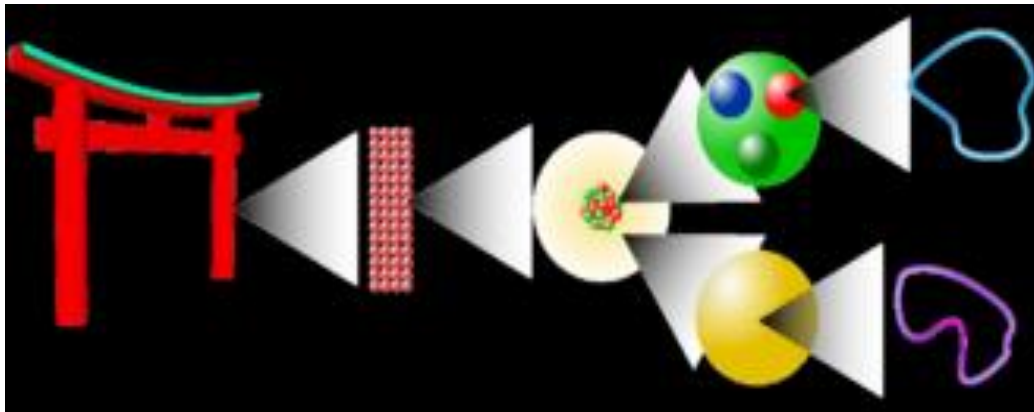


# روزِ بدونِ دیروز

دانه دانه بودنِ فضا و زمان

نظریه ریسمان‌ها



The day without yesterday, graininess of the space and time, string theory<sup>1</sup>

## فشرده

"مقوله‌هایی که مفید بودن خود را در رده‌بندی چیزها به اثبات رسانده‌اند چنان بسهولت بر ما تسلط می‌یابند که خاستگاه زمینی‌شان را فراموش می‌کنیم و آنها را به‌عنوان داده‌های غیرقابل تغییر می‌پذیریم. سپس به آنها به‌عنوان "ضروریات تفکر"، "پیشینی داده شده" [آپریوری] و غیره مُهر تایید می‌زنیم. چنین خطاهایی معمولاً مسیر پیشرفت علمی را برای مدت طولانی غیرقابل عبور می‌کند. به‌هیچ‌وجه کار بیهوده‌ای نیست تمرین کنیم مقوله‌های رایج را موشکافی نمائیم و نشان دهیم که توجیه و سودمند بودن آنها به چه شرایطی بستگی دارد، چگونه در جزئیات از تجربه حاصل شده‌اند.<sup>۲ و ۳</sup> (سخنان هشدار دهنده‌ی اینشتین در سوگنامهٔ ارنست ماخ)

یکی از آن مقولات مفید که بر تاروپود ما نفوذ کرده و ما را در چنبره‌ی خود دارد مقوله‌ی فضا‌زمان است. توجیه این مقوله، شرایط و محدودی اعتبار آن چیست؟ مقوله‌ی فضا‌زمان تا چه مقیاسی با اصل علیت که برای علوم طبیعی حیاتی می‌باشد هماهنگ است؟ فیزیکدانان نظریه ریسمان‌ها پاسخ به این پرسش‌ها را در گرو شناخت کیهانی به بزرگی  $10^{-35}$  متر!! می‌بینند. اما آیا آنها امکان راست‌آزمایی نظریه‌ی خود را دارند؟ و آیا نظریه ریسمان‌ها پاسخی به مسئله‌ی وحدت نیروهای بنیادی، نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم، است؟ پرسش‌هایی که مایلیم در این مقاله پس از پیش‌گفتاری به آنها بپردازم.

**تذکر:** سلسله مقالات ارائه شده در باره‌ی فضا‌زمان (گرانش کوانتومی) بنحوی نگاشته شده‌اند که مستقل از هم قابل مطالعه می‌باشند. پیشتر:

\* در مقاله 'خاستگاه فضا و زمان'<sup>۴</sup> ایده‌ی مرتبط با نظریه نسبیت، نظریه کوانتوم و ترمودینامیک را بررسی و به آماری بودن فضا‌زمان بر مبنای قوانین ترمودینامیک پرداختیم.

