

Persian Translation

Theory of CPH

Time Function and Work energy Theorm

تابع زمان و قضیه کار انرژی

Hossein Javadi

Azad University, Tehran, Iran

Javadi_hossein@hotmail.com

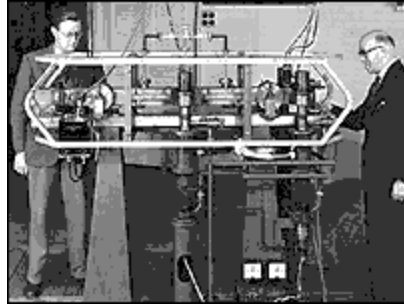
آنان که به دانش گذشتگان بسنده می کنند، آینده را از دست می دهند. حسین جوادی

مقدمه:

پیدا کردن تابعی فیزیکی برای زمان که بتوان با استفاده از آن آهنگ حرکت ساعتها را پیش بینی و بررسی کرد، یکی از دغدغه های نظریه سی. پی. اچ. بود. سرانجام این تابع با استفاده از ویژگیهای سی. پی. اچ. و قضیه کار - انرژی به دست آمد. تابع زمان در نظریه سی. پی. اچ. از چنان سادگی و روشنی برخوردار است که حتی دانش آموزان ریاضی فیزیک، با استفاده از این تابع می توانند رفتار ساعت ها را بطور کلی در تمامی فرایندهای فیزیکی تشریح و پیشگویی کنند. هر فرایند فیزیکی در رابطه با زمان از سیاه چاله گرفته تا ساختار اتم و بیگ بنگ بخوبی با استفاده از تابع زمان در نظریه سی. پی. اچ. قابل درک و توضیح می باشد. هرچند این فصل کمی طولانی است، اما توصیه می شود تمام این فصل را با دقت مطالعه فرمایید و در پایان خواهید دید که این تابع ابزار قدرتمندی برای توضیح و پیش بینی رفتار ساعتها می باشد.

ساعت اتمی

ساعت اتمی عبارت است از نمایشگری که فرکانس گذرهای اتمی را شمارش می کند و آن را بصورت زمان نشان می دهد. می دانیم که هرگاه الکترون از مدار بالا به مدار پائین سقوط کند، امواج الکترومغناطیسی تابش می کند. فرکانس (انرژی) موج تابیده شده برای اتمهای مختلف و ترازهای مختلف متفاوت است. هرچند که فرکانس تابش را از روی زمان تعریف می کنند، اما می توان معیار سنجش زمان را نیز فرکانس تابش الکترومغناطیسی قرار داد. اندیشه استفاده از اتم بعنوان ساعت، نخستین بار در سال 1879 توسط لرد کلوین مطرح شد. وی اظهار داشت برای اندازه گیری فاصله زمانی، اتم از هر چیزی بهتر است. اما در زمان کلوین ساختار اتم و ترازهای انرژی اتمی هنوز مورد توجه نبود. پس از پیشرفت مکانیک کوانتوم و پذیرش ترازهای انرژی توسط فیزیکدانان، اندیشه استفاده از ساعت اتمی دوباره زنده شد و نخستین ساعت اتمی توسط لوییس اسن، فیزیکدان انگلیسی اختراع شد.

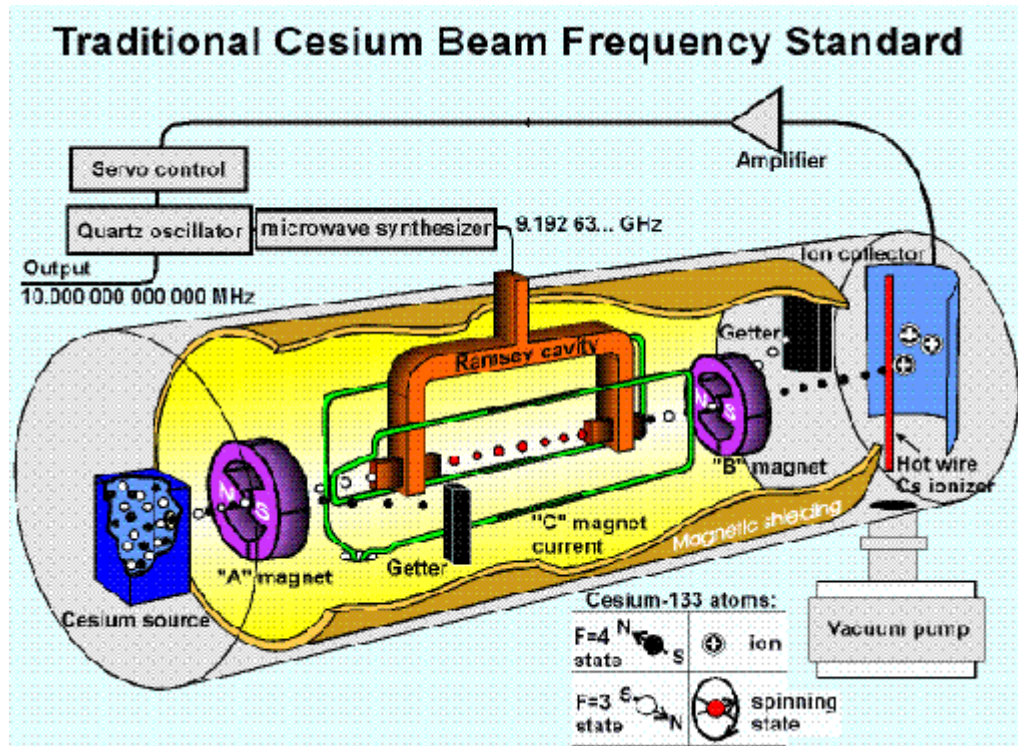


در سال 1955 لوئیس اسن، فیزیکدان انگلیسی نخستین ساعت اتمی را ساخت.

