بحث قرار دهد و آن را طی مقاله‌ای در سال ۱۹۳۰ (قبل از کشف پوزیترون) تحت عنوان "نظریه الکترون‌ها و پروتون‌ها" منتشر کرد.<sup>۱۳</sup>

### دریای دیراک

دریای دیراک یک مدل نظری است که خلاء را به عنوان دریایی از بی‌نهایت ذرات با انرژی منفی معرفی می‌کند. دیراک از این مدل برای توضیح حالت‌های کوانتومی انرژی منفی در معادله خود استفاده کرد تا الکترون‌های نسبیته را توضیح دهد.

دیراک چنین استدلال کرد که تمام حالت‌های انرژی منفی توسط الکترون‌هایی اشغال شده‌اند که بخشی از طبیعت نیستند. یعنی در ورای طبیعت دریایی از الکترون‌ها با انرژی منفی وجود دارد. وی استدلال کرد که با یک فوتون پرارژی می‌توانیم الکترونی با انرژی منفی را از این دریا بیرون بکشیم و آن را به یک الکترون معمولی، با انرژی مثبت تبدیل کنیم. نبود انرژی منفی به معنی وجود انرژی مثبت است، بنابراین حفره طوری رفتار می‌کند که انگار ذره‌ای با انرژی مثبت است. از طرف دیگر نبود بار منفی به معنی وجود بار مثبت است، این حفره-ذره برخلاف الکترون، دارای بار مثبت است که پوزیترون نامیده شد. در نظریه  $CPH$ <sup>۱۴</sup> با تعریف ساختمان فوتون،

<sup>۱۲</sup> - Carl David Anderson (۱۹۰۵ - ۱۹۹۱), Discovery of the Positron, <https://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/anderson.cfm>

<sup>۱۳</sup> - Dirac P. A. M. "A Theory of Electrons and Protons" ROYAL SOCIETY PUBLISHING, ۱۹۳۰, doi: ۱۰.۱۰۹۸/rspa.۱۹۳۰.۰۰۱۳

<sup>۱۴</sup> - Creative Particles of Higgs Theory

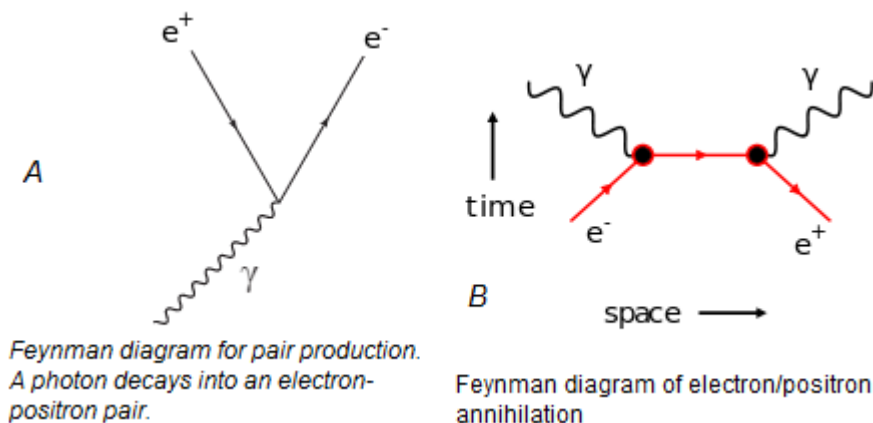
## تعمیم معادله و دریای دیراک

دریای دیراک یک واقعیت فیزیکی است که نه تنها در مورد پوزیترون صادق است، بلکه بخش جداناپذیر طبیعت است و حتی می‌توان فرمیون‌های وایل را نیز از آن نتیجه گرفت. فرمیون‌های وایل با اسپین  $\frac{1}{2}$ ، برخلاف الکترون‌ها دارای جرم حالت سکون صفر (در فیزیک مدرن) هستند<sup>۱۵</sup>. در تولید زوج الکترون-پوزیترون، مشخص شد که اصطلاح "انرژی منفی" برای این گونه ذرات که بعدها پاد-ذره نامیده شدند، چندان مناسب نیست. واقعیت این است که خواص الکتریکی متفاوت الکترون و پوزیترون را باید در ساختار تولید کننده آنها، یعنی در ساختمان فوتون جستجو کرد. از طرف دیگر، اگر یک فوتون پر انرژی (گاما) دارای چنین ویژگی است که می‌تواند به دو ذره با بار الکتریکی متفاوت تبدیل شود و همهی فوتون‌ها مستقل از مقدار بسامد آنها، حامل انرژی الکترومغناطیسی هستند، باید این ویژگی انرژی الکترومغناطیسی را - که می‌تواند به الکترون و پوزیترون با بار الکتریکی مختلف تبدیل شود - در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی وابسته به فوتون جستجو کرد.

### تعمیم معادله دیراک به ساختمان فوتون

یک فوتون با اسپین ۱ و حداقل انرژی  $E = 1.022 \text{ MeV}$  در مجاورت یک هسته سنگین به دو فرمیون، الکترون و پوزیترون با اسپین  $\frac{1}{2}$ ، هر یک با محتوای انرژی  $0.511 \text{ MeV}$  تبدیل می‌شود، رابطه زیر:

$$\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+} \quad (18)$$



شکل ۱: تولید و واپاشی زوج الکترون - پوزیترون

<sup>۱۵</sup> - Hamish Johnston, "Weyl fermions are spotted at long last"

<http://physicsworld.com/cws/article/news/2010/jul/23/weyl-fermions-are-spotted-at-long-last>



## تعمیم معادله و دریای دیراک

رابطه (۱۸) طبق معادله دیراک با روابط (۱۶ و ۱۷) قابل توصیف است (شکل A. ۱). در واپاشی زوج، یک الکترون با یک پوزیترون ترکیب می‌شود و دو فوتون تولید می‌شود (شکل B. ۱). در واپاشی زوج، معکوس رابطه (۱۸) اتفاق می‌افتد و خواهیم داشت:

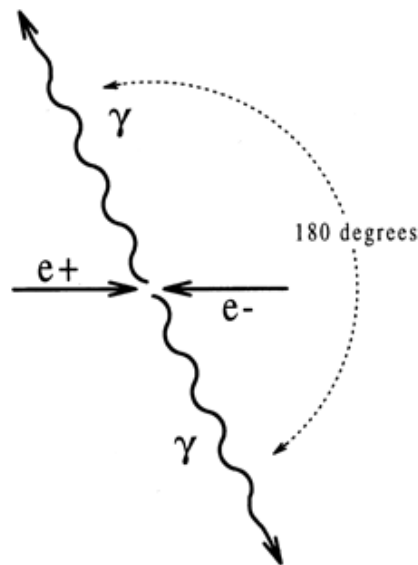
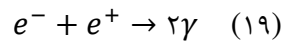


Diagram of electron-positron annihilation, producing 2 511 keV photons leaving in opposite directions.