\* در مقاله 'کوانتای فضا و زمان'<sup>۵</sup> ایده‌ی فضا‌زمان در فرم بافتاری را تحت عنوان گرانش کوانتومی حلقه بررسی کردیم و گفتیم که در این مدل فضا نه پس‌زمینه‌ی رخدادها بلکه ابژکتی محسوب می‌شود دینامیکی (دربیرگیرنده‌ی زمان) که از قوانین نظریه کوانتوم پیروی می‌کند.

\* در مقاله 'فضا‌زمان اَبَرَسَبَّال'<sup>۶</sup> ایده‌ی فضا‌زمان با ویسکوزیته قابل اغماض را بررسی کردیم و گفتیم که در اینجا فضا‌زمان شکل‌گرفته از اثرات ذرات کوانتومی آن تصور می‌شود که در کوچکترین سطح به واحدهای ناپیوسته (کوانتومی) در مقیاس پلانک (حدود  $10^{-35}$  متر) تقسیم شده است.

\* در مقاله 'علیت سرنوشت‌ساز'<sup>۷</sup> ایده‌ی 'مجموعه‌ی علی'، تعداد قابل شماری از عناصر تشکیل دهنده‌ی فضا‌زمان، را که در میان مدل‌های ارائه شده برای توضیح چیستی فضا‌زمان از منطقی ساده برخوردار است بررسی کردیم.

## پیش‌گفتار

ما در تلاش برای توجیه و تعیین شرایط و محدوده‌ی اعتبار مقوله‌ی فضا‌زمان راهی جز بهره‌جویی از داده‌های علمی و بکارگیری توصیه‌ی ماکس بورن، فیزیکدان نظری آلمانی و دوست دیرینه‌ی اینشتین، نداریم. بورن می‌نویسد:

"به آن کس که می‌خواهد هنر پیش‌بینی علمی را بیاموزد توصیه می‌کنم که اعتماد به فکر مجرب نکند بلکه زبان رمزی طبیعت را از اسناد طبیعت، یعنی از واقعیت‌های تجربی، بخواند."<sup>۱</sup>

داده‌های علمی کنونی ما بطور عمده شامل دو نظریه‌ی بزرگ از قرن بیستم، یعنی نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم، می‌شود که هر دو دارای کاستی‌هایی هستند: نظریه نسبیت (نسبیت عام) تنها تا مرز تکینگی، یعنی تا مرز چگالی‌های بسیار بالا برای مثال در سیاه‌چاله‌ها و یا تا نزدیکی مهبانگ معتبر است. و نظریه کوانتوم (مدل استاندارد ذرات بنیادی) برای مثال پاسخگوی جرم نوترینوها نیست.

داده‌های علمی ذکر شده در اصل بر پایه‌ی تعداد اندکی از یافته‌ها بنا شده‌اند که در عمل مرز شناخت کنونی ما را تعیین می‌کنند، یافته‌هایی از اوایل قرن گذشته که عبارتند از: کشف ماکس پلانک در سال ۱۹۰۰ کوانتومی بودن انرژی که در ادامه منجر به پدید آمدن نظریه‌ی جهانشمول به نام نظریه کوانتوم گردید و سه کشف آلبرت اینشتین اثر فوتوالکتریک در سال ۱۹۰۵. اثر فوتوالکتریک نشان می‌دهد که نه تنها پرتوئی بلکه جذب انرژی نیز برای مثال از جانب فلزات بصورت کوانتومی است؛ نظریه نسبیت خاص در سال ۱۹۰۵ که در آن سرعت نور به‌عنوان سرعت مطلق و حداکثر در طبیعت، به‌عنوان یک قانون طبیعی، نقش تعیین کننده دارد. از این‌رو گاهن این نظریه را نظریه سرعت مطلق نیز می‌نامند. و در سال ۱۹۱۵ نظریه نسبیت عام، که در آن نیروی گرانشی در شکل هندسه‌ی فضا‌زمان چهاربعدی پیوستار توصیف می‌شود.