روش کار به این شکل است که منبع اتم سزیوم در یک حفره کوچک قرار دارد و آن را تا 90 درجه سلسیوس گرم می کنند. اتمهای برانگیخته شده، تابش می کنند و دوباره به تراز های قبلی بر می گردند. در این تابش انواع فرکانسهای مربوط به تراز های مختلف وجود دارد. بدلیل درهم بودن فرکانسهای مختلف، به عنوان ساعت قابل استفاده نیست. اما اگر بتوان تابش خاصی مثلاً سقوط الکترون از $n=4$ به $n=3$ را جدا کرد، در اینصورت می توان تعدادی از این فرکانس را بعنوان واحد زمان انتخاب کرد. با استفاده از ساعت اتمی سزیوم 133 ("Cs-133") واحد زمان و واحد طول بصورت کاملاً وابسته به عناصر و عوامل طبیعی، تعریف شد. تعریف واحد زمان: یک ثانیه فاصله زمانی است که تابش یکنوع ایزوتوپ اتم سزیوم 133 به تعداد زیر ارتعاش کند.

9,192,631,770 Hertz

دستگاه اختراعی لوئیس اسن، دقیقاً همین کار را انجام می دهد.



شکل بالا طرز کار ساعت اتمی لوئیس اسن را نشان می دهد.



لوله گذر تابش اتم سزیم

فرض کنیم فرکانس تابش مزبور در شرایط تحمیل شده به سیستم f باشد، در صورتیکه همین شرایط دوباره برقرار گردد، فرکانس مورد نظر را تولید خواهد کرد. اما اگر شرایط کمی تغییر کند، فرکانس تابش نیز تغییر خواهد کرد. با در نظر گرفتن تغییر فرکانس مورد نظر، می توان نقش عامل تغییر دهنده را مشخص کرد. بعنوان مثال اگر ارتفاعی که دستگاه در آنجا نصب شده h باشد، چنانچه دستگاه (که اکنون ساعت نامیده می شود) را به ارتفاع h_1 ببریم، اگر در فرکانس f نیز تغییر کند، در اینصورت می توانیم نقش پتانسیل گرانشی را در آهنگ ساعت تعیین کنیم. اما طبق نسبت عام ساعتها در میدان گرانش قوی تر کندتر کار می کنند (رابطه زیر).

$$T_0 = T \sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}$$

فرض کنید T_0 در سطح زمین و T بالای فله کوه است

شدت میدان گرانشی موجب کندتر شدن ساعت می شود با جایگذاری مقادیر عددی در رابط بالا اتساع زمان در میدان گرانشی مقدار به دست آمده بسیار کوچک است، با این وجود بطور تجربی تایید شده است. در نظر گرفتن اثر گرانش در اتساع زمان موجب شده تا ساعتها نصب شده در سیستم 24 [ماهواره ای GPS](#) را که بدور زمین می گردند، تنظیم کنند. فشار میدان گرانشی برای بررسی علت کند شدن ساعت در میدان گرانشی، لازم است میدان گرانشی و تاثیر آن بر اتمها بررسی شود. هر جسمی در اطراف خود ایجاد میدان گرانش می کند که این شدت از رابطه زیر به دست می آید،

$$g = GM/r^2$$

که در آن g شدت میدان گرانش، G ثابت جهانی گرانش، M جرم جسم و r فاصله از مرکز جسم است. میدان گرانشی موجب می شود که هر ذره/جسمی که در میدان گرانش جسم قرار گیرد، از طرف آن جذب شود. میدان گرانشی را می توان مانند یک پوشش لاستیکی در نظر گرفت که دور جسم کشیده شده و مانند خاصیت ارتجاعی لاستیک می خواهد توده ی درون خود را متراکم کند و نوعی فشار به آن وارد می کند. این فشاری که میدان گرانشی جسم از هر سو به آن وارد می کند، موجب متراکم شدن جسم و در نتیجه فشردگی آن می شود. به همین دلیل غبار موجود در فضا بتدریج متراکم می شوند و بر اثر این تراکم حجم توده ی متراکم نیز کاهش می یابد و با افزایش جرم توده، مواد موجود در توده با یکدیگر برخورد کرده و به اطراف پراکنده می شوند و دوباره تحت تاثیر گرانش بطرف هم رانده می شوند. هنگامیکه انرژی اتمها به اندازه ی کافی افزایش یابد، عناصر سبک (نظیر هیدروژن) با هم ترکیب شده و عناصر سنگینتر را تولید می کنند و همراه آن مقداری انرژی آزاد می شود. و بدین ترتیب ستارگان پدید می آیند. فشار تشعشع از درون و فشار گرانش از بیرون موجب می شود اتمها بطرف بیرون رانده و دوباره به درون برگردند. این روند دائم

تکرار می شود. اما فشار گرانشی که از خارج اعمال می شود و فشار تشعشع که از درون وارد می شود موجب ایجاد شرایطی می شود که در ستاره شناسی بسیار جالب و مهم است. اما در اینجا حجم اجسام مورد توجه است که در چند حالت زیر خلاصه می شود:

1 - حالت پایداری (تعادل)

در این حالت فشار گرانشی که از خارج وارد می شود و فشار ناشی از تشعشع داخلی تقریباً برابرند و ستاره پایدار است. البته پرتو افشانی ستاره موجب می شود که بتدریج از جرم ستاره کاسته شود، اما این کاهش حجم آنقدر کم و طولانی مدت است که در اینجا نادیده گرفته می شود. یک نمونه از این ستارگان خورشید است که میلیاردها سال عمر کرده و پیش بینی می شود میلیاردها سال دیگر در همین وضعیت بماند.

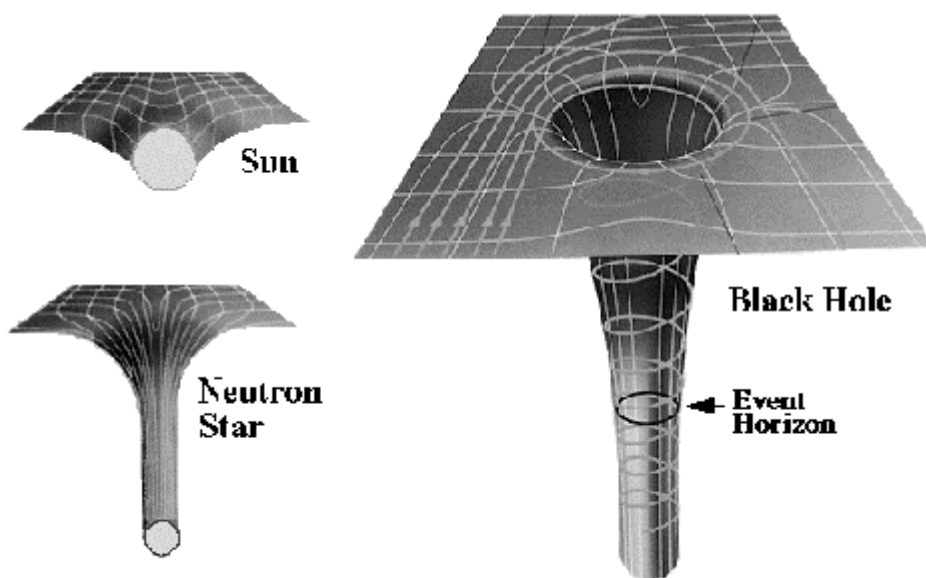
2 - حالت انفجاری

در این حالت شدت گرانش نمی تواند در مقابل فشار تشعشع مقاومت کند و ستاره متلاشی یا به اجسام سبکتر تقسیم می شود.

