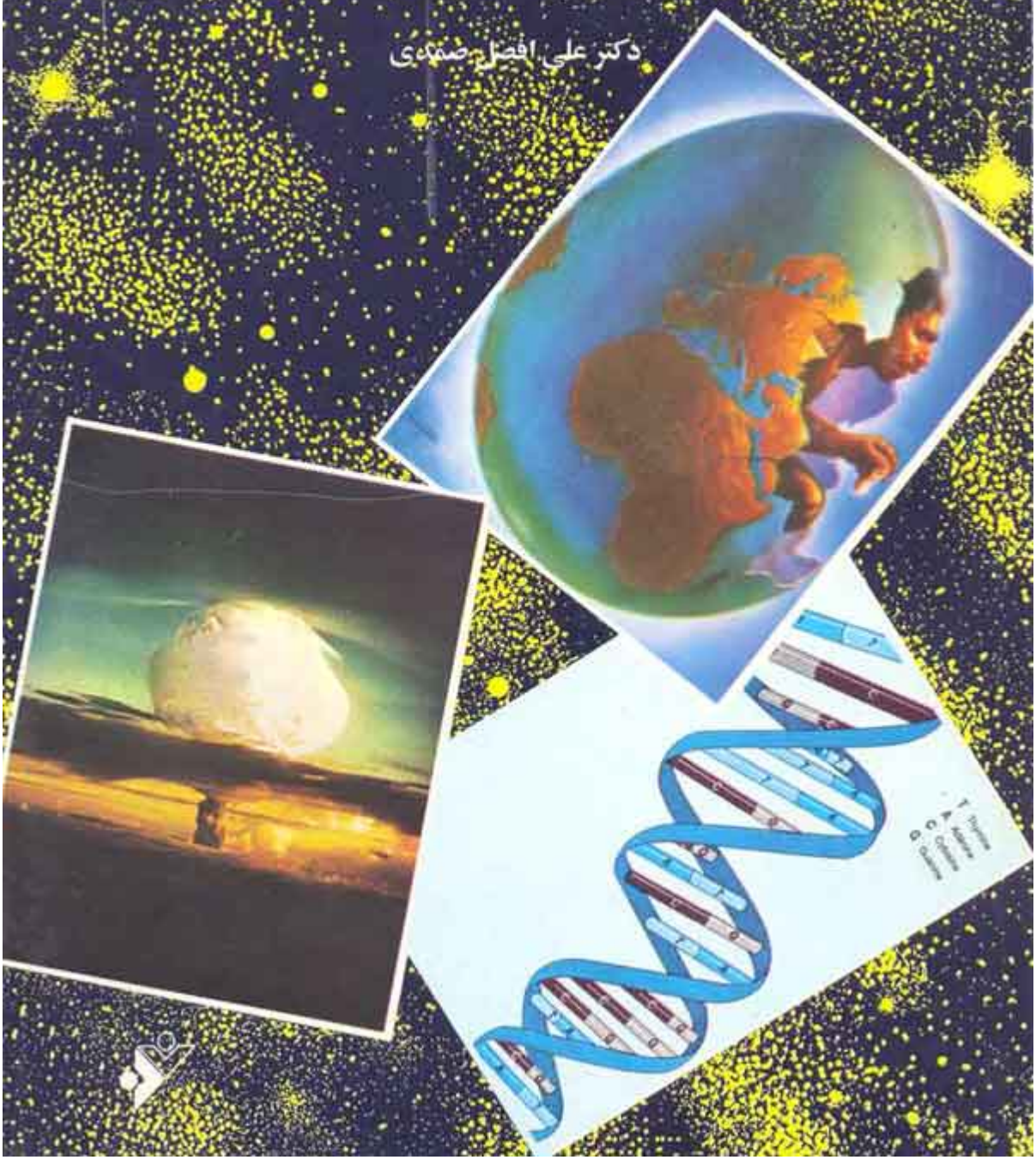
ستارگان، زمین و زندگی

از کجا آمده‌ایم، به کجا می‌رویم؟

دکتر علی افضل صمدی



ستارگان، زمین و زندگی
از کجا آمده‌ایم؟ به کجا می‌رویم؟
تألیف دکتر علی افضل صمدی

چاپ سوم به صورت انتر نتی و رایگان
سال ۱۳۸۷ خورشیدی. ۲۰۰۸ میلادی.

چاپ دوم: سال ۱۳۷۳
دفتر نشر فرهنگ اسلامی
همکار فنّی : دفتر ویرایش
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه دفتر نشر فرهنگ اسلامی
تعداد: ۳ هزار جلد
.
چاپ اول: ۱۳۷۱
دفتر نشر فرهنگ اسلامی
همکار فنّی : دفتر ویرایش
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه دفتر نشر فرهنگ اسلامی
(تعداد۳هزار جلد)

برای آشنایی با نگارنده به وب سایت زیر نگاه کنید
http://ali.afzal.samadi.free.fr/
برای ارتباط با نگارنده با ایمیل زیر تماس بگیرید
aliafzalsamadi@yahoo.fr

تقدیم به استاد و معلّمی که علم را همراه با
وجدان علمی به دانشجویان خود بیاموزد.

مقدمه چاپ سوم.

این کتاب را در فروردین ماه ۱۳۷۱ نوشتم که درتابستان همان سال به وسیله دفتر نشر فرهنگ اسلامی در سه هزار نسخه چاپ شد در آن زمان مردم خیلی بیشتر کتاب می خواندند و رایانه هنوز متداول نشده بود بنابراین تمام نسخ چاپ اول در همان سال ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ به فروش رفته بود و ناشر با رقبت فراوان آنرا دو باره تجدید چاپ کرد تمام نسخ این چاپ نیز در طی یکی دوسال به فروش رفت ولی ناشر دیگر رقبتی برای چاپ مجدد آن از خود نشان نداد.با وجود آنکه دست اندر کار نوشتن کتاب شیمی عمومی بودم، سعی کردم کتابی دیگر در همان ضمینه ی پیدایش ستارگان، خورشید و منظومه شمسی و سر آخر به وجود آمدن زندگی زمینی و رسیدن به انسان فهیم بنویسم.
البته سعی کردم این بار سطح علمی آن قدری پایین تر باشد تا همگان بتوانند از آن بهره بگیرند.این شد که کتاب افسانه زندگی را در سال ۱۳۷۷ نوشتم تمام نسخ این کتاب نیز به فروش رفته ولی ناشر حاضر به چاپ هیچ کدام از این کتابها نشد.

اکنون بر خود لازم دانستم با توجه به اینکه اغلب جوانها و روشنفکران کشور به سادگی به رایانه دست رسی دارند و بجای خواندن کتاب باانترنت آشنا هستند و از آن بهره می گیرند، . این کتابها را بر روی رایانه و به صورت انترنتی و رایگان در اختیار هم میهنان عزیز قرار دهم. کتاب افسانه زندگی به صورت کامل و نیز به صورت سه بخش (به خاطر راحت باز شدن آن) با تجدید نظر کامل در سال۱۳۸۶ بر روی وب سایتم قرار گرفت است. اینک کتاب ستارگان،زمین و زندگی را نیز به صورت سه بخش مجزا از هم (و نیز کامل)تقدیم می کنم و سعی دارم تا آنجا که ممکن است و با سرعت زیادی که انترنت در اروپا دارد، می توان مقالات علمی و اجتماعی را به سهولت به دست آورد و می توان داده

های جدید را برآن اضافه کرد. و این همان کاری است که در مورد کتاب افسانه زندگی نمودم و امیدوارم تلاشهایم مورد استقبال علاقه مندان علم و معرفت قرار گیرد.

مطالبی که در این چاپ از کتاب می خوانید عبارتنداز:

بعد از خود سوزی و فروپاشی ثقلی ستارگان غول پیکر،گرد و غبار و خاکستر آنها سیستم های خورشیدی نظیر منظومه ی شمسی و سیاراتی نظیر کره ی زمین را به وجود آوردند.تمایل به تنوع و پیچیدگی که در نهاد مادّه از لحظه ی نخستین وجود داشت ،کار فرمای عالم شده وبه کمک قوانین حاکم بر طبیعت از اتحاد ذرات بنیادی چون کوارکها،ابتدا ذرات بنیادی دیگر و قابل لمستر چون پروتون و الکترون و نوترون را به وجود آوردند و از اتحاد این سه ذره باهم ابتدا اتمها و چندی بعد ملکولها پدید آمدند.از اتحاد ملکولها در فضاهای بین کهکشانها، آجرهای اولیه زندگی، که پژوهشگران آنها را اسیدهای آمینه می نامند ،به وجود آمد.بدن من و شما از اتحاد ۲۲ اسید آمینه مختلف تشکیل شده و حال آنکه در فضاهای بین کهکشانها و یا در سنگهای آسمانی که به زمین رسیده اند بیش از ۸۰ اسید آمینه وجود دارد و شاید در منظومه های دیگر موجوداتی با اسیدهای آمینه ی متفاوت از ما وجود داشته باشند که ما از آن تاکنون اطلاعی نداریم.

اختیار و یا قابلیت ایجاد تنوع که در نهاد ماده یا خلق شده و یا به خودی خود به وجود آمده (که اکنون ما قادر به جواب آن نیستیم) سبب پیدایش تنوع و پیچیدگی بر روی زمین شده است. از اتحاد اتمهای ساده با هم ملکولها و سپس ملکولهای زنده و آخر سر موجودات به وجود آمده اند.در اثر این تمایل به تنوع، جهش و یا دگرگونی هایی پی در پی در طی۴/۶ میلیارد سال عمر زمین اتفاق افتاده و منجر به پیدایش گیاهان و موجودات مختلف و به ویژه انسان کنونی شده است. انسان امروزه اختیار سیّازه زمین را در دست گرفته و خود به نوعی بسیار وسیع تر از طبیعت قوه ی محرکه این تمایل گشته و تنوع و پیچیدگی می آفریند.

وسعت این تمایل و یا اختیار جزء ناچیزی از عظمت جهان را بر روی این سیاره بسیار کوچک که زمین نام دارد در مغز انسان به صورت فهم جا داده است.نبوغ برخی از افراد بشر که نتیجه ی مستقیم تحوّل مادّه است، در طی کمتر ازده هزار سالی که از تمدن بشری می گذرد شگفتی های جهان را در بیست قرن گذشته و به ویژه در قرن اخیر آشکار ساخته است.این مختصر فهم که در مغز انسان در اثر دگرگونی مادّه حاصل شده تا حدی

قادر به جواب گویی برخی از ابهامات بشر(از کجا آمده ایم؟ که هستیم؟ و به کجا خواهیم رفت)شده است.

با توجه به دامنه وسیع معلومات کنونی انسان،(اگر چه که در مقابل مجهولات کلی عالم بسیار ناچیز است) باید بخشهای متعددی از رشته های مختلف علوم، مجهولات را مطالعه و مبادی قوانین اصلی طبیعت را جستجو کنند.بنا براین هر بخش از علوم بر حسب راه و روش خود گوشه ای از این مجهولات عالم را بررسی می کنند. لذا برای به دست آوردن درکی عمومی از دانشهای بشری، باید پژوهشگران هر بخش را مورد سئوال قرار دهیم و تاآنجایی که فهم ما اجازه می دهد، باشگفتی جهان آشنا شویم.

اختر فیزیک شناسان،فضا و ستارگان و کهکشانها را مورد مطالعه قرار می دهند و به کمک دستگاه های شگفت انگیز خود و با استفاده از پرتوهایی که از ستارگان به ما می رسند،آغاز و پیدایش و سرانجام جهان را جستجو می کنند.با اینکه طبیعت ستارگان و سرنوشت،آنها یعنی چگونگی تولد و مرگ آنها را به خوبی شناخته اند،با این وجود هنوز ابهامات فراوانی برای آنها باقی مانده است.

زیست شناسان و بیو شیمیست ها به دنبال مبداء زندگی و چگونگی به وجود آمدن ملکولهای بسیار درشت و پیچیده ی تشکیل دهنده ی سلولهای موجودات زنده بوده و می خواهند به دانند که چگونه ملکولهایی مادی به ملکولهایی زنده و قابل تکثیر تبدیل شده اند و آخر سر دیرینه شناسان(پالئونتولوژیست ها)برای شناخت مبدأ پیدایش انسان و رابطه ی آن با تحول وتکامل موجودات زنده،میلیون ها تُن خاک و سنگهای رسوبی مناطق مختلف سیاره زمین را با ابزارهای مختلف از بُلدوزر گرفته تا نوک چاقو و قلم مو،زیرو زبر نموده و آثار انسانهای ماقبل تاریخ و حیوانات حدّ واسط را جستجو می کنند.در سنوات اخیر،رادیو شیمیست ها به یاری آنها آمده و با وسایل علمی جدید،مثلا کاربرد طیف نگار پرتو x و یا رادیوایزوتوپ ها و یا مقایسه ی رادیو اکتیویته ایزوتوپهای رادیو اکتیو طبیعی موجود در این بقایا،با موجود زنده ی امروزی،تاریخ در گذشت انسانهای ماقبل تاریخ را مشخص می کنند و حتی قادرند چگونگی زیست و تغذیه و معیشت آنها را تشخیص دهند.در همین سالهای اخیر ،بیوشیمیست ها نیز به مدد انسان شناسان شتافته،وبا آزمایشهای ایمنی شناسی(ایمینولوژی)مبتنی بر مطالعه ی عکس العمل پروتئین سلولهای

زنده در مقابل پادزهر (آنتی کور)خانواده های نزدیک به یکدیگر،رابطه نَسَبی انواع موجودات و به ویژه انسان با حیوان را جستجو می کنند.

طی چند سال اخیر،پژوهشگران معتقد شده اند که کلیه ی این مبادی یا آغازها،مثل دانه های زنجیر به یکدیگر مربوط بوده و همه مبدأ واحدی دارند و این بزرگترین اکتشاف اواخر قرن بیستم است،داستان همه،یکی و آنهم" افسانه ی زندگی"است،ادامه ی یک حقیقت،همه ی ما و همه چیز از خاکستر ستارگان به وجود آمده ایم.ابتدا ذرّات بنیادی بدون جرم،به ذرّات جرم دار تبدیل شده و پس ازآن اتمها و ملکولها و کهکشانها و ستارگان به وجود آمده و آخر سر از تحول و تکامل آنها ملکولهای زنده به سلولهای زنده و از تحول آنها موجودات چند سلولی ودرآخر سرگیاهان و جانداران و نهایت انسان متفکر حاصل گشته است که دنیا را به زیر سئوال برده است.

تنها و تنها یک تحول است که طی میلیارد ها سال پی در پی تکامل می یابد و روز به روز متنوع تر و پیچیده تر می شود.ما از کهکشانها و لاشه ی ستارگان و باکتری هاحاصل شده ایم.باید اعتراف کرد که تحول جهانی هنوز آغاز مبهمی دارد و با حادثه ای مبهم مربوط به ۱۵ میلیارد سال پیش،یعنی با همان پدیده ی مسلّم و غیر قابل لمس آتش نخستین یا مَهبانگ(انفجار اولیه یا بیگ بانگBig-Bang)شروع شده و به مدد داده های تجربی،لاجرم به وسیله ی همگان پذیرفته شده است.(در سال ۱۹۸۱ در جلسه ای که در واتیکان و در حضور پژوهشگران و رهبران مذهبی بر گزار شد،کلیسا پذیرفت که مهبانگ همان آتش نخستین است که در کتابهای مقدس ادیان مختلف به آن اشاره شده است. [۱]

ولی این پدیده حدود جهان را مشخص نمی کند،بلکه مشخص کننده ی حدّ معلومات کنونی ما از جهان است،شاید روزی جواب این معما برای ما روشن شود.

اگر از خود به پرسیم: پیش از مهبانگ چه بوده است؟ نمی دانیم! سپس چه خواهد شد؟باز نمی دانیم! ولی علم،لحظه ای بینهایت کوچک بعداز مهبانگ را جواب گو می باشد.این لحظه واقعا کسری بینهایت بینهایت کوچک از زمان است یعنی(ثانیه $^{-۴۳}$۱۰:)

۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۱. ثانیه

پس از این لحظه ی بینهایت کوچک از پدیده مهبانگ علم پاسخگوی همگان است.

---

[۱] از کتاب تاریخچه زمان نوشته استفان هاوکینگ
Stephen Havking,ABrief History of Time,(Bantam Book,۱۹۸۸),P.۱٤٦

علم هیجان زده از پژوهشی سر سخت و لجوجانه،به نتیجه ای شگفت انگیز رسیده و باور دارد که گرایش به سوی پیچیدگی و تنوّع در تمام تشکیلات عالم مشهود است و برای این نمایشنامه سه پرده قائل است.

پرده ی اول: ذرّات تبدیل به اتمها می شوند و از ترکیب اتم ها با هم ملکول ها و از اجتماع ملکولها با هم کهکشانها به وجود می آیند. ملکولهای متراکم شده در کهکشانها ستارکان را (چون قطرات بارانی که درون ابرها) تشکیل می شود به وجود می آورند.کهکشان ما یا راه شیری بیش از صد میلیارد ستاره دارد و در ۱۵ میلیارد سال از عمر جهان صدها میلیارد کهکشان نظیر کهکشان ما تولید شده است. این تحولات پرده نخست نمایشنامه جهان است که از ۱۵ میلیارد سال شروع شده و احتمالا تا هزار میلیارد سال دیگر نیز ادامه خواهد داشت.

پرده ی دوّم: این پرده بر روی سیّاره ای ویژه ای(مثلا زمین)در فاصله ای نه چندان دور و نه چندان نزدیک به ستاره ای مناسب (مثلا خورشید) اجرا می شود.ملکولها با هم پیوند می یابند و از اتحاد آنها ابتدا درشت ملکولها (پلی مرها،که از پیوست تعداد زیادی ملکول با هم به وجود آمده اند.)و از تحول آنها ابتدا ملکولهای زنده و میلیونها سال بعد سلولهای زنده به وجود می آیند.از اجتماع سلولها،گیاهان میکروسکپی تولید می شوند.این گیاهان با جذب گاز کربنیک جو زمین و دفع اکسیژن از خود، سیّاره را تسخیر می کنند و قانون زندگی را با به وجود آوردن جوّی مناسب از مخلوط اکسیژن و ازت(از مرگ و میر این گیاهان ازت تولید شده)،مستقر می سازند.این پرده از نمایش۳/۵ میلیارد سال به طول می کشید.

پرده ی سوّم: این پرده ی بسیار کوتاه از ۵۰۰ میلیون سال پیش تا کنون ادامه دارد،بسیار هیجان انگیز است.در صحنه ای متنّوع و عالمانه،مراحل اصلی تنوع و حصول به پیچیدگی بسیار بالا،با از بین رفتن گیاهان میکروسکوپی و ظهور موجودات زنده ی قابل رؤیت آغاز می شود و سپس انواع موجودات آبزی و چندی بعد دو زیستان و حیوانات مختلف و سرانجام مهره داران،پستانداران تا اجداد ما انسانها(پریماتها) صحنه را پر می کنند.

انسان موجودی که از چند میلیون سال پیش تا کنون بر روی دو پا با سری برافراشته،جهان و جهانیان را با دیدی بر تر نگاه می کند و به نوبه ی خود چیزهای بیش از

پیش پیچیده و متنوع می سازد: اشیاء ابزارها،شکار،جنگ،عشق،سفر،علم و . . به روی صحنه آمده و از خود دلیل وجود خود را می پرسد:

از کجا آمده ام،آمد نـم بهر چه بود — به کجا میـروم آخـر، ننمایـی وطنم(مولانا)
عیان نشد که چرا آمدم کجا رفتـم — دریغ و درد که غافل زِکار خویشتنم(حافظ)

در گوشه ای در بهر تفکر فرو رفته و بعد از مدتی جواب سئوال خود را یافته و می گوید:

از جمادی مـُردم و نـامی شدم — وز نـما مُـردم بـه حیـوان بَـرزدم
مُـردم از حیوانی و آدم شـــدم — پس چه ترسم کی زِمُردن کم شدم
حمله ی دیگربـه میـرم از بشر — تا بـر آرم از مـلایـــک بـال و پـر
وز ملک هم بایدم جَستن زِ جُو — کُـل شـــیءی هـالِـک اِلا وَجهَـهُ
بار دیگر از مَلَک پـرّان شـــوم — آنـچه انـدروَهم نـاید، آن شـــوم

(دفتر سوم از مثنوی مولوی)

مولانا و سایر متفکران ایران و جهان در قرون گذشته،مسئله را ساده تر از علمای امروزی می پنداشتند و برای شگفتی های جهان آفریننده ای را تصویر کرده اند و بر اساس تفکر بطلمیوس و ارسطویی،کمان می کردند زمین مرگز دنیا و هر چه در عالم هست به خاطر زمین و پیدایش انسان به وجود آمده است. و تصور می کردند مبنای جهان بر اساس چهار عنصر واز قِبل این چهار عنصر گیاهان و موجودات و سر آخر انسان به وجود آمده است.صحنه سوم نمایش را با این طرز فکر، فردوسی با الفاظی زیبا چنین بیان می دارد.

گفتار در آفرینش عالم

زِ آغـــاز بایـد که دانـــی درست — سرمایـه ی گوهـران از نخست
که یـــزدان زِنـاچیـز چیز آفرید — بـــدان تا توانـــایـی آمد پدید
وزو مایه ی گـوهر آمـــد چهار — بـرآورده بـی رنج و بـی روزگار
یکی آتشی بـــر شده تابنـــاک — میان باد و آب ازبـرِ تیـره خاک
نخستین که آتش زِجنبش دمید — زِ گرمیش پس خشکی آمدپدید
پدیـد آمد این گُنبـد تیـــز رو — شگفتـی نماینـده ی نـو به نـو
فلکها یک اندر دگر سَخته شـد — به جنبید چون کار پیـوسته شد
گیا رست بـا چند گونـه درخت — به بالا بر آمد سران شان زِ بخت
وز آن پس چوجنبنده آمدپدید — همه رستنی زیر خویش آوریـد
چو زین بگذری مردم آمدپدید — شد این بندها را سراسر کلیـد

(شاهنامه فردوسی،ژول مُل)

و اما در این کتاب،قبل از شروع هر پرده ای از نمایش ،نظریات یکی از دانشمندان معاصر را به عنوان مقدمه می آوریم و سپس مطالب بیان شده را مفصل تر،مورد بحث قرار می دهیم.

درهفت فصل از این کتاب،چگونگی پیدایش کهکشانها،ستارگان و منظومه ها به ویژه منظومه شمسی را شرح داده سپس چگونگی تشکیل اولین ملوکولهای قابل تکثیر را که منجر به پیدایش نخستین سلولهای زنده شده و نیز تحول آنها تا پیدایش انواع و اقسام موجودات و سرانجام به وجود آمدن انسان را مورد مطالعه قرار خواهیم داد و خواهیم دید که دستورالعمل زندگی در نهاد کلیه ی موجودات از تک سلولی گرفته تا انسانی متشکل از صدهزار میلیارد سلول،یکسان بوده و در طبیعتِ آنها سه پیام اصلی مندرج است.

۱ـ تغذیه،

۲ـ دفاع از خود و حمله به موجود دیگر برای تأمین مواد غذای

۳ـ تولید مثل.

خواهیم دید که این دستور ها نزد کلیه ی موجودات و حتی انسان به اجرا در می آید،منتها انسان که تکامل یافته ترین موجودات سیّاره ی ماست،مغزی توسعه یافته دارد و به کمک اعتقادات مذهبی،علم اخلاق و علوم اجتماعی،این دستورالعمل ها را از حالت غریزی بیرون می آورد و تحت فرمان عقل و احساس و منطق خود قرار می دهد.

اما فصل آخر کتاب،حاکی از تشویش در باره ی سرنوشت بشر است.ترس از ابزارهای جنگی و به ویژه اتمی،ترس از نیروگاه های اتمی و احتمال تصادف در آنها و مسئله حل نشده مواد زایدآنها(بعد از ۶۰ سال کاربرد اتم برای تولید برق)،ترس از آلودگی محیط زیست به وسیله گازهای حاصل از سوخت های فسیلی و گرم شدن سیّاره ی زمین که اکنون به خوبی شاهد آثار آشکار آن هستیم،ترس از افرادی به ظاهر انسان،ولی در باطن درّنده خو و کژدم صفت.

با تأسف فراوان خواهیم دید که نظام اقتصادی جهان در اختیار افراد معدودی قرار گرفته که فاقد اخلاق و شرافت انسانی بوده و بی رحمانه تعادل محیط زیست را به خاطر منافع مادی و حیوانی خود و در صد مختصری از ساکنین جهان، برهم می زنند و منابع طبیعی سیّاره زمین را به یغما می برند.

در واقع ،این افراد که در این کتاب به نام سرمایه داران چند ملیتی از آنها یاد می شود،ترقی و پیشرفت علم و صنعت را در دنیای غرب در اختیار گرفته اند وبه کمک آن انسانها را مبدل به مصرف کننده ی بدون قید و شرط خود کرده اند.به نحوی که انگیزه های اصلی زندگی در دنیای غرب(همانطور که سعدی می گوید)منحصر به:

"خورو خواب و خشم و شهوت" گردیده ،و اینها رکن اصلی زندگی در سراسر جهان به ویژه در کشورهای غربی گردیده است.

خواهیم دید که بحران کنونی محیط زیست به حدّی خطرناک شده که دانشمندانِ با وجدان بیدار غرب،وضع خطرناک موجود را مورد توجه قرار داده و برای جلوگیری از آن دست به دامان سیاستمداران شده اند.البته امیدواریم که این تلاش نوشدارو بعد از مرگ سهراب نباشد.همچنین در خلال فصول ششم،هفتم و به ویژه فصل هشتم خواهیم دید که مواد زاید نیروگاه های اتمی و سوخت مواد فسیلی(در خودرو ها و کارخانه ها)و از بین بردن جنگلها و آتش زدن چاه های نفت و کار برد گازهای شیمیایی به منظور مصارف مختلف،دو فاجعه ی تقریبا برگشت نا پذیر در جوّ زمین ایجاد کرده است: تشدید حالت گلخانه ای و پیدایش حفره ای در قشر اُزُن که محافظ زندگی است و مانع از نفوذ پرتوهای خطرناک خورشیدی می شود. در اوایل قرن بیست و یکم در نتیجه عدم کار برد گاز فلئوروکربورCFC (در یخچالها و بمب های حشره کش و یا لاک ها و مواد معطر کننده)به نظر می رسد این حفره تا حدی مرمت شده باشد.

پرده ی دوم و پرده ی سوم از نمایشنامه خلقت برای همگان قابل فهم است و احتیاج به اطلاعات تخصصی علمی ندارد.فصل هشتم این کتاب در تیر و مرداد ماه سال ۱۳۷۱ در روزنامه اطلاعات در ۱۱ شماره منتشر شد و مورد استقبال خوانندگان قرار گرفت و از آنجا سبب فروش سریع این کتاب در آن زمان شد.در این فصل داده های تجربی بسیار دقیق جراید خارجی را در آن زمان تشریح کرده که انتقادی از دنیای سرمایه داری و اسراف و تبذیر آن که منجر به اختلالاتی خطرناک در محیط زیست شده بود، آورده بودم.اینک ۱۶ سال بعد متوجه شده ایم که تمام آن گفتار ها و پیش بینی ها به حقیقت پیوسته و وضعیت خطرناک سیّاره روز به روز وخیم تر شده است. لذا سعی دارم در این چاپ سوم داده های جدید از شرایط اسفناک محیط زیست را اضافه کنم.به خاطر اهمیت وقوف بر مطالب این بخش برای همگان،از مسئولین جراید کشور خواهش دارم مطالب این

کتاب و به ویژه فصل هشتم را به اطلاع عموم برسانند واحتیاج به اجازه ناشر و نویسنده ندارد.

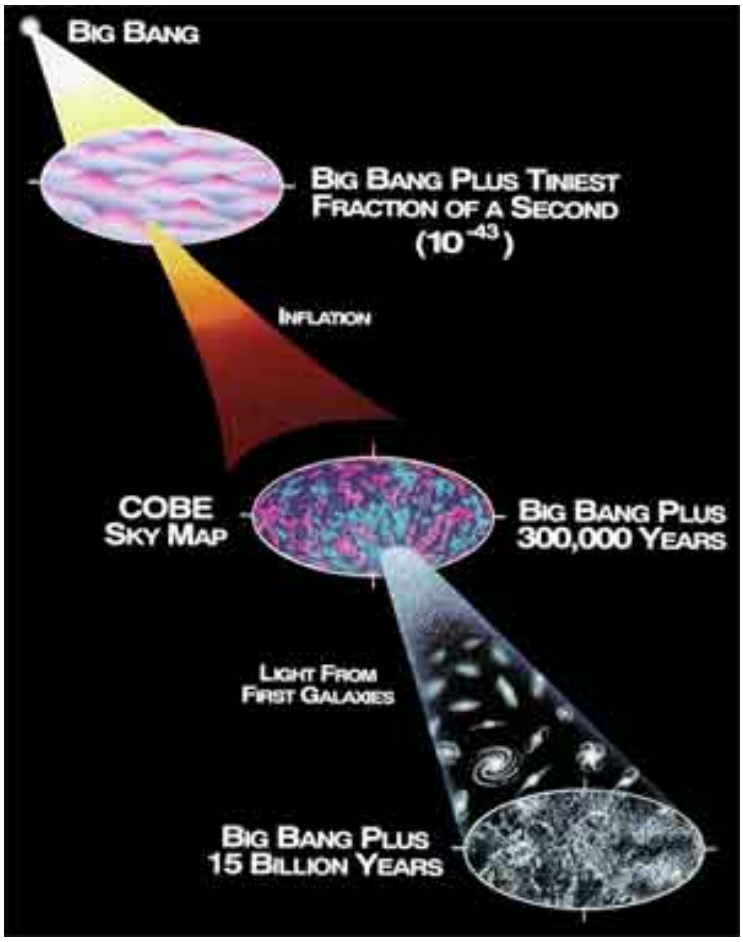
سرانجام مطالعه تمام فصول این کتاب را برای دانش آموزان سالهای آخر علوم نظری توصیه می کنم،زیرا فهم مطالب آن بدون اشکال و در حدّ تحصیلات آنها است و برای کسب اطلاعات عمومی همراه با وجدان علمی بیدار،بسیار مفید است.

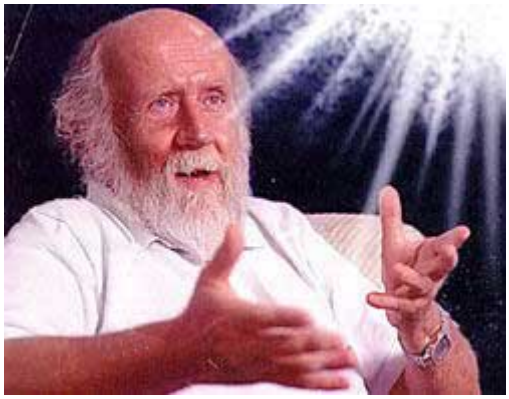
پاریس فروردین ماه ۱۳۸۷

علی افضل صمدی

فصل اول

آشنایی با قوانین حاکم بر طبیعت





آشنایی با هیوبرت ریوز Hubert-Reeves

هیوبرت ریوز متولد کانادا(کِبِک) دکتر در اختر فیزیک هسته‌ای، در دانشگاه کانادا تدریس می‌کرده و در ضمن مشاور مرکز تحقیقات فضایی آمریکا (ناسا[1]) نیز بوده است. از سال ۱۹۶۶ رئیس بخش مرکز تحقیقات علمی در مرکز مطالعات هسته‌ای ساکله Saclay در فرانسه می‌باشد. چندین کتاب در باره کیهان نوشته که با استقبال شایانی در کشورهای اروپایی و آمریکا روبرو شده است. اغلب کتابهای او به فارسی ترجمه شده‌اند که از جمله می‌توان از صبوری در سپهر لاجوردی و ساعت سرمستی یاد کرد. او در سال ۱۹۸۸ به دریافت جایزه Blaise Pascale برای کتاب ساعت سرمستی (یا آیا جهان دارای مفهومی است؟) نایل آمد.

متن مصاحبه‌ای را که دُمنیک سیمونه با او انجام داده و در مجله اکسپرس (سپتامبر ۱۹۹۰) منتشر شده است، به عنوان مقدمه کتاب حاضر می‌آوریم. خواننده محترم می‌تواند تفسیر کامل مطالب این مصاحبه را در فصول مختلف کتاب مورد مطالعه قرار دهد.

[1] NASA - National Aeronautics and Space Administration

گفتگویی با هیوبرت ریوز

سؤال: بعد از این نه تنها افراد مذهبی، بلکه دانشمندان نیز درباره هستی و وجود، مورد سؤال قرار می‌گیرند، بخصوص کسانی چون شما که مبدأ وجود ما را در عالم ستارگان جستجو می‌کنند. آیا اختر فیزیک می‌خواهد جایگزین فلسفه شود و خود مبدع نوعی حکمت جدید باشد؟

جواب: نباید چنین باشد. اگر در طی چند سال اخیر اختر فیزیک‌دانان و اخترشناسان غالباً درباره مذهب مورد سؤال قرار می‌گیرند و نیز اگر اینقدر نظریات آنها در باره مکان انسان در جهان مورد توجه واقع می‌شود، شاید منحصراً به خاطر آن است که انسان بتدریج متوجه فناپذیری خود و سیّاره زمین شده است. ولی نباید فراموش کرد که علم و مذهب به دو راه کاملاً متفاوت از هم می‌روند. علم می‌خواهد بداند دنیا چگونه به وجود آمده است و حال آنکه مذهب می‌گوید چگونه باید زندگی انسانی خود را به سرانجام رسانید. این دو می‌توانند به طور دو جانبه، یکدیگر را راهنمایی کنند، البته به شرط آنکه هر یک مقام خود را حفظ کند. وانگهی هر بار که کلیسا سعی به تحمیل تعبیرات خود دارد، برخورد اجتناب‌ناپذیر می‌شود. و این امر متأسفانه هیچ‌گاه به صلاح کلیسا نبوده و آنها نهایتاً متوجه اشتباه خود شده‌اند. جریان گالیله و داروین را به یاد بیاورید.

س: با این وجود به نظر می‌رسد که امروز مذهب مسیحیت پیشنهاد اختر فیزیک‌دانها را درباره نظریه آتش نخستین (بیگ‌بانگ) یا مهبانگ و یا موارد دیگر پذیرفته است.

ج: بله. شاید به خاطر آنست که از مهبانگ افسانه خلقت جدیدی ساخته‌اند و آن را به نام خلقت توراتی جهان تعبیر می‌کنند.

س: چرا نمی‌شود این دو را به هم نزدیک کرد؟ زیرا در آغاز فقط یک انفجار عظیم نور بوده و در طیّ ۱۵ میلیارد سال جهان را به وجود آورده و این همان چیزی است که اختر فیزیک‌دانان می‌گویند.

ج: نه. ما نمی‌توانیم بگوییم مهبانگ یا آتش نخستین مبدأ جهان بوده است.

س: ولی این را در طیّ سالهای اخیر مرتب تکرار می کنید.

ج: می‌دانم. احتمالاً نتوانسته‌ایم مسئله را به‌خوبی تفهیم کنیم و همین‌طور حرف ما را خوب نفهمیده‌اند. علم مطلقاً نمی‌تواند بگوید مبدأ جهان را شناخته است و حتی نمی‌داند آیا جهان مبدأ و یا آغازی دارد یا نه. واژه "آغاز" ایجاب می‌کند فرض شود که پیش از آن

چیزی وجود نداشته است، حال آنکه ما نمی‌دانیم قبل از این انفجار چیزی وجود داشته یا نه!

س: پس مَهبانگ شما اگر آغاز دنیا نیست، پس چیست؟

ج: مَهبانگ حالت دنیا در پانزده میلیارد سال پیش است، همین‌وبس. یعنی دورانی که از آن دورتر ابزارهای کنونی ما قادر به رسیدن به آن نیستند. ما نظیر کاشفین اقیانوسها در زمانهای قدیم هستیم که نمی‌دانستند آیا در ورای افق چیز دیگری یافت می‌شود یا نه. در واقع مهبانگ حد و یا افق دنیا را تعیین نمی‌کند، بلکه بیانگر حدّ اطلاعات ما از جهان است. تمام آنچه ما می‌دانیم، عبارت از این است که در پانزده میلیارد سال پیش، جهان بسیار متفاوت با امروز و بی‌نهایت گرم(یعنی میلیاردها میلیارد درجه سانتیگراد گرمتر) و بسیار فشرده و نامنظم، و مسلماً بدون ملکولها، بدون اتمها، بدون ستارگان و کهکشانها و حتی بدون هسته اتمها بوده است. شوربایی[1] اولیه: الکترونها، فوتونها (یعنی دانه‌های نور)، همچنین کوارک‌ها و نوترینوها، سازندگان اتمهای بعدی.

به طور مختصر: هرج و مرج مطلق Chaos بر جهان حاکم بوده است.

س: چگونه این را تشخیص داده‌اید؟

ج: اکتشافات فیزیکی و کیهان‌شناسی اجازه چنین اظهار نظری را به ما می‌دهند. اولین اصل بزرگ توسط گالیله بیان شد. قبل از او تصور می‌کردند که دو دنیا وجود دارد: دنیای متغیّر و فناپذیر خود ما و دنیایی دیگر که دورتر از ماه قرار گرفته و بی‌حرکت و ثابت و دائمی است. با وجود این، گالیله تشخیص داد که ماه از کوه و صخره تشکیل یافته و مشابه زمین است و نتیجه گرفت که زمین و ماه هر دو سیّاره و متعلق به دنیای واحدی هستند که قوانینی بر آن حاکم است. نیوتن نیز به نوبه خود چنین اظهار داشت. که قوانین فیزیکی در زمین و همه جهان کاملاً یکسان و مشابه هستند. خوشبختانه به کمک این اصول، از قرن هیجدهم به بعد، مثلاً توانستند طیف اتمی ستارگان را مطالعه کنند و در زمان حاضر مشابه نیروهای جهانی را در دستگاههای شتاب دهنده بسیار بزرگ برای ذرّات به وجود آورند و مطالعه کنند. دلایل فراوانی در دست داریم که ثابتهای جهانی نظیر سرعت سیر نور و یا جرم الکترون در طیّ میلیاردها سال بی‌تغییر مانده‌اند.

س: این دلایل کدام است؟

---

[1] شوربا منظور تشابه به آشی که در آن دانه های مختلف نظیر نخود،لوبیا و عدس وجود دارد

ج: برخلاف تاریخ که مثلاً هیچ‌گاه نمی‌تواند ناظر وقایع روم قدیم باشد، اخترشناسان می‌توانند بخوبی به گذشته بنگرند. درمعیار جهانی نوری که به نظر ما بسیار سریع می‌رسد، نمی‌تواند بسرعت طی طریق کند. یک تلسکوپ، ماشین مسافرت به زمانهای گذشته است: می‌تواند ستارگان بسیار دور را تشخیص دهد، مثلاً کوازارها Quasars را می‌بیند که نور آنها ۱۲ میلیارد سال طول می‌کشد تا به ما برسد؛ یعنی ستارگانی را که دیگر در زمان حاضر وجود ندارند.

س: بنابراین، ستارگانی که در آسمان دیده می‌شوند و یا این هزاران هزار کهکشان و ستارگان فراوان موجود در آنها واهی می‌باشند و ما جز گذشته چیز دیگری را نمی‌بینیم؟

ج: بله. هر چه ما می‌بینیم در گذشته واقع شده است! هرگز زمان حال را نمی‌توان دید. موقعی که من به شما نگاه می‌کنم، حالت شما مربوط به یکصدم میکروثانیه پیش است، یعنی زمان لازم که نور ساطع شده از شما به من برسد. یکصدم میکروثانیه در مقیاس اتمی بسیار طولانی است. خوشبختانه ما دراین زمان کوچک از بین نمی‌رویم و می‌توان بدون اشتباه فرض کرد که شما وجود دارید! همین طور برای خورشید: به مدت ۸ دقیقه‌ای که نورش به ما می‌رسد، خورشید به طور اصولی تغییری نکرده است. ولی برای ستاره‌ای بسیار دور مسئله متفاوت است. موقعی که یک ستاره بسیار دور و یا کوازار را نگاه می‌کنیم، نوری مربوط به گذشته دور، یعنی نوری را که ۱۲ میلیارد سال پیش، از این ستاره ساطع شده است می‌بینیم. در واقع می‌دانیم شناخت طبیعت نور، یکی از اکتشافات مهم فیزیک است. اکنون می‌دانیم نور از ذرّات بسیار کوچکی که فوتون نامیده می‌شود تشکیل شده است. در چشم ما و یا بر روی عدسی تلسکوپ فوتونهای بسیار قدیمی را می‌بینیم که سفر آنها ۱۲ میلیارد سال به طول انجامیده و در آزمایشگاه بخوبی می‌توان آنها را مطالعه کرد؛ مثلاً بسامد (فرکانس) و یا انرژی آنها را تجزیه و تحلیل نمود. فوتونهای جدید را نیز می‌توانیم به دست آوریم؛ فشردن یک کلید برق و یا زدن یک فلاش عکاسی فوتونهای جدیدی به ما می‌دهند و ما قادر به مقایسه آنها با فوتونهای گذشته دور هستیم و از آنجا می‌توانیم ثابتهای فیزیکی (مثلاً سرعت سیر نور) را که مسلماً یکسان هستند، به دست آوریم. بنابر این، در طی دوازده میلیارد سال، قوانین فیزیکی عوض نشده‌اند.

س: با وجود این، جهان تغییر کرده است.

ج: بله و این در واقع یکی از اکتشافات جدید قرن حاضر است. جهان تحول می‌یابد و دارای تاریخی است، بنابر این نه ساکن است و نه ابدی؛ یعنی آنچه گالیله، نیوتن و انیشتین گفتند و برای اثبات این مطالب دلایل عینی هم داریم؛ مثلاً تاریکی آسمان. اگر جهان ابدی می‌بود، ستارگان باید برای همیشه از خود نورافشانی کنند و آسمان پر از نورهای آنها می‌بود. اگر آسمان تاریک می‌باشد به این دلیل است که ستارگان همیشه وجود نداشته‌اند و نیز فاصله بین آنها زیادتر و گسترده‌تر شده و فضای خالی بین آنها افزایش می‌یابد. اکنون کاملاً معتقد شده‌ایم که جهان در حال گسترش است. ادوین هوبِل در سال ۱۹۳۰ مشاهده کرد که کهکشانها متحرک هستند و بیش از پیش از هم فاصله می‌گیرند و هرقدر دورتر باشند سرعت جدائی آنها بیشتر می‌شود. شبیه کیک کشمشی که در آغاز کشمش‌ها در داخل خمیر نزدیک به هم هستند، هر چه کیک بهتر پخته شود و بیشتر باد کند،کشمشها از یکدیگر دورتر می‌شوند. حرکات مجموعه کهکشانها به وسیله تجارب بسیاری ثابت شده و از این‌روست که امروزه قبول داریم جهان در طول ۱۵ میلیارد سال، سرد شده و گسترش یافته است.

س: چرا پانزده میلیارد سال؟

ج: کافی است فیلم تحول دنیا را از آخر به اول نمایش دهیم. هر چه در زمان به عقب برگردیم، کهکشانها به هم نزدیکتر و نزدیکتر می‌شوند. دنیا فشرده‌تر و ستارگان و کهکشانها به هم چسبیده‌تر می‌شوند، یعنی جهان گرمتر و گرمتر و از همیشه روشنتر می‌شود. بدین ترتیب، ۱۵ میلیارد سال به عقب برگشته‌ایم. در این لحظه چکالی مادّه و دمای جهان بی‌نهایت است و تمام اینها اخیراً به وسیله فسیلهای نوری به اثبات رسیده‌اند.

س: فسیلها؟

ج: فسیلهای کیهانی در واقع داده‌های تجربی است که اجازه می‌دهند گذشته را مشخص کنیم، چیزی شبیه ماقبل تاریخ. فسیلها و اسکلتها گواه وجود افراد و یا حیوانات‌اند. پرتوهای فسیلی که اخیراً در سراسر جهان و در همه جهات یافته‌ایم، به ما امکان محاسبه زمان ۱۵ میلیارد سال را از لحظه مَهبانگ می‌دهند. در این زمان، کیهان دمایی معادل با ۳۰۰۰ درجه داشته است.

فراوانی نسبی هیدروژن و هلیم نشان می‌دهد که یک میلیون سال پیش از آن دمای کیهان حدود ده میلیارد و سنوات قبل آن باز هم گرمتر تا میلیارد در میلیارد در میلیارد درجه در زمانی بسیار کوتاه بوده است.

س: خوب این هم مَهبانگ. بنابر این تصور یک آغاز را پیدا نموده‌اید. پس اگر باز هم در زمان به عقب برگردیم کیک شما جز یک گلوله آتشین چیز دیگری نیست.

ج: نه. مدلهای ریاضی ما نشان می‌دهند که در این لحظه با وجود آنکه چگالی جهان بی‌نهایت زیاد است، ابعاد جهان نیز بسیار بزرگ است و در واقع می‌توان گفت جهان شوربای نامحدودی از ذرّات است.

س: پس انفجار اولیه چیست؟

ج: می‌توان تصوری از انفجار داشت. البته اگر قبول کنیم که این انفجار در همه و در هر نقطه فضا اتفاق افتاده باشد.

س: پس چرا نام مَهبانگ بر آن نهاده‌اند؟

ج: محققی به نام هویل Hoyle این واقعه را به عنوان مزاح، بیگ‌بانگBig-Bang نامید و برای مسخره کردن این نظریه که به آن معتقد نبود، چنین اسمی به آن داد. با این وجود همین عقیده به وسیله جمله دانشمندان پذیرفته شد، ولی به هر صورت مَهبانگ برای ما مجازی است، زیرا در این لحظه اطلاعات ما از فضا و زمان مفهومی ندارد.

س: چرا؟

ج: زیرا در این دمای زیاد، نظریه‌های ما قابل اجرا نبوده و تمام قوانین فیزیک از بین می‌روند. در حال حاضر دو نظریه بزرگ در فیزیک داریم: یکی فیزیک کوانتایی که بخوبی توجیه کننده اعمال اتمها و واکنشهای آنهاست، البته مشروط بر آنکه تحت تأثیر نیروی گرانش بسیار زیادی واقع نشوند. دیگر نظریه نسبیت است که وضعیت ماده را در نیروی گرانش قوی مشخص می‌کند، مشروط بر آنکه آن را به صورت مجموعه اتمها در نظر نگیریم. هیچ کدام از این نظریه‌ها مطالعه ذراتی را که تحت نیروی گرانش قوی قرار دارند ممکن نمی‌سازد. یعنی وضعیتی که در پانزده میلیارد سال پیش از این وجود داشته است. و این معمای مهم و اساسی کیهان‌شناسی در سالهای اخیر است: ما هنوز قادر به ربط دادن این دو نظریه با هم نیستیم. محققین بسیاری من‌جمله استیفن هاوکینگ در این باره کار می‌کنند، شکلها و یا مدلهای فیزیکی پیچیده‌ای مانند اَبر تقارن Supersymetrieیا

اَبر ریسمان Supercordes و یا اَبر کرانشSupergravite و یا حتی جهانهای کوچکMini Univers را در نظر گرفته‌اند، ولی تاکنون موفقیت چشمگیری به دست نیامده است.

س: حتی نمی‌توان گفت در دوره قبل از آن چیزی وجود داشته است یا نه؟

ج: مسلماً نه. سابق بر این اگر کسی سئوال می‌کرد خدا قبل از خلق دنیا چه می‌کرده، معمولاً جواب می‌دادند که مشغول تدارک جهنم برای سؤال کننده بوده است.

اگوستین قدیس جواب می‌دهد:"مفهوم این سؤال این است که فرض کنیم قبل از خلقت هم زمان وجود داشته، بنابر این باید گفت زمان را هم خدا خلق کرده است." امروزه اختر فیزیک‌دانان نیز در چنین شرایطی هستند. در وضعیت مَهبانگ قادر به کاربرد نظریه‌های فیزیک نیستیم. فضا – زمان تعریف نشده‌اند و نمی‌دانیم مفهوم کلمه "قبل" چیست. و به همین علت است که ما کیهان‌شناسان الکن و بی‌جواب مانده‌ایم و قادر به دیدن لحظه نهایی نیستیم. چون هر چه به آن لحظه نزدیکتر می‌شویم، جهان شفافیت خود را بیشتر از دست می‌دهد و به وسیله نورهایی که در طی میلیونها سال انتشار داده، پوشیده می‌شود. ولی به وسیله ابزارهای دیگر مانند تلسکوپهای تشخیص دهنده نوترینو Neutrinos؛ ذرّاتی بدون جرم و بدون بار) در آینده‌ای نه‌چندان دور خواهیم توانست طیفی از آن لحظه به دست آوریم؛ تقریباً مشابه تصویری که بعد از تابش پرتو ش و یا اسکانر به بدن ما، به دست می‌آید. شاید در سال ۲۰۱۰، نوعی تلسکوپ گرانشی (نوعی موج‌سنج فضایی) نه‌تنها امکان به دست آوردن نور ستارگان، بلکه امواج گرانشی آنها را نیز برای ما فراهم آورد.

س: آیا مراحل مختلفی را که بعد از بیگ‌بانگ حادث شده‌اند، می‌شناسید؟

ج: کاملاً. ولی از چند لحظه بعد. با سرد شدن، جهان کنونی بتدریج آرایش می‌یابد. بازی کوارکها[1]، یعنی نقش نیروهای اساسی لحظه‌ای بعد از مَهبانگ ظاهر می‌شود؛ .

مانند نیروی گرانشی که ما را بر روی زمین نگه می‌دارد، نیروی قوی هسته‌ای که هسته اتمها را به وجود می‌آورد، یعنی همان نیرویی که پروتونها و نوترونها را در داخل هسته اتمها به هم متصل می‌کند، نیروی الکترومغناطیسی که اتمها را به هم پیوند می‌دهد، مثلاً اتصال اتم هیدروژن به اتم هیدروژن دیگر و تشکیل ملکول هیدروژن و بالاخره نیرویی

[1] کوارکها اولین ذرّاتی هستند که بعد از مَهبانگ تولید شده اند

ضعیف که ترازهای انرژی درونی هسته‌ها تابع آن هستند و انتشار پرتوهای مختلف β^- و β^+ و α من‌جمله نوترینوهاυ را به عهده دارد.

همه اینها چند میلیونیم ثانیه بعد از مَهبانگ ظاهر می‌شوند. ذرّات مادّه، کوارکها شروع به تولید پروتون و نوترون می‌کنند و اینها نیز به نوبه خود اولین هسته اتمهای ساده را می‌سازند. مثلاً تشکیل اتم هلیم که بسیار پایدار بوده و تحول دنیا را به مدت یک میلیون سال عقب می‌اندازد. یعنی زمانی که جهان باز هم سردتر می‌شود تا ترکیبات جدیدتری را به وجود آورد.

س: بنابر این تحول ادامه پیدا نمی‌کند.

ج: خیر. چون در حین سرعت سکسکه‌هایی به وقوع پیوست. یعنی مراحلی نظیر مراحل مختلف سرد شدن بخار آب و تبدیل آن به آب و سپس آب به یخ. جهان نیز در آغاز تبدیل به پرتوها و سپس از مرحله پرتوها تبدیل به مادّه می‌گردد. از این لحظه به بعد، بازی نیروی گرانش شروع می‌شود: شوربای ذرّات تبدیل به لخته (یعنی شبیه به آشی که سرد شده است) و مادّه متمرکز در توده‌های عظیم می‌شود که ابتدا کهکشانها و سپس ستارگان را تشکیل دادند و این ستارگان مانند بوته زرگری از ترکیب پروتون و نوترون، هسته اتمها را به وجود آوردند. چند میلیون سال بعد ستارگانی که تمام مواد سوختی خود)پروتون و هسته هلیم و نوترون(را مصرف کرده بودند، پس از مرگ منفجر شده و مواد درونی خود را به اطراف پراکنده کردند. این بار نیروی مغناطیسی به میدان آمد و هسته‌های پراکنده را با یکدیگر و با الکترونها پیوند داد و بالاخره اتمها و ملکولها تشکیل شدند: ملکول هیدروژن، هلیم، کربن، ازت، اکسیژن، آلومینیوم، نیکل، آهن و عناصر سنگین‌تر از آنها که با یکدیگر مجتمع شده وسیّارات را می‌سازند. سیّاره ما زمین، ۶/۴ میلیارد سال قبل در نتیجه انفجار ستاره‌ای به مراتب بزرگتر از خورشید کنونی به وجود آمد. در جوّ اولیه زمین، از پیوند ملکولهای ساده نظیر هیدروژن، کربن، ازت و اکسیژن، گازهای متان، آمونیاک، انیدرید کربنیک و بخار آب حاصل می‌گردد و سپس از ترکیب گازهای اخیر با هم، ملکولهای آلی لازم برای تشکیل موجودات زنده به وجود می‌آید. در اقیانوسهای اولیه زمین، ملکولهایی بیش از پیش متنوّع با یکدیگر متحد شده، اولین ملکول زنده و در فاصله زمانی بسیار دورتر، اولین سلولهای زنده را به وجود می‌آورند و باز هم میلیونها سال بعد اولین موجود چند سلولی ظاهر می‌شود. در این حال، تحول زیستی جانشین تحول کهکشانها و ستارگان

می‌گردد و نهایتاً انسان به وجود می‌آید. می‌توان گفت که میلیاردها در میلیارد ذرّاتی که بدن ما را ساخته‌اند، پانزده میلیارد سال پیش به وجود آمده‌اند، با این اختلاف که امروزه در حالت هرج و مرج اولیه نبوده، بلکه به صورت منظم و با آرایشی بی‌نهایت متنوع و پیچیده، بدن و مغز ما را تشکیل داده‌اند.

س: پس داستان جهان عبارتست از میل به تنوّع.

ج: می‌توان چنین گفت. مقصد جهان در همه حال تحول از حالت ساده به سوی حالتی با تنوّع بسیار بوده است، ولی توجه داشته باشیم که این مربوط به گوشه کوچکی از فضاست. قسمت اعظم جهان هنوز هم در حال بی‌نظمی و هرج و مرج است. توده گازهای بین ستارگان در حالتی شبیه به لحظات مَهبانگ اولیه قرار دارند. تحول جهانی در یک نوع هرم جای می‌گیرد: هر چه آرایش منظم‌تر و پیچیده‌تر است، به همان اندازه تعداد محدود می‌شود. تا اندازه‌ای شبیه آنچه در روی زمین می‌بینیم، فلزات نجیب یا الماسهای درشت نادرترند.

س: در مجموع شما نظریه تکامل را به تمام جهان بسط داده‌اید. به عقیده شما جهان از منطقی پیروی نموده و می‌خواهید بگویید که ظهور سیّاره‌ها و پیدایش زندگی بر روی آنها اجتناب ناپذیر بوده است؟

ج: میل دارم این را باور کنم، ولی این یک عقیده شخصی است. عده زیادی از همکارانم با من هم عقیده نیستند. قوانین فیزیکی همه به نحوی تنظیم شده‌اند که گویی برای ایجاد تنوّع و پیچیدگی به وجود آمده‌اند. دو نوع تفسیر برای این امر وجود دارد: یکی آنکه این قوانین از اصولی کلی‌تر پیروی می‌کنند؛ نوعی نظریه نهایی جهان. و دیگر نظر معتقدان مذهبی که می‌گویند وجود عالی و یا خالقی آنها را به وجود آورده و بی‌اعتقادها می‌گویند همه اینها نتیجه تصادف است. ولی اینجا دیگر از قلمرو علم خارج می‌شویم. تنها چیز مشخص و مبرهن این است که سرنوشت تنوّع و پیچیدگی از آغاز بیگ‌بانگ تعیین شده است. با این وجود باید گفت که این تنوع و پیچیدگی تنها به علت عدم تعادلی که در جهان بوجودآمده، حاصل گشته است.

س: چگونه؟

ج: اگر جهان خیلی آهسته سرد می‌شد، ماده سریعاً به حالت تعادلی می‌رسید، مثلاً تماماً متراکم شده و به آهن، یعنی عنصر پایدارتر از همه عناصر تبدیل می‌گردید و جهان

نمی‌توانست به سوی تنوّع و پیچیدگی میل نماید، زیرا از اتمهای آهن مجموعه‌های متنوع و پیچیده حاصل نمی‌گردند.

خوشبختانه به علت سرد شدن سریع مواد اولیه، جهان توانست به مقدار بسیار زیاد، انواع و اقسام اتمهای دیگر را بسازد، مثلاً کربن می‌تواند ترکیبات گسترده و پیچیده‌ای تا حدّ مغز انسان به وجود آورد، البته آرایشی دور از تعادل! به نوعی دیگر می‌توان گفت تعادل یعنی مرگ؛ یک جسد در چنین حالتی است: ملکولهای متنوع و پیچیده آن بتدریج از بین رفته و تبدیل به ملکولهای ساده‌تر می‌گردند.

س: آیا جهان روزی حالت تعادلی پیدا خواهد کرد؟ آیا او هم خواهد مرد؟

ج: دانشمندان معتقدند که جهان روز به روز سردتر می‌شود، ولی نه به آن سرعت اولیه. خورشید ما پنج میلیارد سال دیگر، بعد از مصرف تمام مواد سوختی خود (هیدروژن و هلیم) خواهد مرد و ستارگان دیگر و کهکشانها هزار میلیارد سال دیگر تماماً از بین خواهند رفت و فکر می‌کنم بعد از این مدت دیگر ستاره‌ای تشکیل نخواهد شد و تنها چیزهایی که باقی خواهند ماند، سیاهچاله‌ها black holes هستند که زمان بیشتری برای تصعید لازم خواهند داشت و پس از آن؟ دیگر نمی‌دانیم، ولی ممکن است که ما تمام نیروهای طبیعت را هنوز نشناخته باشیم، شاید نیروهای پنجم و یا ششمی نیز در کار باشند. درآغاز قرن اخیر بیش از دو نیرو نمی‌شناختیم، اکنون چهار نوع نیروی طبیعی برای ما مشخص شده‌اند. نیروهای دیگری ممکن است عمر جهان را بیش از آنچه ما تصور می‌کنیم طولانی کنند. بنابر طرح یا نظریه دیگر، درجه حرارت جهان بتدریج اضافه خواهد شد. در این حالت باید فیلم را از جهت عکس آن نگاه کرد. در یک لحظه آنقدر نور وجود خواهد داشت که تمام آسمان سفید خواهد شد، منظومه شمسی و یا منظومه‌های دیگر تبدیل به بخار شده و زندگی و هر چه در آنها هست محو و نابود خواهد شد، حتی اتمها و ذرّات نیز از هم جدا شده و حالت تعادل جدیدی به وجود خواهند آورد. ولی نباید نگران بود، این نظریه زیاد مطابق با داده‌های تجربی و عینی نیست و دانشمندان چندان به آن معتقد نیستند.

س: آیا ظهور انسانهای متمدن کنونی تحوّلی در این تنوع جهانی به وجود می‌آورد؟

ج: انسانها در حال حاضر مشغول دخل و تصرف در این تحولات بوده و در حال به وجودآوردن هوش مصنوعی هستند اما مغز انسانها فرآورده تنوّع و پیچیدگی جهان بوده و تحول طبیعی را ادامه می‌دهد.

س: اگر این تحول به خطر افتد؟

ج: بله، اگر به حوادثی که تاکنون برای رسیدن به وضعیت کنونی پیش آمده فکر کنیم، به اولین گلهایی که شکفته‌اند و نخستین موجوداتی که به وجود آمده‌اند و تحول آنها به انسانی رسیده که خود نیز درباره مبدأ جهان و خویش می‌اندیشد، تمام اینها ما را بر آن می‌دارند که از خود سؤال کنیم و به رفتار خود و تضادها و اختلافاتی که ما را به سوی نابودی می‌کشانند بیندیشیم و نگران باشیم.

س: برخی از دانشمندان مانند لِوی استروس Levi Strauss می‌گویند جهان بدون انسان شروع شد و بدون انسان هم به پایان خواهد رسید. آیا با این نظر موافق هستند؟

ج: انسان، شاید ولی نه اجباراً فهم. اگر انسانها از بین بروند، ممکن است انواع دیگر فهم و ادراک، حتی خیلی متنوع‌تر و پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر از بصیرت کنونی ما در جهان به وجود آید و یا موجود باشد. تمام جهان به نحوی یکنواخت آرایش یافته، هر گوشه جهان را نگاه کنیم می‌بینیم که مراحل اولیه تحوّل و تنوّع شروع شده است. ستارگان و کهکشانهای فراوانی وجود دارند که خیلی شبیه به ستاره ما (خورشید) و کهکشان ما (راه شیری) می‌باشند و در همه آنها کربن وجود دارد. اگر ملکولی از چهار اتم مختلف تشکیل شده باشد، اجباراً اتم کربن درآن وجود دارد! بنابراین می‌توانیم فرض کنیم که مراحل مختلف پیچیدگی و تنوّع در سیّارات دیگر نیز به وقوع پیوسته است. به نظرم فهم و ادراک خواه ناخواه فرآورده اجتناب‌ناپذیر افسانه جهانی است.

وفکرمی‌کنم‌که‌تحول‌وتنوّع خودراهمچنان ادامه خواهد داد،خواه باما وخواه بدون‌ما.

مقدمه

شناخت کامل جهان بدون آشنایی با نیروهای طبیعی و قوانین مربوط به آن میسر نیست. این نیروهای حاکم بر طبیعت را باید بخوبی شناخت تا بتوان خاصیت ماده و انرژی و ارتباط این دو را با هم دریافت. در سال ۱۶۸۷، یعنی بیش از سه قرن پیش، نیوتن مشاهده کرد که سیبی از درخت به زمین افتاد. هزاران سال قبل از او، میلیاردها افراد بشر این صحنه را دیده بودند، ولی تنها او بود که گفت باید نیرویی سبب سقوط سیب از درخت بر روی زمین باشد. این نیرو را نیروی گرانش نامید و دلیل گردش ماه به دور زمین را از همین نیرو دانست.

چوب و زغال در هوای آزاد می‌سوزند، آهن در جای مرطوب زنگ می‌زند، جسد حیوانات و انسانها بعد از مرگ از بین می‌رود و جز استخوانها چیزی از آنها باقی نمی‌ماند. چه کشش و تمایلی مسبب این سوختن و زنگ زدن و بالاخره فاسد شدنهاست؟ زمین به دور خود و به دور خورشید می‌چرخد، منظومه شمسی نیز در کهکشان گردش دارد، کهکشانها نیز در حرکت هستند و از هم دور می‌شوند، برق به کمک الکترونها در داخل سیمها از کارخانه تولید کننده آن به منازل ما در سراسر کشور منتقل می‌شود و خانه‌ها و خیابانهای ما را روشن می‌کند، آب مانده در ظرفی راکد بدون دخالت ما تبخیر می‌شود و بعد از مدتی چیزی در ظرف باقی نمی‌ماند، به مجرد باز کردن شیشه عطر ملکولهای عطر در فضا پراکنده می‌شوند و به مشام ما می‌رسند. چه کشش و تمایلی مسبب این حرکات است؟

همه این فعل و انفعالات و حرکات از یک سری اصول و قوانین طبیعی و نیروهای موجود در طبیعت پیروی می‌کنند. برای شناخت بهتر جهانی که درآن زندگی می‌کنیم لازم است این نیروها و قوانین مربوط به آنها را بشناسیم و سپس مبدأ جهان و مبدأ پیدایش موجودات زنده بر روی زمین را جستجو کنیم و این کاری است که دانشمندان طی قرون متمادی با تحقیقی سرسختانه و لجوجانه و با سرمایه‌گذاری عمر خود و چشم‌پوشی از لحظات دلپذیر زندگی انجام داده‌اند و به نتایجی رسیده‌اند که امروز شاهد آن هستیم. از

سفر به اعماق فضا گرفته تا کامپیوترها و از ارتباط صوتی و تصویری بین قارّه‌ای تا پیوند اعضا و....

برای فهم چگونگی جهان و شناخت مبادی زندگی، لازم می‌دانم مختصری درباره این قوانین و اصول و چگونگی تشکیل اتمها و عناصر و ملکولها تا آنجا که فهم آن برای خواننده معمولی میسر باشد، سخن بگویم و سپس به بحث اصلی خود بپردازم که جستجوی مبادی جهانی و خطراتی است که در آینده تمدن زمینی را تهدید می‌کند.

اصول حاکم بر کُنش و برهم کُنشهای طبیعی

کلیه کُنش ها و برهم کنشها در جهان از دو اصل کلی و با اهمیت ترمودینامیک پیروی می‌کنند که در اینجا به ذکر آن دو، بدون وارد شدن در مباحث ریاضی مربوط به آنها، می‌پردازیم.

