عنوان مقاله : افت و خیزهای خلاء در انتشارگر فوتون برای جدایی فضاگونه درنزدیکی افق رویداد سیاهچاله

قادر نجار باشی،سیده الهه حسن پور

گروه فیزیک،دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی۱۷۹

چکیده

یک فوتون همیشه می تواند به یک الکترون و پوزیترون تغییر ماهیت دهدکه بعد از یک زمان کوتاه توسط اصل عدم قطعیت این جفت همدیگر را نابود می کنند و دوباره یک فوتون تشکیل می دهند. در این مقاله با در نظر گرفتن انتشارگر یک بوزون آزاد نشان می دهیم که افت و خیزی در مسیر فوتون برای جدایی فضاگونه وجود دارد که متعاقباً می تواند به تابش کوانتومی هاوکینگ در نزدیکی افق رویداد یک سیاهچاله مربوط باشد.

چگونه سیاهچاله امکان داشتن دما وگسیل ذرات را دارد در حالی که هیچ چیز نمی تواند از افق رویداد بگریزد؟ [1]هاوکینگ جواب این سوال را در مکانیک کوانتومی یافت. در مکانیک از ذرات (زوجهای فوتونها یا گراویتونها) مدام ظاهر می شوند. دو ذره به صورت یک جفت درمی آیند و سپس از هم جدا می شوند. پس از فاصله زمانی بسیار کوتاه غیر قابل تصوری، آن دو ذره به یکدیگر می رسند، و یکدیگر را منهدم می کنند. استیون هاوکینگ استدلال کرد که زوج ذره های بسیاری به طور غیر منتظره، در افق رویداد یک سیاهچاله به وجود می آیند و از بین می روند. بنابر تصور او، ابتدا یک زوج از ذرات مجازی ظاهر می شود، قبل از آنکه این زوج به یکدیگر برسند و یکدیگر را منهدم کنند، ذره ای که انرژی منفی دارد از افق رویداد عبور کرده، وارد سیاهچاله می شود[2]. آیا این بدان معنی است که ذره ی با انرژی مثبت، با هدف برخورد و منهدم کردن ذره با انرژی منفی آن را دنبال می کند؟ نه. میدان جاذبه در افق رویداد یک سیاهچاله به قدر کافی قوی است و می تواند ذرات را از «مجازی» به واقعی تبدیل کند. این تبدیل، تغییر قابل ملاحظه ای در زوج به وجود می آورد. آنها دیگر مجبور نیستند با یکدیگر برخورد کرده و یکدیگر را منهدم کنند. آنها می توانند هر دو مدت بسیار طولانیتری، جدا از هم وجود داشته باشند. البته ذره با انرژی مثبت نیز می تواند در سیاهچاله بیفتد، ولی مجبور به چنین کاری نیست و از مشارکت آزاد است، و می تواند بگریزد. برای یک مشاهده کننده از دور مثل این است که از سیاهچاله بیرون آمده است. در حقیقت این ذره نه از بیرون، بلکه از نزدیک سیاهچاله می آید. در این ضمن همتای او انرژی منفی را به سیاهچاله وارد کرده است، تابشی که به این ترتیب از سیاهچاله گسیل می شود، تابش هاوکینگ نامیده می شود[3]. تابش هاوکینگ به این معنی است که یک سیاهچاله می تواند کوچک شده ودر نهایت کاملاً از بین برود[4]. در سطح کوانتومی، این امکان وجود دارد که فوتون با سرعت اندکی کمتر یا اندکی بیشتر از سرعت نورحرکت کند. این افت و خیز ها رانمی توان مستقیماً مشاهده کرد. ولی مسیر فوتون در نمودار فضا–زمان که ما آن را بازاویه۴۵درجه ترسیم کرده ایم، با اندکی آشفتگی همراه است. انتشارگر فوتون [5] را می توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$iD_{\mu\nu} = \frac{i}{k^2}[(1-\zeta)\frac{k_\mu k_\nu}{k^2} - g_{\mu\nu}] \qquad (۱)$$

ζپیمانه ای برای تعیین میدان الکترومغناطیسی می باشد .

