

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

درس دوازدهم: آینده کیهان بنا به فهم کنونی ما

دکتر حسین شناور



قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) مکه



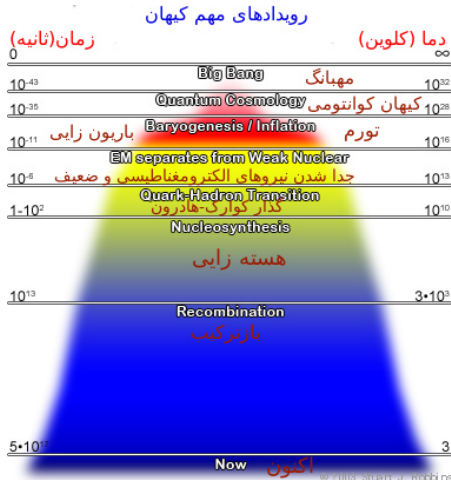
مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
 - خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
- h.shenavar@gmail.com
- از همکاران محترم در گلبهار و گلמکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلמکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
 - برای ضبط این درس ها از نرم افزار *Zoom* استفاده شده است.

۱ درس دوازدهم: آینده کیهان بنا به فهم کنونی ما

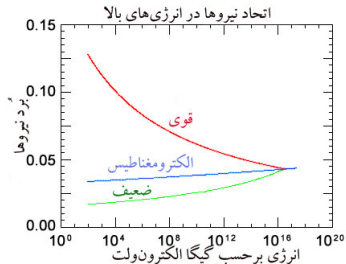
- عصر آغازین و عصر ستارگان
- عصر تبه‌گن و عصر سیاهچاله‌ها
- عصر تاریکی و سناریوهای ممکن دیگر

آنچه گذشت: تاریخچه مختصر کیهان



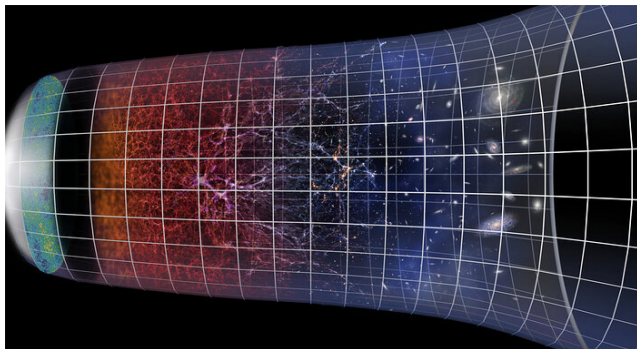
در درس قبل درباره این موضوعات بحث کردیم:

- کیهان داغ آغازین
- نقش شتابگرها در فهم ما از فیزیک ذرات
- گرما و نقش آن در تغییر فاز ماده
- اتحاد چهار نیروی بنیادین طبیعت
- نخستین سه دقیقه و پس از آن
- تشکیل ساختار، بازترکیب، تابش زمینه
- تورم کیهانی و نقش آن در کیهان کنونی



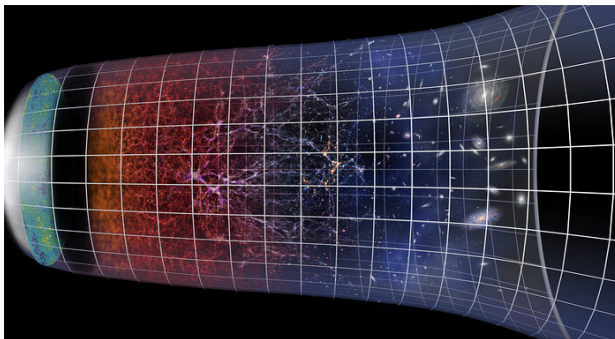
آینده کیهان

- سن کیهان (حدوداً ۱۳/۷ میلیارد سال) در مقایسه با عمر انسان (حدوداً ۷۰ سال) بسیار بیشتر است. در واقع عمر کیهان، بنا به تعریفش، از عمر همه اجرام (سیارات، ستارگان، کهکشان ها و ...) بیشتر است.
- ولی زمان همچنان در حال گذراست و کیهان روز به روز پیرتر می شود. حال دو سوال مهم پیش می آید: تحول کیهان در آینده چگونه خواهد بود؟ در نهایت کیهان چه سرنوشتی خواهد داشت؟



آینده کیهان

- به صورت خلاصه می توان گفت که وضعیت کیهان در آینده بسیار دور، بسیار متفاوت از وضعیت کنونی خواهد بود. ما در این جلسه، آینده بسیار بسیار دور کیهان را بررسی خواهیم کرد.
- توجه: موضوعاتی که در این جلسه مطرح می شوند بسیار چالش برانگیز هستند و بر اساس برخی فرضیات فیزیکی (که هنوز کاملاً تایید نشده اند) به دست می آیند. در واقع با تغییر دیدگاه ما نسبت به فیزیک ذرات بنیادی و کیهان شناسی، ممکن است این سناریوها کاملاً تغییر کنند.



