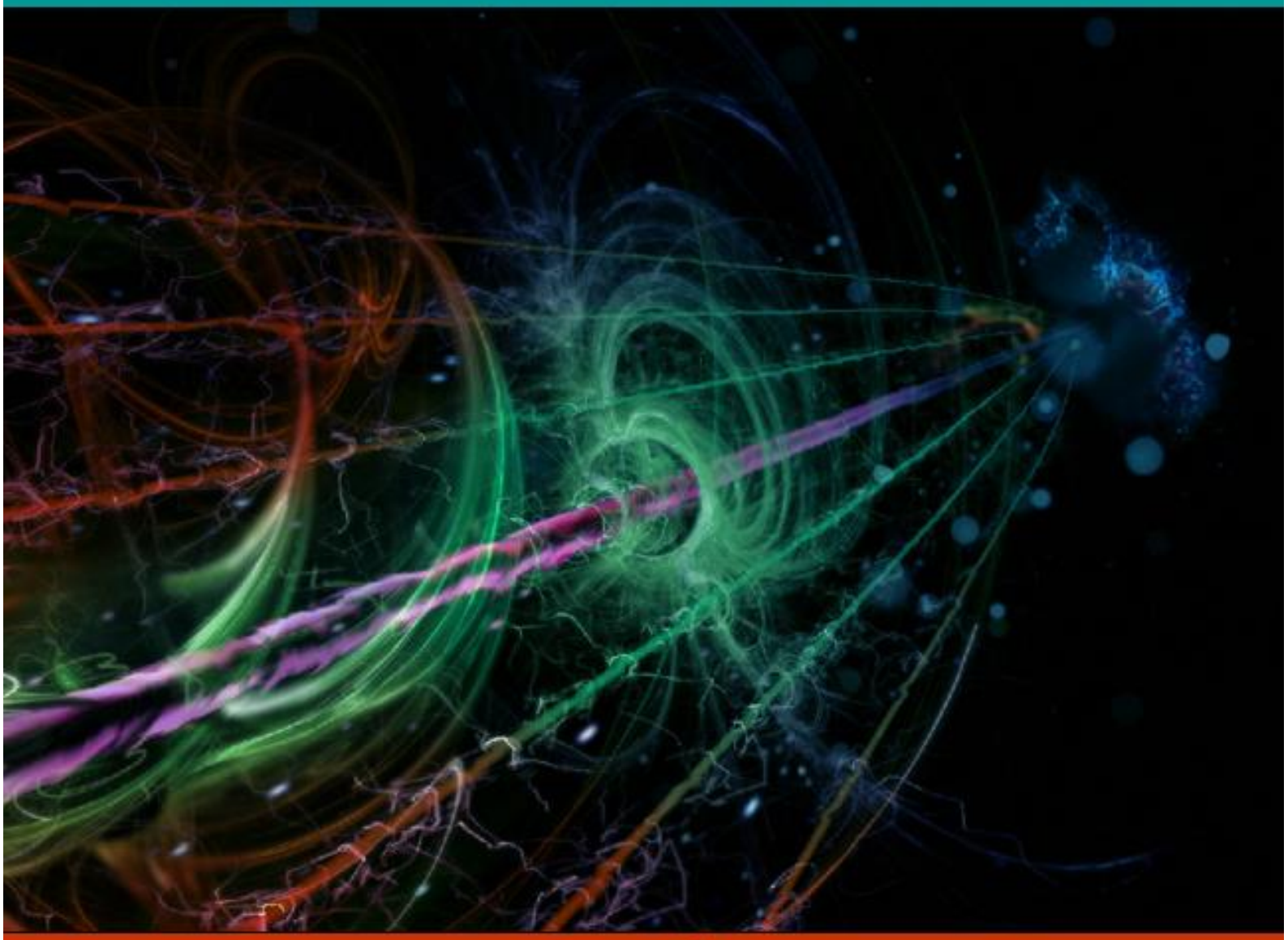
www.takbook.com

مروری بر علم فیزیک مدرن

(رقص استادان وولی)



اثری از : گاری زوکاو

ترجمه ، تفسیر و تحقیق :

دکتر تورج هاشمی

دکتر بهروز طباطبائی

www.takbook.com

مقدمه مترجمین

گاری زوکاو در تلاش خود برای انجام یک کار که در وحله اول بنظر غیر ممکن میآید، از استعداد خود در نویسندگی بهره گرفته و خواننده را با خود در دنیای فیزیک کلاسیک که برای قرنها مورد استفاده بوده و در مدارس تدریس میشده است ، جلو برده و ضمن توضیح و تشریح مطالب علمی، رفته رفته کمبود ها و نارسائیهای فیزیک کلاسیک را بر ملا میکند. بعنوان یک فیزیک دان ، او اولین نفری است که با دیدی باز و روشن ، به کوشش هائی که برای بوجود آوردن مفهوم جدیدی از علم فیزیک ، صورت گرفته، نگاه میکند. از دید او ، اندیشمندان مشرق زمین حرف زیادی برای گفتن در این زمینه را دارند. جا بجا او مفاهیم فیزیک کوآنتوم را با ادراک صوفی گری و بینش بودائی مقایسه میکند. در بخشی از کتاب میخوانیم:

یک الکترون حالت پایه (ground state) را خانه خود تصور میکند. این الکترون میل ندارد که خانه خود را ترک کند. در حقیقت تنها موقعی که آرامش خود را بهم زده و از حالت پایه خارج میشود، وقتی است که با دادن انرژی اضافی، آنرا از خانه خود بیرون بکشیم. بهمین جهت بعد از خروج ، در صورتیکه آنقدر از هسته دور نشده باشد که جزو الکترون های آزاد محسوب گردد ، اولین مشغولیت آن اینست که هرچه زودتر به حالت پایه و خانه خود باز گردد. از آنجائیکه حالت پایه یک حالت با کمترین انرژی است، الکترون برای بازگشت بایستی انرژی اضافی خود را از دست بدهد. الکترون این کار را با ساطع کردن فوتون انجام میدهد. این فوتون ساطع شده یکی از فوتون های مجازی الکترون بوده که ناگهان خود را با مقدار کافی انرژی میبیند که براه خود ادامه دهد بدون اینکه قانون بقای جرم – انرژی را نقض کرده باشد.

گاری زوکاو در هفدهم ماه اکتبر سال ۱۹۴۲ در پورت آرتور تکزاس متولد شده و فرزند ارشد دو بچه پدر و مادرش میباشد. پدرش در کانزاس صاحب یک مغازه جواهر فروشی بود و خود گاری دوران کودکی و جوانی خود را در سان آنتونیو و هوستون سپری نمود. در سال ۱۹۵۹ گاری یک بورسیه از دانشگاه معروف هاروارد دریافت کرد. در همان زمان دانشجوئی با یک موتور سیکلت به اروپا، آفریقای شمالی و خاورمیانه مسافرت کرد.

در سال ۱۹۶۵ از دانشگاه هاروارد فارغ التحصیل شده و در همان سال برای انجام نظام وظیفه، با درجه ستوان دومی وارد ارتش گردید. بعد از اتمام دوره و خدمت در ویتنام ، در سال ۱۹۷۰ با درجه ستوان یکمی ، از خدمت خارج گردید. در بازگشت، به سان فرانسیسکو در کالیفرنیا رفته و در آنجا با جک سرفاتی که نامش در این کتاب آمده است، آشنا شد. جک او را با خود به لابراتوآر لارنس برکلی برده و در آنجا گاری شیفته فیزیک مدرن و بطور اخص ، مکانیک کوآنتوم گردید. در آنجا بود که او شروع به نوشتن این کتاب که در دست دارید نمود. رقص استادان وولی نام این کتاب بوده و جک سرفاتی به او در نوشتن این کتاب، کمک های شایانی کرد. این کتاب موفقیت زیادی برای نویسنده ببار آورده، بارها تجدید چاپ شده و جزو پرفروش ترین کتابها محسوب میشود.

او یکی از معدود نویسندگانی است که با استعداد خاصی که در نویسندگی دارد، موفق شده است که یکی از سخت ترین و پیچیده ترین مباحث علمی را که بزرگترین دانشمندان جهان منجمله پایه گزاران آن ، از درک کامل آن اظهار عجز کرده بودند، بصورت یک مبحث جالب و آموزنده ، به خوانندگان علاقمند ، هدیه کند. از این نظر او تنها با جاستین گاردر نروژی مؤلف کتاب ' دنیای سوفی ' قابل مقایسه است. گاردر نیز مبحث مشکل فلسفه را در کتاب خود بصورت قابل فهم ، در روند یک داستان ، به خواننده عرضه میدارد.

پروفسور رابرت مارچ از دانشگاه ویسکونسین در نشریه وزین ' فیزیک امروز' (Physics Today) در سال ۱۹۷۹ چنین نوشت:

" در ارتباط با با نظریه نسبیت عام اینشتاین ، زوکاو موفق شده است که در کتاب خود، چنین مطلب علمی پیچیده ای را بزبان ساده و قابل فهم بیان نماید. بایستی در نظر داشت که خوانندگان این کتاب، آشنائی زیادی با ریاضیات و فیزیک کلاسیک ندارند. "

مارتین گاردنر یک ریاضی دان و نویسنده علمی برای نشریه (Scientific American) در اظهار نظری در باره این کتاب زوکاو مینویسد:

www.takbook.com

" زوکاو یک نویسنده استثنائی با سبک نگارش عالی و مخصوص بخود بوده و بسیار سخت است که بتوان تصور کرد که کسی بعد ازخواندن این کتاب ، بطور کامل از آن لذت نبرده و به معلومات خود اضافه نکرده باشد. "

دیوید بوهم پروفسور فیزیک در دانشگاه لندن در مورد این کتاب مینویسد:

" این کتاب برای کسانی که تمایل دارند که علم فیزیک مدرن را درک کرده و تفاوت آنرا با طرز فکر کلاسیک تشخیص بدهند ، در بالاترین حد توصیه میگردد. برای کسانی که نگران وجدان بشری در مقابل پیشرفت های فیزیک هستند، همین توصیه صادق خواهد بود. "

مترجمین این کتاب کار سختی را بپایان رسانده اند چون بایستی اعتراف کرد که زبان فارسی در مورد واژه های علمی و فلسفی قدری کمبود دارد. بهمین دلیل هر زمان که در این کتاب اصطلاح نامانوسی ظاهر میشود ، بلافاصله معادل انگلیسی آن نیز عرضه میگردد. در همین راستا یک فرهنگ مختصر از اصطلاحاتی که در این کتاب از آنها استفاده شده ، در ابتدای کتاب قرار داده شده است.

اکثریت قریب به اتفاق تصاویر کتاب نیز زیر نویس فارسی داشته و برای ساده تر کردن فهم تصاویر پیچیده ، از رنگهای مختلف ، استفاده گردیده است. اصل کتاب صرفا سیاه و سفید بوده و رنگی در آن بکار نرفته است.

تمام هدفی که مطالب این کتاب ، دنبال میکند اینست که در پایان، حالت وارستگی (enlightenment) را به خواننده معرفی نماید. این نکته ظریف هرچند برای خوانندگان غربی ، مطلبی ناشناخته و درک آن ساده نیست ، برای فارسی زبانان که حافظ و خیام را برای کمک به درک وارستگی ، در اختیار دارند، چندان مشکل بنظر نمیرسد. یادداشت هائی در همین زمینه توسط مترجمین ، در پایان کتاب آورده است.

با امید اینکه این کتاب بتواند دریچه ای بسوی ادراک فیزیک مدرن و مکانیک کوآنتوم برای خوانندگان بگشاید.

دکتر تورج هاشمی

دکتر بهروز طباطبائی

www.takbook.com

فهرست فصول

فصل	عنوان	صفحه
فصل اول	یک هفته در سور بزرگ	۳
فصل دوم	اینشتاین آنرا دوست ندارد	۱۱
فصل سوم	زندگی	۲۶
فصل چهارم	چه اتفاقی میافتد	۴۱
فصل پنجم	نقش کلمه ' من '	۵۴
فصل ششم	ذهن مبتدی	۶۶
فصل هفتم	تئوری نسبیت خاص	۶۰
فصل هشتم	تئوری نسبیت عام	۸۷
فصل نهم	باغ وحش ذرات ریز	۱۰۶
فصل دهم	رقص	۱۱۸
فصل یازدهم	وارستگی	۱۴۲
فصل دوازدهم	پایان علوم	۱۵۸

www.takbook.com

فرهنگ واژه های علمی/فلسفی

English	فارسی
atrophied	تحلیل- ضعیف کردن
cognitive	آگاهی - شناختی
coherent	منسجم
Commonsense	عقل سلیم
complementarity	تکمیل کنندگی - مکمل
concepts	مفاهیم
determination	اراده - جبر
enlightenment	وارستگی
event horizon	افق رویداد
exact sciences	علوم دقیقه
formulation	قاعده سازی
frame of reference	چهارچوب مرجع
implications	دلالت - تلویح
incontrovertible	بطور مسلم
Inertial coordination system	سیستم مختصات ماندی (اینرسی)
interaction	تعامل
Interpretation	برداشت - گزاره
manifestations	جلوه
momentum	گشت آور
Organic	طبیعی - آلی
paradigms	الگو- نمونه
participation	مشارکت
perception	ادراک
phenomena	پدیده ها
postulate	مبنا قرار دادن
pragmatism	عمل گرائی
preordained	مقدر
projectile	پرتابه
proliferation	تکثیر - گسترش
psychedelic	سرگیجه آور- روانگردان
rational	منطقی
scholasticism	فلسفه مذهبی قرون وسطی
subatomic	فرو اتمی
uncertainty	عدم قطعیت
Universe	جهان هستی-کائنات

www.takbook.com

فصل اول : یک هفته در سور بزرگ

وقتی به دوستان خود میگویم که در رشته فیزیک تحصیل کرده ام ، آنها سری تکان داده ، دستان خود را از مچ خم کرده و در حالیکه سوت میکشند میگویند:

" این کار سختی میبایستی باشد. "

این واکنش عمومی به کلمه ' فیزیک ' دیواری است که بین کارهائی که فیزیک دانان انجام میدهند و تصور عمومی راجع به آنچه آنها به آن مشغولند ، ایجاد میگردد.

خود فیزیک دانان در این مورد قدری مقصر هستند. آنها وقتی با هم گفتگو میکنند ، بمثابه آنست که بزبانی مهجور و فراموش شده سخن گفته و کسی از حرفهای آنها سر در نمیآورد مگر اینکه خودشخص فیزیک دان باشد. ولی وقتی آنها با یک فیزیکدان دیگر صحبت نمیکنند، بروشنی و ظرافت ، زبان روزمره خود را بکار برده و هیچ مشکلی در ابراز هیچ کلامی ندارند. ولی امان از وقتی که از آنها سؤآل کنید که چه کاری میکنند. اگر این اشتباه را مرتکب شدید ، خود را حاضر کنید که برای چندین دقیقه بهمان زبان مهجور و فراموش شده گوش فرا دهید.

بدیهی است که خود ما آدمهای معمولی هم در این مورد کاملا بی تقصیر نیستیم. بطور کلی ما خود را به این حقیقت رضایت داده ایم که سر از کار فیزیک دانان، شیمیست ها و بیولوژیست در نخواهیم آورد. این جهالت برای ما منفعتی به بار نمیآورد. این افراد به کارهائی مشغول هستند که فوق العاده جالب بوده و درک کردن آن ابدا کار سختی نیست. البته این حقیقت را نمیتوان کتمان کرد که تشریح کار بعضی از این افراد محتاج به توضیحات فنی پیچیده ای بوده و اگر شما در آن زمینه تبحری نداشته باشید ، به احتمال زیاد یک خواب عمیق غیر ارادی بشما غلبه خواهد کرد.

ولی کاری که اغلب فیزیک دانان انجام میدهند در واقع کاملا ساده است. آنها تمایل دارند که بدانند جهان هستی و کائنات از چه چیز تشکیل شده ، چگونه کار میکند ، ما در آن چه میکنیم و بکجا میرود؟ البته اگر ساکن نبوده و در حال حرکت باشد. بطور خلاصه آنها همین کاری را میکنند که ما در شبهای پر ستاره به وسعت اعجاب آور جهان هستی نگاه کرده و در قبال عظمت آن خود را خُرد و ناچیز میبابیم. هرچند که بهر جهت ، ما قسمتی از آن هستیم. این کاری است که فیزیک دانها انجام میدهند و این بدذات ها برای برای انجام آن پول هم دریافت میکنند.

متاسفانه اغلب افراد وقتی به فیزیک فکر میکنند بی اختیار بیاد تخته سیاهی میافتند که روی آن با علائم **غریب و عجیب** ریاضیات پر شده است. ولی حقیقت اینست که فیزیک ریاضیات نیست. فیزیک در اصل تلاشی برای درک آن قضیه ای است که همه چیز چگونه بوجود آمده و چطور کار میکند. ریاضیات ابزار کار فیزیک است . ریاضیات را از فیزیک حذف کنید و علم فیزیک یک علم جادوئی دلپذیر خواهد شد.

من اغلب با ' جک سرفتی ' که مدیر گروه تحقیقات فیزیک است در باره امکان تالیف یک کتاب که از ریاضیات و قضایای فنی تُهی بوده و صرفا در باره اطلاعاتی باشد که با انگیزه فیزیک ، جاری است. از اینرو بود که وقتی من به یک کنفرانس دعوت شدم که توسط او و مایکل مورفی در انستیتو اسالن (Esalen Institute) تدارک شده بود ، با کمال میل این دعوت را پذیرفتم.

انستیتو اسالن در شمال کالیفرنیا قرار دارد (اسالن نام یک طایفه سرخ پوست است.) . این قسمت از ساحل کالیفرنیا آمیزه ای از قدرت و زیبائی است ولی بیشک زیباترین قسمت آن در شاهراه ساحل اقیانوس آرام بین شهرهای سور بزرگ (Big Sur) و سن لوئی اوبیسپو (San Luis Obispo) قرار دارد. تاسیسات ' اسالن ' در حدود نیمساعت بسمت جنوب سور بزرگ واقع شده است.

www.takbook.com

در کنار یک رودخانه یک ساختمان بزرگی قرار دارد که آنرا خانه بزرگ نام نهاده اند. در این خانه از مهمانان نگهداری میشود. یک خانه کوچک هم درمجاورت این ساختمان قرار دارد که ریچارد پرایس با خانواده اش در آن زندگی میکنند. در طرف دیگر رودخانه ساختمانی است که در آن غذا به مهمانان عرضه شده و سالن اجتماعات درآن قرار دارد. در همین ساختمان برای مهمانان بیشتر ، اطاق خصوصی فراهم است.

شام در انستیتوی اسالن برای خودش تجربه بسیار خوبیست. عناصر این تجربه عبارتند از سادگی، صرف شام در زیر نور شمع و غذاهائی که از کشاورزی طبیعی حاصل شده است.

من و جک سرفتی سر میزی نشستیم که دو نفر از قبل مشغول غذا خوردن بودند. یکی از آنها دیوید فینکل اشتاین یک فیزیکدان از دانشگاه یشیوا در نیویورک بود که برای شرکت در کنفرانس فیزیک به آنجا آمده بود. نفر دوم ال چونگ- لیانگ هوانگ بود که مسئول کارگاهی در این انستیتو بود. ما بهتر از این افراد برای همدم و همراه شدن نمیتوانستیم پیدا کنیم.

خیلی زود گفتگوی ما به مبحث فیزیک کشانده شد.

هوآنگ گفت:

" وقتی من در تایوان مشغول تحصیل در علم فیزیک بودم ما این شاخه از علم را ' وولی ' خطاب میکردیم. به زبان چینی این به معنای ' طرح انرژی طبیعی' میباشد.

تمام کسانی که سر میز نشسته بودند بلافاصله نظرشان به این طرح جلب گردید. به این ترتیب ' وولی ' فراتر از دنیای شعر و شاعری میرفت. این بهترین تعریف از علم فیزیک در این کنفرانس بود. این کلمه چیزی به فیزیک علاوه میکرد که بدون آن فیزیک نارسا و عقیم از کار در میآمد.

من طاقت نیاورده و گفتم:

" بگذارید کتابی در باره ' وولی ' بنویسیم. "

با این حرف من تمام تمهیداتی را که از قبل در ذهن خود فراهم کرده بودم، بیکباره از دست دادم. از این ' طرح انرژی طبیعی' تصویر ' استادان رقص وولی ' به مخیله من خطور کرد.

www.takbook.com

در تمام مدتی که در انستیتوی اسالن بودم فکرم فقط مشغول این بود که کشف کنم استادان رقص وولی چه کسانی هستند و چرا آنها میرقصند. تمام ما از این قضیه هیجان زده شده و به این نتیجه رسیده بودیم که ما چیزی را که به دنبالش بودیم . کشف کرده ایم.

وو لی در زبان چینی معانی متعددی دارد و معنای آن بر حسب اینکه چگونه تلفظ شود ، تغییر پیدا میکند. و ما راهی پیدا کرده بودیم که بوسیله آن میتوانستیم فیزیک جدید را تعریف کنیم. در پایان هفته ، همه در این انستیتو در باره وولی صحبت میکردند.

من بدنبال این بودم که معنای واقعی کلمه استاد را در رقص استادان بیابم. بعد از بررسی دیکسیونر و سایرمراجع چیز خاصی دستگیرم نشد. از آنجائیکه هوآنگ خودش یک استاد تای چی بود از او سؤآل کردم که آیا او یک استاد است؟

او جواب داد:

" این کلمه ایست که دیگران برای توصیف کردن من بکار میبرند. "

در اواخر گفته به امید اینکه جواب بهتری نصیب من گردد، همین سؤآل خود را تکرار کردم. او در جواب گفت :

" استاد کسی است که قبل از شما شروع کرده باشد. "

تعلیمات دانشگاهی غربی به من این اجازه را نمیداد که این جوابها را قبول کنم. از اینجهت شروع به خواندن کتابهای هوآنگ کردم. در آنجا در مقدمه ای بقلم الن واتس من چیزی را بدنبالش میگشتم، یافتم. الن واتس چنین میگوید:

" یک استاد همیشه از مرکز شروع میکند نه از پیرامون. او قبل از اینکه وارد جزئیات قضیه بشود، از اصول و شالوده قضیه شروع کرده و تمام جوانب را در نظر میگیرد. بر این اساس یک استاد شاگرد خود را به بیحوصلگی ملالت برای مدتی طولانی عادت میدهد. به این ترتیب یک شاگرد ممکن است برای سالها بدون اینکه از خود سؤآل کند که چه میکند، پیش برود. "

استاد با شاگردش به رقص مشغول میشود. استاد وولی چیزی به شاگردش نمی آموزد ولی در همان حال شاگرد آموزش پیدا میکند. این همان راهی است که ما در این کتاب در پیش خواهیم گرفت. این کتاب برای افراد هوشمندی نوشته شده که مایل هستند در باره فیزیک جدید اطلاعاتی کسب نمایند ولی چیز زیادی از ریاضیات ندانسته و به اصطلاحات فیزیک مدرن هم آشنائی ندارند. این کتاب در باره اساس مکانیک کوآنتوم ، منطق کوانتوم، اصل نسبیت عمومی و خاص و چند عقیده ای که آینده علم فیزیک را مشخص میکند ، استوار شده است. البته چه کسی میتواند ادعا کند که آینده

www.takbook.com

بچه سمتی خواهد رفت؟ چیزی که به آن اطمینان کافی میتوان داشت اینست که چیزی را که ما امروز فکر میکنم ، فردا بصورت گذشته و تاریخ در خواهد آمد. از اینرو این کتاب در باره معلومات که همیشه در قید زمان ماضی است نبوده و بیشتر به تجسمات توجه دارد. چیزی که فیزیک را زنده نگاه داشته همان ' وو لی ' است.

یکی از بزرگترین فیزیک دانان جهان ، آلبرت اینشتاین که شاید خود یک استاد وولی بود در سال ۱۹۳۸ چنین نوشت:

" مفاهیم فیزیکی همه مخلوق آزاد فکر بشر است و بنظر نمیرسد که توسط دنیای خارج بطور اخص مورد تایید قرار بگیرد. تلاش ما برای درک واقعیات تقریبا شبیه آن فردی است که سعی دارد مکانیسم یک ساعت بسته را درک نماید. این شخص صفحه ساعت و عقربه های آنرا دیده و حتی صدای تیک تاک آنرا میشنود ولی هیچ راهی برای باز کردن ساعت ندارد. اگر این شخص با قابلیت یک نابغه بتواند از چیزهائی که دیده ، شنیده و لمس میشود ، تصویری تهیه کند ، هنوز بهیچوجه نمیتواند اطمینان داشته باشد که که این تصویر تنها راهی است که میتواند آنچه را دیده ، تفسیر کند. او هرگز موفق نخواهد شد که این تصویر را با مکانیسم واقعی مقایسه نموده و حتی معنای واقعی این مقایسه را درک نماید. "

اغلب افراد معتقد هستند که فیزیکدانان جهان هستی را تعریف و تفسیر میکنند. شاید فیزیکدانهائی هم وجود داشته باشند که چنین تصوری به مغز خود راه بدهند ولی استادان وولی میدانند که آنها فقط با این تصور مشغول رقص هستند.

من از هوآنگ سؤآل کردم که او کلاس های خود را چگونه تنظیم میکند. او در جواب گفت:

" هر درسی، اولین درس است. هر بار که ما میرقصیم، این کار را برای اولین بار انجام میدهیم. "

من گفتم:

" ولی مسلما شما قادر نخواهید بود که در هر جلسه درس جدیدی را شروع کنید. درس شماره دو بر مبنای درس شماره یک گذاشته خواهد شد. بهمین استدلال درس شماره سه ، بر شالوده درسهای شماره یک و دو استوار است. "

او جواب داد:

" وقتی من میگویم هر درسی اولین درس است به معنای آن نیست که ما هرچه را که قبلا یاد گرفته ایم ، فراموش کنیم. معنی کلام من اینست که کاری را که ما میکنیم پیوسته جدید است برای اینکه ما آنرا برای اولین بار انجام میدهیم . "

این یکی دیگر از مشخصه های یک استاد است. هر کاری که او میکند با همان اشتیاق اولین کار میباشد. از اینجا شور و شوق تمام نشدنی او سر چشمه میگیرد. هر درس او اعم از اینکه یاد بدهد یا یاد بگیرد، پیوسته برای او اولین است. هر رقص برای او اولین رقص است. این کار همیشه جدید ، شخصی و زنده است.

ایزیدور رابی برنده جایزه نوبل در فیزیک و رئیس قبلی دپارتمان فیزیک در دانشگاه کلمبیای نیویورک مینویسد:

" ما دانشجویان خود را به اندازه کافی با مقوله اندیشمنانه آزمایشات خود آشنا نمیکنیم. این مقوله شامل جدید بودن آزمایشات و و قابلیت آنها برای گشودن زمینه های دیگر میباشد. نظر من اینست که این چیزها را بایستی مسائل شخصی تلقی کرد. شما خود را وارد یک سلسله آزمایشات تجربی میکنید دقیقا بخاطر اینکه فلسفه زندگی ، شما را مجبور میکند که نتایج این آزمایشات را بدانید . کاری بسیار سخت و عمر انسان کوتاهتر از آنست که شما آزمایشاتی را انجام بدهید که یک نفر دیگر بشما گفته است که آزمایشات مهمی است. اهمیت کار خود را خود شما باید درک نمائید. "

متاسفانه تمام فیزیکدانان مثل رابی فکر نمیکنند. اکثریت آنها عمر خود را تلف کرده و کاری را انجام میدهند که شخص دیگری به آنها تکلیف کرده است . این نکته مهمی است که رابی در نوشته خود به آن اشاره میکند.

این قضیه ما را به یک برداشت اشتباه میکشاند. وقتی اغلب افراد کلمه دانشمند را بکار میبرند ، آنها منظورشان تکنسین است. یک تکنسین شخص تحصیل کرده ایست که شغل او بکار بردن روش ها و اصولی است که از قبل دانسته و تثبیت شده است. او با دانسته ها سر و کار دارد. یک دانشمند کسی است که بدنبال طبیعت واقعی چیزهائی است که در اطراف خود میبینیم و سر و کار او با مسائل شناخته نشده میباشد.

بطور خلاصه ، دانشمند کشف میکند و تکنسین آنرا بکار میبرد. هرچند که کاملا آشکار نیست که دانشمند واقعی چیزی را کشف میکند یا اینکه آنرا خلق مینماید. خیلی افراد اعتقاد دارند که کشف واقعا یک عمل خلق کردن است. اگر این نظریه صادق باشد پس دیگر تفاوتی بین دانشمندان، شاعران ، نقاشان و نویسندگان مشهود نمیشود. این امکان وجود

www.takbook.com

داردکه همه این افراد متعلق به همان خانواده ای از افراد باشند که قابلیت آنها بطور طبیعی در اینست که چیزهای معمولی را گرفته و آنها را دوباره به ما عرضه کنند. در میان این افراد آنهائی که قابلیت بالائی برای اینکار دارند ما آنها نابغه خطاب میکنیم.

این حقیقتی است که اغلب دانشمندان تکنسین هستند. آنها توجهی به جدید بودن کار خود نداشته و وسعت دید آنها چندان وسیع نیست. آنها سعی خود را بر این متمرکز میکنند که کاربرد چیزهائی را که از قبل دانسته شده پیدا کنند. از آنجائیکه دید واقعی آنها منحصر به شاخ و برگ یک درخت بخصوص شده است، بسیار مشکل است که با آنها در باره جنگل صحبت کرد. قضیه مرموز طیف هیدروژن نمایشگر تفاوت بین یک دانشمند و تکنسین را بخوبی مشخص مینماید.

وقتی یک نور سفید نظیر پرتو خورشید بیک منشور شیشه ای وارد میشود ، یکی از زیباترین پدیده های روی زمین ، آشکار میشود. از سمت دیگر منشور نور سفید خارج نمیشود. خروجی نور سفید از منشور تمام رنگهای رنگین کمان را تولید کرده ، از رنگ قرمز تیره گرفته تا آبی کمرنگ در دو طرف و رنگهای نارنجی، زرد ، سبز و آبی سیر در میان ، تولید میشود. دلیل این پدیده اینست که نور سفید از مجموع این رنگها تشکیل شده است. هر رنگ بخصوص از همان رنگ تشکیل میشود. سیصد سال پیش اسحق نیوتون مقاله مشهور خود بنام ' اوپتیک ' را در این باره نوشت. این تجزیه رنگ سفید به رنگهای مختلف به زبان فیزیک دانان ، طیف نور سفید نامیده میشود. در این طیف تمام رنگهائی که انسان میتواند ببیند وجود دارد و رنگهائی هم در آن هست که چشم بشر قادر به دیدن آن نیست (نظیر مادون قرمز و ماوراء بنفش) .

ولی هر نوری مانند نور خورشید کامل نبوده و یک طیف کامل ایجاد نمیکند. بعنوان مثال اگر ما یک عنصر شیمیائی مانند سُدیم را انتخاب کرده و آنرا وادار به تشعشع نور کنیم، این نور بعد از خروج از یک منشور ، تمام رنگهای نور سفید خورشید را تولید نمیکند.

اگر در یک اطاق تاریک جسمی بچشم بیاید ، این جسم از خود پرتوی انتشار میدهد. اگر بعنوان مثال رنگ این جسم قرمز باشد، ما نتیجه میگیریم که این جسم از خود پرتو قرمز منتشر مینماید. نور پیوسته از اجسامی ساطع میشود که به زبان علمی ، تهییج شده اند. به این ترتیب اگر یک قطعه سدیم را با دادن قدری انرژی حرارتی به آن بهیجان بیاوریم و نور حاصلآله را از منشوری عبور بدهیم، فقط قسمتی از طیف نور را مشاهده خواهیم کرد. در مورد سدیم ما دو پرتو زرد رنگ را خواهیم دید.

بهمین ترتیب ما میتوانیم تصویر نگاتیو طیف سدیم را تشکیل بدهیم. در این تجربه ما نور سفید را قبل از ورود به منشور ، از روی بخارات سدیم عبور داده که مشاهده کنیم چه قسمتی از طیف توسط بخارات سدیم جذب شده است. به دستگاهی که میتواند این کار را برای ما انجام بدهد اسپکتروسکوپ میگوئیم و نور سفیدی که از آن عبور میکند تمام طیف رنگین کمان را ایجاد کرد به استثنای دو خط زرد رنگ که بخارات سدیم ایجاد کرده بودند.

در هر صورت ، سدیم پیوسته همین طرح مشخص را تولید مینماید. بسته به اینکه چه روشی انتخاب کنیم ممکن است دو خط سیاهرنگ در زمینه رنگهای درخشان طیف ظاهر شده و یا در روش دیگر دو خط زرد بدون اینکه هیچ رنگ دیگری وجود داشته باشد. این طرح خاص اثر انگشت فلز سدیم بوده و ظهور آن بمنزله وجود سدیم میباشد. جالب اینجاست که هر عنصری بهمین نحو جای و رنگ مشخص خود را در طیف دارد که هرگز تغییر نمیکند.

هیدروژن ساده ترین عنصر شیمیائی است. این عنصر بنظر میرسد که فقط از دو جزء تشکیل یافته است. یک ذره بنام پروتون که بار مثبت داشته و یک الکترون که دارای بار منفی است. ما میگوئیم که بنظر میرسد چون هنوز هیچ موجود زنده ای در روی زمین قادر نشده که اتم هیدروژن را ببیند. اگر اتم هیدروژن وجود داشته باشد ، میلیونها از آن در نوک یک سوزن میتواند جا بگیرد. همان مثال ساعت و اینکه چه چیزی در داخل ساعت وجود دارد ، در مورد هیدروژن صادق است. چیزی که ما میتوانیم بگوئیم اینست که تعریف اتم هیدروژن به مشاهداتی وابسته است که در صورت عدم قبولی آن ، تعریف این اتم بسیار مشکل و یا حتی محال میشود. البته همواره این امکان وجود دارد که این مشاهدات و تعریفات در آینده ثابت شود که درست بوده است.

در یک دوره فیزیک دانان اتم را به اینصورت تعریف و تشریح میکردند. در وسط یک اتم هسته اتم قرار دارد. درست همانطور که خورشید در وسط منظومه شمسی قرار گرفته است. تقریبا تمام وزن اتم در هسته تمرکز پیدا کرده که محل ذرات با بار مثبت ، پروتون میباشد. در این هسته ذرات دیگری هم میتوانند وجود داشته باشند که دارای بار مثبت یا منفی نبوده ، تقریبا همان وزن پروتون ها را داشته و بنام نوترون خوانده میشوند. فقط اتم هیدورژن هست که

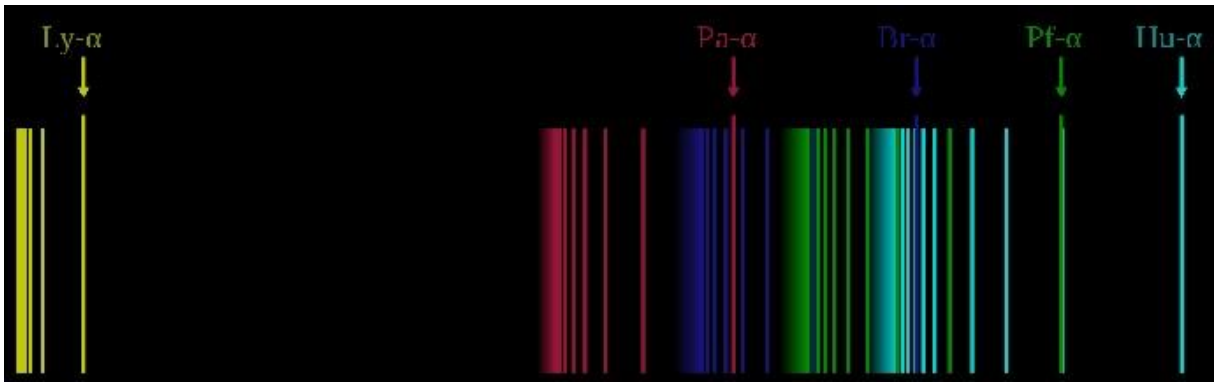
www.takbook.com

در هسته خود دارای نوترونی نیست. الکترون ها مانند سیارات که بدور خورشید میگردند، بدور هسته در حرکت هستند. هر الکترون دارای یک بار منفی است. تعداد الکترونها همواره مساوی تعداد پروتون ها است. به این ترتیب بارهای مثبت ، بارهای منفی را خنثی کرده و اتم بطور کلی خنثی بوده و باری اعم ازمثبت یا منفی ندارد.

مشکل مقایسه این مدل اتمی با منظومه شمسی در اینست که با رعایت تناسب فواصل بین اجزاء مشکله اتم بمراتب بیشتر از فاصله بین کرات منظومه شمسی است. فضائی را که یک اتم اشغال مینماید در مقایسه با وزن ذراتی که آنرا تشکیل میدهند بسیار زیاد است. ارنست راترفورد در سال ۱۹۱۱ در مورد الکترونهائی که بدور هسته در حرکت هستند چنین ابراز نمود که مانند مگسهائی هستند که در یک کلیسای بزرگ در اطراف پرواز میکنند.

این همان مدل اتمی است که اغلب ما در مدرسه آنرا فرا گرفته ایم. بدبختانه این مدل دیگر بکلی منسوخ شده و به این ترتیب میتوان آنرا یکسره بدست فراموشی سپرد. ما در صفحات بعد طور مفصل شرح خواهیم، داد که فیزیک دانان جدید ، اتم ها را چگونه تصور میکنند. نکته ای که در اینجا بایستی مؤکدا ذکر شود اینست که این مدل نجومی که حالا منسوخ شده است ، زمینه ای برای حل یکی از معضل ترین مسائل فیزیکی گردید.

طیف هیدروژن که ساده ترین عنصر جهان هستی میباشد ، حد اقل از یکصد خط تشکیل شده است. میتوان تصور کرد که طرح طیف فقیه عناصر ، حتی از اینهم پیچیده تر است. وقتی ما یک رشته نور سفید از میان هیدروژن تهییج شده به داخل یک اسپکتروسکوپ بفرستیم ، طیفی متشکل از یکصد خط مشخص بدست خواهیم آورد. سؤآل در اینست که چگونه اتمی بسادگی هیدروژن که از یک الکترون و یک پروتون تشکیل شده یک چنین طیف پیچیده ای را تولید مینماید؟



یکی از طرق جواب دادن به این سؤآل اینست که به این اتم یک خاصیت تموجی نسبت دهیم. بعد میتوانیم بگوئیم که این خطوط با رنگهای مختلف ، دارای فرکانس های مختلف هستند. کاملا مانند نُت های موسیقی که فرکانس های مخصوص خود را دارا هستند. آرنولد سومرفیلد فیزیکدان آلمانی که یک پیانیست برجسته ای هم بود چنین اظهار عقیده کرد که اتم هیدوژن که بیش از یکصد فرکانس مختلف تولید میکند از یک پیانوی بزرگ پیچیده تر است که فقط هشتاد و هشت فرکانس ایجاد مینماید.

با پیشرفت تکنولژی و مطالعه دقیق تر مشخص شد که اتم هیدروژن خیلی بیشتر از یکصد فرکانس تولید کرده و گاهی این خطوط طوری بهم نزدیک شده که جدا کردن آنها از یکدیگر ، امکان پذیر نمیباشد.

دانشمند دانمارکی و برنده جایزه نوبل نیلز بُهر در سال ۱۹۱۳ مدلی برای توجیه این پدیده ارائه نمود. مانند اغلب نظرات اساسی در فیزیک، این مدل خیلی ساده است. بُهر از مدل تئوری ساختمان اتم که در آن موقع در دسترس بود، استفاده نکرد. او از آنچه که خود در باره اتم میدانست ، سود جست. قسمت عمده این دانش ارقام ساده اسپکتروسکپیک بودند. او چنین تصمیم گرفت که چرخش الکترونها در اطراف هسته در هر فاصله دلبخواهی نبوده و حرکت آنها محدود به لایه یا روبیتالهائی میشود که در فاصله مشخصی از هسته قرار دارند. در هر یک از این لایه ها (اوربیتال ها) تعداد مشخصی الکترون وجود داشته که این تعداد هرگز بیشتر از آنچه باید باشد، نمیشود.

اگر اتم الکترونهای بیشتری از تعدادی که اولین لایه میتواند قبول کند، داشته باشد، الکترون های اضافی وارد لایه دوم خواهند شد. اگر تعداد آنها از اینهم بیشتر شود، لایه سومی تشکیل خواهد گردید. تعداد الکترونها در هر لایه از این قرار است:

www.takbook.com

شماره لایه ها	۱	۲	۳	۴	۵
تعداد الکترون ها	۲	۸	۱۸	۳۲	۵۰

تمام محاسبات او بر اساس اتم هیدروژن صورت گرفته که فقط یک الکترون دارد. به موجب تئوری بُهر ، الکترون در اتم هیدروژن در حال عادی نزدیکترین محل را نسبت به هسته انتخاب میکند. بعبارت دیگر این الکترون در اولین لایه جا میگیرد. این پائین ترین سطح انرژی را در این اتم مشخص میکند.

حال اگر ما بوسیله ای اتم هیدروژن را تهییج کنیم، این الکترون به مدار بالاتر جهش پیدا خواهد کرد. اینکه الکترون به چه مداری جهش پیدا کند، بستگی به این خواهد داشت که ما چه مقدار انرژی به این اتم داده ایم. اگر ما از انرژی گرمائی استفاده کرده و این اتم را بشدت حرارت بدهیم ، الکترون به مدارهای بالاتری جستن خواهد کرد. مقدار کمی انرژی باعث خواهد شد که الکترون به نزدیکترین مدار بالای خود بجهد. حال اگر این انرژی قطع شود ، الکترون به مدار پائین تر رفته تا بالاخره به مدار اولیه خود بازگردد.

هر زمان که الکترون از مداری بالاتر به لایه پائین تر سقوط نماید، از خود یک انرژی بصورت نور ساطع خواهد نمود. این دقیقا همان اندازه انرژی خواهد بود که که اتم دریافت کرده بود که الکترون از مدار پائین به مدار بالاتر جهش نماید. بُهر کشف کرد که تمام سطوح انرژی ممکن از مدارهای بالاتر تا مدار اولیه معرف تعداد خطوطی است که در طیف هیدروژن مشاهده میشود.

این راه حل مشهور بُهر برای حل مسئله بغرنج پیانوی بزرگ میباشد.

اگر الکترون از مدار پنجم به مدار سوم سقوط نماید یک خط مشخص در طیف ایجاد خواهد نمود. یک سقوط از لایه ششم به لایه چهارم و سپس به لایه اولی ، باعث ایجاد دو خط در طیف خواهد گردید. به این ترتیب ما میتوانیم تمام طیف هیدروژن را بررسی کنیم.

ما میتوانیم بجای استفاده از حرارت ، از انرژی نور سفید استفاده کنیم. به این ترتیب ما میتوانیم طیف جذب هیدروژن را که در قبل توضیح دادیم، بدست بیاوریم. برای جهش الکترون از مدارهای پائین به بالاتر مقدار مشخصی انرژی لازم است. نه بیشتر و نه کمتر.

وقتی به اتم هیدروژن یک نور سفید میتابانیم ، ما یک محدوده وسیعی از انرژی به اتم اهدا میکنیم. البته این اتم نمیتواند تمام انرژی را که ما به آن عرضه کرده ایم، مورد استفاده قرار بدهد. فقط قسمتهای مشخصی از این انرژی نورانی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

بعنوان مثال اگر الکترون از مدار اول به مدار چهارم جهش پیدا کند، از تمام بسته انرژی که ما تدارک کرده بودیم فقط آن قسمت مصرف خواهد شد که این مقدار انرژی را فراهم کند. اگر هیچ مصرفی در انرژی صورت نمیگرفت، طیف حاصله از ابتدا تا انتها یک خط سفید ممتد خواهد بود. ولی انرژی لازم برای جهش الکترون از مدار اول به چهارم وقتی از نور سفید گرفته شود، نتیجه آن بروز خط سیاهی در طیف خواهد بود.

یک جهش از مدار اول به دوم و سپس از مدار دوم به ششم، دو خط سیاه در طیف ایجاد خواهد نمود. حالا متوجه میشویم که چرا طیف هیدروژن دارای اینهمه خطوط سیاه است. دلیل آن اینست که انواع و اقسام ترکیبات انرژی در جهش الکترون در مدارهای مختلف وجود دارد.

اگر به مثال نور سفید و منشور برگردیم، با تاباندن نور سفید از ورای گاز هیدروژن بر روی منشور ، ما همان طیف زیبای رنگارنگ را خواهیم گرفت در حالیکه بیشتر از یکصد خط سیاه در آن بچشم خواهد خورد. هر یک از خطوط سیاهرنگ معرف انرژی است که الکترون گرفته که از مداری پائین تر به مداری بالاتر جهش نماید.

حال اگر ما با دادن انرژی به هیدروژن باعث شویم که که این عنصر نور تولید کند و این نور را بداخل منشور بفرستیم ، ما خطوط رنگی مشاهده کرده و بقیه طیف نور سفید وجود نخواهد داشت. این خطوط رنگی معرف مقدار انرژی است که الکترون ها در موقع سقوط از مدارهای بالاتر به پائین تر از دست میدهند.

www.takbook.com

تئوری بُهر فیزیکدانان را قادر نمود که که فرکانس نوری را که اتم هیدروژن از دست خواهد داد، محاسبه نمایند. این محاسبات تئوری با مشاهدات عملی کاملا مطابقت میکرد. مسئله بیچیده پیانوی بزرگ ، حل شده بود.

خیلی زود بعد از اینکه بُهر تئوری خود را در سال ۱۹۱۳ برای هیدروژن منتشر کرد لشکری از فیزیک دانان این روش را برای تشریح سایر عناصر بکار گرفتند. این روش برای عناصری با تعداد زیاد الکترون ، بسیار پیچیده بوده و تمام سؤآلاتی را که فیزیکدانان در مورد پدیده اتمی داشتند، جوابگو نبود. با این وجود مقدار معتنابهی اطلاعات از این کار بدست آمد. اغلب فیزیک دانانی که در زمینه تئوری بُهر کار کرده و آنرا گسترش دادند ، تکنسین بودند. بُهر که خودش یکی از پایه گذاران فیزیک جدید محسوب میشود، یک استاد بود.

البته منظور ما آن نیست که ادعا کنیم که تکنسین ها مهم نیستند. تکنسین ها و دانشمندان با هم یک رابطه همکاری زنده دارند. بُهر بدون اطلاعات وسیع اسپتروسکوپیک هرگز بتنهائی قادر نبود که به تئوری خود یک سر و صورت عمومی بدهد. تکنسین ها اینکار را با اعمال تئوری به سایر عناصر برای او انجام دادند. از اینجا مشخص میگردد که تکنسین ها اعضای مهم و با ارزش جامعه علمی هستند.

ولی از آنجائیکه این کتاب صرفا در باره استادان 'وولی' است از این ببعد هر موقع ما در این کتاب کلمه فیزیکدان را بکار ببریم منظور استادان فیزیک و دانشمندانی هستند که فراتر از دانسته ها فکر و عمل میکنند.

البته محدودیت های خاصی وجود دارد که هیچ کتابی در باره فیزیک نمیتواند به آنها فائق آید. در درجه اول آنقدر در این زمینه اطلاعات وجود دارد که حتی بیست جلد کتاب هم برای توضیح و تشریح آنها کافی نیست. هرساله مقدار زیادی اطلاعات جدید منتشر میگردد. حتی برای خود فیزیک دانان هم غیر ممکن است که در باره همه جنبه های این علم اطلاعات کسب نمایند. دربهترین حالت، فقط در یک زمینه خاص، شخص ممکن است بتواند خود را با پیشرفت اطلاعات ، همراه سازد. قطع نظر از این که شما تا چه اندازه درباره فیزیک مطالعه دارید، پیوسته مطالبی وجود دارد که چیزی در باره آن نمیدانید.

مسئله بعدی ارتباط تنگاتنگ فیزیک با ریاضیات است. بدون ریاضیات، درک واقعی همه جنبه های فیزیک، غیر ممکن است. با این همه، هیچ زمینه ریاضی در رقص استادان 'وولی' وجود ندارد. حسن ریاضیات اینست که یک روش تفکر سازمان داده شده در اختیار فیزیکدانان قرار میدهد. جهان هستی خود را بصورت کامل با این روش معرفی مینماید. ریاضیات بدون شک خلاصه ترین بیانگری از علم فیزیک را ارائه میدهد. متاسفانه خیلی از فیزیک دانان بدون استفاده از ریاضیات قادر به توضیح علم فیزیک نیستند . بدبختانه ریاضیاتی که برای این منظور بکار برده میشود ، برای افراد معمولی قابل درک نمیباشد. بهمین دلیل است که ما این کتاب را بخوانندگان علاقمند عرضه میکنیم.

نبایستی فراموش کرد که ریاضیات و انگلیسی هر دو زبان هستند. زبان ها ابزار مناسبی هستند که اطلاعات توسط آنها اشاعه پیدا میکند. ولی اگر بخواهیم که تجربیات شخصی خود را با این ابزار تشریح کنیم، فورا توجه خواهیم کرد قدرت زبان برای انجام این کار، ناکافی است. کاری که زبان انجام میدهد اینست که در باره تجربه سخن بگوید. استادان ، وولی ، بخوبی میدانند که صحبت در باره تجربه با خود تجربه فرق اساسی دارد.

این کتاب در باره علم فیزیک است. به این ترتیب تمام محتویات این کتاب توضیح و تفسیر است. ولی با کمال تاسف نمیتواند شامل خود تجربه باشد. البته این به آن معنی نیست که شما با خواندن آن تجربه فیزیک را پیدا نخواهید کرد. فقط اینکه اگر شما چنین تجربه ای پیدا کردید، این از خود شما ناشی شده نه از کتاب.

