the general science journal

Persian CPH E-Book

Theory of CPH

Section Two

Experimental Foundation of CPH Theory

Hossein Javad

Azad University,Tehran,Iran

Javadi_hossein@hotmail.com

بخش دوم :

پایه های تجربی نظریه سی.پی.اچ

مقدمه

شواهد تجربی بسیاری وجود دارد که گرانش، انرژی الکترومغناطیسی تولید می کند. به همین دلیل 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 است که این وابستگی را متذکر شد. پلانک نیز نظری مشابه داشت. اینشتین نیز مدت ۳۵ سال تلاش کرد تا روابطی مشابه وابستگی الکتریسیته و مغناطیس، بین گرانش و الکترومغناطیس ارائه دهد. اما این کوششها بی نتیجه ماند.

اما سئوال این است که چرا با تمام شواهد تجربی موجود و تصریح فیزیکدانان بزرگی نظیر فارادی و پلانک هنوز نتیجه ی قابل قبولی به دست نیامده است؟

برای یافتن پاسخ اجازه دهید یکبار دیگر وابستگی الکتریسیته و مغناطیس را بررسی کنیم شاید بتوانیم علت این شکستها را دریابیم.
همچنانکه می دانیم در اطراف یک بار ساکن میدان مغناطیسی احساس نمی شود. اما اگر بار حرکت کند، ما شاهد ایجاد یک میدان مغناطیسی خواهیم بود. همچنین تغییر میدان مغناطیسی نیز موجب تولید جریان القایی می گردد. در این تجربه ما شاهد ایجاد پدیده هایی هستیم که قبلاً وجود نداشت. در اطراف یک سیم (که جریانی از آن نمی گذرد) هیچگونه اثری از میدان مغناطیسی دیده نمی شود. اما به محض عبور جریان الکتریکی از سیم، در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می شود. یا در مورد سیملوله اگر میدان مغناطیسی ثابت باشد، جریان الکتریکی در سیم بوجود نمی آید، اما با تغییر شار مغناطیسی، جریان الکتریکی ایجاد می شود

اما در مورد گرانش مسئله بسیار پیچیده تر است. زیرا گرانش همواره وجود دارد و ما نمی توانیم شرایطی بوجود آوریم که آثار گرانشی نباشد و بعد آزمایشی ترتیب دهیم که ببینیم چه پدیده ای می تواند میدان گرانشی تولید کند.

از طرف دیگر چگونه می توانیم ببینیم هنگامیکه نیروی گرانش روی یک جسم کار انجام می دهد، خود گرانش دستخوش چه تغییری می شود؟ اگر ما می توانستیم این تغییرات را به تجربه درآوریم و بصورت کمی مورد بررسی قرار دهیم، آنگاه می توانستیم بسادگی وابستگی گرانش را به سایر پدیده ها نظیر الکترومغناطیس یا کار انجام شده بیان کنیم. اما چنین امری اگر ناممکن نباشد، بسیار مشکل و یا از حد فناوری موجود خارج است. زیرا در شرایطی که ما آزمایش می کنیم، اگر از مقدار گرانش موجود در محل آزمایش کاسته شود، فوری از اطراف آن این کسری جبران می شود.

به عنوان مثال سنگی را از ارتفاع دلخواه رها کنید تا بطرف زمین سقوط کند. آنچنانکه در فیزیک مطرح است، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی تبدیل می شود. آیا در اینجا از مقدار گرانش اطراف زمین کاسته می شود؟ اگر جواب منفی باشد آنگاه این سئوال پیش می آید که کدام اندازه گیری موجب این جواب منفی شده است؟

حال آزمایش دیگری را در نظر بگیرید. یک گلوله ی فلزی را از ارتفاعی رها کنید تا بطرف زمین سقوط کند. در محل رسیدن گلوله به سطح زمین یک صفحه ی فلزی قرار دهید. هنگامیکه گلوله به زمین می رسد و با صفحه برخورد می کند، مقداری گرما تولید می شود و حتی ما شاهد جرقه یعنی امواج الکترومغناطیسی خواهیم بود. عادت شده این پدیده را با اینکه انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی تبدیل می شود و انرژی ها به یکدیگر قابل تبدیل هستند، توجیه کنند. همین توجیه موجب می شود که ماهیت این فرایند کمتر مورد توجه و بررسی موشکافانه ی علمی قرار گیرد. اما اجازه دهید یک دید متفاوت به این تجارب داشته باشیم.