نمادگذاری علمی

- در این جلسه، برای نشان دادن سن عالم با اعداد بسیار بسیار بزرگی سر و کار خواهیم داشت. در علم اینگونه اعداد را با نمادگذاری علمی نشان می دهند.
- در نمادگذاری علمی، اعداد بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک را به کمک توان های عدد ده نشان می دهیم. مثلاً:

$$100 = 10 \times 10 = 10^2$$

$$1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$$

$$10000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^4 \quad 100000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^5$$

- به همین ترتیب می توان نوشت:

$$1000000 = 10^6 \quad 1000000000 = 10^9 \quad 1000000000000 = 10^{12}$$

- توجه کنید که هر وقت توان به اندازه یکی افزایش می یابد، عدد مورد نظر ده برابر می شود:

$$10^{10} = 10 \times 10^9$$

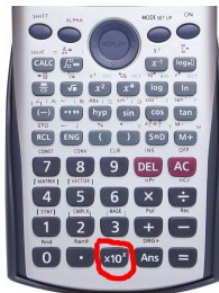
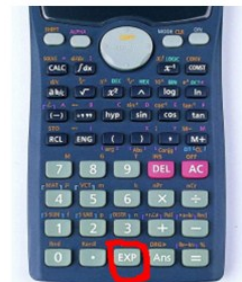
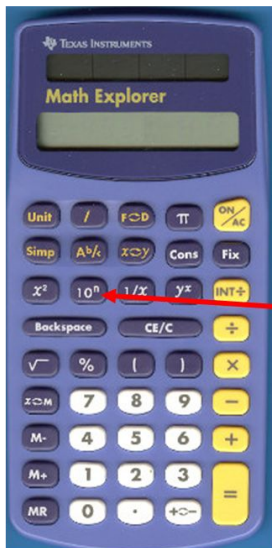
بنابراین عدد 10^{18} دو برابر عدد 10^9 نیست، بلکه یک میلیارد برابر عدد 10^9 است:

$$10^{18} = 10^9 \times 10^9$$

عصر آغازین و عصر ستارگان
عصر تبهکن و عصر سیاهچاله ها
عصر تاریکی و سناریوهای ممکن دیگر

درس دوازدهم: آینده کیهان بنا به فهم کنونی ما

نمادگذاری علمی را در ماشین حساب ها با علامت های مختلفی از جمله EE ، Exp ، 10^x و ... نشان می دهند.



درس هفتم: نمادگذاری علمی



مقدمات ریاضی
درس هفتم: نمادگذاری علمی

دکتر حسین شناور

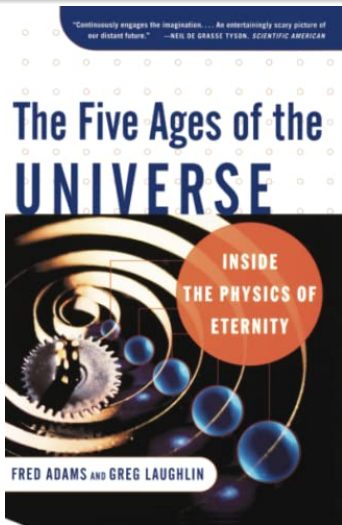
موسسه درخت دانش



نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

دکتر حسین شناور

پنج عصر کیهان



در مراحل مختلف تحول کیهان، جرم خاصی بر بقیه انواع جرم غالب است و بنابراین شیوه تحول عالم در آن عصر را (تا حد بسیار خوبی) تعیین می کند. مثلاً در کیهان کنونی، می توان فرض کرد که ستارگان جرم غالب هستند. البته ماده تاریک هم وجود دارد ولی ستارگان بیشترین مقدار انرژی را در حال حاضر تولید می کنند. قبل از غلبه ستارگان، پلاسمای کیهانی بیشترین مقدار انرژی را تولید می کرد.