اگر از پیمانه فاینمن استفاده کنیم۱=ξ است ولی اگر پیمانه لانداو استفاده کنیم ۰=ξ می باشد[5]. اما تساوی وارد-تاکاهاشی [5]به ما این امکان را می دهد که از پیمانه فاینمن استفاده کنیم در این صورت خواهیم داشت:

$$D\mu\nu = g_{\mu\nu}\int \frac{d^4x}{(2\pi)^4}\cdot\frac{e^{-ik(x-y)}}{k^2-m^2+i\varepsilon} \qquad (۲)$$

می بینیم که برای جلوگیری از تکینگی در رابطه انتشار گر مقدار بسیار کوچکε اضافه شده است. $g_{\mu\vartheta}$ متریک می باشد. اگر ω_kرا به صورت زیر تعریف کنیم:

$$\omega_k = \sqrt{k^2+m^2} \qquad (۳)$$

$$D_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu}\int \frac{d^3k}{(2\pi)^3 2\omega_k}(e^{-i(\omega_k t-k.x)}\theta(x^0)+e^{i(\omega_k t-k.x)}\theta(-x^0)) \qquad (۴)$$

ازنظر فیزیکی $D_{\mu\nu}(x)$ دامنه آشوبی است که این میدان از مبدا بهX منتشر می شود. ناوردایی لورنتس[5] به ما می گوید $D_{\mu\nu}(x)$ تابعی برحسب x^2 و x^0 است زیرا اینها کمیتهایی هستند که تحت تبدیلات لورنتس تغییر نمی کنند.

$$D_{\mu\nu} = g_{\mu\nu}\int \frac{d^3k}{(2\pi)^3}\cdot\frac{e^{-ik.x}}{2\sqrt{k^2+m^2}} \qquad (۵)$$

ریشه مربع در $\pm im$ یک برش ایجاد می کند که این به ما می گوید که مقدار مشخصه $|\vec{k}|$ در انتگرال از مرتبه m است که منجر به واپاشی نمایی $\sim e^{-m|\vec{x}|}$ چنانچه انتظار می رود از لحاظ کلاسیکی یک ذره نمی تواند خارج مخروط نوری قرار گیرد، از نظر کوانتوم فیلد تئوری بنابر اصل عدم قطعیت هایزنبرگ تا فاصله از مرتبه$\frac{1}{m}$ می تواند نفوذ کند. ما این ادعارا در زیر برای یک ذره آزاد نشان خواهیم داد. انتشارگر به طور نمایی برای جدایی فضاگونه واپاشی میکند.

در معادله(۵) $x^0 = 0$ قرار می دهیم و به مختصات کروی تبدیل می کنیم:

$$D_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu}\frac{i(2\pi)}{(2\pi)^3}\int_0^\infty \frac{dkk^2}{\sqrt{k^2+m^2}}\int_{-1}^{+1} d(\cos\theta)e^{-ik\cos\theta} \qquad (۶)$$

$$D_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu}\frac{1}{2(2\pi)^2 r}\int_0^\infty \frac{dkk}{\sqrt{k^2+m^2}}(e^{ikr}-e^{-ikr}) = \quad g_{\mu\nu}\frac{i}{8\pi^2 r}\frac{\partial}{\partial r}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dk}{\sqrt{k^2+m^2}} \qquad (۷)$$

تغییرمتغییر رو به رو را اعمال می کنیم:

$$k = i(m+y) \Rightarrow dk = idy$$

$$I = 2\int_0^\infty dye^{-(y+m)r}\frac{1}{\sqrt{(y+m)^2-m^2}} = 2\int_1^\infty dume^{-mru}\frac{1}{m\sqrt{u^2-1}} \qquad (۸)$$