اهمیت توجه به ساختمان فوتون

ارتباط و اطلاعات ما از اجسام فرازمینی اعم ماه و خورشید که جزئی از منظومه ی شمسی هستند تا ستارگان و کهکشانهای دور، تنها از دو طریق امکان پذیر است. یکی آثار گرانشی این اجرام و دومی نوری است که از آنها به ما می رسد. اما اطلاعات مربوط به آثار گرانشی اجرام آسمانی نیز از طریق مشاهدات و در نتیجه نور دریافتی از آنها قابل مشاهده است. بنابراین تنها پیام آوران فرازمینی امواج الکترومغناطیسی که نور بخش کوچکی از آن است می باشد. لذا توجه و شناخت نور از اهمیت منحصر به فردی برخوردار است. بنابراین شناخت هرچه بیشتر نور به منزله ی استحکام بینش جهان شناختی و درک واقعی تر از فیزیک جهان است. چگونه می توان به اطلاعات دریافتی از کهکشانها اطمینان داشت، در حالیکه حامل این اطلاعات را بخوبی نشناخته باشیم؟

آنچه که تا به حال در فیزیک مورد توجه بوده است، رفتار نور در محیط های مختلف و کنش آن با سایر ذرات از جمله الکترون است. اثر دوپلر، اثر فوتوالکتریک، اثر کمپتون، اثر موسوئر، انحنای فضا ... همه و همه بدون توجه به ساختمان فوتون تجزیه و تحلیل می شود. هرچند که ظاهراً برای بررسی اینگونه پدیده ها توجه به ساختمان فوتون

ضروری به نظر نمی رسد، اما برای یک سفر میلیارد سالی که فوتون طی می کند تا از کهکشانی دور به زمین برسد، توجه به ساختمان فوتون بسیار مهم است. زیرا باید دید آیا خود فوتون در این مسافرت چند میلیارد سالی (تحت شرایط داخلی) دچار دگرگونی می شود یا نه؟

آنچه در این زمینه مورد توجه و پذیرش فیزیکدانان قرار گرفته این است که به گفته ی دیراک فوتون یک ذره ی بنیادی است که نمی توان به ساختمان آن پرداخت. و تنها چیزی که در اختر فیزیک و کیهان شناختی مورد توجه و بررسی قرار گرفته، اثر دوپلری نور و جابجایی بسمت سرخ گرانش است. مشاهدات هابل نشان داد نوری که از کهکشانها به ما می رسد، جابجایی بسمت سرخ از خود نشان می دهد.

مشاهدات وی نشان داد که کهکشانها در حال دور شدن از ما هستند و هرچه فاصله ی آنها از زمین بیشتر باشد، و هرچه فاصله ی آنها از ناظر (در این حالت ما) بیشتر باشد، سرعت دور شدون نیز بیشتر می باشد.

این مشاهدات فیزیکدانان را به ارائه ی نظریه انبساط فضا و بیگ بنگ رهنمون گردید. در اواخر قرن بیستم مشاهدات کیهانی نشان داد که انبساط جهان دارای شتاب است و در نتیجه مسئله ی انرژی تاریک مطرح گردید که هنوز از رموز حل نشده ی فیزیک است. اگر همانطور که دیراک تصریح کرده، فوتون را بدون ساختمان در نظر بگیریم، راهی نداریم بجز اینکه تنها با استفاده از اثر دوپلر مشاهدات خود را در مشاهدات خود را بررسی کنیم و به نتایج جدیدی دست یابیم که ما را در درک بهتری از جهان یاری کند.