3- حالت تراکم

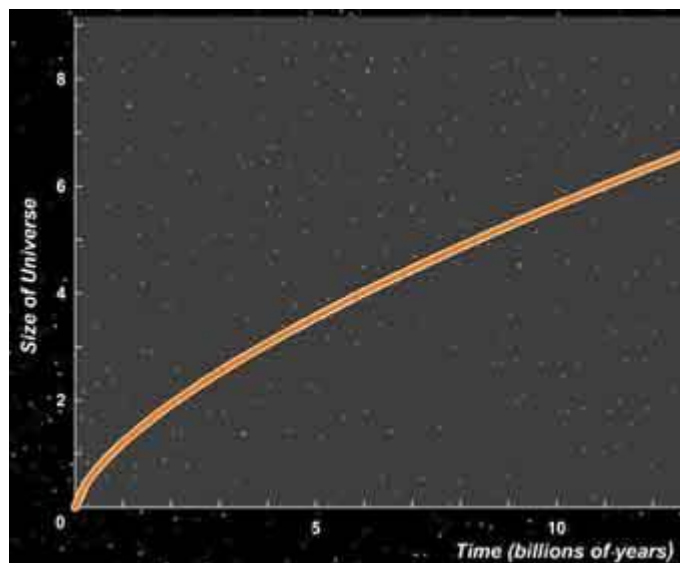
در این حالت گرانش قوی تر از فشار تشعشع است و موجب متراکم شدن توده شده و حجم کاهش می یابد که اصطلاحاً فروپاشی نامیده می شود.

حال این روند را از دیدگاه نسبیت بررسی می کنیم. از دیدگاه نسبیت فضا-زمان در اطراف یک جسم سماوی خمیده است و میزان خمیدگی فضا-زمان تابع جرم (چگالی) است. در مورد ستارگانی نظیر خورشید، خمیدگی فضا بقدری نیست که بتواند همه ی ذرات یا پرتوهای نوری را که در میدان گرانشی آن قرار دارند، جذب کند. اما با افزایش جرم، خمیدگی فضا بیشتر شده و بر میزان جذب افزوده می شود. انحنای اطراف ستارگان نوترونی بیش از خورشید است. اگر خمیدگی فضا باز هم افزایش یابد (جرم زیاد شود) ستاره تبدیل به سیاه چاله می شود. در این حالت حجم سریعاً کاهش می یابد و چگالی زیاد می شود. بنابراین با افزایش جرم، فشار گرانشی شدیداً ماده را متراکم می کند و همراه با کاهش حجم، چگالی افزایش می یابد. معادلات میدان نشان می دهد که (در نسبیت) چگالی تا بینهایت قابل افزایش است و بهمین ترتیب حجم تا صفر می تواند کاهش یابد. که از دیدگاه نظریه سی. پی. ای. کاهش حجم و افزایش چگالی محدود است که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد.

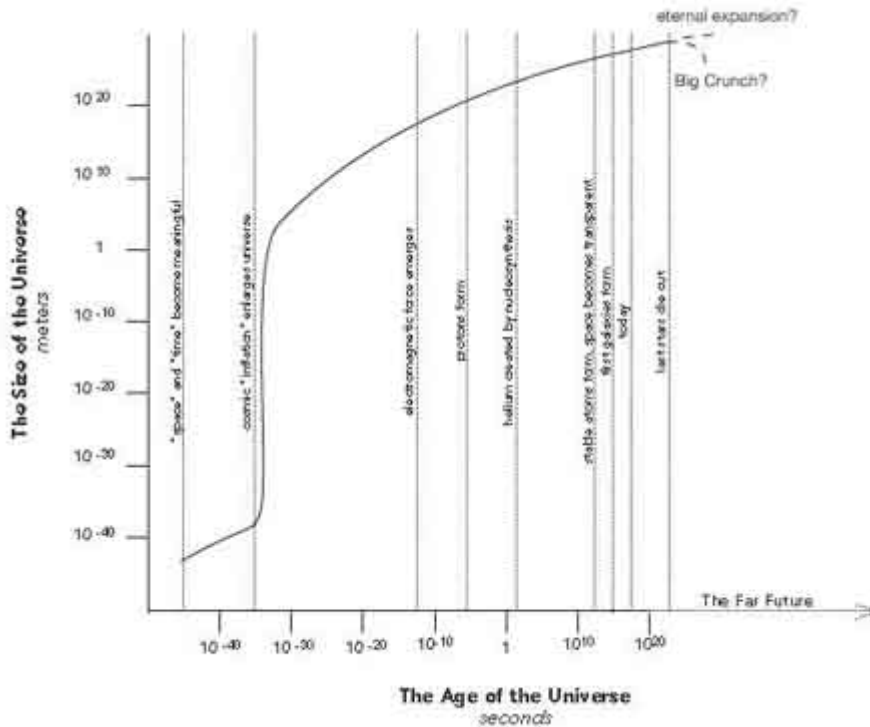


سیاه چاله مانند یک حفره بی انتها همه چیز را می بلعد. اما در نسبیت خمیدگی فضا - زمان در یک میدان گرانشی قوی موجب کند شدن حرکت ساعت می شود. این پدیده را اینگونه می توان تجسم کرد: فرض کنیم ساعتی در سطح یک جسم سماوی قرار دارد و ناظر دور دست آهنگ حرکت ساعت را مشاهده می کند. جرم جسم افزایش می یابد و بهمین ترتیب ساعت کندتر می شود. با افزایش جرم (انحنای بیشتر فضا - زمان) ساعت کندتر و کندتر می شود تا جاییکه کاملاً متوقف می شود. انحنای فضا و بیگ بنگ