بعنوان مثال کوانتوم مکانیک به ما نشان میدهد که که ما از بقیه جهان آنطور که در گذشته تصور میشد، دور و جدا نیستیم. فیزیک ذرات به ما نشان میدهد که بقیه جهان در گوشه ای بیکار ننشسته است. این حیطه خلقت ، دگر دیسی و نابودی دائمی ، میباشد. طرز تفکر فیزیک جدید وقتی کاملا درک گردد تجربه غریبی برای شخص ایجاد مینماید. بعنوان مثال آموختن تئوری نسبیت به ما ثابت خواهد کرد که تجربه زمان و مکان فقط زائیده فکر ما میباشد.

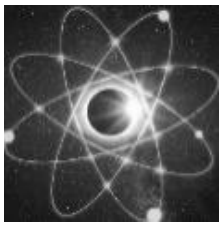
هریک از این تجارب قادر است که ما را طوری عوض کند که دیگر هرگز قادر نخواهیم بود که بار دیگر به دنیا بهمان صورت سابق نگاه کنیم.

یک تجربه مجرد در فیزیک وجود ندارد. تجارب دائم در حال تغییر هستند. اصول نسبیت و کوآنتوم مکانیک بیشتر از نیم قرن است که به فیزیک دانان و افراد دیگر آشکار شده است. امروزه دانش فیزیک بدنبال چیزی است که همه دانش

www.takbook.com

را در این زمینه متحول سازد. اغلب بر این عقیده هستند تئوری های جدیدی در آینده نزدیک ، به این عرصه وارد خواهد شد .

استادان ' وولی ' در وسط این تحول قرار داشته به رقص همیشگی خود مشغول هستند. گاهی آنها رقص میشوند و زمانی رقص ، تبدیل به آنها میشود. پیغام استادان وولی اینست نوع رقصی را که آنها اجرا میکنند ، با این حقیقت که آنها میرقصند ، اشتباه نکنید.



www.takbook.com

فصل دوم : اینشتاین آنرا دوست ندارد

مکانیک کوآنتوم همان شخصی نیست که در گاراژ آقای کوآنتوم اتومبیل شما را تعمیر میکند. مکانیک کوآنتوم شاخه ای از علم فیزیک است. فیزیک دارای شاخه های متعدد میباشد. خیلی از دانشمندان بر این باور هستند که دیر یا زود یک تئوری جامع تدوین خواهد شد که همه این شاخه ها را در بر بگیرد.

از این نقطه نظر ، ما بالاخره یک اصل، یک تئوری خواهیم ساخت که قادر باشد همه چیز را توضیح بدهد. به این ترتیب چیزی که بر ما مجهول باشد، باقی نخواهد ماند. البته این بدان معنی نیست که لزوما این توضیحات چیزها را آن جور که هستند به مامنعکس نماید. ما هنوز قادر نخواهیم بود که ساعت را باز کرده و مکانیسم انرا به چشم ببینیم. ولی هر حرکت ساعت توسط این تئوری پیش بینی خواهد شد. این حد اعلای دانش ما خواهد بود و اینشتاین آنرا ' حد عالی دانش ' نامید.

این طرز تفکر شخص را وارد دنیای مکانیک کوانتوم کرده بهمان ترتیبی که یک اتومبیل خارج از کنترل بیک دیوار آجری وارد میگردد. اینشتاین قسمت عمده وقت خود را صرف این کرد که مخالفت خود را مکانیک کوآنتوم ابراز نماید. هرچند که خود او یک عامل بزرگ برای تکمیل این فرضیه بود. چرا او اینکار را کرد؟ پرسیدن این سؤآل بمثابه آنست که در لب پرتگاه ایستاده ، هنوز روی زمین محکم فیزیک نیوتونی قرار داشته ولی بزیر پای خود نگاه میکنیم. جواب این سؤآل اینست که خود را با بیباکی به دره عمیق فیزیک جدید پرتاب کنیم.

مکانیک کوآنتوم در اوایل قرن بیستم خود را بزور وارد صحنه کرد. در آن زمان هیچ فیزیکدانی حاضر نبود که به این شاخه جدید فیزیک، رای مثبت بدهد.

کوآنتوم یک کمیت مشخص از چیزی بوده و مکانیک دانش حرکت میباشد. به این ترتیب مکانیک کوآنتوم روش مطالعه حرکت یک کمیت است. این تئوری چنین میگوید که طبیعت از کمیت های (کوآنتا) مختلفی تشکیل شده و مکانیک کوآنتوم روش مطالعه این پدیده است.

این روش جدید فیزیک نیوتونی را نفی نمیکند، بلکه آنرا ضمیمه خود مینماید. تئوری فیزیک قدیمی در محدوده خود هنوز قابل قبول میباشد. اینکه ما بگوئیم که یک چهره جدید ازطبیعت را کشف کرده ایم، فقط یک روی سکه است. روی دیگر آن اینست که بگوئیم ما محدودیت های فرضیه های قبلی را پیدا کرده ایم. کشف واقعی ما اینست که طریقی که ما در قبل به طبیعت نگاه میکردیم، به اندازه کافی فراگیر و جامع نبوده که بتواند تمام مشاهدات را جوابگو باشد. از اینجهت ما اجبار پیدا کردیم که یک تئوری جامع تر ایجاد نمائیم.

بقول اینشتاین :

" بوجود آوردن یک تئوری جدید مانند آن نیست که یک انبار قدیمی را خراب کرده و بجای آن یک آسمانخراش بسازیم. این کار بیشتر شبیه بالا رفتن از کوه میباشد که به ما وسعت دید بیشتر و جدید تر میدهد. کشف ارتباطات جدید بین نقطه ای که از آن شروع کرده و محیط اطراف آن میباشد. ولی هنوز همان نقطه ای که از آن شروع کردیم وجود داشته و بچشم میآید. هرچند که کوچکتر شده و جزء کوچکی از منظره ای که در ارتفاع بالا بچشم میرسد ، بیشتر نیست. "

فیزیک کلاسیک یا نیوتونی هنوز برای جهانی که از اجزاء بزرگ تشکیل شده ، قابل استفاده است ولی وقتی به حیطه ذرات کوچکتر از اتم میرسیم، دیگر مفید واقع نمیشود. مکانیک کوانتوم از مطالعه چنین ذرات کوچکی حاصل شده که هرچند بچشم نمیآیند دنیای خاص خود را داشته و زیر بنای هر چیزی در جهان هستی میباشند.

در زمان نیوتون (اواخر سالهای ۱۶۰۰ میلادی) این قسمت از علم فیزیک فقط جنبه فرضی داشت. البته فرضیه غیر قابل تقسیم بودن اتم که زیر بنای طبیعت است، چهارصد سال قبل از میلاد مسیح پیشنهاد شده ولی تا اواخر قرن

www.takbook.com

نوزدهم بهمان صورت فرضیه باقی ماند. در این موقع دانشمندان موفق به ایجاد تکنولوژی شدند که تاثیر پدیده اتمی را مشاهده کنند. از اینجا ثابت شد که واقعا اتم وجود دارد. البته چیزی را که آنها واقعا ثابت کردند این بود که بهترین توجیه و تفسیر اطلاعاتی که در آن زمان بدست آورده بودند، وجود تئورتیکال اتم بود. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که فرضیه تقسیم ناپذیری اتم اشتباه بوده و اتمها خود از ذرات کوچکتری مانند الکترون ، پروتون و نوترون تشکیل شده است. این ذرات جدید را آنها ' ذرات بنیادی ' نام نهاده برای اینکه آنها واقعا فکر میکردند که بالاخره موفق شده اند که زیر بنای نهائی جهان هستی را کشف کنند.

برای درک تئوری ذرات بنیادی شهری را در ذهن خود مجسم نمائید که بطور کامل از آجر درست شده است. این شهر با انواع و اقسام ساختمانهای جور واجور و با اندازه های مختلف ، پر شده است. تمام این ساختمان ها و خیابان های این شهر صرفا از چند نوع مختلف آجر ساخته شده است. حال اگر ما کلمه ' شهر ' را با ' جهان هستی ' و آجر را با ذرات عوض کنیم ، تئوری ذرات بنیادی را بدست آورده ایم.

مطالعه دقیق تر ذرات بنیادی فیزیک دانان را رو در روی فیزیک نیوتونی قرار داده و چاره ای باقی نگذاشت جز اینکه فیزیک دانان ولو به اکراه ، قبول کنند که فیزیک نیوتونی بدرد جهان ذرات ریز نمیخورد. آزمایشات مکانیک کوآنتوم بارها و بارها نتایجی بوجود آورد که فیزیک نیوتونی نه میتوانست آنها را پیش بینی کند و نه اینکه این نتایج را تشریح و توصیف نماید. با وجود این، فیزیک نیوتونی حتی هنوز هم برای دنیای اجسام بزرگ (ماکروسکوپیک) قابل استفاده بوده و خیلی خوب این پدیده ها را تفسیر میکند. این شاید بزرگترین و عمیق ترین کشف در دنیای علوم باشد.

قوانین نیوتون بر اساس مشاهدات روزمره ما وضع شده است. خیلی چیزها را میتوان پیش بینی کرد. ولی مکانیک کوآنتوم در باره احتمال وقوع پدیده هائی بوده که امکان مشاهده آنها وجود ندارد. این پدیده ها را صرفا بایستی بطریق دیگری از روش معمولی درک ، بررسی نمود. سعی نکنید که یک تصویر کامل از مکانیک کوآنتوم در ذهن خود ایجاد نمائید. دانشمندان فیزیک گاهی تصویری از پدیده های کوآنتوم در فکر خود ایجاد مینمایند ولی حتی همین هم ارزش چندانی ندارد. در عوض سعی کنید با دید باز و بدون اینکه بخواهید چیزی را در ذهن خود مجسم نمائید، این پدیده ها قبول نمائید. ورنر هایزنبرگ یکی ازپایه گزاران فیزیک کوآنتوم مینویسد:

" قوانین تئوری کوآنتوم که بر پایه ریاضیات استوار گردیده به ما نشان میدهد که مفاهیم معمولی و با بصیرت ما نمیتواند بدون شک و شبهه در مورد ذرات خیلی ریز بکار گرفته شود. تمام کلمات و مفاهیمی را که ما توسط آنها یک پدیده فیزیکی را تعریف میکنیم، از جمله موقعیت، سرعت، رنگ، اندازه و نظیر این ها وقتی سعی کنیم که آنها را به ذرات بنیادی اعمال کنیم، بسیار مشکل و مسئله ساز خواهد شد. "

این عقیده که ما چیزی را درک نمیکنیم مگر اینکه تصویری از آن در ذهن خود ایجاد نمائیم حاصل مشاهده دنیا از دید فیزیک نیوتونی است. اگر ما بخواهیم جلو برویم، باید این طرز تفکر را عوض کنیم.

اولین کمک نیوتون به علوم قوانین حرکت بود. او میگفت که اگر جسمی بخط مستقیم حرکت نماید ، آن جسم تا ابد به این کار ادامه خواهد داد مگر اینکه یک ' اجبار ' روی آن اثر کند. درچنین حالتی جهت و سرعت آن ممکن است دچار تغییر بشود. این تغییر بستگی به میزان و جهت اجبار خواهد داشت. علاوه بر این ، هر کُنشی بهمراه واکنشی بهمان اندازه و در جهت مخالف خواهد بود.

www.takbook.com

قوانین نیوتون در مورد اجسام در حال حرکت

قانون اول

یک جسم در حال حرکت ، بحرکت خود ادامه خواهد داد و یک جسم ساکن ساکن خواهد ماند مگر اینکه یک اجبار (نیرو) روی آن آثر کند.

قانون دوم

نیرو معادل است با جرم ضربدر شتاب

$F= m*a$

قانون سوم

برای هر کنش ، یک واکنش بهمان اندازه و در جهت مخالف وجود دارد.

امروزه این مفاهیم بگوش تمام افراد آشنا آمده و لازم نیست که برای درک آن شخص علم فیزیک را بداند. ولی اگر ما بتوانیم خود را سیصد سال به گذشته ببریم ، خواهیم دید که این مفاهیم تا چه حد مهم و برجسته بوده اند.

در درجه اول ، قانون اول نیوتون به مخالفت با سلطه ارسطو ظاهر میشود که ابراز میدارد بطور طبیعی یک جسم در حال حرکت تمایل دارد که به وضع ساکن ، در بیاید.

در مرحله دوم قانون نیوتون وقایعی را تشریح میکند که در سالهای ۱۶۰۰ میلادی قابل رویت نبودند. در زندگی روزمره اجسامی که حرکت دارند، همواره در آخر بعلت اصطکاک به حالت ساکن در خواهند آمد. اگر ما یک ارابه در حال حرکت را در نظر بگیریم ، این جسم با هوائی که در آن حرکت میکند ، دچار اصطکاک خواهد شد. بهمین ترتیب چرخهای ارابه در روی زمین بهمین مشکل برخورد خواهد کرد و مگر اینکه در یک سرازیری قرار گرفته باشد، خیلی زود متوقف خواهد شد. ما میتوانیم که ارابه را نازک و باریک ساخته و چرخهای آنرا روغن کاری کنیم. ولی این کار صرفا اصطکاک را تقلیل داده و بالاخری ارابه بخودی خود توقف خواهد نمود.

نیوتون هرگز یک فیلم فضا نورد در فضا را ندیده بود ولی پیش بینی کرده بود که در فضا چه اتفاقی خواهد افتاد. اگر یک فضانورد مدادی را در جلوی خود رها کند، هیچ اتفاقی رخ نخواهد داد و مداد سرجای خود خواهد ایستاد. حالا اگر او با فشار این مداد را از خود دور سازد ، در جهت این فشار مداد شروع به حرکت خواهد کرد و اینکار را ادامه خواهد داد تا وقتی که بیک دیوار برخورد کند. اگر دیواری در فضا نباشد، این حرکت برای همیشه ادامه پیدا خواهد کرد . البته خود فضانورد هم در اثر این فشار در جهت مخالف قدری عقب خواهد رفت ولی بعلت وزن بیشتر خود، این حرکت خیلی کند خواهد بود.

درمرحله سوم نیوتون اظهار میکند که در تمام این مسائل او هرگز چیزی را فرض نکرده است. قوانین او صرفا بر پایه شواهد تجربی استوار بوده ، نه هیچ چیز دیگر. هر کس بنوبه خود میتواند این آزمایشات را تکرار نموده و بهمین

www.takbook.com

نتایج برسد. هر چیز که ارزش آن با آزمایشات تجربی تایید گردد ، واقعی و قابل قبول میباشد. اگر آزمایشات تجربی امکان پذیر نباشد، آنرا بایستی با سوءظن نگریست.

کلیسا با این نظرات از در مخالفت وارد شد. آنها چیزهائی در آن موقع ابراز میکردند که هزار و پانصد سال قدمت داشت و هیچ راه تجربی برای اثبات آنها وجود نداشت . به این ترتیب، فیزیک نیوتونی در مقابل قدرت کلیسا، قد علم کرده بود. قدرت کلیسا در آن موقع بسیارزیاد بود. کمی قبل از تولد نیوتون گالیله توسط دستگاه تفتیش عقاید دستگیر شده و جرم او این بود که اظهار میکرد که زمین بدور خورشید گردش میکند. این قضیه تاثیر زیادی روی بقیه افراد گذاشت که در میان آنها بایستی از رنه دکارت فرانسوی نام برد.

در دهه ۱۶۳۰ دکارت بازدیدی از کاخ ورسای داشت که بخاطر نوآوری در تکنولژی اوتوماتیک شهرت پیدا کرده بود . وقتی آب به جریان میافتاد ، صدای موسیقی بلند شده ، پری های دریائی به بازی مشغول گردیده و مجسمه نپتون با چوبدستی خود ظاهر میگردید.

ما نمیدانیم که نظریه فلسفی او در باره جهان هستی و تمام چیزهای داخل آن از قبل در فکر او جا داشته یا اینکه این مشاهدات در ورسای او را به این فکر انداخت که همه چیز در گیتی نتیجه ' اوتوماسیون ' بوده و این فرضیه را توسط ریاضیات خود تقویت کرد. از آن تاریخ به بعد نیاکان ما به جهان هستی بچشم یک ماشین بزرگ نگاه میکردند. برای سیصد سال تمام هم و غم دانشمندان این بود که کشف کنند که این ماشین بزرگ، چگونه کار میکند.

نیوتون یک کار ارزشمند دیگری هم به بشریت اهدا نمود. گرانش (gravity) که یک پدیده بسیار جالب است بشر بطور تاریخی آنرا یک قضیه عادی و مسلم فرض مینماید. بعنوان مثال اگر ما یک توپ را از روی زمین برداشته و سپس آنرا رها کنیم، مستقیما بزمین باز میگردد. ولی سؤآل اینجاست که این واقعه چگونه اتفاق میافتد. زمین از جا بلندنشده که خود را به توپ برساند ولی توپ بسمت زمین جذب میشود. فیزیک قدیمی این پدیده ساده ولی توضیح ناپذیر را به اسم پدیده ' عمل از راه دور ' (action-at-a-distance) نامگذاری کرده بود. خود نیوتون هم مانند هر کس دیگر در حل این معما ، وا مانده بود. او در نشریه مشهور خود ' اصول ریاضیات ' چنین مینویسد:

" من نمیتوانم کشف کنم که دلیل بروز چنین پدیده ای ، چه چیز میتواند باشد. من هیچ تئوری برای این منظور ندارم. فقط اینکه نیروی گرانش واقعا وجود داشته و طبق قوانینی که ما شرح دادیم عمل کرده و مسئول حرکات تمام اجرام سماوی میباشد. "

او به این نتیجه رسیده بود که فهم واقعی طبیعت نیروی گرانش خارج از ادراک بشر میباشد. در نامه ای خطاب به ریچارد بنتلی که دانشمند مشهوری بود، نوشت:

www.takbook.com

" اینکه یک جسم روی یک جسم دیگر از فاصله ای دور در خلاء تاثیر کند بدون اینکه چیزی در میان آنها وجود داشته باشد، بنظر من ، یک قضیه غیر منطقی و حتی ابلهانه میباشد. بنظر من هیچ انسانی چنان قدرت فیلسوفانه ندارد که خود را در چنین مغاکی بیاندازد. "

به موجب نظریه نیوتون، نیروئی که سیب را ازدرخت بسمت زمین میکشد، همان نیروئی است که ماه را در مدار زمین و سیارات را در مدار خورشید نگاه میدارد. او با استفاده از ریاضیات خودش ، او حرکات ماه و سایر سیاره ها را محاسبه نمود. بعد نتایج کار خود را با مشاهدات ستاره شناسان مقایسه نمود. این دو بخوبی با یکدیگرمطابقت میکرد. او بیکباره ثابت کرد که هیچگونه تفاوتی بین اجسام زمینی و اجرام سماواتی وجود نداشته و هردو توسط همان قوانین رهبری میشوند. چیزی که درحوزه فرمانروائی خدا یا خدایان بود ، حالا درحوزه فهم انسانهای میرنده در آمد. قوانین گرانش نیوتونی خود نیروی گرانش را توضیح نمیدهد . این کار بعدها توسط اینشتاین در تئوری نسبیت صورت گرفت. کار نیوتون این بود که تاثیر نیروی گرانش را بکمک ریاضیات مورد دقت قرار داد.

نیوتون اولین کسی بود اصولی را کشف کرد که تعداد زیادی مشاهدات را با هم ربط میداد. او این اصول را در طبیعت گوناگون و متنوع کشف کرد و بهمین خاطر کارهای او دنیای علم را بیشتر از هر کس دیگری تحت تاثیر قرار داده است. او به ما نشان داد که پدیده های جهان هستی منطقی و قابل فهم هستند. ابزار قدرتمندی را که او در اختیار ما غربی ها گذاشت ، شاید نه چندان عاقلانه ولی مطمئنا ما با کمال علاقه از آن استفاده کرده ایم. نتیجه آن چیزی است که در آن واحد مثبت و منفی میباشد. داستان صدمه ای که نوع بشر به محیط زیست وارد نموده است با کارهای نیوتون شروع میشود.

گالیله که هنوز از روش های قرون وسطی استفاده میکرد اولین نفری بود دنیای فیزیکی را مورد محاسبه و اندازه گیری قرار داد. او حرکات را اندازه گرفت ، تواتر (فرکانس) ، سرعت و زمان سقوط یک سنگ و نوسانات چلچراغ های بزرگ کلیساهای عظیم را مطالعه و اندازه گیری کرد.

رنه دکارت هم بنوبه خود تکنیک های ریاضی ابداع نمود و تصویر جهان هستی را بمثابه یک ماشین بزرگ به ما ارائه داد. اسحق نیوتون هم قوانینی وضع نمود که این ماشین بزرگ بحرکت و کار خود ادامه میدهد.

این افراد با شجاعت زیاد بر علیه علوم خفیه که بین قرن های ۱۲ تا ۱۵ رواج داشت ، اعلان جنگ داده و سعی کردند که انسان را در وسط صحنه قرار بدهند. به این ترتیب به انسان میفهماندند که لزومی ندارد که گوشه ای نشسته ، ناظری بیطرف بوده و اعتقاد داشته باشد که جهان هستی توسط نیروهای ماوراءالطبیعه رهبری میشود. غرابت این داستان از آنجا ظاهر میشود که که این افراد درست در جهت عکس این نظر قدم بر داشتند.

ژوزف وایزنباوم ، یک دانشمند در انستیتوی تکنولژی ماساچوست (ام آی تی) در باره کامپیوتر چنین نوشت:

" علوم به بشریت قول قدرت داده است. ولی همانطور که اغلب اتفاق افتاده است مردم با قول قدرت ، اغوا و گمراه میشوند که بهای آن بندگی و ناتوانی خواهد بود. قدرت اگر اختیار انتخاب نباشد ، دردی را دوا نخواهد کرد. "

حال بایستی دید که چه اتفاقی افتاده است.

قوانین حرکت نیوتون اتفاقی را که برای یک جسم متحرک میافتد تشریح میکند. با دانستن این قوانین بشرط آنکه چیزهای مشخصی قبل از حرکت در باره این جسم بدانیم، میتوانیم آینده آنرا پیشگوئی نمائیم. هر چه اطلاعات اولیه ما بیشتر باشد، پیشگوئی ما دقیقتر خواهد بود. ما حتی میتوانیم بعقب برگشته و تاریخچه یک جسم را پیشگوئی معکوس نمائیم. بعنوان مثال اگر ما موقعیت و سرعت کره زمین ، ماه و خورشید را بدانیم میتوانیم پیش بینی کنیم که زمین در هر زمان مشخص در آینده چه موقعیتی نسبت به ماه و خورشید خواهد داشت. این به ما اجازه خواهد داد که خورشید و ماه گرفتگی ، فصول و اینجور چیزها را پیش گوئی کنیم. بهمین طریق موقعیت زمین را نسبت به ماه و خورشید در زمان گذشته محاسبه نمائیم.

بدون فیزیک نیوتونی برنامه های فضائی امکان پذیر نخواهد بود. موشک هائی که بسمت ماه پرتاب میشوند ، در یک زمان مشخص از سکوی پرتاب ، رها میگردند. زمین در همین حال بدور محور خود در گردش بوده و با سرعت بجلو هم میرود. همین قضیه در مورد جائیکه قرار است موشک در ماه فرود آید ، ساکن نبوده و در حال حرکت است. در عین حال بیشک این موشک بایستی کوتاهترین مسیر ممکنه را انتخاب نماید. محاسبات حرکات زمین، ماه و سفینه فضائی توسط کامپیوتر انجام میگردد ولی اساس محاسبات همانست که نیوتون ابداع کرده است.

www.takbook.com

در عمل کار ساده ای نیست که ما تمام پارامترهای موجود را در قبل از وقوع یک اتفاق ، بدانیم. حتی یک عمل ساده مانند کوبیدن یک توپ به دیوار میتواند کاملا پیچیده باشد. شکل ، اندازه ، قابلیت انعطاف و گشت آور توپ ، زاویه ای که توپ تحت آن به دیوار برخورد میکند . چگالی ، فشار ، رطوبت و درجه حرارت هوا ، شکل ، سختی و موقعیت دیوار ، از جمله عناصر لازمی هستند که ما بایستی بدانیم تا بتوانیم پیش بینی کنیم که توپ در کجا بزمین خواهد افتاد. بدست آوردن تمام این اطلاعات کار ساده ای نبوده بخصوص اگر حرکات پیچیده تری اتفاق بیفتد. به این ترتیب در عمل وسعت اطلاعات لازم طوری زیاد است که ما را از ورود به این کار پشیمان میکند.

ولی بهر تقدیر ، قدرت پیشگوئی آینده بر اساس اطلاعات زمان حال با استفاده از قوانین حرکت ، به پیشینیان ما نیروئی عطا کرده که تا آن موقع بر هیچکس آشکار نبود. بایستی متذکر شد که این نظریه یک منطق دلسرد کننده در خود دارد. اگر قوانین طبیعت بتواند یک واقعه را در آینده پیش بینی نماید ، با دادن اطلاعات کافی ، میتوانیم قائل باشیم که قادر خواهیم بود که وقایع گذشته را بررسی کنیم. بطور خلاصه اگر ما جبر مکانیستی فیزیک نیوتون را قبول داشته و جهان هستی فقط یک ماشین بزرگ باشد، در چنین صورتی در لحظه خلقت و براه انداختن آن ، هر چیزی که قرار بود در جهان اتفاق بیفتد، از قبل تصمیم گرفته شده است.

بر طبق این فلسفه ما ممکن است که اینطور تصور کنیم که اختیار خود را داشته و این قدرت را داریم که سیر اتفاقات را در زندگی خود عوض نمائیم. ولی اینطورنیست. همه چیز از ابتدای خلقت بهمین صورتی که هست ، مقدر شده و جهان هستی مانند یک نوار ضبط صوت است که صرفا آنچه را در آن ضبط شده، پخش میکند. موقعیت بشر بمراتب از آنچه در قبل از ابداع علوم بود ، بدتر و فلاکت بار تر شده بود. چرخ بزرگ کورکورانه به حرکت خود ادامه داده و همه چیز در آن ، مهره هائی بیش نیستند.

ولی به موجب نظریه مکانیک کوآنتوم ، حتی در اصول فرضیه امکان ندارد که ما بتوانیم بطور کامل همه چیز را در زمان حال دانسته که قادر باشیم آینده را پیشگوئی نمائیم. حتی اگر بهترین وسائل اندازه گیری را در اختیار داشته باشیم، هنوز این امکان وجود نخواهد داشت. قضیه داشتن وقت ، بزرگ بودن حجم اطلاعات لازم و عدم دقت وسائل سنجش نیست. طبیعت چیزها در جهان هستی چنین است که ما فقط میتوانیم یک جنبه آنها را مورد مطالعه قرار داده و با دقت اندازه گیری کنیم.

نیلز بُهر یکی دیگر از پایه گذاران مکانیک کوآنتوم چنین مینویسد:

" در مکانیک کوآنتوم ما با یک عدم پذیرش اختیاری تجزیه و تحلیل پدیده های اتمی روبرو نیستیم. چیزی که ما درک خواهیم کرد اینست که امکان چنین تجزیه و تحلیلی وجود ندارد. "

بعنوان مثال، جسمی را فرض کنید که در فضا حرکت میکند. این جسم دارای یک موقعیت و یک گشت آور بوده که قابل اندازه گیری است. این یک مثال فیزیک قدیمی (نیوتونی) میباشد. گشت آور (Momentum) ترکیبی از وزن جسم، سرعت و جهت حرکت آن میباشد. از آنجائیکه ما قادر هستیم که موقعیت و گشت آور این جسم را در هر زمان اندازه گیری کنیم، چندان مشکل نیست که محاسبه کنیم که این جسم در هر زمان در آینده ، در چه محلی خواهد بود. اگر ما هواپیمائی را ببینیم که با دویست کیلومتر در ساعت بسمت شمال پرواز میکند، ما میتوانیم محاسبه کنیم که در دو ساعت این هوا پیما بیشتر بسمت شمال خواهد رفت بشرط اینکه سرعت و جهت حرکت خود را عوض ننماید.

کشف مکانیک کوآنتوم که فکر ما را باز کرده بخاطر اینست که فیزیک نیوتونی قابل تعمیم به پدیده های فرو اتمی نیست. در دنیای فرو اتمی ما قادر نیستیم که موقعیت و گشت آور یک ذره را با دقت اندازه گیری کنیم. ما هر قدر اندازه گیری خود را در یک مورد دقیق تر کنیم، در همان حال اطلاعات ما در باره دیگری ، مبهم تر خواهد شد. ما میتوانیم موقعیت ذره را بتنهائی بادقت اندازه بگیریم. ولی در این حال ، تمام اطلاعات ما در باره گشت آوراز دست خواهد رفت. این اصل عدم قطعیت ورنر هایزنبرگ است که هرچند غیر قابل باور بنظر میرسد، بارها و بارها ارزش آن در تجربیات عملی به اثبات رسیده است.

البته اگر ما یک ذره متحرک را مجسم نمائیم ، مشکل است که بتوانیم قبول کنیم که قادرنیستیم همزمان موقعیت و گشت آور آنرا اندازه گیری کنیم. این قادر نبودن بر خلاف عقل سلیم میباشد. این تنها پدیده مکانیک کوانتوم نیست که با عقل سلیم در تضاد است. تضاد با عقل سلیم در حقیقت در قلب فیزیک جدید ، جا دارد. فیزیک جدید بارها و بارها به ما میگوید که جهان آن چیزی نیست که ما فکر میکردیم. خیلی بیشتر از آنست که به فکر و نظر ما میرسد.

www.takbook.com

از آنجاییکه ما نمیتوانیم هر دو پارامتر موقعیت و گشت آور ذرات فرو اتمی را مشخص کنیم ، بهمین دلیل نمیتوانیم یک پیشگوئی دقیق در باره آنها ابراز نمائیم. به این ترتیب مکانیک کوانتوم قادر نیست که یک واقعه خاص را پیش بینی کند. کاری که از دست فیزیک مدرن بر میآید اینست که ***احتمال*** وقوع یک واقعه را بررسی نماید. مکانیک کوانتوم با همان دقتی که فیزیک نیوتونی وقوع یک اتفاق ماکروسکوپیک را پیش بینی مینمود، احتمال یک واقعه میکروسکوپیک را پیش بینی میکند.

فیزیک نیوتونی میگوید اگر چنین و چنان چیزی است که امروز اتفاق میافتد، چنین و چنان چیزی است که فردا هم اتفاق خواهد افتاد. مکانیک کوآنتوم میگوید اگر چنین وچنان امروز اتفاق بیفتد، پس ***احتمال*** اتفاق افتادن چنین و چنان در فردا را میتوان محاسبه کرد. ما هرگز نمیتوانیم با دقت بدانیم که که چه اتفاقی برای ذره ای را که مطالعه میکنیم خواهد افتاد. تنها چیزی که ممکن است بتوانیم با قطعیت بگوئیم احتمال وقوع این اتفاق است. دلیلی آنهم اینست که دو پارامتر موقعیت و گشتآور فیزیک نیوتونی را نمیتوان با دقت و قطعیت بدست آورد.

پیام فیزیک نیوتونی اینست که جهان هستی تحت قوانینی اداره میشود که عقل سلیم قادر به درک آن میباشد. نیوتون یک شخص مذهبی بود و مشاهده میکرد که قوانین او تجلی کامل بودن پروردگار است. با این وجود این قوانین در خدمت بشر نیز قرار گرفته و شخصیت و اهمیت وی را در جهان هستی، تقویت مینماید. جای تاسف است که در آخر جای بشر در این تئوری بیک مهره ناچیز و ناقابل در چرخ بزرگ جهان هستی تنزل پیدا نمود. چرخ بزرگی که کارکرد آن از روز نخست خلقت ، مقدر شده بود.

بر خلاف فیزیک نیوتونی ، مکانیک کوآنتوم به ما میگوید که اطلاعات ما در باره اینکه چه چیزی اتفاقات فرو اتمی را کنترل میکند در آن حد نیست که ما انتظار داریم. به ما میگوید که نمیتوانیم پدیده های فرو اتمی را با قطعیت پیش بینی کنیم. ما فقط میتوانیم احتمالات آنها را بررسی نمائیم.

از دید فلسفی دلالت مکانیک کوآنتونم سرگیجه آور است. نه تنها ما واقعیت ها را تحت تاثیر قرار میدهیم بلکه تا حدی آنها را خلق میکنیم. دلیل آن اینست که طبیعت ذرات اینست که ما بتوانیم فقط یکی از دو پارامتر موقعیت یا گشت آور را در باره آنها بدانیم. ولی هردو آنها را نمیتوانیم با دقت بررسی کنیم. به این ترتیب ما بایستی یکی از این دو را برای بررسی انتخاب نمائیم. این کار خیلی نزدیک آنست که اظهار کنیم که ما بعضی از خواص ذره را از خود ابداع خواهیم نمود. بعبارت دیگر این امکان وجود دارد که ما چیزی ابداع میکنیم که موقعیت دارد ، مثلا یک ذره ، و دلیل آنهم اینست که ما تصمیم گرفته ایم که موقعیت را تعیین کنیم و چون موقعیت بدون چیزی که آن موقعیت را اشغال نماید ، غیر ممکن است، ما ذره را خود خلق مینمائیم.

فیزیک کوانتوم چنین سؤآلاتی را مطرح مینماید:

آیا یک ذره با گشت آور قبل از اینکه ما روی آن آزمایش کرده که گشت آور آنرا مشخص کنیم، وجود داشته است؟ همین سؤآل در باره موقعیت یک ذره وقتی موقعیت آن در دست بررسی است قبل پرسش است. و از همه مهمتر این سؤآل است:

آیا هیچ ذره ای قبل از اینکه بفکر آزمایش روی آن بیفتیم، وجود داشته است؟ آیا خود ما ذره ای را خلق نکرده که روی آن آزمایش کنیم ؟

این سؤآلاتی است که فیزیکدانان با آنها روبرو میشوند.

جان ویلر یک فیزیک دان مشهور در دانشگاه پرینستون است. او میویسد:

" آیا جهان هستی و کائنات بطریقی عجیب توسط کسانی که خود جزو کائنات و شرکت کننده هستند ، بوجود نیامده است؟ عمل حیاتی ، عمل مشارکت است. شرکت کننده یک مفهوم جدید و مسلم بوده که مکانیک کوآنتوم ارائه کرده است. به این ترتیب مکانیک کوآنتوم کلمه ناظر از فیزیک کلاسیک را حذف مینماید. این ناظر مردی بوده است که در کمال امنیت در پشت یک دیوار شیشه ای ضخیم ایستاده و نظارت میکند که چه افتاقی میافتد بدون اینکه در آن مشارکتی داشته باشد. کوآنتوم مکانیک میگوید که چنین چیزی غیر ممکن است. "

زبان صوفیان شرقی و فیزیکدانان غربی شباهت زیادی بیکدیگر پیدا میکند.

فیزیک نیوتونی و مکانیک کوآنتوم توسط یک عمل کنایه آمیز مضاعف ، با هم شریک میشوند. فیزیک نیوتونی بر پایه این عقیده استوار گشته که قوانینی پدیده ها را تحت فرمان دارد و قدرت درک آنها ، زیر بنای این فیزیک را تشکیل

www.takbook.com

میدهد. ولی همین فیزیک وقتی با ماشین (چرخ) بزرگ که منظور کائنات است ،روبرو میشود، سر افکنده و ناتوان میشود. مکانیک کوآنتوم بر این عقیده استوار گردیده که ما خیلی کم میتوانیم از اتفاقات آینده چیزی بدانیم. تمام اطلاعات ما در این زمینه منحصر به احتمالات خواهد بود. این امکان بوجود میآید که واقعیت های ما چیزی است که ما انتخاب کرده که آنرا بسازیم.

هنوز یک تفاوت بنیادی بین فیزیک قدیمی و جدید موجود است. فیزیک قدیمی اینطور فرض میکند که یک جهان خارجی وجود دارد که از ما جداست. فرض دیگر اینست که ما میتوانیم در باره دنیای خارجی مشاهده کرده، اندازه گیری نموده و گمانه بزنیم بدون اینکه تغییری در آن ایجاد نمائیم. و اینکه این دنیای خارجی نسبت به ما و احتیاجات ما ، کاملا بیتفاوت است.

اعتبار تاریخی گالیله از تلاش خستگی ناپذیر او سرچشمه گرفته که کوشش میکرد پدیده های دنیای خارجی را اندازه گیری کند. قدرت زیادی در فرآیند اندازه گیری ، مستتر است. بعنوان مثال وقتی یک رابطه مانند شتاب جسم در حال سقوط ، بدست میآید، دیگر مهم نیست که چه کسی این شیی را بزمین رها کرده و یا این جسم در کجا رها شده است. نتیجه همواره همان خواهد بود. یک آزمایشگر در ایتالیا همان نتیجه ای را خواهد گرفت که یک محقق روسی ، یک قرن بعد این آزمایش را تکرار نماید. نتیجه آزمایش پیوسته همان خواهد بود قطع نظر از اینکه این آزمایش توسط یک فرد بدبین، یک فرد معتقد یا یک شاهد بیطرف انجام گرفته باشد.

حقایقی نظیر این فیلسوف ها را متقاعد نمود که جهان هستی یا کائنات بدون توجه براه خودش رفته و کاری را انجام میدهد که بایستی بکند و کوچکترین توجهی به ساکنان خود ندارد. بعنوان مثال اگر ما همزمان دو نفر را از یک بلندی بزمین پرتاب کنیم، این آزمایش تکرار شونده نشان خواهد داد که هردو آنها قطع نظر از تفاوت وزنی ، در یک زمان با زمین برخورد خواهند نمود. ما پارامترهای سقوط آنها را از قبیل شتاب و ضربه را بهمان طریقی اندازه خواهیم گرفت که اگر دو قطعه سنگ را پرتاب کرده بودیم.

ولی شما میتوانید بگوئید که تفاوتی بین انسان و سنگ وجود دارد. سنگ دارای عقیده و احساس نیست ولی انسان واجد هردوی آنهاست. یکی از این دو نفر ممکن است از این سقوط ترسیده و دیگری ممکن است خشمگین شده باشد. آیا تفاوت احساس آنها هیچ تاثیری در روند این فرآیند نخواهد داشت؟

نخیر... احساسات ابنای بشرکوچکترین تاثیر در روند سقوط نخواهد داشت. اگر ما آنها بلند کرده و بار دیگر به بالای برج ببریم، آنها درست در همان زمان و با همان شتاب قبل سقوط خواهند کرد. ماشین بزرگ جهان هستی بیتفاوت خواهد ماند. در حقیقت همین بیتفاوتی باعث شد دانشمندان کوشش خود معطوف عینیت و بیطرفی مطلق بکنند.

نظریه علمی بیطرفی نتیجه این فرض میباشد که جهان خارج که در خارج قرار دارد در تضاد با ' من ' است که در اینجا هستم. بموجب این نظریه طبیعت با وجود تنوع غیر قابل باور خود، در ' بیرون ' قرار دارد. وظیفه علوم اینست که به این ' بیرون ' با نهایت بی طرفی نگاه کند.

مسئله ای که برای سه قرن نادیده گرفته شد این بود که کسی که چنین نگرش و روشی را دارد بدون شک متعصب خواهد بود. تعصب او اینست که بیطرف بوده که معنای آن اینست که هیچ عقیده ای نداشته باشد. حقیقت اینست که امکان ندارد که شخص بدون هیچ عقیده ای باشد. عقیده ، نقطه نظرهای یک شخص است. همان تصمیم که یک بخش از واقعیت را در عوض بخشی دیگر مورد مطالعه قرار بدهیم ، بخود خود یک عقیده را ابراز مینماید. همین روی واقعیت تاثیر خواهد گذاشت. برای اینکه واقعیت چیزی است که ما آنرا مورد مطالعه قرار میدهیم.

فیزیک جدید به ما میگوید که امکان ندارد که حقیقت را ملاحظه کنیم بدون اینکه تغییری در آن ایجاد نمائیم. فرض کنید که ما بیک آزمایش برخورد ذرات با یکدیگر نگاه میکنیم. ما هیچ راهی نداریم که ثابت کنیم که نتایج این آزمایش همان است که اگر ما به آن نگاه نمیکردیم. تا جائیکه ما میدانیم این چنین نخواهد بود چون حقیقت اینست که چیزی بنظر ما میرسد که دنبال آن میگشتیم.

بعضی آزمایشات نشان میدهد که نور خاصیت تموجی دارد. آزمایشات دیگری با همین درجه از از دقت ثابت میکند که نور خود از جنس ذرات است. برای اینکه نشان دهیم که نور تموجی یا ذره ایست تنها کاری که بایستی انجام بدهیم اینست که آزمایش مخصوصی را انتخاب نمائیم.

بر حسب مکانیک کوآنتوم، چیزی به اسم بیطرفی وجود ندارد. ما خود را ازصحنه نمیتوانیم حذف کنیم. ما خود قسمتی از طبیعت بوده و وقتی ما طبیعت را مورد آزمایش قرار میدهیم، این حقیقت را نمیتوانیم ندیده بگیریم که این طبیعت

www.takbook.com

است که روی خود آزمایش میکند. فیزیک یک شاخه ای از روان شناسی شده و شاید این روانشناسی است که شاخه از فیزیک است.

کال یونگ روان شناس سویسی مینویسد:

" قوانین روان شناسی چنین میگوید که وقتی کارهای داخلی آگاهانه صورت نمیگیرد ، این کارها در خارج انجام میگیرد. بایستی گفت که وقتی شخص یک تکه باقی مانده و از تلاشی داخلی خود اطلاعی ندارد ، جهان اجبار پیدا میکند که این تلاشی داخلی را از بین برده و به یک تکه متضاد تقسیم شود. "

اگر روانشناسان در ارزیابی خود صحیح عمل کرده باشند بایستی گفت که فیزیک مطالعه ساختمان ضمیر و هشیاری است.

سقوط از ماکروسکوپی به میروسکپی که ما آنرا حوزه ذرات بسیار ریز نام نهادیم ، در دو مرحله صورت میپذیرد. مرحله اول سقوط تا حد اندازه اتمها و مرحله بعد در اندازه های ذرات فرو اتمی میباشد. کوچکترین ذره ای که ما میتوانیم با قویترین میکروسکپ اوپتیکال مشاهده کنیم ، شامل میلیون ها اتم است. اگر ما بخواهیم که اتمها را در یک توپ تنیس مشاهده کنیم بایستی این توپ را تا اندازه کره زمین بزرگ نمائیم. در چنین حالتی اتمها به اندازه دانه های خوشه انگور خواهند بود. حال اگر شما بتوانید زمین را مانند یک توپ تنیس بزرگ تصور کنید که پر از انگور است، ممکن است مجسم نمائید که یک توپ تنیس پر از اتم چگونه بنظر میرسد.

مرحله دوم سقوط از اندازه های اتم ما را به اندازه های فرو اتمی میکشاند. در اینجا ما با ذراتی سر و کار خواهیم داشت که اتم را ساخته اند. تفاوت بین اندازه های اتمی و اندازه های فرو اتمی بهمان اندازه تفاوت بین اندازه اتم و کوه و تپه در روی زمین خواهد بود. امکان دیدن هسته اتم وقتی آنرا به اندازه یک دانه انگور بزرگ کرده ایم، وجود ندارد. حتی اگر اتم را به اندازه یک اطاق هم بزرگ کنیم، هنوز ممکن نیست که بتوانیم هسته آنرا ببینیم. برای دیدن هسته اتم ، چنین ساختمانی بایستی یک آسمان خراش چهارده طبقه باشد. در چنین حالتی هسته اتم به اندزه یک بلور نمک به وزن یک گرم خواهد بود. حال بایستی تصور شود که که هسته اتم در حدود دو هزار بار سنگین تر از الکترون است و به این ترتیب اندازه الکترون ها در یک اتم که معادل یک ساختمان چهارده طبقه بزرگ شده بزرگتر از ذرات گرد و غبار نخواهد بود.

محیط گنبد کلیسای سنت پیترز در واتیکان تقریبا به اندازه یک ساختمان چهارده طبقه میباشد. یک بلوریک گرمی نمک را مجسم نمائید که قدری ذرات گرد و خاک در خارج از گنبد در اطراف آن گردش میکنند. این مثال اندازه ذرات فرو اتمی را به ما نشان میدهد. در قلمرو چنین ذراتی است که در فیزیک نیوتونی به اندازه کافی قدرت وجود نداشته و مکانیک کوآنتوم لازم است که روند این ذرات را توضیح بدهد.

یک ذره فرو اتمی (subatomic particle) ، یک ذره واقعی مانند ذره گرد و خاک نیست و تفاوت بین آنها فقط تفاوت اندازه و وزن نیست. یک ذره گرد و خاک یک ' چیز ' است. یک شیی کوچک. ولی یک ذره فرو اتمی یک ' چیز' نیست. بنابراین ما ملزم هستیم که عقیده اینکه ذرات فرو اتمی یک شیی فوق العاده کوچک هستند، بیکباره فراموش کنیم.

مکانیک کوآنتوم به این ذرات بچشم تمایل و استعداد موجویت یا اتفاق افتادن نگاه میکند. تا چه حد این تمایل زیاد یا کم میشود توسط ' احتمالات ' بیان میگردد. یک ذره فرو اتمی یک ' کوانتوم ' است که به معنای کمیت ' چیزی ' است. حالا آن ' چیز ' چه میتواند باشد صرفا یک حدس و گمان خواهد بود. خیلی از فیزیک دانان حتی طرح چنین سؤآلی را بی معنی میدانند. شاید بدنبال معنای واقعی کائنات و جهان هستی گشتن، کاری عبث و بیهوده باشد. در سطح ذرات فرو اتمی جرم و انرژی بطوردائم بیکدیگر تبدیل میگردند. این کار طوری به کثرت اتفاق میافتد که اغلب جرم ذرات را در واحد انرژی اندازه گیری میکنند. از آنجائیکه تمایل پدیده های فرو اتمی با احتمالات نشان داده میشود ، این ما را به دنیای آمار و حساب احتمالات وارد میکند.

بدیل اینکه در کوچکترین فضائی که ما میتوانیم بچشم ببینیم میلیون میلیون ذرات فرو اتمی وجود دارد ، راه ساده تر آنست که برای مطالعه آنها از روشهای آماری استفاده استفاده کنیم. آمار روشی است که که تصویری از روش گروهی

www.takbook.com

را بدست میدهد. آمار نمیتواند به ما بگوید که یک فرد در میان جمعیت چه رفتاری دارد ولی با مشاهدات مکرر، تصویر کاملا دقیقی از رفتار دسته جمعی را برای ما ایجاد مینماید.

بعنوان مثال مطالعه ازدیاد جمعیت یک کشور میتواند به ما بگوید که چند کودک در عرض یک زمان مشخص (چند سال) متولد شده و پیش بینی نماید که چند کودک در آینده در همین مدت ، بدنیا خواهند آمد. ولی آمار نمیتواند به ما بگوید که کدام خانواده دارای بچه خواهند شد و کدام بدون بچه باقی خواهند ماند. اگر ما بخواهیم که در تقاطع یک جاده روند ترافیک را بدانیم، میتوانیم در این تقاطع وسیله ای تعبیه کنیم که به ما نشان بدهد چه تعدادی از اتومبیل ها در مسیر مستقیم، چه تعداد براست یا به چپ پیچیده اند. ولی به ما نمیگوید که چه اتومبیلی این کار را انجام داده است.

آمار در فیزیک نیوتونی هم کاربرد زیادی دارد. بعنوان مثال در رابطه بین حجم یک گاز و فشار مورد استفاده قرار میگیرد. این رابطه توسط قانونی به اسم ' بویل ' تعریف میگردد. ساده ترین مثال کاربرد آن در تلمبه چرخ دوچرخه است. قانون بویل میگوید اگر حجم یک مخزن گاز که مقدار مشخصی از گاز در آن وجود دارد تحت شرایط درجه حرارت ثابت ، به نصف تقلیل پیدا کند، فشار گاز داخل مخزن دو برابر خواهد شد.

حال یک شخص را با یک تلمبه دوچرخه مجسم کنید. او دسته تلمبه را بالا آورده و حاضر شده که آنرا با فشار به پائین براند. لوله خروجی تلمبه ، بجای اتصال به تایر دوچرخه ، به یک فشار سنج متصل شده است. به این ترتیب ما میتوانیم ببینیم که چه فشاری در تلمبه بوجود میآید. از آنجائیکه شخص هنوز دسته تلمبه را پائین نیاورده، هنوز در سیلندر تلمبه فشاری ایجاد نشده و عقربه فشار سنج روی صفر قرار گرفته است. هرچند که فشار داخک سیلندر تلمبه واقعا صفر نیست. ما در قعر اقیانوسی ازهوا زندگی میکنیم (فشار اتمسفری) . وزن کیلومترها از هوا در بالای سر ما ، فشاری معادل ۱۴.۷ پاوند بر اینچ مربع (پی اس آی) به بدن ما وارد میسازد. طبعا بدن ما برای در هم نریزد، بایستی فشاری معادل این فشار به سمت خارج اعمال نماید. این حالتی است که ما معمولا انرا در فشار سنج دوچرخه فشار صفر قلمداد میکنیم. حالا برای اینکه دقیقتر باشیم ، قبل از پائین آوردن دسته تلمبه ، عقربه فشار سنج را بجای صفر روی ۱۴.۷ قرار میدهیم.