زمانی می توانیم به درستی اطلاعات دریافتی باور داشته باشیم که یقین داشته باشیم که علائم حامل اطلاعات در طول مسیر دستخوش هیچگونه تغییری نشده باشند. آیا حقیقتاً خود فوتون بدون هیچ اثر خارجی در یک سفر میلیاردها سالی دستخوش هیچگونه تغییری نمی شود؟

آیا فوتونهای دریافتی از یک کهکشان دور است، همانی است که کهکشان را ترک کرده است؟

بنابراین بدون شناخت ساختمان فوتون، نمی توان به صحت اطلاعات دریافتی اعتماد کامل داشت. لذا تلاش برای شناخت و توضیح ساختمان فوتون یک ضرورت انکار ناپذیر است. بهمین دلیل نظریه سی. پی. اچ. براساس تعریف ساختمان فوتون شکل گرفته است. برای تعریف ساختمان فوتون از کجا و چگونه می توان شروع کرد؟ چنین تعریفی الزاماً بایستی از دو پشتوانه ی منطقی برخوردار باشد، یکی نظریه های معتبر و دیگری تجاربی که این نظریه ها را به اثبات رسانده است.

از کدام نظریه می توان کمک گرفت؟ نسبیت یا مکانیک کوانتوم؟

هر یک از این دو نظریه به تنهایی از چنان اعتباری برخوردارند، که استناد به آنها نیز اعتبار دارد. اما خوشبختانه این نظریه ها دارای زمینه های مشترکی نیز هستند که استناد به این زمینه های مشترک می تواند ما را در ترکیب این دو نظریه یاری رساند. لذا کار را از همین زمینه های مشترک پی می گیریم.

تاثیر گرانش بر انرژی الکترومغناطیسی

طبق پیشگویی نسبیت عام هرگاه فوتونی در میدان گرانشی سقوط کند، فرکانس و در نتیجه انرژی آن افزایش می یابد که آن را جابجایی به سمت آبی می گویند. عکس این حالت نیز صادق است، یعنی هنگامیکه نور در حال ترک (فرار) از یک میدان گرانشی است، فرکانس و در نتیجه انرژی آن کاهش می یابد که جابجایی به سمت سرخ گرانش نامیده می شود و برای آن رابطه زیر ارائه شده است.

$$\nu' = \nu\left(1 \pm \frac{GM_s}{R_s c^2}\right)$$

که در آن ν' فرکانس ثانویه ν فرکانس اولیه G ثابت جهانی گرانش
M_s جرم جسم مثلا ستاره R_s شعاع جسم c سرعت نور است

علامت جمع مربوط به سقوط (جابجایی بسمت آبی) و علامت منفی مربور به صعود فوتون (جابجایی بسمت سرخ) گرانش است. این پیشگویی نسبیت برای مدتها قابل آزمایش نبود تا آنکه موسبوئر در سال ۱۹۵۸ نشان داد (با استفاده از مکانیک کوانتوم) که یک بلور در بعضی شرایط می تواند دسته اشعه ای گاما با طول موج کاملاً معینی تولید کند. اشعه ی گاما با چنین طول موجی را می توان با بلوری مشابه بلوری که آن را تولید کرده است جذب کرد. اگر طول موج اشعه ی گاما فقط مختصری با طول موج اشعه ای که توسط بلور تولید می شود تفاوت داشته باشد، به وسیله آن جذب نخواهد شد. این پدیده را اثر موسبوئر می نامند. ملاحظه شود که چگونه پیشگویی نسبیت عام با نتایج پژوهشی مکانیک کوانتوم به نتایج یکسانی می رسند؟