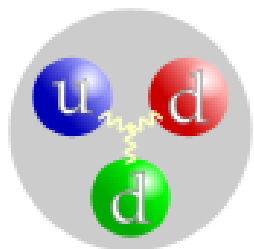
از ترکیب کشف‌های نامبرده و نظریه‌های مربوطه می‌توان کوچکترین رابطه علی معنادار فضا و زمان، به اصطلاح دنیای کوانتومی، دنیای پلانک، در مقیاس‌های  $10^{-35}$  متر، زمان کوانتومی  $10^{-44}$  ثانیه (با در نظر گرفتن سرعت نور حدود سیصد هزار کیلومتر در ثانیه)، چگالی پلانک  $10^{93} \text{g/cm}^3$  و دمای پلانک  $10^{32} \text{K}$  علامت (K) اختصاری اندازه دما در کلونین) را بدست آورد. در واقع این کمیت‌ها بیانگر آنند که فضا و زمان در چنان اندازه‌هایی دیگر نه بشکل پیوسته بلکه گسسته - در تضاد با فضا‌زمان پیوسته در نظریه نسبیت عام اینشتین - می‌باشند. به بیان دیگر، در این مقیاس‌ها می‌توان از "دانه دانه بودن" فضا و زمان سخن گفت.

در "روز بدون دیروز"<sup>۱</sup>، در نزدیکی مهبانگ، در اندازه‌های پلانک، فاز اولیه‌ی کیهان و در سیاه‌چاله‌ها ما با سیستم‌های کاملاً کوانتومی سر و کار داریم. در عین حال ما هیچ چیز خاصی از این‌گونه سیستم‌ها که صحت آن را به اثبات رسانده باشیم نمی‌شناسیم. از این‌رو فیزیکدانان نظری تلاش می‌کنند با بررسی ایده‌ها و نظریه‌های مختلف، از جمله نظریه ریسمان‌ها، راه حلی برای توصیف دنیای پلانک و فاز آغازین کیهان پیدا کنند. برای این منظور لازم است هر چه بیشتر به آنچه در طبیعت هست، ساختارهای مادی و شکل‌گیری آنها از ذرات بنیادی توسط نیروهای اساسی، توجه نمائیم. به گفته ماکس بورن: "زبان رمزی طبیعت را از اسناد طبیعت، یعنی از واقعیت‌های تجربی، بخوانیم."<sup>۲</sup> لذا لازم است در این‌جا کوتاه به ذرات و نیروهای بنیادی بپردازیم تا در ادامه با آگاهی بیشتر در باره‌ی نظریه ریسمان‌ها اظهار نظر کنیم.

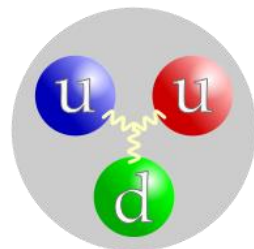
## ذرات بنیادی

ساختارها از ذراتی با نام‌های الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌اند. پروتون‌ها و نوترون‌ها به نوبه خود از کوآرک‌ها (یک ذره بنیادی) تشکیل شده‌اند. یک پروتون از دو کوآرک u و یک کوآرک d و یک نوترون از دو کوآرک d و یک کوآرک u و گلوئون‌ی (یک ذره بنیادی) که بین کوآرک‌ها (به‌مثابه پیوندهنده) مبادله می‌شود تشکیل شده‌اند. (تصویر ۲ و ۳).

از این ذرات هسته اتم‌ها و اتم‌ها، عناصر شیمیایی، و از اتم‌ها مولکول‌ها و از مولکول‌ها ساختارهای مادی شکل می‌گیرند.



تصویر ۳: ساختار کوانتومی نوترون<sup>۱۱</sup>



تصویر ۲: ساختار کوانتومی پروتون<sup>۱</sup>

ذرات توسط نیروهای اساسی که در زیر به آنها می‌پردازیم با یکدیگر اندرکنش دارند. اندرکنش ذرات از طریق تبادل ذراتی به نام بوزون صورت می‌گیرد.

بوزون‌ها دو نوع هستند: بوزون‌های ساده مانند فوتون‌ها و بوزون‌های مرکب مانند مزون‌ها. بوزون‌ها ذراتی هستند با عدد اسپین درست (Eigendrehimpuls, spin). اسپین یک خاصیت کوانتومی ذرات زیراتمی است و معادل کلاسیک ندارد. ذرات بوزون از اصل طرد پاولی\* پیروی نمی‌کنند، یعنی چندین بوزون می‌توانند همزمان در یک حالت کوانتومی باشند.

