



Antonio Tilloy

او یکی از فیزیک دانان سرشناس مرکز تحقیقات فیزیک کوانتوم در شهر گارشینگ در آلمان به شمار رفته و دارای تحقیقات وسیعی در این حیطه از فیزیک می باشد.

"Max-Planck-Institute for quantum Physic – Garching-Germany" (۲۰۲۴)

پژوهش و تکمیل: دکتر بهرام پروانه طهرانی

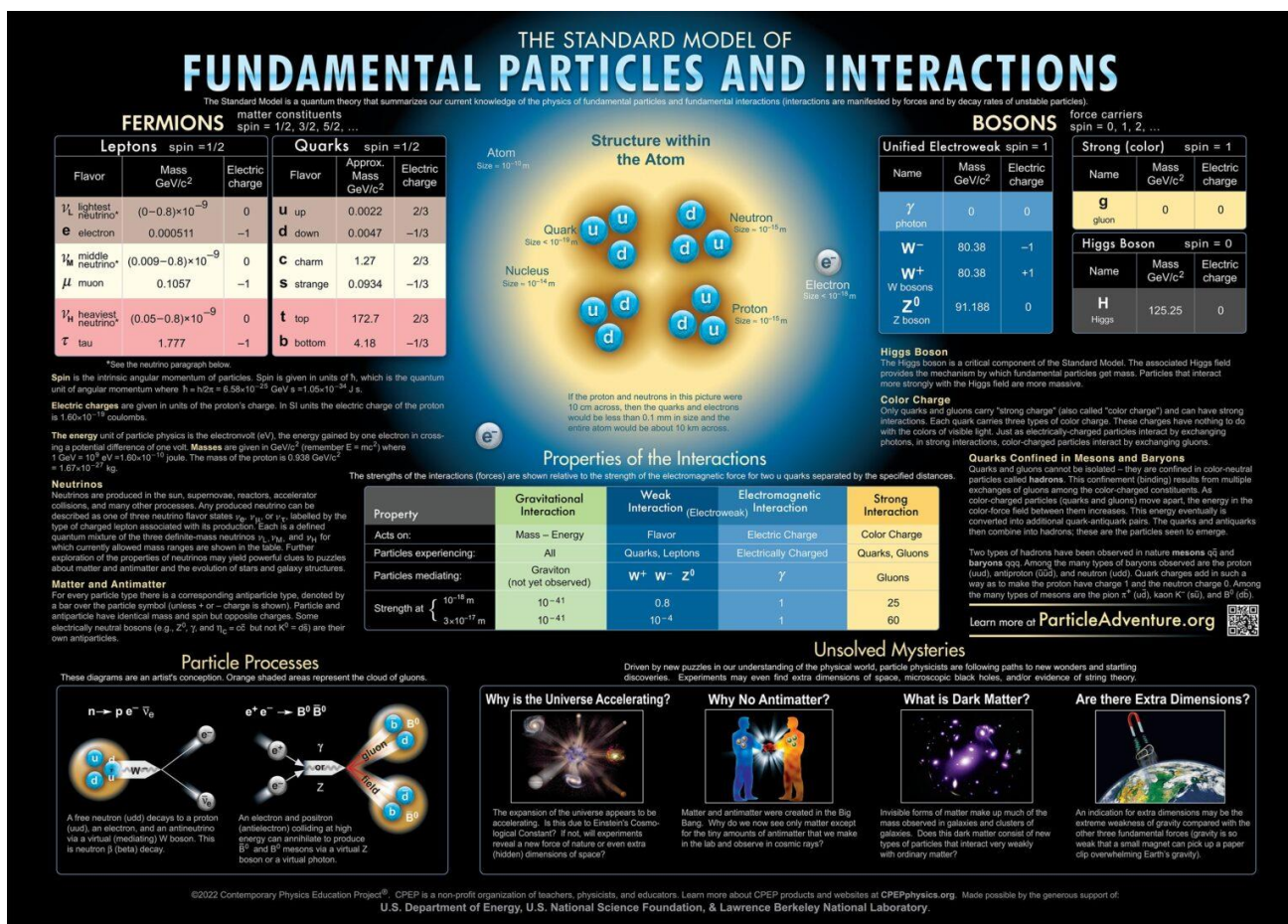
اکنون قریب ۵۰ سال است که فیزیک دانان بدون هیچ گونه موفقیتی از منظر فیزیک کوانتوم در پی یافتن تئوری قابل قبولی برای میدان گرانش می باشند. کلیدی که می تواند در صورت موفقیت، برای فهم پدیده بیگ بنگ، سیاه چاله ها و بسیاری دیگر راه گشا و درب های بسیاری را به سوی فهم واقعیت فیزیکی طبیعت باز نماید.

در ابتدای قرن بیستم میلادی دو نظریه به وجود آمدند که فهم ما را در شناخت جهان و طبیعت زیرو رو کردند: اولی نظریه فیزیک کوانتوم پرفسور ماکس پلانک بود که حالات اسرار آمیز ذرات فوق ریز (**Microscopic particles**) را برملا می کرد. دومین نظریه، نظریه نسبیت عام (**General Theory of Relativity**) پرفسور آلبرت اینشتین بود که فضا-زمان و نیروی گرانش ایجاد شده را تفسیر می کرد. این دو نظریه موجب شدند تا شناخت ما از حالات ریز ترین ذرات الی بزرگترین اجسام فضایی زیرو رو شود: این نظریه ها می گفتند که ابژه ها می توانند گاهی به صورت ذرات گسسته و گاهی به صورت امواج وجود داشته باشند و یا گاهی در آن واحد در هر دو حالت. و فراتر از آن، این واقعیت که زمان و فضای (زمان-فضا) سه بعدی در ابعاد بزرگ یا کوچک، هرگز به صورت ثابت و پایدار وجود ندارند و پارامتر هایی متغیرند.

ولیکن تا کنون نتیجه این است که دو پارامتر یاد شده از منظر فیزیک کوانتوم با یک دیگر سازگار نیستند و همین دلیلی است که از زمان کشف دو تئوری، محققان می کوشند تا از طریق یک تئوری واحد آنها را در یک دیدگاه مشترک سازگار نمایند. ولیکن تاکنون امیدی به حل این معما نیست. حال پرسش این است که آیا اصولاً سازگار نمودن تئوری های کوانتوم و نسبیت عام ضروری است؟ و در صورت لزوم آیا فقط بررسی پارامتر "گرانش کوانتومی" قابلیت پاسخ گویی به این معما را دارد؟ محققین بسیاری از جمله خود من در این خصوص راه دیگری را برگزیدیم. لذا تصمیم گرفتیم تا دو تئوری را بدون نظریه جدیدی در خصوص گرانش کوانتومی سازگار و در راستای یک دیگر

قرار دهیم. لذا جهت حل این معما ناگزیر هستیم که اصولاً اساس تئوری کوانتوم را دوباره بررسی و تحت پرسش قرار دهیم. تاریخچه این مورد به سال های ۱۹۲۰ (م) میلادی بر گشته و در همان اوان بود که فیزیکدانانی مانند :

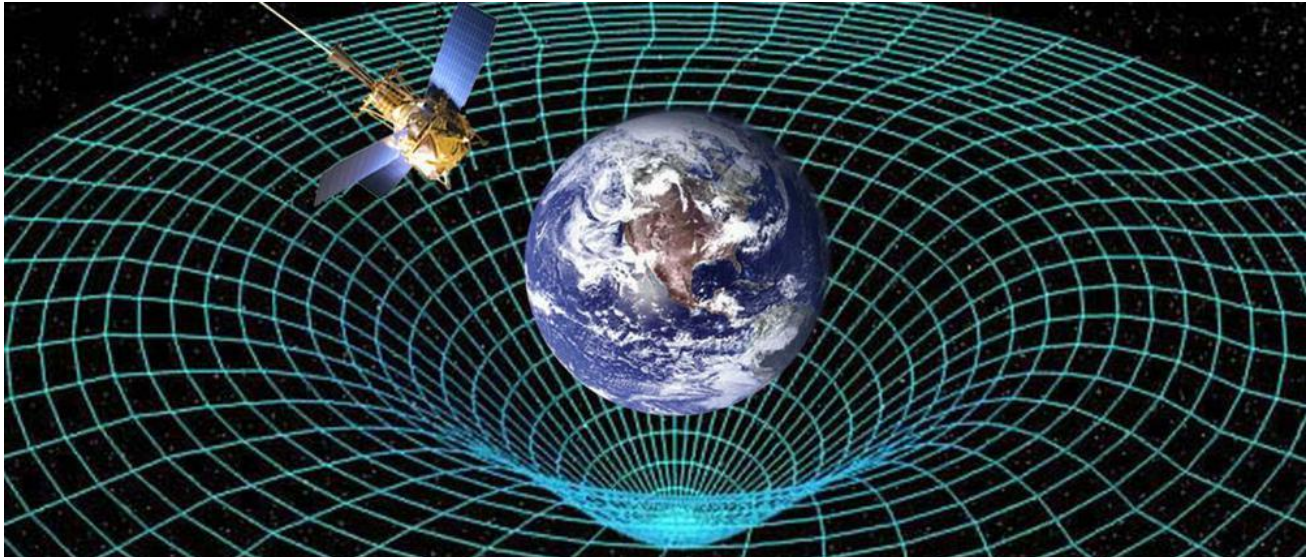
Paul Dirac و Niels Bohr, Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Erwin Schrodinger موفق شدند تا حدود اواسط قرن بیستم میلادی نظریه ای به نام تئوری میدان های کوانتومی (Quantum field theory) را ارائه دهند. از طریق همین نظریه بود که فیزیکدانان موفق شدند تا مشکل و درک سه نیروی اصلی شناخته شده طبیعت تا آن زمان را با یکدیگر سازگار نموده و شجره نامه ای یا جدولی از ذرات کوانتومی شناخته شده را تحت نام "مدل استاندارد فیزیک ذرات (Standard Model of Particle Physics) به دنیای علم فیزیک معرفی کنند.