در این موقع ما دسته تلمبه راپائین آورده و پیستون را در وسط سیلندر متوقف میکنیم. در این حالت هوای داخل سیلندر تلمبه به نصف اندازه اولیه تقلیل پیدا کرده و چون لوله خروجی تلمبه به یک فشار سنج متصل شده، هیچ هوائی از تلمبه خارج نمیشود. فشار سنج حالا رقم ۲۹.۴ پوند بر اینچ مربع را نشان خواهد داد که دو برار فشار قبلی است. کار بعدی اینست که ما دسته تلمبه را تا دو سوم راه پائین بیاوریم. در این موقع حجم داخل سیلندر تلمبه ، بیک سوم حجم اولیه تقلیل پیدا میکند. فشار سنج هم فشاری معادل سه برابر فشار اولیه نشان میدهد (۴۴.۱ پی اس آی) . این قانون بویل است. تحت درجه حرارت ثابت، یک حجم مشخص از گاز بطور معکوس با فشار رابطه دارد. اگر حجم گاز به نصف تقلیل پیدا نماید ، فشار دو برابر خواهد شد. اگر حجم یک سوم شود فشار سه برابر خواهد شد. برای توضیح این پدیده ، ما از آمار کلاسیک کمک خواهیم گرفت.

هوای داخل تلمبه از میلیونها مولکول تشکیل شده است. این مولکول ها در حال حرکت بوده و در هر لحظه از زمان ، میلیون ها از این ملکول ها خود را به دیواره سیلندر میزنند. گرچه ما نمیتوانیم که هر برخورد تنها را تشخیص بدهیم، تاثیر ماکروسکوپیک برخورد این میلیون ها مولکول در یک اینچ مربع بدنه سیلندر پدیده فشار را ایجاد مینماید. اگر ما حجم سیلندر را به نصف تقلیل بدهیم ، تعداد برخورد ها را دو برابر کرده ایم. تاثیر ماکروسکوپیک این کار افزایش مضاعف فشار خواهد بود. حال اگر بازهم حجم را کمتر کرده و بیک سوم تقلیل بدهیم، با همین استدلال فشار سه برابر خواهد شد. این تئوری کینتیک گازها نام دارد.

در اینجا فشار نتیجه روند دسته جمعی تعداد زیادی مولکول متحرک بوده و جمع آوری اتفاقات مجرد میباشد. به موجب فیزیک نیوتونی هر روند مجرد را میتوان بتنهائی مور مطالعه قرار داد چون این روند از دید تئوری ، از قانون جبر مطلق تبعیت مینماید. در اصل، ما میتوانیم که مسیر هر مولکول را در سیلندر تلمبه محاسبه نمائیم. کاربرد آمار در فیزیک قدیمی ، از این قرار است.

مکانیک کوآنتم هم از آمار استفاده میکند ولی تفاوت بزرگی در این استفاده در مورد فیزیک جدید و قدیمی وجود دارد . در مکانیک کوآنتوم هیچ راهی وجود ندارد که بتوان وقایع مجرد را پیش بینی کرد. این درس شگفت انگیزی است که آزمایش در حیطه ذرات فروانمی ، به ما میآموزد.

به این ترتیب مکانیک کوانتوم صرفا با رفتار گروهی سر و کار دارد. رابطه بین رفتار گروهی و وقایع مجرد را عمدا مبهم باقی میگذارد. دلیل آن هم اینست که رفتار مجرد ذرات فرو اتمی را بخاطر اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نمیتوان با

www.takbook.com

دقت اندازه گیری کرد. ما در مبحث ذرات پر انرژی در این باره گفتگو خواهیم کرد. مکانیک کوآنتوم بیکباره قوانینی را که شامل روند های مجرد میشد، نفی کرده و کنار گذاشته است. مکانیک کوآنتوم فقط به ما میگوید که رفتار گروهی ذرات چگونه است. در مورد ذرات مجرد تنها چیزی که میتواند بیان کند ***احتمال*** رفتار یک ذره بخصوص میباشد. حساب احتمالات بخش بسیار مهمی از فیزیک کوآنتوم را تشکیل میدهد.

این باعث میشود که مکانیک کوآنتوم یک ابزار ایده آل برای مطلعه پدیده های فرو اتمی قرار بگیرد. برای مثال پدیده فروپاشی رادیواکتیو را در نظر بگیرید. این یک پدیده عموما قابل پیش بینی بوده که از پدیده های مجرد غیر قابل پیش بینی تشکیل شده است.

فرض کنیم که یک گرم رادیوم را در محلی محفوظ برای مدت یک هزار و ششصد سال قرار داده ایم. آیا وقتی پس از این مدت بسروقت این نمونه باز گردیم، آیا ما یک گرم رادیوم در آنجا خواهیم داشت؟ خیر... ما در آنجا فقط نیم گرم رادیوم پیدا خواهیم کرد. دلیل آن اینست که اتمهای رادیوم بطور طبیعی متلاشی شده و این تلاشی به میزان نیمی از مجموع اتمها در ۱۶۰۰ سال خواهد بود. به این ترتیب ما بعد از این مدت فقط نیم گرم رادیوم خواهیم داشت. حال اگر ما این نیم گرم را برای مدت ۱۶۰۰ سال دیگر در همان جا باقی بگذاریم، بعد از انقضای این مدت، فقط یک چهارم از رادیوم اولیه را بدست خواهیم آورد. فیزیک دانان در این مورد چنین میگویند که که رادیوم یک نیمه عمر ۱۶۰۰ ساله دارد. از اینجا چنین نتیجه گرفته میشود که هر ۱۶۰۰ سال یکبار، نیمی از تمام اتمهای موجود رادیوم در کره زمین نابود میشود. ما از کجا میتوانیم بفهمیم که کدام اتم رادیوم قرار است متلاشی شده و کدام یک مقدر شده که بهمان صورت باقی بماند؟

راهی وجود ندارد که ما بتوانیم به این قضیه پی ببریم. تنها کاری که میتوانیم انجام بدهیم اینست که محاسبه کنیم چه تعدادی اتم در یک قطعه رادیوم قرار است در عرض یکساعت بعد متلاشی شوند ولی اینکه کدام اتمها در این مدت متلاشی خواهند شد، مسئله ایست که حل آن برای ما امکان پذیر نخواهد بود. تئوری کوانتوم بیکباره قوانینی را که مربوط به تلاشی اتمهای مجرد میباشد، کنار گذشته و مستقیما بسراغ قوانین آماری فرآیند تلاشی رادیوم بعنوان گروه بزرگی از اتمهای رادیوم رفته و این طریق استفاده از آمار در فیزیک جدید است.

مثال جالب دیگر در این مورد طرز قرار گرفتن الکترون ها در مدارات اطراف هسته اتم میباشد. این رفتار در یک اتم مجرد قابل پیش بینی نبوده و بار دیگر بایستی از آمار و حساب احتمالات برای مطالعه این پدیده استفاده کنیم. بگذارید یاد آوری کنیم که بر حسب تئوری بُهر الکترون های یک اتم صرفا در لایه هائی با فاصله مشخص از هسته، قرار گرفته اند (صفحه ۱۰). بطور عمومی یک الکترون تنها در یک اتم هیدروژن در نزدیکترین لایه نسبت به هسته قرار میگیرد. اگر ما با دادن انرژی به این الکترون باعث تهییج آن بشویم، این کار باعث خواهد شد که الکترون به مداری دور تر از هسته جهش پیدا کند. هر قدر ما این انرژی را افزایش بدهیم، الکترون به مدارهای دورتر از هسته خواهد رفت. حال اگر ما انرژی را قطع کنیم، الکترون برعکس عمل کرده و به مدارهای نزدیکتر به هسته ، سقوط خواهد کرد. در آخر به نزدیکترین مدار به هسته ، باز خواهد گشت. با هر سقوطی از مدار بالاتر به پائینتر، الکترون همان مقدار انرژی را که گرفته بود که به مدار بالاتر برود، بصورت انرژی نوری ، پس خواهد داد. این همان نوری است که اگر وارد منشور شود ، در طیف هیدروژن بیشتر از یکصد خط رنگی ایجاد خواهد نمود. هر یک از این خطوط ، معرف تفاوت انرژی لایه های مختلف الکترونی است .

مطلبی را که ما در صفحات قبل ذکر نکرده بودیم این بود که بعضی خطوط از بقیه پررنگتر و مشخص تر هستند. خطوط پررنگ همیشه پررنگ و خطوط کمرنگ همواره بهمین صورت هستند. بایستی توجه داشت که الکترون اتم هیدرژن وقتی از مدارهای بالا به مدارهای پائین سقط میکند، پیوسته همان مسیر را انتخاب نمینماید. این باعث میشود که طیف حاصله متفاوت بنظر برسد.

بعنوان مثال لایه پنجم ممکن است مورد توقف الکترون های بیشتری تا لایه سوم باشد. در اینصورت طیف حاصله از میلیون ها اتم تهییج شده هیدروژن خطوط ایجاد شده در طیف توسط الکترون هائی که ازلایه پنجم به لایه اولی سقوط میکنند بسیار پررنگتر از طیف الکترون هائی خواهد بود که از لایه سوم به لایه اولی برگشت کرده اند. در این مثال تعداد بیشتری الکترون در لایه پنج توقف کرده که سپس به لایه اول سقوط کنند در مقایسه با لایه سوم که الکترون ها همین کار را انجام میدهند.

بعبارت دیگر در این مثال احتمال توقف الکترنهای بیشتری در لایه پنج وجود داشته و احتمال کمتری برای توقف الکترونها در لایه سوم موجود بوده است. ولی البته ما بهیچوجه نمیتوانیم بدانیم که چه الکترونی در چه لایه ای توقف

www.takbook.com

مینماید. مانند قبل، ما با دقت میتوانیم رفتار دسته جمعی الکترونها را تشریح کنیم بدون اینکه بتوانیم چیزی در باره یک الکترون مجرد چیزی بگوئیم.

* * * * * *

این قضیه ما به سؤال اصلی فلسفه کوانتوم هدایت میکند که:

" فیزیک کوآنتوم چه چیزی را تشریح میکند ؟ "

یا بصورت دیگر:

" مکانیک کوآنتوم از طریق آماری رفتار کلی و دسته جمعی ذرات را توضیح داده ولی این روش احتمال روند چه چیزی را مشخص مینماید؟ "

در پائیز سال ۱۹۲۷ دانشمندانی که با فیزیک مدرن آشنائی پیدا کرده بودند، در بروکسل پایتخت بلژیک دور هم جمع شده که این سؤال را برای خود مطرح نمایند. چیزی که از این گردهمائی حاصل گردید بنام ' برداشت یا توضیح کوپنهاگ از مکانیک کوانتوم ' معروف شد. (Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics).

البته برداشت های دیگری هم بعدها بدست آمد ولی برداشت کوپنهاگ شروع یک فیزیک جدید محسوب شده که راهی مناسب برای مطالعه جهان هستی بشمار میرود. این برداشت هنوز بعنوان رایج ترین فُرمالیسم ریاضی فیزیک کوآنتوم بشمار میرود. تحول و آشفتگی فیزیک بعد از کشف عدم قابلیت فیزیک نیوتونی در این موقع، کامل شد. سؤآل فیزیک دانان در بروکسل این نبود که آیا فیزیک نیوتونی قادر است که دنیای ذرات فروانمی را در خود جای دهد. برای همه روشن بود که فیزیک قدیمی قادر به این کار نیست. سؤال این بود که فیزیک قدیمی را با چه چیزی بایستی عوض نمود.

تفسیر کوپنهاگ اولین کوشش برای قاعده سازی مکانیک کوآنتوم بود. در سال ۱۹۲۷ اینشتاین به مخالفت با آن برخواست و تا زمان مرگ دست از مخالفت خود بر نداشت. هرچند که خود او هم مانند خیلی از فیزیک دانان اجبار پیدا کرد که به مزیت آن در مورد توضیح پدیده های فرو اتمی اعتراف کند.

برداشت کوپنهاگ از این مسئله اینست که مهم نیست مکانیک کوآنتوم در باره چه چیزی است. قضیه مهم ایست که این روش جوابگوی تمام آزمایشات ممکنه میباشد. این یکی از مهمترین دست آورد در تاریخ علوم میباشد. برداشت کوپنهاگ از مکانیک کوآنتوم شروع یک همبستگی بزرگی بود که در آن تاریخ ، پنهان باقی ماند.

تصور یک حقیقت علمی بطور سنتی بیک حقیقت مطلق گره خورده که در خارج از دنیای روزمره قرار داشت. این حقیقت مطلق یک زندگی جدا و مستقلی را دارا بود. هر قدر که ما در تقریب خود به حقیقت مطلق نزدیکتر میشویم، به ما گفته میشد که تئوری ها واقعی تر میشوند. هرچند که ما هرگز نمیتوانیم حقیقت مطلق را بطورمستقیم بدست بیاوریم یا آن ساعتی را که اینشتاین گفت ، باز کنیم، با همه اینها ما سعی کرده ایم که تئوری هائی درست کنیم که برای هر چهره حقیقت مطلق در تئوریهای ما یک عنصر مربوط به آن وجود داشته باشد.

فلسفه پراگماتیسم یا عمل گرائی یک چنین روندی دارد. ذهن ما طوریست که فقط با ایده ها سر کار پیدا میکند. برای ذهن بشر ممکن نیست که با چیزی جز ایده رابطه برقرار نماید. بنابراین درست نیست که فکر کنیم که ذهن بتواند به حقیقت بیندیشد. کاریکه ذهن میتواند انجام بدهد اینست که در باره ایده هائی که با حقیقت ارتباط پیدا میکنند، تفکر کند. بنابراین اگر چیزی حقیقت داشته یا نداشته باشد، مربوط به این نمیشود که تا چه این چیز به حقیقت مطلق نزدیک میگردد. فقط اینکه تا چه حد این با تجربه ما موافقت دارد.

اهمیت غیر متعارف برداشت کوپنهاگ در این حقیقت نهفته است که برای اولین بار دانشمندان اجبار پیدا کردند که با دست آورد های خودشان ، اعتراف کنند که درک کامل واقعیت ، در ماوراء قابلیت تفکر منطقی واقع شده است. این چیزی بود که اینشتاین نمیتوانست قبول نماید. او چنین نوشت:

" بالاترین چیزی که در دنیا غیر قابل درک میباشد ، اینست که جهان قابل درک است. "

www.takbook.com

ولی کار تمام شده بود و فیزیک جدید بر اساس حقیقت مطلق نبوده و بر پایه خود ما استوار است.

هنری پیرس استپ یک فیزیکدان که در لابراتوآر لارنس برکلی کار میکند خیلی خوب این را توضیح میدهد :

" برداشت کوپنهاگ از کوانتوم مکانیک در اصل رد کردن این فرضیه بود که طبیعت میتواند توسط واقعیت زمان – مکان درک بشود. فیزیک جدید توضیح کامل طبیعت را در سطح اتمی بوسیله احتمالات بیان میکند. ساختمان تئوری خود را بسط نداده و متصل به اساس واقعیات میکروسکوپیک فضا - زمان نکرده است. درعوض برگشته و خود را به احساس حقیقت که اساس زندگی دسته جمعی است ، وصل مینماید. "

طریق دیگر درک برداشت کوپنهاگ با استفاده از تحلیل نیمه مغز میتواند باشد. مغز انسان از دو قسمت مجزا تشکیل یافته که این دوقسمت با یک بافت باریک بیکدیگر متصل میشوند. برای بهبود حال بعضی مریضان مانند کسانی که ازمرض صرع رنج میبرند ، این دو قسمت را از هم جدا میکنند. از دقت در مورد افرادی که تحت چنین عمل جراحی قرار گرفته اند، ما موفق به کشف مهمی شده ایم. بطور عمومی، قسمت چپ مغز در مقایسه با قسمت راست، طور دیگری عمل میکند. هر کدام از این دو مغز ، دنیا را بصورت مختلفی میبینند.

قسمت چپ مغز دنیا را بصورت خطی مشاهده میکند. بعبارت دیگر اطلاعات داده شده توسط اعضای احساس ، یکی بعد ازدیگری بطریق خطی در این قسمت ازمغز انباشته میشود. بعنوان مثال ، سخنگوئی انسان که یک فرآیند خطی است ، از قسمت چپ مغز سرچشمه میگیرد. این قسمت بطور منطقی و عاقلانه کار کرده و از اصل رابطه بین علت و معلول استفاده میکند. همیشه یک چیز باعث بروز چیز دیگری میگردد. ولی قسمت راست مغز همه اطلاعات را یکجا دریافت میکند.

افرادی که عمل جراحی جدا کردن دو قسمت مغز روی آنها انجام گرفته، در واقع دارای دو مغز جداگانه هستند. وقتی دو نیمکره مغز بطورمجزا مورد امتحان قرار میگیرند مشخص میگردد که قسمت چپ مغز بیاد میآورد که چگونه سخن بگوید و از کلمات استفاده کند. ولی عموما قسمت راست قادر به این کار نیست. هرچند که نیمکره راست مغز اشعار ترانه ها را بخوبی بیادمیآورد. در ارتباط با اعضای احساسی نظیربینائی ، شنوائی و بویائی قسمت چپ اغلب سؤآلاتی مطرح نموده ولی قسمت راست همه آنها را بیکباره قبول میکند. بطور خلاصه قسمت چپ مغز منطقی و قسمت راست غیر منطقی است.

قسمت چپ مغز ، سمت راست بدن را کنترل کرده و قسمت راست مسئول سمت چپ بدن است. به این ترتیب جای تعجب نیست که هر دو ادبیات و افسانه های اساطیری دست راست (نیمکره چپ مغز) را معادل منطق ، مذکر بودن و قاطعیت دانسته و در همان حال دست چپ را معادل با عرفان، زنانگی و قبولیت میدانند. چینی ها بدون اینکه درباره عمل جراحی جدا کردن دو قسمت مغز چیزی بدانند ، هزاران سال پیش، در این مورد مطالبی تحریر کرده اند.

تمدن بشری بطور سنتی تمایل به پشتیبانی از قسمت چپ مغز (منطق ، مذکر بودن و قاطعیت) را دارد . به کیفیت های مربوط به قسمت راست مغز (عرفان، زنانگی و قبولیت) بهای زیادی نداده و تا زمان کشفیات فروید در مورد ضمیر ناخودآگاه ، وضع بهمین ترتیب ادامه پیدا کرده بود.

www.takbook.com

برداشت کوپنهاگ در عمل شناخت محدودیت های نیمکره چپ مغز بود هرچند که فیزیک دانانی که در بروکسل دور هم جمع شده بودند از این حقیقت بی اطلاع بودند. بعلاوه همین نشست ، موقع باز شناخت پدیده های روانی بود که برای مدتهای طولانی در جامعه منطقی نادیده گرفته شده بود. ایستادن در شگفتی و حیرت بخودی خود یک درک و فهم خاصی است حتی اگر آن درک و فهم را نتوان تشریح نمود. این شگفتی پیغامی به روان منطقی است که چیزی که باعث این شگفتی شده تحت مطالعه بوده و به طریقی خاص که ابدا رابطه ای با روش منطقی ندارد ، درک شده است.

دفعه بعد که شما از دیدن چیزی شگفت زده شدید اجازه بدهید که این احساس در وجود شما براحتی جریان پیدا کند و سعی نکنید که آنرا از طریق منطقی درک کنید.

شما خیلی زود قادر به درک آن خواهید شد ولی از طریقی که شما قادر نخواهید بود که آنرا با کلمات معمولی بیان نمائید . شما در این موقع از نیم کره راست مغز خود استفاده کرده اید. این قسمت از مغز بخاطر عدم استفاده از آن به تحلیل نرفته ولی مهارت ما در گوش کردن به آن بخاطر سیصد سال بی توجهی ، مخدوش و مبهم شده است.

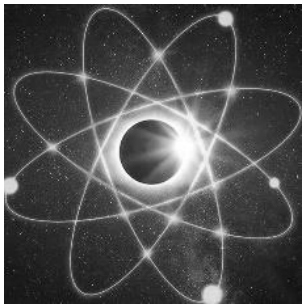
استادادن وولی در اینجا از هردو دو طریق به کمک ما میآیند. از راه منطقی و از راه غیرمنطقی، قاطعیت و قبول کردن و بالاخره مذکر یا مؤنث بودن. این استادان هیچ کدام از این دو طریق را رد نمیکنند.

آنها فقط میرقصند.

www.takbook.com

درس رقصیدن برای فیزیک نیوتونی	درس رقصیدن برای مکانیک کوآنتوم
میتوان آنرا در ذهن مجسم کرد	نمیتوان آنرا در ذهن مجسم کرد
بر اساس ادراک و آگاهی احساس معمولی	بر اساس رفتار ذرات فرواتمی و سیستمی که بطور مستقیم قابل رویت نیست
تشریح اشیاء مشخص در فضا و تغییرات آنها در زمان	تشریح رفتار آماری یک سیستم
پیش بینی وقایع	پیش بینی احتمالات
ما میتوانیم چیزی را مشاهده کرده بدون اینکه تغییری درآن ایجاد نمائیم	ما نمیتوانیم چیزی را مشاهده کنیم بدون اینکه تغییری در آن ایجاد نمائیم
ادعای اینکه طبیعت در پشت هر صحنه ای است	تنها ادعا اینست که تجربه را بطرز صحیحی به اتفاق مربوط نمائیم

این مکانیک کوآنتوم است. سؤآل بعدی اینست که فیزیک مدرن چطور کار میکند.



www.takbook.com

فصل سوم : زندگی

وقتی ما در باره فیزیک بمثابه روند یک انرژی اورگانیگ (طبیعی) صحبت میکنیم کلمه ای که توجه ما بخود جلب میکند ' اورگانیک ' (organic) میباشد. اورگانیک بمعنای زندگی میباشد. خیلی افراد چنین فکر میکنند که فیزیک در باره چیز هائیست که جان ندارند. بعنوان مثال آونگ (پاندول) ساعت ، و توپ بیلیارد. این یک طرز تفکر عمومی بوده و حتی در میان خود فیزیک دانان ، رایج است. ولی این قضیه کاملا آنطور که بنظر میآید ساده و آشکار نیست.

اجازه بدهید که این نقطه نظر را بکمک یک شخص فرضی ، مردی جوان به اسم جیم دو ویت بررسی کنیم. سعی کنید این اسم را بخاطر بسپُرید چون این دوست فرضی ، تا انتهای کتاب با ما خواهد بود.

جیم میگوید:

" این کاملا صحیح نیست که فیزیک صرفا در مورد اجسام بیجان است. ما در قبل در مورد انداختن اجسام از بلندی گفتگو کرده ایم (صفحه ۱۹) . حتی اگر بعضی از آنها انسان هم باشند ، آنها هم مانند اجسام بیجان بهمان اندازه در خلاء شتاب خواهند گرفت. پس فیزیک میتواند به چیز های زنده نیز تعمیم پیدا نماید. "

ما در جواب خواهیم گفت:

" ولی این یک مثال عادلانه نیست. سنگ و چوب در فرو افتادن قدرت انتخاب ندارند . اگرما آنها بیاندازیم، آنها سقوط خواهند کرد. از تصادفات گذشته آحاد بشر معمولا در فرآیند سقوط قرار نمیگیرند. چرا؟... برای اینکه آنها میدانند که سقوط ممکن است آنها را مجروح کند و آنها هیچ علاقه ای به مجروح شدن ندارند. بعبارت دیگر انسان ها از روند اطلاعات کمک گرفته (آنها میدانند که سقوط ممکن است منجر به مجروح شده آنها بشود) و آنها نسبت به سقوط عکس العمل نشان خواهند داد که البته معنی آن اینست آنها سقوط نخواهند کرد. سنگ هیچ کدام از این دو کار را نخواهد کرد. "

جیم دو ویت میگوید:

" این چیزی است که ظاهرا بنظر ما میرسد. ولی این امکان وجود دارد که وضع در واقع به این صورت نباشد. بعنوان مثال با نگاه کردن به نتیجه عکسبرداری متناوب (time-lapse photography) ما متوجه میشویم که گیاهان اغلب در مقابل محرک از خود واکنشی شبیه انسانها نشان میدهند. آنها از اینکه دچار درد بشوند ، راه فرار در پیش میگیرند. و وقتی قضیه لذت پیش میآید، جلو میآیند. تنها تفاوت آنها با جانوران اینست که گیاهان این کار را با کندی زیاد انجام میدهند. واکنش آنها بقدری کند است که انسانها تصور میکنند که آنها اصلا از خود عکس العملی نشان نمیدهند. "

" اگر چنین است پس ما چطور میتوانیم با اطمینان ادعا کنیم که سنگ ها و حتی کوه ها مانند جانداران ، از خود واکنش نشان نمیدهند. شاید واکنش آنها بقدری کند است که زمان بین دو عکس پی در پی ممکن است احتیاج به هزاران سال داشته باشد. البته هیچ راهی وجود ندارد که بتوان این را ثابت کرد ولی در همین حال هیچ راهی هم وجود ندارد که بتوان آنرا یکسره مردود نمود. تفاوت بین جانداران و بی جانان خیلی چیز ساده ای نیست. "

ما فکر میکنیم:

" این خیلی عاقلانه است ولی از نقطه نظر عملی امکان ندارد که بتوان واکنش اجسام بیجان را در مقابل محرک مشاهده کرد. ولی این در مورد انسانها صدق نمیکند. "

جیم که فکر ما را میخواند ، میگوید:

www.takbook.com

" باز هم اشتباه میکنید. هر شیمیستی میتواند گواهی بدهد که خیلی از مواد شیمیائی که خود اغلب از زمین بصورت سنگ استخراج شده ، نسبت به محرک از خود عکس العمل نشان میدهد. تحت شرایط مناسب، سدیم با کلر ترکیب شده و نمک طعام تولید میگردد. آهن با اکسیژن ترکیب میشود و تولید اکسید آهن میکند که ما آنرا زنگ مینامیم. این درست بمانند آن است که انسانها وقتی گرسنه هستند نسبت به غذا واکنش نشان داده و وقتی تنها هستند نسبت به محبت عکس العمل نشان میدهند. "

ما مجبور شده که قبول کنیم و بگوئیم:

" بسیار خوب... همینطور است ولی کاملا درست نیست که یک واکنش شیمیائی را با واکنش انسان مقایسه کنیم. واکنش شیمیائی یا صورت میگیرد و یا انجام نمیشود. چیزی در این بین نیست. وقتی دو ماده شیمیائی بطرز مناسبی با هم مخلوط شوند، واکنش اتفاق میافتد. ولی اگر بطرز مناسبی با هم مخلوط نشوند، واکنش صورت نمیگیرد. انسان ها بسیار پیچیده تر از این هستند. "

" اگر ما بیک شخص گرسنه غذا تعارف کنیم ، این شخص ممکن است آنرا بخورد و یا آنرا رد کند. این به شرایط شخص گرسنه بستگی پیدا میکند. اگر هم غذا را قبول کرده و بخورد ، ممکن است همه غذا را خورده و یا مقداری از آنرا باقی بگذارد. شخصی را در نظر بگیرید که گرسنه است ولی قرار ملاقاتی هم دارد. اگر این قرار ملاقات به اندازه کافی مهم باشد، او سر قرار خود حاضر خواهد شد بدون اینکه غذائی بخورد ، هرچند که بشدت گرسنه هم هست. اگر یک شخص بداند که غذایش مسموم شده ، حتی اگر گرسنه هم باشد، آنرا نمیخورد. این قضیه مربوط به در نظر گرفتن اطلاعات است و همین عکس العمل ، یک انسان را از اجسام بیجان مانند مواد شیمیائی جدا میسازد. مواد شیمیائی قدری انتخاب ندارند . آنها پیوسته بایستی یا عمل کرده و یا وارد واکنش شیمیائی نشوند. "

جیم دو ویت جواب میدهد:

" البته... ولی ما از کجا بدانیم که عکس العمل ما بهمان اندازه واکنش مواد شیمیائی نیست؟ تنها تفاوت صرفا میتواند این باشد که در مورد ما ، قضیه بسیار پیچیده تر است. ممکن است که ما بیشتر از یک سنگ، آزادی عمل نداشته باشیم هرچند که بر عکس سنگ، ما خود را گول میزنیم که این آزادی را داریم. "

ما چیزی بر علیه این استدلال نداریم که اقامه کنیم. دو ویت به ما نشان داد که تعصبات ما کاملا جنبه اختیاری دارند. ما علاقه داریم که فکر کنیم که با سنگ تفاوت داریم چون ما زنده بوده و سنگ زنده نیست. ولی راهی وجود ندارد که ما بتوانیم این تصور خود را به اثبات برسانیم. ما نیتوانیم بخوبی ثابت کنیم که ما با مواد غیر آلی (معدنی) فرق داریم. به این ترتیب منطقا بایستی اعتراف نمائیم که ممکن است زنده نباشیم. این استدلال کمی دور از ذهن بوده و تنها راه دیگر اینست که قبول کنیم که اجسامی که بنظر ما بیحرکت میآیند، ممکن است زنده باشند.

تفاوت بین دنیای اورگانیک (آلی – طبیعی) و دنیای اینورگانیک (معدنی) یک تعصب مفروض است. این قضیه وقتی به قلمرو فیزیک کوآنتوم وارد میشویم از اینهم پیچیده تر میگردد. ما چیزی را اورگانیک فرض میکنیم که بتواند به فرآیند اطلاعات جواب بدهد. کشف شگفت آور فیزیک جدید اینست که شواهد متعددی در پیشرفت تئوری مکانیک کوآنتوم بدست آمده است که حکایت از آن دارد که ذرات فرو اتمی چنین بنظر میرسند که بطوردائم در حال تصمیم گرفتن هستند. علاوه بر این ، تصمیماتی که آنها اتخاذ میکنند، بر اساس تجربه هائی است که از جای دیگر حاصل شده است. اینطور بنظر میرسد که ذرات فرو اتمی '***بی درنگ***' پی میبرند که چه تصمیمی در جای دیگری گرفته شده است. این جای دیگر ممکن است به دوری یک کهکشان باشد. کلمه رمز در اینجا لفظ ' بی درنگ ' است. چگونه یک ذره فرو اتمی در زمین میتواند بفهمد که چه تصمیمی ذره دیگر در کهکشانی دیگر در همان لحظه ، اتخاذ نموده است؟ همه شواهد صرفا وانمود میکنند که ذرات کوانتوم واقعا ذره هستند.

همانطور که ما در ذهن خود مجسم میکنیم، ذره چیزی است که محدود به یک منطقه (بسیار کوچک) فضا میباشد. ذره نمیتواند خود را گسترش داده و یا اینجاست و در غیر اینصورت آنجاست. ولی نمیتواند بطور همزمان هم اینجا و هم آنجا باشد.

یک ذره در اینجا میتواند با ذره دیگر در آنجا ارتباط برقرار نماید. اینکار را توسط فریاد ، فرستادن یک ویدیو ، دست تکان دادن و غیره انجام بدهد. ولی همه اینها محتاج وقت خواهد بود. حتی اگر این وقت، کسری از ثانیه باشد. اگر دو ذره در دو کهکشان مختلف قرار داشته باشند ، این کار قرن ها طول خواهد کشید. برای یک ذره در اینجا دانستن

www.takbook.com

اینکه چه اتفاقی برای ذره دیگر در یک کهکشان دیگر، رخ میدهد، این ذره بایستی شخصا در آنجا حضور داشته باشد. ولی اگر این ذره در آنجا باشد، نمیتواند همزمان در اینجا هم باشد چون در غیر اینصورت ، دیگر ذره نیست.

این به معنای اینست که شاید ' ذرات ' واقعا ذره نبوده (صفحه ۲۰) و علاوه بر این ذرات بطور دینامیک و خیلی نزدیک با یکدیگر رابطه داشته و این همان چیزیست که ما آنرا بعنوان اورگانیک نامگذاری کرده ایم.

بعضی از بیولوژیست ها اعتقاد دارند که تنها یک سلول (یاخته) در خود این قابلیت را حفظ میکند که تمام یک گیاه را از نو بازسازی نماید. بهمین شکل مفهوم ضمنی فلسفه فیزیک کوآنتوم دلالت بر آن دارد که تمام چیزها در کهکشان ما (از جمله خود ما) که بنظر میرسد، بطور مجزا موجودیت داشته، در حقیقت قسمتی از طرح جامع اورگانیک بوده و هیچ قسمتی از این طرح جامع هرگز ازبقیه جدا نبوده است.

برای اینکه این تصمیمات را و اینکه چه چیزی آنها را میسازد درک کنیم اجازه بدهید که با یک اکتشاف که در سال ۱۹۰۰ میلادی توسط ماکس پلانک صورت گرفته، شروع کنیم. این سال بطور عمومی سال تولد فیزیک کوآنتوم در نظر گرفته میشود. پلانک در ماه دسامبر این سال با عدم رضایت ، یک مقاله به اجتماع علمی عرضه کرد که باعث شهرت وی گشت. خود او از دلالت مقاله اش ناراضی بوده و امید داشت که کاری را که خودش نتوانسته بود همکارانش انجام بدهند. این کار توضیح مطالب عنوان شده در مقاله با استفاده از فیزیک نیوتونی بود. اودر باطن میدانست که این کار غیر ممکن است و هیچ کس قادر به انجام این کار نیست. او همچنین احساس میکرد که مقاله او نظر دانشمندان را در باره پایه و اساس علوم تغییر خواهد داد.

چیزی که ماکس پلانک کشف کرده بود، باعث تشویش خاطر خودش شده بود. او کشف کرده بود که ساختمان اصلی طبیعت دانه دانه بوده و یا بطریقی که فیزیک دانان میل دارند بیان کنند، دارای عدم تداوم و بریدگی میباشد.

منظور از عدم تداوم چه میتواند باشد؟

اگر ما در باره جمعیت یک شهر صحبت کنیم ، آشکار است که این رقم میتواند فقط با یک عدد کامل که تعداد افراد را مشخص میکند، بالا و پائین برود. کمترین مقداری که جمعیت یک شهر میتواند افزایش یا نقصان پیدا کند، یک نفر است. این عدد نمیتواند ۱/۷ یک فرد افزایش پیدا کند . این عدد میتواند توسط پانزده نفر زیاد یا کم بشود ولی ۱۵/۲۷ یک نفر امکان پذیر نخواهد بود. بزبان فیزیک دانان، جمعیت دارای تداوم نبوده و بصورت بریده و مقطع ، کم و زیاد میشود. کم و زیاد شدن جمعیت پیوسته با یک جهش توآم است. کمترین جهش یک شخص تمام و کامل است. بطور عمومی این چیزی بود که پلانک در باره فرآیندهای طبیعت ، کشف نمود.

پلانک ابدا در این فکر نبود که فیزیک نیوتونی را از اساس نابود نماید. او یک فیزیک دان آلمانی محافظه کار بود ولی بدون اینکه تعمدی داشته باشد انقلاب فیزیک کوانتوم را پایه ریزی نمود. او سعی داشت که یک مسئله مربوط به انرژی تشعشع را حل کند.

پلانک بدنبال توضیح رفتار اشیاء وقتی حرارت میبینند بود. بعبارت دیگر میخواست بداند که چرا اجسام وقتی داغ میشوند از خود نور ساطع میکنند. هرچه درجه حرارت بالاتر میرود، اجسام نور بیشتری تولید نموده و رنگ آنها تغییر پیدا میکند.

فیزیک کلاسیک با موفقیت رشته های کاملا متفاوت صوت، بینائی و ستاره شناسی را متحد کرده و دانشمندان زمان معتقد بودند که معمای جهان هستی (کائنات) را حل کرده اند. ولی برای حل یک چنین مسئله پیش پا افتاده ای که روزانه اغلب مردم با آن سر و کارشان میافتاد، عاجز مانده بود.

در سال ۱۹۰۰ فیزیک دانان ، اتم را یک هسته فرض کرده که شبیه یک هلو بوده که به آن فنرهای کوچکی متصل شده است. این مدل اتم، قبل از مدل منظومه ای مورد قبول فیزیک دانان آن عصر بود. در انتهای هر یک از این فنرهای کوچک ، یک الکترون قرار داشت. اگر به این اتم حرارت داده میشد، این الکترون در انتهای فنر شروع به نوسان میکرد. اینطور تصور میشد که این نوسان الکترون باعث ایجاد انرژی تابشی شده و و جسم به درخشش میافتد. یک ذره باردار که شتاب بگیرد، تشعشع الکترو مگنتیک ایجاد مینماید. یک الکترون دارای بار الکتریکی منفی بوده و وقتی نوسان میکند، شتاب میگیرد. اول در یک جهت و سپس در جهت دیگر .

www.takbook.com

فیزیک دانان تصور میکردند که حرارت دادن اتمها در یک فلز باعث تهییج آنها خواهد شد. این هیجان بنوبه خود باعث خواهد شد که الکترونها بالا و پائین پریده و در این فرآیند ازخود نور ساطع نمایند. انرژیی که اتم وقتی حرارت داده شد، گرفته بود توسط نوسان الکترونها به مصرف میرسد.

همین تئوری متذکر میشود که انرژی گرفته شده توسط اتم بطور مساوی بین الکترون هایش تقسیم خواهد شد. آن الکترون هائی که در فراکانس های بالاتر ، نوسان میکنند ، انرژی تشعشعی خود را راحت تر از دست میدهند.

بدبختانه این تئوری در عمل مفید واقع نشد. چند مشکل اساسی برای آن پیش آمد. اول اینکه این تئوری ثابت کرد که تمام اجسامی که حرارت داده میشوند ازخود بیشتر نور با فرکانس بالا (آبی ، بنفش) ساطع کرده و خیلی کمتر نورهای با فرکانس پائین (قرمز). این صحیح نیست چون اجسام وقتی بطور متوسط حرارت داده میشوند در درجه اول از خود نور قرمز ساطع میکنند. در ثانی این تئوری میگوید که اجسامی که بشدت حرارت داده میشوند بی حد او اندازه تشعشع با فرکانس بالا ایجاد مینمایند. این فرضیه هم صحیح نبوده و اجسام در درجه حرارت بالا مقدار محدودی از این اشعه از خود ساطع مینماید.

در باره فرکانس های بالا و پائین نگران نباشید. ما این کلمات را خیلی زود توضیح خواهیم داد. قضیه اینجاست که پلانک آخرین مسئله بزرگ فیزیک کلاسیک را که در طریق اشتباه انرژی تشعشع را بیان میداشت، بررسی مینمود. فیزیک دانان نامی به این مسئله داده بوده و آنرا ' فاجعه ماوراء بنفش ' (Ultra-Violet Catastrophe) میخواندند. هرچند این اسم بیشتر شبیه اسم یک گروه موسیقی راک اند رول میباشد، ' فاجعه ماوراء بنفش' در واقع یک نگرانی عمیق دانشمندان را منعکس میکرد که میدانستند بر خلاف پیش بینی این تئوری، مقدار زیاد انرژی نورانی در شکل ماوراء بنفش در اجسامی که حرارت داده شده اند، بوجود نمیآید.

اسم پدیده ای که پلانک مطالعه میکرد تشعشع جسم سیاهرنگ است. تشعشع جسم سیاهرنگ تشعشعی است که از یک جسم سیاه رنگ بدون انعکاس با سطح کاملا صاف و جذب کننده ، ساطع میشود. از آنجائیکه در جسم سیاه ، رنگی وجود ندارد (هیچ نوری منعکس یا ساطع نمیشود) فقط وقتی رنگی در آن بچشم خواهد خورد که آنرا حرارت بدهیم. در این صورت ما میتوانیم بفهمیم که این رنگ بخاطر انرژی است که ما به آن داده ایم و نه به این علت که این جسم این رنگ را همزمان منعکس و ساطع میکند. یک جسم سیاه همواره معنی یک جسم جامدی که سیاهرنگ است نمیدهد. فرض کنید که ما یک جعبه فلزی داریم که بجز یک سوراخ کوچک، فضای داخل آن با دنیای خارج ارتباطی ندارد. اگر ما بداخل این جعبه نگاه کنیم، چه چیزی خواهیم دید؟ هیچ چیز... برای اینکه نوری در داخل جعبه وجود ندارد. البته نور کمی از سوراخ ریز وارد خواهد شد، ولی این مسئله مهمی نیست.

حالا مجسم کنید که ما این جعبه را آنقدر حرارت بدهیم که قرمز شده و سپس از طریق سوراخ به داخل نگاه کنیم. البته ما رنگ قرمز را مشاهده خواهیم کرد. این پدیده ای بود که ماکس پلانک مطالعه مینمود.

تمام فیزیک دانان آن سالها چنین تصور میکردند که زمانی که الکترون های یک اتم تهییج شده شروع به نوسان میکنند از خود انرژی نورانی ساطع کرده و این کار را بنرمی و مداوم انجام داده تا وقتی که تمام انرژی را که گرفته بودند ، از دست بدهند. کشف پلانک از این قرار بود که نوسان کننده های اتمی چنین کاری نمیکنند. آنها انرژی را فقط در مقادیر مشخصی جذب و ساطع میکنند. بجای اینکه انرژی کسب شده را بطور مداوم بصورت نور از دست بدهند، این کار را بصورت جهشی و فوران انجام داده و پس از هر فوران به سطح انرژی پائین تری سقوط کرده تا وقتی که تمام انرژی خود را از دست داده و نوسان اتمی قطع شود. بطور خلاصه پلانک دریافت که تغییرات در طبیعت آرام و یکنواخت نبوده و حالت انفجار دارد.

پلانک اولین فیزیکدانی بود که در باره ' بسته ' انرژی و نوسان کننده های کوآنتائی صحبت کرد. وی احساس میکرد که موفق به یک کشف بزرگ شده است که در ردیف اکتشافات نیوتون قرار دارد. او کاملا حق داشت چون فلسفه و الگوی فیزیک برای همیشه تغییر کرده هرچند که بیست و هفت سال دیگر طول کشید که فیزیک کوآنتوم شکل بگیرد.

امروزه برای ما مشکل است که بتوانیم تصور کنیم که تا چه حد پلانک برای عرضه تئوری کوآنتا از خود شجاعت نشان داده بود. ویکتور گویلم پروفسور فیزیک در دانشگاه هاروارد در این باره چنین میگوید:

" پلانک اجبار داشت که یک فرصیه عجیب و غیر عادی را ارائه بدهد چون به موجب قوانین کلاسیک فیزیک و همچنین عقل سلیم چنین تصور میشد که نوسان کننده الکترونی وقتی به نوسان در آمد ، انرژی جذب شده خود را به نرمی و بطور پیوسته از دست خواهد داد تا اینکه نوسان متوقف گردد. پلانک اینطور فرض میکرد که الکترون نوسان

www.takbook.com

کننده ، انرژی خود را یکباره و بصورت چندین فوران از دست داده و بعد از هر فوران، به سطح انرژی پائین تری سقوط مینماید. این فرضیه فقط در مورد انرژی ساطع شده درست نیست و به انرژی جذب شده هم تعمیم پیدا میکند. به این ترتیب نظریه کوآنتوم که به معنای یک بسته انرژی است، وارد جهان فیزیک شد. "

پلانک نه تنها پدر مکانیک کوآنتوم محسوب شده بلکه او کاشف یک ثابت بسیار مهم در فیزیک که بنام خود او اسم گذاری شده ، میباشد. ثابت پلانک یک عدد مشخص است که هرگز تغییر نمیکند. از آن استفاده میشود که اندازه یک بسته انرژی (کوآنتا) برای هر فرکانس نوری (رنگ) محاسبه شود.

تمام بسته های انرژی یک رنگ بخصوص ، دارای همین مقدار انرژی هستند. بسته انرژی نور بنفش از بسته انرژی نور سبز بزرگتر بوده و بسته انرژی نور سبز بزرگتر از بسته انرژی نور قرمز میباشد. بعبارت دیگر ، پلانک دریافت که انرژی جذب شده و ساطع شده در تکه های کوچک صورت گرفته و اندازه این تکه ها در نور با فرکانس پائین نظیر قرمز ، کوچکتر از اندازه تکه های انرژی با فرکانس بالا نظیر بنفش میباشد. این استدلال دلیل رفتار اجسامی را که از خود انرژی ساطع میکنند، توجیه مینماید.

پس چرا تشعشع یک فلز داغ بنظر میرسد که وقتی درجه حرارت بالا میرود ، بطور یکنواخت افزایش پیدا میکند. جواب این سوآل اینست که جهش های تشعشع طوری کوچک هستند که چشم ما قادر نیست آنها را تشخیص بدهد. بهمین جهت در مقیاس بزرگ (ماکروسکوپیک) این پدیده طبیعی ، برای ما آشکار نیست. هر چند که در قلمرو فرو اتمی این خاصیت برجسته طبیعت میباشد.

اگر این بحث جذب و تشعشع انرژی به شما تئوری ' نیلز بُهر ' (صفحه ۱۰) را یاد آوری میکند، شما کاملا درست فکر میکنید. هرچند که برای بُهر سیزده سال دیگر طول کشید که تئوری مدارهای الکترون را عرضه نماید. تا آن موقع فیزیک دانان مدل الکترونهائی را که در انتهای یک فنر نوسان میکنند، بخاطر مدل اتمهائی که الکترونها در مدارهائی مانند منظومه شمسی بدور هسته در گردش هستند، کنار گذاشته بودند.

در وسط اکتشاف پلانک در باره کوآنتوم (۱۹۰۰) و تحلیل بُهر از طیف اتم هیدروژن (۱۹۱۳) یک فیزیکدان برجسته و تازه نفس وارد میدان میشود. اسم این شخص آلبرت اینشتاین بود که در بیست و شش سالگی موفق به چاپ پنج مقاله علمی بزرگ شده که سه عدد از آنها تاثیر عمده ای در پیشرفت علم فیزیک و شاید پیشرفت غرب باقی گذاشت. اولین این مقاله ها در مورد طبیعت کوآنتوم نور بود. این برای اینشتاین در سال ۱۹۲۱ یک جایزه نوبل به ارمغان آورد. مقاله دوم حرکات مولکولی را تشریح میکند. مقاله سوم تئوری خاص نسبیت بیان میکرد که ما مفصلا در باره آن صحبت خواهیم کرد.

تئوری اینشتاین در باره نور این بود که نور از ذراتی کوچک تشکیل یافته است. اینشتاین میگفت که یک پرتو نور مشابه یک جریان گلوله هاست. هر یک از این گلوله ها ' فوتون ' نامید میشود. این تقریبا شبیه چیزی است که پلانک پیشنهاد کرده بود. پلانک کشف کرده بود که انرژی جذب شده و تشعشع یافته، بصورت کیسه های کوچک (کوانتا) انرژی بوده و اینشتاین در تئوری خود چنین ابراز مینماید که خود انرژی هم صرفا بصورت بسته های کوآنتا وجود دارد.

برای اثبات این تئوری اینشتاین بیک پدیده اشاره کرد که بنام اثر فتوالکتریک نامیده میشود. وقتی نور روی سطح یک فلز میافتد الکترونهای اتم ها را تهییج کرده و آنها را از اتم جدا میسازد. با استفاده از وسائل مناسب ما میتوانیم این الکترون ها را شمارش کرده و سرعت حرکت آنها را اندازه گیری کنیم.

این تئوری میگوید که هر بار که ذرات نور (فوتون) به الکترون ها اصابت میکنند ، آنرا از جا کنده و به حرکت وامیدارد. درست مانند دو توپ بیلیارد که بیکدیگر اصابت میکنند.

اینشتاین این تئوری انقلابی خود را بر پایه آزمایشات فیلیپ لنارد برنده جایزه نوبل ۱۹۰۵ قرار داد. لنارد نشان داد که اثر فتوالکتریک که حرکت الکترون های آزاد شده است ، بیدرنگ پس از برخورد ذرات نور با فلز هدف، انجام میگردد. به موجب تئوری تموجی نور ، الکترون های یک فلز فقط زمانی شروع به نوسان میکنند که امواج نوری به آنها ضربه وارد کنند. الکترون ها از فلزخارج نمیشوند مگر این که سرعت آنها به اندازه کافی زیاد شده باشد. برای گرفتن سرعت زیاد ، آنها احتیاج دارند که چندین بار نوسان کنند، درست مانند تاب کودکان که هردفعه با فشار زیادتر دامنه نوسان بیشتر و بیشتر شده تا وقتی که از بالای تیرک افقی تاب، عبور نماید. بطور خلاصه تئوری موجی نور

www.takbook.com

پیش بینی یک تاخیر خروج الکترون ها را میکند. در حالیکه آزمایشات لنارد نشان میدهد که خروج الکترون ها بدون تاخیر صورت میگیرد.

این خروج فوری الکترون ها در پدیده فتوالکتریک بوسیله تئوری ذره ای بودن نور توجیه میگردد. هر بار که یک فوتون به الکترونی برخورد میکند، بلافاصله آنرا از اتمش جدا میسازد.

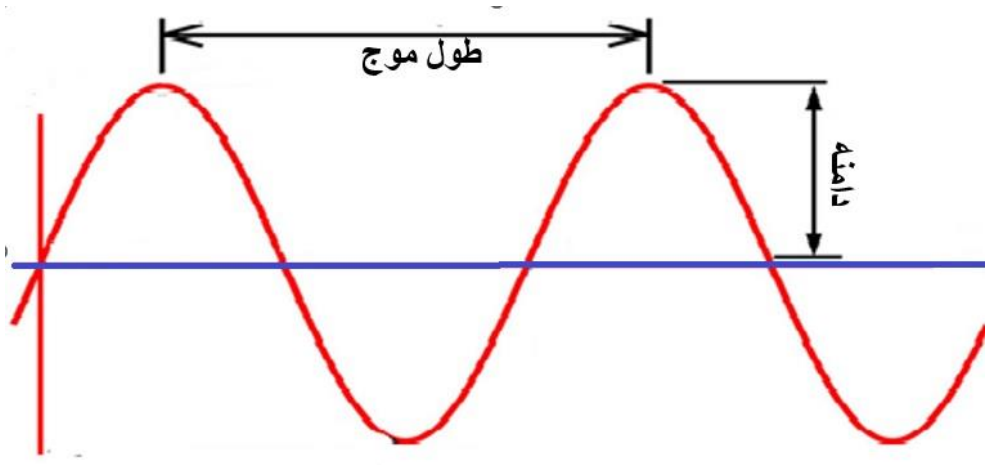
لنارد همچنین دریافت که کم کردن شدت پرتو نور باعث کم شدن سرعت الکترون های جدا شده ، نمیگردد. فقط اینکه تعداد این الکترونها کمتر میشود. هر چند که با تغییر رنگ نور، سرعت الکترون های آزاد شده، میتواند کم و زیاد شود.

