

Persian CPH E-Book

Theory of CPH

Section 12

Speed of Light and CPH Theory

سرعت نور و نظریه سی. پی. اچ

Hossein Javadi

Javadi_hossein@hotmail.com

مقدمه

نظریه سی. پی. اچ. در سال 1366 (1987 م) با طرح این مسئله که سرعت نور ثابت نیست و تابع نیروهای خارجی محیط انتشار است، مطرح شد. در نظریه سی. پی. اچ. نیز طبق اصل نسبیت خاص سرعت نور در تمام دستگاه های لخت و فضای تهی ثابت و برابر

c

است. اما سرعت نور در محیط انتشار تابع نیروهای خارجی است که بر نور اعمال می شود. تجارب و دیدگاه های اخیر نشان می دهد که پیشگویی نظریه سی. پی. اچ. در مورد تغییر سرعت نور درست بوده است. در ادامه دو نمونه ارائه شده است. اما در آنجا هیچگونه توجیه نظری در مورد علت تغییر سرعت نور وجود ندارد. در حالیکه نظریه سی. پی. اچ. بر اساس تعریف و توضیح ساختمان فوتون بنا شده است. و بخوبی می تواند دلیل نظری تغییر سرعت نور را توضیح دهد. در ادامه پس از ذکر نمونه های مورد بحث توضیح نظریه سی. پی. اچ. را در مورد دلیل تغییر سرعت نور مشاهده خواهید کرد.

Light that travels... faster than light!

A team of researchers from the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) has successfully demonstrated, for the first time, that it is possible to control the speed of light – both slowing it down and speeding it up – in an optical fiber, using off-the-shelf instrumentation in normal environmental conditions. Their results, to be published in the August 22 issue of Applied Physics Letters, could have implications that range from optical computing to the fiber-optic telecommunications industry.

On the screen, a small pulse shifts back and forth – just a little bit. But this seemingly unremarkable phenomenon could have profound technological consequences. It represents the success of Luc Thévenaz and his fellow researchers in the Nanophotonics and Metrology laboratory at EPFL in controlling the speed of light in a simple optical fiber. They were able not only to slow light down by a factor of three from its well – established speed c of 300 million meters per second in a vacuum, but they've also accomplished the considerable feat of speeding it up – making light go faster than the speed of light.

This is not the first time that scientists have tweaked the speed of a light signal. Even light passing through a window or water is slowed down a fraction as it travels through the medium. In fact, in the right conditions, scientists have been able to slow light down to the speed of a bicycle, or even stop it altogether. In 2003, a group from the University of Rochester made an important advance by slowing down a light signal in a room-temperature solid.

But all these methods depend on special media such as cold gases or crystalline solids, and they only work at certain well-defined wavelengths. With the publication of their new method, the EPFL team, made up of Luc Thévenaz, Miguel González Herraiz and Kwang-Yong Song, has raised the bar higher still. Their all-optical technique to slow light works in off-the-shelf optical fibers, without requiring costly experimental set-ups or special media. They can easily tune the speed of the light signal, thus achieving a wide range of delays.

"This has the enormous advantage of being a simple, inexpensive procedure that works at any wavelength, notably at wavelengths used in telecommunications," explains Thévenaz.

The telecommunications industry transmits vast quantities of data via fiber optics. Light signals race down the information superhighway at about 186,000 miles per second. But information cannot be processed at this speed, because with current technology light signals cannot be stored, routed or processed without first being transformed into electrical signals, which work much more slowly. If the light signal could be controlled by light, it would be possible to route and process optical data without the costly electrical conversion, opening up the possibility of processing information at the speed of light.

This is exactly what the EPFL team has demonstrated. Using their Stimulated Brillouin Scattering (SBS) method, the group was able to slow a light signal down by a factor of 3.6, creating a sort of temporary "optical memory." They were also able to create extreme conditions in which the light signal travelled faster than 300 million meters a second. And even though this seems to violate all sorts of cherished physical assumptions, Einstein needn't move over – relativity isn't called into question, because only a portion of the signal is affected.

