

# نیروهای اساسی و امواج گرانشی

## مقدمه

گرانش یکی از چهار نیروی اساسی طبیعت است که ماهیت عمل آن نظیر سایر نیروها است، با این تفاوت که بسیار ضعیف تر از آنها است. برای توضیح امواج گرانشی ناگزیر باید سایر نیروها را مورد دقت و بررسی قرار داد و با توجه به نحوه ی عملکرد آنها به توضیح عملکرد گرانش پرداخت. بنابراین در این نوشته نیز این نکته رعایت شده است تا درک امواج گرانشی را با تجارب و واقعیت‌های شهودی همراه سازد. بر این اساس توجه به نظریه ی ذرات تبادلی برای شناخت و توضیح امواج گرانشی ضروری است.

## نیرو

از نظر لغوی نیرو مفاهیم مختلفی دارد و در هیچ فرهنگی کلمه ی نیرو به صورتی جامع تعریف نشده است. شاید این امر به آن دلیل باشد که نیرو تعریف پذیر نیست. اگر به آنچه که معمولاً نیرو نامیده می شود، دقت کنیم، از کثرت آن دچار شگفتی خواهیم شد. این کثرت نیروها نباید ما را به بیراهه بکشد. یکی از ویژگیهای علم آن است که کثرت را وحدت بخشد و در عین حال از وحدت بتواند موارد خاص و مختلف را نتیجه بگیرد. ما در اینجا به نیروهایی می پردازیم که در فیزیک به عنوان نیروهای اساسی شناخته می شوند و از اصطلاح برهم کنش برای آنها استفاده می شود. سایر نیروهایی که با آنها سروکار داریم ناشی از نیروهای اساسی طبیعت و است. در طبیعت چهار نیروی اساسی شناخته شده که عبارتند از

## گرانش

نخستین نیرویی که به طور جدی مورد توجه قرار گرفت گرانش است. طبق قانون جهانی گرانش که نیوتن کاشف آن است، هرگاه دو جسم در فاصله ای از یکدیگر قرار گیرند، نیرویی برهم وارد می کنند که با حاصلضرب جرم دو جسم متناسب و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد. این نیرو خاصیت ذاتی ماده است و تجربه نشان داده مستقل از خواص فیزیکی، شیمیایی و محیطی همواره اعمال می گردد. برد این نیرو  
بینهایت است. دوباره به آن بر می گردیم

## نیروی الکترومغناطیسی

دو جسم که دارای بار الکتریکی باشند بر یکدیگر نیرو وارد می کنند. کولن تحت تاثیر قانون جهانی گرانش نیوتن مقدار نیرویی را که اجسام بردار بر یکدیگر وارد می کنند به طور ریاضی بیان کرد که طبق آن این مقدار با حاصلضرب بارها متناسب و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد. کولن پس از ارائه قانون الکتریکی خود، در صدد تهیه قانونی برای نیروی مغناطیسی برآمد. کولن برای نیروی مغناطیسی فرمولی مشابه با نیروی الکتریکی به دست آورد که مورد توجه فیزیکدانان واقع نشد. اما پس از کشف ارتباط متقابل میدانهای الکتریکی و مغناطیسی، مشخص شد که این دو میدان مستقل از هم نیستند که آن را نیروی الکترومغناطیسی می نامند. برد این نیرو نیز بینهایت است

## نیروی پر قدرت کوارک

نیروی قوی هسته ای که نیروی رنگ نیز نامیده می شود از جدا شدن بیش از حد کوارکهای هسته از یکدیگر و یا حتی از پرت شدن آنها به خارج جلوگیری می کند. نیروی پر قدرت کوارک یا نیروی قوی از طریق ذرات مبادله کننده یا به اصطلاح گلوئون ها انتقال می یابد که بین کوارکها در پرواز هستند این نیرو مانند چسب پیوستگی بین کوارکها را تضمین میکند. نیروی هسته ای که پروتونها و نوترونها را در هسته اتم به هم پیوسته نگاه می دارد در واقع نیروی بنیادی نیست بلکه نیرویی است که از نیروی رنگ کوارکها (یعنی قویترین نیرویی که به آن اشاره شد) به دست می آید. برد این نیرو بسیار کوتاه است و در خارج از ساختمان اتم بی اثر است

## نیروی ضعیف

بسیاری از ذرات نسبت به هیچ یک از دو نیروی یاد شده در بالا یعنی نیروی قوی کوارک و نیروی الکترومغناطیسی واکنش نشان نمی دهند از آن میان ذراتی هستند که فاقد بار الکتریکی و رنگ هستند برای این گونه ذرات یک نیروی بنیادی دیگر وجود دارد که در فاصله های خیلی خیلی کم کارگر است

