DOI: doi.org/10.61450/joci.FA.v3iTC6FA.185

چکیده

فضـا و زمـان، از دیـدگاه نیوتـن بـه عنـوان دو مفهـوم مجـزا و مطلـق در نظـر گرفتـه می‌شـد و گرانـش نیـز بـه عنـوان نیرویـی تعریـف شـده بـود کـه متناسـب بـا میـزان جـرم دو جسـم و فاصلـهٔ آنهـا از یکدیگـر تغییـر می‌کنـد. امـا هرمـان مینکوفسـکی بـا اسـتفاده از نظریـهٔ نسـبیت انیشـتین، یـک تفسـیر هندسـی از نسـبیت خـاص ارائـه داد کـه زمـان و سـه بُعـد فضـا را در یـک مـدل چهـار بُعـدیِ واحـد کـه اکنـون بـه عنـوان فضـای مینکوفسـکی شـناخته می‌شـود ادغـام کـرد. گرانـش نیـز در نظریـهٔ نسـبیت عـام، بـه عنـوان تابعـی هندسـی و پیامـدی از انحنـای فضا–زمـان تعریـف شـد کـه خـود ایـن انحنـا از توزیـع نامتـوازن جـرم و انـرژی منتـج می‌گـردد. از تبعـات مهـم نظریـهٔ نسـبیت عـام، ایـن اسـت کـه آنچـه منجـر بـه گـردش اجـرام سـماوی حـول سـایر اجـرام در مدارهـای منحنـی می‌شـود، نیرویـی موسـوم بـه گرانـش نیسـت، بلکـه اجـرام در فضـا–زمـان خمیـده کـه گرانـش هـم پیامـدی از آن خمـش اسـت، صرفـاً نزدیک‌تریـن جسـم نسـبت بـه خـود را دنبـال می‌کننـد کـه ایـن حرکـت، در مسـیری مسـتقیم بـه نـام ژئودزیـک صـورت می‌گیـرد. از طرفـی برخـلاف دیـدگاه نیوتـن، در نظریـهٔ نسـبیت نشـان داده می‌شـود کـه سـرعت انتقـال گرانـش بـه سـرعت نـور محـدود می‌شـود کـه از دیـدگاه فیزیـک مـدرن، ایـن انتقـال توسـط ذرات فرضـی بـه نـام گرویتـون صـورت می‌گیـرد. از پیش‌بینی‌هـای دیگـر ایـن نظریـه، چـاه پتانسـیل گرانشـی اسـت کـه افزایـش یـا کاهـش فرکانـس نـور در حـالِ سـقوط یـا فـرار از آن چـاه، بـه خاطـر خمـش فضـا–زمانـی اسـت کـه توسـط جسـم ثقیـل ایجـاد شـده اسـت. اتسـاع زمـان نیـز در نزدیکـی یـک جسـمِ پرجـرم، پدیـده‌ای اسـت کـه بـه دلیـل میـدان گرانشـی قـوی آن رخ می‌دهـد. در ایـن راسـتا، نسـبیت خـاص انیشـتین نیـز نظریـه‌ای اسـت کـه توضیـح می‌دهـد چگونـه قوانیـن فیزیـک بـرای همـهٔ ناظرانـی کـه در حـال حرکـتِ یکنواخـت هسـتند، یکسـان بـوده و چگونـه سـرعت نـور در محیـط خـلاء ثابـت می‌باشـد. یکـی از پیامدهـای ایـن نظریـه ایـن اسـت کـه جـرم و انـرژی، معـادل و هـم‌ارز در نظـر گرفتـه می‌شـوند و می‌تـوان آن‌هـا را مطابـق معادلـهٔ معـروف $E=mc^2$ بـه یکدیگـر تبدیـل کـرد. امـا در نظریـات کیهان‌شناسـی شـعوری، فضـا بـه صـورت توری‌هـای مجـزا بـه عنـوان اصـل در کیهـان و زمـان بـه عنـوان یـک نیـروی آنتروپیایـی کـه در جهـت عکـس گرانـش بـرای اضمحـلال اجرامـی کـه عامـل انقبـاض فضـا شـده اسـت معرفـی می‌شـوند. بـه عبارتـی نیـروی آنتروپیایـی زمـان، منتـج از جـرم بـرای رهایـی فضـا از اسـترس اسـت، نـه بـه عنـوان بُعـد چهارمـی کـه عمـود بـر ابعـاد فضاسـت. همچنیـن ایـن دیـدگاه ویسـکوزیته‌های متفاوتـی بـرای فضـای پیرامـون اجـرام در نظـر می‌گیـرد و گرانـش را نیـز بـه عنـوان یـک نیـرو، معـادل ویسـکوزیتهٔ فضـا بـه جـای هندسـهٔ خمیـده در نسـبیت معرفـی می‌کنـد و عملکـرد ایـن نیـرو را نیـز بـه سـاختار توری‌هـای فضـا نسـبت می‌دهـد؛ در نتیجـه انتقـال بـه سـرخ یـا آبـی گرانشـی حاصـل ویسـکوزیتهٔ فضـا اسـت. ایـن دیـدگاه بیـان می‌کنـد کـه بـا ورود نـور بـه درون سـیاهچاله‌ها بـه خاطـر رزنانـس انرژیایـی مـوج در طـی انتقـال بـه سـیاه گرانشـی، اصـل هـم‌ارزی مـاده و انـرژی نقـض می‌شـود. بـه عبارتـی سـیاهچاله‌ها کارخانـهٔ تولیـد مـاده می‌باشـند. از طرفـی ایـن اصـل و پایسـتگی مـاده و انـرژی در سـیاهچالهٔ کیهانـی کـه آغـاز کیهـان اسـت و یـا بعـد از واگـرد نهایـی فضـا نیـز صـادق نیسـتند.

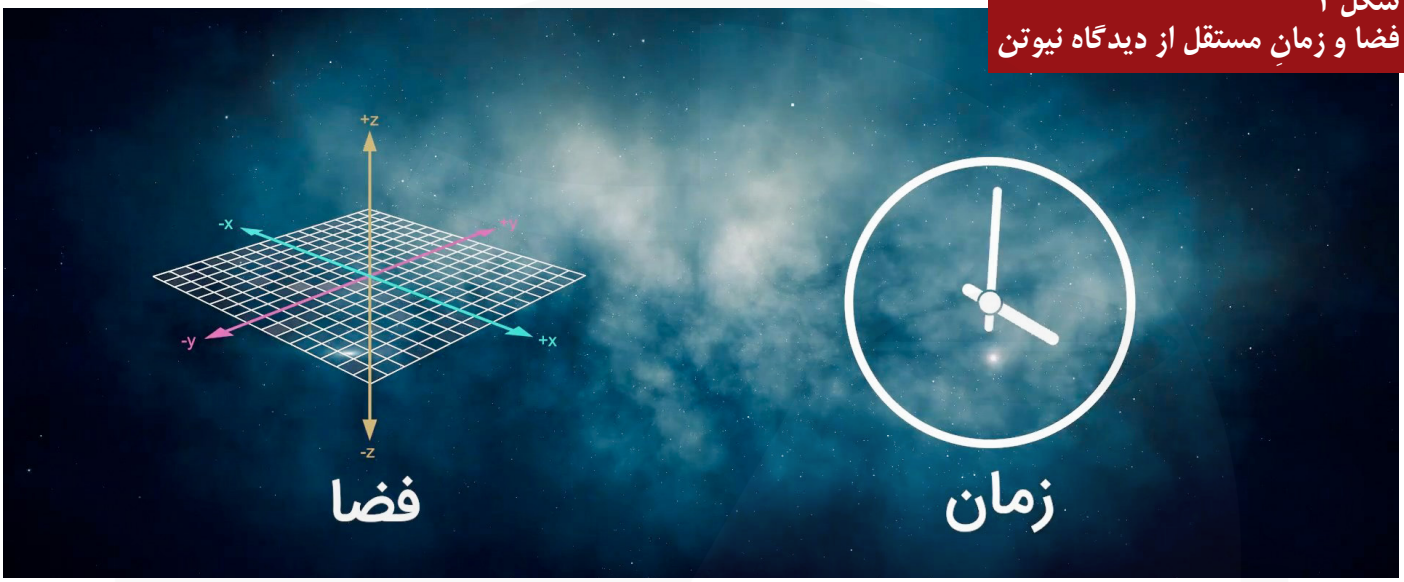
کلیدواژه‌هـا: نیـروی آنتروپیایـی زمـان – ویسـکوزیتهٔ فضـا – اسـترس فضـا– سـاختار توری‌هـای فضا – رزنانـس انرژیایـی موج – انتقال به سـیاه گرانشـی – کارخانـهٔ ماده سـازی – سـیاهچالهٔ کیهانـی – واگـرد نهایی فضا.

فضا گرانش - زمان

فضا ـ زمان، از مکانیک کلاسیک تا نظریهٔ نسبیت

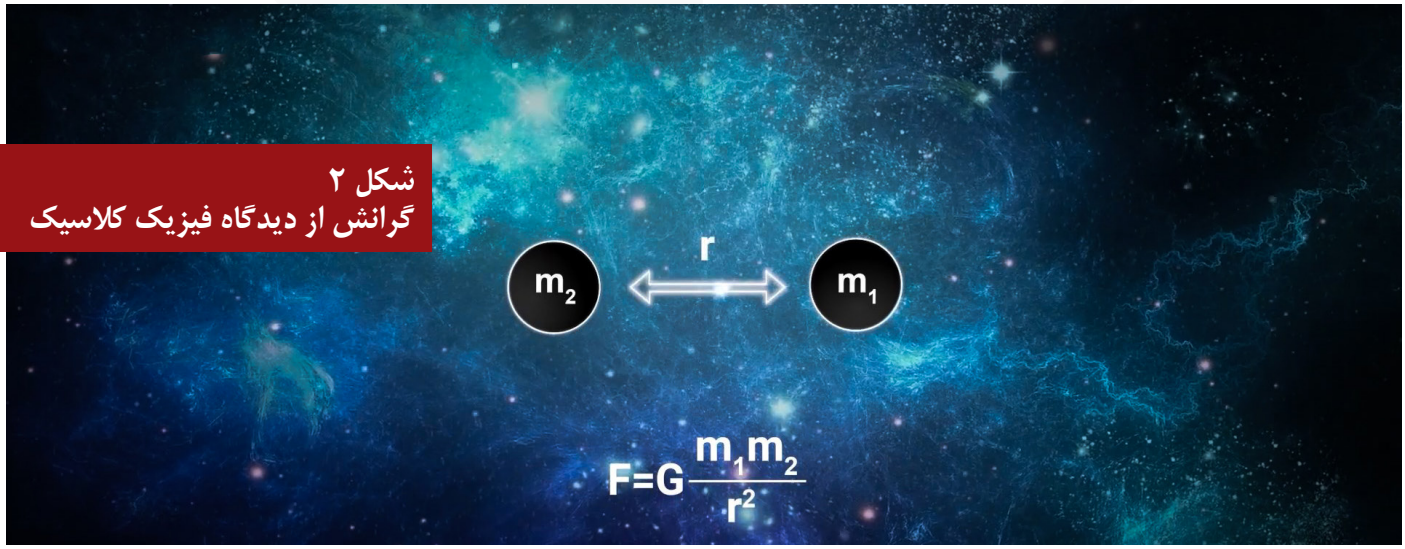
ارسطو و نیوتن هر دو به فضا و زمانِ مطلق اعتقاد داشتند. به این معنی که فضا و زمان دو مفهوم غیرمتکی و مستقل هستند و می‌توان فاصلهٔ زمانی یا مکانی دو رویداد را مستقل از ناظر اندازه‌گیری کرد. البته، این دیدگاه در محاسبات مربوط به سرعت‌های معمولی درست جواب می‌دهد، اما در سرعت‌های نزدیک به سرعت نور کارآمد نیست.[۱] در کل، فیزیک کلاسیک چنین عنوان می‌کند که زمان بدون در نظر گرفتن هرگونه عامل خارجی که مستقل از فضا می‌باشد، در جریان است و ناظران مختلف فارغ از جایگاه خود زمان را یکسان اندازه می‌گیرند.[۲] (شکل۱)

شکل ۱
فضا و زمانِ مستقل از دیدگاه نیوتن



نیوتن علاوه بر تعریف فضا و زمان، در مورد گرانش چنین عنوان کرد که نیرویی است که متناسب با میزان جرم دو جسم و فاصلهٔ آنها از یکدیگر تغییر می‌کند.[۲] طبق این دیدگاه، دو جسم بر یکدیگر نیروی گرانشی وارد می‌کنند که بر روی فضا و زمان تاثیری ندارد و هرگاه یکی از آن دو جسم را حرکت دهیم، مقدار نیروی وارد شده بر جسم دیگر به طور آنی تغییر می‌کند. به عبارتی اثرات گرانشی با سرعت نامتناهی که بیشتر از سرعت نور می‌باشد، اعمال می‌شود.[۳] به بیان ساده، طبق این نظریه اگر خورشید در همین لحظه ناپدید شود، زمین به طور آنی از دام گرانش آن رها شده و در فضا سرگردان می‌شود. (شکل۲)

شکل ۲
گرانش از دیدگاه فیزیک کلاسیک



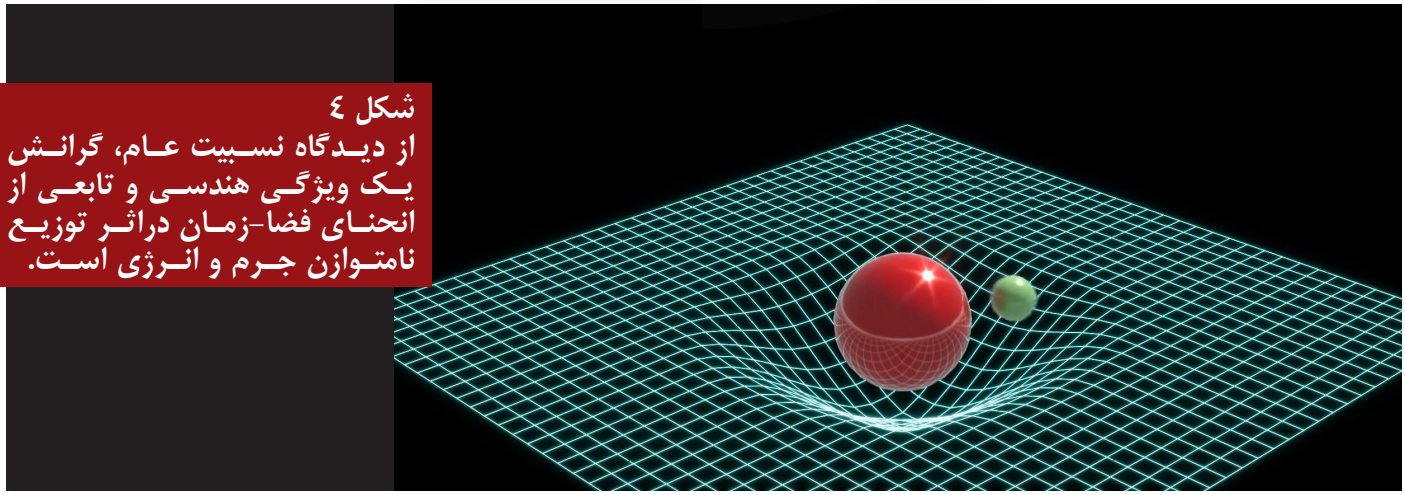
امـا انیشـتین در نظریـهٔ نسـبیت خـود، فضـا و زمـانِ مطلـق را نفـی کـرد. [۴،۵] در ایـن نظریـه کـه از پایه‌هـای فیزیـک مـدرن است، زمـان نـه تنهـا یـک بُعـد بـه حسـاب می‌آیـد بلکـه بـرای ناظـران مختلـف و بسـته بـه سـرعت حرکـت آنهـا، متفـاوت اندازه‌گیـری می‌شـود. بـه طـور مثـال، در سـرعت‌های نزدیـک بـه سـرعت نـور زمـان بسـیار کنـد می‌گـذرد و در خـود سـرعت نـور زمـان متوقـف می‌شـود.[۶] امـا همـان طـور کـه بیـان شـد، در نظریـهٔ نیوتـن گـذر زمـان از دیـد همـهٔ ناظـران میـزان ثابتی اسـت و ارتباطـی بـه موقعیـت و سـرعت ناظـر نـدارد.

بـه عبارتـی نظریـهٔ نسـبیت بیـان می‌کنـد کـه اگـر در معادلـهٔ $c = \frac{r}{t}$ (c سـرعت نـور، r جابجایـی نـور در (x,y,z) از مبـدا فرضـیِ صفـر، t زمـان جابجایـی نـور از همـان مبـدا) زمـان را مطلـق در نظـر بگیریـم، آنـگاه ناظـران در چارچوب‌هـای مرجـع مختلـف بایـد سـرعت‌های متفاوتـی را بـرای نـور انـدازه بگیرنـد.[۷،۸] در صورتی‌کـه سـرعت نـور ثابـت بـوده[۱،۶،۹،۱۰] و ایـن فضـا و زمـان اسـت کـه نسـبی می‌باشـد و نمی‌تـوان آن را مطلـق در نظـر گرفـت. (شـکل۳)

شکل ۳
عـدم تاثیرچارچـوب مرجـع ناظـر در اندازه‌گیـری سـرعت نـور از نـگاه نظریـهٔ نسـبیت

نسبیت عام

نسـبیت، خـود بـه دو نظریـهٔ نسـبیت عـام و نسـبیت خـاص تقسـیم بنـدی می‌شـود. در نسـبیت عـام،[۹] فضـا و زمـان در یـک مـدل چهاربُعـدی، موسـوم بـه فضا-زمـان، تلفیـق می‌شـوند [۱۰] و نشـان داده می‌شـود کـه ایـن دو بُعـد بـه هیـچ وجـه مطلـق نیسـتند. در واقـع فضـا و زمـان یـک تـار و پـود چهاربُعـدی بـه وجـود آورده‌انـد و حرکـت اجسـام در ایـن تـار و پـود صـورت می‌گیـرد. یعنـی جسـم در حـال حرکـت، تابـع شـکلِ هندسـهٔ فضا-زمانی‌سـت[۱۱،۱۲] کـه در آن واقَـع شـده اسـت. (شـکل۴)



شکل ٤
از دیـدگاه نسـبیت عـام، گرانـش یـک ویژگـی هندسـی و تابعـی از انحنـای فضا-زمـان دراثـر توزیـع نامتـوازن جـرم و انـرژی اسـت.

به طورکلی نسبیت عام در برگیرنده این مفهوم است که نیروی گرانش مشابه نیروهای دیگر نیست، بلکه تابعی هندسی و پیامدی از انحنای فضا-زمان در نظر گرفته می‌شود. انحنای فضا-زمان نیز خود از توزیع نامتوازن جرم و انرژی منتج می‌گردد.[۱۳،۱۴] این در حالیست که پیش از ارائه این نظریه، فضا و زمان مسطح در نظر گرفته می‌شدند.[۱۳،۱۵] به بیانی دیگر اینچنین می‌توان گفت که از تبعات مهم نسبیت عام در کیهان‌شناسی رایج، این است که آنچه منجر به گردش اجرام سماوی در مدارهای منحنی می‌شود، نیرویی موسوم به گرانش نیست بلکه اجرام در فضا-زمان خمیده که گرانش پیامدی از آن خمش است، صرفاً نزدیک‌ترین جسم نسبت به خود را دنبال می‌کنند[۱۶،۱۸] که این حرکت در مسیری مستقیم به نام ژئودزیک صورت می‌گیرد.[۱۲،۱۴،۱۶،۱۹] ژئودزیک تعمیم مفهوم خط راست در فضای سه بعدی به فضا-زمان خمیده می‌باشد و مطابق تعریف، عبارت است از کوتاهترین یا بلندترین مسیر بین دو نقطه‌ی مجاور.[۱۶،۱۷،۱۹] (شکل۵)

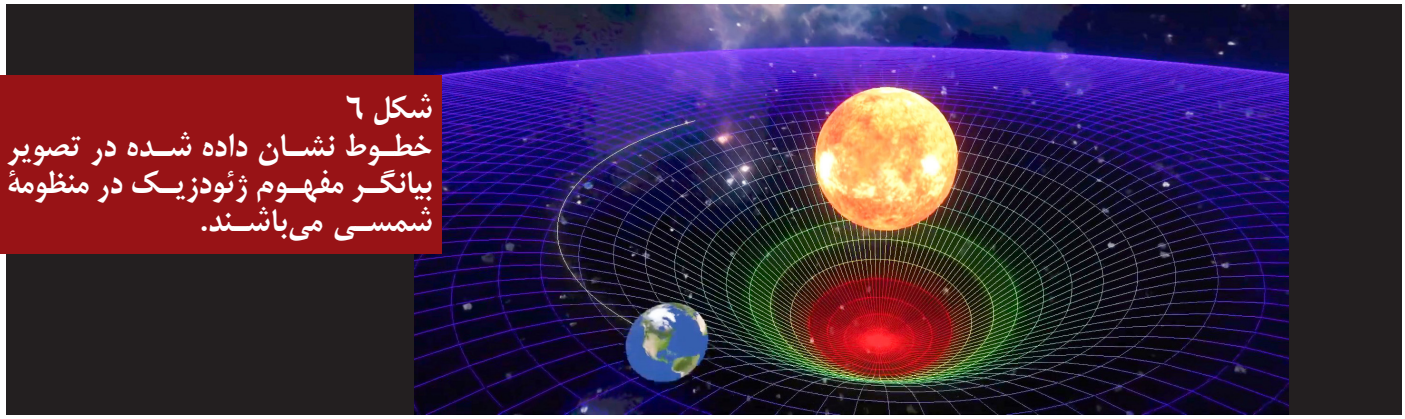
شکل ۵

تصویر راست: بر اساس نظریهٔ نسبیت عام اجسام ثقیل همانند یک سیاره، عامل انحنای فضا-زمان می‌شوند و اثری به نام گرانش را به وجود می‌آورند.
تصویر چپ: گرانش عامل خمش نور نیست، بلکه نور در رشته‌های خمیده شدهٔ فضا-زمان، صرفا در حال طی کردن مسیر است که به چشم ناظر به صورت خمیده

به بیان ساده‌تر، نسبیت عام نشان می‌دهد که اجسام در فضا-زمانِ چهاربُعدی، همواره خطوط مستقیم یا همان ژئودزیک را دنبال می‌کنند ولی در فضای سه بعدی که برای انسان قابل درک است چنین به نظر می‌رسد که حرکت آنها در یک مسیر خمیده انجام می‌شود. برای توضیح بیشتر این مفهوم می‌توان به حرکت سیارات در منظومهٔ شمسی اشاره کرد.

در منظومهٔ شمسی، چنین به نظر می‌رسد که زمین در مدار دایره‌ای و در فضای سه بعدی به دور خورشید در حال چرخش می‌باشد. در صورتیکه مطابق نسبیت عام، خورشید با خمش فضا-زمانِ چهاربُعدی[۱۴،۲۰] باعث می‌شود که زمین در محدودهٔ خمیده شده، خطوط مستقیم یا ژئودزیک را طی کند که ظاهرا این مسیرِ حرکت به صورت خمیده مشاهده می‌شود. با این توصیف، نور نیز در فضا-زمان، مسیرهای ژئودزیک را طی می‌کند[۱۶،۲۱] و زمانی که از نزدیکی خورشید می‌گذرد اندکی[۲۲،۲۳] به سوی آن خمیده می‌شود.