Slowing down light is considered to be a critical step in our ability to process information optically. The US Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) considers it so important that it has been funnelling millions of dollars into projects such as "Applications of Slow Light in Optical Fibers" and research on all-optical routers. To succeed commercially, a device that slows down light must be able to work across a range of wavelengths, be capable of working at high bit-rates and be reasonably compact and inexpensive.

The EPFL team has brought applications of slow light an important step closer to this reality. And Thévenaz points out that this technology could take us far beyond just improving on current telecom applications. He suggests that their method could be used to generate high-performance microwave signals that could be used in next-generation wireless communication networks, or used to improve transmissions between satellites. We may just be seeing the tip of the optical iceberg.

http://actualites.epfl.ch/index.php?module=Presseinfo&func=view_com&id=288

<mailto:florence.luy@epfl.ch>

Light's Most Exotic Trick Yet: So Fast it Goes. Backwards?

In the past few years, scientists have found ways to make light go both faster and slower than its usual speed limit, but now researchers at the University of Rochester have published a paper today in *Science* on how they've gone one step further: pushing light into reverse. As if to defy common sense, the backward-moving pulse of light travels faster than light.

Confused? You're not alone.

"I've had some of the world's experts scratching their heads over this one," says Robert Boyd, the M. Parker Givens Professor of Optics at the University of Rochester. "Theory predicted that we could send light backwards, but nobody knew if the theory would hold up or even if it could be observed in laboratory conditions."

Boyd recently showed how he can slow down a pulse of light to slower than an airplane, or speed it up faster than its breakneck pace, using exotic techniques and materials. But he's now taken what was once just a mathematical oddity—negative speed—and shown it working in the real world.

"It's weird stuff," says Boyd. "We sent a pulse through an optical fiber, and before its peak even entered the fiber, it was exiting the other end. Through experiments we were able to see that the pulse inside the fiber was actually moving backward, linking the input and output pulses."

So, wouldn't Einstein shake a finger at all these strange goings-on? After all, this seems to violate Einstein's sacred tenet that nothing can travel faster than the speed of light.

"Einstein said information can't travel faster than light, and in this case, as with all fast-light experiments, no information is truly moving faster than light," says Boyd. "The pulse of light is shaped like a hump with a peak and long leading and trailing edges. The leading edge carries with it all the information about the pulse and enters the fiber first. By the time the peak enters the fiber, the leading edge is already well ahead, exiting. From the information in that leading edge, the fiber essentially 'reconstructs' the pulse at the far end, sending one version out the fiber, and another backward toward the beginning of the fiber."

Boyd is already working on ways to see what will happen if he can design a pulse without a leading edge. Einstein says the entire faster-than-light and reverse-light phenomena will disappear. Boyd is eager to put Einstein to the test.

So How Does Light Go Backwards?

Boyd, along with Rochester graduate students George M. Gehring and Aaron Schweinsberg, and undergraduates Christopher Barsi of Manhattan College and Natalie Kostinski of the University of Michigan, sent a burst of laser light through an optical fiber that had been laced with the element erbium. As the pulse exited the laser, it was split into two. One pulse went into the erbium fiber and the second traveled along undisturbed as a reference. The peak of the pulse emerged from the other end of the fiber before the peak entered the front of the fiber, and well ahead of the peak of the reference pulse.

But to find out if the pulse was truly traveling backward within the fiber, Boyd and his students had to cut back the fiber every few inches and re-measure the pulse peaks when they exited each pared-back section of the fiber. By arranging that data and playing it back in a time sequence, Boyd was able to depict, for the first time, that the pulse of light was moving backward within the fiber.

To understand how light's speed can be manipulated, think of a funhouse mirror that makes you look fatter. As you first walk by the mirror, you look normal, but as you pass the curved portion in the center, your reflection stretches, with the far edge seeming to leap ahead of you (the reference walker) for a moment. In the same way, a pulse of light fired through special materials moves at normal speed until it hits the substance, where it is stretched out to reach and exit the material's other side [See "fast light" animation].

Conversely, if the funhouse mirror were the kind that made you look skinny, your reflection would appear to suddenly squish together, with the leading edge of your reflection slowing as you passed the curved section. Similarly, a light pulse can be made to contract and slow inside a material, exiting the other side much later than it naturally would [See "slow light" animation].