خود اینهم توسط تئوری جدید اینشتاین میتوانست تفسیر شود. به موجب این تئوری، هر فوتون یک رنگ بخصوص ، مثلا سبز، دارای مقدار مشخصی انرژی میباشد. وقتی ما شدت پرتو نور را کم کنیم، اینکار فقط تعداد فوتون های موجود در پرتو را کم خواهد نمود. فوتون های باقیمانده هنوز همان مقدار انرژی دارند که هر فوتون نور سبز دارد. به اینصورت وقتی فوتون های نور سبز با الکترون ها برخورد میکنند، با آن مقدار انرژی از جا کنده میشود که مشخصه فوتون های نور سبز است.

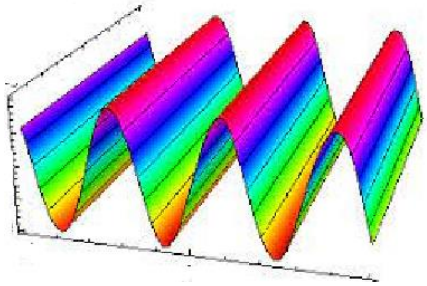
تئوری اینشتاین از کشف انقلابی پلانک نیز حمایت کرد. نورهای با فرکانس بالا نظیر بنفش ، از فوتون های با انرژی بالا ساخته شده و وقتی با الکترون برخورد میکند، باعث میشود که الکترون با انرژی زیادی از اتم خارج شود. این وضع در مورد نور قرمز که از فوتون هائی با انرژی کم ساخته شده، درست بر عکس است. در هردو صورت ، کم و زیاد کردن شدت نور، در انرژی فوتون ها تاثیری نداشته، فقط تعداد آنها کمتر و بیشتر مینماید.

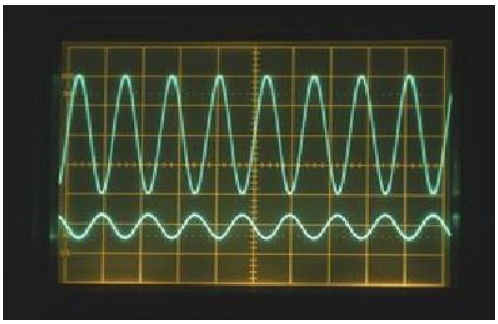
بطور خلاصه اینشتاین با استفاده از اثر فتوالکتریک ، نشان داد که نور از ذرات ساخته شده که آنها را فوتون مینامیم. این ذرات در نور با فرکانس بالا ، دارای انرژی بیشتری نسبت به ذرات نوری پرتو های با فرکانس پائین هستند. این یک دست آورد بسیار مهم و پر ارزشی بود. تنها مشکل این بود که یکصد و دو سال قبل یک دانشمند انگلیسی به اسم توماس یانگ نشان داده بود که نور از امواج تشکیل شده است. هیچ کس منجمله خود اینشتاین موفق نشده بودند که این نظریه را مردود بشمارند.

ما حالا وارد دنیای تموجی بودن نور میشویم. یک ذره چیزی است که در یک نقطه جا دارد ولی موج چیزی است که بخارج سرایت مینماید. بعضی از انواع موج در اشکال زیر نشان داده شده اند.



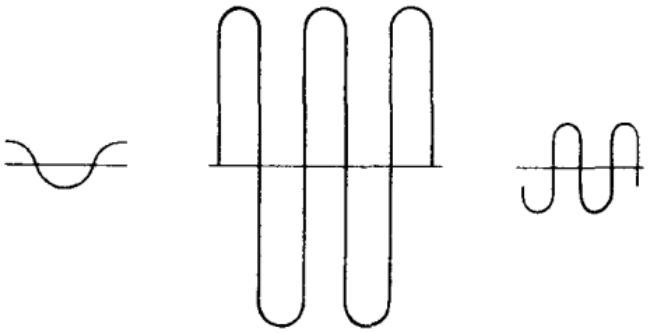
www.takbook.com





طول موج فاصله بین دو قله متوالی است. بلندترین طول موج رادیوئی ممکن است ده کیلومتر طول داشته باشد. اشعه ایکس بر عکس طول موجی در حدود یک بیلیونیم سانتی متر طول دارد. طول موج نور مرئی در حدود چهار تا هشت صد هزارم یک سانتی متر میباشد.

دامنه یک موج ارتفاع یک قله از خط میانی (خط آبیرنگ) تصویر اولی میباشد.



در تصویر بالا سه موج با دامنه های مختلف دیده میشود . موج وسطی بزرگترین دامنه را دارد.

فرکانس (تواتر) موج عبارت است از تعداد قله ها در واحد زمان (ثانیه). سرعت موج از حاصلضرب طول موج در فرکانس بدست میآید. بعنوان مثال اگر طول موج یک موج دو متر بوده و فرکانس آن یک سیکل در ثانیه باشد ، این موج با سرعت دو متر در ثانیه ، حرکت خواهد کرد.

هیچ چیز پیچیده ای در این باره وجود ندارد. ولی در مورد سرعت یک موج نور ، گرچه ما میتوانیم که طول موج آنرا به فرکانس ضرب نمائیم، ولی اینکار لزومی ندارد. فیزیک دانان کشف کرده اند که سرعی سیر نور در فضای خالی در حدود ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است . این سرعت تمام امواج الکترومگنتیک بوده که نور مرئی هم جزو آن محسوب میگردد.

این یک عدد ثابت بوده و هرگز تغییر نمیکند. مهم نیست که نور بالا یا پائین برود ، چه فرکانس و چه طول موجی داشته باشد سرعت آن در فضای خالی پیوسته همان عدد ثابت است. این حقیقت اینشتاین را به ایجاد تئوری نسبیت خاص ، راهنمائی کرد.

این همچنین به ما اجازه میدهد که اگریکی از دو پارامتر فرکانس و طول موج نور را بدانیم ، پارامتر دیگر را محاسبه کنیم. دلیل این است که حاصلضرب دو پارامتر همواره ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه در فضای خالی خواهد بود. اگر یکی از این دو پارامتر بزرگتر باشد، دیگری کوچکتر خواهد شد. به این ترتیب نور با فرکانس بالا طول موج کمتری خواهد داشت و یک نور با فرکانس کم، طول موج بیشتری خواهد داشت.

www.takbook.com

حالا ما به کشف پلانک برمیگردیم. این کشف راجع به اینست که انرژی یک کوآنتوم نور با فرکانس افزایش پیدا میکند. به این ترتیب انرژی با فرکانس رابطه مستقیم دارد. ثابت پلانک ، عدد ثابت این معادله است. این رابطه ساده، از اهمیت زیادی برخوردار است چول هسته مرکزی مکانیک کوآنتوم را تشکیل میدهد. هر چه فرکانس بیشتر باشد، انرژی بیشتر خواهد بود و بر عکس.

اگر ما مکانیک تموجی و دست آورد پلانک را نزد یکدیگر بگذاریم، چنین چیزی حاصل میشود:

نور با فرکانس بالا نظیر بنفش دارای طول موجی کوتاهتر و انرژی بیشتر است. بهمین نسبت یک نور با فرکانس پائین نظیر نور قرمز دارای طول موج بیشتر و انرژی کمتر خواهد بود.

این پدیده فتوالکتریک را تشریح مینماید. فوتون های نور بنفش در برخورد با اتمهای یک فلز ، الکترونهائی را آزاد کرده و آنها را با سرعتی بیشتر از نور قرمز بخارج میفرستد. دلیل آنهم اینست که نور بنفش دارای فرکانس بالاتر و انرژی بیشتر است.

همه این مشاهدات وقتی با عقل سلیم جور در میآید که ما فراموش کنیم که ما در باره ذرات نور ، فوتون ها صحبت میکنیم که طبق یک تئوری، خاصیت ذره ای و نه تموجی دارند. البته این با عقل جور در نمیآید.

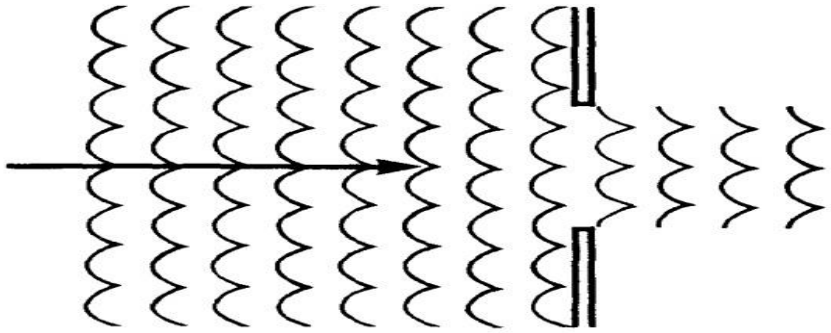
اگر شما احساس میکنید که این چند صفحه آخری را خوب درک کرده اید، باید بشما تبریک گفت. شما بر مشکلترین مسئله ریاضی این کتاب، فائق شده اید. اگر اینطور نیست، به صفحه ۲۱ مراجعه کرده و دو باره آنرا مطالعه کنید.

امواج مخلوقات بازیگوشی هستند و تمایل دارند بخودی خود برقصند. بعنوان مثال تحت شرایط خاصی آنها در اطراف گوشه ها ، خم میشوند. وقتی چنین اتفاقی بیفتد ، آنرا پدیده پراش یا تفرق (diffraction) مینامند.

مجسم کنید که ما در هلی کوپتری نشسته و در بالای یک موج شکن در ساحل یک بندر گاه پرواز میکنیم. دهانه موج شکن به اندازه کافی بزرگ است که دو کشتی در آن واحد از آن عبور کنند.

وقتی ما به پائین نگاه کنیم، چنین طرحی را مشاهده خواهیم کرد.

www.takbook.com

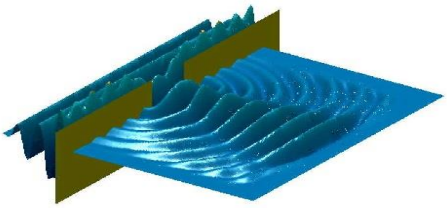


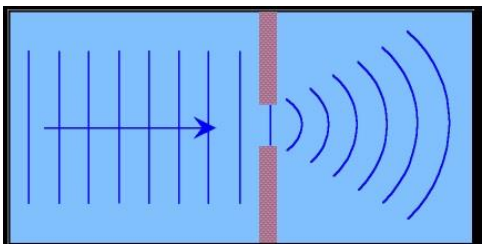
این به ما نشان میدهد که امواج بخوبی توسط دیواره های موج شکن متوقدف شده و تنها در مدخل موج شکن بعضی از امواج وارد شده و رفته رفته مستحیل میشوند.

حال تصور کنید که مدخل موج شکن طوری باریک باشد که حتی یک قایق پاروئی هم نتواند براحتی از آن عبور نماید. وقتی ما از هلیکوپتر به پائین نگاه کنیم طرح کاملا متفاوتی را مشاهده خواهیم کرد.

درقسمت پائین تصویر بالا در سمت چپ ، طرح برخورد امواج بیک دریچه وسیع ترسیم شده است. ولی همین امواج وقتی به دریچه کم عرضی برخورد کنند، طرحی شبیه قسمت سمت راست و بالای تصویر را خواهند داشت.

امواج بجای حرکت به داخل موج شکن ، در دهانه آن شکل خود را عوض کرده و ازآن نقطه به بعد ، گسترش پیدا میکنند. درست مثل اینکه در یک استخر آرام یک سنگ را در همان نقطه بیاندازیم. به این پدیده پراش یا تفرق (دیفراکسیون) میگویند.





www.takbook.com

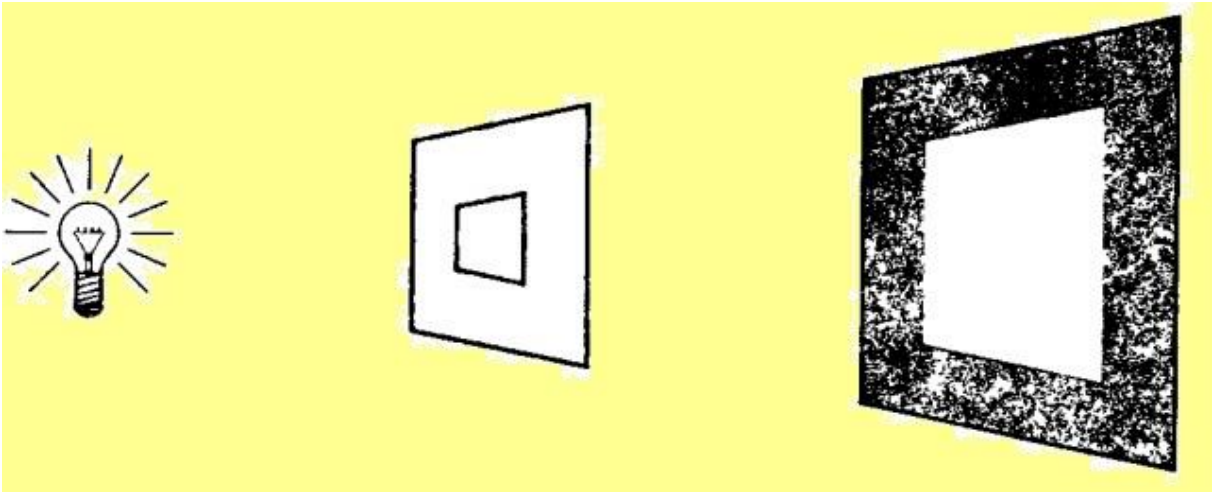
چگونه این اتفاق میافتد؟ چرا کوچک کردن دریچه ورودی موج شکن باعث میشود که طرح امواج به نیم دایره هائی تبدیل شده که مرکز آنها مدخل موج شکن میباشد ؟

جواب این سؤال در این حقیقت نهفته است که اندازه مدخل را با طول موج امواج ورودی مقایسه نمائیم. در حالت اول اندازه ورودی موج شکن بمراتب بزرگتر از طول موج (فاصله بین دو قله) امواجی است که از داخل آن عبور میکنند. در اینحالت امواج مستقیما وارد شده و به اسکله میرسند.

در حالت دوم ، دهانه موج شکن بهمان اندازه طول موج و یا کوچکتر از طول موج امواج ورودی میباشد. نتیجه آن خواهد بود که امواج در موقع دخول، طرح خاصی تولید مینمایند که در تصاویر بالا نشان داده شده است.

هر زمان که امواج مجبور به عبور از دریچه ای میشوند که طول موج آنها کوچکتر است، پدیده پراش یا تفرق اتفاق میافتد.

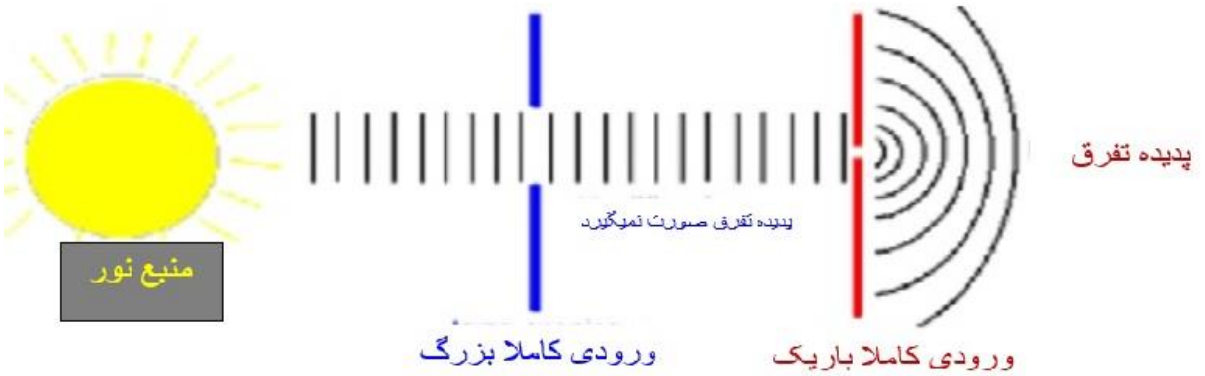
از آنجائیکه نور به موجب تئوری موجی بودن نور، خود یک پدیده تموجی است ، بعنوان یک موج در شرایط مخصوص میبایستی متفرق بشود. نور همین کار را هم میکند. اگر ما یک منبع نوری پشت یک صفحه که در وسط آن یک مستطیل در آورده شده این نور روی دیوار سبز یک چنین نقشی ایجاد خواهد کرد.



این کاملا شبیه امواج دریاست که وارد موج شکنی میشوند که ورودی خیلی بزرگی دارد. ابعاد مستطیلی که در وسط کاغذ بریده شده، میلیونها بار از طول موج نور بزرگتر است. در نتیجه امواج نور مستقیما از آن عبورکرده و خود را روی دیوار اطاق تصویر میکنند. شکلی که در روی دیوار درست میشود ، درست همان شکلی خواهد بود که از کاغذ بریده شده بود (مستطیل). توجه کنید که این تصویر یک حد فاصل کاملا مشخص بین منطقه روشن و تاریک دارد.

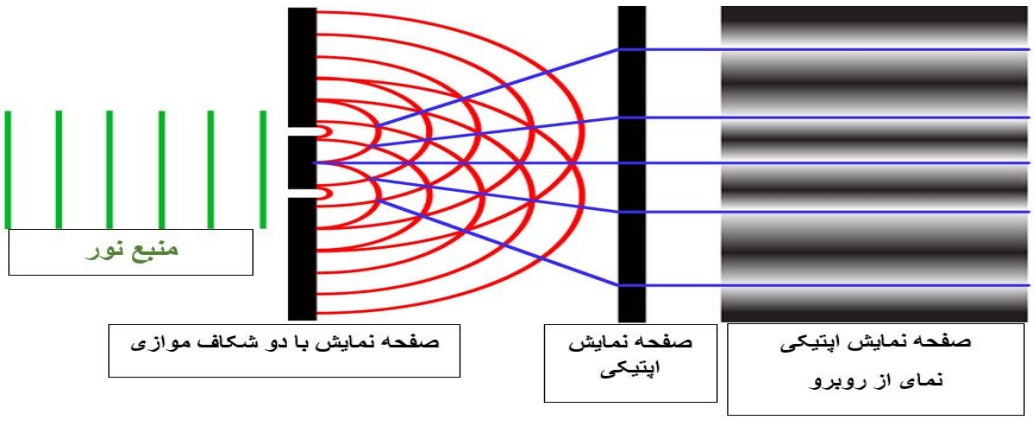
حال اگر ما بجای در آوردن یک مستطیل با یک تیغ تیز یک برش خیلی نازک در کاغذ ایجاد نمائیم بطوریکه ضخامت این برش در حدود طول موج نور چراغ باشد ، این نور پس از برخورد با این برش باریک، متفرق خواهد شد. حالا دیگر مرز مشترک بین قسمت تاریک و قسمت روشن روی دیوار مشخص نبوده و ما در وسط دیوار منطقه ای روشن داشته که با نزدیک شدن به منطقه تاریک رفته رفته کمرنگ میگردد.

www.takbook.com



حال که شما با پدیده تفرق (دیفراکسیون) آشنا شدید ، وقت آن رسیده که بسراغ داستان آن برویم.

در سال ۱۸۰۳ توماس یانگ یکمرتبه و برای همیشه ، مسئله طبیعت نور را حل کرد. البته این چیزی بود که خود او فکر میکرد. او آزمایشی ترتیب داد که بسیار ساده و در عین حال پر سر و صدا بود. در جلوی یک منبع نورکه یانگ از نورخورشید استفاده میکرد او یک صفحه نمایش با دو شکاف نازک موازی قرار داد. . هر کدام از این شکافها میتوانست توسط یک تکه پارچه ، مسدود گردد.



در طرف دیگر این صفحه با دو شکاف ، یک صفحه نمایش اپتیکی قرار داه شده بود که نوری که از دو شکاف موازت میآمد روی این صفحه میافتاد. وقتی منبع نور روشن شده و یکی از شکافها با پارچه مسدود شود ، یک روشنائی دایره مانند در روی صفحه اپتیکی ظاهر خواهد شد.

ولی وقتی هر دو شکافها باز شدند مشاهدات یانگ به تاریخ پیوست. تصویر روی صفحه نمایش اوپتیکی بجای اینکه مجموع تصاویر دو شکاف باشد، این صفحه با نوارهای نوری موازی متناوب پر شده بود. نوار تاریک و نوار روشن همه بطور موازی صفحه را پرکرده بودند. (صفحه نمایش اُپتیکی با نمای از روبرو. شکل بالا.)

چگونه چنین اتفاقی افتاده بود؟

www.takbook.com

سادگی جواب این سؤآل چیزی است که این آزمایش را اینطور موفق و مورد توجه کرده است. تناوب نوارهای تاریک و روشن یک پدیده شناخته شده مکانیک امواج است که تداخل (interference) نامیده میشود. تداخل وقتی ایجاد میشود که امواج نوری که از دو شکاف باریک خارج شده و تحت تاثیر پدیده تفرق قرار گرفته اند ، با یکدیگر تداخل پیدا کنند. در بعضی مکان ها این امواج روی هم قرار گرفته و یکدیگر را تقویت مینمایند. در قسمت های دیگر، امواج یکدیگر را خنثی میکنند.

در سطوحی که قله های یک موج ، روی قله های موج دیگر قرار میگیرد، نتیجه ، شدت گرفتن نور خواهد بود که معرف نوارهای روشن در روی صفحه اُپتیکی میباشد. ولی در سطوحی که یک قله روی یک دره قرار بگیرد، این دو یکدیگر را خنثی کرده و نتیجه این خواهد بود که نوار تاریکی در روی صفحه اُپتیکی ایجاد گردد.

بطور خلاصه آزمایش یانگ با دو شکاف موازی نشان داد که نور میبایستی خاصیت تموجی داشته برای اینکه فقط امواج هستند که میتوانند طرح تداخل تولید نمایند. مشکل از اینجا شروع میشودکه اینشتاین با استفاده از پدیده فتوالکتریک ثابت کرد که نور مانند یک ذره عمل میکند و یانگ با آزمایش خود که از پدیده تداخل استفاده کرده بود، اثبات نمود که نور، در حقیقت یک موج بوده و مانند سایر امواج عمل میکند.

این تازه شروع کار است. از آنجائیکه اینشتاین بطور قطع ثابت کرد که نور از ذراتی به اسم فوتون تشکیل شده، اجازه بدهید به آزمایش شکافهای مضاعف یانگ برگشته و این بار بجای امواج از فوتون ها استفاده کنیم. فرض کنیم که ما یک تفنگ نوری داریم که میتواند یک فوتون در هر لحظه شلیک کند. حال آزمایش را مانند قبل شروع کرده و در ابتدا فقط از یک شکاف استفاده میکنیم. فوتون پس از شلیک به صفحه اُپتیکی رسیده و قسمتی از آنرا روشن خواهد کرد. چون این آزمایش را قبلا انجام داده ایم میدانیم که بعد از شلیک ، فوتون در سطحی از صفحه اُپتیکی فرود خواهد که اگر شکاف دومی باز بود، این قسمت تاریک میشد. این به معنی بود که در چنین صورتی ، هیچ فوتونی به این قسمت از صفحه اپتیکی برخورد نمیکند.

برای اطمینان بیشتر ، ما این آزمایش را بار دیگر تکرار کرده ولی این بار هردو شکافها را باز میگذاریم. همانطور که حدس زده بودیم ، با باز شدن شکاف دوم ، این قسمت از صفحه اُپتیکی تاریک خواهد شد. تنها راه توجیه این آزمایش استفاده از پدیده تداخل است.

سؤآل در اینست که فوتون آزمایش اولی از کجا میدانست که شکاف دومی بسته است؟ در این مورد فکر کنید. اگر هردو شکاف باز باشند، همواره یک طرح تاریک و روشن در روی صفحه ظاهر خواهد شد. این بدان معنی است که اگر خاصیت ذره ای بودن نور را قبول داشته باشیم، باید نتیجه بگیریم که جاهائی در روی صفحه وجود دارد که فوتون ها هرگز به آنجا نخواهند رفت. حال اگر یکی از شکافها را ببندیم، چون دیگر تداخلی صورت نمیگیرد، نوارهای تاریک ، ناپدید و تمام صفحه روشن خواهد شد.

هنری استپ نوشت:

" چگونه اطلاعات با این سرعت پخش میشود؟ یک ذره از کجا میداند که که دو شکاف وجود دارد؟ چگونه اطلاعاتی که در یک آزمایش در جائی صورت گرفته ، باعث میشود که فرض شود همان واقعه در اینجا هم اتفاق خواهد افتاد؟ "

هیچ جواب قانع کننده ای به این سؤآل وجود ندارد. بعضی از فیزیک دانان حتی چنین فرض کرده اند که شاید فوتون ها دارای هوش باشند.

اگر این فیزیک دانان درست بگویند یا اشتباه، اینطور مشخص میشود که اگر فوتون ها واقعا وجود داشته باشند (پدیده فتوالکتریک ثابت میکند که فوتون ها وجود دارند.) در چنین صورتی بنظر میرسد که فوتون ها در آزمایش دو شکاف بنحوی اطلاع دارند که آیا یک یا دو شکاف برای عبور وجود دارد. آنها بر مبنای این اطلاع ، عمل میکنند.

این ما را به نقطه ای بر میگرداند که از آن شروع کردیم. هر چیزی که قادر به انجام فرآیند اطلاعات باشد، ما آنرا اورگانیک (طبیعی ، آلی) فرض میکنیم. بهمین دلیل ما چاره ای جز این نداریم که اعتراف کنیم که فوتون ها که از جنس انرژی هستند، اینطور معلوم میگردد که قادر به انجام فرآیند اطلاعات بوده و بهمین دلیل آنها را هم بایستی جزو اورگانیک ها محسوب نمود. از آنجائیکه خود ما اورگانیک هستیم، این امکان بوجود میآید که اگر فوتون ها را مطالعه کنیم، شاید اطلاعات مفیدی در باره خود ما ، بدست بیاوریم.

www.takbook.com

قضیه دوگانگی ذره ای / تموجی بودن فوتون ها پایان مسیر ' علت و معلول ' فیزیک کلاسیک میباشد. به موجب آن طرز تفکر ، اگر ما مقدار اطلاعات مشخصی از شرایط اولیه داشته باشیم، میتوانیم آینده وقایع را پیش بینی کنیم برای اینکه ما از قوانینی که آنها را هدایت میکند ، با خبر هستیم. در آزمایش شکاف مضاعف ، ما هر چیزی را که امکان داشته باشد، در باره شرایط اولیه فوتون ها میدانیم، ولی با این وجود قادر نیستیم که وقتی فقط یک شکاف باز است، بدرستی پیش بینی کنیم که چه اتفاقی برای فوتون خواهد افتاد.

در آزمایش اولی وقتی فقط یک شکاف باز است، ما اطلاع داریم که فتوتون از کجا سرچشمه گرفته است. منبع نور نقطه شروع حرکت فوتون است. سرعت حرکت فوتون ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است و در جهت شکاف باز حرکت خواهد نمود. با استفاده از قوانین نیوتون در مورد حرکت اجسام ، ما میتوانیم پیش گوئی کنیم که فوتون در کجا در روی صفحه اُپتیکی ، فرود خواهد آمد. فرض کنید که ما تمام این محاسبات را انجام دادیم.

حالا اجازه بدهید که آزمایش شماره ۲ را در نظر بگیریم. در این حالت هر دو شکاف کاملا باز هستند. بار دیگر ما میدانیم که فوتون از کجا سرچشمه گرفته است. سرعت آنرا دانسته و جهت حرکت آن عبور از شکاف باز صفحه حائل میباشد. اطلاعات اولیه در مورد این فوتون کاملا مشابه فوتون آزمایش اول است. هردو از همان نقطه ، با همان سرعت و در همان جهت ، حرکت میکنند. تنها تفاوت بین دو آزمایش اینست که در آزمایش دوم ، هردو شکاف برای عبور فوتون باز شده است. بار دیگر با استفاده از قوانین نیوتون ، میتوانیم محاسبه کنیم که فوتون در چه نقطه ای از صفحه اُپتیکی فرود خواهد آمد.

مسئله از اینجا پیچیده میشود که بر خلاف تصور و محاسبات ما ، فوتون در همان نقطه ای که در آزمایش اول فرود آمده بود، با صفحه اُپتیکی برخورد نخواهد کرد. بعبارت دیگر دو فوتون برغم یکسان بودن شرایط اولیه بهمان نقطه نخواهند رفت.

البته ما مسیر یک فوتون واحد را نمیتوانیم مشخص کنیم. کاری که میتوانیم انجام بدهیم اینست که طرح تموجی را روی صفحه محاسبه نمائیم. بعبارت دیگر، ما از طرح تموجی یک گروه بزرگ فوتون ها در روی صفحه اطلاع داشته ولی هیچ راهی وجود ندارد که بدانیم هر فوتون بطور جداگانه کجا خواهد رفت. تنها چیزی که در مورد یک فوتون تنها میتوانیم بگوئیم احتمال یافت شدن آن در یک نقطه مشخص صفحه میباشد.

تئوری موج – ذره یکی از گزنده ترین مسائل کوانتوم مکانیک است. فیزیک دانان تئوری هائی را دوست دااارند که شسته رفته بوده و قادر باشد همه چیز را تیشریح نماید. تئوری دوگانگی موج – ذره یک تئوری شسته رفته نیست و حقیقت اینست که این ویژگی فیزیکدانان را مجبور کرد که بدنبال راه های جدیدی برای درک حقیقی فیزیک بروند. این تلاش ها به این منجر شد که تئوری های جدیدی به عرصه علوم وارد شده که خیلی با طبیعت تجربه شخصی مطابقت دارد.

برای خیلی از ما، زندگی ، خیلی بندرت سیاه یا سفید میباشد. تئوری دوگانگی موج – ذره بمثابه پایان دیدگاه ' یا این یا آن ' بوده و فیزیک دانان دیگر در پی آن نیستند که ثابت کنند که نور ذره ای یا تموجی است. آنها خاصیت دو گانگی نور را قبول کرده و نور هردو خاصیت را دارا میباشد.

البته اینشتاین از این حقیقت آگاه بود که تئوری ذره ای بودن فوتون او ، برخلاف تئوری یانگ بوده و هیچ راهی هم نداشت که تئوری تموجی یانگ را بکلی رد نماید. او بالاخره به یک راه حل رسید که میگفت فوتون های ذره ای، بوسیله ' امواج روح ' (ghost waves) راهنمائی میشوند. امواج روح یک کمیت ریاضی است که وجود خارجی ندارد. خیلی از فیزیک دانان این راه حل را قبول ندارند.

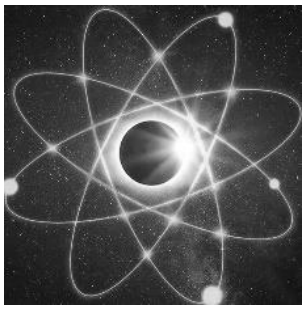
دوگانگی ذره ای – تموجی گام بزرگی بود برای درک تئوری تازه وارد کوآنتوم. بُهر و همکارانش در سال ۱۹۲۴ پیشبهاد کردند که این امواج، امواج احتمالات میباشد. امواج احتمالات نیز یک کمیت ریاضی بوده که بوسیله آن ، فیزیک دانان میتوانند احتمال وقوع یک واقعه را پیش بینی کنند. از جنبه ریاضی، این پیشنهاد آنها صحیح از کار در نیامد ولی عقیده آنها بسیار مستدل و قوی بود. سالها بعد با یک ساختمان ریاضی متفاوتی، عقیده امواج احتمالات پرورش پیدا کرده و تبدیل به یکی از اساسی ترین مشخصه مکانیک کوآنتوم، گردید.

امواج احتمالات یک عقیده کاملا جدید بود. خود احتمالات ، چیز جدیدی نبوده ولی این تئوری جدید در باره اینست که چنین اتفاقات قبلا رخ داده ، ولی هنوز بحقیقت نپیوسته است. این اشاره به تمایل به رخ دادن دارد. این تمایل بخودی خود وجود داشته حتی اگر واقعه هرگز هم رخ ندهد. امواج احتمالات ، برداشت ریاضی این تمایلات است.

www.takbook.com

این البته بطور کامل با احتمالات کلاسیک متفاوت است. اگر ما یک طاس را روی زمین پرتاب کنیم، حساب احتمالات کلاسیک به ما میگوید که احتمال اینکه عدد مورد نظر ما حاصل شود ، یک به شش است. ولی امواج احتمالات خیلی بیشتر از این ، تخمین میزند. ورنر هایزنبرگ در این باره میگوید:

" معنای آن تمایل به چیزی است. این یک برداشت کمی نظریه ' بالقوه ' (potentia) فلسفه ارسطو میباشد. این در حقیقت در نیمه راه بین برداشت یک واقعه و رخ دادن آن ، قرار گرفته است. جائی بین امکان و واقعیت. "



www.takbook.com

فصل چهارم : چه اتفاقی میافتد

کوآنتوم مکانیک یک روش (procedure) است. یک طریق ویژه نگریستن به قسمت خاصی از حقیقت میباشد. تنها کسانی که از آن استفاده میکنند ، فیزیک دانان هستند. مزیت این روش در اینست که به ما اجازه میدهد که احتمالات وقوع برخی از وقایع را پیش بینی نمائیم. هدف مکانیک کوانتوم این نیست که پیش بینی کند که واقعا چه اتفاقی خواهد افتاد. تنها میتواند احتمالات وقوع بعضی نتایج را پیشگوئی نماید. البته فیزیک دانان تمایل دارند که بتوانند وقایع فرو اتمی را با دقت بیشتری پیش بینی کنند ولی در حال حاضر تنها وسیله کار آنها ، کوآنتوم فیزیک بوده و بایستی با محدودیت های آن، کنار بیایند.

احتمالات از همان قوانینی تبعیت میکند که وقایع ماکروسکوپیک کرده و یک حالت موازی با آن دارند. اگر ما به اندازه کافی در باره شرایط اولیه آزمایش بدانیم، احتمال پیش آمدن یک واقعه را میتوانیم با دقت ، پیش بینی کنیم.

بعنوان مثال راهی وجود ندارد که ما بتوانیم محل برخورد یک فوتون تنها را به صفحه اپتیکی در آزمایش صفحه ۳۸ محاسبه و پیش بینی نمائیم. در همین حال کاری که ما میتوانیم با دقت انجام بدهیم ، محاسبه احتمال برخورد این فوتون در یک نقطه مشخص در روی صفحه میباشد.

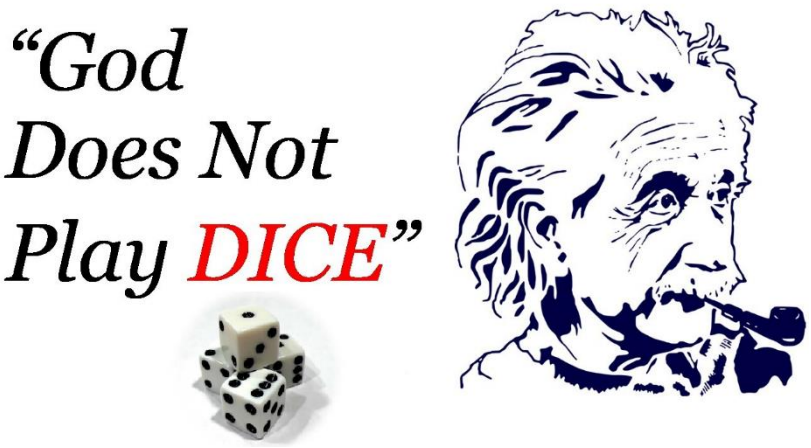
حال فرض کنیم که ما یک احتمال شصت در صدی برای برخورد فوتون با یک قسمت مشخص صفحه محاسبه کردیم. آیا این بدان معناست که این فوتون هر جای دیگری ممکن است فرود بیاید؟ جواب این سؤال اینست:

بله... در حقیقت چهل در صد احتمال چنین چیزی وجود دارد.

در چنین صورتی، چه چیزی تصمیم میگیرد که فوتون در کجای صفحه با آن برخورد کند؟ جواب کوآنتوم مکانیک این خواهد بود این برخورد کاملا بر حسب احتمال خواهد بود.

این جنبه احتمال درست همان چیزی بود که اینشتاین را وادار میکرد که به فیزیک کوآنتوم ایراد بگیرد. او بخاطر همین بُعد فیزیک کوآنتوم، آنرا بعنوان اساس تئوری فیزیک ، مردود میشمرد. وی در یک نامه به ماکس بُرن نوشت:

" کوآنتوم مکانیک بسیار جالب توجه است ولی من متقاعد شده ام که پروردگار در موقع خلقت، طاس نمی ریخته است. "



www.takbook.com

دو نسل بعد ، ج. اس. بل یک فیزیکدان اسکاتلندی ثابت کرد که اینشتاین ممکن است درست گفته باشد. ولی این داستان دیگری است که ما بعد در باره آن سخن خواهیم گفت.

برای انجام یک آزمایش کوانتوم مکانیک تدارک یک سیستمی است که تحت ویژگی و مشخصات بخصوصی آماده شده است. این قسمت از کار ، قسمت تدارکات (region of preparation) نامیده میشود.

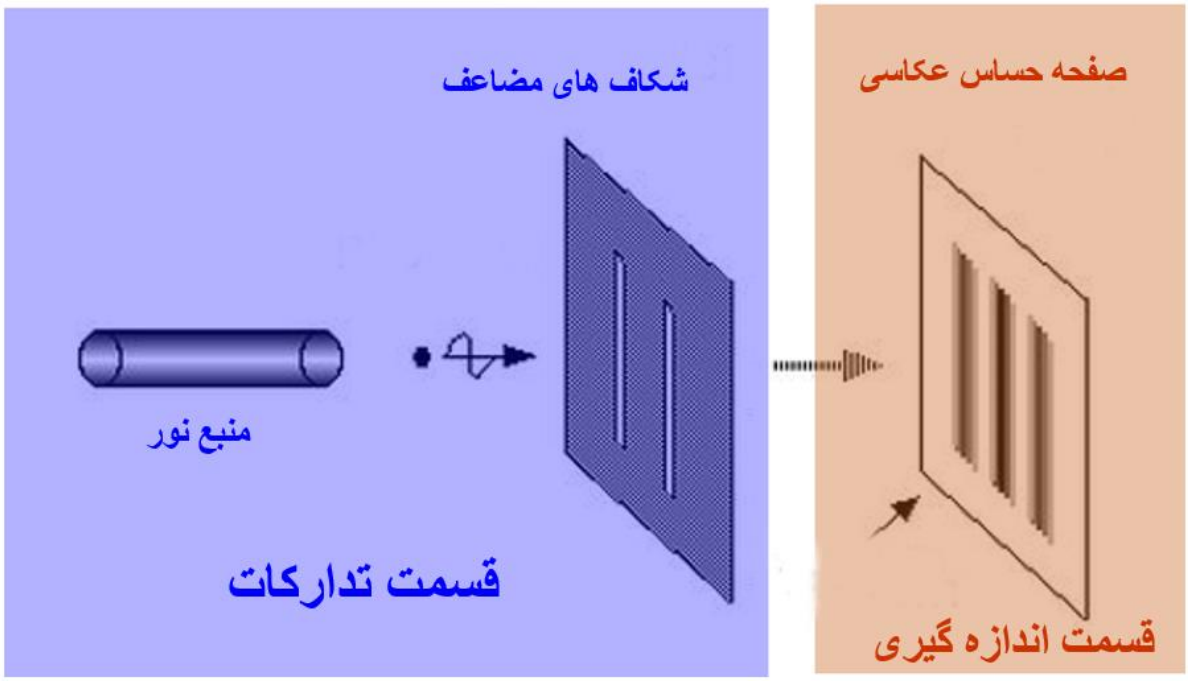
قدم دوم اینست که یک سیستم دیگری هم تعبیه کنیم که نتایج آزمایشات را اندازه گیری نماید. این سیستم اندازه گیری در قسمتی واقع شده که به آن ، قسمت اندازه گیری میگویند. در بهترین شرایط ، این قسمت بایستی تا سر حد امکان از قسمت تدارکات دور باشد. البته برای یک ذره فرواتمی حتی یک فاصله بسیار کم ماکروسکوپی ، یک فاصله بسیار زیاد خواهد بود.

حالا اجازه بدهید که با استفاده از این روش، آزمایش شکاف مضاعف را بار دیگر تکرار کنیم. اولین کار ما این خواهد بود که یک منبع نور در روی یک میز تعبیه نمائیم. سپس در فاصله کوچکی از آن، صفحه ای قرار میدهیم که دو شکاف بسیار باریک ، عمودی و موازی با یکدیگر در آن ایجاد شده است. مکانی که این وسائل در آن قرار داده شده، قسمت تدارکات میباشد. سپس ما یک صفحه عکاسی که هنوز نور ندیده است در طرف دیگر این صفحه قرار میدهیم. این قسمت ، قسمت اندازه گیری میباشد.

گام سوم در روش کوانتوم مکانیک اینست که اطلاعاتی را که در باره وسائل موجود در قسمت تدارکات داریم، که عبارت از منبع نور و صفحه ای با شکاف میباشد، به زبان ریاضی، ترجمه نمائیم. همین کار را برای وسائلی که در قسمت اندازه گیری وجود دارد، (صفحه عکاسی) تکرار خواهیم کرد.

برای انجام این کار، ما احتیاج به اطلاعاتی در باره مشخصات دستگاه ها داریم. این بدان معناست که ما به به تکنسینی که دستگاه ها را سر هم میکند، دستورات مشخصی بدهیم. بعنوان مثال ما به او خواهیم گفت که در چه فاصله ای از منبع نور ، صفحه با شکاف موازی را قرار بدهد. فرکانس و شدت نوری را که از آن استفاده خواهیم کرد ، ابعاد دو شکاف و فاصله آنها از یکدیگر و از منبع نور، بقیه دستورات ما خواهد بود. قسمت اندازه گیری را هم فراموش نکرده دستوراتی از قبیل اینکه صفحه را در فاصله ای قرار داده، نوع صفحه حساس عکاسی و چگونگی ظاهر کردن عکسها را هم بطور مشخص به تکنسین خواهیم داد.

آزمایش شکاف مضاعف



www.takbook.com

وقتی ما این مشخصات ترتیب آزمایشات را بزبان ریاضی تئوری کوآنتوم ترجمه کردیم، این کمیت های ریاضی را وارد یک معادله ای که معرف پیشرفت علت و معلول بوده ، مینمائیم. در این جمله آخر هیچ چیز در باره پیشرفت نگفته ایم و دلیل آنهم اینست که هیچ کس چیزی در این باره نمیداند. تفسیر کپنهاگ از کوآنتوم مکانیک چنین میگوید که تئوری کوآنتوم یک تئوری کامل است چون تحت هر شرایط آزمایشی عمل میکند و نه بخاطر اینکه این تئوری قادر است همه چیز را بطور کامل توضیح بدهد. دلیل این کمبود هم اینست که این تئوری با گروه سر و کار داشته ، نه با ذرات مجرد. این تئوری وقتی در باره روند دسته جمعی نظر میدهد، این کار را بخوبی انجام میدهد. آزمایش شکافهای مضاعف این تئوری خیلی خوب میتواند پیش بینی کند که احتمال یافت شدن یک فوتون در یک منطقه چه اندازه است و این پیش بینی بخوبی با آزمایشات عملی ، همگام است. آخرین گام در فرآیند کوانتوم مکانیک، انجام آزمایش و بدست آوردن نتیجه است.

برای کاربرد تئوری کوآنتوم ، دنیای فیزیکی میبایستی بدو قسمت تقسیم گردد. این دو قسمت عبارتند از سیستم مشاهده شده (Observed system) و سیستم مشاهده کننده (observing system) . این دو قسمت را نبایستی با دو قسمت تدارک و اندازه گیری که در قبل ذکر شد ، اشتباه کرد. دو قسمت اخیر ترتیبات فیزیکی دستگاه های آزمایشی را در بر میگرد. سیستم مشاهده شده و سیستم مشاهده کننده راه و روشی است که فیزیک دانها نتایج آزمایشات را بررسی و تحلیل میکنند. در ضمن سیستم مشاهده شده تا وقتی با سیستم مشاهده کننده ، در گیر نشود ، نمیتواند دیده شود ، و حتی در آن موقع تمام چیزی را که ما میتوانیم مشاهده کنیم، تاثیر آن روی وسیله اندازه گیری خواهد بود.

سیستم مشاهده شده در آزمایش شکاف مضاعف یک فوتون است. اینطور تصویر میگردد که بین قسمت تدارکات و قسمت اندازه گیری ، حرکت میکند. در تمام آزمایشات مکانیک کوآنتوم ، سیستم مشاهده کننده ، محوطه ایست که سیستم مشاهده شده را در بر میگیرد و این شامل فیزیک دانی که آزمایشات را انجام میدهد نیز میشود.

وقتی سیستم مشاهده شده بدون مانع به حرکت خود ادامه میدهد، پیشرفت آن بر اساس قانون علت و معلول صورت میگیرد. این قانون بنام معادله تموجی شرودینگر نامیده میشود. اطلاعاتی که ما در این معادله قرار میدهیم، اطلاعاتی و ارقامی است که باره دستگاه های آزمایشی است که ما آنرا بزبان ریاضی مکانیک کوانتوم، رونویسی کرده ایم.

هر گروه این مشخصات آزمایشی که ما آنها را بزبان ریاضی رونویسی کرده ایم، مربوط به چیزی میشود که فیزیک دانان آنرا قابل مشاهده (observable) مینامند. در دنیای تجربی، چیزی قابل مشاهده است که امکان وقوع یکی از گروه های مشخصات ، در آن وجود داشته باشد.

در دنیای ریاضیات ، مشخصات آزمایش در هر کدام از منطقه اندازه گیری و منطقه تدارکات، متناظر به یک فرآیند قابل مشاهده میباشد. از جنبه تجربه، یک فرآیند قابل مشاهده به معنای امکان وقوع یکی از این گروه های مشخصات میباشد.

بعبارت دیگر ، اتفاقی که برای سیستم مشاهده شده در بین منطقه تدارکات و منطقه اندازه گیری میافتد ، بزبان ریاضی رابطه ایست که بین دو فرآیند قابل مشاهده (تولید و شناسائی) (production and detection) بوجود میآید. در اینجا ما میدانیم که سیستم مشاهده شده، یک ذره ، یک فوتون ، میباشد. به این ترتیب این فوتون رابطه ایست بین دو فرآیند قابل مشاهده و بخودی خود وجود ندارد.

استپ چنین مینویسد:

" یک ذره ابتدائی وجود مستقلی نداشته و قابل تجزیه و تحلیل نیست. در اصل چنین ذره ای یک دسته روابطی میباشد که با اشیاء خارج ارتباط برقرار میکند. "

علاوه بر این، تصویر ریاضی که فیزیک دانان برای این دسته روابط درست کرده اند ، بسیار شبیه تصویر ریاضی یک ذره واقعی در حال حرکت میباشد. حرکت یک دسته روابط توسط معادله ای کنترل میشود که برای حرکت ذره واقعی ، مورد استفاده قرار میگیرد.

در طبیعت اشیاء رابطه ای با یکدیگر ندارند. اشیاء همان چیزی هستند که هستند. رابطه یک نظریه ایست که ما از آن استفاده میکنیم که ارتباطی را که درک کرده، تشریح کنیم. ' رابطه ' فقط بین اشخاص وجود دارد چون فقط انسانها هستند که از کلمات و ادراکات استفاده میکنند.

www.takbook.com

رابطه همانطور که ذکر شد، یک نظریه است. ذرات فرو اتمی یک نظریه هستند. اگر ما آنها را در فکر خود نساخته بودیم، چنین نظریه ای وجود نداشت. این شامل نظریه ' رابطه ' هم میباشد. بطور خلاصه اگر ما اینجا نبودیم که آنها را بسازیم، هیچ ذره ای وجود نداشت.

مکانیک کوآنتوم بر اساس ' توسعه در انزوای ' یک سیستم مشاهده شده است. کلمه انزوا مربوط به جدا ساختن قسمت تدارکات از قسمت اندازه گیری میباشد. ما این وضعیت را ' انزوا ' مینامیم ولی در حقیقت هیچ چیزی در انزوای کامل نیست. شاید کائنات با همه ابعاد خود در انزوا باشد (ولی جهان هستی و کائنات از چه چیزی میخواهد دوری بگزیند؟)

فوتون ها بخودی خود وجود ندارند. تمام چیزی که بخودی خود وجود دارد یک تمامیت دست نخورده و کامل است که خود را مانند تارهای (طرح) روابط به ما عرضه میدارد. موجودیت های فردی، رابطه هائی هست که ما آنها را بوجود آورده ایم.