در نتیجه با اقدام به گسترش این جدول یا نمودار، فیزیکدانان موفق شدند تا با دقتی بی نظیر ارتباط سه نیروی شناخته شده تا آن زمان یعنی: الکترو مغناطیس، نیروی میان هسته ای ضعیف (تابش اتمی) و نیروی میان هسته ای قوی (وصل کننده ذرات اتمی) را توضیح و با یکدیگر ادغام و اثرات آنها را پیشگویی کنند. تنها نیرویی که توسط نمودار نامبرده غیر قابل توضیح بود و تا کنون هم اینطور است، نیروی گرانش (جاذبه) بود.

به نظر می آید که نیروی گرانش (میدان گرانش) که آقای آلبرت اینشتین در سال ۱۹۰۵ (م) بوسیله نظریه نسبیت عام خود به جهان فیزیک عرضه نمود، کاملاً تحت نفوذ قوانین دیگری و نه قوانین فیزیک کوانتوم قابل توضیح و درک می باشد. به طور خلاصه می توان گفت: هنگامی که ماده و زمان - مکان بر روی یک دیگر اثر می گزارند، نیرویی به نام جاذبه (گرانش) که همه ما انسانها با آن آشنایی داریم به وجود می آید. به تفسیری دیگر می توان چنین نتیجه گیری کرد که بدون وجود فضای سه بعدی و یا عدم وجود ماده، نیروی گرانشی وجود نخواهد داشت. ماده و انرژی هستند که در اطراف اجسام (ماده)، فضا را انحناء داده و ذرات را به سوی منشاء خود جذب و حرکت می دهند (مانند سقوط یک سنگ به سوی مرکز زمین). بلی واقعیتی که خارج از قدرت تفکر ما انسان ها قرار دارد! ما فضا را فقط به گونه ای سه بعدی دیده و درک می کنیم (مانند فضایی که یک گلدان در بر می گیرد) و فراتر از آن زمان را به صورت پارامتری که همواره به جلو

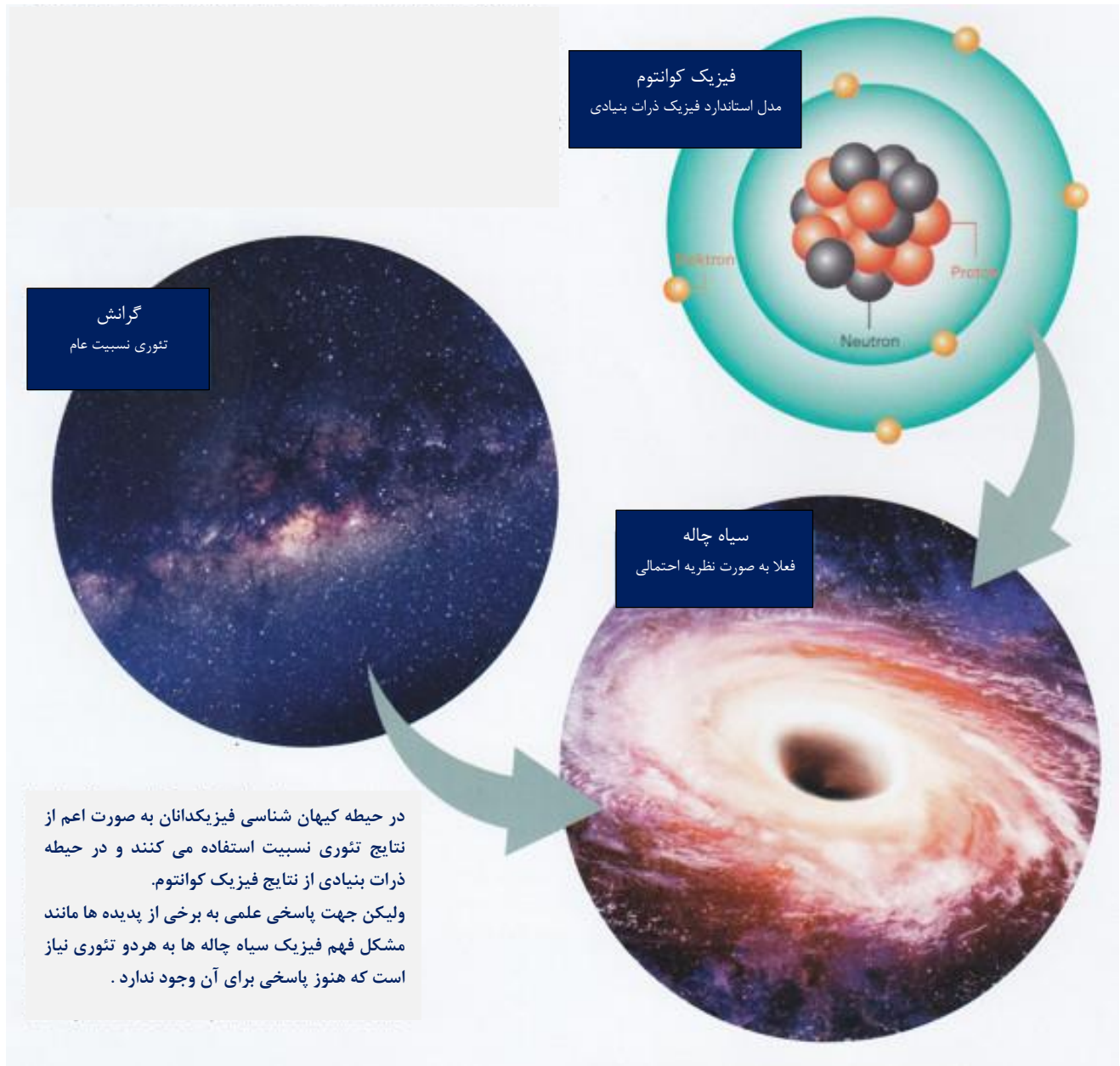
حرکت می کند و نه به عقب، می شناسیم (مانند پیر شدن سلول های بدن). حال چگونه می توانیم چیزی یا پدیده ای به نام فضای ادغام شده در زمان یا زمان ادغام شده در فضا را متصور شویم، از خود سؤال می کنیم، مگر فضا پیر می شود و یا اصلا در شمارش زمان با ساعت های مکانیکی خود چه چیزی به جلو حرکت می کند؟ بلی مغز بشر برای درک چنین مواردی هنوز تکامل نیافته، ولیکن این عوامل حقیقت دارند، چه بسا آهن به مرور زمان زنگ زده و پودر می شود و تن سه بعدی ما نیز به مرور پیر شده و از بین می رود!



به دلیل ناسازگاری دو تئوری نامبرده، محققین بر آن شدند تا مشکلات هر کدام از تئوری ها را جداگانه بررسی کنند. آنها تمرکز خود را بر آن گذاشتند که در چه مواقعی اثرات نیروی گرانش قوی تر از اثرات سه نیروی دیگر (الکترو مغناطیس، نیروی قوی و ضعیف هسته ای) محوریت داشته و تعیین کننده می باشد و در چنین مواقعی عموماً از داده های تئوری نسبت عام بهره می برند (مانند مواردی که در پدیده های کیهان شناسی اتفاق می افتند). برخلاف آن هنگامی که به بررسی فیزیک ذرات فوق ریز، به عنوان مثال در بررسی برخورد ذرات در شتاب دهنده ها می پردازند، از قوانین فیزیک کوانتوم استفاده کرده و اثرات میدان گرانش را در نظر نمی گیرند. اکنون در استفاده از هردو روش، دانشمندان پیشرفت های چشم گیری نموده و به اطلاعات ذیقیمت جدیدی دست یافته اند.

چه بسا اثرات میدان گرانش به نحو محسوسی خود را هنگام بررسی اجسام بسیار بزرگ (مانند کیهان شناسی) نشان می دهند و فیزیک ذرات ریز عملاً در چنین تحقیقاتی جایی نداشته و از آن صرفنظر می گردد. می توان گفت که به همین دلیل است که ما معتقد هستیم که اصولاً بسط نوعی فرضیه که دو تئوری را درهم آمیخته و توضیح دهد، عملاً جایی در این گونه بررسی ها نداشته و اتلاف وقت است. چه بسا تئوری نسبت حرف خود را می زند و تئوری کوانتوم کاملاً در حیطه دیگری حرف خود را.

قابل انکار نیست که دقیقاً در حال حاضر، بزرگترین پرسش های بی جواب مانده فیزیک با همین مبهمات دست و پنجه نرم می کنند. فیزیکدانان از خود سؤال می کنند که به عنوان مثال در زمان بیگ بنگ چه اثرات متقابلی در ثانیه های اولیه انفجار، هنگامی که ذرات بنیادی در بالاترین فشردگی خود قرار داشتند اتفاق افتاده است؟ و یا چه اتفاقاتی درون سیاه چاله ها به وقوع می پیوندد، اجسامی یا پدیده هایی که به گونه ای باور نکردنی فضای اطراف خود را منحرف و دگرگون می کنند که حتی نور و امواج الکترو مغناطیسی قادر به گریز از درون آنها نیستند؟ بدیهی است که تا کنون به دلیل محاسبات بسیار مشکل در خصوص بررسی علمی این گونه مبهمات فیزیکی و عدم وجود تئوری های قابل قبول، هنوز پاسخی برای آنها در دست نداریم.