منجمین فرد آدامز و گرگ لفلین آینده کیهان را در زمان های بسیار بسیار دور بررسی کرده و در کتاب ”پنج عصر کیهان“ نتیجه را گزارش داده اند. بنا به این دسته بندی، پنج عصر کیهان عبارتند از:

عصر آغازین (کیهان اولیه)

عصر ستارگان

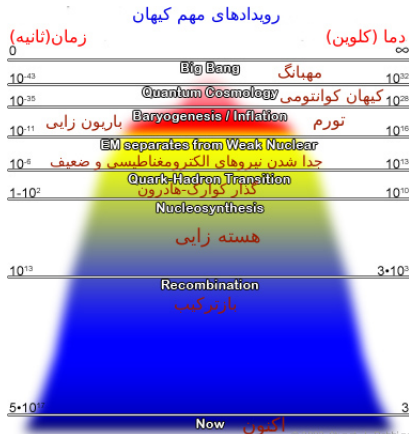
عصر تبهکن

عصر سیاهچاله ها

عصر تاریکی

عصر آغازین (کیهان اولیه)

- درباره عصر آغازین (کیهان اولیه) در جلسه قبل صحبت کرده ایم. این دوره عبارت است از لحظه مهبانگ تا لحظه تولد اولین ستارگان (تقریباً چهارصد هزار سال پس از مهبانگ).



© 2003 Stuart J. Robilliard

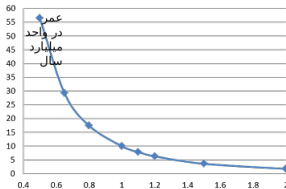
عصر ستارگان

- دوره بعدی دوره کنونی است که آن را عصر ستارگان می‌نامند. این دوره از چهارصد هزار سال پس از مه‌بانگ شروع شده و تاکنون (۱۳/۷ میلیارد سال) ادامه دارد.



عصر ستارگان

طول عمر ستارگان رشته اصلی



جرم در واحد جرم خورشید



عصر ستارگان تا کی ادامه پیدا می کند؟ و یا به عبارت دیگر، چه زمانی آخرین ستاره خواهد مرد؟!

در درس ششم از بخش سوم دیدیم که هرچقدر جرم ستاره ای کمتر باشد، عمر آن طولانی تر خواهد بود زیرا آهنگ تبدیل (همجوشی) هیدروژن به هلیوم در آن ستاره کندتر خواهد بود.

مدل های ستاره ای پیش بینی می کنند که کم جرم ترین کوتوله های قرمز می توانند فرایند همجوشی را تا یک تریلیون سال (هزار میلیارد سال) ادامه دهند. در واقع کوتوله قرمزی که چهارصد هزار سال پس از مهبانگ متولد شده است تاکنون فقط یک درصد از هیدروژن خود را مصرف کرده است و بنابراین در حدود ۹۹٪ از عمرش باقی مانده است. در نتیجه، همه کوتوله های قرمز همچنان در حالت نوزادی خود هستند.

عصر ستارگان



در حال حاضر، کهکشان ها همچنان مشغول به تبدیل گاز به ستارگان هستند. این فرایند در سحابی ها رخ می دهد (درس دوم از بخش چهارم). هرچند، این گاز بالاخره روزی تمام خواهد شد. تخمین های متفاوتی برای زمان تمام شدن این گازها ارائه شده اند؛ ولی اکثر منجمین معتقدند گاز کهکشان ها در چندین میلیارد سال آینده در طی فرایند ستاره زایی تمام خواهد شد. بنابراین، در آینده ستارگان کمتری متولد خواهند شد و ستارگان فعلی نیز به تدریج خواهند مرد.

البته برخورد کهکشان ها می تواند فرایند ستاره زایی را دوباره فعال کند؛ ولی حتی اگر این فرایند نیز پنجاه میلیارد سال به طول انجامد، باز هم در مقابل عمر کوتوله های قرمز (هزار میلیارد سال) ناچیز خواهد بود.

عصر ستارگان



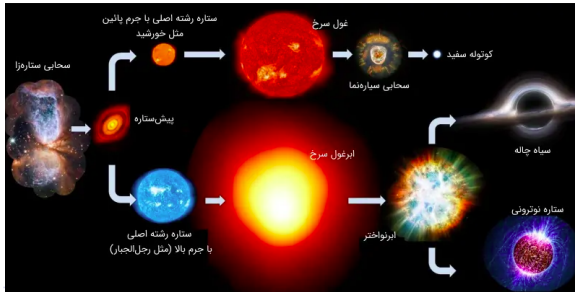
وقتی ستارگان به تدریج مردند، کهکشان ها کم کم تغییر رنگ داده و محو می شوند. مثلاً، در حال حاضر، قرص بیشتر کهکشان های مارپیچی شامل ستارگان آبی رنگ است. این ها ستارگان بسیار پرجرم، داغ، درخشان و کم عمر هستند که بیشتر نور کهکشان های مارپیچی را فراهم می کنند. ولی وقتی این ستارگان بمیرند، ستارگان کم نورتر قرمز رنگ غالب شده و در نتیجه کهکشان ها نیز قرمز رنگ و کم نورتر می شوند. در واقع، چند میلیارد سال پس از تمام شدن گاز سحابی ها، بیشتر نور کهکشان ها از کوتوله های قرمز خواهد بود.