ذراتی که از اصل طرد پاولی\* پیروی می‌کنند فرمیون نامیده می‌شوند. فرمیون‌ها از عدد اسپین نیم - درست مانند  $1/2$  و یا  $1/2$  برخوردار می‌باشند مثال بارز آن الکترون (یک ذره بنیادی) با اسپین  $1/2 \pm$  است. دو الکترون که حداقل در یکی از مشخصاتشان، مانند جهت اسپین  $1/2 +$  و یا  $1/2 -$ ، با هم اختلاف داشته باشند می‌توانند در یک حالت کوانتومی قرار گیرند. فرمیون می‌تواند یک ذره بنیادی مانند الکترون و یا یک ذره مرکب مانند پروتون با اسپین  $1/2$  و جرمی  $1.837$  برابر جرم الکترون و یا یک نوترون با اسپین  $1/2$  و جرمی اندکی بیشتر از جرم پروتون باشد.

\* اصل طرد پاولی: "اصل طرد پاولی بیان می‌کند که هیچ دو الکترونی، یا بطور کلی هیچ دو فرمیون مشابهی، نمی‌توانند حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند؛ (مثلا بطور همزمان در یک مکان باشند). این اصل برای درک پدیده‌های مختلف، از ذرات بنیادی گرفته تا ساختار ستاره‌ها، نقش اساسی ایفا می‌کند. اصلی هست که بنا به آن، هیچ دو الکترونی در اتم وجود ندارند که مجموعه اعداد کوانتومی آنها مشابه باشند."<sup>۱۲</sup>

فرمیون‌ها در اصل شامل دو بخش می‌شوند: کوارک‌ها و لپتون‌ها:

کوارک‌ها، همانگونه که پیشتر ذکر شد به‌عنوان ذرات بنیادی جزء اساسی تشکیل دهنده پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌باشند. لپتون‌ها نیز جزو ذرات بنیادی محسوب می‌شوند و معروفترین آنها ذره الکترون است. عناصر شیمیایی از این ذرات شکل می‌گیرند. برای مثال، یک ذره الکترون با بار الکتریکی منفی با یک پروتون با بار الکتریکی مثبت می‌توانند اولین عنصر شیمیایی از جدول عناصر به نام اتم هیدروژن با علامت اختصاری  $^1\text{H}$  (پروتیوم، Protium) را که از نظر الکتریکی خنثی می‌باشد تشکیل دهند. چنانچه در کنار ذره پروتون به‌عنوان هسته اتم یک یا دو ذره نوترون قرار گیرد شاهد ایزوتوپ‌های دیگر این عنصر شیمیایی به نام‌های دوتریوم  $^2\text{H}$  (Deuterium, D) و تریتیوم  $^3\text{H}$  (Tritium, T) هستیم.

از عناصر شیمیایی و اندرکنش آنها با یکدیگر توسط نیروهای اساسی، با واسطه بوزون‌ها، ساختارهای مادی بیشتر میکروسکوپی و ماکروسکوپی مشاهده شده در کیهان شکل گرفته و می‌گیرند.

### نیروهای بنیادی

نیروهای اساسی شناخته شده در طبیعت عبارتند از نیروی گرانش، نیروی الکترومغناطیسی، نیروی ضعیف و نیروی قوی. نیروهای اساسی یا بنیادی به نیروهای گفته می‌شود که قابل توصیف با نیرو یا نیروهای دیگر نیستند.

**نیروی گرانش:** نیروی گرانش ضعیف‌ترین نیرو از چهار نیروی ذکر شده است. در عین حال این نیرو در سطح کیهانی تعیین‌کننده‌ترین نیرو است. نیروی گرانش همواره در صحنه حضور دارد و دامنه تأثیر آن نامحدود محسوب می‌شود. این نیرو عملاً در ساختار اتم‌ها و هسته‌اتم‌ها نقشی ندارد. نیروی گرانش نسبت مستقیم با جرم دارد، یعنی هرچه جرم بیشتر باشد نیروی گرانش نیز بیشتر است و بعکس. این نیرو در چگالی‌های بالا سبب خمیدگی شدید و حتا ایجاد حفره در ناحیه فضا زمان مربوطه می‌شود. نیروی گرانش همانند همه نیروهای اساسی در فیزیک از طریق تبادل ذرات بوزون و در اینجا توسط ذره فرضی کوانتومی به نام گراویتون صورت می‌گیرد. بنابراین فرض، حامل نیروی گرانش گراویتون است. گراویتون ذره‌ای فاقد جرم ساکن، دارای سرعت نور و اسپین ۲ (spin, Eigendrehimpuls) تصور می‌شود. پادذره گراویتون ذره گراویتون است، یعنی ذره گراویتون از نظر الکتریکی خنثی می‌باشد. نیروی گرانش بر تمام ذراتی که جرم دارند تأثیر می‌کند و چیزی نمی‌تواند مقابل آن حائل شود و یا آن را جذب کند. این نیرو را نمی‌توان به نیروی دیگری تبدیل کرد. منشاء میدان گرانش از لحاظ ظاهر تانسور متقارن مرتبه ۲ (تانسور انرژی-تکانه<sup>۱۲</sup>) می‌باشد. تابش گرانشی (امواج گرانشی) توسط معادلات میدانی نسبیت عام اینشتین توصیف می‌شود. قدرت نسبی نیروی گرانش، نسبت به نیروی قوی، حدود  $10^{-41}$  بار ضعیف‌تر است!