اصل اول

اصل اول مربوط به بقاء جرم و انرژی می‌باشد. این اصل به ما می‌فهماند که:

کلیه سیستمهای جهانی تمایل و گرایش به سوی حالتی با انرژی و یا جرم پایین‌تر دارند.

وقتی چوب و یا زغال در هوای آزاد می‌سوزد، به ما انرژی می‌دهد. مفهوم این واکنش چیست و چرا چوب و یا زغال ناپایدارند و میل به سوختن دارند؟

کربن موجود در زغال و یا چوب با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود و گاز کربنیک می‌دهد. تمایل کربن به سوختن با اکسیژن و تولید گاز کربنیک یک تمایل جهانی، یعنی گرایش به سوی جسم یا ماده‌ای با انرژی پایین‌تر و یا جرم پایین‌تر است و نتیجه آن تولید حرارت و تولید فرآورده‌هایی پایدارتر از عناصر تشکیل دهنده خود می‌باشد.

(۱ مُل) ۳۲ گرم اکسیژن + (۱[۱] مُل) ۱۲گرم کربن.
= ۹۴کیلوکالری حرارت+ (۱) مُل) کمتر از ۴۴ گرم گاز کربنیک

۹۴ کیلو کالری حرارت از کجا آمده است؟

۱ـ یک مُل عبارت است از تعداد اتمها یا ملکولها معادل با عدد آووکادرو، یعنی ۶/۰۲ضرب در $۱۰^{۲۳}$. اتم یا ملکول ۶۰۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰

این مقدار حرارت از تبدیل مقدار بسیار کمی از جرم اکسیژن و کربن حاصل شده است، زیرا جرم گاز کربنیک از جرم(اکسیژن + کربن) کمتر بوده و همین اختلاف جرم است که به حرارت تبدیل شده است.در دو قرن پیش، لاوازیه، دانشمند مشهور فرانسوی اظهار داشت:

Antoine Lavoisier

(۱۷۴۳_ ۹۴)

لاوازیه در سن ۲۵ سالگی به عنوان عضو آکادمی پاریس پذیرفته شد.او پدیده اکسایش فلزات را مطالعه کرد و نتیجه کارهای او منجر به پیدایش اصل بقاء جرم شد،که هنوز هم در شیمی معمولی کاربرد دارد.ثابت نمود که هوا متشکل از هیدروژن و ازت است.فرانسوی ها او را پدر علم شیمی نو می دانند.در انقلب کبیر فرانسه روبسپیر گفت انقلاب احتیاج به دانشمند ندارد ،لذا سر او را با گیوتین زدند.

در یک واکنش شیمیایی نظیر سوختن کربن در اکسیژن، جرم اجسام شرکت کننده در واکنش ثابت می‌ماند و از عبارت خود، اصلی کلی به نام اصل بقای جرم را ساخت.

در اوایل قرن بیستم، انیشتین اظهار داشت انرژی حاصل از واکنش فوق به علت کم شدن جرم فرآورده واکنش می‌باشد و به کمک رابطه مشهور خود $E=MC^2$

که در آن **E** انرژی و **M** مقدار جرم تبدیل شده به انرژی و **C** سرعت سیر نور است.

تبدیل جرم به انرژی را ثابت کرد و اصلی کلی‌تر به نام اصل بقای جرم و انرژی را بنیان نهاد. درحقیقت در واکنش فوق، مقدار جرم تبدیل شده به انرژی یعنی **M** آنقدر کوچک است که با دقیقترین ترازوها نیز نمی‌توان وزن آن را به دست آورد. بدین سبب است که قانون لاوازیه درکُنش و برهم کُنشهای شیمیایی باز هم تا حدّی قابل قبول می‌باشد. ولی موقعی که اتم اورانیم در یک نیروگاه هسته‌ای شکسته می‌شود، اختلاف جرم فرآورده‌های حاصل از شکست نسبت به اورانیم اولیه قابل ملاحظه و تقریباً ۵۰ میلیون مرتبه بیشتر از سوختن کربن در اکسیژن می‌باشد. در این حال باید قانون انیشتین یعنی اصل بقا جرم و انرژی را در نظر گرفت:

➔ یک نوترون+ اورانیم۲۳۵

۲۰۰ میلیون الکترون ولت+ ۳ نوترون + فرآورده‌های شکست

(۱ میلیون الکترون ولت که به Mev نشان داده می‌شود، واحدی از انرژی و معادل با ۳/۸ضرب در $۱۰^{-۱۴}$ کالری است. در مورد شکست یک مُل اورانیم، یعنی ۲۳۵ گرم، حرارت حاصل معادل با ۶/۴ میلیارد کیلو کالری است.)

واکنش سوختن کربن و یا شکست اتم اورانیم را می‌توان به صورت تساوی زیر نوشت:

مقدار جرم تبدیل شده به حرارت + جرم گاز کربنیک ➔ جرم اکسیژن + جرم کربن

۱ ـ مقدار جرم تبدیل شده به حرارت را به صورت $\Delta M_۱$ نمایش می دهند.

+جرم فرآورده‌های حاصل ازشکست➔ جرم یک نوترون+ جرم اتم اورانیم

جرم تبدیل شده به حرارت + جرم نوترونهای آزاد شده +

۲ ـ جرم تبدیل شده به حرارت را دراین مورد به $\Delta M_۲$ نمایش می دهند.

تبدیل کربن و اکسیژن به گاز کربنیک و یا تبدیل اورانیم به فرآورده‌های حاصل از شکست و نوترونهای آزاد، ارضا کننده تمایل جهانی کلیه سیستمهای موجود در طبیعت است: یعنی کشش به سوی جسمی پایدار با جرم و یا انرژی کمتر از مواد اولیه. در سطور آینده باز هم دراین باره به‌کرّات صحبت می‌کنیم و می‌بینیم که درهمه حال این اصل حاکم بر سرنوشت همه چیز و همه کس است.

اصل دوّم

کشش به سوی انرژی یا جرم پایین‌تر غالباً توأم - و برخی اوقات در رقابت با - تمایل جهانی دیگری است که آن را اصل دوم ترمودینامیک گویند.

کلیه سیستمهای جهانی و طبیعی تمایل به بی‌نظمی و یا هرج و مرج Chaos دارند.

معیار این بی‌نظمی را تغییرات (آنتروپی)درجه بی‌نظمی گویند و به ΔS نمایش می‌دهند. دانش آموزان در کلاس درس منظم و مرتب بر روی صندلی‌های خود نشسته‌اند و به سخنان معلم گوش‌فرا می‌دهند. در این کلاس درجه بی‌نظمی یا تغییرات آنتروپی صفر است. به مجرد آنکه زنگ پایان کلاس زده می‌شود،دانش آموزان همه با هم به سوی در خروجی می‌دوند و هرج و مرج ایجاد می‌شود.تغییرات آنتروپی و یا درجه بی‌نظمی کلاس

اضافه می‌شود. شیشه عطری را در نظر بگیرید. تا زمانی که در شیشه بسته است، همه ملکولها مرتب و منظم براساس نیروی ملکولی در داخل شیشه کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. به مجرد اینکه در عطردان باز می‌شود، ملکولهایی که انرژی بیشتر دارند، نیروی بین ملکولی را می‌شکنند و به خارج فرار می‌کنند و به مشام ما می‌رسند. اگر در شیشه عطر مدتی طولانی باز بماند، تمام عطر آن تبخیر می‌شود و چیزی در شیشه باقی نمی‌ماند. آیا هرگز ممکن است که ملکولها خود به خود به سوی شیشه روی آورند و درآن جمع شوند؟ آیا هرگز شنیده‌اید که گرما از جسم سرد به جسم گرم منتقل شود؟

تمایل و یا کشش به سوی بی‌نظمی است که ملکولها را به خارج از شیشه عطر هدایت می‌کند و ملکولها را وادار به شکست نیروی بین خود می‌نماید و به سوی هرج و مرج و یا آنتروپی بالا سوق می‌دهد، و یا گرما را از جسم گرم به جسم سرد منتقل می‌کند و درجه آنتروپی جسم سرد را بالا می‌برد. ملکولهای آب به صورت یخ و یا به صورت مایع، پایدارتر از بخار آب می‌باشند. ولی به علت کشش و تمایل به سوی هرج و مرج، بر اصل اول ترمودینامیک غالب آمده و با جذب حرارت از محیط، یخ به آب و آب به بخار تبدیل می‌شود. نظم و ترتیبی که در ملکولهای یخ وجود داشت از بین می‌رود و تبدیل به آب با نظمی کمتر ولی به مراتب منظم‌تر از بخار آب می‌شود. آب نیز به نوبه خود تبخیر می‌شود و ملکولها در هرج و مرج کامل در فضا پراکنده می‌شوند. د رمورد کهکشانها و ستارگان نیز چنین کشش و گرایشی به سوی هرج و مرج وجود دارد. کهکشانها از هم دور می‌شوند و جهان گسترش می‌یابد. اصابت نور خورشید و ستارگان به ماده و زمین و یا بدن ما، به تابش نورهایی در محدوده مادون قرمز با انرژی کمتر، ولی با تعداد بیشتر منجر می‌شود و این عمل بی‌نظمی جهان را بیشتر می‌کند.

اتمهای هیدروژن و هلیم در داخل خورشید با هم ترکیب می‌شوند و عناصری سنگین‌تر را به وجود می‌آورند؛ نتیجه این ترکیب، تولید نور است. هیوبرت ریوز در کتاب ساعت سرمستی[1] می‌نویسد:

"تمام تشکیلات ماده در جهان باید همراه با افزایش درجه بی‌نظمی باشد. این مسئله را قوانین فیزیک نشان می‌دهند. در جهان معیار بی‌نظمی با مقدار نور معلوم می‌شود. چگونه مادّه و زندگی در جهانی که در حال بی‌نظمی بیش از پیش است حاصل می‌گردد؟ باید مقدار

[1] Hubert Reeves,L'heure de S'enivres,(seuil,۱۹۸٦),P.۸۹

نور اضافه شود، یعنی ذرّاتی که فوتون نامیده می‌شوند. به وجود آید. دو دستورالعمل وجود دارد: خواه جسم گرمی را نزدیک جسم سرد قرار دهیم (نقشی که خورشید در مقابل زمین اجرا می‌کند) و خواه ماده تبدیل به نور شود (نقشی که نیروهای طبیعی ایفا می‌کنند). ستارگان به وجود می‌آیند و درآنها ذرّات تبدیل به هسته‌ها و هسته‌ها تبدیل به اتمها می‌شوند و از این عمل نور حاصل می‌گردد، پیمانه‌های درشت نور به زمین و به بدن ما اصابت می‌کند، و زمین و بدن ما آنها را به پیمانه‌های کوچکتر ولی فراوانتر تبدیل می‌کنند. درجه بی‌نظمی در جهان را می‌توان برحسب قوانین فیزیکی تعیین نمود. بی‌نظمی با زمان اضافه می‌شود، ولی این افزایش تقریباً نامرئی است."

زمانی می‌رسد که خورشید دیگر ذخیره سوختی، یعنی هیدروژن و هلیم ندارد. به ناچار منفجر شده و خود و منظومه شمسی را در فضا پراکنده می‌سازد و بی‌نظمی جهان بیشتر می‌گردد. با این وجود این گرایش به بی‌نظمی در رقابت با نیروی جاذبه عمومی است. نیروی گرانش مجدداً بر تمایل به هرج و مرج غلبه کرده و از بقایای خورشید وسیّارات آن، ستاره جدیدی (یعنی خورشید دیگری) می‌سازد و باز تولید نور سبب افزایش بی‌نظمی می‌شود. مطالب فوق را در فصول آینده به تفصیل بررسی خواهیم کرد.

نیروهای چهارگانه حاکم بر طبیعت

علاوه‌بر دو اصل فوق که منتج از قوانین فیزیکی است، چهار نیرو از نیروهای حاکم بر طبیعت که بشر تاکنون شناخته است عبارت‌اند از:

۱. نیروی جاذبه عمومی و یا جاذبه ثقل که تحت عنوان قانون نیوتن بیان می‌شود. همان طور که پیش از این گفته شد، نیوتن از افتادن سیب به زمین نتیجه گرفت که "اجرام یکدیگر را جذب می‌کنند. زمین ماه را به سوی خود می‌کشد و ماه زمین را" و این دو در اثر نیروی گریز از مرکز و نیروی گرانش بر روی مداری مستقر شده و در حال تعادل قرار گرفته‌اند. جزر و مدّ آب دریاها اثر نیروی کشش ماه بر روی زمین است. این نیرو برخلاف اصل دوم ترمودینامیک بوده وسعی دارد اتمها و ذرّات موجود در کهکشانها را متراکم کرده و از توده‌های گاز درون آنها ستاره‌ها را به وجودآورد. ولی نتیجه نهایی آن همان طور که گفتیم افزایش بی‌نظمی در جهان به صورت ایجاد فوتونهای نوری است که ستاره‌ها از خود منتشر می‌کنند. اتمهای فشرده و متراکم شده تحت تأثیر نیروی گرانش با یکدیگر متحد

شده و مبارزه‌ای علیه این نیرو آغاز می‌کنند و با ایجاد واکنش پیوست اتمها Fusion یا Thermonucléaire یا در واقع نوعی انفجار اتمی مشابه بمبهای هیدروژنی، مانع از تسلط نیروی گرانش بر خود می‌شوند. حاصل این مبارزه تولید نور است. در فصل چهارم تحت عنوان تولد و مرگ ستارگان، تراکم و انتشار فوتونهای نوری را مفصلتر مورد بحث قرار خواهیم داد.

۲. نیروی الکترو مغناطیسی یا قانون کولُمب coulomb با دافعه و یا جاذبه قطبهای هم نام و یا غیر هم نام تعریف می‌شود. الکترونها در داخل اتم در فاصله‌های بسیار دور از هسته به کمک این نیرو که نیروی جاذبه الکترومغناطیس نامیده می‌شود، در اطراف هسته در گردش هستند و د رچنین حالتی نیروی گریز از مرکز ونیروی جاذبه بار مثبت هسته برروی الکترونها با هم در حال تعادل می‌باشند. این نیرو منتج از همان اصل اول، یعنی گرایش به سوی جرم و انرژی پایین‌تر است، زیرا جرم و یا انرژی الکترون پیوند شده در اتم کمتر از جرم و یا انرژی الکترون آزاد است.

۳. نیروی پیوند هسته‌ای (یا نیروی قوی) که در داخل هسته اتمها، ذرّات بنیادی از قبیل پروتون و نوترون را کنار یکدیگر نگه می‌دارد. خواهیم دید که این نیرو حاصل از همان اصل اول یعنی گرایش به سوی انرژی و یا جرم پایین‌تر است. پروتون و نوترون پیوند شده در هسته‌ای جرم کمتری از پروتونها و نوترونهای آزاد دارند و به همین دلیل در داخل هسته اتمها در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

۴. نیروهای ضعیف: مربوط به تغییر ترازهای انرژی درون هسته می‌باشند، که ناشی از تمایل هسته‌های ناپایدار به سوی پایداری است و این عمل با انتشار پرتوهای گاما و یا x و یا نوترینو و انتشار ذرّاتی از قبیل الکترون (رادیو اکتیویته β^-) و الکترون مثبت (رادیو اکتیویته β^+) و یا هسته اتم هلیم (رادیو اکتیویتهα) صورت می‌گیرد. باز هم در این پدیده‌ها گرایش به سوی انرژی و یا جرم پایین‌تر و تمایل به بی‌نظمی با انتشار این پرتوها یا ذرّات، ارضا می‌شود.

نیروهای یک و دو را بشر در قرن هفدهم کشف کرده بود و نیروهای سه و چهار در قرن بیستم شناخته شدند. احتمالاً نیروهای دیگری نیز حاکم بر طبیعت هستند که شناخت آنها بسیاری از مجهولات بشر را روشن خواهد کرد. به عنوان مثال، دلیل تمایل به بی‌نظمی در جهان (مثلاً در انفجار خورشید و ستارگان و یا دور شدن کهکشانها از هم) از یک سو و

برعکس تمایل به تنوّع و تکامل در روی زمین و ایجاد انواع مختلف و متعدد موجودات از سوی دیگر با شناخت این نیروها آشکار خواهد شد (ملکولهای درشت و پیچیده تشکیل دهنده بدن ما به علت ناپایداری بعد از مرگ تبدیل به گاز کربنیک و بخار آب و انواع کربناتها و فسفاتها، یعنی خاک می‌شوند[1])

اتم، هسته اتم و عناصر چیستند؟

در طی قرون متمادی، دانشمندان و متفکران عهد قدیم نظیر ارسطو، افلاطون و دانشمندانی نظیر ابوعلی سینا و زکریای رازی و... و خلاصه کلیه دانشمندان و فلاسفه قرون وسطی و کیمیاگران، ترکیب مادّه را براساس وجود چهار عنصر اصلی تفسیر می‌کردند. همانگونه که در مقدمه از شعر فردوسی استنباط می‌شود، این چهار عنصر عبارت بود از آتش، هوا، آب و خاک. این حکما اعتقاد داشتند که عناصر مذکور براثر ترکیب با یکدیگر می‌توانند کلیه اجسام موجود در طبیعت را ایجاد کنند و در ضمن ایجاد، آثاری از مشخصات اولیه خود را در نهاد جسم حاصل، باقی گذارند. مثلاً هوا مشخصات گازی، خاک صفت جامدی و آب مشخصات مایعی و بالاخره آتش خاصیت سوختی را به اجسام می‌دهند.

نظریه اتمی آنها نتیجه یک بحث عقلانی بود. از یک سو مشاهده می‌کردند که در طبیعت همه چیز تغییرپذیر است و از سوی دیگر یقین داشتند که در ماده چیزی ثابت و دائمی نیز وجود دارد. آنها دریافتند که اگر اتم غیر قابل تقسیم را تشکیل دهنده غبر قابل تغییر دنیا بدانند، این بن‌بتست فلسفی برطرف خواهد شد.

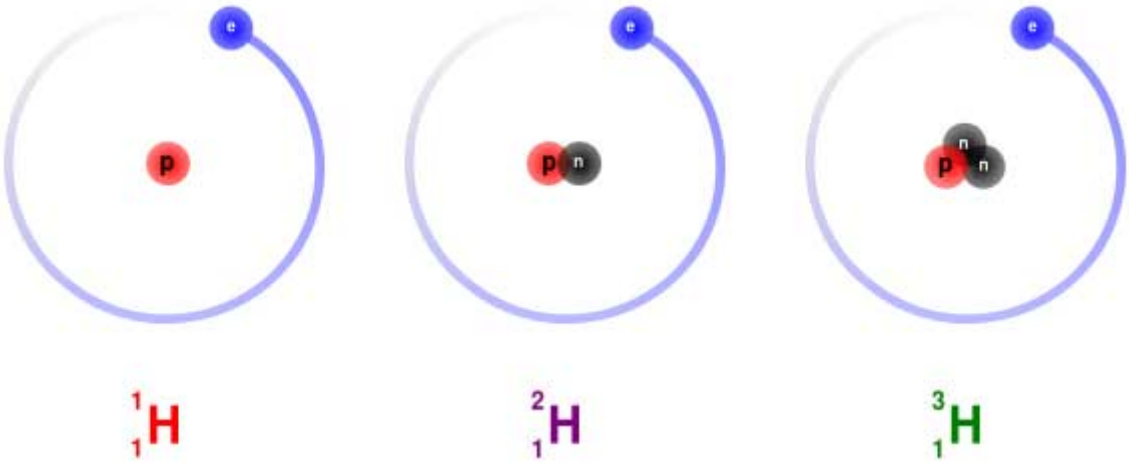
ولی اکنون می‌توانیم کلیه اعمال فیزیکی از قبیل ذوب، میعان، تبخیر، انحلال و انجماد و کلیه واکنشهای شیمیایی از قبیل ترکیب مواد با یکدیگر و یا تجزیه شیمیایی آنها و به دست آوردن جسم ساده را بدون توجه دقیق به ساختمان اتمی و منحصراً با در نظر گرفتن

---

۱. در واقع بدن ما و تشکیلات هر موجود زنده‌ای (گیاه و یا حیوان) از اتحاد اتمهای کربن، اکسیژن و هیدروژن و چند عنصر دیگر مثل فسفر، آهن و... به صورت ملکولهای درشت و بسیار پیچیده، ولی عملاً ناپایدار تشکیل یافته است. بدن ما و یا گیاهان به علت ناپایداری، پس از مرگ تجزیه شده و مبدل به گاز کربنیک و گازهای ساده و آب و انواع کربناتها و فسفاتها یعنی مبدل به خاک می‌شود و این دلیل ناپایداری ملکولهای تشکیل دهنده موجودات زنده است.

شکل ساده‌ای از اتم تفسیر کنیم. برحسب عقیده عصر حاضر، عنصر عبارت است از یک جسم خالص ساده غیر قابل تفکیک به روشهای شیمیایی. از ترکیب عناصر با یکدیگر اجسام مرکب به وجود می‌آیند. تعداد عناصر شناخته شده در طبیعت حدود ۹۲ می‌باشند. هیدروژن اولین و ساده‌ترین عناصر است و پس از آن هلیم، کربن، ازت و ... و بالاخره آخرین عنصر طبیعی به شماره ۹۲، یعنی عنصر اورانیم قرار دارد. اخیراً بشر توانسته به طور مصنوعی و به کمک واکنشهای هسته‌ای، عنصر ۹۳ تا عنصر ۱۱۸ را نیز سنتز کند که تمام آنها ناپایدار و رادیو اکتیو می‌باشند.

یک عنصر ممکن است از اتمهای مختلفی درست شده باشد. همه این اتمها از نظر خواص شیمیایی مشابه یکدیگرند و فقط از نظر تعداد نوترون با هم متفاوت می‌باشند. مثلاً هیدروژن سه نوع اتم دارد.



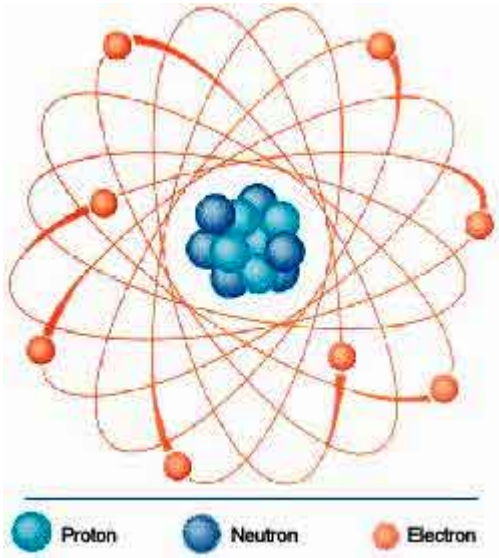
هیدروژن	هیدروژن سنگین	هیدروژن رادیو اکتیو
Hydrogen	Deuterium	Tritium

شکل (۱-۱) ایزوتوپهای مختلف هیدروژن.

اتمهای مختلف یک عنصر را ایزوتوپ گویند.H هیدروژن معمولی و ^{2}H دوتریم یا هیدروژن سنگین که غالبا با D مشخص می کنند و بالاخره تریتیم ^{3}H که غالبا با T آن را نمایش می دهند، ناپایدار و رادیو اکتیو است و با انتشار پرتو β^{-} تجزیه و مبدل به ایزوتوپ سبک هلیم یعنی $^{3}_{2}He$ می‌شود. هلیم متشکل از دو ایزوتوپ $^{3}_{2}He$هلیم سبک و $^{4}_{2}He$ هلیم معمولی است. اعدادی که در طرف چپ علامت اختصاری عنصر وجود دارد، مشخصات فیزیکی عنصر را تعیین می‌کنند. عددی که در پایین قرار گرفته است، "عدد اتمی" گویند که تعداد پروتونها و یا تعداد الکترونها و نیز محل قرار گرفتن عنصر را در

دسته‌بندی(جدول تناوبی) عناصر مشخص می‌کند. عددی که در بالا قرار گرفته، "عدد جرم" نام دارد و معرف تعداد مجموع عددی پروتونها و نوترونهای موجود در عنصر و یا ایزوتوپ آن می‌باشد که غالبا و با تقریب برابر با جرم اتمی عنصردر نظر گرفته می شود.

در سال ۱۹۱۱، روترفوردRutherford نشان داد که قسمت اعظم جرم یک اتم در مرکز آن، که آن را هسته نامید، قرار گرفته و الکترونها در اطراف آن و در فاصله بسیار دور، دَوَران می‌کنند؛ تقریباً شبیه منظومه شمسی که خورشید در مرکز (هسته) وسیّارات (الکترونها) در اطراف آن در گردش هستند.



شکل (۱-۲) تجسمی از اتم: هسته متشکل از پروتونها و نوترون ها درمرکز و الکترونها در اطراف آن.

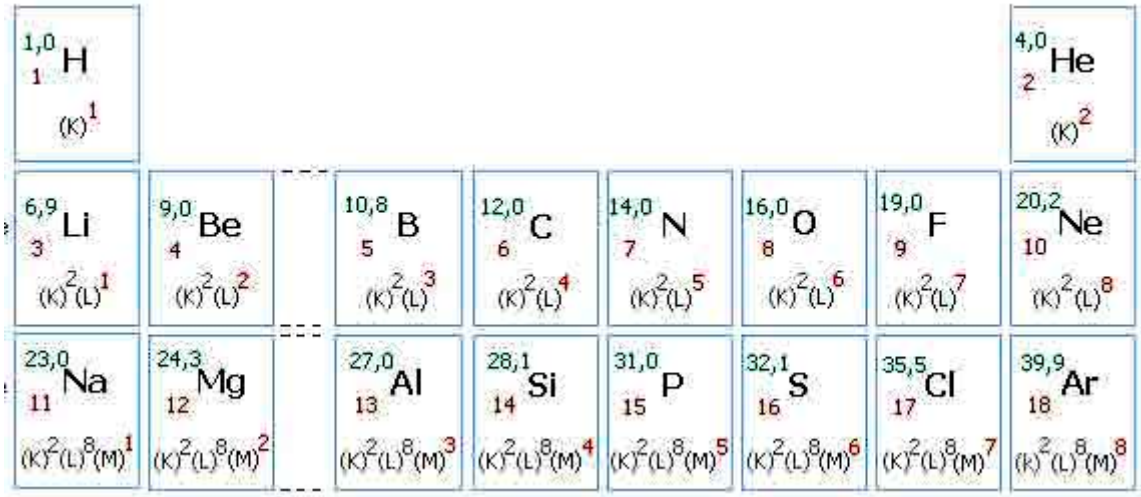
هر اتم از تعداد مشخص و معینی ذرّات بنیادی به نام پروتون با بار مثبت و نوترون بدون بار در درون هسته و الکترون با بار منفی در اطراف هسته تشکیل شده است، به نحوی که اتم از نظر بار خنثی است. شکل (۱-۲). یعنی تعداد پروتونها با بار مثبت با تعداد الکترونها با بار منفی برابر است. جرم پروتون و جرم نوترون تقریباً با هم برابر و معادل است با۱/۶۷ ضرب در $۱۰^{-۲۴}$.گرم یعنی:

۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱۶۷.گرم

جرم الکترون ۱۸۳۶ مرتبه کوچکتر از آنها می‌باشد. برای آنکه با اعدادی به این کوچکی سر و کار نداشته باشیم، معمولاً جرم آنها را برحسب واحد جرم اتمی بیان می‌کنند، به نحوی که یک واحد جرم اتمیA.M.U معادل ۱/۶۶ضرب در۲۴-۱۰ گرم می‌باشد. بنابراین جرم یک پروتون mp=۱/۰۰۷۳ و جرم نوترونmn=۱/۰۰۸۷ و جرم الکترون معادل با me=۰/۰۰۰۵۴۹ واحد جرم اتمی (M.A.U) است. در فیزیک و شیمی هسته‌ای باتوجه به

رابطه نسبیت انیشتین $E=MC^2$ معمولاً جرم برخی از ذرّات را برحسب واحد انرژی بیان می‌نمایند. یک واحد جرم اتمی معادل با ۹۳۱/۴ میلیون الکترون ولت Mev می‌باشد و از آنجا جرم یک پروتون۹۳۸/۲=Mev و جرم یک نوترون ۹۳۹/۵ Mev وجرم یک الکترون ۰/۵۱۱ (Mev) میلیون الکترون ولت است. در فعل و انفعالات هسته‌ای و واکنشهای شیمیایی برای سادگی بیان بهتر است به جای وزن اتمها که بی‌نهایت کوچک و در حدود ۱۰ به توان ۲۴- گرم است ($۱۰^{-۲۴}$) ، اوزان ماکروسکوپی آنها را برحسب عدد آووگادرو بیان کنیم که به آن جرم اتمی گویند. مثلاً ۱۲ گرم کربن و یا یک گرم اتم هیدروژن و یا ۲ گرم ملکول هیدروژن و یا ۴ گرم اتم هلیم تعداد مساوی از اتمها و یا مولکولها معادل با عدد آووگادرو، اتم یا ملکول دارند. عدد آووگادرو $N=۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۴-}$ است و نیز ۱۲ گرم کربن و یا یک گرم اتم هیدروژن و ۲ گرم ملکول هیدروژن را به ترتیب یک مُل اتم کربن و یک مُل اتم هیدروژن و بالاخره یک مُل ملکول هیدروژن گویند. اتم هیدروژن معمولی از یک پروتون و یک الکترون و اتم هلیم از ۲ پروتون و دو نوترون در هسته و دو الکترون در قشر خارجی آن درست شده است. این اتمها را به صورتH و He وC و O مشخص می‌کنند. شکل (۱-۳) هسته چند اتم مختلف را با نحوه ی نامگذاریشان مشخص می کند.

در عنصر اورانیم دو نوع ایزوتوپ و جود دارد:$^{۲۳۵}_{۹۲}U$ و $^{۲۳۸}_{۹۲}U$ در این ایزوتوپها، تعداد الکترونها و پروتونها یکسان و معادل با ۹۲ است و حال آنکه تعداد نوترونها متفاوت است. در اولی ۱۴۳ نوترون و در دومی ۱۴۶ نوترون وجود دارد. الکترونها در قشر خارجی در ترازهای مختلفی به دور هسته در حال گردش هستند. برای ساده‌تر کردن فهم آرایش اتمی عناصر، آرایش منظومه شمسی را در نظر بگیرید؛ خورشید هسته و سیّارات عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتون در اطراف آن توسط نیروی جاذبه نیوتونی در مدارهای مشخص و ثابتی در حال حرکت هستند. نیروی ارتباط بین خورشید و سیّارات آن از قانون جاذبه عمومی و نیروی گریز از مرکز پیروی می‌نماید و حال آنکه در اتمها، الکترونها و هسته به وسیله نیروی جاذبه کلومبین (یعنی تمایل جذب بارهای غیرهمنام) و نیروی گریز از مرکز در کنار یکدیگر در حال تعادل هستند.

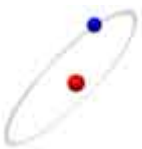


شکل (۱-۳) هسته چند اتم مختلف با مشخصات فیزیکی و علامت اختصاری آنها در بالای علامت اختصاری عنصر جرم و یا در بیشتر موارد عددجرم و در پایین آن عدد اتمی و یا تعداد پروتونهای موجود در عنصر که برابر با تعداد الکترونها نیز می باشد.در سطر زیر حروف (K) و (L) و (M) قشرهایی از فضای خارج هسته اتم است که الکترونها در آن قرار می گیرند.مثلا در اتم هیدروژن فقط یک الکترون در قشر (K)قرار داردو در اتمO (اکسیژن) ۲ الکترون در قشر K و۶ الکترون در قشر L وجود دارد و یا درS (گوگرد) ۲ الکترون در K و ۸ الکترون در L و۶ الکترون درقشر M قرار دارند. این قشرهای الکترونی را می توان به مدار سیارات به دور خورشید تشبیه کرد.البته در موردگردش الکترونها به دور هسته مسئله بسیار پیچیده تر است و مکانیک کوانتایی آنرا بهتر تشریح می کند.

درشکل (۱-۴).تجسم فضایی الکترونها به دور هسته را نمایش داده ایم که البته باید خاطرنشان کنیم که وضع قرار گرفتن الکترونها در اتم به این سادگی نبوده و از قوانین مکانیک موجی پیروی می‌نماید. این شکل ساده را منحصراً برای فهم مطالبی که بعداً خواهد آمد در نظر گرفته‌ایم.

اتم اورانیم۹۲ پروتون و۹۲ الکترون

(اتم اکسیژن۸پروتون و ۸ الکترون و)



اتم هیدروژن(۱پروتون و یک اکترون)

شکل (۱-۴) مدل اتمی راترفورد و بوهر

استقرار الکترونها در درون اتمها، همان طور که گفته شد، به علت تعادل بین نیروی گریز از مرکز و نیروی جاذبه است. الکترون با وجود آنکه انرژی جنبشی داشته و به دور هسته در گردش است، با این وجود انرژی مجموع آن نسبت به الکترونهای آزاد منفی

است. اگر بخواهیم مثلاً الکترون اتم هیدروژن را از آن جدا کنیم، باید مقدار ۳۱۳ کیلو کالری به ازای هر مُل(یک گرم هیدروژن) انرژی به آن تزریق کنیم تا این تعادل به هم بخورد و الکترون از اتم جدا شود، زیرا در واقع تشکیل اتم هیدروژن در طبیعت به صورت زیر انجام می‌گیرد:

$$(1P^{+})\text{پروتون} + (1e^{-})\text{الکترون} \rightarrow 1H + 313Kcal$$

۳۱۳کیلو کالری انرژی آزاد شده به ازای هر مُل

در مورد اکسیژن و اتم اورانیم، مقدار انرژی آزاد شده به مراتب بیشتر است، زیرا تعداد الکترونها به ترتیب ۸ و ۹۲ است که با ۸ و یا ۹۲ پروتون ترکیب شده و اتم خنثی را به وجود آورده‌اند. اتم هیدروژن و یا اکسیژن و یا سایر عناصر گازی‌شکل مثل ازت، کلر، فلئور و... به حالت آزاد و تک اتمی ناپایدارند و همیشه به صورت ملکولی هستند، یعنی علاوه‌برپیوند الکترون به هسته،اتمها نیز با یکدیگر پیوند دارند که آنرا(پیوندملکولی) گویند.

$$H_2 + (\text{کیلو کالری } ۱۰۴) \quad (\text{ملکول هیدروژن}) \rightarrow H \ (\text{هیدروژن}) + H$$

$$O_2 + \text{کیلو کالری } ۱۱۹ \rightarrow O \ (\text{اتم اکسیژن}) + O$$

بنابراین تشکیل ملکول هیدروژن از ذرّات اولیه آن یعنی ۲ پروتون و ۲ الکترون به ازای هر مُل

$$2P^{+} + 2e^{-} \rightarrow ۷۳۰ \quad Kcal/Mol \ (\text{کیلوکالری/مُل})$$

همراه با خروج ۷۳۰ = ۲x۳۱۳+۱۰۴ کیلوکالری انرژی است. این انرژی در واقع از تبدیل مقدار مختصری از جرم پروتونها طبق رابطه انیشتین $E=Mc^2$ حاصل گشته است. اگر در این معادله مقدار انرژی و سرعت سیر نور را قرار دهیم، مقدار جرم از دست رفته معادل با $۳/۴ \times ۱۰^{-۱۱}$ گرم به ازای تشکیل ۲ گرم ملکول هیدروژن به دست می‌آید و این عمل منحصراً براساس اصل اول ترمودینامیک یعنی کشش به سوی جرم پایین‌تر و پایدارتر انجام گرفته است.

در آغاز پیدایش جهان یا در لحظه انفجار اولیه پروتون و نوترون نیز وجود نداشته‌اند و آنها نیز از تبدیل ذرّات بنیادی دیگر به نام کوارک و ضد کوارک حاصل شده‌اند. اولین سنتز در جهان بعد از لحظه انفجار نخستین، تشکیل هسته اتمهای سبک مانند ایزوتوپهای مختلف هیدروژن و هلیم است. به عنوان مثال، محاسبه جرم از دست رفته و یا انرژی آزاد شده در موقع تشکیل هسته اتم هلیم را یادآور می‌شویم:

$$۲(^{۱}_{۱}P^{+}) + ۲\ ^{۱}n \rightarrow ^{۴}_{۲}He + E \text{ انرژی}$$

$$۲MP + ۲Mn \rightarrow MHe + \Delta M$$

ΔM= (جرم اتم هلیم) − (دو برابر جرم نوترون + دو برابر جرم پروتون)

ΔM عبارت است از کمبود جرم و برابر است با مقداری از جرم پروتونها و نوترونها که از دست رفته و به صورت انرژی درآمده است. یعنی در واقع جرم پروتون و نوترون پیوند شده در هسته هلیم به مقدار ΔM کمتر از جرم پروتونها و نوترونهای آزاد است.

جرم هلیم معادل با۴/۰۰۲۲ واحد جرم اتمی است. اگر جرم هلیم و جرم پروتون و نوترون را که در سطور قبل داده شد، در رابطه فوق بگذاریم، خطا یا کمبود جرم به دست خواهد آمد:

$$(۲\times۱/۰۰۷۳) + (۲\times۱/۰۰۸۷) - ۴/۰۰۲۲ = ۰/۰۴۷۳\ M.A.U$$

یعنی ΔM برابر با ۰/۰۴۷۳ واحد جرم اتمی است و به ازای تشکیل ۴ گرم یا یک مُل اتم هلیم ۰/۰۴۷۳ گرم جرم تبدیل به انرژی شده که با قرار دادن در رابطه انیشتین.

$E=MC^{۲}$ می‌شود. $= ۰/۰۴۷۳\ X\ (۳\times۱۰^{۱۰})^{۲}$

و چون $۱۰^{۱۰}$ ارک معادل با یک کیلو ژول است، پس انرژی حاصل برابر با $۰/۴۲۶\times۱۰^{۱۰}$ کیلو ژول و یا معادل با ۴/۲۶ میلیون مگا ژول خواهد شد.یعنی در موقع تشکیل چهار گرم هلیم، خواه در لحظه انفجار اولیه و خواه در داخل ستاره‌ها و یا در خورشید، معادل با ۴/۲۶ میلیارد کیلو ژول انرژی خارج می‌شود. این مقدار انرژی به مراتب بیشتر از مقدار برق مصرفی در یک شبانه روز شهر تهران و حومه است. برای مقایسه بد نیست بدانید که یک نیروگاه اتمی که هزار تُن اورانیم طبیعی دارد، یک میلیارد کیلو ژول انرژی در هر ثانیه تولید می‌کند.

شاید مطالب فوق اندکی خسته کننده و خارج از موضوع به نظر آیند، ولی برای توجیه واکنشهایی که در داخل خورشید و یا ستارگان اتفاق می‌افتد و فهم طرز کار نیروگاه ها و بمبهای اتمی و هیدروژنی، دانستن این مطالب ضروری به نظر می‌رسد.

ΔM و یا **E**، مقدار انرژی پیوند ذرّات بنیادی را در داخل هسته‌ها مشخص می‌کنند.

محاسبه ΔM کمبود جرم را می‌توان در مورد کلیه عناصر موجود در طبیعت انجام داد. مثلاً برای اکسیژن:

ΔM = (جرم اکسیژن O^{16} ـ (۸ مرتبه جرم نوترون+ ۸ مرتبه جرم پروتون)

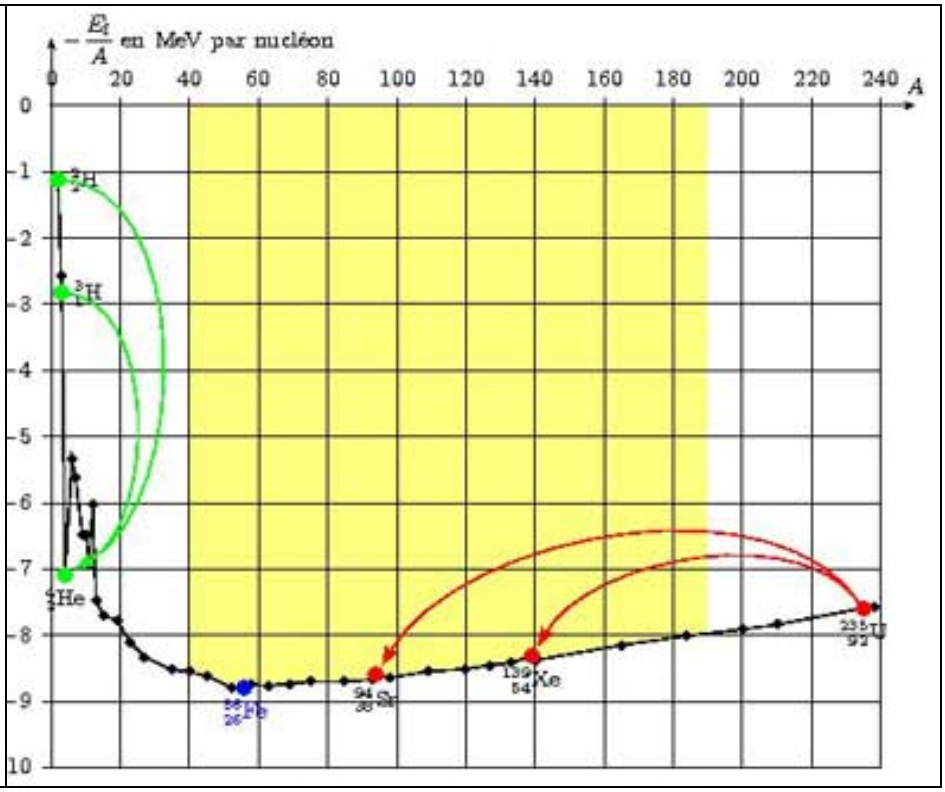
با توجه به اینکه جرم اکسیژن O^{16} معادل با ۱۵/۹۹۹۴ واحد جرم اتمی است. ΔM آن معادل با ۰/۲ . (**M.A.U**) و یا معادل با ۰/۲ گرم در موقع تشکیل ۱۶ گرم اکسیژن و انرژی آزاد شده معادل با $E=1/8\times10^{10}$ یعنی ۱۸ میلیارد کیلو ژول است. ارزش ΔM استحکام پیوند پروتون و نوترون را در داخل هسته اتمها تعیین می‌کند. هرقدر ΔM بزرگتر باشد، عنصر به وجود آمده پایدارتر خواهد بود. مقدار ΔM را معمولاً برحسب انرژی بیان می‌کنند، یعنی حاصل ضرب $\Delta M\times C^2$ برابر با ΔE انرژی پیوند مجموع را در داخل هسته اتمها مشخص می‌کند. با این وجود به منظور مقایسه نسبی، بهتر است، نسبت این انرژی را بر تعداد کل ذرّات(پروتون و نوترون) موجود در هسته اتم مربوط به دست آورد.

مجموع پروتونها و نوترونهای یک هسته را با A نمایش می‌دهند و آن را عدد جرم گویند. $\Delta M\times C^2/A$ که برابر با ΔE/A یعنی انرژی پیوند هسته‌ای به ازای هر ذرّه در داخل هسته اتم مربوطه است. به طور دقیق و تجربی می‌توان ΔE/A را همانگونه که برای هلیم و اکسیژن حساب کردیم برای کلیه عناصر شناخته شده در طبیعت به دست آورد.

همانطور که قبلاً گفته شد، ΔM عبارت است از کمبود جرم فرآورده نسبت به مواد اولیه. بنابر این، از نظر هسته‌ها، ارزش آن مقدار منفی خواهد داشت و بنابر این حاصل بخش ΔE/A ارزش منفی دارد، زیرا عبارت از مقدار انرژی از دست رفته هر ذرّه است. معمولاً مقدار آن را برای هر ذرّه بر حسب میلیون الکترون ولت حساب می‌کنند. مثلاً برای He^4 حدود۷/۲ - میلیون الکترون ولت و برای اکسیژن۸/۲- میلیون الکترون ولت و برای آهن ۹- میلیون الکترون ولت است. اگر مقدار ΔE/A را در محور عرض‌ها و عدد اتمی A را در محور طول‌ها ببریم، منحنی شکل (۱-۵) به دست می‌آید.

ناحیه مشخص شده به رنگ زرد منطقه پایداری می‌باشد و برای عناصر موجود در این قسمت ΔE/A از نظر قدر مطلق بزرگترین مقدار را دارد. برای عناصر نیکل و کوبالت و بخصوص آهن مقدار آن حدود ۹ - میلیون الکترون ولت است و این عناصر از همه عناصر موجود در طبیعت پایدارترند و به همین دلیل مرکز زمین و یا سیّارات دیگر و کره ماه و

ستارگان غول‌پیکر و بمراتب بزرگتر از خورشید ما از آهن و نیکل درست شده است. به استثنای هیدروژن و هلیم در جهان مقدار نسبی آهن از همه عناصر بیشتر است. بعداً خواهیم دید اگر جهان بعد از لحظه انفجار نخستین به آهستگی سرد می‌شد، همه مواد موجود در جهان به آهن تبدیل می‌گردید و کهکشانها و ستارگان و منظومه شمسی به صورت کنونی وجود نداشتند، ولی خوشبختانه و به دلایلی که بر آن آگاه نیستیم، جهان بعد از انفجار اولیه بسرعت سرد و قسمت اعظم ماده به هیدروژن و هلیم تبدیل شد و تنوع و پیچیدگی ظاهر گردید و من و شما و سایر موجودات به وجود آمدیم.



شکل (۱-۵) پایداری نسبی عناصر.این منحنی براساس پیوستگی ذرّات بنیادی در درون هسته اتمها ترسیم شده است،هرقدر،قدر مطلق انرژی پیوست ذرّات در درون هسته ای بیشتر باشد آن عنصر پایدار تـر است.از همـه پایدارتـر عناصـر آهـن،استرانسیم و کزنـون مـی با شند.سایر عناصـر یا با شکست و یا با پیوست خود را به ناحیه پایداری می رسانند.

در منحنی فوق و در خارج از حدّ زرد رنگ دو ناحیه دیگر وجود دارند که در آنها عناصر و یا هسته اتمها پایداری نسبی کمتری دارند و امکان تبدیل آنها به هسته‌های پایدار به دو صورت ممکن است:

۱. پیوست Fusion:

در این حالت اتمهای سبک با هم ترکیب شده و اتمهای سنگینتر می‌سازند، مانند:

$$^{2}_{1}D + ^{3}_{1}T \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}n + ۱۷/۶\ Mev$$

➔تریتیم (ایزوتوپ رادیو اکتیو هیدروژن)+ دوتریم(هیدروژن سنگین)

۱۷/۶میلیون الکترون ولت انرژی + نوترون + هلیم

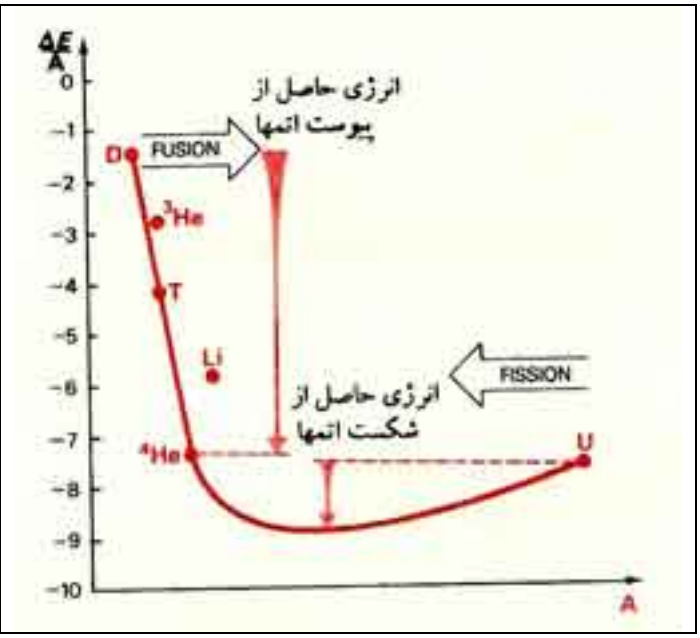
این واکنش را پیوست ایزوتوپهای دوتریم و تریتیم با هم گویند که منجر به تولید هلیم و مقدار۱۷/۶ میلیون الکترون ولت انرژی می‌شود و درباره آن بعداً صحبت خواهیم کرد.

۲. شکست اتمهای سنگین **Fission**: اتمهای سنگین نظیر اورانیم شکسته شده و اتمهای سبکتر از خود واقع در ناحیه پایداری را تولید می‌کنند.

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{139}_{54}Xe + {}^{95}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n = 200\ Mev$$

ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵ براثر ورود یک نوترون شکسته شده و عناصر گزنونXe، استرانسیمSr و دو نوترون و مقدار ۲۰۰ میلیون الکترون ولت انرژی تولید می‌نماید.

شکل (۱-۶) نواحی مختلف منحنی را که منجر به دو عمل فوق یعنی پیوست و شکست می‌شود نمایش می‌دهد.



شکل (۱-۶) تمایل به سوی پایداری، ارتفاع هر یک از بردارها مقدار انرژی آزاده شده در دو پدیده را مشخص می‌کند.به سهولت متوجه می شوید که انرژی حاصل از پیوست اتمهای سبک به مراتب بیشتر از ا نـرژی حاصـل از شکست اتمها سنگین است.

به امیـد روزی که بشر بتـواند نظیر واکنش پیوست اتمها را که به طور دایم در درون خورشید و یا ستارگان دیگر انجام می گیرد،کنترل کند

این منحنی از نظر ادامه بحث ما بسیار لازم است و با وجود آنکه به نظر خواننده گرامی خارج از موضوع می‌نماید، مجبورم در باره آن بیشتر صحبت کنیم، زیرا سرنوشت زندگی من و شما به آن مربوط می‌شود. از واکنش پیوست بمب هیدروژنی و از واکنش شکست بمب اتمی می‌سازند که ممکن است روزی بشریت را به سوی نابودی سوق دهد.با این وجود بدون واکنش پیوست، یعنی آنچه در خورشید به وقوع می‌پیوندد، زندگی بر روی کره زمین غیر ممکن خواهد بود. و نیز امید می‌رود روزی بشر واکنش پیوست را مهار کرده و در اختیار بگیرد و انرژی مورد احتیاج خود را تا ابد تأمین کند. در اینجا هر یک از این دو

واکنش را جداگانه مورد بحث قرار داده و مخاطرات یکی و منافع دیگری را مطرح خواهیم کرد.

شکست اتمهاFission، نیروگاه و بمب اتمی

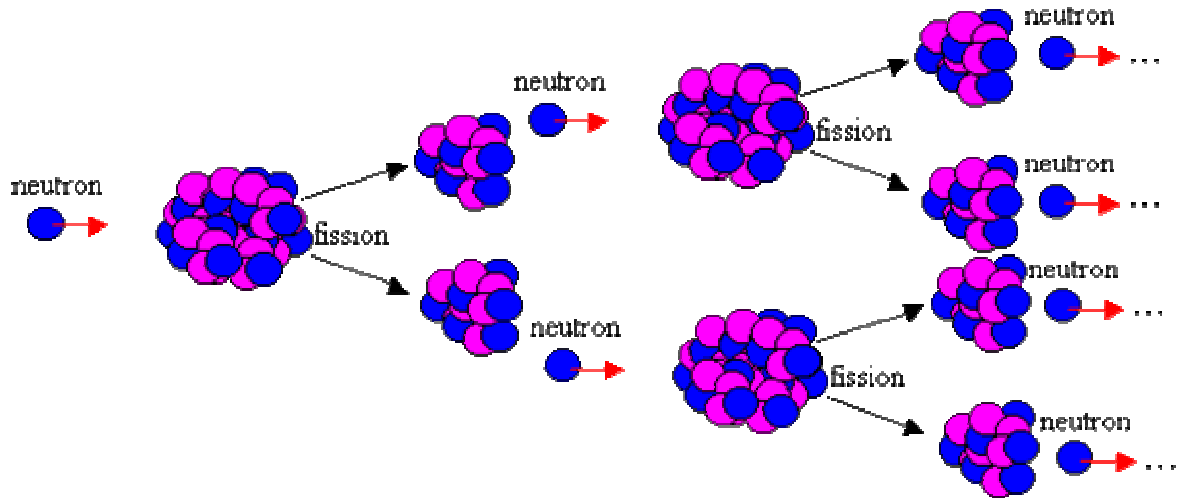
در سال ۱۹۳۹ استراسمن و هان، فیزیک‌دانان آلمانی، واکنش شکست اتمهای اورانیم را به وسیله نوترون کشف نمودند. همان طور که در شکل (۱-۶) مشاهده می‌شود، عنصر اورانیم از نظر مقدار انرژی پیوند ضعیف‌تر از اتم‌های سبک‌تر از خود بوده و در منحنی در سطحی بالاتر از آنها قرار گرفته است. برای ارضای کشش جهانی، یعنی رسیدن به جرم پایین‌تر، به مجرد ورود یک نوترون کم انرژی شکسته و مقداری از جرمش تبدیل به انرژی شده و دو عنصر با اعداد اتمی و جرم اتمی کوچکتر که در ناحیه مینیمم منحنی جای دارند تولید می‌کند. اغلب عناصر مصنوعی بعد از اورانیم چنین خاصیتی را نیز دارند؛ مثلاً پلوتونیم $^{239}_{94}Pu$. اورانیم در طبیعت به صورت دو ایزوتوپ $^{235}_{92}U$ و $^{238}_{92}U$ وجود دارد. فراوانی عنصر اورانیم در طبیعت کم و بیش مشابه سرب است، ولی نسبت درصد اورانیم ۲۳۵ در مخلوط طبیعی بسیار کم و به مقدار ۰/۷ درصد است. جدا کردن این دو ایزوتوپ از هم بسیار مشکل است و مخارج فراوان دارد، به نحوی که اگر یک کیلو اورانیم طبیعی چندین دلار ارزش داشته باشد، قیمت اورانیم ۲۳۵ چندین هزار دلار خواهد شد. با این وجود ایزوتوپ اورانیم ۲۳۸ نیز بی‌مصرف نبوده و در رآکتور اتمی برای سنتز پلوتونیم $^{239}_{94}Pu$ به کار برده می‌شود. سنتز پلوتونیم در داخل رآکتورهای اتمی بسیار ساده و به صورت زیر است. در موقع شکست اورانیم چند نوترون آزاد می‌شود. نوترونهای اضافی جذب اورانیم ۲۳۸ شده و آن را مبدل به $^{239}_{92}U$ می‌کنند. این ایزوتوپ بسیار ناپایدار بوده و با انتشار دو پرتو β^- تجزیه می‌شود. حاصل تجزیه آن پلوتونیم ۲۳۹ است که ماده سوخت جدیدی است و بخصوص در بمب‌های اتمی مصرف می‌شود.

سنتز پلوتونیم :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}U \rightarrow \beta^- \rightarrow {}^{239}_{93}Np \rightarrow \beta^- \rightarrow {}^{239}_{94}Pu$$

واکنش شکست اورانیم ۲۳۵ به کمک ورود یک نوترون کم انرژی که به آن نوترون حرارتی گویند انجام می‌گیرد. از شکست هر اتم چند نوترون و دو فرآورده شکست حاصل می‌شود. تعداد نوترونهای آزاد شده به ازای صد اتم اورانیم شکسته شده، معادل با ۲۴۸

نوترون است. بنابراین، یک نوع واکنش زنجیره‌ای در داخل توده اورانیم به وجود می‌آید. در شکل (۱-۷) اگر نوترونهای اضافی را به وسیله‌ای از داخل توده اورانیم خارج کنند، رآکتور اتمی به دست می‌آید. ولی اگر نوترونها پیوسته اضافه شود،تمام‌توده اورانیم‌درظرف چند ثانیه منفجر شده واین حالت یک بمب اتمی است.



شکل (۱-۷) شکست زنجیره‌ای اورانیم به وسیله نوترون

بر اثر شکست، بخشی از جرم تبدیل به انرژی می‌شود که می‌توان مقدار آنرا به طریق زیر محاسبه کرد:

$$^{۲۳۵}_{۹۲}U + ^{۱}_{۰}n \rightarrow ^{۱۳۹}_{۵۴}Xe + ^{۹۵}_{۳۸}Sr + ۲^{۱}_{۰}n + ۲۰۰Mev$$

$$\Delta M = Mu = Mn - (Mxe + MSr + ۲Mn)$$

$$\Delta M = ۲۳۵/۱۲ + ۱/۰۰۸۷ - (۱۳۹/۹۵۵ + ۹۴/۹۴۵ + ۲\times ۱:۰۰۸۷)$$

$$\Delta M = ۰/۲۱۵ \ M.A.U.$$

یعنی در موقع شکست ۲۳۵ گرم اورانیم ۰/۲۱۵ گرم جرم تبدیل به انرژی می‌شود و این انرژی معادل با $\Delta E = \Delta mc^{۲}$

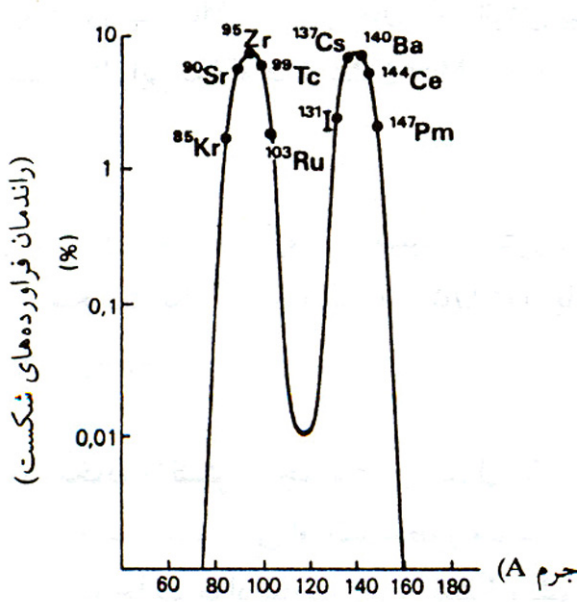
$$\Delta E = ۰/۲۱۵ (۳\times ۱۰^{۱۰}) = ۱/۹ \times ۱۰^{۲۰} \ erg$$

ارک و یا بر حسب کیلو ژول معادل با نوزده میلیارد کیلو ژول است.

در یک بمب اتمی معمولی حداقل ۵ کیلوگرم اورانیم ۲۳۵ و یا پلوتونیم ۲۳۹ وجود دارد. این مقدار وزن بحرانی برای انجام واکنش زنجیره‌ای است. انرژی آزاد شده از انفجار آن معادل با چهارصد میلیارد کیلوژول، یعنی برابر با ۱۳ هزار تن(T.N.T) (دینامیت) است. چنین بمبی در کمتر از چند ثانیه یکصد هزار نفر را از بین خواهد برد. این همان بمبی است

که در روزهای ششم و نهم اوت سال ۱۹۴۵ در شهرهای هیروشیما و ناگازاکی صدها هزار نفر را کشت و چند صد هزار افراد مبتلا به انواع سرطان و سوختگی به جای گذاشت.

فرآورده‌های حاصل از شکست، عناصر بسیار ناپایداری می‌باشند زیرا تعداد نوترونها در آنها زیادتر از حدّ معمول است ولذا رادیواکتیو بوده و ناپایداری خود را به صورت انتشار پرتوهای β^- و γ دفع می‌کنند. فرآورده‌های حاصل از شکست بسیار متنوّع بوده و شامل عناصری مختلف می‌باشند که برخی از آنها بسیار خطرناک بوده و سالهای سال از خود پرتو رادیواکتیو منتشر می‌سازند. شکل (۱-۸) راندمان فرآورده‌های شکست را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۸) راندمان تولید فرآورده‌های حاصل از شکست اورانیم ۳۳۵ در یک نیروگاه اتمی.
همانطور که در شکل مقابل می بینید بعد از شکست اتم اورانیم در یک نیروگاه اتمی عناصر بسیار متنوعی تولید می شوند.در این منحنی اسامی اختصاری عناصر تولید شده با عدد جرم آنها که در بالا و سمت چپ علامت عنصر است آورده شده است.اغلب این عناصر رادیو اکتیو هستند با نیمه عمر های متفاوت از همه خطرناک تر ایزوتوپ ^{137}Cs و ^{90}Sr می باشند که نیمه عمر طولانی دارند.

نیمه عمر برخی از فرآورده‌های شکست بسیار طولانی است. (خطرناکترین آنها رادیو ایزوتوپ سزیم $^{137}_{55}Cs$ و استرانسیم $^{90}_{38}Sr$) است که به صورت زیر تجزیه شده و از خود پرتوهای، β^- تولید می‌کنند.

نیمه عمر سزیم ۳۰ سال $\quad ^{137}_{55}Cs \rightarrow \beta^- + {}^{137}_{56}Ba + \gamma + \nu$

نیمه عمر استرانسیم ۲۸ سال $\quad ^{90}_{38}Sr \rightarrow \beta^- + {}^{90}_{39}Y + \gamma + \nu$

۹۰ درصد رادیو ایزوتوپ سزیم در طی صد سال و ۹۰ درصد رادیو ایزوتوپ استرانسیم در طی ۹۶ سال از بین می‌رود[۱]. باتوجه به راندمان بالایی که این دو رادیو ایزوتوپ دارند، متوجه می‌شویم که مواد زاید نیروگاههای هسته‌ای تا چه حد برای بشر خطرناک هستند. در فصل آخر این کتاب مفصلتر در این باره صحبت خواهیم کرد.

واکنش پیوست Fusion و بمب هیدروژنی

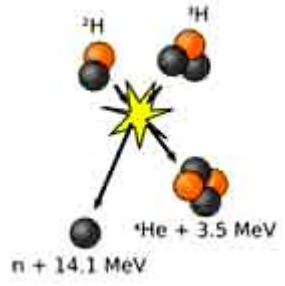
همانطور که در شکل (۱-۶) مشاهده می‌شود، عناصر سبک و یا ایزوتوپهای آنها نظیر هیدروژن، دوتریم و تریتیم و لیتیم $_{۳}^{۶}Li$ و برلیم $_{۴}^{۹}Be$) و حتی هلیم سبک انرژی پیوند کمتری از عناصر واقع در ناحیه مینیمم منحنی دارند. این عناصر نیز برای ارضای کشش جهانی، یعنی رسیدن به انرژی و یا جرم پایین‌تر با یکدیگر ترکیب می‌شوند و عناصر سنگین‌تر ولی با انرژی پیوند بیشتر تولید می‌نمایند.

$$_{۳}^{۶}Li + _{۱}^{۲}D \rightarrow ۲\,_{۲}^{۴}He + ۲۲/۲Mev$$

$$_{۱}^{۳}T + _{۱}^{۲}D \rightarrow {}_{۲}^{۴}He + {}_{۰}^{۱}n + ۱۷/۶\ Mev$$

---

۱ ـ نیمه عمر یک ماده رادیو اکتیو عبارت است از زمان لازم برای اینکه نیمی از اتمهای رادیو اکتیو آن تجزیه شوند.بنابر این نزول رادیو اکتیویته یک ماده رادیو اکتیو به صورت تابع نمایی با توان منفی است،یعنی بعد از یک نیمه عمر نیمی از ماده رادیو اکتیو باقی می ماند بعد از ۲ نیمه عمر یک چهارم و بعد از ۳ نیمه عمر یک هشتم و بعد از ۴ نیمه عمر یک شانزدهم و به همین ترتیب نزول می کند و برای اینکه ماده رادیو اکتیو به کلی از بین رود قاعدتا با ید ۷ نیمه عمر صبر کرد تا ۹۹ در صد ماده رادیواکتیو از بین رود.در تصویر زیر نزول رادیو اکتیویته رادیم را که نیمه عمری معادل ۱۶۰۰ سال دارد نمایش داده که بعد از۳نیمه عمر یعنی ۴۸۰۰=۳X۱۶۰۰ سال رادیو اکنیویته اش به یک هشتم مقداراولیه می رسد..