آزمایش پوند و ربکا

یک فوتون دارای جرمی برابر $m = \frac{h\nu}{c^2}$ است. بنابراین وزن این فوتون در میدان گرانشی زمین برابر خواهد شد با

$$mg = \frac{h\nu}{c^2} g$$

فرض کنیم فوتون در سقوط قائم بطرف زمین به فاصله y سقوط کند. در اینصورت طبق قانون بقای انرژی خواهیم داشت

$$h\nu' = h\nu + mgy = h\nu + (\frac{h\nu}{c^2})gy$$

$$\nu' = (1 + \frac{gy}{c^2})\nu$$

تغییر نسبی فرکانس یعنی

$$\Delta\nu/\nu=(\nu'-\nu)/\nu=gy/c^2$$

با توجه به مقدار شدت گرانش در سطح زمین و سرعت نور، این تغییر نسبی بسیار کوچک خواهد شد. با این وجود پوند و ربکا در سال ۱۹۶۰ توانستند این پیشگویی را با استفاده از برج ۲۲،۵ متری جفرسون در دانشگاه هاروارد اثبات کنند. سالهای بعد، این آزمایش با دقت بیشتری انجام شد که درستی پیشگویی نسبیت را تایید کرد. این آزمایش با استفاده از دستگاه های شتابدار (نسبیت عام) نیز قابل اثبات است.

جالب این است که نتایج تجربی در مکانیک کوانتوم با پیشگویی نسبیت عام با تقریب شگفت انگیزی تطبیق می کند. آیا چنین موارد مشترکتی نمی تواند ما را به ترکیب این نظریه ها رهنمون گردد؟

نگاهی جدید به فوتون در یک میدان گرانشی

فوتونی را در نظر بگیرید که در یک میدان گرانشی در حال سقوط است. اگر تنها به آنچه که نسبیت در این مورد پیشگویی کرده و با تجربه نیز تایید شده بسنده کنیم، به عقیده ی فاینمن به همان نتیجه های متداول خواهیم رسید. فاینمن می گوید **" اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به‌دست می‌آورید که تا بحال کسب کرده‌اید"** بنابراین اگر خواهان یک نتیجه ی متفاوت هستیم، باید اندیشه ی خود را تغییر دهیم.

کاری که نیروی گرانش روی فوتون انجام می دهد، تنها به معنی ساده ی افزایش انرژی آن نیست، بلکه مفاهیم عمیق تری در ورای آن نهفته است. اگر این پدیده را بخواهیم از دیدگاه نظریه میدان کوانتومی نگاه کنیم، باید

بپذیریم که گراویتونها در ساختمان فوتون نفوذ کرده و علاوه بر افزایش انرژی موجب افزایش شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن نیز می شوند.

اما با توجه به خواصی که مکانیک کوانتوم برای گراویتونها قائل است، این پدیده قابل توجیه نیست. بلکه باید در مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتوم تجدید نظر کنیم و از ماورای مکانیک کوانتوم این پدیده را مورد بررسی قرار دهیم. زیرا در مکانیک کوانتوم به گفته ی دیراک الکترون و فوتون نقاط مادی هستند که نمی توان ساختمان آنها را مورد کنکاش و بررسی قرار داد.

نگاهی جدید به سیاه چاله

می دانیم که سرعت فرار از سطح زمین ۱۱،۲ کیلومتر بر ثانیه، بر سطح خورشید ۶۰۰ کیلومتر بر ثانیه و بر سطح ستاره نوترونی ۱۵۰ هزار کیلومتر بر ثانیه است. سرعت فرار در سطح سیاه چاله بزرگتر از سرعت نور است. بهمین دلیل نور نمی تواند از میدان گرانشی سیاه چاله خارج شود. سئوال این است که حد سرعت در این اجرام چقدر است؟

شاید این سئوال نا وارد بنظر رسد، زیرا طبق نسبیت خاص سرعت نور ثابت است. اما واقعیت این است که در نسبیت عام سرعت نور ثابت نیست و تابع شدت میدان گرانشی است. طبق نسبیت عام گرانش بر نور تاثیر دارد که این آثار را می توان به سه دسته تقسیم کرد.