To visualize Boyd's reverse-traveling light pulse, replace the mirror with a big-screen TV and video camera. As you may have noticed when passing such a display in an electronics store window, as you walk past the camera, your on-screen image appears on the far side of the TV. It walks toward you, passes you in the middle, and continues moving in the opposite direction until it exits the other side of the screen.

A negative-speed pulse of light acts much the same way. As the pulse enters the material, a second pulse appears on the far end of the fiber and flows backward. The reversed pulse not only propagates backward, but it releases a forward pulse out the far end of the fiber. In this way, the pulse that enters the front of the fiber appears out the end almost instantly, apparently traveling faster than the regular speed of light. To use the TV analogy again—it's as if you walked by the shop window, saw your image stepping toward you from the opposite edge of the TV screen, and that TV image of you created a clone at that far edge, walking in the same direction as you, several paces ahead [See "backward light" animation].

"I know this all sounds weird, but this is the way the world works," says Boyd.

About the University of Rochester

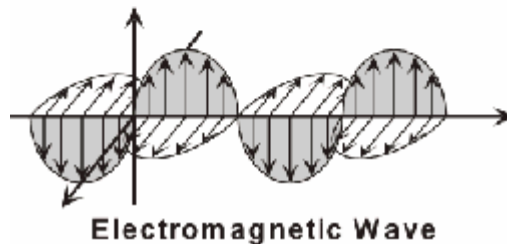
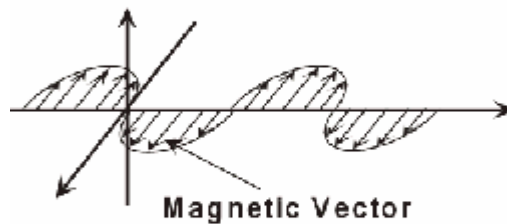
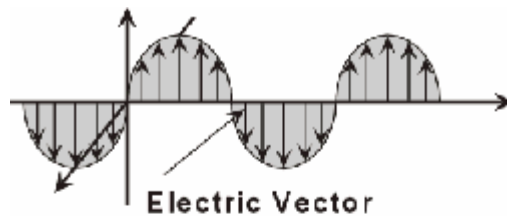
The University of Rochester (www.rochester.edu) is one of the nation's leading private universities. Located in Rochester, N.Y., the University's environment gives students exceptional opportunities for interdisciplinary study and close collaboration with faculty. Its College of Arts, Sciences, and Engineering is complemented by the Eastman School of Music, Simon School of Business, Warner School of Education, Laboratory for Laser Energetics, and Schools of Medicine and Nursing.

From [University of Rochester](http://www.rochester.edu/news/show.php?id=2544)

<http://www.rochester.edu/news/show.php?id=2544>

بار - رنگ و مغناطیس-رنگ

اجازه دهید یک نگاه جدید به رفتار الکترومغناطیسی در میدان گرانشی بیندازیم، این نگرش می تواند در حل این معما که فوتون از چه ذراتی تشکیل شده، مفید واقع گردد. همچنانکه می دانیم یک موج الکترومغناطیسی از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده است که با سرعت خطی برابر با سرعت نور حرکت می کنند. شکل زیر



با توجه به توصیف امواج الکترومغناطیسی و نظریه هیگز و ترکیب این دو نظریه به نتیجه بسیار جالبی خواهیم رسید.

در اینجا دو میدان داریم، یکی میدان الکتریکی و دیگری میدان مغناطیسی که با توجه به نظریه هیگز، این میدانها توسط ذرات هیگز ایجاد می شوند. اما در اینجا میدانها متفاوتند، یکی میدان ابکتریکی که توسط ذراتی ایجاد می شوند که از خود، خواص الکتریکی بروز می دهند و با سرعت خطی برابر سرعت نور منتقل می شوند. اما علاوه بر سرعت خطی که در موج الکترومغناطیسی دارد، روی محور عمود بر آن نیز دارای حرکت است. لذا مجموع مسیری که این ذرات در واحد زمان طی می کند، بیشتر از سرعت نور است.