**نیروی الکترومغناطیسی:** نیروی الکترومغناطیسی نسبت به نیروی قوی حدود  $10^{-2}$  بار ضعیف‌تر است. این نیرو بین ذرات باردار الکتریکی اثر می‌کند و در پیوند و انسجام ساختارها، اتم‌ها و ملکول‌ها، نقش بسیار تعیین‌کننده دارد. دامنه‌ی تأثیر این نیرو نامحدود محسوب می‌شود. نیروی الکترومغناطیسی بعکس نیروی گرانش قابل جذب است و می‌توان مقابل آن حائل ایجاد نمود. نیروی الکترومغناطیسی دارای دو بار الکتریکی مثبت و منفی است. هر یک از این بارهای الکتریکی

در حالت سکون در اطراف خود میدانی را به نام میدان الکتریکی شکل می‌دهند و در حرکت (شتاب) میدان الکترومغناطیسی را که ترکیبی از میدان الکتریکی و مغناطیسی (معادلات ماکسول) است بوجود می‌آورند. منشاء نیروی الکترومغناطیسی بارهای الکتریکی می‌باشند. نیروی الکترومغناطیسی از طریق تبادل بوزون‌ها صورت می‌گیرد. حامل نیروی میدان الکترومغناطیسی ذره فوتون (ذره نور) فاقد جرم ساکن، دارای سرعت نور و اسپین ۱ می‌باشد.

نیروی گرانش و نیروی الکترومغناطیسی به دلیل دامنه‌ی وسیع تأثیرشان نیروهای ماکروسکوپی نامیده می‌شوند. در مقابل دو نیروی دیگر، یعنی نیروی ضعیف و نیروی قوی به دلیل دامنه کوتاه تأثیرشان از آن نیروهای میکروسکوپی محسوب می‌شوند. محدوده‌ی تأثیرگذاری دو نیروی اخیر به ترتیب عبارتند از  $10^{-18}$  متر و  $10^{-15}$  متر.

**نیروی ضعیف:** نیروی ضعیف یا نیروی هسته‌ای ضعیف نسبت به نیروی قوی حدود  $10^{-15}$  بار ضعیف‌تر است. یعنی، نیروی هسته‌ای ضعیف تنها در محدوده‌ی بسیار کوتاه عملکرد دارد. نیروی ضعیف تنها نیرو از چهار نیرو اساسی است که امکان شکل‌گیری ساختارها (bound states) را نمی‌دهد. بعکس این نیرو مسئول واپاشی هسته‌ای است، به‌ویژه واپاشی ذره بتا  $\beta$  که در آن یک نوترون  $n$  به یک ذره پروتون  $p$ ، یک ذره الکترون  $e$  و یک ذره پادنوترینو  $\bar{\nu}$  تبدیل می‌شود. نیروی ضعیف نیز توسط تبادل بوزون‌ها صورت می‌گیرد. حامل نیروی ضعیف ذراتی به نام‌های  $W^+$ ,  $W^-$  با جرم حدود  $10^{-22} \times 1/43$  g و ذره  $Z^0$  با جرم حدود  $10^{-22} \times 1/43 \times 10^{-22}$  g (حدود  $90$  بار سنگین‌تر از پروتون) و اسپین ۱ می‌باشند.