در نتیجه، پس از حدود یک تریلیون سال، تقریباً همه ستارگان موجود در کهکشان ها از کوتوله های قرمز تشکیل شده اند (برخی مدل ها این زمان را تا ده تریلیون سال نیز پیش بینی می کنند).

عصر تبهن

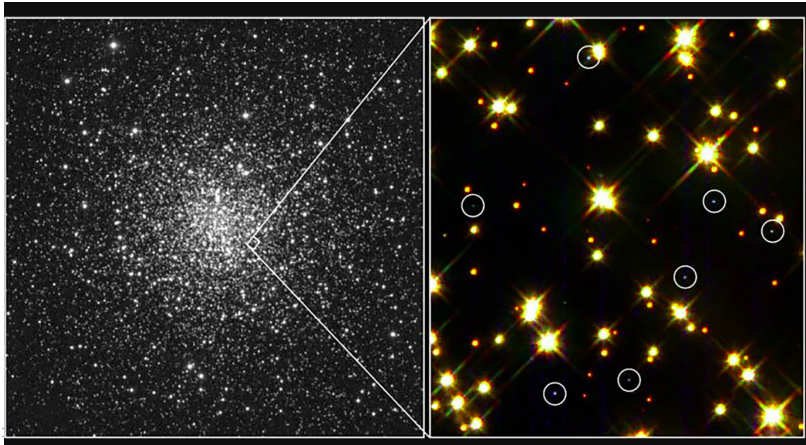
وقتی آخرین کوتوله های قرمز کیهان بمیرند، تنها منابع انرژی جهان، باقیمانده ستارگان خواهند بود. این ها عبارتند از:

- ۱ کوتوله های قهوه ای (بخش سوم، درس پنجم)
- ۲ کوتوله های سفید (بخش سوم، درس هفتم)
- ۳ ستاره های نوترونی (بخش سوم، درس نهم)
- ۴ سیاهچاله ها (بخش سوم، درس دهم)

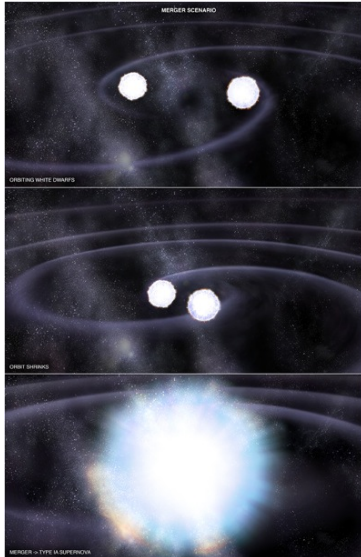


عصر تبهگن

چرا می گوئیم عصر تبهگن؟! کوتوله های سفید و ستاره های نوترونی به کمک فشار تبهگن (به ترتیب ناشی از الکترون و نوترون) در تعادل هستند. بنابراین این دوره را عصر تبهگن می نامند که از 10^{13} تا 10^{40} سال پس از مهبانگ به طول خواهد کشید!



عصر تبهگن

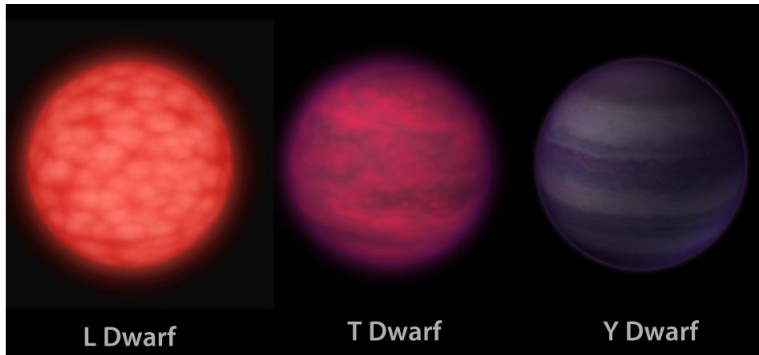


در عصر تبهگن، کیهان تاریک خواهد بود زیرا نور مرئی بسیار کمی تابش می شود. هرچند، همچنان کوتوله های سفید و ستاره های نوترونی تابش فروسرخ (مادون قرمز) خواهند داشت. این اجرام در هنگام تولد بسیار داغ هستند ولی در طی زمان انرژی خود را تابش کرده و کم کم سرد می شوند. در طی چند تریلیون سال، این اجرام سرد شده تا به دمای اتاق (و حتی کمتر از آن) می رسند.