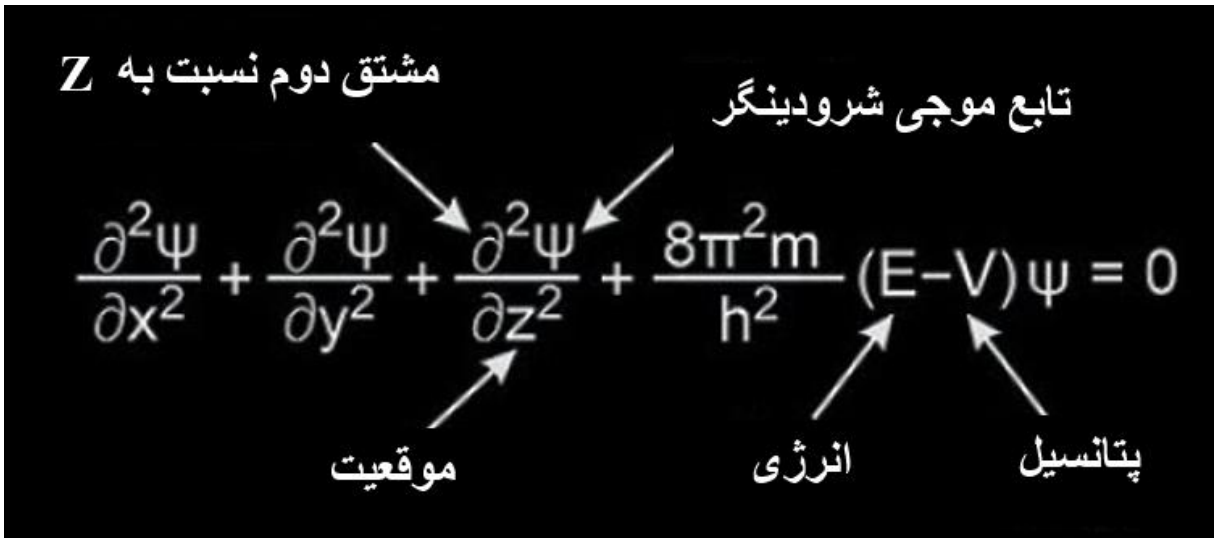
فیزیک جدید اینطور بنظر میرسد که شباهت زیادی با عرفان قدیمی مشرق زمین دارد.

اتفاقی که بین قسمت تدارکات و قسمت اندازه گیری رخ میدهد، یک فرآیند دینامیکی (متغییر با زمان) بوده که امکاناتی را که در استفاده از معادله تموجی شرودینگر وجود دارد ، برای ما میگشاید. ما میتوانیم به این وسیله ، احتمالات پیش آمدن این امکانات را در هر لحظه محاسبه نمائیم.

یکی از این امکانات ممکن است این باشد که فوتون در نقطه ' الف ' از صفحه عکاسی ، فرود بیاید. امکان دیگر اینست که فوتون به نقطه ' ب ' در صفحه عکاسی برخورد نماید. هرچند که امکان ندارد که این فوتون در آن واحد به هردو نقطه برخورد کند. اگر یکی از این دو امکان، بوقوع پیوست، احتمال برخورد این فوتون در نقطه دیگر، صفر خواهد بود.

حال سؤآل اینست که چه بایستی کرد که یک امکان به وقوع بپیوندد؟ ما اندازه گیری میکنیم. اندازه گیری با پیشرفت این امکانات ، تداخل میکند. بعبارت دیگر، انجام فرآیند اندازه گیری، با پیشرفت سیستم مشاهده شده منزوی تداخل کرده و آنرا تغییر میدهد. وقتی ما چنین کاری را انجام میدهیم، یکی از امکانات را بمیل خود وادار به وقوع میکنیم. بعنوان مثال بمحض اینکه ما فوتون را در نقطه ' الف ' مشاهده کردیم امکان اینکه این ذره در نقطه دیگری یافت شود هیچ میگردد.

بسط وپیشرفت امکانات بین منطقه تدارکات و منطقه اندازه گیری با یک موجودیت مخصوص ریاضی معرفی شده که فیزیک دانان این موجودیت را ' تابع موجی ' (wave function) مینامند. دلیل آنهم اینست که این از نظر ریاضی کاملا شبیه پیشرفت امواجی است که دائما در حال تغییر و تکثیر است. بطور خلاصه معادله تموجی شرودینگر پیشرفت منزوی سیستم مشاهده شده (بین قسمت تدارکات و قسمت اندازه گیری) کنترل کرده که در این مثال یک فوتون بوده که توسط یک ' تابع موجی ' معرفی میگردد.



www.takbook.com

تابع موجی یک تابع ریاضی بوده که معرف تمام امکاناتی است که ممکن است برای یک سیستم مشاهده شده پیش بیاید وقتی این سیستم با سیستم مشاهده کننده (سیستم اندازه گیری) درحال تعامل است. شکل تابع موجی یک سیستم مشاهده شده میتواند توسط معادله شرودینگر برای هر لحظه ای اززمانی که سیستم مشاهده شده (فوتون) از منطقه تدارکات خارج شده و به حال تعامل با سیستم مشاهده کننده برسد، محاسبه گردد.

زمانی که تابع موجی محاسبه شد، ما میتوانیم که عمل ریاضی ساده روی آن انجام بدهیم که عبارت است از رساندن دامنه این موج به توان دو است. این دومین موجودیت ریاضی میباشد که آنرا تابع احتمالات نامگذاری کرده اند. این تابع به ما احتمالات امکاناتی را که توسط تابع موجی حاصل شده ، در یک زمان مشخص به ما بازگو میکند.

تابع موجی توسط معادله شرودینگر محاسبه شده و این تابع با امکانات سر و کار دارد. تابع احتمالات بر پایه تابع موجی قرار گرفته و با احتمالات سر و کار دارد.

بایستی توجه داشت که فرق زیادی بین ممکن بودن و محتمل بودن ، وجود دارد. یک چیز ممکن است ممکن بوده ولی خیلی محتمل نباشد. بعنوان مثال بارش برف در تابستان شاید ممکن باشد ولی مسلما احتمال خیلی کمی برای آن وجود دارد مگر اینکه ما در قطب جنوب باشیم. در آنجا بارش برف در تابستان، هم ممکن و هم محتمل است.

تابع موجی یک سیستم مشاهده شده یک کاتالوگ ریاضی است که تعریف فیزیکی آن چیزهائی را که ممکن است برای سیستم مشاهده شده وقتی ما روی آن اندازه گیری میکنیم، اتفاق بیفتد ، در اختیار ما قرار میدهد. در همین حال تابع احتمالات ، احتمال وقایعی را که عملا اتفاق میافتد، به ما میدهد. این به ما میگوید که این احتمال رخ دادن این و آن میباشد.

قبل از اینکه ما با پیشرفت یک سیستم مشاهده شده در انزوا مداخله کنیم، این سیستم همراه با تابع موجی شرودینگر ، به ایجاد امکانات ، ادامه میدهد. به محض اینکه ما شروع به اندازه گیری کردیم که ببینیم چه اتفاقی میافتد، تمام احتمالات چیزهای ممکن، بجز یکی ، همه صفر خواهد شد. در این حالت احتمال این چیز ممکن ، یک خواهد بود که بدان معنی است که این اتفاق خواهد افتاد.

پیشرفت تابع موجی که همان ' امکان داشتن ' است بیک فلسفه جبری تغییر ناپذیر منتهی میشود. ما این پیشرفت را با استفاده از معادله تموجی شرودینگر ، محاسبه میکنیم. از آنجائیکه تابع احتمالات بر اساس تابع موجی قرار دارد، احتمالات اتفاقات ممکنه هم شامل فلسفه جبری میگردد.

درست همین است که ما میتوانیم با دقت احتمال وقوع یک واقعه را پیش بینی کرده ولی پیش بینی خود واقعه آنطور که در فیزیک قدیمی ادعا میشد، امکان پذیر نخواهد بود. ما ممکن است احتمالات وقوع یک نتیجه مورد نظر را محاسبه نمائیم ولی وقتی اندازه گیری را انجام میدهیم، این نتیجه ممکن است همان چیزی نباشد که ما بدنبالش بودیم. در مثال دو شکاف موازی، فوتون ممکن است که در نقطه ' الف ' با صفحه عکاسی برخورد کرده و یا در نقطه ' ب ' . کدامیک از این دو به واقعیت خواهد پیوست سؤالی است که مکانیک کوآنتوم در جواب میگوید که این کاملا به شانس بستگی دارد.

در آزمایش دو شکاف موازی ، ما نمیتوانیم پیش بینی کنیم که فوتون در چه نقطه ای ازصفحه عکاسی فرود خواهد آمد. هرچند که این را میتوانیم بگوئیم که در کجا احتمال بیشتری دارد که برخورد نماید. این چیزی است که اتفاق خواهد افتاد.

حالا فرض کنید که ما یک آشکار ساز (detector) فوتون را در جلوی شکاف اولی و عین همین دستگاه را در جلوی شکاف دوم قرار بدهیم. حال ما فوتون ها را از منبع نوری ساطع میکنیم. دیر یا زود یکی از این فوتون ها از یکی از شکافها رد خواهد شد. برای فوتون ها دو امکان وجود دارد. فوتون میتواند از شکاف اولی رد شود که فورا آشکار ساز، وجود آنرا اعلام خواهد کرد. نظیر همین استدلال در مورد شکاف دوم هم وجود دارد. هرکدام از این امکانات به تابع تموجی آن فوتون، ضمیمه شده است.

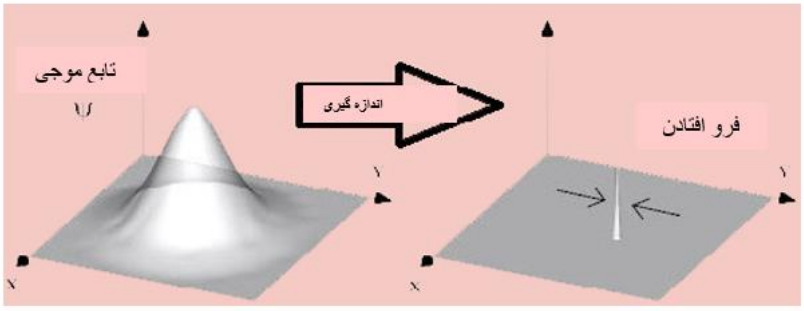
حالا بگذارید فرض کنیم که وقتی آشکار سازها را امتحان میکنیم، میبینیم که آشکار ساز دومی، عمل کرده است. به محض دانستن این ، ما همچنین خواهیم دانست که فوتون از شکاف اولی رد نشده است. این امکان دیگر وجود ندارد و به این ترتیب تابع موجی فوتون ، دچار تغییر شده است.

www.takbook.com

تصویر گرافیکی تابع موجی برای فوتون قبل از انجام آزمایش در شکل بالا نشان داده شده و دارای دو ' کوهان ' است. یکی از کوهان ها نمایشگر امکان عبور فوتون از شکاف اولی و آشکار ساز اولی بوده و کوهان دومی نمایشگر امکان رد شدن فوتون از شکاف دوم و عبور از آشکار ساز دوم میباشد.

وقتی آشکار ساز دوم، عبور فوتون را از شکاف دوم اعلام میدارد، امکان اینکه فوتون از شکاف اولی عبور کند، به صفر میرسد. در این حالت کوهانی که مربوط به شکاف اول است، در شکل بالا تبدیل به خط مستقیم میشود.

به این پدیده ' فروافتادن تابع موجی ' (collapse of the wave function) میگویند.



فیزیک دانان در این مورد چنین اظهار نظر میکنند که انگار تابع موجی دو طریق پیشرفت دارد. پیشرفت اولی بخوبی و نرمی انجام گرفته و امکان پیش بینی در آن وجود دارد چون از معادله شرودینگر سرچشمه میگیرد. پیشرفت دوم ناگهانی و مقطع بوده و این را فروافتادن تابع موجی نام نهاده اند. حالا کدام قسمت تابع موجی ، فرو خواهد افتاد، کاملا به شانس بستگی خواهد داشت. عبور از طریق اول به دوم جهش کوآنتوم نامیده میشود.

جهش کوانتوم ، یک رقص نیست. این سقوط ناگهانی همه چهره های در حال رشد تابع موجی خواهد بود به استثنای آن یکی که واقع گردید.

در یک آزمایش کوآنتمی ، سیستم مشاهده شده ، بدون تحمل مداخله ای از قسمت تدارکات به قسمت اندازه گیری حرکت کرده و بر طبق معادله شرودینگر ، پیشرفت مینماید. در طول این مدت، تمام چیزهائی که امکان دارد اتفاق بیافتد بصورت تابع موجی ، ظاهر میکردد. ولی به محض تعامل با وسیله اندازه گیری (سیستم مشاهده کننده) ، صرفا

www.takbook.com

یکی از این امکانات ، جامه عمل بخود پوشانده و بقیه بلافاصله از بین میروند. جهش کوآنتومی استحاله ای از امکانات مختلف به یک واقعیت ، میباشد.

تعریف دیگر جهش کوآنتومی جهش از یک واقعیت با تعداد بینهایت زیاد جنبه های مختلف به یک واقعیت که فقط سه بُعد دارد، میباشد.

بعنوان مثال، فوتونی را که در آزمایش شکاف مضاعف ، مورد بحث قرار گرفت، در نظر بگیرید. اولین امکان اینست که فوتون از شکاف اولی رد شده ، آشکار ساز عبور آنرا اعلام مینماید. امکان دوم اینست که فوتون از شکاف دوم رد شده و آشکار ساز دومی ، عبور آنرا اعلام میدارد. هرکدام از این امکانات توسط یک تابع موجی معرفی شده در یک فضای سه بعدی قرار داشته و یک زمان خاص. واقعیت ما خود سه بُعدی بوده ، دارای طول، عرض و عمق و البته زمان میباشد.

اگر ما بخواهیم یک اتفاق فیزیکی را با دقت بیان کنیم، بایستی بگوئیم که این اتفاق در کجا و در چه زمانی رخ داده است.

برای توضیح اینکه مکان اتفاق، ما احتیاج به اطلاعاتی در سه بُعد داریم. فرض کنید که یک باد کنک نامرئی در فضای یک اطاق خالی ، شناور است. برای مشخص کردن محل بادکنک ، بعنوان مثال ما میتوانیم چنین شروع کنیم: از یک گوشه مشخص اطاق از کنار یک دیوار مشخص ، پنج قدم جلو بروید (بُعد اول) . چهار قدم مستقیما از دیوار دور شوید (بُعد دوم) . دو متر هم از کف زمین بالا رفته (بُعد سوم). تمام امکانات در این سه بعد موجود است و یک زمان هم مشخص میشود.

حال اگر تابع موجی امکاناتی را که در مورد دو ذره وجود دارد ، عرضه نماید، در چنین صورتی تابع موجی دارای شش بُعد خواهد بود. اگر تابع موجی امکانات موجود در مورد دوازده ذره را عرضه نماید، این تابع موجی سی و شش بُعد خواهد داشت.

بدیهی است که چنین چیزی برای ما غیر قابل تصور است چون تجربه ما صرفا منحصر به سه بعد است. معهذا این ریاضیات این قضیه میباشد.

چیزی را که بایستی در مورد آن فکر کرد، اینست که وقتی ما در یک آزمایش کوآنتومی ، یک اندازه گیری انجام میدهیم که در آن سیستم مشاهده شده با سیستم مشاهده در تعامل است، ما یک واقعه با ابعاد متعدد را به یک حقیقت سه بعدی که با تجربه ما همخوانی دارد، تبدیل میکنیم.

اگر ما تابع موجی فوتون را برای آشکار سازی در چهار نقطه مختلف محاسبه میکنیم، این تابع موجی یک حقیقت ریاضی برای چهار واقعه مختلف همزمان در دوازده بُعد خواهد بود. در اصل، ما میتوانیم توابع موجی که معرف تعداد بیشماری واقعه که همزمان اتفاق میافتند در تعداد بیشماری ابعاد ، محاسبه نمائیم. ولی بدون توجه به اینکه تابع موجی پیچیده خواهد بود، به محض اینکه ما محاسبات ریاضی را انجام دادیم، ما آنرا به صورت یک حقیقت سه بعدی در آورده که تنها صورتی است که انسان آنرا درک مینماید.

حال ما به این سؤآل میرسیم که چه موقع تابع موجی دچار فرو افتادگی میشود ؟ چه موقع تمام امکاناتی که در حال پیشرفت برای سیستم مشاهده شده میباشند ، بجز یکی، بقیه از بین میروند؟

تا اینجا ما فقط گفته ایم که فرو افتادن وقتی صورت میگیرد که کسی به سیستم مشاهده شده نگاه کند. این صرفا فقط یک نقطه نظر است. عقیده دیگر تابع موجی وقتی سقوط میکند، که من به سیستم مشاهده نگاه کنم. عقیده دیگر در این مورد اینست که تابع موجی وقتی دچار فرو افتادگی میشود که یک اندازه گیری بعمل بیاید حتی اگر این اندازه گیری توسط انسان نبوده و یک دستگاه آنرا انجام بدهد. بموجب این نظریه، مهم نیست که ما برای دیدن در آنجا باشیم یا نباشیم.

حال برای یک لحظه تصور کنیم که هیچ انسان آزمایش کننده در این آزمایش ما وجود نداشته و همه چیز بطور اتوماتیک انجام میگیرد. یک منبع نوری ، یک فوتون تولید میکند. تابع موجی این فوتون حاکی از آنست که این فوتون امکان دارد که از شکاف اولی گذشته و آشکار ساز، ورود آنرا به شکاف ، اعلام میکند. امکان دیگر آنست که فوتون از شکاف دوم عبور کرده و آشکار ساز دوم ، عبور آنرا خبر بدهد.

www.takbook.com

حال فرض کنیم که در عمل، آشکار ساز دومی عبور فوتون را ثبت کرده باشد.

به موجب فیزیک کلاسیک، منبع نوری یک ذره واقعی را از خود ساطع کرده و این فوتون از منبع نوری حرکت کرده و با گذشتن از شکاف دوم، آشکار ساز دوم آنرا ثبت کرده است. اگر لازم باشد، ما میتوانیم مسیر حرکت این فوتون را از منبع نور تا صفحه حساس عکاسی محاسبه نمائیم.

حال به موجب فیزیک کوآنتوم، کار به این سادگی نیست. هیچ ذره واقعی بنام فوتون، بین منبع نور و صفحه عکاسی حرکت نکرده است. هیچ فوتونی وجود نداشته تا موقعیکه یکی از آنها در دریچه دومی به واقعیت پیوسته است. تا آن موقع تنها چیزی که وجود داشته، تابع موجی بوده است. بعبارت دیگر، تا آن موقع، تنها چیزی که وجود داشته ، تمایل یک فوتون به پیوستن به واقعیت در شکاف اولی یا دومی بوده است.

از نقطه نظر فیزیک کلاسیک، یک فوتون واقعی بین منبع نور و صفحه عکاسی حرکت میکند. احتمال عبور آن از هر یک از شکاف ها، ۵۰/۵۰ میباشد. از نظر تئوری کوانتوم ، هیچ فوتونی تا وقتی آشکار ساز اعلام نکرده وجود نداشته است. تنها چیزی که وجود داشته، پیشرفت احتمال رفتن یک فوتون به شکاف اول یا دوم میباشد. این نظریه هایزنبرگ است که که یک حقیقت فیزیکی عجیب را بین امکان و حقیقت بیان میکند.

بسیار مشکل است که بتوان این مطلب را قدری روشن تر کرد. ترجمه از ریاضیات به انگلیسی به خودی خود مشمول از دست رفتن دقت مطلب میشود. ولی مسئله اصلی این نیست. ما میتوانیم که به ریاضیات رو آورده و با یاد گرفتن اینکه چگونه از معادله شرودینگر استفاده کنیم، تصویر روشن تری از این پدیده ، ایجاد نمائیم. بدبختانه روشنتر کردن تصویر باعث خواهد شد که ذهن ما از آنچه که هست، بیشتر مغشوش گردد.

مشکل واقعی در اینست که ما عادت کرده ایم که بدنیا بنظر ساده ای نگاه کنیم. عادت ما اینست که قبول کنیم که چیزی در آنجا هست یا نیست. اگر ما به آنجا نگاه کنیم یا نکنیم، ان چیز در آنجا هست یا نیست. به موجب تجربه شخصی، ما دنیای فیزیکی را جامد، حقیقی و مستقل از خودمان فرض میکنیم. مکانیک کوآنتوم بسادگی میگوید که چنین چیزی نیست.

فرض کنید که یک تکنسین که نمیداند آزمایشات ما اتوماتیک است ، وارد اطاق شده که که ببیند آیا آشکار ساز فوتونی را ثبت کرده است. وقتی این شخص به سیستم مشاهده کننده (آشکار ساز) نگاه میکند، دو چیز است که او میتواند ببیند. امکان اول اینست که آشکار ساز اولی فوتون را ثبت کرده و امکان دوم اینست که که آشکار ساز دوم فوتون را ثبت کرده باشد. در تابع موجی سیستم مشاهده کننده (تکنسین) در این موقع دو کوهان وجود دارد که هر کدام مربوط به یک امکان میشود.

به محض اینکه تکنسین ملاحظه کند که آشکار ساز دومی فوتون را ثبت کرده است، امکان اینکه آشکار ساز اولی فوتونی را ثبت کرده باشد، ازبین میرود. یک قسمت از تابع موجی سیستم اندازه گیری ، سقوط کرده و واقعیت برای تکنسین این است که آشکار ساز دوم ، فوتون را ثبت کرده است. بعبارت دیگر، سیستم مشاهده کننده آزمایش که آشکار ساز ها باشند ، در این حال در رابطه با تکنسین، بصورت سیستم مشاهده شده در میآید.

حالا فرض کنیم که فیزیک دانی که این آزمایش را طرح کرده وارد اطاق بشود که کار تکنسین را اداره کند. او میخواهد بداند که که تکنسین چه چیزی از آشکار سازها کشف کرده است. در این رابطه، دو امکان وجود دارد. یکی اینکه تکنسین دیده است که آشکار ساز اولی فوتون را ثبت کرده و امکان دوم اینست که آشکار سازدومی این کار را انجام داده است.

تقسیم تابع موجی به دو کوهان که هر کدام از آنها معرف یک امکان هستند ، از فوتون تا آشکار ساز ، گسترش پیدا کرده سپس این گسترش به تکنسین و بالاخره فیزیک دان ادامه پیدا کرده است. این تکثیر ' امکانات ' توسط معادله موجی شرودینگر اداره میگردد.

بدون ' ادراک ' (perception) ، کائنات از طریق معادله شرودینگر به کار تولید تعداد بیشماری از امکانات ، ادامه میدهد. هر چند که تاثیر ' ادراک ' آنی و بسیار بزرگ است. تمام توابع موجی که معرف سیستم مشاهده شده هستند سقوط کرده و نابود میشوند. تنها یک استثنا وجود دارد و آنهم همان تابع موجی است که بواقعیت میپیوندد . هیچ کس نمیداند که چرا یک امکان تبدیل به واقعیت شده و بقیه نابود میگردند. تنها قانونی که این پدیده را اداره میکند، خود احتمالات است. بعبارت دیگر جواب این سؤآل اینست که همه چیز برمبنای شانس و اتفاق است.

www.takbook.com

تقسیم تابع موجی فوتون، آشکار ساز، تکنسین فیزیک دان و غیره به دو قسمت ، بنام ' مسئله اندازه گیری ' و گاهی هم ' تئوری اندازه گیری ' نامیده میشود. اگر بیست و پنج امکان در تابع موجی فوتون وجود داشته باشد، ، تابع موجی سیستم اندازه گیری که شامل تکنسین و فیزیک دان هم میشود، دارای بیست و پنج ' کوهان' مجزا خواهد بود. وقتی ' ادراک ' صورت گرفت، توابع موجی سقوط خواهند کرد. از فوتون گرفته تا آشکار ساز ، تا تکنسین ، تا فیزیک دان ما میتوانیم همچنان ادامه بدهیم تا وقتی که تمام کائنات را به این سیستم علاوه کنیم. حال سؤآل اینست که چه کسی به کائنات نگاه میکند؟ بعبارت دیگر چگونه کائنات بواقعیت پیوست؟

جواب این سؤآل یک دایره کامل را طی کرده و به نقطه اول بر میگردد. ما کائنات را به واقعیت پیوند زده ایم. از آنجائیکه ما خود قسمتی از کائنات هستیم، این باعث میشود که کائنات (و خود ما) بخودی خود به واقعیت بپیوندیم.

این روش تفکر، مشابه بعضی از جنبه های اندیشه بودائی میباشد. بعلاوه، این معرف یکی از مهمترین دست آوردهای فیزیک در مورد مدل های هشیاری (consciousness) آینده خواهد بود.

تفسیر کپنهاگ از مکانیک کوآنتوم میگوید که تا وقتی که فیزیک کوآنتوم در تمام آزمایشات ممکن به کار خود ادامه بدهد ، لازم نیست که ما دزدکی از پشت صحنه نگاه کرده که ببینیم چه میگذرد. لازم نیست که بدانیم که چرا نور میتواند خود را بهر دو صورت ذره ای و موجی ، نشان دهد. فقط کافیست که ما قبول کرده باشیم که چنین چیزی وجود دارد و از این پدیده استفاده کنیم که احتمالات را پیش بینی نمائیم. بعبارت دیگر، خاصیت تموجی و ذره ای نور توسط فیزیک کوآنتوم ، با یکدیگر متحد شده ولی بهائی که برای این اتحاد بایستی بپردازیم، عدم وجود توضیح واقعیت خواهد بود.

تمام کوشش ها برای توضیح واقعیت به قلمرو ماوراء الطبیعه منتهی شده است. ولی البته یک بدان معنی نیست که فیزیک دانان در این باره حدس و گمان نمیزنند. هنری استپ یکی از آنهاست و چنین میگوید:

پایه و اساس تئوری کمیت در مکانیک کوآنتوم، تابع موجی است. تابع موجی یک کمیت دینامیک بوده که بدان معنی است که با پیشرفت زمان ، تغییر میکند. ولی حقیقتا تابع موجی چه چیزی را بیان میکند؟ به موجب طرز تفکر غربی ها جهان دو چهره اصلی دارد. یکی از آنها شبیه ماده بوده و دیگری ، شبیه عقیده است.

صورت شبیه ماده در ارتباط با دنیای خارج است که که قسمت اعظم آن از چیزهای غیر زنده تشکیل یافته که سخت و بدون واکنش هستند. مانند سنگ، پیاده رو ، فلز و غیره. چهره شبیه عقیده جهان ، تجربه شخصی خود ما میباشد. آشتی دادن این صورت، زمینه اصلی تمام مذاهب جهان در طول تاریخ بوده است. فلسفه ماتریالیسم چنین ابراز میکند که برغم تصورات ما ، جهان مادی بوده و همه چیز مربوط به ماده میشود. در فلسفه ایده آلیسم حقیقت مانند ایده و اعتقاد میباشد. حال سؤآل اینست که کدامیک از این دو فلسفه معرف تابع موجی میباشد؟

جواب این سؤآل به موجب نظریه مکانیک کوآنتوم که توسط استپ به مرحله ظهور رسیده، اینست که تابع موجی معرف چیزی از هردو این فلسفه ها میباشد.

بعنوان مثال وقتی که سیستم مشاهده شده که توسط تابع موجی معرفی میشود ، در انزوا بین قسمت تدارکات و قسمت اندازه گیری ، گسترش پیدا میکند، این ظاهر شدن از یک قانون جبری که همان معادله تموجی شرودینگر باشد، تبعیت مینماید. این یک مشخصه مادی میباشد. به این ترتیب هر آنچه تابع موجی معرفی میکند، صورت مادی دارد.

هر چند که وقتی سیستم مشاهده شده که توسط تابع موجی ، معرفی میشود ، با سیستم مشاهده کننده ، تعامل مینماید (یعنی اینکه ما یک اندازه گیری انجام میدهیم) این تابع موجی ، بناگاه بیک حالت جدید جهش پیدا میکند. این جهش کوآنتومی مانند فلسفه ایده آلیسم میباشد که تغییرات و انقطاع ایجاد مینماید. به این ترتیب هر آنچه تابع موجی معرفی میکند، صورت ایده آلیسم دارد.

تابع موجی معرف یک سیستم مشاهده شده در یک آزمایش مکانیک کوآنتوم میباشد. بطور عمومی ، این تابع واقعیت فیزیکی را در یک سطح بسیار پایه ای تشریح کرده که ذرات فرو اتمی باشند. در حقیقت، بر اساس مکانیک کوانتوم تابع موجی یک ' توضیح کامل ' از واقعیت فیزیکی در آن سطح میباشد. خیلی از فیزیک دانان معتقد هستند که کامل تر از این امکان ندارد.

جیم دو ویت ،دوست قدیمی ما که معلوم نیست از کجا وارد شده است ، میگوید:

www.takbook.com

" یک لحظه صبر کنید. سؤالی که میتواند مطرح شود اینست که این توضیح از دو قسمت تشکیل میشود. قسمت اول ابعاد (سه ، شش ، نه ،...) و قسمت دوم زمان میباشد. (صفحه ۳۴) . چگونه چنین اطلاعاتی میتواند توضیح ' کامل ' واقعیت باشد؟ "

جواب اینست که که این اطلاعات نمیتواند توضیح کامل واقعیت باشد. ' توضیح کامل واقعیت ' که فیزیک کوآنتوم ادعا میکند تابع موجی میتواند انجام بدهد ، صرفا توضیح یک حقیقت فیزیکی است. در این محدوده ، قطع نظر از اینکه ما چه احساسی داشته، چه فکر میکنیم، و بچه چیز چشم دوخته ایم، تابع موجی کاملترین توضیح ممکنه را در اختیار ما میگذارد.

حال میتوان تصور کرد که تابع موجی چیزی را تشریح میکند صورت ایده آلیسم داشته و در همان حال دارای صورت مادی نیز میباشد، به این ترتیب، واقعیت فیزیکی میبایستی هردو صورت ایده آلیسم و مادی را داشته باشد. بعبارت دیگر، دنیا آنطور که به ما وانمود میکند، نیست. هرچند ممکن است بنظر غیر قابل قبول بیاید، این نتیجه گیری بینش مکانیک کوآنتوم میباشد.

البته این بمعنای آن نیست که جهان کاملا صورت ایده آلیسم یا صورت ماتریالیسم دارد.

تفسیر کپنهاک از کوآنتوم مکانیک تا این حد پیش نمیرود که به ما بگوید که واقعیت در پس پرده به چه شکلی است. چیزیکه میگوید اینست که واقعیت آن چیزی نیست که بنظر میآید. چیزی را که ما تصور میکنیم یک واقعیت فیزیکی باشد، در حقیقت چیزی است که ما در فکر خود آنرا ساخته ایم. این چیزی را که در فکر خود ساخته ایم ممکن است اینطور بنظر بیاید که صورت مادی (ماتریالیسم) دارد ولی تفسیر کپنهاگ تاکید مینماید که دنیای فیزیکی چنین نیست.

این ادعا در وحله نخست طوری مهمل و دور از ذهن میآید که تمایل پیدا میکنیم که آنرا نتیجه تصورات یک مشت انسان تحصیل کرده فرض کرده و بیدرنگ آنرا بدور بیاندازیم. ولی دلایل خوبی وجود دارد که ما بایستی از اینکار خودداری کرده و عجله بخرج ندهیم. اولین دلیل اینست که مکانیک کوآنتوم یک سیستم منطقی و یکپارچه است. این سیستم بخودی خود یکپارچه بوده و در رابطه با تمام آزمایشات دیگر هم یکپارچگی خود را نمودار میکند.

دلیل دوم اینست که آزمایشات تجربی خود با عقاید معمولی ما در باره واقعیت در تناقض است.

سوم اینست که فیزیک دانان تنها افرادی نیستند که که به دنیا به این چشم نگاه میکنند. فیزیک دانان افراد جدیدی هستند از یک گروه بزرگ در مشرق زمین که اغلب هندی یا بودائی بوده و بدنیا بهمین چشم نگاه میکنند.

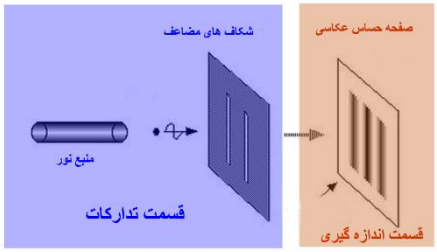
بنابرین مشخص میگردد ، که حتی فیزیک دانان که جنبه ماوراء الطبیعه این قضیه را رد میکنند ، نمیتوانند بطور کامل از آن صرفنظر نمایند. حالا ما بسروقت آن دسته از فیزیک دانان خواهیم رفت که سعی کرده اند که ' واقعیت ' را توضیح بدهند.

تا بحال مذاکره ما بر پایه تفسیر کپنهاگ از کوآنتوم مکانیک بوده است. مشکل اصلی این تفسیر مسئله اندازه گیری است. یک وسیله آشکار ساز توسط یک سیستم مشاهده کننده لازم است که باعث سقوط تابع موجی و تبدیل آن به یک واقعیت فیزیکی بشود. در غیر اینصورت سیستم مشاهده شده بطور فیزیکی وجود نداشته جز اینکه با استفاده از معادله شرودینگر تعداد بیشماری امکانات تولید شده است.

یک تئوری که توسط هیو اورت، جان ویلر، و نیل گراهام عرض شده ، به ساده ترین وضع ممکنه، این مشکل را حل مینماید. آنها ادعا میکنند که تابع موجی خود یک چیز واقعی است. تمام امکاناتی که توسط آن عرضه میگردد ، واقعی بوده و همه آنها اتفاق میافتند. تفسیر مرسوم مکانیک کوآنتوم چنین ابراز میکند که فقط یکی از امکانات موجود در تابع موجی یک سیستم مشاهده شده ، بواقعیت پیوسته و بقیه سقوط کرده و نابود میشوند. تئوری اورت- ویلر- گراهام میگوید که تمام این امکانات به واقعیت پیوسته ولی در یک دنیای دیگر که با دنیای ما ' همزیست' است.

www.takbook.com

آزمایش شکاف مضاعف



حالا اجازه بدهید که بار دیگر بسراغ آزمایش شکافهای مضاعف برویم (صفحه ۴۲). یک منبع نور یک فوتون را ساطع میکند. این فوتون میتواند از شکاف اول و یا از شفاف دوم عبور نماید. در پشت هر کدام از شکافها ، یک آشکار ساز ، قرار داده شده است. حالا ما یک طریق دیگر آزمایش را امتحان میکنیم. اگر فوتون از شکاف اول عبور کند، من به طبقه بالا خواهم دوید. اگر فوتون از شکاف دوم عبور نماید، من به طبقه پائین خواهم دوید. بنابراین یک امکان اینست که فوتون از شکاف اول عبور کند، آشکار ساز اولی ، اعلام عبور فوتون کرده و من به طبقه بالا خواهم دوید. امکان دوم اینست که فوتون از شکاف دوم رد شده ، آشکار ساز دوم اعلام عبور فوتون کرده و من از پله ها به طبقه پائین خواهم دوید.

به موجب تفسیر کپنهاگ این دو امکان مانعه الجمع بوده (mutually exclusive) چون برای من امکان ندارد که در آن واحد هم در طبقه بالا باشم و هم در طبقه پائین.

به موجب تئوری اورت - ویلر – گراهام ، در همان موقع که تابع موجی سقوط میکند، کائنات به دو جهان تقسیم میشود. در یکی از این جهان ها، من از پله ها به بالا دویده، و در جهان دیگر، من از پله ها به طبقه پائین میدوم. دو موجویت مشخص از ' من ' وجود دارد. هر کدام از آنها، کار مختلفی را انجام داده و از وجود یکدیگر بی خبر هستند. مسیر حرک آنها (ما) هرگز از کنار یکدیگر عبور نمیکند برای اینکه دنیای آنها برای همیشه از هم جدا شده است.

بعبارت دیگر بر اساس تفسیر کوپنهاگ ، پیشرفت معادله شرودینگر ، منجر به تولید بیشماری از امکانات خواهد شد. به موجب تئوری اورت - ویلر – گراهام پیشرفت معادله شرودینگر منجر به ایجاد تعداد بیشماری از ' شاخه های مختلف واقعیت ' خواهد شد. این تئوری بدرستی ' تفسیر مکانیک کوآنتوم دنیاهای متعدد ' نامیده شده است.

امتیاز نظری ' تئوری دنیاهای متعدد ' (Many Worlds theory) اینست که این تئوری احتیاج به یک ' ناظر خارجی ' ندارد که فرو افتادن یکی ازامکانات موجود در تابع موجی را دیده که به واقعیت میپیوندد. به موجب تئوری دنیاهای متعدد، تابع موجی سقوط نکرده و فقط در حال پیشرفت معادله شرودینگر ، از یکدیگر جدا میشوند. وقتی عنصر آگاهی و هشیاری در موقع چنین جدا شدنی ، وجود داشته باشد، خود آنهم تقسیم شده ، یک قسمت از آن در رابطه با یک شاخه واقعیت و قسمت دیگر در رابطه با شاخه دیگری خواهد بود. هرچند که هر شاخه از واقعیت ، از طریق تجربی ، قابل دسترسی با شاخه دیگر خواهد بود. عنصر آگاهی در هریک از این شاخه ها ، اینطور تصور خواهد کرد که آن شاخه تمام واقعیت میباشد. به این ترتیب نقش عنصر آگاه که در تئوری تفسیر کوپنهاگ رُل اساسی را بازی میکرد (البته اگر عنصر آگاه در رابطه با عمل اندازه گیری باشد) ، در تئوری دنیاهای زیاد، کاملا تصادفی خواهد بود.

توضیح دنیاهای متعدد در باره ساختمان رابطه بین شاخه های مختلف واقعیت فیزیکی اینطور بنظر میرسد که شبیه یک نگاه عرفانی به ' یکی بودن ' میباشد. هر حالت یک زیر مجموعه یک سیستم مرکب بطور مجزا در رابطه با بقیه زیر مجموعه ها میباشد. معنای سیستم مرکب در این مثال ترکیب هردو سیستم دیده شده و ناظر میباشد. بعبارت دیگر، هر حالت سیستم دیده شده در رابطه با با یک حالت خاص سیستم ناظر میباشد.

بزبان دیگر تئوری ' دنیاهای متعدد ' تعریف هر شاخه بخصوص از واقعیت میباشد که میتواند نتیجه تعامل یک سیستم دیده شده با سیستم ناظربوده و به حقیقت بپیوندد. این یک راه از بین بردن تابع موجی خواهد بود که معرف هرد سیسم میباشد. به موجب این تئوری ، تمام حالت هائی که در نتیجه چنین تعاملی بوجود آمده اند ، وقوع یافته ولی در شاخه های دیگر واقعیت. هر یک از این شاخه های واقعیت ، واقعی بوده و همه یکجا، آنها راه های مختلفی را ارائه میدهند که ما میتوانیم تابع موجی کائنات را از بین ببریم.

به این طریق مسئله اندازه گیری ، دیگر یک مسئله غیر قابل حل نیست. مسئله اندازه گیری در نهایت این خواهد بود که ' چه کسی به کائنات نگاه میکند؟ ' . تئوری ' دنیاهای متعدد ' میگوید که لزومی ندارد که برای بواقعیت پیوستن کائنات، تابع موجی آنرا از بین ببریم. تمام امکانات مانعه الجمع بودن که در تابع موجی وجود دارد که بر اساس تفسیر کپنهاگ وقتی تابع موجی سقوط کند ، به واقعیت نمی گرایند، در حقیقت به وقوع پیوسته ولی در این شاخه بخصوص کائنات. بعنوان مثال ، در آزمایش ما ، یکی از امکاناتی که در این تابع موجی در این شاخه کائنات بوقوع

www.takbook.com

پیوست ، دویدن ' من ' به طبقه بالا بود. امکان دیگری که در تابع موجی وجود داشت که دویدن من از پله ها به پائین بود هم بواقعیت پیوسته ولی در شاخه دیگری از حقیقت. در این شاخه دیگر ، ' من ' از پله ها بپائین دویده ام. هیچکدام از این دو ' من ' ، هیچ اطلاعی از دیگری ندارد. هر کدام از این ' من ' ها، اینطور فکر میکند که شاخه کائنات او تمامی واقعیت میباشد.

تئوری دنیاهای متعدد چنین بیان میکند که فقط یک کائنات وجود داشته و تابع موجی آنست که معرف تمام امواجی است که که میتواند به امکانات مختلف ، سقوط نماید. ما همه در این جعبه بزرگ قرار داشته و لازم نیست که از خارج به آن نگاه کنیم که آنرا بواقعیت پیوند بزنیم.

در چنین مقوله ایست که تئوری دنیای متعدد بطور اخص جالب میشود چون تئوری نسبیت عمومی اینشتاین نشان میدهد که جهان هستی و کائنات ما میتواند چیزی شبیه یک جعبه بزرگ بوده و اگر چنین چیزی حقیقت داشته باشد، برای ما هرگز امکان نخواهد داشت که از آن بیرون بیآئیم.

' گربه شرودینگر ' تفاوت بین فیزیک کلاسیک ، تفسیر کوپنهاگ و تئوری دنیا های متعدد را جمع بندی میکند. گربه شرودینگر مشکلی را مطرح مینماید که مدتها پیش توسط کاشف مشهور تابع موجی شرودینگر عنوان شده بود.

یک گربه در داخل یک جعبه قرار داده میشود. در داخل جعبه ، وسیله ای تعبیه شده که میتواند گازی تولید کند که آنا گربه را از بین ببرد. یک واقعه اتفاقی مانند فرو پاشیدن یک اتم توسط رادیو اکتیویتی ، مشخص میکند که گاز رها شده یا نه. هیچ راهی وجود ندارد که از خارج، بتوانیم به داخل جعبه نگاه کرده که ببینم در آنجا چه میگذرد. جعبه مهر و موم شده و آزمایش شروع گردیده است. یک لحظه بعد، گاز رها شده یا شاید هم رها نشده باشد. سؤآل اینست که بدون اینکه بداخل جعبه نگاه کنیم، آیا میتوانیم بفهمیم که در داخل جعبه چه میگذرد؟ این همان آزمایش ساعت بسته اینشتاین را بخاطر میآورد.

به موجب فیزیک کلاسیک، گربه یا مرده و یا زنده است. تنها کاری که ما میبایستی انجام بدهیم اینست که جعبه را باز کرده و ببینیم کدام یک از این دو فرض ، درست است. بر حسب مکانیک کوآنتوم، مسئله به این سادگی ها نیست.

تفسیر کوپنهاگ از مکانیک کوآنتوم میگوید که گربه در یک حالت تعلیق که توسط تابع موجی معرفی میشود قرار گرفته است. این تابع حاوی امکاناتی است که نشان میدهد گربه ، مرده و هم چنین امکاناتی که گربه را زنده نشان میدهد. وقتی ما بداخل جعبه قبل از اینکه یکی از اتفاقات رخ بدهد، نگاه میکنیم، کوهان موجود در تابع موجی نشان دهنده اینست که آن اتفاق نیفتاده است. قبل از اینکه هر اتفاقی رخ بدهد، لازم است که بداخل جعبه نگاه کنیم. تا آن موقع، چیزی که وجود دارد، فقط یک تابع موجی است.

البته این با عقل سلیم، جور در نمیآید. تجربه به ما میگوید که ما یک گربه در داخل جعبه گذاشته و چیزی که در داخل جعبه است، یک گربه بوده ، نه یک تابع موجی. تنها سؤآل این خواهد بود که آیا گربه هنوز زنده یا مرده است. ولی ما بدون نگاه کردن میدانیم که یک گربه در آنجاست و تا جائیکه به گربه مربوط میشود، هیچ تفاوتی برای گربه موجود نیست. سرنوشت گربه در آغاز آزمایش، تصمیم گرفته شده بود.

این نظریه عاقلانه و منطقی نقطه نظر فیزیک کلاسیک هم میباشد. به این معنی که ما با نگاه کردن میتوانیم چیزی را بدانیم. ولی به موجب مکانیک کوانتوم، هیچ چیز در آنجا قبل از نگاه کردن ما، وجود ندارد. بهمین جهت، سرنوشت گربه تا وقتی به داخل جعبه نگاه نکرده ایم، تصمیم گیری نشده است.

تفسیر کوپنهاگ و دنیاهای متعدد با هم در این مورد توافق دارند که سرنوشت گربه تا وقتی درب جعبه باز نشده ، هنوز مشخص نگردیده است. ولی وقتی ما بداخل جعبه نگاه کردیم، حل این قضیه بستگی به این پیدا میکند که کدام تفسیر را مورد استفاده قرار بدهیم. به موجب تفسیر کوپنهاگ ، درست در همان لحظه که ما بداخل جعبه نگاه میکنیم، یکی از امکاناتی که در تابع موجی که گربه را مشخص میکند، به واقعیت پیوسته و امکان دیگر ، از بین میرود. گربه یا زنده ، یا مرده است.

بموجب تفسیر دنیاهای متعدد، درهمان موقع که اتم داخل جعبه دچار فرو پاشیدگی رادیو اکتیو میگردد، جهان به دو قسمت تقسیم شده که هرکدامیک نسخه ای متفاوت از گربه را دارا میباشد. تابع موجی که معرف گربه است ، سقوط نکرده و گربه هم مرده و هم زنده است. در همان موقع که ما بداخل جعبه نگاه میکنیم، تابع موجی خود ما ، به دو شاخه ، تقسیم میگردد. یکی از آنها در رابطه با آن شاخه واقعیت خواهد بود که گربه مرده است. شاخه دیگر تابع موجی، در ارتباط با آن شاخه از واقعیت خواهد بود که گربه ، زنده است. هیچ کدام از آگاهی ها از دیگری خبر ندارد.

www.takbook.com

بطور خلاصه فیزیک کلاسیک میگوید فقط یک دنیا وجود دارد و آنهم همان است که میبینیم. مکانیک کوانتوم به ما اجازه میدهد که این عقیده را در ذهن خود پرورش بدهیم که چنین نیست. تفسیر کوپنهاگ از دادن یک توضیح از اینکه وقعا دنیا چیست، طفره میرود ولی به این نتیجه میرسد که هر چه هست ، این یک دنیای مادی (ماتریالیستی) نمیباشد. تفسیر دنیاهای متعدد چنین بیان میکند که همتاهای ما در خیلی از دنیاها بطور همزمان زندگی میکنند. تعد بیشماری از آنها و همه آنها واقعی هستند. تفاسیر دیگری هم از مکانیک کوآنتوم وجود دارد، ولی همه آنها بطریقی ، **غریب و عجیب** هستند.

مکانیک کوآنتوم عجیب تر از داستانهای علمی خیالی است . مکانیک کوآنتوم یک تئوری است و یک روش است که در ارتباط با پدیده ذرات فرو اتمی ، کار میکند. بطور کلی برای همه قابل دسترس نبوده بجزآنهائیکه به تشکیلات پیچیده و گران قیمت نظیر شتاب دهنده ها ، دسترسی دارند. هرچند که چیزی که ما میتوانیم ببینیم تاثیرات پدیده فرو اتمی میباشد. قلمرو ذرات فرو اتمی از محدوده احساسات پنجگانه ما خارج است و درک آن هم از محدوده ادراک منطقی ، فراتر میرود. البته ما تئوریهای منطقی در باره آن داریم ولی منطق را گسترش داده که چیزهائی را که در گذشته مهمل شمرده میشد، در خود جای دهد.

دنیائی که ما در آن زندگی میکنیم، دنیای اوتوبان ها ، دنیای وان حمام و دنیای افراد دیگر ، از فرضیه تابع موجی و تداخل بسیار دور است. بطور خلاصه جنبه ماوراءالطبیعه مکانیک کوانتوم بر پایه یک جهش اثبات نشده از میکروسکوپیک به ماکروسکوپیک میباشد. آیا ما قوانین حاکم بر ذرات فرو اتمی را میتوانیم به همه دنیای آزاد و بزرگ ، تعمیم دهیم ؟

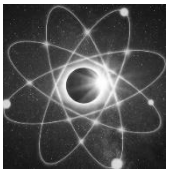
نخیر... اگر ما مجبور باشیم که در هر مورد یک شاهد ریاضی ارائه بدهیم، این کار غیر ممکن است. ولی شاهد ریاضی چه چیز میتواند باشد؟ یک شاهد فقط میتواند ثابت کند که ما بر طبق قانون حرکت میکنیم. به جهت ، این خود ما هستیم که این قوانین را وضع مینمائیم. قوانین در این مورد چیزهائی است که ما در باره طبیعت واقعیت فیزیکی ، پیشنهاد میکنیم. ۱- منطقا یکپارچه با شد و ۲- با تجربیات ما منطبق باشد. در این قوانین در هیچ کجا گفته نشده که چیزی را که ما پیشنهاد میکنیم، واقعی باشد. فیزیک بخودی خود یک توضیح و تفسیر یکپارچه تجربه است. این امکان وجود دارد که ملزومات یکپارچگی فیزیک را فراهم کرده، و شهادت در اینجا اهمیت پیدا میکند.

کتاب انجیل یک نقطه نظر دیگر را ارائه میدهد. عیسی مسیح بعد از زنده شدن به توماس که یکی از مریدان او بود و به همه چیز شک میکرد ، ثابت نمود که او واقعا خودش است که از دنیای مردگان برگشته و زخمهای خود را به او نشان داد. در همین حال مسیح لطف خود نثار آنهائی کرد که بدون درخواست ثابت کردن، او را قبول کرده بودند.

قبولی بدون اثبات از مشخصات زیر بنائی مذاهب غربی است. عدم قبولی بدون ثابت کردن هم از مشخصات اصلی علوم در غرب بشمار میرود. بعبارت دیگر ، مذهب یک قضیه قلبی و احساسی و علوم یک مسئله ذهنی میباشد. مشکل از اینجا شروع میشود که هر کدام از ایندو، بدون دیگری ، نمیتواند وجود داشته باشد. هر کسی احتیاج به هردو دارد.