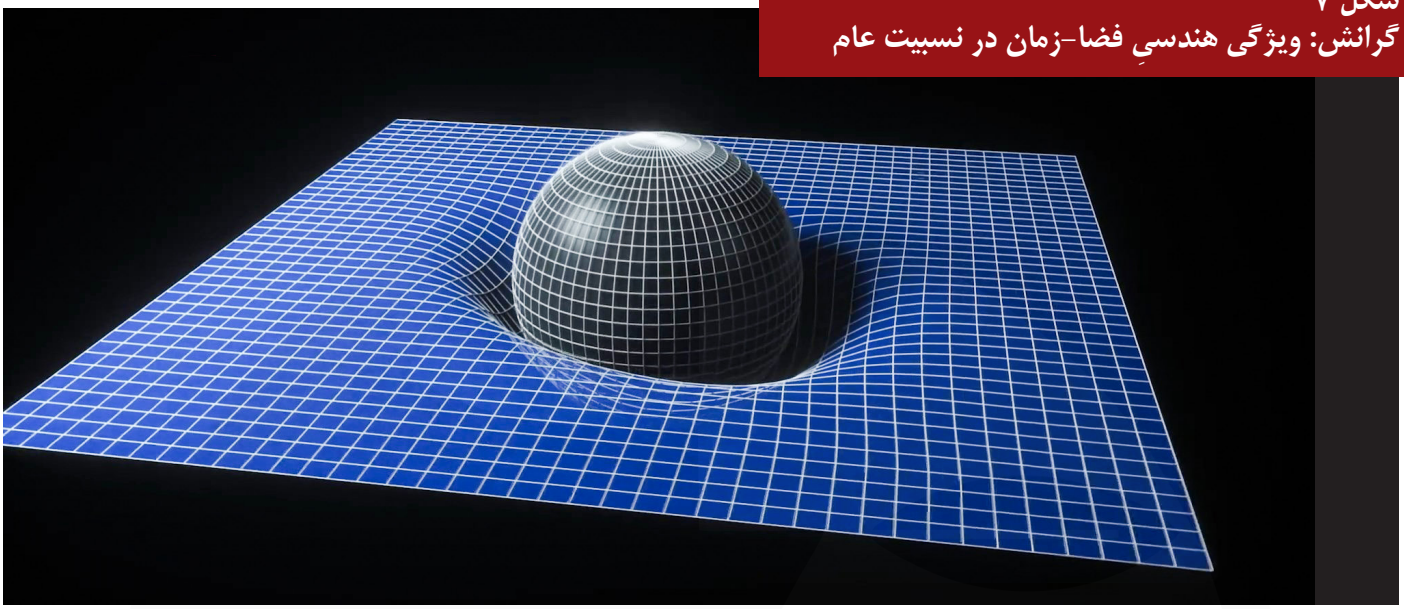
در نظریهٔ نسبیت، برخلاف دیدگاه نیوتن نشان داده می‌شود که سرعت انتقال گرانش محدود بوده و معادل با سرعت نور است.[۲۴] به طوری‌که از دیدگاه فیزیک مدرن این انتقال توسط ذرات فرضی به نام گرویتون (Graviton) که محدود به سرعت نور می‌باشد، امکان پذیر است. به عبارتی اگر بر فرض در منظومهٔ شمسی، در همین لحظه خورشید ناپدید شود، حدود هشت دقیقه و سی ثانیه[۲۵] زمان صرف می‌گردد تا زمین متوجه نبود خورشید شود.[۲۶،۲۷،۲۸،۲۹] (شکل۶)



شکل ٦
خطوط نشان داده شده در تصویر بیانگر مفهوم ژئودزیک در منظومهٔ شمسی می‌باشند.

در نتیجه نسبیت عام، گرانش را به عنوان یک ویژگی هندسیِ فضا-زمان معرفی می‌کند و آن را نیرو نمی‌داند. این نظریه را می‌توان در چند کلمه و این گونه خلاصه کرد: (فضا-زمان به ماده می‌گوید که چگونه حرکت کند و ماده به فضا-زمان می‌گوید که چگونه خم شود.) (شکل۷)

شکل ۷
گرانش: ویژگی هندسیِ فضا-زمان در نسبیت عام



نسبیت خاص

نسبیت خاص انیشتین[۴] نیز نظریه‌ای است که توضیح می‌دهد چگونه قوانین فیزیک برای همهٔ ناظران، در حرکتِ یکنواخت[۱۶] یکسان بوده و سرعت نور چگونه در خلاء ثابت می‌باشد.[۱،۶]

یکی از پیامدهای نسبیت خاص این است که جرم و انرژی معادل و هم ارز در نظر گرفته می‌شوند و می‌توان آنها را مطابق معادلهٔ معروف $E = mc^2$ به یکدیگر تبدیل کرد. در این رابطه، E انرژی نسبیتی کل جسم، m جرم نسبیتی جسم و c سرعت نور می‌باشد. به عبارتی اگر انرژی جسمی به اندازهٔ E افزایش یابد، جرم آن نیز به اندازهٔ m تغییر می‌کند.[۱]

پیامدهای دیگر این نظریه آن است که جرمِ نسبیتی یک جسم با حرکت در سرعت‌هایی نزدیک به سرعت نور افزایش می‌یابد. جرم نسبیتی جرمی است که به حرکت آن جسم یعنی سرعتی که خود وابسته به ناظر است، بستگی دارد و از طریق معادلهٔ $m = \frac{m_0}{1-\sqrt{\frac{v^2}{c^2}}}$ به دست می‌آید. در این معادله، m_0 جرم سکون و v سرعت جسم است. جرم سکونِ یک جسم، جرمی است که در حالت سکونِ آن جسم، اندازه گرفته می‌شود. یعنی جرم نسبیتی یک جسم در حالت سکون ($v=0$) برابر با جرمِ سکون آن بوده و با افزایش سرعت، به مقدار آن افزوده می‌شود. زمانی که سرعت جسم به نزدیکی سرعت نور می‌رسد ($v \to c$)، جرم آن نیز بی‌نهایت بزرگ می‌شود. اما این امر هرگز نمی‌تواند رخ بدهد. به بیان روشن‌تر، جسمی با جرم سکون غیر صفر هرگز نمی‌تواند به سرعت نور برسد، چراکه مطابق رابطهٔ هم ارزی جرم و انرژی که پیش‌تر به آن اشاره شد تحقق چنین امری به انرژی بی‌نهایت نیاز دارد. همچنین، لازم به ذکر است که سرعت نور در نظریهٔ نسبیت مقدار ثابتی است. بدین معنا که این سرعت، برای همهٔ ناظران و صرف نظر از وضعیت حرکت آنها یکسان می‌باشد.[۱،۶،۸،۱۹]

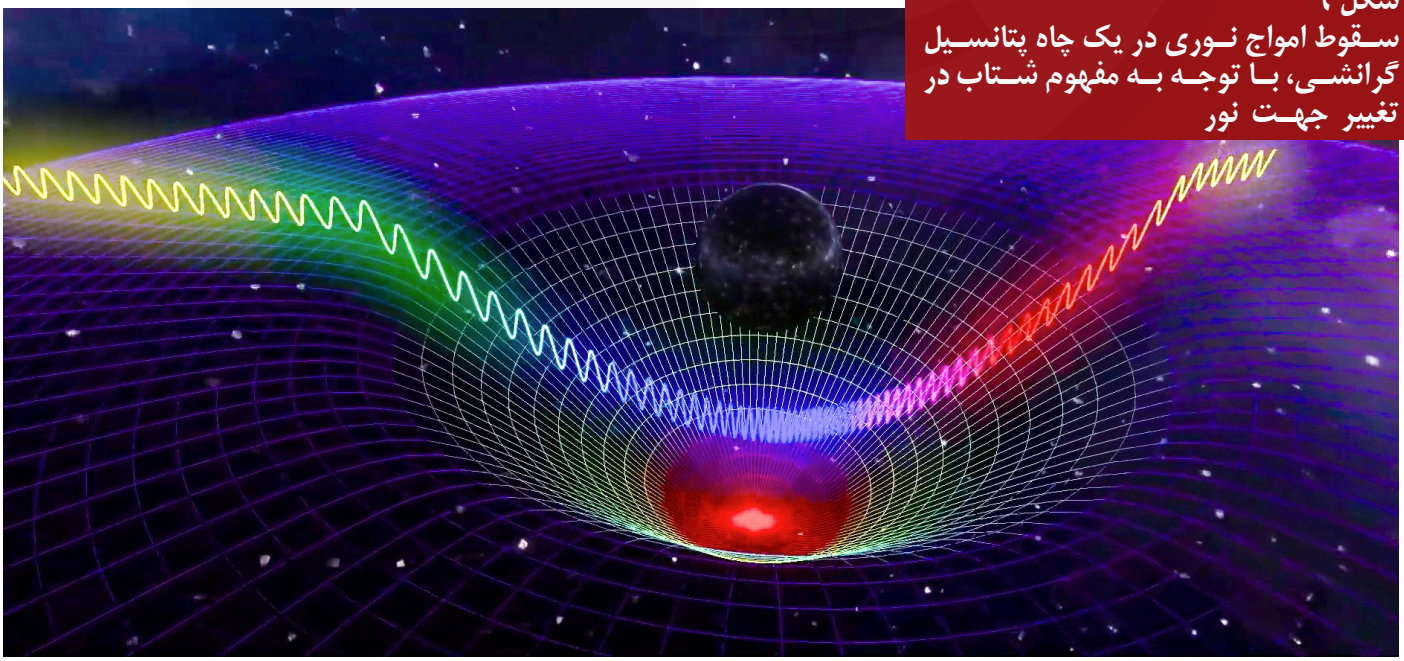
از دیگر پیامدهای مهم نسبیت خاص، می‌توان به اتساع زمان و انقباض طول نیز اشاره کرد.[۱۰،۱۹] مطابق این نظریه، علاوه بر جرم جسم، گذر زمان و به دنبال آن طولِ جسم، کمیت‌های نسبیتی به شمار می‌آیند و به سرعت حرکت جسم که آن نیز خود وابسته به ناظر است، بستگی دارند. یعنی چنانچه ناظری در وضعیتِ سکون، به جسمی که با سرعت زیاد در حال حرکت است نگاه کند، متوجه می‌شود که زمان برای جسمِ متحرک، کندتر از زمان برای خودش می‌گذرد. ازطرفی اتساع زمان باعث می‌شود که ناظر در حال سکون، جسم در حال حرکت را کوتاه‌تر اندازه‌گیری کند. این پدیده به نام انقباض طول شناخته می‌شود.[۱،۸] (شکل۸)

شکل ۸
زمان در نسبیت خاص

سرعت نور در حوالی سیاهچاله از دیدگاه نظریهٔ نسبیت

خمش نور در میدان گرانشی، از دیگر تبعات نظریهٔ نسبیت انیشتین به شمار می‌آید.[۱۶،۱۹] مطابق این دیدگاه، امواج نوری متشکل از بسته‌های مجزای انرژی به نام فوتون[۳۰] می‌باشند که با سرعت ۲۹۹،۷۹۲،۴۵۸ متر بر ثانیه حرکت می‌کنند. حال اگر این امواج در میدان گرانشی یک سیاهچاله سقوط کنند، به آنها نیرو وارد می‌شود. در اثر نیروی وارده، امواج باید شتاب بگیرند و به سرعت آن‌ها افزوده شود. اما از دیدگاه نسبیت، سرعت نور در محیط خلاء مقدار ثابتی بوده و حین گذر از حوالی سیاهچاله، بزرگی آن تغییر نمی‌کند. به عبارتی نور در حین سقوط به مرکز سیاهچاله صرفاً شتاب می‌گیرد.[۳۱] شتاب نیز مطابق تعریف، تغییر بردار سرعت در بازهٔ زمان است که شامل تغییر در جهت، بزرگیِ سرعت و یا هر دو می‌باشد. بنابراین باتوجه به اینکه سرعت نور در محیط خلاء ثابت است، افزایش شتاب در حوالی سیاهچاله منجر به تغییر جهتِ نور می‌شود. به عبارت دیگر، زمانی که نور از نزدیکی یک سیاهچاله می‌گذرد، سرعت آن افزایش نمی‌یابد بلکه مسیر حرکت آن به شکل منحنی در می‌آید.[۱۶،۲۱،۲۲،۳۱،۳۲] (شکل۹) اخترشناسان، این خمش نور را مستقیماً در اطراف اجسام پرجرم در فضا[۱۶،۲۱] و یا در پدیده‌ای به نام لنز گرانشی[۲۱،۳۲،۳۳،۳۴] مشاهده کرده‌اند.

شکل ۹
سقوط امواج نوری در یک چاه پتانسیل گرانشی، با توجه به مفهوم شتاب در تغییر جهت نور

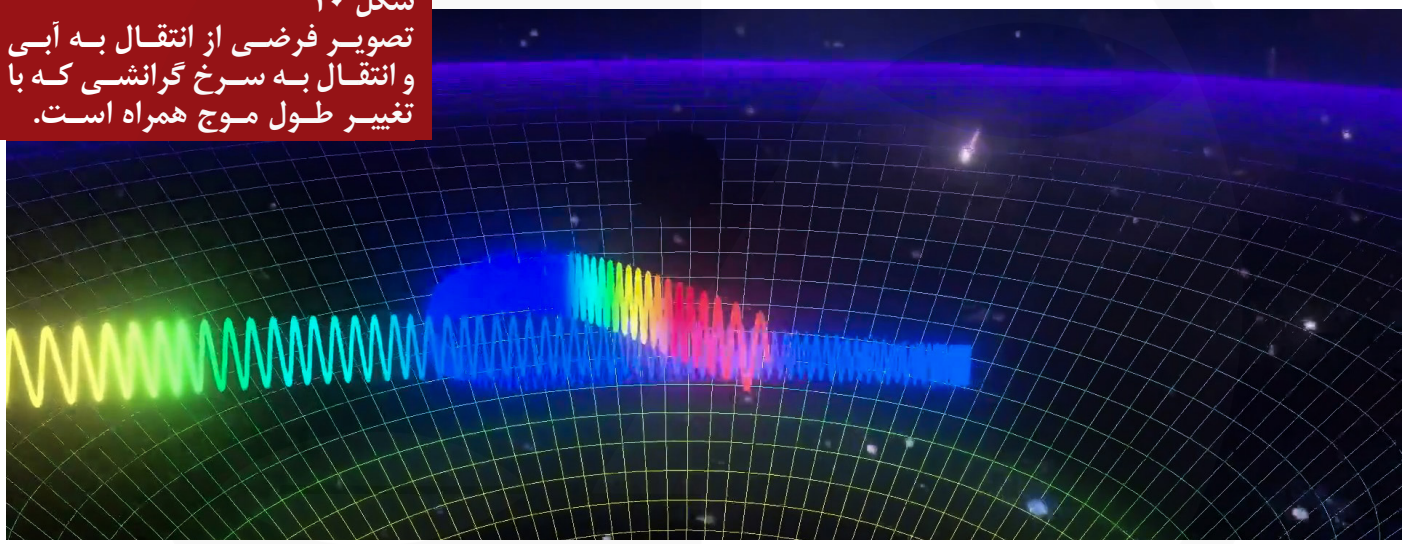


انتقال به سرخ و آبی گرانشی از دیدگاه نظریهٔ نسبیت

نسبیت عام انیشتین پیش‌بینی می‌کند که طول موج تابش الکترومغناطیسی با فرار از یک چاه پتانسیل گرانشی از دید ناظری که در فاصلهٔ بی‌نهایت از یک سیاهچاله قرار دارد، افزایش می‌یابد.[۹] چاه پتانسیل گرانشی، میدان گرانشی قدرتمندی است که در نتیجهٔ خمش فضا-زمان در اطراف اجسام ثقیل به سبب جرم آنها ایجاد می‌شود[۳۵,۳۶] و زمانی که فوتون‌ها به دام چنین میدانی افتاده باشند، برای فرار از آن نیاز به صرف انرژی دارند.[۱۶]

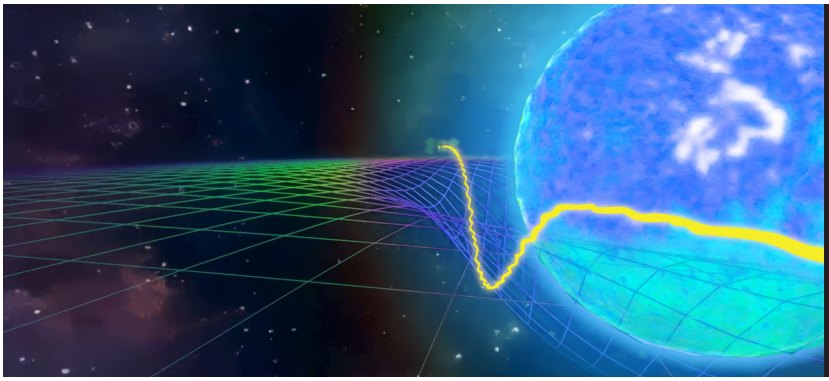
جهت توضیح بیشتر این موضوع ابتدا باید بدانیم که حرکت امواج الکترومغناطیسی همانند هر حرکتی دارای سرعت، جهت و فرکانس مشخص است. از طرفی همانطور که پیش‌تر اشاره شد، نظریهٔ نسبیت چنین بیان می‌کند که اگر پرتو نوری به دام میدان گرانشی یک سیاهچاله بیافتد، نیروی گرانشی وارد شده باعث افزایش انرژی و شتاب نور می‌شود.[۳۱] این افزایش شتاب طبیعتاً باید افزایش سرعت نور را رقم بزند. اما اگر سرعت نور را در محیط خلاء ثابت در نظر بگیریم، چنین امری نمی‌تواند اتفاق بیافتد. بنابراین، این‌گونه نتیجه گرفته می‌شود که افزایش شتاب، تغییر جهت و تغییر فرکانس نور را به همراه می‌آورد.[۱۶,۲۱,۲۲,۳۱,۳۲] بر این اساس، پرتو نور در حین فرار از میدان گرانشی یک سیاهچاله انرژی صرف می‌کند و از شتاب آن کاسته می‌شود. از آنجاییکه سرعت نور در محیط خلاء ثابت در نظر گرفته می‌شود، این کاهش انرژی منجر به تغییر فرکانس آن پرتو می‌گردد. به بیان دیگر با کاهش انرژی، فرکانس نور طبق رابطه پلانک[۳۷] کاهش پیدا می‌کند که با افزایش طول موج فوتون‌ها یا همان جابجایی به انتهای قرمز طیف الکترومغناطیسی همراه است. به همین جهت این پدیده، انتقال به سرخ گرانشی «Gravitational Redshift» نام گرفته است.[۱۳,۱۶,۲۱,۳۱] برعکس این روند نیز صادق است؛ به طوری‌که طول موج فوتون‌هایی که به سمت مرکز یک چاه پتانسیل گرانشی سقوط می‌کنند، با افزایش انرژی و افزایش فرکانس، کاهش می‌یابد. در چنین حالتی، انتقال به آبی گرانشی «Gravitational Blueshift» صورت می‌گیرد.[۲۱,۲۲] (شکل ۱۰)

شکل ۱۰
تصویر فرضی از انتقال به آبی و انتقال به سرخ گرانشی که با تغییر طول موج همراه است.



شایان ذکر است که دانشمندان تاکنون این اثرات را به سبب فواصل بسیار زیاد، در هیچ سیاهچاله‌ای به طور مستقیم ردیابی نکرده‌اند؛ اما با مشاهدهٔ میادین گرانشی عظیم در اطراف اجسام ثقیل، توانسته‌اند انتقال به سرخ و آبی گرانشی را آشکار کنند. به عنوان مثال، می‌توان به بررسی امواج کاوشگرهایی که از مدار سیارات منظومهٔ شمسی به سمت زمین ارسال می‌شوند، اشاره کرد. به طوریکه آشکارسازی این امواج درحین عبور از پیرامون خورشید، آثار انتقال به سرخ گرانشی را نشان می‌دهد.[۳۸,۳۹] همچنین می‌توان این موضوع را در کوتولهٔ سفید به نام Sirius B، [۴۰,۴۱,۴۲,۴۳] با میدان گرانشی چندین هزار برابر قویتر از زمین،[۴۲] بررسی کرد. اگرچه میدان گرانشی Sirius B بزرگ به نظر می‌رسد، اما در مقایسه با میدان گرانشی سایر اجسام ثقیل‌تر همانند سیاهچاله‌ها، نسبتاً ضعیف می‌باشد.[۴۲] (شکل ۱۱)

شکل ۱۱
تصویر انتزاعی از مفهوم انتقال به سرخ گرانشی حین فرار از چاه گرانشی ایجاد شده توسط Sirius B



اخترفیزیکدانان انتقال به سرخ گرانشی را با معادلهٔ $z \sim \frac{GM}{rc^2}$ تقریب می‌زنند.[۱۶] در این معادله، z میزان انتقال به سرخ گرانشی، G ثابت گرانشی نیوتن که تقریبا معادل $6.674 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$ می‌باشد، M جرم جسم و r فاصلهٔ فوتون از جرم M است. همچنین، برای تشعشعات الکترومغناطیسیِ ساطع شده از یک میدان گرانشی قوی مانند سطح یک ستارهٔ نوترونی، یا نواحی نزدیک به افق رویداد یک سیاهچاله، انتقال به سرخ گرانشی می‌تواند بسیار بزرگتر باشد که در این صورت، توسط معادلهٔ $1 + z = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}}$ به دست می‌آید.[۱۶،۳۱] (شکل ۱۲)

شکل ۱۲
تصویر انتزاعی از انتقال به سرخ گرانشی نور حین فرار از چاه گرانشی ایجاد شده توسط یک ستاره نوترونی (مقیاس خمش فضا-زمان در این تصویر به صورت فرضی میباشد)

حال اگر بر فرض مثال ناظری در شعاع مشخصی به دور یک سیاهچاله بچرخد،[۳۲] امواج الکترومغناطیسی را که به سمت سیاهچاله حرکت می‌کنند، با طول موجِ کوتاه‌تر از حد معمول مشاهده می‌کند. چراکه با توجه به توضیحات قبلی، حرکت پرتو نور در نزدیکی یک سیاهچاله با افزایش انرژی، فرکانس و شتاب همراه است. همچنین اگر ناظر به سمت مرکز سیاهچاله سقوط کند[۳۲] در نگاه به پشت سر خود، انتقال به سرخ امواج عبوری و در نگاه رو به جلو در مسیر سقوط، انتقال به آبی امواج عبوری را رویت خواهد کرد. به عبارت دیگر، فوتون‌هایی که به سمت سیاهچاله گسیل می‌شوند و از افق رویداد به سمت مرکز جرم آن عبور می‌کنند، انتقال به آبیِ بی‌نهایت را تجربه خواهند کرد.[۳۲] این موضوع بدین معنی است که انرژی فوتون‌ها به اندازهٔ بی‌نهایت، افزایش پیدا می‌کند.[۳۲] لازم به ذکر است که افق رویداد، شعاعی مشخص در اطراف یک سیاهچاله نسبت به مرکز جرم آن است، به طوری‌که کمتر از آن فاصله هیچ فوتونی نمی‌تواند به بیرون گسیل پیدا کند و ردیابی شود.[۱۶،۲۱،۳۱،۳۲]