البته همچنان پدیده های جذابی در کیهان رخ خواهند داد. مثلا، دوتایی های کوتوله سفید می توانند با هم ادغام شده و تشکیل یک ابرنواختر دهند. و یا وقتی دوتایی های ستاره نوترونی ادغام می شوند، ما شاهد انفجار پرتوگاما خواهیم بود. این انفجارها بسیار کوتاه ولی بسیار درخشان هستند و از فواصل بسیار دور کیهانی دیده می شوند. پس از آن، دوباره کیهان تاریک خواهد شد.

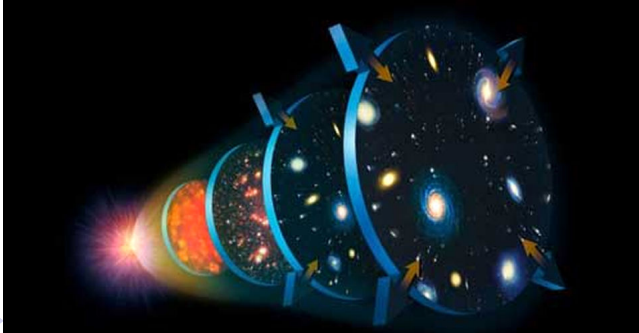
عصر تبهگن

- البته، در این دوره کوتوله های قهوه ای منبع بهتری برای انرژی هستند زیرا دوتایی های کوتوله قهوه ای می توانند ادغام شده و ستاره ای با جرم کم تشکیل دهند. چنین ستاره کم جرمی می تواند چند صد میلیارد سال بدرخشد. هرچند، پس از یک کوادریلیون سال (یک میلیون میلیارد سال و یا 10^{15} سال!) این ستارگان نیز خاموش خواهند شد.



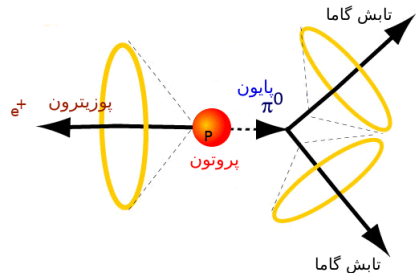
جهان قابل مشاهده ما در عصر تبهگن بسیار کوچک خواهد بود.

- تا آن زمان همه کهکشان های موجود در خوشه محلی با هم برخورد کرده و یک کهکشان بسیار عظیم بیضوی تشکیل خواهند داد. همچنین، در درس انرژی تاریک دیدیم که شعاع جهان قابل مشاهده ما روز به روز کوچکتر می شود. در نتیجه، در عصر تبهگن شعاع جهان قابل مشاهده به حدی کوچک خواهد شد که فقط کهکشان عظیم ما (که در آن زمان بسیار کم نور خواهد بود) دیده خواهد شد.
- ولی حتی عصر تبهگن هم روزی به پایان خواهد رسید ...



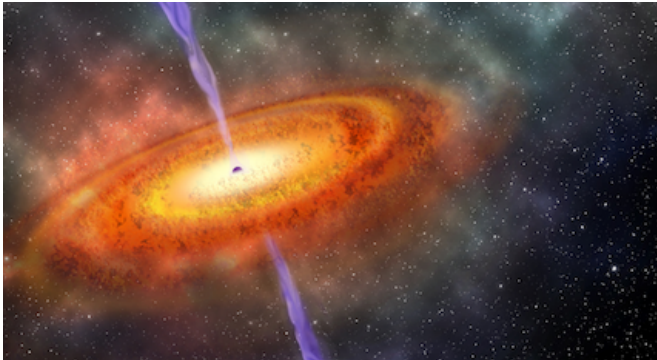
ماده دچار فروپاشی خواهد شد!

- مدل های ذرات بنیادی پیش بینی می کنند که در زمان های بسیار دور (حداقل 10^{34} سال و به احتمال زیاد حتی بیشتر) پروتون واپاشی خواهد کرد. پروتون در هسته همه اتم ها وجود دارد؛ بنابراین واپاشی آن به معنی واپاشی اتم ها خواهد بود! در نتیجه، با واپاشی آن همه ستاره های نوترونی، سیارات، کوتوله های سفید و قهوه ای نابود خواهند شد.
- بنا به محاسبه آدام و لفلین، واپاشی پروتون در این زمان باعث می شود که کوتوله های سفید با توان $400 W$ انرژی تابش کنند. این مقدار از توان برخی از دستگاه های الکتریکی خانگی هم کمتر است؛ ولی پس از 10^{38} سال این پدیده یک منبع انرژی مهم در جهان خواهد بود!