<http://tech.snmjournals.org/cgi/content-nw/full/29/1/4/F1>

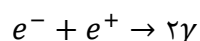
شکل ۲: در واپاشی زوج، دو فوتون یکسان در دو جهات مخالف حرکت می‌کنند.

در تمام فرآیندهای فیزیکی از جمله تولید و واپاشی زوج، باید قوانین پایستگی زیر برقرار باشد:

قانون پایستگی بار الکتریکی، بار خالص قبل و بعد از فرایند باید برابر باشد.

قانون پایستگی تکانه خطی و انرژی کل. این قانون تولید تنها یک فوتون را ممنوع کرده است. همچنان که در

شکل (۲) دیده می‌شود، دو فوتون با انرژی یکسان اما در دو جهت مختلف حرکت می‌کنند. همچنین قانون پایستگی تکانه زاویه‌ای باید برقرار باشد. در واقع در فرایند واپاشی الکترون - پوزیترون روابط زیر برقرار است:



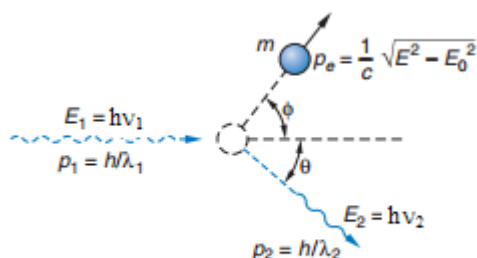
## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$E_{\gamma} = 2m_0c^2 + E_{e^-} + E_{e^+}$$

$$m_0c^2 = 0.511 \text{ MeV}$$

که در آن  $m_0c^2$  جرم حالت سکون الکترون (همچنین پوزیترون)،  $E_{e^-}$ ،  $E_{e^+}$  انرژی جنبشی الکترون و پوزیترون است که هنگام واپاشی زوج، به انرژی فوتون‌ها، یعنی  $E_{\gamma}$  تبدیل می‌شوند.

تا این جا همه چیز درست است و با قوانین مکانیک کوانتوم (و همچنین مدل استاندارد) سازگار و قابل توصیف است. اما یک سؤال اساسی قابل توجه است. قبل از مطرح کردن سؤال لازم است با دقت بیشتر و رویکردی متفاوت به این پدیده‌ها توجه کنیم. در تمام این فرایندها، ماده به انرژی تبدیل می‌شود و بالعکس، آیا قوانین بقا که در بالا به آنها اشاره شد، تنها مربوط ماده است و انرژی (فوتون) نیز تنها بخشی از این فرایندها است یا یکی از دو بازیگر اصلی این فرایندها است؟ به عبارت دیگر، انرژی به ماده تبدیل می‌شود، ماده دارای خواصی از جمله بار الکتریکی است که ظاهراً انرژی فاقد آن است (زیرا فوتون از نظر الکتریکی خنثی است)، یا این خواص از انرژی به ماده منتقل می‌شود؟ همچنین در واپاشی زوج، این خواص ماده از جمله بار الکتریکی به شیوه‌ای دیگر به ساختار انرژی (فوتون) منتقل می‌شود یا کاملاً محو می‌شود؟ در ادامه تلاش می‌شود با بررسی چند پدیده فیزیکی، به این سؤال پاسخ داده شود.



<https://physics.ucsd.edu/students/courses/spring2015/physics4e/compton.pdf>

شکل ۳: در اثر کامپتون، قسمتی از انرژی فوتون به الکترون منتقل می‌شود.

**اثر کامپتون:** نظریه کوانتومی ایجاب می‌کند که ذره‌ی باردار هنگام برخورد با فوتون انرژی کسب کند. در اثر کامپتون<sup>۱۶</sup> فوتون با انرژی و تکانه اولیه  $E_1, P_1$  قسمتی از انرژی خود را از دست می‌دهد و با انرژی و تکانه  $E_2, P_2$

<sup>۱۶</sup> - Derivation of Compton's Equation,

<https://physics.ucsd.edu/students/courses/spring2015/physics4e/compton.pdf>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

حرکت می‌کند و این انرژی به ذره‌ی باردار منتقل می‌شود. در این صورت ذره و فوتون هر دو با انرژی و تکانه جدید در مسیرهایی که الزاماً مسیر قبلی نیستند، به حرکت خود ادامه می‌دهند (شکل ۳).

**فوتون و میدان گرانشی:** نگرشی متفاوت به رفتار فوتون در میدان گرانش، می‌تواند کمک کند تا طبیعت انرژی الکترومغناطیسی را بهتر بشناسیم. میدان‌های الکترومغناطیسی اطراف یک پرتو نوری، میدان‌های استاتیکی نیستند و در مقایسه با میدان گرانشی بسیار قوی‌ترند. هنگامی که یک فوتون در میدان گرانشی سقوط یا صعود می‌کند، انرژی (جرم) آن تغییر می‌کند. نیروی گرانش روی فوتون کار (مثبت یا منفی) انجام می‌دهد و در نتیجه جرم (انرژی) آن تغییر می‌کند<sup>۱۷</sup>. اما انرژی فوتون وابسته به انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آن است. بنابراین هنگام افزایش انرژی فوتون در میدان گرانشی، یک قسمت از کار انجام شده روی فوتون به انرژی الکتریکی و قسمت دیگر به انرژی مغناطیسی تبدیل می‌شود. هنگام جابه‌جایی بسمت آبی گرانش، این فرایند چگونه اتفاق می‌افتد؟

این یک واقعیت علمی است که حرکت ارتعاشی اتم باعث می‌شود که ابری از الکترون به نوسان در آید و این نوسان عامل تولید تابش الکترومغناطیسی است و بسامد تابش الکترومغناطیسی تابع بسامد نوسان الکترون است<sup>۱۸</sup>. اما اگر انرژی فوتون در مسیر حرکتش افزایش یابد، مانند پدیده جابه‌جایی بسمت آبی گرانش، بسامد فوتون نیز افزایش می‌یابد. بنابراین فوتون یک ذره صلب نیست و از زیرکوانتوم‌های انرژی تشکیل می‌شود و برهمکنش بین زیرکوانتوم‌های انرژی درون فوتون عامل اصلی بسامد آن است، به عبارت دیگر بسامد فوتون تابع کنش اجزاء درون ساختمان آن است. بنابراین گام بعدی شناخت زیرکوانتوم‌های انرژی و خواص آنها است، به طوری که با شرایط تجربی سازگار باشد.