کوشش قدم به قدم جهت ادغام میدان گرانش (جاذبه)، با داده های گیج کننده تئوری کوانتوم

بر اساس نتایج نظریه فیزیک نسبیت، هنگام به وقوع پیوستن بیگ بنگ بی نهایت عوامل فیزیکی دخیل بوده اند و یا آنچه که مربوط به سیاه چاله ها می شود، عوامل فیزیکی بی شماری رل بازی کرده و می کنند. لذا نمی توان فقط با استناد به تئوری نسبیت همه توابع فیزیکی که رخ داده اند و یا در حال روی دادن هستند را شرح و به گونه ای علمی تفسیر نمود. به نظر میرسد که در این حیطه بایستی خواه ناخواه داده های فیزیک کوانتوم نیز در نظر گرفته شوند، مانند تبدیل عناصر به یک دیگر و بسیاری از واکنش های کوانتومی مرتبط با آن که در تفسیر ریاضیاتی، مقادیر بی نهایت بزرگ را شامل نمی شوند.

همین مورد انگیزه ای بود که افرادی مانند (Bryce Dewitt) و دیگران بر آن شدند تا داده های تئوری های نسبیت و کوانتوم را در هم آمیخته تا شاید بتوان نتیجه ای واحد و توجیح پذیر از منظر هر دو تئوری به دست آورد. روش تفکر آنها دقیقا همان روشی بود که زمانی دانشمند مشهور فرانسوی آقای (Paul Dirac) برگزیده بود و موفق شده بود در سال ۱۹۲۷ (م) تئوری "الکترو دینامیک کوانتومی" را از نظریه "الکترو مغناطیس" استخراج نماید: آنها مانند آقای دیراک از روش "کوانتیزاسیون متعارف یا قانونمند"، استفاده کردند.

شرح کوتاه: کوانتیزاسیون متعارف (قانونمند) یا (Canonical Quantization)

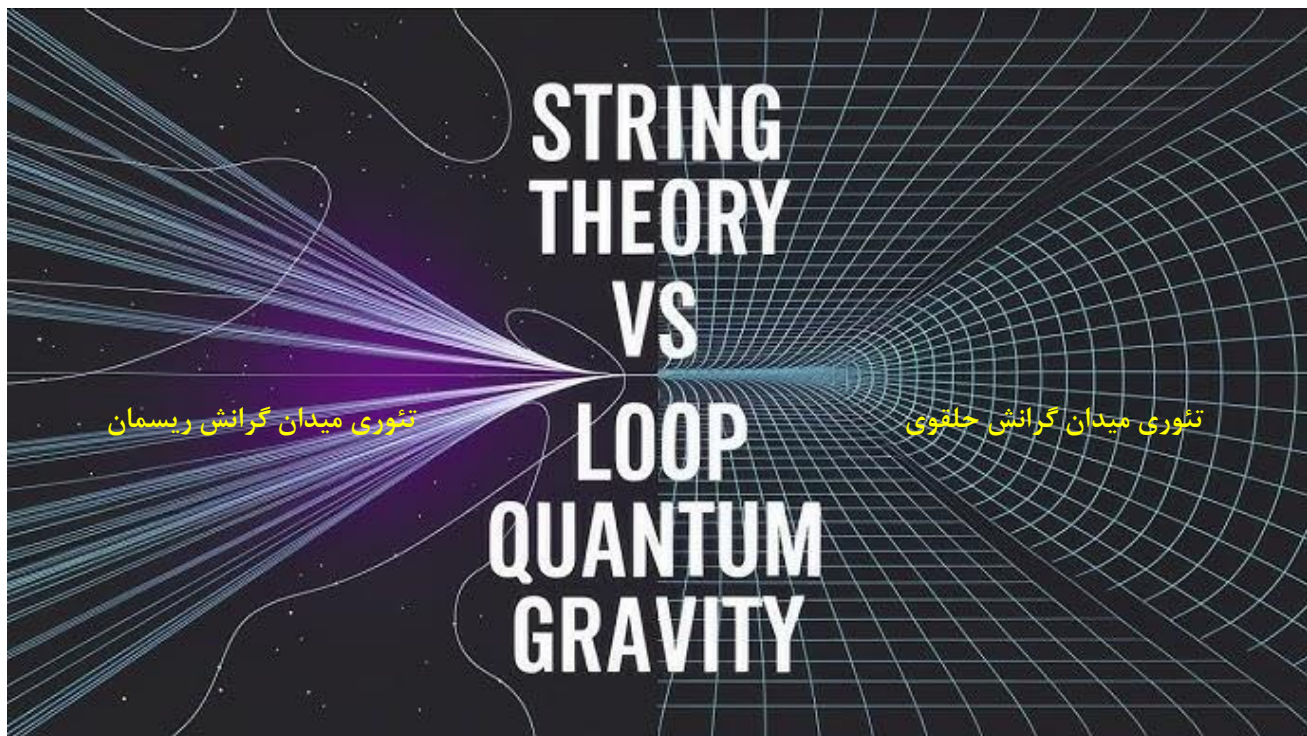
در زبان لاتین "Canon" همان کلمه "قانون" در فارسی است و "Canonical" به معنی قانونمند یا متعارف می باشد. تفاوت اصلی فیزیک کوانتوم با فیزیک کلاسیک (نیوتونی) در آن است که در فیزیک کلاسیک مقادیر به صورت یک نواخت یا ناگسسته تغییر می کنند، ولیکن در فیزیک کوانتوم تغییرات مقادیر مانند تغییرات انرژی یا تکانه (Impulse) به صورت جهشی و آتی و تکه تکه یا گسسته در بسته های کوانتومی به وقوع می پیوندند. لذا هنگامی که سعی شود مقادیر ناگسسته فیزیک کلاسیک را از منظر فیزیک کوانتوم تفسیر نمود، راهی جز این نمی ماند که مقادیر را به صورت گسسته یا کوانتوم در نظر گرفت. لذا جهت رسیدن به این هدف مقادیر ناگسسته را به گونه ای تغییر یا تفسیر می کنند که به صورت ناگسسته و کوانتومی قابل بررسی باشند. این کار را می توان با روش های گوناگونی به انجام رساند. ساده ترین روش همان روشی است که از آن در سال ۱۹۲۷ (م) آقای "پاول دیراک" به نام "کوانتیزاسیون قانونمند" استفاده کرد، به ترتیبی که زمان و سرعت یک مقدار ناگسسته را در یک مقطع آتی اندازه گیری نموده و آنچه قبل یا پس از آن اتفاق می افتد را مقطعی در نظر نگرفت (به این روش از نظر ریاضیات و معادلات مربوطه روش هامیلتون نیز گفته می شود)، تفسیری که با فیزیک کوانتوم نیز سازگار است. بدین ترتیب از منظر ریاضیات نتایج اندازه گیری را می توان تابعی (Operator) از کل یک مجموعه نامید، به نحوی که مقادیر پیش و پس از زمان اندازه گیری نیز خود به صورت اپراتورهای ریاضی در معادلات منظور شده و همچنان حذف نشده و در نظر گرفته می شوند! همه آنچه در بالا شرح داده شد به این معنی است که در فیزیک کلاسیک مقادیر به صورت متغیرهای ریاضی نشان داده شده و متضاد آن در فیزیک کوانتوم مقادیر ریاضی به صورت اپراتور ها، اعداد مختلط و جذر اعداد منفی و امثال آن نمایش داده می شوند. حال می توانید تصور کنید که حدود ۹۰ سال پیش بدون دسترسی به رایانه های کنونی، آنچه توسط دانشمندان نابغه آن دوران به انجام رسید تا چه اندازه انرژی بر و مشکل بوده است.

همه آنچه که در بالا شرح داده شد منجر به آن گردید تا بتوان از میان نیروهای فیزیکی شناخته شده مانند نیروی اتمی ضعیف و قوی و گرانش، دو نیروی ضعیف و قوی اتمی را با زبان فیزیک کوانتوم شرح و به صورت آماری تفسیر و پیش بینی نمود و در ادامه نمودار مدل استاندارد ذرات بنیادی را بنیاد نهاد. مشکل از آنجا شروع شد که تا کنون هیچ یک از روش های ریاضی نامبرده در راستای شرح و تفسیر کوانتومی نیروی گرانش کار نکرده و منجر به بروز دشواری های خاص خود مانند پدید آمدن مقادیر بی نهایت که غیر قابل محاسبه هستند، گردیده است. در این حیطه فهم پارامتری متغیر مانند زمان و یا رابطه میان علت و معلول، کنش و واکنش و انگیزگی، نا ممکن و تا کنون غیر قابل تفسیر بوده اند، به نحوی که نمی توان از منظر فیزیک کوانتوم با استناد به مدل ها و نظریات موجود، علت به وجود آمدن نیروی گرانش و عوامل فیزیکی آن را توضیح داد.