شروع عصر سیاهچاله ها

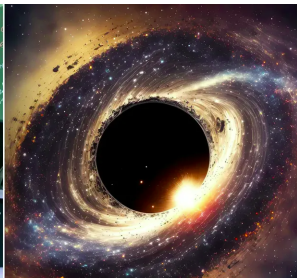
- پس از 10^4 سال حتی ستارگان تبهکن نیز از بین رفته اند و تنها اجرام بزرگ باقیمانده در کیهان سیاهچاله ها خواهند بود. این دوره را عصر سیاهچاله ها می نامند که از 10^4 تا 10^{92} سال پس از مهبانگ به طول خواهد انجامید.
- سیاهچاله ها انرژی زیادی تولید نمی کنند مگر اینکه مقدار بسیار زیادی ماده را ببلعند و تشکیل قرص برافزایشی دهند.



تابش هاوکینگ و تبخیر سیاهچاله

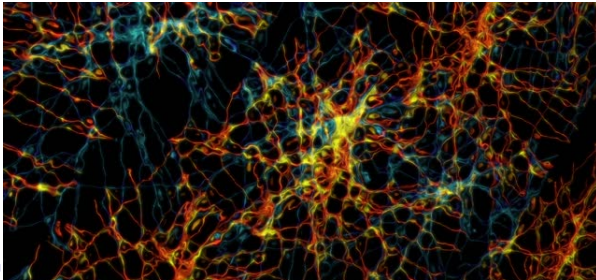
البته راهی وجود دارد که با استفاده از آن سیاهچاله های می توانند انرژی کمی تولید کنند: آنها می توانند تبخیر شوند!

اکثر افراد فکر می کنند که سیاهچاله ها فقط می توانند مواد اطراف را ببلعند. ولی دهه ها قبل، استیون هاوکینگ (فیزیک دان معروف) سیاهچاله ها را به صورت کوانتومی بررسی کرده و نشان داد این اجرام تحت شرایط خاص می توانند ذراتی را تابش کنند. البته این اثر بسیار ضعیف است و فیزیک بسیار پیچیده ای نیز دارد. ولی نتیجه نهایی آن است که سیاهچاله ها می توانند به صورت بسیار آرام جرم خود را از دست دهند. نکته جالب اینکه هرچقدر جرم سیاهچاله بیشتر باشد، آهنگ از دست دادن جرم آن کمتر خواهد بود.



عصر تاریکی

- حتی عصر سیاهچاله ها هم سرانجام به پایان خواهد رسید. پس از این دوران هیچ جرم دیگری، به جز ذرات بنیادی و فوتون ها، در کیهان وجود نخواهد داشت. این ذرات هم چنان کم انرژی اند که عملاً اثر فیزیکی چندانی ندارند.
- این اتفاقات پس از حدوداً 10^{92} یا 10^{93} سال رخ خواهند داد. در اینجا می توان گفت کیهان عملاً مرده است به این معنی که هیچگونه فعالیت فیزیکی خاصی در آن رخ نخواهد داد. بنا به نظریات کنونی فیزیک، عصر تاریکی تا بینهایت ادامه خواهد داشت؛ البته می توان استدلال کرد که در این حالت زمان معنی کلی خود را از دست داده است زیرا حرکت خاصی در کیهان وجود نداشته و بنابراین اندازه گیری بازه های زمانی عملاً بی معنی است.



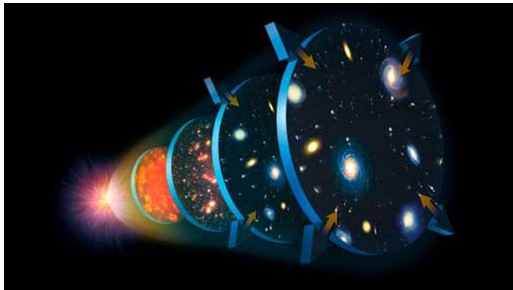
آیا این سناریوها جدی هستند؟!