## یکسان سازی نیروها

بسیاری از فیزیکدانان از جمله فارادی و پلانک

اعتقاد داشتند نیروهای گرانشی و الکترومغناطیسی تشابه بسیار زیادی به یکدیگر دارند و احتمالاً رابطه‌ی مشابهی نظیر آنچه که بین نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وجود دارد، بین گرانش و نیروی الکترومغناطیسی وجود دارد. آلبرت اینشتین نیز تلاش بسیار کرد که این دو نیرو را در یک نیروی اولیه خلاصه کند، اما موفق نشد، البته در زمان اینشتین نیروهای مهم و مطرح همین دو نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی بود

امروز فیزیکدانها موفق شده اند نشان دهند که در درجه حرارتها و انرژیهای بسیار بالا تفاوت بین نیروی الکترومغناطیسی و نیروی ضعیف از بین می رود و امکان دارد که در درجه حرارتها و انرژی ذره ای خیلی بالاتر تفاوت بین نیروی قوی و نیروی ضعیف و همچنین تفاوت بین "لپتونها" و "کوارکها" نیز از بین برود به گونه ای که فقط یک ذره اولیه و یک نیروی اولیه وجود داشته باشد

چنین روابطی را حتی با بزرگترین شتابدهنده ها نیز نمی توان برقرار کرد ولی "فرضیه وحدت نیروها" احتمالاً می توانسته مدت بسیار کوتاهی پس از "انفجار اولیه" وجود داشته باشد یعنی زمانی که

هنوز تمام کیهان به صورت یک گوی آتشین فوق فشرده و دارای بار انرژی عظیمی بوده است

در قلمرو کوچکترین ها هنوز مطالب قابل پژوهش زیادی وجود دارد . مثلاً فیزیکدانهای قرن

21

می توانند این پرسش را مطرح کنند که آیا کوارکها و الکترونها هم از ذرات کوچکتری ساخته شده اند؟

## ذرات تبادلی

نخستین گام برای توجیه نیروهای هسته ای قوی در سال 1932 توسط هایزنبرگ برداشته شد. وی نظر داد که پروتونها به وسیله ی نیروهای تبادلی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. به این ترتیب می توان تصور کرد که دو ذره، به تبادل ذره ی سوم می پردازند و ذره ی تبادلی دو ذره را به سوی هم می راند. طبق نظریه

هایزنبرگ، همه ی نیروهای جاذبه و دافعه نتیجه ی ذرات تبادلی هستند. به شکلهای پائین صفحه مراجعه کنید

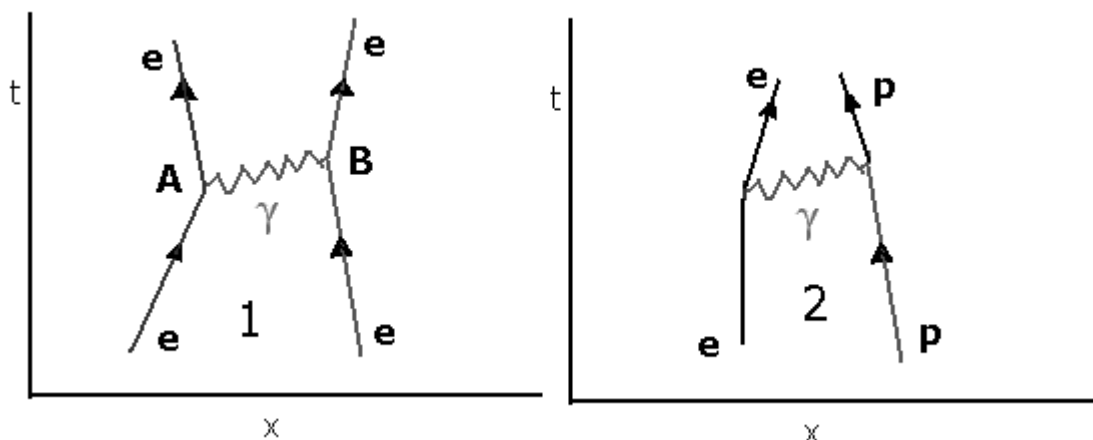
در مورد جاذبه و دافعه ی الکترومغناطیسی، ذره ی تبادلی فوتون است. لازم به ذکر است که فیزیکدانان به وجود دو نوع فوتون اعتقاد دارند، یکی فوتونهای حقیقی که قابل مشاهده هستند و دیگری فوتونهای مجازی است که نمی