### زیرکوانتوم انرژی

برای توضیح و تعریف زیرکوانتوم انرژی، لازم است دو رابطه (۱۵ و ۱۶) را تجزیه و تحلیل کنیم. با جذر گرفتن از رابطه (۱۵) خواهیم داشت:

<sup>۱۷</sup> - Miles Mathis, "AN EXPLOSION OF THE POUND-REBKA EXPERIMENT"

<http://milesmathis.com/pound.html>

<sup>۱۸</sup> - Generation of Electromagnetic Waves,

<http://xtide.ldeo.columbia.edu/mpa/Clim-Wat/Climate/lectures/energy/generation.html>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$E^2 = (mc^2)^2 \rightarrow E = \pm mc^2 \quad (20)$$

در حالت کلی، معادله (۲۰) برای جرم و انرژی از نظر مقدار، محدودیتی قائل نیست. علاوه بر این، برای جرم حالت سکون صفر ذرات، معادله دیراک به معادله وایل<sup>۱۹</sup> تقلیل داده شد. معادله وایل وجود فرمیون‌هایی<sup>۲۰</sup> را با جرم حالت سکون صفر پیش‌بینی کرد که دارای اسپین  $\frac{1}{2}$  هستند<sup>۲۱</sup>. دلیل وجود فرمیون‌های وایل را نیز باید در ساختمان فوتون جستجو کرد. چون در این جا هدف بررسی و شناخت ساختمان فوتون است، ماتریس  $\beta$  (رابطه (۱۲) را به صورت زیر تقلیل می‌دهیم و فعلاً آن را ماتریس  $A$  می‌نامیم تا بعد از محاسبات و نتیجه‌گیری‌های لازم، برای آن نام خاصی انتخاب کنیم:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

پس رابطه (۱۶) به صورت زیر در می‌آید:

$$Amc^2 \rightarrow \begin{bmatrix} mc^2 & 0 \\ 0 & -mc^2 \end{bmatrix} \quad (22)$$

با توجه به روابط (۱۶ و ۱۷) و در حالت خاص که یک فوتون با حداقل انرژی  $E = 1/0.22 \text{ MeV}$  با یک هسته سنگین برخورد کند، می‌توان نوشت:

$$E_+ = mc^2, \quad E_- = -mc^2$$

<sup>۱۹</sup> - William O. Straub, "WEYL SPINORS AND DIRAC'S ELECTRON EQUATION" ۲۰۰۵, <http://www.weylmann.com/weylidirac.pdf>

<sup>۲۰</sup> - Hermann Weyl, "GRAVITATION AND THE ELECTRON", PALMUR PHYSICAL LABORATORY, PRINCETON UNIVERSITY, Communicated March ۷, ۱۹۲۹

<sup>۲۱</sup> - Su-Yang Xu, et, at. "Discovery of a Weyl fermion state with Fermi arcs in niobium arsenide", Nature Physics ۱۱, ۷۴۸-۷۵۴ (۲۰۱۵) doi:۱۰.۱۰۳۸/nphys۳۴۳۷

## تعمیم معادله و دریای دیراک

که فرایند تولید زوج الکترون و پوزیترون است. بنابراین در حالت کلی رابطه (۲۲) معرف انرژی دو فرمیون با اسپین  $\frac{1}{2}$  است که یکی از حالت‌های ممکن، تولید زوج الکترون - پوزیترون را توصیف می‌کند، ولی وقوع حالت‌های دیگری نیز امکان‌پذیر است. از جمله این‌که فوتون با انرژی کمتر از  $E = 1.022 \text{ MeV}$  به دو فرمیون با اسپین  $\frac{1}{2}$  واپاشی شود که با سرعت نور حرکت کنند که توصیف کننده فرمیون‌های وایل است و آنها را فرمیون-های بدون جرم (یا ذرات با جرم حالت سکون صفر) یا فرمیون‌های وایل می‌نامند.<sup>۲۲</sup>

با توجه به اثر کامپتون و جابه جایی بسمت آبی گرانش، انرژی یک فوتون می‌تواند کاهش یا افزایش یابد، بدون آن‌که در خواص فیزیکی (به جز مقدار انرژی و بسامد) آن تغییری ایجاد شود. یعنی هر چه به انرژی فوتون افزوده شود دارای همان خواص کلی فوتون (خواص انرژی الکترومغناطیسی) است. به عبارت دیگر تمام فوتون‌ها به جز مقدار انرژی، دارای خواص فیزیکی مشترکی هستند که باز هم می‌توان رابطه (۲۲) را برای آنها به کار برد. بنابراین می‌توان کمترین انرژی الکترومغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد:

$$E_{\text{minimum}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}, \text{ where } E_{\text{minimum}} \text{ is detectable} \quad (23)$$

با توجه به رابطه (۲۰)  $E_{\text{minimum}}$  نیز شامل دو بخش است که می‌توان نوشت:

$$AE_{\text{minimum}} \rightarrow \begin{bmatrix} +\frac{E_{\text{minimum}}}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{E_{\text{minimum}}}{2} \end{bmatrix} \quad (24)$$

در رابطه (۲۴) علامت منفی دلیل بر منفی بودن انرژی (یا جرم) نیست (همچنان‌که در تولید زوج نیز پوزیترون انرژی یا جرم منفی نیست). علائم  $+$ ,  $-$  در رابطه (۲۴) نشان دهنده میدان‌های الکترومغناطیسی اطراف ذرات باردار هستند و حامل همان نوع انرژی الکترومغناطیسی هستند که در اطراف ذرات باردار وجود دارد. بنابراین

<sup>۲۲</sup> - Steven R. Elliott, "Colloquium: Majorana Fermions in Nuclear, Particle and Solid-state Physics", ۲۰۱۴, arXiv: 1403.4976v2

## تعمیم معادله و دریای دیراک

فوتون از دو نوع زیرکوانتوم انرژی مثبت و منفی تشکیل می‌شود که آنها را با گوه راست  $\triangleright$  و گوه چپ  $\triangleleft$  نشان می‌دهیم که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\text{Positive Sub Quantum Energy; } SQE^+ : \triangleright = + \frac{E_{\text{minimum}}}{\gamma} \quad (25)$$

$$\text{Negative Sub Quantum Energy; } SQE^- : \triangleleft = - \frac{E_{\text{minimum}}}{\gamma} \quad (26)$$

واضح است که اسپین زیرکوانتوم انرژی  $SQE$  برابر  $\frac{1}{\gamma}$  است. در حالت کلی رابطه (۲۲) را با استفاده از تعریف زیرکوانتوم‌های انرژی مثبت  $\triangleright$  و منفی  $\triangleleft$  می‌توان به صورت زیر نوشت که در آن  $k$  یک عدد طبیعی است و به جای  $A$  از  $\gamma$  استفاده می‌کنیم که علامت (سمبول) انرژی الکترومغناطیسی است:

$$\gamma = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\gamma mc^2 \rightarrow \begin{bmatrix} k \triangleright & 0 \\ 0 & k \triangleleft \end{bmatrix} \quad (28)$$