ولیکن محققین به همین سادگی جا نزده و در پی آنند تا نظریات جدیدی جهت سازگار نمودن فیزیک نسبیت با فیزیک کوانتوم، مانند بسط تئوری "ریسمان (String Theory)" و یا "تئوری میدان گرانش حلقوی (Loop Quantum Gravity)"، تا شاید موفق شوند با کمک آنها طبق اصول فیزیک کوانتوم نیروی گرانش را توجیح و توضیح دهند، چیزی که تا به امروز ممکن نشده است.

تئوری ریسمان که حدود ۴۰ سال پیش برای اولین بار بسط داده شد، در حال حاضر جزو نظریاتی است که اصول آن بیش از سایر نظریات که احتمالاً افزایش شانس امتزاج نیروی گرانش با فیزیک کوانتوم را در بر خواهد داشت، مورد مطالعه قرار گرفته است. متخصصین تئوری ریسمان بر این باورند که ارتعاش ذراتی به شکل "ریسمان (Strings)" منشاء به وجود آمدن همه ذرات بنیادی شناخته شده می باشند. این تئوری در اصل ارتباط چندانی با اصول کوانتیزاسیون قانونمند که با کمک آن می توان مقادیر بی نهایت بزرگ را حذف نمود ندارد. بدیهی است که همین عامل مشکلات عدیده دیگری را پدید می آورد، به نحوی که تا کنون دانشمندان هنوز موفق به بسط یک زیر بنای ریاضی قابل قبول برای تئوری ریسمان که درک و تفسیر آن بسیار مشکل است، نشده اند. فراتر از آن در حال حاضر محققین هیچ گونه روابط و معادلات ریاضی متعارفی در اختیار ندارند، تا بتوانند با استناد به آنها تئوری ریسمان را حتی شرح و تفسیر نمایند. پرسش این است که چرا محققین هنوز پس از گذشت ۴۰ سال این تئوری را کنار گذاشته و این همه انرژی برای توجیح آن صرف می کنند؟ پاسخ این سؤال در آن نهفته است که تئوری ریسمان تا حدود بسیار بالایی انعطاف پذیر بوده و در صورت صحیح بودن، قابلیت توضیح بسیاری از اسرار فیزیک و تلفیق نیروی گرانش و فیزیک کوانتوم و بسیاری دیگر را در بر داشته و هنوز نمی توان کاملاً از آن صرفنظر نمود. بلی تلاش برای حل یکی از سترگ ترین معماهای فیزیک و آفرینش همچنان ادامه دارد.

در خصوص تئوری ابداع شده دیگر که با نام "تئوری میدان گرانش حلقوی" که در بالا از آن سخن رفت، باید یادآور شد که در این خصوص نیز هنوز محققان در مراحل اولیه توجیه فیزیکی آن قرار دارند. دلیل بسط این تئوری مدت زمان نسبتاً زیاد سرو کله زدن و نتیجه نگرفتن از نظریه ریسمان بود، که در نتیجه گروهی از فیزیکدانان را وا داشت تا افق های جدیدی که شاید توان بهتری برای حل معمای گرانش را داشته باشند، در نظر گیرند.



هنگامی که کمی واقع بینانه به کل مشکل تلفیق تئوری گرانش از منظر نسبیت و تئوری کوانتوم نظر افکنیم، متوجه می شویم که اسکلت بندی تئوری گرانش را نمی توان به سادگی به اصطلاح کوانتیزه نمود، چه بسا شالوده میدان گرانش به گونه ای محوری با داده های تئوری کوانتوم تفاوت داشته و با یک دیگر سازگار نیستند. فراتر از آن یاد آوری می کنم که هنوز دلیلی محوری برای این که باید جهت فهم تئوری گرانش آن را کوانتیزه نمود، وجود ندارد. بلی می توان نظریه ای خاص را چنین بسط داد تا بتوان تئوری گرانش را با تئوری کوانتوم مرتبط ساخت، به نحوی که اساس فیزیکی تئوری گرانش همچنان دست نخورده باقی مانده و اساس بنیادی آن را بدون تغییر، در محدوده ذرات بنیادی و فیزیک کوانتوم بسط و توسعه داد. چنین نظریه هایی به زبان فیزیک که با تئوری های گذشته نه کاملاً منطبق بلکه شباهت با آن دارند، مثلاً در مورد گرانش، نظریه "نیمه کلاسیک گرانشی (Semiclassical Gravity)" نیز نامیده می شود.

البته ناگفته نماند که این گونه ایده ها بطور کلی کاملاً روش های معمول و قابل قبول علمی را پوشش نمی دهند، چه بسا کما فی السابق طبیعت و اساس علمی اثرکرد نیروی گرانش در ارتباط با سایر نیرو های شناخته شده تفاوت داشته و از نهاد چیز دیگری است. پرسش این جا است که اصلاً چه دلیلی دارد که باید تئوری گرانش و تئوری کوانتوم به گونه ای اجباری با یک دیگر مرتبط بوده و قابل تلفیق باشند. هر کدام از این تئوری ها شواهد علمی خود را داشته و حرف خود را می زنند.

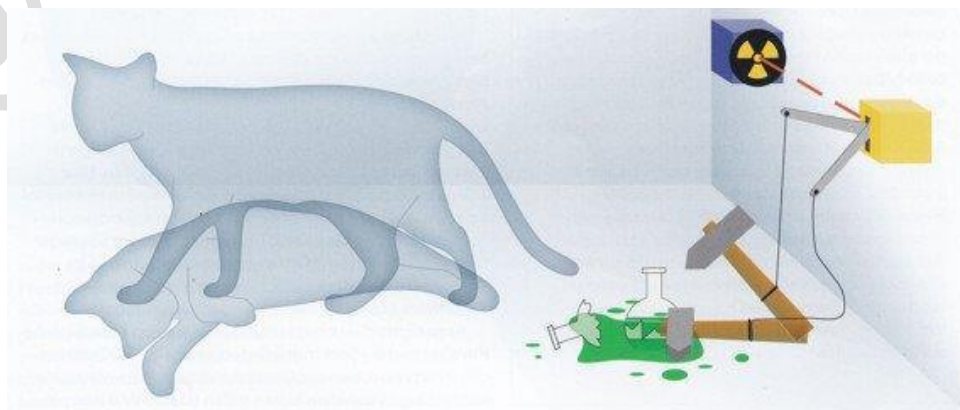
ما باید یاد بگیریم که میان فرمول ها و توابع تئوری نسبیت عام و تئوری کوانتوم تفاوت قائل شویم و هر کدام را در جایی که محوریت آنها بر آن نهاده شده است قرار داده و طبیعت را آن گونه که هست فهمیده و تفسیر کنیم. این تفکر غلطی است که در صورت تلفیق این دو تئوری ما راز آفرینش و خلقت را گشوده ایم و همه پرسش های طبیعت را تا انتها پاسخ داده ایم. بلی این چنین نیست، چه بسا می توان اساس کار را بر آن گذارده و بینش خود را چنان تغییر دهیم که واکنش های کوانتومی و جهش ذرات بنیادی در محیطی که فضا-زمان و انحنا فضا طبق تئوری نسبیت آن را تعریف می کند به وقوع می پیوندند. بدین طریق فهم مطلب بسیار ساده بوده و به ما می گوید که کلیه حرکات و جهش های ذرات بنیادی بر اساس اصول تئوری کوانتوم، در فضا و مسیر هایی انجام می شود که در اثر موجودیت ماده خط مستقیم نبوده بلکه مسیری منحنی است، یعنی ماده فضای اطراف خود را تغییر شکل داده و کلیه حرکات، مسیر ها و جهش ها در امتداد فضای منحنی شکل گرفته و انجام می شود. حال بر اساس چنین ذهنیتی، این امکان به سادگی وجود دارد که بتوان فرمول بندی ریاضی تئوری کوانتوم را آن طور نوشت که قبول کنیم ذرات در مسیرهای دارای انحنا جهش یا حرکت می کنند.

جالب است که بدانیم چنین تفکرات و ایده ها در گذشته در سال های ۱۹۷۰ (م) توسط دانشمندانی چون **Bill Unruh, Stephen Hawking, Roger Penrose** و **Robert Wald** به انجام رسیده است. گرچه محاسبات ریاضیاتی این گروه از فیزیکدانان بسیار پر دامنه و مشکل به نظر می آید، ولیکن چنین معادلاتی تا به امروز موفق شده اند تا به عنوان مثال جهش ذرات بنیادی در محیطی گرانشی و بسیار سرد و فراتر از آن تشعشعات خروجی از سیاه چاله ها که "اشعه هاوکینگ" نامیده می شود و هنوز از طریق متد های آزمایشی به اثبات نرسیده، ولیکن بایستی واقعیت داشته باشد را پیش گویی کنند. (تلسکوپ هابل **Hubel Telescope** تا کنون در این راستا تصاویری در فرکانس های فوق پائین از یک سیاه چاله واقع در کهکشان **M87** را ثبت نموده است).