	نموداری از چگونگی واکنش پیوست تریتیم و دوتریم و تولید هلیم. در این پدیده نوترون تولید شده۱۴/۱ Mev انرژی دارد و هلیم تولید شده۳/۵ Mev انرژی خواهد داشت که مجموع آن: ۱۷/۶ Mev (میلیون الکترون ولت) می شود

ما و تمام موجودات و تمام عناصر و کلیه مواد موجود در عالم، حاصل از پیوست اتمها هستیم. ستارگانی که در آسمان می‌درخشند، خورشیدی که به ما انرژی و گرما می‌دهد و زندگی را به وجود آورده و انواع و اقسام مواد و عناصری که در طبیعت مشاهده می‌کنیم، نتیجه واکنش پیوست در درون ستارگان از آغاز خلقت جهان تاکنون هستند و این واکنشها تا هزار میلیارد سال دیگر در صحنه پهناور جهان ادامه خواهد داشت. ستارگانی چون خورشید، بعد از عمر متوسطی نزدیک به چند میلیارد سال از بین خواهند رفت و ستارگان جدیدی به جای آنها متولد خواهند شد. بعد از انفجار نخستین یا مَهبانگ ذرّات بنیادی به نام کوارک و ضد کوارک و الکترون، به وجود آمد و سپس از اتحاد آنها با هم نوترون و پروتون و سپس اتمهای هیدروژن و هلیم حاصل شد. این اتمها به صورت توده‌های بسیار عظیم گاز کهکشانها را به وجود آوردند. نیروی گرانش بر روی توده‌های گاز اثر گذاشته و در درون کهکشانها، بوته زرگری که همان ستاره باشد به وجود آمد. در درون ستارگان عناصر سبک نظیر هیدروژن و ایزوتوپهای آن با هم ترکیب شده و هلیم را به وجود می‌آورند. موقعی که ذخیره سوختی ستاره از هیدروژن تهی گردید، واکنشهای پیوست هلیم با هلیم به وجود می‌آید.

واکنش پیوست هلیم با هلیم برای تولید برلیم $^{8}_{4}Be \leftarrow {}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He$

سپس برلیم با هلیم کربن را بوجود آورده $^{12}_{6}C \leftarrow {}^{4}_{2}He + {}^{8}_{4}Be$

بعد از آن کربن با هلیم اکسیژن را می‌سازد $^{16}_{8}O \leftarrow {}^{4}_{2}He + {}^{12}_{6}C$

و به همین ترتیب کلیه عناصر موجود در طبیعت از واکنشهای پیوست پی در پی در درون ستارگان عظیم درست شدند. تمام این واکنشها و چگونگی تولد و مرگ ستارگان را مفصل تر در فصل چهارم مطالعه خواهیم نمود.

واکنش پیوست اتمهای سبک موقعی انجام می‌گیرد که اتمهای شرکت کننده در واکنش انرژی جنبشی بسیار زیادی داشته باشند. یعنی هنگامی به این انرژی می‌رسند که درجه حرارت محیط از ده میلیون درجه سانتیگراد بیشتر باشد،الکترون ها از اتم ها جدا شده و حالت به وجود آمده را پلاسما گویند. در چنین حالتی واکنش به صورت زیر انجام می‌گیرد:

$$^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17/6\ Mev$$

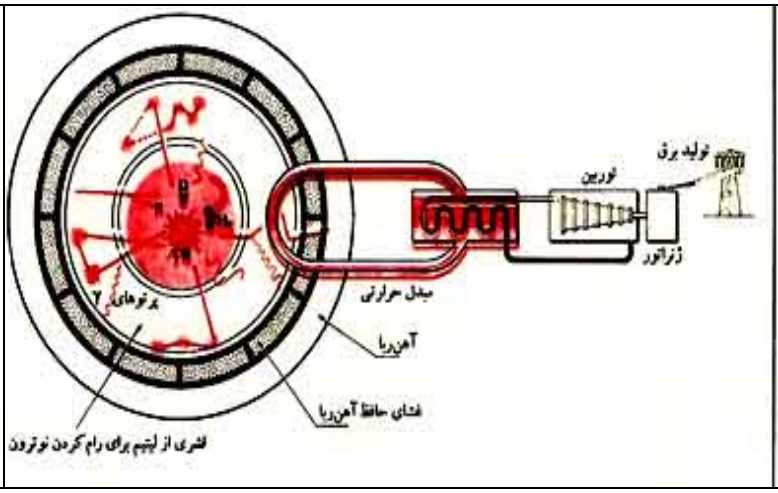
از ترکیب ۲ گرم دوتریم و سه گرم تریتیم طبق رابطه انیشتین $E=\Delta mC^2$ مقدار ۱/۶ میلیارد کیلو ژول انرژی حاصل می‌شود، ولی متأسفانه هنوز بشر نتوانسته است به طور عملی و صنعتی این واکنش را کنترل کند. دستگاه‌های آزمایشگاهی برای این کار ساخته شده‌اند، ولی هنوز این کار از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و به همین دلیل در این راه، اخیرا کشورهای پیش رفته نظیر فرانسه، ژاپن ،آلمان، کانادا، انگلستان و آمریکا سرمایه‌گذاری فراوانی انجام داده اند. احتمالاً در ۳۰ سال آینده کشورهای غنی نیروگاههای متکی بر این پدیده خواهند داشت.

در شکل (۱ ــ۹) نموداری از اصول نیروگاه متکی بر پدیده پیوست اتم ها را مشاهده می کنید.از آغاز سال ۲۰۰۶ میلادی کشورهای ثروتمند جهان تصمیم به ساخت نیروگاهی آزمایشی در منطقه کاداراش فرانسه گرفتند .این نیروگاه که با کمک مالی بین المللی ساخته خواهد شد،نیروگاه عظیمی خواهد بود که برای ده سال اول ساخت آن ۵ میلیارد یورو و برای به کار اندازی آن در ده سال بعد ۵ میلیارد یوری دیگر پیش بینی شده است.

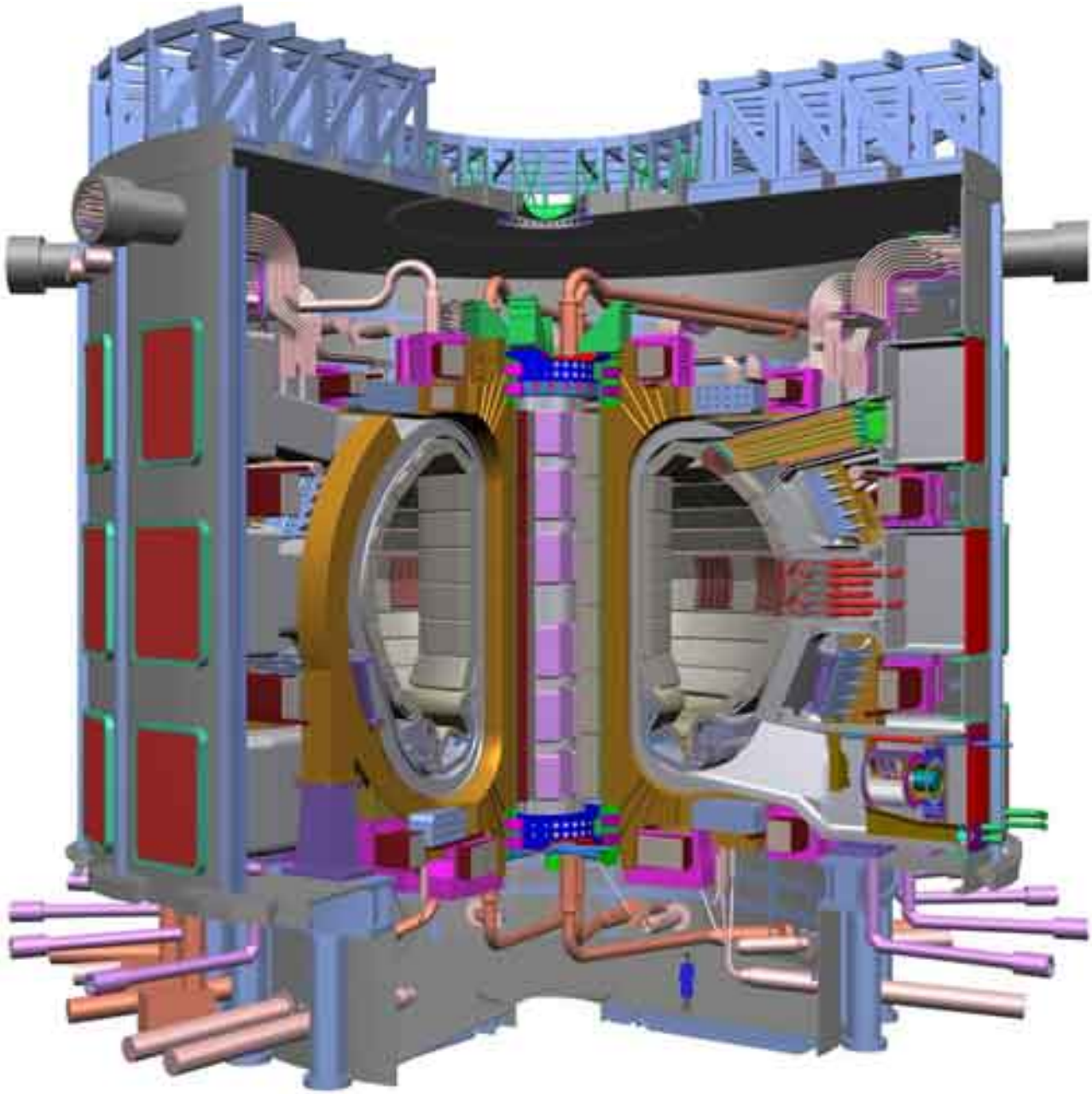
از سال ۱۹۵۰ میلادی که بشر موفق به ساخت بمب هیدروژنی شد،همواره سعی بر کنترل پدیده پیوست داشته است و روشهای متفاوتی به کار برده اند. موفق ترین روش دستگاه توکاماکTokamak بوده که اصول آن در شکل(۱ ــ۹) مشاهد می شود.از همان سالها تا کنون در کشورهای مختلف دنیا مانند انگلستان فرانسه وژاپن دستگاه های کوچکی مانند شکل زیر و در اشل آزمایشگاهی ساخته و توانسته اند تا حدود چهار دقیقه واکنش پیوست اتمها را کنترل کنند. اکنون که مسئله ی کمبود انرژی در جهان بسیار حاد شده است کشورهای غنی با تمایل فراوان در فکر کنترل این پدیده افتاده و حاضر به سرمایه گذاری در این راه شده اند و امید بسیار می رود که تا ۳۰ یا ۵۰ سال آینده این پدیده بطور مطلق در کنترل بشر در آید .واکنش پیوست اتمها انرژی بی پایانی را به بشر

وعده می دهد،در این پدیده زباله های رادیو اکتیو به وجود نخواهد آمد و مواد اولیه آن آب دریا (دوتریم یا هیدروژن سنگین) و عنصر لیتم است که در پوسته ی زمین به فراوانی یافت می شود و تا ده ها هزاران سال ذخیره آن تمام نخواهشد.

در حال حاضر در آزمایشگاهها بر روی دو طرح کار می‌کنند که یکی عبارت است از طرح **توکاماک**Tokamak که در پلاسمایی به درجه حرارت تقریباً صد میلیون درجه، ایزوتوپهای هیدروژن با هم ترکیب می‌شوند و انرژی تولید می‌کنند. اصول کار در شکل (۱-۹) نمایش داده شده است. قشری از لیتیم نوترونهای حاصل از واکنش پیوست را رام کرده و مانع خروج آنها ازنیروگاه می‌شود.

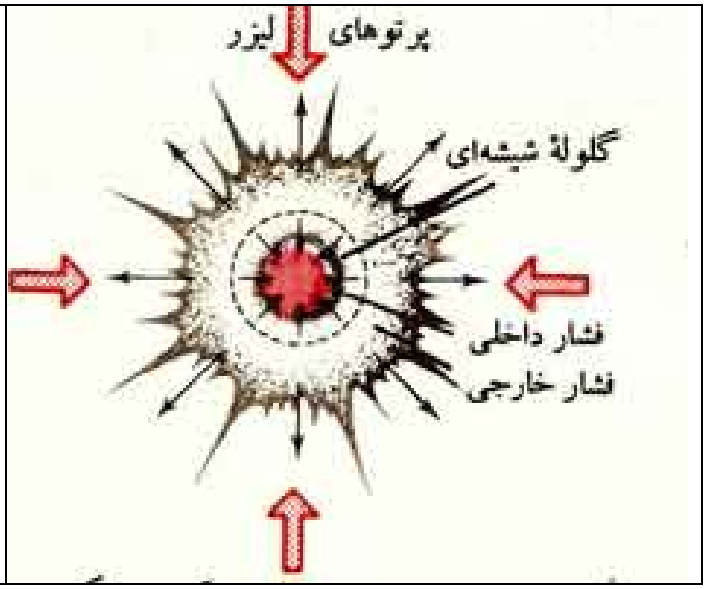


شکل (۱-۹)اصول کار دستگاه توکاماک،در مرکز دستگاه عناصر سبک نظیر دوتریم و تریتیم و یا عنصر لیتیم و در اطراف آن آهن ربای بسیار قوی قرار داده اند که قادر است اتمها را یونیزه کرده و تبدیل به پلاسما نماید.از تصادف اتمهای یونیزه شده با هم واکنش کداخت هسته ای و در نتیجه گرما ایجاد می شود.



پروژه نیروگاه متکی بر پدیده پیوست اتمها. عظمت دستگاه را با اندازه کارگری که لباس آبی رنگ دارد و در مقابل تصویر قرار گرفته مجسم کنید.این نمودار نیروگاه Iter است که به زودی در فرانسه بر اساس توکاماکTokamak (کلمه اصلی از روسی است) ساخته خواهد شد.

اصول روش دیگر مبتنی بر تابش هماهنگ پرتوهای لیزر بر روی گلوله شیشه‌ای بسیار کوچکی به قطر صد میکرومتر است. انرژی پرتوهای لیزر، گلوله رامنفجر می‌کند. قسمتی از موج فشار مکانیکی شکست ، به سوی خارج رفته و از بین می‌رود و بخشی که به داخل نفوذ می‌کند، باعث افزایش فشار درونی پلاسمایD+T می‌شود و در نتیجه واکنش پیوست انجام می‌گیرد. شکل (۱-۱۰)نموداری از پیوست اتمها را نمایش می دهد.

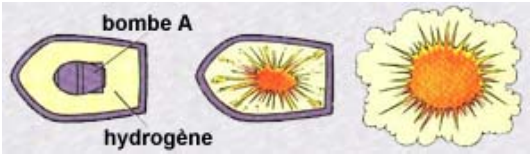


شکل (۱-۱۰) واکنش پیوست به کمک اشعه لیزر برای ایجاد واکنش گداخت هسته ای. عناصر سبک نظیر دوتریم و یا تریتیم و یا لیتیم را درون یک گلوله ای شیشه ای قرار می دهند و پرتوهای لیزری بسیار قوی را به آن می تا بانند در اثر گرم شدن اتمهای درون گلوله حالت پلاسما به وجود می آید و در نتیجه اتمها با یکدیگر پیوست می کنند و گلوله منفجر می گردد.

باتوجه به اینکه واکنش پیوست کم خطر و بمراتب بهتر و تمیزتر از واکنش شکست اورانیم است، امید می‌رود که بزودی جانشین نیروگاههای اتمی کنونی شود. انرژی حاصل در وزن مساوی بمراتب بیشتر از انرژی حاصل از شکست اورانیم است. در نیروگاههای اتمی کنونی که اورانیم مصرف می‌کنند، مسئله مواد زاید آنها که غالباً رادیواکتیو هستند، محیط زمین را به تدریج و بیش از پیش آلوده می‌کند.بیش از ۶۰ سال از کاربرد نیروگاه های اتمی برای تولید برق می گذرد، ولی هنوز مسئله نگه داری مواد زاید این نیروگاه ها که تا سال ۲۰۰۳ تعداد آنها در جهان متجاوز از ۴۴۱ بوده است ،نشده اند تولید انرژی از طریق نیروگاههای اتمی راه ناسالم تأمین انرژی لازم برای بشر است. دولتهای غربی نیز بتدریج به این نکته پی برده‌اند و مدافعان محیط زیست و دانشمندان با ترویج آن مخالفت می‌کنند. سهولت تهیه پلوتونیم به وسیله راکتورهای اتمی امکان ساخت بمبهای اتمی را فراهم می‌آورد و به همین دلیل کشورهای پیشرفته، نیروگاههای اتمی کشورهای جهان سوم را شدیداً تحت کنترل دارند. اما متأسفانه بشر همیشه به دنبال نابودی خود است و هر قدر علم و صنعت جلو می‌رود، احتمال خودنابودی Autodestruction بشریت بیشتر می‌شود. در فصل آخر، در این باره بیشتر صحبت خواهم داشت.

بمب هیدروژنی متشکل از یک بمب اتمی معمولی است که در مرکز آن ایزوتوپهای هیدروژن و عناصر سبک نظیر لیتیم قرار داده‌اند. بمب اتمی چاشنی شروع کننده واکنش است. موقعی که بمب اتمی منفجر شد، در مرکز خود حرارتی معادل با دهها میلیون درجه ایجاد می‌کند. همین درجه حرارت بالاست که سبب تحریک شدید اتمهای سبک می‌شود و

آنها نیز به نوبه خود با هم ترکیب و با حرارت و قدرت تخریبی زیاد منفجر می‌شوند.در سکل(۱ ــ ۱۱) نموداری از یک بمب هیدروژنی آورده شده است.



شکل (۱ ــ ۱۱)نموداری از یک بمب هیدروژنی

فصل دوم

مقدمه‌ای بر نیروی جاذبه عمومی

ستارگان کهکشانها، ستارگان و سیارات آنها همه به وسیله نیروی گرانشی و در فضا به یکدیگر وابسته هستند.

مقدمه

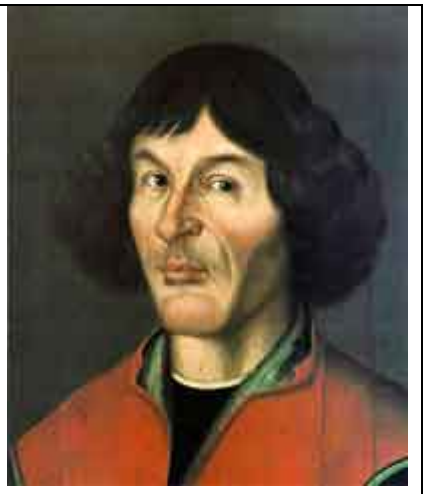
فلاسفه و اندیشمندان عهد قدیم، هرگز مسئله قوه گرانش را نفهمیده بودند. برای ارسطو Aristote(۳۲۲ ـ۳۸۴ ق.م.)هر جسمی محل طبیعی در جهان دارد: زمین در پایین و هر چه مستقیماً به آن مربوط می‌شود برروی آن و سپس هوا و بالاخره عناصر سبک مثل آتش در بالای آن. به نظر او جسمی که تحت نیرویی واقع شود و از محل طبیعی خود دور گردد سعی می‌کند محل‌طبیعی‌خود را یافته و به آنجا برگردد. سنگی که در هوا پرتاب می‌کنیم و یا تیری که از کمان رها می‌شود، تحت تأثیر نیروی زه کمان به هوا رفته، با خط مستقیمی به محل اولیه خود بر می‌گردد.

عجیب آنکه این تصور بسیار ساده، یعنی سقوط سنگ و یا برگشت تیر بر روی زمین برخلاف مشاهدات عینی آن به مدت ۲۰ قرن پابرجا بود، با وجود آنکه عملاً همه می‌توانستند ببینند تیر رها شده در هوا مسیری منحنی و شکل قوسی از شلجمی دارد. احتمالاً و شاید در دوران حکومت روم شرقی (بیزانس) در اسکندریه و در قرن ششم میلادی Jean Phelopon جرئت کرد به این عقیده قطعیِ مکتب ارسطو اعتراض کند.

در قرن دوّم میلادی بطلمیوس (۱۶۸-۹۰) Claudius Ptolemaeus اختر شناس یونانی مقیم در اسکندریه نظریه زمین مرکزیGéocentrique را بیان داشت واین نظریه به مدت۱۳ قرن مورد قبول وجزو اعتقادات ملتهای غرب وکشورهای عربی بود.

اولین بار و به طور رسمی نیکلا کوپرنیک Nicola Copernic)

(۱۵۴۳-۱۴۷۳) قلم بطلان بر این نظریه کشید.کوپرنیک دو نوع حرکت در مورد سیارات بیان داشت حرکت چرخشی آنها به دور خود(مثلا حرکت چرخشی زمین به دور خود که حدود ۲۴ ساعت است) و نیز حرکت در اطراف خورشید بر روی مداری بیضوی(که در مورد زمین به دور خورشید حدود ۳۶۵ روز است)کوپرنیک در باره نظم و فاصله سیارات از هم و از خورشید و تناوب آنها که نسبت مستقیم با اندازه مدار سیاره به دور خورشید است اطلاعاتی داد و همه این مشاهدات خط بطلانی بر نظریات بطلمیوس بود.



Nicola Copernic (۱۴۷۳-۱۵۴۳)

برای اولین بار در جهان متحرک بودن زمین را خاطر نشان کرد،در آغاز توجه زیادی به گفته های او نکرد ندن ولی نظریه او پنجاه سال بعد عقیده جهانیان و به ویژه اعتقادات مذهبی مبتنی بر زمین مرکزی بودن عالم را از بین برد.

بنا بر برخی از نوشته های تاریخی،اختر شناس یونان باستان(Aristarque de Samos)(۲۳۰ ـ ۳۱۰ ق.م.)، خورسید را در مرکز عالم جای می داده است.

فیساغورثیان و افلاطونیان و مسیحیانی که بعد ها نظریات آنها را باور می داشتند و دید آنها از جهان توأم با الهام و اشراق بود ،معتقد بودند که سیّاره ی زمین فاسد و مطرود از نظر خالق دنیا است و آسمانها را ملکوتی و جایگاه برگزیدگان خالق می دانستند.از سوی دیگر تصور می کردند که هوش،ذکاوت،علم و معرفت موهبتی از طرف خدا است و نبایدعلم را ترویج داده و در دسترس افراد عادی قرار داد.این طرز تفکر حتی تا مدتها بعد از ظهور کوپرنیک و گالیه در کلیسای کاتولیکهای جهان به ویژه واتیکان رایج بود و اجازه نمی دادند مطالب علمی به زبانهای متداول آنروز انگلیسی یا فرانسه ویا ... نوشته شود و می بایستی همه به زبان لاتین نوشته شوند زبانهای دیگر را پست می شمردند.

آریسترک دو سموس که از آخرین فلاسفه یونان باستان است،سه قرن بعد از فیثاغورث Pythagor (۵۰۰-۵۸۰)،می زیسته اگر چه در یونان به دنیا آمده بود ولی پژوهشهایش را در کتابخانه مهم آن دوران در آلکساندریه مصر علیا انجام داد.کوپرنیک شاید نظریه خورشید مرکزی آریسترک را با مطالعه متنهایی که در باره این فیلسوف یونانی نوشته بودند دریافته بود.در واقع درزمان کوپرنیک یک سری کتابهای قدیمی از یونان باستان و کتابخانه الکساندریه پیدا شده و شور و هیجانی بین پژوهشگران ایتالیایی ایجاد کرده بود.کوپرنیک در آن زمان در دانشکده ی پژشگی ایتالیا رفت و آمد داشت و احتمالا با مطالبی که در باره آرسترک نوشته بودند آشنایی پیداکرده بود به نحوی که در پیش نویس کتابش پیش کسوتی آسترک را یاد آور شده بود ودرآن ایام در نامه ای که به پاپ پول سوم

(Paul III)می نویسد: اعتراف می کند که بنابر نوشته های سیسرون Cicéron- Nicétas (۴۱ ـ ۱۰۶ق.م).(خطیب وتاریخ نویس) و نیز بنا بر نظر پلوتارک(Plutarque) (۴۶ ـ۱۲۷ م) فلاسفه یونان باستان و به ویژه آسترک متحرک بودن زمین را می شناخته اند[۱] کوپرنیک در موقع چاپ کتابش در سال ۱۵۴۳ این مطالب را حذف نموده بود.

ابو ریحان بیرونی منجم و ریاضی دانِ صاحب نظر و دانشمند بزرگ ایران در قرن چهارم و پنجم هجری قمری می نویسد:[۲]

" از ابوسعید سجزی اسطرلابی دیدم که از شمالی و جنوبی مرکب نبود و آن را زورقی نامیدی.آن عمل مرا زیاد پسند افتاد و وی را بسیار تحسین کردم چه آنرا بر اصلی قرار داده بود قائم به ذات. بنیان آن عمل و مدار آن صنعت بر عقیده ی مردمی بوده است که ارض را متحرک دانسته و حرکت شبانه روزی را به فلک منسوب ندانسته اند. قسم به جان خود که آن عقیده شبهه ایست که تحلیلش در نهایت دشواری است و قولی که دفع و ابطالش در کمال صعوبت است.مهندسین و علمای هیئت که اعتماد و استناد آنها بر خطوط ناحیه است در نقض و رَدّ آن عقیده بسی ناچیز و تهی دست باشند و هرکز دفع آن شبهه را اقامت برهان و دلیلی نتواند بود واین معنی مایه طعن ایشان نشود زیرا حرکت مرئیه را چه از ارض دانند و چه از سما شناسند در هر حال بضاعت ایشان را زیانی نرسد و اگر دفع آن شبهت در حیّز امکان باشد و در آن باب رای دم زدن باشد به افکار و انظار فلاسفه طبیعی منوط است"

به طوری که ملاحظه می شود،ابوسعیدسجزی(سیستانی) اسطرلابی ساخته که مبناو بنیان آن بر حرکت ارض(زمین) به دور خورشید بوده و عقیده ی عموم را که زمین ساکن و مرکز عالم است،رد نموده است و ابوریحان نیز با عقیده ی دایر بر حرکت زمین به دور خورشید موافق بوده و او را تحسین نموده است.این نظر ابوسعید و تأییدآن به وسیله ابوریحان قرنها پیش از اظهار نظر کوپرنیک در باره ی متحرک بودن زمین ابراز شده و متاسفانه مانند بسیاری از مسائل دیگر به ویژه کارهایی که خیام در اختر فیزیک و ریاضیات کرده است،مورد توجّه قرار نگرفته و اروپائیان و خاورشناسان به عمد و یا به سهو از آنها اسمی نمی برند.

---

[۱] قتباس از کتاب کیهان نوشته زنده یاد کارل ساگان
Cosmos Carlsagan ۱۹۸۱ Edition Mazarine P.۱۸۹
[۲] از کتاب سالماری در ایران، نوشته اصلان غفاری ص.۸۰

Tycho Brahé **(۱۵۴۶-۱۶۰۱)**
. تیکوبراهه اخترشناس دانمارکی که بنا به دستورپادشاه دانمارکFrédéric II رصد خانه کپنهاک(Copenhague) را ساخت، از مشهورترین رصد خانه های قرن ۱۶ و ۱۷ اروپا بود.

تیکو براهه بدون داشتن تلسکوپ و یا دوربین کُمت (Cométe c/۱۵۷۷۱۵۷۱V-) را تشخیص داد و گفت که این کُمت در مداری بیضوی دور تر از مدار ماه به دور خورشید گردش دارد.واز آنجا نتیجه گرفت که مدارهای مستحکم کریستالی و قابل روئیت نظریه بطلمیوس مردود می باشند.اگر چه نظریه زمین مرکزی بطلمیوس را به کلی رد نکرده بود ولی همین بیضوی بودن مدارات را اعلام داشت و بلورین بودن آنها را رد کرد. .نظریه تیکوبراهه مبتنی بر سیستمی نظیر سیستم منظومه شمسی بودکه به نام او سیستم تیکوبراهه مشهور شد بعـدها دانشجوی او کپلر اختر شناس مشهور آلمـانی مـدارهـای بیضوی را بـه تمام سیّارات منظومه شمسی عمومیت داد و فرضیه خورشید مرکزیHélicocentrique کوپرنیک را تأیید کرد.و به رابطه ی بین مدارها و طول و فاصله آنها از خورشید که کوپرنیک یافته بود عمومیت داد و معادلات ریاضی موجود بین آنها را محاصبه کرد که به قوانین کپلر مشهور می باشند:

قوانین سه گانه کپلر:

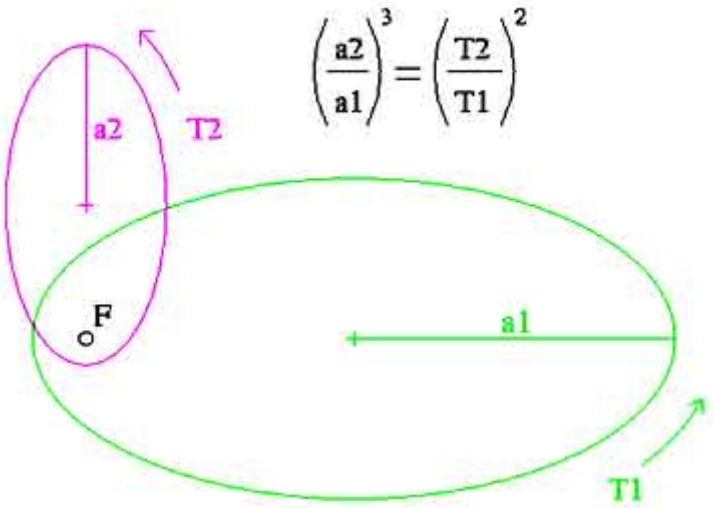
سه قانون در مورد حرکت سیارات به وسیله کپلر کشف شد این سه قانون عبارتنداز:

Johannes Kepler (۱۶۳۰ـ۱۵۷۱)

۱ ـ مدار سیارات به دور خورسید بیضی است و خورشید دریکی از کانونهای آن قراردارد.

۲ ـ با گردش سیاره،خطی که آنرا به خورشید وصل می کند مساحتهای مساوی را در مدت زمانهای مساوی جاروب می کند

۳ ـ مربع زمان گردش سیارات متناسب با مکعب فاصله ی متوسط آنها از خورشید است



نیروی گرانشی قانون کپلر که در سالهای (۱۶۱۸ ـ ۱۶۰۹) بیان شد در تصویر فوق مشخص شده است. در این تصویر:

$$T^2 = Ka^3/M_C \rightarrow K = ۵/۹X\ ۱۰^{۱۱} \qquad S^2Kg/m^3$$

این قانون سوم کپلر است که به وسیله نیوتون عمومیت داده شده،در این فرمول:

T تناوب و یا دوره چرخش یک جسم در اطراف مرکز گرانش مشترک است.

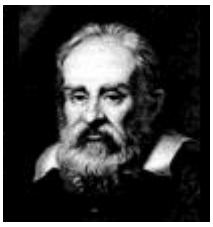
a نیمه محور بزرگ مدار بیضوی است.

M_C معرف مجموع جرم دو جسم در چرخش یا دوران است.

شناختT و a امکان تعیین جرم وزین مرکزی را می دهد مشروط بر اینکه جرم جسمی که به دور آن می چرخد در مقابل جرم مرکزی ناچیز باشد.

در زمان گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲) Galileo Galilée برای اولین بار مسئله نیروی گرانش مورد آزمایش علمی واقع شد. اجسام مختلفی را از بالای برج کج پیزا واقع در ایتالیا بر روی زمین انداختند و یا گلوله‌هایی را بر روی سطح شیبداری رها کردند. در سال ۱۶۳۸، گالیله خاصیت اصلی نیروی گرانش را دریافت: تمام اجسام شتابی مشابه و مستقل از جرم خود خواهند داشت. کار گالیله که بر پایه دلایل علمی استوار بود، بعد از بیست قرن قلم بطلان بر طرز فکر مکتب ارسطویی کشید. متأسفانه کلیسا گالیله را محکوم به خانه‌نشینی نمود و نظریه او را خلاف مذهب مسیحیت دانست.

.



Galileo Galilée (۱۵۶۴-۱۶۴۲)

برای فهم پدیده‌های فیزیکی، مادامی که شرایط تجربی کاملاً اجرا نشده، باید دانست چگونه از ظواهر عادی روزمره زندگی چشم‌پوشی کرد. گالیله برای اینکه قانون جهانیِ سقوط اشیاء را در خلاء دریابد، در تجاربی که در هوا انجام می‌داد، متوجه مقاومت هوا و اصطکاک که بر روی پر و سنک به نحو بسیار متفاوت اثر می‌گذارد شده و از آن نتیجه گرفت که مقاومت هوا و اصطکاک پدیده ظاهری بوده و بر حقیقت، یعنی نیروی گرانش، نقابی زده‌اند.می گویند روزی گالیله در حضور عده ای از دانشجویان و اساتید دو گلوله توپ را یکی به وزن یک کیلوگرم و دیگری به وزن پنج کیلوگرم، در حضور ناظرینی که در پای برج کج کاتدرال پیز(Pise) واقع در ناحیه توسکان ایتالیا است،از بالای برج به زمین انداخت و ناظرین با تعجب کامل مشاهده کردند که دو گلوله هم زمان به زمین رسیدند.گالیه در سن۱۹ سالگی در درون همین کاتدرال به چلچراغی که از سقف آویزان بود توجه کرد.شاید در اثر باد این چلچراغ به نوسان در آمده بود،کسی در آن دقت نکرد

ولی گالیه نوسان چلچراغ را به معیار زمان ربط داد و همواره در باره این پدیده تفکر می کرد،در اواخر عمرش نتیجه به دست آمده را منتشر کرد او هنگام مشاهده توجه کرد که هر چنددامنه ی نوسان هر بار کوتاهتر می شود لیکن زمان نوسان همواره ثابت باقی می ماند اغلب انسانها شاید در این نوع مشاهدات چنین دقتی مبذول نمی دارند ولی گالیله از روحیه ای پژوهشگر برخوردار بود، او از آن لحظه شروع به اجرای یک سری آزمایشهای عملی کرد به این ترتیب که وزنه هایی را به یک ریسمان بست و از محلی آویزان نمود و آنها را به این سو و آن سو به نوسان درآورد در آن دوران هنوز ساعتهای دقیق با عقربه ثانیه شمار نبود و بنابراین گالیله برای اندازه گیری زمان حرکات وزنه ها ی در حال رفت و برگشت از ضربان نبض خود سود می جست او دریافت که مشاهداتش درکاتدرال پیز صحت دارد. اگر چه بسامد پاندول هر بار کوتاهتر می شد اما هر بَسامد زمان مشابه بَسامد های قبلی را در بر می گرفت به این ترتیب گالیله قانون پاندول را کشف کرده بود.قانون پاندول گالیله امروزه همچنان در امور گوناگون به کار می رود مثلاً برای اندازه گیری حرکات ستارگان و یا مهار روند کارساعتها از این قانون استفاده می کنندآزمایشهای او در باره پاندول آغازدینامیک جدیدی در فیزیک بود قوانین حرکت و نیروهایی را که سبب حرکت می شوند تشریح می کند.گالیله محسور کارها و فلسفه اقلیدسEuclide بود و بر عکس هیچ تمایلی به فلسفه های مذهبی و یا فلسفه ارسطویی نداشت و بیشتر متمایل به فلسفه افلاطونPlaton و فیثاغورثPytagor و به ویژه ارشمیدوس Arachimède بود و از همان آغاز جوانی مطالعات خود را معطوف به کارهای این سه فیلسوف و ریاضی دان یونان باستان کرد و عملا مخالفت خود را با فلسفه ارسطویی اعلام داشت.در همان عوان جوانی نامه ای سرگشاده خشن و هجو آمیز بر علییه اساتید زمان خود نوشت وتعلیمات آنها را به باد مسخره گرفت.این کار سبب شد که بدون دیپلم به فلورانس برگردد.دراین زمان شناخت او از جهان به ویژه در مورد مرکز گرانش بسیار بالا بود و فرضیه هایی بسیار پیش رفته در مورد اجسام جامد و نیروی گرانشی در اثر بسیار مشهور خود نوشت. .Théoremata Circa Gravitatis Solidom

در سال ۱۵۸۶ ترازوی گرانش مایعات ارشمیدوس را باز سازی کرد و مطالعات خود را در باره ی پاندول ادامه داد.در سال ۱۵۸۸ به آکادمی فیورنتینا Fiorentina دعوت شد.در

سال ۱۵۹۲ در دانشگاه پادوPadoue به مدت ۱۸ سال تدریس نمود.دانشگاه پادو مربوط به جمهوری پر قدرت ونیز(Venise یکی از زیباترین شهرهای ایتالیا) بود و در آنجا گالیله با آزادی مطلق مطالعه،پژوهش و تدریس می کرد و نیز در مورد زرادخانه به ارتش خدمت می کرد مثلا زاویه ۴۵ درجه را در مورد قرار گرفتن توپها برای نشانه گیری دقیق پیشنهاد کرد.در همین زمان بود که در سویس از ترکیب عدسی های بلورین می توانستند اجسام را از راه دور مشاهده کنند و اولین دوربین نزدیک کننده اشیاء در سال ۱۵۹۰ ساخته و تا سال ۱۶۰۹ تکمیل تر شده بود.گالیله در بین همین دو دوره خود مشغول ساختن دوربینی برای اختر شناسی شد.گالیله از دوربین برای رصد آسمان استفاده می کرد و حال آنکه دیگران به عنوان یک وسیله پیش رفته برای تجسس درکار و زندگی افراد از راه دور و دیدن شکار استفاده می کردند.با استفاده از دوربین گالیله خیلی زود متوجه شد که ماه بر خلاف گفته ارسطو که آنرا صاف و صیقلی می دانست،پوشیده از برجستگی ها و پستی ها است و نور خورشید سایه هایی در آنها ایجاد می کند.و نیز مشاهده کرد که چهار ماهواره در اطراف مشتری در حرکتند و نیز لکه های خورشید را مشاهده نمود.

در سال ۱۶۱۰ تمام این نتایج را در جزوه ای به نام کتاب,Sidereus nuncius قاصد آسمان[۱] انتشار داد که موجب تحسین و تمجید بسیار گشت ولی انتشار کتاب قاصد آسمان فقط تحسین و تمجید همراه نداشت بلکه جمعی از مردم بر او اعتراض کردند و از او می پرسیدند چرا تعداد سیارات را ۷ نمی داند و حال آنکه تعدادفلزات ۷ است و شمعدان معبد ۷ شاخه دارد ودر کله آدمی ۷ سوراخ موجود است گالیله در جواب تمام سؤالهای بیهوده، فقط گفت با چشم خود در دوربین نگاه کنید. تا از شما رفع اشتباه شود. در نامه ای که درسال ۱۵۹۷ به کپلرنوشته بود، گفته بود:" بدبختی در آنجا است، کسانی که حقیقت را بدون توجه به روشهای غلط قبلی جستجو می کنند نادرند.یک پژوهشگر نباید خود را مقید به دستورها و روایات دینی تحریف شده کند".

مشاهدات و پژوهشهای گالیله به او ثابت نمود که زمین در مرکز عالم نیست. نزدیک به نیم قرن پیش از او(۱۵۴۳)کوپرنیک اثر بزرگ خود را که طی آن بیان داشته بود که خورشید

[۱] Le messager céleste (Broché) de Galilée (Auteur), Isabelle Pantin (Auteur)

درمرکزسیستم سیاره ای مااست، زمین و سیارات دیگر به دورآن می گردند.به دلیل این اظهار نظر،کوپرنیک مورد لعن و نفرین کلیسا قرار گرفته بود و چند ماه پس از انتشار عقایدش فوت شده بود و عقوبت کلیسا و دادگاه انکیزیسیون(Inquisition) (دادگاه تفتیش عقاید وابسطه به پاپ و واتیکان برای مبارزه به عقایدالحادی)گریبانگیر او نشد ولی متاسفانه این خشم بر پژوهشگر هم زمان گالیله ژیوردانو بریونو GiordanoBruno (۱۶۰۰ ـ ۱۵۴۸) واریز شد و به دلیل اینکه در کتابی که بیشتر از نظریات کوپرنیک در آن استفاده کرده و به نام:"در جهان بی نهایت، دنیا های بی نهایت" De I’nfinito universo e mondi نوشته بود: تعداد بی شماری خورشیدها و تعداد بی شماری زمین وجود دارد،که هر کدام از آنها اطراف خورشیدهای خود در گردش هستند.عینا شبیه منظومه شمسی ما با ۷ سیاره ای که به دور خورشید می گردند.به دستور دادگاه تفتیش عقاید کاتولیکها او را بر روی هیزمهای خشک مشتعل،در ملاء عام زنده سوزاندند.

زمانی که گالیله اشکارا اعلام داشت که این نظریه صحت دارد و او با آن موافق است،فرضیه کوپرنیک بدست فراموشی سپرده شده بود.مقاله گالیله اعتراضات شدید را برانگیخت روحانیون عالی مقام کلیسای کاتولیک دوباره و با خشونت فرضیه کوپرنیک را به شدت محکوم کردند و آن را مطرود شمردند. برای روحانیون هر چیز غیر از کتاب مقدس و فلسفه ارسطو از جهان، ارزش نداشت و کلیسا هرگز اجازه نمی داد که یک فرد غیر روحانی کتاب مقدس را مطابق میل خود تغییر دهدچون این کار ممکن نبود بنابراین می بایست گاللیه محکوم شود و حتی اگر خود پاپ هم از صمیم قلب معتقد به عقاید کوپرنیک بود. محاکمه گالیله و محکومیت او اجتناب ناپذیر بود. گالیله را به رم احضار کردند ودر ۲۲ ژوئن۱۶۳۳ وادارش نمودند که توبه نامه زیر رادر حال سجده قرائت وسپس امضاء کند:

در سن هفتاد سالگی در مقابل شما به زانو در آمده ام و در حالی که کتاب مقدس را پیش رو دارم و با دستهای خود لمس می کنم،توبه می کنم و تصور خالی از حقیقت حرکت زمین را مطرود می پندارم.

تابلو نقاشی از صحنه ی محاکمه گالیله در دادگاه تفتیش عقایدروحانیت مسیحیت.
در ۲۲ ژوئن ۱۶۳۳ در زمان قدرت پاپ اوربن (VIII) Urbain

گالیله را در خانه ییلاقی اش در قصبه ارکتری مجبوربه خانه نشینی کردند.گالیله تا دم مرگ بر اعتقاد خویش پایدار ماند و می گویند اذعان داشته که در موقع سجود و قرائت عبارت فوق آهسته با خود می گفته: ای زمین اعتراف می کنم که تو در حرکتی و من مجبورم خلاف حقیقت مطلبی را اظهار کنم. گالیله در سال ۱۶۴۲ در شهرک اکتری فوت کرد .در زمان تبعید دو کتاب ارزشمند دیگر به رشته تحریر در آورد که گویا در هلند و به زبان انگلیسی چاپ شدند.جریان محاکمه گالیله و سوزاندن ژیوردانو بریونو بزرگترین ننگ را بر دامن کلیسای کاتولیکهای جهان نهاد ففقط در اوائل قرن بیست ویکم کلیسا با شرمندگی کامل رأی به برائت گالیله داد.

دخالت مذهب در کارهای علمی همواره به زیان ادیان بوده وباعث عقب افتادگی جوامع مربوطه گردیده است.عقب ماندگی جهان اسلام بعد از چهار قرن شکوفایی در علم و فلسفه و عرضه کردن هزاران دانشمند چون خیام ،ابوریحان ،خوارزمی، ابوعلی سینا، رازی، فارابی و و. . . .به دلیل نفی فلسفه دنیایی و از طرف برخی ازعلمای اسلام نظیر امام محمد غزالی وبسیاری دیگر از این قبیل افراد است.نکات محوری حمله غزالی این بود که

فیلسوفان تفسیر اشتباهی از نسبت میان خدا و جهان ارائه داده اند. به همین دلیل ابو علی سینا و فارابی را ملحد می خواند وعمل آنها را خطا می دانست و فلسفه الاهی را به فلسفه دنیوی ترجیح می داد.ابن رشد هم در این مورد از غزالی انتقاد می کند.

"به گزارش خبرنگار مهر، یکی از بحثهای مهم در فلسفهٔ اسلامی نسبت میان خدا و جهان است. ابن‌رشد هم به این بحث مهم وارد شده است. او در کتاب تهاف التهافت که جوابی است به کتاب تهافت الفلاسفه غزا لی به این موضوع می پردازد. غزا لی در کتاب خود دو مشکل مهم را در باب فیلسوفان اسلامی پررنگ می کند. مشکل اول کاربرد اشتباه ابزارهای فلسفی است. یعنی استدلالهای این فیلسوفان از معیارهای معتبر فلسفی که خود فلسفه مشخص می کند تبعیت نمی‌کنند. مشکل دیگر نیز این است که نتایج حاصل از کار فلسفی آنان با آموزه‌های اسلامی در تعارض قرار گرفته است. این در حالی است که فیلسوفان می‌خواهند اینگونه وانمود کنند که فلسفه موید آموزه‌های اسلامی است

غزالی تقریرهای درست استدلالهای فلسفی را ارائه کرد و سعی نمود آنها را ا بطلال نماید . او در این راستا از همان اصول فلسفی‌ای استفاده کرد که مخالفا نش به کار می گرفتند. او استدلال کرد که هرچند فیلسوفان می‌خواهند اثبات کنند که فلسفه صرفاً یک ابزار تحلیل پیشرفته از طبیعت واقعیت است که این ابزار در دسترس مسلمانان عادی نیست آنهاتصوری از خدا، زندگی بعد از مرگ و خلقت را زیر نقاب این ایدهٔ فلسفی ارائه کرده‌اند و ترویج نموده اند. غزالی در این راستا بسی به آرای فارابی و ابن‌سینا و بخصوص آثار ابن‌سینا توجه داشت. ابن‌رشد، اما تصور می کرد هرچند سمت و سوی مخالفت غزالی این دو نفر هستند، اما او با کل فلسفه به مخالفت پرداخته است. به این جهت در صدد دفاع از فلسفه برآمد".[1]

هفتصد سال قبل از نیوتون خیام معادله دو جمله ای را پیدا کرده بود و همین معادله بر روی سنگ قبر نیوتون به عنوان نبوغ او حجاری شده است $(a+b)^n$ زنده یاد استاد ریاضیات دانشگاه تهران دکتر هورفر در سالهای ۱۳۳۸ در کتاب "ریاضیات در شیمی" این دو جمله ای را به عنوان دو جمله ای" خیام ـ نیوتون "نام برده بود و همچنین مثلث پاسکال Blaise Pascal **را به همین ترتیب مثلث" خیام ـ پاسکال" ذکر کرده بودند.**

[1])خبر گزاری مهر ۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۶ (حکمت ابن رشد و نسبت جهان و خدا).

از سوی دیگر شک ندارم که خیام هم چون کوپرنیک خورشید را مرکز عالم می دانسته است.بهترین دلیل بر این امر محاسبه دقیق تقویم ایرانی است،که دقیق ترین تقویم در دنیا می باشد.مراجعه شود به کارهای دکتر حیدری ملایری استاد و پژوهشکر رصد خانه پاریس[1] از سوی دیگر کافی است فقط به رباعی خیام در باره عالم توجه کنید که در آن خیام خورشید را مرکز عالم می داند وسیّاره زمین و ساکنان آنرا متحرک در اطراف خورشید می پندارد.

این چرخ فلک که ما در او حیرانیم　　فانــوس خیــال از او مثالی دانیم
خورشید چراغ دان و عالم فــانوس　　ما چون صُوریم کاندر او حیرانیم

با توجه به این رباعی شکی ندارم که خیام هم خورشید "چراغ " را که در مرکز فانوس "چینی" ثابت است مرکز عالم می دانسته و کره ی زمین و ساکنان آنرا متحرک در مقابل چراغ می دانسته است

یاد آوری(البته این تصورنگارنده ازبیت خیام است وگرنه سندعلمی معتبر که خیام اذعان کرده باشد زمین متحرک است در دست ندارم و اگر خواننده محترم چنین سندی را می شناسد، خواهش دارم من را در جریان قرار دهد تا دنیا را با مقاله ای معتبر در این باره در جریان بگذارم).

تصور کنید اگر افرادی چون امام محمد غزالی ها مانع پیش رفت فلسفه نمی شدند ،تمام پیش رفت های کنونی دنیا احتمالا از شرق بر می خواست و آنهم هفتصد سال قبل از قرن نوزدهم. کتاب قانون ابوعلی سینا تا پایان قرن نوزدهم در دانشگاه سوربن پاریس تدریس می شده،اروپایی ها فارابی را معلم ثانی می نامند چون دانش یونانیان باستان را او ترجمه و تکمیل نموده بود.در قرن چهارم تا قرن هفتم مرکز علم و فلسفه دنیا در کشورهای عربی و به ویژه در ایران بود.و اما چون در آن زمان زبان عرب زبان رایج فلسفه و حکمت و علم

---

[1] نگاه کنید به وب سایت حیدری ملایری

http://wwwusr.obspm.fr/~heydari/divers/marianne.html

Old Iranian Calendars, ویا تقی زاده

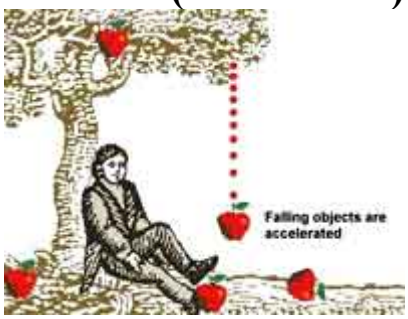
بود،دانشمندان ایرانی کارهای خود را به زبان عربی می نوشتند .اکنون بر ما لازم است تا آنجا که می توانیم نوشته ها و آثار این دانشمندان را به جهانیان معرفی کنیم و خوشبختانه انتر نت وسیله ای شگفت انگیز برای این کار هست و کسی نمی تواند مانع انتشار مطالب در آن شود.

بعد از نبوغ نظری گالیله، نبوغ تحلیلی نیوتن Isaac Newton (۱۶۴۲-۱۷۲۷) در سال ۱۶۶۶ (که ظاهراً در یک شب مهتابی در زیر درخت سیبی در تفکر فرو رفته بود) پیش می‌آید و سقوط سیب را از درخت بر روی زمین تحلیل می‌کند و از خود می‌پرسد پس چرا ماه تحت تأثیر نیروی گرانش زمین نباشد.الزاماً هر دوی آنها باید تحت تأثیر نیروی گرانش زمین باشند. از آنجا نیروی جاذبه بین دو جسم مادّی را که متناسب با حاصل‌ضرب جرم آن دو و نسبت عکس با مربع فاصله آنها دارد، حدس می‌زند و با خود می‌گوید چون ماه ۶۰ مرتبه بیشتر از سیب از مرکز زمین فاصله دارد، بنابراین نیروی جاذبه بین زمین و ماه باید۳۶۰۰=۶۰x۶۰ مرتبه کمتر از نیروی جاذبه زمین نسبت به سیب باشد و با کاربرد قواعدی که گالیله به دست آورده بود، توانست حساب کند که سیب بعد از یک ثانیه به زمین سقوط خواهد کرد و حال آنکه ماه ۶۰ ثانیه برای سقوط لازم دارد. گردش ماه به دور زمین کاملاً مشخص بود و از آنجا نیوتن قانون عمومی گرانش را کشف نمود. اکتشافات نیوتن که خیلی بیشتر از نظریه گرانش گسترش و توسعه پیدا کرد، افکار عمومی زمان خود را عمیقاً تحت تأثیر قرار داده و به عنوان جالبترین نبوغ انسانها مورد قبول و استقبال همگان قرار گرفت

یک قرن بعد، لاپلاسPierre-Simon Laplace (۱۷۴۹-۱۸۲۷)، دانشمند و ریاضی‌دان معروف فرانسوی و بنیان‌گذار نظریه سیاهچاله‌ها که به کمک اصول ریاضیِ فلسفه طبیعی نیوتن، پی به حقیقت وجود اجسام سیاه نامرئی می‌بَرَد، اقرار می‌کند که "کشف نیوتن بهترین و بالاترین فرآورده هوش و ادراک بشر است"

شوق و تحسین ریاضی‌دان مشهورفرانسوی لاگرانژ (Joseph Louis Lagrange) (۱۷۳۶-۱۸)

نسبت به نیوتن از این هم بیشتر است و اذعان می‌کند که "در این دنیای واحد، چه در گذشته و چه در آینده، کسی قادر نخواهد بود کشفی بالاتر از کار علمی نیوتن انجام دهد و نیوتن خوشبخت‌ترین فرد روی زمین بوده است."

Sir Isaac Newton	(۱۶۴۳-۱۷۲۷)
	 افتادن سیب بر زمین نظریه نیروی گرانشی را در ذهن نیوتون به وجود آورد.

:

با این وجود برای تدوین نظریه‌ای جامعتر درباره طبیعت و نیروهای حاکم بر آن، باید در انتظار ظهور انیشتین و شکل دادن قطعی او به نظریه فضا و زمان و فهم نیروهای چهارگانه حاکم بر طبیعت شد." اکتشافاتی باز هم کاملتر از نظریه‌های نیوتن، که نموداری از نبوغ خارق‌العاده تحول و تکامل مغز انسانی است که در دو سه میلیون سال پیش مشابه میمونها در آفریقا (شبه انسانهای استرالوپیتک Australopitheque-) و کمتر از سی هزار سال پیش به صورت شبه انسانهای نیمه وحشی(هموساپین Homosapien-) زندگی می‌کرده و شاید فقط ده هزار سال باشد که به صورت اجتماعات مدنی درآمده و بتدریج به تمدن کنونی و نظریه نسبیت عام انیشتین و سفر به ماه و فضا رسیده است." در طی این ده هزار سال چه تحول عجیب و حیرت‌انگیزی مغز انسان نموده که تصور آن سرسام‌آور و مبهوت کننده است. در فصول ششم و هفتم در این باره مفصل صحبت خواهیم کرد.

قلمرو واقعی کاربرد نظریه نیوتن، مکانیسم کیهانی آن است. نیوتن به کمک قانون جاذبه عمومی خود توانست قوانین نیمه تجربی و نظری کپلر Johannes Kepler(۱۵۷۱-۱۶۳۰) را توجیه کرده و دلیل گردش سیارات را به دور خورشید بیان کند. اولین پیروزی چشمگیر این قانون پیش‌بینی ادموند هاله (۱۶۵۶-۱۷۴۲) درباره ستاره دنباله‌دار خود به

نام Cométe de Halley بود که گفت "این ستاره دنباله‌دار می‌بایستی در سال ۱۷۵۹ در آسمان دیده شود" ستاره مزبور در ۲۵ دسامبر ۱۷۵۸ فقط با ۵ روز اختلاف در آسمان ظاهر شد. قانون نیوتن آشکار می‌سازد که توصیف حرکت سیّارات توسط کپلر جنبه تقریبی دارند. زیرا درست است که هر سیّاره در مداری بیضی شکل تحت تأثیر نیروی جاذبه خورشید می‌باشد، با این وجود، سیّارات نیز بر روی یکدیگر نیروی جاذبه‌ای اعمال می‌نمایند که باعث انحراف آنها از مسیر بیضوی کامل می‌شود. بخصوص تأثیر سیّاره عظیم مشتری بر روی سایر سیّارات قابل ملاحظه می‌باشد و براساس همین نظریه در سال ۱۸۴۶ اوربَن لووریه Urbain Leverrier و ژون آدامس Jon Addams وجود سیّاره دیگری را به کمک محاسبه نیروهای گرانش اعمال شده در منظومه شمسی، پیش‌بینی نمودند و کشف سیّاره نپتون در ساعت و محل پیش‌بینی شده نموداری از اوج و عظمت نظریه نیوتن درباره جاذبه عمومی در جهان گردید.

در اواخر قرن هیجدهم یک کشیش مسیحی به نام ژان میشل و ریاضی‌دان مشهور قرن نوزدهم، لاپلاس، می‌نویسد:

"بنابراین، در فضای لایتناهی بایستی اجسام غیر مرئی قابل ملاحظه‌ای وجود داشته باشند و احتمالاً تعداد آنها معادل تعداد ستارگانی است که در آسمان می‌بینیم. یک ستاره نورانی به چگالی تقریباً معادل با زمین و قطری بیشتر از ۲۵۰ برابر آن، به دلیل وجود نیروی جاذبه‌اش باید خروج نور از آن غیر ممکن باشد و نتیجتاً نامرئی در آسمان است."

سرعت رهایی اجسام

فهم مسئله سرعت رهایی اجسام جزء کارهای عادی و معمولی روزانه ماست، زیرا سرعت سقوط سنگ پرتاب شده در هوا بستگی به نیروی بازویی که آن را رها کرده ندارد و منحصراً به علت نیروی جاذبه گرانش زمین است. آنچه در مورد سنگ بر روی زمین مشاهده می‌شود، بر روی قمر کوچک سیاره مریخ یعنی فوبوس Phobosصادق نیست. زیرا نیروی جاذبه این قمر که ابعادی بیش از ۱۹×۲۰×۲۷ کیلومتر ندارد، به قدری ضعیف است که نیروی بازوی انسانی قادر است سنگ کوچکی را در مدار آن قرار داده و یا حتی سنگ را در ۹۰۰۰ کیلومتری آن، یعنی در مدار سیّاره مریخ قرار دهد. و اما نیروی جاذبه زمین به قدری است که سرعت سیر سنگ برای قرار گرفتن در مدار زمین باید بیش از

سی‌هزار کیلومتر در ساعت گردد. یعنی سرعت آن باید سی برابر سرعت سیر هواپیماهای جت هُما باشد و این همان سرعت لازم برای قرار دادن اقمار مصنوعی در مدار زمین است تا نیروی گریز از مرکز آنها معادل با نیروی جاذبه زمین شده و در حال تعادل در مدار آن قرار گیرند. البته اگر سرعت اولیه موشک رها شده بیش از نیروی گرانش زمین باشد، موشک از قید نیروی گرانش زمین خارج شده و در فضا به مسیر خود ادامه خواهد داد. این همان سرعت رهایی است که در آغاز بیان شد و مقدار آن بر روی زمین معادل با ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه است. به سادگی می‌توان مقدار آن را برای هر ستاره و یا سیّاره دیگری محاسبه نمود. هر چه جرم ستاره و یا سیّاره زیادتر باشد، این سرعت بیشتر بوده و عملاً مستقل از طبیعت سنگ و یا موشک رها شده است. بر روی قمر مریخ این سرعت ۵ متر در ثانیه و بر روی کره ماه ۲/۴ کیلومتر در ثانیه و در خورشید ۶۲۰ کیلومتر در ثانیه است. بعداً خواهیم دید که این سرعت برای ستارگان نوترونی و یا کوتوله‌های سفید بیش از چندین هزار کیلومتر و در مورد ستاره‌های نامرئی یا سیاهچاله‌ها بیشتر از سرعت سیر نور(سیصد هزار کیلومتر در ثانیه) است. نظریه سیاهچاله‌ها (یا اجسام نامرئی) از همین سرعت رهایی به این سادگی سرچشمه گرفت. زیرا در سالهای ۱۶۷۶ به کمک مشاهدات تجربی بر روی قمرهای مشتری امکان محاسبه تقریبی سرعت سیر نور به دست آمد. مقاله‌ای که در انجمن سلطنتی لندن در سال ۱۷۸۳ قرائت گردید و متن آن یک سال بعد در مجله Transactions Philosophique به قلم ژون میشل منتشر شد، می‌گوید:
"اگر همان طور که نیوتن پیشنهاد کرده است، نور متشکل از ذرّاتی باشد، پس چرا تصور نکنیم که این ذرّات نیز تحت تأثیر نیروی گرانش قرار خواهند گرفت، نور نمی‌تواند از ستاره‌ای که چگالیش‌مشابه خورشید،ولی شعاعی ۵۰۰ بار بیشتر از آن دارد خارج گردد."
بالاخره مدتی بعد، یعنی در سال ۱۷۹۶، لاپلاس وجود سیاهچاله‌ها را همان طور که در سطور قبل گفته شد، به نام ستاره‌های نامرئی پیش‌بینی نمود.

مطالعه عمیق ستارگان نامرئی فقط در سال ۱۹۶۸ آغاز گردید و از آن به بعد نام آنها را سیاهچاله نهادند (به فرانسه Trous Noirs و به انگلیسی Black Hole). با این وجود باید گفت که مطالعه و تحقیق درباره سیاهچاله‌ها به کمک جاذبه عمومی نیوتن به سادگی میسر نبود و لازمه آن وجود نظریه نیروی گرانش تکمیل یافته شده به وسیله انیشتین است. نظریه نسبیت عام انیشتین دوباره مسئله سیاهچاله‌ها را به جریان انداخت

یعنی عیناً همان گونه که لاپلاس و میشل به کمک جاذبه عمومی نیوتن وجود ستاره‌های نامرئی را پیش‌بینی کردند، نظریه نسبیت عام انیشتین نیز وجود آنها را تأیید می‌نماید. ظاهراً نظریه نیوتن و انیشتین درباره سیاهچاله‌ها و سرعت رهایی برروی ستارگان یکسان می‌نماید، ولی در عمق اختلاف بسیار با هم دارند؛ خواه در مورد اندازه و چگالی ستاره نامرئی و خواه در مورد چگونگی سرعت رهایی نور از سطح ستاره.

بنابه نظریه نیوتن، نور از ستاره به فضا تا ارتفاعی برخاسته و سپس بر روی آن می‌افتد (یعنی بر روی این ستاره می‌شود سنگ را به هوا پرتاب کرد) ولی نظریه نسبیت عام می‌گوید که حتی نمی‌توان راجع به سرعت رهایی بر روی چنین ستارگانی صحبت نمود و نور به هیچ وجه قادر به خروج از سیاهچاله نخواهد بود. سطح یک سیاهچاله مثل پیله کرم ابریشم متشکل از نور است که در هم پیچیده و نمی‌تواند از آن خارج شود.

به دلایل فوق و بخصوص به علت تعریف طبیعت نور در آن زمان نظریه لاپلاس و میشل اگر چه از نظر تاریخی و تعلیمی ارزش فراوان دارد، ولی بسیار ساده به نظر می‌رسید. مسئله سیاهچاله‌ها بسیار با اهمیت بوده و در فصل چهارم به تفصیل درباره آنها صحبت خواهد شد.

طبیعت نور

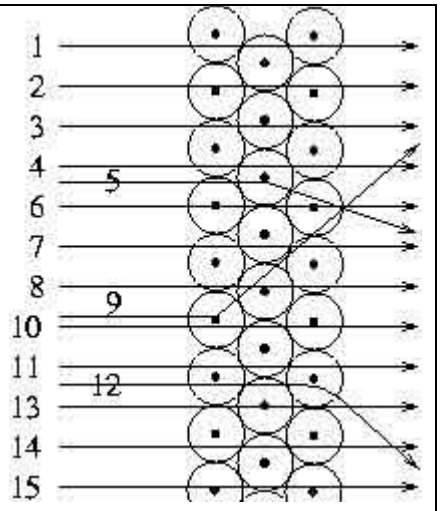
در نیمه دوم قرن نوزدهم (۱۸۶۷) ماکسول James Clerk Maxwell (۱۸۳۱-۱۸۷۹) اظهار داشت که موجهای نوری طبیعت الکترو مغناطیسی دارند. یعنی عبارتند از میدانهای الکتریکی و مغناطیسی که با فرکانس یا (بَسامد) معینی در نوسان هستند. این نظریه با استقبال فراوان و پیروزمندانه از طرف همگان پذیرفته شد و بنابراین امکان تأثیر نیروی گرانش بر روی نور غیر ممکن به نظر می‌رسید و نظریه لاپلاس بسیار ضعیف و غیر ممکن می‌نمود و بدین سبب به دست فراموشی سپرده شد.

در قرن نوزدهم علم پیشرفت زیادی نمود. نخستین اطلاع درباره طبیعت الکتریسته و ساختمان الکتریکی اتم در سال ۱۸۳۳ توسط میشل فاراده Michael Faraday (۱۷۹۱-۱۸۶۷) بیان گردید. فاراده (بنیان‌گذار قوانین الکترولیز) نتیجه‌ای که از تحقیقات خود گرفت این بود که گفت:"بالاخره قانع شدم نیروی جاذبه یا تمایل شیمیایی اتمها در ترکیب با یکدیگر همان نیرویی است که به صورت الکتریکی سبب تجزیه یک مادّه شده و یا باعث رسوب یک عنصر در کاتد می‌گردد".

جرج استونی (۱۸۲۶-۱۹۱۱) اولین کسی بود که در سال ۱۸۷۴ نام الکترون را به عنوان ذرّه بنیادی الکتریسیته بیان کرد. ۲۳ سال بعد، یعنی در سال ۱۸۹۷، ژوزف تامسون (۱۸۵۶-۱۹۴۰) فیزیک‌دان مشهور، با دو روش رابطه بین بار و جرم الکترون یعنیe/m را محاسبه کرد و روبرت میلیکان (۱۸۶۸-۱۹۵۳) فیزیکدان مشهور بار الکترون را که مقدار آن $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولمب است، تعیین نمود.