یک – انحنای مسیر نور

دو – تغییر فرکانس (انرژی) فوتون

سه – تغییر سرعت طبق رابطه ی زیر

$$c = c(1 + \frac{MG}{Rc^2})$$

حال سئوال این که حد سرعت بر سطح یک جسم سماوی نظیر یک ستاره یا سیاه چاله چقدر است؟

اما فعلاً به این سئوال نمی پردازیم و تنها به بررسی اثر گرانش بر روی انرژی فوتون گریزان از سطح یک سیاه چاله می پردازیم تا ببینیم هنگامی که فوتون در حال فرار از میدان گرانشی سیاه چاله است، چه تغییراتی روی انرژی آن ایجاد می شود که نور نمی تواند از دام میدان گرانشی سیاه چاله بگریزد؟

همچنانکه در بالا مطرح شد، هنگامیکه فوتون در حال ترک (فرار) میدان گرانشی است، فرکانس آن طبق رابطه ی زیر کاهش می یابد

$$\nu = \nu_0 (1 - \frac{MG}{RC^2})$$

این رابطه نشاندهده جابجایی بسمت سرخ گرانش است که در حالت کلی برای هر جسمی که نور در حال ترک آن است، صادق است. اما در مورد سیاه چاله که نور نمی تواند از آن بگریزد، یک ویژگی ممتاز وجود دارد. سئوال این است که چرا نور (فوتون) نمی تواند سیاه چاله را ترک کند؟

پاسخ صریح و روشن این است که چون انرژی فوتون به صفر می رسد. به عبارت دیگر فرکانس فوتون برابر صفر می شود، یعنی هنگامیکه $\nu = 0$ می شود، دیگر انرژی جنبشی ندارد تا به حرکت خود ادامه دهد.

سئوال اساسی این است که برای انرژی فوتون چه اتفاقی می افتد؟

برای رسیدن به پاسخ این سئوال بایستی توجه داشته باشیم که در اینجا دو کمیت بیشتر نداریم، یکی شدت میدان گرانشی و دیگری انرژی فوتون. یعنی کنش بین گرانش و فوتون موجب تحلیل و تباهی انرژی فوتون می شود.

سرعت نور و جرم حالت سکون صفر فوتون

در سال ۱۹۰۵ اینشتین با ارائه نسبیت خاص توانست فیزیکدانان را متقاعد کند که سرعت نور در فضای

تهی و نسبت به همه دستگاه های لخت ثابت و برابر c است.

از طرف دیگر هنگام توجیه پدیده ی فوتوالکتریک، نور را کوانتوم های انرژی در نظر گرفت. علاوه بر آن طبق روابط

$$E=mc^2 , m=E/c^2$$

فوتون دارای جرم است و چون با سرعت نور حرکت می کند، طبق رابطه ی

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

بایستی جرم نا متناهی داشته باشد. بهمین دلیل جرم حالت سکون فوتون یعنی m برابر صفر منظور شد. واقعیت این است که هیچ دستگاهی نمی توان یافت که فوتون نسبت به آن دارای سرعت صفر (در حالت سکون) باشد. اما سئوال این است که چرا نمی توان فوتون را در حالت سکون مشاهده کرد؟ به عبارت دیگر چرا فوتون به محض تولید با سرعت نور به حرکت در می آید؟

هرچند که به سادگی می توان از این سئوال گذشت، اما پاسخ به آن حاوی نکات ظریف و عمیقی است که می تواند ما را در شناخت واقعیات اساسی و رموز فیزیک یاری دهد. با توجه به مطالب بالا واقعیت غیر قابل انکار این است که فوتون در شرایط سرعت نور و از اجزایی تولید می شود که با سرعت خطی نور حرکت می کنند.