در دهه شصت قرن گذشته فیزیکدانان نظری سلام<sup>۱۴</sup>، گلاشو<sup>۱۵</sup> و واینبرگ<sup>۱۶</sup> توانستند دو نیروی الکترومغناطیسی و ضعیف هسته‌ای را بطرز نظری به ادغام برسانند. در دهه هفتاد همان قرن صحت این نظریه بطور تجربی نشان داده شد. ادغام دو نیروی ذکر شده به یک نیرو به نام **نیروی الکتروضعیف** در محدوده‌ی انرژی  $100$  GeV عملی می‌باشد. وحدت دو نیرو از چهار نیروی بنیادی قدم بزرگی در یکپارچه‌سازی نیروهای اساسی که آرزوی دیرینه‌ی فیزیکدان‌ها هست می‌باشد. به احتمال قدم بعدی وحدت نیروی الکتروضعیف با نیروی قوی خواهد بود.

**نیروی قوی:** نیروی قوی یا نیروی هسته‌ای قوی قوی‌ترین نیرو بین چهار نیروی اساسی است\*\* و تنها در محدوده‌ی هسته‌ای اتم عمل می‌کند. در بخش **ذرات بنیادی** گفتیم که پروتون‌ها و نوترون‌ها از ذرات بنیادی به نام کوارک‌ها تشکیل شده‌اند که از طریق مبادله‌ی ذره بنیادی دیگری به نام گلوئون‌ها بهم پیوند داده می‌شوند. در ادامه گفتیم که پروتون‌ها ذراتی هستند با بار الکتریکی مثبت. از آن‌جا که بارهای الکتریکی مثبت (و بارهای الکتریکی منفی) به دلیل حضور نیروی الکتروستاتیک یکدیگر را دفع می‌کنند می‌باید نیروی قوی، قوی‌تر از نیروی الکتروستاتیک باشد تا اصولاً شکل‌گیری هسته‌ای اتم امکان‌پذیر باشد. یعنی، برای انسجام ذرات هسته اتم در فضای ناچیزی بشعاع حدود  $10^{-15}$  متر و نیروی رانشی الکتروستاتیک بالا نیاز به نیروی قوی‌تر است که هم نیروی رانشی را خنثی و هم میان ذرات پیوندی قوی (انرژی هسته‌ای) ایجاد نماید. ذرات حامل نیروی قوی، گلوئون‌ها، جرمی برابر با صفر و اسپین ۱ دارند.

\*\* ما کمیت نیروی قوی را برابر با ۱ دانستیم و نیروهای دیگر را نسبت به آن سنجیدیم.<sup>۱۷</sup> در بعضی از منابع از جمله در ویکی پدیا فارسی، دانشنامه آزاد قدرت نسبی نیروها نسبت به نیروی گرانش که قدرت آن برابر با ۱ در نظر گرفته شده ارائه می‌گردد. در این حالت: نیروی گرانش برابر با ۱، نیروی ضعیف نسبت به نیروی گرانش  $10^{25}$  بار و نیروی الکترومغناطیسی  $10^{36}$  بار و نیروی قوی  $10^{38}$  بار قوی‌تر است.<sup>۱۸</sup>

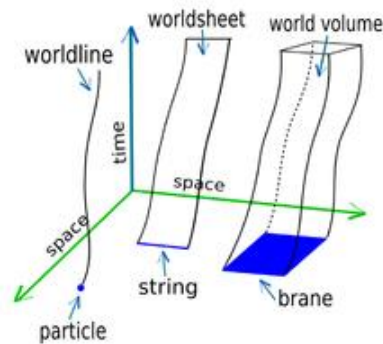
### برون‌یابی (extrapolate)