در رابطه (۲۸)  $k \triangleright$  فوتون مجازی مثبت  $\gamma^+$  است که حامل نیروی الکتریکی مثبت است و میدان الکتریکی مثبت را تشکیل می‌دهد و  $k \triangleleft$  فوتون مجازی منفی  $\gamma^-$  است که حامل نیروی الکتریکی منفی است و میدان الکتریکی منفی را تشکیل می‌دهد. هر فوتون حقیقی از دو فوتون مجازی تشکیل می‌شود. پس خواهیم داشت:

$$\gamma^+ = k \triangleright, \gamma^- = k \triangleleft \rightarrow \gamma = \gamma^+ + \gamma^- \quad (29)$$

همچنان که ذرات باردار یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند و بر ذرات خنثی بی اثر هستند، فوتون‌های مجازی هم نام یکدیگر را می‌رانند و فوتون‌های مجازی غیرهم نام یکدیگر را جذب می‌کنند و تشکیل کوانتوم‌های انرژی

## تعمیم معادله و دریای دیراک

می‌دهند و باعث شتاب آنها به طرف یکدیگر می‌شوند<sup>۲۳</sup>. پس نیرو به مفهوم کلاسیکی آن وجود ندارد و قوانین نیوتن نیز در مورد طبیعت آن چیزی نمی‌گویند<sup>۲۴</sup>. بنابراین تنها کنش بین ذرات است که طی آن انرژی و تکانه منتقل می‌شود. پس نیرو یک ابزار ریاضی برای ساده‌سازی محاسبات است. همچنین مکانیزم تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و بالعکس، نظیر جابه‌جایی بسمت آبی یا سرخ‌گرانش که طی آن گراویتون به انرژی یا بالعکس تبدیل می‌شود، با توجه به انتقال انرژی و تکانه قابل توصیف است.

### ساختار زیرکوانتوم انرژی

حال در موقعیتی هستیم که بتوانیم نگاهی جدید به ساختمان فوتون بیندازیم و ویژگی‌های گراویتون را با شرایط تجربی طوری تعریف کنیم که با ویژگی‌های فوتون سازگار باشد. فرض کنیم یک فوتون با جرم و انرژی  $E = hv$  و  $m = hv/c^2$  در ارتفاع  $h$  نسبت به یک دستگاه لخت (که روی زمین قرار دارد) به طرف زمین در حال سقوط است. بسامد آن از  $\nu$  به  $\nu'$  افزایش می‌یابد. در واقع تعدادی گراویتون وارد ساختمان فوتون می‌شود که تغییر بسامدی برابر  $\Delta\nu = \nu' - \nu$  را ایجاد می‌کنند. مسئله این است که چه تعداد گراویتون وارد فوتون می‌شود که موجب حداقل افزایش انرژی فوتون شود، یعنی اگر  $\Delta\nu$  مینیمم باشد، آنگاه چه تعداد گراویتون وارد فوتون شده‌اند و دارای چه خواصی هستند؟

یک فوتون با کمترین انرژی ممکن نیز حامل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است. بنابراین ویژگی‌های گراویتون‌های وارد شده به ساختمان فوتون باید به گونه‌ای باشد که بتواند ضمن توضیح دادن افزایش انرژی فوتون، افزایش شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آن را نیز توضیح دهد. به عبارت دیگر برخی از این گراویتون‌ها موجب می‌شوند که شدت میدان الکتریکی فوتون افزایش یابد و برخی دیگر از گراویتون‌ها عامل افزایش شدت میدان مغناطیسی آن هستند. همچنین یک فوتون در پایین‌ترین سطح انرژی خود، ضمن آن که از تعدادی گراویتون تشکیل می‌شود، اعضای تشکیل دهنده آن نیز دارای خواص الکتریکی و مغناطیسی هستند که در نظریه  $CPH$  بار-رنگ و مغناطیس-رنگ نامیده می‌شود. گام بعدی مشخص کردن بار-رنگ‌ها و مغناطیس-رنگ‌ها است که آن نیز با توجه به کمترین مقدار تغییر انرژی فوتون در یک میدان گرانشی، هنگام جابه‌جایی به سمت آبی گرانش تعیین می‌شود. فرض کنیم فوتون با بسامد  $\nu$  و انرژی  $h\nu$  از تعداد  $n_1$  عضو تشکیل شده باشد به طوری که:

<sup>۲۳</sup> - حسین جواد، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" صفحه ۴۷

[https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵\\_nqd\\_w\\_brrsy\\_ttbyqy\\_sh\\_swal\\_bnyady\\_dr\\_fyzk](https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵_nqd_w_brrsy_ttbyqy_sh_swal_bnyady_dr_fyzk)

[http://gsjournal.net/Science-Journals/٪YB\\$cat\\_name٪YD/View/۶۴۹۴](http://gsjournal.net/Science-Journals/٪YB$cat_name٪YD/View/۶۴۹۴)

<sup>۲۴</sup> - The Lagrangian formulation of classical mechanics

[http://www.nyu.edu/classes/tuckerman/mol.dyn/lectures/lecture\\_۲/node۲.html](http://www.nyu.edu/classes/tuckerman/mol.dyn/lectures/lecture_۲/node۲.html)

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$n_1 = n_{11} + n_{12} + n_{13} + n_{14}$$

و فوتون با افزایش کمترین مقدار انرژی ممکن، با بسامد  $\nu'$  و انرژی  $h\nu'$  شامل  $n_2$  عضو باشد، به طوری که:

$$n_2 = n_{21} + n_{22} + n_{23} + n_{24}$$

برای دو مقدار انرژی  $h\nu$ ،  $h\nu'$  ماتریس‌های زیر را تشکیل می‌دهیم:

$$h\nu = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{13} & n_{14} \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$h\nu' = \begin{bmatrix} n_{21} & n_{22} \\ n_{23} & n_{24} \end{bmatrix} \quad (31)$$

حال ماتریس تغییر انرژی فوتون  $\Delta E = h\nu' - h\nu$  را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\Delta E = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (32)$$

ماتریس‌های (30، 31 و 32) باید در معادله زیر صدق کنند:

$$h\nu' = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{13} & n_{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{21} & n_{22} \\ n_{23} & n_{24} \end{bmatrix} \quad (33)$$

باید عناصر  $A, B, C, D$  را طوری محاسبه کنیم که با خواص فیزیکی فوتون سازگار باشند. سطر اول ماتریس (32)، یعنی عناصر  $A, B$  را برای بار - رنگ‌های منفی و مثبت در نظر می‌گیریم. عنصر  $A$  نماینده بار - رنگ‌های مثبت و عنصر  $B$  نماینده بار - رنگ‌های منفی است. در کنش گراویتون با فوتون، فوتون به اندازه  $d\gamma$  سقوط می‌کند و انرژی آن افزایش می‌یابد. بنابراین ماهیت تعدادی گراویتون از حامل نیروی گرانشی به بار - رنگ تغییر کرده و