چرا اصول گیج کننده نظریه فیزیک کوانتوم با نظریه گرانش سازگار نیست

یادآور می گردد، همان طور که در سطوح بالا اشاره شد طبق نظریه فیزیک نسبیت این ماده یا اجرام هستند که فضای اطراف خود را شکل می دهند. به نحوی که حرکت یا جهش اجسام که درون چنین فضایی قرار دارند، همواره در جهت انحنای فضایی است که در آن قرار گرفته اند (مانند حرکت کره ماه به دور زمین) و نیرویی که اجسام را به سوی منشاء فضای منحنی (مثلا کره زمین) جذب می نماید همان نیروی گرانش است. بدین ترتیب می توان گفت که بدون وجود ماده نه فضایی قابل تعبیر است، نه زمانی و نه گرانشی! از جانب دیگر می دانیم که اکثر ذرات بنیادی دارای جرم هستند و همین کافی است که فیزیکدانان از خود سؤال نمایند که ماهیت میدان گرانش در اطراف ذرات بنیادی که دارای جرم هستند چگونه است و طبق کدام اصول، ذرات اتمی فضای اطراف خود را شکل می دهند؟ هنوز کسی نمی داند! دلیل این ندانستن و بی خبری در این واقعیت خاص و اصولی فیزیک کوانتوم (که مانند آن در فیزیک معمول یافت نمی شود) نهفته است که هنگامی که خواص ذره ای مانند مکان، سرعت یا انرژی اندازه گیری نشده است، آن ذره می تواند در آن واحد در چند جا قرار داشته باشد و چگونه ممکن است بتوان گرانش نسبی ذره ای را که قابل دسترسی نیست و می تواند هم اینجا و هم آنجا وجود داشته باشد را اصلا اندازه گیری نمود و به بررسی آن پرداخت؟ بلی چنین مشکلات و پرسش هایی هستند که هنوز فیزیک کوانتوم برای آنها جوابی ندارد. بدن ترتیب می بینیم که اکنون پس از گذشت ۹۰ سال چنین پرسش هایی همچنان بی جواب مانده اند. بدیهی است که ما فقط می توانیم به گونه ای آماری حدس بزنیم که جایگاه احتمالی یک ذره در محدوده ای تعریف شده کجا است، بدون آن که بدانیم، واقعا چه می گذرد و چرا. جهت پاسخ به چنین پرسش هایی بود که در همان سالیان و توجیه این گونه پدیده های کوانتومی، فیزیکدان مشهور آلمانی "آقای اروین شرودینگر" (**Erwin Schrödinger**) "فرضیه ذهنی مشهور گربه ای که در یک جعبه سر بسته محبوس است (مشهور به نام گربه شرودینگر) را به دنیای فیزیک معرفی کرد.



آزمایش ذهنی آقای شرودینگر به این ترتیب بود که، گربه ای درون یک جعبه سربسته محبوس است و در کنار گربه یک ماده پرتو را که می تواند در هر لحظه زمانی بدون اطلاع ما شروع به پرتو زایی نماید، قرار داشت. حال در صورت فعال شدن ماده و آزاد شدن تشعشعات (به اصطلاح فیزیکدانان پرتو رادیو اکتیو)، چکشی که در کنار یک ظرف سمی قرار دارد سقوط کرده و منجر به شکستن ظرف و آزاد شدن سم و کشتن گربه خواهد شد. بدیهی است که کسی که بیرون جعبه قرار دارد نمی داند که آیا ماده مربوطه فعال شده است یا خیر، آیا گربه زنده است یا خیر؟ این بدان معنی است که در آن واحد طبق ذهنیت آنهایی که بیرون از جعبه قرار دارند گربه احتمال دارد، باز هم در آن واحد، زنده یا مرده باشد. هردو حالت امکان پذیر است. پرسش این است که آیا یک ذره می تواند در حالتی مانند آنچه بر سر گربه آمد قرار گیرد، یعنی در آن واحد در دو حالت متضاد قرار داشته باشد؟ حال هنگامی که خواسته باشیم از سرنوشت غم انگیز گربه مطلع شویم بایستی درب جعبه را باز کنیم و یا از منظر فیزیکی آزمایشی جهت اندازه گیری یک پارامتر انجام دهیم. فقط در صورت انجام آزمایش می توان به واقعیت آنچه اتفاق افتاده است پی برد، که آیا گربه زنده یا مرده است و یا ذره ای اینجا یا آنجا قرار دارد.

همین حالت دو گانگی و سعی در فهم و توجیه واقعیت فیزیکی آن، تا کنون گروه کثیری از فیزیکدانان را بر آن داشته تا در حیطه مکانیک کوانتومی اقدام به بسط انواع نظریه های گوناگون نموده تا شاید فرجی حاصل شود. به عنوان مثال می توان از نظریه دو فیزیکدان به نام آقایان **Christian Møller** و **Leon Rosenfeld** نام برد. آنها اصل را بر این گذاردند که این گونه دو گانگی های گیج کننده و غیر قابل درک برای مغز و ذهنیت ما، واقعیت دارند و جزئی از اصول مکانیک کوانتومی می باشند. آنها چنین توجیه کردند که مجموع انرژی های ذره ای که در حالت دو گانه قرار دارد، منشاء شکل دهی به فضای اطراف آن ذره و گرانش می باشد. ممکن است که این نظریه تا حدودی واقعیت را ترسیم کند، اما خود مشکل دیگری را پدید می آورد. مشکل این جا است در صورتی که ذره ای قابلیت آن را داشته باشد تا در آن واحد هم اینجا و هم به عنوان مثال بر روی کره ماه قرار داشته باشد، به این معنی است که یک ذره قابلیت آن را داشته تا در آن واحد فاصله ای معادل فاصله میان کره زمین و کره ماه را طی نماید. به معنی دیگر سرعت جهش آن ذره فراتر از سرعت نور بوده است. چیزی که اساس تئوری نسبیت خاص اینشتینی را به لرزه در می آورد، چه بسا نظریه نسبیت خاص (**special theory of Relativity**) در سال ۱۹۰۵ (م) تدوین شد، بر حسب ده ها آزمایش میدانی اثبات کرده است که هیچ سرعتی در طبیعت قادر به عبور از سرعت نور نبوده و سرعت نور بالاترین سقف سرعت در طبیعت را تعیین می کند.

دست و پنجه نرم کردن با چنین مشکلاتی است که مکانیک کوانتومی از بدو بوجود آمدنش با آن روبرو است. چنین مشکلاتی بود که تنی چند از فیزیکدانان سرشناس آن دوران را بر آن داشت تا معما را به صورتی جدی مورد بررسی دقیق قرار دهند. نتیجه آن شد که یک گروه از فیزیکدانان نظری مانند "آقایان آلبرت اینشتین، بوریس پودولوسکی و ناتان روزن" گروهی را تشکیل داده و جهت راه گشایی در سال ۱۹۳۵ (م) یک ایده ذهنی بکر را تدوین و مورد بررسی قرار دادند: اساس این تفکر بر این قرار داشت که دو ذره فرضی را در نظر گرفته، به نحوی که ذره اول در حالت سکون و ذره دوم در حالت حرکت یا جهش، و یا ذره اول در حالت جهش و ذره دوم در حالت سکون قرار داشتند. از منظر فیزیک این دو ذره را به دلیل شباهت فوق تصور حالات آنها با دیگری، درهم تنیده (**Entanglement**) می نامند. حال هنگامی که می دانیم ذره اول یا ذره دوم در حالت سکون قرار دارد، می توان نتیجه گیری نمود که ذرات اول یا دوم در حالت جهش قرار دارد. این بدان معنی است که در لحظه اندازه گیری حالت هر ذره، اولی یا دومی، می توان در آن واحد حالت ذره دیگر را چه در حالت جهش یا سکون، به دلیل درهم تنیدگی در هر فاصله ای پیش گویی نمود. این بدان معنی است که هر ذره به مجرد اندازه گیری حالت آن (ذره اول یا دوم) به صورت آنی حالت ذره دیگر را تعیین کرده و روی آن اثر می گزارد.

در نهایت سه فیزیکدان نامبرده نتیجه گرفتند که در هم تنیدگی و یا موجودیت یک ذره، اما در دو حالت مختلف در آن واحد در هر فاصله دور یا نزدیک (در یک سانتی یا در میلیاردها کیلومتر دورتر) امکان پذیر نیست و این برداشت به جز یک اشتباه فکری چیز دیگری نیست. آنها نتیجه گیری نمودند که به تفسیر دیگری می توان گفت که فقط یک واقعیت وجود دارد و آن حالتی است که هر ذره ای پیش از اندازه گیری دارا بوده است (سکون یا جهش)! در ادامه آنها به تفسیر آن زمان فیزیک کوانتوم مشکوک شدند و اعلام نمودند که شاید به احتمال قوی، اصول فیزیک کوانتوم از بدو موجودیت به گونه ای ناقص تفسیر شده است. لذا در طبیعت سرعت نور همچنان به گونه ای اثبات شده بالاترین سقف سرعت می باشد و عبور از آن غیر ممکن است. خوانندگان توجه داشته باشند که آنچه در بالا به عنوان تاریخچه فیزیک نسبیت و کوانتوم ارائه شد مربوط به نیمه اول قرن بیست است. و لیکن کوشش محققین در توجیه و فهم واقعیت طبیعت مرموز هم چنان ادامه پیدا کرد و این سناریو همچنان ادامه دارد.