پس چه کسی درست میگوید؟... آیا حواریون میبایستی بدون اثبات حرف مسیح را قبول میکردند؟ آیا دانشمندان بایستی برای اثبات ، پافشاری کنند؟ آیا این دنیا بدون ماده است؟ آیا دنیا حقیقی است ولی بطور دائم به شاخه هائی تبدیل میشود؟

استادان وو لی این را بخوبی میدانند که علوم و مذهب صرفا یک رقص هستند. آنهائی که ایشان را قبول دارند، میرقصند. کسانی که میرقصند ، ممکن است ادعا کنند که که بدنبال حقیقت و واقعیت هستند. ولی استادان وولی بهتر از آنها میدانند که عشق و علاقه واقعی آنها ، فقط رقصیدن است.



www.takbook.com

فصل پنجم : نقش کلمه ' من '

در زمان قبل از کوپرنیک که هنوز کشف نشده بود که زمین بدور خورشید میگردد ، تصور عموم این بود که خورشید به اتفاق بقیه کائنات ، بدور زمین میگردند. زمین نقطه مرکزی همه چیز بود. قبل از همه اینها، در هندوستان از اینهم فراتر رفته ، و این نقطه مرکزی را به افراد نسبت میدادند. به این ترتیب هر شخص بعنوان مرکز کائنات و جهان هستی ، شناخته میشد. هرچند که این نقطه نظر میتواند کاملا خودخواهانه جلوه کند، بایستی دانست که قبل از آن، هر شخص مظهر قدرت خداوند شناخته میشد.

یک نقاشی زیبای هندی سرور کریشنا را در حال رقص در ساحل رودخانه یامونا نشان میدهد. او در وسط یک گروه از زنان ' وراجا ' حرکت کرده که همه او را دوست داشته و با او میرقصند. مرد با روح تمام جهان رقصیده چون با خودش میرقصد. رقصیدن با پروردگار که خالق همه چیز است، رقصیدن با خودمان است. این چیزی است که بارها در ادبیات مشرق زمین ، تکرار میشود.

بنظر میرسد همین جهت در فیزیک مدرن ، مکانیک کوآنتوم و نسبیت حفظ شده و از نظریه انقلابی نسبیت و ابعاد غیر منطقی مکانیک کوآنتوم، یک نمونه و الگوی بسیار قدیمی ظهور مینماید. در یک شکل مبهم، ما شروع به تشخیص یک چهار چوب فرضی میکنیم که در آن هر یک از ما نقشی در آفرینش دنیای فیزیکی دارد. تصویر قدیمی ما که ما را بصورت یک ناظر ناتوان نشان میداد که صرفا میبیند ولی کاری از دستش بر نمیآید، رفته رفته رنگ میبازد.

شاید ما شاهد بزرگترین تحول در تاریخ خود هستیم. در وسط لوله های طویل شتاب دهنده های ذرات، صدای چاپگر کامپیوتر ها و وسائل اندازه گیری مدرن، علوم قدیمی که آنهمه چیز برای ما به ارمغان آورده بود، پایه و اساس خود را سست و لرزان ، مییابد.

با قدرت و اختیارات خیلی زیادی که ما به آن داده ایم، علوم به ما گوشزد میکند که سرنوشت ما در جای خوبی قرار نگرفته است. اینطور بنظر میرسد که ما سعی و کوشش خود را روی یک هدف غیر ممکن متمرکز کرده ایم. این هدف تا کنون این بوده که خود را از کائنات و جهان جستی، متمایز کنیم. ما اینکار را به اینصورت انجام داده که اختیار خود را بدست دانشمندان سپردیم. به این ترتیب، از نظر دانشمندان ، ما مسئولیت کشف اسرار خلقت ، تغییر و مرگ را بدست آنها داده ایم . در عوض ما روش زندگی بدون تفکر هر روزی را بدست آوردیم.

دانشمندان خیلی بسهولت وظیفه خود را در یافته و ما هم خود را با زندگی روزمره که عبارت از بازی کردن یک نقش ناتوانی در مقابل پیچیدگی روز افزون علوم جدید میباشد ، مشغول کرده بودیم.

حالا بعد از سه قرن ، دانشمندان با کشفیات خود برگشته و آنهائی که اجازه فکر کردن بخود داده ، درست بهمان اندازه ما، گیج و مبهوت شده اند.

آنها به ما میگویند:

" ما مطمئن نیستیم ولی شواهدی جمع آوری نموده ایم که نشان میدهد که کلید درک جهان هستی و کائنات ، خود شما هستید. "

این نه تنها بطریقی که ما عادت داشتیم برای سیصد سال به دنیا نگاه کنیم ، تفاوت میکند، بلکه کاملا در جهت مخالف آنست. تشخیص بین ' در اینجا ' و ' در خارج ' که پایه های علوم روی آن استوار شده بود، حالا کاملا کمرنگ و مغشوش شده است. این دلیل حالت گیج کننده فعلی است. دانشمندان کشف کرده اند که شاید چنین چیزی که برای سیصد سال بدون اعتراض ، مورد قبول قرار گرفته بود، ممکن است از اساس وجود نداشته باشد. چیزی که ' در

www.takbook.com

خارج ' وجود دارد، به موجب یک احساس ریاضی خیلی جامع و علاوه بر آن یک تفسیر فلسفی دقیق ، بستگی به آن پیدا میکند که ما ' در اینجا ' چه تصمیمی اتخاذ میکنیم.

فیزیک جدید به ما میگوید که ما نمیتوانیم بعنوان یک ناظر چیزی را مشاهده کنیم بدون اینکه تغییری در آن ایجاد نمائیم. ناظر و چیزی که مشاهده میشود، از پایه و اساس با یکدیگر مربوط میشوند. طبیعت این ارتباط هنوز کاملا روشن نیست ولی شواهد متعددی بدست آمده که نشان میدهد تفاوت بین ' در اینجا ' و ' در خارج ' یک تصور واهی بیش نیست.

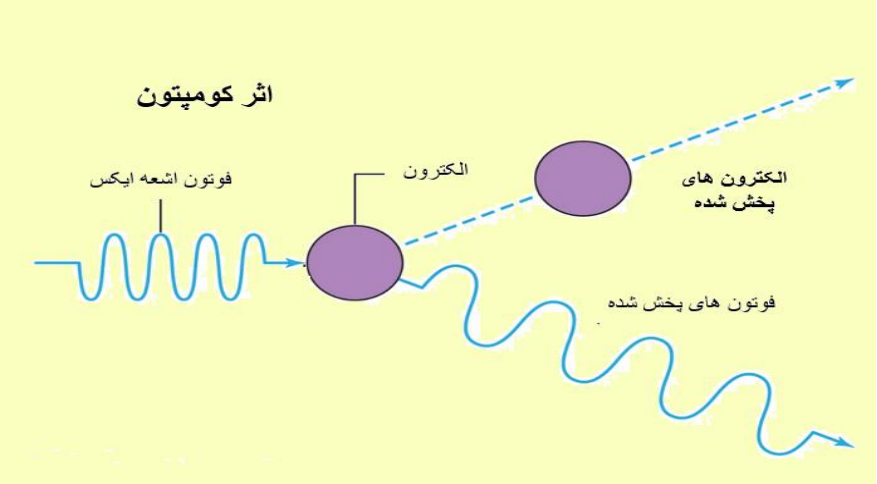
چهار چوب نظری مکانیک کوآنتوم که توسط حجم زیادی از آزمایشات همراهی میگردد، فیزیک دانان معاصر را وادار میکند که بزبانی صحبت کنند که حتی بگوش یک فرد معمولی خیلی نزدیک بزبان عارفان باشد.

دستیابی به به جهان فیزیکی از طریق تجربه حاصل میگردد . مخرج مشترک تمام تجربه ها کلمه ' من ' میباشد. این ' من ' هست که تجربه میکند. بطور خلاصه چیزی را که ما تجربه میکنیم، یک واقعیت خارجی نبوده و صرفا تعامل با آن میباشد. این اساس فرضیه ' تکمیل کننده ' (complementarity) است.

نظریه ' تکمیل کنندگی ' توسط نیلز بُهر ارائه شده که دوگانگی ذره ای – تموجی بودن نور را توضیح بدهد. هیچ کس مدل بهتری تا کنون ارائه نکرده است. مشخصات تموجی و مشخصات ذره ای بودن نور ، یا مانع التجمع بوده یا اینکه خاصیت ' تکمیل کنندگی ' دارند. هر چند که یکی از این خاصیت ها همواره دیگری را حذف میکند، هر دو آنها لازم هستند که نور را بخوبی درک کنیم.

چطور میتوان تصور کرد که دو جنبه ای که ' مانع التجمع ' میباشند ، هردو خاصیت همین نور باشند. جواب اینست که این دو جنبه خاصیت های نور نبوده بلکه خاصیت های تعامل ما با نور میباشد. بر حسب اینکه ما چه آزمایشی را انتخاب کنیم، ما میتوانیم باعث شویم که نور از خود خاصیت ذره ای و یا خاصیت تموجی نشان دهد. برای نشان دادن خاصیت تموجی نور، ما آزمایش شکافهای مضاعف را انتخاب کرده که باعث بروزپدیده تداخل میگردد. برای نشان دادن خاصیت ذره ای نور، ما میتوانیم آزمایش فتو الکتریک را انتخاب نمائیم. برای نشان دادن خاصیت های دو گانه در یک وحله ، ما میتوانیم از آزمایش مشهور آرتور کامپتون استفاده کنیم.

در سال ۱۹۲۳ کامپتون اولین بازی بیلیارد را با استفاده از ذرات فرو اتمی را انجام داد. به این ترتیب او تئوری هفده ساله اینشتاین را در مورد ذره ای بودن نور ، تایید نمود. برپا کردن آزمایشات تجربی او چندان کار سختی نبود. او بسادگی از اشعه ایکس استفاده کرده که هر کس میداند که خاصیت تموجی دارد و الکترون ها را هدف قرار داد . نتیجه این کار، همه را متعجب ساخت. اشعه ایکس که بر سطح فلز ، فرود میآمد، مانند ذرات ، با الکترون ها برخورد کرده ، آنها را از جا کنده و به اطراف پخش میکند. این اشعه در موقع برخورد ، مقدار زیادی انرژی از دست نمیدهد. هر چند ، آن تعداد از اشعه که بطور مستقیم با الکترون ها برخورد کرده، بشدت انحراف پیدا کرده که با از دست دادن انرژی همراه بوده است. این قسمت از اشعه ایکس، مقدار معتنابهی از انرژی جنبشی خود را در برخورد از دست میدهند.



www.takbook.com

کامپتون از روی اندازه گیری فرکانس اشعه ایکس قبل و بعد از برخورد با الکترون ، موفق شد محاسبه کند که اشعه ایکس انرژی از دست داده است. فرکانس های آن قسمت از اشعه ایکس که مستقیما با الکترونها برخورد کرده بود . خیلی کمتر از انرژی اشعه ایکس اولیه بود. اشعه ایکس کامپتون درست بهمان ترتیب با الکترونها برخورد میکرد که توپهای بیلیارد بهم برخورد میکنند.

کشف کامپتون در نهایت بسیار به تئوری کوآنتوم، نزدیک بود. البته کامپتون برای ثابت کردن رفتار ذره مانند اشعه ایکس، محتاج قانون پلانک بود که درآن تصریح میشود که هر چه فرکانس بیشتر باشد، انرژی بالاتر خواهد بود.

آزمایش کامپتون نشان میدهد که تا چه حد دو گانگی موج – ذره در قلب تئوری کوآنتوم، جا گرفته است. کامپتون نشان داد که با اندازه گیری فرکانس امواج الکترو مگنتیک که نور مرئی و اشعه ایکس هم جزو آنست ، دارای مشخصات ذره ای هم میباشند. البته ذرات دارای فرکانس نیستند و فقط امواج فرکانس دارند. پدیده ای که کامپتون کشف کرد بنام پراکندگی کامپتون، نامگذاری شد.

بطور خلاصه ، ما میتوانیم توسط اثر فتو الکتریک ، نشان بدهیم که نور خاصیت ذره ای دارد. ولی با آزمایش شکافهای مضاعف، خاصیت تموجی نور، به ثبوت میرسد. هر دو این مشخصات که مکمل یکدیگر هاستند، برای درک طبیعت نور، لازم میباشد. سؤآل ایکه کدام یک از ایندو به تنهائی چیزی است که نور وجود دارد، یک سؤآل بی معنی است. بر حسب اینکه ' ما ' چه آزمایشی روی نور انجام میدهیم، نور میتواند ذره ای یا تموجی باشد.

این ' ما ' که این آزمایشات را انجام میدهد، پیوندی است که نور به مثابه ذره و نور به مثابه موج را بهم ارتباط میدهد. رفتار تموجی نور در آزمایش شکاف مضاعف بنظر ما میرسد، یک خاصیت نور نبوده بلکه نتیجه تعامل ما با نور میباشد. بهمین مقیاس، وقتی ما خاصیت ذره ای بودن نور را در آزمایش فتو الکتریک مشاهده میکنیم، یکل خاصیت نور نیست و نتیجه تعامل ما با نور میباشد.

از آنجائیکه رفتار ذره ای و تموجی نور تنها خاصیتی است که که به نور نسبت داده میشود، و در حال حاضر اینطور درک میشود که خاصیت نور هم نمیباشند، اینطور نتیجه گیری میشود که نور بدون وجود ' ما ' . دارای هیچ خاصیتی نیست. گفتن اینکه چیزی هیچگونه خاصیتی ندارد ، بمثابه اینست که بگوئیم که این چیز ، وجود ندارد. نتیجه منطقی آن، اینست که بدون ' ما ' ، نور وجود ندارد.

انتقال خاصیت هائی را که ما معمولا به نور نسبت میدهیم به تعامل ما با نور، نور را از موجودیت مستقل خود محروم نموده ، وجود آنرا به ' ما ' وابسته مینماید. این نتیجه گیری فقط نصف داستان میباشد. نصف دیگر داستان از این قرار است که با همین استدلال، بدون نورکه ما با آن تعامل کنیم، خود ما هم وجود نخواهیم داشت. بُهر در این مورد میگوید:

" یک واقعیت مستقل در تجسم فیزیکی معمولی را نمیتوان به پدیده ها و یا عوامل نظارت ، نسبت داد. "

شاید با بکار بردن کلمه عوامل نظارت ، منظور او وسائل آزمایش بوده ، نه مردم. ولی از نقطه نظر فلسفی ، تئوری مکمل ، ما را به این نتیجه راهنمائی میکند که دنیا از چیزها تشکیل نشده و فقط تعامل وجود دارد. تمام خاصیت ها متعلق به تعامل بوده و چیزها بطور مستقل وجود ندارند. این طریقی است که بُهر سعی کرد مشکل خاصیت دوگانه تموجی - ذره ای نور را حل نماید. از نقطه نظر فلسفی، تئوری مکمل حتی خیلی بیشتر عمومیت پیدا کرد وقتی که کشف شد که خاصیت تموجی – ذره ای بودن فقط به نور محدود نشده و این خاصیت همه چیز میباشد.

پیشرفت تئوری مکانیک کوآنتوم ، به این صورت انجام گرفت. در سال ۱۹۰۰ ماکس پلانک که تشعشع جسم سیاهرنگ را مطالعه میکرد، کشف کرد که جذب و نشر انرژی بصورت بسته های انرژی صورت گرفته که او آنرا کوآنتا نامید. تا آن زمان انرژی نوری تصور میشد که صرفا ، تموجی باشد. دلیل آنهم این بود که توماس یانگ در سال ۱۸۰۳ ، نشان داد که نور میتواند تداخل ایجاد کند (آزمایش شکافهای مضاعف) و اینکار فقط توسط امواج صورت میگیرد.

اینشتاین که توسط کشف کوآنتا توسط پلانک ، تشویق شده بود، از پدیده فتو الکتریک استفاده کرده که نشان بدهد ، نه تنها فرآیند جذب و نشر انرژی در بسته های مشخص انرژی (کوآنتا) صورت میگیرد، بلکه خود انرژی در بسته های با اندازه مشخص وجود دارد. به این ترتیب فیزیک دانان ، با دو آزمایش روبرو شده بودند که هرکدام از آنها ، دیگری را نفی میکرد. این داستان دوگانگی موج – ذره ایست که پایه و اساس مکانیک کوآنتوم را تشکیل میدهد.

www.takbook.com

در حالیکه فیزیک دانان مشغول تلاش برای توضیح اینکه چگونه موج میتواند ذره باشد، یک شاهزاد جوان فرانسوی بنام لوئی دو بروی یک بُمب قوی رها کرد که هرچه از نظریه فیزیک کلاسیک باقی مانده بود، نابود ساخت. او پیشنهاد کرد که نه تنها امواج ذرات هستند، بلکه ذرات هم ، امواج میباشند.

عقیده دو بروی که در تز دکترای او نیز ظاهر شده است ، بر این بود اجسام نیز دارای موج بوده و این عقیده صرفا یک مطلب فلسفی نبود . عقیده او بوسیله ریاضیات حمایت میگردید. دو بروی با استفاده از معادلات ساده اینشتاین و و پلانک ، یک معادله ساده برای خود ساخت.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

m = جرم

v = سرعت

h = ثابت پلانک

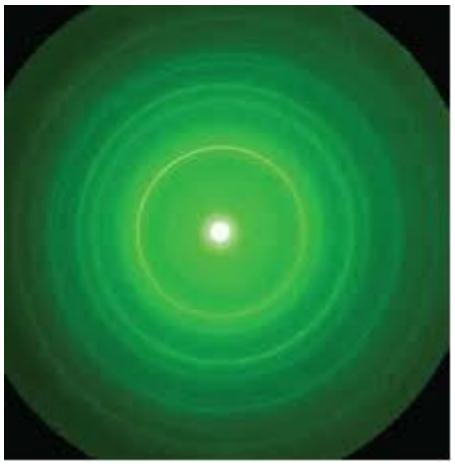
λ = طول موج

این معادله طول موج اجسام را با اجرام مختلف، محاسبه مینماید. خیلی ساده چیزی که این معادله میگوید اینست که هر چه گشت آور یک جسم بیشتر شود، طول موج مربوط به آن ، کوتاهتر خواهد شد.

حالا ما توضیح میدهیم که چرا امواج اجسام در دنیای ماکروسکوپیک بچشم نمیآیند. معادله بالا به ما میگوید امواج اجسام حتی برای کوچکترین آنها که بچشم میآیند، فوق العاده کوچکتر از اندازه اجسامی که بچشم میآیند بوده که تاثیر آنها را بسیار ناچیز میکند. ولی وقتی ما به سرحد اثرات فرو اتمی نظیر الکترون میرسیم، اندازه الکترون کوچکتر از طول موج مربوط به آن میشود.

تحت چنین شرایطی خاصیت تموجی ذره کاملا مشهود شده و این جسم رفتاری پیدا میکند که ما از یک جسم ، انتظار نداشتیم. این درست چیزی است که اتفاق میافتد.

فقط دو سال بعد از اینکه دو بروی فرضیه خود را ارائه کرد ، آزمایش گری بنام کلینتون دیویسون که در لابراتوآر بل تلفون کار میکرد، این فرضیه را از طریق تجربی تایید نمود. هردو دیویسون و دو بروی به دریافت جایزه نوبل مفتخر شدند.



آزمایش دیویسون که بر حسب اتفاق صورت گرفت، نشان داد که الکترون هائی که از سطح یک کریستال کنده میشوند، صرفا خاصیت تموجی داشته و تنها راه توجیه این پدیده اینست که الکترونها موجی هستند. ولی خوب همه میدانند که الکترون ها ' ذرات ' فرو اتمی میباشند.

امروزه پدیده دیفراکشن الکترونی ، یک پدیده معمولی و قابل قبول است. وقتی یک پرتو الکترون از یک سوراخ خیلی کوچک (که کوچکتر از طول موج الکترون باشد) عبور میکند، این پرتو تفرق (دیفراکشن) حاصل کرده و درست مانند یک پرتو نور عمل مینماید. به موجب فیزیک کلاسیک، چنین چیزی غیر ممکن بوده ، ولی شکل مقابل یک تصویر از دیفراکشن الکترون میباشد.

وقتی نور که از امواج تشکیل شده شروع کرد که از خود خاصیت ذره ای نشان دهد ، همین باعث سردر گمی شدید فیزیک دانان شد، ولی وقتی الکترون ها که ذره هستند مانند موج عمل کردند، بهت و گیجی فیزیک دانان غیر قابل تحمل شده بود.

www.takbook.com

به صحنه وارد شدن مکانیک کوآنتوم یک نمایش دلهره آور بود (و هنوز هم هست) . ورنر هایزنبرگ مینویسد:

" من مذاکره ای را که با بُهر در سال ۱۹۲۷ داشتم ، هنوز بخاطر میآورم. ما چندین ساعت بحث کرده و تا پاسی از نیمه شب گذشته، ادامه پیدا کرد. در پایان چیزی دستگیر ما نشد و ما در ناراحتی باقی ماندیم. در پایان این مذاکره من برای کمی قدم زدن، به پارک مجاور رفتم و بارها و بارها از خودم سؤآل کردم که آیا واقعا طبیعت تا این حد مهمل و بی معنی است که در این آزمایشات اتمی ، به چشم ما میرسد؟ "

آزمایشات بعدی نشان داد که نه تنها ذرات فرو اتمی ، بلکه خود اتمها و مولکول هم خاصیت تموجی داشته و طول موج خاص خود را دارا هستند. در تئوری هر چیزی یک طول موج دارد ، توپ بازی، اتومبیل، و حتی انسانها شامل این قانون میشوند.

خود دو بروی خیلی قادر نبود که تئوری خود را بخوبی توضیح دهد. این تئوری میتواند با استفاده از معادله طول موج امواج اجسام را محاسبه نماید. ولی هیچ کس نمیدانست که این امواج واقعا چه چیزی هستند. البته هنوز هم کسی جواب این سؤآل را نمیداند. دو بروی آنها را امواجی نامید که ' ارتباط ' با اجسام پیدا میکنند. ولی او قادر نبود که توضیح بدهد منظور از ' ارتباط ' چه چیزی است.

آیا برای یک فیزیک دان امکان دارد که چیزی را پیش بینی کرده ، معادله ای بسازد که آنرا توضیح بدهد ولی با همه این حرفها، هنوز نداند که در باره چه چیزی حرف میزند؟

برتراند راسل گفت بله.

" ریاضیات ممکن است چنین تعریف گردد که بعنوان یک مبحث ما هرگز نتوانیم بدانیم که در باره چه چیزی صحبت کرده و چیزی را که میگوئیم، حقیقت دارد. "

این دلیل تصمیم فیزیک دانان درکپنهاگ بود که مکانیک کوآنتوم را به مثابه یک تئوری کامل پذیرا شوند هرچند که این تئوری هیچ توضیحی در باره اینکه جهان واقعا چیست ، بدست نمیدهد. این تئوری احتمالات را پیش بینی کرده ولی قادر به پیش بینی وقایع حقیقی نیست. به موجب نظر عمل گرایان، تمام علوم، مطالعه رابطه بین تجربیات میباشد. معادله دو بروی بطرز صحیحی تجربیات را بهم ربط میدهد.

دو بروی مسئله موج – ذره را که بخاطر نبوغ توماس یانگ ، و اینشتاین ظهور کرده بود ، بیکدیگر ربط داده است. بعبارت دیگر او دو پدیده انقلابی فیزیک ، طبیعت کوآنتای انرژی و دوگانگی موج - ذره را ، بهم وصل نموده است.

دو بروی در سال ۱۹۲۴ تئوری موج – ذره را ارائه داد. در طول سه سال بعد ، کوآنتوم مکانیک به تحولی دست یافت که چیزی استکه امروزه ، موجود است. دنیای فیزیک نیوتونی ، تصویر ساده ذهنی و عقل سلیم ، از صحنه خارج گردید. یک فیزیک جدید بر اساس تفکر جدید ، شکل گرفته و بسرعت جای خود را باز کرد.

بعد از تئوری دو بروی ، معادله تموجی شرودینگر وارد صحنه میشود.

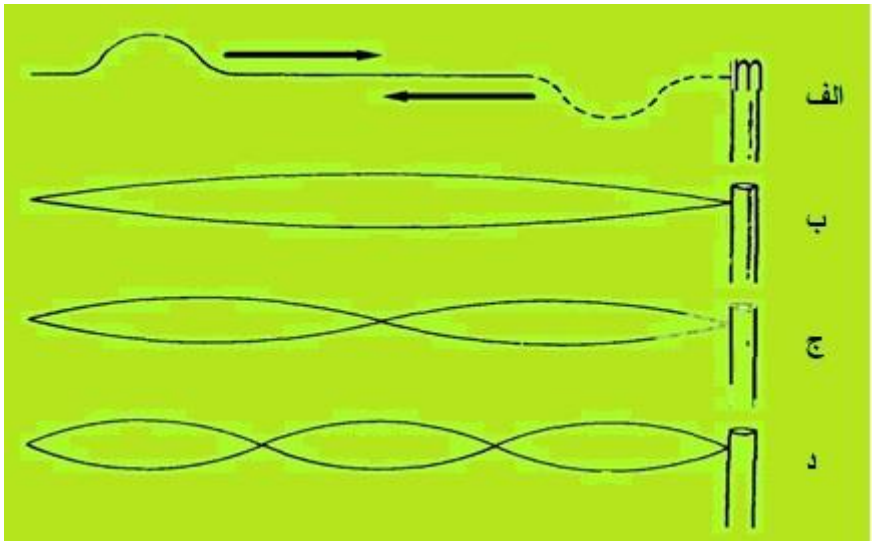
بنظر اروین شرودینگر فیزیکدان اطریشی معادله دو بروی نگاهی بسیار طبیعی تر از مدل منظومه شمسی به پدیده اتمی میباشد. مدل بُهر الکترون ها را بصورت گوی های گرد و و سخت مشاهده کرده که در حال گردش در اطراف هسته هستند. با جهش از یک سطح انرژی به سطح دیگر ، از خود نور (فوتون) ساطع میکنند. به این ترتیب طیف رنگین یک اتم ساده مانند هیدروژن ، توجیه میشود. ولی هیچ مطلبی در این مورد که چرا هر مدار ، تعداد مشخص از الکترون ها را در خود جای میدهد ، گفته نمیشود. و همچنین توضیحی در باره چگونگی جهش الکترون و اینکه چه اتفاقی برای آنها در بین دو مدار میافتد، بدست نمیدهد.

شرودینگر که بوسیله کشف دو بروی، تشویق شده بود، چنین نتیجه گرفت که الکترون ها اجسام کروی شکلی نبوده و از طرح امواج ایستاده ، تبعیت میکنند.

امواج ایستاده پدیده آشنائی است برای هر کسی که با بند رخت بازی کرده است. فرض کنید که ما یک سر طنابی را به یک میله فلزی که در زمین محکم شده، بسته و سپس طناب را محکم بکشیم. در این طناب امواج ایستاده یا متحرکی وجود نخواهد داشت. حالا فرض کنید که ما مچ دست خود را که سر دیگر طناب را گرفته، با شدت پائین

www.takbook.com

وسپس بالا ببریم. یک ' کوهان ' در طناب ایجاد شده که بسمت میله حرکت کرده و با رسیدن به آنجا، سر و ته شده و به دست ما باز میگردد.



این کوهان متحرک که در شکل (الف) نشان داده شده است، یک موج متحرک است. با فرستادن یک سلسله از این کوهان ها به داخل طناب ما میتوانیم طرح امواج ایستاده را ایجاد نمائیم.

ساده ترین این امواج در شکل (ب) نشان داده شده است. این طرح از روی هم قرار دادن دو موج متحرک تشکیل شده ، یکی موج مستقیم اولی ودیگری موج منعکس شده، در جهت عکس میباشد. این طرح است که ساکن بوده و طناب حرکت دارد. نقطه ای که این طرح بیشترین سطح را دارا بوده و جائیکه به میله متصل میشود، ساکن هستند. چنانکه از تصویر پیداست، این دو نقطه یکی در روی میله جا دارد و دیگری در دست ما میباشد. به این نقاط در این طرح ' گره ' گفته میشود.

قطع نظر از اینکه طناب چقدر بلند یا چه اندازه کوتاه است فقط به تعداد شماره های کامل ، امواج ایستاده میتوانند در آن حاضر باشند. این بدان معنی است که این طناب میتواند یک طرح موجی ایستاده داشته و یا دو ، سه ، چهار و و و. این نمیتواند یک طرح شامل یک و نیم موج ایستاده داشته باشد.

علاوه بر این، امواج ایستاده در روی یک طناب نمیتواند هر اندازه ای داشته باشد. این اندازه همواره توسط طول هائی کنترل میشود که که طناب را بطور یکنواخت ، تقسیم نماید.

تمام اینها ،اطلاعات قدیمی در سال ۱۹۲۵ بود. کشیدن و رها کردن سیم یک گیتار طرح امواج ایستاده را در آن ایجاد خواهد کرد. دمیدن هوا به داخل لوله یک فلوت، طرح امواج ایستاده را در داخل لوله ایجاد خواهد کرد. چیزی که جدید بود پیدا کردن این بود که این امواج ایستاده ، همه مانند پدیده اتمی ، کوآنتیزه شده اند. در حقیقت ، شرودینگر پیشنهاد کرد که الکترون ها امواج ایستاده هستند.

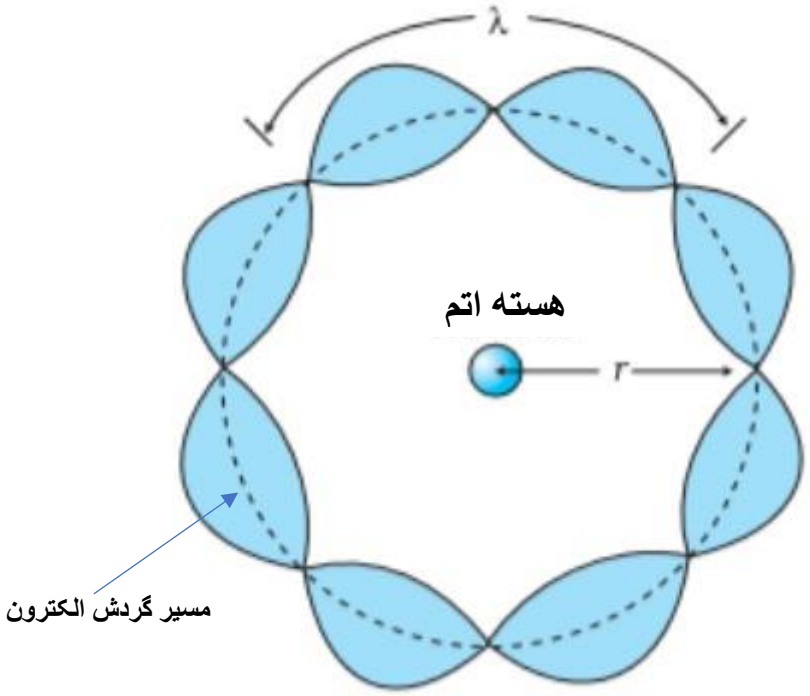
این پیشنهاد که در زمان خودش یک پیشنهاد نبوغ آسا تلقی میشد، در حقیقت چندان هم معجزه آسا نیست. یک الکترون را مجسم نمائید که در مدار خودش بدور هسته در گردش است. هر بار که الکترون گردش خود را بدور هسته تمام میکند، یک مسیری مشخص را طی نموده است. طول این مسیر همانند طول طناب ما میباشد. به این ترتیب فقط یک عدد کامل از امواج ایستاده میتوانند در طول این مسیر ایجاد شوند. البته طول این مسیر ، هرگز اندازه گیری نشده است.

شرودینگر پیشنهاد کرد که هر یک از این امواج ایستاده، یک الکترون میباشد. بعبارت دیگر معنای پیشنهاد وی این

www.takbook.com

بود که الکترونها قسمتی از ارتعاش بوده که توسط گره ها محدود میگردد.

تا اینجا ما در باره امواج ایستاده در روی یک خط صحبت کرده ایم . این نظیر طناب رخت و سیم گیتار بوده ولی امواج ایستاده در محیط های دیگری هم مانند آب، خطور میکنند. فرض کنید که ما سنگی را بداخل یک استخر مدور ، پرتاب کنیم. از نقطه ورود سنگ در آب، امواجی تولید میگردد. این امواج در برخورد با لبه استخر، منعکس شده و گاهی بیشتر از یکبار این اتفاق رخ میدهد. این امواج منعکس شده متحرک در برخورد با یکدیگر پدیده ای تولید میکند که به آن تداخل میگوئیم. از این تداخل طرح پیچیده ای از امواج ایستاده بوده که ما در قبل از آن بعنوان ' تداخل ' نام برده بودیم.



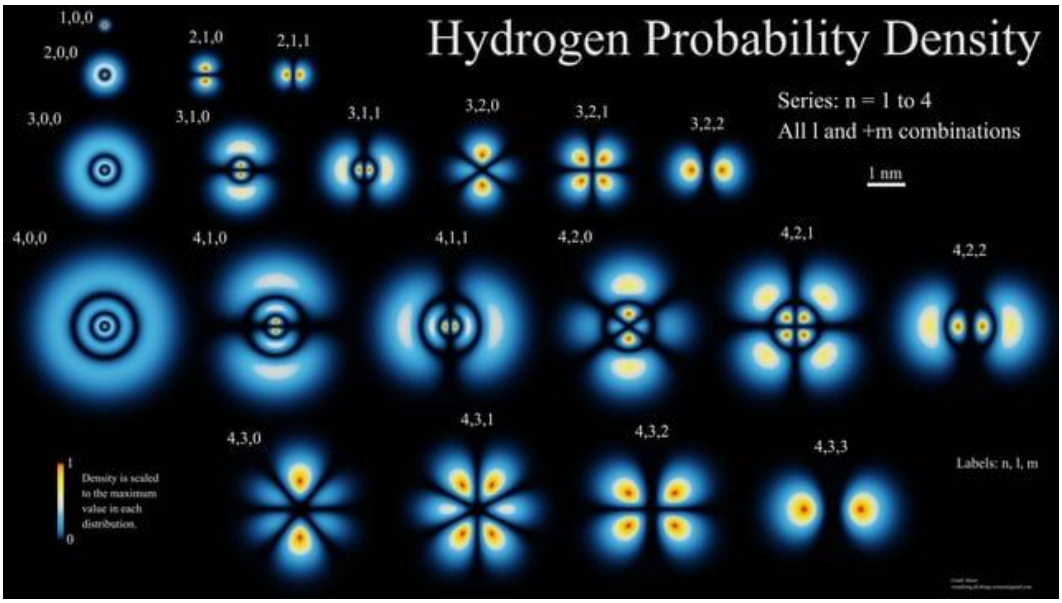
وقتی قله یک موج با دره موج دیگر برخورد میکند، آنها یکدیگر را خنثی نموده وسطح آب در طول خط این تعامل آرام و بیحرکت میگردد.

شرودینگر مدل یک کاسه بزرگ آبرا انتخاب نمود که دارای طرح پیچیده تداخل امواج بوده و از این طرح بمنظور تفسیر طبیعت اتم استفاده کرد. چنان که او توضیح داد این کاسه و آب مشابه امواج الکترون در اتمی با اندازه های کاسه . میباشد.

در این کار ، مدل اتمی بُهر توسط فرضیه بسیار طبیعی تر دو بروی ، جایگزین شده است. پدیده تموجی شکل بدن واقعی اتم میباشد. اشکال نوک تیز الکترونهای اتم بُهر که در اطراف هسته در گردش هستند، نیز با مدل موجی الکترون ها ، تعویض شده است.

امواج ایستاده در روی بند رخت دارای دو بُعد هستند: طول و عرض. امواج ایستاده در محیط هائی مانند آب دارای سه بُعد بوده: طول عرض و عمق. شرودینگر طرح امواج ایستاده را برای ساده ترین اتم، هیدروژن که فقط یک الکترون دارد، تحلیل کرد . وی با استفاده از معادله موجی خودش ، تعدادی از اشکال مختلف امواج ایستاده را محاسبه نمود. تمام امواج ایستاده در روی یک طناب کاملا شبیه یکدیگر هستند. این در مورد امواج ایستاده اتم، صدق نمیکند. تمام آنها سه بُعدی بوده و با یکدیگر متفاوت میباشند. بعضی از آنها مانند دوایری با همان مرکز بوده ، بعضی شبیه پروانه و برخی دیگر دایره شکل هستند.

www.takbook.com



کمی قبل از کشف شرودینگر، یک فیزیک دان اطریشی دیگر بنام وولفگانگ پائولی کشف کرد که هیچ دو الکترونی در یک اتم، کاملا شبیه یکدیگر نیستند. وجود یک الکترون با یک مجموعه مشخصات (عدد کوانتوم) حضور الکترون دیگری را با همین مشخصات در همین اتم ، طرد میکند. بهمین دلیل اصل پاولی را بنام اصل طرد (exclusion principle) نامگذاری کرده اند.
اصل طرد پاولی بیان می‌کند که هیچ دو الکترونی، یا به طور کلی هیچ دو فرمیون مشابهی، نمی‌توانند حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند (مثلا به طور همزمان در یک مکان باشند). این اصل برای درک پدیده‌های مختلف، از ذرات بنیادی گرفته تا ساختار ستاره‌ها، نقش اساسی ایفا می‌کند.

بر حسب تئوری امواج ایستاده ، معنای اصل طرد پائولی اینست که زمانی که یک طرح موجی خاص در اتم شکل گرفت، تمام طرح های از این قبیل، حذف خواهند شد.

معادله شرودینگر که توسط کشف پائولی تغییر و تصحیح گردید نشان میدهد که فقط دو طرح موجی میتواند در پائین ترین سطح انرژی در مدار ، وجود داشته باشد. این بدان معنی است که فقط دو الکترون در این مدار وجود خواهد داشت. در سطح بالاتر انرژی هشت طرح موج ایستاده امکان وجود داشته و این نشان دهنده اینست که فقط هشت الکترون میتواند در آن جای بگیرد.

این ارقام درست همام تعداد الکترونی میباشد که در مدل اتمی بُهر ، به هرکدام از سطوح انرژی مدارات ، نسبت داده شده است. از این نقطه نظر این دو مدل بهم شباهت دارند. ولی این شباهت صرفا از این نقطه نظر بوده از جهات دیگر کاملا با هم متفاوت میباشند.

تئوری بُهر بطور کامل تجربی میباشد. این بدان معنی است که بُهر تئوری خود را بر اساس آزمایشاتی که انجام گرفته بود، بنا کرد که آن آزمایشات را توضیح بدهد. شرودینگر کاملا بعکس تئوری خود را بر مبنای تئوری دو بروی در مورد خاصیت تموجی اجسام، استوار کرده است. این معادله نه تنها ارقام ریاضی عرضه میکند که ارزش آنها با آزمایشات تجربی به ثبوت رسیده، بلکه بطور مستمر توضیح یکپارچه ای برای آنها بدست میدهد.

بعنوان مثال در هر سطحی از انرژی تعداد خاصی از الکترونها میتوانند وجود داشته باشند زیرا فقط تعداد مشخصی از طرح های امواج ایستاده امکان وجود در هرسطح دارد. سطح انرژی یک اتم فقط از یک مقدار مشخص بیک مقدار مشخص دیگر جهش پیدا میکند. این بخاطر اینست که طرح موج ایستاده با اندازه های مشخصی در اتم میتواند تشکیل شود.

برای استفاده از معادله شرودینگر، ما اطلاعاتی در باره مشخصات اتمی که در دست آزمایش است ، وارد معادله میکنیم. چیزی که این معادله برای ما حاصل میکند تغییرات طرح امواج ایستاده در اتم، در طول زمان خواهد بود.

www.takbook.com

اگر ما یک اتم را در حالت اولیه آماده کرده و اجازه بدهیم که در انزوا پیشرفت پیدا کند، در طول زمان به طرح های متفاوتی از امواج ایستاده ، تغییر پیدا خواهد کرد. معادله شرودینگر وسیله ایست که ریاضیات در اختیار فیزیک دانان قرار داده که این پیشرفت را محاسبه نمایند. بزبان دیگر، پیشرفت طرح های امواج ایستاده در یک اتم یک پدیده جبر میباشد. شرایط اولیه همواره توسط طرح های دیگری جایگزین شده و این فرآیند از معادله شرودینگر تبعیت مینماید.

معادله موجی شرودینگر همچنین یک توضیحی برای اندازه اتم هیدروژن دارد. طرح موجی یک سیستم که از یک الکترون و یک پروتون تشکیل شده (که ما آنرا اتم هیدروژن مینامیم) در حالت پائین ترین سطح انرژی یک اندازه قابل توجهی دارد که فقط در وسط یک کُره ای قرار دارد که قطر آن معادل کوچکترین مدار اتمی بُهر میباشد. بعبارت دیگر چنین طرح موجی مشخص شد که همان اندازه ای را دارد که اتم هیدروژن در پائین ترین سطح انرژی خود دارد.

هرچند که معادله شرودینگر امروزه یک ستون اصلی مکانیک کوآنتوم میباشد، آن قسمت مفید از مدل بُهر که ارتباط با ذرات فرو اتمی پیدا میکند، زمانی که تئوری تموجی نتایج خوبی بدست نمیدهد، ، هنوز مورد استفاده قرار میگیرد. در چنین شرایطی فیزیک دانان بسادگی امواج ایستاده را فراموش کرده و بار دیگر اتم را بمثابه یک ذره ، در نظر میگیرند.

شرودینگر متقاعد شده بود که معادله او معرف یک چیز واقعی بوده و یک رابطه صرفا ریاضی نیست. او الکترون ها را بصورت یک ابر مجسم کرده و اگر این تصویر محدود به اتم هیدروژن با فقط یک الکرون باشد، طرح امواج ایستاده آن ، دارای سه بُعد طول ، عرض و عمق میباشد. این چیزی است که تصور آن برای انسان ، کار ساده ای است. ولی امواج ایستاده در اتمی که دارای دو الکترون میباشد، دارای شش بُعد بوده و امواج ایستاده در یک اتم با چهار الکترون دارای دوازده بُعد میباشند. تجسم ابعاد دوازده گانه از عهده انسان خارج است.

بورن فیزیک دان آلمانی آخرین چیز را به تفسیر جدید خاصیت تموجی ذرات فرو اتمی اضافه نمود. او چنین اظهار داشت که در حقیقت لازم نیست که وقت خود را برای تجسم این امواج چند بعدی تلف کرده چون آنها چیزهای واقعی نبوده و امواج احتمالات هستند.

برای بدست آوردن احتمالات یک حالت ما باید دامنه یک موج وابسته به آنرا به توان دو برسانیم. بعقیده ماکس بورن عقل سلیم از اینکه ما سعی کنیم یک چیز واقعی را در ذهن خود با بیشتر از سه بُعد مجسم نمائیم ، جلوگیری میکند.

این همان عقیده بُهر – کریمر – اسلیتر است که قبلا اعلام شده بود. این بار با استفاده که ریاضیات دو بروی و شرودینگر ، ارقام درست از کار در آمد.

توانائی مکانیک کوآنتوم در پیش بینی احتمالات مدیون کمک ماکس بورن به تئوری شرودینگر میباشد. از آنجائیکه احتمالات یک حالت از توان دوم دامنه امواج جسم بدست آمده و معادله شرودینگر بوجود آمدن این طرح امواج را پیش بینی میکند، اگر ما ایندو را کنار هم بگذاریم، یک سلسله از احتمالات قابل محاسبه را تولید مینماید. اگر شرایط اولیه دانسته شود، فیزیک دانان میتوانند احتمال اینکه سیستم مشاهده شده بتواند در هر حالت و در هر زمان مشاهده گردد ، پیش بینی کنند. هرچند که در بهترین شرایط ، این مشاهده شامل شانس خواهد بود. بعبارت دیگر، ' احتمال ' مکانیک کوآنتوم ، احتمال مشاهده یک سیستم مشاهده شده است در هر حالت و هرزمان بشرط اینکه شرایط اولیه ، در دست باشد.

چنین بود که جنبه تموجی مکانیک کوآنتوم شکل گرفت. همانطور که امواج از خود مشخصات ذره ای بودن را ظاهر میکنند (پلانک و اینشتاین) ، ذرات نیز دارای مشخصات تموجی (دو بروی) هستند. در حقیقت میتوان ذرات را از طریق امواج ایستاده درک نمود (شرودینگر) . اگر دامنه امواج اجسام (تابع موجی) را بتوان دو برسانیم، احتمال حالت موجی حاصل میگردد (بورن) به این ترتیب یک سلسله از احتمالات را از شرایط اولیه را میتوان توسط معادله موجی شرودینگر و فرمول ساده بورن محاسبه نمود .

حالا ما یک راه طولانی از آزمایش گالیله در مورد فرو افتادن اجسام ، طی کرده ایم. هر قدم در طول این مسیر طولانی ما را با مشکلات جدیدی روبرو ساخته است. در درجه اول هیچ کس ندیده که الکترونها چطور بوجود آمده اند. و سپس کنار گذاشتن تمام چیزهائی که درقبل میدانستیم. درک این مطلب چندان ساده نیست ، بخصوص که ما بخاطر میآوریم که اتم ها هرگز واقعی نبوده اند. اتم ها موجودیت فرضی داشته و درست شده اند که مشاهدات تجربی را قابل

www.takbook.com

درک نمایند. هیچ کس هرگز یک اتم را ندیده است. ولی ما به این حقیقت عادت کرده ایم که فراموش کنیم که اتم صرفا یک فرض و عقیده است. حالا به ما میگویند که نه تنها اتم فقط یک فرض و عقیده است، این عقیده ایست که ما حتی قدار نخواهیم بود که تصویری از آنرا در ذهن خود مجسم نماییم. حال ما سعی خواهیم کرد که درک کنیم که فیزیک دانان امروزه، اتم را بچه شکلی میبینند.

اتم از هسته و الکترون تشکیل شده است. هسته در وسط اتم قرار گرفته و فقط قسمت کمی از فضای داخل اتم را اشغال مینماید. ولی تقریبا تمام تمام جرم اتم به هسته مربوط میشود. این همان هسته ایست که در مدل منظومه شمسی در گذشته های دور، ارائه شده بود. در این مدل، الکترونها در هر کجا در داخل ' ابر الکترون ' میتوانستند پیدا شوند. ابر الکترونی از چندین موج ایستاده تشکیل شده که در اطراف هسته قرار دارند. این امواج ایستاده، موجودیت مادی ندارند. آنها طرح های پتانسیل هستند. شکل هر یک از این امواج ایستاده که ابر الکترونی را درست میکنند ، به فیزیک دانان میگوید که احتمال یافت شدن اکلترون در در هر بقطه از ابر الکترونی، چه اندازه است.

بطور خلاصه فیزیک دانان هنوز اتم را چیزی فرض میکنند که یک هسته ای بوده که در اطراف آن الکترونها در گردش هستند. ولی البته این تصویر بسادگی یک منظومه شمسی کوچک نیست. ابر الکترونی یک فرضیه ریاضی است که که فیزیک دانان درست کرده که تجربیات خود با آن وفق بدهند. ابر الکترونی ممکن است در داخل اتم وجود داشته یا وجود نداشته باشد. هیچ کس واقعا جواب این سؤآل را نمیداند. چیزی که ما میدانیم اینست که نظریه ابر الکترونی منتج به این واقعیت میشود

همانند تابع موجی ، ابر الکترونی را نمیتوان مجسم کرد . ابرالکترونی که فقط شامل یک الکترون باشد، دارای سه بُعدمیباشد. تمام ابرهای الکترونی دیگر که بیش از یک الکترون دارند ، در بیشتر از سه بُعد موجود هستند. بعنوان مثال هسته اتم کربن که شش الکترون دارد توسط یک ابری محاط شده که دارای هیجده بُعد است. اورانیوم با نود و دو الکترون ابر الکترونی با ۲۷۶ بُعد دارد. این تصویر ابدا برای ذهن انسان قابل تجسم نیست. دلیل این میتواند باشد که ما واقعا نمیدانیم که در دنیای فرو اتمی چه چیزی میگذرد. البته حدس های فراوانی در این مورد وجود دارد ولی بایستی توجه داشت که این حدس ها میتواند کاملا گمراه کننده باشد.

فیزیک دان آلمانی، ورنر هایزنبرگ چنین تصمیم گرفت که ما هرگز قادر نخواهیم بود که بدانیم واقعا در دنیای نامرئی فرو اتمی ، چه میگذرد. به این ترتیب ما باید تمام تلاش های خود را برای ساختن یک مدل تصوری فرآیندهای اتمی ، کنار بگذاریم. تمام چیزی را که ما خواهیم توانست با دقت ذکر کنیم شرایط اولیه و شرایط نهائی یک آزمایش میباشد. توضیح اینکه در بین این دو حالت که قابل دیدن است، چه اتفاقی افتاده است، صرفا فرضیات است. (صفحه ۴۳) .

در همین دوران، هایزنبرگ کشف دیگری کرد که پایه های علوم را بلرزه در آورد. کشف مهم او این بود که محدودیت هائی وجود دارد که خارج از آن ما قادر نیستیم که با دقت اندازه گیری کنیم. این محدودیت ها بخاطر نارسائی وسائل آزمایشی ما نبوده و یکی از اصول طبیعت میباشد. خارج از محدوده ای که ذکر شد، ما خود را وارد دنیای ' عدم قطعیت ' میکنیم. بهمین دلیل کشف هایزنبرگ ، ' اصل عدم قطعیت ' نامگذاری گردید.

اصل عدم قطعیت آشکار میکند که وقتی ما بیشترو بیشتر خود را وارد قلمرو ذرات فرو اتمی کردیم، به جائی خواهیم رسید که یک قسمت از تصویر ما از طبیعت شروع به محو شدن خواهد کرد. هیچ راهی وجود ندارد که بدون اینکه قسمت دیگری از تصویر را محو نمائیم، این قسمت محو شده را آشکار کنیم. این بمثابه آنست که ما بخواهیم یک تصویر متحرک را که از فوکوس خارج شده بحال اولیه باز گردانیم. وقتی ما آخرین تنظیم ها را انجام دادیم، ما دچار شگفتی خواهیم شد که که ببینیم زمانی که قسمت راست تصویر واضح و آشکار است، قسمت چپ از فوکوس خارج شده وکاملا تار میشود. حال اگر سعی کنیم که قسمت چپ را بحال عادی برگردانیم، سمت راست تصویر شروع به تار شدن کرده و خیلی زود قضیه برعکس میشود. ما میتوانیم هر دو قسمت تصویر را قابل شناسائی کنیم، ولی غیر ممکن است که بتوانیم تار بودن تصویر را در هردو قسمت از بین ببریم.