در اینجا سه نکته کاملاً مشهود و قابل تعمق است:

1 – این ذرات خواص الکتریکی دارند. چون به اندازه بار الکتریکی پایه (بار الکتریکی الکترون یا پروتون) نیستند، لذا آنها را **بار – رنگ** می نامیم. بطور مشابه در مورد میدان مغناطیسی و ذرات تشکیل دهنده ی آن میتوان چنین تعبیری داشت که میدان مغناطیسی اطراف فوتون از **مغناطیس – رنگ** تشکیل شده است.

2 – حرکت این ذرات را می توان شامل سه نوع حرکت دانست، یکی سرعت خطی که برابر سرعت انتقال موج الکترومغناطیسی (برابر سرعت نور)، دوم سرعتی که در میدان دارند (در شکل بالا مشخص شده است) و سوم اسپین این ذرات. لذا مجموع مقادیر سرعتها برابر مقدار سرعت این ذرات است که آن را با Vc نشان می دهیم. بطور وضوح مشخص است که $Vc > c$ که در آن Vc ، c بترتیب مقدار سرعت نور و مقدار سرعت **بار – رنگ** و **مغناطیس – رنگ** هستند.

3 – میدان گرانشی از ذراتی (گراویتون) تشکیل می شود که دارای **خواص - بار رنگی و مغناطیس - رنگی** می باشند. زیرا همچنانکه در فصل قبل مشاهده شد، هنگامیکه فوتون در میدان گرانشی در حال سقوط است، انرژی و در نتیجه شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن افزایش می یابد (جابجایی بسمت آبی)، لذا ورود گراویتونها (بار – رنگ و مغناطیس – رنگ) به ساختمان فوتون موجب افزایش انرژی آن می شود.

با توجه به این اطلاعات به تعریف سی. پی. اچ. پرداخته و اصل سی. پی. اچ. را بیان می کنیم. لازم به ذکر است که:

برای سی. پی. اچ. از کلمه ی ذره استفاده شده است، منظور از ذره همان نقطه ی مادی نیست و در فارسی کلمه ای که گویای مفهوم سی. پی. اچ. باشد ندیدم. بهمین دلیل از لغت ذره استفاده شد. همچنین توجه شود که در مورد شکل آن نیز هیچ نظر خاصی وجود ندارد. لذا هر کس بنا بر برداشت و سلیقه ی خود می تواند برای آن شکل مورد نظر خویش را تجسم کند.

تعریف CPH

فرض کنیم یک ذره با جرم ثابت m وجود دارد که نسبت به هر دستگاه لختی با مقدار سرعت ثابت Vc حرکت می کند. و

c , is speed of light $Vc > c$

بنابراین سی. پی. اچ. دارای اندازه حرکت خطی برابر mVc می باشد. شکل زیر

$$\begin{array}{c} \text{CPH} \xrightarrow{V_c} \\ V_c, p=mV_c \\ c \text{ speed of light} \\ V_c > c \end{array}$$

اصل CPH

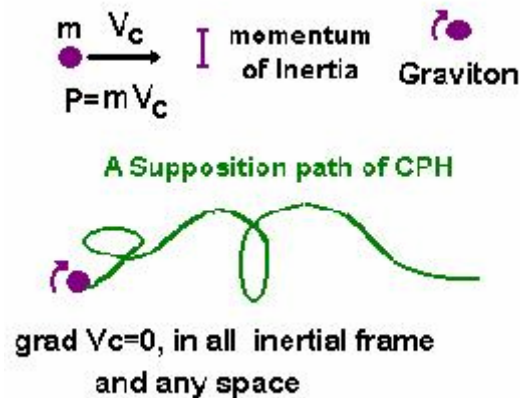
پی. اچ. یک ذره بنیادی با جرم ثابت است که با مقدار سرعت ثابت حرکت می کند. این ذره دارای لختی دورانی است. در هر واکنش بین این ذره با سایر ذرات یا نیروها در مقدار سرعت آن تغییری داده نمی شود، بطوریکه :

$$\text{grad}V_c=0 \text{ in all inertial frames and any space}$$

توجه: هنگامیکه نیروی خارجی بر آن اعمال شود، قسمتی از سرعت انتقالی آن به سرعت دورانی (یا بالعکس) تبدیل می شود، بطوریکه در مقدار V_c تغییری داده نمی شود. یعنی اندازه حرکت خطی آن به اندازه حرکت دورانی و بالعکس تبدیل می شود. بنابراین مجموع انرژی انتقالی و انرژی دورانی آن نیز همواره ثابت است. تنها انرژی انتقالی آن به انرژی دورانی و بالعکس تبدیل می شود.