ارنست راترفورد Rutherford, (۱۹۳۷-۱۸۷۱)Ernest	

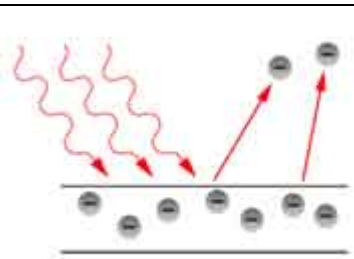
ارنست راترفورد در سال ۱۹۱۱ با آزمایش مشهور خود، یعنی تابش، پرتوهایα به ورقه نازکی از طلا و از انحراف آنها نتیجه گرفت که: اتم ساختمانی غیر یکنواخت داشته، هسته در مرکز و الکترونها در فاصله بی‌نهایت دور از آنها قرار گرفته‌اند و از آنجا شعاع هسته را که د رحدود $۱۰^{-۱۲}$ سانتیمتر است به دست آورد و از این آزمایش نتیجه گرفت که تمام وزن اتم متمرکز در هسته آن است (امروزه ثابت شده که چگالی هسته در حدود $۱۰^{۱۴}$ گرم در هر سانتیمترمکعب است) یعنی یک سانتیمتر مکعب(یک حبه قند) از پروتون و یا نوترون وزنی معادل صدمیلیارد کیلوگرم دارد. ($۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ . Kgr/cm^{۳}$)

	آزمایش مشهور راترفورد مبتنی بر تابش پرتوهای α به صفحه نازکی از طلا.همانطور که در شکل مشاهده می شود اغلب پرتوها بدون اشکال از صفحه نازک طلاکه قطری معادل یک میکرون دارد،عبور می کنند و فقط چند پرتو α (۵,۹ و۱۲)در اثر بارمثبت هسته انحرافی پیدا می کنند ازاین آزمایش راترفورد ثابت کرد که هسته ی اتمها ساختار غیریکنواخت دارد. هسته در مرکز و الکترونها با فاصله زیاد و در خارج هسته قرار دارند،چیزی تقریبا شبیه منظومه شمسی خورشید در مرکز و سیّارات در مداراتی مشخص دراطرافش نتیجه آنکه اتم عناصر توخالی است.

بعداً خواهیم دید که دقیقاً چگالی ستارگان نوترونی همین مقدار می باشد،چگالی آب که ازدواتم هیدروژن ویک اتم اکسیژن تشکیل شده ۱ گرم در سانتیمتر مکعب است،از آنجا توخالی بودن اتم را مجسم کنید.)

اولین ناهم آهنگی در تعریف طبیعت نوردر سال ۱۹۰۰ توسط ماکس پلانک Max Planck (۱۹۴۷-۱۸۵۸) آشکار شد. پلانک اظهار کرد که هیچ دستگاه یا سیستم مکانیکی نمی‌تواند مقدار نامحدودی انرژی داشته باشد، بلکه باید متشکل از مقادیر مشخص و محدودی از انرژی باشد. بنا به نظریه ماکسول James Clerk Maxwell(۱۸۷۹ـ۱۸۳۱)و فاراده‌Michael Faraday،(۱۸۶۷ـ۱۷۹۱) یک موج الکترومغناطیسی به بسامد ט از سطح جامدی که گرم شده، منتشر می‌گردد و این انتشار نتیجه نوسان گروه اتمهای جامد با همان بَسامد می‌باشد. ولی پلانک گفت که گروه اتمهایی که در گردش هستند نمی‌توانند به طور دلخواه انرژی نامحدودی داشته، بلکه باید متشکل از مجموعه انرژی به صورت E= nhט باشند. در این رابطه n عددی کامل مانند ۲،۱ و۳ ... و... و ט تواتر (بَسامد) اتمهای نوسان کننده و h مقداری ثابت و به نام ثابت پلانک معروف است. این رابطه با نام"فرضیه کوانتایی پلانک" مشهور است. کوانتا quanta یعنی پیمانه و صفت توصیفی آن quantique یعنی پیمانه‌ای می‌باشد.

در اواخر قرن نوزدهم، می‌دانستند موقعی که نور به صفحه‌ای از فلزات قلیایی می‌تابد، انرژی موج الکترومغناطیسی نور می‌تواند یک الکترون از سطح فلز جدا نماید و این عمل با فرضیه موجی بودن نور مطابقت نداشت. ولی فرضیه پیمانه‌ای پلانک قادر به توصیف این پدیده بود و اولین کسی که فرضیه پیمانه‌ای پلانک را برای تعریف دقیق طبیعت نور به کاربرد انیشتین Albert Einstein (۱۹۵۵-۱۸۷۹) بود که در سال ۱۹۰۵ گفت: "اگر قبول کنیم که نور از ذراتی تشکیل شده است: دلیل کندن الکترون از سطح فلز آشکار و از آنجا تعداد الکترونهای آزاد شده متناسب با تعداد ذرات نور (یعنی n در رابطه پلانک) است." نام این ذرّات را فوتون گذاشت. بنابراین انرژی هر ذرّه عبارت است از حاصلضرب بسامد ذرّه در ثابت پلانکE=.hט بدین ترتیب، اولین اشکال نظری اواخر قرن نوزدهم با تعریف طبیعت نور توسط پلانک و اثبات تجربی آن توسط انیشتین و بیان ذرّه‌ای بودن نور ظاهراً به نظر می‌رسید که برطرف شده باشد.



اثر پرتوهای نوری یا فوتون نوری بر روی یک سطح صیقلی از فلز قلیایی که به نام پدیده
effet photoélectrique d' Albert Einstein
معروف است و به این ترتیب انیشتین ثابت نمود که نور خاصیت ذره ای دارد و می تواند الکترونهایی را از سطح فلز بکند.

در سال ۱۹۱۳ **نیل بوهر** Niels Bohr (۱۹۶۲-۱۸۸۵) به کمک نظریه پیمانه‌ای **ماکس پلانک** ساختار سیّاره‌ای برای اتمها به نحوی تدوین نمود که بتواند طیف اتم هیدروژن را توصیف کند. در این مُدل، هسته در مرکز و الکترونها به فاصله بسیار دور مشابه سیّارات بر دور خورشید در حرکت هستند. این نظریه کمک بسیار زیادی به شناخت اتمها و چگونگی پیوند آنها نمود و به مدت دوازده سال با موفقیت روبه رو بود.

در اوایل سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰ فیزیک نظری باز مواجه با دو اشکال مهم نظری شد. اشکال اول مربوط به دو نظریه مختلف درباره طبیعت نور، یعنی نظریه موجی **ماکسول** و نظریه فتونی بودن آن توسط **انیشتین** است. اشکال دوم مربوط به پیمانه‌ای بودن انرژی است. می‌بایست آن را به صورت مسئله‌ای که از مکانیک **نیوتونی** فراموش شده است در آن گنجاند و لذا لزوم وجود مکانیک جدیدی که قادر به بیان مسئله ذره و موج و نمایش پیمانه‌ای بودن انرژی به صورت یک اصل کلی باشد به نظر می‌رسید.

نِسبیت خاص و مکانیک کوانتایی

اولین انقلاب علمی قرن بیستم با انتشار نسبیت خاص Relativité Restreinte در سال ۱۹۰۵ و نسبیت عام Relativité Généralisée در سال ۱۹۱۶ توسط **آلبرت انیشتین** انجام گرفت. دومین انقلاب علمی این قرن، مکانیک کوانتایی است. این دو انقلاب اعظم مشکلات علمی زمان را برطرف نمودند و علم و صنعت را به سوی پیشرفت و تکامل کنونی سوق دادند. ابتدا مختصری درباره مکانیک موجی یا مکانیک کوانتایی که عملاً ۱۹ سال بعد از انتشار نسبیت خاص **انیشتین** شکوفا شد بحث نموده و سپس به طور مفصل‌تر نسبیت خاص و نسبیت عام **انیشتین** را مطالعه خواهیم نمود.

اولین گام در مورد پیدایش مکانیک کوانتایی به وسیله **لوئی دوبروی** Louis Victor de Broglie (۱۹۸۷-۱۸۹۲) در سال ۱۹۲۴ برداشته شد. وی با کاربرد

فرضیه کوانتایی پلانک و روابط انیشتین در مورد انرژی و بَسامد یک ذرّه نور (فوتون) $E= h\upsilon$ که قبلاً درباره آن صحبت شد و استفاده از نسبیت خاص در فرمول مشهور انیشتین $E=mC^2$ دوگانگی بودن موج و ذرّه را با نسبت دادن مقدار حرکت به یک ذره نور بدون جرم به صورت $P=h/\lambda$ بیان نمود. در این رابطه، h همان طور که قبلاً گفته شد ثابت پلانک و λ طول موج نور و p مقدار حرکت نسبت داده شده به نور است. مقدار حرکت در واقع برای یک ذرّه مادّی عبارت است از $P=m.v$ که در آن v و m به ترتیب سرعت و جرم ذرّه می‌باشد. تجارب فراوان نشان داده‌اند که فوتون فاقد جرم می‌تواند مانند یک ذرّهٔ مادّی مقدار حرکتی (P) داشته باشد و نیز بر عکس تجارب متعدد دیگر نشان می‌دهند که یک ذرّهٔ مادّی مانند الکترون و پروتون می‌توانند طول موجی داشته باشند که مقدار آن برابر با $\lambda=h/mv$ است. این طول موج (λ)را طول موج نسبت داده شده، به ذرّه مادّی می باشد. بدین ترتیب کلیه نقائص تجربی مربوط به تعریف طبیعت نور برطرف شدند. نور و یا حتی ذرّات مادّی در سرعت بالا می‌توانند هم خاصیت ذرّه‌ای و هم مشخصات موجی داشته باشند و از آنجا مفهوم دوگانگی موج و ذرّه:
Wave-Particle Duality آشکار می‌شود.

در سال ۱۹۲۵ ورنر هایزنبرگ Werner Heisenberg (۱۹۷۶ـ۱۹۰۱) اعلام داشت: تعیین مقدار حرکت و تعیین وضعیت یک ذرّه در آن واحد غیر ممکن می‌باشد. این بیان به صورت اصلی به نام "اصل عدم قطعیت هایزنبرگ" مشهور شد. برای تعیین مسیر حرکت الکترون در درون یک اتم، لازم است وضعیت (مثلاً محل آن در اتم) و مقدار حرکتش یعنی در آن واحد جرم و سرعتش مشخص شود. اصل عدم قطعیت می‌گوید مقدار اشتباه در اندازه‌گیری به مراتب بیشتر از سرعت الکترون است. این اصل معایب نظریه اتمی بوهر را آشکار نمود.

نتیجه‌ای که از این اصل حاصل می‌شود اینست که شناخت پدیده‌های فیزیکی نمی‌تواند در آن واحد دقیقاً صحیح و کامل باشد. غیر متوالی بودن مکانیک، جای قطعیت مطلق فیزیک کلاسیک را گرفت. در تمام کتابهای فلسفی نوشته می‌شد: "علم براصول جبریه استوار است، هر عملی عکس‌العملی دارد" این تعریف در مورد کارهای روزمره و در دنیای قابل رؤیت صادق است، ولی در معیار اتمها و بخصوص در مورد الکترونها و سایر ذرّات بنیادی همه چیز امکان دارد، مسیر یک ذرّه تصادفی و قوانین حاصل از آن، نتایج آماری

میلیاردها میلیارد پدیده غیر قابل رؤیت است. بنابراین اصول جبر آماری، جایگزین قطعیت مطلق فیزیک کلاسیک گردید.

در سال ۱۹۲۷، یعنی سه سال بعد از نشر نظریه لوئی دوبروی، مکانیک کوانتایی به طور جهانی شناخته شد و بالاخره بهترین کاربرد این نظریه توسط اروین شرودینگر Erwin Schrödinger (۱۹۶۱-۱۸۸۷) در مورد ساختار اتم بود که به طور کلی آرایش الکترونی کلیه اتمها و ملکولها و دلیل پیوند آنها را با یکدیگر توصیف و توجیه نمود. به جای مدارهای مستقر و مشخص و محدود در اتم بوهر، شرودینگر احتمال وجود الکترون را در دو نقطه از فضا مثلاً بین هسته و مداری به شعاع r حساب نمود. در فاصله‌ای که مربع قدر مطلق این احتمال (که آن را به صورت Ψ^2 نمایش داد) مقدار ماکزیمم می‌گرفت، آن را یک اربیتال اتمی و یا ملکولی نامید. و بدین ترتیب توانست جوابگوی تمام نارسایی‌های مدل اتمی بوهر شود. بخصوص توانست آرایش درونی اتمهای چند الکترونی و ملکولهای پیچیده و متشکل از گروههای متعدد اتمها را تعیین و تفسیر کند و مضافاً مکانیسم پیوند اتمها را در ملکولهای پیچیده معدنی و یا آلی و چگونگی اتصال اتمها را به یکدیگر مشخص کند.

نِسبیت

فهم نسبیت در فیزیک که موفقیت باشکوهی در قرن بیستم در بین جهانیان پیدا نمود، اختراع منحصر به انیشتین نبود، بلکه پایه و اساس فیزیک در طول سه قرن پیش به طور کلی بر نسبیت استوار بوده و آن را معمولاً به گالیله نسبت می‌دهند، که قواعد صحیح آن توسط رنه دکارت Rene Decart (۱۶۵۰-۱۵۹۶) فیلسوف و ریاضی‌دان مشهور، در نیمه اول قرن هفدهم تدوین شد.

کاربرد اصول نسبیت در تعریف طبیعت، نمودار تمایل به معرفی پدیده‌های طبیعی فیزیک، مستقل از حرکت و مکان ناظر است.

گالیله قبلاً تصریح کرده بود که همانندی در توجیه پدیده‌های فیزیکی برای ناظری مستقر در انبار کشتی بی‌حرکت در کنار ساحل، و ناظری بر کشتی دیگر که در حال دور شدن در خط مستقیم از ساحل است، وجود دارد. اگر هر یک از این دو ناظر گلوله فلزی که در دست دارند، از ارتفاع یک متری به زمین بیاندازند و تحرک گلوله را اندازه بگیرند،

نتیجه یکسان خواهد بود. مثال فوق در روزگار ما نیز مثلاً در مورد مسافری که در قطار بی‌حرکت نشسته و قطار دیگری که در ایستگاه به آهستگی شروع به حرکت می‌نماید، صادق است. مسافری که در قطار ساکن از پنجره به قطار متحرک روبرو نگاه می‌کند، گمان می‌نماید که قطار خودش به حرکت درآمده است.

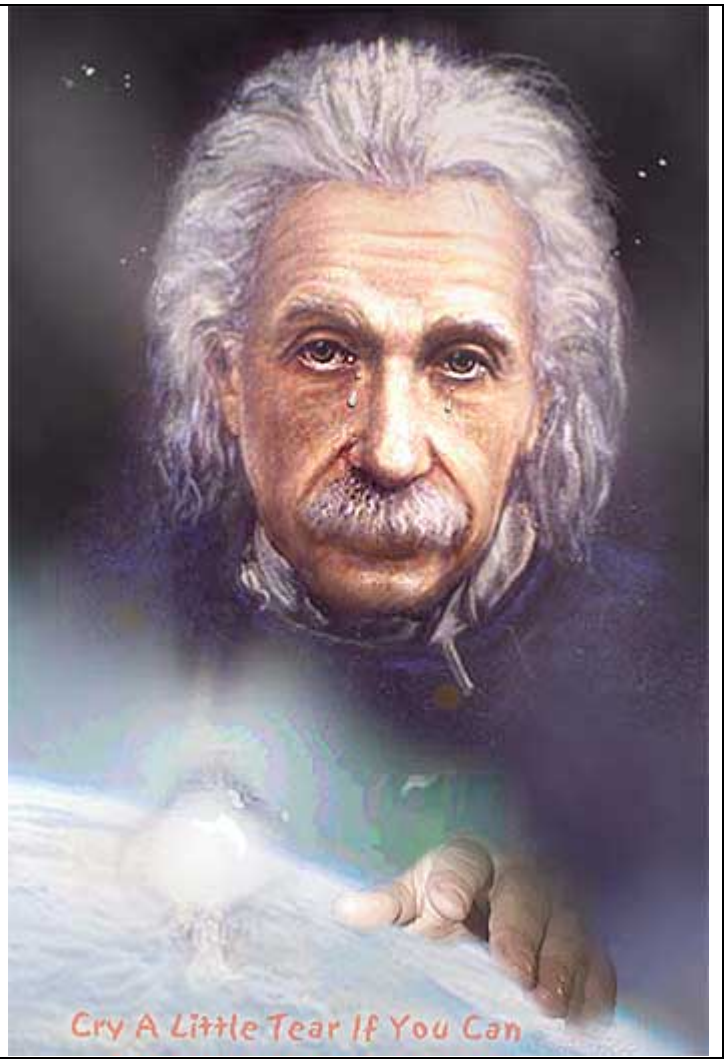
این مشاهدات بسیار ساده، ولی خیلی پر معنی است، زیرا نشان می‌دهد که هیچ اختلافی بین حالت سکون و حرکت انتقالی یکنواخت وجود ندارد. چون حالت سکون یعنی بی‌حرکتی، معادل با حرکت انتقالی یکنواخت است. اصول بی‌حرکتی Inertie به صورت زیر بیان می‌شود.

یک جسم آزاد، یعنی جسمی که تحت هیچ نیرویی نیست، حرکت انتقالی یکنواخت دارد. زمین نزدیک به یک حالت بی‌حرکتی کامل (ایده‌آل) است، زیرا در حرکتش در اطراف خورشید، در یک دوره محدودی از آزمایش حرکت انتقالی خطی و با سرعتی ثابت، ۳۰ کیلومتر در ثانیه دارد. تعیین دقیق حالت بی‌حرکتی مطلق زمین به منظور جبران حرکت روزانه آن به دور خود را معمولاً در جهت مشخصی به سوی یک ستاره ثابت باید در نظر گرفت.

اصول بی‌حرکتی به مجموعه شواهد (رفرانس‌ها)، در حرکت انتقالی یکنواخت، مشخصات استثنایی می‌بخشد. البته در شرایطی که قوانین اصولی طبیعت، شکل عادی خود را حفظ نمایند (مثلاً در حالت سکون).

نسبیت گالیله و به دنبال آن نسبیت خاص انیشتین بر مبنای شواهد (رفرانس‌ها) بی‌حرکت یا با حرکت انتقالی یکنواخت استوار است. اختلاف بین این دو نسبیت مربوط به انتخاب شاهد می‌باشد، باید توانست پدیده‌ای را بین دو شاهد متفاوت تفسیر کرد. برای فهم بیشتر، مثالی را که همیشه مورد علاقه انیشتین برای توجیه نسبیت خاص بوده است، انتخاب می‌نماییم.

قطاری در مسیری به موازات تپه‌ای با سرعت ثابت ۱۰۸ کیلومتر در ساعت و یا ۳۰ متر در ثانیه در حرکت است. (ثانیه/ متر۳۰ =V سرعت). تپه در این مثال، فضای شاهد در مقابل قطاری است که با حرکت انتقالی یکنواخت در حرکت می‌باشد. ضمناً قطار هم شاهد بی‌حرکت دیگر ماست.

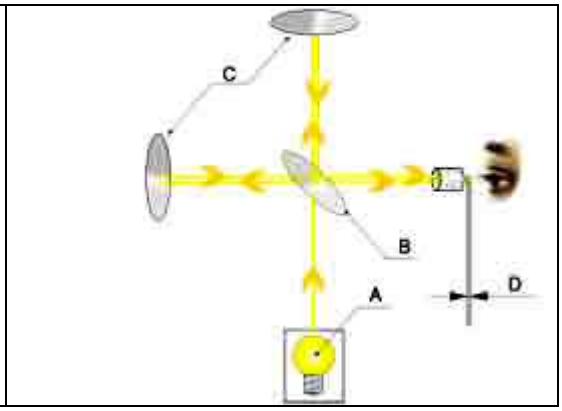


Albert Einstein
(۱۸۷۹-۱۹۵۵)
نتیجه پژوهشهای عالم گیر انیشتین بر کسی پوشیده نیست، نسبیت خاص و نسبیت عام او دید ما را از جهان به کلی عوض کرد. واما تلاشهای اجتماعی به ویژه مبارزه با تسلیحات اتمی که خود را تا حدی مسئول ساخت اولین بمب اتمی می دانست هم طراز کارهای علمی او، و به ویژه مبارزه او با نازییسم سر آمد تعهدهای اجتماعی اوست.
در این تابلو تو را دعوت می کند کمی فریاد بزن،و اشک بریزاگر می توانی.

حال مسافری که در بالای یکی از واگنها قرار گرفته و با تفنگی که در دست دارد در جهت حرکت قطار تیری رها می‌نماید. سرعت گلوله نسبت به قطار V'معادل با ۸۰۰ متر در ثانیه است. (ثانیه/متر۸۰۰ =V .) بنابر نسبیت گالیله، ناظری که در روی تپه قرار دارد، سرعت گلوله را معادل با ۸۳۰ متر در ثانیه یعنی(ثانیه/متر۸۳۰=$V+V'$)اندازه خواهد گرفت. اگر تیرانداز گردشی معادل با ۱۸۰ درجه نموده و تیری در خلاف جهت حرکت قطار رها کند، قاعدتاً سرعت گلوله اندازه‌گیری شده به وسیله ناظر باید ثانیه/متر ۷۷۰=$V-V'$ باشد.

حال اگر تیرانداز تفنگ خود را کنار گذاشته و مشعلی را روشن نماید، قاعدتاً نور مشعل باید در جهت حرکت قطار با سرعت C+V و در خلاف جهت آن C-V باشد که در آن Cسرعت سیر نور و معادل با۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است. یعنی در این حالت سرعت نور و قطار۳۰۰,۰۰۰/۰۳۰ کیلومتر درثانیه ودر خلاف جهت حرکت قطار۲۹۹,۹۹۹/۹۷۰ کیلومتر در ثانیه است. بنابر آزمایشهایی که میکلسون و مورلی Albert Abraham

Michelsonو Edward Morley در سال ۱۸۹۴ نمودند که در آن زمین به عنوان قطار و فضا به عنوان تپه در نظر گرفته شد، ثابت نمودند که دلایل فوق کاملاً غلط و سرعت سیر نور نمی‌تواند بیشتر و یا کمتر از۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه باشد هر چه می‌خواهد جهت حرکت زمین و یا قطار باشد.



آزمایس میکلسون و مورلی
در این تصویر A چشمه نور
B آئینه ای نیم شفاف
C آئینه
D اختلاف فاز

در سال ۱۹۰۵ انیشتین با توجه به تعریف ماکسول درباره طبیعت نور گفت: "سرعت سیر نور در خلاء مقدار ثابت تغییر ناپذیری است."ولی در مورد تفنگ و سرعت گلوله آن، محاسبه سرعت غلط نیست و سرعت اندازه‌گیری شده توسط ناظر همان ۸۳۰ و یا ۷۷۰ متر در ثانیه در دو جهت متفاوت از هم می‌باشد. ولی سرعت سیر نور مشعل همان طور که گفته شد، مقدار ثابت C تغییر ناپذیر است. نسبیت انیشتین در مراحلی صادق است که سرعت از ۱۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه تجاوز کند، و به همین دلیل است که تاکنون مکانیک نیوتن در پدیده‌های عادی فیزیک، حرکت قطارها و یا حتی هواپیماها با سرعتهایی چندین برابر سرعت صوت صادق بوده و قابل اجرا می‌باشد. ولی در سرعتهای بسیار بالا نزدیک به سرعت سیر نور غیر قابل قبول و محاسبات غلط است. بخصوص کاربرد آن در مکانیک فضا و تعریف پدیده‌هایی که در ستارگان و یا در صور فلکی اتفاق می‌افتد غیر ممکن است و این رابطه نسبیت انیشتین بود که توانست بشر را در شناخت کیهان کمک کند.

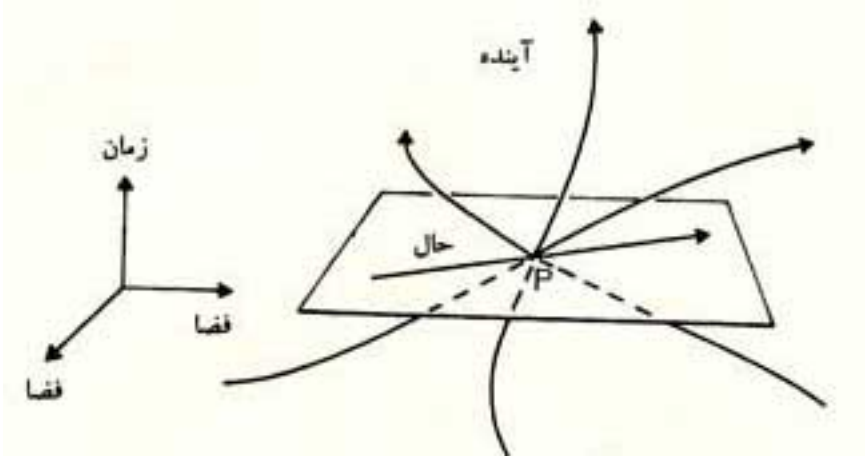
فضا ـ زمان

در دنیای گالیله و نیوتن، فضا و زمان کاملاً مستقل از یکدیگرند. فضا سه بُعد داشته و برای مشخص کردن نقطه‌ای در فضا می‌بایست مختصات هر یک از محورهای سه‌گانه مشخص باشد و این همان هندسه معمولی یا اقلیدوسی است که در مدارس تدریس

می‌شود، زیرا این قوانین کاملاً در زندگی معمولی ما صادق‌اند. کوتاهترین مسافت بین دو نقطه یک خط مستقیم بوده و یا مجموع زوایای یک مثلث ۱۸۰ درجه می‌باشد و یا فاصله فضایی بین دو نقطه مستقل از ناظری است که اندازه‌گیری می‌نماید.

زمان منحصراً به وسیله یک عدد تعیین می‌شود، با این وجود تشخیص آن بُعد فضایی دارد و چون همیشه مسیر آن جهت ثابتی از گذشته به سوی آینده است، بنابر این پدیده‌ها و حوادث برگشت ناپذیر و براساس مشاهده و عقل اجبار شده است. علت همیشه مقدم بر معلول می‌آید که آن را سببیتCausality گویند.

زمانها مانند مکانها برای ناظرین یکسان می‌باشند، چون حدّی برای سرعت زمان نیست، لذا تمام ساعتهای دنیا هر چقدر هم دور از هم باشند، می‌توان آنها را همزمان نمود و همه آنها تا ابد همزمانی خود را حفظ نموده و هماهنگ پیش خواهند رفت. آرایش سببیت فضا و زمان گالیله و نیوتن در زمان حال خلاصه می‌شود که در آنِ واحد در تمام ابعاد فضا گسترش یافته و آینده را از گذشته جدا می‌سازد (شکل ۲-۱). در این شکل برای فهم مطلب یک بُعد فضاحذف شده است. هر نقطه بر روی P به وسیله یک زمان جهانی و هماهنگ در فضا مشخص می‌شود. مسیر هر جسمی از گذشته به سوی آینده بوده و هیچ محدودیتی در آن نیست، جز در حالتی که جسم بی‌نهایت سریع حرکت کند، که در آن صورت، زمان برای آن ثابت است.



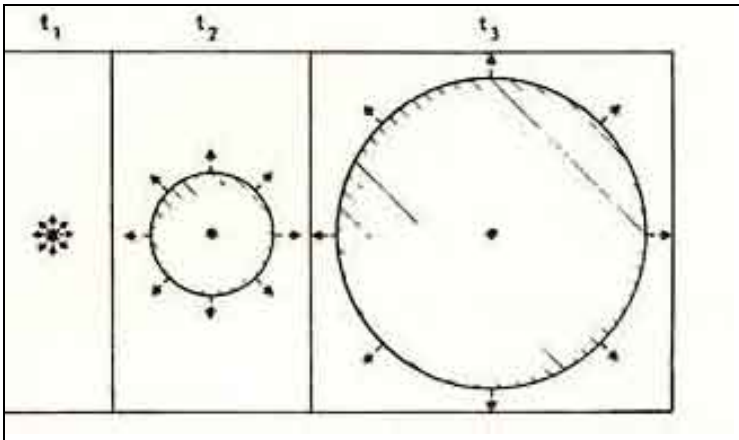
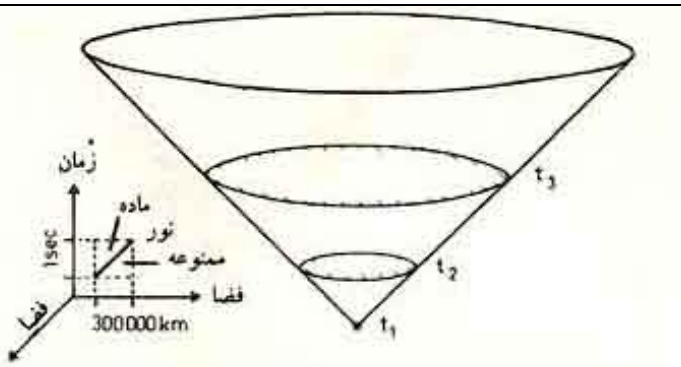
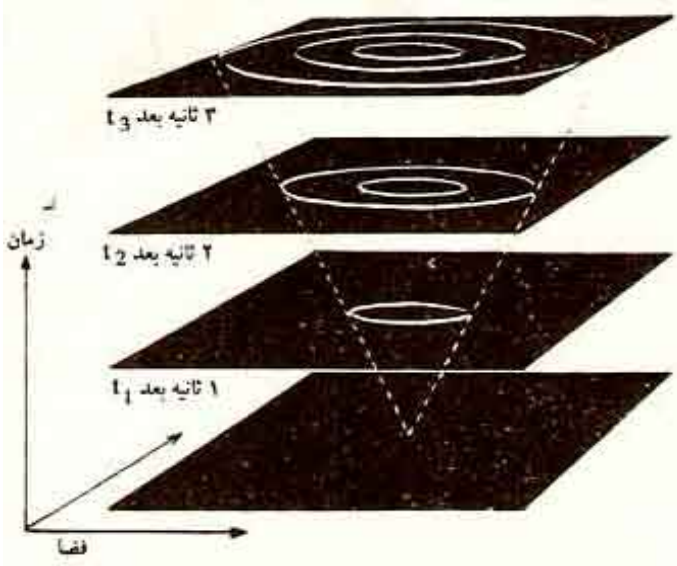
شکل (۲-۱) آرایش سَببیت فضا و زمان گالیله و نیوتن.

زمان و فضا به عنوان جوهر موجود مطلق به وسیله فیلسوف و ریاضی‌دان هم‌عصر نیوتن،ویلهلم لایبنیزGottfried Wilhelm von Leibniz(۱۶۴۶ـ۱۷۱۶)

مورد بحث و مجادله قرار گرفته است. وی با دلایل فلسفی آشکار می‌سازد که فضا و زمان منحصراً در رابطه با مادّه وجود دارند. دو قرن بعد، رابطه نسبیت انیشتین گفتار فیلسوفانه لایبنیز را به کمک معادلات ریاضی تأیید می‌نماید. طول (درازا) و مدت (زمان) کمیت ذاتی نبوده، بلکه تابع سرعت ناظر نسبت به اشیأ مورد اندازه‌گیری است.

آرایش فضا و زمان مطلق گالیله و نیوتن در مقابل آرایش زمان و فضای چهار بُعدی پیشنهاد شده توسط مینکووسکی, Hermann Minkowski (۱۸٦٤-۱۹۰۹)در سال ۱۹۰۸ مطرود شده و از بین می‌رود. یک نقطه در فضا و زمان در حقیقت پدیده‌ای است که در آن واحد به وسیله سه مختصات فضایی و مختصات زمانی آن تشخیص داده می‌شود. نمایش ساده فضا و زمان به وسیله شکل مخروطی نور بهتر توجیه می‌گردد. نقطه‌ای را در فضا مجسم کرده که یک جرقه نورانی از آن منتشر می‌شود. در فضای خالی از کلیه مواد، پیشانی امواج نورانی کُره‌ای کامل، به مرکز نقطه نشر دهنده نور است و این در طیّ زمان با سرعت سیر نور بزرگتر و بزرگتر می‌شود. برای نمایش دادن این پدیده بر روی کاغذ، یک بُعد فضا را حذف می‌کنیم. کُره نورانی در حال توسعه در طی زمان به صورت مخروطی خواهد بود که رأس آن محل و لحظه پدیده را مشخص می‌کند. در شکل (۲-۲) نمایش مخروطی نور به سه طریق مختلف a و b و c نمایش داده شده است.

یک جرقه نورانی در یک نقطه از فضا، پیشانی نور با سرعت۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه پیش می‌رود، در a سه لحظه پی‌در پی و در b خلاصه داستان نور در یک دیاگرام فضا و زمان داده شده است. موقعی که یک بُعد فضایی حذف شود، هر کُره از نور به صورت دایره‌ای مشخص می‌شود که مبدأ آن نقطه نشر اولیه است. با در نظر گرفتن اینکه در شکلها واحد فواصل ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر و واحد زمان یک ثانیه می‌باشد، شعاعهای نورانی خطوطی با زاویه ۴۵ درجه می‌سازند. در شکل c همین پدیده را در مقایسه با سنگی که بر سطح آب پرتاب می‌شود نشان می‌دهد. امواجی که بر روی آب بعد از ثانیه اول و دوم و سوم ظاهر می‌شوند، به ترتیب در ابعاد زمان و فضا داده شده است.

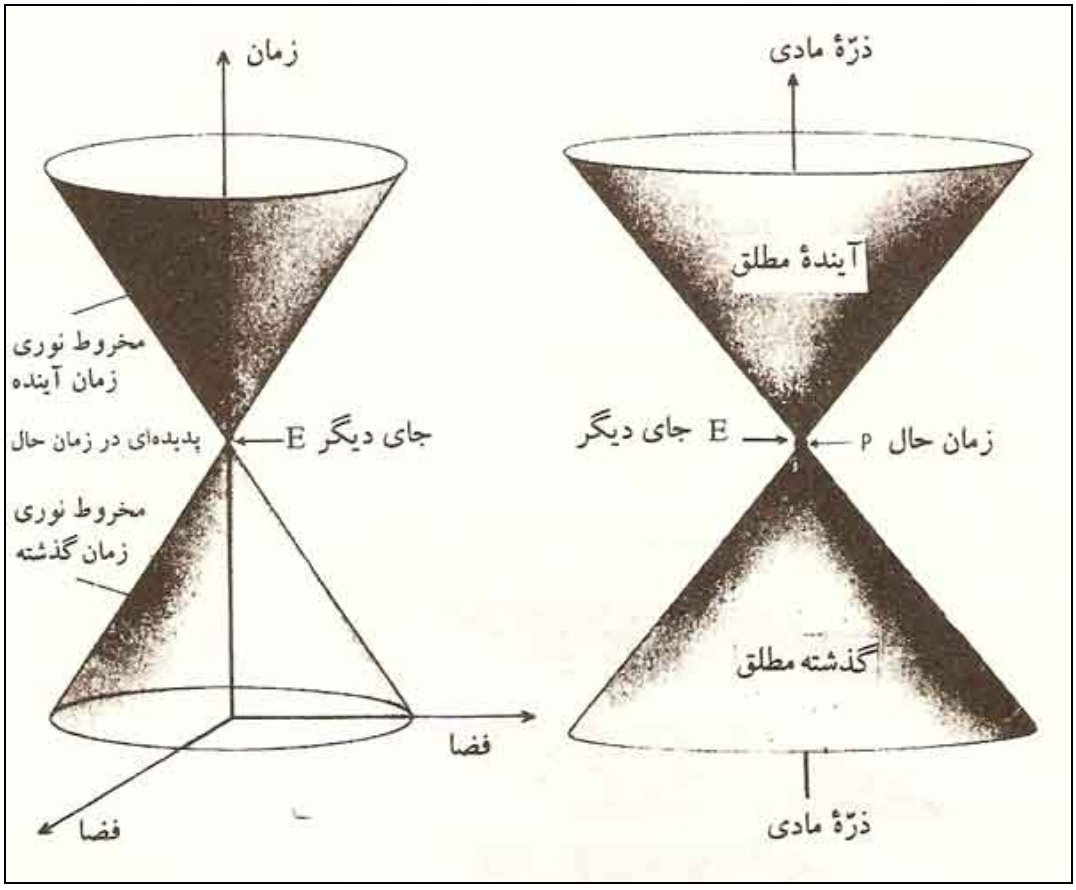
a.)انتشار یک جرقه نورانی در فضا بر حسب زمانهای t_1 وt_2وt_3در لحظه ی انتشار نور باسرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه از نقطهt_1 t_2 , t_3در فضا گسترش می چون یک بعد حذف شده در هر لحظه یک دایره معرف انتشار است	
b)نمودارانتشار نور به صورت مخروطی در این نمودار نیز در لحظهt_1 نور با سرعت۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه منتشر به نقطه هایt_2 , t_3 می رسد خارج از مخروط فضای ممنوعه نامیده می شود	
c) سنگی که بر سطح آب انداخته شده و ترسیم مخروط انتشار امواج در زمانهای t_3 , t_2 , t_1	

شکل (۲-۲) نمایش مخروطی نور به سه طریق متفاوت. اشکال a و b از کتاب سیاهچاله‌ها نوشته لومینه و شکل c از کتاب استفان هاوکینگ به نام تاریخچه زمان اقتباس شده است.

.

در شکل (۲-۳) دیاگرامی از(فضا – زمان) داده شده که در آن مخروطهای نوری متعلق به چند پدیده مختلف به صورت E داده شده، مخروطها متشکل از دو سطح بوده که یکی مربوط به گذشته پدیده و دیگر مربوط به آینده آن و سطوح آن به وسیله مسیر نوری که از پدیده عبور می‌نمایند پوشیده شده‌اند. چه آنهایی که از گذشته عبور کرده‌اند و چه آنهایی که به سوی آینده منتشر می‌شوند.

در رابطه نسبیت خاص پرتوهای منتشره درE از سطح آینده گذشته و نیز آنهایی که به Eرسیده‌اند از سطح گذشته عبور نموده‌اند(نواحی خاکستری رنگ). ذرّات مادی هرگز نمی‌توانند سریعتر از نور حرکت کنند، بنابر این مسیر آنها در داخل مخروط نوری خواهد بود



شکل (۲-۳) دیاگرامی از فضا - زمان به کمک مخروطهای نوری (از کتاب استفان هاوکینگ).

. ذرّه مادّی و یا پرتوهایی که ازE عبور می‌کنند هرگز نمی‌توانند در منطقه ممنوعه وارد شوند. تغییر ناپذیری مطلق سرعت سیر نور در خلاء به این ترتیب توجیه می‌شود که زاویه و یا شیب همه مخروطها با هم مساوی می‌باشند.

اصل مسلم و قطعی نظریه نسبیت خاص، الزام می‌نماید که هیچ ذرّه مادی نمی‌تواند سرعت سیری بیشتر از سرعت نور داشته باشد. بنابر این، سرعت سیر نور ثابت مطلقی است. هیچ ذرّه‌ای، خواه مادّی و خواه نوری نمی‌تواند سرعتی بیش از ۳۰۰،۰۰۰کیلومتر در ثانیه داشته باشد. حدّ مسیر ذرّات مادّی دیواره‌های داخلی مخروط در بُعد فضا - زمان است که در شکل نشان داده نشده است. پرتوهای نوری یا فوتون دقیقاً بر روی سطح مخروطها حرکت می‌نمایند.

آرایش(فضا – زمان) مینکووسکی Minkowski و انیشتین کاملاً متفاوت از آرایش (فضا – زمان) نیوتن می‌باشد و اختلاف آنها در آن است که سرعت سیر نور سرعت ماکزیممی است که هیچ علامتی و یا پدیده‌ای نمی‌تواند از آن فراتر رود.

. بنابر نظریه نسبیت انیشتین، جرم ذره مادی که در حال حرکت است، بوسیله این معادله مشخص می‌شود:$M=m_0 / \sqrt{1-v^2/c^2}$ که در این رابطه m_0 جرم ذرّه در حال سکون و M جرم آن در سرعت v و بالاخره c سرعت سیر نور است. در این رابطه اگر سرعت ذرّه نزدیک به سرعت سیر نور شود، عبارت زیر رادیکال نزدیک به صفر شده، یعنی $m_0/0$ و از آنجا M جرم ذرّه باید بی‌نهایت شود و یا بتدریج که سرعت ذرّه بالا می‌رود، افزایش جرمش طبق رابطه$E=mc^2$ تبدیل به انرژی شود و لحظه‌ای که سرعتش معادل سرعت نور است، تمامی جرمش مصرف شده باشد.

رابطه نسبیت تمام خطوط خارج از مخروطهای نوری را منطقه ممنوعه اعلام می‌دارد.

با این وجود مسیرهای حوادث جهانی در منطقه ممنوعه ممکن است سرعتی بیشتر از سرعت سیر نور داشته باشند که به آنها تاشیون Tachyons گویند که توجیه آنها بسیار دشوار است و هرگز در آزمایشگاه و به طور تجربی آنها را تشخیص نداده‌اند.

به طور خالاصه مسیر پرتوهای نوری امکان نمایش فضا - زمان را در خلاء و خارج از تأثیر نیروی گرانش می‌دهد و تمام پدیده‌ها و حوادث در مخروط نوری حادث می‌شوند.

انعطاف‌پذیری زمان

نسبیت انیشتین در کیفیت سببیت، صفت انعطاف‌پذیر را به زمان می‌دهد. زمان اندازه‌گیری شده به وسیله ساعتی که مسافر سفیه فضایی در دست دارد،« زمان خاص» نام داشته که متفاوت از ساعتی است که روی زمین باقی مانده و مانند زمین حرکت نسبی دارد. مسلماً این اختلاف در سرعتهایی که ما در روی زمین با آن سروکار داریم بی‌نهایت ناچیز و غیرقابل تعیین است. ولی در سرعتی نزدیک به سرعت سیر نور آنقدر زیاد است که منجر به شرایط وصف‌ناپذیر می‌گردد.

مثالی که در مورد یک دوقلو و سفر فضایی یکی از آنها و باقی ماندن دیگری بر روی زمین درباره انعطاف‌پذیری زمان زده شد، منجر به نوشتن صفحات بسیار زیادی درمطبوعات گردید و به قولی دیگر مرکب زیادی در مورد آن مصرف شد. فیلمهای تخیّلی فراوان از آن ساختند. دوقولوها هر یک ۲۰ سال دارند، آنکه به مسافرت فضایی رفته است، رفت و برگشتی باسرعت ۲۹۷۰۰۰ کیلومتر در ثانیه (یعنی ۹۹ درصد سرعت نور) به سوی سیّاره‌ای که در فاصله ۲۰ سال نوری از زمین قرار دارد، می‌نماید.

این مسافرت ۶ سال برای او طول می‌کشد و یا به عبارت دیگر زمان خاص ۶ سال بوده است. و حال آنکه زمان خاص بر روی زمین برای برادر دیگر در طول این رفت و برگشت ۲۰X۲۰=٤۰سال می‌باشد. یعنی موقعی که دو برادر روی زمین همدیگر را ملاقات نمایند، آنکه به فضا رفته است فقط ۲۶ سال دارد و در حالی که برادر دیگر که در روی زمین باقی مانده ۶۰ سال از عمرش گذشته است. در اینجا زمان واقعاً آن چیزی که طرفین در آن زندگی نموده‌اند می‌باشد و ساعت بیولوژیکی عمر آنها نیز مطابق با ساعت فضایی بوده است. برادری که ۲۶ سال دارد واقعاً جوان است و قلبش به مدت ۶ سال در این مسافرت طپیده است و برعکس برادر دیگر در این مدت پیر شده و واقعاً ۶۰ سال دارد و قلبش به مدت ۴۰ سال در غیبت برادر طپیده است.

این پدیده حیرت‌آور در سال ۱۹۱۱ به وسیله فیزیک‌دان مشهور پُل لانژون Paul Langevin (۱۹۴۶ـ۱۸۷۲)بیان گردید. در بین کلیه خطوط کیهانی که دو پدیده را به هم مربوط می‌نماید(در اینجا رفت‌وبرگشت سفینه فضایی روی زمین است)، زمان خاص طولانی‌تر مربوط به برادری است که بر روی زمین سرعت یکنواخت خود را حفظ کرده (منظور گردش زمین به دور خوشید و خود است) و حال آنکه مسافر سفینه فضایی اجباراً

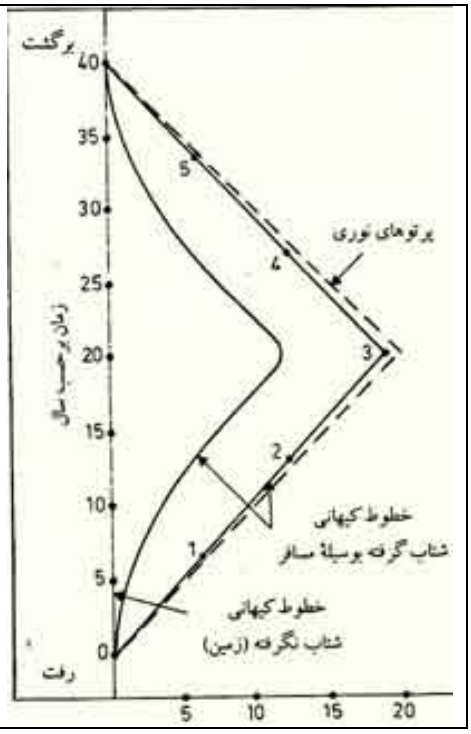
باید سرعت خود را برای رفت و برگشت کم و زیاد کند (سرعت غیر یکنواخت). بنابراین وضعیت سرعت در مورد دو برادر مشابه نبوده و زمان خاص طی شده به وسیله مسافر اجباراً کوتاهتر می‌باشد و این مثال مطابقت کامل با انعطاف‌پذیری زمان بیان شده در نظریه نسبیت انیشتین دارد - شکل (۲-۴).

با این مثال متوجه می‌شویم که برخلاف آنچه بین عوام شایع شده است (به علت محدود بودن سرعت اجسام به حدّ سرعت نور در رابطه نسبیت انیشتین)، مسافرت فضایی به نقاط دور کیهان پهناور میسر می‌باشد. این نظریه امکان کاوش و جستجو در کیهان را نشان می‌دهد.

فرض کنیم که سفینه فضایی شتابی ثابت و معادل با شتاب گرانش کره زمین داشته باشد؛ بنابراین بسیار مناسب برای فضانورد است. سرعت سفینه ناگهان بعد از گذشتن از محدوده گرانش زمین زیاد گردیده، بدون آنکه هرگز به سرعت سیر نور برسد. در این سفینه زمان بمراتب کندتر از روی زمین می‌گذرد. در چهار سال و شش ماه برحسب تقویم و ساعت درون سفینه به نزدیکترین ستاره واقع در خارج از منظومه شمسی خواهد رسید؛ یعنی ستاره آلفا قنطورس Alpha cetauri که در فاصله‌ای معادل با ۴۰ سال نوری از زمین قرار دارد. زمان بر روی زمین ۴۰ سال پیش رفته است. بعد از ده سال به مرکز کهکشان ما)راه شیری(می‌رسید، ولی بر روی زمین ۱۵ هزار سال زمان گذشته است. در طول ۲۵ سال فضانورد می‌تواند جهان را دور زده و هر چه می‌خواهد در آن تماشا کند، ولی بهتر است که دیگر به سوی منظومه شمسی بر نگردد، زیرا خورشید تمام مواد سوختی خود راتمام کرده و تمام سیّارات خود را مبدل به بخار نموده است (به فصل چهارم مراجعه شود). سفر بسیار جالبی است، ولی متأسفانه انرژی زیاد لازم دارد. باز فرض کنیم که ممکن باشد مواد را بسادگی تبدیل به انرژی نمود، سفینه فضایی موقع رسیدن به مرکز کهکشان (یعنی بعد از ده سال) فقط یک میلیاردیم وزن اولیه، برایش باقی خواهد ماند.

مسئله انعطاف‌پذیری زمان را به صورت فرضیه‌هایی بیان داشتیم، ولی واقعاً بشر توانسته است انعطاف‌پذیری زمان را عملاً آزمایش کند. ساعتهای بسیار دقیق اتمی را در هواپیماها قرار داده‌اند و در موقع برگشت به زمین معلوم شده است که این ساعتها نسبت به ساعت‌های مشابه روی زمین کُندتر کار کرده‌اند.

نمودار بسیار عامیانه رابطه نسبیت خاص انیشتین همان فرمول $E=mc^2$ است که در سال ۱۹۰۵ سبب حیرت بسیاری از علما، بخصوص فلاسفه شد.



شکل (۲-۴) رفت و برگشت سفینه فضایی که برای فضا نورد ۶ سال طول کشیده و حال آنکه برای مردم مستقر بر روی زمین، این مسافرت ۴۰ سال طول کشیده است.

(این شکل از کتاب سیاهچاله‌ها نوشته پیرلومینه اقتباس شده است.)

مسئله(فضا – زمان) غیر قابل قبول در دنیای واقعی فلاسفه آن زمان بود و برخی از فلاسفه، مثلاً هانری برگسون Henri Bergson (۱۹۴۱ـ۱۸۵۹) حاضر نبودند تجدید نظری در عقاید خود کنند و حتی نظریه انیشتین را ناشی از اختلال حواس و بیماری روانی می‌دانستند.

غم‌انگیز سرنوشتی: نتیجه تجربی نظریه نسبیت، یعنی اختراع بمب اتمی و انفجار آن در هیروشیما و ناگازاکی بود که منجر به مرگ چند صد هزار نفر گردید و بدین ترتیب شک و تردید فلاسفه نسبت به نظریه انیشتین برطرف شد. در آن زمان برگسون زنده نبود تا نبوغ علمی انیشتین را باور کند. نسبیت خاص در تمام کیهان و در هر گوشه آن در سرعتهای بالا حضور دارد. تابش پرتوهای کیهانی در سطح فوقانی جوّ زمین تاخت‌وتاز کرده و تحولات فراوانی ایجاد می‌کند، از آن جمله ایجاد ذرّاتی بنیادی به نام مزون Mesons کرده که عمر آنها در پرواز پنجاه مرتبه بیشتر از عمر واقعی آنهاست. این نیز دلیلی بر انعطاف‌پذیری زمان است. نظریه نسبیت خاص، دلیل نور و درخشانی خورشید و ستارگان را که براساس تبدیل جرم به انرژی است یعنی $E=mc^2$برای ما روشن نموده و به

کمک آن فهمیده‌ایم که در هر ثانیه چهار میلیون تن مادّه در داخل خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. در سطور آینده در این مورد بیشتر صحبت خواهیم کرد.

نسبیت عام

اگر انیشتین در همان سال ۱۹۰۵ که طبیعت ذرّه‌ای نور را باتوجه به نظریه پلانک زنده کرد، طبیعت الکترومغناطیسی پیشنهاد شده توسط ماکسول را نیز می‌پذیرفت، به تناقض‌گویی متهم می‌شد، زیرا در واقع این دو تعریف مخالف یکدیگرند .(قبلاً گفتیم که ۱۹ سال بعد از انتشار نظریه انیشتین، لوئی دوبروی ثابت نمود که نور طبیعت دوگانه دارد.) اگر نور از ذرّات مادّی درست شده است، قاعدتاً باید مانند سایر مواد تحت تأثیر نیروی گرانش قرار گیرد و از آنجا سرعت سیر آن نمی‌تواند مقدار ثابتی باشد، همان گونه که در نسبیت خاص بیان شده، مسئول واقعی این تضاد نیروی گرانش است که عملاً در همه عالم حضور داشته و به مواد سرعت می‌دهد، حال آنکه شاهدهای(رفرانس‌ها) بی‌حرکت ذکر شده در نظریه نسبیت خاص عملاً آنهایی هستند که سرعت یکنواخت دارند. در واقع در نظریه نسبیت خاص، نیروی گرانش در نظر گرفته نشده است و خود انیشتین هم بر این ناهماهنگی واقف بود و فهمیده بود که دخالت دادن نیروی گرانش در بُعد (فضا – زمان) احتیاج به تجزیه و تحلیل جدیدی از فهم نیروی گرانش و طبیعت الکترومغناطیسی نور دارد. در قوانین جاذبه عمومی، نیوتن خاصیت ذاتی به اجسام نسبت داده است، دسته‌ای را جرم وزین و دسته‌ای را جرم بی‌حس نامیده است. می‌دانیم که برخی از اجسام بار الکتریکی داشته و برخی دیگر ندارند و نیز دو جسم بی‌حرکت هم جرم ولی با بارهای الکتریکی مخالف به طور متفاوت در یک میدان الکتریکی ثابت، سرعت می‌یابند. بنابراین دلیلی ندارد که در نظریه نیوتن جسم وزین و جسم بی‌حس مشابه هم باشند.ولی از طرف دیگر می‌بینیم که در قوانین جاذبه عمومی گالیله و نیوتن همان طور که قبلاً گفته شد، اولین خاصیت نیروی گرانش زمین، این است که به تمام اجسام (پر، آهن، سنگ) به طور یکنواخت شتاب می‌دهد و این مستقل از طبیعت آنها یا اندازه آنهاست.

یک پر، یک ملکول و یا یک تُن چدن را اگر نزدیک زمین با هم رها کنیم، زمین به همه آنها سرعت یکسانی معادل با ۹/۸ متر در ثانیه در اولین ثانیه سقوط و۱۹/۶ متر در ثانیه در دومین ثانیه و همین طور در طی زمان سرعت آنها یکسان اضافه شده تا به زمین برسند. به عبارت دیگر هیچ جسمی از نظر گرانشی خنثی نبوده و بلکه تمام اجسام مادّی بار گرانشی

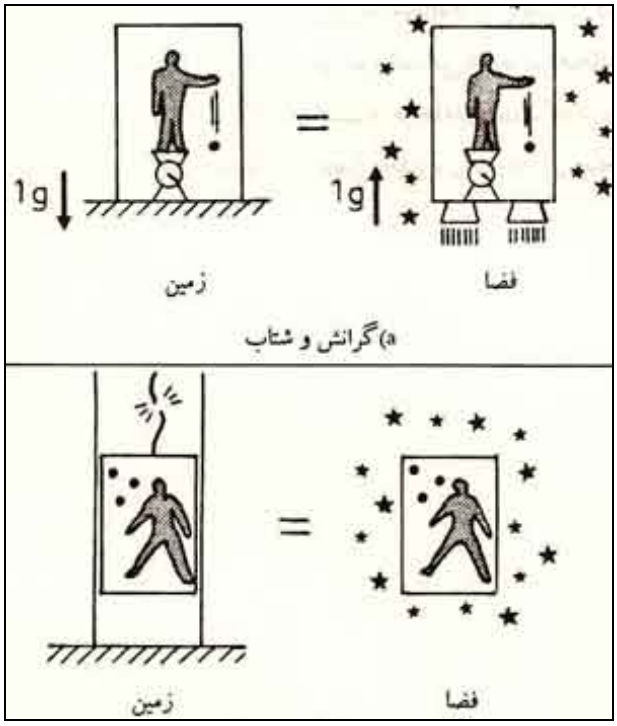
مشابه دارند و این در صورتی امکان دارد که جرم وزین و جرم بی‌حس دقیقاً هم ارزش باشند. از آنجا اصل هم‌ارزشی Principe d'Equivalence Equivalentes بیان‌می‌شود.این اصل در آغاز جنبه تقریبی داشت، ولی بعدها اصل هم‌ارزشی را با معیار بسیار دقیق لوراندفُن اوتوز Loránd Eötvös (۱۹۱۹ـ۱۸۴۸)در سال ۱۸۸۹ و سپس در سال ۱۹۰۸ با دقت یک میلیاردیم تعیین نمود. امروزه دقت‌تعیین‌آن به یک هزار میلیاردیم (یعنی تا دوازده رقم اعشاری) به وسیله Eöt-Wash که در سال ۱۹۸۷ انجام گرفته،رسیده است. چون در یک جسم تمام انرژی در درون جرم بی‌حس آن توزیع شده است (بخصوص انرژی الکترومغناطیسی که الکترونها را در داخل اتم به هسته پیوند داده است) از آن نتیجه می‌توان گرفت که تمام انواع انرژی‌ها نیز جرمی دارند. بنابراین و بطور مسلم می‌توان جرمی هم به نور نسبت داد و برعکس، به تمام اجرام می‌توان یک انرژی نسبت داد.

انیشتین فهمید گذرنامه واقعی برای رسیدن به نیروی جاذبه عمومی، اصل هم‌ارزشی است، و دریافت که نیروی جاذبه عمومی نمی‌تواند خارج از قلمرو الکترومغناطیسی باشد، بنابراین فهمید که باید نظریه نسبیت خاص را به طور کلی توسعه دهد. قبل از هر کاری، تعبیر فیزیکی اصل هم‌ارزشی را عمیقاً بررسی نمود. برای او، هم‌ارزشی بین جرم وزین و جرم بی‌حس ترجمه ضعیفی از هم ارزشی بسیار قوی‌تر، یعنی هم‌ارزشی که نیروی جاذبه عمومی یکنواخت را با شتاب مربوط می‌نماید به حساب می‌آمد. انیشتین نشان می‌دهد که:

۱. انواع شتابها می‌توانند نموداری از نیروی گرانش باشند. یک انسان واقع در سفینه فضایی که شتابی معادل با نیروی جاذبه زمین دارد هیچ اختلافی با زمین حس نمی‌کند. شکل (۲-۵) نمودار این حقیقت است.

۲. می‌توان نیروی گرانش را با شتاب مناسبی که انتخاب می‌نماییم از بین برد. مثالی که همیشه تکرار می‌کرد، مسئله آسانسور و بریده شدن کابل آن بود. شخصی که در این آسانسور قرار گرفته، بعد از بریده شدن کابل، احساس بی‌وزنی می‌کند شکل (۲-۵). دقیقاً مشابه فضانوردانی که از سفینه فضایی خود خارج شده‌اند و آزاد از نیروی گرانش تمام سیّارات می‌باشند و همین است اختلاف بین نیروی جاذبه عمومی و نیروهای دیگر موجود در طبیعت، مثلاً نیروی الکتریکی. هرگز نمی‌توان میدان الکتریکی را مثلاً با شتاب یا چیز دیگری تغییر داد. زیرا تمام اجسام واقع شده در یک میدان الکتریکی شتاب مشابهی پیدا

نمی‌کنند و تابع بار خود می‌باشند. به عبارت دیگر، نیروی گرانش واقعاً نیرویی نیست که بین محتویات درونی مواد مختلف(فضا – زمان) اعمال کند، بلکه خود یکی از خواص محتویات است. این دخل و تصرف درخشان نیروی جاذبه عمومی در آرایش درونی (فضا – زمان)، نظریه نسبیت عام انیشتین است.



شکل (۲-۵) هم‌ارزشی در نسبیت عام.سقوط آزاد و بی وزنی

(این شکل از کتاب سیاهچاله‌ها نوشته لومینه اقتباس شده است.)

بهتر است خاطرنشان نمود: فیزیک خوب فیزیکی است که با یک نسبیت خوب توأم بوده و قادر به تعریف طبیعت شواهد (رفرانس‌ها) که از قِبَل آنها قوانین شکل اصلی خود را حفظ می‌نمایند باشد.

بدین سبب نسبیت عمومیت داده شده انیشتین (نسبیت عام) برخی از دستورات نسبیت محدود(خاص) را باطل می‌نماید. در نسبیت خاص شواهد بی‌حرکت آنهایی هستند که حرکت یکنواخت دارند (قطار در آغاز حرکت و یا زمین در مقابل ستارگان) و مستقل از کلیه نیروها و یا شتاب می‌باشند. (فضا – زمان) صحرایی مسطح و بدون مشخصات منطقه‌ای است و این خلاء نسبیت مکان و سرعت را تأمین می‌کند، ولی در حضور نیروی جاذبه عمومی تمام شواهد شتاب می‌گیرند.

در نسبیت عام شواهد بی‌حرکت جهانی وجود ندارد.(فضا – زمان) تغییر شکل می‌دهند و در آن حفره ظاهر شده مکان و سرعت نسبت به حفره‌ها مشخص می‌کردند. تمام شواهد

(رفرانس‌ها) خواه بی‌حرکت و خواه متحرک برای تعریف قوانین طبیعت خوب بوده، به شرط آنکه بتوان بخوبی از یکی به دیگری رسید. انتخاب نام نسبیت عمومیت داده شده (عام) انیشتین شاید چندان مناسب نباشد، زیرا نسبیت عام خیلی کمتر از نسبیت محدود (خاص) نسبی می‌باشد.

همان طور که قبلاً گفتیم می‌توان نیروی گرانش را از بین برده و یا به وسیله شتابی معکوس جانشین نمود. جسمی که در چنین میدانی می‌افتد از تأثیر همه نیروها آزاد می‌باشد (اگر ما نیروی گرانش را حس می‌کنیم به علت آن است که آزاد نیستیم به مرکز زمین بیفتیم. سطح زمین زیر پای ما فشاری ایجاد می‌کند که مانع رسیدن ما به مرکز زمین است). سقوط آزاد در نیروی جاذبه ثابت حالت طبیعی تحرک اجسام است. در آسانسوری که کابل آن پاره شده است، دو گلوله آزاد ظاهراً مسیر موازی دارند، ولی در حقیقت مسیر آنها اگر تا مرکز زمین یعنی ۶۴۰۰ کیلومتر در عمق ادامه پیدا کند به همدیگر می‌رسند، بنابراین علاوه‌بر شتاب گرانش زمین، شتاب نسبی بین مسیر آن دو وجود دارد)زیرا به یکدیگر نزدیک می‌شوند(که مربوط به میدان نیروی جاذبه دیفرانسیلی (تفاضلی) آنها می‌باشد.

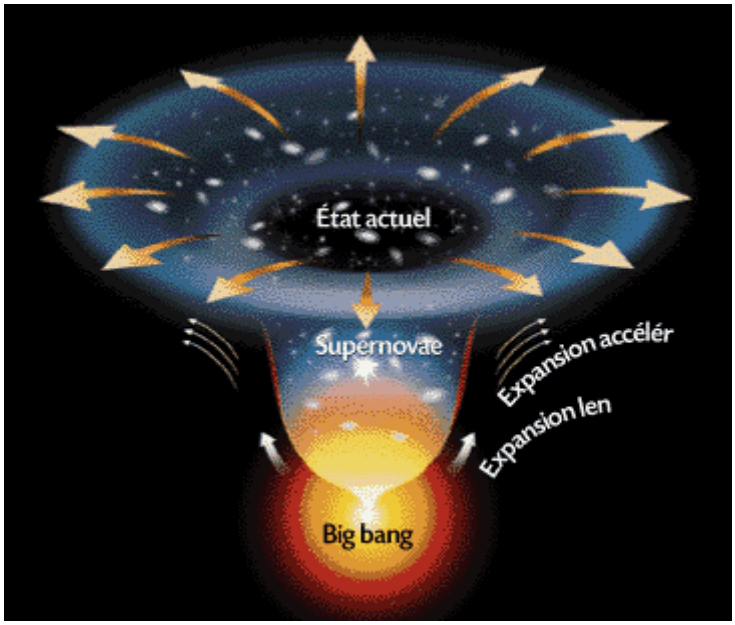
مثال جالبی برای تشخیص نیروی جاذبه مستقیم از نیروی جاذبه دیفرانسیلی، اختلاف ارتفاع جزر و مدّ اقیانوسهاست. با وجود آنکه نیروی جاذبه مستقیم خورشید برروی زمین ۱۸۰ بار قوی‌تر از نیروی جاذبه ماه است، جزرومدّ ایجاد شده به وسیله خورشید بمراتب کمتر از جزر ومدّ ایجاد شده توسط نیروی جاذبه ماه است، زیرا جزر ومدّ نتیجه نیروی جاذبه مستقیم نبوده، بلکه تابع تغییرات نیروی جاذبه خورشید و ماه در نواحی مختلف کره زمین است. این تغییرات برای ماه ۶ درصد بوده و برای خورشید فقط ۱/۷ درصد می‌باشد. اگر تغییرات نیروی گرانش بر روی زمین جزر ومدّهای مهمی ایجاد می‌نماید، در حوالی سیاهچاله‌ها این تغییرات قادر به دو نیمه و یا متلاشی کردن ستارگانی بمراتب بزرگتر از خورشید می‌باشند. سیاهچاله‌ها حدّ نهایی مقاومت ستارگان در مقابل نیروی گرانش است و مرحله‌ای است که نیروی گرانش بر ماده غالب می‌شود که به طور مفصلتر در فصل چهارم راجع به آن صحبت خواهیم نمود.

فصل سوم

پرده اول

از نمایشنامه خلقت

آتش نخستین یا انفجار بزرگ



داستان شگفت‌انگیز فضا

کیهان برای ما نقطه استفهامی است: سؤالی عظیم. فیلسوفها و دانشمندان سعی می‌کنند به آن آخرین جواب خود را بدهند. از آغاز این قرن تاکنون بینش ما نسبت به آفرینش و کیهان لطیف‌تر و تغییر شکل یافته‌تر، ولی پیچیده و بغرنج‌تر گردیده است. چیزهایی که به آنها اعتقاد و ایمان داشتیم، منهدم شده و فروریخته و سؤالهای جدیدی که قبلاً تصور آن را نمی‌نمودیم، پدیدار گشته‌اند. با این وجود اَسرار نهفته اصلی بر جای مانده‌اند. طبیعت واقعی اولیه جهان چه بوده و از کجا آمده است؟ برای چه اینچنین است که هست؟ آیا قبل و بعدی وجود دارد؟ این سؤالات از زمانی که بشر خود را شناخته و تاکنون که به اعماق فضا سفر کرده و ستارگان و کهکشانهایی را می‌بیند که میلیاردها میلیارد کیلومتر از ما فاصله دارند، به صور مختلف وجود داشته است.