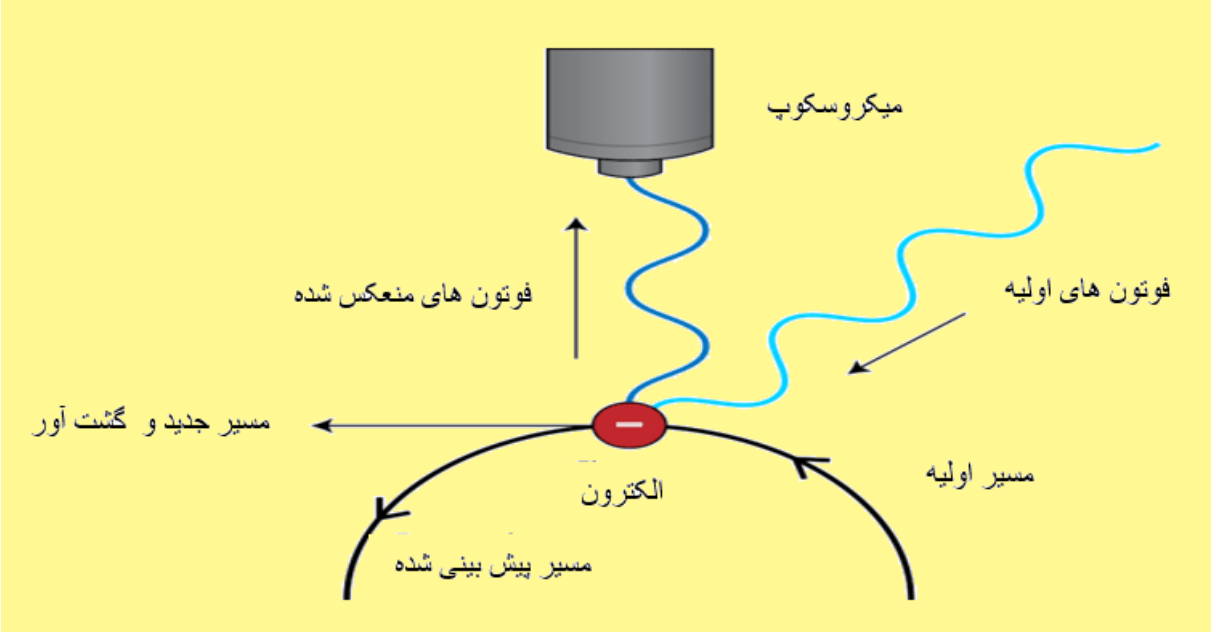
قسمت راست این تصویر خیالی که ما برای توضیح فرضیه عدم قطعیت فرض کرده بودیم، میتواند به موقعیت در فضای یک ذره ، تعبیر گردد. قسمت چپ این تصویر میتواند گشت آور آن باشد. بر اساس اصل عدم قطعیت ، ما میتوانیم که صرفا موقعیت ذره را با دقت خوبی مشخص کنیم. با این کار ما خود را در موقعیتی قرار میدهیم که امکان مشخص کردن گشت آور این ذره بکلی از بین میرود. در صورت عکس اگر ما گشت آور این ذره را بدقت بدست بیاوریم، هیچ راهی وجود نخواهد داشت که موقعیت آنرا مشخص کنیم.

www.takbook.com

برای توضیح این مطلب. هایزنبرگ پیشنهاد کرد که ما یک میکروسکپ فوق العاده قوی مجسم کنیم که قادر باشد که یک الکترون را که بدور هسته گردش میکند، ببیند. از آنجائیکه الکترونها بسیار کوچک هستند، ما نمیتوانیم از نور معمولی برای دیدن آن استفاده کنیم. دلیل آن اینست که طول موج نور معمولی بسیار بزرگتر از اندازه های الکترون بوده و برای دیدن الکترون مناسب نیست.

اگر ما یک تار مور را بین یک منبع پرنور ودیوار قرار بدهیم، این تار مو سایه ای روی دیوار ایجاد نخواهد کرد. در مقایسه با طول موج نور، مو بقدری نازک است که امواج نور در رسیدن به تار مو ، بجای متوقف شدن، کمی خم میشوند. برای دیدن یک جسم ، ما مجبور هستیم که از نوری استفاده کنیم که طول موج آن از ابعاد جسم کوچکتر باشد. بهمین دلیل هایزنبرگ بعوض نورمرئی ، از اشعه گاما در این میکروسکپ فرضی استفاده میکند. اشعه گاما کوچکترین طول موج ممکنه را دارد. این همان چیزی است که ما برای دیدن الکترون ، به آن محتاج هستیم. الکترون نسبت به طول موج خیلی کوچک اشعه گاما ، به اندازه کافی بزرگ بوده و در قیاس با سایه روی دیوار، میتواند از عبور این اشعه جلوگیری کرده و روی دیوار خیالی، سایه بیاندازد. این به ما اجازه میدهد که محل الکترون را تعیین کنیم.

مشکل از اینجا شروع میشود که بر حسب اکتشاف پلانک، اشعه گاما که طول موج کمتری از نور مرئی دارد، بهمان نسبت، دارای انرژی بیشتری خواهد بود. وقتی این اشعه با الکترون خیالی برخورد نماید، آنرا روشن کرده ولی بدبختانه آنرا از مسیر خود منحرف ساخته و سرعت (گشت آور) آنرا تغییر میدهد. بطور خلاصه ، اگر ما از نوری که طول موج خیلی کمی دارد برای دیدن الکترون استفاده کنیم، بخاطر انرژی بالای چنین نوری، الکترون از مسیر خود منحرف شده و گشت آور آن بطریقی که به ما معلوم نیست تغییر خواهد کرد.



تنها کار دیگری که میتوانیم انجام بدهیم اینست که از اشعه ای استفاده کنیم که انرژی کمتری داشته باشد. چنین نوری الزاما طول موج بزرگتری داشته هر چند مسیر و گشت آور الکترون را عوض نمیکند، اجازه دیدن آنرا به ما میدهد. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ به ما میگوید که هیچ راهی وجود ندارد که بتوان همزمان محل و گشت آور الکترون را بدست آورد.

در دنیای فرو اتمی ، ما نمیتوانیم چیزی را مشاهده کرده بدون اینکه آنرا عوض کنیم. به این ترتیب چیزی به اسم شاهد بیطرف که در گوشه ای ایستاده و به روند طبیعت نگاه میکند، وجود ندارد.

از یک نقطه نظر، این مطلب آنقدر ها هم عجیب نیست. راه خوبی برای اینکه باعث شویم که یک غریبه ، برگشته و به ما نگاه کند ، اینست که از پشت سر ، به وی خیره شویم.

www.takbook.com

همه ما اینرا میدانیم ولی اغلب آنرا بخاطر تعلیماتی که گرفته ایم و چنین چیزی را غیر ممکن میداند، آنرا رد میکنیم. فیزیک کلاسیک بر مبنای فرضیه هائی است که برای ما حکم حقیقت دارند و مستقل از ما به مسیر خود در زمان و فضا ادامه میدهند. نه تنها ما میتوانیم بدون اینکه دیده شویم، آنرا مشاهده کنیم، بلکه توسط اعمال قوانین فیزیک ، رفتار آینده آنرا پیش بینی نمائیم. در چنین حالتی، وارد کردن اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، بسیار ناراحت کننده و حتی ترسناک میباشد.

برای اعمال کردن قوانین نیوتون به یک ذره مشخص ، ما میبایستی شرایط اولیه آنرا که شامل مکان ذره در فضا و گشت آور آن هست ، داشته باشیم. این درست چیزی است که اصل عدم قطعیت به ما میگوید، امکان انجام آن وجود ندارد. بعبارت دیگر، قوانین نیوتون برای ذرات لوچک فرو اتمی، کار برد ندارد. یک پرتو از الکترون ها را در نظر بگیرید. مکانیک کوآنتوم قادر است که احتمال توزیع الکترونها را در یک زمان ، بدست بدهد ولی مکانیک کوآنتوم حتی در اصل ، نمیتواند مسیر یک الکترون تنها را پیش بینی نماید. تمام دنیای فیزیک کلاسیک توسط اصل عدم قطعیت ، لتزان و بی اهمیت شده است.

هنوز یک کاربرد دیگری هم برای اصل عدم قطعیت موجود است. در مورد یک ذره در حال حرکت، موقعیت و گشت آور این ذره چیزی است که بذهن ما خطور میکند. اگر ثابت شود که ما قادر به اندازه گیری یکی از این دو پارامتر نیستیم، بایستیاعتراف کنیم که این چیزی که ما به آن یک ذره در حال حرکت میگوئیم، اصلا چنین چیزی نیست چون یک ذره در حال حرکت پیوسته دارای موقعیت و گشت آور است. ماکس بورن میگوید:

" اگر ما نتوانیم که بیشتر از یکی از مشخصات موقعیت و گشت آور یک ' چیز ' را تعیین نمائیم، تاجایئکه به آزمایشات ما ارتباط پیدا میکند، این ' چیز' نمیتواند یک ذره باشد. "

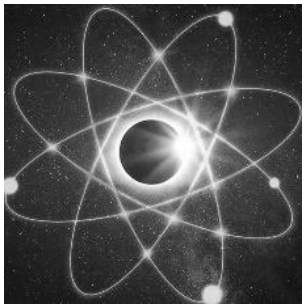
بنا به عقیده هایزنبرگ :

" چیزی را که ما مشاهده میکنیم، خود طبیعت نیست بلکه طبیعتی است که خود را بر حسب مثُد سؤآل کردن ما، خود را در اختیار ما میگذارد. "

اصل عدم قطعیت ما را وادار میکند که درک کنیم که چیزی به اسم ' راه و روش من ' که از دنیای اطراف ما جدا باشد، وجود ندارد. این فرضیه وجود واقعیت را بزیر سؤآل میبرد.

حالا دیگر کار دنیا برایمان عوض میشود. علوم دقیق که ما با آن خو گرفته ایم، در خود آن واقعیتی را که ما انتظار داریم و توقع داریم که بدون توجه به علاقه یا عدم علاقه ما به مسیر خود ادامه بدهد ، نداشته و کند و کاو در آن برای پتدا کردن چنین واقعیتی ، تلف کردن وقت میباشد. علوم در سطح ذرات فرو اتمی دیگر علوم دقیقه نبوده و هر چند کاملا بی اهمیت و ناچیز، وجود این ' **من** ' روی علوم تاثیر میگذارد. همین مهره ناچیز در چرخ بزرگ هستی، خالق تمام جهان هستی و کائینات میباشد.

اگر فیزیک جدید ما را به ' جائی' رهنمون کرده باشد، آن 'جا ' خود ما هستیم ، چون جای دیگری نداریم که برویم.



www.takbook.com

فصل ششم : ذهن مبتدی

مشکل است که بتوان اهمیت ' یاوه ' را خیلی زیاد جلوه نداد. هر چه واضح تر ما چیزی را بعنوان یاوه تصور کنیم، بهمان نسبت ما محدودیت های ذهنی را که برای تشخیص ایجاد کرده ایم، وضوحی بیشترپیدا میکند. ' یاوه ' چیزی است که که در طرح از قبل آماده ذهنی ما برای پوشاندن حقیقت ، نمیگنجد. چیزی به اسم ' یاوه ' وجود ندارد جز یک قضاوت هوشمندانه که آنرا چنین مینامد. هنرمندان و فیزیک دانان واقعی این حقیقت را خوب میدانند که یاوه چیزی است که که ما آنرا در زمان حاضر ، از نقطه نظر خود، غیر قابل ادراک مشاهده میکنیم. یاوه ، یاوه است فقط زمانی که ما هنوز نقطه نظری برای برای فهم آن پیدا نکرده ایم.

بطور کلی فیزیک دانان کاری به کار یاوه ندارند. بیشترآنها در طول زندگی کاری خود ، در باره مسائلی که کاملا مسجل شده، فکر میکنند. این دسته از دانشمندان، آنهائی هستند که که جرات نمیکنند که مفهوم واقعی یاوه ها را کشف نمایند. درحالی که هر ابلهی به آنها میگوید که اینطور نیست و آنها در اشتباه هستند. این مشخصه یک فکر خلاق و آزاد است. مشخصه آن اعتماد بنفسی است که که دارای نقطه نظری است که قبول میکند که بهیچوجه یاوه ، یاوه نیست.

در جهان فیزیک، مانند هر جای دیگر ، آنهائی که احساس خلق کردن دارند آنهائی هستند که از اینکه محدودیت های وجود را شکسته و خود را وارد دنیائی ناشناخته کنند، وحشتی ندارند. چنین آدمی واجد دو خاصیت است. اول اینکه این قابلیت را دارد که مانند یک کودک جهان را بهمان صورتی که هست ببیند، نه آنچه که از قبل درباره آن میدانیم. یک داستان قدیمی میگوید زمانی که امپراتور برهنه در خیابانها اسب سواری میکرد ، فقط یک کودک بود که اعلام داشت که او لباسی بتن ندارد. بقیه اتباع او ، همانطوریکه به آنها گفته شده بود، بخود تلقین میکردند که امپراتور لباس جدیدی بتن کرده است.

کودکی که در وجود ما هست، پیوسته ساده دل و بیگناه میباشد. در دوره میجی در ژاپن یک استاد دانشگاه برای دیدن یک مردی که فلسفه ' زِن ' (Zen) را تدریس میکرد، بخانه او آمد که از او در باره این فلسفه سؤآل کند. این مرد که باتربیت و آداب دان بود، یک فنجان چای جلوی او گذاشت و شروع به ریختن چای از یک قوری کرد. وقتی فنجان پر شد، مرد فیلسوف به ریختن چای ادامه داد. استاد دانشگاه در ابتدا چیزی نگفت ولی از آنجائیکه صاحبخانه به ریختن چای ادامه میداد، دیگر نتوانست طاقت آورده و بانگ زد:

" فنجان کاملا پر شده است. بیشتر از این ریختن چای لازم نیست چون فنجان دیگر جا ندارد. "

صاحبخانه فیلسوف گفت:

" مانند این فنجان، شما خود پر از تصورات و عقاید خود هستید. من چطورمیتوانم که برای شما فلسفه ' زِن ' را تشریح نمایم قبل از اینکه شما در ابتدا فنجان خود را خالی کنید. "

فنجان ما معمولادرست تا لبه از قبل با چیزهای واضح و عقل سلیم پر شده و جائی برای چیز دیگری ندارد.

سوزوکی روشی که اولین مرکز زِن را در آمریکاتاسیس نمود به شاگردان خود میگفت که مشکل نیست که به مرحله ' وارستگی' (enlightenment) رسید ، ولی چیزی که مشکل است اینست که طرز فکر یک مبتدی راحفظ کنیم. امکانات زیادی موجود است ولی برای یک شخص تعلیم یافته، این امکانات خیلی مختصر میشود. بیکر روشی ، استاد آمریکائی ' زِن ' چنین میگوید:

www.takbook.com

" ذهن یک مبتدی خالی است و از عادات تعلیم یافتگان تُهی و آزاد میباشد. آماده برای قبول و شک کردن بوده و برای تمام امکانات، باز و آماده است. "

ذهن مبتدی در علوم بطرز بسیار خوبی در داستان البرت اینشتاین و تئوری نسبیت او به نمایش در آمده است. این مطلبی است که در این فصل به خواننده ارائه میگردد.

دومین مشخصه یک هنرمند و دانشمند واقعی ، اعتمادبنفس آنها میباشد. این اعتماد بنفس یک نمایش قدرت درونی بوده که به آنها اجازه میدهد حرف خود را بزنند. حرفی که برای تمام دنیا سردرگمی میآورد ولی نه برای خود آنها. اولین شخصی که اشتباه مردم را برای قرنها مشاهده میکند، بدون شک، در گوشه ای تنها ایستاده است. چیزی که بفکر او میرسد ، در مورد تمام مردم عالم ، یاوه و چرند بوده و حتی شاید از اینهم بدتر، کفر و دیوانگی باشد. این اعتماد بنفس، سر سختی یک انسان ابله نیست بلکه اعتمادی است که شخص نابغه به دانستنی های خود دارد. این شخص همچنین بخوبی میداند که قادر است این اطلاعات را بصورت خوبی، به دیگران منتقل نماید.

هنری میلر نویسنده مشهور مینویسد:

" [در کار نویسندگی] من فقط از غریزه و بصیرت (حس ششم) خود تبعیت کرده و هیچ چیزی را از قبل نمیدانم. اغلب چیزهائی را مینویسم که خودم آنها را درک نمیکنم. ولی مطمئن هستم که در آینده برای من معنا و مفهوم خوبی پیدا خواهند کرد. من به انسانی که مینویسد اعتماد دارم، این شخص خود منست ، نویسنده. "

باب دیلان خواننده و مصنف ترانه دریک کنفرانس مطبوعاتی گفت:

" من فقط یک ترانه را تصنیف میکنم و و میدانم که کار خوبی از آب در خواهد آمد. ولی من حتی نمیدانم که این تصنیف چه مطلبی را عنوان خواهد کرد. "

یک مثال از این قبیل اعتماد، در دنیای فیزیک، تئوری کوآنتای نور بود. در سال ۱۹۰۵ ، تئوری قبول شده و به اثبات رسیده این بود که نور یک پدیده تموجی است. برغم این قبولی عام، اینشتاین مقاله مشهور خود را بچاپ رساند که در آن او پیشنهاد کرده بود که نور از ذراتی بنام فوتون ساخته شده است. (صفحه ۳۲). هایزنبرگ این موقعیت عجیب را چنین توصیف میکند:

" در سال ۱۹۰۵ نور میتوانست شامل امواج الکترو مگنتیک بوده (تئوری ماکسول) و یا از بسته های انرژی بنام ' کوآنتا ' که در فضا با سرعت زیادی حرکت میکنند ، تشکیل یافته باشد (به موجب تئوری اینشتاین) . ولی آیا این امکان وجود دارد که نور هردوی اینها باشد؟ اینشتاین خود خیلی خوب میدانست که بعضی از پدیده های مشهور نور نظیر دیفراکشن و تداخل فقط در صورتی امکان توضیح و تفسیر دارند که نور از جنس موج باشد. او خود بطور کامل نمیتوانست با پدیده تموجی بودن نور، مخالفت نماید. او حتی کوششی انجام نداد که پدیده تموجی را با پدیده ذره ای بودن که خود آنرا عرضه کرده بود، آشتی داده و راهی برای توضیح این مشکل بیابد. او خیلی ساده اینطور فرض میکرد که در آینده ، راهی برای حل این مشکل پیدا خواهد شد. "

این درست همان چیزی بود که اتفاق افتاد. طبیعت دوگانه ذره ای – تموجی نور که توسط مکانیک کوآنتوم عرضه شد، همانطور که اینشتاین انتظار داشت، این مشکل را حل کرد. هرچند شهرت اینشتاین بخاطر تئوری نسبیت او بود، مقاله او در باره ذره ای بودن نور جایزه نوبل را به ارمغان آورد. این همان اعتماد به یاوه و چرند است.

اینشتاین دو تئوری از نسبیت ایجاد کرد. اولین تئوری نسبیت خاص نامیده شده و تئوری دوم که بعدا آمد ، عمومی تر و بنام تئوری نسبیت عمومی معروف شده است. این فصل و فصل بعدی در باره تئوری خاص نسبیت ، میباشد.

تئوری خاص نسبیت چندان در باره چه چیزی نسبی است نبوده و بیشتر در باره چه چیزهائی شامل نسبیت نمیشوند ، است. این تئوری شکل نسبی یک واقعیت فیزیکی را تشریح میکند که بر حسب نقطه نظرهای شاهدان مختلف ، تغییر پیدا میکند. در همین حال ، وضعیت ثابت و تغییر ناپذیر واقعیت فیزیکی را نیز در نظر میگیرد.

تئوری خاص نسبیت یک تئوری نیست که ادعا کند همه چیز نسبی است. این تئوری در باره اینست که صورت های ظاهری ، نسبی هستند. چیزی که ممکن است به نظر ما یک خط کشی بیاید که سی سانتیمتر طول دارد، ممکن است بنظر شاهد دیگری که با سرعت زیاد از کنار ما عبور میکند، سی سانتیمتر طول نداشته و بنظر او فقط بیست سانتیمتر بیاید. مثال دیگر اینست که مدتی که بنظر ما یکساعت میآید، برای شاهدی که با سرعت زیاد از کنار ما عبور میکند ، دو ساعت باشد. هرچند که این شاهد متحرک میتواند با استفاده از تئوری خاص نسبیت ، اگر سرعت

www.takbook.com

خود را نسبت به ما بداند ، محاسبه کند که خط کش و ساعت ، چگونه بنظر ما میرسند. بهمین ترتیب اگر ما سرعت نسبی خود را با این شاهد بدانیم، با استفاده از این تئوری، خط کش و ساعت ما چطور جلو چشم او ظاهر میشوند.

اگر ما مشغول انجام یک آزمایش بوده و در همان موقع شاهد متحرک از کنار ما با سرعت زیاد عبور کند، هر دو ما وسائل آزمایش را دیده ولی هر کدام از ما ، زمان و مسافت متفاوت بدست خواهیم آورد. با استفاده از این تئوری ، هر کدام از ما میتواند داده های خود را با دیگری مبادله نماید. دست آخر ارقام بدست آمده ، برای هردو ما ، یکسان خواهد بود. در اصل تئوری خاص نسبیت در باره اینکه چه چیزی نسبی است نبوده و در باره اینست که چه چیزی مطلق میباشد.

تئوری خاص نسبیت به ما نشان میدهد که ظواهر وابسته به حالت تحرک مشاهده کننده میباشد. این تئوری میگوید:

۱ - یک شیی متحرک کوچکتر از آنچه هست اندازه گیری خواهد شد اگر در جهت حرکتش انجام شود. با بالا رفتن سرعت ، وقتی به سرعت نور برسد، این جسم ناپدید خواهد شد.

۲- جرم یک جسم متحرک با بالا رفتن سرعت آن، بیشتر شده و زمانی که به سرعت نور برسد، این وزن بینهایت خواهد گردید.

۳ – ساعتی که مشغول کار است با بالارفتن سرعت آن، کند تر شده و وقتی سرعت آن به سرعت سیر نور برسد، بکلی متوقف خواهد شد.

تمام اینها از نقطه نظر یک شاهد ساکن است که اجسام نسبت به او در حرکت هستند. برای شاهدی که بهمراه ساعت حرکت میکند، ساعت بطور کامل کار عادی خود را انجام داده ، شصت ثانیه در هر دقیقه جلو میرود. هیچ چیز هم کوتاهتر و سنگین تر نخواهد شد. تئوری خاص نسبیت همچنین به ما میگوید که زمان و فضا دو چیز مجزا بوده و به اتفاق آنها فضا-زمان را تشکیل داده درست بهمان ترتیب که انرژی و جرم اشکال مختلف همان چیز، یعنی انرژی-جرم هستند.

ما فریاد میداریم که ' این غیر ممکن ' است. اینکه ما بگوئیم با بالا رفتن سرعت جرم یک جسم افزایش پیدا کرده، طول آن کم شده و زمانش آهسته تر میشود، یاوه ای بیش نیست.

فنجان ما از قبل پر بوده و حالا سرریز میکند.

این پدیده ها در زندگی روزمره ما قابل مشاهده نیست برای اینکه سرعتیکه لازم است این اتفاقات حادث شود ، بایستی به سرعت سیر نور نزدیک گردد (سیصد هزار کیلومتر در ثانیه) . در سرعتهای پائین ما با دنیای ماکروسکوپیک روبرو بوده و این پدیده ها قابل رؤیت نخواهند بود. اگر چنین نبود، ما میتوانستیم بچشم خود ببینیم که اتومبیلی که در اتوبان حرکت میکند، کوچکتر از همین اتومبیل، در حال توقف، میباشد. . وزن آن بیشتر و ساعتهای درون آن کندتر حرکت خواهد کرد. درحقیقت ما حتی قادر خواهیم بود اضافه وزن یک میله آهنی که بشدت حرارت داده شده ، اندازه گیری کنیم.

حال چگونه اینشتاین همه این چیزها را کشف کرد، یک داستان دیگر نظیر لباس جدید امپراتور میباشد.

* * * *

فقط اینشتاین بود که به دو معمای اصلی آن روزها ، از دید یک مبتدی نگاه کرد. نتیجه این کار او خلق تئوری خاص نسبیت بود. اولین معما در زمان اینشتاین ثابت بودن سرعت سیر نور و معضل دوم، اصل عدم قطعیت از جنبه فیزیکی و فلسفی بود.

ما میگوئیم:

" قدری صبر کنید. چه عدم قطعیتی در باره حرکت یا ساکن بودن وجود دارد؟ اگر من در روی صندلی خود نشسته و شخصی از جلوی من عبور میکند، به این ترتیب من ساکن محسوب شده و این شخص متحرک است. "

www.takbook.com

جیم دو ویت دوست خیالی ما (آیا او را بخاطر میآورید؟) در جواب میگوید:

" کاملا صحیح است. ولی آنطور ها هم این قضیه ساده نیست. حالا فرض کنیم که صندلی که شما روی آن نشسته اید ، در یک هواپیما بوده ، و شخصی که از جلوی شما عبور میکند، مهماندار هواپیما باشد. اینطور فرض کنیم که خود من در روی زمین ایستاده و بشما دو نفر نگاه میکنم که از بالای سر من رد میشوید. از دید شما، شما ساکن بوده و مهماندار هواپیما درحال حرکت است. ولی از نقطه نظر من ، هردو شما متحرک و من ساکن هستم. همه اینها بستگی به چهار چوب داوری شما ارتباط پیدا میکند. چهار چوب داوری شما خود هواپیماست ولی چهار چوب داوری من، کره زمین است. "

جیم دو ویت مطابق معمول مشکل را بخوبی درک کرده است. بدبختانه او قادر به حل این مشکل نیست. کره زمین فقط بنظر ساکنانش، ساکن میآید چون نه تنها در حول محور خود میچرخد ، بلکه به اتفاق ماه در اطراف خورشید با سرعت هیجده مایل در ثانیه در گردش هستند.

ما میگوئیم :

" البته این مطلب صحت دارد، ولی زمین برای افرادی که در روی آن زندگی میکنند، ساکن بنظر میرسد. فقط وقتی به حرکت در میآید که ما چهارچوب داوری (frame of reference) خود را تغییر داده و از زمین به خورشید منتقل کنیم. حالا اگر ما به این بازی ادامه بدهیم، غیر ممکن است که در تمام کائنات و جهان هستی، چیزی را پیدا کنیم که کاملا ساکن باشد. اگر ما ملاک داوری خود را به کهکشان منتقل کنیم، خورشید و همه منظومه شمسی درحال حرکت بوده و از دید یک کهکشان دیگر ، کهکشان ما در حال حرکت است. "

جیم دو ویت خیالی میخندد و میگوید:

" خیلی خوب گفتی... این درست همان چیزی است که اتفاق میافتد. هیچ چیزی وجود ندارد که بطور مطلق ساکن باشد. حرکت و عدم وجود آن پیوسته در ارتباط با چیز دیگری هستند. اینکه ما حرکت میکنیم یا ساکن هستیم، فقط به چهار چوب داوری ما ارتباط پیدا میکند. "

مطالبی که در بالا گفته شد، ربطی به به تئوری نسبیت خاص ندارد. حقیقت اینست که این مطلب قسمتی از اصل نسبیت گالیله بوده که سیصد سال قدمت دارد. هر تئوری فیزیکی ، تئوری نسبیت است اگر این تئوری تایید کند که مشکلاتی سر راه اندازه گیری حرکت و سکون مطلق وجود دارد.

به موجب گالیله، یک جائی در جهان هستی و کائنات وجود دارد که چهارچوب داوری (در فیزیک به آن محور های مختصات گفته میشود) ، که در آن قوانین مکانیک بطور کامل ارزشمند بوده و در آن تئوری و آزمایش تجربی بطور کامل با یکدیگر توافق دارند. این چهار چوب داوری ، ' چهار چوب مرجع ' (inertial frame of reference) نامیده شده و معنای آن اینست که در این چهار چوب، قوانین مکانیک بطور کامل حکم فرما است . تمامی چهار چوبهای دیگر ، نسبت به این چهار چوب مرجع ، حرکت میکنند.

بعنوان مثال ، اگر ما در صف کتابخانه، کتابی را که در دست داریم ، بزمین رها کنیم، کتاب بخط مستقیم فرود آمده و بزمین میافتد. هرچند که ما میدانیم که زمین با سرعت زیادی بدور خورشید در حال حرکت است. حال اگر ما همین کتاب را وقتی در داخل یک قطار در حال حرکت یکنواخت ، از دست خود رها کنیم، همین حالت اتفاق میافتد. به موجب قوانین گرانش نیوتون، این کتاب بخط مستقیم حرکت کرده و روی کف قطار فرود میآید. در این حالت چهارچوب داوری ما خود قطار خواهد بود. چون قطار دارای سرعتی یکسان بوده و زمین هم چنین حالتی دارد، قوانین مکانیک در مورد هردو صادق خواهد بود.

حالا اگر راننده قطار تصمیم بگیرد که ناگهان سرعت قطار را زیاد کند، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ بدیهی است که در چنین صورتی ، همه چیز دگرگون خواهد شد. حالا اگر کتابی از دست ما رها شود، درست در همان جای قبلی نخواهد افتاد چون در حالی که مشغول سقوط است، قطار بحرکت خود ادامه داده و از زیر کتاب رد میشود. در این حالت دیگر اصل نسبیت گالیله صدق نخواهد کرد. این محاسبات یک ' دگرگونی کلاسیک ' (classical transformation) نامیده میشود.

www.takbook.com

جاده های اتوبان مثال های متعددی از این دگرگونگی دارا میباشد. فرض کنید که ما در اتومبیلی که با سرعت ۷۵ مایل در ساعت حرکت میکند ، نشسته ایم. میبینیم که یک کامیون بطرف ما میآید. سرعت سنج آن هم ۷۵ مایل بر ساعت را نشان میدهد. با استفاده از ' دگرگونی کلاسیک ' ما میتوانیم بگوئیم که نسبت به ما این کامیون سرعتی نزدیک به ۱۵۰ مایل دارد. این نشان میدهد که در صورت تصادف ، چنین سرعتی باعث مرگ خواهد شد.

حالا فکر کنید که اتومبیلی در همان جهتی که ما حرکت میکنیم ، از ما جلو میزند. سرعت سنج اتومبیل او که احتمالا بایستی یک ' فِراری ' باشد، ۱۱۰ مایل در ساعت را نشان میدهد. با استفاده از دگرگونی کلاسیک، ما میتوانیم بگوئیم که نسبت به ما این ماشین فِراری ، سرعتی در حدود ۳۵ مایل در ساعت دارد.

قوانین دگرگونی مکانیک کلاسیک ، با عقل سلیم جور در میآید. آنها میگویند که حتی اگر ما نتوانیم تشخیص بدهیم که یک چهارچوب داوری بطور مطلق ساکن است یا نه، ما میتوانیم سرعتها و موقعیت ها را از یک چهارچوب به چهار چوب دیگر منتقل کنیم. بعلاوه اصل نسبیت گالیله میگوید که اگر قوانین مکانیک در یکی از چهار چوبها صدق میکند، در هرچهار چوب متحرک دیگری که متناسب با آن حرکت میکند ، این قوانین صادق خواهند بود.

بدبختانه یک مشکل اساسی در همه این ها وجود دارد. هیچ کس تا کنون یک سیستم مختصاتی را که قوانین مکانیک در آن صدق کند، ندیده است. و مشکل دیگر اینست که که قوانین مکانیک برای یک سیستم مختصات که محکم بزمین چسبیده است ، صادق نیست. زمین یک چهار چوب داوری خوب نیست و به این ترتیب قوانین مکانیک ،

خانه ای برای خود پیدا نکرده است. هیچ سیستم مختصاتی پیدا نشده که کار خود بطور کامل انجام دهد.

این ما را بعنوان یک فیزیک دان، در موقعیت نامناسبی قرار میدهد. از یکطرف ما قوانین مکانیک کلاسیک را در دست داشته و از طرف دیگر این قوانین همه بر اساس محور های مختصاتی قرار گرفته که وجود ندارد.

این مشکل مربوط به قضیه نسبیت شده که به موقع خود مشکل پیدا کردن سکون مطلق را دارد. اگر چنین چیزی یعنی سکون مطلق تشخیص داده شود، بعد دستگاه مختصاتی که به آن وصل شود ، چهار چوب داوری گمشده پیدا شده و قوانین مکانیک کلاسیک بطور کامل ، در آن صدق خواهد کرد. بار دیگر همه چیز در فکر ما ، منظم و منطقی خواهد شد.

فیزیک دانان تئوری های نیمه کاره را دوست ندارند. قبل از اینشتاین، مشکل یافتن حرکت ویا سکون مطلق و پیدا کردن یک دستگاه مختصات داوری ، بهمان حالت مشکل باقی ماند. فیزیکدانان قادر نشدند که جائی را پیدا کنند، که این قوانین مکانیک در آنجا صدق کند. این قلعه بزرگی بود که روی ماسه بنا شده بود.

این مشکل تا زمان اینشتاین، کماکان ادامه داشت و خود اینشتاین هم قادر نبود که آنرا حل کند. مشکل دیگر اینشتاین، رفتار غیر عادی نور بود.

در مسیر یافتن سرعت واقعی نور، فیزیک دانان متوجه یک مسئله عجیب شدند. سرعت نور، قوانین دگرگونگی مکانیک کلاسیک را زیر پا میگذارد. البته این بنظر غیر ممکن میآمد، ولی آزمایش بعد از آزمایش بر عکس آنرا ثابت نمود. سرعت نور غیر منتظره ترین چیزی است که هرگز کشف شده است. دلیل آنهم اینست که این سرعت ثابت بوده و هرگز تغییر نمیکند.

ما میرسیم:

" خوب... نور همیشه با همان سرعت حرکت میکند. چه چیز این مطلب تا این حد عجیب و غیر منتظره است؟ "

یک فیزیکدان که متعلق به سال ۱۸۸۷ میلادی است جواب میدهد:

" شما مشکل را درک نمیکنید. مشکل در اینجاست که این سرعت قطع نظر از حرکت ناظر ، پیوسته همان ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است. "

ما میگوئیم:

" آیا این چیز بدی است؟ "

فیزیک دان جواب میدهد:

www.takbook.com

" بیشتر از بد... این غیر ممکن است. فرض کنید که که ما در نقطه ای ساکن ایستاده و در جائی جلوی ما یک چراغ قرار گرفته که آنهم کاملا ساکن است. این چراغ بتناوب خاموش و روشن شده و ما سرعت نوری را که از آن به مامیرسد ، اندازه گیری میکنیم. فکر میکنید که این سرعت چقدر باشد؟ "

جواب ما اینست:

" ۳۰۰۰۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه. این سرعت سیر نور است. "

فیزیک دان از اینکه ما را دستپاچه کرده خوشحال شده و میگوید:

" کاملا صحیح است. حالا فرض کنید که این منبع نود کماکان ثابت مانده ولی ما بسمت آن با سرعت ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه ، حرکت کنیم. حالا اگر سرعت نوری را که به ما میرسد ، اندازه بگیریم، چه رقمی بدست ما خواهد رسید؟ "

ما قدری محاسبه کرده و سپس جواب میدهیم:

" سرعت نور ۳۰۰۰۰۰ و سرعت ما ۱۵۰۰۰۰ کیومتر در ثانیه است، و به این ترتیب سرعت نوری را اندازه میگیریم، ۴۵۰۰۰۰ کیومتر در ثانیه خواهد بود. (این یک نمونه از دگرگونی کلاسیک میباشد. "

فیزیک دان با خوشحالی فریاد میزند:

" اشتباه میکنید. این همان چهزی است که من میخواستم بشما حالی کنم. سرعت نور کماکان ۳۰۰۰۰۰ کیلومیتر در ثانیه باقی خواهد ماند. "

ما میگوئیم:

" صبر کنید... چنین چیزی امکان ندارد. شما میگوئید که منبع نور و خود ما اگر ساکن باشیم، فوتون هائی که از منبع نور بسمت ما حرکت میکنند همان اندازه است که اگر ما با سرعت زیادی بسمت منبع نور حرکت کنیم؟ این با عقل سلیم جور در نمیآید. سرعت نور وقتی ما بسمت آن حرکت کنیم، بیشترخواهد شد. "

دوست ما میگوید:

" این درست است ولی چنین اتفاقی نخواهد افتاد. ما با هر سرعتی حرکت کنیم، سرعت نور همان اندزه باقی خواهد ماند. درست همین قضیه در مورد دور شدن از منبع نوری اتفاق خواهد افتاد. "

" قبول این مطلب خیلی سخت است. چیزی که شما میگوئید اینست که سرعت نور، بستگی به سرعت ناظر آن ندارد. "

" کاملا درست است. سرعت نور پیوسته همان ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه باقی خواهد ماند. "

" آیا شما شواهدی هم برای اثبات این ادعا دارید؟ "

" بدبختانه بله... دو فیزیکدان آمریکائی بنامهای آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی یک آزمایشی را انجام دادند که نشان میدهد قطع نظر از موقعیت و سرعت ناظر، سرعت نور همواره همان قدر خواهد ماند. "

سپس آهی میکشد و میگوید:

" این چیزی است که نباید اتفاق بیفتد. ولی بدبختانه اتفاق افتاده است. هنوز هم با عقل جور در نمیآید. "

مسائل ساکن بودن مطلق و ثابت بودن سرعت نور با هم در آزمایش مایکلسون – مورلی تداخل کرده و این آزمایشی مهم و پر نتیجه از کار در آمد. این قبیل آزمایشات زندگی یا مرگ یک تئوری را تعیین میکنند. یک تئوری به اسم ' تئوری اثیر ' (theory of the ether) توسط مایکلسون – مورلی تحت آزمایش قرار گرفت که سرنوشت آن معلوم شد.

به موجب این تئوری ، تمام جهان هستی و کائنات در یک ماده بیرنگ، بی بو و بدون مزه غرق شده که هیچ خاصیت بخصوصی نداشته و تنها دلیل وجود آن، اینست که امواج نور احتیاج به محیطی دارند که بتوانند در آن خود

www.takbook.com

را گسترش بدهند. برای نور بعنوان یک موج متحرک ، محیطی لازم است که در آن حرکت نماید. این محیط را آنها اثیر نامیدند.

به موجب این تئوری . اثیر همه جا و در همه چیز وجود دارد. ما در اقیانوسی از اثیر اندگی کرده و آزمایش خود را انجام میدهیم. برای اثیر سخت ترین اجسام، کاملا متخلخل بوده و هیچ راهی وجود ندارد که بتوان آنرا محدود یا زندانی کرد. هرچند که ما در قعر این دریا حرکت میکنیم، خود اثیر از جایش تکان نمیخورد. اثیر بطور مطلق ساکن است.

به این ترتیب نه تنها محیط مناسبی برای گسترش امواج نور فراهم میشود بلکه مشکل قدیمی ساکن بودن مطلق نیز بطرز معجزه آسائی حل میگردد. حال که یک چیز مطلقا ساکن پیدا شده ،محورهای مختصات داوری که هیچ جای ساکن برای آنها پیدا نمیشد، حالا مکان خوبی پیدا کرده و تمام قوانین مکانیک کلاسیک، ارزش زیادی پیدا کرد.

یافته های مایکلسون – مورلی یک حُکم مرگ ، برای این تئوری بود. بهمین اندازه مهم، این یافته ها راه را بسمت شالوده ریاضی تئوری انقلابی اینشتاین، هموار نمود

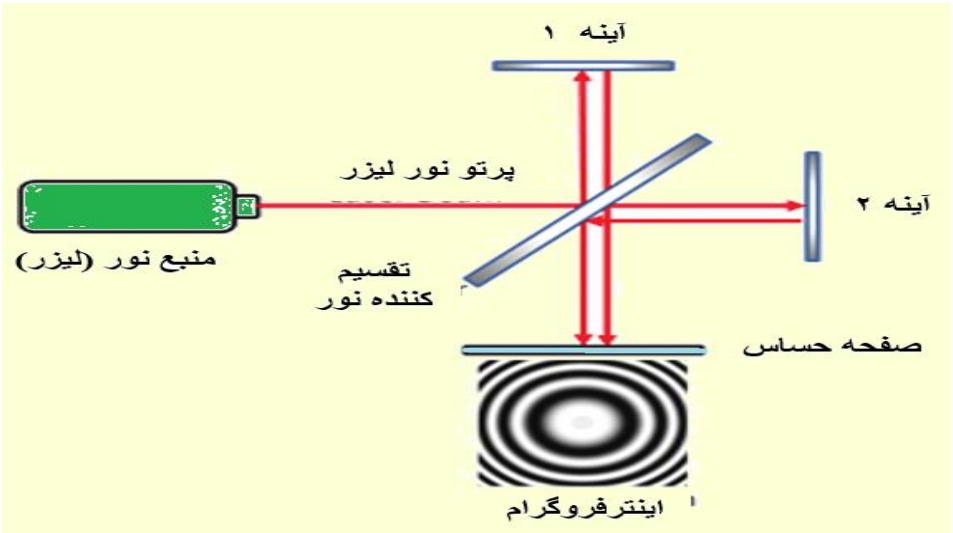
ایده آزمایش تجربی مایکلسون – مورلی این بود که حرکت کره زمین را در دریائی از اثیر، مطالعه کنند. مسئله این بود که چگونه میتوان چنین آزمایشی را انجام داد. دو کشتی در روی دریا میتوانند حرکت خود را نسبت به یکدیگر ، محاسبه نمایند ولی اگر فقط یک کشتی در یک دریای آرام به پیش برود ، هیچ مبنای رفرنسی ندارد که پیشرفت خود را اندازه گیری نماید. تنها کاری که دریانوردان با تجربه انجام میدادند این بود که یک تکه چوب بدریا انداخته و حرکت کشتی خود را بر آن مبنا تنظیم میکردند. مایکلسون و مورلی هم همین کار را انجام داده فقط اینکه بعوض یک تکه چوب ، آنها در دریای اثیر ، یک پرتو نور، انداختند.

آزمایش آنها در اصل ساده و نبوغ آسا بود. آنها چنین اظهار میکردند که اگر زمین حرکت کرده و دریای اثیر ساکن است، در چنین صورتی، حرکت زمین در این دریا بایستی ایجاد تلاطم (یا باد) بکند. بنابراین یک پرتو نور که بر خلاف جهت این باد حرکت دارد، میبایستی دارای سرعت کمتری از یک پرتو نوری باشد که هم جهت با آن باد حرکت میکند. این اساس آزمایش مایکلسون – مورلی میباشد.

هر خلبانی میداند که اگر در جهت خلاف باد پرواز نماید، زمان بیشتری طول خواهد کشید که مسیر مشخصی را طی نماید. بهمین نسبت اگر تئوری دریای اثیر ، صحیح باشد، سرعت های یک پرتو نور در جهت و در خلاف جهت باد اثیر ، با یکدیگر متفاوت خواهد بود.

برای اندازه گیری تفاوت این دو سرعت . مایکلسون و مورلی وسیله ای ساختند که به آن ' اینترفرومتر ' گفته میشود. این وسیله طرح شده که پدیده تداخل را که توسط دو پرتو نور وقتی بیک مقصد مشترک وارد میشوند، اندازه گیری کند.

یک منبع نور (لیزر) یک پرتو نور را بسمت یک آینه که فقط با نیمی از نقره پوشیده شده و بنام تقسیم کننده پرتو خوانده میشود، میفرستد. پرتو نور اولیه توسط تقسیم کننده به دو قسمت تقسیم شده که هر کدام از آنها مسیری با



www.takbook.com

فاصله یکسان ولی عمود بر یکدیگر را طی میکنند. (آینه ۱ و آینه ۲) . در مسیر برگشت، این دو پرتو نور بار دیگر با هم تجمع و تداخل پیدا کرده و وارد یک دستگاه اندازه گیری میشوند که پدیده تداخل در آن ثبت شده که بنام اینترفروگرام نامیده میشود. کوچکترین تفاوت بین سرعت دو پرتو نور ، در اینجا نمایش داده شده و اندازه گیری میشود.

وقتی این آزمایش انجام شد، کوچکترین تفاوتی در سرعت بین دو پرتو نور بچشم نخورد. دستگاه اینترفرومتر را این بار به اندازه ۹۰ درجه چرخانده پرتو نور که در جهت عکس باد اثیر بود، هم جهت با آن باشد. باز هم کوچکترین نشانه ای از تغییر سرعت سیر نور، مشاهده نشد.

به این ترتیب آزمایش مایکلسون - مورلی موفق نشد که وجود اثیر را ثابت نماید. مگر اینکه توضیحی در باره این یافته ها بدست میآمد، دنیای فیزیک فقط دو چاره داشت. یکی اینکه قبول شود که کره زمین بطور مطلق ساکن است که در اینصورت کُپرنیک در اشتباه بوده است، یا اینکه چیزی به اسم اثیر وجود ندارد. هیچکدام از این دو مورد قبول واقع نمیشد.

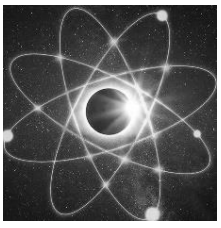
مایکلسون و مورلی فکر کردند که شاید کره زمین یک لایه از اثیر در اطراف خود داشته و وقتی حرکت میکند، درست مانند اتمسفر خود، آنرابا خود از فضا رد میکند. به این تریب وقتی خیلی به سطح زمین نزدیک بشویم، باد اثیری ، قابل تشخیص نخواهد بود. هیچ کس عقیده بهتری نداشت تا اینکه یک مرد ایرلندی بنام جرج فیتز جرالد یک پیشنهاد ظالمانه و زننده ای را در سال (۱۸۹۲) مطرح نمود.

فیتزجرالد نقطه نظرهای خود را چنین مطرح نمود که شاید فشار باد اثیر اجسام را میفشرد همانطر که اجسام با قابلیت انعطاف وقتی داخل آب حرکت میکنند، در جهت حرکت، کوچکتر میشوند. اگر این درست باشد، دسته دستگاه اینترفرومتر که در جهت باد اثیر میباشد، قدری کوتاهتر از دسته ایست که بسمت اثیر متوجه نیست. به این جهت کاهش سرعت نوری که وارد باد اثیر میشود، بخاطر کوتاه تر شدن دسته دستگاه آزمایش، قابل مشاهده نیست. این امکان نیز بوجود میآید که هردو دسته پرتو نور همزمان با هم به وسیله اندازه گیری برسند.

نظریه فیتزجرالد نسبت به بقیه یک امتیاز بزرگ داشت. امکان نداشت که بتوان نظریه او را منتفی اعلام نمود. ولی مشکل در اینست که اگر ما بخواهیم طول یک جسم را که با سرعت زیاد در حرکت میباشد، اندازه گیری کنیم، در درجه اول بایستی خود را به جسم برسانیم. وقتی این کار را انجام دادیم، به موجب تئوری، همان وسیله اندازه گیری که میتواند یک خط کش باشد هم کوتاه تر میشود. اگر جسم در حال سکون ۲۰ سانتیمتر طول داشته باشد، در سرعت های زیاد هم وقتی با خط کش اندزه گیری شود، عدد بیست سانتیمتر را به ما میدهد. با چشم هم کوچک شدن جسم را نمیتوانیم تشخیص بدهیم چون عدسی های چشمان خود ما هم در سرعتهای زیاد، کوچکتر خواهد شد.

یک سال بعد یک فیزیک دان هلندی بنام هندریک آنتون لورنتز وقتی روی یک مسئله دیگر کار میکرد، مستقلا به همین نظریه فتیزجرالد رسید. لورنتز اکتشاف خود را با زبان ریاضیات ، عرضه نمود. این باعث شد که نظریه فتیزجرالد اهمیت پیدا کند و تا حدی مورد قبول بقیه دانشمندان قرار بگیرد. مطالب ریاضی لورنتز برای توجیه نظریه فتیزجرالد ، به اسم دگرگونی لورنتز مشهور گردید.

حالا دیگر صحنه آماده شده و تمام اشکال و تصاویر در جای خود قرار گرفته بود. عدم موفقیت در یافتن اثیر، آزمایش مایکلسون – مورلی، ثابت بودن سرعت سیر نور، و دگرگونی لورنتز . این حقایقی بودند که هنوز باعث سردرگمی فیزیک دانان میشد. همه فیزیک دانان بجز یک نفر. این استثنا کسی جز آلبرت اینشتاین نبود. وقتی او به این صحنه نمایش نگاه کرد، ذهن مبتدی او چیزی را مشاهده نمود که تئوری خاص نسبیت نام گرفته است.



www.takbook.com

فصل هفتم : تئوری نسبیت خاص

اولین اقدام کاری اینشتاین بعد از بررسی حقایق ، کاملا معادل این بود که بگوید:

" ولی امپراتور هیچ لباسی بتن ندارد. "

اما چیزی که او گفت این بود:

" اثیر وجود ندارد. "

اولین پیام تئوری خاص نسبیت این بود که از آنجائیکه اثیر قابل تشخیص نبوده و در واقع چیز بیهوده ای است ، دلیلی وجود ندارد که بدنبال پیدا کردن آن برویم. هر گونه تلاشی برای اثبات وجود آن، با شکست مواجه شده بود. چیز بیهوده ای است چون گسترش نور میتواند وضعیتی شبیه گسترش انرژی در خلاء به موجب معادله ماکسول باشد اینشتاین قبل از آن در مورد معادله ماکسول، نظر خود را ابراز نموده بود. ماکسول کاشف میدان الکترو مگنتیک بود. اینشتاین نوشت:

" میدان های الکترومگنتیک حالت های یک محیط (اثیر) نیستند و وابستگی به هیچ محیطی ندارند. آنها حقایق مستقلی هستند که بهیچ چیز دیگر تبدیل نمیشوند. "

این مطلب بوسیله فیزیک دانانی که قادر به یافتن اثیر نشده بودند. تایید و از آن استقبال شد.