تغییر متغیر u به $cosht$ را اعمال می کنیم :

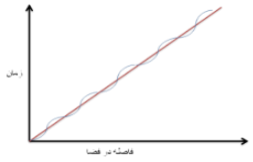
$$D_{\mu\nu}(x) = -g_{\mu\nu}\frac{im}{4\pi^2 r}\int_0^\infty dt(\cosh t)e^{-mr\cosh t} = -g_{\mu\nu}\frac{im}{4\pi^2 r}\int_0^\infty d(\sinh t)e^{-mr\cosh t} \qquad (۹)$$

$$D_{\mu\nu}(x) = -g_{\mu\nu}\frac{im}{4\pi^2 r}\int_0^\infty dse^{-mr\sqrt{s^2-1}} \cong -ig_{\mu\nu}\frac{m}{4\pi^2 r}\int_0^\infty dse^{-mr(1+\frac{1}{2}s^2)} \qquad (۱۰)$$

چون در عبارت نمایی $e^{-mr\sqrt{S^2+1}}$ به ازای S های بزرگ سهم کمتری دارند به ازای S های کوچک می نویسیم:

$$D_{\mu\nu}(x) = -g_{\mu\nu}\frac{im}{4\pi^2}(\frac{\pi}{2(mr)^3})^{\frac{1}{2}}e^{-mr} \qquad (۱۱)$$

رابطه بالا نشان می دهد که ذرات مجازی موجود در خلاء می تواند تا حدودی به صورت نمایی افت و خیز داشته باشند در نتیجه جهان خط فوتون یک خط راست نمی تواند باشد(شکل۱).



شکل۱: خط قرمز جهانخط فوتون را در کلاسیک نشان می دهد که با سرعت نور سیر می کند، اثر پخشدگی ناشی از اصل عدم قطعیت، موجب می شود که خط جهانی فوتون افت وخیزهای فوق العاده ای داشته باشد و دچارتموج دامنه داری می شود.

نتیجه گیری

اصل عدم قطعیت می تواند به این معنی باشد که یک میدان مانند میدان الکترومغناطیسی یا میدان گرانشی، نمی تواند همزمان مقدار معین وآهنگ تغییر معینی داشته باشد. صفر اندازه معینی است و بنا بر این یک میدان نمی تواند اندازه صفر داشته باشد. از طرف دیگر همه میدانها در فضای خالی می باید صفر باشند. بنا براین اگر میدان صفر نیست، فضای خالی هم نیست. پس به جای فضای خالی چه داریم؟ افت و خیزهای مداوم در مقدار میدانها، نوعی لرزش، اندکی به سمت مثبت واندکی به سمت منفی صفر، به طوری که میانگین آنها صفر باشد، اما خود میدان صفر نباشد. این افت و خیز ها را می توان همانند یک زوج ذره دانست که قبلاًدر مورد تابش هاوکینگ درباره آن صحبت کردیم. ایجاد زوج ذره در جایی که خمیدگی فضا- زمان وسرعت تغییر آن شدیدتر است، بیشتر خواهد بود. به همین جهت انتظار داریم بسیاری از آنها را درنزدیکی افق رویداد یک سیاهچاله بیابیم.

مرجع‌ها

[1] *S. W. Hawking, Comm. Math Phys*. **31**, **161** (1973).

[2] *J.V.Narlikar ; "An Introduction To Cosmology"; 3th Edition, Cambridgeuniversity Press*.(2002).

[3] *S. W. Hawking, Nature* **248**, **30** (1974).

[4] *J. D. Bekenstein, Ph.D. Thesis, Princeton University; PhysRev*. **D9**, **3292** (1974).

[5] *M. E. Peskin And D. V. Schroeder; "An Introduction To Quantum Field Theory*"; 1th *Edition, Addison-Wesley Publishing Company*. (1950). **238-244**.