توان آنها را مشاهده کرد. فوتون مجازی نیز با سرعت نور حرکت می کند. فوتونهای مجازی

نتیجه ی اصل عدم قطعیت هستند

در شکل زیر نمودار فضا-زمان ذرات تبادلی بین دو

الکترون (1) که اثر آن دافعه است و یک الکترون و یک پروتون (2) که اثر آن جاذبه است، نشان داده شده است



شکل 1

در شکل بالا الکترونی در راس

A

یک فوتون مجازی تولید کرده و می فرستد و

الکترون دوم آنرا در راس

B

در می آشامد. انرژی و اندازه حرکت هر یک از

الکترون های واکنش کننده در اثر تبادل فوتون تغییر می کند. غیر قابل مشاهده بودن

فوتون مجازی امکان عدم بقای انرژی و اندازه حرکت را در طول بازه ی زمانی بین گسیل و

در آشامیدن فوتون فراهم می کند. اصل عدم قطعیت انرژی فرض شده را که توسط آن

بقای

انرژی نقض می شود به مقدار زیر محدود می کند

$$dE = h/dt$$

که در آن

dt

برابر است با بازه ی

زمانی بین گسیل و در آشامیدن فوتون مجازی است

## امواج گرانشی

نظریه ی نسبیت عام که گرانش را به منزله ی

انحنای فضا-زمان چهار بعدی مطرح می کند، انواعی از پدیده های غیر عادی را پیش

بینی

می کند. بنابر نسبیت عام هر جسمی که جرم داشته باشد موجب می گردد که فضای

اطراف آن

خمیده شود. هر زمان که این جسم حرکت کند، این انحنا با صورت بندی جدید ماده

متناسب

می گردد. این تنظیم فضا-زمان با وضعیت متغییر مکانی ماده موجب می شود که امواج گرانشی با سرعت نور در فضا منتشر شود. در نتیجه هر جسم متحرکی از خود تشعشعات

گرانشی منتشر می کند

امواج گرانشی نسبت به سایر نیروها فوق العاده ضعیف است. برای مشاهده ی ضعیف بودن امواج گرانشی نسبت به امواج الکترومغناطیسی

کافیست قانون گرانش و قانون کلون را برای دو الکترون بکار برید. خواهید دید که امواج الکترومغناطیسی تقریباً ده بتوان چهل مرتبه از امواج گرانشی قوی تر است

وقتی امواج الکترومغناطیسی به ماده برخورد می

کنند، فقط ذرات باردار را تکان می دهند. ولی امواج گرانشی موجب می شوند که تمام ذرات ماده تحت تاثیر قرار گیرند. همچنین به دلیل آنکه امواج الکترومغناطیسی بسیار قوی تر از امواج گرانشی است (تقریباً ده بتوان چهل بار) هنگام عبور امواج به همین نسبت نیز ذراتی که در مسیر آنها هستند تحت تاثیر قرار می گیرند در دهه ی 1960 ژوزف وبر از دانشگاه مرلند

ترتیبی داد تا امواج گرانشی را آشکار سازد. آنتنی که وبر برای آشکار ساختن امواج گرانشی ساخت استوانه ای آلومینیمی بود به قطر 60 سانتیمتر و طول 1.5 متر که وزن بیش از یک تن بود. این استوانه توسط سیمی که در وسط آن به دور استوانه آن پیچیده

شده بود در یک محفظه ی خلا به طور معلق قرار داشت. همچنین این محفظه به وسیله سیستمی از کمک فنرها از جهان خارج جدا شده بود. وقتی یک موج گرانشی از درون عبور می کرد فشارهایی به وجود می آورد. وبر برای آشکار کردن نوسانات استوانه کریستال پیزوالکتریک بر روی سطح استوانه نصب کرد. این کریستالها حاصل، تعدادی نوسانات را به

جریانهای الکتریکی ضعیفی مبدل می کنند. سپس این جریانها تقویت و ثبت می شوند

یک چنین استوانه ی آلومینیمی به دلیل وجود

تاثیرات گرمایی همواره در حال نوسان خواهد بود. برای غلبه بر این مشکل صافیهای الکترونیکی در سیستم نصب شده تا تمام نوسانات را به استثنای بزرگترین آنها حذف کند و علاوه بر این وبر دو عدد از این آنتنها را یکی در دانشگاه مرلند در نزدیکی واشنگتن دیگری را در آزمایشگاه ملی ارگون خارج از شیکاگو نصب کرد. این دو آنتن بوسیله خطوط تلفن به نحوی به هم وصل بودند که نوسانات بزرگ آنی که در هر دو ایستگاه رخ می