هنگامیکه سی. پی. اچ. دارای حرکت دورانی حول محوری که از مرکز جرم آن می گذرد است، یعنی زمانی که سی. پی. اچ. دارای *Spin* است، آن را گراویتون می نامیم.

When CPH has Spin, It calls Graviton



تشریح

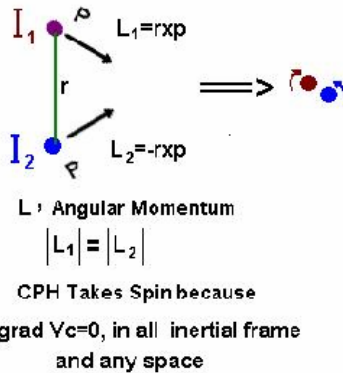
هنگامیکه یک سی. پی. اچ. وجود سی. پی. اچ. دیگری را احساس می کند. دارای اسپین می شوند که گراویتون نامیده می شود. علت ایجاد اسپین در اصل موضوع سی. پی. اچ. نهفته است که باید با مقدار سرعت ثابت V_c حرکت کند بطوریکه

gradVc=0 in all inertial frames and any space

بنابراین هر مقدار که از سرعت آن روی یک محور مختصات کاسته می شود، به همان میزان بر مقدار سرعت روی دو محور دیگر افزوده می شود. یعنی

$$\frac{\partial V_c}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V_c}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial V_c}{\partial z} \frac{dz}{dt} = 0$$

بعبارت دیگر مجموع مقدار شتاب های سی. پی. اچ. روی سه محور مختصات برابر با صفر است. حال دو سی. پی. اچ. را در نظر بگیرید که متوجه بار- رنگی و مغناطیس – رنگی یکدیگر شده اند. شکل زیر



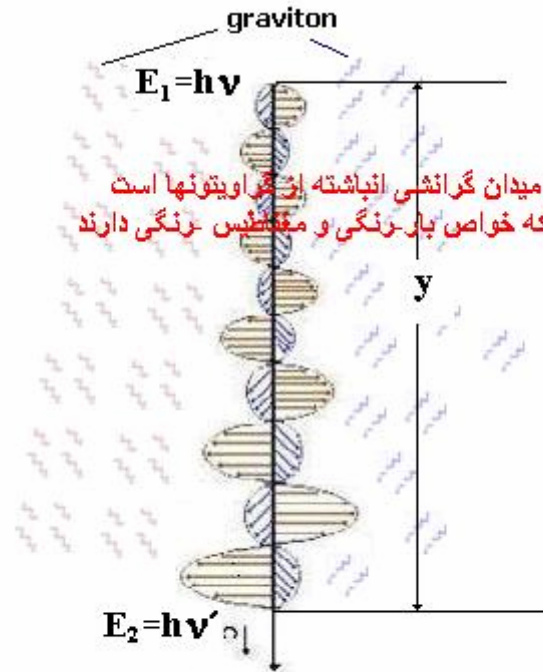
شکل بالا نشان می دهد که دو گراویتون با جرم m و اندازه حرکت $P = mVc$ ، در فاصله r تحت تاثیر بار – رنگی و مغناطیس رنگی یکدیگر قرار گرفته، با هم ترکیب می شوند، اما چون مقدار سرعت آنها ثابت است، حرکت انتقالی آنها به حرکت دورانی Spin تبدیل می شود. فاصله ی بین آنها تا جایی می تواند کاهش یابد که باهم برخورد نکنند. در صورت برخورد به دلیل اسپینی که دارند، از یکدیگر دور می شوند. لذا تراکم (چگالی) آنها تا زمانی می تواند افزایش یابد که به حالت تماس نرسند. در صورت تماس طی برخوردی شدید یکدیگر را می رانند و به اطراف پراکنده می شوند.