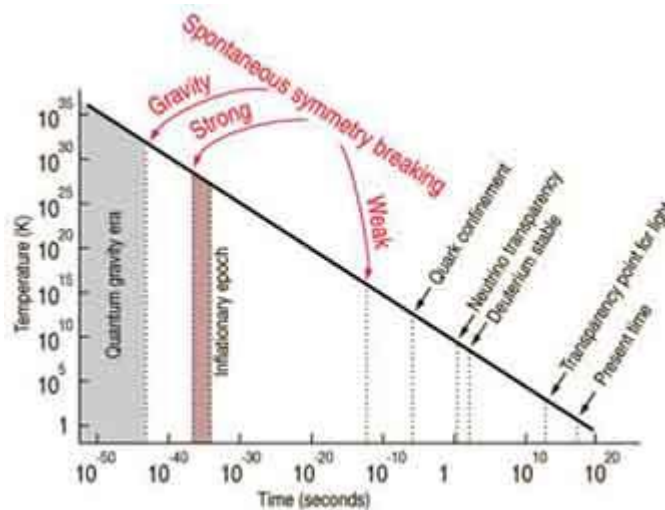
مدل بیگ بنگ نیز بر اساس حجم صفر و چگالی بینهایت پیشنهاد شده است (شکل زیر). این مدل در صورتی قبل پذیرش است که فرض کنیم جهان قبل از بیگ بنگ انرژی خالص بوده و علاوه بر آن انرژی دارای حجم نیست.



در مدل بیگ بنگ جهان با حجم صفر و چگالی بینهایت آغاز شده است. اما واقعیت های تجربی خلاف آن را نشان می دهند. زیرا کوانتومهای انرژی (فوتونها) دارای جرم بوده، اندازه حرکت خطی و اندازه حرکت زاویه نیز دارا می باشند. علاوه بر آن تولید ماده و پاد ماده از کوانتومهای انرژی در صورتی از نظر منطقی درست به نظر می رسد که برای فوتون نیز حجم قائل باشیم. در نمودار زیر مراحل انبساط جهان که بطور دقیق تری نسبت به زمان ترسیم شده است، برای نخستین لحظه ی انفجار (و قبل از بیگ بنگ) هیچ اطلاعاتی داده نمی شود. اما در مراحل بعدی، تئوری بیگ بنگ بخوبی می تواند دوره های مختلف شکل گیری ستاره ها و کهکشانها را توجیه کند.



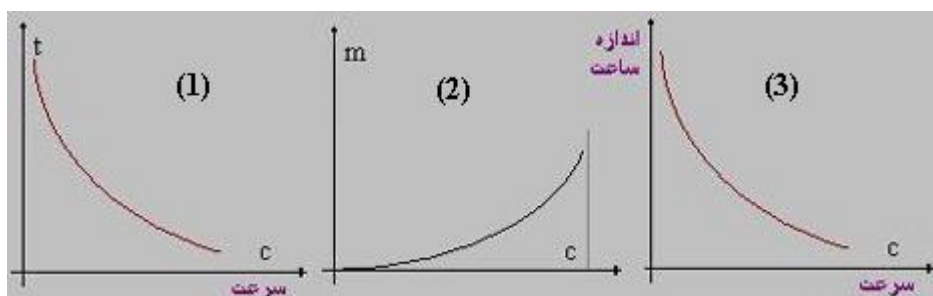
در نمودار بالا، جهان در یک مرحله با سرعت زیاد منبسط شده است. نکته ی قابل توجه دیگر دمای فوق العاده بالای جهان در لحظه ی آغاز است که بصورت غیر قابل تصویری بالا است که با نظریه تورم قابل توجیه است. همچنانکه جهان منبسط می شود، دما نیز کاهش می یابد.



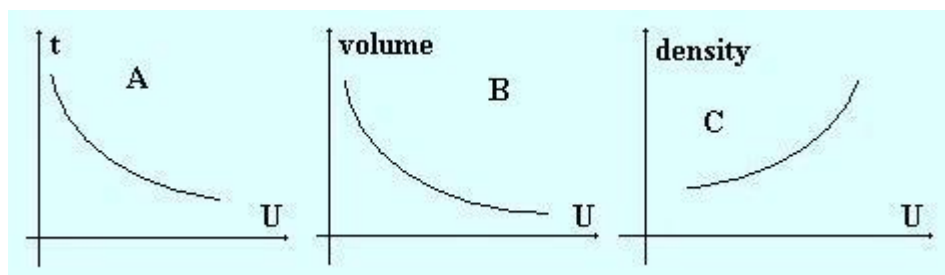
نمودار دمای جهان نسبت به زمان، جهان از یک نقطه فوق العاده داغ شروع شده و بتدریج دمای آن کاهش می یابد.

رابطه زمان و حجم در نسبیت

در **نسبیت خاص**، سه رابطه اساسی در مورد زمان و حجم و جرم مطرح شد که تحت عناوین انقباض طول و اتساع زمان معرفی شدند. یعنی اگر جسمی که در یک دستگاه دارای طول L_0 در لحظه t_0 با سرعت v بحرکت در آید، از دید ناظر ساکن در طول و زمان متحرک طبق روابط زیر تغییر می «د»:



در نسبیت خاص طول متحرک کوتاه تر و گذشت زمان کندتر می شود و چگالی افزایش می یابد. در نمودار بالا فرض کنیم جسمی نسبت به ناظر ساکن در حرکت باشد، ساعت متحرک کندتر می شود (1)، جرم افزایش می یابد (2) و حجم کاهش می یابد (3)، یعنی با افزایش سرعت همانطور که ساعت کندتر می شود، چگالی افزایش می یابد. حال اگر به جای سرعت، پتانسیل گرانشی را قرار دهیم، زمان کندتر، و باز هم چگالی افزایش می یابد (شکل زیر).



با افزایش جرم یک جسم سماوی، انحنای فضا - زمان افزایش می یابد. در نتیجه زمان کندتر می شود، حجم کاهش و چگالی افزایش می یابد. با مقایسه دو نظریه نسبیت خاص و نسبیت عام، می توان به نتایج بسیار جالبی رسید.