## تعمیم معادله و دریای دیراک

وارد ساختمان فوتون می‌شوند. از علامت گراویتون  $G$  استفاده می‌کنیم و بار - رنگ‌های مثبت و منفی را به ترتیب با  $G^+$ ,  $G^-$  نشان می‌دهیم، بنابراین می‌توان نوشت:

$$A = \kappa G^+, \quad B = \kappa G^-$$

که در آن  $\kappa$  یک عدد طبیعی است. اما فوتون از نظر الکتریکی خنثی است. بنابراین  $A$  و  $B$  باید حامل اثر میدان الکتریکی باشند و تعداد آنها نیز باید با هم برابر باشد. زیرا فوتون یک بسته انرژی الکترومغناطیسی است<sup>۲۵</sup> و از نظر الکتریکی خنثی است. با توجه به نسبت شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در امواج الکترومغناطیسی، یعنی  $E = cB$ ، چون در این‌جا حامل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، ذرات بار-رنگ و مغناطیس-رنگ (یعنی گراویتون‌هایی که تغییر ماهیت داده‌اند) هستند و از نظر فیزیکی شمارش پذیرند، بنابراین این نسبت بین شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی را می‌توان یک عدد طبیعی  $\kappa$  در نظر گرفت، پس خواهیم داشت  $E = \kappa B$ . هنگامی که تعدادی  $G^+$  وارد ساختمان فوتون می‌شود، شدت میدان الکتریکی مثبت فوتون افزایش می‌یابد. با توجه به معادلات الکترومغناطیس ماکسول، شدت میدان مغناطیسی نیز افزایش می‌یابد، لذا عنصر  $C$  (معادله ۳۲) باید شدت میدان مغناطیسی اطراف بار-رنگ‌های مثبت را افزایش دهد، به همین ترتیب عنصر  $D$  نیز باید شدت میدان مغناطیسی اطراف بار-رنگ‌های منفی را افزایش دهد. این دو عنصر از نظر تأثیر، یکسان هستند، اما از نظر جهت گردش (که با میدان الکتریکی مربوطه متناسب است) متفاوت می‌باشند. بنابراین با توجه به نسبت شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$C = G_m^+, \quad D = G_m^-$$

علامت مثبت و منفی در رابطه بالا جهت گردش متفاوت مغناطیس-رنگ‌های اطراف بار-رنگ‌های منفی و مثبت را نشان می‌دهد. پس ماتریس (۳۲) که ماتریس  $CPH$  نامیده می‌شود، به صورت زیر خواهد شد:

<sup>۲۵</sup> - In ۱۹۰۵, Albert Einstein suggested that electromagnetic waves could only exist as discrete wave-packets. German article "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt" [http://myweb.rz.uni-augsburg.de/~eckern/adp/history/einstein-papers/۱۹۰۵\\_۱۷\\_۱۳۲-۱۴۸.pdf](http://myweb.rz.uni-augsburg.de/~eckern/adp/history/einstein-papers/۱۹۰۵_۱۷_۱۳۲-۱۴۸.pdf)

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$CPH = \begin{bmatrix} \kappa G^+ & \kappa G^- \\ G_m^+ & G_m^- \end{bmatrix} \quad (۳۴)$$

با توجه به توضیحات بالا می‌توانیم کوچکترین مقدار انرژی فوتون را تعریف کنیم. یک فوتون با مقدار انرژی بسیار کم (کمترین مقدار انرژی ممکن) شامل تعدادی بار-رنگ مثبت  $G^+$ ، به همان تعداد بار-رنگ منفی  $G^-$ ، یک مغناطیس-رنگ راست گرد  $G_m^+$  و یک مغناطیس-رنگ چپ گرد  $G_m^-$  است که در ماتریس  $CPH$  نشان داده شد. این مقدار انرژی طبق رابطه زیر تعریف می‌شود<sup>۲۶</sup>:

$$\text{Minute electromagnetic energy: } E_{Minute} = (\kappa + 1)E_G \quad (۳۵)$$

با توجه به تعریف  $E_{minimum}$  (رابطه ۲۳) و  $E_{Minute}$  واضح است که:

$$E_{Minute} = E_{minimum} \quad (۳۶)$$

بنابراین هر فوتون از تعداد درستی  $E_{minimum}$  تشکیل می‌شود و خواهیم داشت:

$$E = n(\kappa + 1)E_G, \text{ or } E = n \begin{bmatrix} \kappa G^+ & \kappa G^- \\ G_m^+ & G_m^- \end{bmatrix} = n(\triangleright + \triangleleft) \quad (۳۷)$$

### زیرکوانتوم انرژی و معادلات ماکسول

هنگامی که فوتون در یک میدان گرانشی به اندازه  $\Delta r$  سقوط می‌کند، چگالی گراویتون در مجاورت میدان الکتریکی فوتون به مقدار  $\partial G_E$  تغییر می‌کند، زیرا بار - رنگ‌های  $G^+$ ،  $G^-$  وارد ساختمان فوتون شده و شدت میدان الکتریکی فوتون افزایش می‌یابد. به علت ناهمنام بودن بار - رنگ‌ها، اثر الکتریکی فوتون تغییر نمی‌کند و

<sup>۲۶</sup>- حسین جوادی، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" صفحه ۱۹ تا ۲۵

## تعمیم معادله و دریای دیراک

فوتون همچنان از نظر الکتریکی خنثی باقی می ماند. حرکت فوتون در همان جهت افزایش شدت میدان گرانشی است، اما میدان الکتریکی فوتون عمود بر جهت حرکت فوتون است که با معادله زیر سازگار است:

$$\nabla \times E_G = -\frac{\partial G_E}{\partial t} \Leftrightarrow i(G^+, G^-) \quad (38)$$

با افزایش شدت میدان الکتریکی فوتون، شدت میدان مغناطیسی آن نیز افزایش می یابد.<sup>۲۷</sup> در این حالت نیز گراویتون های اطراف فوتون به مغناطیس - رنگ تبدیل شده و وارد ساختمان فوتون می شوند که با معادله زیر قابل توضیح است:

$$\nabla \times B_G = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E_G}{\partial t} \Leftrightarrow j(G_m^+, G_m^-) \quad (39)$$

که در آن  $i, j$  اعداد طبیعی هستند و نسبت این اعداد باید با معادله (۳۴) سازگار باشد. با توجه به روابط بالا می توان انرژی و جرم گراویتون و فوتون را در رابطه با یکدیگر تعریف کرد.