یکبار دیگر جابجایی بسمت آبی را به خاطر آورید که طی آن یک فوتون در حال سقوط در میدان گرانشی است. (اثر مسبوئر و آزمایش پوند – ربکا). فوتونی با انرژی h به اندازه y سقوط می کند و انرژی آن به اندازه y

$mg y$ افزایش می یابد و به مقدار $h v'$ می رسد

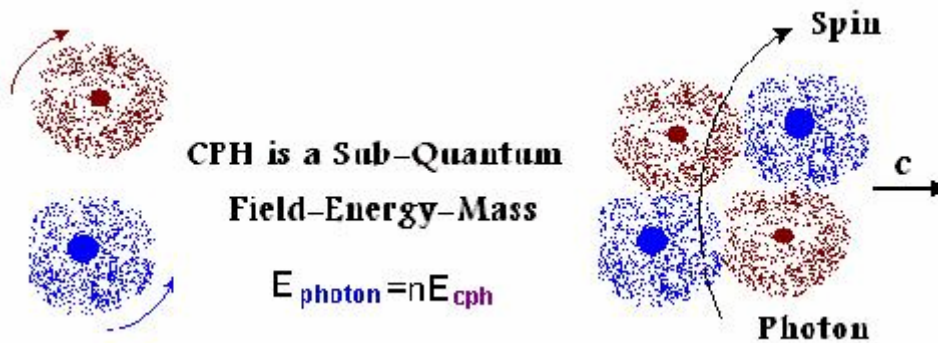
$$h v' = h v + m g y$$

انرژی و جرم فوتون افزایش میابد. شکل زیر حرکت یک فوتون در حال سقوط در یک میدان گرانشی را نشان می دهد که با ورود گراویتونها به آن انرژی (جرم)، فرکانس و شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن افزایش می یابد.



بار - رنگها و مغناطیس - رنگها وارد ساختمان فوتون می شوند و انرژی (جرم) فوتون افزایش می یابد

بنابراین یک فوتون از تعدادی گراویتون تشکیل می شود که دارای اسپین هستند. شکل زیر



همچنین فوتون دارای اسپین است. بنابراین هنگامیکه فوتون با سرعت نور حرکت می کند، گراویتون هایی که فوتون را تشکیل داده اند دارای حرکتی زیر می باشند:

حرکت انتقالی برابر سرعت نور، زیرا فوتون با سرعت نور منتقل می شود و اجزای تشکیل دهنده آن نیز الزاماً با همین سرعت منتقل می شوند.

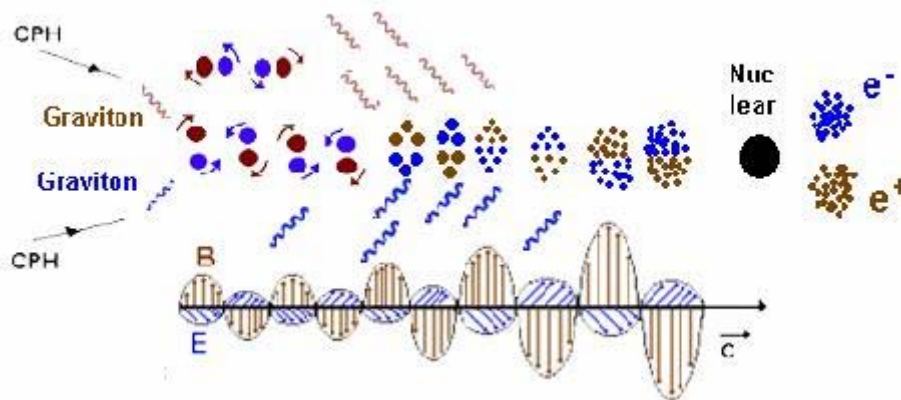
حرکت دورانی (اسپین)، زیرا طبق اصل سی. پی. اچ. مقدار سرعت سی. پی. اچ. بیشتر از سرعت نور است و هنگامی سی. پی. اچ. ها با یکدیگر ادغام می شوند و سایر ذرات را تشکیل می دهند، مقداری از سرعت انتقالی آنها به اسپین تبدیل می شود.