برای درک رفتار پرتو نور در اطراف سیاهچاله، می‌توان از مثال حرکت ماهواره در مدار زمین کمک گرفت. در واقع می‌توان چنین بیان کرد که پرتو نور می‌تواند همانند یک ماهواره که به دور زمین می‌چرخد، در مداری حول سیاهچاله حرکت کند. با این تفاوت که ماهواره با تغییر در سرعت خود قادر به چرخش در فواصل مختلف از زمین است، اما نور تنها می‌تواند در فاصلهٔ مشخصی از سیاهچاله و به دور از افق رویداد آن، در حال حرکتِ پایدار باشد. چراکه اگر نور از افق رویداد عبور کند، به مرکز سیاهچاله سقوط خواهد کرد.[۳۲] ازطرفی همانطور که پیش‌تر بیان شد، مسیر نور به سبب گرانش بالای سیاهچاله دچار خمش می‌شود. نکتهٔ مهم این است که سرعتِ چرخشِ ماهواره به دور زمین با سرعت نور به دور سیاهچاله متفاوت است؛ چراکه با سقوط ماهواره در جو زمین، انرژیِ پتانسیل گرانشیِ آن به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود و سرعت ماهواره افزایش می‌یابد. در حالیکه از دیدگاه نسبیت، سقوط نور به سمت مرکز یک سیاهچاله با سرعت ثابت c [۱،۶،۱۰] رخ می‌دهد و دچار افزایش یا کاهش نمی‌شود.[۳۲]

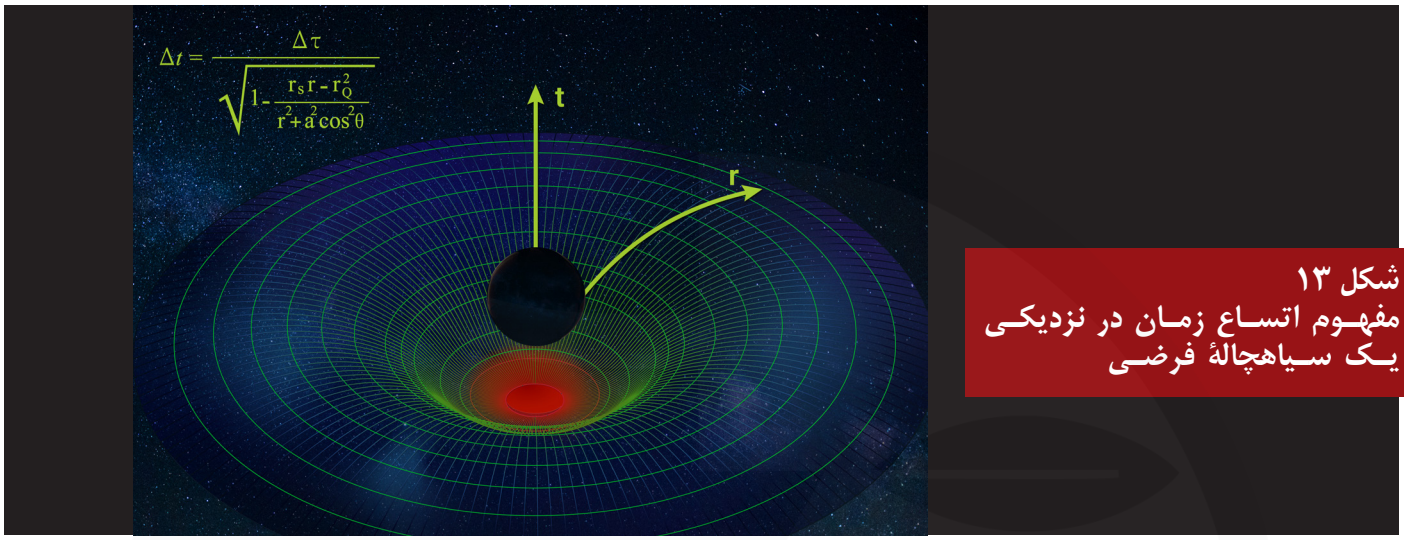
زمان در نظریهٔ نسبیت

از دیدگاه نسبیت، اتساع زمان در نزدیکی یک سیاهچاله، پدیده‌ای است که به دلیل میدان گرانشی قوی آن رخ می‌دهد.[۱۶،۲۲] یکی از راه‌های درک این موضوع، استفاده از مفهوم فضا-زمان به عنوان یک هندسهٔ چهار بعدی است. همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد، فضا-زمان در اطراف اجسام پرجرم دچار خمش می‌شود؛ به گونه‌ای که فاصله بین نقاط و جهت آنها، تغییر می‌کند. این خمش، در اندازه‌گیری بُعد زمان و مکانِ نزدیک به سیاهچاله اثر می‌گذارد. به عنوان مثال، اگر دو ساعتِ همگام را در نظر بگیریم که در فواصلِ شعاعیِ مختلفِ یک میدان گرانشی بسیار قوی قرار داده شده باشند و فرضا یک ناظر در فاصلهٔ بسیار زیاد در حال نظارت این دو باشد متوجه می‌شود که ساعتی که در شعاع نزدیک‌تری به مرکزِ جرمِ میدانِ گرانشی قرار می‌گیرد، کندتر از ساعتی کار می‌کند که دورتر از مرکز جرم است.[۲۱] به این دلیل که فضا-زمان، از دیدگاه نسبیت، در فواصل نزدیک به مرکز میدان گرانشی، بیشتر از فواصل بیرونی آن خمیده شده است.[۳۳،۳۵]

میزان اتساع زمان در نزدیکی یک سیاهچاله به اندازه و خواصی همانند جرم، بار و چرخش آن سیاهچاله بستگی دارد. همچنین محاسبهٔ اتساع زمانی برای یک سیاهچالهٔ متقارن کروی و غیرچرخشی که به سیاهچالهٔ شوارتزشیلد[۱۶،۲۱،۳۱] معروف است، از طریق معادلهٔ $T = t\sqrt{1 - \frac{Rs}{r}}$ انجام می‌شود.[۱۶،۲۲] در این معادله، T زمان اندازه‌گیری شده توسط یک ناظرِ بسیار دور از سیاهچاله، t زمان اندازه‌گیری شده توسط یک ناظر در نزدیکی سیاهچاله، $\mathrm{R}s$ شعاع شوارتزشیلد سیاهچاله و درنهایت r فاصلهٔ ناظر از مرکز سیاهچاله می‌باشد. شعاع شوارتزشیلد نیز در این نوع از سیاهچاله توسط معادلهٔ $Rs = \frac{2GM}{c^2}$ به دست می‌آید.[۱۶،۲۲،۳۱]

مطابق روابط فوق، با نزدیک شدن r به Rs، که به آن افق رویداد سیاهچاله نیز گفته می‌شود، T به بی‌نهایت، نزدیک می‌شود. این بدان معنی است که ناظری که در فاصلهٔ بسیار زیادی از سیاهچاله

قـرار دارد، هرگـز نمی‌توانـد پرتـو نـور یـا ذره‌ای را کـه از افـق رویـداد گـذر کـرده و بـه سـمت مرکـز سـیاهچاله در حـال حرکـت اسـت، مشـاهده کنـد. [۲۲] زیـرا چنیـن رویتـی نیـاز بـه زمـان بی‌نهایـت دارد. امـا ناظـری کـه در یـک سـیاهچاله سـقوط می‌کنـد از دیـد خـود، در مـدت زمـان محـدودی از افـق رویـداد عبـور می‌کنـد و هیـچ تغییـر ناگهانـی در سـاعت را متوجـه نخواهـد شـد.[۲۲] بـه طـور کل از دیـدگاه نظریـهٔ نسـبیت، ایـن موضـوع نشـان می‌دهـد کـه اتسـاع زمـان مفهومـی نسـبی اسـت و بـه چارچـوب مرجـع بسـتگی دارد. (شـکل۱۳)



شکل ۱۳
مفهـوم اتسـاع زمـان در نزدیکـی یـک سـیاهچالهٔ فرضـی

فضا، زمان و گرانش از دیدگاه کیهان شناسی شعوری

– فضا و میدان گرانشی

بـر اسـاس دیـدگاه کیهان‌شناسـی شـعوری، اصـول پایـه در کیهـان شـامل حرکـت طولـی، فضـا، زمـان طولـی و مـوج می‌باشـد. از ایـن جهـت بـه آنهـا اصـل گفتـه می‌شـود کـه هیچـگاه در کیهـان بـه صفـر نمی‌رسـند. حرکـت عرضـی، گرانـش – زمـان عرضـی، و دمـا نیـز فـرع بـه حسـاب می‌آینـد، چـرا کـه در طـول افزایـش حجـم کیهـان در نوسـان بـوده و در انتهـای واگـرد فضـا بـه صفـر می‌رسـند.

بـا بیـان ایـن اصـول، فضـا این‌گونـه تعریـف می‌شـود کـه نـه تنهـا بـه عنـوان یـک اصـل، بسـتری اسـت کـه تمـام رخدادهـای کیهـان در آن اتفـاق می‌افتـد، بلکـه دارای غلظـت نیـز می‌باشـد. مقادیـر مختلـف ایـن غلظـت منجـر بـه تشـکیل مـادهٔ تاریـک و انـرژی تاریـک در داخـل کیهـان می‌شـود، یعنـی فضـا هماننـد یـک سـیال عمـل می‌کنـد و ویسـکوزیته‌های مختلفـی دارد.

تفـاوت ویسـکوزیتهٔ فضـا بـا ویسـکوزیتهٔ سـیالات دیگـر در سـاختار آن می‌باشـد. بدیـن صـورت کـه غلظـت ایجـاد شـده در فضـا، حاصـل مـادهٔ معمولـی یـا همـان ذرات بنیادیـن نیسـت، بلکـه فضـا دارای سـاختار تـوری ماننـد اسـت کـه خاصیـت اتسـاع و انقبـاض دارد و می‌توانـد در هـم تنیـده شـود. از طرفـی نیـز افزایـش ویسـکوزیتهٔ فضـا، رابطـهٔ مسـتقیم بـا جـرم مـادهٔ معمولـی دارد کـه در بسـترِ ایـن تـوریِ بـه هـم پیوسـته، تشـکیل شـده اسـت. در حیـن تشـکیل جـرم، فضـا در اطـراف آن منقبـض شـده و ویسـکوزیتهٔ توری‌هـای فضـا نسـبت بـه حالـت نرمـال خـود یعنـی حالتـی کـه هیـچ تنـش و استرسـی بـه آن وارد نشـده اسـت، بالاتـر مـی‌رود. از ایـن رو، ویسـکوزیتهٔ فضـا در اطـراف کوچکتریـن ذرات بنیادیـن تـا بزرگتریـن سـاختارهای جهـان هماننـد شـبکهٔ عظیـم کیهانـی، بـه ترتیـب از کـم بـه زیـاد متغیـر اسـت.

بـا ایـن اوصـاف، منشـاء تشـکیل مـادهٔ تاریـک و یـا حتـی انـرژی تاریـک عـلاوه بـر پوسـتهٔ کیهـان کـه قبـلا در نظریـهٔ جداگانـه بـه آن اشـاره شـد، اجـرام درون کیهانـی نیـز هسـتند کـه بـه فضـا تنـش یـا اسـترس وارد می‌کننـد. همچنیـن ایـن دیـدگاه ماهیـت انـرژی تاریـک را ویسـکوزیتهٔ کـم فضـا و مـادهٔ تاریـک شـناخته شـده در کیهان‌شناسـی رایـج را ویسـکوزیتهٔ بـالای فضـا در نظـر می‌گیـرد، نـه ذرات فرضـی کـه در فیزیـک نظـری بـه عنـوان کاندیـد معرفـی شـده‌اند. خـود ویسـکوزیتهٔ فضـا نیـز بـه نوبـهٔ خـود رابطـهٔ مسـتقیم بـا میـزان میـدان گرانشـی ایجـاد شـده دارد.

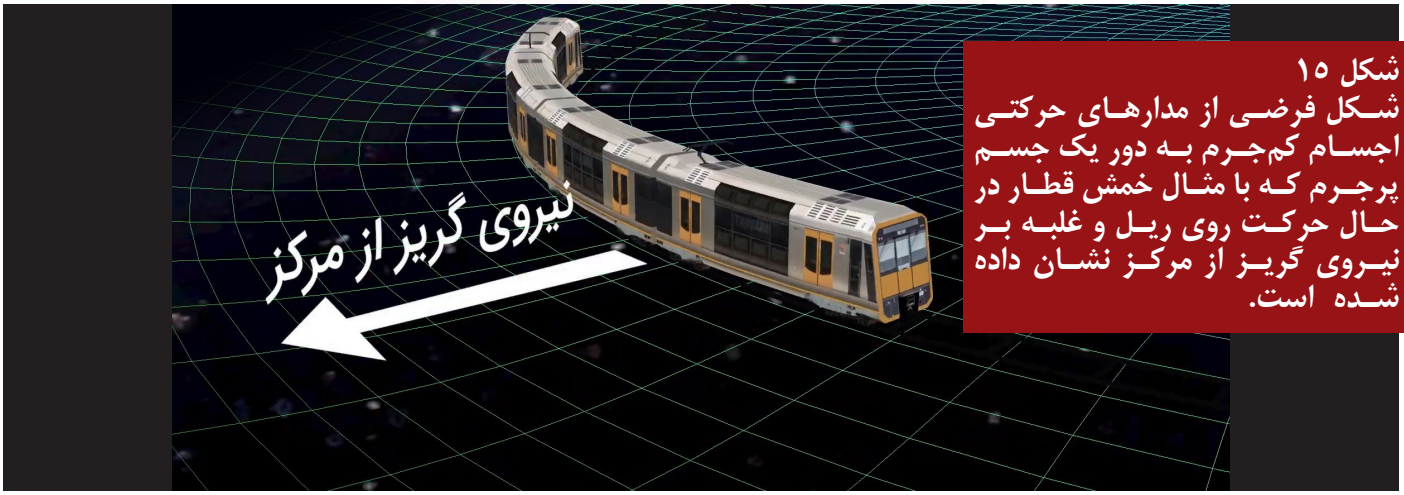
بنابرایـن گرانـش از دیـدگاه کیهان‌شناسـی شـعوری میدانـی اسـت کـه در اثـر انقبـاض توری‌هـای فضـا کـه توسـط جـرم مـادهٔ روشـن یـا همـان معمولـی دچـار تنـش یـا اسـترس شـده‌اند، بـه وجـود می‌آیـد. بـه عبارتـی هرجـا جرمـی مشـاهده شـود و یـا دو مـوج غیرمتراکـم بـه هـم برخـورد کننـد و منجـر بـه تشـکیل ذرات شـوند، بـر حسـب میـزان جـرم تشـکیل شـده کـه حاصـل برخـورد ایـن دو مـوج می‌باشـد، انـرژی تاریـک و یـا مـادهٔ تاریـک بـا ویسـکوزیته‌های متفـاوت بـه صـورت ۳۶۰ درجـه در اطـراف آن جـرم بـه وجـود می‌آینـد کـه نتیجـهٔ آن میدانـی اسـت بـه نـام میـدان گرانشـی کـه شـعاع آن میـدان از مرکـزِ جـرمِ مـادهٔ معمولـی

شروع شده و تا مرز بین فضای منقبض شده و فضای نرمال که بدون تنش یا استرس می‌باشد ادامه پیدا می‌کند. در نتیجه منشاء گرانش، مادهٔ معمولی یا همان باریونی بوده که آن نیز به نوبه خود با ایجاد ویسکوزیته در فضا باعث ایجاد میدان گرانشی می‌شود. یعنی می‌توان گفت که میزان نیروی گرانشی رابطهٔ مستقیم با میزان مادهٔ تاریک یا انرژی تاریک در اطراف جرم مادهٔ معمولی یا همان روشن دارد. همچنین کیهان شناسی شعوری بیان می‌کند که ماده و انرژی تاریک دارای جرم هم‌ارز درمقایسه با جرم مادهٔ معمولی هستند. (شکل۱۴) (تشکیل ذرات بنیادین که از برخورد امواج غیر متراکم به وجود می‌آیند از نظریات جدید کیهان‌شناسی شعوری است که در مبحثی جداگانه به آن پرداخته خواهد شد.)

شکل ۱۴
مادهٔ تاریک و انرژی تاریک (میزان متفاوت ویسکوزیته فضا) در نزدیکی اجسام پرجرم

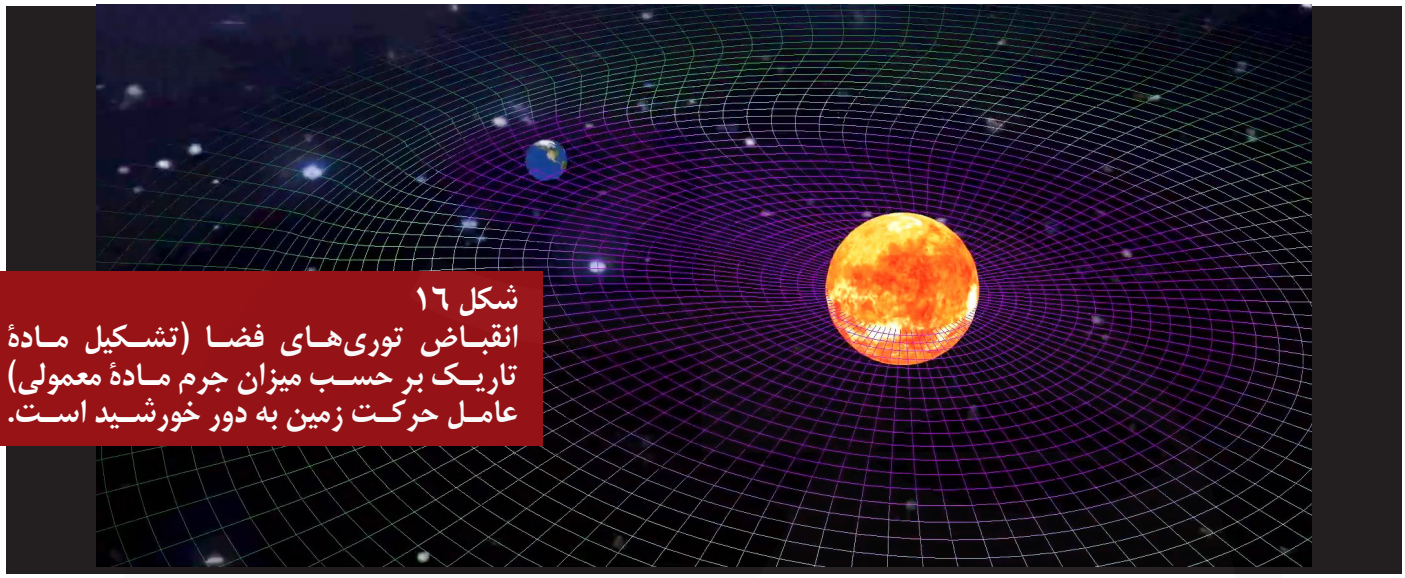
- رابطهٔ ویسکوزیتهٔ فضا با نحوهٔ حرکت اجرام

نیروی گرانش که در اثر انقباض فضا ایجاد شده است، باعث تغییر یا تثبیت مسیر اجرام نیز می‌شود. یعنی توری‌های فضا در یک منظومه که دارای ابرجرم مرکزی می‌باشد و تعدادی از اجرام به دور آن در حال گردش هستند، همانند ریل قطاری که در حین حرکت مسیرِ خمیده در جهت خلاف نیروی گریز از مرکز مقاومت می‌کند و قطار را در مسیر خود حفظ می‌کند، عمل کرده و به واسطه انقباضِ ناشی از گرانشِ ابرجرم مرکزی، انرژی تاریک و ماده تاریک را تشکیل می‌دهد. هر یک از این دو نوع ماده و انرژی تاریک که همان ویسکوزیته‌های متفاوتی از فضا هستند، به نوبهٔ خود باعث تثبیت حرکت اجرام سماوی می‌شوند. به عبارتی ویسکوزیتهٔ فضا دارای ساختاری است که حرکت اجرام از آن تبعیت می‌کنند. (شکل۱۵)



شکل ۱۵
شکل فرضی از مدارهای حرکتی اجسام کم‌جرم به دور یک جسم پرجرم که با مثال خمش قطار در حال حرکت روی ریل و غلبه بر نیروی گریز از مرکز نشان داده شده است.

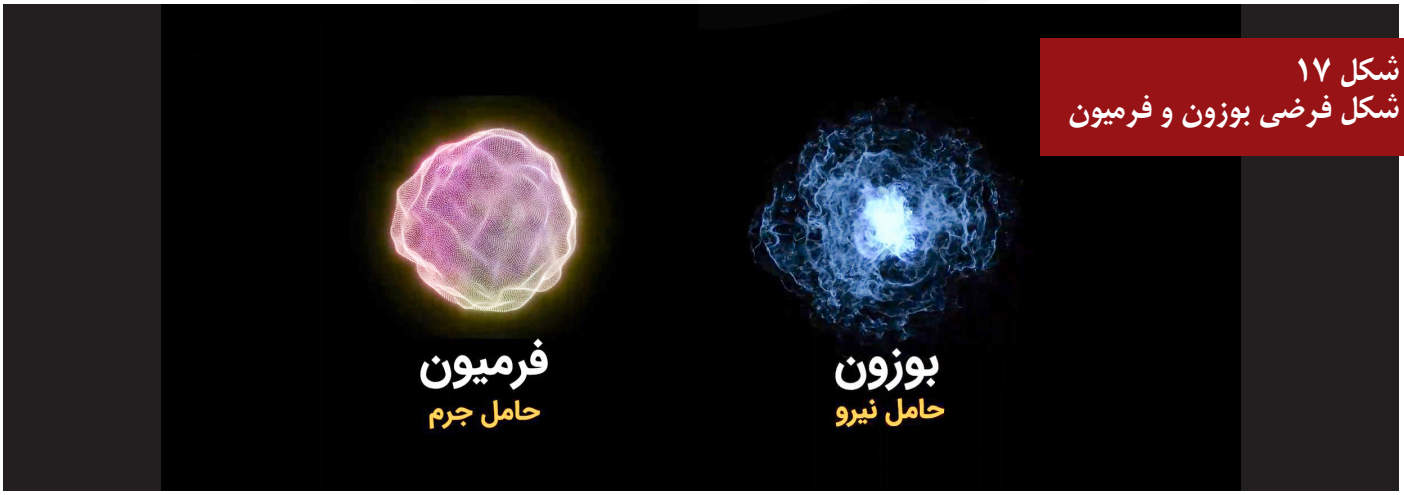
در این مثال، فرم و حالت جذب شدن مادهٔ تاریک در اطراف اجرام سماوی بسیار حائز اهمیت است. چرا که فرم جمع شدگی فضا یکی از دلایلی است که باعث حفظِ چرخشِ اجسامِ کم‌جرم در مدار اجسام پرجرم بوده و مانع از فرار آنها می‌شود. درصورتی که نظریهٔ نسبیت، خمش فضا-زمان را عامل حفظ این نوع حرکت می‌داند. اما از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری، نه تنها انحنای فضا یا چاه گرانشی عامل حفظ این نوع حرکت نیست، بلکه نحوهٔ شکل‌گیری و جمع‌شدگی توری‌های فضا به صورت مدارهای مختلف به دور اجسام کلان جرم، عامل حفظ و حرکت اجسام کم جرم بر روی آن مدار می‌شود، که آن هم متناسب با تبدیل توری‌ها به مادهٔ تاریک در اطراف اجسام پرجرم و یا انرژی تاریک در اجسام کم‌جرم می‌باشد. (شکل۱۶)



شکل ۱۶
انقباض توری‌های فضا (تشکیل مادهٔ تاریک بر حسب میزان جرم مادهٔ معمولی) عامل حرکت زمین به دور خورشید است.