داده‌های علمی به ما می‌گویند که کیهان نه تنها در حال حاضر (با شتاب بیشتر) بلکه در گذشته نیز همواره در حال انبساط بوده است. یعنی، در گذشته‌های بسیار دور بسیار کوچکتر بوده و زمانی چنان کوچک بوده که حتی نظریه نسبیت عام (فضازمان پیوسته اینشتین) نیز توان تشریح آن را ندارد و لازم می‌نماید که از نظریه کوانتوم (فضا و زمان دانه دانه‌ای) بهره‌جوییم. نظریه کوانتوم شکل‌گیری کیهان اولیه را از هیچ کوانتومی<sup>۱۹</sup> متصور است. مرحله‌ای که به نام بیگ‌بنگ یا انفجار بزرگ معروف است. چرائی انفجار بزرگ و "تلنگری" که سبب آن گشته (اگر چنین باشد) برایمان روشن نیست. چرا که داده‌های علمی کنونی ما حداکثر تا اندازه‌های پلانک (بصورت علت و معلولی) پاسخگو هستند. درست از اینجا، یعنی در اندازه‌های  $10^{-25}$  متر و  $10^{-44}$  ثانیه (!!)، هست که پژوهش‌گران نظریه ریسمان‌ها سعی دارند کیهان کوانتومی، دنیای پلانک، را در  $10$  یا  $11$  بُعد تشریح و از این راه نیروی گرانش را با نیروهای بنیادی دیگر به ادغام برسانند. اما این کار بسیار دشواری است. به این علت که نیروی گرانش در سیستم شتابدار، یعنی فضازمان خمیده و متغیر، و نیروی‌های الکتروضعیف و قوی در سیستم‌های عاری از شتاب، یعنی در فضازمان تخت و نامتغیر، تصور می‌شوند. ریشه‌ی این دوگانگی، همان‌گونه که پیشتر گفتیم، در آنست که نیروی گرانش در ساختارهای کوانتومی، هسته اتم‌ها و اتم‌ها، عملاً نقشی ندارد. نظریه ریسمان‌ها از جمله بر آن است که این دوگانگی را با یاری مقوله ریسمان‌ها حل کند.

## در باره نظریه ریسمان‌ها

ابژکت‌های بنیادین:

ابژکت‌های (اشیاء) بنیادین علم فیزیک، مدل ذرات نقطه‌ای می‌باشد. در مقابل ابژکت‌های (اشیاء) بنیادین نظریه ریسمان‌ها، مدل‌های ریسمان‌های باز و بسته (ارتعاشات فضا-زمان) می‌باشند (تصویر ۴).



تصویر ۴: جهان‌های مدل ذره، ریسمان باز و ریسمان بسته در فضا-زمان<sup>۱</sup>

نظریه ریسمان‌ها:

نظریه ریسمان‌ها، تشریح برهم‌کنشی ریسمان‌ها با یکدیگر است که در اندازه‌های بزرگ شبیه ذرات نقطه‌ای در علم فیزیک ذرات می‌شوند. نظریه ریسمان‌ها می‌خواهد توضیحی برای ذرات بنیادی و نیروهای بنیادی میان آنها باشد. هدف نظریه‌پردازان ریسمان‌ها یکسان‌سازی علم فیزیک است. آنها تلاش می‌کنند با استفاده از ایده‌ی ریسمان‌ها از یک طرف به وحدت نیروهای بنیادی دست یابند و از طرف دیگر کل علم فیزیک را بر اساس آن بنا نموده و از این طریق نظریه‌ای ارائه دهند که بشود در بستر آن تمامی پدیده‌های کیهان را توضیح داد.

ابریسمان‌ها:

گفتیم که بوزون‌ها ذرات حامل نیروهای بنیادی و فرمیون‌ها حامل ذرات ماده هستند. حال چنانچه بشود با یاری خانواده‌ی از ذرات نظریه‌ای یکتا ارائه نمود که فرقی بین بوزون‌ها و فرمیون‌ها قائل نباشد، یعنی این دو را همسان بداند، در این صورت آن را نظریه ابریسمان یا نظریه ریسمان ابرمتقارن (حداقل با ۱ بُعد) می‌نامند.

واقعیت‌های تجربی:

تمامی تلاش‌ها (آزمایش‌ها) برای اثبات بُعدهای اضافی در نظریه ریسمان‌ها تاکنون به نتیجه نرسیده است! البته این گفته به معنای آن نیست که نظریه ریسمان‌ها می‌باید نادرست باشد. به این خاطر که این نظریه به پدیده‌هایی از آغاز کیهان در مقیاس‌های کوانتومی،  $10^{-35}$  متر و  $10^{-44}$  ثانیه، می‌پردازد که اثبات‌شان بسیار دور از امکانات (کنونی) ما می‌باشد. نظریه ریسمان‌ها نتوانسته است پس از گذشت بیش از نیم قرن چیزی را در علم فیزیک به اثبات برساند. در همین رابطه لازم است گفته شود، همی آزمایش‌ها برای نمایش دانه دانه بودن فضا و زمان که بنابر نظریه ریسمان‌ها در بُعدهای اضافی فشرده شده‌اند (نهفته‌اند) به نتیجه نرسیده است. مضافاً این که بر مبنای اصل علیت نمی‌توان به پرسش‌هایی مانند 'تانگری' که منجر به مهبانگ شده باشد چه و چگونه بوده است و یا 'پیش از مهبانگ چه بود' پرداخت.