و حرکت ناشی از اسپین فوتون، زیرا گراویتون ها در ساختمان فوتون هستند و از حرکت اسپینی فوتون سهم می برند.

زیر کوانتوم انرژی، جرم و نیرو

در فرآیند بالا نشان داده شد که چگونه گراویتونها وارد ساختمان فوتون شده و انرژی آنرا افزایش می دهند. از طرفی دیگر می دانیم که گراویتونها حامل نیروی گرانشی هستند. لذا بسادگی مشاهده می شود که نیرو قابل تبدیل به انرژی است. گراویتونهایی که به این ترتیب تبدیل به انرژی می شوند.

در یک میدان گرانشی، هنگامیکه فوتون بسمت آبی جابجا می شود، گراویتون ها تبدیل به انرژی می شوند و زمانی که فوتون بسمت قرمز جابجا می شود، انرژی فوتون به گراویتون تبدیل می شود و سرانجام با تباه شدن انرژی، ماده و پادماده پدید می آید. شکل زیر



در حقیقت سی. پی. اچ. یک زیر کوانتوم هستی در طبیعت است که همه ی ذرات از آن ساخته شده اند.

CPH is Sub Quantum of existence in Nature

این زیر کوانتوم دارای جرم است، پس جلوه ی ماده است، دارای اندازه حرکت است که بیان کننده ی انرژی است. همچنین دارای خواص بار-رنگی و مغناطیس - رنگی است. یک کوانتوم انرژی از تعدادی سی. پی. اچ. تشکیل می شود و امواج الکترومغناطیسی ظاهر می شوند.

بدین ترتیب مشخص است که چرا نمی توان فوتون را در حالت سکون مشاهده کرد، زیرا یک فوتون در شرایط سرعت نور و از تعدادی ذرات زیر فوتون (بار-رنگها و مغناطیس-رنگها) تولید می شود که خود این ذرات زیر فوتونی با مقدار سرعتی بیشتر از سرعت نور حرکت می کنند.

معادلات بار-رنگ و مغناطیس رنگ در امواج الکترومغناطیس

فرض کنیم دو سی. پی. اچ. نسبت به یک دستگاه لخت با سرعت خطی Vc حرکت می کنند که به دلیل خواص بار-رنگی و مغناطیس - رنگی با یکدیگر ترکیب شده و فوتون تولید می شود. چون

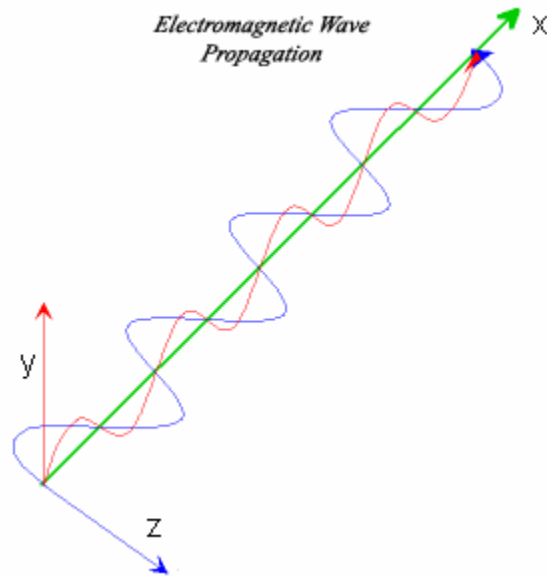
$$\text{grad}Vc=0$$

داراي اسپين خواهند شد و مي توان نوشت.

$$\text{grad}Vc=0 \Rightarrow a_x\mathbf{i}+a_y\mathbf{j}+a_z\mathbf{k}=\mathbf{0}$$