در ادامه در سال ۱۹۶۴ (م) یکی از دانشمندان شمال اروپا به نام (John Stewart Bell) با کمک بزرگترین شتاب دهنده ذرات واقع در ژنو به نام (CERN) و انجام آزمایشات گوناگون به این نتیجه رسید که هنگام هر گونه آزمایش، به عنوان مثال روی کره زمین کل این فرایند باید به عنوان اتفاقی که در مکان کنونی (Local) به وقوع می پیوندد به شمار آید. اما زمانی که فرایندی جهانی در حیطه کیهان شناسی در فواصل بسیار دور در حال بررسی است، آن را باید به عنوان جریانی خارج از حیطه مکان کنونی (Not Local) به شمار آورد. به اختصار می توان گفت که آثای اینشتین و دیگران اقدام به بررسی موردی نموده بودند که در واقع غیر موضعی بوده است. آقای بل به اختصار از حالاتی به نام مساوی و نا مساوی و یا موضعی و غیر موضعی صحبت می نمود. او می گفت که آنچه امروز در زمان حال اندازه گیری می شود، در واقع موضعی است و جهت نیل به نتایج درست باید به پارامترهای (غیر موضعی) فرمول های ریاضی که به نام "نا مساوی بل" معروف هستند نیز توجه نمود. او می گفت که گروه سه نفری نامبرده در زمان آزمایش ذهنی خود، شرایط ریاضیاتی "نا مساوی بل" را در نظر نگرفته اند، واقعیتی که او در آزمایشات خود به آنها رسیده بود. این دوگانگی ذهنی همچنان ادامه داشت تا زمانی که در سال ۱۹۸۲ (م) شخصی به نام (Alain Aspect) به همراه تیم تحقیقاتی خود با انجام آزمایشاتی دقیق، با استفاده از تشعشعات فوتون های نوری به این نتیجه رسید که کلیه آزمایشات انجام شده روی کره زمین، شرایط ریاضی نا مساوی بل را در نظر نگرفته اند. بلی او به این نتیجه رسید که ماهیت مکانیک کوانتوم "غیر موضعی" است. نتیجه آن بود که آقایان اینشتین و گروه سه نفری او اشتباه کرده اند!

حال پرسش این است که به چه نحوی نتایج و آزمایشات نامبرده روی تئوری نسبیت خاص اثر می گزاردند؟ آیا واقعا سرعتی بالای سرعت نور قابل درک است و اگر چنین است، چه عواقبی در پی خواهد داشت؟ پاسخ این است که در حیطه مکانیک کوانتوم ذرات در آن واحد قابلیت درهم تنیدگی را دارند، ولیکن غیر ممکن است که بتوان اطلاعات ذره ای به ذره آمیخته شده دیگری را به آن فراتر از سرعت نور منتقل نمود. عامل مرموزی در جریان است که می توان گفت امروزه یکی از اسرار آمیز ترین و بزرگترین چالش های کنونی فیزیک را به نمایش می گزارد و هنوز احدی از چگونگی آن با خبر نیست! با خبر که هیچ، حتی تصور آن هم در حال حاضر از قدرت تفکر هر انسانی خارج است.

شرح کوتاه: موضعی، غیر موضعی، مساوی، نامساوی

موضعی: آزمایشی که در حال حاضر در مکانی مشخص انجام گرفته و شرایط فیزیکی مکان های دیگر یا موضع های دیگر، در هر فاصله دلخواهی را در نظر نمی گیرد.
غیر موضعی: آزمایشی که در حال حاضر در مکانی مشخص انجام گرفته و شرایط فیزیکی مکان های دیگر یا موضع های دیگر، در هر فاصله دلخواهی را در نظر می گیرد.

نا مساوی بل:

جان استوارت بل اولین نوع نامساوی را در مقاله خود با عنوان "پارادوکس اینشتین-پودولسکی-روزن" چاپ کرد. نظریه بل بیان می کند که نامساوی بل باید از همه نظریه های متغیرهای نهان که احتمالا وجود دارند پیروی کند. اما در شرایط خاصی توسط مکانیک کوانتوم نقض می شود. عبارت «نامساوی بل» برای هر کدام از نامساوی ها به کار می رود - در اصل آزمایش های موضعی، نامساوی CHSH و CH_2 بل را که نامساوی اصلی است و آقای جان بل آن را اثبات کرد بود، نیستند. این نا مساوی ها، محدودیت هایی بر نتایج آماری آزمایش هایی که در آن ها مجموعه ذرات در برهم کنش ها شرکت می کنند و جدا می شوند، اعمال می کنند. (ویکی پدیا)

جهت اطلاعات بیشتر رجوع شود به مقالاتی در مورد Bell's Inequality.

آیا تبادل اطلاعات با سرعتی ماورای سرعت نور ممکن است؟

همان طور که در صفحات قبلی اشاره شد، اساس تئوری کوانتوم توسط نسل های مختلف فیزیکدانانی چون:

Niels Bohr, Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Paul Dirac, Albert Einstein, Max Planck و دیگران پایه گذاری گردید، به نحوی که هر کدام از فرهیختگان نامبرده قسمتی از کل تئوری را آن چنان که امروز می شناسیم، با اتکا به معادلات ریاضیاتی و آزمایشات ذهنی گوناگون در بخش های مختلف، تا مرحله کنونی گسترش دادند.

هنگامی که آقایان "لئون روزنفلد و کریستیان مولر" در تکاپو بودند تا دو تئوری کوانتوم و گرانش را به گونه ای با یک دیگر تلفیق کنند و اساس هر دو تئوری را در یک نظریه واحد ارائه دهند، ناگهان به مشکل دیگری بر خوردند. چالش در آن بود هنگامی که فرض کنیم پدیده درهم آمیختگی واقعیت دارد و این عامل باعث انحنای فضای اطراف ذرات می شود، با تاسف مشاهده می کنیم که اساس فرمول بندی فیزیک کوانتوم دچار چالش شده و منجر به مختل نمودن زیر بنای فیزیکی "معادله شرودینگر (Schrödinger Equation)" که در واقع جنبه زمان بندی تئوری کوانتوم را در نظر می گیرد شده و آن را به چالش می کشد. لذا راهی جز آن نمی ماند تا پارامترهای جدیدی به آن افزوده شود، چه بسا در غیر این صورت معادله شرودینگر صحت خود را از دست می دهد. مدتی بعد فیزیکدان دیگری در سال ۱۹۸۹

(م) به نام (Nicolas Gisin) متوجه شد که در صورت اضافه نمودن پارامترهای جدید به معادله شرودینگر و تفسیر جدیدی که از آن ناشی می شود، انتقال اطلاعات با سرعت هایی فراتر از سرعت نور امکان پذیر می شود، چیزی که طبق اصول تئوری نسبیت غیر ممکن است. این به آن معنی است که تغییر معادله شرودینگر به هر دلیلی، باعث نابودی تئوری نوظهور "لئون روزنفلد و کریستیان مولر" می گردد. فراتر از آن آقای "گیزین" نشان داد که کوچکترین تغییری در معادله شرودینگر موجب نا بسامانی و بی نظمی اساس نظریه "نسبیت خاص" خواهد شد!

در این مقطع بود که فیزیکدانان از خود می پرسیدند، که آیا واقعا این امکان وجود دارد تا بتوان تئوری "فضا-زمان اینشتینی" را با تئوری کوانتوم، بدون آن که نظریات دیگر کوانتومی را به چالش کشید، زیر یک سقف آورده و ادغام نمود؟ چه بسا هر گونه ورود پارامترهای جدید به معادله شرودینگر، اصل خطی بودن اجزای معادله (Linear Equation Components) را به چالش می کشد.

بسیاری از فیزیکدانان چنین روش و دست بردن و مختل نمودن یکی از تنومندترین تئوری های بشری را بر نمی تافتند و فراتر از آن آقای گیزین نیز به اثبات رسانده بود که اصولا اشتباه است تا بدون در نظر گرفتن پارامترهای نهانی، بتوان اصول فیزیک کوانتوم را اصلاح و جهت یافتن راه حل چالش های موجود، اصول آن را دست کاری نمود. بدیهی است که این مورد واقعیت دارد و امروزه نیز بسیاری از داده های فیزیک کوانتوم برای محققین ناشناخته و معمایی بیش نیستند. به عنوان مثال هنوز آشکار نیست که آیا پدیده درهم آمیختگی واقعیت دارد؟ و اگر چنین است چرا به مجرد اقدام به اندازه گیری میدانی و آزمایشی حالات ذرات آمیخته شده به صورت آنی تغییر می کند. برخی از محققین بر این نظرند که این سیستم های اندازه گیری هستند که هنگام اندازه گیری حالات ذرات را تغییر و یا دگرگون می کنند. حال این پرسش پیش می آید که مگر ممکن است سیستم هایی که خود نیز از اتم ها و مولکول های هسته ای تشکیل شده اند و ذرات سازنده آنها نیز از قوانین موجود فیزیک کوانتوم پیروی می کنند، بتوانند بر روی حالات فیزیکی ذرات اثر گزارند؟ اصولا معنی این پدیده چیست؟

بلی پژوهندگان کنجاو بسیاریند، به نحوی که گروهی از آنها در سالیان ۱۹۸۰ (م) در پی یافتن نظریه جدیدی برای پدیده ای که درهم آمیختگی نامیده می شد بودند، تا بتوان توسط آن با اثبات رساند که اصولا پدیده ای تحت عنوان درهم آمیختگی وجود ندارد. آنها بر آن عقیده بودند که معادله شرودینگر را به گونه ای تکمیل کنند تا بتوان کلیه پدیده های کوانتومی را تحت یک قانون محوری زیر یک سقف جمع کرد. ولی چگونه می توان چنین کاری را بدون به چالش کشیدن اصول نظریه نسبیت خاص انجام داد؟ چه بسا اصل معادله شرودینگر بر روی زیر بنای فیزیکی نظریه نسبیت خاص و ثابت جهانی سرعت نور و عدم امکان عبور از آن استوار است!