بشر اکنون طبیعت ستارگان و سرنوشت آنها، یعنی سرآغاز و سرانجام آنها را می‌شناسد. نتایج هزاران هزار مشاهدات عینی را بررسی می‌کند و از آنها نظریات مثبت و مطابق با واقعیت را دریافته است. از آغاز این قرن تاکنون، هزاران دانشمند اخترشناس، زیست‌شناس، بیوشیمیست و شیمی‌دان و غیره با کارهای ارزنده خود چشمان جهانیان را خیره کرده و صدها جایزه نوبل دریافت داشته، از این جهان رخت بربسته‌اند یا وجود دارند، ولی هنوز قادر به پاسخگویی به سؤالی اصلی که از هزاران سال پیش تاکنون برای بشر مطرح بوده، نیستند. قبل از آتش نخستین، جهان چه بوده است و بعد از این چه خواهد شد؟

در واقع بینش علمی بشر از طبیعت همان طور که قبلاً گفتیم از سال ۱۶۸۷ با انتشار نتیجه تحقیقات نیوتن به نام اصول طبیعی فلسفه ریاضیات
(Principa Mathematica Philosophiae Naturalis)
بکلی عوض شد.

و باز همان طور که قبلاً ذکر شد، در اوایل قرن بیستم انیشتین با معادله نسبیت خود انقلاب علمی قرن اخیر را به وجود آورد. مکانیک کوانتایی و نسبیت عام انیشتین بن‌بست علمی قرن بیستم را از بین بردند. اکنون که در آخرین لحظات این قرن هستیم، بن‌بست‌های علمی دیگری از نظر مبدأ پیدایش جهان شروع شده‌اند. بحران و یا بن‌بست کنونی نوعی دیگر است. مربوط به عدم هماهنگی بین نظریه و تجربه نبوده، بلکه بر عکس

در این مورد کاملاً با هم تطابق دارند و این خود نیز مسئله‌ای است. در واقع باید گفت خود نظریه بیمار است و از عدم التصاق درونی خود رنج می‌برد. از همه مسخره‌تر اینکه نتایج تجربی به طور اصولی مطابقت کامل با پیش‌بینی‌های نظریه‌ای که خود بیمار می‌باشد دارند، و این خود مانع پیشنهاد نظریات جدیدی که لااقل نتایج تجربی ناموافق هم داشته باشند، می‌شود.[۱]

اخترشناسان نیز مسائل بغرنجی داشته و میل دارند که بتوانند برخی از خواص عجیب و غریب کیهان را توجیه کنند. مثلاً دلیل یکنواختی ماده در جهان و در ابعاد وسیع آن، پایین بودن آنتروپی یا درجه بی‌نظمی اولیه جهان و یا عدم وجود نطفه کهکشانها در لحظات تشکیل ماده بعد از انفجار نخستین است.

مدتهای مدیدی است که فیزیک‌دانان سعی دارند نظریه‌ای به نام گرانش کوانتایی (Gravite quantique) به دست آورند تا رویای همیشگی خود، یعنی پیوست نیروهای چهارگانه طبیعی را به مرحله اجرا بگذارند و احتمالاً این نظریه قادر خواهد بود لحظات اولیه جهان را مشخص کرده و بخصوص وضعیت ماده را در حضور سیاهچاله‌های اولیه معلوم نماید که البته هنوز نتیجه‌ای به دست نیامده است و از این مرحله خیلی دور هستیم. کارهای هاوکینگ، استاد ریاضی دانشگاه کامبریج، در این زمینه بوده و تلاشی در بین تلاشهای بسیار دیگر است. بنا به گفته هاوکینگ: « می‌بایست از الحاق نسبیت عام انیشتین و مکانیک کونتایی بن‌بست کنونی برطرف شود. »

همان طور که قبلاً گفته شد، مکانیک کوانتایی حالت میکروسکوپی ماده، یعنی ذرّات و اتمها را توجیه می‌کند و حال آنکه رابطه نسبیت انیشتین به حالت ماکروسکوپی مادّه و نیروی گرانش حاکم بر جهان و به مسئله(فضا – زمان) می‌پردازد. مسلم این است که این دو به هم مربوط بوده و از برآیند آنها باید فهمید که چگونه جهان به وجود آمده و بعد از این چه سرنوشتی خواهد داشت. متراکم خواهد شد؟ و یا اینکه دائماً به گسترش خود ادامه خواهد داد؟

---

۱. بنابر مقاله‌ای از هیوبرت ریوز به تاریخ ۱۴ آوریل ۱۹۸۹ در مجله اکسپرس تحت عنوان (بن‌بست نظری) (Impasse Theorique)
۱

مشاهدات تجربی نشان می‌دهند که با چگالی کنونی که ما می‌شناسیم، امکان تراکم بعدی جهان میسر نیست، ولی هنوز معماهای بسیاری وجود دارد که ما با آنها آشنا نیستیم، مثلاً میدان حاصل از نیروی گرانش چیست؟ و چه چیزی ارتباط ثقلی بین زمین و ماه و یا سیّارات دیگر را با هم و یا با خورشید برقرار می‌سازد.

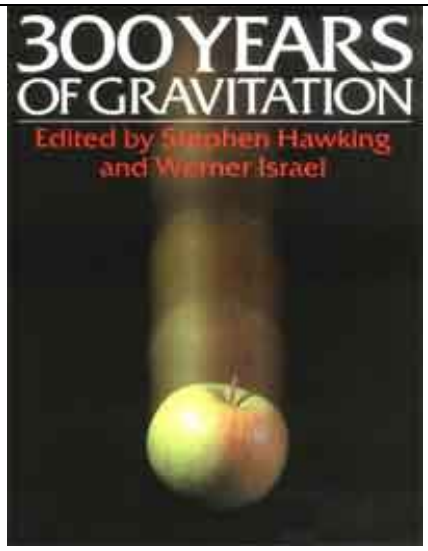
هاوکینگ در کتاب خود می‌نویسد: « ما هنوز نظریه‌ای کامل برای الحاق مکانیک کوانتایی و نیروی گرانش نداریم. ولی مطمئناً برخی از مشخصات لازمه پیوست این دو نظریه را می‌شناسیم. » برنامه بسیار وسیعی است که طیّ سالهای اخیر هاوکینگ Stephen Hawking (۱۹٤۲) و همکارانش برای حل مسائل پیچیده کیهانی تقبل کرده‌اند و ظاهراً نتایج امیدوار کننده‌ای نیز به دست آورده‌اند که خود نموداری از بغرنج بودن مسئله و راهی طولانی که در پیش دارند می‌باشد. آیا موفق خواهند شد؟ کسی قادر به جواب گفتن به آن نیست.

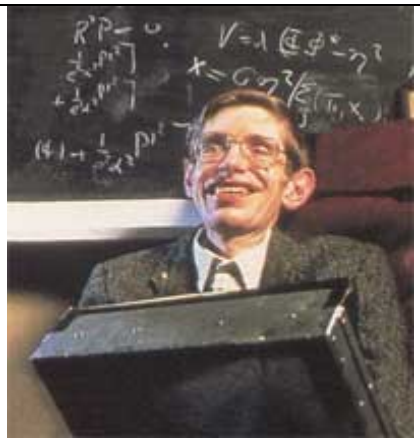
کار آنها مبتنی بر فرضیه پرکشمکشی است. زیرا فرض می‌کنند که چگالی متوسط مادّه موجود در جهان کافی برای تراکم بعدی آن است. یعنی جهان بعد از گشایش کنونی، روزی متراکم خواهد شد. برای این کار لازم است حداقل ۱۰ پروتون در هر متر مکعب فضا باشد و حال آنکه بهترین نتایج به دست آمده حاکی از این است که چگالی جهانی از این مقدار کمتر است و همین اختلاف ممکن است تلاش آنها را با شکست مواجه نماید.

این مرد فلج که مبتلا به بیماری sclérose latérale amyotrophique چیزی جز مغز برایش باقی نمانده، مانند تعداد زیادی از همکارانش امیدوارند که معماهای پیچیده قرن را در لابلای معادلات ریاضی خود حل کرده و نظریه جدیدی درباره قوانین طبیعی بدهند. آنها تاکنون توانسته‌اند سه نیرو از چهار نیروی موجود در طبیعت را به هم مربوط نموده و چهارمی که نیروی گرانش است، باید در آنها ادغام گردد. هاوکینگ اخیراً به نحوی حکمت الهی را در مسائل فیزیک کیهانی خود وارد کرده است.[1] ولی هیوبرت ریوز شک دارد که یک انگلیسی موقعی که چنین مطلبی را بیان می‌دارد، جدی می‌گوید و یا مزاح می‌کند

---

[1] بسیاری فکر می‌کنند که هاوکینگ جانشین واقعی نیوتن و انیشتین است. کتاب او تاریخچه زمان، با موفقیت جهانی عظیمی روبرو شد. در آمریکا ۶۰۰ هزار، در انگلستان ۲۰۰ هزار، در ایتالیا ۱۰۰ هزار و درفرانسه۲۷۰هزار نسخه از آن چاپ شد(در ایران تحت عنوان تاریخچه زمان ترجمه و چاپ شد.)





استافَن هاوکینگ و کتابش به نام ۳۰۰ سال گرانش که در سال ۱۹۸۷ منتشر شد.

البته باید اذعان داشت که این کتاب برای بسیاری از خوانندگان بسیار ثقیل است و فهم آن برای همه کس ممکن نیست و شاید ۹۰ درصد کسانی که این کتاب را خریده‌اند، حتی یکی دو فصل اول آن را بیشتر نخوانده‌اند. موفقیت بی‌حدّ این کتاب را می‌توان به شخصیت علمی و اراده آهنین چنین شخص فلجی دانست که حتی برای بیان مطالب خود مجبور است از دیگران کمک گیرد، چون افراد عادی نمی‌توانند الفاظ او را تشخیص دهند. هاوکینگ معتقد بود،(در ۱۹۹۰)که تحقیقات فیزیک در مورد فضا ممکن است تا آخر قرن حاضر به پایان رسد و این همچون بیت ترجیع‌بندی است که گاه‌گاه تکرار می‌شود.

درآغازقرن بیستم(۱۹۰۰)مارسِلین برتلو(۱۸۲۷-۱۹۰۷) (MarcellinBertholot) شیمی‌دان مشهور می‌گفت که جهان دیگر معمایی ندارد و مسائل مجهول عالم شناخته شده‌اند. این کلمات، دانشمندان بسیاری را ناراحت و مبهوت کرد. ولی جمله نیوتن با قدمت سه قرنی خود باز هم نو است:

« فکر می‌کنم همواره بچه‌ای هستم که در کنار ساحل با پیدا کردن سنگهای گرد و مُدَوَر و یا پیدا کردن صدفی جالب‌تر از صدفهای معمولیِ دیگر، بازی می‌کنم و در مقابلم اقیانوسهای وسیع حقیقت، ولی مجهول برای من گسترده شده‌اند. »

داستان خلقت

مسلماً این داستان صد در صد حقیقی نیست، ولی به علت وجود داده‌های تجربی نمی‌تواند از واقعیت هم چندان دور باشد، زیرا تجربه نشان می‌دهد که کهکشانها و ستاره‌ها از هم می‌گریزند. بنابر این، جهان در حال گشایش است. پرتوهایی از اعماق

آسمانها در کلیه جهات به ما می‌رسد. رادیو تلسکوپهای قوی قادرند آنها را ضبط کرده و تجزیه و تحلیل نمایند. این پرتوها که طول موج آنها بین ۰/۶ میلی‌متر تا ۶۰ سانتیمتر است با انرژی ضعیف (چند صدم تا چند هزارم الکترون ولت)، « پرتوهای فسیلی» نامیده می‌شوند که حکایت از انفجاری که در ۱۵ میلیارد سال پیش در جهان اتفاق افتاده، می‌کنند.این مشاهدات عینی مطابقت کامل با فرضیه انفجار اولیه یامَهبانگ دارد. جهانِ بعد از آتش نخستین برای اختر فیزیک‌دانان، بیوشیمیست‌ها و اخترشناسان کاملاً شناخته شده و مملو از ماده و انرژی است.

چرا این انفجار رخ داد؟ قبل از آن جهان متشکل از چه و چگونه بود؟ بعد از این، سرنوشت جهان چه خواهد بود؟ همان طور که در آغاز گفتیم، اینها سؤالهایی است که هم‌اکنون دانشمندان به آن فکر کرده و می‌کنند. نظریه‌های مختلفی وجود دارند که برخی ما را به حقیقت نزدیک و برخی دیگر دور می‌نمایند. جهان در حال گسترش است؛ شکی در آن نیست زیرا دور شدن کهکشانها را می‌بینیم. اگر ثابت شود که در یک لحظه و یا یک نقطه بحرانی گسترش متوقف می‌گردد و فشردگی آغاز می‌شود، جواب به سؤالات فوق آسان بوده و ابهامات از بین خواهند رفت.

برای شناخت حقیقتِ چگونگی پیدایش جهان و تحولات و تنوعی که از ترکیبات عناصر به وجود آمده که منجر به تولید موجود زنده و بالاخره مغز انسان شده است، نگاهی مختصر بر این نظریات نموده و جوابهایی را که دانشمندان مختلف به سؤالات فوق می‌دهند، با محاسبات نجومی ساده مورد بحث قرار می‌دهیم.

به هر حال در مورد آتش نخستین همه دانشمندان با هم موافق‌اند، فقط بحث در مورد قبل از آن، یعنی لحظه t=۰ است. همه چیز در لحظه t=۰ با انفجاری بزرگ شروع شد و ۱۵ میلیارد سال از آن می‌گذرد. در لحظه t=۰ جهان و کلیه مواد و انرژی موجود در آن در یک نقطه فیزیکی متمرکز بوده است. این نقطه بسیار فشرده را تخمه کیهانی نام نهاده‌اند. در اسطوره‌های تمدن‌های مختلف، به آن افسانه خلقت گویند. البته همان طور که قبلاً گفته شد، رابطه نسبیت عام انیشتین و فیزیک کوانتایی هنوز قادر به توجیه چگونگی این تراکم و انفجار نشده‌اند.

براساس مدل انیشتین در سال ۱۹۱۷، چگالی ρ و جرم M و حجم V و بالاخره شعاع جهان R به ترتیب عبارت‌اند از:

$\rho=۵X۱۰^{-۳۱}$	چگالی جهان: برحسب سانتیمتر مکعب/ گرم
$M=۶ X۱۰^{۳۵}$	جرم جهان: برحسب کیلوگرم.
$V=۶ X۱۰^{۸۰}$	حجم جهان: برحسب متر مکعب
$R=۳/۵ X۱۰^{۱۰}$	شعاع جهان: برحسب سال نور

بزرگی اعداد فوق به نحوی است که جز به صورت نمایی نمی‌توان آنها را نوشت. مثلاً جرم جهان عبارت است از ۶ و ۳۵ صفر در مقابل آن و یا حجم آن ۶ و هشتاد صفر در مقابل آن؛ و نیز در مورد شعاع، سال نوری به کار برده شده است. یک سال نوری عبارت است از مسافتی که نور با سرعت سیصد هزار کیلومتر در ثانیه در طی یکسال پیموده است.

یکسال‌نوری=۹,۴۶۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰کیلومتر=۳۶۵X۲۴X۶۰X۶۰X۳۰۰,۰۰۰

یعنی شعاع جهان برابر است با: $R=۳:۳۵X۱۰^{۱۰}X۹,۴۶۱X۱۰^{۱۲}= ۳,۳۵X۱۰^{۲۴}$

$R=۳۳۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰$ کیلومتر

بنابر عقیده هاوکینگ، جرم جهان باید ده برابر بیشتر و در نتیجه چگالی جهان ده برابر مقدار فوق باشد. بنابر نظریه دیگر، چگالی جهان باید ۵۰ برابر بیشتر باشد. به هر حال چگالی جهان قاعدتاً بین یکρ تا ۵۰ρ باید باشد.

مسئله چگالی اهمیت فراوانی دارد، زیرا آرایش جهان بستگی به آن داشته و بعداً خواهیم دید که وجود سیاهچاله‌ها و ابهاماتی که در مورد تشخیص آنها وجود دارد، مانع از به دست آوردن چگالی واقعی جهان شده. هاوکینگ معتقد است جرم سیاهچاله‌های موجود در کیهان بیشتر از جرم ستارگان و کهکشانهای قابل رؤیت در جهان است.

اگر جهان سنگین باشد (چگالی بالا)، نیروی گرانش بر گشایش چربیده، بنابر این جهان بسته خواهد شد. اگر جهان سبک باشد (چگالی پایین)، گشایش اهمیت پیدا کرده و جهان باز خواهد بود و توسعه پیدا می‌نماید. بسیاری از دانشمندان سعی کرده‌اند که چگالی بحرانی جهان را، یعنی حالتی که نیروی گرانش بر گشایش چربیده و جهان میل به فشردگی حاصل می‌نماید، حساب کنند. به کمک فرمول ساده شده زیر می‌توان چگالی بحرانی را حساب کرد:

$\rho c = 3H^2 / 8\pi G$ چگالی بحرانی

که در آن ρc چگالی بحرانی (Critique) و H ثابت هوبل (Hubble) و مقدار آن ۵۰ تا ۵۵ در سیستم بین‌المللی SI است. G ثابت گرانش که در رابطه معروف نیوتن آمده و مقدار آن $G=6/67 \times 10^{-11}$ است و با تبدیل واحدها، چگالی بحرانی گرم/سانتیمتر $\rho c = 5 \times 10^{-30}$ به دست می‌آید.

یعنی چگالی بحرانی جهان معادل ۳ هسته اتم هیدروژن یا پروتن در هر مترمکعب فضاست. در جوّ زمین تعداد ملکولهای موجود در هر مترمکعب برابر با $(2/7 \times 10^{25})$ ملکول اکسیژن و ازت (یعنی در مقابل عدد ۲۷ باید ۲۴ صفر اضافه نمود) است و از آنجا خالی بودن فضا را با جوّ زمین مقایسه کنید.

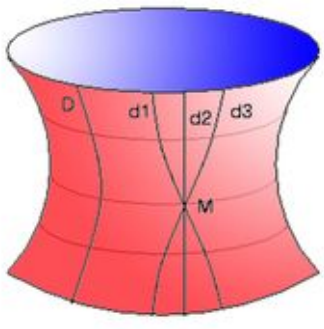
تعداد ملکولهای اکسیژن و ازت در متر مکعب فضا: ۲۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰

اگر نسبت $\rho / \rho c$ را (Ω) بنامیم، سه حالت پیش می‌آید:

اگر $\Omega > 1$ باشد، گرانش مهم‌تر بوده و جهان بسته و مشخصات آن سطح کره‌ای است.

اگر $\Omega < 1$ باشد، گشایش مهم‌تر بوده و جهان باز و خصایل هندسی آن سطحی مخصوص که به نام سطح Lobatchevski (سطحی با انحنای منفی) géométrie hyperbolique. نامیده می‌شود

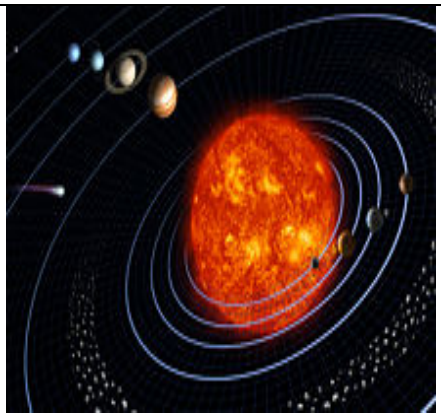
اگر $\Omega = 1$ باشد، گشایش تا بی‌نهایت ادامه خواهد یافت و وضع هندسی جهان اقلیدسی Euclidienne(یعنی همان هندسه معمولی یا قدیمی که در آن دو خط موازی هرگز همدیگر را قطع نخواهند کرد) خواهد بود.



سطح با انحنای منفی

مبتنی بر نسبیت عام انیشتین

Lobatchevski



منظومه شمسی بنا به نظریه نیوتن مبتنی بر اصول اقلید سی Euclidienne

دانستن جرم و چگالی جهان اهمیت زیادی در تعریف آتش نخستین یا مَهبانگ دارد. مطالب غیر مطمئن بسیاری در این زمینه وجود دارند که نمی‌توان گفت سرنوشت جهان چیست و یا چگونه به وجود آمده است. زیرا اگر جهان رو به گشایش تا بی‌نهایت است، پس آغاز چرا در یک نقطه متمرکز بوده است. ولی اگر جهان بعد از اینکه گسترش کافی یافت و شروع به فشردگی نمود، در این حال رجعت به سوی لحظه اولیه را می‌توان توجیه نمود و گفت که قبل از آتش نخستین جهان چگونه بوده است.

تجربه نشان داده که مواد روی کره زمین و یا سایر سیّارات همه با هم از نظر نوع عنصر مشابه و یکسان‌اند. به وسیله نیمه عمر اتمهای رادیو اکتیو می‌توان عمر زمین و یا سایر سیّارات را تعیین نمود. مثلاً با دقت نسبتاً زیاد می‌دانیم که عمر زمین ۴/۶ میلیارد سال است. عمر ستارگان و کهکشانها را از روی نسبت زوج رادیواکتیو می‌توان محاسبه نمود. نیمه عمر اورانیم ^{238}U معادل با ۴/۵ میلیارد سال و نیمه عمر[1] لوتسیم . ^{176}Lu ده میلیارد سال و نیمه عمر پتاسیم ^{40}K یک میلیارد سال است. و نیز از نسبت درصد ایزوتوپهای پایدار عناصر می‌توان پی به عمر جهان برد.

در سال ۱۹۸۷ بوتچر(H.R.Butcher) به وسیله مطالعه خطوط طیف عنصر توریم (Th) و عنصر نئودیم (Nd) گفته بود که عمر جهان برابر با ۱۲ میلیارد سال است و حال آنکه در مجمع عمومی اتحادیه اخترشناسان جهان در ۸ اوت ۱۹۸۸ جرج میلی (Gerge Miley)و ویلوان بروژل (Wilvan Breugel) از دانشگاه برکلی آمریکا اظهار داشتند که رادیو کهکشانیِ[2] در آسمان پیدا کرده‌اند که عمری معادل با۸۵ تا ۹۰ درصد عمر جهان دارد. این رادیو کهکشان نور مرئی ندارد، و فقط امواج رادیویی از خود منتشر می‌نماید. اگر رادیو کهکشانهایی دیگر و مشابه یافته شود، می‌توان عمر جهان را با دقت و در حدود ۱۷ میلیارد سال تخمین زد و از آنجا به کمکΩ چگونگی گسترش و یا فشردگی جهان را مشخص نمود. به هر صورت تا زمانی که به دقت عمر جهان و چگالی آن معلوم نشده، نمی‌توان راجع به گذشته جهان قبل از انفجار بزرگ اظهار نظر نمود. همان طور که

---

۱)قبلاً گفته شد که نیمه عمر عبارت است از زمان لازم برای تجزیه نیمی از اتمهای رادیو اکتیو.

۲)رادیو کهکشان یا رادیو کلاکسی به کهکشانی گفته می شود که از خود امواج رادیویی منتشر می کند

گفته شد، همه چیز در لحظه$t=0$ با انفجاری بی‌نهایت بزرگ شروع شد و بعد از $t=10^{-43}$ ثانیه، عملاً ابهامی وجود ندارد. این لحظه بی‌نهایت کوتاه، یعنی در واقع صفر است، زیرا $t=10^{-43}$ را می توان به صورت زیر نوشت:

ثانیه۱/ ۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ /۰

یا می‌توان گفت بعد از ممیز ۴۲ صفر وجود دارد و سپس یک. در این لحظه جهان دیگر نقطه فیزیکی نبوده، بلکه اندازه آن معادل سرسوزنی است. یعنی شعاعی معادل با $(R=10^{-30})$ ۱۰ به توان منهای۳۰ متر دارد ولی از نظر درجه حرارت بی‌نهایت گرم و دمای آن برحسب درجه حرارت مطلق(کِلون)[1] برابر با $T= 10^{32}\ K^\circ$است، یا می‌توان گفت صد هزار میلیارد در میلیارد در میلیارد درجه، یعنی حرارتی غیر قابل تصور! این جهان گرم کم کم سرد می‌شود. در لحظه $t=10^{-35}$ ثانیه بعد از انفجار، حجم جهان دو برابر و در لحظه $t=10^{-32}$ثانیه به اندازه حجم یک پرتقال شده است و درجه حرارت آن به $K^\circ=10^{25}$ درجه کلون می‌رسد. انرژی موجود، طبق رابطه انیشتین $(E=MC^2)$ تبدیل به مادّه می‌گردد. ذرّات مادّه حاصل شده هنوز آن ذراتی نیستند که ما با آنها آشنا هستیم. این ذرات کوارک و پادکوارک یا ضد کوارک نام دارند. هر پیمانه از انرژی یک میلیارد و یک (۱۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱) کوارک و یک میلیارد ضد کوارک تولید می‌کند.

عمل تولید کوارک و ضد کوارک با سرد شدن جهان ادامه دارد. در یک بلیاردیم ثانیه (10^{-12})بعد از انفجار، دمای جهان($K^\circ=10^{16}$)ده هزار بلیارد درجه مطلق و حجم آن کره‌ای است به قطر ۳۰۰ میلیون کیلومتر، یعنی سه هزار میلیارد بار بزرگتر از پرتقال قبلی است. در این لحظه، جهان شوربایی است از کوارک‌ها و ضدکوارک‌ها و نیز ذرّاتی دیگر نظیر الکترون، میون، نوترینو و پادذرّه (ضد ذرّه) آنها.

در لحظاتی بین (یک میلیونیم تا ده هزارم ثانیه)، درجه حرارت جهان به علت تبدیل انرژی به جرم، باز هم پایین آمده، ولی هنوز هم حرارت آن برای ترکیب و پیوند ذرّات فوق با هم بسیار زیاد است و با وجود آنکه قطر جهان به ۱۰ میلیارد کیلومتر رسیده و درجه

---

۱) درجه ی مطلق (Kelvins) معادل با $Tk^\circ = Tc^\circ + 273.15$ که در آن Tc°درجه سانتیگراد است. یعنی صفر درجه سانتیگراد معادل با ۲۷۳/۱۵ درجه مطلق و صفر درجه حرارت مطلق، پایین‌ترین درجه حرارت ممکن در جهان است و معادل با ۲۷۳/۱۵ - درجه سانتیگراد می‌باشد.

حرارت آن $۱۰^{۱۳}$ درجه کلون است، نور انفجار اولیه بیش از ۳۰۰ متر جلوتر نرفته است.در لحظه ۰/۰۰۰۱ ثانیه ، دمای جهان معادل $۱۰^{۱۲}$ درجه کلون است و جهان باز هم گسترش می‌یابد. اجتماع سه‌گانه کوارک‌ها، پروتن و یا نوترون را به وجود می‌آورند و نیز اجتماع سه‌گانه ضد کوارک‌ها، ضد پروتن و ضد نوترون را تولید می‌کنند. کوارک‌ها و یا ضد کوارک‌ها با نیروی قوی (پیوند هسته‌ای) به همدیگر متصل می‌گردند و چون درجه حرارت کمتر از($K^{\circ}=۱۰^{۱۲}$) است، دیگر قادر به جدا شدن از هم نخواهند بود. این مرحله یا فاز را هادرون (Hadrons) یا مرحله قوی می‌نامند. در آغاز این مرحله، همان اندازه فتون و ذرّه و ضد ذرّه وجود دارد؛ یعنی دو واکنش زیر در حال تعادل هستند.

یک فتون ➔ (ضد ذرّه + ذرّه)=(تخریب) Destruction

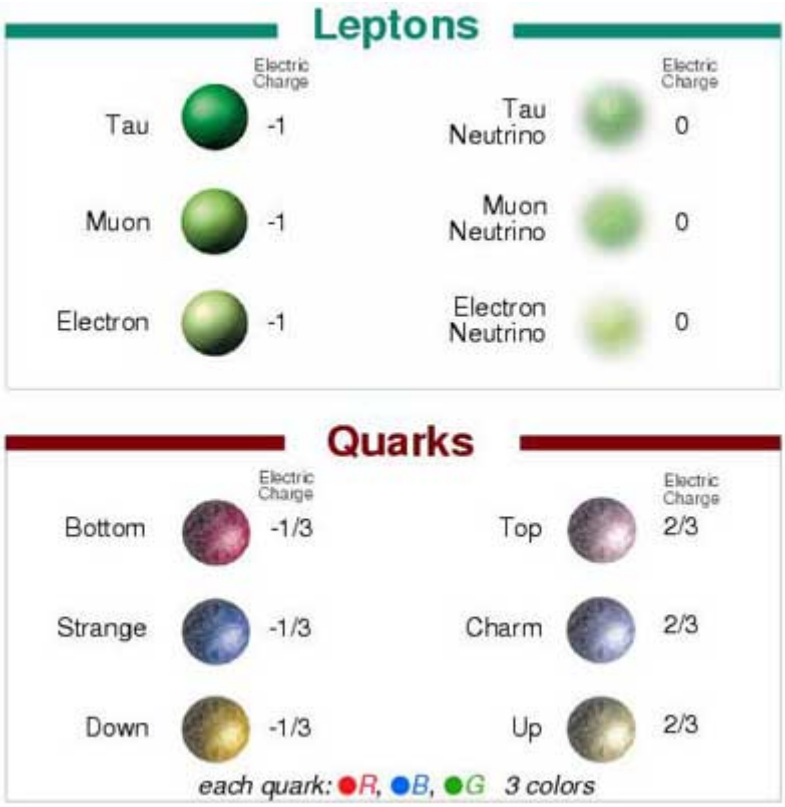
(ضد ذرّه + ذرّه) ➔یک فتون =(تبدیل به مادّه شدن)Matérialisation

یعنی در مرحله اول تمام (ضد ذرّه + ذرّه)ها تبدیل به فوتون می‌شوند و در مرحله یا واکنش بعدی عکس آن اتفاق می افتد:یعنی فتونهای نوری تبدیل به (ضد ذرّه + ذرّه) می شوند..

با این وجود همان طور که در فوق گفته شد، تعداد کوارک‌ها همیشه یک کوارک در هر میلیارد بیشتر از ضد کوارک‌ها بوده و بنابراین به ازای هر میلیارد (ضد ذرّه + ذرّه) که از بین می‌روند، یک کوارک باقی می‌ماند. لحظه‌ای فرا می‌رسد که دیگر ضد ذرّه‌ای وجود نداشته و تعداد زیادی کوارک متفاوت باقی مانده است که از اتحاد آنها با هم پروتون و نوترون تولید خواهد شد. در t=۰/۰۰۰۱ ثانیه تا t=۱ ثانیه، دمای جهان به $t=۱۰^{۱۰}$ درجه مطلق رسیده است. دیگر هادرون (پروتون و نوترون) به وجود نخواهد آمد، ولی برعکس انرژی آنقدر هست که فتونها تبدیل به الکترون، نوترینو، میون و ضد ذرّه مربوطه ی هر یک از آنها شوند. این مرحله را لپتون Leptons گویند. در۱=tثانیه لِپتونها سرنوشت هادرونها را پیدا کرده و تبدیل به فوتون می‌شوند،مثلاً:

۲ فتون ➔ضد الکترون (پوزیترون) + یک الکترون

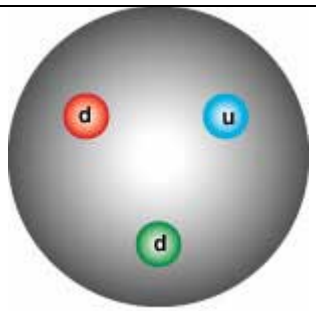
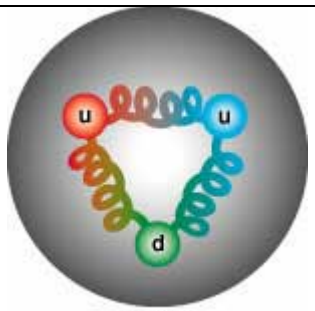
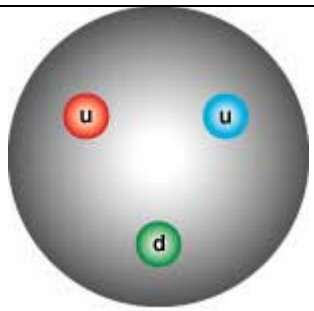
مقداری از الکترونها باقی می‌ماند که به پروتون و نوترونهای مرحله قبل افزوده می‌شوند. جهان دیگر کامل شده و قسمت اعظم انرژی‌ها تبدیل به ماده گردیده و بنابر این جرم مشخصی داردتمام ذراتی که دراین لحظات حاصل می شونددرتابلوهای زیرآورده شده اند.

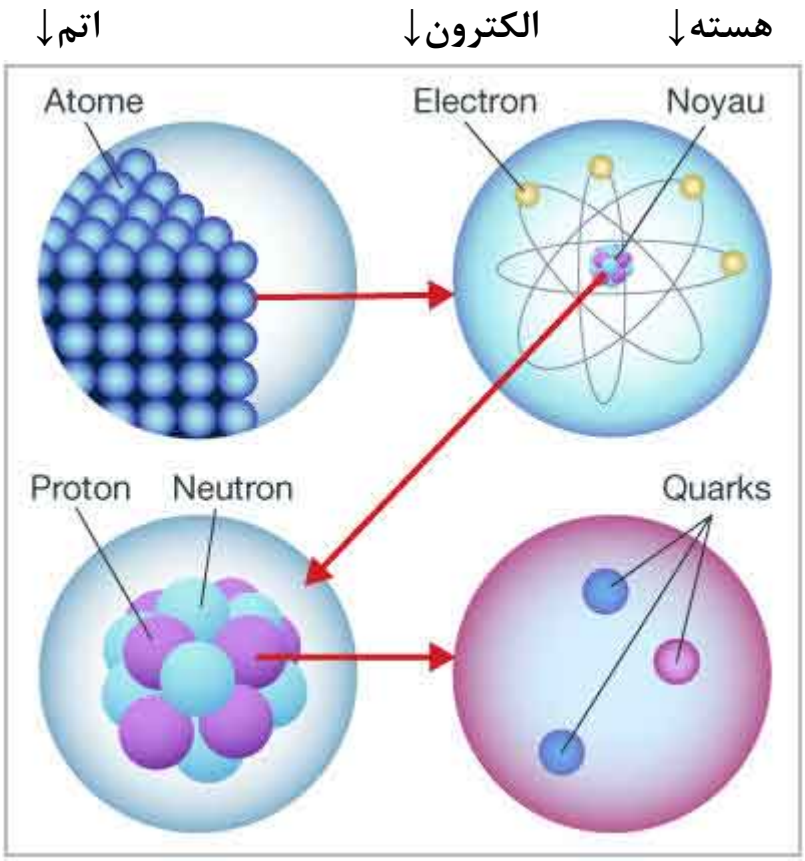


این تصویر مشخصات ذرّات بنیادی را نمایش می دهد.

کوارکهایی که پروتون و نوترون را می سازند،متفاوت ازهم می باشند یک پروتون از دو کوارک بالاUp و یک کوارک پایینDown درست شده و حال آنکه نوترون از دوکوارک پایینDown و یک کوارک بالاUp تشکیل یافته است.

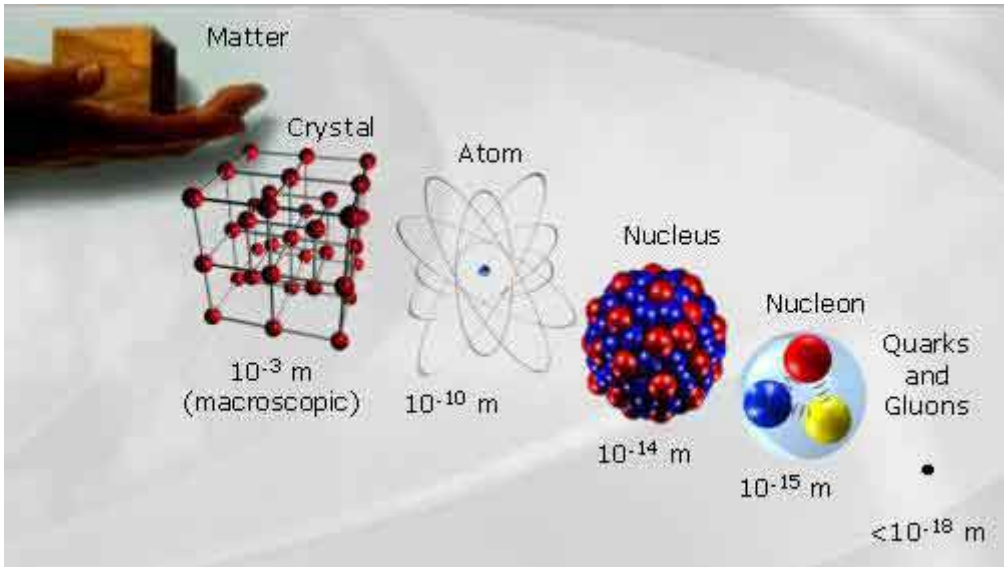
همانطور که در شکل فوق می بینید کوارک بالا باری معادل۲/۳ واحد بار الکتریکی مثبت دارد. بنابراین مجموع دو کوارک بالا۴/۳+ واحد بار الکتریکی مثبت می گردد و افزایش یک کوارک پایین با بار ۱/۳ـ (منفی)به آن دارای یک واحد بار الکتریکی مثبت می شود. نوترون ذرّه ای بدون بار است،لذا از اتحاد دوکوارک پایین با بار ۱/۳ـ و یک کوارک بالا با بار ۲/۳+ تبدیل به ذرّهای بدون بار می گردد.

 Neutron نوترون از دو کوارک پایین و یک کوارک بالا تشکیل یافته است	 Proton پیوند هسته ای قوی کوارکها در درون پروتون	 Proton پروتون ازدو کوارک بالا و یک کوارک پایین تشکیل شده



در تصویر های فوق چگونگی تشکیل اتم را از ذرّات بنیادی نمایش داده ایم.

در این مرحله، جهان دارای M کیلوگرم هادرون (پروتون و نوترون) و m کیلوگرم لِپتون است. به نحوی که نسبت جرمی آنها M/m=۱/۲۰۰۰ می‌باشد. تمام این ذرّات تحت تأثیر نیروهای اصلی چهارگانه (در فصل اول شرح داده شد) قرار می‌گیرند ولی درجه حرارت هنوز خیلی زیاد بوده و این ذرّات قادر به تولید اتمهای پایدار نخواهند بود. در t=۳ ثانیه، دمای جهان یک میلیون درجه مطلق بوده و به اندازه کافی سرد و نزول کرده است، در نتیجه نیروهای فوق می‌توانند بر روی پروتون و نوترون اثر گذارده و از آنها مجموعه‌های پایدار به صورت اتم‌های اولیه، یعنی هیدروژن و یا هلیوم بسازند. این مرحله را سنتز هسته‌ای Nucléosynthése می‌گویندکه در تصویر زیر نمایش داده شده است



سنتز یا تشکیل مادّه از قِبل ذرّات بنیادی،در این تصویر ابعاد ذرّات و هسته و مادّه آورده شده است.کوارکها که نوترون یا پروتون را می سازند هر یک شعاعی معادل $۱۰^{-۱۸}$متر دارد. یک نوترون و یا یک پروتون را نوکلئون کویند که شعاع آن $۱۰^{-۱۵}$ متر است،مجموع تعدای از پروتونها ونوترو.نها که هسته اتم (نوکلئوس) را می سازند $۱۰^{-۱۴}$ متر است و اما اتم همین هسته شعاعی به مراتب بزرکتر دارد و برابر $۱۰^{-۱۰}$متر و نیز یک کریستال میکروسکپی از همین اتم شعاعی برابربا یک میلیمتر ($۱۰^{-۳}$) دارد.

اگر شعاع اتمی یک متر باشد هسته آن به اندازه یک ذرّه ی گردو غبار خواهد بود.اگر هسته ی تمام اتمهای بدن من مرتب درکنار هم قرار گیرند بدن من با چشم قابل روئیت نخواهد بود،یعنی اندازه من برابر با گرد وغباری که قطرش ازهزارم میلیمتر هم کمتر است خواهد بود.اگریک سر سوزن از هسته اتمهای فشرده کنار هم درست شده باشد، وزنی معادل ۱۰۰,۰۰۰تن خواهد داشت.

	یک پروتون	◄	هسته ی یک اتم هیدروژن ^{۱}H
سنتز هیدروژن	یک پروتون + یک نوترون	◄	هسته هیدروژن سنگین ^{۲}D
	یک پروتون + دو نوترون	◄	هسته ی هیدروژن سنگینتر ^{۳}T
سنتز هلیم	دو پروتون + یک نوترون	◄	هسته ی هلیم سبک ^{۳}He
	دو پروتون + دو نونرون	◄	هسته ی هلیم معمولی ^{۴}He

مرحله سنتز هسته‌ای چند دقیقه بیشتر طول نمی‌کشد، زیرا در t=۳۰ثانیه بعدازانفجار بزرگ،درجه حرارت آنقدرپایین آمده که عمل پیوستFusion اتفاق نمی‌افتد. ۲۵ درصد جرم کلی جهان به صورت هلیم و ۷۵ درصد آن به صورت هیدروژن است.

درآغاز سالهای ۱۹۶۰ زِلدوویچZeldovitch و هاوکینگHawking معتقد بودند که مقدار زیادی از جرم جهان در لحظات اولیه آتش نخستین (مَهبانگ) به صورت سیاهچاله‌های کوچکLittle Black Holes درآمده است وآنها معتقدند که مرکز کهکشان ما یا راه شیری، سیاهچاله عظیمی است.اخیرا(سال ۲۰۰۷) با پژوهش در باره پرتوهای فسیلی متوجه شده اند که در آغاز پیدایش جهان آشفتگی هایی غیر عادی و نا منتظره در حدود ۴۰۰,۰۰۰ هزار سال بعد از مَهبانگ به وقوع پیوسته است ودلیل بی نظمی درپرتوهای فسیلیCosmic Microwave Bakground را یک پژوهشگر انگلیسی Dr Martin Haehnelt از انستیتو ی اختر شناسی کامبریج[1] به تشکیل همین سیاهچاله های کوچک نسبت می دهد.و استدلال می کند که در اثر اجتماع این سیاهچاله های کوچک دمای جهان به ناگهان افزایش یافته و اختلال در پرتوهای فسیلی (میکرو اُوند) از آن است.یکی از نتیجه گیرهای این فرضیه اثبات وجود سیاهچاله های بزرگ در مرکز کهکشانها است که زمان تشکیل آنها در جهان تاکنون مجهول بوده است..

بعد از مَهبانگ باز جهان گسترده شده، لحظه یا مرحله انتشار پرتوها آغاز می‌گردد و درجه حرارت جهان مرتب کاهش می‌یابد. در فاصله‌ای بین t=۳۰ ثانیه تا t=۱۰۰,۰۰۰ سال دمای جهان از $t=10^{10}$ به t=۳۰۰۰ درجه مطلق تنزل می‌یابد، با این وجود هنوز درجه حرارت برای اینکه کلیه پوزیترون‌ها (ضد الکترون β^+) با واکنش $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$ از بین بروند بالاست. پروتون و الکترونهای باقیمانده آزاد بوده و پرتوهای گاما γ و پرتوهای X و فتونهای نوری (پرتوهای کم انرژی و در قلمرو طیف نور مرئی) قادر به عبور از ماده نبوده، جذب آن می‌شوند و در این مرحله جهان شفافی خود را از دست داده و تار می‌گردد.

صد هزار سال و یا حتی یک میلیون سال بعد، درجه حرارت کمتر از سه هزار درجه می‌شود. فوتونها دیگر انرژی زیادی ندارند. و قادر به جلوگیری از اتحاد پروتون و الکترون نبوده و لذا اتمهای خنثی از ترکیب هسته با الکترونها حاصل می‌شوند.

$$^1_1P^+ + e^- \rightarrow H \qquad \text{(پروتون)}$$

---

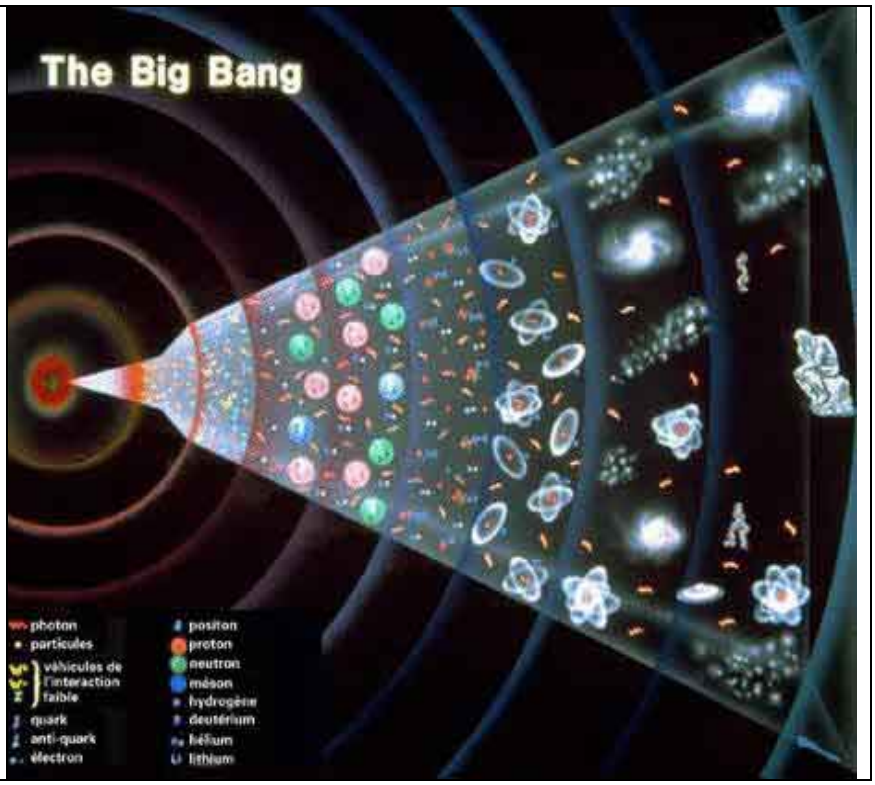
۱ ۱ Des mini trous noirs à l'origine des trous noirs géants ?

http://www.universetoday.com/am/publish/early_mini_black_holes.html

$$^{4}_{2}He^{++} + 2e^{-} \rightarrow {}^{4}_{2}He.$$ (هسته هلیم سنگین)

$$^{3}_{2}He^{++} + 2e^{-} \rightarrow {}^{3}_{2}He$$ (هسته هلیم سبک)

اتمهای هیدروژن و هلیم سبک وهلیم سنگین را به وجود می‌آورند. نتیجه حاصل از این سنتز اتمی این است که دیگر اتمهای خنثی قادر به جذب فوتونها نبوده و لذا دوباره جهان شفاف می‌گردد و پرتوها از نو می‌توانند از مادّه عبور کرده و به همه جا گسترده شوند(مشابه عبور نور از شیشه شفاف).در تصویر زیر مراحل مختلف تشکیل جهان از لحظه ی مَهبانگ تا به وجود آمدن انسان متفکر ترسیم شده است. این جهانی که در سراسر آن مادّه پراکنده شده و گسترش می‌یابد و سرد می‌شود، دیگر نیروی قوی بر آن (نیروی پیوند هسته‌ها) حاکم نبوده، بلکه نیروی گرانش است که آرایشگر جهان می‌گردد. یک میلیارد سال بعد از انفجار بزرگ (مَهبانگ) دمای جهان به ۱۰۰ درجه مطلق، یعنی – ۱۷۳/۵ درجه سانتیگراد می‌رسد. ده میلیارد سال بعد، دمای جهان به ۲۵۸/۱- درجه سانتیگراد رسیده و در حال حاضر دمای جهان معادل با ۲/۷ درجه مطلق یا ۲۷۰/۸- درجه سانتیگراد است.



نمایش جهان ازلحظه مَهبانگ تا پیدایش انسان متفکر(مجسمه رودن) Rodin

نور حاصل از مَهبانک در طی زمان به صورت یک مخروط منتشر می شود. ابتدا ذرّات اولیه سپس اتمها ودرپی آن کهکشانها به وجودمی آیند.دربین میلیاردها کهکشان به وجود آمده کهکشان راه شیری و یا کهکشان ما است که در آن پس از انفجار ستاره مادر،ستاره ما خورشید و سیّارات به وجود می آیند. سپس زندگی بر روی زمین وتحول آن به انسان متفکر ختم میشود.

در بین این دوره از عمر جهان، بیشتر از دویست میلیارد کهکشان تشکیل یافته و در درون هر یک بیش از دویست تا چهارصد میلیارد ستاره که هر کدام به مراتب بزرگتر و یا حداقل معادل با خورشید ماست از به هم فشردگی گازهای هیدروژن و هلیم حاصل گشته‌اند. مادامی که حجم توده گاز در درون ستاره‌ای از حجم بحرانی بالاتر باشد، درجه حرارت درونی آن در اثر تراکم اتمها بر روی یکدیگر به چندین تا چند صد میلیون درجه می‌رسد و در این حال واکنش پیوست اتمها یا fusion در داخل ستاره شروع شده و جهان تاریک و سرد و افسرده مبدل به جهانی زیبا با ستارگان و کهکشانهایی قابل رؤیت با چشم می‌گردد و به ما با درخشش خود لبخند زده و نوید تنوع و تحول را می‌دهند؛ کهکشانهایی بسیار بزرگ بوجود می‌آیند که زمان لازم برای عبور نور از یک طرف آنها به طرف دیگر بیش از سیصد هزار سال طول می‌کشد و در تمام جهان و در فضای لایتناهی گسترده می‌گردند. در داخل آنها و در قلب ستارگانشان سنتز عناصر شروع می‌شود. ابتدا عناصر سبک نظیر کربن، اکسیژن، ازت و بتدریج عناصر سنگین‌تر سیلیسیم، منیزیم، خانواده آهن و بالاخره عناصر بسیار سنگین خانواده پلاتین و خاکهای نادر و اکتنیدها (خانواده اورانیم) ساخته می‌شوند. موقعی که مخزن سوخت(هیدروژن و هلیم) ستاره‌ای کاهش یافت، وزن درونی ستاره در حجم کوچکی متراکم شده و سپس ستاره منفجر می‌گردد. پس از انفجار ستاره‌ای عظیم، ضربه حاصل از انفجار سبب متراکم شدن گازهای هیدروژن و هلیم باقی مانده از ستاره، در مرکز می‌شود و با در مدار قرار گرفتن خاکسترهای باقی مانده از انفجار، به دور آن منظومه‌ای مشابه منظومه شمسی ما به وجود می‌آورد. خورشید و سیّارات هشت گانه اطراف آن، بقایای ستاره عظیمی هستند که در ۵ میلیارد سال پیش منفجر شده، توده‌ها و خاکسترهای باقی مانده از انفجار آن منظومه شمسی را تشکیل داده است. در عطارد، زهره، زمین و مریخ خاکسترهای سنگین متشکل از کلیه عناصری که بر روی زمین می‌بینیم گردهم می‌آیند و حال آنکه قسمت اعظم گاز هیدروژن در خورشید متراکم می‌گردد. گازهای مختلف باقی‌مانده سیّارات دیگر را تشکیل داده بخصوص قسمت اعظمی از گازهای هیدروژن و هلیم سهم سیّاره مشتری می‌شود، ولی چون حجم و چگالی آن به حدّ بحرانی برای ایجاد عمل پیوست نرسیده است، لذا به صورت سیّاره ساده‌ای در اطراف خورشید و بر روی مدار مشخصی در چرخش به دور خود و خورشید قرار می‌گیرد. اگر حجم مشتری ده برابر حجم کنونی آن بود، منظومه شمسی ما

مرکب از دو خورشید بود و در آسمان ما دو خورشید می‌درخشید. چه‌بسا منظومه‌های بسیار زیادی در کهکشانها دارای چندین خورشید هستند. در جهانی متشکل از یکصد هزار میلیارد در میلیارد ($۱۰^{۲۲}$ تا $۱۰^{۲۳}$) ستاره که هر یک از آنها منظومه‌ای مشابه منظومه شمسی ماست، چه کسی می‌تواند ادعا کند که ستاره ما خورشید تنها ستاره‌ای است که سیّاره‌ای مانند زمین داشته و مسکونی باشد و برای چه در این دنیای لایتناهی ما تنها چنین شانسی داشته‌ایم! به نظر می‌رسد که دنیا مملو از زندگی است و ما انسانها از آن بی‌خبریم. در فصل چهارم به طور مفصل تولد و مرگ ستارگان و در فصل پنجم احتمال وجود زندگی در کیهان را مورد بحث قرار می‌دهیم.

فصل چهارم

پرده اول از نمایشنامه

خلقت

تولد و مرگ ستارگان[1]

(Photo : HST ; ESA / NASA)

دو کهکشان با یکدیگر تصادف می کنند و بر اثر این تصادف،
در ناحیه هم پوشی آنها دو ستاره زاده می شوند.

[1] بخشی از این فصل، از کتاب سیاهچاله ها نوشته ژان پیر لومینه اقتباس شده است

مرگ یا مبارزه

یک‌دست‌جام‌باده‌ویک‌دست‌زلف‌یار

رقصی چنین میانه میدانم آرزوست

(مولانا)

چند سال پیش در کنفرانسی، یکی از اختر فیزیک‌دانان سخنرانی خود را چنین شروع کرد: »یک ستاره چیز بسیار ساده‌ای است«. یکی از حاضرین بلند شد و گفت: »خود شما نیز خیلی ساده به نظر خواهید رسید، اگر در فاصله صد سال نوری از ما قرار داشته باشید.«

این یادآوری کاملاً درست است. ستاره ما خورشید، چیزی جز پوستش را به ما نشان نمی‌دهد. با همین مختصر، از فاصله یکصدوپنجاه میلیون کیلومتری توده عظیمی از پدیده‌های شگفت‌انگیز را به ما هدیه می‌کند: لکه‌های متفاوت، فورانهای آتش و طوفانهای عظیم. خورشید ستاره متوسطی است، نه چندان بزرگ و نه چندان کوچک. ستارگانی که در آسمان چشمک می‌زنند و برای ما نور مختصری می‌فرستند، هر کدام خورشیدهایی هستند به مراتب بزرگتر از خورشید ما؛ ولی چون زیاد از ما دور هستند، ما آنها را این چنین کوچک می‌بینیم. تنها پرتوهایی ضعیف، نوعی فریاد از اعماق آنها و از فاصله دور، حکایت از پدیده‌های مختلف و معجزه‌آسایی که در آنها صورت می‌گیرد می‌کند. تجزیه پرتوهای رسیده از آنها خود نوعی معجزه است که ما را تا حدّی از چگونگی این پدیده‌ها با خبر می‌سازد.

با دیدی ساده می‌توان تشکیلات درونی یک ستاره را در چند کلمه مختصر کرد.

گلوله عظیمی از گازهای بسیار بسیار گرم!

هر کدام از کلمات این عبارت اهمیت و معنی بسیار دارد. گلوله عظیمی از گاز یعنی مقادیر بسیار بسیار زیاد و غیر قابل تجسم از گازهای مختلف و در حالت تعادل؛ مثلاً خورشید که چنین گلوله گازی است، از ۵ میلیارد سال پیش تاکنون تعادلش به هم نخورده و تمام گازها در درون آن و کنار یکدیگر و در حال فعالیت وجود دارند و احتمالاً این تعادل ۵ تا ۶ میلیارد سال دیگر ادامه خواهد یافت. چیزی غیر قابل تصور و یا تجسم! بر روی زمین اگر مخزنی از گاز را باز کنید، تمام گازهای موجود در مخزن به همه جا پراکنده شده و از هم دور می‌شوند و آنتروپی و یا درجه بی‌نظمی ملکولها بالا می‌رود. ولی بر عکس گازهای موجود در یک ستاره پراکنده نشده و همه اتمهای گاز کنار یکدیگر در حجم مشخص و معینی قرار دارند. چه چیزی گازها را این

چنین کنار یکدیگر نگه داشته؟ مادامی که کلمه گلوله عظیمی را به کار می‌بریم، جواب سؤال فوق در آن نهفته است. یعنی جرم زیاد و همراه جرم زیاد، نیروی جاذبه است که کارگردان مطلق تشکیلات ماده شده. هر اتم گاز به سوی مرکز کشیده می‌شود و نیروی جاذبه بین اتمها، آنها را متمرکز و متمرکزتر می‌نماید. چرا یک قطره آب شکل کروی دارد؟ زیرا تمام ملکولهای آب سعی دارند تا آنجا که ممکن است با هم در تماس و چسبیده به هم باشند. هر ملکول سعی دارد به ملکولهای دیگر بچسبد، لذا شکلی را به خود می‌گیرند که در آن کمترین سطح را داشته باشند. در حقیقت سطح یک کره از سطح کلیه اشکال هندسی کوچکتر است. به همین دلیل خورشید و یا ستارگان و سیّارات آنها اگر سرعت دورانی بسیار زیاد نداشته باشند، کروی هستند. می‌بینیم کاربرد کلمه گلوله در جمله فوق معنی و مفهوم بسیار دارد.

باز هم در اینجا مسئله تعجب‌آوری وجود دارد. اگر تمام ذرّات و اتمها با نیروی گرانش به مرکز ستاره کشیده می‌شوند، چرا ستاره و یا خورشید بیشتر از این متمرکز و فشرده نشده است؟ دوباره مفهوم عبارت بالا را در نظر آورید؛ کلمه بسیار بسیار گرم جوابگوی این معماست. کاربرد صفت بسیار گرم، انرژی به وجود آمده در درون ستاره را بیان می‌دارد. این انرژی به سوی سطح ستاره منتشر شده و به صورت پرتوهای مختلف از ستاره خارج می‌شوند و این انتشار برهم کُنشی است در مقابل نیروی گرانش. کُنش و بر هم کُنش، حالت تعادل به وجود می‌آورد و به همین دلیل است که ستاره میلیونها و بلکه میلیاردها سال به همان شکل اولیه خود باقی می‌ماند. به مجرد این که راجع به ستاره‌ای صحبت می‌کنیم، اولین کلمه‌ای که به کار برده می‌شود، نیروی گرانش است. که تولد و مرگ ستاره را در بر دارد. زندگی یک ستاره تلاشی دائمی و نومیدانه در مقابل جرم خود است. تلاش دائمی: زیرا ستاره در هر مرحله از زندگیش منابع جدیدی برای مبارزه پیدا می‌کند. نومیدانه: زیرا عاقبت این مبارزه شکست است و نهایتاً نیروی گرانش برنده شده و ستاره در هم شکسته می‌گردد. دخل و تصرف نیروی گرانش نه تنها برروی سرنوشت ستارگان بوده، بلکه در آرایش تمام جهان در معیاری بسیار وسیع اعمال می‌شود. فروپاشی گرانشی ستاره‌ای توأم با تولد کهکشانی و یا ستارگانی دیگر است. کوتوله‌های سپید، کوتوله‌های سیاه، ستاره‌های نوترونی و بالاخره سیاهچاله‌ها، فرآورده نهایی فروپاشی گرانشی کهکشانها و اَبَر نواختران supernova و ستارگان معمولی در کیهان می‌باشند. در سطور آینده به ترتیب با آنها آشنا خواهید شد.

تولد ستارگان

همان گونه که قطرات باران از اجتماع ملکولهای گازی آب در داخل توده ابرها تشکیل می‌گردد، یک ستاره نیز از تراکم ملکولهای گاز موجود در کهکشان به وجود می‌آید. ولی در این مقایسه می‌توان گفت که ستاره تقریباً از هیچ به وجود می‌آید! زیرا در جوّ زمین و یا هوایی که ما تنفس می‌کنیم، تعداد ملکولهای موجود در هر سانتیمتر مکعب آن از سی میلیارد در میلیارد (عدد ۳ با ۱۹ صفر در جلو آن) تجاوز می‌نماید و حال آنکه درتوده ابرهای کیهانی تعداد اتمها یا ملکولها از ده عدد در سانتیمتر مکعب تجاوز نمی‌نماید. ولی بر عکس این توده‌های ابرِ موجود در کهکشانها برروی میلیاردها میلیارد در میلیارد در میلیارد کیلومتر مکعب گسترده شده‌اند[۱] (عدد ۱ با ۳۶ صفر در جلو آن) به بیان ساده‌تر، توده ابرهایی که عبور از یک طرف آن به طرف دیگر صدها سال نوری زمان لازم دارد و جرم آنها معادل با جرم هزاران هزار خورشید می‌باشد. ابرهای کیهانی از نظر اتمهای موجود در آن بسیار متفاوت از جوّ زمین است. در جوّ زمین ۲۱ درصد اکسیژن و ۷۸ درصد ازت و مقدار بسیار مختصری گاز کربنیک و بخار آب وجود دارد)در حالت ابری مقدار بخار آب زیادتر است(و حال آنکه توده ابرهای کیهانی از ۷۹ درصد ملکول هیدروژن و بیش از ۲۰ درصد اتم هلیم و کمتر از یک درصد کلیه عناصر مختلفی که می‌شناسیم، بخصوص عناصر گروه آهن تشکیل یافته است.

. کلمه هیدروژن در زبان یونانی قدیم Hudor یعنی آب وGénnâm مفهوم تولید کننده را دارد و در واقع به معنای جسمی که آب تولید می‌نماید می‌باشد و در سال ۱۷۸۱ به وسیله کاوانديش **Cavendish** شناخته شد.هلیم برای اولین بار قبل از آنکه بر روی زمین پیدا شود، به وسیله طیف آن در خورشید تشخیص داده شد و به همین دلیل نامش را هلیم که نام یکی از خدایان یونان قدیم (یعنیHelios) می‌باشد، نهادند.

هیدروژن و هلیم را می‌توان به صورت ذخیره سوختی جهان دانست، که به نحو بسیار فشرده و متراکم تشکیل دهندگان اصلی ستارگانی که در آسمان می‌بینیم بوده و یا به صورت توده‌های عظیم ابر مانند(سحابها) که به تدریج ستارگان جدیدی در آنها متولد خواهند شد و شروع به فعالیت خواهند نمود، وجود دارند. اغلب این ستارگان خورشیدهایی به مراتب بزرگتر از

۱(ولی باید توجه داشت که در فضاهای بین کهکشانها اتم یا ملکولی وجود ندارد به نحوی که می توان گفت به طور متوسط۳ یا ماکزیمم کمتر از ۱۰ اتم در هر متر مکعب فضای جهان یافت می شودیا به عبارت دیگر چگالی جهان کمتر از ۱۰ اتم در متر مکعب است.) [۱]

خورشید ما هستند و عمل سوختن در جهان و تولد ستارگان جدید تا هزار میلیارد سال دیگر ادامه خواهد داشت.

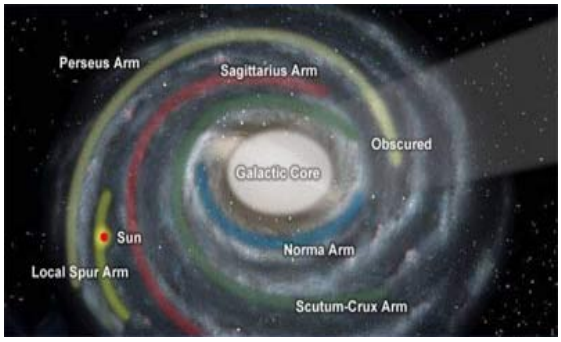
هیدروژن اولین بار در ملکولهای آب تشخیص داده شد، ولی در حقیقت هیدروژن تشکیل دهنده زندگی است، زیرا همان‌گونه که در سطور آینده خواهیم دید، نور خورشید و ستارگان و انواع عناصر لازم برای وجود زندگی همه و همه از واکنشهای پیوست هیدروژن حاصل شده‌اند. آب نیز یکی از هزاران هزار فرآورده هیدروژن است.

توده ابرهای کیهانی بی‌نهایت سردهستند (حدود دویست درجه سانتیگراد زیر صفر). این چنین ابرهایی اگر اتفاقی در آنها رخ ندهد، می‌توانند تا ابد همین طور پایدار و در شرایط فوق وجود داشته باشند. زیرا در این درجه حرارت و در غلظت بی‌نهایت پایین (۱۰اتم در سانتیمتر مکعب) و سرعت بسیار ناچیز ملکولها و اتمها، نیروی گرانش نمی‌تواند اثری بر روی این تعادل دائمی بگذارد. تنها موقعی که در این توده ابرها اختلالی ایجاد می‌شود، قطرات ستارگان مانند قطرات باران تشکیل می‌یابند.