داد، به سرعت ثبت می کردند

در سال 1969 وبر با اعلام این خبر که امواج

گرانشی را به طور موفقیت آمیزی آشکار کرده فیزیکدانان را متحیر کرد. هر روزه حداقل یک نوسان بزرگ ثبت می شد و نشان می داد که یک موج گرانشی به زمین برخورد می کند. با

این وجود بسیاری از دانشمندان نسبت به درستی نتایج آزمایش وبر مشکوک هستند. هرچند

که هیچ کس نتوانسته نشان دهد که کدام قسمت از نتایج آزمایش وبر نادرست است

## اشکالات امواج گرانشی در نسبیت عام

همچنانکه می دانیم در نسبیت عام گرانش اثر هندسی ماده بر فضای اطرافش است و آنرا فضا-زمان می نامند که کمیتی پیوسته است. با حرکت جسم میزان انحنای فضا نیز تغییر می کند. اگر فرض کنیم که امواج گرانشی نیز کمیتی پیوسته است آنگاه با مکانیک کوانتوم ناسازگار خواهد بود. یعنی از چهار نیروی اساسی سه تای آنها کوانتومی و یکی پیوسته است. اگر فرض کنیم که امواج گرانشی نیز کوانتومی است که در این صورت فضا-زمان با امواج گرانشی که نسبیت خود بانی است ناسازگار خواهد بود. تنها راه حل ممکن این است که فضا-زمان نیز کوانتومی باشد و این همان چیزی است که نظریه ی سی. پی. اچ. بر آن تاکید دارد. در نظریه سی. پی. اچ گرانش کوانتومی است

## گرانشی نظریه سی. پی. اچ. و امواج

در نظریه سی. پی. اچ. امواج گرانشی همواره در اطراف اجسام وجود دارد و این امواج ناشی از تبادل سی. پی. اچ. بین اجسام است. با توجه به هم ارزی نیرو و انرژی که نظریه سی. پی. اچ. مطرح کرده برای تبادل ذرات بین اجسام که نیروی گرانش را حمل می کنند نیازی به نقض قانون بقای انرژی نیز نمی باشیم  
برای توضیح بیشتر در این مورد نخست سی. پی. اچ. را تعریف کرده و گرانش را از دیدگاه نظریه سی. پی. اچ. بیان و آنگاه دو باره به این بحث خواهیم پرداخت  
در نظریه سی. پی. اچ. نیرو و انرژی قابل تبدیل به یکدیگر هستند. همچنین با توجه به نسبیت که در آن جرم و انرژی هم ارزند، بنابر این، نیرو، انرژی و جرم هم ارز می باشند. و می توان نتیجه گرفت که نیرو، انرژی و جرم سه جلوه (ظاهر) متفاوت از یک ذره واحد و بنیادی هستند و ما باید تصورات خود را در مورد نیرو، انرژی و جرم تغییر دهیم

## تعریف CPH

فرض کنیم یک ذره با جرم ثابت  $m$  وجود دارد که با مقدار سرعت ثابت  $Vc$  نسبت به تمام دستگاه های لخت حرکت می کند (شکل 2). و

$$Vc > c, \text{ c is speed of light}$$

بنابراین سی. پی. اچ. دارای اندازه حرکت خطی برابر  $mVc$  است

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

شکل 2

## اصل CPH Principle of CPH

سی. 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 :

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

CPH is a particle with constant mass  $m$  and moves with constant speed  $V_c$

## تشریح Explain

با توجه به شکل 2 این ذره دارای اندازه حرکت  $P=mV_c$  است. همچنین دارای لختی دورانی  $I$  است

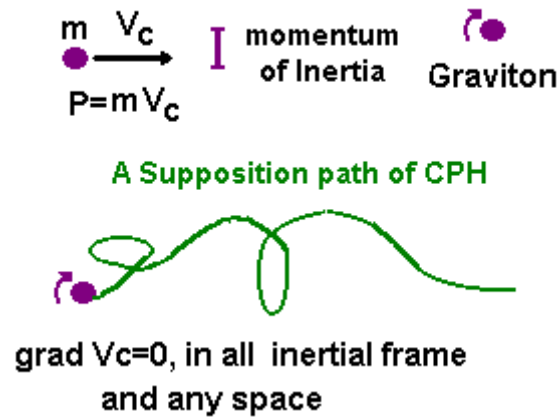
## Momentum of Inertia I

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 زمانیکه سی. پی. اچ. دارای Spin است، آن را گراویتون می نامیم. شکل 3