مقایسه نسبیت خاص و عام

نظریه	عامل موثر	زمان	حجم	چگالی
نسبیت خاص	افزایش سرعت	کند می شود	کاهش می یابد	افزایش می یابد
نسبیت عام	افزایش پتانسیل گرانشی	کند می شود	کاهش می یابد	افزایش می یابد

در نسبیت خاص عامل تعیین کننده سرعت و در نسبیت عام عامل موثر پتانسیل گرانشی (شدت میدان گرانشی یا انحنای فضا-زمان) است. هر دو نظریه نشان می دهند که با افزایش عامل موثر (در نسبیت خاص سرعت و در نسبیت عام پتانسیل گرانشی)، زمان کند می شود و همراه با آن حجم کاهش می یابد و چگالی افزایش می یابد.

در اینجا دو نکته قابل توجه و بررسی است:

1 - در نسبیت خاص سرعت محدود به c است، اما کاهش حجم تا حد صفر و افزایش جرم بطور نامتناهی، با تجربه سازگار نیست. هرچند که در توجیه رابطه جرم نسبیتی گفته می شود منظور از رابطه این است که عملاً هیچ جسمی نمی تواند به سرعت نور برسد، اما هیچ مکانیزمی در مورد ساختار درونی ماده ارائه نمی شود که کاهش حجم و افزایش نامتناهی جرم را توجیه کند.

2 - در نسبیت عام نیز هیچ محدودیتی برای افزایش جرم وجود ندارد، با این وجود کاهش حجم تا حد صفر قابل قبول است.

با حجم صفر و چگالی بینهایت، توجیه بسیاری از پدیده ها از جمله قبل از بیگ بنگ و علت انفجار بزرگ با مشکل اساسی مواجه می شود. اما اگر به درک شهودی خود اعتماد کنیم و بپذیریم که حجم صفر و چگالی بینهایت منطقی نیست، آنگاه می توانیم با فیزیک و جهان برخوردی واقعی داشته باشیم. منظور از واقعی این است که با پذیرش کاهش حجم، با توجه به ساختار درونی ماده ببینیم که این کاهش تا کجا امکان پذیر است و چه مکانیزمی می تواند توجیه کننده ی محدودیت کاهش حجم شود؟ از آنجاییکه در نظریه سی. پی. اچ. هر چیزی در جهان یک ساعت است، خود جهان قابل مشاهده نیز به عنوان یک ساعت می تواند مورد بررسی قرار گیرد. لذا بحث را با تعریف تابعی بعنوان تابع زمان ادامه می دهیم.

تابع زمان

در **نظریه سی. پی. اچ.** همه چیز از سی. پی. اچ. تشکیل شده که با همواره با مقدار سرعت V_{CPH} حرکت می کنند و $V_{CPH} > c$ بطوریکه:

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

بنابراین قبل از ترکیب سی. پی. اچ. ها با یکدیگر و تولید سایر ذرات/اجسام چیزی به عنوان ساعت وجود ندارد. تولد یک ساعت به معنای ترکیب تعدادی سی. پی. اچ. با یکدیگر است. ترکیب سی. پی. اچ. ها با کاهش سرعت انتقالی از V_{CPH} به v و بوجود آمدن اسپین s همراه است. از طرف دیگر چون ترکیب سی. پی. اچ. ها با اولین تیک تاک ساعت تولید شده همراه است، بنابراین می توان تابع زمان را برای هر ساعتی بصورت زیر تعریف کرد:

$$t=t(s,v)$$

از طرف دیگر رفتار این تابع شبیه رفتار تابع **انرژی کل سی. پی. اچ.** یعنی $T+S=\text{constant}=E_{CPH}$ است. در هر صورت از دو طریق می توان رفتار ساعت را بررسی کرد، یکی سرعت و دیگری انرژی، پس می توان تابع زمان را برای یک ساعت (هر چیزی در جهان) به یکی از دو صورت زیر در نظر گرفت:

$t=t(s, v)$ there s is spin and v transferring speed.

$t=t(S, T)$ there S is spinning energy and T transferring energy

تابع زمان را می توان بصورت تابعی از اسپین و سرعت انتقالی یا تابعی از انرژی اسپینی و انرژی انتقالی سی. پی. اچ. تعریف کرد. تابع زمان با محدودیتی که برای (s, v) یا (S, T) وجود دارد، قابل بررسی است.

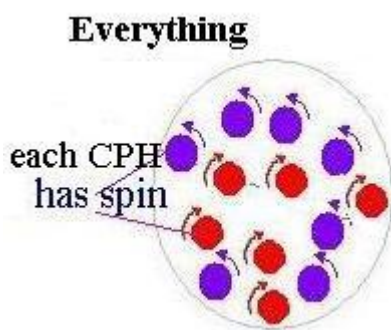
زمان و سرعت انتقالی

در فصل **نظریه سی. پی. اچ. و نسبیت خاص** دلیل ثابت بودن سرعت نور از دیدگاه نظریه سی. پی. اچ. بیان شد. همچنین در فصل **نظریه سی. پی. اچ. و قانون دوم نیوتن** هنگام بررسی برخورد، نشان داده شد که چگونه سی. پی. اچ. ها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شوند و علاوه بر افزایش جرم موجب افزایش سرعت انتقالی v و در نتیجه باعث افزایش انرژی جنبشی (یا انتقالی T) آن می شوند. لذا در اینجا با قبول اینکه همراه با افزایش سرعت v جرم نیز افزایش می یابد، کافیتست کاهش حجم (افزایش چگالی) و کند شدن زمان مورد بررسی قرار گیرد.