### اصل گراویتون

گراویتون کوچکترین واحد انرژی با جرم ثابت  $m_G$  در طبیعت است<sup>۲۸</sup> که همواره نسبت به تمام دستگاه های لخت با مقدار سرعت ثابت  $|V_G| > |c|$  حرکت می کند و در هر کنشی با سایر گراویتون ها و سایر ذرات، مقدار سرعت آن ثابت باقی می ماند به طوری که:

$$\nabla V_G = 0, \text{ in all inertial reference frame and any space} \quad (40)$$

با توجه به اصل گراویتون، گراویتون حامل دو نوع انرژی انتقالی  $E_{GT}$  و انرژی غیرانتقالی  $E_{GS}$  نسبت به دستگاه لخت است و انرژی گراویتون  $E_G$  همواره ثابت است به طوری که:

<sup>۲۷</sup>- حسین جوادی، همان، صفحه ۳۲

<sup>۲۸</sup>- حسین جوادی، همان، صفحه ۲۵

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$E_G = E_{GT} + E_{GS} = constant \quad (41)$$

همچنان که مقدار سرعت و جرم گراویتون ثابت است، انرژی آن نیز همواره ثابت است و تنها می‌تواند از حالتی انتقالی به غیرانتقالی و بالعکس تبدیل شود. در واقع گراویتون‌ها به انرژی الکترومغناطیسی تبدیل می‌شوند و انرژی به ماده تبدیل می‌شود، یعنی همه چیز از گراویتون ساخته می‌شود و گراویتون، تنها ذره بنیادی در طبیعت است.

### اصل زیرکوانتوم انرژی

یک زیرکوانتوم انرژی، بخشی از انرژی فوتون است که دارای خواص میدان الکتریکی و مغناطیسی، با جرم ثابت  $m_{SQE}$  است که همواره با مقدار سرعت  $|V_{SQE}| > |c|$  نسبت به همه دستگاه‌های لخت حرکت می‌کند به طوری که:

$$\nabla V_{SQE} = 0, \text{ in all inertial reference frames and any space} \quad (42)$$

اصل زیرکوانتوم<sup>۲۹</sup> انرژی نشان می‌دهد که در هر کنش بین  $SQE$  ها با سایر ذرات و میدان‌ها، مقدار جرم، سرعت و انرژی  $SQE$  تغییر نمی‌کند و تنها سرعت و انرژی انتقالی  $SQE$  به سرعت و انرژی غیرانتقالی تبدیل می‌شود و بالعکس، به طوری که اگر مقدار سرعت و انرژی انتقالی  $SQE$  را بترتیب  $V_{SQET}$  و  $E_{SQET}$ ، سرعت و انرژی غیر انتقالی آن را به ترتیب  $V_{SQES}$  و  $E_{SQES}$  در نظر بگیریم، همواره خواهیم داشت:

$$|V_{SQE}| = |V_{SQET}| + |V_{SQES}| = constant \quad (43)$$

$$|E_{SQE}| = |E_{SQET}| + |E_{SQES}| = constant \quad (44)$$

### سرعت نور

طبق اصل نسبیت خاص، سرعت نور در خلاء برای تمام ناظرهای لخت ثابت و برابر  $c$  است و از حرکت منبع نور مستقل است. این اصل با استفاده از اصل زیرکوانتوم  $SQE$  قابل اثبات است<sup>۳۰</sup>. اگر سرعت فوتون در حالت کلی

<sup>۲۹</sup> - حسین جوادی، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" صفحه ۲۹

[https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵\\_nqd\\_w\\_brrsy\\_ttbyqy\\_sh\\_swal\\_bnyady\\_dr\\_fyzyk](https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵_nqd_w_brrsy_ttbyqy_sh_swal_bnyady_dr_fyzyk)  
[http://gsjournal.net/Science-Journals/%۷B\\$cat\\_name%۷D/View/۶۴۹۴](http://gsjournal.net/Science-Journals/%۷B$cat_name%۷D/View/۶۴۹۴)

<sup>۳۰</sup> - حسین جوادی، همان، صفحه ۳۲

## تعمیم معادله و دریای دیراک

برابر  $v_{light}$  باشد، سرعت خطی آن  $v_{lightT}$  از محیطی به محیط دیگر تغییر می کند که در خلاء برابر سرعت نور  $v_{lightT} = c$  است، پس با توجه به اصل زیرکوانتوم انرژی خواهیم داشت:

$$\nabla v_{light} = 0 \quad (45)$$

بنابراین مقدار سرعت خطی فوتون نیز مانند گراویتون و زیرکوانتوم انرژی تابع شرایط محیط انتشار است، اما مقدار کل سرعت انتقالی  $v_{lightT}$  و غیرانتقالی  $v_{lights}$  فوتون همواره ثابت و برابر  $|v_{light}|$  است به طوری که:

$$|v_{light}| = |v_{lightT}| + |v_{lights}| = constant \quad (46)$$

### میدان زیرکوانتومی

با توجه به مطالب بالا، میدانهای الکتریکی و مغناطیسی از ذرات تشکیل می شوند و علاوه بر آن فوتون از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود برهم تشکیل می شود. انرژی و تکانه فوتون برابر است با مجموع انرژی و تکانه ذرات تشکیل دهنده آن. اگر مجموع انرژی انتقالی و غیرانتقالی ذرات را با  $H$  نشان دهیم، آنگاه:

برای گراویتون، بار - رنگ و مغناطیس - رنگ خواهیم داشت:

$$H_G = E_G = E_{GT} + E_{GS} = constant \quad (47)$$

$$E_G = E_{G^+} = E_{G^-} = E_{G_m^+} = E_{G_m^-} = constant$$

برای زیر کوانتوم انرژی:

$$H_{SQE} = E_{SQET} + E_{SQES} = constant \quad (48)$$

برای فوتون: با توجه به رابطه (37) می توان نوشت:

$$H_{Photon} = \gamma n H_{SQE} = n(H_{SQE^+} + H_{SQE^-}) \quad (49)$$

## تعمیم معادله و دریای دیراک

همچنین انرژی الکتریکی و مغناطیسی فوتون از رابطه زیر به دست می آید:

$$E_{electric} = n(\kappa G^+ + \kappa G^-), E_{magnetic} = n(G_m^+ + G_m^-) \quad (50)$$

$$H_{photon} = \gamma n(\kappa + 1)E_G = \gamma n(\kappa + 1)H_G \quad (51)$$

### زیرکوانتوم انرژی و دریای دیراک

اگر در دریای دیراک، به جای انرژی منفی از بار الکتریکی (در واقع بار-رنگ) استفاده کنیم، آنگاه دریای دیراک به تمام پدیده‌های فیزیکی از جمله خلاء کوانتومی، ساختار ذرات کوانتومی، اجسام و حتی ستارگان و کهکشان‌ها قابل تعمیم است. زیرا انرژی از بار-رنگ‌ها و مغناطیس-رنگ‌ها تشکیل می‌شود. با تراکم گراویتون (افزایش چگالی گراویتون در فضا) بار-رنگ‌ها و مغناطیس-رنگ‌ها، تولید می‌شوند، سپس زیرکوانتوم‌های انرژی تولید می‌شوند، زیرکوانتوم‌های انرژی، فوتون‌های مجازی را تشکیل می‌دهند و سرانجام فوتون حقیقی ایجاد می‌شود. با ترکیب روابط (۳۸) و (۳۹) خواهیم داشت:

$$\nabla \times E + \nabla \times B \Leftrightarrow i(G^+, G^-) + j(G_m^+, G_m^-) \quad (52)$$