اولین سنگ بنای چنین تفکر و نظریه را آن طور که در سطور گذشته اشاره شد، آقای گیزین در سال ۱۹۸۴ (م) نهاده بود. او به معادله شرودینگر پارامتری را افزوده بود که بر حسب آن همه پدیده های کوانتومی کاملا تصادفی یا اتفاقی (Coincidentally, Randomly) به وقوع پیوسته و ارتباطی با زمان و اصول نسبیت ندارند - بدین ترتیب کماکان طبق نظر انقلابی آقای گیزین، اصل عدم امکان انتقال اطلاعات با سرعتی فراتر از سرعت نور استوار خواهد ماند. در ادامه چنین شد، که نظر آقای گیزین منجر به ظهور نظریه مکانیک کوانتوم جدیدی گردید که فیزیکدانان آن را با نام فرضیه "موضع گیری یا جایگیری بلا فصل (spontaneous localization)" می شناسند:

شرح کوتاه: (spontaneous Localization) به معنی عام موضع گیری ذره ای است که بدون ارتباط با عوامل نهانی دیگر، مثلا زمان، به گونه ای آماری و پیوسته توان حضور در هر لحظه، در هر جایگاهی را داشته باشد.

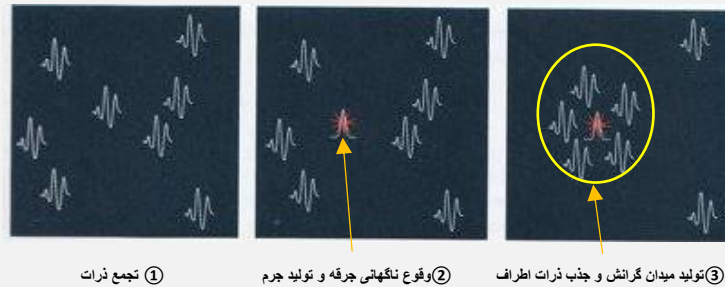
در آن زمان بسیاری از فیزیکدانان به مخالفت با نظریه جدید آقای گیزین برخاسته و آن را قبول نمی کردند، چه بسا در صورت تمکین بایستی خواه ناخواه به گونه ای تئوری نسبیت کلاسیک اینشتینی را نیز دست کاری کنند. منطق آنها بر این تفکر استوار بود که نظریه جدید، چه درست و چه غلط، قابلیت راستی آزمایی آزمایشگاهی را دارا نیست و نمی توان آن را ثابت کرد.

شرح کوتاه: در علم فیزیک زمانی نظریه ای قابل قبول و به عنوان اصل تلقی می شود، که بتوان آن را از طریق آزمایش نیز راستی آزمایی نمود. مانند شکست یا انحراف نور به دلیل تغییر شکل فضا در کنار اجرام بزرگ یا کوچک. چنین موردی مانند انحراف نور هنگام گذار از کنار خورشید اندازه گیری و به اثبات رسیده است.

این ناباوری محققین زمانی دگرگون شد که گروهی از پژوهشگران در سال ۲۰۱۰ (م) موفق شدند تا اسکلت بندی چندین آزمایش گوناگون، جهت اثبات نمودن طبیعت کوانتومی گرانش را طراحی کرده تا شاید بتوانند آن را راستی آزمایی کنند. ولیکن هنوز مشکلاتی در سر راه قرار داشت. مشکل این بود، جهت صحیح بودن هر آزمایشی باید بتوان نتایج آن را با تئوری اولیه که بر اساس آن آزمایش طراحی شده است مقایسه و راستی آزمایی نمود، یعنی باید در وحله اول، قبل از شروع آزمایش تئوری آن در اختیار باشد. ولیکن در آن زمان محققین هیچ نوع تئوری کلاسیکی که گرانش نسبیتی را توضیح دهد در اختیار نداشتند. در این برهه راهی جز آن نبود که از نظریه ثابت نشده (مولر و روزن فلد) که در بالا به آن اشاره شد استفاده کنند، به این امید که شاید موفق شوند تا حدودی و به گونه ای آماری، احتمالی و تقریبی نتایجی را به دست آورند که آن نیز بی نتیجه ماند.

تا اینجای مطلب و هر آنچه تا آن زمان، چه به عنوان تئوری و آزمایشات ذهنی ارائه شده بود دو فیزیکدان به نام های (Dvir Kafri) و (Jacob Taylor) را راضی نکرد، به نحوی که آنها با همکاری آقای (Gerard Milburn) از دانشگاه کپنزلند در آمریکا جهت فهم مورد و سازگار نمودن گرانش با اصول کوانتوم، اقدام به گسترش تئوری جدیدی نمودند که در آن با کمک یک متغیر ریاضیاتی بر اساس پارامتر های "جایگیری بلا فصل"، مدل کلاسیک نوین و سازگاری را برای تئوری گرانش ابداع نمودند. نتیجه آن بود که باز هم توجیح جذب دو جانبه اجسام، بر اساس آنچه فیزیک کلاسیک در خصوص نیروی جاذبه آموخته و در کلیه آزمایشات سربلند بیرون آمده بود، امکان پذیر نشد و با واقعیت همگام نبود. بلی نتایج با داده های "فیزیک کلاسیک نیوتونی" که آقای نیوتون حدود ۳۵۰ سال پیش بر اساس ریاضیات کلاسیک آن دوران توجیح کرده بود، سازگاری نداشت.

شرح کوتاه: جایگیری بلا فصل (spontaneous Localization) در اثر جرقه



① تجمع ذرات

② وقوع ناگهانی جرقه و تولید جرم

③ تولید میدان گرانش و جذب ذرات اطراف

توجیهی که "پروفسور اروین شرودینگر" در آزمایشات ذهنی خود جهت توضیح حالات دوگانه ماده (زنده یا مرده بودن گربه در آن واحد) به صورت عام ارائه داد، در واقع تلاشی جهت توضیح و ممکن بودن موجودیت ماده در آن واحد (در ابعاد کوچک و بزرگ) در دو حالت مختلف، چیز دیگری نیست. حال هنگامی که سعی کنیم اجسام مختلفی را که از مجموعه ای از ذرات تشکیل شده اند با استفاده از معادله معروف شرودینگر تفسیر کنیم، دائما با حالاتی روبرو می شویم که بایستی ساختار فیزیکی اجسام، ذرات یا به طور عام ماده در آن واحد در دو حالت گوناگون موجود باشند، چیزی که تا کنون در به صورت عینی و تجربه روزمره مشاهده نشده است.

جهت توجیح فیزیکی این چالش، پژوهشگرانی مانند آقایان (Giancarlo Ghirardi), (Alberto Rimini), (Tulio Weber)، قانع نشدند و مدل جدیدی را ابداع نمودند که بر اساس آن طبیعت موجی کلیه ذرات، گاهی تحت تاثیر نوعی جرقه یا اتفاقی آبی، تغییر ماهیت می دهد. آنها در توجیح خود ادامه دادند که در هنگام وقوع چنین پدیده ای ذرات به گونه ای خودکار به ذرات دیگری تبدیل و دوباره به حالت اول برگشته و در محلی از پیش تعریف شده جای می گیرند، که همان جایگیری بلا فصل (آبی و بدون توقف) است.

بدیهی است که احتمال به وقوع پیوستن چنین پدیده ای برای اجسام نسبتا کوچک در مقیاس کیهانی بسیار نادر است، و به تفسیر آماری در هر چند میلیارد سال یک بار اتفاق می افتد. لذا می توان گفت که وقوع چنین پدیده ای برای اجسام زمینی به دلیل محدود بودن تعداد اتم ها و ذرات آنها محسوس نبوده و می توان از آن صرف نظر نمود. همین امر اما برای اجسام کیهانی و بسیار بزرگ که دارای میلیارد، میلیارد ها اتم هستند بسیار محسوس تر است، به نحوی که چنین پدیده ای در هر ثانیه در مقیاس های کیهانی میلیارد ها بار اتفاق افتاده و عاملی است که موجب عدم بروز درهم آمیختگی ذرات می شود.

نظریه محققین نامبرده اما نمی گوید که چگونه و طبق چه مکانیسمی ذرات به ذرات دیگر تبدیل شده و منشاء آنها کجاست. همین امر موجب ناباوری بسیاری از فیزیکدانان شده و این نظریه را رد می کنند. به طور کلی می توان گفت که نظریه جایگیری بلا فصل توان نسبتا خوبی برای توجیه پدیده های کوانتومی دارا است، به نحوی که به عنوان مثال در اثر یک جرقه اتفاقی، ذره ای که دارای جرم است بوجود می آید، به گونه ای که جرم ایجاد شده به نوبه خود در محیط اطراف، میدانی گرانشی را تولید نموده که ذرات اطراف خود را جذب می کند.

چگونه می توان فیزیک و مکانیک کوانتومی را توجیح نمود

مکانیک کوانتوم از مجموعه ای قوانین و راه کارهای گوناگون تشکیل شده است، که با کمک آنها محققین می توانند به گونه ای آماری و احتمالی نتایج آزمایشات خود را فقط به صورت تقریبی محاسبه کنند. چنین محاسبات بسیار مشکل ریاضی اما قابلیت آن را ندارند که واقعیت پنهانی و فیزیکی آنچه را که در پشت پرده اتفاق می افتد بیان کنند. بلی ما هنوز نمی دانیم که معنی واقعی توابع موجی چیست و در پس محدوده فیزیک کوانتوم چه می گذرد و حقیقت کجاست! از جانب دیگر این امری بدیهی است که جهت تعیین جرم ذره ای که قادر به تولید میدان گرانش می شود، دانستن تئوری کنش و واکنش این گونه تحولات از واجبات است. همین ندانم کاری باعث شده تا فیزیکدانان جهت حل مشکلات گیج کننده فیزیک کوانتوم، اقدام به ابداع نظریات گوناگون که در بسیاری از موارد حتی در رقابت با دیگری قرار دارند نمایند.