When CPH has Spin

it is calls GRAVITON



شکل 3

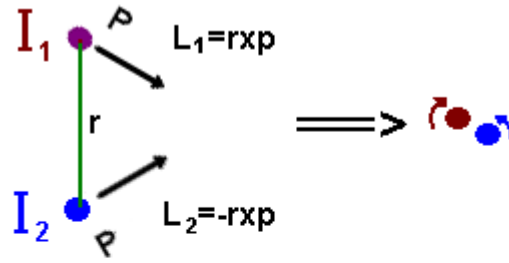
هنگامیکه گراویتون روی یک ذره/جسم کار انجام می دهد، گراویتون ناپدید شده و به انرژی جسم تبدیل می شود. زیرا این امر قابل توجیه نیست که نیرو تولید انرژی کند و هیچ تغییری در آن ایجاد نشود

تمام تلاشها برای پیدا کردن یک نیروی اساسی واحد در طبیعت به این دلیل بی نتیجه بوده است که فیزیکدانان هیچ توجیهی به تغییرات نیرو نداشته اند. در حقیقت نیرو و انرژی قابل تبدیل به یکدیگرند. یعنی نیرو به انرژی تبدیل می شود و انرژی نیز به نیرو تبدیل می شود.

همچنین یک گراویتون روی گراویتون دیگر کار انجام می دهد، اما نتیجه ی این کار تغییر انرژی جنبشی به انرژی دورانی است . شکل 4

هنگامیکه گراویتون ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند (ادغام می شوند) همان جلوه ای را از خود بروز می دهند که ما آن را انرژی می نامیم.

شکل 4 نشان می دهد که دو گراویتون در فاصله  $r$  ، یکدیگر را حس کرده و جذب می کنند. اما چون مقدار سرعت آنها ثابت است، حرکت انتقالی آنها به حرکت دورانی Spin تبدیل می شود



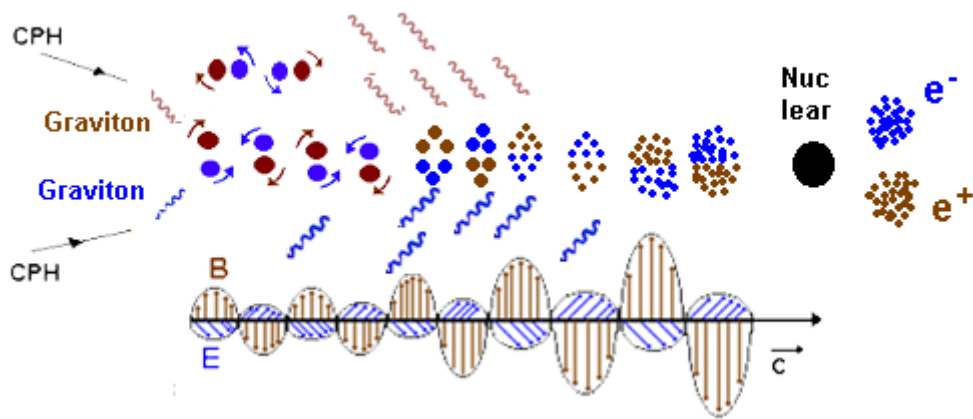
$L$  , Angular Momentum

$$|L_1| = |L_2|$$

CPH Takes Spin because  
 $\text{grad } V_c = 0$ , in all inertial frame  
 and any space

شکل 4

یک فوتون از تعدادی گراویتون تشکیل می شود که دارای Spin هستند . شکل 5.



شکل 5

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. شکل 5

نظریه سی. پی. اچ. برای اولین بار هم ارزی نیرو و انرژی را مطرح کرده است. این نظریه با مطرح کردن یک اصل ساده و بنیادی به توجیه پدیده ها می پردازد

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

این نظریه یک زیر بنای کاری بسیار ساده را برای توجیه پدیده ها تشکیل می دهد. طبق این نظریه تمام ذرات بنیادی، نیروهای اساسی، انرژی و جرم (ماده و پاد ماده) از ذره ی واحدی تشکیل می شوند

CPH نیروی گرانش محض است.

در حقیقت CPH یک زیر کوانتوم هستی در طبیعت است.