يعني مجموع شتاب ها روي سه محور برابر صفر است

فرض كنيم كه سي بي. اچ. (در پرتو الكترومغناطيسي) روي محور x حركت انتقالی برابر با سرعت امواج الكترومغناطيسي (سرعت نور) دارد. شكل زير



بنابراين مقدار سرعت آن تنها روي محور هاي y, z تغيير مي كند و شتاب روي محور x صفر است، يعني

$$a_x=0$$

تنها روي دو محور ديگر شتاب خواهد داشت بطوريكه:

$$a_y\mathbf{j}+a_z\mathbf{k}=\mathbf{0}$$

هنگاميكه

$$a_y=0 \Rightarrow a_z \text{ is maximum. And } a_z \text{ is maximum when } a_y=0$$

فرض كنيم يك بار- رنگ در ساختمان فوتون همراه با يك پرتو الكترومغناطيسي روي محور y

در حركت است. اين بار-رنگ تحت تاثير ميدان مغناطيسي موجود (مغناطيس-رنگها) دائماً در حال شتاب روي اين محور است. بهمين دليل اسپين بار-رنگها دائماً در حال تغيير است و اين تغييرات از مقدار سرعت آنها روي همين محور تامين و تبديل مي شود. با افزايش اسپين، از مقدار سرعت روي محور y كاهش مي يابد و با كاهش اسپين بر مقدار سرعت روي همين محور افزوده مي شود و در صورتي كه

شدت میدان گرانشی ثابت باشد، مانند فضای بین ستارگان، سرعت نور ثابت خواهد ماند. بهمین دلیل مشاهده می کنیم که همانطور که نسبیت خاص تصریح کرده، مقدار سرعت نور در فضای تهی نسبت به همه ی دستگاه های لخت ثابت و برابر C است.

به همین ترتیب حرکت و اسپین مغناطیس – رنگها روی محور Z قابل توجیه است. توجه شود که این تغییرات در در مورد بار – رنگها و مغناطیس – رنگها هماهنگ هستند. اگر به شکل انتشار امواج الکترومغناطیسی توجه فرمایید، مشاهده خواهید کرد که هم زمان دامنه ی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی ماکزیمم و صفر می شوند.

حال می توان معادله حرکت بار – رنگ را نوشت. با توجه به شکل بالا، سی. پی. اچ. ی که بصورت بار رنگ ظاهر شده حرکتی متناوب دارد که معادله ی حرکت آن را می توان بصورت زیر نوشت:

$$E_c = E_{cm} \cos \omega(t-x/c)$$

که در آن E_c مقدار بار-رنگ است و E_{cm} مقدار ماکزیمم بار-رنگ است

برای سی. پی. اچ. دیگر که بصورت مغناطیس-رنگ ظاهر می شود می توان نوشت:

$$B_c = B_{cm} \cos \alpha(t-x/c)$$

که در آن B_c مقدار مغناطیس-رنگ است و B_{cm} مقدار ماکزیمم مغناطیس رنگ است فرض کنیم یک فوتون شامل n بار – رنگ و m مغناطیس – رنگ است که معادله میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن بصورت زیر خواهد شد

$$E = n E_{cm} \cos \alpha(t-x/c)$$

$$B = m B_{cm} \cos \alpha(t-x/c)$$

هنگامیکه یک فوتون در حال سقوط در یک میدان گرانشی است، تعداد بار – رنگها و مغناطیس – رنگهای آن افزایش می یابد و در نتیجه جابجایی بسمت آبی خواهیم داشت. و هنگام صعود فوتون در میدان گرانشی، از تعداد آنها کاسته می شود و شاهد جابجایی بسمت قرمز خواهیم

سرعت نور

با توجه به مطالب بالا و بار-رنگها و مغناطیس-رنگها که سازنده ی فوتون هستند، سرعت نور تابع سرعت انتقالی اجزای سازنده فوتونهاست. لذا هنگامیکه فوتون در میدان گرانشی در حال سقوط است، قسمتی از حرکت اسپینی بار-رنگها و مغناطیس-رنگها به حرکت انتقالی تبدیل می شود و سرعت نور افزایش می یابد و در مورد کاهش سرعت نور روند عکس انجام می شود.