- مدل استاندارد ذرات بنیادین

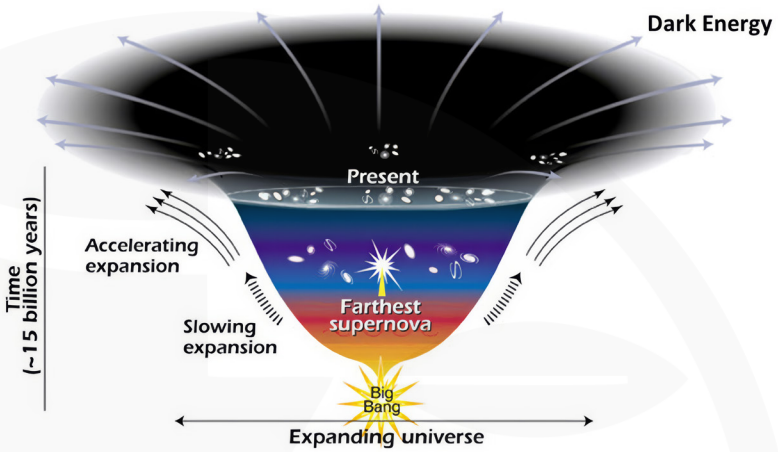
از منظر مدل استاندارد ذرات بنیادی (The Standard Model of Particle Physics)، همهٔ ذرات در طبیعت را می‌توان بسته به نحوهٔ چرخش آنها تحت شرایط مکانیک کوانتومی که ممکن است ساعتگرد یا پاد ساعتگرد باشد، به دو دستهٔ بوزون‌ها که ذرات حامل نیرو بوده و دارای اسپین در مقادیر صحیح (۰، ۱، ۲ و ...) می‌باشند و فرمیون‌ها که ذرات حامل جرم هستند و دارای چرخش در مقادیرِ نیمه صحیح فرد یعنی ($\frac{1}{2}$، $\frac{3}{2}$، $\frac{5}{2}$، ...) می‌باشند، تقسیم‌بندی کرد.[۴۴] (شکل۱۷) در کل از دیدگاه فیزیکدانان، برخی از ذراتِ حامل نیرو همانند فوتون و گلئون، جرم سکون صفر دارند و یکی از میدان‌های نیرو را با سرعت نور منتقل می‌کنند.[۴۵،۴۶] اما از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری اگر بر چیزی نام ذره نهاده شود، قطعا دارای جرم خواهد بود و ذراتی که جرم دارند قادر به حرکت با سرعت نور نیستند، بنابراین میدان‌های نیرو توسط امواج منتقل می‌شوند نه ذرات. به عبارتی امواج گرانشی که در علم رایج مطرح می‌شود از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری موج‌گونه نیست (فرکانس صفر) و به صورت غیر فرکانسی یا همان خطی توسط جرم مرکزی به واسطهٔ تراکمی که در توریهای فضا ایجاد میکند به جرم پیرامون منتقل شده و آن را در مدار چرخشی حفظ میکند و هیچ ذرهٔ فرضی (همانند گراویتون) حامل این نیرو نمی‌باشد. به عبارتی، خود توریهای فضا و گرانش، جزء بخش غیر فرکانسی کیهان میباشند که در مبحث جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل ۱۷
شکل فرضی بوزون و فرمیون

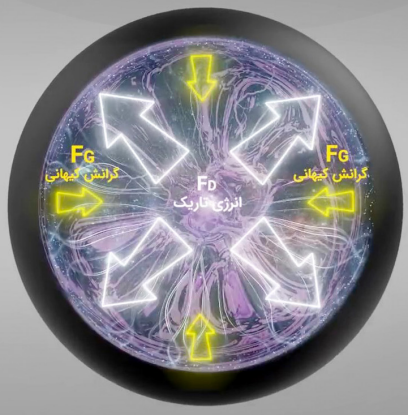
- انرژی تاریک و انبساط کیهان

کیهان‌شناسان با استناد بر مدل استاندارد کیهان‌شناسی، پوسته‌ای برای کیهان در نظر نمی‌گیرند و بیان می‌کنند که جهان همسانگرد بوده و در حال انبساط است و از طرفی انرژی تاریک[۴۷] را نیز نیروی مقابل گرانش در نظر می‌گیرند. همسانگردی نشان می‌دهد که اگر هر ناظری، کهکشان‌های دوردست را رویت کند، درمی‌یابد که کهکشان‌ها به طور متوسط با سرعتی متناسب با فاصله‌ای که وابسته به ناظرشان است، از یکدیگر دور می‌شوند.[۴۸،۴۹] این موضوع به عنوان قانون هابل[۴۷] شناخته می‌شود. همچنین جهان جهت یا مرکز ترجیحی ندارد.[۵۰] علت استفاده از واژهٔ انرژی تاریک در کیهان‌شناسی رایج به این دلیل است که با ایجاد فشار منفی باعث انبساط شتابدار جهان می‌شود.[۴۷،۵۱] همچنین تاریک بودن آن نیز به دلیل مشخص نبودن ذرات سازندهٔ آن از این دیدگاه است که همچنان دانشمندان در این زمینه در حال تحقیق و بررسی می‌باشند. (شکل۱۸)



شکل ۱۸
انبساط شتابدار کیهان در دوره فعلی کیهان و انرژی تاریک به عنوان عامل پیشران آن، که با بردارهای طوسی رنگ نشان داده شده است.
Credits: Anne Field, public domain

اما کیهان‌شناسی شعوری در درجهٔ اول ماهیت انرژی تاریک را همان طور که قبلا بیان شد، انقباض توری‌های فضا معرفی می‌کند که دارای ویسکوزیتهٔ کمتری نسبت به مادهٔ تاریک می‌باشد. در نتیجه هر جا انرژی تاریک مشاهده شود باید به دنبال ردپای جرم ایجاد کنندهٔ آن که همان مادهٔ معمولی می‌باشد نیز بود. با این تعریف حتی کوچکترین ذرات بنیادین در اطراف خود دارای انرژی تاریک می‌باشند. همچنین در حوالی سیاهچاله‌ها که پرجرم‌ترین اجرام کیهان به حساب می‌آیند بعد از مادهٔ تاریک که شعاع معینی از آن را در برگرفته است، انرژی تاریک وجود دارد. از طرفی دیگر، مدل کیهانی که در کیهان‌شناسی شعوری معرفی می‌شود کیهان کروی ایزوله شده با پوسته می‌باشد. پوستهٔ کیهان با روند تجزیهٔ مادهٔ تاریکِ تاریک و آزادسازی فضا مدام در حال تزریق انرژی تاریک به درون جهان ایزوله شده می‌باشد. خود این امر عامل ایجاد فشار مثبت در دل کیهان کروی است و با توجه به خاصیت کشسانی پوسته، انرژی تاریک با اعمال فشار از درون کره نه تنها باعث افزایش حجم کیهان می‌شود بلکه با کاهش ضخامت پوستهٔ کیهان این افزایش حجم، فراتر از سرعت نور مدام در حال شتاب گرفتن می‌باشد. در نتیجه انرژی تاریک دارای فشار منفی نیست، بلکه با ایجاد فشار مثبت در کیهان کرویِ دارای پوسته، یکی از عوامل افزایش حجم و شتاب در این روند می‌شود. (شکل۱۹)



شکل ۱۹
فشار مثبت انرژی تاریک در برابر نیروی گرانش، عامل افزایش حجم جهان در مدل کیهان کروی

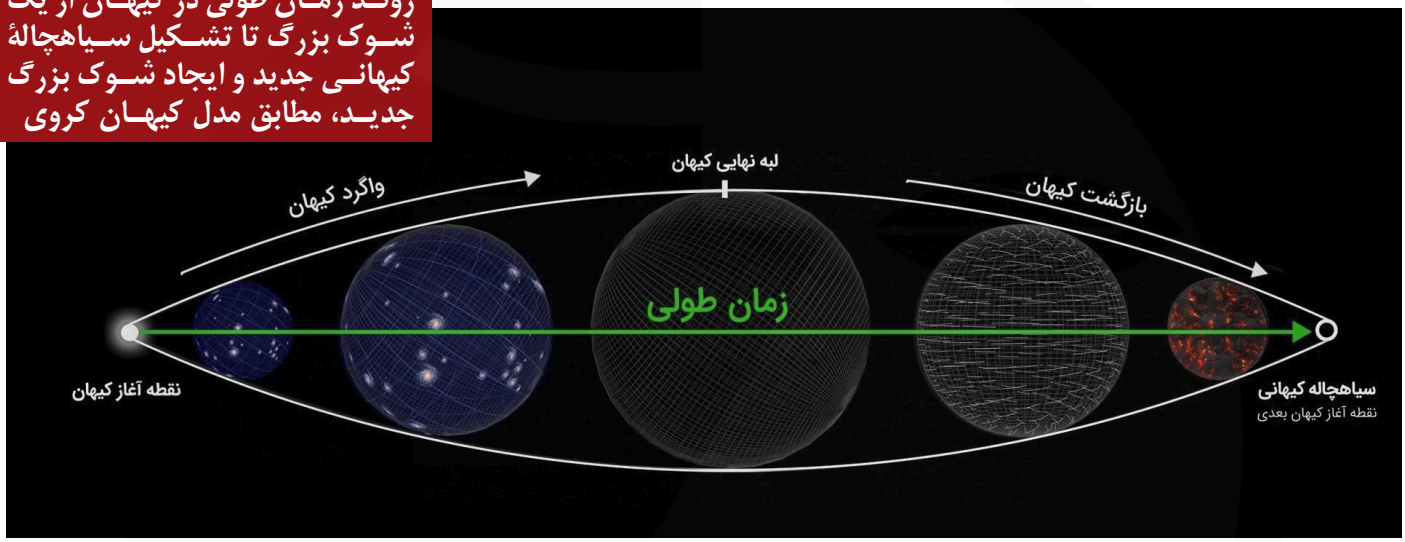
- زمان و انواع آن

نگاه کیهان‌شناسی شعوری به مقولهٔ زمان با نگاه فیزیک کلاسیک و نظریهٔ نسبیت متفاوت می‌باشد. این دیدگاه نه تنها زمان را به عنوان یک بُعد در نظر نمی‌گیرد بلکه آن را به انواع کلی زمان طولی و زمان عرضی تقسیم بندی می‌کند.

۱- زمان طولی: به زمانی گفته می‌شود که از یک شوک بزرگ (بیگ بنگ) در لحظهٔ تولد کیهان، تا شوک بزرگ بعدی که شامل واگرد کامل یا نهایی فضا و سپس بازگشت کیهان که باعث تشکیل سیاهچالهٔ کیهانی جدید در نقطه‌ای جدید می‌شود ادامه می‌یابد. بازهٔ این نوع زمان، همواره مابین صفر تا بی‌نهایت می‌باشد، با این تاکید که نه صفر می‌شود و نه بی‌نهایت. زمان طولی نه تنها تحت تاثیر وقایع و اجرام درون کیهانی نیست بلکه با مفهوم اتساع زمانی که در نظریهٔ نسبیت بیان می‌شود نیز تطابق ندارد و با معیارهای استانداردِ زمانیِ سنجش که همان تیک تاک ساعت با هر اشلی همانند ثانیه، میلی ثانیه و ... است، بیان می‌شود. در واقع زمان طولی صرفا بازهٔ زمانی معین در روند زندگی یا چرخهٔ عمر کیهان از یک شوک بزرگ تا تشکیل سیاهچالهٔ کیهانی جدید است. (شکل ۲۰)

۲- زمان عرضی: این نوع زمان نسبی بوده و عملکردهای مختلفی را نسبت به اجزاء و یا وقایع از خود نشان می‌دهد که به انواع نیروی زمان آنتروپیایی خاص، نیروی زمان آنتروپیایی عام و زمان لحظه‌ای واگرد کیهان تقسیم‌بندی می‌شود.

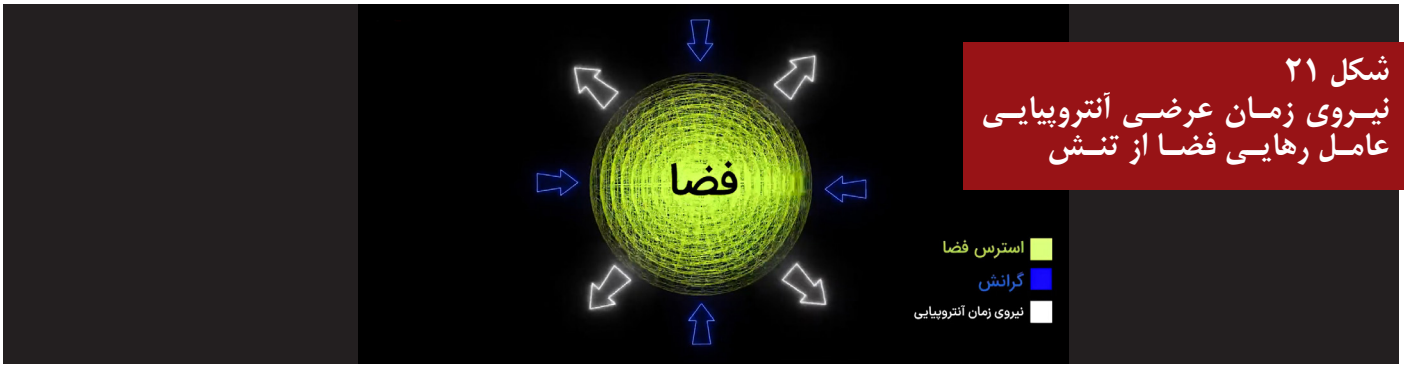
شکل ۲۰
روند زمان طولی در کیهان از یک شوک بزرگ تا تشکیل سیاهچالهٔ کیهانی جدید و ایجاد شوک بزرگ جدید، مطابق مدل کیهان کروی



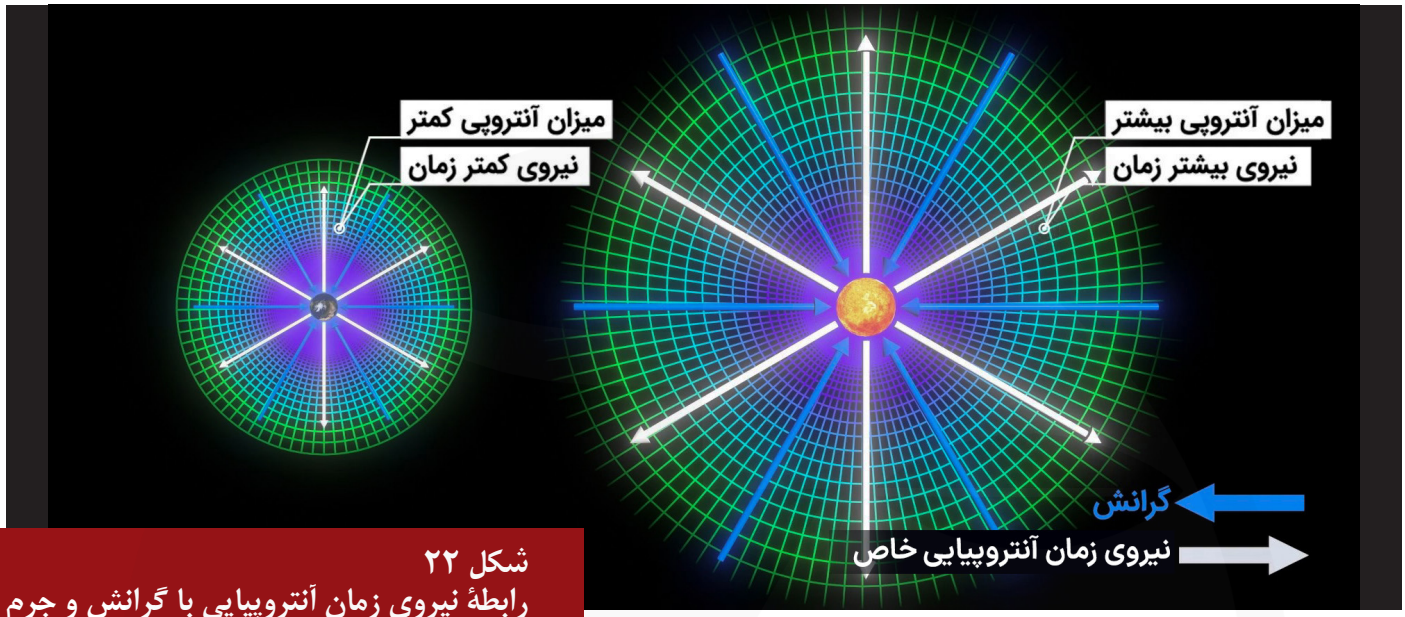
نیروی زمان آنتروپیایی خاص

در تعریف کلی این نوع زمان می‌توان چنین بیان کرد که به عنوان نیرو در جهت اضمحلال جرم و رهاسازی فضا از هرگونه تنش و یا استرس که توسط آن جرم و گرانشِ حاصل از آن صورت گرفته است، عمل می‌کند. به بیانی زمانی که جرمی تشکیل می‌شود، نیروی گرانش را با خود به همراه می‌آورد که به موازات، زمان آنتروپیایی نیز به عنوان یک نیرو بر ضد گرانش در جرم به وجود می‌آید. بدین صورت که گرانش تمایل به حفظ جرم و نیروی زمان آنتروپیایی تمایل به واپاشی جرم دارد. برای توضیح بهتر این موضوع می‌توان از مثال فنری که در حال فشرده شدن است استفاده کرد. با فشرده شدن فنر، همزمان انرژی کشسانی یا همان انرژی پتانسیل مکانیکی در آن ذخیره می‌شود و با آزاد سازی فنر این انرژی تبدیل به انرژی جنبشی می‌شود.[۵۲] با توجه به این توضیحات زمان آنتروپیایی نیز همزمان با تشکیل جرم، به شکل نیرو در جهتِ خلاف گرانش، از مرکز جرم به سمت بیرون اعمال می‌شود تا با اضمحلال آن، خود فضا را از تنش رها کند. (شکل ۲۱)

شکل ۲۱
نیروی زمان عرضی آنتروپیایی عامل رهایی فضا از تنش



بنابراین این نوع زمان مختص به هر جرم است که از کوچکترین ذرات بنیادین تا بزرگترین اجرام سماوی را در بر می‌گیرد و اثرگذاری آن برای امواج الکترومغناطیسی که جرمی ندارند، صفر است. نیروی زمان آنتروپیایی همانند یک بردار دارای جهت و اندازه است، بنابراین کمیت‌های آن بسته به میزان نیروی گرانش و میزان جرم متغیر بوده و در همهٔ جهات از مرکز جرم به سمت بیرون در راستای واپاشی آن اعمال می‌شود. به عبارتی چون این نیرو در اجسام پرجرم زیاد بوده و در اجسام کم جرم کمتر است، می‌توان نتیجه گرفت که رابطهٔ مستقیم با میزان جرم تشکیل شده دارد. بنابراین می‌توان برای هر جرمی در کیهان، از بنیادی‌ترین ذرات گرفته تا اجسام عظیم بردار نیروی زمان آنتروپیایی را به صورت مجزا رسم نمود. (شکل۲۲)



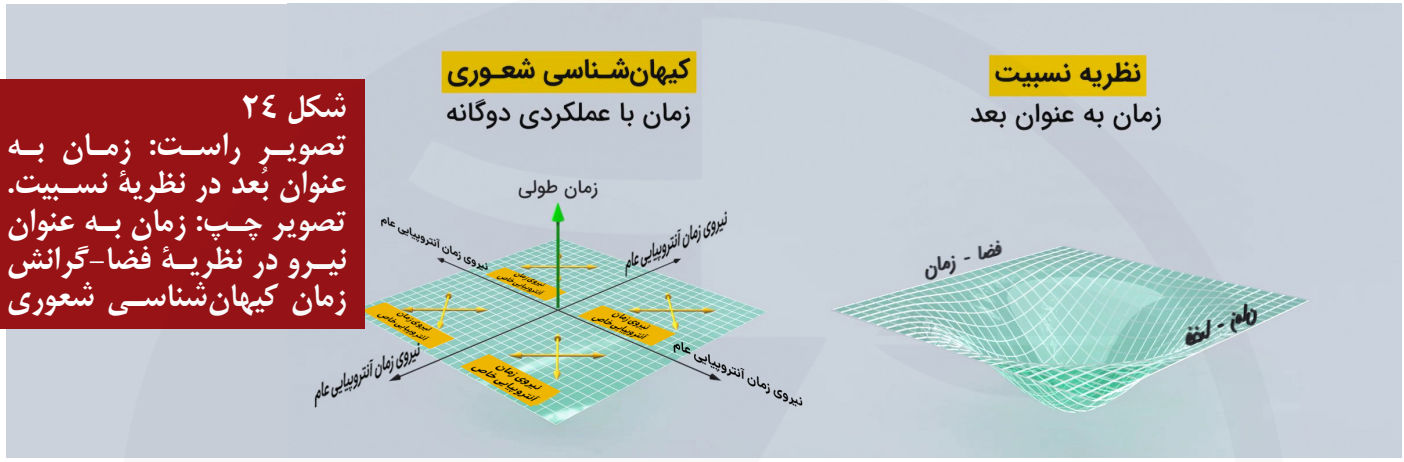
شکل ۲۲
رابطهٔ نیروی زمان آنتروپیایی با گرانش و جرم

بدلیل این که گرانش به کل کیهان حاکم است و باعث استرس فضا گردیده، در نتیجه نیروی زمان آنتروپیایی خاص نیز در کل کیهان، متقابلا جاری است و مقدار آن از صفر برای امواج الکترومغناطیسی تا بی‌نهایت در سیاهچاله‌ها متغیر است. (شکل۲۳)

شکل ۲۳
مقدار بسیار زیاد نیروی زمان آنتروپیایی در مرکزجرم یک سیاهچاله

نیروی زمان آنتروپیایی عام

در تعریف نیروی زمان آنتروپیایی عام می‌توان گفت که این نوع زمان برآیند کلی نیروی‌های زمان آنتروپیایی خاص است که به تک تک اجرام درون کیهان در هر لحظه اعمال می‌شود و همواره در طول واگرد کیهان از بی‌نهایت تا صفر تغییر می‌کند. در ابتدای تولد کیهان در داخل سیاهچالهٔ کیهانی به علت رو به بی‌نهایت بودن گرانش، هر دو نوع نیروی زمان عرضی، یعنی خاص و عام آنتروپیایی، رو به بی‌نهایت بوده‌اند که پس از واگرد کامل فضا به صفر خواهند رسید. به عبارتی در لبهٔ نهایی کیهان با اتمام واگرد فضا، اجرام پس از تجزیهٔ کامل به امواجی با طول موج بی‌نهایت تبدیل می‌شوند و استرس کلی فضا که حاصل وجود این اجرام و یا عدم واگرد کامل کیهان بوده است از بین می‌رود. از طرفی نیز به واسطهٔ از بین رفتن ویسکوزیتهٔ فضا ، سرعت امواج حاصل از اضمحلال اجرام، به سرعتی بسیار فراتر از سرعت نور خواهد رسید. (شکل۲۴)