## گرانش Gravity

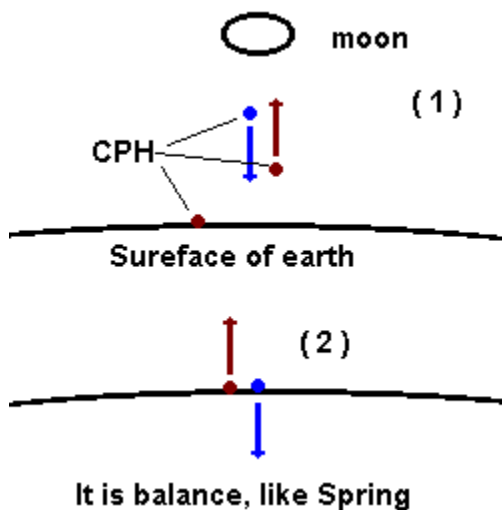
در نظریه سی. پی. اچ. ، گرانش یک جریان است. این جریان دائمی بین تمام ذرات و اجسام وجود دارد. به عنوان مثال به زمین و ماه توجه کنید. زمین دارای میدان گرانشی است. یک میدان گرانشی از تعداد متناهی سی. پی. اچ. (گراویتون) تشکیل شده است. پس میدان گرانشی زمین نیز از تعداد بیشماری سی. پی. اچ. تشکیل شده است که در اطراف زمین در حرکت هستند

فرض کنیم زمین منزوی است. یعنی هیچ کنش و واکنشی بین زمین و سایر اجسام وجود ندارد. در این صورت همه ی سی. پی. اچ. هایی که به زمین می رسند، جذب آن شده و از نیروهای موجود در آنجا اطاعت می کنند

اما همچنان که می دانیم زمین منزوی نیست و با سایر اجسام کنش متقابل دارد نگاهی به زمین و ماه بیندازید. در اینجا دو میدان وجود دارد، یکی میدان گرانشی زمین و دیگری میدان گرانشی ماه.

هنگامیکه یک گراویتون به زمین می رسد، گراویتون دیگری زمین را ترک می کند و به دلیل آنکه دارای یک زیر کوانتوم گرانشی است، زمین را به دنبال خود می کشد. تا جاییکه زمین از حوزه عمل این زیر کوانتوم گرانشی خارج شود. مانند یک توپ که جدار

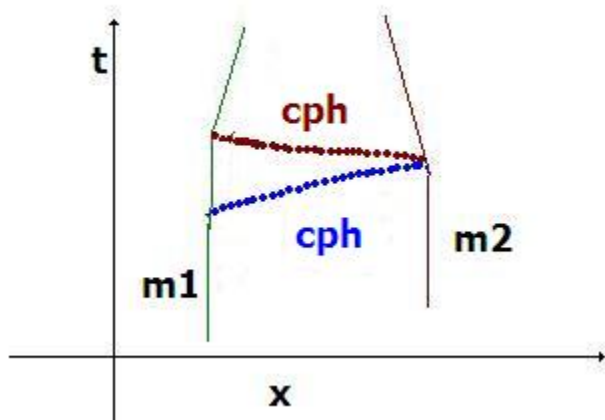
خارجی آن را با چسب مایع آغشته کرده باشیم. هنگامی می خواهیم آن را از زمین جدا کنیم، زمین را به دنبال خود می کشد شکل 6



شکل 6

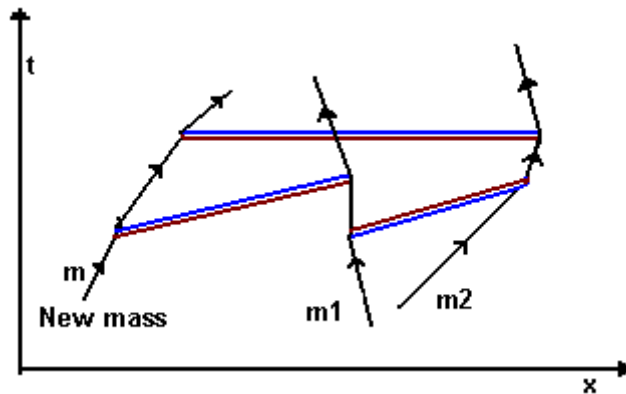
### امواج گرانشی از سی. پی. اچ. ها تشکیل می شود

همچنانکه در بالا بیان شد، میدان گرانشی در اطراف اجسام به این دلیل وجود دارد که اجسام همواره با یکدیگر در حال تبادل سی. پی. اچ. هستند. در شکل 7 یک گراویتون از جسم 1 به جسم 2 می رسد و جسم 2 با ارسال یگ گراویتون به طرف 1 واکنش نشان می دهد. جسم 1 نیز به محض دریافت گراویتون از جسم 2 با ارسال گراویتون دیگری به طرف جسم 2 تغییر مسیر می دهد.