نقد نظریه ریسمان‌ها:

نظریه ریسمان‌ها مورد تایید همه فیزیکدان‌ها نمی‌باشد. به این نظریه نقدهای زیاد و تندی شده است. بعضی از منتقدین بدرستی باور می‌دارند که این نظریه پس از گذشت ده‌ها سال نشان داده که هیچ نوع کاربردی فیزیکی ندارد. کارلو راولی، Carlo Rovelli، در این‌باره می‌گوید: "It does not work, therefore let's develop it further."<sup>1</sup>

و روبرت لافاین، Robert Laughlin برنده‌ی جایزه نوبل، معتقد است که نظریه ریسمان‌ها نتیجه غم‌انگیز یک سیستم باور قدیمی است. او می‌گوید:

"Far from a wonderful technological hope for a greater tomorrow, string theory is the tragic consequence of an obsolete belief system."<sup>1</sup>

1. <https://de.wikipedia.org/wiki/Stringtheorie>
2. Albert Einstein in: Thomas Filk, Modelle von Raum und Zeit, Skript zur Vorlesung, Uni. Freiburg, Version vom 21. Dezember 2011
3. Albert Einstein: [http://einstein-virtuell.mpiwg-berlin.mpg.de/VEA/SC-1816523987\\_MOD355385129\\_SEQ-1995633991\\_SL1224646756\\_de.html](http://einstein-virtuell.mpiwg-berlin.mpg.de/VEA/SC-1816523987_MOD355385129_SEQ-1995633991_SL1224646756_de.html)
4. Hassan Bolouri, The origin of space and time  
۴. حسن بلوری، 'خاستگاه فضا و زمان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۱
5. Hassan Bolouri, The quanta of space and time  
۵. حسن بلوری، 'کوانتای فضا و زمان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، ماه آوریل سال ۲۰۲۱
6. Hassan Bolouri, Superfluid spacetime  
۶. حسن بلوری، 'فضازمان ابرسیال'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، ماه می سال ۲۰۲۱
7. Hassan Bolouri, Crucial causality  
۷. حسن بلوری، 'علیت سرنوشت‌ساز'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، ماه ژوین سال ۲۰۲۱
8. Max Born, Experiment und Theorie in der Physik, Physik Verlag, Mosbach/Baden, 1969, S. 37-38; Experiment and Theory in Physics, King's College in Newcastle-upon-Tyne, 1943
9. Harald Lesch: <https://www.youtube.com/watch?v=CXgsLbbSkoU>
10. <https://de.wikipedia.org/wiki/Proton>
11. <https://de.wikipedia.org/wiki/Neutron>
12. Wikipedia farsi  
۱۲. ویکی‌پدیا فارسی، دانشنامه آزاد، اصل طرد پاولی
13. Hassan Bolouri, Symmetry: the key to recognizing the cosmos  
۱۳. حسن بلوری، 'تقارن: کلید شناخت کیهان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۰
14. A. Salam, Ward, J. C. (1959), "Weak and electromagnetics", Nuovo Cimento, 11 (4)
15. S. Glashow (1959). "The renormalizability of vector meson interactions", Nucl. Phys. **10**
16. S. Weinberg (1967), "A Model of Leptons", Phys. Rev. Lett. 19 (21), 1264-66
17. Walter Greiner, Berndt Müller, Gauge Theory of Weak Interaction, Band 13, Springer, 2000, S. 2; Eichtheorie der schwachen Wechselwirkung, Band 8, 2. Auflage. Verlag Hari Deutsch, 1995, S. 1
18. Wikipedia farsi  
۱۸. ویکی‌پدیا فارسی، دانشنامه آزاد، نیروهای بنیادی
19. Hassan Bolouri, Why is there something rather than nothing?  
۱۹. حسن بلوری، 'چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟'، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان، آوریل سال ۲۰۲۰