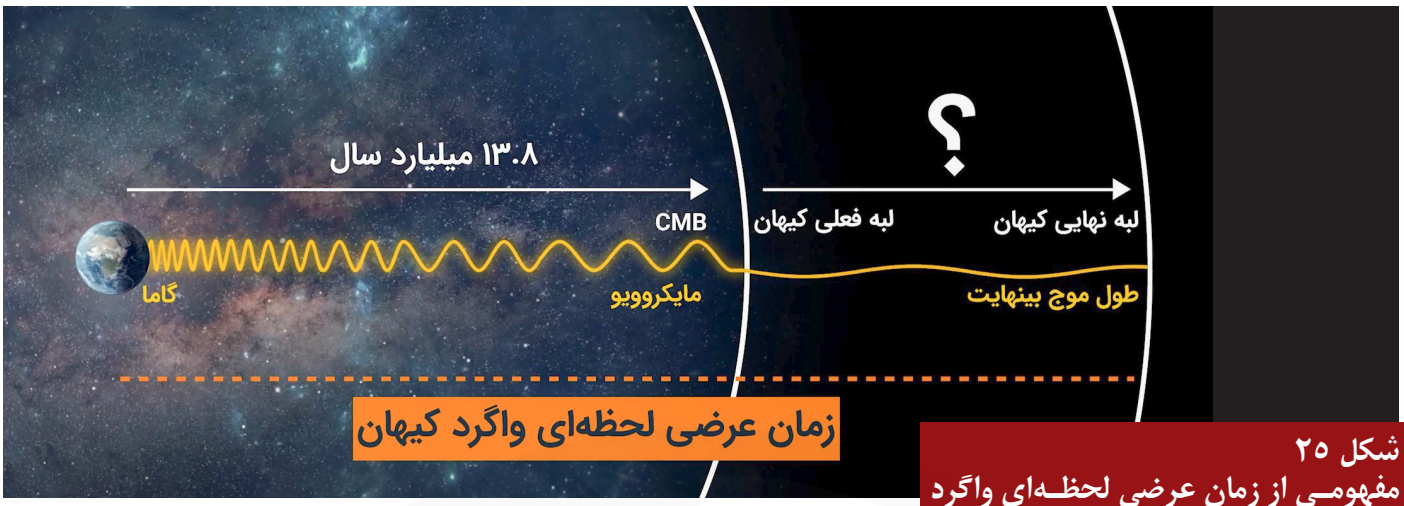
شکل ۲۴
تصویر راست: زمان به عنوان بُعد در نظریهٔ نسبیت. تصویر چپ: زمان به عنوان نیرو در نظریهٔ فضا-گرانش زمان کیهان‌شناسی شعوری

نیروی زمان یا بُعد زمان؟

در کل با بیان تعاریف نیروی زمان آنتروپیایی، کیهان‌شناسی شعوری دیدگاه متفاوتی را نسبت به اتساع زمان در اطراف سیاهچاله‌ها (اجسام پر جرم) و یا به صفر رسیدن زمان با رسیدن به سرعت نور، ارائه می‌دهد. بدین صورت که در درجهٔ اول در اطراف چنین اجرامی، زمان به عنوان یک بُعد، اتساع نمی‌یابد بلکه نیروی زمان آنتروپیایی وارد عمل شده و مقدار این نیرو متناسب با میزان جرم می‌باشد که متغیر است، ثانیا چون در سرعت نور قطعا جرمی وجود ندارد که عامل استرس و تنش در فضا شود بنابراین مقدار این نیرو برای امواج معادل صفر خواهد بود. نیروی زمان آنتروپیایی چه عام و چه خاص به طور مستقیم بر خود فضا و یا ماده و انرژی تاریک اثر نمی‌گذارد. به این دلیل که این نوع ماده و انرژی دارای جرم هم‌ارز می‌باشند که وجود آنها وابسته به میزان جرم مادهٔ روشن یا همان معمولی و مسلما گرانش حاصل از آن جرم است. به عبارتی نیروی زمان آنتروپیایی خاص و عام با تبدیل مادهٔ معمولی به امواج غیرمتراکم باعث از بین رفتن ماده و انرژی تاریک در پیرامون آنها می‌شوند که این عمل به صورت غیرمستقیم در طی واگرد فضا باعث صفر شدن تدریجی جرم کل کیهان می‌شود. بنابراین کیهان‌شناسی شعوری به جای مفهوم «فضا-زمان» که در نظریهٔ نسبیت استفاده می‌شود اصل «فضا، گرانش-زمان» را مطرح می‌کند.

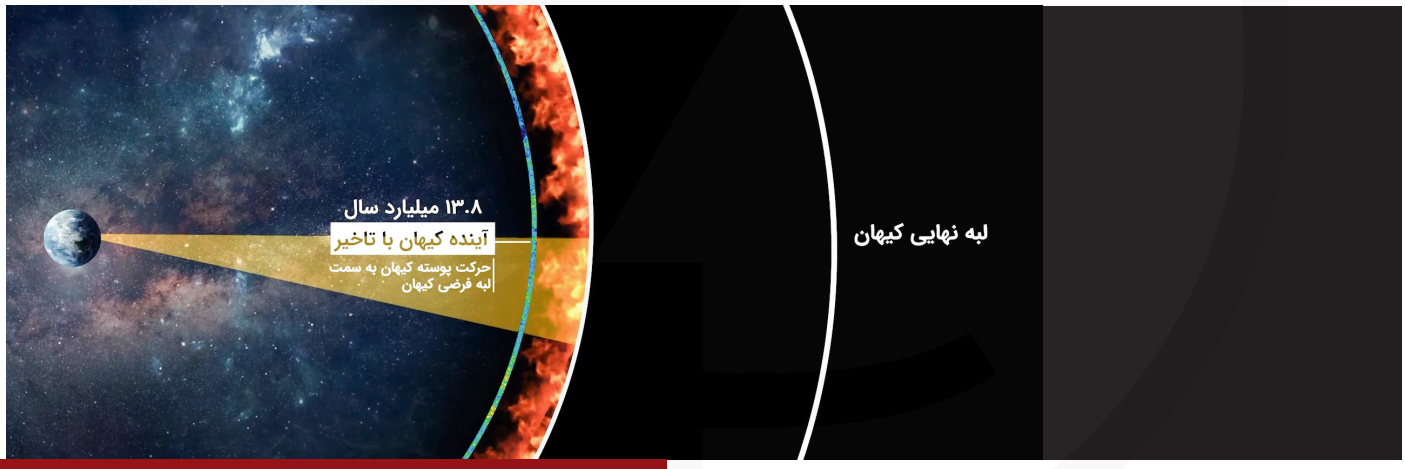
زمان لحظه‌ای واگرد کیهان

در تعریف زمان لحظه‌ای واگرد کیهان می‌توان چنین بیان کرد که ۱۳/۸ میلیارد سال زمان طول کشیده است تا تابش پس‌زمینهٔ کیهانی در طول موج مایکروویو به ما برسد. این مقدار زمان، آخرین دیدگاه کیهان‌شناسی رایج است که در مورد سن جهان از زمان وقوع بیگ‌بنگ تا کنون مطرح شده و در در مورد آن توافق نظر وجود دارد. حال ما اگر برعکسِ این موضوع را در نظر بگیریم یعنی بر فرض مثال از زمین امواج گاما را به اعماق کیهان ارسال کنیم، مدت زمان ۱۳/۸ میلیارد سال طول می‌کشد تا این امواج به طول موج مایکروویوی که اکنون ما آن را دریافت می‌کنیم تبدیل شوند. با این اوصاف، از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری با توجه به درنظر گرفتن این فرضیه که یک لبهٔ نهایی برای سرنوشت کیهان تعریف شده است و امواج نیز در محدودهٔ این لبه بعد از واگرد نهایی فضا به موج مطلق تبدیل می‌شوند، به مجموع زمان تبدیل شدن امواج گاما به مایکروویو امروزی (به صورت برعکس) که همان ۱۳/۸ میلیارد سال است و مایکروویو به موج مطلق تا لبهٔ نهایی کیهان که همان پایان واگرد کامل فضا است، زمان لحظه‌ای واگرد کیهان گفته می‌شود. از این لحاظ این نوع زمان، لحظه‌ای نام‌گذاری شده است که در شرایط فعلی کیهان قابل سنجش می‌باشد و با تغییراتی همچون افزایش حجم کیهان و تغییر طول موج لحظه‌ای امواج الکترومغناطیسی به مرور زمان، این شرایط نیز تغییر خواهد کرد.(شکل۲۵)



شکل ۲۵
مفهومی از زمان عرضی لحظه‌ای واگرد کیهان در نظریهٔ فضا- گرانش زمان

شایان ذکر است که از دیدگاه کیهان‌شناسی رایج، تابش پس زمینه کیهانی اطلاعات زمان گذشتهٔ جهان را به نمایش می‌گذارد و اگر در یک سفر زمانی، عقب‌تر از آن پیش برویم به بیگ بنگ می‌رسیم که هم اکنون وجود خارجی ندارد. در صورتی که از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری همان طور که در مبحث پوستهٔ کیهان بیان شد تابش پس‌زمینهٔ کیهانی مربوط به گذشتهٔ جهان نیست. در واقع اطلاعات کنونی این تابش، گویای فعل و انفعالات پوسته کیهان و همچنین وقایع مسیر طی شده از آن به سمت ما می‌باشد. منشاء این تابش هم اکنون به سمت لبه نهایی کیهان در حال حرکت است. به عبارت دیگر تابش پس‌زمینهٔ مایکروویو کیهانی، اطلاعاتی است از آینده که با تاخیر به ما می‌رسد. (شکل۲۶)



شکل ۲۶
مطابق مدل کیهان کروی، CMB اطلاعاتی از آینده است که با تاخیرِ ۱۳/۸ میلیارد سال به ما می‌رسند.

علاوه بر انواع زمان‌های ذکر شده، کیهان‌شناسی شعوری به دو نوع زمان دیگر به نام زمان ناظر سوار بر نور و زمان ناظر بر سرعت نور که در تعریف، با نظریهٔ نسبیت مشترک است نیز اشاره دارد.

زمان ناظر سوار بر نور

در این نوع زمان اگر بر فرض ناظری با خودِ سرعت نور حرکت کند، در این صورت زمان برای آن ناظر صفر خواهد بود. از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری این امر به دلیل عدم تاثیرِ نیروی زمان آنتروپیایی بر امواج الکترومغناطیسی می‌باشد. در واقع چون در سرعت نور جرمی وجود ندارد که عامل تنش یا استرس فضا شود، درنتیجه نیروی زمان آنتروپیایی برای اضمحلال آن برابر با صفر خواهد بود.

زمان ناظر بر سرعت نور

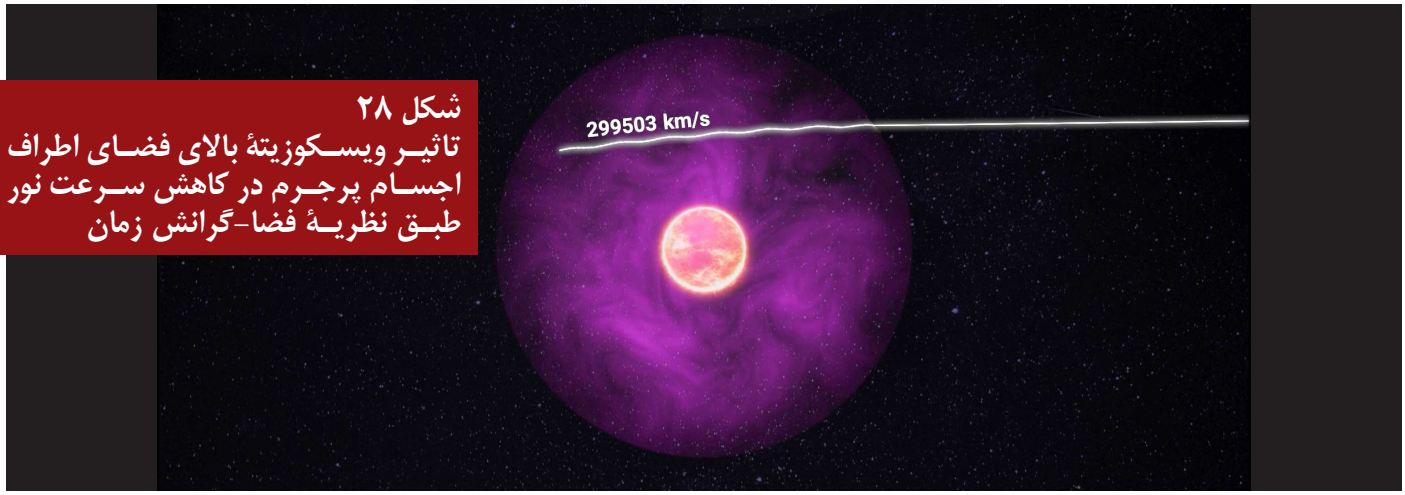
در ایـن نـوع زمـان، ناظـر مـدت زمـان واقعـهٔ نـوری در حـال گـذر را بـا توجـه بـه معیـار اسـتاندارد زمانـی خـود سـنجش می‌کنـد کـه ایـن معیـار می‌توانـد بـا سـایر ناظرینـی کـه در شـرایط مشـابه ایـن ناظـر می‌باشـند یعنـی دارای یـک چارچـوب مرجـع هسـتند، یکسـان باشـد. شـایان ذکـر اسـت کـه نظریـهٔ نسـبیت نیـز چنیـن تعریفـی بـرای ناظـر بـر سـرعت نـور ارائـه می‌دهـد.

- متغیر بودن سرعت نور

همان‌طـور کـه در مبحـث ویسـکوزیتهٔ فضـا و ثابت‌هـای بنیادیـن مطـرح شـد، بسـته بـه میـزان تراکـم فضـا در کیهـان، سـرعت نـور متغیـر اسـت. بـه عبارتـی خـلاءِ تعریـف شـده در علـم رایـج، بـا توجـه بـه دیـدگاه کیهان‌شناسـی شـعوری معـادل ویسـکوزیتهٔ فضایـی اسـت کـه مـا در پیرامـون منظومـهٔ شمسـی یـا کهکشـان راه‌شـیری بـا آن سـرو کار داریـم و آزمایشـات تعییـن سـرعت نـور و ... در آن محیـط صـورت می‌گیرنـد. در نتیجـه ویسـکوزیتهٔ خـلاء در فضـای بیـن کهکشـانی و یـا در جـای جـای کیهـان بـر حسـب میـزان اجـرام متفـاوت بـوده و مسـلماً در اندازه‌گیـری ثوابـت، تاثیـر مسـتقیم خواهنـد داشـت. (شـکل۲۷)

شکل ۲۷
ویسـکوزیتهٔ فضـا و رابطـهٔ آن بـا سـرعت نـور طبـق نظریـهٔ فضا-گرانـش زمـان

بـا ایـن توصیـف، ویژگـی خاصـی کـه بـرای نـور تعریـف می‌شـود ایـن اسـت کـه در کنـار سـیاهچاله و یـا هـر جسـم ثقیـل دیگـر در فضـا فشـرده می‌شـود و در عیـن حـال از نیـروی زمـان تاثیـر نمی‌پذیـرد. بـه عبارتـی امـواج الکترومغناطیسـی در برخـورد بـا ویسـکوزیتهٔ بـالای اطـراف سـیاهچاله‌ها، دچـار کاهـش سـرعت و کوتاه‌تـر شـدن طـول مـوج و درنتیجـه افزایـش فرکانـس می‌شـوند. درسـت ماننـد ایـن کـه در مسـیر آنهـا عاملـی باعـث کنـد شـدن حرکـت شـود. بطوریکـه قلـه و درهٔ امـواج در هـم فـرو می‌رونـد. بـه بیـان دیگـر هـر جـا کـه جرمـی وجـود داشـته باشـد، گرانـشِ آن جـرم، فضـای پیرامـون را منقبـض می‌کنـد. در نتیجـه نـور یـا هـر مـوج الکترومغناطیسـی در هنـگام عبـور و برخـورد بـا فضـای منقبـض، دچـار کاهـش سـرعت شـده و در فرکانـس و طـول مـوج آن تغییـر ایجـاد می‌شـود. بنابرایـن سـرعت نـور بسـته بـه میـزان ویسـکوزیتهٔ فضـا متغیـر اسـت. بـه همیـن دلیـل از منظـر کیهان‌شناسـی شـعوری سـرعت نـور در کیهـان نمی‌توانـد ثابـت باشـد. همچنیـن نـور در طـی مسـیر خـود اگـر بـه نزدیکـی جسـم ثقیلـی برسـد، بسـته بـه زاویـهٔ برخـورد بـا مـادهٔ تاریـک پیرامـون آن جسـم، دچـار شکسـت و انحـراف می‌گـردد. **یعنـی ویسـکوزیتهٔ مـادهٔ تاریکـی کـه بـه واسـطهٔ جـرم اجسـام ثقیـل بـه صـورت یـک کـره آنهـا را در برگرفتـه و گرانـش را سـبب شـده اسـت، عامـل خمـش در نـور اسـت.** (شـکل۲۸)



شکل ۲۸
تاثیـر ویسـکوزیتهٔ بالای فضـای اطراف اجسـام پرجـرم در کاهش سـرعت نور طبـق نظریـهٔ فضا-گرانش زمان

رابطهٔ $c = \frac{r}{t}$ در کیهان شناسی‌شعوری

اگر بخواهیم تغییر سرعت نور در ویسکوزیته‌های متفاوت فضا را از جنبهٔ دیگری نیز بررسی کنیم اینچنین می‌توان بیان کرد که در نظریهٔ نسبیت، فضا و زمان مطلق نیستند و در معادلهٔ $r = (x,y,z)$ $c = \frac{r}{t}$ [۵۳،۵۴] این سرعت نور است که ثابت می‌ماند. اما از نگاه کیهان‌شناسی شعوری با توجه به تاثیر ویسکوزیتهٔ فضا بر سرعت نور، در معادلهٔ $c = \frac{r}{t}$، این زمان است که معادل صفر برای موج الکترومغناطیسی یا همان نور باقی می‌ماند و c تغییر می‌کند. بر طبق این دیدگاه همان طور که قبلا بیان شد نه تنها زمانی که حاکم بر اجرام است، بُعد نیست بلکه به شکل نیرویی است که کیهان‌شناسی شعوری آن را نیروی زمان آنتروپیایی نامیده و این نیرو بر امواج الکترومغناطیسی یا همان نور تاثیری ندارد و معادل صفر می‌باشد. در نتیجه در این معادله، در کنار اجسام پرجرمی همانند سیاهچاله‌های درون کیهانی، نور در هر لحظه که به سمت آن کشیده می‌شود، با کاهش سرعت و افزایش فرکانس به علت افزایش مدام ویسکوزیته مواجه می‌شود. بنابراین در کل، ویسکوزیتهٔ فضا به سه صورت موج را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد: **۱- تغییر در جهت حرکت ۲- تغییر در سرعت ۳-تغییر در فرکانس**. (شکل۲۹)

شکل ۲۹
تاثیر ویسکوزیتهٔ بالای فضای اطراف اجسام پرجرم در تغییر جهت حرکت، سرعت و فرکانس نور مطابق نظریهٔ فضا-گرانش زمان

تشکیل رنگین‌کمان و رنگ آبی آسمان، دلیلی بر وجود ویسکوزیتهٔ فضا در اطراف زمین

در تشکیل رنگین‌کمان، کیهان‌شناسی شعوری علاوه بر تاثیر قطرات باران بر شکست نور که عامل خمش و تجزیهٔ آنها می‌شود،[۵۵،۵۶] ویسکوزیتهٔ فضایی را که به واسطهٔ جرم زمین در اطراف ایجاد می‌شود را نیز به عنوان یک عامل دیگر درنظر می‌گیرد. بدین صورت که به واسطهٔ اختلاف ویسکوزیتهٔ فضای بیرون جو زمین نسبت به داخل، نور دچار شکست‌های متعدد می‌گردد و انحراف پیدا کرده و باعث ایجاد رنگین‌کمان می‌شود.

این امر در آبی دیده شدن رنگ آسمان زمین نیز صادق است. همان طور که می‌دانیم آسمان به دلیل پدیده‌ای به نام پراکندگی ریلی «Rayleigh scattering» آبی به نظر می‌رسد. جو زمین نور آبی را بیشتر از رنگ‌های دیگری که از خورشید دریافت می‌کند پراکنده می‌کند، زیرا نور آبی با طول موج کوتاه حرکت می‌کند. طول موج‌های کوتاه‌تر نور، همانند بنفش و آبی نسبت به طول موج‌های بلندتر مانند قرمز، نارنجی و زرد، راحت‌تر توسط مولکول‌های هوا جذب می‌شوند.[۵۷] علاوه بر این، کیهان‌شناسی شعوری ویسکوزیتهٔ فضای اطراف زمین را نیز در این موضوع دخیل می‌داند. یعنی زمانی که نور خورشید وارد جو زمین می‌شود، در اثر ویسکوزیته‌ای که در اطراف آن وجود دارد، دچار شکست می‌شود و فرکانس‌های محدودهٔ رنگ آبی با طول موج کوتاه ساطع می‌شود.

این مثال‌ها هر کدام جداگانه اهمیت ویسکوزیته را در شکست نور نشان می‌دهند. در کل با توجه به این مثال میتوان گفت که ماده تاریکِ اطراف اجسام پُرجرم، نقش ویسکوزیتهٔ جو زمین را برای امواجِ الکترومغناطیسی بازی می‌کند.

- بررسی انتقال به سرخ، آبی و سیاه گرانشی

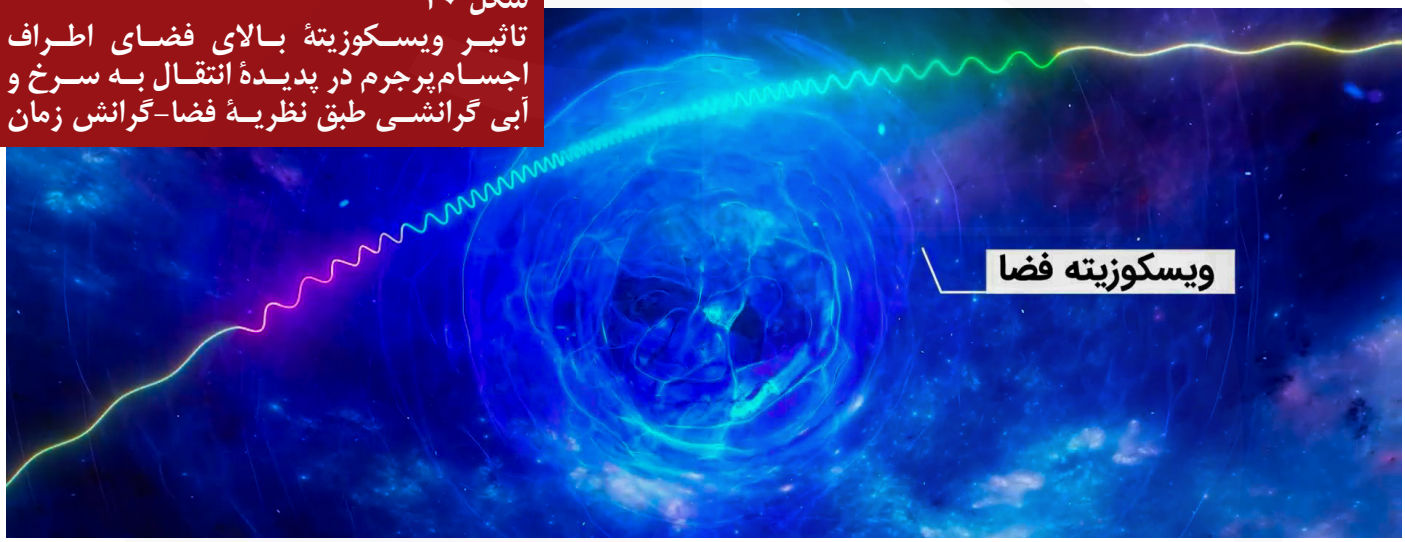
با توجه به نقش ویسکوزیتهٔ فضا در تغییر سرعت، فرکانس و طول امواج، می‌توان علت انتقال به سرخ و انتقال به آبی گرانشی را نیز از این زاویه مورد بررسی قرار داد.