شکل 7

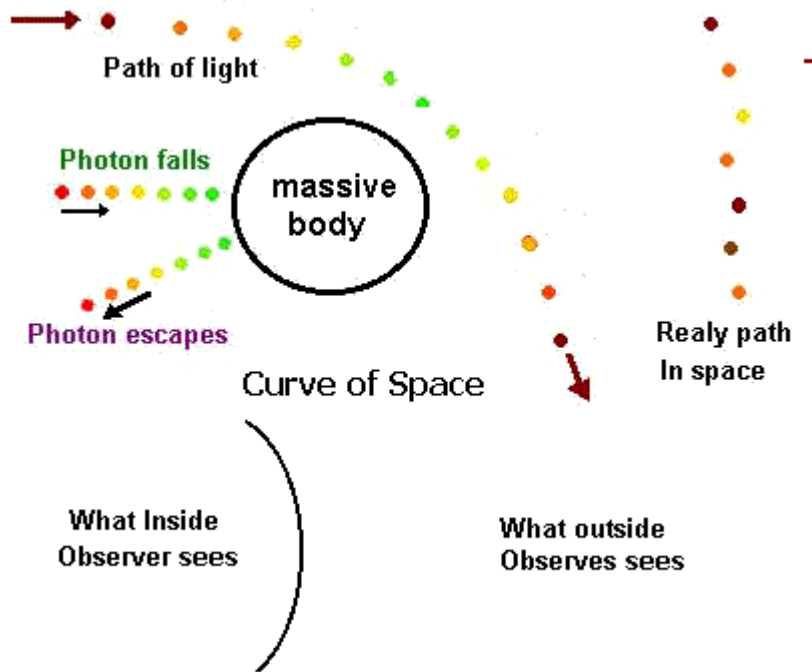
حال 3 جسم را در نظر بگیرید که چگونه با تبادل گراویتون در ارتباط با یکدیگر هستند.  
 شکل 8



شکل 8

### فضا توسط CPH خمیده می شود

همچنانکه می دانیم فرکانس فوتون در میدان گرانشی تغییر می کند. هنگامیکه گرانش روی فوتون کار انجام می دهد، انرژی و فرکانس فوتون افزایش می یابد. در صورتیکه کار منفی باشد، انرژی و فرکانس فوتون کاهش می یابد. هنگام جابجایی به سمت سرخ گرانش کار منفی است. و هنگام جابجایی به سوی آبی کار مثبت است. هنگامیکه فوتون در حال فرار از میدان گرانشی است، جابجایی به سمت سرخ است و هنگام سقوط در میدان گرانشی، جابجایی به سمت آبی است. اگر نور در فضایی عبور کند که در آنجا میدان گرانشی وجود نداشته باشد، مسیر آن خط مستقیم است حال فرض کنید نور از میدان گرانشی یک جسم چگال عبور می کند، گرانش روی آن کار انجام می دهد. اگر فاصله بین فوتون و جسم کم شود، نور به سمت آبی جابجا می شود و هنگامیکه فاصله افزایش می یابد، جابجایی به سمت سرخ است. شکل 8 در شکل 9 نشان داده شده که ناظر داخل و خارج مسیر نور را چگونه می بینند



شکل 9

### تغییر انحنای فضا و تبادل سی. پی . اچ .

همچنانکه در بالا بیان شد، فضای اطراف اجسام دارای انحنای است و این انحنای به دلیل وجود سی. پی. اچ. است. بنابراین میزان انحنای فضا به چگالی سی. پی. اچ. در فضا بستگی دارد. با حرکت جسم، چگالی سی. پی. اچ. در فضا تغییر می کند و فضا انحنای جدید خود را با سی. پی. اچ. های موجود در هر لحظه تنظیم می کند. بنابراین فضا-زمان کمیتهی کوانتومی است که به این ترتیب ناسازگاری فضا-زمان با مکانیک کوانتوم بر طرف خواهد شد حال به این موضوع توجه کنید که گراویتون هایی که از ماه یا خورشید یا سایر اجسام به زمین می رسند، در هر لحظه به تعداد زیادی وارد می شوند و فشار زیادی به زمین وارد می کنند و موجب انقباض زمین می شوند. زمین نیز به همان میزان گراویتون متضاد می کند و بدین ترتیب منبسط می شود. در واقع زمین و سایر اجسام مانند یک کره ی نواسانگر عمل می کند و دائماً در حال ارتعاش هستند این نوسانات موجب تولید و انتشار امواج گرانشی در فضا می شود