مکانیسم‌های مختلفی برای این اختلالها و تشکیل ستارگان در درون توده ابرهای کیهانی شناخته شده است. در کهکشانهایی که به آنها حلزونی Spiral می‌گویند، توده وسیع ابرهایی مانند گلوله‌ای در مرکز و بازوهایی بی‌نهایت عظیم در اطراف آن در حال چرخش هستند - شکل (۴-۱).

کهکشان ما، راه شیری این چنین است و خورشید در یکی از بازوهای آن قرار دارد و در طیّ دویست میلیون سال گردش کاملی اطراف هسته مرکزی آن می‌نماید. بازویی که خورشید در آن قرار گرفته، اوریون Orion نامیده می‌شود.

شکل (۴ـ۱)کهکشان حلزونی و ترسیمی ازکهکشان راه شیری و بازوهای مختلف آن خورشید در بازوی شکاری و در سمت چپ تصویر قرار دارد.

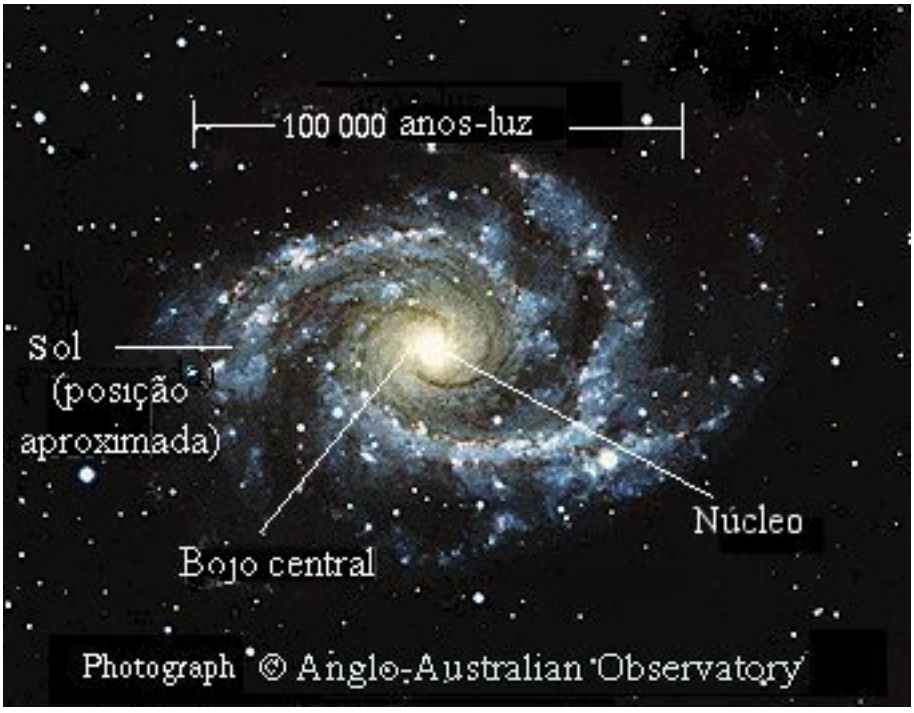


بازوها به آهستگی در اطراف گلوله مرکزی در حال گردش هستند و چون در این بازوها اتمها و ملکولها وجود دارند، بر اثر این گردش چگالی آنها افزوده می‌شود و اتمها و ملکولها به هم نزدیک می‌شوند و بر اثر این نزدیکی، نیروی گرانش بتدریج در چرخشی بعد از چرخش دیگر افزایش می‌یابد و فشردگی بیش از پیش شده و نهایتاً توده متراکمی از اتمها گرد یکدیگر متمرکز می‌شوند. به دلیل افزایش فشار و در نتیجه تماس اتمها و ملکولها به هم، دمای درونی توده گازها بالا رفته و به چندین میلیون درجه می‌رسد که به ناگاه واکنش پیوست اتمها شروع می‌شود و بدین ترتیب ستاره‌ای متولد می‌گردد.

روش جالب دیگر برای تشکیل یک ستاره، مرگ ستاره دیگری است. موج حاصل از انفجار ستاره مرده، عمل تراکم را در توده ابرهای کیهانی ایجاد می‌کند و بناگاه هزاران ستاره متولد می‌شوند. همان‌گونه که از برخورد توده‌های ابر در جوّ زمین ابتدا رعد و برق وسپس تراکم و از آنجا توده ابر غلیظ و سیاه می‌شود، این امر مانع نفوذ نور خورشید در درون آن گردیده و نتیجتاً دمای ابرها پایین می‌آید و بخار آب موجود در آنها مبدل به دانه‌های باران می‌شود. در حقیقت موقعی که ستاره‌ای در درون توده ابرهای کیهانی متولد می‌شود، پرتوهای شدید منتشره از آن اتمها و گازهای موجود در این توده ابرها را گرم و سپس متراکم می‌نماید و این عمل در سراسر فضای کهکشان سرایت نموده و تولدهای پی در پی دیگر حاصل می‌شود و کهکشان سیاه و تاریک مبدل به کانونی گرم و درخشان و زیبا می‌گردد.

مرگ ناگهانی ستاره بسیار عظیمی به نام اَبَر نواختر نیز همراه با چنین صحنه‌ای است. تکه‌های حاصل از شکست این هیولا با سرعتی بیشتر از میلیونها کیلومتر در ثانیه در توده ابرها

گسترده شده و پرورشگاهی از ستارگان نوزاد تشکیل می‌دهد. در شکل (۴-۲) عکسی از کهکشان NGC ۲۹۹۷ که به وسیله تلسکوپ انگلیسی و استرالیایی بوآرد Board برداشته شده، دیده می‌شود. این کهکشان در فاصله‌ای در حدود ۵۵ میلیون سال نوری از ما قرار دارد و احتمالاً تشکیل آن پس از انفجار اَبَرنواختری بوده که خود در زمان حیاتش اَبَر غولی[۱] بوده است.با توجه به نرخ گسترش جهان این کهکشان احتمالا۱۰۰ میلیارد مرتبه وزین تر از خورشید ما می باشد و نیز ممکن است جرم کمتری نسبت به کهکشان راه شیری داشته باشد.کهکشان NGC ۲۹۹۷ به ویژه به دلیل داشتن هسته مرکزی که به وسیله زنجیره شگفت انگیزی از ابرهای هیدروژن بسیار بسیار گرم و یونیزه (پلاسما)شده دارد جالب توجه است.از سوی دیگر این کهکشان بسیار شبیه بـه کهکشان



شکل (۴-۲) عکسی از کهکشان حلزونی شکل NGC ۲۹۹۷

۱. اَبَر غولSupergiant ستاره بسیار حجیمی که ابعادش به مراتب بزرگتر از تمامی منظومه شمسی است و صد تا هزار بار بیشتر از خورشید ما است. این ابر غول خیلی سریع تشکیل شده و عمر کوتاه دارد و مبدل به اَبر نواختری می‌شود.

راه شیری است و چون ما درون کهکشان راه شیری قرار داریم،قادر به مشاهده آن نیستیم،لذا از این کهکشان به عنوان معرف کهکشان خودمان راه شیری استفاده می کنیم.قطر و محل تقریبی خورشید و هسته مرکزی کهکشان در آن آورده شده است.

مادامی که توده‌های سحابی فشرده می‌شوند، شفافیّت خود را از دست می‌دهند و از این لحظه به بعد پرتوهای نوری ستارگان دیگر قادر به نفوذ در آن نمی‌باشند و در نتیجه دمای این توده فشرده بینهایت پایین می‌آید و نزدیک به درجه حرارت صفر مطلق (یعنی۲۷۳/۱۵ ــ درجه سانتیگراد) می‌رسد. اتمها در این حال کوچکترین عکس‌العملی در مقابل نیروی جاذبه عمومی نداشته و از خود رها شده، در قلمرو نیروی گرانش واقع می‌شوند و این نیرو آنها را به سوی هم می‌کشد. چون توده‌های ابر فشردگی یکنواخت ندارند، در برخی از نقاط مجموعه‌هایی لخته مانندگردهم جمع شده و برعکس در نقاط دیگر فضا، حفره‌های خلأ ایجاد می‌گردد. چون مادّه به وجود آورنده نیروی گرانش است، لذا این لخته‌ها میدانهای گرانشی مهمی اطراف خود به وجود می‌آورند و اتمها و لخته‌های بی‌انرژی و بی‌حس را که بر اثر سردی فراوان کوچکترین تحرکی ندارند، به سوی خود می‌کشند و بتدریج که بزرگتر می‌شوند، قدرت کشش آنها افزایش می‌یابد و بعد از مدتی تبدیل به گلوله‌ای از اتمهای فشرده می‌شوند که ابعاد آن از میلیاردها کیلومتر تجاوز می‌کند، به نحوی که جرم آنها چندین برابر جرم خورشید می‌شود.

در این لحظه است که حالت ناپایداری در درون توده ایجاد می‌گردد. در محیطی پراکنده و با تراکم متفاوت، موجی در قسمت‌های فشرده‌تر سبب تجمع بیشتر جرم شده و بناگاه در بخشی از توده جرم بحرانی تشکیل می‌گردد. پس از این مرحله است که حالت ناپایداری از بین رفته و مجموعه‌ای متشکل از میلیاردها در میلیارد تن اتمهای متحد شده به وسیله نیروی گرانش به وجود می‌آید. در این مجموعه، اتمهای بسیار سرد به هم نزدیک‌تر می‌شوند و از مابقی توده‌های ابری جدا می‌گردند و سیستم فشرده مجزایی تشکیل می‌دهند. براثر فشار زیاد در مرکز، گلوله متراکم‌تر می‌شود و لاجرم چگالی آن افزوده می‌گردد و نتیجتاً دمای آن بالا می‌رود. گلوله که ابتدا سیاه رنگ بود، اکنون بتدریج قرمز شده و بدین ترتیب ستاره‌ای متولد می‌شود. این ستاره هنوز بالغ نشده، زیرا درجه حرارت درونی آن آنقدر نیست که واکنش اتمی پیوست در بین اتمها اتفاق افتد. تنها موقعی که دمای مرکزی آن به ده میلیون درجه برسد، اتمهای هیدروژن شروع به گداخت نموده و با یکدیگر پیوستFusion می‌نمایند و از این دوره به بعد (در طی

یک تا چند میلیون سال) ستاره بتدریج حالت پایدار به خود گرفته و می‌توان گفت بالغ شده است.

در این عمل، ستاره جنگی داخلی با نیروی گرانش برانگیخته و برای مقابله با آن از سلاح اتمی خود یعنی همین واکنش اتمی گداخت اتمهای هیدروژن استفاده می‌نماید. قلب آن بمبی است وحشتناک با انرژی بی‌نهایت زیاد،و اما، ستاره منفجر نمی‌شود، زیرا نیروی حاصل از واکنش درونی در لحظه تعادل درست معادل با نیروی گرانش بوده و همدیگر را خنثی می‌نمایند و ستاره برای مدتی بسیار طولانی به حال تعادل باقی خواهد ماند. گفتیم که خورشید ۵ میلیارد سال است که در چنین حالتی است و ۵ تا ۶ میلیارد سال دیگر نیز حالت تعادلش به هم نخواهد خورد. درون خورشید درجه حرارت به ۴۰ میلیون درجه رسیده و فشار داخلی آن سه میلیارد بار بیشتر از فشار جوّ زمین است (فشار جوّ یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است). در چنین دمایی اتمهای گازی الکترونهای خود را از دست می‌دهند و به صورت هسته‌هایی با بار مثبت(پلاسما) از طرفی به طرف دیگر پرت می‌شوند. جهش سریع اتمها و برخورد آنها با هم سبب پیوست آنها می‌گردد.

قسمت اعظم اتمهای موجود در ستاره، اتمهای هیدروژن است. در درون ستاره درجه حرارت به مراتب بالاتر از نیروی الکترومغناطیسی پیوند الکترون به پروتون اتم هیدروژن می‌باشد، به این جهت است که الکترونها آزاد شده و پروتونهای آزاد نیز با حرکت منکسر (زیگ‌زاگ) از این طرف به آن طرف پرت می‌شوند. چون بارهای هم نام همدیگر را دفع می‌نمایند و یا می‌توان گفت مثل این است که پروتونها جوشنهای الکتریکی به اطراف خود کشیده‌اند که مانع نفوذ پروتون دیگر درآنها شود. ولی در قلب ستاره با چهل میلیون درجه حرارت پروتونهای رسیده به آنجا زمانی که به هم برخورد می‌نمایند جوشن آنها در هم شکسته و به هم متصل می‌شوند. مادامی که ۴ پروتون به هم متصل شدند، هسته اتم هلیم به وجود می‌آید. در اثر این اتصال مقداری از جرم پروتونها تبدیل به انرژی می‌شود، یعنی همان طور که قبلاً گفته شد جرم هلیم حاصل به مقدار ۰/۰۰۷ واحد جرم کمتر از جرم مجموع چهار پروتون است و این مقدار جرم طبق رابطه انشتین $E=mc^2$ تبدیل به انرژی می‌شود. از تبدیل یک کیلوگرم پروتون به هلیم انرژی معادل با سوختن ۲۰۰ تن زغال حاصل می‌گردد که با انرژی آن می‌توان یک میلیون لامپ ۱۰۰ واتی را به مدت یک سال روشن نمود (مثلاً اگر فرض کنیم روشنایی خیابانهای تهران به کمک یک میلیون لامپ ۱۰۰ واتی تأمین می‌شود، می‌توان آنها را با این انرژی به مدت یک سال شبانه

روز روشن نگه‌داشت.) ولی در قلب خورشید یک کیلو هیدروژن نیست که مصرف می‌شود، بلکه ۶۰۰ میلیون تن در هر ثانیه است. مجسم کنید که فقط با یک ثانیه فعالیت خورشید می‌توان شش میلیارد شهر بزرگ چون تهران را به مدت صد سال، روز و شب روشن نگه داشت. از این ۶۰۰ میلیون تن هیدروژن مصرف شده، چهار میلیون تن آن در هر ثانیه طبق رابطه انشتین تبدیل به انرژی می‌شود و به سوی سیّارات و در فضای لایتناهی منتشر می‌گردد.

حتماً از خود سؤال می‌کنید پس چرا بناگاه تمام هیدروژن در درون خورشید به مثابه یک بمب منفجر نمی‌گردد؟ همان طور که گفته شد، پروتونها جوشن‌های الکتریکی دارند و همدیگر را دفع می‌نمایند. با این وجود در مرکز خورشید گاهی اتفاق می‌افتد که سرعت پروتونی آنقدر زیاد شود که در موقع برخورد به پروتون دیگر با آن پیوند حاصل کند و باز این دو پروتون پیوند شده آنقدر باید صبر کنند تا دو پروتون دیگر به آنها ملحق شود. این است که احتمال انجام یک واکنش پیوست در داخل خورشید برای هر پروتون بسیار بسیار ناچیز است و یک پروتون حداقل باید چهارده میلیارد سال صبر کند تا نوبتش برای انجام واکنش برسد. این زمان نجومی بی‌نهایت طولانی برای ما مقدار ذخیره هیدروژن (پروتون) خورشید را که در هر ثانیه ۶۰۰ میلیون تن آن مصرف می‌شود مشخص می‌نماید.

در ۱۶ ژوئیه ۱۹۴۵ در صحرای آلاموگوردو Alamogordo و سپس در ۶ و ۹ اوت در شهرهای ناگازاکی و هیروشیما، انسان برای اولین بار بمب اتمی را امتحان نمود. این بمبها قطعه‌ای از ستاره‌ای نبودند، در واقع منحصراً یک واکنش شکست معمولی در اتمهای سنگین اورانیم بود که باعث مرگ بیش از دویست هزار نفر و صدها هزار زخمی و مبتلا به انواع سرطانهای مختلف گردید. از آن زمان به بعد، انسان با کشف بمب هیدروژنی به انجام واکنش‌هایی که در قلب ستارگان اتفاق می‌افتد رسیده است، ولی باز هم همین بمب هیدروژنی که قدرت تخریبش هزاران بار بیشتر از بمبهای اتمی ذکر شده در فوق است، در مقابل واکنشهایی که در ستارگان اتفاق می‌افتد، مثال کاه در مقابل کوه است. در بمب هیدروژنی احتیاج نیست که پروتون چهارده میلیارد سال برای انجام واکنش صبر نماید، زیرا در این بمب عناصر حدّ واسطی که برای این واکنش لازم است قبلاً در داخل بمب قرار داده شده‌اند. در واقع بمب هیدروژنی همانطور که قبلا بیان کردم، از ترکیب فرآورده‌های ستارگان، یعنی هیدروژنهای سنگین که به‌وفور در زمین و جوّ دارند انجام می‌گیرد و حال آنکه در ستاره‌ها تولید هیدروژن سنگین بسیار کند می‌باشد. انسان هنوز قادر به کنترل و اکنش پیوست نشده تا آن را در راه

صلح به کار برد و حال آنکه ستارگان به طور طبیعی این واکنش را در کنترل خود دارند و میلیاردها سال با آن سوخت و ساز می‌نمایند. ولی روزی فرا می‌رسد که ذخیره سوختی آنها نیز پایان خواهد یافت و مرگ دلخراشی گریبانگیر آنها و سیّاراتشان خواهد شد که بعداً مطالعه خواهیم نمود.

پرتوهای موجود در ستارگان یا خورشید.

در مرکز خورشید و یا هر ستاره دیگری، ذرّات نور به صورت فوتونهای γ با انرژی بسیار زیاد بعداز اتصال ۴ پروتون با هم حاصل می‌گردد. در واقع این پرتوها حاصل از اختلاف جرم هسته هلیم با جرم چهار پروتون است که تبدیل به انرژی شده و در مرکز خورشید به وجود می‌آیند. این پرتوها با زحمت فراوان از مرکز خورشید به سوی سطح آن فرار می‌نمایند. برخلاف آنچه فکر می‌کنیم این پرتوها با وجود آنکه با سرعتی معادل سرعت سیر نور (۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) حرکت می‌کنند و قاعدتاً قادر خواهند بود ۷۰۰,۰۰۰ کیلومتر شعاع خورشید را در۲/۳ثانیه پشت سر بگذارند، ولی مسافرت آنها به طور متوسط ده میلیون سال طول می‌کشد! نوری که ما بر روی زمین می‌بینیم ۸ دقیقه پیش از سطح خورشید جدا شده، ولی در قلب خورشید زمانی به وجود آمده که هنوز اثری از انسانها و حتی شبه انسانها نیز روی زمین وجود نداشته است (درآن زمان پستانداران اولیه، یعنی اجداد ما انسانها و میمونها بر روی زمین می‌زیسته‌اند).

توجیه این پدیده بسیار ساده است. فوتونهای γ به جای اینکه خط مستقیمی را طی کنند، دائماً در مسیر خود به الکترونها که به مقدار فراوان وجود دارند، برخورد کرده و مسیر آنها مرتباً تغییر می‌کند و انرژی آنها از برخوردی به برخورد دیگر بتدریج کاهش می‌یابد. اگر قلب خورشید یکمرتبه خاموش شود، نور آن باز به مدت ده میلیون سال دیگر به ما خواهد رسید.

تبدیل پروتون به هلیم در درون خورشید همراه با انتشار پرتوهای γ و پرتوهای عجیبی به نام نوترینو می‌باشد. این پرتوهای اخیر نظیر پرتوهای γ فاقد جرم بوده، ولی برخلاف آنها حتی به وسیله دستگاه‌های تشخیص نیز نامرئی می‌مانند، زیرا این پرتوها عملاً عکس‌العملی روی ماده ندارند و به همین دلیل نمی‌توان آنها را به سولت تشخیص داده و تعداد آنها را معلوم نمود. فرضیه وجود نوترینو از موقع کشف رادیو اکتیویته β^- و β^+ به میان آمده بود، زیرا می‌دانستند که در عمل تجزیه مواد رادیو اکتیو به صورت β^- یک نوترون مبدل به پروتون و یک الکترون

منفی می‌شود و برعکس در تجزیه β^+ یک پروتون تبدیل به نوترون و یک الکترون مثبت یا پوزیترون می‌گردد.

$$_0^1n \rightarrow {}_1^1P^+ + e^- + \nu \text{ (نوترینو)} \qquad \beta^- \text{ تجزیه}$$

$$_1^1P^+ \rightarrow {}_0^1n + e^+ + \nu \text{ (ضدنوترینو)} \qquad \beta^+ \text{ تجزیه}$$

همان‌گونه که در دو واکنش فوق بقای بارها رعایت شده، قاعدتاً باید بقای اسپین[1] Spin ذرّات نیز رعایت شود. همچنین قاعدتاً انرژی الکترون حاصل مربوط به هر کدام از دو واکنش فوق باید همیشه و برای انواع مختلف رادیو ایزوتوپها یکسان باشد، ولی عملاً چنین نیست، پس می‌بایست اختلاف انرژی الکترون و بقای بُرداری اسپین الکترون و نوترون یا پروتون حاصل، به وسیله پرتو دیگری از اتم تجزیه شده خارج شود. از آنجا اسم پرتو را، نوترینوν حاصل از نوترون نامیدند.

خورشیدی علاوه بر انتشار پروتون ونوترون، فوتونهای بسیار پر انرژی نظیر:

پرتو γ و پرتو X منتشر می کند.	طول موج 10^{-10} تا 10^{-9} متر.
فرا بنفش $U\nu$	طول موج ۰/۲تا ۰/۳ x 10^{-6} متر.
نور مرئی	طول موج ۰/۳۸ تا ۰/۷۶x 10^{-6}متر.

هر قدر طول موج پرتوی کوچک باشد به همان نسبت انرژیش بیشتر است.

در سال ۱۹۵۳ اولین مشاهدات تجربی در مورد وجود نوترینوها به وسیله دو فیزیک‌دان به نامهای رینز Reines و کوروا Corva بیان شد. نوترینوها مشابه پرتوهای γ و یا x و یا فوتونهای نوری هستند و برخلاف آنها از همه مواد به راحتی عبور می‌نمایند و عکس‌العملی با مادّه ندارند. موقعی که به خورشید نگاه می‌کنیم، یک میلیارد نوترینو در هر ثانیه به چشم ما اصابت کرده و از آن رد می‌شوند. باز عجیب‌تر آنکه اگر در شب به جلو پای خود در مسیری که خورشید قسمت دیگر زمین را روشن کرده است نگاه کنیم(مثلاً شب در تهران که در همان لحظه در واشنگتن روز است) همان یک میلیارد نوترینو از قطر زمین عبور کرده و از چشم و بدن ما هم رد می‌شوند و مسافرت خود را در فضای لایتناهی ادامه می‌دهند.

اگر اطلاعات ما راجع به واکنشهای درونی خورشید کامل‌تر از آنچه هست می‌بود و نیز اگر پدیده فیزیک هسته‌ای که منجر به تولید نوترینو در مرکز خورشید می‌گردد، برای ما روشن

---

[1] ۱) به معنای چرخیدن و عبارت است از گشتاور دورانی یک ذرّه روی خودش.

شود، قادر خواهیم بود تعداد نوترینوهایی که در هر ثانیه به حفره بینایی ما می‌تابد، حساب کرده و از آنجا خواهیم توانست به طور دقیق ذخیره سوختی خورشید را محاسبه کنیم. در واقع محاسبه تعداد نوترینوها با اشکالات فنّی فراوانی همراه است. ولی پس از عبور میلیاردها میلیارد نوترینو در مواد تشکیل دهنده کره زمین، بخصوص در کلر (مثلاً به صورت کلرور سدیم، نمک طعام) چندتایی می‌توانند کلر ^{17}Cl را تبدیل به ارکون ^{18}Ar بنمایند. برای این محاسبه، فیزیک‌دانان مقادیر بسیار زیادی کلر را به صورت تتراکلرور اتیلن در معدنهای زیرزمینی(Homestake واقع درLead ایالت داکوتای آمریکا) ریخته و به کمک روشهای میکروشیمی، مقادیر کلر تبدیل شده به آرکون را مشخص نمودند. این تجربه نشان داد که در خورشید مقدار نوترینوهای آزاد شده به مراتب کمتر از آن تعدادی است که محاسبات نظری به دست می‌دهد. محاسبه تعداد نوترینوهای آزاد شده در خورشید مسئله مهم علمی روز است و امید می‌رود که در آینده نزدیک تلسکوپهای تشخیص دهنده نوترینو این ابهام را برطرف سازند.به تازگی در ژاپن پژوهشی در این مورد برای بررسی نتایج سال۱۹۸۷ درمنطقه Super-Kamiokande انجام گرفت.در این آزمایش سیلندری به قطر ۴۰ متر و ارتفاع ۴۰ متر را در معدنی واقع در کوهستانی در ژاپن به نام Kamiokande قرار داده و آنرا پر از۵۰۰۰۰ تن آب نمودند با این مقدار ماده توانستندبه اندازه کافی نوترینو جذب نمایند. وثابت نمودند که نظریه به دست آمده درسال۱۹۸۷بعدازاندازه گیری،نوترینوهای حاصل ازفروپاشیSupernova۱۹۸۷A و A ۱۹۸۷ SN که چگونگی فروپاشی این نوع سوپرنوا هارا به صورت نظری بیان داشته بود و این پژوهش اخیر به نحو کاملا درست این نظریه را تایید نمود.[۱]

.در این پژوهش نوسانات نوترینو ها و طبیعت آنها را تا حدی مشخص کردند.نوترینو ها جزو خانواده فرمیون Fermion هستند و اسپین آنها ۱/۲ است.

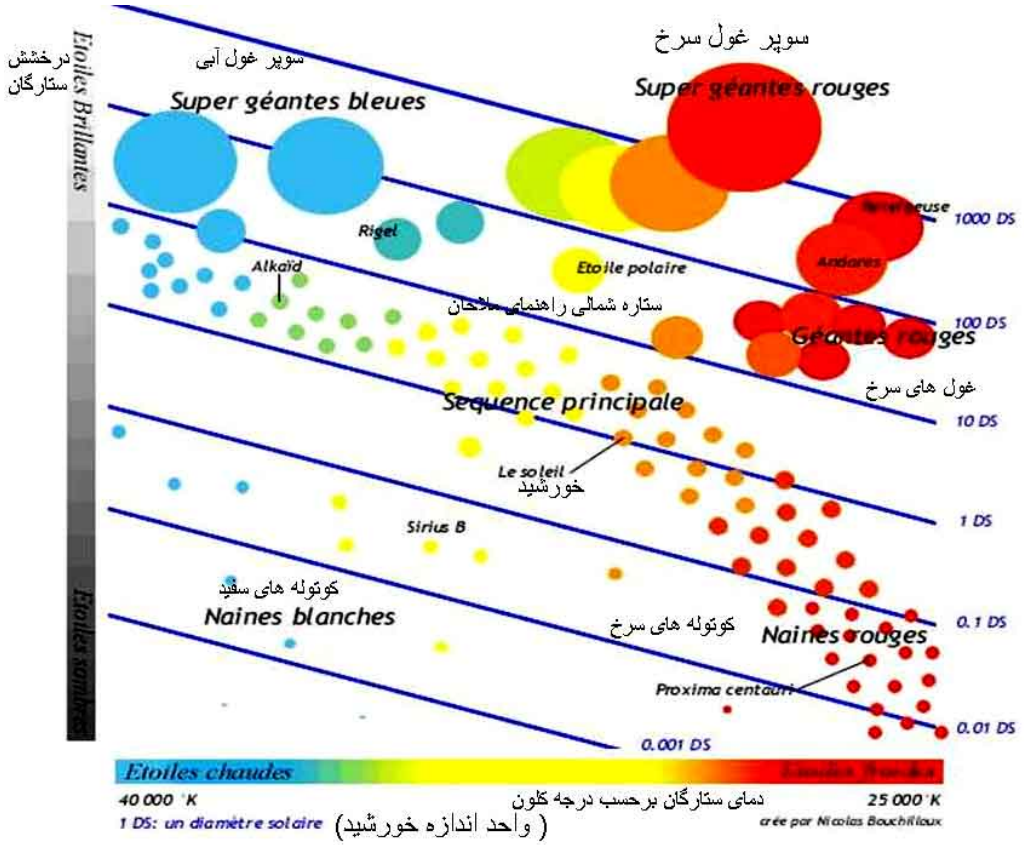
مرگ ستارگان

پیش از من و تو لیل و نهاری بوده‌است — گردنده فلک نیز به کاری بوده است
هرجا که قــدم نهی تــو بر روُی زمیــن — آن مــردُمک چشم نگاری بوده است

۱)بنابر ویکی پدیا Wikipédiaتصحیح شده در ۳ مارس۲۰۰۸ [۱]

(خیام)

ستاره‌ای که به حال تعادل رسیده، زندگی آرام و معمولی روزانه خود را به نحوی که بیان شد ادامه می‌دهد. تقریباً اغلب ستارگانی که با چشم و یا با تلسکوپ می‌بینیم مانند خورشید، دوران بلوغ خود را با سوختن هیدروژن در مرکز ادامه می‌دهند. این مرحله از زندگی را مراحل اصلیSequence principaleگویند و خورشید ما ۵ میلیارد سال است که در این مرحله قرار دارد.نیکولا بوچیلوNicolas Bouchilloux نموداری از شدت و اندازه ونور ستارگان را به صورت زیر تهیه کرده است ،شکل(۴ ـ ۳).



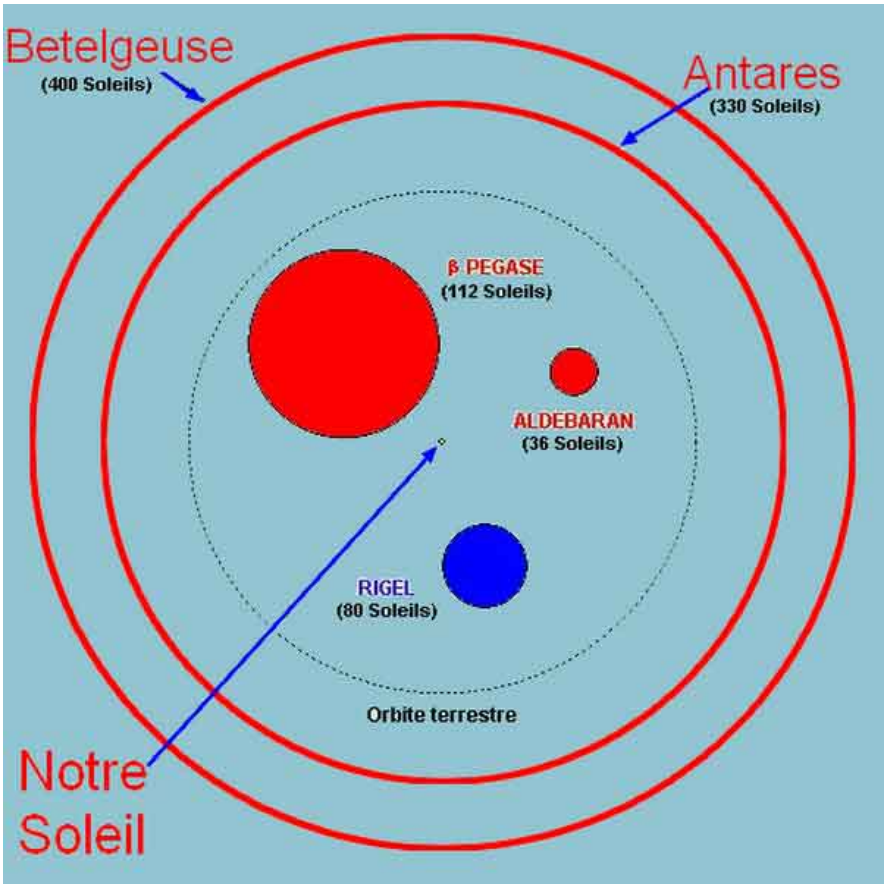
شکل (۴ـ۳) مقایسه ابعاد ستارگان: نموداری بسیار روشن از ابعاد و شدت نور ستارگان،در خط افقی دمای ستارگان برحسب درجه کلون آورده شده است و گرمترین آنها در سمت چپ نمودار قرار دارند.در خط عمودی شدت نور ستارگان آورده شده است،پُرنورترین آنها در بالای نمودار قرار دارند.قطر دایره ها ابعاد مقایسه ای ستارگان را مشخص می کند،ابعاد برحسب قطر خورشیـــــد که واحد آن (DS) است کوتوله های سفید و یا سرخ ۰،۰۰۱ واحد خورشید و غولهای سرخ ۱۰۰۰ برابر واحد خورسید قطر دارند و سوپر غولها بازهم بیشتر. ستارگان را برحسب طیف نوری آنها و با حروفی تاریخی مشخص می کنند. (WOBAFGKMLT) خورشید ما در حد واسط و زرد رنگ است و با حرف (G) مشخص می شود.ستارگان بیشتر عمر خود را در مرحله اصلی زندگی یعنی مرحله تعادلی به سر می برند. سوپر غولها عمر کوتاه تر دارند.

غول سرخ رنگ(مرگ خورشید)

راهی که خورشید می‌پیماید به هر صورت پایانی خواهد داشت و روزی مواد سوختی آن، یعنی هیدروژن به پایان رسیده و در خاکستر خود خاموش خواهد شد. مادامی که هیدروژنها تبدیل به هلیم شدند، کانون مرکزی (کوره اتمی) که در قلب خورشید قرار دارد، دیگر مواد سوختیش تمام شده و مرحله اصلی پایان یافته و دوره سرنگونی فرا می‌رسد، و تعادل بین واکنش هسته‌ای و نیروی گرانش به هم خواهد خورد. در مرکز خورشید هلیم به مقدار زیاد موجود است و حال آنکه هیدروژنهای باقی‌مانده سبک‌ترند و در سطح خورشید قرار دارند. در این حال نیروی گرانش پیروز شده و خورشید فشرده و متراکم در مرکز می‌شود. فشار مرکز و چگالی آن به مرور زیاد می‌گردد، هیدروژنهای غشای سطحی شروع به سوختن نموده و هر چه مرکز خورشید فشرده‌تر شود، این غشاء گسترده‌تر و پراکنده‌تر می‌شود. در بوته زرگری طبیعت، عناصر مختلف ممکن است به وجود آید. هسته‌های سنگین بارهای مثبت بیشتری از پروتون دارند و بنابراین نیروی دافعه الکتریکی آنها به مراتب بیشتر از پروتون ساده خواهد بود. برای اینکه این عناصر با هم ترکیب شوند و عناصر سنگین‌تری را به وجود آورند، دمای بسیار بالایی برای تحریک و شتاب زیاد به این اتمها لازم است. موقعی که مرکز خورشید فشرده و متراکم شد، به تدریج درجه حرارت آن بالا رفته و تا صد میلیون درجه می‌رسد در این حال هسته‌های هلیم که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل یافته‌اند، با یکدیگر ترکیب شده و اتمهای سنگین‌تر می‌سازند. از ترکیب دو هسته هلیم با هم عنصر برلیم $_{۴}Be^{۸}$ و از اتحاد سه هسته هلیم با هم، کربن $_{۶}C^{۱۲}$ و کربن نیز به نوبه خود یک هسته هلیم جذب کرده، تبدیل به اکسیژن $_{۸}O^{۱۶}$ می‌گردد. سرعت این واکنشها به مراتب بیشتر از سرعت واکنش پیوست پرتونها و تولید هلیم است. لذا این مرحله کوتاه‌تر از مرحله قبلی است. در ابتدا خورشید در دوره‌ای کوتاه، حدود یک میلیون سال با نیروی گرانش مبارزه می‌کند تا تعادل جدیدی به دست آورد. تعادل اخیر حدود صد میلیون سال ادامه خواهد یافت. بدین ترتیب باز خورشید عمر کوتاه دوباره یافته‌ای پیدا کرده و باز هم تا مدتی دیگر بر روی جهانیان لبخند خواهد زد، ولی این لبخند دیگر لبخند قبلی نیست و چهره خون‌آلودش چند میلیون برابر ایام شباب شده که نموداری از واپسین مبارزه مردانه او با نیروی وحشتناک گرانش است. در این مرحله، خورشید وسیع شده و سعی می‌کند فرآورده‌های خود را تا آنجا که ممکن است از دست دژخیم خون‌آشام گرانش برهاند، لذا

منبسط شده و تا به یک میلیارد برابر حجم اولیه‌اش می‌رسد. قشرهای سطحی که بتدریج منبسط و رقیق و پراکنده شده‌اند، سرد می شوند و عمل گداخت پروتون با پروتون خاتمه می‌یابد. ولی کوره مرکزی در کار است و هلیم‌ها را مصرف می‌کند. نور حاصل از این کوره به مراتب بیشتر از نور خورشید در دوران شباب است ولی به علت گسترده شدن غشای سطحی سرخ به نظر می‌رسد. در این حال، خورشید را غول و یا هیولای سرخ Geantes Rouges گویند: برخی از این غولهای سرخ رنگ را در آسمان با چشم براحتی می‌توان دید. مثلاً ستاره قلب‌العقرب Antares، ستاره سماک رامح Arcturus، ستاره الدبران Aldeberan و ستاره یدالجوزا Betelgeuse.در تصویرهای (۴ـ۴) مقایسه برخی از این ستارگان را با خورشید آورده اه ایم.

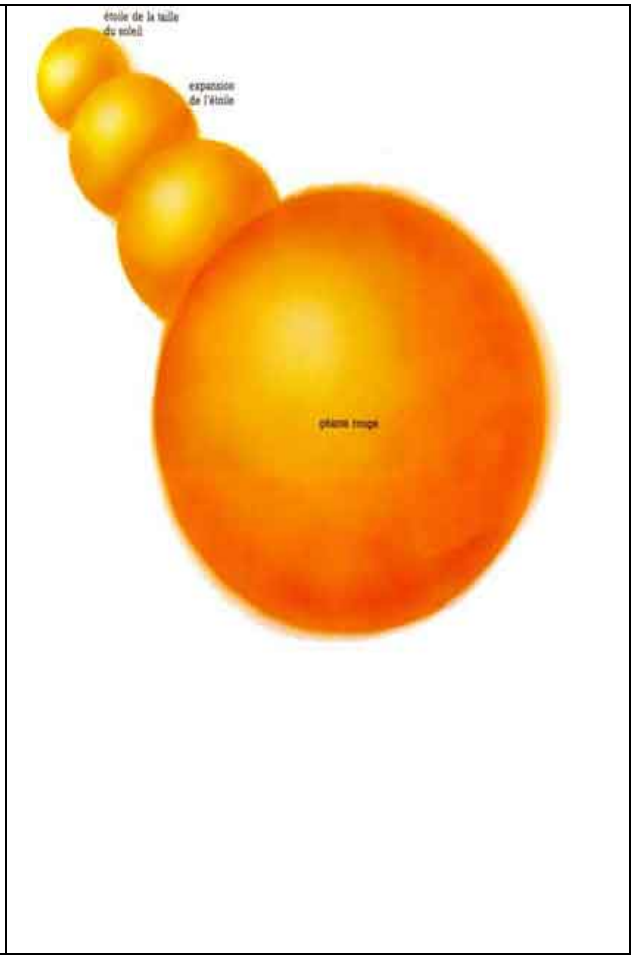
خورشید که در ۵ تا ۶ میلیارد سال دیگر غول سرخ رنگی خواهد شد، ابتدا عطارد را که در ۶۰ میلیون کیلومتری آن است خواهد بلعید و تبدیل به بخار خواهد نمود. جوّ زهره کاملاً از بین رفته و در این حال سطح قابل رؤیت خورشید بسیار دور از مرکز و در نتیجه اثر نیروی گرانش ضعیف و بناچار پوسته خارجی به صورت طوفانی در فضا منتشر خواهد شد. در ۶ میلیارد سال آینده، زمین سرنوشت عجیبی خواهد داشت. دمای بسیار زیاد خورشیدی سرخ (بظاهر سرد ولی بسیار گرم) ابتدا یخهای قطبهای شمالی و جنوبی و یخچالهای Arctrique و Antarctique را را ذوب کرده و آب حاصل از آنها به صورت سیلابهای عظیمی تمام سطح کره زمین را در بر خواهد گرفت. چندی بعد اقیانوسها به جوش آمده و آبها تبخیر شده و به صورت ابرهای عظیمی سراسر جوّ زمین را می‌پوشانند. این ابرها برای مدت کوتاهی حجابی بین خورشید و زمین می‌شوند، ولی این مرحله بسیار زودگذر است و بعد از مدتی تمام ابرها و آبهای باقیمانده تبخیر و در فضای لایتناهی پراکنده خواهند شد. بتدریج درجه حرارت بالا رفته، ابتدا سنگها و کوهها ذوب و پوسته سطحی زمین تا مرکز به صورت مذاب در خواهند آمد. با بالا رفتن دمای درونی خورشید بر اثر واکنش پیوست اتمهای سنگین دیگر، مواد مذاب کره زمین و سیّارات نزدیک به خورشید همه به صورت بخار در آمده و در فضا پخش خواهند شد.



شکل (۴ـ۴)مقایسه ابعاد کنونی خورشید که به زحمت دیده می شود با بتا پگاس، ریژل،آلدِ بران ، بِتلژوس و آنتارِس.دو ستاره اخیر را به صورت دو دایره سرخ نمایش داده اند.دایره نقطه چین داخلی مدار زمین به دور خورشید را نمایش می دهد که معادل ۱۵۰ میلیون کیلومتر است.حال قطر آنتارس و بِتلِژوس را تصور کنید.خورشید در پایان عمرش غول سرخی نظیر آنترس خواهد شد.پرتوهای او زمین و سیارات ماقبل زمین را ذوب خواهند کرد و باقیمانده خورشید کوتوله سفیدی خواهد شد که میلیارد ها سال در آسمان خواهد درخشید و درنهایت تبدیل به کوتوله سیاه خواهد سد.

اگر بشر تا این زمان، یعنی حداکثر ۶ میلیارد سال دیگر، بر روی کره زمین باشد و با خودخواهیش مجبور به نابودی خود نشود، مسلماً علم و صنعتش به جایی رسیده است که می‌تواند بسهولت سیّاراتِ ستارگان دیگر را متصرف شود و نوادگان ما زندگی را در سراسر اقیانوس پهناور فضا پراکنده خواهند نمود و حتی شاید قادر به جلوگیری از این فاجعه نیز خواهند بود. زمانی فراخواهد رسید که در درون خورشید جز کربن و اکسیژن و اتمهای سنگینتر چیزی باقی نخواهدماند.در تصویر (۴ـ۵)نمودار تحول ستاره ای نظیر خورشیدرا آورده ایم

.



شکل (۴ـ۵)نموداری از مـراحل مختلـف زندگی ستاره ای نظیر خورشید مـا،اولین کـره مـراحله اصلی زنـدگی خـورشیـد را نمـایش میدهد.بعد از مصرف قسمت اعظم هیدروژن خورشید به مراحل بعدی زندگی خود می رسد که در طی آن گداخت هلیم آغاز می گردد و سپس تولید عناصر ازت و اکسیژن در هـر مـرحله د مـای درونـی خورشیدافـزایـش می یا بـد ولی پـوسته خارجی که ازاتمهای یـونیزه تشکیل شـده سرد تـر وگسترده تـر مـی شو ند مرحله پایانی راغول سرخ گویند.زندگی خـورشید درمرحله اصلی حدود ۱۲ میلیارد سال طول می کشد ولـی مراحل بعدی عمر او در اشل چند میـلیون سال بیشتر نیست و نهایـت تبدیل به کوتوله سفید می گردد.

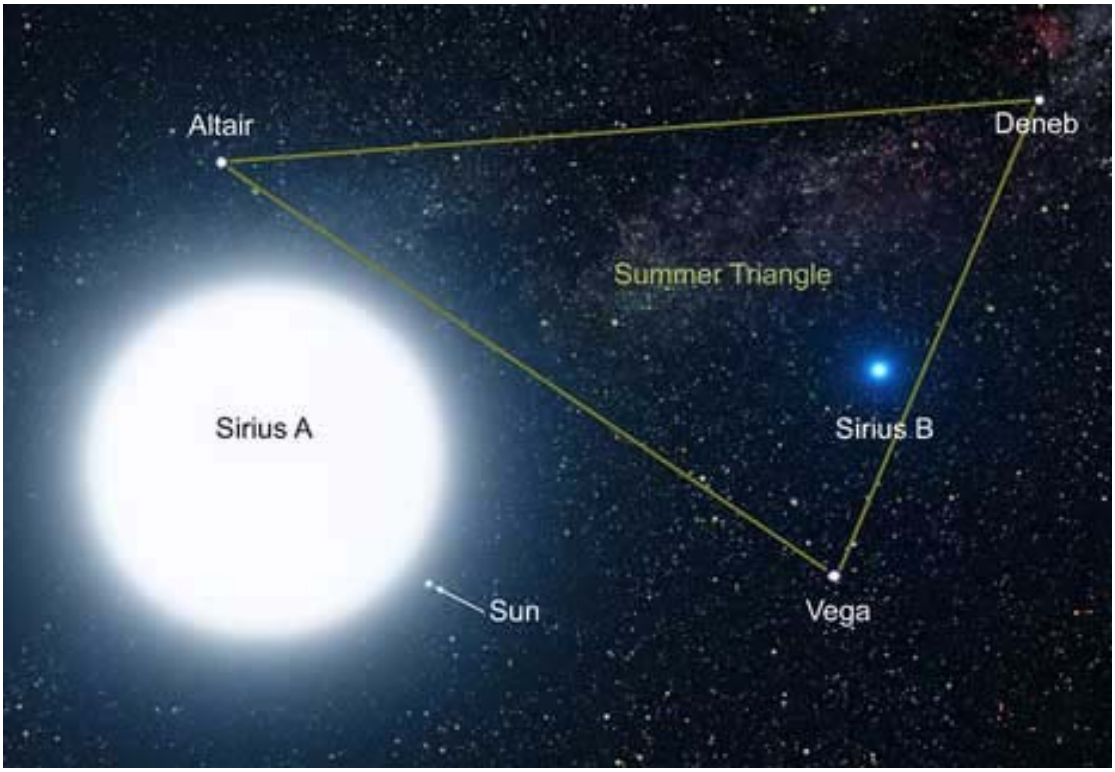
کوتوله‌های سفید

داستان خورشید و یا ستارگانی مشابه آن به اینجا خاتمه نمی‌یابد. در این مرحله نیروی گرانش پیروز شده و حاکم مطلق بقایای ستاره می‌گردد. سرنوشت هر ستاره‌ای تابع جرمش است؛ هر چه جرم ستاره بیشتر باشد، تحولش سریعتر خواهد بود و مواد سوختی خود را زودتر مصرف خواهد کرد. اگر زندگی خورشید در مرحله اصلی دوازده میلیارد سال طول می‌کشد، زندگی ستاره‌ای ده برابر خورشید هزار بار کوتاهتر بوده، یعنی ۱۲ میلیون سال بیشتر نخواهد بود. ستارگان حجیم تولید کننده عناصر سنگین می‌باشند. داستان خورشید را عجالتاً ادامه می‌دهیم و بعد از آن به این‌گونه ستارگان می‌پردازیم. بعد از آنکه تمام قشرهای سطحی پراکنده شد و تقریباً تا حدود مدار زمین (۱۵۰ میلیون کیلومتر) توسعه یافت، واکنش پیوست اتمهای سبک در پوسته کاملاً متوقف شده و برعکس در مرکز واکنش پیوست اتمهای سنگینتر همچنان ادامه خواهد داشت. چگالی قشر خارجی خورشید بیش از پیش کم شده و زمانی می‌رسد که

حدود چند اتم در هر سانتیمتر مکعب بیشتر باقی نمی‌ماند (یعنی خلاء ای بمراتب کاملتر از محیط خلاء ای که در زمین می‌توانیم مصنوعاً ایجاد کنیم). ولی برعکس مرکز خورشید بیشتر فشرده شده و چگالیش بالا می‌رود و شعاع آن کوچک و بالاخره تبدیل به ستاره سفید کوچکی خواهد شد که آن را کوتوله سفید Naine Blanche گویند. اندازه این کوتوله سفید تقریباً مشابه ابعاد زمین است، یعنی بیش از چند هزار کیلومتر قطر آن نخواهد بود. ولی دمای درونیش آنقدر زیاد است که ستاره سفید می‌شود و به همین دلیل آن را کوتوله سفید نامند.

برای اولین بار در تاریخ نجوم، در سال ۱۸۳۴ فریدریش بسلFriedrich Bessel اشاره به وجود کوتوله‌های سفید نمود. موقعی که به طور دقیق حرکات ستاره شعرای یمانیSirius(پرنورترین ستاره موجود در آسمان که در فاصله ۸/۶ سال نوری از ما قرار دارد) را مطالعه می‌نمود، مشاهده کرد که در چرخش این ستاره به دور هسته مرکزی کهکشان، اختلالات تناوبی پیش می‌آید. نتیجه گرفت که این ستاره تنها نبوده و متعلق به یک سیستم دوتایی است و جرم ستاره همراه او باید معادل با جرم خورشید ما باشد و نیزباید مانند خود ستاره مرئی باشد. او ستاره مزبور را سیریوس**B** (شعرای یمانی**B**)نام گذاشت.

سی سال بعد، آلوآن کلارکAlvan Clarke مشاهده کرد که شدت نور شعرای یمانی**B** ده مرتبه کمتر از شعرای یمانی بوده و در نور فراوان ستاره اخیر غرق شده است و دلیل نامرئی بودن آن نیز این بوده است. با نوری چنین ضعیف، همه فکر می‌کردند که دمای سطح شعرای یمانی**B** باید خیلی پایین باشد. در سال ۱۹۱۷ نالتِر آدامسNalter Adams پس از تهیه طیف این ستاره متوجه شد که درجه حرارتش بیش از ۸۰۰۰ درجه مطلق است، پس چرا با چنین دمایی این ستاره نمی‌درخشد؟ باتوجه به اینکه نور یک ستاره نه تنها متناسب با دمای آن است، بلکه تابع اندازه‌اش نیز می‌باشد، بنابراین باید گفت که قطر این ستاره نباید بیشتر از دو یا سه برابر قطر زمین باشد.اخیرا گروه اختر شناسان انگلیسی با دقت بسیار در یافته اند که جرم سیریوس**B** ۰/۹۸ جرم خورشید ما است ولی قطری کمتر از زمین(۱۲۰۰۰ کیلومتر) دارد میدان گرانشی آن ۳۵۰۰۰۰ باربیشتر از میدان گرانشی زمین است و بعد از تجسس دقیق در طیف آن متوجه شدند که دمای سطحی آن ۲۵۰۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. در شکل(۴ـ۶)تصویر سیریوس Siriu **B** راهمراه ستاره اصلی اش سیریوس**A** که قطر آن ۱/۷۱۱ برابر خورشید می باشدو تصویر اصلی به وسیله تلسکوپHubble گرفته شده و هنرمندی آنرا رنگ آمیزی نموده است،را آورده ایم.



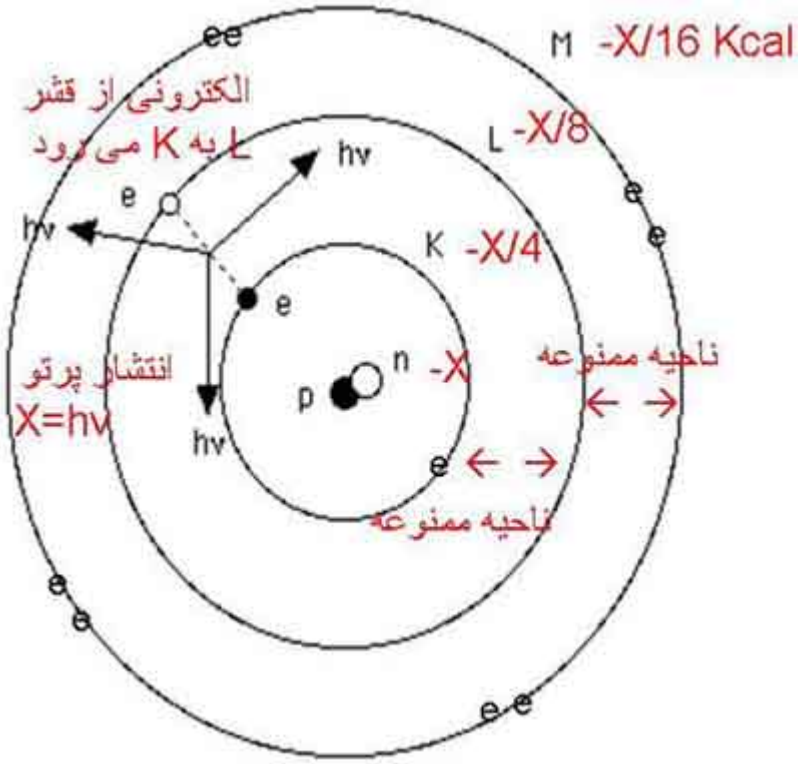
شکل (۴ـ۶) ستاره سیریوسA (شعرای یمانی) همراه سیریوسB .این تصویر به وسیله هنرمندی بعد از مشا هـدات فضایی با تلسکوپ ترسیم شده است،.سیریوسB درفاصله ۸/۶ سال نوری از ما واقع شده و قطری کمتر از زمین(۱۲۰۰۰ کیلومتر)دارد. وحال آنکه سیروسA ۲/۱ برابرخورشید ما است ودرآغازمرحله اصلی زندگیش به سر می برد.(بین ۲۰۰ تا ۲۵۰)میلیون سال. دررئوس مثلث تابستانی Summer Triangle واقع در تصویر ستارگان آلتِرAltair،وگاVegaو دنبDeneb را می بینید،سیریوسB نزدیک به قاعده مثلث قرار دارد و خورشید به صورت نقطه ای از فاصله ۸/۶ سال نوری از سیریوس A قرار گرفته است.*NASA, ESA and G Bacon (STScI)*

مثال فوق وضعیت پیشرفت تحقیق در علم را نیز مشخص می‌کند. توجیهی سبب حل معمایی می‌گردد و به مجرد این که معمّا حل شد مسائل پیچیده‌تر دیگری پیش می‌آیند و پژوهشگر برای حل آنها تهییج و کنجکاو می‌شود. در مورد ستاره شعرای یمانیB بیان این مطلب که اندازه‌اش مشابه اندازه سیّاره‌ای نظیر زمین است، معمایی دیگر ایجاد نمود: چرا ستاره کوچکی جرمی برابر با خورشید و حجمی معادل با چند میلیونیم آن دارد؟ جواب این معما را باید در چگالی ستاره جستجو نمود و به ناچار منطق حکم می‌کند که این ستاره باید یک میلیون بار فشرده‌تر از خورشید و در نتیجه چگالیش باید ۸۰۰,۰۰۰ گرم در هر سانتیمتر مکعب باشد (یعنی چهل هزار مرتبه بیشتر از فلزات سنگین روی زمین نظیر طلا و پلاتین). برای به دست آوردن چنین چگالی بر روی زمین، مثلاً می‌باید برج ایفل را آنقدر فشرده کرد تا در جعبه‌ای به ابعاد ۳۰X۳۰X۳۰ سانتیمتر مکعب(معادل حجم سه جلد شاهنامه فردوسی) جای

بگیرد. چگالی ۸۰۰,۰۰۰ گرم در سانتیمتر مکعب برای علم فیزیک در سالهای ۱۹۲۰ غیر قابل قبول و حیرت‌آور بود و دانشمندان زمان این بیان را نامعقول و بیهوده‌گویی یافتند.به ویژه این نظر از طرف یک پژوهشکر هندی به نام چاندراز خارChandrasekhar بیان شده بود.ولی این نظریه با مشاهدات عینی صدق می‌کرد و انکارناپذیر می‌نمود، زیرا ستاره سیریوسB تنها ستاره‌ای نبود که چنین مشخصاتی را نشان می‌داد، بلکه ستاره نهرالاردُنEridan نیز، همراهی با دمای سطحی زیاد و ابعاد بسیار کوچک دارد که درخشش کم و ناچیز است. از سال ۱۹۲۲ تا ۱۹۲۷ که مکانیک کوانتایی بتدریج تکمیل می‌شد این معما همچنان لاینحل مانده بود زیرا فیزیک کلاسیک وجود حالتی فشرده‌تر از آنچه را که بر روی زمین دیده می‌شود نمی‌توانست توجیه کند. چگالی آب یک گرم در سانتیمتر مکعب، سنگها و صخره‌ها حدود دو تا سه گرم و فلزات معمولی مثل مس و آهن ۷ تا ۸ گرم است. عناصر پلاتینPt و ایردیویم Irدر حدود ۲۲/۵گرم در هر سانتیمتر مکعب وزن دارند. بناچار چگالی معادل با ۸۰۰۰۰۰گرم در سانتیمتر مکعب بر روی زمین مسلماً غیر ممکن است و باید به نوعی تعبیر و توجیه شود. کارهای پلانک، راترفورد، بوهر و بالاخره بروکلی همان طور که در مقدمه اشاره شد، منجر به پیدایش مکانیک کوانتایی و توصیف وضعیت داخلی مادّه شد. هسته در مرکز و الکترونها در حال چرخش اطراف آن برروی مدارها و لایه‌هایی از انرژی کاملاً مشخص و کوانتایی واقع شده‌اند.

اصلی که توسط پولی Wolfang Pauli در سال ۱۹۲۵ به نام اصل طَرد پولی بیان شد، ملزم می‌کند دو الکترونی که در یک لایه و یا اربیتال (لانه) اتمی واقع شده‌اند، نمی‌توانند مشخصات کوانتایی کاملاً یکسان داشته باشند، حداقل جهت چرخش آنها حول خود باید الزاماً متفاوت از هم باشند. مثلاً یکی در جهت راست بگردد و دیگری در جهت چپ. گردش الکترونها را به دور خود اسپین spin گویند که مقادیر کاملاً مشخص و کوانتایی دارد و مقدار آن مضربی از $\hbar$ یعنی ثابت نرمالیزه پلانک است.$\hbar$ گشتاور چرخش الکترون به دور خود (یعنی شعاع الکترون ضرب در سرعتش) می‌باشد و مقدار آن برای یک الکترون معادل با $\frac{1}{2}\hbar$ - و یا $\frac{1}{2}\hbar$ + است. در اشل اتمی این مقدار عدد بسیار کوچکی است و با آنچه ما بر روی زمین روزانه سر و کار داریم، غیر قابل مقایسه است. مثلاً یک دوک پشم‌ریسی و یا فرفره بچه‌ها گشتاوری معادل با $10^{30}\hbar$ (یک و ۳۰ صفر در مقابل آن) دارد!

اصل طرد پولی می‌گوید که مدارها و اربیتالها نمی‌توانند در هر وضعیت دلخواهی در اتم باشند. هر الکترون در تراز مشخص و محدودی از انرژی واقع شده است. در سال ۱۹۲۵ رالف فولِر Ralph Fowler اصل طرد پولی و مکانیک کوانتایی را در مورد ستارگان به کار برد و گفت:« نیروی گرانشی که باعث فشردگی و انهدام گرانشی یک ستاره می‌گردد و مواجه با عکس‌العملی مخالف(مثلاً واکنش هسته‌ای پیوست در مرحله اصلی خورشید) نمی‌شود، قادر است الکترونها را مجبور به اشغال مکانهای غیر ممکن و ممنوعه در اتم نماید».در شکل(۴ـ۷) ترازهای ممکن اتم نئون ($_{10}^{20}Ne$) داده شده است. برای فهم مطلب، حالت عادی الکترونهای یک اتم مثلاً نئون را در نظر بگیرید، این الکترونها در ترازهای مشخصی از انرژی قرار دارند. فاصله هر تراز از تراز دیگر و از هسته کاملاً دقیق و کوانتایی است. لکترون نمی‌تواند بین این ترازها قرار گیرد. فاصله بین ترازها را نواحی ممنوعه گویند. الکترون فقط برروی ترازهای K،L،M و N می‌تواند مستقر شود. انرژی این ترازها نزولی است، هر قدر الکترون به هسته نزدیکر باشد انرژی کمتری دارد،یعنی پیوستگی آن به اتم بیشتر است و برای کندن آن باید انرژی بیشتری مصرف کرد.ولی برعکس هر قدر الکترون دورتر از هسته باشد راحت تر می توان آنرا از اتم کند.درقشـــــر نهایی یا تراز صفر، انرژی الکترون بیشتر از همه و معادل صفر و جدا شده از اتم است.



شکل (۴ـ۷) نمایشی از لایه های الکترونی یک اتم و نواحی ممنوعه برای الکترونها. طبق اصل طرد پولی الکترون می تواند از قشری به قشر دیگر بیاید ولی هرکز نمی تواند بین دو قشر قرار گیرد مگر در کوتوله های سفید و یا ستارگان نوترونی.

الکترون نمی‌تواند در بین ترازها مستقر شود. فاصله بین ترازها محلهای ممنوعه یا غیر کوانتایی نام دارد.اگر الکترونی از قشر بالا به قشر پایین تر منتقل شود اتم از خود پرتوهایی منتشر می کند اگر الکترون به نزدیک ترین قشر بیاید پرتو تولید شده بسیار قوی و از نوع پرتوهای X است. در حالت عادی بر روی زمین و یا سیّارات دیگر غیر ممکن است که الکترون بتواند در محلهای ممنوعه (بین دو قشر) جای بگیرد. ولی در حالتی غیر عادی، یعنی زمانی که نیروی گرانش بی‌نهایت زیاد بوده و اتمها خیلی به هم نزدیک شده‌اند، الکترونها اجباراً محلهای ممکن ولی ممنوعه را پُر می‌نمایند. طبق اصل طرد پولی فقط دو الکترون می‌توانند روی ترازK قرار گیرد نه بیشتر و بر روی تراز L که خود به چهار تراز فرعی تقسیم می‌شود ۸ الکترون (دو الکترون روی هر تراز).در گازهای نادر و یا عناصر قلیایی و قلیایی خاکی بر روی قشر M فقط۸ الکترون قرار می گیرد در اتمهای حد واسط باید با۱۸ الکترون پرشود.قاعده پرشدن قشرها $2n^2$ است که n شماره قشر است.

بر اثر نیروی گرانش و نزدیکی اتمها به هم، الکترون ترازهای بالا به ترازهای پایین‌تر آمده و تغییر ماهیت می‌دهندDégénéresence در چنین حالتی الکترونها فشار زیادی ایجاد می‌کنند که خود نوعی عکس‌العمل و یا مبارزه در برابر نیروی گرانش می‌باشد، و بدین ترتیب نیروی گرانش نمی‌تواند باقیمانده ستاره را از هم متلاشی کند. نور و دمای بالا و چگالی زیاد کوتوله‌های سفید به همین دلیل است. در سال ۱۹۳۱ چاندرازخار[۱] Chandrasekhar کشف بسیار مهمی نمود و ثابت کرد که در اینگونه ستارگان جرم ماکزیمم و ممکن ۱/۴ برابر جرم خورشید می‌تواند باشد.این ادعا با مخالفتهای بسیار زیادی رو به رو شد و خیلی از دانشمندان محاسبات او را غلط و غیر معقول دانستند، زیرا با این محاسبات سرنوشت ستارگان خیلی بزرگتر از خورشید نامعلوم و مرموز می‌شد. ولی امروزه ثابت شده، حتی ستارگانی که جرم اولیه آنها ۸ برابر جرم خورشید است، در مراحل آخر زندگی خود مقادیر بی‌نهایت زیادی از گازها و خاکسترهای خود را از دست داده و در حدّ نهایی تبدیل به کوتوله‌های سفید با جرم

---

[۱] چاندرا زخار Chandrasekhar اختر فیزیک‌دان هندوستانی، ۵۲ سال بعد، یعنی در سال ۱۹۸۳ برنده جایزه نوبل بخصوص به خاطر این کشف گردید.