نگاهی متفاوت به امواج الکترومغناطیسی

فوتون بسته انرژی در حال دوران است. همچنین میدانهای الکتریکی و مغناطیسی (الکترومغناطیسی) اطراف یک پرتو نوری ازنوع میدانهای الکترومغناطیسی استاتیک نیست. میدان الکترومغناطیسی که توسط یک فوتون ایجاد می شود، بسیار قوی تر از میدان گرانشی آمیخته با آن است. افزون بر آن تا کنون مشخص نشده که انرژی میدان گرانشی فوتون استاتیک است یا نوسانی می باشد. همچنین هنوز شناخته نشده که این دو میدان الکترومغناطیسی و گرانشی چگونه توسط فوتون تولید می شود و چرا تا این اندازه اختلاف دارند. این یک معمای حل نشده ی فیزیک است.

اجازه دهید یک نگاه جدید به رفتار امواج الکترومغناطیسی در میدان گرانشی بیندازیم، این نگرش می تواند در حل این معما مفید واقع شود. همچنانکه می دانیم یک موج الکترومغناطیسی از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده است. شکل زیر

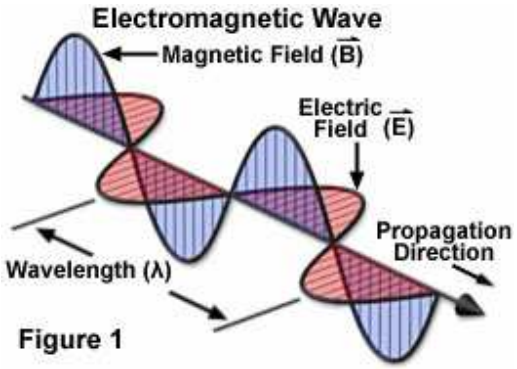


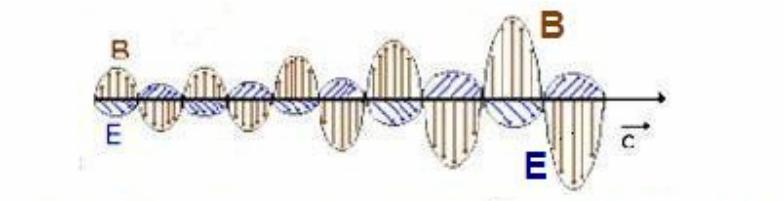
Figure 1

همچنانکه شواهد تجربی نشان می دهد، فرکانس فوتون در میدان گرانشی تغییر می کند. هنگامیکه یک فوتون در میدان گرانشی سقوط می کند، فرکانس آن افزایش می یابد. در این حالت چه اتفاقی می افتد؟

در مجموع می توان گفت نیروی گرانش روی فوتون کار انجام می دهد. با توجه به رابطه

$$W = \Delta E = \Delta m c^2$$

یک قسمت از کار انجام شده توسط فوتون به انرژی الکتریکی و قسمت دیگر آن به انرژی مغناطیسی تبدیل می شود. شکل زیر



When a photon falls in a gravitational field, the strongly of magnetic field and electricity field increase.

این یک واقعیت انکار ناپذیر است که انرژی فوتون هنگام سقوط در میدان گرانشی افزایش می یابد. علاوه بر آن با افزایش انرژی فوتون، شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی آن نیز افزایش می یابند. لذا کار انجام شده توسط گرانش روی فوتون، موجب افزایش شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی درآمیخته با این پرتو نوری می شود.

اگر این پدیده را بخواهیم از دیدگاه کوانتومی بررسی کنیم، باید هر تغییری در انرژی فوتون را بایستی محو فوتون قبلی و زایش فوتون نوینی بدانیم. زیرا از نقطه نظر مکانیک کوانتوم فوتون فاقد ساختمان ویژه ای است که بتوان آنرا مورد بررسی قرار داد. لذا این نارسایی مکانیک کوانتوم است که نمی توان بسادگی از آن گذشت.

بنابراین راهی نداریم بجز آنکه با دیدگاه فراکونتومی به بررسی آن بپردازیم و ساختمان فوتون را مورد نظر قرار داده و تعریف جدیدی از فوتون ارائه دهیم که الزاماً به تعریف جدیدی از انرژی الکترومغناطیسی خواهد انجامید. و این کاری است که نظریه سی. پی. اچ. انجام داده و موضوع بحث فصل سوم است.