با تشکر

حسین جوادی

[javadi\\_hossein@hotmail.com](mailto:javadi_hossein@hotmail.com)

منابع

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/forces/imgfor/feynw6.gif&imgrefurl=http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/forces/funfor.html&h=173&w=296&sz=4&tbnid=2LC-rnqVGwQJ:&tbnh=64&tbnw=110&start=55&prev=/images%3Fq%3DFundamental%2Bforce%26start%3D40%26hl%3Den%26lr%3D%26sa%3DN>

جهانشاه میرزا بیگی انتشارات علمی و فرهنگی کوارکها نوشته هارالد فریج ترجمه

مرزهای فیزیک - ستاره شناسی نوشته فرد هویل و جایانت نارلیکار ترجمه بهزاد قهرمان  
انتشارات آستان قدس رضوی

نظریه های علمی- رد یا تعمیم نوشته حسین جوادی انتشارات انا

نسبیت و مفهوم نسبیت نوشته آلبرت اینشتین ترجمه محمدرضا خواجه پور انتشارات  
خوارزمی

اختر فیزیک نسبیتی نوشته رومن سگسل و هانه لوره سگسل ترجمه رضا منصوری  
انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

نسبیت و کیهان شناسی نوشته ویلیام جی-کافمن ترجمه تقی عدالتی و بهزاد قهرمان  
انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

تاریخچه زمان نوشته استیون هاوکینگ ترجمه محمد رضا محجوب انتشارات شرکت  
سهامی انتشار

فیزیک کوانتومی نوشته رابرت آیزبرگ و رابرت رزنیک ترجمه ناصر نفری انتشارات مرکز نشر  
دانشگاهی

Dull H. Clark Metcalfe-Johne. Williams Modern Physics Charlese

Hoton Concepts and Theories in Physics Science Gerald

and Brij Lal Principles of Physics Subrahman

Theory of Physics C. W. Kilmister General

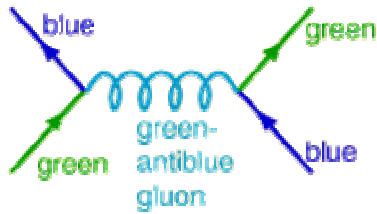
<http://www.hupaa.com>

[http://www.damtp.cam.ac.uk/user/gr/public/qg\\_ss.html](http://www.damtp.cam.ac.uk/user/gr/public/qg_ss.html)

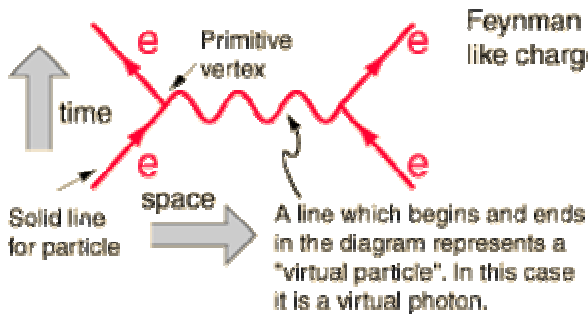
[http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_geometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_geometry)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Loop\\_quantum\\_gravity](http://en.wikipedia.org/wiki/Loop_quantum_gravity)

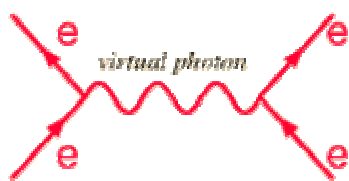
<http://cfa-www.harvard.edu/~jcohn/lens.html>



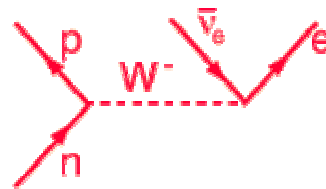
Feynman diagram for an interaction between quarks generated by a gluon.



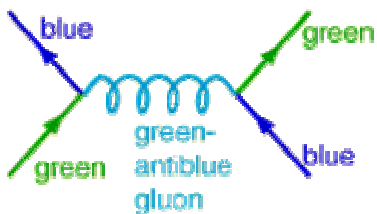
Feynman diagram for like charge repulsion



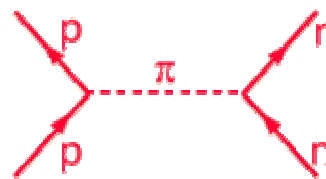
Electromagnetic



Weak



between quarks



between nucleons

Strong Interaction