ماکزیمم۱/۴جرم خورشید کنونی می‌گردند، البته با حجمی چندین میلیارد کوچکتر از خورشید. سرنوشت ستارگان بزرگتر را در سطور آینده مطالعه خواهیم نمود. نهایت زندگی ستارگانی با جرم بین ۱ تا ۸ برابر جرم خورشید، کوتوله‌های سفید است. تعداد این ستارگان در آسمان بسیار زیاد است و تقریباً می‌توان گفت ده درصد ستارگان موجود در کهکشان ما (راه شیری) از آنها تشکیل یافته است (حدود ۱۰ تا ۲۰ میلیارد). ولی تاکنون فقط چندهزارتایی از آنها شناخته شده و دلیل آن کم نوری آنهاست و فقط توانسته‌اند آنهایی را که نزدیکتر به ما هستند تشخیص بدهند. هر چه جرم کوتوله سفید نزدیک به۱/۴ جرم خورشید می‌گردد، بعکس شعاعش کوچکتر و نتیجتاً نور کمتری خواهد داشت. در درون آنها آرایش اتمی کا ملاً از هم پاشیده شده و الکترونها از اتمها جدا گردیده‌اند و با سرعتی نزدیک به سرعت نور در دریایی از الکترونهای تغییر ماهیت یافته، در حرکت می‌باشند. در مورد الکترونها قانون جاذبه نیوتونی دیگر صادق نبوده، بلکه از رابطه نسبیت انشتین پیروی می‌نمایند و به آنها الکترونهای نسبیت یافته Eléctron Relativistes **می‌گویند. با وجود آنکه الکترونها از هسته جدا و آزاد هستند، ولی هنوز فاصله‌های خالی بین اتمها زیاد است. شکل ظاهری کوتوله‌های سفید تابع دریای الکترونهاست و حال آنکه دمای درونی آنها مربوط به نیروی داخلی هسته اتمها می‌باشد. چون الکترونها تغییر ماهیت داده و سرعتی نزدیک به سرعت سیر نور پیدا نموده‌اند، لذا نسبت به انتشار نور و هدایت حرارت شفاف می‌باشند. دمای درونی کوتوله‌های سفید در آغاز تشکیل آنها، صد میلیون درجه و بعد از مدتی به علت قابلیت هدایت حرارتی الکترونها، چند میلیون درجه نزول می‌کند، در پوسته خارجی آنها به شعاع چند کیلومتر، عناصر طبیعی(موادی که تغییر ماهیت نداده‌اند) وجود داشته و در این پوسته درجه حرارت از صد هزار درجه تجاوز نمی‌کند (ولی دهها بار بیشتر از دمای سطحی خورشید است). نوری که از کوتوله‌های سفید می‌بینیم، مربوط به این ناحیه بوده و چون سطح پوسته نشردهنده نور منقبض شده و در هم رفته است، لذا نوری که از آن عبور می‌نماید، سفید مات و شبح مانند است و هیچ‌گونه درخششی ندارد.**

چون درون هسته این ستارگان هیچ واکنش هسته‌ای انجام نمی‌گیرد، لذا بتدریج این ستارگان سرد می‌شوند، زیرا شکل داخلی آنها طوری است که حرارت درونی را بکندی از دست می‌دهند، لذا میلیاردها سال طول می‌کشد تا کوتوله‌های سفید سرد شوند. موقعی که دمای درونی ستاره کمتر از نیروی الکترو استاتیکی هسته‌ها و الکترونها می‌گردد، در این حال به ناگاه

ستاره تبدیل به کریستال واحدی می‌شود، الکترونها در شبکه کریستالی آن کاملاً آزاد هستند، این کریستالها میلیونها بار سخت‌تر از الماس می‌باشند.

خورشید ما اکنون در نیم راه زندگی خود می‌باشد، در پنج تا شش میلیارد سال دیگر تبدیل به کوتوله سفیدی خواهد شد و سپس به مدت ده میلیارد سال دیگر نور سفید مات شبح مانند خود را به اطراف منتشر کرده و نهایتاً خاموش شده و عمر ابدی خود را در حالت یک کریستال سرد و سخت شروع خواهد کرد.

ستارگان مجرد نظیر خورشید در اقلیت هستند. بیش از ۵۰ درصد ستارگان موجود در کهکشان زندگی زوجی و نیز برخی از آنها رابطه گرانشی بسیار نزدیک با دو و یا سه و حتی چهار ستاره دیگر دارند. کوتوله سفید شعرای یمانی**B** علاوه‌بر رابطه گرانشی با ستاره شعرای یمانی، همراه دیگری نیز دارد، ولی ارتباط آنها از فاصله نسبتاً دور بوده و سرنوشت آنها زیاد به یکدیگر مربوط نیست و ستاره شعرای یمانی**B** محکوم به سرد شدن است.

ولی مادامی که زندگی یک زوج ستاره به هم بستگی نزدیک دارد، تحول نهایی کوتوله سفید ممکن است تغییر کند، زیرا انتقال مواد از ستاره بزرگ به او میسر است، بخصوص زمانی که ستاره بزرگ در پایان زندگی خود و در مرحله غول سرخ به سر می‌برد. مواد گسترش یافته‌اش به وسیله کوتوله سفید جذب شده و این مواد در اطراف او شروع به گرم شدن می‌کنند و برای دوره کوتاهی، کوتوله سفید فعالیت شدیدی را آغاز می‌کند. این حالت که به نام nova و یا نواختر معرفی می‌شود، امکان مشاهده کوتوله سفید را برای مدتی به دست می‌دهد. احتمالاً فعالیت جدید کوتوله سفید به علت واکنش پیوست در پوسته خارجیش است.

اَبَر نواختر

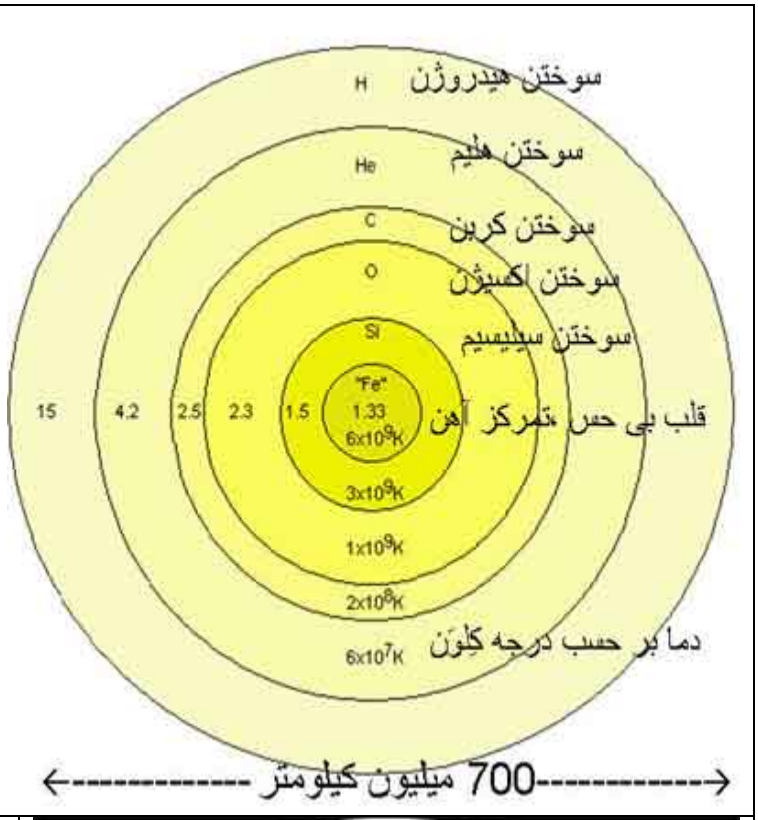
در طبیعت غیر از هیدروژن و هلیم، عناصر سنگین دیگری نیز وجود دارد. در بدن ما فسفر، کلسیم، آهن و در نباتات پتاسیم، سیلیسیم، منیزیم و در معادن انواع و اقسام عناصر از هیدروژن گرفته تا عنصر ۹۲ (یعنی اورانیم)وجود دارد. این عناصر در بوته زرگری کدام ستاره حاصل شده‌اند؟

در کیهان ستارگان بسیار عظیمی وجود دارند که جرم آنها از ۸ برابر جرم خورشید بیشتر بوده(البته تعداد آنها در بین ستارگان بسیار محدود است) و موقعی که مرحله اصلی زندگی آنها به پایان می‌رسد، در درون خود آنقدر مواد سنگین نظیر هلیم، کربن و اکسیژن دارند که قادر خواهند بود واکنش پیوست را تا تولید عناصر بسیار سنگین ادامه دهند. بوته زرگری در قلب

آنها به علت جرم بسیار زیاد پوسته، در هم فشرده شده و هلیم های حاصل از مرحله نخست زندگی تبدیل به کربن و اکسیژن می‌شوند و این دو نیز مواد سوختی جدید آن را تشکیل می‌دهند. دمای درونی در چنین مرحله‌ای از زندگی به ۶۰۰ میلیون درجه رسیده است. در چنین درجه حرارتی، مقاومت جوشن الکترواستاتیکی حاصل از بارهای متعدد هسته‌های کربن و اکسیژن و ازت در هم شکسته و در نتیجه با یکدیگر و یا با هسته‌های هلیم باقیمانده ترکیب می‌شوند و عناصر سنگینتری نظیر فلئور، نئون و سدیم را به وجود می‌آورند. زنجیره‌های فراوانی از واکنشهای پیوست عناصر با یکدیگر - که همه انرژی‌زا بوده و باعث بالا رفتن سریع دمای درونی ستاره می‌شود - پی در پی انجام می‌گیرد. موقعی که درجه حرارت به یک میلیارد می‌رسد، مثلاً نئون با هلیم ترکیب شده و منیزیم تولید می‌کند، باز هم دمای درونی بالا رفته و به یک میلیاردونیم‌درجه می‌رسد. در این حال اتمهای اکسیژن شروع به سوختن می‌کنند و از پیوست آنها با هم عناصر سنگین نظیر گوگرد، سیلیسیم و فسفر به وجود می‌آید. در سه میلیارد درجه، اتمهای سیلیسیم شروع به سوختن نموده و بیشتر از صد نوع واکنش پیوست انجام می‌گیرد و حرارت درونی این کوره شگفت‌انگیز را بالاتر و بالاتر می‌برد. هر چه عنصر تشکیل یافته سنگینتر باشد، زمان واکنش پیوست او کوتاهتر است. برای ستاره‌ای که ۲۵ برابر خورشید جرم دارد، زمان سوختن کربنها با یکدیگر ۶۰۰ سال و زمان سوخت نئون یک سال و اکسیژن ۶ ماه و زمان سوختن سیلیسیم و فسفر و گوگرد یک روز بیشتر نیست. مرحله نهایی پیوست عناصر با هم به عنصر آهن خاتمه می‌یابد، زیرا هسته این عنصر جادویی و افسون شده است، تعداد ۵۶ پروتون و نوترون در هسته‌اش به نحوی به یکدیگر پیوند شده‌اند که انرژی واکنش پیوست اتمهای سنگین با دمای سه میلیارد درجه‌ای نه قادر به شکست آن و نه قادر به پیوست اتمی دیگر بر روی آن‌است.آرایش درونی چنین ستاره‌ای نظیر شکل درونی پیاز است و از پوسته‌های مختلف تشکیل یافته، پوسته‌های فوقانی از عناصر سبک نظیر هلیم کربن و ازت، پوسته دوم از کربن و اکسیژن، پوسته سوم اکسیژن و نئون، پوسته چهارم سیلیسیم، فسفر، گوگرد و بالاخره در مرکز آهن جمع و متمرکز می‌شود. بر اثر واکنشهای پی در پی پوسته‌ها، بتدریج ذخیره آهن در قلب ستاره زیادتر می‌گردد. این ستاره‌ها را اَبَر غول Supergeantes می‌گویند و بزرگترین ستارگان عالم‌اند. اگر یکی از این ستاره‌ها را در محل کنونی خورشید قرار دهیم، تمام منظومه شمسی تا پلوتون در آن قرار می‌گیرند، یعنی شعاعی معادل با ۵ میلیارد کیلومتر دارد. شکل (۴-۸) نموداری از آرایش درونی این ستاره

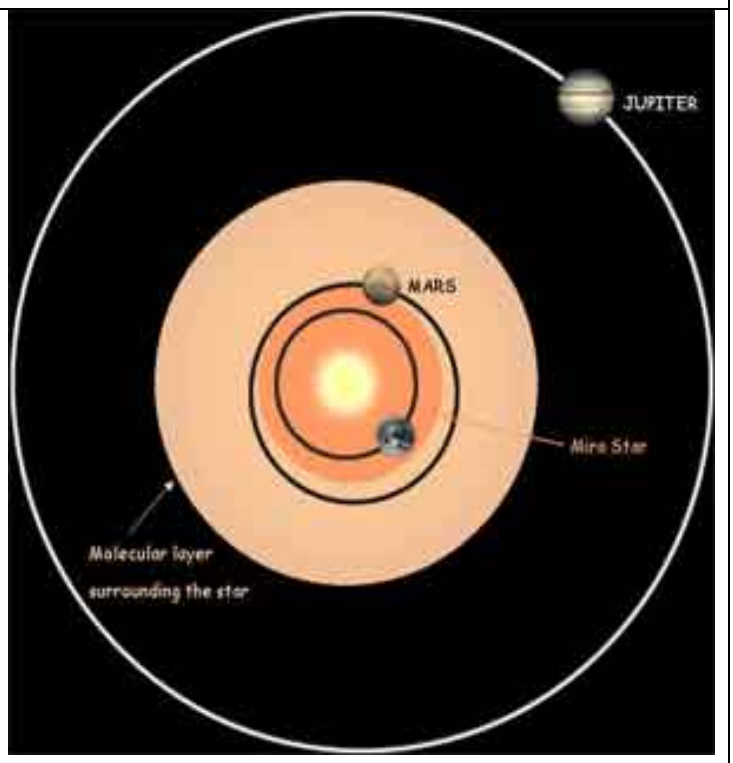
هیولایی عظیم است.دمای هرپوسته به پوسته دیگر صعودی بوده، به نحوی که نهایتاً درمرکز به چندین میلیارد درجه می‌رسد.

همان طور که در شکل مشاهده می‌کنید، قطر این ستاره ۵۰۰ بار بیشتر از قطر خورشید در مرحله اصلی زندگی خود است. ولی در مرحله نهایی مبدّل به اَبَر غول سرخ با شعاعی در حدود ۵ میلیارد کیلومتر می‌گردد. در مرحله اصلی زندگیش، بتدریج که واکنشهای پیوست در پوسته‌های مختلف پیش می‌رود، قلب ستاره بزرگتر می‌شود و آهن که هیچ تمایلی برای واکنش پیوست ندارد)و یا به عبارت دیگر واکنش پیوست آهن انرژی‌زا نمی‌باشد(لذا در آنجا ذخیره می‌گردد. فشار درونی ستاره بتدریج اضافه شده و هسته‌های آهن در دریایی از الکترونهای تغییر ماهیت یافته غرق می‌شوند. مع‌ذالک فشار آنها قادر به مبارزه با نیروی گرانش نبوده و بناچار الکترونها در داخل اتمهای آهن نفوذ می‌نمایند. هر پروتون یک الکترون جذب کرده و تبدیل به نوترون می‌شود. براثر این عمل، پرتوهای کاما،ایکس و نوترینو(γوX و ν) و نوترینو به وجود می‌آیند که از مرکز به سوی قشرهای سطحی فرار می‌کنند. نوترونها که فاقد بار الکتریکی هستند، قادرند بدون آنکه دافعه الکتریکی ایجاد کنند، به یکدیگر نزدیک شده و حتی این ذرات می‌توانند به صورت مماس بر هم در کنار یکدیگر قرار گیرند. در چنین حالتی دیگر فضای خالی بین اتمها وجود نخواهد داشت و چگالی مرکز ستاره بناگاه به مقدار بی‌نهایت زیاد بالا می‌رود. هر سانتیمتر مکعب هسته بیش از ۱۰۰ میلیون تن وزن خواهد داشت ($۱۰^{۱۴}$ گرم در سانتیمتر مکعب).



شکل (۴-۸) آرایش درونی اَبَر غول اختری

درمراحل اصلی زندگی خود. ساختار درونی این اَبَرغول شبیه پوسته پیاز است. در پوسته ها اسامی عناصری که در حال سوختن(گداخت) هستند آورده شده و نیز دمای هر قشر بر حسب درجه کِلون نیز داده شده است.در مرکز قلب این ابر غول اتم های آهن ذخیره می شود



شکل فوق مربوط به یک اَبَرغولی است که در مرحله اصلی زندگیش می باشد قطرش ۱۱۰۰میلیون کیلومتر ازفاصله مشتری به خورشید بیشتر است (فاصله مشتری تاخورشید۵۹۰۰ میلیون کیلومتراست)واماخورشید بعد از ۶ میلیارد سال دیگرتبدیل به غول سرخی می شودکه تا مدار مریخ(مارس)گسترش پیداخواهد کرد که در این حالت عطارد،زهره و زمین تبخیر خواهند شدو سیّاره مریخ به کره ی مذابی تبدیل می گردد.پیوست عناصردرخورشید تا اکسیژن وازت پیش می رود.

پرتوهای X،γ و نوترینو با سرعت از مرکز به سوی قشرهای سطحی روی آورده و خروج

آنها توأم با انفجار وحشتناکی است که تجسم آن بر روی زمین و برای ما انسانها غیر ممکن می‌باشد. قشرهای سطحی ستاره به اطراف پراکنده شده و نوری بمراتب بیشتر از مجموع نورهای ستارگان موجود در کهکشان ما حاصل می‌گردد (ده میلیون بار بیشتر از نور خورشید). بعد از انفجار اَبَر غول، تقریباً تمام مواد آن از قبیل هیدروژن، هلیم، سیلیسیم و عناصر سنگینتر به اطراف پخش و پراکنده می‌شوند. با این وجود هسته مرکزی که منحصراً متشکل از نوترون است، با چگالی بی‌نهایت زیاد و جرم اتمی در حدود $۱۰^{۵۶}$ (یعنی یک و ۵۶ صفر در مقابل آن) باقی می‌ماند. شعاع آن در حدود سی کیلومتر و جرم آن $۱۰^{۲۲}$ تن(یعنی ده هزار میلیارد در میلیارد تن) خواهد بود.

در مرکز توده‌های سحابی خرچنگ Crabe هسته اتمی عظیمی معادل با حجم یک شهر متوسط در هر ثانیه سی بار به دور خود می‌گردد. اگر یک قاشق چایخوری و یا یک سانتیمتر مکعب از این ستاره در دست شما باشد ٠غیر ممکن است، ولی فرض کنید، و آن را بر روی قله هیمالیا (۸۸۰۰ متر از سطح دریا) رها کنید، مانند گلوله‌ای که هوا را می‌شکافد، در قلب زمین فرو رفته و از طرف دیگر زمین بیرون خواهد آمد و یا اگر محتویات چند قاشق از این ستاره را بر روی زمین مانند دانه‌های گندم پخش کنید، از طرف دیگر زمین بیرون زده و زمین مانند پرویزنی(آبکش) سوراخ سوراخ خواهد شد. این ستاره باقیمانده بعد از انفجار اَبَر نواختر را ستاره نوترونی و یا تب‌اختر Pulsar گویند.

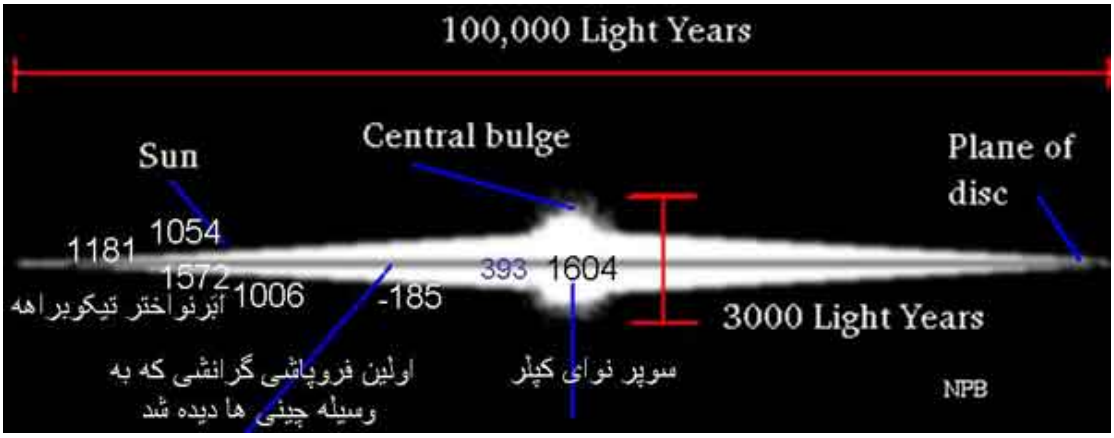
اَبَر نواخترهای تاریخی

برای دیدن حالت احتضار یک ستاره غول پیکر، باید چشم به آسمان دوخته و سالهای زیادی صبر کرد تا این اتفاق جالب رخ دهد، ولی در خلال تاریخ در طیّ سی یا چهل قرنی که بشر به آسمان نگاه کرده و توانسته تغییرات آن را ثبت نماید، ستارگان بسیاری به مرحله غول سرخ و یا هیولای عظیم سرخ رسیده و در آسمان منفجر شده و نور این انفجار بر روی زمین با چشم غیر مسلح دیده شده است. خاطرات نجومی انسانها در تمدنهای مختلف جهان و در کتابهای نجومی آنها ثبت گردیده است، ولی متأسفانه تاکنون مطالعه تاریخی دقیقی در زبانهای مختلف از این شواهد عینی به عمل نیامده است. تنها حدود ده اَبَر نواختر تاریخی در یادداشتهای نجومی ملل مختلف پیدا شده که فقط چندتای آنها دقیق و مشاهدات مختلف ضبط شده در کشورهای مختلف درباره آنها با هم مطابقت می‌کنند.

در کشورهای آسیایی و بخصوص آسیای شرقی اخترشناسان و طالع‌بینان به منظور تأمین خواسته‌های پادشاهان و حکمرانان به آسمان نگاه کرده و طالع آنها و پیشگویی حوادث آینده را در جنبش ستارگان تفسیر و تعبیر می‌نمودند. چینی‌ها از همه ملل بیشتر به این مسائل اعتقاد داشته و اهمیت می‌دادند، ولی متأسفانه دویست سال قبل از میلاد مسیح پادشاهی در چین به نام چین شی هوانگChin-Shih-Huang که خود را امپراطور چین نامید، دستور داد که کلیه کتابها را سوزانده و تاریخ را از روز امپراطوری او، یعنی ۲۱۳ سال قبل از مسیح، شروع نمایند. لذا کلیه یادداشتهای نجومی آن زمان از بین رفت. خوشبختانه چین تنها کشوری نبود که به نجوم و ستاره‌شناسی تمایل نشان می‌داد. هزار سال قبل از میلاد مسیح، در ژاپن و کُره مشاهدات نجومی شروع شده بود و آنها نیز مشاهدات خود را یادداشت می‌کردند. بر تاریخ‌دانان متخصص در علم نجوم واجب است که یادداشتهای تاریخی ممالک مختلف، بخصوص کشورهای آسیای شرقی را مطالعه و ترجمه نموده و در اختیار اخترشناسان جهان قرار دهند. یادداشتهای منجمین کشورهای اسلامی، بخصوص ایران که به طور وسیع درباره شناخت کیهان است، کشورهای غربی را کمک نموده و بجرئت می‌توان ادعا کرد، اروپایی که به مدت ده قرن در رکود علمی و خفقان قرون وسطایی به سر می‌بردند، آغاز پیشرفت خود را مدیون دانشمندان و متفکرین ایرانی که به غلط به نام عرب معروف شده‌اند، هستند. در بسیاری از کتابهای تاریخ علوم به آن اشاره شده و به علت اینکه یادداشتهای آنها غالباً به زبان عربی نوشته شده، آنها را عرب می‌پندارند (به مقدمه کتاب اخترشناسیAstronomie منتشر شده به وسیله لاروس در سال ۱۹۸۱ مراجعه شود).

یادداشتهای باقی مانده از سه ستاره نوا که توسط چینی‌ها مشاهده شده، بسیار مختصر است. اولین ستاره در سال ۱۸۵ قبل از میلاد است که به مدت ۲۰ ماه در صورت فلکی قنطروسCentaure ظاهر شد و دومین در سال ۳۹۶ به مدت ۸ ماه در صورت فلکی عقرب Scorpion و بالاخره آخرین آن در سال ۸۲۷ باز هم در صورت فلکی عقرب دیده شده است. ظهور اَبَر نواختر سال ۱۰۰۶ در صورت فلکی گرگLoup مطابقت کامل با یادداشتهای ممالک مختلف دارد و در صحت آن شکی نیست. این اَبَر نواختر اولین بار به وسیله ممالک اسلامی دیده شد و بنا به نوشته‌های باقی مانده در عراق، به مدت ۲۵ شبانه روز در آسمان درخشیده بود. کشیشهای اروپایی قرون وسطی و چینی‌ها و ژاپنی‌ها نیز ظهور آن را در آسمان دیده‌اند. بنابر توصیف و تفسیرهای مختلف کتابهای ممالک اسلامی، درخشش این ستاره از ربع

قمر (یک چهارم درخشش ماه کامل) تجاوز می‌کرده است.در شکل(۴ـ۹) محل اَبَر نو اخترهای تاریخی را بر روی کهکشان NGC۲۹۹۷ که مشابه کهکشان راه شیری است آورده ایم. ابر نواختر تاریخی سال ۱۰۵۴ که در ژاپن و چین دیده شده است، از همه مشهورتر است. بقایای این اَبَر نواختر در توده سحابی خرچنگ و در صورت فلکی گاو(ثور) Taureau در فاصله ۶۰۰۰ سال نوری از ما هنوز دیده می‌شود. این اَبَر نواختر در سال ۱۰۵۴فروپاشی (منفجرشد) کرد و مواد آن با سرعتی نزدیک به ۱۱۰۰ کیلومتر در ثانیه به اطراف پراکنده می‌شوند و با وجود آنکه ده قرن از انفجار آن می‌گذرد، صدها هزار بار بیشتر از خورشید انرژی به اطراف پراکنده کرده و می‌کند. مرکز آن در اثر گرانش زیاد تبدیل به ستاره نوترونی گردیده و در هر ثانیه ۳۰ مرتبه نور بسیار شدیدی از خود منتشر می‌کند و این نور در اثر چرخش این ستاره بسیار کوچک ولی خیلی فشرده به دور خود است.



شکل (۴-۹) نموداری شبیه به کهکشان ما (راه شیری) و محل تقریبی اَبَر نواخترهای تاریخی در بالا برش روبرویی ودر زیر آن برش قطری آن با ذکر تاریخ انفجار(سال میلادی) ابَر نواخترهای تاریخی را آورده ایم .

این چرخش را تناوب ستاره گویند. در سال ۱۹۶۹ تناوب آن، یا زمان لازم برای هر چرخش ۰/۰۳۳۰۹۹۳۲۴ثانیه بود. در هر قرن تناوبش به اندازه ۰/۰۰۰۱۲ ثانیه تنزل می‌نماید. این نوع ستارگان نوترونی را **پولسار** Pulsar یا تپ‌اختر گویند که دقیق‌ترین ساعتهای عالم را تشکیل می‌دهند. در سطور آینده، دلیل چرخش آنها را بیان خواهیم نمود.

تفسیری که چینی‌ها از انفجار این ستاره نموده‌اند، بسیار کامل است. در چهارم ژوئیه سال ۱۰۵۴، **یانگ وی‌ته** Yang Wei-te اخترشناس دربار چین مشاهده نمود که در آسمان ستاره خارق‌العاده‌ای در فاصله مختصری از خورشید ظاهر شد که نورش بمراتب از زهره و یا ستارگان دیگر آسمان بیشتر بود. اخترشناس نام آن را ستاره مهمان گذاشت و به امپراطور چین خبر رسیدن چنین ستاره‌ای را به عنوان یک پیشگویی از بخت مساعد مژده داد. ستاره مهمان به مدت ۲۳ روز در روز روشن و به مدت دو سال دیگر در شبها دیده می‌شد. این اخترشناس شاهد انفجار مشهورترین اَبَر نواختری بود که درخشش آن ۲۵۰ میلیون بار بیشتر از نور خورشید بوده است.

مسئله این ستاره قرنها به فراموشی سپرده شد تا در سال ۱۷۳۱ اخترشناسی به نام ژون‌بویس John Bevis مشاهده کرد که در صورت فلکی گاو (ثور) توده ابرهای فراوانی وجود دارد. در سال ۱۸۴۴ اخترشناس دیگری به نام لُرد روس Lord Ross نام آنها را

سحاب خرچنگ Crabe نهاد. بعد از مطالعه و ترجمه یک کتاب اخترشناسی چینی در سال ۱۹۱۹، لوند مارکLundmark برای اولین بار رابطه‌ای بین این توده ابرها و اَبَر نواختر سال ۱۰۵۴ راپیدا نمود. در سال ۱۹۲۸ اِدوین هوبل Edwin Hubble اخترشناس مشهور و در واقع پدر عالم کیهان‌شناسی جدید، سرعت انبساط سحاب خرچنگ را بررسی کرد و عمر آن را نزدیک به ۹۰۰ سال تخمین زد که مطابقت کامل با انفجار سال ۱۰۵۴ می‌نماید. از این به بعد شکی در مورد انفجار اَبَر نواختر ۱۰۵۴ و مبدأ توده صحابی خرچنگ که بقایای این انفجار است وجود ندارد.

اَبَر نواختر دوره قرون وسطی در سال ۱۵۷۲ میلادی به وسیله اخترشناس معروف تیکوبراهه در صورت فلکی ذات الکرسیCassiopée مشاهده شد. به مدت چندین روز این ستاره با درخششی مشابه سیّاره زهره در آسمان دیده می‌شد. این اولین باری بود که انفجار یک اَبَر نواختر به طریق علمی مطالعه می‌شد و از نظر تاریخی اهمیت فراوان دارد. در اواخر قرون وسطی تعبیر و تفسیر عالم که بازمانده طرز تفکر یونانیان قدیم بود، زمین را مرکز دنیا و ستارگان را به آسمان چسبیده در نقاط دور و ثابتی می‌پنداشت. تیکوبراهه نشان داد که ستاره جدید سال ۱۵۷۲ دورتر از ماه قرار گرفته و بنابر این، در محدوده ستارگان ثابت قرار دارد و بدین ترتیب شک و تردیدی که با محاسبات و مشاهدات کوپرنیک در مورد نظریات قدیمه شروع شده بود، با ظهور این ستاره بیشتر گردید و زمینه را برای انقلاب اخترشناسی به وسیله کِپلرKepler آماده نمود. انفجار سال ۱۵۷۲ مبدأ نام‌گذاری اَبَر نواختر (سوپر نوا) گردید. کلمه« نوا» یعنی نو و سوپر به معنای بسیار عظیم یا (اَبَر) می‌باشد. اَبَر نواختر سال ۱۶۰۴ در صورت فلکی افعی Ophiuchus هم در اروپا و هم در چین و کره مشاهده شد و اسم آن را سوپر نوای کپلر گذاردند، زیرا کپلر مکان دقیق آن را مشخص نموده بود. در سال ۱۹۴۳ والتر باد Valter Baad در مکانی که کپلر تعیین نموده بود، توده سحابی را تشخیص داد.

در فاصله ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار سال نوری از ما، توده سحابهای ماژلان بزرگ Grand Nuage Magellan نزدیکترین کهکشان به کهکشان ما وجود دارد و بنا به نظریه برخی از اختر فیزیک‌دانها، یکی از ماهواره‌های کهکشان ما می‌باشد. در فوریه سال ۱۹۸۷، یک نقطه درخشان در فاصله ۱۷۰ هزار سال نوری از ما، در سحاب ماژلان بزرگ دیده شد. در اغلب آزمایشگاههای جهان وجود پرتوهای نوترینوی مربوط به این انفجار تشخیص داده شد. این نقطه بیش از پیش روشنتر شده و سپس از ۹ مارس (۱۴ روز بعد) نورش تنزل نمود. در طی سه قرن گذشته،

اخترشناسان به چنین تحولی برخورد نکرده‌اند. این انفجار که مربوط به انفجار غول سرخ رنگی بود، به نام سوپرنوای A ۱۹۸۷ نام‌گذاری شد. انفجار یا مرگ اَبَر نواختر A ۱۹۸۷ از نظر علمی حالت استثنائی بخصوصی دارد، زیرا برای اولین بار بود که بشر با چنین پدیده‌ای در خارج از محوطه کهکشان ما برخورد می‌نمود و از طرف دیگر درخشش انفجاری این ستاره کمتر از مقدار پیش‌بینی شده و زمان انفجار نیز طولانی‌تر بوده است. دلیل مشخصی بر این پدیده هنوز پیدا نکرده‌اند و نیز عجیبتر آنکه ستاره‌ای دیگر در محل انفجار ستاره نابود شده به سرعت ظاهر گردید. اخترشناسان و اختر فیزیک‌دانان کلیشه‌های خود را بکرّات مورد مطالعه قرار داده و می‌دهند، زیرا مرگ ستاره‌ای و تولد ستاره دیگر معمایی از معماهای زیاد جهان پهناور را حل می‌نماید.

انفجارهای تاریخی مشاهد شده در کهکشان ما (راه شیری) در شکل (۴-۵) نمایش داده شده است. در شکل چ برش رو به رویی کهکشان و در شکل ح برش قطری آن با ذکر تاریخ انفجار اَبَر نواخترهای تاریخی و محل خورشید نشان داده شده است.

تب اختر یا چراغ دریایی در آسمان

در سال ۱۹۶۷ آنتونی هویش Anthony Hewish استاد دانشگاه کامبریج به عنوان رساله دکترا از دانشجوی جوانی به نام ژسلین بل Jocely Bell خواست که آنتن‌های رادیویی که قادر باشند از فواصل بسیار دور مقدار درخشش منابع رادیویی Radiosources را تعیین کنند، بسازد. با تجزیه و تحلیل صدها صفحه کاغذ میلیمتری که امواج رسیده از فواصل دور فضا بر روی آنها ضبط شده بود، این دانشجو متوجه شد که علامتهای دوره‌ای یا تناوبی بر روی کاغذها ثبت شده و فاصله زمانی بین آنها ۱/۳۳۷۳۰۱۱۳ ثانیه می‌باشد. این دانشجو بر حسب تصادف به تپشهای رادیوالکتریکی یک ستاره برخورد نموده بود و با انحراف آنتن به سوی نقاط دیگر فضا، علامتهای دیگر نیز بر صفحه کاغذ او ثبت شدند.

از سال ۱۹۶۸، در باقیمانده‌های انفجاری ابر نواختران خرچنگ Crabe و سفینه Vela چنین علائمی مشاهده شد. به مدت طولانی در مجمع اختر فیزیک دانان هیجان خارق‌العاده‌ای ظاهر شد، چون فکر می‌کردند علامتهای رادیویی به فواصل این چنین دقیق نمی‌توانند طبیعی باشند و حتماً یک منبع مصنوعی اینها را تولید می‌کند و برای جلب توجه ساکنان کره زمین و

یا سیارات دیگر فرستاده می‌شود. اسم این علائم رادیویی را که شبیه تپش منظم نبض بود، پولسار نهادند و حتی برخی فکر می‌کردند که این علائم توسط افراد زنده و متمدن موجود در ستارگان و سیارات دیگر فرستاده می‌شود. در غیاب تفسیرهای علمی و توجیه درست این پدیده و با توجه به داستانهای تخیلی علمی، نام این علائم راLGM۱ وLGM۲ یعنی Little Green Man آدمهای سبز کوچولو گذاشتند که البته نوعی شوخی نجومی بود و خلایق آن را جدی تصور کردند و روزنامه‌ها و مجلات به عنوان اولین تماس با ساکنان ماورای زمین مطالب زیادی در باره آن نوشتند و مردم را به هیجان واداشتند.

ولی اکثر فیزیک‌دانان به دنبال حقیقت رفتند و در آغاز سال ۱۹۶۸ توجیه پدیده پولسار و ارتباط آن با ستاره‌های نوترونی که در حال چرخش به دور خود هستند، توسط فرانکو پاسینیFranco Pacini و توماس گلدThomas Gold داده شد. نظریه آنها در چند جمله خلاصه می‌شود.

یک ستاره نوترونی به مقدار بسیار زیاد حالت مغناطیسی[۱] دارد و خطوط میدان مغناطیسی آن ذرّات باردار نظیر پروتون و الکترون را حول محور چرخش خود هدایت می‌کند. این عمل باعث تولید و انتشار یک دسته امواج رادیویی می‌شود که اطراف ستاره و همزمان با چرخش آن در فضا پراکنده شده و موقعی‌که مسیر یک دسته از امواج در جهت رادیو تلسکوپ زمین واقع می‌گردد(مشابه چرخش یک چراغ دریایی به دور خود) در زمانهای مساوی(یعنی هر ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه یک بار که مصادف با دوران زمین به دور خود است) این امواج توسط آنتن‌های زمینی دریافت می‌گردند. این پدیده به علت عدم تطابق محور چرخش و محور مغناطیسی ستاره نوترونی است. شکل (۴-۱۰) این پدیده را توجیه و روشنتر می‌نماید.

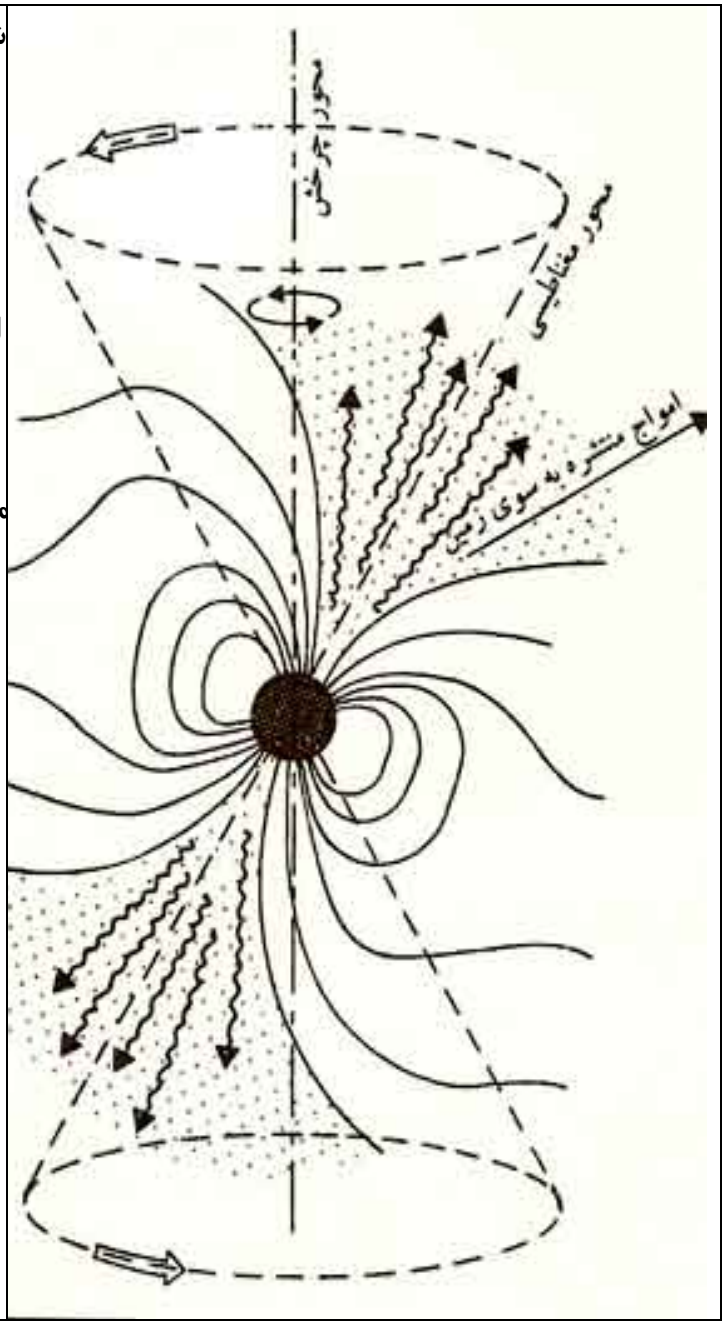
این توجیه بلافاصله به وسیله همه متخصصین پذیرفته شد و آنتونی هویش برنده جایزه نوبل سال ۱۹۷۴ برای تحقیقاتش در مورد رادیو تلسکوپ شد و کشف پولسار ضمیمه رساله دکترای ژسلین بل گردید.

چرا چرخش میدان مغناطیسی نقش مهمی در پولسار دارد؟

---

۱. نوترون با وجود آنکه از نظر بار الکتریکی خنثی است، وامّا دارای گشتاور مغناطیسی است، ولی کمتر از پروتون که بار مثبت دارد (حدود ۶۸ درصد). بنابراین ستاره نوترونی که از میلیارد در میلیارد در میلیارد ($۱۰^{۵۶}$) نوترون درست شده، مسلماً میدان مغناطیسی بسیار با اهمیتی خواهد داشت.

با توجه به اینکه ستاره نوترونی نتیجه انهدام گرانشی مرکز ستاره‌ای بسیار بزرگ و در حال چرخش است و نیز با توجه به اینکه گشتاور زاویه‌ای مقدار اولیه خود را حفظ می‌کند (بقای گشتاور زاویه‌ای)، بعد از انهدام گرانشی، ستاره تقریباً جرم اولیه خود را نگه داشته، ولی حجمش چندین میلیون بار کوچکتر از حجم اولیه می‌گردد. در نتیجه، شعاع R کوچک شده و چون گشتاور زاویه ای همیشه مقدار ثابتی است و متناسب با جرم و شعاع و سرعت زاویه ای ستاره می باشد، وانگهی چون جرم عملاً تغییر ننموده و شعاع R کوچک شده است، به ناچار می‌بایست که سرعت دَوَرانی ستاره زیاد گردد. از طرف دیگر، به علت آنکه بر اثر انهدام گرانشی خطوط میدان مغناطیسی به هم نزدیک می‌شوند، لذا این میدان نیز تشدید می‌گردد.

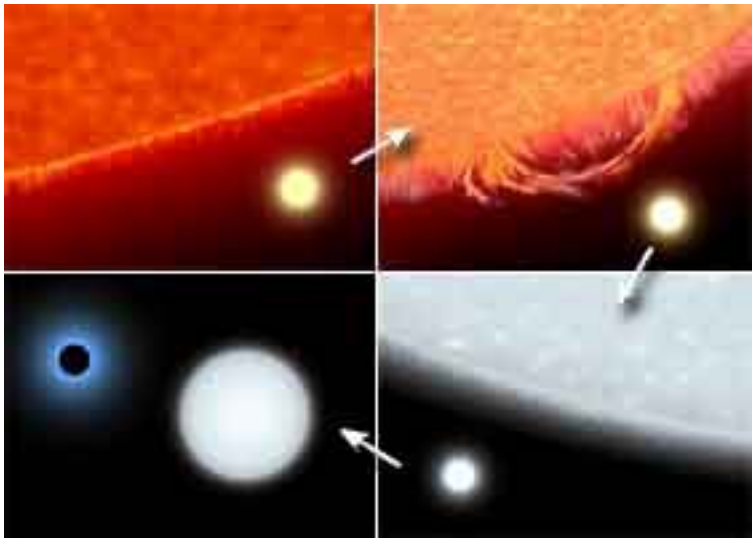


شکل (۴-۱۰) شکلی از پدیده پولسار. میدان مغناطیسی بسیار شدید ستاره نوترونی الکترونها را شتاب داده و در نتیجه در اثر أین شتاب از خود امواج رادیویی حول محور مغناطیسی منتشر می‌کنند. محور میدان مغناطیسی و محور چرخش ستاره برهم منطبق نمی‌باشد.

این شکل ازکتاب سیاهچاله ها نوشته لومینیه اقتباس شده است

Les Trous Noir
Jean Pier Luminet
Edition Belfond P.۱۳۶

در حقیقت ستاره نوترونی کوتوله سفید است که حجمش بی‌نهایت کوچک شده و شعاعی در حدود ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر بیشتر ندارد. در شکل (۴-۱۱) مقایسه ابعاد غول سرخ با خورشید از یک طرف و مقایسه ابعاد خورشید کنونی و یک کوتوله سفید از طرف دیگر، و نیز مقایسه حجمی یک ستاره نوترون با کوتوله سفید به صورت تجسمی ترسیم شده است/



شکل (۴-۱۱) مراحل مختلف زندگی ستارگان، یک ستاره بالغ، ۴ مرحله راطی می کند ابتدا مرحله اصلی زندگی که ستاره حالت تعادلی با نیروی گرانشی و گداخت هسته ای دارد.زمانی که سوخت هسته ای ستاره تمام می شود غول سرخ میگردد یا اَبَر غول وبرحسب جرمش کوتوله سفید یا ستاره نوترونی تبدیل می شود که نهایت مبدل به کوتوله سیاه خواهد شد.اما اگر جرم ستاره ۲۰ برابر جرم خورشید کنونی ما باشد بعد از فروپاشی جرمی، دامنگیر نیروی گرانشی می شود، که جرمش بین ۲/۴ ویا ۳ برابر جرم خورشید خواهد بود و ستاره تبدیل به سیاهچاله می گردد.

باید توجه داشت که در این تبدیلات تقریباً جرم ثابت مانده است و از آنجا مقایسه چگالی که عبارت است از جرم واحد حجم $D=m/v$ نتیجه می‌شود. اگر چگالی کوتوله سفید حدود ۸۰۰ کیلوگرم در سانتیمتر مکعب است، چگالی ستاره نوترونی باید صد میلیون تن و یا بیشتر باشد.

خورشید هر ۲۵ روز یک بار به دور خود می‌چرخد؛ ستارگان نوترونی در هر ثانیه بین ۳۰ تا ۶۶۰ (برحسب جرم و شدت میدان مغناطیسی آنها) بار به دور خود می‌گردند. اگر شدت میدان مغناطیسی خورشید و زمین با هم برابر و معادل با یک گوس Gauss باشد، شدت میدان مغناطیسی یک کوتوله سفید حدود صد میلیون گوس است و حال آنکه برای ستاره نوترونی در حدود هزار میلیارد گوس خواهد بود و همین خواص است که به ما اجازه می‌دهد تا ستاره

نوترونی را تشخیص دهیم[1]. مسلماً این تشخیص در قلمرو مشاهدات عینی نخواهد بود، زیرا با وجود آنکه دمای سطحی ستاره نوترونی بیش از ده میلیون درجه است، ولی به علت دور بودن و کوچک بودن، ابعاد آن دیده نمی‌شود. در واقع جسمی که ابعاد آن از ۳۰ کیلومتر تجاوز نمی‌کند، از فاصله‌ای معادل با چند سال نوری قابل رؤیت نیست. و امّا پولسارهای خرچنگ و سفینه به علت آنکه تپشهای نوریشان هماهنگی با امواج رادیویی آنها دارد، در فضا دیده شده‌اند، ولی شدت نور آنها ۲۰ میلیارد بار کمتر از ستاره شعرای یمانی است. در عوض، چرخش میدان مغناطیسی، امکان تشخیص آنها را نه تنها روی امواج رادیویی، بلکه به وسیله امواجی با طول موج بسیار کوتاه (یعنی انرژی بسیار بالا) از قبیل پرتوهای γ و X میسر می‌سازد. ستاره نوترونی در واقع آهن‌ربای بی‌نهایت بزرگی است که به دور خود می‌چرخد و مشابه یک مولد برق بسیار عظیم عمل می‌کند. مولدهای برق در شهرهای ما می‌توانند جریان برقی با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت تولید کنند و حال آنکه یک ستاره نوترونی که یک چرخش در ثانیه دارد می‌تواند اختلاف پتانسیلی برابر با 10^{16} (یک و شانزده صفر مقابل آن) ولت ایجاد نماید. باز هم در اینجا نوعی مبارزه مادّه با نیروی گرانش شروع شده است و تعادلی بین این نیرو و نیروی الکتریکی حاصل از میدان مغناطیسی ستاره برقرار می‌گردد. این میدان الکتریکی شدید قادر است ذرات باردار را از جرم به هم فشرده و متراکم ستاره نوترونی یا پولسار جدا کند. ذرات جدا شده شتاب فراوانی کسب کرده و از خود پرتوهای γ با انرژی بسیار زیاد تولید می‌کنند. این پرتوها قادر نیستند از میدان مغناطیسی شدید موجود در اطراف ستاره خارج شوند، لذا ناگزیر تحت تأثیر این میدان تغییر ماهیت داده و تبدیل به یک زوج الکترون منفی و مثبت می‌شوند. الکترونهای حاصل بعد از برخوردهای فراوان با ماده و کندن الکترونهای جدیدی از آن، انرژی جنبشی خود را از دست داده و زمانی که این انرژی نزدیک به صفر می‌شود، الکترون منفی و مثبت با هم ترکیب شده و تغییر ماهیت می‌دهند و تبدیل به دو پرتو γ ی کم انرژی می‌شوند. این پدیده را آبشار یا Cascade می‌گویند، زیرا به ازای یک ذره کنده شده از توده متراکم ستاره، هزاران پرتو γ از آن فرو می‌ریزد. این عمل نیز نوعی مبارزه با نیروی گرانش است که مشابه تلاشهای ستارگان دیگر، نهایتاً به پایان می‌رسد و همان‌گونه که سرنوشت یک ستاره در

---

۱) میدان مغناطیسی که مصنوعاً به وسیله آهن‌ربا های الکتریکی بر روی زمین ساخته‌اند، ماکزیمم ۳۰۰□۰۰۰ گوس بیشتر شدت نداشته‌اند. برای ساختن چنین میدانی، وزن آهن ربا ها بیش از ده تن بوده است.

جرمش نوشته شده است، در مورد یک پولسار چرخش آن نیز تابعی از جرم آن است. تناوب پولسار در طی زمان بتدریج کاهش می‌یابد و چون میدان مغناطیسی مسبب آزاد شدن انرژی از سطح پولسار است، لذا اندازه کاهش تناوب ستاره می‌تواند معیاری ازمیدان مغناطیسی ستاره نوترونی یا پولسار باشد.

تب اختران جوان معمولاً سریعتر از سالخوردگان می‌چرخند. پولسار خرچنگ که بسیار جوان و مربوط به انهدام اَبَر نواختر سال ۱۰۵۴ میلادی است، ۳۳ بار در هر ثانیه به دور خود می‌چرخد، در صورتی‌که تب اختران بسیار قدیمی، هرچند ثانیه یک بار به دور خود گردش می‌کنند. کاهش سرعت چرخش تب اختران معمولاً بین $۱۰^{-۱۲}$ تا $۱۰^{-۱۹۰}$ثانیه در هر ثانیه است. این مقدار کاهش بسیار ضعیف، ولی قابل اندازه‌گیری است. موقعی که چرخش تب اختر خیلی کند شود، انتشار امواج رادیویی آن قطع می‌گردد. عمر متوسط تب اختران معمولاً حدود چند میلیون سال است. تب اختر بسیار سریعی که در هر ثانیه ۶۶۰ بار به دور خود می‌چرخد، در سال ۱۹۸۲ کشف شد. کُند شدن سرعت چرخش آن بی‌نهایت ضعیف است و در نتیجه این تب اختر دقیقترین ساعت جهان را تشکیل می‌دهد و به مراتب دقیق‌تر از ساعت ساخته شده از سزیم[۱] بر روی زمین است. کاهش چرخش این تب اختر $۱۰^{-۱۹}$ ثانیه در هر ثانیه است و براحتی می‌توان حساب کرد که در طی صد هزار سال فقط یک میلیونیم ثانیه عقب افتاده است. (یعنی از زمانی که شبه‌انسانهای هموساپین افریقا را ترک کرده و به سوی کشورهای آسیایی و اروپایی روی آورده‌اند)

این تب اختر بسیار سریع را PSR ۱۹۳۷+۲۱ نام‌گذاری کرده‌اند. اعداد ۱۹۳۷ معرف ۱۹ ساعت و ۳۷ دقیقه مختصات فضایی تب اختر و ۲۱°+ درجه انحراف آن است.

این تب‌اختر بسیار سریع، معمای نظری مخصوص و با اهمیتی را به وجود آورده و با توجه به ضعیف بودن کاهش سرعت آن باید گفت که شدت میدان مغناطیسیش ده هزار بار کمتر از شدت میدان مغناطیسی تب اختر خرچنگ (۱۰۵۴) و سفینه است و با در نظر گرفتن کمبود میدان مغناطیسی آن نسبت به این دو تب اختر، می‌توان گفت که بسیار قدیمی است. ولی چرا اینقدر سریع می‌چرخد؟ معمای نظری همین است.

سیاهچاله

---

۱)ساعت اتمی، بر اساس تجزیه رادیو اکتیویته سزیم ^{۱۳۷}Cs ۱ که نیمه عمری معادل ۳۰ سال دارد ساخته شده است.

این چرخ فلک که ما در او حیرانیم

فانوس خیال از او مثالی دانیـــم

خورشید چراغدان و عالم فا نوس

ما چون صوریم کاندر او حیرانیم

(خیام)

کوتوله‌های سفید یا سیاه و ستارگان نوترونی یا تب اختران، جسدهای ستارگان عظیمی هستند که سالهای سال در آسمان آبی می‌درخشیده و احتمالاً کانونهای متعدد زندگی را در شعاع خود روشن می‌کرده‌اند. اکنون نیروی گرانش بر آنها غلبه کرده و بعد از محو و نابود کردن سیّارات خود و از بین رفتن موجودات محتملاً مسکون در آن، به سرنوشت نهایی خود رسیده یا می‌رسند. اما سیاهچاله‌ها که آنها نیز جسد ستارگان غول‌پیکری هستند، یکی از مجهولات کیهانی مورد بحث و تحقیق دانشمندان اخترفیزیک‌دانان و علمای علم نظری‌اند و این مجهول هنوز بکلی حل نشده و جنبه‌های نامعلومی دارد.

میشل Michell و لاپلاس Laplace فکر می‌کردند که ستارگان بزرگ غیرقابل رؤیتی باید وجود داشته باشند؛ ولی آنها کوچکترین اطلاعی از طرز تشکیل و مکانیسمی که منجر به تولید آنها می‌شود نداشتند. با وجود آنکه در علم جلوتر از دیگران بودند، ولی اطلاعات کنونی را که مکانیک کوانتایی و نسبیت عام انیشتین در اختیار ما نهاده نداشتند.

ظهور مجدد نظریه سیاه‌چاله‌ها و توجه به مبدأ آنها که انهدام گرانشی است، مربوط به سال ۱۹۳۹ می‌باشد. رُبر اوپنهایمر Robert Oppenheimer (پدر بمب اتمی) که قبلاً نیز بر روی ستارگان نوترونی کار کرده و نظریات کاملاً درستی در باره مکانیسم آنها داده بود و یکی دیگر از اخترفیزیک‌دانان به نام، هرتلاند اسنیر Hrtland Snyer، انهدام گرانشی ستاره‌ای را که فشار داخلی ندارد (شکل ساده‌ای از ستاره بدون واکنش هسته‌ای) و کاملاً کروی شکل است، به کمک معادله نسبیت عام انیشتین مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که در برخی از شرایط فشار گرانشی آنقدر مهم است که امکان تشکیل ستاره نوترونی پایدار غیرممکن می‌گردد. در این حال هیچ وسیله‌ای قادر به غلبه بر نیروی گرانش نبوده و ستاره آنقدر فشرده می‌شود که می‌توان گفت حجم بی‌نهایت کوچک نزدیک به صفر و چگالی بی‌نهایت بزرگ می‌یابد و در چنین شرایطی از تراکم، ستاره با جهان خارج از درون خود قطع رابطه نموده و تبدیل به سیاهچاله می‌شود.

پیش‌بینی نظری وجود سیاهچاله‌ها در آسمان متکی بر سه اصل مهم است:

۱. هیچ نیروی طبیعی قادر به تحمل جرم سردی سه برابر جرم خورشید نیست (منظور از جسم سرد ستاره‌ای است که در آن واکنش هسته‌ای پیوست دیگر انجام نمی‌گیرد).

۲. بیشتر ستارگان گرم قابل رؤیت جرمی سه برابر خورشید دارند.

۳. زمان لازم برای اینکه ستاره عظیمی کلیه مواد سوختی هسته‌ای خود را مصرف کند و متحمل انهدام گرانشی شود، در حدود یک و یا حداکثر چند میلیون سال می‌باشد. بنابراین چنین پدیده‌ای مسلماً در کهکشان ما که عمری بیشتر از ده میلیارد سال دارد بارها اتفاق افتاده است.

نقطه ضعف این دلایل این است که هر ستاره بسیار سنگین، حتی سنگین‌تر از ستاره‌ای که نهایتاً تبدیل به ستاره نوترونی می‌شود، قادر به ایجاد سیاهچاله است. بزرگترین ستاره‌ای که تاکنون شناخته‌ایم، جرمی ۱۱۳ برابر جرم خورشید دارد که نام او HD۶۹۸ است، ولی باید متذکر شد که تمام ستارگان در حین تحول خود و در مرحله اصلی زندگیشان مرتب جرم از دست می‌دهند، مانند بادهای کیهانی یا بادهایی که از خورشید برمی‌خیزند. البته در مورد خورشید مقدار جرم از دست رفته در مرحله اصلی زندگیش به وسیله بادهای خورشیدی بسیار ناچیز است. ولی برعکس در مرحله نهایی تحول هسته‌ای خود، جرم زیادی از دست می‌دهد. دلایل بسیار در دست است که ستارگان بسیار سنگین در طول زندگی کوتاه خود مقدار بسیار زیادی از مواد درونیشان را از دست می‌دهند.

اخیرا ثابت شده که در مرکز اغلب کهکشاهای عالم یک سیاهچاله بسیار وزین Supermassif وجود دارد.مشاهدات بسیار دقیق با توجه به تحرکهای مداری (اُربیتالی)ستارگان نزدیک تر به هسته کهکشان راه شیری کاملا مشخص کرده اند که سیاهچاله مرکزی کهکشان ما جرمی معادل با(۰/۲ ±۲/۶) میلیون برابر جرم خورشید را دارد.درسال ۲۰۰۲اختر شناسان با توجه به حرکت ستاره ای در صور فلکی ساجیتر به نام Sagittareius Á[1]مشاهده نمودند که این ستاره در مداری به فاصله ۱۷ ساعت نوری از مرکز سیاهچاله کهکشان راه شیری، دوران دارد.ماهوارپژوهشی Chandra همچنین مشخص

ساجیتریوسA منبع رادیویی است که درنواحی مرکزی کهکشان ما قرار دارد و از۳ بخش تشکیل یافته است.۱) ساجیتریوس A شرقی که باقی مانده یک سوپر نوا است.۲)ساجیتریوس Aغربی یک ساختار حلزونی دارد.۳) سا جیتریوسÁ یک منبع رادیویی فشرده و بسیار بسیار درخشان است که در مرکز ساختار حلزونی ودر فاصله ی ۱۷ ساعت نوری از مرکزکهکشان راه شیری در چرخش است. [1]

کرد که در مرکز کهکشان NGC۶۲۴۰ دو سیاهچاله بسیار وزین که یکی در مداری اطراف دیگری دوران دارند.

یک سیاهچاله دارای جرمی مشخص است که در نقطه ای به نام(تکینگی) Gravity Singularityمتمرکز می باشد.این جرم امکان مشخص کردن کره ای که اُفق Horizon سیاهچاله نامیده می شود را به دست می دهد.این اُفق متمرکز شده بر نقطه تکینگی را شعاع حدّ نزدیک شدن به سیاهچاله را مشخص می کند که مانع از خروج پرتوها از سیاهچاله می شود.این کره به نوعی گسترش فضایی قدرت نهایی سیاهچاله را معلوم می دارد.برای سیاهچاله ای با جرمی برابر با جرم خورشید این اُفق فقط ۳ کیلومتر است.در فاصله های میلیون کیلومتری از اشیاء، سیاهچاله ها آثار محسوسی از خود نمایش نمی دهند. فرض کنید که خورشید با همین جرم کنونی اش سیاهچاله ای باشد و افق آن فقط ۳ کیلومتر باشد تغییری در مدار سیارات آن(حتا عطارد) ایجاد نخواهد شد. سیاهچاله ها انواع متفاوت دارند،اگر سیاهچاله ای از فروپاشی گرانش ستاره ای حاصل شده باشد اسم آنرا سیاهچاله ستاره ایStellair می گذارند.سیاهچاله های واقع در مرکز کهکشانها را که جرمی معادل یا بیشتر از چندین میلیارد جرم خورشید دارند سیاهچاله بسیار وزین Supermassifگویند و یا سیاهچاله کهکشانی می نامند.

مدلهایی از انفجار یک اَبرَ نواختر که به وسیله اوردیناتورهای بسیار قوی محاسبه شده است، نشان می‌دهند که در دو حالت ممکن است این ستاره نهایتاً تبدیل به سیاهچاله ستاره ای شود:

۱. موقعی که مرکز ستاره تغییر ماهیت داده و جرمش از حدّ پایداری ستاره نوترونی بیشتر باشد. انهدام گرانشی، ستاره را اجباراً مبدل به سیاهچاله ستاره ای می‌نماید.

۲. موقعی که جرم مرکز ستاره کمتر از جرم بحرانی است، ولی ستاره در موقع تحول جرم زیادی از دست نداده باشد. در چنین حالتی ابتدا ستاره نوترونی تشکیل شده و چون نمی‌تواند جرم غشای خارجی را تحمل کند، لذا ناپایداری در آن حاصل می‌گردد و زیربار نیروی گرانشی منهدم شده و بالاخره مبدل به سیاهچاله می‌شود.

به این فرضیه می‌توان فرضیه دیگری نیز اضافه نمود و آن اینکه ستاره نوترونی در درون یک اَبَرنواختر حاصل شده و در دراز مدت مواد خارجی موجود در فضا را جذب می‌نماید و یا اینکه ستاره نوترونی همراه با ستاره دیگری است که شروع به تحول کرده و قسمتی از مواد آن توسط ستاره نوترونی جذب شده است. بر اثر این افزایش جرم در هر دو حالت، نیروی گرانش بسیار

گشته و جرم ستاره نوترونی از جرم بحرانی بیشتر و لذا مغلوب نیروی گرانش شده و متحمل انهدام گرانشی و مبدل به سیاهچاله ستاره ای می گردد.

خلاصه سیاهچاله از نظر تحول کیهانی عبارت است از پیروزی نیروی گرانش بر ماده. برای یک اختر فیزیک‌دان، سیاهچاله محلی شگفت‌انگیز از جهان است، و با نیروی گرانشی آنچنان که قادر است هرچه در اطرافش وجود دارد به سوی خود بکشد و آن را به بلعد، خاکستر ستارگان، خود ستارگان و حتی نور را. پرتگاهی وحشتناک است که به علت بلعیدن نور سیاه و نامش سیاهچاله و نامرئی در فضاست. هیچ کس آنها را ندیده است و هرچند نظریه‌ها و مشاهدات تجربی ماهیت درونی آنها را هنوز به طور مسلم مشخص نکرده، ولی قطعاً وجود دارند.

همانطور که قبلاً اشاره شد، در ستاره نوترونی چگالی بی‌نهایت زیاد است ولی چگالی سیاهچاله‌ها باز هم از آنها بیشتر است. جسمی تبدیل به سیاهچاله می‌شود که نیروی گرانشش چند میلیارد بار بیشتر از نیروی گرانش زمین(g) باشد.

قبلاً گفته شد که سرعت رهایی از سطح زمین معادل با ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه و بر روی کره ماه ۴/۲ و در خورشید ۶۲۰ کیلومتر در ثانیه است. ولی در یک سیاهچاله سرعت رهایی بمراتب بیشتر از ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه می‌باشد.

برای توجیه بهتر، تصور کنید وسیله‌ای معجزه‌آسا داریم که می‌تواند نیروی گرانش را به دلخواه تغییر دهد، مثلاً با تغییر عقربه‌ای بر روی صفحه دستگاهی که قادر است نیروی گرانش را زیاد و کم کند. موقعی که عقربه روی عدد g قرار گرفته است، شرایط موجود بر روی زمین عادی است. همه چیز حالت معمولی خود را دارد، براحتی راه می‌رویم، ساختمانهای ما برپا هستند و پرندگان بسهولت در هوا پرواز می‌کنند و گیاهان ریشه در زمین فرو برده، تنه و ساقه و برگهای خود را رو به آسمان گرفته‌اند و نور خورشید هم با مسیر مستقیم خود به همه انرژی می‌دهد.

اگر عقربه را بر روی ۰/۲g بگذاریم، به جای راه رفتن بر روی زمین، پرش خواهیم کرد. هرقدمی که برمی‌داریم، مانند جهش ۵ متری خواهد بود. بسهولت در هوا معلق زده و در افتادن چندان صدمه‌ای به ما وارد نمی‌شود. در نور خورشید اختلالی وارد نشده و همچنان در مسیر خطی خود به ما می‌تابد، ولی برعکس اگر عقربه بر روی ۲g قرار گیرد، راه رفتن مشکل و گردش

خون در بدن ما به سختی انجام خواهد گرفت. ساختمانهای بسیار بلند کم مقاومت شده و خراب خواهند شد. نور خوشید مسیر خطی خود را همواره خواهد داشت.