لازم به ذکر است که عدم وجود زمان ناشی از واقعیت است که چون سی. پی. اچ. ها با سرعت حد V_{CPH} حرکت می کنند و مشمول گذشت زمان نمی شوند، لذا هرگاه ساعتی که با سرعت v نسبت به دستگاه لخت حرکت می کند، سرعتش (v) هرچه به V_{CPH} نزدیکتر باشد، کندتر کار می کند. اما در طبیعت هیچ چیز حتی فوتون نمی تواند با سرعت V_{CPH} حرکت کند و هرچیزی که سرعتش کمتر از V_{CPH} باشد، یک ساعت است و بالاخره از کار خواهد افتاد. اگر از دید فضا - زمان مینکوفسکی به مسئله نگاه کنیم، با توجه به رابطه زیر:

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$$

برای سی. پی. اچ. که با سرعتی بالاتر از سرعت نور حرکت می کند، هر فاصله ای در مدت صفر طی می شود. اما اگر در این رابطه بجای c مقدار V_{CPH} را قرار دهیم که از c بزرگتر است، بیمعنی خواهد شد، زیرا نسبیت با ساعتها سروکار دارد و سی. پی. اچ. ساعت نیست. سی. پی. اچ. ماده ی اولیه ی تولید ساعتها است. از این دیدگاه فوتون نیز یک ساعت است که از بقیه ساعتها کندتر کار می کند. در واقع هر ناظری (از جمله انسان) یک ساعت است. ناظر تنها حرکت (یا تیک تاک) ساعتها را می بیند و می تواند آنها را با یکدیگر مقایسه کند. تجربه نشان داده (آزمایش مایکلسون - مورلی) که افزایش سرعت موجب کند شدن ساعت می شود و نظریه نسبیت خاص نیز پایگاه نظری آن را ارائه داده است. اگر سرعت ساعت v بسمت c میل کند، زمان برای ساعت بسمت صفر میل خواهد کرد. اما در کنار این مسئله باید کاهش حجم و افزایش چگالی (انقباض طول و افزایش جرم) را نیز باید در نظر داشت. از دیدگاه نظریه سی. پی. اچ. نه حجم به صفر می رسد و نه چگالی بینهایت می شود. این امر بسادگی می توان از اصل سی. پی. اچ. نتیجه گرفت، زیرا سی. پی. اچ. ها دارای اسپین هستند و بمحض تماس با یکدیگر به اطراف پراکنده شده و سیستم (ساعت) مورد آزمایش منفجر خواهد شد (شکل زیر).



سی. پی. اچ. ها دارای اسپین هستند و بمحض تماس با هم به اطراف پراکنده می شوند.

مقایسه نتایج نسبیت خاص و نظریه سی. پی. اچ.

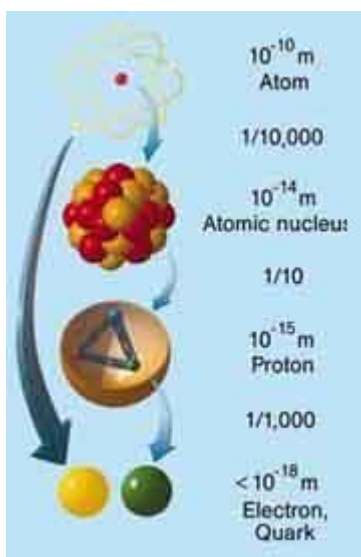
نظریه	عامل موثر	زمان	حجم	چگالی
نسبیت خاص	افزایش سرعت	کند می شود	کاهش می یابد تا صفر	افزایش می یابد
سی. پی. اچ.	افزایش سرعت	کند می شود	کاهش می یابد تا تماس سی. پی. اچ. ها	افزایش می یابد تا تماس سی. پی. اچ. ها

در نظریه سی. پی. اچ. هر جسمی قبل از آنکه حجمش به صفر برسد، منفجر می شود. نسبیت خاص می گوید هیچ جسمی نمی تواند به سرعت نور برسد، بهمین دلیل جرم حالت سکون فوتون (هر ذره ای که با سرعت نور حرکت کند) صفر است. اما توجیه شهودی برای آن ارائه نمی دهد. در حالیکه فوتون در شرایط سرعت نور شکل می گیرد و اصولاً بحث حالت سکون در مورد فوتون بیهوده است. اگر ما می توانستیم فوتون را در یک دستگاه بحالت سکون درآوریم، آنگاه سخن از جرم حالت سکون آن نیز منطقی بود.

آیا حجم صفر و چگالی بینهایت امکان پذیر است؟

در فیزیک مدرن جدول استاندارد ذرات بنیادی بر این اساس پیشنهاد شده که این ذرات فاقد ساختمان هستند، یعنی از ذرات دیگری ساخته نشده اند. این جدول شامل دوازده فرمیون (شش کوارک، شش لپتون) و چهار بوزون هستند (اگر بوزون هیگز را هم به آن اضافه کنیم، پنج بوزون خواهد شد). در هر صورت با همین اطلاعاتی که از جدول ذرات بنیادی داریم، قابل قبول نیست که حجم به صفر برسد و چگالی بینهایت شود، مگر آنکه فرض کنیم که همه چیز سرانجام به انرژی تبدیل می شود و حجم انرژی صفر است. اما این فرض نیز با یک اشکال اساسی مواجه می شود و آن این است که از حجم صفر انرژی (فوتون) ذراتی با حجم غیر صفر (ذره و پاد ذره - نظیر الکترون و پوزیترون) تولید می شود. علاوه بر آن فوتون اندازه حرکت

خطی و اندازه حرکت زاویه ای (اسپین) دارد. تمام این موارد نشان می دهد که پذیرش حجم صفر برای انرژی (فوتون) نیز غیر منطقی و دور از تجربیات فیزیکی است. اگر حجم اتم و سایر ذرات زیر اتمی نظیر کوارکها و الکترون را در نظر بگیریم، و با در نظر گرفتن نظریه سی. پی. اچ. که می گوید همه چیز از سی. پی. اچ. تشکیل می شود و سی. پی. اچ. ها در کوارک (یا سایر ذرات) با یکدیگر در تماس نیستند (بهم نچسبیده اند)، در اینصورت می توان قبول کرد که حجم کوارکها نیز می تواند کاهش یابد، اما این کاهش حجم تا جایی است که سی. پی. اچ. ها با یکدیگر برخورد نکنند. با توجه به اندازه اتم و ذرات زیر اتمی (در مورد اندازه کوارکها حدس رده می شود ولی اندازه گیری نشده است)، اگر فرض کنیم ماده متراکم می شود و حتی چگالی آن از چگالی کوارکها نیز بیشتر می شود، باز هم چگالی بینهایت در حجم قابل قبول نیست (شکل زیر).