در اطراف اجسام پرجرم همانند انواع ستاره‌های غول‌پیکر و یا ستارهٔ نوترونی و سیاهچاله‌ها، ناحیه‌ای از فضا با ویسکوزیتهٔ بالا وجود دارد که به عنوان مادهٔ تاریک آن را می‌شناسیم. طول موج امواج الکترو مغناطیسی با ورود به این ناحیه کمتر شده و فرکانس آنها افزایش می‌یابد. هر چقدر این امواج به علت وجود میدان گرانش قوی به سمت مرکز جرم این اجسام پرجرم حرکت کنند، فرکانس آنها بیشتر افزایش پیدا می‌کند و طول موجشان کمتر می‌شود. به این پدیده انتقال به آبی گرانشی گفته می‌شود. در ادامهٔ این روند، کیهان‌شناسی شعوری تغییر گرانشی دیگری در امواج الکترومغناطیسی

را با نام **انتقال به سیاه گرانشی (Blackshift)**، معرفی می‌کند. طبق این تعریف هرچقدر امواج الکترومغناطیسی بیشتر به سمت مرکز اجسام پرجرم حرکت کنند با فشرده شدن بیشتر طول موج و افزایش فرکانس که فراتر از فرکانس اموج گاما می‌باشد، مواجه می‌شوند و انتقال به سیاه گرانشی اتفاق می‌افتد. برعکس این روند، با فرار امواج از میدان ویسکوزیتهٔ بالای فضا اتفاق می‌افتد که منجر به کاهش فرکانس و افزایش طول موج امواج الکترومغناطیسی می‌شود که به آن انتقال به سرخ گرانشی گفته می‌شود.

همان طور که از تعاریف بالا مشخص است، در مقولهٔ انتقال به سرخ و انتقال به آبی گرانشی تفاوت بین دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری با نظریهٔ نسبیت علاوه بر متغییر بودن سرعت نور، در ویسکوزیتهٔ فضا نیز می‌باشد. بدین صورت که نظریهٔ نسبیت، چاه پتانسیل گرانشی در اطراف اجسام پرجرم را با مفهوم سقوط امواج الکترومغناطیسی توصیف می‌کند که منجر به انتقال به آبی گرانشی و یا برعکس با فرار از این چاه منجر به انتقال به سرخ گرانشی می‌شود، اما کیهان‌شناسی شعوری این فرآیند را به جای چاه پتانسیل گرانشی در میدان ویسکوزیتهٔ فضا می‌داند که همان فضای منقبض شده می‌باشد که اطراف اجسام را به صورت کروی احاطه کرده است. همچنین نظریهٔ نسبیت سرعت نور را ثابت در نظر می‌گیرد و شتاب حاصل از سقوط امواج به این نوع چاه را در تغییر جهت آن تعریف می‌کند، اما کیهان‌شناسی شعوری سرعت نور را متغیر در نظر گرفته و بیان می‌کند که با ورود نور به فضایی با ویسکوزیتهٔ بالا سرعت آن کاهش می‌یابد و برعکس. (شکل۳۰)

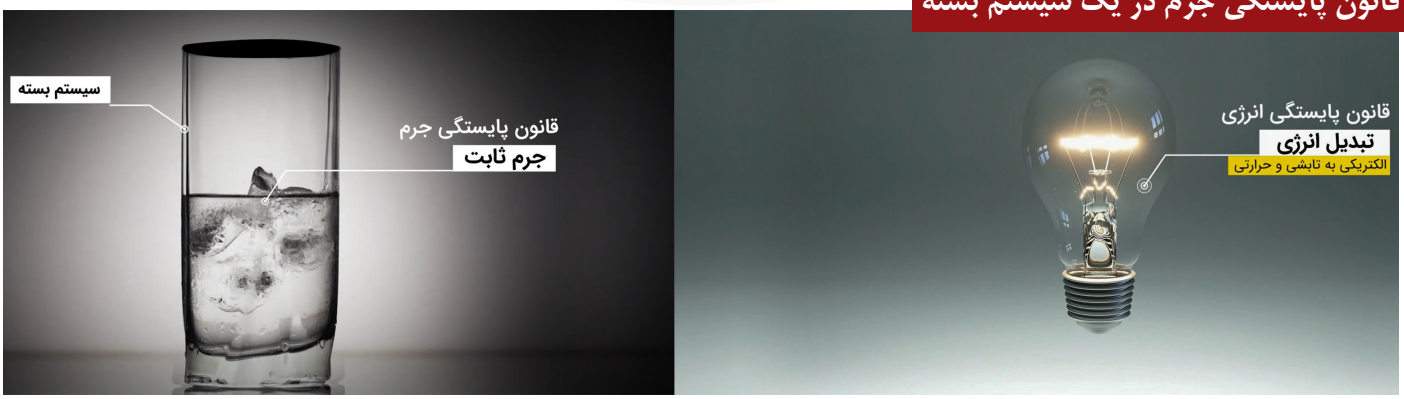
شکل ۳۰
تاثیر ویسکوزیتهٔ بالای فضای اطراف اجسام‌پرجرم در پدیدهٔ انتقال به سرخ و آبی گرانشی طبق نظریهٔ فضا-گرانش زمان



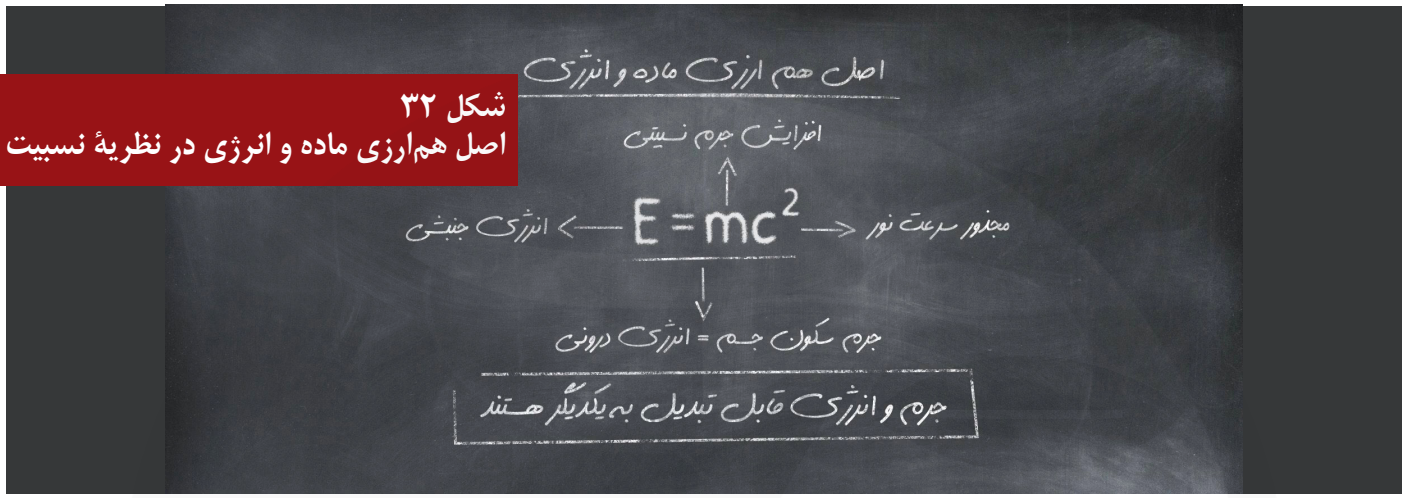
اصل بقا و هم‌ارزی ماده و انرژی

قانون پایستگی جرم، چنین بیان می‌کند که در یک سیستم بسته، ماده نه خود به خود به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود. بنابراین باید مقدار کل مادهٔ موجود در جهان ثابت باشد.[۵۰] همچنین، قانون پایستگی انرژی نیز بیان می‌کند که در یک سیستم بسته، انرژی نیز همانند ماده از بین نمی‌رود و به وجود نمی‌آید بلکه از صورتی به صورت دیگر تبدیل می‌شود،[۵۸،۵۹] پس مقدار کل انرژی موجود در جهان نیز ثابت است.[۵۹] از تکامل دو اصل گفته شده، قانون پایستگی جرم و انرژی نتیجه گرفته می‌شود. این قانون چنین بیان می‌کند که جرم و انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند. منظور از اینکه مقدار جرم پایسته است این است که در یک سیستم بسته در هر فرآیند، مجموع جرم اولیه و پایانی برابر خواهد بود. درنتیجه مقدار کل جرم و انرژی موجود در جهان ثابت است. (شکل۳۱)

شکل ۳۱
قانون پایستگی جرم در یک سیستم بسته

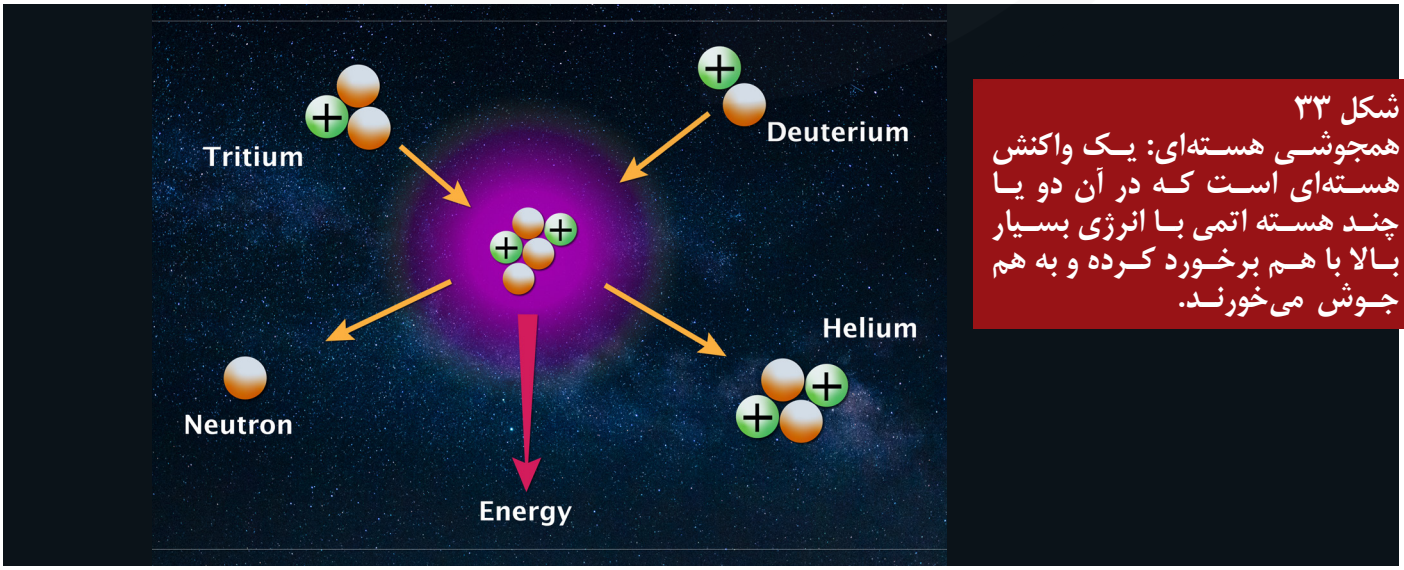


بعدها در نظریهٔ نسبیت خاص، اینشتین چنین نشان داد که جرم را نمی‌توان کمیت پایستهٔ نهایی در نظر گرفت. درنتیجه اصل هم ارزی ماده و انرژی بیان شد. با توجه به این اصل، ماده و انرژی هم‌ارز هستند، و از طریق معادلهٔ معروف $E=mc^2$ به یکدیگر مرتبط می‌باشند.[۱] در واقع این معادله بیان می‌کند که جرم سکون یک جسم، معادل با انرژی درونی آن است. یعنی افزایش جرم نسبیتی یک جسم m در مجذور سرعت نور c^2 برابر با انرژی جنبشی E آن جسم می‌باشد. در نتیجه جرم و انرژی قابل تبدیل به یکدیگر هستند. (شکل ۳۲) در این معادله، (E) انرژی نسبیتی کل یک جسم است که از جمع انرژی جنبشی نسبیتی (K) و انرژی سکون آن جسم (m_0c^2) حاصل می‌شود. به عبارت دیگر، معادلهٔ بالا را می‌توان به صورت $E = mc^2 = K + \mathrm{m_0c^2}$ نیز بیان کرد. بر اساس این معادله، جرم سکون یک جسم (m_0)، معادل با انرژی سکون آن جسم (انرژی درونی) است. همچنین، هر افزایشی در انرژی جنبشی نسبیتی آن جسم (K) معادل با تغییر در جرم نسبیتی جسم (m) می‌باشد؛ چراکه $K = mc^2 - \mathrm{m_0c^2}$.[۱،۶۰]



شکل ۳۲
اصل هم‌ارزی ماده و انرژی در نظریهٔ نسبیت

لازم به ذکر است که پیش از ارائه نسبیت خاص، در نظریه‌های فیزیک کلاسیک، جرم و انرژی به عنوان دو عامل (Entity) جدا از هم در نظر گرفته می‌شدند. همچنین، یک مقدار دلخواه به انرژی سکون یک جسم نسبت داده می‌شد. اما در نظریهٔ نسبیت خاص همان‌طور که در بالا اشاره شد، انرژی سکون جسم، با مقدار m_0c^2 تعیین می‌شود. بنابراین، هر جسمی با جرم سکون m_0 دارای مقدار m_0c^2 انرژی سکون می‌باشد که به طور بالقوه برای تبدیل به اشکال دیگر انرژی در دسترس است.[۱،۶۰] در صورت چنین تبدیلی، اگر انرژی از جسم آزاد شود، مطابق اصل هم‌ارزی ماده – انرژی، جرم جسم کاهش می‌یابد. بنابراین، جرم نمی‌تواند به تنهایی یک کمیت پایسته به حساب بیاید. این نوع تبدیل، در واکنش‌های معمولی شیمیایی به صورت جزئی اتفاق می‌افتد؛ اما تبدیل‌های بسیار بزرگتر در واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد.[۵] به طور مثال، می‌توان به واکنش‌های همجوشی هسته‌ای اشاره کرد که طی آن، هسته اتم‌های هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شوند. درطی این فرآیند، بخشی از انرژی سکون اتم‌های هیدروژن به اشکال دیگری از انرژی در می‌آید. نمونهٔ چنین واکنش‌هایی را می‌توان در خورشید نیز مشاهده کرد که حین تبدیل اتم‌های هیدروژن به هلیم، بخشی از انرژی سکون، به صورت تابش نور متظاهر می‌شود.[۶۱،۶۲،۶۳] (شکل ۳۳)



شکل ۳۳
همجوشی هسته‌ای: یک واکنش هسته‌ای است که در آن دو یا چند هسته اتمی با انرژی بسیار بالا با هم برخورد کرده و به هم جوش می‌خورند.

هم‌ارزی ماده–انرژی نیز در نظریه نسبیت، منجر به تکامل دو اصل پایستگی ماده و پایستگی انرژی، تحت عنوان اصل پایستگی ماده–انرژی شد. [۱] این قانون چنین بیان می‌کند که ماده و انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند و در هر فرآیند فیزیکی یا شیمیایی، مجموع جرم–انرژی اولیه با مجموع جرم–انرژی پایانی برابر خواهد بود. [۱،۶۴] لازم به ذکر است، از آنجاییکه خود ماده صورت دیگری از انرژی می‌باشد، [۶۵] این قانون با نام پایستگی انرژی در میان فیزیکدانان شناخته شده است.

به عنوان جمع بندی نهایی می‌توان گفت که از دیدگاه فیزیک رایج و بر اساس قانون" پایستگی انرژی"، انرژی ایجاد نمی‌شود و یا از بین نمی‌رود، بلکه صرفاً از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود. این بدان معنی است که مقدار کل انرژی در جهان ثابت می‌ماند، اما اَشکالی که انرژی به خود می‌گیرد، می‌تواند تغییر کند. بنابراین ماده به عنوان صورتی از انرژی، به همان شکل اولیه خود حفظ نمی‌شود. در واقع، ماده می‌تواند ایجاد شود و یا از بین برود و براساس نظریهٔ نسبیت مقدار نهایی آن الزاماً پایسته نیست و آنچه از دیدگاه فیزیک مدرن پایسته است، مجموع جرم–انرژی در ابتدا و انتهای یک فرآیند می‌باشد.

با توجه به تعاریف علم رایج، سوالی که کیهان‌شناسی شعوری مطرح می‌کند این است که آیا معادلات نسبیت انیشتین و اصولی همچون هم‌ارزی ماده- انرژی، یا پایستگی ماده و پایستگی انرژی همیشه و در همه جای کیهان صادق هستند؟

لنز گرانشی - رزنانس انرژیایی موج

همان طور که بیان شد، کیهان‌شناسی شعوری برای فضا ویسکوزیته‌های مختلفی را تعریف می‌کند و مقدار این ویسکوزیته را بسته به میزان جرم مادهٔ معمولی با انقباض کم یا زیاد معرفی می‌کند که به طور معمول آن را با نام مادهٔ تاریک و یا انرژی تاریک می‌شناسیم. همچنین این دیدگاه، سرعت نور را نیز متغیر می‌داند. به طوریکه با افزایش ویسکوزیتهٔ فضا، سرعت کم شده و با کاهش آن، سرعت نور افزایش می‌یابد. این موضوع را می‌توان با تصاویری که توسط تلسکوپ‌های فضایی، به نام پدیدهٔ لنز گرانشی گرفته شده است، مورد بررسی قرار داد. لنز گرانشی پدیده‌ای است که در اطراف مجموعهٔ اجسام پرجرم همانند کهکشان‌ها و یا خوشه‌های کهکشانی مشاهده می‌شود و کاربردهای مختلفی برای کیهان‌شناسان در بررسی ساختار و اجزاء کیهان دارد. (شکل۳۴) این پدیده یکی از پیش‌بینی‌های نسبیت عام بوده که علت آن را خمش فضا–زمان در اطراف اجسام پرجرم معرفی می‌کند.

شکل ۳٤
در فرضیهٔ فضا–گرانش زمان، لنز گرانشی منتج از ویسکوزیتهٔ فضا است.

در صورتی که از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری علت این امر در ویسکوزیتهٔ بالای فضای اطراف این اجرام است. همان طور که قبلا نیز بیان شد در اطراف اجسام پرجرم همانند سیاهچاله‌ها و یا کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی، ویسکوزیتهٔ بالای فضا که کیهان‌شناسی رایج آن را مادهٔ تاریک می‌نامد، وجود دارد. زمانی که نور وارد این فضای فشرده یا غلیظ می‌شود، با کاهش طول موج و افزایش فرکانس مواجه شده که این امر باعث کاهش سرعت و یا به عبارتی انتقال به آبی گرانشی در طیف آن می‌شود. چون میزان فرکانس در امواج الکترومغناطیسی طبق معادلهٔ $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ رابطهٔ مستقیم با میزان انرژی دارد، [۶۶] بنابراین ویسکوزیتهٔ بالای فضا باعث افزایش انرژی موج نیز می‌شود. به طوریکه هرچقدر این ویسکوزیته یا به عبارتی مادهٔ تاریک، غلیظتر باشد انرژی موجی که وارد آن شده است، افزایش می‌یابد. کیهان‌شناسی شعوری این افزایش انرژی را که در موج ذخیره می‌شود به نام «رزونانس انرژیایی موج» معرفی می‌کند. (شکل۳۵)

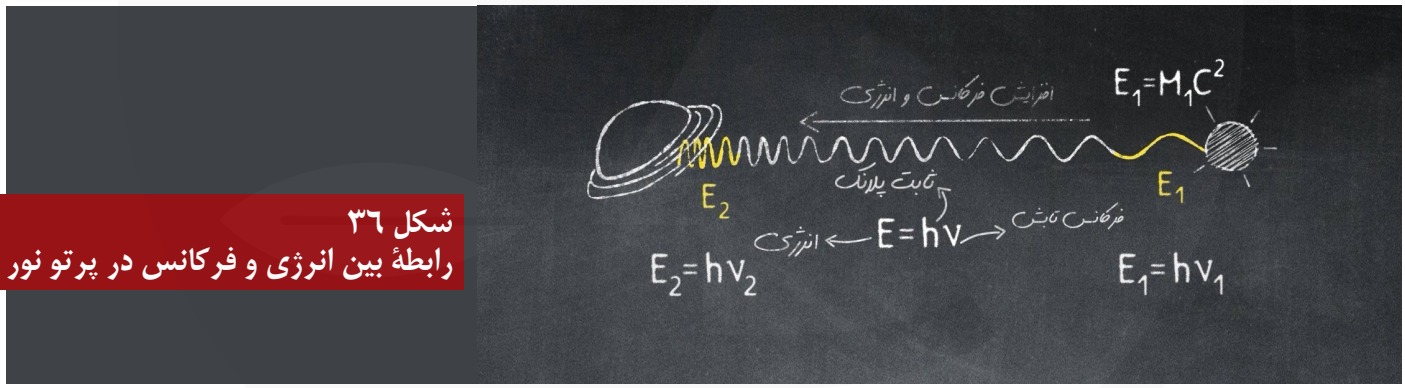
شکل ۳۵
پدیدهٔ رزنانس انرژیایی موج از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری

عدم برقراری اصل هم‌ارزی ماده و انرژی در سیاهچاله

کیهان‌شناسی شعوری با استفاده از فرضیهٔ «رزنانس انرژیایی موج» بیان می‌کند که افزایش انرژی موج در افق‌رویداد سیاهچاله با معادله هم ارزی جرم و انرژی انیشتین همخوانی ندارد و در حوالی سیاهچاله معادله $E=MC^2$ صادق نیست.

در توضیح این موضوع می‌توان گفت که اگر پرتو نوری از یک ستاره یا هر منبع نوری دیگر به سمت یک سیاهچاله در حال حرکت باشد، آنگاه مقدار انرژی که این نور با خود حمل می‌کند از معادله پلانک $E_1=hv_1$ بدست می‌آید که در این معادله، E نشان دهندهٔ انرژی، h ثابت پلانک و v فرکانس تابش می‌باشد. اگر مقدار انرژی اولیهٔ این پرتو زمانی که از ستاره جدا شده است برابر با E_1 باشد، طبق این معادله خواهیم داشت: $E_1=hv_1$ همچنین جرم هم ارزِ انرژیِ این پرتو نیز برابر است با $E_1=M_1C^2$.

زمانی که این نور به سیاهچاله نزدیک می‌شود، در نزدیکی افق رویدادِ آن، فرکانس افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش انرژی نور در نزدیکی سیاهچاله می‌شود. اگر این افزایش انرژی در نور را با E_2 نشان دهیم آنگاه خواهیم داشت $E_2=hv_2$. (شکل۳۶)



شکل ۳۶
رابطهٔ بین انرژی و فرکانس در پرتو نور

همان طور که مشاهده می‌شود در این دو معادله، فرکانس ثانویه بیشتر از فرکانس اولیه است، یعنی $v_1<v_2$. چون میزان فرکانس ثانویه بیشتر است بنابراین انرژی نیز در رابطهٔ دوم بیشتر خواهد بود، یعنی $E_1<E_2$. در کل مقدار انرژی اولیه کمتر از انرژی همان نور در پیرامون سیاهچاله است، در نتیجه طبق معادلهٔ هم‌ارزی ماده و انرژیِ نظریهٔ نسبیت، برای این نور خواهیم داشت $E_2=M_2C^2$ در این رابطه M_2 جرمِ هم‌ارزِ انرژی است.