(۱) توجیح کپنهاگ (Copenhagen Interpretation)

در این بازه فیزیکدان مشهور دانمارکی آقای (Niels Bohr) در اوایل گسترش فیزیک کوانتوم، با همکاری چند تن دیگر در شهر کپنهاگ اقدام به تفسیر جدیدی برای حل مشکل نمود. گفتنی است که تا کنون تفسیر گروه کپنهاگ در خصوص تابع موجی به گونه های مختلف توجیه شده است. در کتاب های فیزیک زمان ما توجیه به اصطلاح "ارتودوکس" گروه کپنهاگ (Orthodox Interpretation)، بیش از سایر عقاید که تا حدودی با نظریات شخصی آقای بور متفاوت است، طرفدار دارد. بر مبنای این تفسیر، پرسش در خصوص اهمیت فهم تابع موجی نور، کاملاً بی ربط بوده و بیشتر در حیطه متافیزیک جای دارد. (کلمه ارتودوکس، در اینجا به معنی عقیده ای است که زیر بنای سایر عقاید چالش برانگیز را نفی کرده و آنها را به صورتی استاندارد و همه فهم عرضه کند.)

او به گونه ای فلسفی می گوید که بر حسب فهم متافیزیکی و مثبت اندیشی، انسان باید فقط چیزهایی که در آزمایشات نشان داده شده اند را باور داشته باشد، هر گونه توجیه دیگر که سعی کند چیز دیگری را عنوان کند، کاملاً بی ربط و قابل بحث نیست. این عقیده تا آنجا گسترش یافت که یکی از دانشمندان فیزیک جامدات و از مخالفین سرسخت توجیح فلسفی و تفسیر کپنهاگ، آقای (David Mermin) در سال ۱۹۸۹ (م) چنین عنوان کرد: "بس کنید و به جای آن محاسبه کنید) = (Shut up and calculate)".

بلی سخن آقای مرمین، هم اکنون در میان دانشجویان فیزیک و بسیاری محققین طرفداران بسیاری دارد. سخن آقای مرمین چنان انعکاس وسیعی یافت، تا آنجا که یکی از بنیان گزاران اصلی فیزیک کوانتوم آقای "ورنر هایزنبرگ (Werner Heisenberg)" در سال ۱۹۵۸ (م) چنین عنوان کرد: "در فیزیک کوانتوم این باور که همه چیز باید مانند وجود یک سنگ یا درخت قابل لمس و عینیت داشته باشد، فارق از آن که ما قادر به مشاهده آن هستیم یا نیستیم، عملاً غیر ممکن است". دانشمندان هرگز قادر به اثبات آن نخواهند بود. نتیجه آن که، مطرح نمودن این پرسش که در فیزیک کوانتوم چه چیزی واقعی و یا غیر واقعی است، مانند اوایل زمان گسترش و ابداع آن، همچنان بی جواب مانده است.

(۲) جهان های چند گانه

در سال ۱۹۵۶ (م) فیزیکدان مشهور آقای (Hugh Everett) نظریه جهان های چند گانه را معرفی کرد (رجوع شود به منابع مرتبط)

(۳) تئوری مکانیک (Bohm)

در سال ۱۹۵۲ (م) فیزیکدانی به نام آقای (David Bohm)، که در واقع گسترش تئوری فیزیکدان مشهور فرانسوی آقای (Louise de Broglie) بود را ارائه نمود. (رجوع شود به منابع مرتبط)

(۴) جایگیری بلا فصل (spontaneous Localization)

در سال ۱۹۸۶ (م) فیزیکدانان ایتالیا و آلمان آقایان Giancarlo Ghirardi, Alberto Rimini & Tulio Weber تئوری جایگیری بلا فصل را که در سطور پیشین به آن اشاره شد عرضه کردند.

(۵) کو بیسموس (QBism Theory)

در سال ۲۰۰۱ (م) فیزیکدانانی مانند آقایان Carlton Caves, Christopher Fuchs & Ruediger Schack در خصوص تفسیر جدیدی از توابع موجی را عرضه کردند. (رجوع شود به منابع مرتبط)

از آنجائی که به طور کلی در حیطه علوم محض مانند فیزیک، شیمی و زیست شناسی پایداری و جا نزدن در مقابل مشکلات و چالش ها شرط اول موفقیت به شمار می آید، جهت به روز رسانی و موضع گیری در مقابل نقادان فرضیه اولیه، گروه کپنهاگ بر آن شد تا یک سال بعد از انتشار نظریه اولیه، نظریه تکمیل تر و ظریف تری را که احتمال تحلیل و فهم نیروی گرانش را، بدون در نظر گرفتن اصول نسبیت اینشتینی (Non-Relativistic) به مراتب بهتر ممکن می ساخت، منتشر کنند. بدیهی است که این نظریه تکمیلی هنگامی که ذرات با سرعت های بسیار بالا حرکت یا جهش می کنند، مفهوم خود را از دست می دهد. این نظریه و زیر بنای محاسباتی آن اما، قابلیت آن را دارد تا به گونه ای محدود برای یک مدل فضای کیهانی ساده شده به کار گرفته شود، تا شاید بتوان شرایطی را پدید آورد که در آزمایشگاه قابل باز سازی باشد: توجیه ساده شده نظریه کپنهاگ می گوید که در حیطه فضای کیهان به جای آن که حرکات را یک نواخت و ناگسیخته فرض کنیم، فضایی را مجسم می کنیم که شبیه یک تور ماهیگیری از شبکه های کنار هم تشکیل شده و نقاط اتصال شبکه ها ذرات منفصل و تشکیل دهنده آن هستند، به نحوی که در جریان حرکت یا جهش ذرات در فضا، حرکت به صورت پرش از نقطه ای به نقطه دیگر، نه به صورت یک نواخت بلکه به صورت منفصل انجام می گیرد (فضای شبکه ای).

در ادامه در راستای حل چالش در همان سال، من و آقای (Lajos Diósi) کارشناس آکادمی علوم لهستان، ایده آقای (Kafri) و گروه تحقیقاتی او را که در بالا اشاره شد، اساس کار خود قرار داده و آن را گسترش دادیم. تلاش ما منجر به این شد که تصمیم گرفتیم تا همچنان از محسنات ایده "جایگیری بلا فصل" سود برده و در نتیجه موفق شدیم تا مشخصات و معادلات فیزیکی نیروی گرانش را در فضایی یک نواخت و نه شبکه ای، بدون در نظر گرفتن اصول نسبیت اینشتینی، به گونه ای ساده تر بدست آوریم. بدین ترتیب این امکان فراهم آمد تا بتوان برای اولین بار آزمایشاتی را ترتیب داده و نتایج را تا حدود قابل قبولی پیش گویی کنیم.

حال در این مرحله این پرسش مطرح بود که چگونه می توان با کمک اصل "جایگیری بلا فصل" جرم گرانشی یک ذره را تعیین نمود و یا چگونه می توان آن را از نظر فیزیک کوانتومی تفسیر کرد؟ در مکانیک کوانتوم تابع موجی و خصوصیات آن، در واقع حالات در هم تنیدگی اجسام را توجیه کرده و به نمایش می گزارد، و از جانب دیگر معادله شرودینگر زمان بندی آن را دیکته می کند. به جز آن باید در نظر داشت که در پدیده "جایگیری بلا فصل"، وقوع جرقه های اتفاقی جریان زمان بندی تابع موجی را مختل کرده و امکان درهم تنیدگی را از بین می برد. در این میان خوانندگان توجه داشته باشند که منظور از جرقه چیزی جز اتفاقی آبی، ناگهانی و بدون تاخیر نیست و آن را با جرقه یا اختر به معنای متداول اشتباه نگیرند.

جرقه های اتفاقی موجب آشکار شدن واقعیت ذرات می شوند

من و آقای Diósi بر این باوریم که راز واقعیت پذیری ذرات، در برخورد آنها با جرقه های اتفاقی قرار دارد. ما کماکان بر این باوریم که ذره ای که تحت تاثیر ناگهانی جرقه ای قرار می گیرد، در حله اول به ذرات ریزتری تجزیه شده و در مرحله بعدی و آنی دارای جرمی مشخص شده که موجب بوجود آمدن یک میدان گرانش در اطراف خود می شود و نتیجتاً این میدان گرانش ذرات اطراف خود را جذب می کند. در ادامه همین اتفاق برای ذرات دیگر پدید آمده و مجموع میدان های گرانش کلیه ذراتی که دارای جرم مشخص و میدان گرانش شده اند، نیروی گرانش کل مجموعه را تشکیل می دهد. این بدان معنی است که نیروی گرانش کل به گونه ای آنی و بلا تاخیر ایجاد می شود.

بلی تلاش همچنان ادامه دارد و جای محققان ایرانی در این آب و خاک بسیار خالیست.
و به قول مولانا:

مَشْرِقِ شَمْسِ جَرِیدِ