کوارکها نیز دارای حجم هستند. با توجه به شکل بالا می توان قبول کرد که ماده متراکم شود و چگالی آن افزایش یابد، اما نمی توان پذیرفت که چگالی بینهایت و حجم صفر شود. بر همین اساس نظریه سی. پی. اچ. در مورد بیگ بنگ دیدگاهی متفاوت از فیزیک مدرن دارد. با توجه به نسبیت عام اینشتین، بیگ بنگ از انفجار يك توده یگانه (یا گاز بسیار داغ و عجیب) با فشار نامحدود، چگالی نامحدود (با انحنا نامحدود فضا زمان) ایجاد شده است. این شرایطی که نسبیت برای زمان قبل از بیگ بنگ ترسیم می کند، قابل پذیرش نیست. با توجه به نظریه سی. پی. اچ. بیگ بنگ بر اثر انفجار يك **سیاه چاله مطلق** ایجاد شده که آنجا سی. پی. اچ. ها بسیار فشرده شده بودند، اما به یکدیگر متصل نبودند و طبق اصل سی. پی. اچ. در یکدیگر با حفظ حالت اسپینی خود دوران می کردند. در یک چنین سیاه چاله ی مطلق با افزایش جرم فشار گرانش دائماً بیشتر می شود تا جاییکه تمام سرعت انتقالی سی. پی. اچ. ها به سرعت اسپینی تبدیل می شود و به حالت تماس در می آیند و بر اثر برخوردی شدید به اطراف پراکنده می شوند. حال این پدیده را با توجه به ویژگیهای سی. پی. اچ. بررسی می کنیم (شکل زیر)؛

$$(3) \quad V_{CPH} = V + V_S = \text{Constant} > c, \quad c \text{ is speed of light}$$

$$(4) \quad E_{CPH} = T + S = \text{Constant}$$

سرعت و انرژی سی. پی. اچ. ثابت است. با افزایش جرم سیاه چاله مطلق فشار گرانشی نیز افزایش می یابد و مانع حرکت انتقالی سی. پی. اچ. ها می شود. برای مقایسه بعنوان مثال پرتابه ای را در نظر بگیرید که در سطح زمین با سرعت v_0 تحت زاویه α پرتاب می شود. مسیر پرتابه یک سهمی است که برد آن R از رابطه زیر به دست می آید:

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

رابطه بالا مستقل از جرم پرتابه است و تنها سرعت اولیه و شتاب گرانش عوامل اصلی در تعیین برد هستند. این رابطه شامل نور نیز می شود، پس با در نظر گرفتن سرعت نور c ، چنانچه شدت میدان گرانشی به اندازه کافی قوی باشد، نور مانند یک پرتابه پس از طی مسافتی سقوط می کند. سؤال این است که برد پرتابه در سطح یک سیاه چاله چقدر است؟ با در نظر گرفتن اینکه هیچ سیاه چاله ای با سیاه چاله مطلق قابل قیاس نیست، در اینصورت دور از انتظار نیست که در سطح چنین سیاه چاله ای برای سی. پی. اچ. ها داشته باشیم:

$$V_{CPH} \longrightarrow V_S \quad \text{و} \quad E_{CPH} \longrightarrow S$$

در سطح سیاه چاله مطلق سی. پی. اچ. ها تنها دارای حرکت اسپینری هستند. با تماس سی. پی. اچ. ها با یکدیگر و با در نظر گرفتن اینکه زمان برای آنها صفر است و اصولاً زمان در آنجا تقریباً متوقف می شود، در مدت بسیار کوتاهی که با برداشتهای ما از زمان قابل قیاس نیست، با برخورد های زنجیره ای سی. پی. اچ. ها، سیاه چاله مطلق منفجر شده و در کسر بسیار کوچکی از ثانیه، انبساط جهان با سرعت های بسیار بالاتر از سرعت نور آغاز می شود و این بخوبی می تواند نظریه تورم را توجیه کند.

زمان و پتانسیل گرانشی

پتانسیل گرانشی در یک نقطه بفاصله r از مرکز در میدان گرانشی حاصل از جرم M بصورت $U=MG/r$ تعریف می شود. هرچه r کوچکتر شود، شدت میدان گرانشی در آن نقطه نیز که با رابطه $g=MG/r^2$ داده می شود، افزایش می یابد. هرچه پتانسیل گرانشی بیشتر باشد، برد پرتابه ها کمتر می شود. کاهش برد پرتابه تمام حرکت های انتقالی از جمله سرعت انتقالی سی. پی. اچ. های تشکیل دهنده ی ساعت ها را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. حال یکبار دیگر رابطه برد پرتابه؛

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

را در مورد ساعت اتمی مرور می کنیم. فرض کنیم ناظری در سطح جسمی که شدت میدان گرانشی در آنجا g است پرتابه ای را با سرعت v_0 تحت زاویه α پرتاب می کند و برد پرتابه و مدت حرکت را اندازه می گیرد و مقادیر R و t را به دست می آورد. فرض کنیم بدون آنکه ناظر متوجه شده باشد در یک لحظه شدت گرانش (که شامل همه ی اجسام می شود) از g_1 به g_2 برسد و $g_1 < g_2$ باشد. ناظر دوباره آزمایش را با همان شرایط (v_0 و α) تکرار می کند. چون:

$$R_1 g_1 = R_2 g_2 = R g = v_0^2 \sin 2\alpha$$

با ثابت بودن سرعت اولیه و زاویه پرتاب، بنابراین برد اندازه گیری شده در مرحله دوم برابر با مقدار آزمایش اول خواهد شد و بهمین ترتیب زمان حرکت نیز تغییر نخواهد کرد. یعنی ساعت ناظر نیز نسبت به دفعه قبل کندتر خواهد شد. دلیل این تغییرات این است که اسپین تمام سی. پی. اچ. های موجود در میدان گرانشی به یک اندازه تغییر می کنند، از جمله ساعت اتمی که در میدان گرانشی است.

اصولاً اسپین سی. پی. اچ. در طبیعت نقش بسیار مهمی را ایفا می کند. کوانتومهای انرژی زمانی شکل می گیرند که سی. پی. اچ. ها دارای اسپین شوند، اسپین سی. پی. اچ. های موجود در فوتون چنان تنظیم می شوند که فوتون با سرعت خطی c نسبت به دستگاه لخت حرکت کند. در تبدیل انرژی به ذره و

پاد ذره نیز اسپین سی. پی. اچ. ها موجود در ذره و پاد ذره ویژگیهای آنها را تعیین می کنند. همین طور در ساعت اتمی فرکانس تابش آن نیز تابع اسپین اشعه ی فرودی است. حتی اسپین سی. پی. اچ. های موجود در تابش امواج حرارتی که جسم داغ منتشر می کند در فرکانس آنها موثر است. چون فرکانس موج دریافتی توسط اتم سزیم تغییر کرده، فرکانس موج تابشی نیز تغییر می کند. بهمین ترتیب سرعت نور در میدان گرانشی با دستگاه لخت متفاوت است. لذا افزایش شدات میدان گرانشی موجب افزایش اسپین و کند شدن حرکت ساعت می شود.