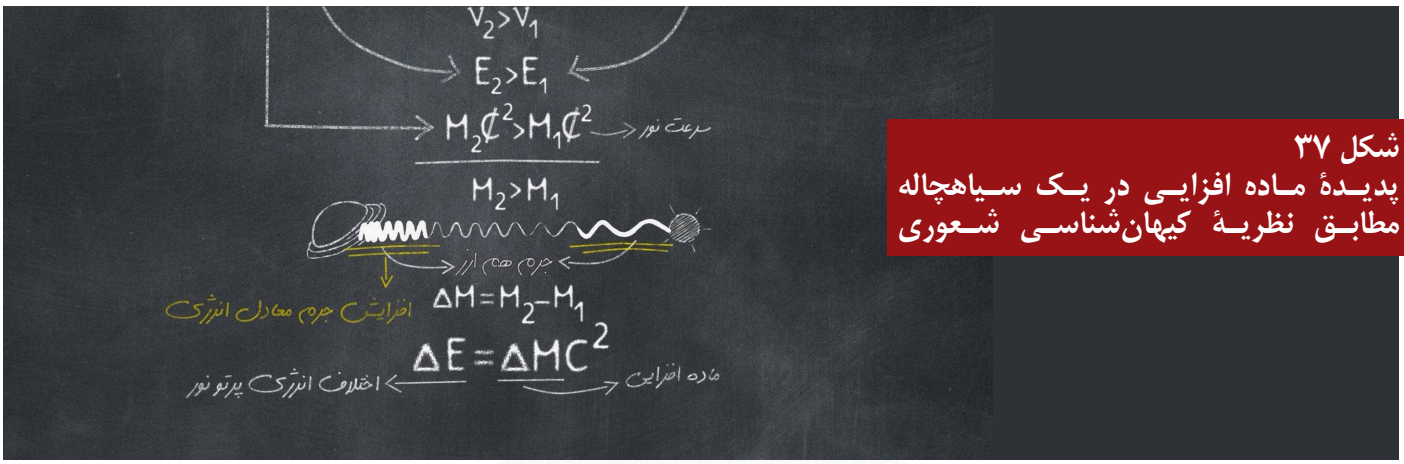
با مقایسهٔ انرژی اولیهٔ نور در مبدا و انرژی ثانویهٔ همان نور در مقصد که در حوالی افق رویداد سیاهچاله می‌باشد، روابط زیر حاصل می‌شود.

در نتیجه $E_1<E_2$ $M_1C^2<M_2C^2$.

با توجه به اینکه از دیدگاه فیزیک نسبیت، c یا همان سرعت نور ثابت می‌باشد بنابراین می‌توانیم آن را از طرفین معادله حذف کنیم که در نتیجه رابطهٔ $M_1<M_2$ برقرار خواهد شد. در این رابطه خواهیم دید که جرمِ هم‌ارزِ ثانویهٔ این پرتو از جرمِ هم‌ارزِ اولیهٔ آن در مبدا بیشتر است.

اگر اختلاف این دو جرم هم‌ارز را ΔM درنظر بگیریم آنگاه از مقایسهٔ این دو رابطه، می‌توان نتیجه گرفت $\Delta M=M_2-M_1$ حال با قرار دادن اختلاف جرم هم‌ارز یا همان ΔM در معادلهٔ $E=Mc^2$ خواهیم داشت $\Delta E=\Delta MC^2$

در این رابطه ΔE نشان دهنده اختلاف انرژی پرتو نور از ابتدای مسیر تا افق رویداد سیاهچاله است. با توجه به اینکه انرژی نور در اطراف سیاهچاله افزایش پیدا کرده است، جرم هم‌ارز انرژی نیز



شکل ۳۷
پدیدهٔ ماده افزایی در یک سیاهچاله مطابق نظریهٔ کیهان‌شناسی شعوری

افزایش پیدا می‌کند. در این مقایسه ΔM نشان دهندهٔ ماده افزایی است. به عبارتی جرم هم ارز موجِ نور در نزدیکی یک سیاهچاله افزایش پیدا می‌کند. (شکل ۳۷)

این معادله را می‌توان از زاویهٔ دیگر نیز مورد بررسی قرار داد. بدین صورت که چون در نزدیکی سیاهچاله با وقوع انتقال به آبی گرانشی، فرکانس موج افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه نه تنها $v_2 > v_1$ است، بلکه به طبع آن $E_2 > E_1$ خواهد بود که در کل می‌توان این رابطه را به صورت $M_1C^2 < M_2C^2$ نیز نوشت.

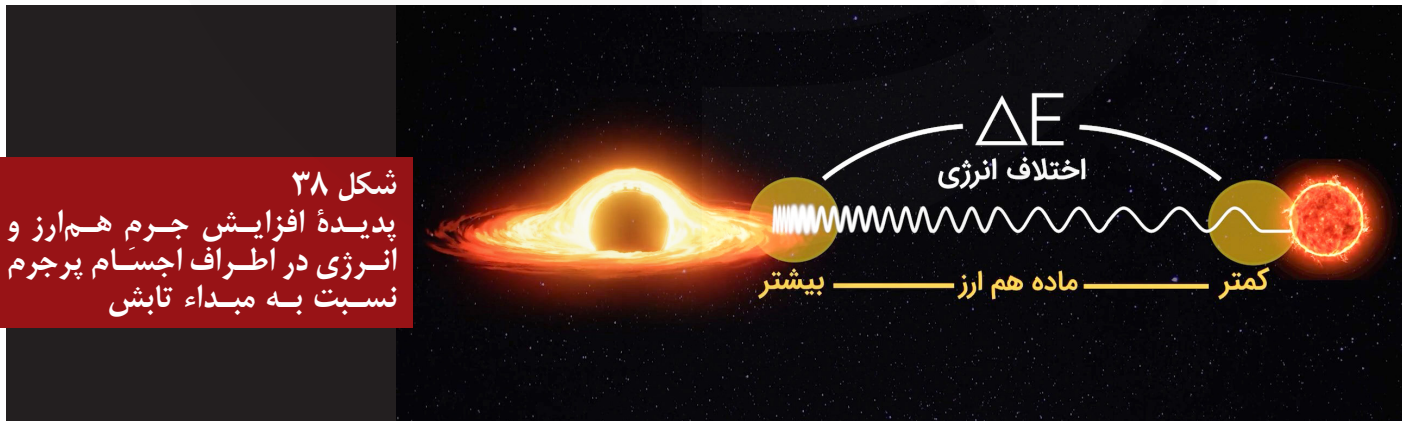
در نتیجه $\frac{M_2}{M_1} > \frac{C_1^2}{C_2^2}$ و $\frac{M_2}{M_1} > \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$

با توجه به متغیر بودن سرعت نور نسبت به ویسکوزیتهٔ فضا از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری، داریم : $c_1>c_2$

بنابراین $\sqrt{\frac{C_1}{C_2}} > 1$ در نتیجه $\frac{M_2}{M_2} > 1$ خواهد بود. به عبارت دیگر همواره و در هر صورت نسبت جرم معادلِ انرژی، در نزدیکی جسم ثقیل همانند سیاهچاله و ... ، نسبت به جرم معادل انرژی منبع نور، بزرگتر از یک است که این موضوع ثابت کنندهٔ افزایش مقدار M_2 نسبت به M_1 خواهد بود.

برمبنای تحلیل‌های ارائه شده کیهان‌شناسی شعوری افزایش تصاعدی انرژی (ΔE) را «رزنانس انرژیایی موج» می‌نامد که مقدار آن معادل اختلاف انرژی پرتو الکترومغناطیسی یا همان نور، از مبداء تا نزدیکی افق رویداد یک سیاهچاله است؛ همچنین جرم هم‌ارز این پرتو در مقصد، بیشتر از جرم هم‌ارز همان پرتو در مبداء می‌باشد.

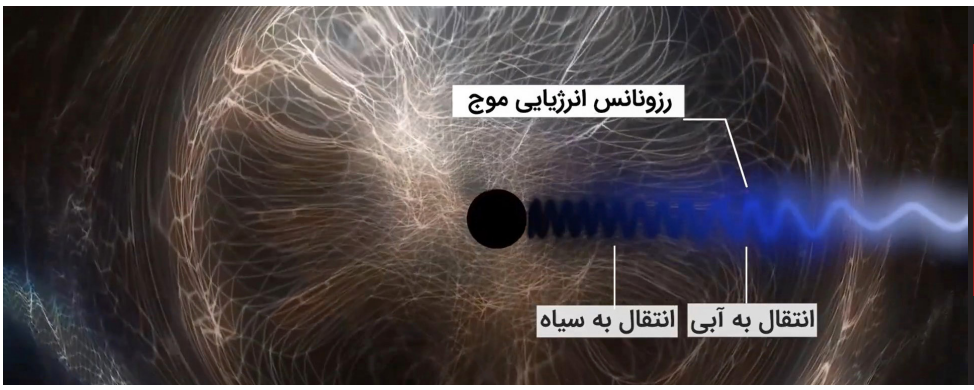
با توجه به توضیحات داده شده، اختلاف انرژی یا رزنانس انرژیایی موج و مقدار آن با معادلات نسبیتِ مربوط به این موضوع در نزدیکی افق رویداد سیاهچاله مطابقت ندارد. یعنی در حوالی سیاهچاله، معادلهٔ $E=MC^2$ صادق نیست و با پدیدهٔ افزایش جرمِ هم‌ارز و انرژی مواجه خواهیم شد. (شکل۳۸)



شکل ۳۸
پدیدهٔ افزایش جرم هم‌ارز و انرژی در اطراف اجسام پرجرم نسبت به مبداء تابش

سیاهچاله‌ها به عنوان کارخانه تولید ماده

با توجه به ویسکوزیتهٔ بالای فضا در اطراف سیاهچاله و پدیدهٔ انتقال به آبی گرانشی، امواج نوری پس از عبور از افق رویداد با درهم‌تنیدگی بیشتر توری‌های فضا که به شکل کروی است مواجه می‌شوند. بازگشت از این مرحله غیر ممکن است چراکه این درهم‌تنیدگی، رزنانس انرژیایی موج را بالاتر برده و جرم هم‌ارز را نیز افزایش می‌دهد. در این مرحله همان‌طور که قبلا نیز به آن اشاره شد، امواج پس از تجربهٔ انتقال به آبی گرانشی با رسیدن به فرکانس و انرژیِ رو به بی‌نهایت، وارد مرحلهٔ انتقال به سیاهِ گرانشی شده و تبدیل به نور سیاه می‌شوند. (شکل۳۹)



شکل ۳۹
پدیدهٔ انتقال به سیاه گرانشی یک پرتو نور که از افق رویداد یک سیاهچاله گذر کرده و به سمت مرکز جرم آن در حال حرکت است.

پیشروی نور به سمتِ مرکزجرمِ سیاهچاله عامل به وجود آمدن مادهٔ جدیدی می‌شود که خارجَ از آن امکان تشکیل ندارد. این مادهٔ جدید، حاصل فشردگی رو به بی‌نهایت امواج الکترومغناطیسی است که کیهان‌شناسی شعوری آن را مادهٔ روشن تاریک نام‌گذاری می‌کند. همان‌طور که در نظریهٔ پوستهٔ کیهان بیان شد، تشکیل مادهٔ معمولی یا همان روشن، حاصل برخود امواج بنیادین غیرمتراکم است که به موج متراکم یا همان ذرات بنیادین تبدیل می‌شوند؛ به عبارتی می‌توان گفت، مادهٔ معمولی همان موج متراکم است. حال اگر همین مادهٔ معمولی توسط یک سیاهچاله در حال بلعیده شدن باشد و به سمت مرکز جرم آن حرکت کند، قبل از عبور از افق رویداد به خاطر چرخش با سرعت نور، در ابتدا به امواج غیرمتراکم تجزیه شده سپس به درون سیاهچاله کشیده می‌شود و طبق مکانیسمی که بیان شد با افزایش انرژی مواجه شده و در نهایت تبدیل به مادهٔ روشن تاریک می‌شود. (شکل۴۰)

شکل ۴۰
تشکیل مادهٔ روشن تاریک درون یک سیاهچاله

با توجه به این توصیفات، کیهان‌شناسی شعوری بیان می‌کند که چنین جرم هم ارزی قبل از ورودِ نور به داخل سیاهچاله، وجود نداشته است. بنابراین یکی از تبعات رزنانس انرژیایی موج، ایجاد نوعی مادهٔ جدید در درون سیاهچاله می‌باشد که رزنانس گرانشی با خود به همراه دارد. از تبعات دیگر این پدیده، انقباض مضاعف فضا به واسطهٔ افزایش جرم سیاهچاله است که همین امر عامل افزایش میزان مادهٔ تاریک و یا انرژی تاریک پیرامون آن می‌شود که قبلا در منطقهٔ استاتیک یا همان منطقه سکوت گرانشیِ سیاهچاله این میزان ماده و انرژی تاریک وجود نداشته است. در حقیقت سیاهچاله‌ها کارخانه‌های تولید ماده می‌باشند و نشان می‌دهند که با توجه به رزونانس انرژیایی و یا افزایش جرم هم‌ارز و همچنین ماده افزایی که در درون آنها صورت می‌گیرد، می‌توان نتیجه گرفت که اصل بقای ماده و بقای انرژی در این اجرام حاکم نیست.

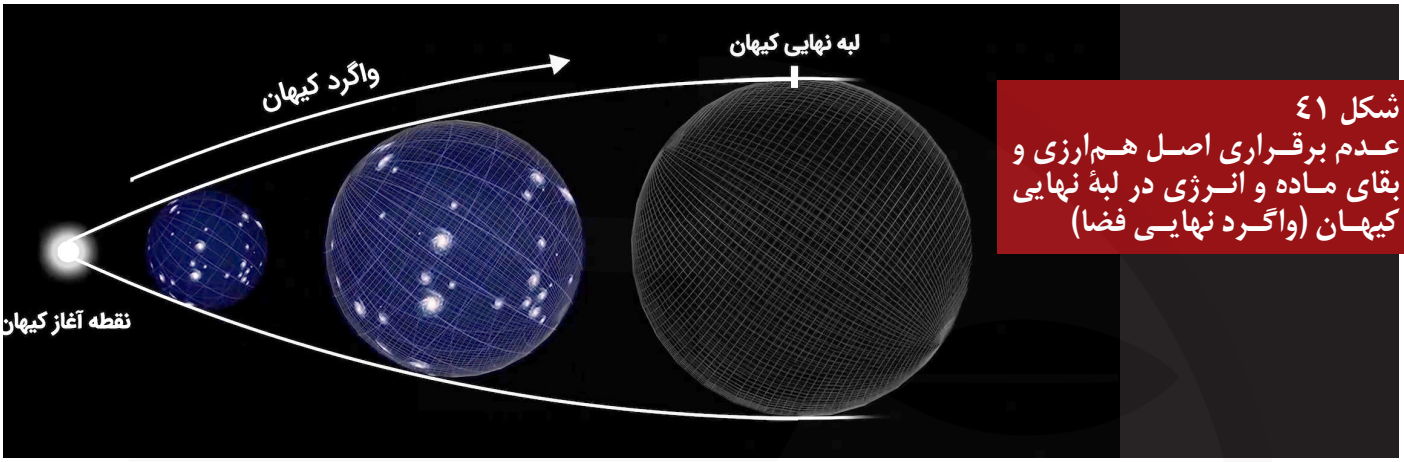
عدم برقراری اصل هم‌ارزی ماده و انرژی در لبهٔ نهایی کیهان (واگرد نهایی فضا)

یکی از پیامدهای فرضیهٔ واگرد کیهان این است که اصل بقای ماده و انرژی در لبهٔ نهایی کیهان به هنگام پایان واگرد فضا صادق نیست.

در توضیح این موضوع می‌توان چنین بیان کرد که در سیاهچالهٔ کیهانی که همان نطفهٔ اولیهٔ کیهان قبل از آغاز واگرد به شمار می‌آید، رزنانسِ گرانشیِ مادهٔ مطلقِ تشکیل دهندهٔ آن یا همان TAM، رو به بی‌نهایت بوده است. بعد از شوک بزرگ، TAM روند تجزیه را آغاز می‌کند که این عمل را در نقش پوستهٔ کیهان ادامه می‌دهد. در نهایتِ عمرِ کیهان بعد از اینکه واگرد فضا به طور کامل صورت می‌گیرد، ماده و انرژی تاریک به خاطر باز شدن کامل توری‌های فضا و رفع هرگونه تنش و یا استرس، از بین

می‌روند. به موازات آن مادهٔ روشن یا اجرام باریونی درون کیهان که به سمت پوسته در حال حرکت بوده‌اند به امواجی تبدیل می‌شوند که به تدریج در حوالی لبهٔ نهایی کیهان به طول موج بی‌نهایت با فرکانس تقریبی رو به صفر نزدیک می‌شوند. با صفر شدن فرکانس، انرژی این امواج نیز به صفر متمایل می‌شود. کیهان‌شناسی شعوری این نوع امواج را امواجِ مطلق می‌نامد.

در کل می‌توان گفت که کیهانی که با مادهٔ مطلق یا همان TAM با جرمی رو به بی‌نهایت متولد شد و سفر خود را آغاز کرد، در نهایتِ واگرد فضا به کیهانی با جرم و انرژی صفر که فقط موج مطلق در بستری از فضای بدون تنش و استرس در آن وجود دارد تبدیل می‌شود. با این اوصاف اصل پایستگی ماده و اصل پایستگی انرژی در آنجا نیز حاکم نخواهد بود. (شکل۴۱) شایان ذکر است که خود فضا نیز در این مرحله به فضای مطلق تبدیل می‌شود که در مباحث دیگر به این مسئله پرداخته خواهد شد.



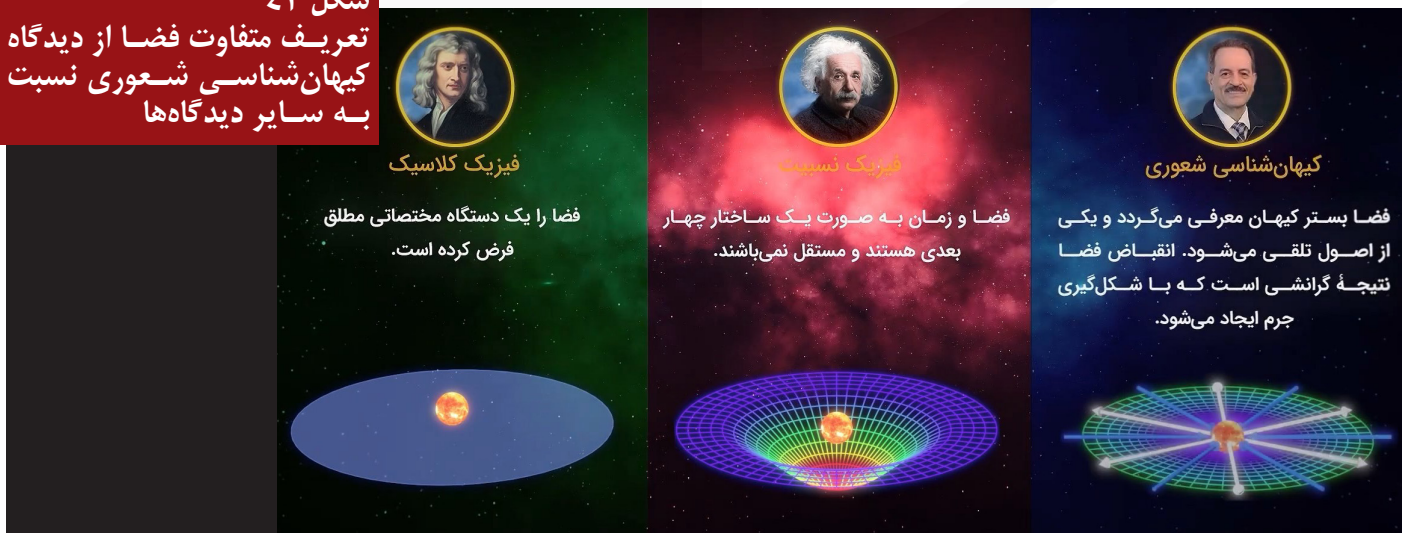
شکل ۴۱
عدم برقراری اصل هم‌ارزی و بقای ماده و انرژی در لبهٔ نهایی کیهان (واگرد نهایی فضا)

بنابراین با بیان این دلایل، کیهان‌شناسی شعوری اظهار می‌دارد که نه تنها در دوره‌های مختلف زمانی، بلکه هم اکنون نیز در سیاهچاله‌های درون کیهانی، اصل پایستگی ماده انرژی و همچنین معادلهٔ هم ارزی جرم–انرژی برقرار نیست. در واقع این دیدگاه چنین بیان می‌کند که در کیهان همواره قانون تغییر حاکم است و حتی ثابت‌های بنیادین نیز از این قاعده مستثنی نیستند.