با افزایش  $z, i$ ، برای انرژی نقطه صفر خلاء می‌توان نوشت<sup>۳۲</sup>:

$$(n\kappa G^+, n\kappa G^-) + (nG_m^+, nG_m^-) \Leftrightarrow (n\kappa G^+, nG_m^+) + (n\kappa G^+, nG_m^-)$$

$$\Leftrightarrow (n \triangleright, n \triangleleft) \Leftrightarrow (\gamma^+, \gamma^-) \Leftrightarrow \gamma$$

<sup>۳۱</sup> -  $\nabla \times E_G = -\frac{\partial G_E}{\partial t} \Leftrightarrow i(G^+, G^-)$  (۳۸)     $\nabla \times B_G = \mu \cdot \epsilon \cdot \frac{\partial E_G}{\partial t} \Leftrightarrow j(G_m^+, G_m^-)$  (۳۹)

<sup>۳۲</sup> - حسین جوادی، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" صفحه ۳۷

## تعمیم معادله و دریای دیراک

روابط بالا نشان می‌دهد که با ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (حتی در خلاء) فوتون واقعی تولید می‌شود، علاوه بر آن گرانش، حتی در خلاء انرژی الکترومغناطیسی تولید می‌کند.

### زیرکوانتوم انرژی و نمودارهای فاینمن

با استفاده از زیرکوانتوم‌های انرژی و فوتون مجازی، برهمکنش‌ها و پدیده‌های مختلف فیزیکی قابل توصیف و تجسم است. لازم به ذکر است که در نمودارهای زیرکوانتوم انرژی، ظاهراً تنها یک مسیر در نظر گرفته شده است، یعنی چنین نشان داده می‌شود که ذرات روی مسیری مشخص حرکت می‌کنند که با مکانیک کوانتوم سازگار نیست. زیرا در مکانیک کلاسیک فقط یک مسیر معرف حرکت ذره است در حالی که در مکانیک کوانتوم تمام مسیرها برای ذره در نظر گرفته می‌شود، حتی مسیرهایی که به مسیر کلاسیک شباهت دارد، اما چنین نیست.

به عنوان مثال ذرات باردار فوتون‌های مجازی تولید و منتشر می‌کنند که ترکیب دو فوتون مجازی غیرهمنام باعث جذب ذرات باردار غیرهمنام می‌شود و رانش دو فوتون مجازی همنام باعث دفع ذرات باردار همنام می‌شود<sup>۳۳</sup>. فوتون‌های مجازی می‌توانند روی همه‌ی مسیرهای ممکن حرکت کنند، اگر به یکدیگر برسند، برهمکنش انجام می‌شود. ولی به دلیل این که ذرات باردار دائماً و با سرعت زیاد در حال تولید فوتون‌های مجازی هستند، اگر دو ذره‌ی باردار در میدان یکدیگر قرار گیرند، وقوع برهمکنش قطعی است. حتی در دیاگرام‌های فاینمن نیز همین مهم است که نتیجه کنش ذرات چیست نه احتمال مسیره‌های طی شده.

در الکترودینامیک کوانتومی، ذرات باردار (به عنوان مثال، الکترون و پوزیترون) از طریق انتشار و جذب فوتون (ذراتی که نیروی الکترومغناطیسی را حمل می‌کنند) با یکدیگر کنش دارند و این کنش‌ها توسط اصل عدم قطعیت توجیه می‌شود. حتی نمودارهای فاینمن، نمایشی از توصیف فرآیندهای فیزیکی است<sup>۳۴</sup>. در حالی که با استفاده از زیرکوانتوم انرژی و فوتون‌های مجازی مثبت و منفی، کنش بین ذرات باردار به صورت تحلیل فیزیکی

<sup>۳۳</sup> - حسین جوادی، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" الکترودینامیک زیرکوانتومی، صفحه ۴۷ را ببینید.

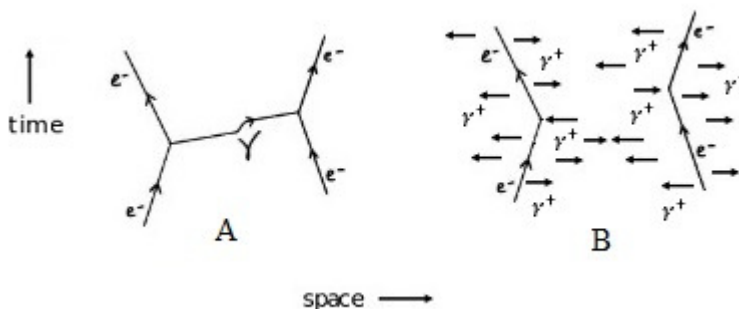
[https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵\\_nqd\\_w\\_brrsy\\_ttbygy\\_sh\\_swal\\_bnyady\\_dr\\_fyzyk](https://www.researchgate.net/publication/۳۰۲۳۱۲۳۰۵_nqd_w_brrsy_ttbygy_sh_swal_bnyady_dr_fyzyk)  
[http://gsjournal.net/Science-Journals/٪YB\\$cat\\_name٪YD/View/۶۴۹۴](http://gsjournal.net/Science-Journals/٪YB$cat_name٪YD/View/۶۴۹۴)

<sup>۳۴</sup> - Feynman Diagrams are Maths not Physics

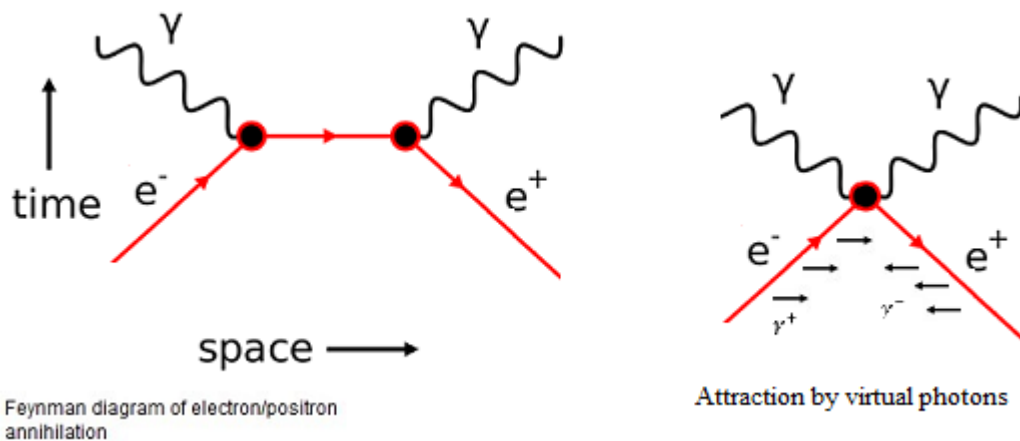
<https://protonsforsbreakfast.wordpress.com/۲۰۱۴/۰۴/۱۳/feynman-diagrams-are-maths-not-physics/>

## تعمیم معادله و دریای دیراک

و محاسبات ریاضی قابل توضیح است<sup>۳۵</sup>. به عنوان مثال رانش دو الکترون (شکل ۴) و جذب الکترون و پوزیترون (شکل ۵) را ملاحظه کنید.