اگر عقربه روی ۱۰g قرار گیرد، ساختمانها فرو ریخته، گیاهان بر روی زمین پهن شده و زندگی برای ما و پرندگان و سایر حیوانات غیرممکن است، ولی نور خورشید تغییر پیدا نکرده است و مسیر خطی دارد. اگر عقربه را بتدریج از ۱۰g به ۱۰۰۰g ببریم، همه چیز مثلاً ساختمانها، اتومبیلها و درختان بر روی زمین، مانند ورقه نازکی از کاغذ پهن خواهند شد. آبهای اقیانوسها در قلب زمین فرو رفته و گازهای موجود در جوّ، جذب زمین می‌شوند، ولی در مسیر خطی نور خورشید اختلالی پیش نمی‌آید. از ۱۰۰۰۰۰g به بالا، کوهها و صخره‌ها خرد شده و دیگر در زمین پستی و بلندی وجود نخواهد داشت و کره زمین بر اثر فشار زیاد، دمایی معادل چند میلیون درجه خواهد داشت. مواد موجود در قلب زمین تغییر ماهیت داده و در سطح آن به حالت مذاب و گداخته خواهند بود، ولی باز هم نور خورشید همچنان مستقیم بوده و مسیر خطی خواهد داشت. ولی اگر نیروی گرانش به حدود ده میلیارد g برسد، نور خورشید هم انحراف پیدا نموده و خود خورشید و سایر سیارات منظومه شمسی نیز به وسیله زمین بلعیده خواهند شد. البته این فرض دیگر در مورد زمین صادق نیست، زیرا در چنین حالتی حجم زمین کمتر از حجم پرتقالی خواهد شد. یک جسم مادی موقعی چنین نیروی گرانشی دارد که حداقل جرمش سه برابر جرم خورشید کنونی و حجمی معادل با یکهزارم حجم زمین داشته باشد و این جسم بر اثر داشتن چنین نیروی گرانشی نامرئی می‌شود.

در دسامبر ۱۹۱۵، یک ماه بعد از انتشار معادله نسبیت عام انیشتین، یک اخترفیزیک‌دان به نام شوارتسشیلدKar. Schwarzschild (۱۹۱۶ـ۱۸۷۳) معادله‌ای کشف کرد که به کمک آن می‌توانست میدان گرانشی یک جرم مادی کروی، واقع در فضای خالی را توجیه نماید. در آن زمان جنگ اول جهانی شروع شده بود. وی در جبهه جنگ بود و معادله خود را برای انیشتین فرستاد تا او ترتیب انتشار مقاله‌اش را بدهد. انیشتین به او نوشت: «انتظار نداشتم که به این زودی کاربرد صحیحی برای معادله نسبیت به دست آید. تجزیه و تحلیل شما بسیار عالی است.» ولی متأسفانه شوارتسشیلد پنج ماه بعد، یعنی در ماه مه ۱۹۱۶، بر اثر عفونت فوت کرد.

معادله هندسیِ فضا - زمان که به وسیله شوارتسشیلد کشف و بیان شده است، از دو نظر دارای اهمیت است:

۱. از یک طرف به طور دقیق نیروی گرانش حاکم بر منظومه شمسی را توجیه می‌کند. خورشید عملاً کروی بوده و جرم مجموعه سیّارات و ماهواره‌هایی که اطراف آن هستند آنقدر ناچیز است که می‌توان تصور کرد خورشید در خلاء واقع شده است. حرکات پرتوهای نوری، سیارات و ستارگان دنباله‌دار مشابه سقوط آزاد به سوی خورشید می‌باشند و خطوط مستقیمی در هندسه(منحنی شوارتسشیلد) فضا - زمان طی می‌کنند.

این حرکات با دقت بسیار محاسبه شده و تطابق کامل با ارزشهای تجربی انحراف پرتوهای نوری مماس بر خورشید که به محیط سیّارات می‌تابد دارند و حال آنکه نیروی گرانشی نیوتن قادر به توجیه این انحرافها نبود.

۲. از سوی دیگر، معادله شوارتسشیلد اهمیت کیهانی دارد، زیرا مستقل از ستاره‌ای است که این منحنی (فضا – زمان) را تولید می‌کند و منحصراً تابع جرم آن ستاره است.

میدان گرانشی خورشید و یک ستاره نوترونی که جرم مساوی دارند یکسان می‌باشد و همین‌جاست که اشکال پیش می‌آید، زیرا وضعیت هندسی(فضا – زمان) مادامی‌که خیلی به منبع نیروی گرانش نزدیک باشد، عوض می‌گردد. دقیقتر بگوییم، فاصله بحرانی یعنی r_c که به وسیله رابطه $r_c=2GM/C^2$ داده می‌شود، این حالت را پیش می‌آورد. در این رابطه **M** جرم ستاره و **G** ثابت نیروی جهانی در معادله نیوتن و **C** سرعت سیر نور است. فاصله r_c متناسب با جرم گرانشی است و اگر در این رابطه جرم خورشید را قرار دهیم، این فاصله بحرانی همانطور که قبلا گفتیم، معادل با سه کیلومتر می‌گردد و برای ستاره‌ای که جرمش یک میلیون برابر خورشید بوده، معادل با ۳ میلیون کیلومتر است وحال آنکه برای زمین این فاصله فقط یک سانتیمتر است.این فاصله یا سعاع همان اُفق ستاره است.

این فاصله بحرانی(اُفق) به نام شعاع شوارتسشیلد معروف است و این همان اندازه بحرانی ستارگانی است که اگرابعاد آنها کمتراز آن باشد، سرعت رهایی در سطح آنها به سرعت سیر نور می‌رسد وستاره نامرئی می‌گردد. در واقع این همان مطلبی است که لاپلاس و میشل بدون دانستن معادله عام انیشتین منحصراً با توجه به نیروی گرانش، پیش‌بینی وجود سیاهچاله‌ها را می‌کردند. همان‌گونه که پیش‌بینی آنها در اواخر قرن هیجدهم باعث تعجب همگان شد، در اوایل قرن بیستم نیز تصور فشرده شدن خورشید در کره‌ای به شعاع ۳ کیلومتر غیرقابل قبول و بی‌معنی تعبیر شد. در سال ۱۹۳۱ ریاضی‌دانی به نام Yusuke Hagihard مقاله‌ای مفصل با کار بسیار مشکل ریاضی که تمام محاسبات هندسی(فضا – زمان) در آن شده بود،

انتشار داد. ولی وی در آخر نتیجه گرفته بود که غیرممکن است ستاره‌ای واقعی شعاعی معادل با شعاع شوارتسشیلد داشته باشد. برای اینکه ستاره‌ای به جرم مشابه خورشید ما چنین شعاعی داشته باشد، باید چگالی آن $۱۰^{۱۷}$ (یک و ۱۷ صفر جلو آن) مرتبه بیشتر از آب گردد و حال آنکه چگالی کوتوله‌های سفید ۶۰،۰۰۰ مرتبه بیشتر از آب است. البته او اشتباه می‌کرد، زیرا از یک طرف چگالی کوتوله‌های سفید ۸۰۰،۰۰۰ بار بیشتر از آب است و از طرف دیگر مکانیک کوانتایی که به تازگی جا گرفته بود، مسئله گرانشی را با توجه به تغییر ماهیت ماده پیش‌بینی می‌کرد و دانسیته‌ای برای ماده تعریف می‌کرد که تا این زمان کسی جرئت نکرده بود تصور کند و ازآنجا بعدها معلوم شد که ستاره نوترونی دانسیته‌ای صد هزار میلیارد بار بیشتر از آب دارد ($۱۰^{۱۴}$ گرم در هر سانتیمتر مکعب).

آرتور ادینگتون Arthur Eddington (۱۸۸۲-۱۹٤٤) مشهورترین اختر فیزیک‌دان آن زمان از مدافعان سرسخت معادله نسبیت عام انیشتین و برعکس از مخالفین سرسخت ستاره بی‌نهایت فشرده بود و شعاعی کوچکتر از شعاع شوارتسشیلد را غیرممکن می‌دانست.

وی گفت: « باید در طبیعت قانونی باشد تا مانع از آن شود که ستاره‌ای سرنوشتی چنین ناهنجار پیدا کند. ». ادینگتون به طور مصنوعی قانون تغییر ماهیت ماده را که به وسیله فِرمی Enrico Fermi (۱۹۰۱ - ۱۹۵۴) با استفاده از مکانیک کوانتایی کشف شده بود، تغییر داد تا ثابت کند که جرم سرد، هر قدر هم بزرگ باشد، نهایتاً در حال تعادل با نیروی گرانش است. وی عقاید خود را در مجمع عمومی اخترفیزیک‌دانان در سال ۱۹۳۵ مطرح نمود. چهار سال بعد که رئیس مجمع عمومی اخترفیزیک‌دانان جهان بود، در این نشست یک اخترفیزیک‌دان جوان به نام چاندرازخار (قبلاً راجع به اکتشاف او در مورد جرم کوتوله‌های سفید صحبت شد) یادداشتی به رئیس بخش نوشت و اجازه خواست تا نظر خود را در مخالفت با بیانات ادینگتون اظهار نماید. به او اجازه داده نشد.

با این همه علم همیشه به پیش می‌رود و کسی قادر به توقف پیشرفت آن نیست. بعدها این فیزیک‌دان جوان با ساختن اولین مدل از یک ستاره فشرده و متراکم مشهور گردید و برنده جایزه نوبل ۱۹۸۳ شد.

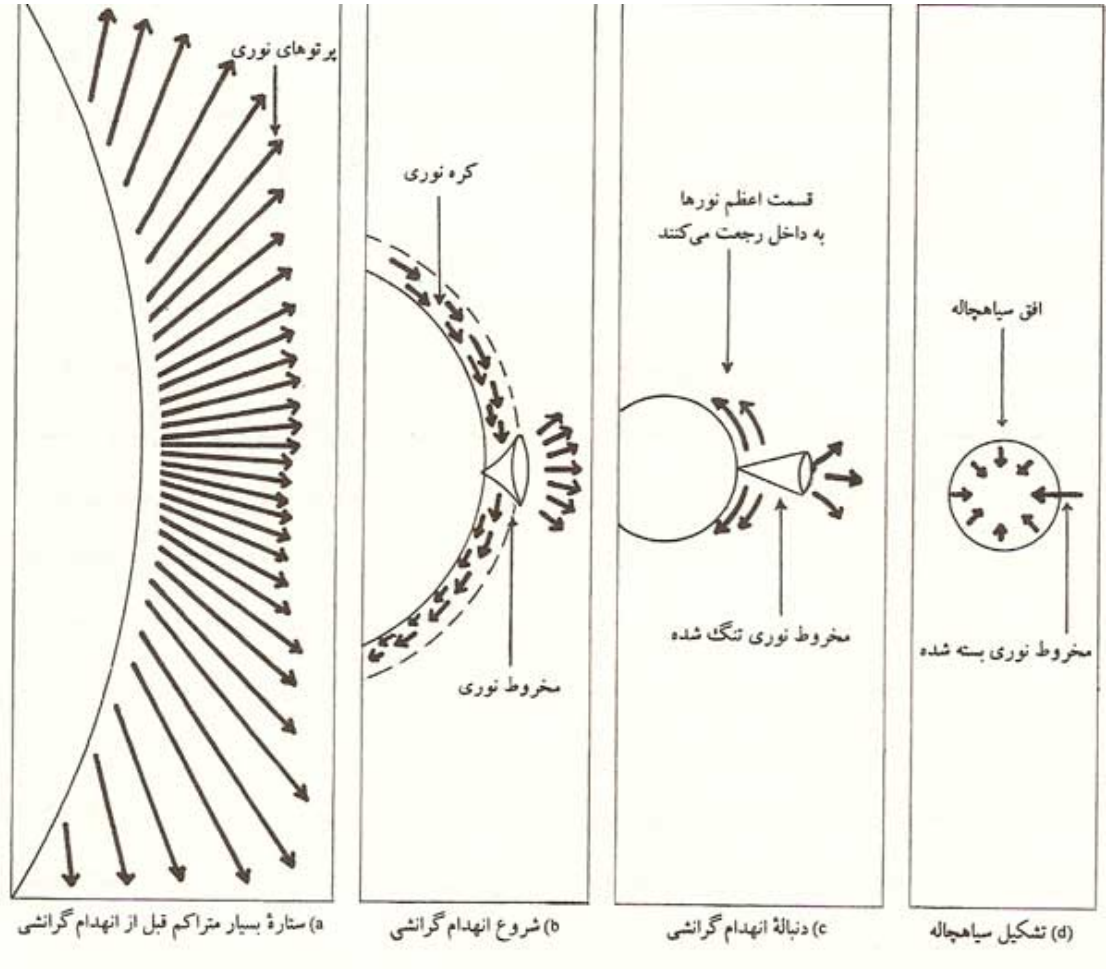
قبلاً گفته شد که اوپنهایمر و اسنیر با استفاده از معادله نسبیت عام انیشتین انهدام گرانشی یک جرم کروی را در شعاعی کمتر از شعاع شوارتسشیلد به طور دقیق محاسبه کردند و به

نحوی تردید ناپذیر نشان دادند که مادّه و همزمان با آن(فضا – زمان) متحمل فروپاشی گرانشی شده و مکانی به وجود می‌آورند که در آن حتی نور هم قادر به فرار نیست. کلمه سیاهچاله یا حفره سیاه برای اولین بار در ۲۹ دسامبر سال ۱۹۶۷ در کنفرانس عمومی در نیویورک به این پدیده داده شد و به تصویب اخترفیزیک‌دانان رسید.

چگونگی تشکیل سیاهچاله‌ها

ستاره‌ای کاملاً کروی و منزوی واقع در خلأ مطلق را درنظر بگیریم که متحمل انهدام گرانشی در شعاعی کمتر از شعاع شوارتسشیلد شده، اما متحمل هیچ‌گونه پیچ‌خوردگی، یا شکستگی نگردیده است و سطح این ستاره بسیار گرم است و پرتوهای نوری از خود منتشر می‌کند. حال چگونه نور بتدریج زندانی او شده و چگونه مبدل به سیاهچاله می‌گردد.

بیرخوف G.Birkhoff در سال ۱۹۲۳ در مقاله‌ای نشان داده بود که راه حل شوارتسشیلد نه تنها وضعیت هندسی فضا - زمان را در خارج از محیط درونی ستاره و برای جرم ثابت و مستقر بیان می‌کند، بلکه وضعیت هندسی فضا و زمان را هم به طور عمومی در کنار و درون ستاره‌ای که در حال انهدام گرانشی و یا انبساط است تعیین می‌نماید. مثلاً اگر خورشید در مرحله‌ای از توسعه و سپس تراکم در تمام جهات باشد و یا حتی اگر به جای خورشید یک سیاهچاله قرار گیرد، در وضعیت هندسی و مکان مجموعه شمسی تغییری وارد نخواهد نمود و تأثیری در مدارهای سیارات و ستارگان دنباله‌دار Cométes نخواهد گذاشت. فقط در چنین حالتی نوری از خورشید ساطع نخواهد شد. شکل (۴-۸) انهدام گرانشی یک ستاره کُروی را در چهار مرحله نشان می دهد.



شکل (۴-۱۳) انهدام گرانشی یک ستاره کُروی در چهار مرحله

قبل از انهدام گرانشی a جرم تمامی ستاره در شعاعی بزرگتر از شعاع شوارتسشیلد قرار گرفته و نورها براحتی از این ستاره بسیار گرم (بیشتر از ده میلیون درجه) خارج می‌شوند. بنا به نظریه نسبیت عام، میدان گرانش اثر بسیار مختصری بر روی بافت فضا - زمان دارد و نورهای خارج شده از یک نقطه در تمام جهات افق ستاره و در مسیر خطی منتشر می‌شوند. در شکل b ستاره شروع به انهدام گرانشی می‌نماید. بتدریج که شعاعش نزدیک به شعاع بحرانی می‌شود، چاه گرانشی در آن بوجود آمده، انحنا (فضا – زمان) تشدید می‌گردد و بنابراصل هم‌ارزشی، مسیر پرتوهای نوری مجبور به پذیرفتن انحنا شده و از مسیر مستقیم خود منحرف می‌شوند. موقعی که شعاع ستاره معادل با ۵/۱ برابر شعاع بحرانی می‌شود، پرتوهای نوری که در آغاز به طور مماس از ستاره خارج می‌شدند کاملاً بر سطح ستاره می‌افتند، عیناً شبیه فواره‌ای که سوراخهای وسط آن آب را بشدت در هوا پرتاب می‌کند و حال آنکه آبهای خارج شده از سوراخهای محیطی فوّاره چندان بالا نرفته و بلافاصله به داخل استخر سقوط می‌کنند. این نورهای مماس در اطراف ستاره کره‌ای نوری مشابه پیله ابریشم تنیده و گرداگرد ستاره در حال

احتضار را فرا می‌گیرند. اگر فضانوردی در گوشه‌ای از فضا ناظر این پدید باشد، می‌بیند که بناگاه نورهای ساطع از ستاره کم شده و جز چند پرتو مختصر از آن نوری خارج نمی‌شود. انهدام گرانشی بتدریج جلو می‌رود و تعداد پرتوهای نوری که از ستاره خارج می‌شوند بسیار کم خواهند شد c. موقعی که ستاره شعاعی معادل با شعاع بحرانی (شعاع شوارتسشیلد) پیدا می‌نماید، تمام پرتوهای نوری حتی آنهایی که به صورت عمودی از ستاره خارج می‌شدند کاملاً منحرف شده، به داخل ستاره رجعت می‌نمایند. مخروط نوری از بین رفته و کره نوری تنیده شده در اطراف ستاره به داخل آن نفوذ می‌کند)شکلd. این مرحله خاموشی مطلق ستاره است و سیاهچاله بدین ترتیب متولد می‌شود و فضانورد جز سیاهی افق چیزی در محل آن ستاره نمی‌بیند. سطح و کُره شوارتسشیلد مرزی است که از آن به بعد جز اُفق چیزی هویدا نیست. اُفق زمین محدود به انحنای شکل کروی سیاره ماست، مرزی منحصراً بین ما و فضا؛ یک دریانورد خارج از افق را نمی‌تواند ببیند. بنابراین، اُفق زمین نسبی است؛ هر چه کشتی جلو می‌رود، افق نیز با آن جلو خواهد رفت و حال آنکه اُفق یک سیاهچاله مطلق بوده و مرزی است بین فضا - زمان و مستقل از ناظری که پدیده‌ها را به دو صورت می‌بینند. او در خارج از افق سیاهچاله می‌تواند با محیط خارج ارتباط برقرار ساخته و مثلاً نور ستارگان خارج از این افق را ببیند. این دنیای عادی است که ما در آن زندگی می‌کنیم. در داخل سیاهچاله پرتوهای نوری آزاد به عبور از بین پدیده‌ها نبوده و مجبور به تمرکز در قلب آن می‌باشند. ارتباط بین پدیده‌ها غیرممکن است.

ترمودینامیک سیاهچاله‌ها

فیزیک‌دانان همیشه سعی کرده‌اند بفهمند چرا جهان بر خلاف داده‌های ترمودینامیک منظم بوده و هرج و مرجی کامل در آن نیست. کهکشانها و ستارگان تولید شده و اطراف آنها سیارات تشکیل می‌شوند و سلولهای زنده، موجودات متنوع و تا حدّ مغز انسان تکامل یافته به وجود آمده و جهان در همه ابعاد خود آرایش پیچیده پیدا می‌نماید. تنوع و پیچیدگی تشکیلات عالم به حدی بزرگ و عظیم است که تحقیق و جستجو در باره قوانین و اصول عمومی حاکم بر آن و یا نحوه سازماندهی آن، از تولید یک ستاره تا به وجود آوردن یک انسان متفکر، مغرورانه به نظر می‌رسد وخارج از قدرت انسانی است که خود فرآورده ناچیزی از این نظم قوانین و اصول آن می‌باشد. ولی همین مغز انسان که زاییده تنوع و پیچیدگی عالم است، خود به کمک

داده‌های ترمودینامیک تا حدّی مجهولات عالم را شناخته است. البته باید اقرار کرد که اطلاعات کنونی ما از دنیا و محتویاتش بسیار ناچیز و به مثابه کاهی در مقابل کوه است.

ترمودینایک در قرن نوزدهم به وجود آمد. در آغاز توجه و دقت در آن منحصراً جنبه عامیانه داشت و برای افزایش راندمان ماشینهای بخار مورد مطالعه قرار گرفت. از مطالعاتی چنین عامیانه و متکی بر اساس کاربرد اقتصادی آن، درک و فهمی جهانی ظهور نمود که قادر است تحولهای اغلب سیستم‌های فیزیکی جهان را توجیه کند. در فصل اول متوجه شدیم که اصول ترمودینامیک جوابگوی خیلی از پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی زندگی روزمره ماست. من‌جمله اصل اول که مربوط به خود به خودی واکنشها خواه شیمیایی و خواه هسته‌ای است و متوجه شدیم واکنشی خود به خود انجام‌پذیر است که در آن فرآورده، جرم و یا انرژی کمتری از ماده اولیه داشته باشد. باز دیدیم که کلیه سیستمهای جهانی میل به افزایش آنتروپی یا درجه بی‌نظمی بالا دارند. وقتی سیستمی آنتروپی‌اش بالا می‌رود، در واقع به معنی این است که اطلاعاتی که از آن به ما می‌رسد، رو به کاهش است. زمانی‌که محصلین در کلاس مرتب نشسته‌اند و یا ملکولهای عطر در شیشه هستند، تغییرات آنتروپی آنها صفر است. ما وضعیت و یا محل قرار گرفتن هر محصل و یا هر ملکول را می‌توانیم براحتی تشخیص دهیم. مثلاً قادر هستیم بگوییم علی و یا حسن چه مختصاتی دارند و یا ملکولهای عطر دارای چه مقدار انرژی بوده و یا سرعت متوسط آنها چقدر است، ولی همین که زنگ پایان کلاس زده شد و یا در شیشه عطر باز گردید، دیگر ما اطلاع زیادی در مورد محصلین کلاس و یا ملکولهای عطر نخواهیم داشت. لذا می‌گوییم بی‌نظمی یعنی کمبود اطلاعات. این کتاب اطلاعاتی به شما می‌دهد، اگر جملات و حروف کتاب در هم ریخته شود، عملاً کتاب بی‌مصرف خواهد بود و درجه بی‌نظمی آن بالا رفته، یعنی در واقع عدم اطلاع افزایش آنتروپی است.

حال می‌خواهیم بدانیم کاربرد این اصول در مورد یک سیاهچاله که متشکل از جسمی تابع که در خود جرمی محکوم به بی‌حسی را نهفته است چگونه می‌باشد. در اینجا منحصراً با توجه به بار الکتریکی و مخصوصاً گشتاور زاویه آن می‌توان گفت که یک سیاهچاله سیستم متحرکی است و قادر به تحمیل اعمال نیرو بوده و می‌تواند انرژی گرفته و یا جذب کند یا به طور خلاصه در طی زمان تحول یابد. در ترمودینایک معمولی حالت یک سیستم معمولاً به وسیله دو مقدار اصلی، دما و آنتروپی مشخص می‌شود. قوانین ترمودینامیک به ما می‌فهمانند که مقادیر

مکاروسکوپی دیگر مثلاً انرژی، حجم و یا فشار چگونه بر حسب دما و آنتروپی، در یک تبدیل حالت سیستم، تغییر می‌نمایند.

به همین ترتیب حالات حرکتی یک سیاهچاله به وسیله دو مقدار مشخص می‌شوند. سطح سیاهچاله‌ها به اندازه سطح افق پدیده‌های آن بوده و نیروی گرانش به میزان شتاب گرانش افق آن است و چون حالت تعادلی یک سیاهچاله تابع سه مقدار یعنی جرم، گشتاور زاویه‌ای و بار الکتریکی است، لذا سطح و نیروی گرانش سطحی آن نیز توابعی از این سه مقدار هستند.

یک سیاهچاله در حال تعادل و در شعاع شوارتسشیلد، منحصراً به وسیله جرمش مشخص و معلوم می‌گردد و این رابطه بسیار ساده همان طور که گفتیم معادل با $r_C=2GM/C^2$ است. بنابراین سطح آن منحصراً تابع جرم آن می‌باشد، زیرا C سرعت نور وG ثابت جهانی گرانش نیوتونی اعداد ثابتی هستند. یک سیاهچاله کُروی که ده برابر خورشید جرم دارد، سطحی معادل با ۵۶۵۰ کیلومتر مربع یعنی تقریباً معادل با سطح شهر تهران و شهرکهای اطراف آن (۷۵X۷۵ کیلومتر مربع) و برعکس نیروی گرانشی ۱۵۰ میلیارد بیشتر از زمین خواهد داشت.

دینامیک سیاهچاله‌ها در چهار قانون منحصر می‌شود:

۰.) تمام نقاط واقع در اُفق سیاهچاله ی در حال تعادل، نیروی گرانش مشابهی دارند.

۱) . در کلیه تبدیلات یک سیاهچاله (مثلاً بلعیدن یک توده ابری متشکل از ذرات و یا سیاره و یا ماهواره‌ای) گشتاور زاویه‌ای و سرعت چرخش و یا جرمش همه تابع سطح و نیروی گرانش بوده و برحسب این دو، تغییر می‌نماید.

۲). قانون دوم دینامیک سیاهچاله‌ها پیش‌بینی می‌کند که سطح یک سیاهچاله نمی‌تواند در طول زمان کاهش یابد. اگر یک سیاهچاله منزوی در فضا، آنتروپی ثابتی داشته باشد، به محض آنکه ماده و یا پرتوهای مختلف به بلعد، سطحش افزوده خواهد شد و همچنین اگر دو سیاهچاله با یکدیگر برخورد نمایند، اجباراً مبدل به سیاهچاله واحدی خواهند شد که سطح آن بیشتر از سطح مجموع سیاهچاله‌های اولیه می‌باشد. این نتیجه جالب به وسیله هاوکینگ (در فصل دوم در باره او صحبت شد) به دست آمده.

۳.) قانون سوم می‌گوید که غیرممکن است نیروی گرانش سطحی سیاهچاله را از بین برد. یعنی ابعاد سیاهچاله نمی‌تواند پس از بلعیدن ستارگان و توده‌های ابری حالت ماکزیمم بگیرد، یعنی پیدایش سیاهچاله‌ای با نیروی سطحی معادل با صفر ممکن نیست در طبیعت اتفاق افتد.

قوانین دینامیک سیاهچاله‌ها بخصوص قانون دوم، ارتباط بسیار نزدیک بین سیاهچاله‌ها و آنتروپی ترمودینامیکی آن را نشان می‌دهد. آیا می‌توان گفت حقیقتاً یک سیاهچاله دارای آنتروپی است؟ ژاکوب بکنستین Jacob Bekenstein فیزیک‌دان به این سؤال جواب مثبت می‌دهد و می‌گوید که سیاهچاله زندانی کیهانی است که مانع از خروج تمام پرتوها و ذرات و تمام اطلاعات می‌شود. موقعی که جسمی در سیاهچاله افتاد، تمام اطلاعات در باره خواص و مشخصات درونی این جسم از چشم ناظری که خارج آن واقع شده محو می‌شود. تنها چیزی که باقی می‌ماند، ارزش جرم و یا گشتاور زاویه‌ای سیاهچاله است.

همان‌گونه که یک سیاهچاله نور و مواد را می‌بلعد، اطلاعات را نیز فرو می‌دهد. آنتروپی سیاهچاله را می‌توان به کمک سه پارامتر جرم، بار و گشتاور زاویه‌ای اندازه گرفت. برای سیاهچاله‌ای به جرم خورشید ما، آنتروپی یا درجه بی‌اطلاعی یک میلیارد در میلیارد (یک و ۱۸ صفر جلو آن) مرتبه بیشتر از خورشید است و به همین دلیل است که می‌گویند سیاهچاله‌ها مخزن آنتروپی جهان هستند.

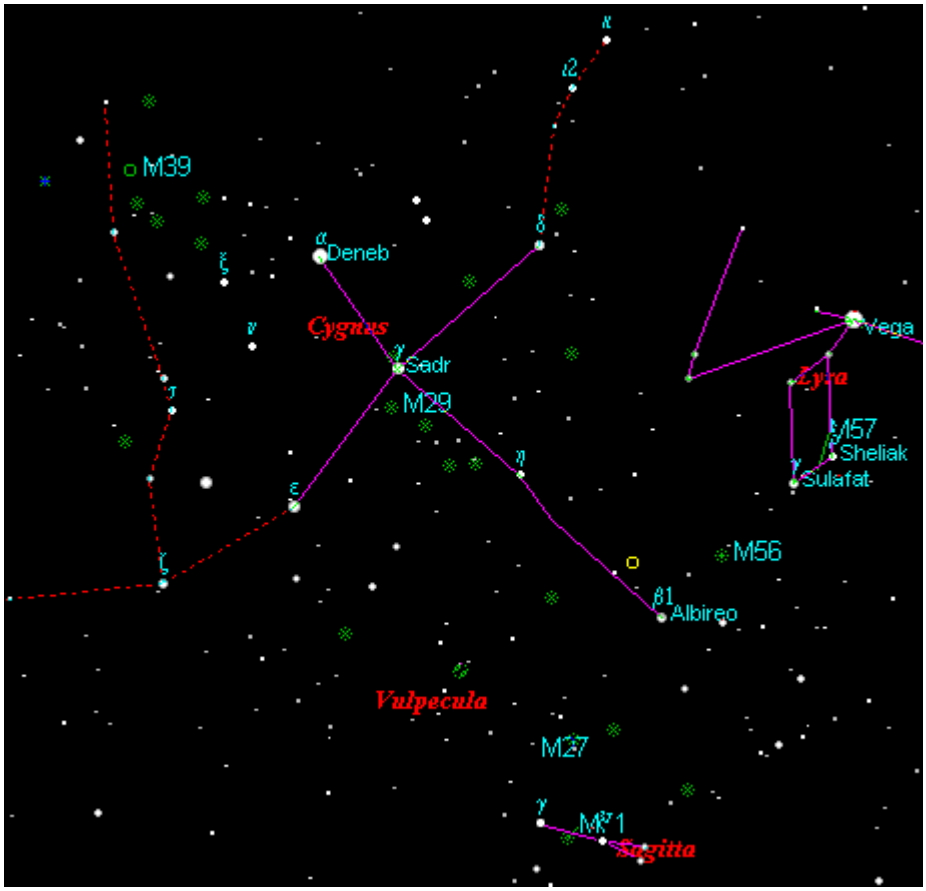
چگونه می‌توان امیدی به تشخیص یک سیاهچاله داشت و حال آنکه می‌دانیم هیچ نوع نوری از خود منتشر نمی‌کند یا چگونه می‌توان گربه سیاهی را در زیرزمینی تاریک تشخیص داد؟ احتمالاً اگر روزنه بسیار کوچکی پرتو ضعیفی از نور داخل زیرزمین کند، چشمان گربه سیاه آنها را منعکس کرده و ما او را خواهیم دید. باید همین روش را در مورد سیاهچاله‌ها به کار برد. و اما از کجا و چگونه می‌شود آن را تشخیص داد؟

در سال ۱۷۸۳ میشل بدون داشتن معلومات کنونی ما وجود سیاهچاله‌ها را پیش‌بینی نموده بود. استدلال او بر مبنای نیروی گرانش آنها بود که می‌گفت حتی این سیاهچاله‌ها نور را می‌بلعند، پس روزنه تشخیص سیاهچاله‌ها همان نیروی گرانش خارج از حدّ آنهاست. اخترشناسان بکرات ستارگانی را که همراه دارند و نیروی گرانشی را که بر روی یکدیگر اعمال می‌کنند و یا یکی اطراف دیگری می‌چرخد مشاهده کرده و مورد مطالعه قرار داده‌اند و نیز بارها دیده شده است که ستاره‌ای تنها و مرئی اطراف یک همراه نامرئی می‌گردد. البته نمی‌توان به طور حتم و یقین گفت که این همراه نامرئی سیاهچاله باشد. ممکن است ستاره نوترونی یا کوتوله سفید یا سیاه باشد که به علت دور بودن و درخشش کم، قابل رؤیت نیست. ولی برخی از این سیستمهای دوتایی نشردهنده پرتو X به مقدار بسیار زیاد یافت می‌شوند.

جو زمین نسبت به پرتوهای X غیر شفاف می‌باشد، لذا بناچار برای تمیز پرتوهایی با طول موج بسیار کوتاه نظیر پرتو X و یا γ باید دستگاههای تشخیص و تلسکوپهای فضایی مخصوص و بسیار قوی تهیه کرد و در خارج از جوّ زمین بر روی مداری قرار داد. این‌چنین رصدخانه فضایی با همّت بین‌المللی تهیه گردید و توسط آمریکایی‌ها از سکوی پرتاب متعلق به ایتالیا در اقیانوس هند و در نزدیکی سواحل کنیا به خارج از جوّ زمین پرتاب شد و در مداری به دور زمین قرار گرفت. این تلسکوپ و سفینه فضایی آن را Uhuru (به زبان آفریقایی یعنی آزادی) نام نهادند. در سال ۱۹۷۱ Uhuru در صورت فلکی قو (دجاجه Constellation du Cygne) منبع بسیار جالبی از پرتوهای X که در هر ثانیه هزار بار تکرار می‌شد ضبط نمود. این منبع پرتو X را X-۱ . Cygne نام نهادند. قاعدتاً جسمی که این پرتوها را منتشر می‌کند باید بسیار کوچک و بی‌نهایت ثقیل و متراکم باشد و بنابراین نشر آن توسط ستاره قو Cygne که از درخشانترین ستاره‌های این صورت فلکی است، بعید به نظر می‌رسد.

شکل (۴-۱۴) محل ستاره قو در صورت فلکی دجاجه را که درخشش بسیار دارد، نشان می‌دهد.

بهترین توجیه برای این پدیده این است که بگوییم مواد و توده‌های گازی ستاره مرئی به وسیله نیروی گرانش بی‌نهایت زیاد سیاهچاله از سطح آن کشیده می‌شود و این مواد جریان مارپیچ مانندی را طی کرده و در حین نزدیک شدن به ستاره نامرئی گرم می‌گردند و از خود پرتوXساطع می‌کنند - شکل (۴-۱۵). برای اینکه این مکانیسم صادق باشد، باید که شئ نامرئی یک ستاره نوترونی و یا یک سیاهچاله باشد. به کمک



شکل (۴-۱۴) ستاره‌ای که در مرکز کلیشه واقع شده، قو**Cygne** است که در صورت فلکی دجاجه قرار دارد و احتمال می‌دادند که این ستاره یک همراه نامرئی داشته باشد.و فاصله آن از ما ۶۰۰ سال نوری است.

شکل (۴-۱۵) مکانیسم انتشار پرتو **x** در سیاهچاله Cygne **X-۱**. نیروی گرانش بسیار زیاد سیاهچاله مواد را از ستاره مرئی جذب کرده و در اثر گرم شدن مواد در افق آن سبب انتشار پرتو**X** می‌گردد.این اولین سیاهچاله است که به وسیله اختر شناسان در سال ۱۹۷۱ شناخته شد.

پرتوهای X دریافت شده به وسیله تلسکوپ Uhuru می‌توان به طور دقیق جرم شئ نامرئی را اندازه گرفت. در مورد این ستاره Cygne .X-۱ جرم آن باید ۶ برابر جرم خورشید باشد و با توجه به حدّ شاندرازخار که معادل ۱/۴ جرم خورشید است، به طور دقیق می‌توان گفت که ستاره نامرئی کوتوله سفید نمی‌باشد و نیز چون چرخش آن بیشتر از ۱۰۰۰ دور در ثانیه است قاعدتاً نباید ستاره نوترونی باشد، زیرا سریعترین ستاره نوترونی که تاکنون تشخیص داده شده تب اختر PSR ۱۹۳۷+۲۱ است که ۶۶۰ بار در ثانیه به دور خود می‌چرخد (مراجعه شود به بخش مربوط به تب اختران).

با توجه به تناوب این منبع پرتو X که ۰/۰۰۱ در ثانیه است (تناوب عبارت است از زمان لازم برای یک چرخش بر حسب ثانیه) و نیز با توجه به سرعتی که حداکثر ممکن است برابر سرعت سیر نور یعنی ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر در ثانیه می‌باشد، می‌توان قطر این شئ نامرئی را به صورت زیر محاسبه نمود:

کیلومتر ۳۰۰ = ثانیه ۰/۰۰۱ X ثانیه‌کیلومتر ۳۰۰۰۰۰

و با تعیین حجم آن: $۴/۳ \times \pi = ۱۴,۱۳۰,۰۰۰ \text{ Km}$ X $(۳۰۰÷۲)^{۳}$

یعنی این جسم غیرقابل رؤیت در نور مرئی، حجمی حداکثر معادل با ۱۴ میلیون کیلومتر مکعب دارد (حجم کره ماه ۲۲ میلیارد کیلومتر مکعب است). بنابراین، این شئ نامرئی ۱۵۷۰ مرتبه کوچکتر از کره ماه بوده و برعکس نیروی گرانشی ۵۰ میلیارد بار بیشتر از کره ماه دارد پس بعید به نظر می‌رسد که کوتوله سفید و یا ستاره نوترونی باشد و قاعدتاً باید پذیرفت که Cygne .X-۱ یک سیاهچاله است.

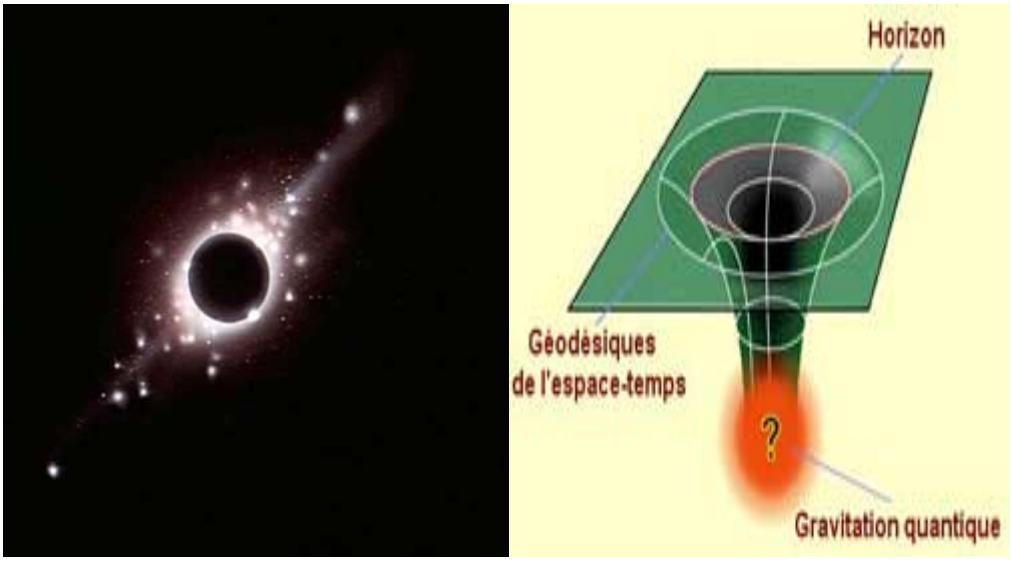
هاوکینگ در کتاب خود (تاریخچه زمان) می‌نویسد: «فکر می‌کنم بهترین توجیه طبیعی این مشاهده تجربی این است که بگوییم Cygne .X-۱ یک سیاهچاله است. با وجود این، با کیپ تورن Kip Thorne یکی از همکارانم از انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا شرط بستم که Cygne .X-۱ یک سیاهچاله نیست، با وجود آنکه ۸۰ درصد احتمال می‌دادم که Cygne .X-۱ یک سیاهچاله باشد. امروز (سال۱۹۸۸) ۹۵درصد احتمال می‌دهیم که سیاهچاله باشد، ولی هنوز شرط ما تمام نشده است»ولی همین روزها ۲۰۰۸ هاوکینگ پذیرفت که شرط را باخته است.ولی کیپ تورن هنوز قانع نشده است

شرط بندی واقعی هاوکینگ با کیپ تورن در مقابل ژان پرسکایلJohn Preskill است .هاوکینگ به کمک محاسبات ریاضی می گوید سیاهچاله ها فاز نهایی(احتضار) جهان می باشند،تمام اطلاعاط جهان را سانسور خواهند کرد.در واقع اگر سیاهچاله ای پرتو یا ذرّه ای از خود منتشر کند باید طول موج این پرتو معادل یک چهارم سطح اُفق سیاهچاله باشد و این از قضیه بی مو بودن مستخرج شده است. برای اولین بار در کار برد نسبیت عام انشتین به وسیله اختر فیزیک دان آمریکایی آرشیهالدوهیلرWheeler Archihaldپدیــده سیاهچاله ها را بـا اصطلاحی مشهور تـعریف کـــرده است:

Black holes have no hair و معادلات ریاضی آنرا قضیه بی مو یا کچل بودن Théoréme calvtieتعبیر کرده اند.این قضیه می گویدیک سیاهچاله که از مادّه درست شده است را نمی توان ازسیاهچاله ای که ازضد مادّه درست شده تشخیص داد.

	تصویری از یک سیاهچاله که با تخیلات هنرمندی با توجه به(قضیه کچلی) Théoréme calvtie نقاشی شده است

دلایل بسیار زیاد دیگری نیز در مورد وجود سیاهچاله‌ها یافت شده است. انواع بسیاری از نوع Cygne.X-۱ را در کهکشان ما (راه شیری) و کهکشان همسایه (کهکشان ماژلان) یافته‌اند. تعداد سیاهچاله‌ها احتمالاً بیشتر از ستارگان مرئی موجود در کهکشان است که اینها خود بیشتر از صد میلیارد می‌باشند. جذب گرانشی اضافی در کهکشان ما که باعث گردش آن بر روی خود می‌شود، می‌تواند به علت وجود این سیاهچاله‌ها باشد. زیرا جرم و نیروی گرانش ستارگان مرئی به تنهایی نمی‌توانند مسئول این گردش باشند. هاوکینگ معتقد است سیاهچاله‌ای که جرمی صدهزار بار بیشتر از جرم خورشید دارد، در مرکز کهکشان ما قرار گرفته است.



تفسیرچگونگی تشکیل یک سیا هچاله، در صفحه ی بالای تصویر، افق سیاهچاله و نیز انحنا در(فضا ـ زمان) و در نهایت گرانش کوانتفیه شده که منجر به مسئله ای نا معلوم به نام سیاهچاله می گردد و نیز در سمت چپ تجسمی از یک سیاهچاله در قلب کهکشان ما آورده شده است.

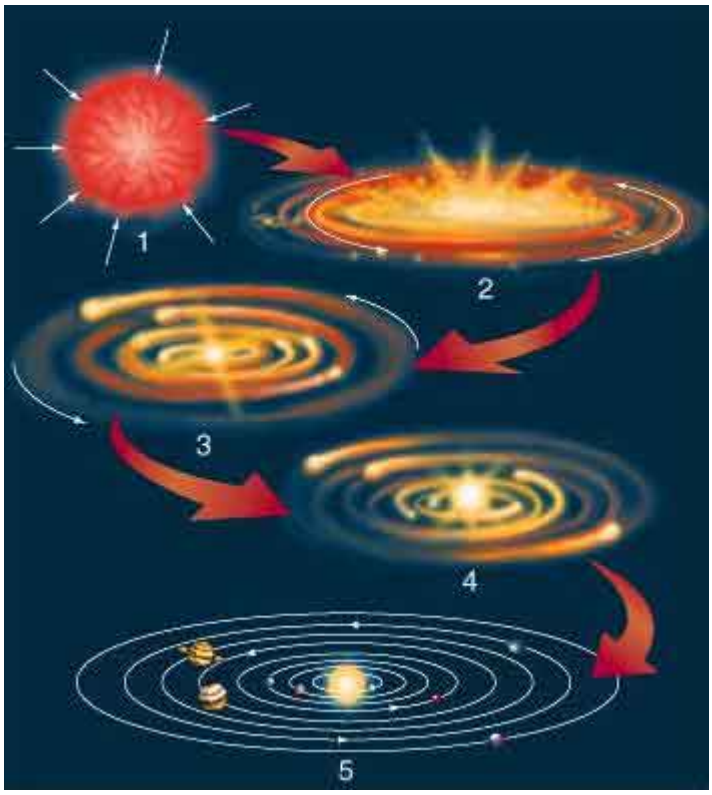
مبدأ خورشید

خورشید ما ستاره‌ای از نسل دوم(و شاید از نسل سوم) است. از انفجار اولیه(مَهبانگ) تا پیدایش منظومه شمسی کم و بیش ده میلیارد سال گذشته است و در طی این ده میلیارد سال چه بسا اَبَرنواختران متعددی پی‌درپی به وجود آمده و پس از انجام واکنشهای زیاد هسته‌ای در درون آنها، منفجر شده و بقایای آنها ستارگان عظیم دیگری را به وجود آورده‌اند. همان‌طور که در سطور قبل گفته شد، در درون یک اَبرنواختر، انواع و اقسام واکنش‌های پیوست تا رسیدن به عنصر آهن و نیز در اثر واکنشهای جانبی تا تولید عناصر به مراتب سنگین‌تر نظیر جیوه، پلاتین سرب و... و اورانیم، البته به نسبتی بمراتب کمتر از آهن به وجود آمده است.[1] با توجه به نسبت درصد عناصر طبیعی موجود در پوسته و اعماق زمین و تجزیه سنگهای آسمانی و یا سنگهای آورده شده از کره ماه و یا مریخ متوجه می‌شویم که وجود این عناصر در سیارات و یا به طور

تشکیل عناصر سنگینتر از آهن از نوع واکنش پیوست Fusion نبوده، بلکه از واکنش جذب ذرات توسط اتمهای سنگین حاصل گردیده‌اند. یعنی عملاً مشابه واکنشهای سنتز عناصر سنگین‌تر از اورانیم در اکسلراتورها و راکتورهای اتمی. نمونه‌ای از سنتز عنصر پلوتونیم که به عنوان سوخت در بمب اتمی مصرف دارد، در مقدمه کتاب داده شده است. [1]

کلی در منظومه شمسی نمودار تحولات پی‌درپی در ستارگان بسیار عظیمی است که عمر زیاد طولانی نداشته و برعکس در عمر کوتاه خود توانسته‌اند عناصری سنگین‌تر به وجود آورند. پس از انفجارشان توده ابرها وخاکسترهای آنها به اطراف پراکنده شده و هر قسمت در گوشه‌ای از کهکشان توده ابرهای جدید و متعددی که محتوی هیدروژن، هلیم و عناصر طبیعی تا اورانیم هستند تشکیل داده‌اند. برخی از این توده‌ها حالت تعادل به خود گرفته و همان‌گونه باقی مانده‌اند و برخی دیگر بر اثر عدم تعادل و یا واقع شدن در حوزه امواج حاصل از انفجار اَبرنواختری دیگر، مجتمع گردیده و ستاره‌ای با سیارات جدیدی از آن حاصل شده است.

تمام موادی که اطراف خود و برروی زمین می‌بینیم، نتیجه تحولات پی‌درپی این ستارگان غول پیکر است. در بوته زرگری آنها بیش از ۹۲ عنصر مختلف به کمک واکنش پیوست و یا واکنشهای جانبی تشکیل یافته و از اتحاد و پیوند منحصراً چندتایی از این عناصر با هم، موجودات زنده روی زمین به وجود آمده است. زندگی و هرچه بر روی زمین یافت می‌شود، حاصل از مرگ ستاره مادر و دختر و دخترهای دیگر و از تولد خورشید است. بدن من و شما از خاکستر ستارگان حاصل گشته و فراوانی نسبی عناصر مختلف موجود در کره زمین مطابق با فراوانی نسبی این عناصر در کیهان بوده و طیف ستارگان گواه این حقیقت است.

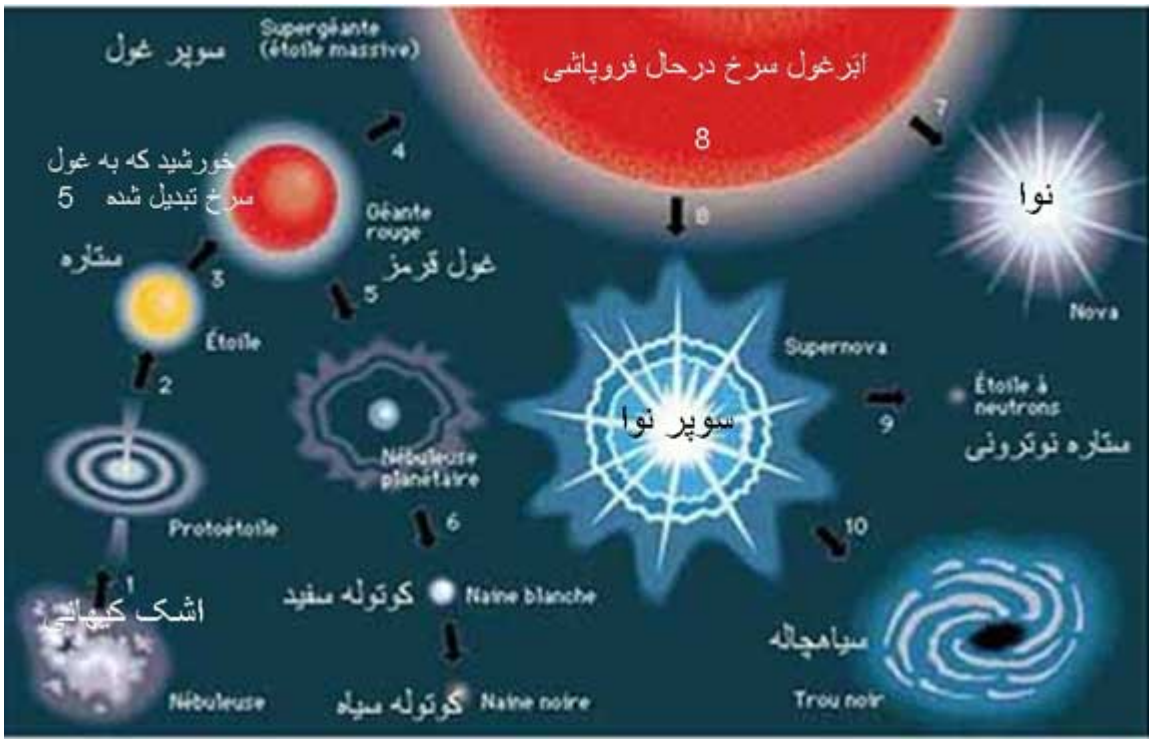


تولد خورشید را می‌توان به صورت تجسمی در شکل فوق مجسم نمود:

موج حاصل از انفجار ستاره مادر(۱) از یک سوی و نیروی گرانش ایجاد شده در توده‌های فشرده شده بعد انفجار(۲) از سوی دیگر سبب تراکم مواد و گازها در ناحیه وسیعی از فضا شده است(۳) و بر اثر این فشردگی دما بسیار بالا رفته و در قلب خورشید واکنش پیوست اتمهای سبک شروع می‌شود. نور و پرتوهای حاصل از این واکنش هسته‌ای به صورت انفجار عظیمی خارج می گردد(۴).

فشار بی‌نهایت زیاد انفجار در داخل این توده مشتعل از یک سو و نیروی گرانشِ لخته متمرکز شده، از سوی دیگر، با یکدیگر درگیر مبارزه شده و در نتیجه قسمت مهمی از گازها، هسته مرکزی بسیار فشرده‌ای را تشکیل می‌دهند و بخش مختصری از گازها و بخصوص مواد سنگین به اطراف پراکنده می‌شوند. توده‌های پراکنده شده که در ابتدا تحت تأثیر موج انفجار سرعتی حدود هزاران کیلومتر در ثانیه کسب کرده‌اند بر اثر نیروی جاذبه هسته مرکزی به تدریج سرعتشان کاهش می‌یابد و زمانی فرا می‌رسد که نیروی گریز از مرکز آنها معادل با نیروی جاذبه هسته گردیده و بناچار بر روی مدارهای مشخص و محدودی با حفظ سرعت نسبی و دوَرانی خود در وضعیت تعادل دائمی قرار می‌گیرند(۵) و این تعادل۴/۶میلیارد سال است که ادامه دارد. توده‌های فشرده و متراکم نظیر زهره، زمین، عطارد و مریخ به علت جرم و چگالی زیاد خود نزدیک به توده اصلی قرار گرفته و حال آنکه مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتون که چگالی کمتری دارند، دورتر از هسته مرکزی بر روی مدارهایی متناسب با سرعت و جرمشان قرار می‌گیرند. در جدولی که در پایان این فصل داده شده است چگالی سیارات منظومه شمسی را با هم مقایسه کنید.

در شکل (۴-۱۶) به صورت ترسیمی و تجسمی چگونگی تشکیل یک ستاره و رسیدن آن به حال تعادل و در نهایت تبدیل شدن آن به غول سرخ و یا ابر غول سرخ (برحسب جرم آن) وسرانجام فروپاشی گرانشی غول سرخ و تبدیل شدن آن به کوتوله سفید و یا اگر جرمش بیشتر و یا ده برابر خورشید باشد تبدیل آن به ستاره نوترونی و نیز اگر جرم ستاره بیش از۲۰ برابر خورشید باشد تبدیل به سیاهچله می شود که تمام این تحولات را طی شماره های از ۱ تا ۱۰ هنرمندی ترسیم نموده است.



شکل (۴ـ۱۶). نموداری از چگونگی تولد خورشید و یا هر ستاره دیگر. توده‌های گاز متراکم شده در نطفه و یا اشک کیهانی(۱)، بر اثر موج انفجار ستاره‌ای که در حال فروپاشی است(۸)، متراکمتر شده و در اثر تراکم زیاد دمای آن بالا می‌رود. به ناگاه واکنش پیوست اتمهای هیدروژن در آن شروع می‌شود(۲).. خروج پرتوها از مرکز به صورت انفجار عظیمی صورت می‌گیرد .. مواد قشر سطحی به اطراف پراکنده شده و به‌صورت گرد باد عظیمی اطراف هسته مرکزی به دوران می‌افتند، تصویرهایی که تلسکوپ هابل در سال ۱۹۹۵ به زمین مخابره کرده بودند چنین مرحله‌ای را مشخص می‌کنند .. نیروی گرانشی هسته در مقابل نیروی گریز از مرکز گرد و غبارها مقاومت کرده و بدین‌ترتیب لخته‌های مادّه در فواصل متناسب با جرم و سرعتشان تشکیل می‌گردد .. بعد از مدتی واکنش هسته‌ای خورشید با نیروی گرانشی به حال تعادل می‌رسد و خورشید و یا هر ستاره ای دیگر دوره اصلی زندگی خود را آغاز می‌کند(۳). از سوی دیگر نیروی گریز از مرکز لخته‌های‌ماده نیز با نیروی گرانشی خورشید یا ستاره به حال تعادل می‌رسد و سیاراتی مثل منظومه شمسی در مدارات خود به حال تعادلی قرار می‌دهند و این تعادل در مورد خورشید ۴/۶ میلیارد سال است که ادامه دارد و .بعد از ۵ تا ۶ میلیارد سال دیگر خورشید به پایان عمرش نزدیک خواهد شده ابتدا به صورت غول قرمز رنگ تبدیل می شود(۳)و بعد از چند میلیون سال عمر دوباره تبدیل به نبولوس سیاره ای(۵) می گردد.ولی در مورد ستاره ای که ده ها بار حجیم تر از خورشید است ابتدا تبدیل به سوپر غول می شود. ستاره اخیر بر حسب جرمش یا تبدیل به سوپر نوا (۸) و یا نوا(۷) می گردد.سوپر نوا ها برحسب جرمشان در پایان عمر یا تبدیل به ستاره نوترونی (۹) ویا تبدیل به سیاهچاله می گردند(۱۰)..

در شکل (۴-۱۷) سیارات منظومه شمسی آورده شده است و نیز باید یادآور شد که علاوه‌بر سیارات فوق، ماهواره‌های متعددی اطراف سیارات و کمربندی از آستروئیدها در

مدارهایی در حدفاصل مریخ و مشتری وجود دارند. در این تصویر که هنرمندی آنرا ترسیم کرده، فاصله سیارات مختلف نسبت به خورشیدبرحسب میلیون کیلومتر نشان داده شده و.بزرگی نسبی این سیارات نسبت به هم و در مقایسه با خورشید مشخص شده است.

موقعی که تعادل در منظومه شمسی برقرار گردید و در مرکز خورشید واکنش پیوست هیدروژن به صورت دائمی و کنترل شده در آمد، خورشید به مرحله اصلی زندگی خود می‌رسد و تابش پرتوهای γ و x و ماورای بنفش حاصل از آن تحولات فراوانی بر روی سیارات به وجود می‌آورند.

عطارد و زهره بسیار نزدیک به خورشید بوده و در نتیجه دمای آنها بالا می‌رود. عطارد در روز ۳۹۰ درجه سانتیگراد و در شب ۱۷۰- درجه است، ولی زهره به علت داشتن جوّ غلیظی از گاز کربنیک بر روی سیاره حالت گلخانه‌ای به وجود آورده و در نتیجه اختلاف درجه حرارت شب و روزش بسیار کم است. دمای آن در روز ۴۸۰ و در شب ۴۳۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. بر روی زمین درجه حرارت روز حداکثر به ۴۸ و در شب حداقل به ۸۸- درجه سانتیگراد می‌رسد که البته این هم به خاطر وجود جو زمین و به وجود آمدن حالت گلخانه‌ای بر روی کره زمین است وگرنه درجه حرارت زمین می بایستی پایین‌تر از این می‌بود. همانطور که ملاحظه می‌شود زمین بهترین شرایط را برای زندگی دارد. وجود جوی مملو از گازهای مختلف، پرتوهای ماورای بنفش خورشید را جذب کرده و ملکولها رابا هم جوش می‌دهد. آب و مولکولهای متفاوت بخصوص ملکولهای آلی به وجود می‌آیند. آب در شبهای سرد به صورت باران حفره‌های عمیق زمین را پر می‌نماید.

شکل (۴-۱۸) فاصله سیارات از خورشید بر حسب میلیون کیلومتر و بزرگی نسبی آنها نسبت به هم و در مقایسه با هلال کوچکی از خورشید/

خروج گازها از آتشفشان‌های اولیه زمین همچنان ادامه داشته، ترکیب و تبدیل ملکولها در طی میلیونها سال تکرار می‌شود. اقیانوسهای وسیع تشکیل گردیده و بتدریج غلظت ملکولهای آلی محلول در آب، در آنها اضافه می‌گردد. تابش خورشید در روز بخشی از آب اقیانوسها را

تبخیر نموده و به صورت توده‌های انبوه ابر در سراسر زمین گسترده می‌شود و از برخورد آنها با هم رعدوبرقهای عظیم به وجود می‌آید که اینها نیز باعث پیوند ملکولها با یکدیگر می‌گردند. بتدریج مولکولهای متنوعتر و پیچیده‌تری تشکیل می‌یابد. تعدادی از این ملکولها اشکالی به خود گرفته که نهایتاً منجر به مشابه‌سازی آنها می‌گردد و بدین‌ترتیب اولین ملکولهای زنده به وجود می‌آید و در طی هزاران میلیون سال تحول و تنوع این ملکولها منجر به پدید آمدن سلولهای زنده می‌گردد. همه شرایط بر روی کره زمین برای به وجود آمدن زندگی فراهم شده است، ولی سیارات دیگر چنین شانسی را ندارند. در فصل ششم و هفتم، به طور مفصل در این باره بحث خواهیم کرد.

برای آشنایی بیشترباسیارات منظومه شمسی، مشخصات فیزیکی (جرم مقایسه‌ای، فاصله نسبی، سرعت چرخش به دور خود و خورشید، ترکیبات جوّی، قطر استوایی و بالاخره تعداد و اسامی ماهواره‌ای آنها در جدول زیر و بعد داده شده است.

	چرخش به دور خود Rotation	تناوب به دور خورشید Révolution	شعاع Rayon	زاویه ی میل Inclinaison	انحنا Obliquité	نیم محور بزرگ ½ grand axe	جرم نسبت به زمین Masse
عطارد	۵۸,۶۵ j	۸۷,۹۶۹ j	۲ ۴۳۹	۷,۰۰۴°	۰°	۰,۳۸۷	۰,۰۵۵
زهره	۲۴۳,۰۱ j (r)	۲۲۴,۷۰۱ j	۶ ۰۵۱	۳,۳۹۴°	۱۷۷,۳°	۰,۷۲۳	۰,۸۱۵
زمین	۲۳,۹۳۴ h	۳۶۵,۲۵۶ j	۶ ۳۷۸,۱۴	۰,۰۰۰°	۲۳,۴۵°	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
مریخ	۲۴,۶۳۰ h	۶۸۶,۹۸۰ j	۳ ۳۹۳,۴	۱,۸۵۰°	۲۳,۹۸°	۱,۵۲۴	۰,۱۰۷
مشتری	۹,۸۴۱ h	۴ ۳۳۲,۶ j	۷۱ ۴۹۲	۱,۳۰۸°	۳,۱۲°	۵,۲۰۳	۳۱۷,۸۳۳
زحل	۱۰,۲۳۳ h	۱۰ ۷۵۹,۲ j	۶۰ ۲۶۸	۲,۴۸۸°	۲۶,۷۳°	۹,۵۱۶	۹۵,۱۵۹
اورانوس	۱۷,۹ h (r)	۳۰ ۶۸۸,۴ j	۲۵ ۵۵۹	۰,۷۷۴°	۹۷,۸۶°	۱۹,۱۶۵	۱۴,۵۰۰
نپتون	۱۹,۲ h	۶۰ ۱۸۱,۳ j	۲۴ ۷۶۴	۱,۷۷۴°	۲۹,۵۶°	۳۰,۰۰۳	۱۷,۲۰۴
				۰	۰		
پلوتون	۶. ۳۸۷ j (r)	۹۰۴۶۹٫۷j	۱ ۱۵۰	۱۷,۱۴۸	۱۲۲,۴۶	۳۹,۵۰۳	۰,۰۰۲

در این جدول j روز h ساعت وبنا به تصویب جامعه اختر شناسان از سال۲۰۷ سیاره پلوتون جزو منظومه شمسی نمی باشد.

برخی از مشخصات منظومه شمسی

مشخصات فیزیکی	خورشید	عطارد	زهره	زمین	مریخ	مشتری	زحل	اورانوس	نپتون
شب روز	دمای سطح ۶۰۰۰	۱۷۰- +۳۹۰	+۴۵۰ +۴۸۰	۸۸- +۴۸	۱۲۸- +۲۴	۱۴۰-	۱۶۰-	۱۸۰-	۲۰۰-
حجم نسبت به زمین	$۱/۲x۱۰^{۶}$	۰/۰۵۶	۰/۸۵ ۸	۱	۰/۱۵۲	۱۳۳۸	۷۶۶	۶۰/۴	۵۶/۹
چگالی متوسط	۰/۲۵ $g/cm^{۳}$	۵/۴۴	۵/۲۵	۵/۵۲	۳/۹۱	۱/۳۱	۰/۶۹	۱/۲۱	۱/۶۷
سرعت مداری Km/Sec	۱۹/۷	۴۷/۸۹	۳۵/۰۴	۲۹/۸۰	۲۴/۱۴	۱۳/۰۶	۹/۶۴	۶/۸۰	۵/۴۳
ماکزیم فاصله اززمین میلیونKm	۱۴۹/۶	۲۲۰	۲۵۸	-	۴۰۰	۶۹۰	۱۶۵۰	۳۱۰۰	۴۶۵۰
مینیم فاصله اززمین میلیونKm	-	۸۰	۴۱	-	۵۶	۵۹۰	۱۲۰۰	۲۷۰۰	۴۳۵۰
فاصله از خورشید میلیونKm	-	۵۷/۹۱	۱۰۸/۲	۱۴۹/۶	۲۲۷/۹۴	۷۷۸/۳۱	۱۴۲۹/۴	۲۸۷۵	۴۵۰۴
تعداد ماهواره	۹ سیاره ۴۴ ماهواره	-	-	۱	۲	۱۶	۱۶	۵	۲
اسامی مهمتریت ماهواره ها	-	-	-	ماه	Phobos Deimos فوبوس دیوس	Amalthee Io Europe Ganymedd Calisto	Titan Dioné Rhea Tethys Jopet	Miranda Ariel Umbriel Titania	Triton Népéide
ترکیبات جوّ ونوع گازهای موجود	$H_۲$ He	Ne بادهای خورشیدی $H_۲$	$CO_۲$ ۹۷٪	$N_۲$ ۷۸٪ $O_۲$ ۲۱٪	$CO_۲$ ۹۵%	$H_۲$ He $CH_۴$ $NH_۳$	$H_۲$ He $CH_۴$ $NH_۳$	$H_۲$ He $CH_۴$ $NH_۳$	$H_۲$ He $CH_۴$ $NH_۳$