مقایسه نتایج نسبیت عام و نظریه سی. پی. اچ.

نظریه	عامل موثر	زمان	حجم	چگالی
نسبیت عام	افزایش شدت میدان گرانشی	کند می شود	کاهش می یابد تا صفر	افزایش می یابد
سی. پی. اچ.	افزایش شدت میدان گرانشی	اسپین افزایش می یابد و زمان کند می شود	کاهش می یابد تا تماس سی. پی. اچ. ها	افزایش می یابد تا تماس سی. پی. اچ. ها

هرچه میدان گرانشی شدیدتر باشد، اسپین سی. پی. اچ. ها بیشتر است و ساعت کندتر کار می کند. آهنگ زمان در نظریه سی. پی. اچ. تابع زمان در نظریه سی. پی. اچ. بصورت زیر تعریف می شود؛

$$t=t(s,v)$$

که در آن v سرعت انتقالی و s اسپین است. هر یک از دو متغیر v و s نقش تعیین کننده ای در آهنگ زمان دارند. از طرف دیگر می دانیم که مجموع سرعتهای انتقالی و اسپینی همواره ثابت است، بنابراین هر تغییری که در یکی از آنها ایجاد شود، دیگری نیز تغییر خواهد. اگر پدیده ای در چاقوب لخت بررسی می شود (دستگاه بدون شتاب) بایستی برای تغییر زمان به v توجه کرد و چنانچه دستگاه شتاب دار باشد، باید به s توجه کرد. با در نظر گرفتن این نکته بسادگی می توان همه ی پدیده های مربوط به زمان را مورد بررسی قرار داد.

نسبت به دستگاه لخت اگر سرعت ساعتی از v_1 به v_2 برسد و $v_1 < v_2$ باشد، آنگاه حرکت ساعت کندتر خواهد شد.

در دستگاه شتابدار (در میدان گرانشی) اگر ساعت از نقطه ای با شدت میدان گرانشی g_1 به نقطه ای به شدت میدان گرانشی g_2 برده شود و $g_1 < g_2$ باشد، زمانی را که ساعت در نقطه جدید نشان می دهد، کندتر خواهد بود.

اما در حالت کلی آهنگ حرکت ساعت را با استفاده از قضیه کار - انرژی خیلی ساده تر و بهتر می توان توضیح داد.

زمان و قضیه کار - انرژی

فرض کنیم یک ساعت در موقعیت A قرار دارد، این ساعت را به موقعیت A می بریم، اگر برای انتقال ساعت از موقعیت A به موقعیت B ، کار مثبت روی آن انجام شود، حرکت ساعت کندتر خواهد شد و اگر کار لازم برای این تغییر موقعیت منفی باشد، حرکت ساعت تندتر خواهد شد.

مثال 1- دستگاه لخت: فرض کنیم ساعتی نسبت به یک دستگاه لخت با سرعت v_1 در حرکت است، برای آنکه سرعت ساعت به v_2 برسد، باید کار w روی آن انجام شود که طبق قضیه کار انرژی اگر $w > 0$ باشد، الزاماً باید $v_1 < v_2$ باشد و ساعت کندتر می شود. چنانچه $w > 0$ باشد، بایستی $v_1 < v_2$ باشد و ساعت نسبت به این دستگاه تندتر می شود.

مثال 2 - دستگاه شتابدار (میدان گرانشی): فرض کنیم ساعتی در ارتفاع h_1 نسبت به سطح یک جسم آسمانی قرار دارد. اگر ساعت به ارتفاع h_2 برود، در این صورت کار انجام شده توسط جسم (عامل ایجاد میدان گرانشی) w روی آن انجام می شود. اگر $w > 0$ باشد، جابجایی و نیرو همجهت هستند، پس الزاماً ارتفاع ساعت نسبت به سطح جسم کاهش می یابد، یعنی $h_2 > h_1$ است و ساعت از پتانسیل کمتر به پتانسیل بیشتر منتقل می شود و کندتر خواهد شد. چنانچه $w > 0$ باشد، نیرو و جابجایی در جهت مخالف خواهند بود و ارتفاع افزایش می یابد، یعنی $h_1 > h_2$ و جسم از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر می رود و تندتر خواهد شد.

با توجه به نظریه سی. پی. اچ. هرگاه سی. پی. اچ. وارد ساعت شود، کار ساعت کندتر می شود و هنگامیکه سی. پی. اچ. از ساعت خارج شود، کار ساعت تندتر خواهد شد. با توجه به ویژگی (4) سی. پی. اچ. یعنی؛

$$(4) \quad E_{CPH} = T + S = \text{Constant}$$

می توان خواهیم داشت:

تابع زمان و قضیه کار - انرژی

$$E(M_1) = \sum_{i=1}^k (T_i + S_i) = kE_{CPH} \quad (1)$$

$$E(M_2) = \sum_{j=1}^n (T_j + S_j) = nE_{CPH} \quad (2)$$

$$W = E(M_2) - E(M_1) = (n-k)E_{CPH}$$

اگر $W > 0$ باشد، زمان کند می شود

اگر $W < 0$ باشد، زمان تند می شود

توجه شود که در مورد گرانش بایستی کار خالص گرانش منظور گردد. در مورد ساعتی که هر دو تغییرات (سرعت و پتانسیل گرانشی) روی آن انجام می شود، باید کار خالص (جمع جبری کارهای انجام شده روی ساعت) را منظور کرد.

منابع:

[/http://www.nikhef.nl](http://www.nikhef.nl)

<http://www.astrocity.org>

http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_clock

<http://tycho.usno.navy.mil/cesium.html>

http://www.aero.org/publications/crosslink/winter2000/02_sidebar1.html

<http://www.npl.co.uk>

<http://www.npl.co.uk>

<http://home.case.edu>

<http://www.physics.uc.edu>

<http://www.astrocity.org>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