شکل ۴: نمودار فاینمن A و فوتون‌های مجازی B برای رانش دو الکترون



شکل ۵: نمودار فاینمن و جذب الکترون و پوزیترون توسط فوتون‌های مجازی

<sup>۳۵</sup> - حسین جوادی، "لایه‌های پنهان برهمکنش‌های کوانتومی" الکترو دینامیک زیر کوانتومی، صفحه ۳۰ و ۴۹ را ببینید.



## تعمیم معادله و دریای دیراک

با توجه به معادلات (۲۵، ۲۶ و ۲۹) تعداد بار - رنگ‌های مثبت و مغناطیس - رنگ‌های وابسته به آن در زیرکوانتوم انرژی مثبت  $\triangleright$ ، با تعداد بار- رنگ‌های منفی و مغناطیس - رنگ‌های وابسته به آن در زیرکوانتوم انرژی منفی  $\triangleleft$  برابر است. بنابراین اگر تعداد زیرکوانتوم‌های انرژی مثبت و منفی قبل از فرایند فیزیکی با هم برابر باشند، چنانچه بعد از فرایند نیز تعداد زیرکوانتوم‌های انرژی منفی و مثبت با هم برابر باشند، کافی است و به خوبی با قوانین بقا در فیزیک نیز سازگار است.

مثال ۱- تولید و واپاشی زوج الکترون - پوزیترون:

$$E = k(\triangleright + \triangleleft) \rightarrow e^+ + e^- = (e^+ = k \triangleright) + (e^- = k \triangleleft)$$

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma = \left(\frac{k}{\gamma} \triangleright + \frac{k}{\gamma} \triangleleft\right) + \left(\frac{k}{\gamma} \triangleright + \frac{k}{\gamma} \triangleleft\right) = k(\triangleright + \triangleleft)$$

$$e^+ + e^- \rightarrow 3\gamma = 3\left(\frac{k}{\gamma} \triangleright + \frac{k}{\gamma} \triangleleft\right) = k(\triangleright + \triangleleft)$$

مثال ۲- پروتون و پادپروتون: چنین رویکردی به فوتون، یک گام مفید برای توضیح فرایندهای واقعی مربوط به فوتون و کرومودینامیک کوانتومی  $QCD$  است<sup>۳۶</sup>. فرایند ترکیب پروتون- پاد پروتون را در نظر بگیرید:

$$p\bar{p} \rightarrow \gamma + \gamma$$

بار الکتریکی پروتون و پادپروتون به ترتیب با بار لکتریکی پوزیترون و الکترون برابر است. مستقل از جرم پروتون و پادپروتون، در مورد بقای بار - رنگی در این فرایند داریم:

$$k \triangleright = e^+, \quad k \triangleleft = e^-$$

<sup>۳۶</sup> - Freund A., "Exclusive annihilation p pbar to gamma gamma in a generalized parton picture" arXiv: ۰۲۰۸.۰۶۱۷۱, hep-ph, ۲۰۰۲

## تعمیم معادله و دریای دیراک

$$u = \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleright, \quad d = \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleleft$$

$$\bar{u} = \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleleft, \quad \bar{d} = \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleright$$

$$\begin{aligned} p\bar{p} = (uud)(\bar{u}\bar{d}) &\rightarrow \gamma + \gamma = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleright + \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleright + \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleleft \right) + \left( \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleleft + \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleleft + \frac{1}{\sqrt{2}} k \triangleright \right) \Rightarrow \\ &= \left( \frac{2}{\sqrt{2}} k \triangleright + \frac{2}{\sqrt{2}} k \triangleleft \right) = n(\triangleright + \triangleleft) \end{aligned}$$

به همین ترتیب تمام برهمکنش‌های فیزیکی قابل توصیف است. علاوه بر آن، بدون استفاده از نیرو تمام فرایندهای و برهمکنش‌های فیزیکی را می‌توان توضیح داد. حتی با دقت به جابه جایی بسمت گرانش (و همچنین جابه جایی بسمت سرخ گرانش) به خوبی می‌توان مکانیزم تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و بالعکس را توصیف کرد.

## تعمیم معادله و دریای دیراک

To learn more about CPH theory, please refer to the following resources:

- ۱- H. Javadi and F. Forouzbakhsh, Interactions Between Real and Virtual Spacetimes, Fundamental Journals International Journal of Fundamental Physical Sciences, ۲۰۱۴  
[http://fundamentaljournals.org/ijfps/downloads/۷۵\\_IJFPS\\_Dec\\_۲۰۱۴\\_۱۱۴\\_۱۲۱.pdf](http://fundamentaljournals.org/ijfps/downloads/۷۵_IJFPS_Dec_۲۰۱۴_۱۱۴_۱۲۱.pdf)
- ۲- Javadi, H., et. al., “Discoveries and the necessity of Reconsidering the Perspectives on Newton's Second Law”, Journal of Nuclear and Particle Physics, vol. ۲(۳), p.۳۱-۳۵, ۲۰۱۲
- ۳- Javadi, H., et. al., “Definition of Singularity due to Newton's Second Law Counteracting Gravity”, Scientific Journal of Pure and Applied Sciences, Vol ۲, No ۳ (۲۰۱۳), pp. ۱۱۶-۱۲۴
- ۴- Javadi, H., et. al., “Sub quantum space and interactions properties from photon structure to fermions and bosons” Scientific Journal of Pure and Applied Sciences, Vol ۲, No ۵ (۲۰۱۳), pp. ۲۳۵-۲۴۵
- ۵- H. Javadi, F. Forouzbakhsh, (۲۰۰۷), “Zero point Energy and Dirac Equation, SQE or Tiny Energy or Minute electromagnetic Energy”, the general science journal, [Online] available:<http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Essays/View/۹۵۰>
- ۶- Javadi, H., et. al., "Unification and CPH Theory", the general science journal, ۲۰۰۷, [online available]:  
<http://gsjournal.net/Science-Journals/Essays/View/۹۴۸>
- ۷- Javadi, H., et. al., ۲۰۰۷, Unification and CPH Theory, the general science journal, online available:  
<http://gsjournal.net/Science-Journals/Essays/View/۹۴۸>
- ۸- <http://gsjournal.net/Science-Journals-Papers/Author/۶۷/Hossein,%۲۰Javadi>