- در اینجا لازم است از خود بپرسیم این سناریوها تا چه حد جدی هستند؟! و آیا امکان دیگری برای ادامه تحول کیهان وجود ندارد؟
- پاسخ: میزان جدی بودن این سناریوها کاملاً بستگی به میزان درستی مدل های استاندارد فعلی در کیهان شناسی و ذرات بنیادی دارد. هرگونه تغییر اساسی در این مدل ها می تواند فهم ما از آینده کیهان را به کلی تغییر دهد. مثلاً، به احتمالات زیر دقت کنید. ↓↓↓↓



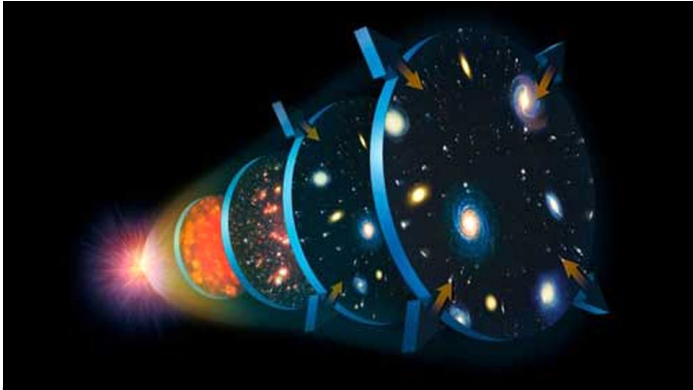
مه‌گسست

آینده کیهان می تواند به سرشت انرژی تاریک کاملاً وابسته باشد. ما هنوز ماهیت انرژی تاریک را به درستی درک نمی کنیم؛ ولی می دانیم که انرژی تاریک باعث انبساط شتابدار جهان می شود. همچنین می دانیم که افق کیهانی ما روز به روز در حال کوچکتر شدن است و سرانجام روزی این افق در حدود کهکشان ما خواهد بود. بعدها این افق حتی از ابعاد منظومه شمسی نیز کوچکتر می شود. حتی با گذشت زمان، این افق از قطر زمین، قطر اتم و ... هم کوچکتر خواهد شد تا هنگامی که نیروی دافعه ناشی از انرژی تاریک بر همه نیروهای دیگر پیروز شده و ساختار ماده در بنیادی ترین سطح آن در هم می شکند! این پدیده را مه‌گسست (*Big Rip*) می نامند.



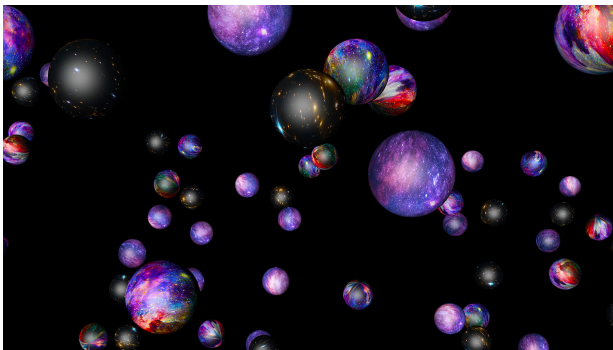
مه گسست

- ما واقعا نمی دانیم که آیا مه گسست رخ خواهد داد و یا نه. همانطور که گفته شد، امکان چنین رخدادی به سرشت انرژی تاریک بستگی دارد. ولی با تخمین هایی می توان نشان داد که، در صورت وقوع، مه گسست باید مدت زمان بسیار طولانی پس از مرگ خورشید، ولی بسیار پیشتر از عصر تاریکی رخ دهد.



چند جهانی

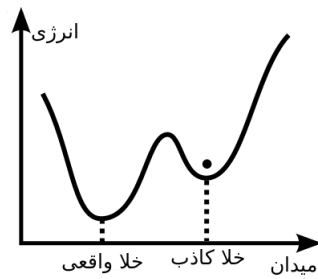
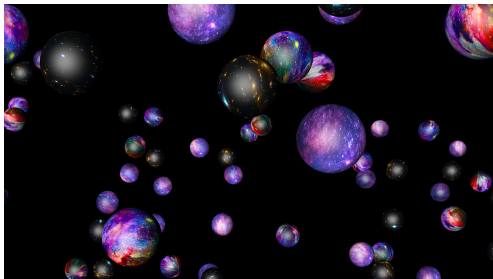
- امکان دیگر این است که جهان ما فقط یکی از جهان هاست! این ایده را چند جهانی (*multiverse*) می نامند که در بخش های مختلفی از فیزیک نظری (و حتی فلسفه، ادبیات و ...) خود را نشان می دهد. البته اگر چنین جهان هایی وجود داشته باشند، کاملاً از دسترس ما خارج هستند و به صورت مستقل عمل می کنند.
- نکته بسیار مهم این است که قوانین و ثابت های فیزیک در جهان های دیگر ممکن است متفاوت باشند؛ در نتیجه رفتار فضا، زمان، ماده و ... در این جهان ها لزوماً با جهان ما یکسان نیست.