تفاوت‌های دیدگاه کیهان‌شناسی و فیزیک رایج با کیهان‌شناسی شعوری

۱– مکانیک کلاسیک، فضا را یک دستگاه مختصاتی مطلق فرض کرده است. در حالیکه نسبیت عام، فضا و زمان را در یک مدل چهاربُعدی موسوم به فضا–زمان تلفیق می‌کند و نشان می‌دهد که به هیچ وجه مطلق نیستند. در واقع بر اساس این نظریه فضا و زمان، یک تار و پود چهاربُعدی به وجود آورده‌اند که حرکت اجسام در این تار و پود صورت می‌گیرد. اما از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری توری‌های فضا به عنوان یک اصل و بستر در کیهان معرفی می‌گردد و انقباض آن باعث ایجاد مادهٔ تاریک و انرژی تاریک می‌شود. حال آنکه انرژی تاریک از طریق پوستهٔ کیهان نیز به درون آن تزریق می‌شود. (شکل۴۲)

شکل ۴۲
تعریف متفاوت فضا از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری نسبت به سایر دیدگاه‌ها



۲- دیدگاه نیوتنی چنین عنوان می‌کند که زمان خطی بوده و مستقل از فضا است و ناظرهای مختلف فارغ از چارچوب مرجع، زمان را یکسان اندازه می‌گیرند. اما نظریهٔ نسبیت، زمان را بُعد در نظر می‌گیرد و برای ناظرهای مختلف نسبت به سرعت حرکت آنها متفاوت اندازه‌گیری می‌شود. به عبارتی چارچوبِ مرجعِ متفاوت، اندازه‌گیری‌های متفاوتی از زمان را منجر می‌شود. به طور مثال برای ناظری در سرعت‌های نزدیک به سرعت نور، زمان بسیار کند می‌گذرد و در خود سرعت نور متوقف می‌شود. در حالیکه کیهان‌شناسی شعوری، زمان طولی و انواع زمان عرضی را معرفی می‌کند و بیان می‌کند که زمان طولی همواره ثابت است و از یک شوک بزرگ تا شوک بزرگ بعدی مستقل از وقایع درون کیهان در حال گذر می‌باشد. ولی در زمان عرضی، زمان‌های خاص و عام آنتروپیایی به شکل بردار نیرو معرفی می‌شوند که دارای جهت و اندازه هستند و در افزایش میزان آنتروپی نقش اساسی ایفا می‌کنند. این دو نوع نیروی زمان، واپاشی ماده را سبب می‌شوند که بر علیه گرانش بوده و فضا را از استرس و تنش رها می‌کنند. در این رویکرد نیروی زمان عرضی خاص و عام آنتروپیایی برای امواج الکترومغناطیس، مانند نور در هر شرایطی همواره ثابت و صفر است. این دیدگاه علاوه بر زمان‌های نام برده شده، زمان عرضی لحظه‌ای واگرد کیهان را نیز معرفی می‌کند. (شکل۴۳)

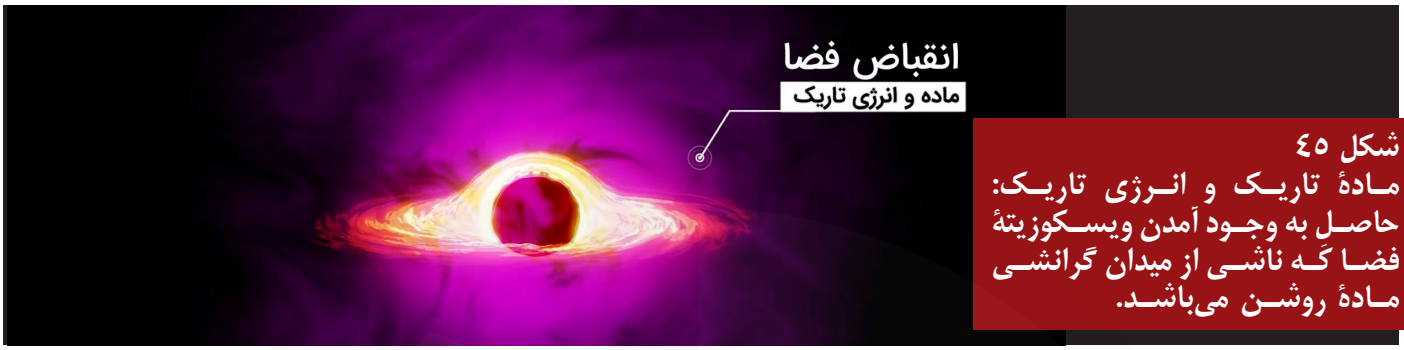
شکل ۴۳
انواع زمان از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری

۳- نتیجهٔ نظریات دوران فیزیک کلاسیک، علی‌رغم تلاش‌های دانشمندان برای نشان دادن اینکه سرعت نور محدود است و نه بی‌نهایت، منجر به ارائه موضوع خاصی در این زمینه نشد. اما در نظریهٔ نسبیت، سرعت نور در خلاء ثابت در نظر گرفته شد و تا اکنون نیز این ثابت در معادلات به عنوان اصل به کار می‌رود.

اما کیهان‌شناسی شعوری، سرعت نور را با توجه به فضایی که در آن حرکت می‌کند متغیر می‌داند و مقادیر مختلف ویسکوزیتهٔ فضا را علت تغییر سرعت امواج الکترومغناطیس معرفی می‌کند. به عبارتی ویسکوزیتهٔ مادهٔ تاریک و انرژی تاریک باعث تغییر سرعت نور می‌شود. (شکل۴۴)

شکل ۴۴
متغیر بودن سرعت نور از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری

۴- فیزیک کلاسیک چنین عنوان کرده است که نیروی گرانش، مستقل از زمان، در بستر فضای مطلق بین دو جسم برقرار است. در مقابل نظریهٔ نسبیت میدان گرانشی را همان خمیدگی ساختار هندسی فضا-زمان می‌داند و اما دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری اینگونه است که همزمان با ایجاد جرم، فضای اطراف آن نیز منقبض می‌شود. حاصل این انقباض، افزایش ویسکوزیته فضا می‌باشد که باعث تشکیل انرژی تاریک و ماده تاریک می‌گردد. در واقع انقباض توری‌های فضا یا همان ماده و انرژی تاریک، نماینده میدان گرانشی حاصل از جرم مادهٔ روشن (معمولی) می‌باشند. (شکل۴۵)



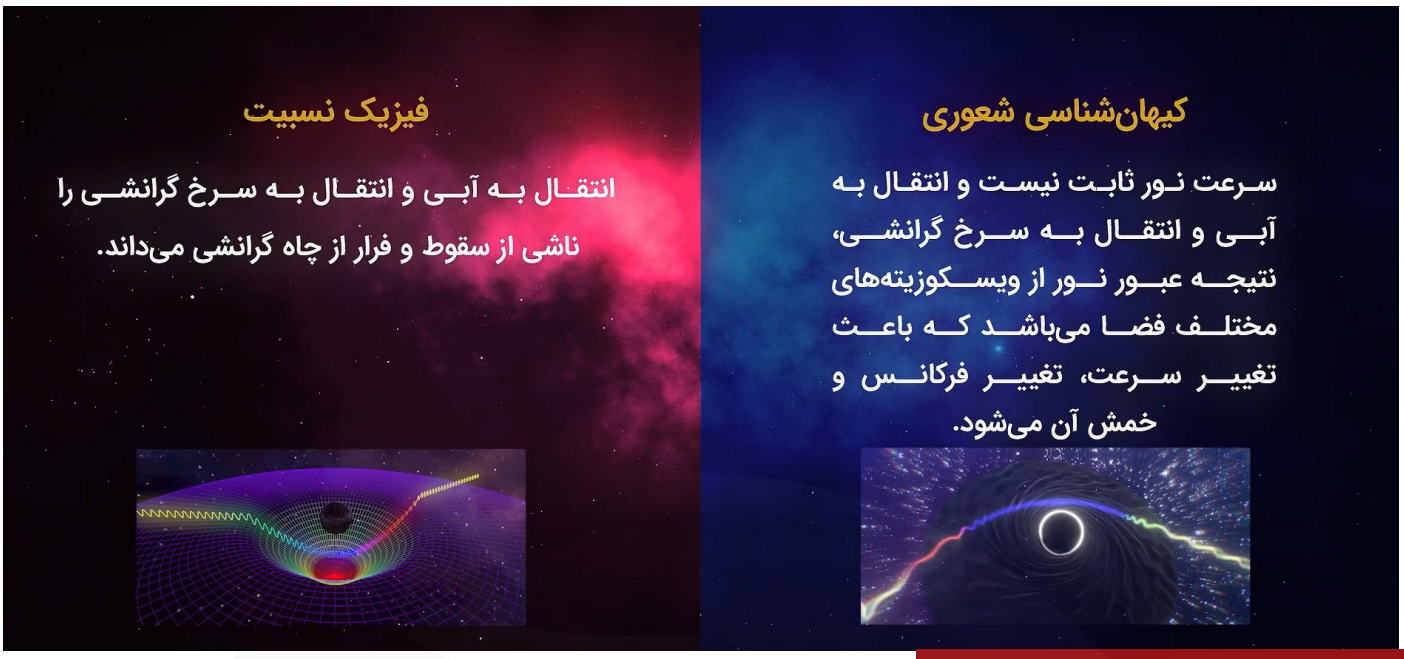
شکل ٤٥
مادهٔ تاریک و انرژی تاریک: حاصل به وجود آمدن ویسکوزیتهٔ فضا که ناشی از میدان گرانشی مادهٔ روشن می‌باشد.

۵- فیزیک کلاسیک چنین عنوان کرده که نیروی گرانش، بدون صرف زمان و به طور آنی در کیهان منتقل می‌شود. نظریهٔ نسبیت نیز سرعت انتقال میدان گرانشی را برابر با سرعت نور می‌داند که مطابق فیزیک مدرن از طریق ذرات فرضی گراویتون اعمال می‌شود. اما کیهان‌شناسی شعوری سرعت انتقال میدان گرانشی را برابر با سرعت حرکت توری‌های فضا در حین تراکم (Sqeezing) یا کش آمدگی (stretching) به واسطهٔ حضور اجرام معرفی می‌کند که نه موج شناخته شده است و نه ذره. لازم به ذکر است که عملکرد اعمال نیروی گرانش در این دیدگاه به صورت غیر فرکانسی یا همان خطی است که در مباحث جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. (شکل۴۶)

شکل ٤٦
انتقال نیروی گرانشی از طریق امواج خود فضا

در واقع فیزیک مدرن چنین بیان می‌کند که ذراتی فرضی به نام گراویتون وجود دارند که توانایی انتقال گرانش با سرعت نور را دارند، شایان ذکر است که این ذرات فرضی تاکنون مشاهده نشده‌اند. در حالیکه کیهان‌شناسی شعوری چنین عنوان می‌کند که اِعمال گرانش از طریق ذرات گراویتون نمی‌تواند صورت بگیرد زیرا اگر بر چیزی نام ذره نهاده شود باید دارای جرم باشد و چون جرم قادر به حرکت با سرعت نور نیست و فقط امواج بدون جرم می‌توانند با سرعت نور حرکت کنند بنابراین این ذرات هم نمی‌توانند عامل انتقال گرانش باشند.

۶- نظریهٔ نسبیت، انتقال به آبی و انتقال به سرخ گرانشی را ناشی از سقوط و فرار امواج الکترومغناطیسی از چاه گرانشی می‌داند .در حالیکه کیهان‌شناسی شعوری چنین عنوان می‌کند که سرعت نور ثابت نیست و انتقال به آبی و انتقال به سرخ گرانشی، نتیجه عبور نور از ویسکوزیته‌های مختلف فضا می‌باشد که باعث تغییر سرعت، تغییر فرکانس و خمش آن می‌شود. علاوه بر آن، این دیدگاه چنین بیان می‌کند که با نزدیک شدن این امواج به مرکز جرم سیاهچاله، پدیده‌ای به نام **انتقال به سیاه گرانشی** نیز رخ می‌دهد. نتیجهٔ این امر به وجود آمدن مادهٔ روشن تاریک درون سیاهچاله است. شایان ذکر است مادهٔ تاریک تاریک نیز درون سیاهچاله تولید می‌شود. بنابراین در کل، سیاهچاله از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری، کارخانهٔ تولید ماده می‌باشد. (شکل۴۷)



شکل ۴۷
انتقال به سرخ و انتقال به آبی گرانشی از نگاه کیهان‌شناسی شعوری

۷- نظریهٔ نسبیت چنین بیان می‌کند که هم‌ارزی جرم-انرژی در همه جای کیهان صادق است. در حالیکه کیهان‌شناسی شعوری اظهار می‌دارد که در نزدیکی سیاهچاله‌های درون کیهانی به دلیل ماده زایی درون آن، هم ارزی جرم-انرژی حاکم نیست. همچنین در روند شوک بزرگ و لبهٔ نهایی کیهان پس از واگرد کامل فضا نیز هم ارزی جرم-انرژی صادق نمی‌باشد.

منابع

[1] Rajendra, J. C. N. (2019). *Introduction to the Concepts in Modern Physics*. New Delhi: Laxmi Publications Pvt Ltd.

[2] Newton, I.; Budenz, J. Cohen, I. B., Whitman, A., T. (2016). *The Principia: The Authoritative Translation: Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Berkeley: University of California Press.

[3] Haug, E. G. (2021). Demonstration That Newtonian Gravity Moves at the Speed of Light and Not Instantaneously (Infinite Speed) as Thought! *J. Phys. Commun*, *5*(2), 025005.

[4] Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik Bewegter Körper (On the Electrodynamics of Moving Bodies). *Ann. Phys, 322*(10), 891–921.

[5] Knudsen, J. M., & Hjorth, P. G. (2000). The Foundation of Classical Mechanics. In J. M. Knudsen & P. G. Hjorth (Eds.), *Elements of Newtonian Mechanics: Including Nonlinear Dynamics* (pp. 1-26). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[6] Longair, M. S. (2020). Special Relativity: A Study in Invariance. In *Theoretical Concepts in Physics*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 442–471.

[7] Krane, K. S. (2012). *Modern Physcis*. John Wiley & Sons.

[8] Weinberg, S. (2021). Relativity. In *Foundations of Modern Physics*; Cambridge University Press (Online), pp 88–123. https://doi.org/10.1017/9781108894845.005

[9] Einstein, A. (1916). Approximative Integration of the Field Equations of Gravitation (Näherungsweise Integration Der Feldgleichungen Der Gravitation), Prussian Academy of Sciences (Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften), June 1916. Berlin (Math. Phys.), 688-696.

[10] Salasnich, L. (2022). *Modern Physics: Introduction to Statistical Mechanics, Relativity and Quantum Physics*; UNITEXT for Physics. Cham: Springer Nature Switzerland.

[11] Deruelle, N.; Uzan, J. P. (2018). Relativity in Modern Physics. In Deruelle, N.; Uzan, J. P. (Eds.), *Riemannian Manifolds* (pp. 413–421). Oxford: Oxford University Press.

[12] Oloff, R. (2023). *The Geometry of Spacetime*. Cham: Springer International Publishing.

[13] Deruelle, N.; Uzan, J. P. (2018). Relativity in Modern Physics. In Deruelle, N., Uzan, J. P., de Forcrand-Millard, P. (Eds.), *The Equivalence Principle* (pp. 405–412). Oxford: Oxford University Press.

[14] Longair, M. S. (2020). Introduction to General Relativity. An In Longair, M. S. (Ed.), *Theoretical Concepts in Physics* (pp. 472–524). Cambridge: Cambridge University Press.

[15] Capecchi, D. (2021). Epistemology and Science at the Turn of the 18th Century. In D. Capecchi (Ed.), *Epistemology and Natural Philosophy in the 18th Century: The Roots of Modern Physics* (pp. 1-88). Cham: Springer International Publishing.

[16] Berry, M. V. (1976). *Principles of Cosmology and Gravitation*. Cambridge: Cambridge University Press.

[17] Deruelle, N., Uzan, J. P., Deruelle, N., & Uzan, J. P. (2018). Matter in curved spacetime. In P. de Forcrand-Millard (Ed.), *Relativity in Modern Physics* (pp. 422–430). Oxford: Oxford University Press.

[18] Sachs, M. (1970). The Geodesic Equation and Planetary Motion from a Quaternion Representation of General Relativity. *Nuovo Cim. B Ser. 10*, *66*(1), 137–156.

[19] Grøn, Ø.; Hervik, S. (2007). *Einstein's General Theory of Relativity*, *With Modern Applications in Cosmology*. New York: Springer.

[20] Deruelle, N.; Uzan, J. P. (2018). Tests in the Solar System. In Deruelle, N., Uzan, J. P., de Forcrand-Millard, P. (Eds.), *Relativity in Modern Physics* (pp 513–526). Oxford: Oxford University Press.

[21] Hall, M. J. W. (2018). *General Relativity: An Introduction to Black Holes, Gravitational Waves, and Cosmology*. Morgan & Claypool Publishers.

[22] Chow, T. L. (2008). *Gravity, Black Holes, and the Very Early Universe*. New York: Springer.

[23] Fomalont, E.; Kopeikin, S.; Lanyi, G.; Benson, J. (2009). Progress in Measurements of the Gravitational Bending of Radio Waves Using the VLBA. *Astrophys. J.* , *699*(2), 1395–1402.

[24] Einstein, A.; Rosen, N. (1937). On Gravitational Waves. *J. Franklin Inst. 223*(1), 43–54.

[25] Bell Burnell, S. J.; Green, S. F.; Jones Barrie. W; Jones, M. H.; Lambournes, R. J. A.; Zarnecki, J. C. (2004). *An Introduction to the Sun and Stars.* Cambridge: Cambridge University Press.

[26] Abbott, B. P. et al. (2016). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Phys. Rev. Lett*, *116*(6), 061102.

[27] Einstein, A. (1918). On Gravitational Waves**.** Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin), 154-167. https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol7-trans/25

[28] Cornish, N.; Blas, D.; Nardini, G. (2017). Bounding the Speed of Gravity with Gravitational Wave Observations. *Phys. Rev. Lett*, *119*(16), 161102.

[29] Apel, W. D., Arteaga-Velázquez, J. C., Bekk, K., Bertaina, M., Blümer, J., Bozdog, H., . . . Collaboration, K. A.-G. (2017). KASCADE-Grande Limits on the Isotropic Diffuse Gamma-Ray Flux between 100 TeV and 1 EeV. *The Astrophysical Journal, 848*(1), 1.

[30] Einstein, A. (1905). Über Einen Die Erzeugung Und Verwandlung Des Lichtes Betreffenden Heuristischen Gesichtspunkt (On a Heuristic Point of View about the Creation and Conversion of Light). *Ann. Phys*, *322*(6), 132–148.

[31] Romero, G. E.; Vila, G. S. (2014). *Introduction to Black Hole Astrophysics*. Berlin, Heidelberg: Springer. Vol. 876.

[32] Frolov, V., & Zelnikov, A. (2011). Particles and Light Motion in Schwarzschild Spacetime. In V. Frolov & A. Zelnikov (Eds.), *Introduction to Black Hole Physics* (pp. 185-241). Oxford: Oxford University Press.

[33] Ryder, L. (2009). Einstein Field Equations, the Schwarzschild Solution and Experimental Tests of General Relativity. In Ryder, L., (Ed.), *Introduction to General Relativity* (pp 137–179). Cambridge: Cambridge University Press.

[34] Congdon, A. B.; Keeton, C. R. (2018). *Principles of Gravitational Lensing*. Cham: Springer International Publishing.

[35] Deruelle, N.; Uzan, J.-P. (2018). The Schwarzschild Solution. In Deruelle, N., Uzan, J.-P., de Forcrand-Millard, P., (Eds.), *Relativity in Modern Physics* (pp 455–466); Oxford: Oxford University Press.

[36] Ha, Y. K. (2003). Letter: The Gravitational Energy of a Black Hole. *Gen. Relativ. Gravit*, *35*(11), 2045–2050.

[37] Weinberg, S. (2021). Early Quantum Theory. In Weinberg, S. (Ed.), *Foundations of Modern Physics* (pp. 61–87). Cambridge: Cambridge University Press.

[38] Bertotti, B.; Iess, L.; Tortora, P. A. (2003). Test of General Relativity Using Radio Links with the Cassini Spacecraft. *Nature*, *425*(6956), 374–376.

[39] De Marchi, F.; Cascioli, G.; Ely, T.; Iess, L.; Burt, E. A.; Hensley, S.; Mazarico, E. (2023). Testing the Gravitational Redshift with an Inner Solar System Probe: The VERITAS Case. *Phys. Rev. D*, *107*(6), 064032.

[40] Adams, W. S. (1925). The Relativity Displacement of the Spectral Lines in the Companion of Sirius. *Proc. Natl. Acad. Sci*, *11*(7), 382–387.

[41] Greenstein, J. L.; Oke, J. B.; Shipman, H. L. (1971). Effective Temperature, Radius, and Gravitational Redshift of Sirius B. *Astrophys. J*, *169*, 563.

[42] Holberg, J. B.; Barstow, M. A.; Bruhweiler, F. C.; Cruise, A. M.; Penny, A. J. Sirius B. (1998). A New, More Accurate View. *Astrophys. J*, *497*(2), 935–942.

[43] Joyce, S. R. G.; Barstow, M. A.; Holberg, J. B.; Bond, H. E.; Casewell, S. L.; Burleigh, M. R. (2018). The Gravitational Redshift of Sirius B. *Mon. Not. R. Astron. Soc*, *481*(2), 2361–2370.

[44] Ceulemans, A. (2022). Bosons and Fermions. In Ceulemans, A. (Ed.), *The Theory of the Jahn-Teller Effect* (pp. 15-30). Cham: Springer.

[45] Valencia, G. (1992). Anomalous Gauge-Boson Couplings at Hadron Supercolliders. *AIP Conference Proceedings. 272*(2): 1572–1577. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1992AIPC..272.1572V/arxiv:hep-ph/9209237

[46] Dobrescu, B. A. (2005). Massless Gauge Bosons other than the Photon. *Physical Review Letters, 94*(15), 151802.

[47] Peebles, P. J. E.; Ratra, B. (2003). The Cosmological Constant and Dark Energy. *Rev. Mod. Phys*, *75*(2), 559–606.

[48] Hubble, E. (1929). A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae. *Proc. Natl. Acad. Sci, 15*(3), 168–173.

[49] Friedman, A. (1922). Über die Krümmung des Raumes (On the Curvature of Space). *Zeitschrift für Physik, 10*(1), 377-386.

[50] Lemaître, A. G. (1931). A Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extra-Galactic Nebulæ. *Mon. Not. R. Astron. Soc. 91*(5), 483–490.

[51] Liebscher, D.-E. (2005). Expansion. In Liebscher, D.-E. (Ed.), *Cosmology* (pp 53–77). Berlin Heidelberg: Springer.

[52] Landau, L.D., & Lifshitz, E. M. (1986). *Theory of Elasticity* (3rd ed.). Oxford, England: Butterworth Heinemann.

[53] Avery, P. (2013). PHZ4390: Introduction to Particle Physics [Course Material]. Department of Physics, University of Florida. Retrieved from http://www.phys.ufl.edu/~avery/course/4390/f2013/overview.shtml

[54] Wells, J. D. (2016). *Natural Units Conversions and Fundamental Constants*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/353615373_Natural_Units_Conversions_and_Fundamental_Constants

[55] Schaefer, V. J., & Day, J. A. (1981). *A Field Guide to the Atmosphere*. Boston, New York: Houghton Mifflin Field Guides.

[56] Peshin, A. (2018, February 28). *Why Is the Sky Blue?*. Science ABC. https://www.scienceabc.com/nature/why-is-the-sky-blue.html

[57] Lewis, A. (2013). Rayleigh scattering: blue sky thinking for future CMB observations. *arXiv*, arXiv:1307.8148.

[58] Zohuri, B. (2017). First Law of Thermodynamics. In B. Zohuri (Ed.), *Physics of Cryogenics* (pp. 119-163). Elsevier.

[59] Schmitz, K. S. (2017). Five Important Equations in Thermodynamics. In K. S. Schmitz (Ed.), *Physical Chemistry* (pp. 41-98). Elsevier.

[60] Rindler, W. (1977). Relativistic Particle Mechanics. In Rindler, W., (Ed.), *Essential Relativity* (pp 75–95). Berlin Heidelberg: Springer.

[61] Eddington, A. S. (1920). The Internal Constitution of the Stars. *Science*, *52*(1341), 233–240.

[62] Bethe, H. A. (1939). Energy Production in Stars. *Phys. Rev*, *55*(5), 434–456.

[63] Castelvecchi, D. (2020). Neutrinos Reveal Final Secret of Sun's Nuclear Fusion. *Nature*, *583* (7814), 20–2.

[64] Hassani, S. (2017). Spacetime Momentum. In S. Hassani (Ed.), *Special Relativity, A Heuristic Approach* (pp. 117-136). Amsterdam: Elsevier.

[65] Einstein, A. (1905). Ist Die Trägheit Eines Körpers von Seinem Energieinhalt Abhängig? (Does the Inertia of a Body Depend on its Energy Content?) *Ann. Phys*, *323*(13), 639–641. https://doi.org/10.1002/andp.19053231314

[66] Javadi, H. (2017). *Reviewing relation between energy and frequency of light*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/315720887_Reviewing_relation_between_energy_and_frequency_of_light

[67] Einstein, A. (1911). Über Den Einfluß Der Schwerkraft Auf Die Ausbreitung Des Lichtes (On the Influence of Gravity on the Propagation of Light). *Ann. Phys*, *340*(10), 898–908. https://doi.org/10.1002/andp.19113401005