چند جهانی

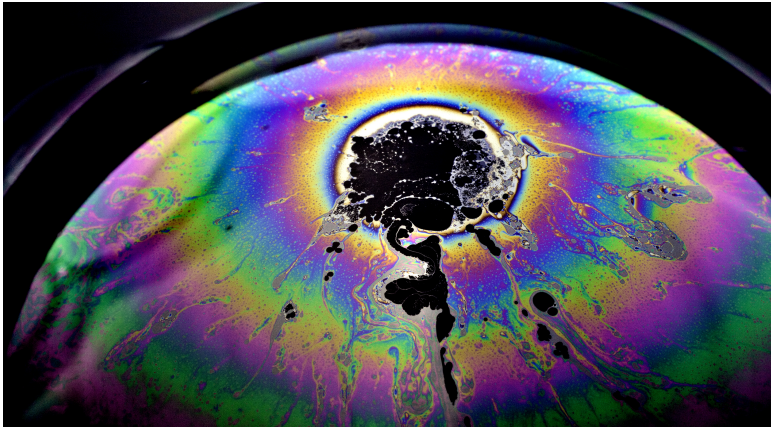
ما معمولا درباره فضای خالی به عنوان موجودی خالی از هرگونه ماده و انرژی فکر می کنیم. هرچند، برخی فرضیات کوانتومی می گویند که این تفکر ممکن است درست نباشد. در واقع ممکن است فضای خالی بتواند در تراز انرژی پایین تری، نسبت به حالت کنونی، قرار بگیرد. این وضعیت را ”خلا واقعی“ می نامند.

حال ممکن است در آینده بسیار دور کیهان، به دلیلی که هنوز درباره اش چیزی نمی دانیم، قسمت کوچکی از فضا تحریک شده و به وضعیت خلا واقعی جهش کند. این باعث می شود که ماده و انرژی در نواحی اطراف به درون این ناحیه سقوط کنند. در واقع کم کم همه کیهان به درون این ناحیه سقوط می کند و دنیای جدیدی خلق می شود.



چند جهانی

نکته جالب اینکه قوانین فیزیک در کیهان جدید متفاوت خواهند بود. در واقع این ایده بیان می کند که حتی ممکن است کیهان کنونی نیز نتیجه "باز راه اندازی" یک کیهان قدیمی تر باشد. حتی برخی دانشمندان در حال حاضر به دنبال شواهد این سناریو در تابش زمینه کیهانی هستند. چنین ایده ای اساساً یک جهان در خلق مداوم را توصیف می کند.



نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید تحولات آینده کیهان را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوید:

- ۱ منظور از عصر آغازین (اولیه) چیست؟ این عصر از چه زمانی شروع شده و تا چه زمانی ادامه خواهد داشت؟
- ۲ منظور از عصر ستارگان چیست؟ این عصر از چه زمانی شروع شده و تا چه زمانی ادامه خواهد داشت؟
- ۳ منظور از عصر تبهگن چیست؟ این عصر از چه زمانی شروع شده و تا چه زمانی ادامه خواهد داشت؟
- ۴ منظور از عصر سیاهچاله ها چیست؟ این عصر از چه زمانی شروع شده و تا چه زمانی ادامه خواهد داشت؟
- ۵ منظور از عصر تاریکی چیست؟ این عصر از چه زمانی شروع شده و تا چه زمانی ادامه خواهد داشت؟
- ۶ ستاره زایی در عصر ستارگان تا چه زمانی می تواند ادامه داشته باشد؟
- ۷ چرا نور کهکشان ها در طی زمان به سمت رنگ قرمز گرایش می یابد؟
- ۸ در عصر تبهگن چه اجرامی در کیهان تولید انرژی می کنند؟
- ۹ ادغام کوتوله های سفید، ستاره های نوترونی و کوتوله های قهوه ای در عصر تبهگن چه اجرامی را به وجود می آورد؟
- ۱۰ توضیح دهید که چگونه در عصر تبهگن ما فقط یک کهکشان (کهکشان خودمان) را خواهیم دید.
- ۱۱ پژوهش: درباره واپاشی پروتون تحقیق کنید.
- ۱۲ پژوهش: درباره تبخیر سیاهچاله ها تحقیق کنید.
- ۱۳ پژوهش: درباره مه گسست تحقیق کنید.
- ۱۴ پژوهش: درباره نظریه های چند جهانی تحقیق کنید.

اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: در جستجوی حیات فرازمینی

در جلسه آینده، درباره تلاش‌های منجمین برای یافتن حیات فرازمینی بحث خواهیم کرد.



با سپاس از توجه شما،
لطفاً ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال کنید.