با این اظهار عقیده، اینشتاین تاریخچه درخشان مکانیک را بیکباره از بین برد که در آن وقایع فیزیکی به چیزها نسبت داده میشد. مکانیک کلاسیک داستان اشیاء و نیروهای بین آنها میباشد. بریدن از یک رسم سیصد ساله کار متهورانه ای بود . در سالهای نخست ۱۹۰۰ میلادی، کسی مخالفتی با این فرض که میدانهای الکترو ماگنتیک هیچ رابطه ای با حالت های محیط اثیری ندارند، پذیرفته شده و بخودی خود واقعیت های مطلق محسوب میشوند. به این دلیل نظیر کوآنتوم مکانیک هیچ چیز تصوری در باره تئوری های فیزیکی وجود ندارد.

هردو تئوری نسبیت و کوآنتوم ، نوید دور شدن از تجربه ای را دادند که تئوری فیزیکی تا آن موقع ، بدست میداد. حقیقت اینست که این روند هنوز ادامه دارد. فقط آینده میتواند به ما بگوید که آیا این روند قابل برگشت میباشد یا نه.

دومین قربانی اینشتاین، قضیه ساکن بودن مطلق بود. چرا در میان تمام محور های مختصات گوناگون ، یکی را انتخاب کرده و بگوئیم که این یکی ساکن مطلق میباشد. این کار شاید از نقطه نظر تئوری کاری پسندیده باشد، ولی از آنجائیکه این چهارچوب مختصات در تجربه ما جائی ندارد ، قهرا میبایستی بدست فراموشی سپرده شود.

اینشتاین با یک ضربه دو اصل فیزیکی و فلسفی را از بین برده و راه جدیدی برای تصور واقعیت گشود. بدون اثیر و بدون نظریه حرکت مطلق، وضعیت تا حد زیادی، از سردرگمی و ابهام ، بیرون آمد.

قدم بعدی اینشتاین رودر روئی با معمائی بود که از طریق آزمایش مایکلسون - مورلی ایجاد شده بود که در آن سرعت سیر نور، عدد ثابتی بدست میآمد. چگونه سرعت سیر نور بدون توجه به وضعیت ناظر، پیوسته سیصد هزار کیومتر در ثانیه است؟

www.takbook.com

در یک اقدام نبوغ آسا، اینشتاین این معما را بصورت یک مبنا قرار داد. بجای اینکه علم مخالفت را با آن بلند کند، آنرا همانطور که بود قبول کرده و نتایج آزمایشات تجربی را معتبر خواند. این کار شروع یک سلسله فرآیند های منطقی بود که حل مشکل سرعت ثابت نور فقط اولین آنها بود.

این معما ، مایه بوجود آمدن اصل ثابت بودن سرعت سیر نور گردید که سنگ اول بنای تئوری نسبیت گردید.

از دید مکانیک کلاسیک، اصل ثابت بودن سرعت نور، با عقل سلیم جور در نمیآید. این فقط یک ذهن مبتدی مانند اینشتاین بود که قبول کند که آن همان چیزی است که هست. به این ترتیب، عقل سلیم در اشتباه میباشد.

سنگ دوم این بنا اصل نسبیت میباشد. از آنجائیکه اینشتاین اصل بهتری از اصل نسبیت گالیله نداشت، او آنرا از گالیله بقرض گرفت و البته ابتدا آنرا به روز کرد.

به موجب این اصل ، قوانین مکانیک که در یک سیستم محورهای مختصات دارای ارزش هستند، در تمام محور های مختصات که بدون رفتن به چپ و راست حرکت میکنند، نیز معتبر است. بعبارت دیگر امکان ندارد که که ما بتوانیم با انجام آزمایشاتی شامل قوانین مکانیک مشخص کنیم که در رابطه با سایر محور های مختصات، محورهای مختصات ما ساکن یا در حال حرکت است.

اینشتاین اصل نسبیت گالیله را گسترش داده که نه فقط قانون مکانیک کلاسیک بلکه تمام قوانین فیزیک را در بر بگیرد. بخصوص او قوانین مربوط به تشعشع الکترومگنتیک را هم اضافه کرد که در زمان گالیله ، چیز شناخته شده ای نبود.

اصل به روز شده نسبیت اینشتاین چنین است که تمام قوانین طبیعی دقیقا در تمام چهار چوبهای داوری که با سرعت یکنواختی نسبت بهم حرکت میکنند، با هم متشابه خواهند بود. به این ترتیب هیچ راهی وجود ندارد که حرکت مطلق، یا سکون مطلق را تشخیص داد.

بطور خلاصه دو سنگ شالوده تئوری نسبیت ، اصل ثابت بودن سرعت سیر نور و اصل نسبیت گالیله میباشد. بطور اخص تئوری خاص نسبیت بر اساس این دو فرضیه، بنا شده است:

(۱) سرعت نور در خلاء برای تمام ناظران و چهارچوبهای داوری که با سرعت یکنواخت حرکت میکنند ، یکسان است.

(۲) تمام قوانین طبیعت برای تمام چهارچوبهای داوری که با سرعت یکنواخت حرکت دارند، یکسان میباشد.

از این دو نظریه ، اولی که اصل ثابت بودن سرعت نور است ، باعث بروز مشکلات زیادی شد. به موجب قوانین دگرگونگی کلاسیک، و عقل سلیم، سرعت سیر نور همان سرعتی است که از منبع نور شروع شده به اضافه (یا کمتر از) سرعت ناظر که بستگی به این پیدا میکند که بسمت منبع نور آمده یا از آن دور می شود. آزمایش نشان میدهد که سرعت نور در هر دو حالت فوق، ثابت میماند. این پدیده کاملا با عقل سلیم، در تضاد است.

عقل مبتدی اینشتاین به او گفت که از آنجائیکه ما نمیتوانیم با یافته های تجربی مخالفت نمائیم، عقل سلیم ما میبایستی در اشتباه باشد. اینشتاین با در نظر گرفتن همه جوانب، پا به یک دنیای ناشناخته و تصور ناپذیر گذاشت . جائیکه هیچ کس قبل از او وارد آن نشده بود.

چگونه ممکن است که سرعت سیر نور تحت هر شرایطی بطور مطلق ، ثابت بماند؟ برای اندازه گیری سرعت ما احتیاج به ساعت و یک خط کش داریم. اگر سرعت نور توسط دو ناظر که یکی ساکن و دیگری در حال حرکت باشد، همان مقدار اندازه گیری شود، تنها راهی که باقی میماند اینست که وسائل اندازه گیری برای ناظر متحرک، تغییر یافته و در نتیجه همان سرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه را نشان میدهد.

بسته به سرعت ناظر متحرک، ساعت و خط کش اندازه گیری او دیگر همان اندازه های قبل از حرکت را نداشته و با بالا رفتن سرعت، این تفاوت بیشتر میشود. به این ترتیب هر دو ناظران سرعت نور را همان اندازه بدست میآورند.

این خیلی شبیه آزمایش مایکلسون – مورلی است. فیتز جرالد و لورنتز اینطور فکر میکدند که دسته فلزی این وسیله آزمایش که در معرض باد اثیر قرار گرفته، تغییر شکل داده و کوتاهتر میشود. ولی بر حسب نظریه اینشتاین، این

www.takbook.com

تغییر اندازه هیچ ارتباطی با اثیر نداشته و صرفا خود حرکت است که باعث کوتاه تر شدن وسیله اندازه گیری میشود. البته هر کدام از ناظران، هیچگونه تغییری در ابعاد وسائل اندازه گیری خود مشاهده نخواهند کرد.

تمام این ها ، میوه های فرضیه اولیه اینشتاین میباشد. اول اینکه یک شیی متحرک، اندازه های آن در جهت حرکت، کوچکتر شده و با ازدیاد سرعت، این کاهش بیشر میشود تا با رسیدن به سرعت نور، بطور کامل ناپدید میگردد.

دوم اینکه یک ساعت در سرعت های بالا ،ُکند شده و با بالا رفتن سرعت این کُندی بیشتر میگردد تا اینکه در سرعت نور، بکلی متوقف خواهد شد.

البته این تاثیرات صرفا از دید یک ناظر ساکن قابل دیدن است. ناظری که بهمراه ساعت و خطکش حرکت میکند، هیچ تغییری در آنها نمیبیند. برای اینکه این پدیده بهتر جا بیفتد، اینشتاین دو کلمه ' نسبی ' و ' مناسب ' را ابداع نمود. وقتی ما خود ساکن بوده و خطکش و ساعت هم مانند ما ساکن باشد، میگوئیم که خطکش طول مناسب و ساعت زمان مناسب دارد. این دو همیشه بنظر عادی و معمولی میرسند.

حالا اگر ما خود ساکن بوده و خطکش و ساعت را ببینیم که با سرعت زیادی حرکت میکنند. در این حال ، خط کش یک طول نسبی و ساعت یک زمان نسبی خواهد داشت. طول نسبی همواره از طول مناسب کوتاهتر بوده و زمان نسبی پیوسته از زمان مناسب کُندتر خواهد بود.

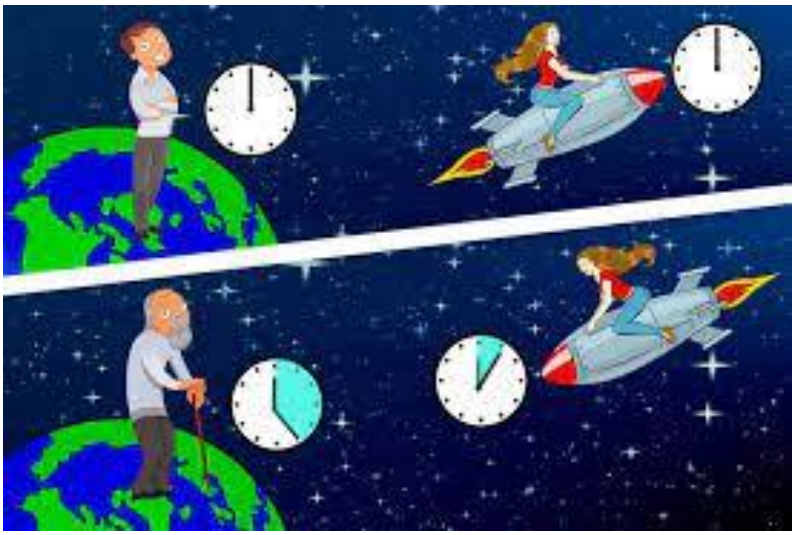
زمانی که شما در روی ساعت مچی خود مشاهده میکنید، زمان مناسب شماست زمانی را که در روی ساعت شخصی که از کنار شما با سرعت عبور میکند، زمان نسبی است. چوبدستی شخص متحرک، یک طول نسبی داشته و بنظر شما کوتاه تر میآید. ولی بنظر شخص متحرک، کوچکترین تغییری در اندازه این چوبدستی حاصل نشده است.

حالا فرض کنید که ما سوار بر یک سفینه فضائی شده و بسمت فضای بیکران در حال حرکت هستیم. ما چنین ترتیب داده ایم که هر پانزده دقیقه یکبار دگمه ای را فشار داده و علامتی به زمین بفرستیم. در حالیکه سرعت ما بیشتر و بیشتر میشود، همکاران ما در کره زمین توجه پیدا میکنند که بجای هر پانزده دقیقه ، علامت ما هر هفده دقیقه بزمین میرسد. کمی بعد فاصله دو علامت بیست و پنج دقیقه شده و بعد از چند روز ازدیاد سرعت این فاصله زمانی هر دو روز یکبار بزمین میرسد. چون سرعت ما بطور دائم در حال افزایش است بالاخره وقتی فرا میرسد که فاصله زمانی بین دو علامت ، به چندین سال بالغ میگردد. این افزایش زمان ادامه پیدا میکند و فاصله بین دو علامت محتاج زمانی بیشتر که شامل چندین نسل انسان در زمین است، میباشد.

در اینحال ، ما که در سفینه فضائی راحت و آسوده نشسته ایم، از بدبختی که بسر همکاران زمینی ما آمده و از دنیا رفته اند، نداریم. تاجائیکه به ما مربوط میشود ، همه چیز بهمان صورتی که قرار شده بود، انجام گرفته است. هرچند که شاید از اینکه بایستی هر پانزده دقیقه دگمه علامت را فشار بدهیم، حوصله ما سر رفته است. وقتی بزمین باز میگردیم، به موجب زمان زمین، قرنها از خروج ما از زمین گذشته است. این زمان نسبی زمینی ها است. دقیقا چه زمانی سپری شده، بستگی به این پیدا میکند که ما با چه سرعتی حرکت کرده ایم.

این صحنه ای از یک فیلم تخیلی نیست. این یک پدیده مالوف در میان فیزیک دانها بوده که آنرا ' پارادوکس دوقلو' تئوری خاص نسبیت (Twin Paradox of the special theory of relativity) نام نهاده اند.

www.takbook.com



در تصویر بالا ، دختر و پسر جوانی که خواهر و برادر دو قلو هستند، برای پنج دقیقه طبق ساعت دختر که سوار بر سفینه فضائی است ، از هم جدا میشوند. در راس پنج دقیقه ، دختر بزمین باز میگردد و بعوض برادر جوان و هم سن وسال خودش، پیرمردی را با عصا در انتظار خود خود میبابد.

در این پارادوکس، یکی از دو قلو ها ، در زمین باقی مانده و دیگری که سوار بر سفینه فضائی بوده، در بازگشت ، سالها از برادر دوقلوی خود جوانتر خواهد بود.

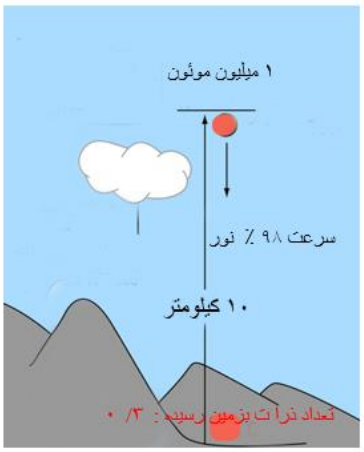
مثالهای فراوانی از زمان مناسب و زمان نسبی ، وجود دارد. صحت تئوری اینشتاین بارها و بارها آزمایش شده و هر بار دقت و صحت این تئوری به اثبات رسیده است.

بدیهی ترین اثبات قضیه انبساط زمان از مطالعه در باره فیزیک ذرات با انرژی ، حاصل میگردد. یک ذره بسیار سبک ابتدائی بنام 'موئون' در بالاترین قسمت اتمسفر زمین از تصادم پروتون که یک شکل از اشعه کیهانی میباشد با مولکول های هوا ، ایجاد میگردد. ما از آزمایش موئون در شتاب دهنده هائی که در زمین داریم، به این نتیجه رسیده ایم که این ذره عمر بسیار کوتاهی دارد (۱.۵۶ میکرو ثانیه طول نیمه عمر) . این طول عمر کم ، به آنها اجازه نمیدهد که از بالای اتمسفر خود را به سطح زمین برسانند. قبل از اینکه آنها بتوانند یک فاصله چند کیلومتری را طی کنند، آنها خود بخود به ذره دیگری تبدیل میشوند. به این ترتیب ما انتظار نداریم که آنها را در سطح زمین پیدا کنیم. ولی این فرض درست نبوده و آنها در سطح زمین بوفور یافت میشوند.

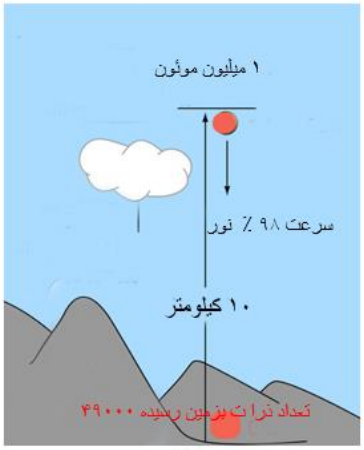
حال چرا موئون هائی که توسط اشعه کیهانی تولید میشود ، طول عمر بیشتری نسبت به ذرات مشابه که در زمین تشکیل شده، دارا هستند ؟ در حقیقت آنها هفت بار بیشتر عمر میکنند. جواب این سؤآل در این حقیقت نهفته است که موئون هائی که توسط اشعه کیهانی در بالای اتمسفر تولید میگردند، با سرعت بسیار زیادتری از موئون های تولید شده در زمین، حرکت میکنند. سرعت آنها به ٪۹۸ سرعت نور میرسد. در چنین سرعتی، پدیده انبساط زمان اتفاق میافتد. عمر آنها از دید خودشان ، بیشتر از عمر ذرات زمینی نیست ، ولی از دید ما، آنها هفت بار بیشتر از ذرات زمینی که دارای سرعت کمی هستند ، عمر میکنند.

www.takbook.com

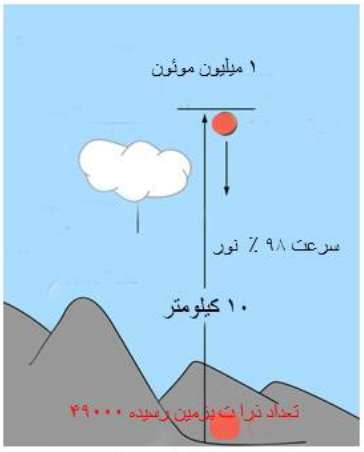
نیمه عمر ذره = ۱.۵۶ میکرو ثانیه



عدم نسبیت



نسبیت - ناظر زمینی



نسبیت – ناظر موئون

این قضیه فقط در مورد موئون صدق نمیکند بلکه تقریبا تمام ذرات فرو اتمی را شامل میشود. بعنوان مثال یکی دیگر از این ذرات که بنام پایون خوانده میشود با سرعتی نزدیک هشتاد در صد سرعت نور حرکت کرده بطور متوسط ۱۶۷ بار بیشتر از این ذره در حال سکون، عمر میکند. تئوری نسبیت خاص به ما میگوید که حقیقتا در سرعت های بالا عمر این ذره زیاد نشده ولی زمان نسبی آنها ، کندتر میگردد. این تئوری توانائی محاسبه این پدیده ها خیلی قبل از اینکه ما این قابلیت فنی را پیدا کنیم که آنها را مستقیما اندازه بگیریم، در اختیار ما قرار داده بود.

در سال ۱۹۷۲ چهار ساعت اتمی با دقت خارق العاده ای در یک هواپیما که بدور زمین گردش میکرد، قرار داده شد. در آخر این مسافرت، وقتی این ساعتها به مبدا باز گردانده شد، تمام آنها مختصری نسبت به ساعتهائی که در آن مدت در زمین نگاهداری شده بود، عقب افتاده بودند. پس بار دیگر که شما پرواز میکنید، بیاد داشته باشید که ساعت مچی شما خیلی مختصر آهسته تر شده و وزن شما هم خیلی کم افزایش پیدا کرده است. اگر روبروی اطاق خلبان بایستید، لاغر تر ازقبل خواهید بود.

به موجب تئوری خاص نسبیت، یک جسم متحرک وقتی سرعتش بیشتر شود، بنظر میرسد که در جهت حرکت، اندازه آن کمتر میشود. جیمز ترل فیزیک دان بکمک ریاضیات نشان داد که این پدیده مانند یک دیدنی واهی بوده و شبیه تصویر دنیای واقعی در روی دیوار غار افلاطون میباشد.

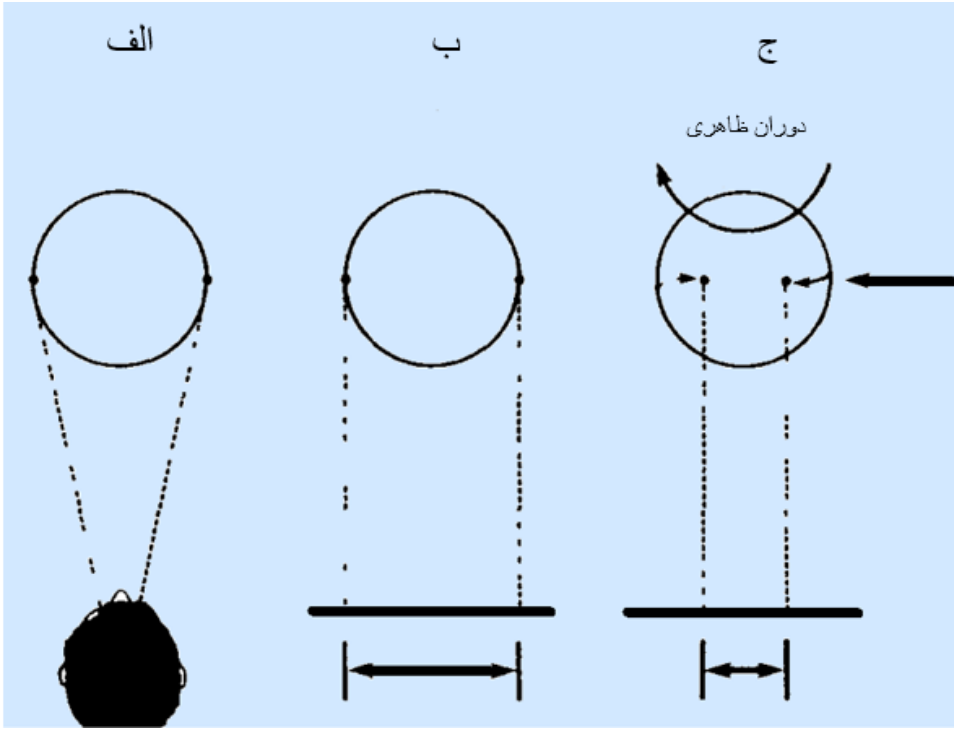
www.takbook.com

غار مشهورافلاطون یک گروه از افراد را شرح میدهد که در داخل یک غار بزنجیر کشیده شده و تنها چیزی که میتوانند ببینند سایه هائیست که رویدیوار غار ، میافتد. برای این افراد، دنیا همان سایه هائی است که در روی دیوار ظاهر میشود. یک روز یکی از آنها بر حسب اتفاق ، از غار خارج شده و وارد دنیائی میشود که از وجود آن بیخبر مانده بود. در ابتدا ، نور خورشید چشمان او را کور کرده ولی وقتی چشمش به نور روز عادت میکند، او در مییابد که این دنیای واقعی است، نه سایه هائی که روی دیوار غار ، ظاهر میشد. دنیائی که او قبلا تصور میکرد دنیای واقعی است، در حقیقت تصویر دنیای واقعی در روی دیوار بود. بدبختانه وقتی او به داخل غار نزد کسانی که در آنجا بزنجیر کشیده شده بودند ، مراجعت کرد، آنها فکر کردند که این مرد دیوانه شده است.

در شکل زیر در قسمت (الف) یک نمائی از بالای سر ما و بالای یک کُره را نشان میدهد. خطوط نقطه چین چشمان ما را با دو نقطه در دو طرف کره ، مربوط میکند. اگر ما به اندازه کافی از کُره دور شویم، فاصله بین این دو نقطه تقریبا معادل قطر کره خواهد شد. شکل (الف) اینطور ترسیم شده که انگار هنرمند نقاش از بالا به بالای سر ما ، چشمان ما و کره نگاه کرده است.

اولین گام در ' توضیح ترل ' اینست که خطوطی ترسیم کنیم که از دو نقطه تماس روی کره (عمود بر صفحه کاغذ) در روی صفحه ای که مستقیما زیر کره قرار گرفته است. شکل (ب) نمای از پهلوی کره را نشان داده و خطوطی را که ما روی صفحه تصویر کرده ایم (اگر شما این کتاب را مستقیما جلوی خود نگاهدارید، چشمان شما در همان موقعیت به نسبت خط چین های شکل (الف) که چشم شما شروع شده است، قرار خواهد گرفت) .

برای درک ' توضیح ترل ' ، فرض کنید که این گوی با سرعتی خیلی زیاد از سمت راست به چپ حرکت میکند. اگر این کره به اندازه کافی با سرعت حرکت کند، یک اتفاق بسیار جالب ، رخ خواهد داد. بعنوان مثال قبل از اینکه نور از سمت چپ لبه گوی به ما برسد، گوی به جلوی آن خواهد آمد و آنرا از چشم ما مخفی نگاه خواهد داشت. عکس این واقعه در سمت راست اتفاق خواهد افتاد. کره بسرعت خود را از بین ما و نوری که از نقطه ای سرچشمه میگیرد که در پشت کره قرار داشت ، خارج میسازد . این نورها حالا به چشم ما میرسند، در حالیکه نورهائی که از جلوی گوی سر چشمه گرفته ، توسط خود گوی مسدود شده و بچشم نمیرسد ، چون کره بسمت چپ حرکت میکند. به این ترتیب، یک تصویر واهی بوجود میآید. چیزی که بچشم ما خواهد رسید درست مثل اینستکه کسی این گوی را حول محور خود به گردش در آورده باشد (شکل ج) .



www.takbook.com

توجه کنید که چه اتفاقی برای فاصله بین دو نقطه ای که روی صفحه تصویر شده ، بروز میکند. این فاصله بمراتب کوچکتر از وقتی است که ما آزمایش خود را شروع کردیم. معادلات موجود در تئوری خاص نسبیت که کوتاه تر شدن اجسام را در سرعت های زیاد ، نشان میدهد، این تصاویر را توجیه میکند (آیا این شبیه داستان غار افلاطون نیست؟) .

این حقیقت که این گوی بخاطر سرعت زیاد ، خود در مسیر نور خودش قرار میگیرد ، باعث میشود که اینطور بنظر برسد که این کره، بدور خودش میچرخد. همین باعث میشود که فاصله هر دو نقطه در روی کره که در جهت مسیر حرکت قرار میگیرند، کوتاهتر بنظر میرسد. هر چه سرعت گوی بیشتر شود، سرعت چرخش ظاهری آن بیشتر شده و دو نقطه ای که روی صفحه تصویر شده بودند، بهم نزدیکتر میشوند.

تا کنون هیچ توضیحی در باره کند شدن حرکت ساعت و یا زیاد شدن وزن در سرعت های زیاد، داده نشده ولی این مطالب هنوز کاملا جدید بوده ، فعالیت های زیادی برای توضیح این پدیده ها ، در جریان است.

* * * * *

تئوری خاص نسبیت نشان میدهد که وزن یک جسم متحرک با بالارفتن سرعت، بیشتر میشود. اگر نیوتون این را میشنید بدون تردید آنرا مهمل و چرند تلقی میکرد. ولی خوب ، نیوتون در آن موقع با سرعتهای پائین سر و کار داشت که در مقابل سرعت نور، کاملا ناچیز هستند.

فیزیک کلاسیک به ما میگوید که برای بالا بردن سرعت یک جسم، بعنوان مثال برای رساندن سرعت یک متر در ثانیه ، مقدار مشخصی نیرولازم میباشد. به این ترتیب اگر بخواهیم سرعت این جسم را به یک متر در ثانیه برسانیم، تمام کاری که بایستی انجام بدهیم اینست که این مقدار انرژی را به جسم اعمال نمائیم. اگر سرعت جسم در ابتدا یکصد متر در ثانیه بوده، اعمال این مقدار انرژی، سرعت آنرا به ۱۰۱ متر در ثانیه افزایش خواهد داد. به موجب فیزیک نیوتون، همین مقدار انرژی لازم است که سرعت این جسم را از ۸۰۰ متر در ثانیه به ۸۰۱ یک متر در ثانیه برساند.

مشکل در اینست که فیزیک نیوتون در این مورد ، در اشتباه بوده است. برای اینکه مقدار کاملا زیاد تری انرژی لازم است که سرعت یک جسم متحرک را از ۸۰۰ متر در ثانیه به ۸۰۱ متر در ثانیه رساند ، در مقایسه با ازدیاد سرعت همین جسم از ۱۰۰ متر در ثانیه به ۱۰۱ یک متر در ثانیه .

این بخاطر اینست که اجسام با سرعت بیشتر، دارای انرژی جنبشی بالاتری هستند. این انرژی بالاتر باعث میشود که این جسم طوری عمل کند که انگار وزن بیشتری پیدا کرده است.

وقتی ذرات در سرعتهائی بالاتر از سرعت نور حرکت میکنند، انرژی کینتیک بالای آنها باعث میشود که آنها طوری رفتار کنند ، که انگار وزن بیشتری در مقایسه با سرعتهای پائین دارند. در حقیقت، تئوری خاص نسبیت نشان میدهد که وزن مؤثر یک جسم متحرک ، با ازدیاد سرعت، بیشتر میشود.

از آنجائیکه تمام ذرات فرو اتمی با سرعتهای مختلفی حرکت میکنند، هر کدام از آنها میتواند اوزان نسبی مختلفی داشته باشد. به این دلیل است که دانشمندان وزن این ذره ها را در حالت سکون محاسبه میکنند. البته بایستی توجه داشت که ذرات فرو اتمی هرگز در حالت سکون قرار نمیگیرند. ولی این محاسبات ، راهی بدست میدهد که این ذرات را با یکدیگر مقایسه کنیم. این یک روش لازمی است چون وقتی سرعت یک ذره به سرعت نور نزدیک میشود، وزن نسبی آن بستگی به سرعت ذره ، پیدا میکند.

کشف اینشتاین که ساعت های متحرک بر حسب سرعت ، ریتم محاسبه زمان را تغییر میدهند، باعث شد که نگاه ما به دنیا عوض شود. این تئوری نشان میدهد که زمان مطلق در جهان هستی ، وجود ندارد. فقط زمان ' مناسب ' برای هر ناظری وجود دارد که برای هر کدام از آنها، متفاوت است. مگر اینکه دو نفراز آنها نسبت به یکدیگر در حال سکون باشند. اگر کائنات دارای ضربان قلب باشد، سرعت ضربان بستگی به کسی دارد که صدای این ضربان را میشنود.

www.takbook.com

تئوری خاص نسبیت نشان میدهد که دو واقعه که در یک زمان در یک چهار چوب مختصات ، اتفاق میافتد، وقتی از دید چهار چوب دیگری مشاهده شود ، ممکن است زمان وقوع آن فرق داشته باشد. برای نشان دادن این مطلب، اینشتاین آزمایش فکری مشهور خود را ارائه داد.

این قبیل آزمایشات ، آزمایشات فکری نام گرفته اند. حسن این آزمایشات اینست که احتیاج به دستگاه های عریض و طویل نداشته و فقط از فکر استفاده میکند. خیلی از فیزیکدانان این قبیل آزمایشات را بعنوان آزمایش مورد قبول، دسته بندی کرده اند.

حال فرض کنید که ما در یک اطاق متحرک قرار داریم. این اطاق با یک سرعت یکجور حرکت میکند (به چپ و راست منحرف نمیشود). درست در وسط اطاق یک منبع نور قرار داده شده که در فواصل منظمی، خاموش و روشن میشود. این اطاق از شیشه درست شده و به این ترتیب یک ناظر از خارج، میتواند داخل اطاق را ببیند.

درست در موقعی که این اطاق از کنار ناظر خارجی عبور میکند، این منبع نور روشن و خاموش میشود. سؤال در اینست که آیا آنچه در داخل اطاق، بنظر ما میرسد ، همانست که یک ناظر در خارج از اطاق میبیند؟ جواب این سؤال اینست که این دو تصویر با یکدیگر تفاوت دارند.

در داخل اطاق، ما میبینیم که چراغ روشن و خاموش شده و در زمان روشنی، پرتو های نور در تمام جهات بطور یکنواخت پخش میگردد. چون دیوارهای اطاق در فاصله یکسان از منبع نور قرار دارند، ما میتوانیم ببینیم که نور همزمان به دیوار هائی که درجهت حرکت قرار گرفته اند، برخورد مینماید.

ناظری که در خارج اطاق ایستاده، نیز این روشن و خاموش شدن چراغ را مشاهده کرده و میبیند که نور در تمام جهات ، با سرعتی یکسان به دیوار ها برخورد میکند. هرچند که علاوه بر همه اینها، او اطاقی را میبیند که در حال حرکت است. از نقطه نظر او، دیوار روبروئی سعی میکند که از نور فرار کرده و دیوار پشتی بسمت نور، میشتابد. به این ترتیب، از دید ناظر خارجی ، نور سریعتر به دیوار پشتی رسیده و قدری بیشتر طول میکشد که به دیوارجلوئی برسد.

گرچه هردو ما همین دوواقعه را دیده ایم که نور به دیوار های اطاق چگونه برخورد میکند، داستانهای ما دو نفر با هم تفاوت کلی دارد. از دید ما که در داخل اطاق بوده ایم، این دو واقعه برخورد نور به دیوار جلوئی و دیوار پشتی ، همزمان صورت گرفته ولی از دید ناظر بیرون، این دو واقعه یکی پس از دیگری رخ داده است.

بینش انقلابی اینشتاین این بود که اتفاقاتی که برای یک ناظر همزمان با هم صورت میگیرد، برای یک ناظر دیگر ، ممکن است در زمانهای مختلف انجام گردد. یک ناظر کلمه ' همزمان ' را بکار میگیرد و ناظر دیگر از کلمات ' دیرتر ' و ' زودتر ' استفاده میکند. هرچند که در اصل ، هردو شاهد همان وقایع بوده اند.

بعبارت دیگر، این کلمات وابسته به موقعیت میباشند. اینها هیچ معنای خاصی در جهان هستی نداشته مگر آنکه وابسته به یک چهارچوب خاص مختصات ، بشوند. چیزی که در یک چهارچوب ' زودتر ' است، در یک چهار چوب دیگر ممکن است ' دیرتر ' بوده و در چهار چوب سومی ' همزمان ' باشد.

ریاضیاتی که چیزی را که یک ناظر در یک چهار چوب مشخص دیده است به چیزی که ناظر چهارچوب دیگری دیده ترجمه میکند ، دگرگونی (transformation) لورنتز نامیده شده و در حقیقت یک سلسله معادلات ریاضی میباشد.

هیچ کس قبل از اینشتاین از یک چنین آزمایش فکری ، بدست نیاورده بود. هیچ کس در قبل ، این جرات را بخود راه نداده بود که ادعا کند که سرعت نور ثابت است که این خود بکلی با عقل سلیم در تضاد میباشد. دگرگونگی کلاسیک طوری با تجربیات روزمره ما عجین شده که بفکر هیچ کس خطور نکرد، که در باره ارزش آنها مطلبی عنوان نماید.

حتی وقتی آزمایش تجربی مایکلسون - مورلی نتایجی ایجاد نمود که با دگرگونگی کلاسیک، در تضاد بود، هیچ کس بجز اینشتاین با آن فکر مبتدی خود ، به فکرش نرسیده بود که شاید قوانین دگرگونگی کلاسیک، غلط باشد. فقط اینشتاین بود که به این واقعیت ظنین شد که در سرعت های خیلی زیاد که ما با حواس پنجگانه خود ، نمیتوانیم اندازه گیری کنیم، قوانین دگرگونگی کلاسیک، صادق نیست. البته این به آن معنی نیست که این قوانین یکسره اشتباه هستند. در سرعت های پائین، کوچک شدن اجسام و انبساط زمان ، برای ما قابل دیدن و احساس کرده ، نمیباشد. در این محدوده، قوانین دگرگونگی وسیله خوبی برای راهنمائی تجربیات عملی ، میتواند باشد. به جهت، اگر ما از پلکان برقی که بالا میرود، خود هم بالا برویم، از کسی که حرکتی به خود نمیدهد، زودتر به بالای پله ها خواهیم رسید.

www.takbook.com

اگر ما تجربه اطاق متحرک را بجای نور ، با صدا آزمایش کنیم، نتیجه قبلی را نخواهیم گرفت. بر عکس قوانین دگرگونگی کلاسیک، ارزش خود را ثابت میکنند. البته سرعت صدا متغییر بوده و بر حسب سرعت حرکت ناظر، تغییر کرده و عقل سلیم ، در این آزمایش، حکمفرمائی میکند. کلمه مهم در اینجا ' حکمفرمائی ' میباشد.

ما انسانها، عمر خود را در محدوده سرعتهای پائین سپری میکنیم. سرعت صوت در حدود ۱۲۳۵ کیلومتر در ساعت میباشد. این سرعت بنظر ما زیاد میآید و به دلیل اینکه احساس پنجگانه ما بر حسب تجربه در محیطی محدود خود را تنظیم کرده و تطبیق میدهد، خبر از دنیای سرعت های زیاد مانند سرعت نور، نداریم. حال اگر بخواهیم از این محدوده کوچک تجاوز کرده و به دنیای نا محدود وارد شویم، لازم است که بطور کلی طرز فکر و اندیشه خود را تغییر بدهیم.

این همان کاری بود که اینشتاین انجام داد. او اولین کسی بود که متوجه شد کاری بایستی انجام داد که نتایج آزمایشات تجربی که با قوانین فیزیک آن موقع، هم گامی نداشت، با منطق علمی ، جور در بیاید. در راس این آزمایشات ، ثابت بودن سرعت نور تحت شرایط مختلف، قرار داشت.

این باعث شد که او ، معمای ثابت بودن سرعت نور را بیک اصل مسلم فیزیکی که ثابت بودن سرعت نور باشد، تبدیل نمود. کار او با قدری شانس و اقبال همراه شده و متوجه شد که تفاوت هائی که اندازه گیری سرعت نور، پیدا میشود، از قبل در معادلات فیزیکدان هلندی هندریک لورنتز مورد توجه قرار گرفته است. او از این معادلات استفاده کرد. بالاخره عوض شدن روند کاری ساعتهای متحرک، اینشتاین را واداشت که کلمات ' حالا' ، ' زودتر ' ، ' بعدا ' و همزمان را کلمات نسبی اعلام کند. آنها همه بستگی به حالت حرکت ناظر پیدا میکنند.

این نتیجه گیری دقیقا برعکس فرضیاتی بود که که فیزیک نیوتونی بر اساس آن پایه گذاری شده بود. نیوتون مانند همه ما فرض کرد که یک ساعت در جهان هستی و کائنات وجود دارد که هر تیک تاک آن باعث میشود که تمام کائنات ، یک ثانیه پیرتر شود. برای هر ثانیه ای که در این گوشه جهان هستی سپری میشود، یک ثانیه برای تمام گوشه و کنارهای دیگر سپری میگردد.

اینشتاین با این فرضیه مخالفت کرده و گفت که چطور ممکن است که وقتی یک نفر میگوید ' حالا ' این در تمام کائنات منعکس گردد. حال اگر ما این ' حالا ' را منسوب به دو واقعه همزمان کنیم، (مثلا وارد شدن من به مطب دکتر و نشان دادن ساعت ۳ توسط ساعت مچی من) ، یک ناظر در چهار چوب مختصات دیگری خواهد دید که یکی از این وقایع قبل از دیگری اتفاق میافتد. نیوتون نوشت:

" زمان مطلق، برای همه بطور یکسان جریان دارد. "

ولی او در اشتباه بود. هیچ زمانی وجود ندارد که برای همه ناظران بطور یکنواخت ، در جریان باشد. زمان مطلُق وجود ندارد.

نیوتون یک اشتباه دیگر را هم مرتکب شد. او گفت که زمان و مکان دو چیز جداگانه هستند. ولی به عقیده اینشتاین، زمان و مکان از یکدیگر جدا نیستند. چیزی در جائی نمیتواند وجود داشته باشه باشد مگر اینکه در زمانی ، وجود داشته و بهمین ترتیب چیزی در زمانی نمیتواند موجود باشد مگر اینکه در جائی وجود داشته باشد.

خیلی از ما زمان و مکان را دو چیز جدا تصور میکنیم. چون این چیزیست که ما فکر میکنیم ، تجربه کرده ایم. بعنوان مثال ما فکر میکنیم که روی موقعیت خود در فضا ، کنترلی داریم ولی حقیقت اینست که بر روی موقعیت خود در زمان هیچ گونه کنترلی نداریم. ما هیچ کاری برای جلوگیری از جریان زمان ، نمیتوانیم انجام بدهیم. ما میتوانیم تصمیم بگیریم که کاملا ساکن ایستاده ، که در این صورت موقعیت ما در فضا تغییر نمیکند. ولی ما هیچ راهی نداریم که در زمان ، ساکن شویم.

تئوری خاص نسبیت یک تئوری فیزیکی میباشد. این تئوری با طبیعت حساب شونده واقعیات سر و کار دارد. این یک تئوری ذهنی نبوده ، هرچند که نشان میدهد که ظاهر یک واقعیت فیزیکی ممکن است از یک چهارچوب مختصات به چهار چوب دیگری ، دچار تغییر گردد. تئوری خاص نسبیت اولین تئوری ریاضی – فیزیک بوده که وارد مباحثی میشود که قبلا ، بطور کامل در اختیار شاعران بوده است.

چیزی که اینشتاین در مورد زمان و مکان گفته است اینست چیزی به اسم زمان و مکان وجود نداشته و تنها چیزی که وجود دارد، زمان-مکان است که خود یک پیوستار (continuum) میباشد. پیوستار چیزی است که پیوسته بوده

www.takbook.com

و نمیتواند به اجزاء کوچکتری تقسیم گردد. زمان – مکان به این دلیل پیوستار (continuum) دارد که بطور مداوم ، در جریان میباشد.

یک خط طولانی که در روی یک دیوار کشیده میشود، یک پیوستار یک بُعدی است . در تئوری ما میتوانیم بگوئیم که این خط از یک سلسله نقطه تشکیل یافته ولی این نقاط بی نهایت بیکدیگر نزدیک هستند. نتیجه اینست که این خط بطور مداوم از یک گوشه دیوار تا گوشه دیگر آن، جریان دارد.

مثال پیوستار دو بعدی، خود دیوار میباشد. دیوار دارای دو بُعد بوده ، طول و ضخامت. به این ترتیب خود دیوار یک تسلسل سطحی میباشد.

پیوستار سه بعدی را ما معمولا ' فضا ' مینامیم. خلبانی که در آسمان پرواز میکند ، هوا پیما را در یک پیوستار سه بعدی راهنمائی راهنمائی کرده و برای مشخص کرده موقعیت خود، فقط این مقدار شمال و مشرق کافی نبوده و این خلبان بایستی ، ارتفاع خود را نیز گزارش نماید. خود هواپیما یک جسم با سه بعد میباشد چون یک طول ، یک عرض و یک ارتفاع دارد.

تصور نیوتونی از فضا و زمان یک تصویر دینامیک است. وقایع با گذشت زمان صورت میگیرد . زمان خود یک بُعدی بوده و بجلو میرود. گذشته ، حال و آینده بهمین ترتیب صورت میگیرد. هرچند که تئوری خاص نسبیت میگوید که ترجیح دارد که که ما بجای یک تصویر دینامیک، فضا و زمان را ثابت فرض کنیم. این کار فوایدی هم دارد. به این تصویر پیوستار (continuum) فضا- زمان نام نهاده اند. در این تصویر ثابت، وقایع پرورش پیدا نکرده و صرفا وجود دارند. اگر ما بتوانیم واقعیت خود را در یک روش چهار بُعدی مجسم کنیم، خواهیم دید که همه چیزهائی که با گذشت زمان در مقابل چشم ما ظاهر میشود ، از قبل بطور کامل در تار و پود فضا - زمان وجود داشته است. با یک نظر ما همه چیزهائی را که در گذشته ، حال و آینده وجود داشته یا خواهد داشت، با یک نگاه خواهیم دید. البته نبایستی فراموش کرد که این صرفا یک پیشنهاد ریاضی است.

نگران تصور یک جهان چهار بعدی نباشید. خود فیزیک دانان هم نمیتوانند این کار را انجام بدهند. در حال حاضر فقط فرض کنید که اینشتاین درست میگفته برای اینکه شواهدی که در دست است. صحت این فرض را تایید مینماید. پیشنهاد او اینست که فضا و زمان بصورت خیلی نزدیکی با هم در ارتباط هستند. در غیاب یک تعریف بهتر، او این ارتباط را ' بُعد چهارم ' اسم گذاری کرد.

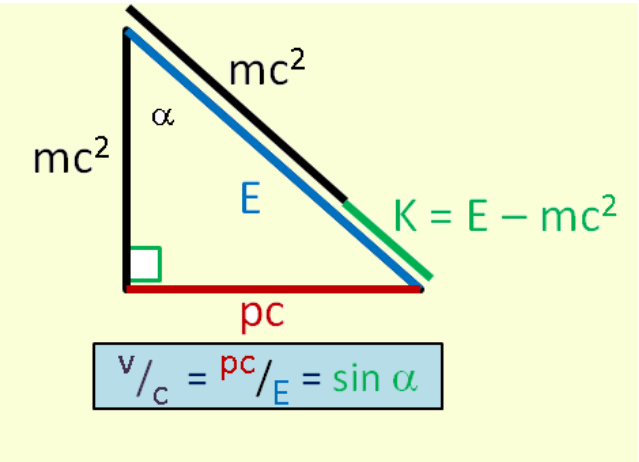
بعد چهارم ترجمه از یک زبان بزبان دیگری است. زبان اصلی و اولی ریاضیات بوده و زبان دوم انگلیسی میباشد. مشکل از اینجا شروع میشود که هیچ راهی وجود ندارد که بتوان مطالب زبان ریاضیات را بطور کامل بزبان انگلیسی ترجمه نمود. به این دلیل ما بعد چهارم را یک ' رابطه ' تصویر میکنیم. رابطه ای که بین فضا و زمان در تئوری نسبیت، وجود دارد.

رابطه ای که بین زمان و فضا وجود دارد شبیه رابطه ایست که بین اضلاع مثلث قائم الزاویه ، فیثاغورث یونانی در ۵۵۰ سال قبل از میلاد، کشف کرد.

یک مثلث قائم الزاویه ، مثلثی است که دارای یک زاویه ۹۰ درجه باشد. شکل زیر یک مثلث قائم الزاویه را نشان میدهد. ضلعی که در روبروی زاویه ۹۰ درجه قرار گرفته، بنام وتر خوانده میشود. وتر در این نوع مثلث ، پیوسته بزرگترین ضلع مثلث را تشکیل میدهد.

فیثاغورث کشف کرد که اگرما طول دو ضلع کوتاهتر یک مثلث قائم الزاویه را بدانیم، میتوانیم اندازه ضلع بزرگتر (وتر) را محاسبه نمائیم. به این رابطه ریاضی ' قضیه فیثاغورث ' گفته میشود. مجموع توان دوم اندازه دو ضلع کوچکتر ، معادل توان دوم اندازه وتر میباشد.

www.takbook.com



E	انرژی
P	گشت آور
m	جرم
C	سرعت نور
v	سرعت ذره
K	انرژی سینتیک

از رابطه فیثاغورث ، معادله اینشتاین که انرژی، گشت آور و جرم را بهم مربوط میکند ، بدست میآید.

- $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$

سرعت ذره از رابطه مثلثاتی زیر بدست میآید.

- $v / c = pc / E = \sin \alpha$

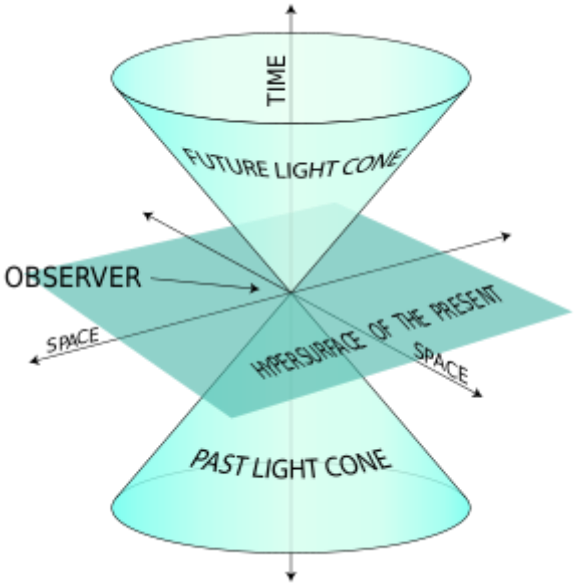
این روابط ممکن است که بنظر ناظرانی که در موقعیت های متفاوتی از حرکت قرار دارند، متفاوت بنظر برسد ولی در اصل ، متغیر نبوده و ساکن هستند. بعنوان مثال جدائی مطلق بین دو ستاره درحال انفجار ، برای یک سیاره ای با سرعت کم مانند زمین، و یک سفینه فضائی با سرعت بالا، یکسان دیده میشود.

حال اجازه بدهید که به آزمایش اطاق شیشه ای متحرک خود ، مراجعت کنیم. ما در داخل اطاق مشاهده کردیم که نور به دیوار پشتی و دیوار روبروئی همزمان اصابت میکند. ولی ناظری که در بیرون ایستاده چنین میبیند که نور ابتدا به دیوار پشتی اصابت نموده و سپس با دیوار روبرو برخورد مینماید. با استفاده از قضیه فیثاغورث ، ما همان زمان را برای این دو واقعه بدست میآوریم. در حقیقت این رابطه توسط معلم ریاضی اینشتاین هرمان مینکوسکی کشف شد. در سال ۱۹۰۸ وی نظر خود را در ای باره چنین ابراز نمود:

" به این ترتیب، ، فضا بخودی خود، و زمان بخودی خود ، محکوم هستند که مانند سایه هائی، کمرنگ و ناپیدا شوند. فقط یک رابطه تنگاتنگ بین این دو ، آنها را بصورت یک واقعیت مستقل فیزیکی ، محافظت میکند. "

تعبیر ریاضی مینکوسکی از فضا و زمان ، هم انقلابی و هم فریبنده است. یک دیاگرام ساده فضا – زمان که نتیجه کار او بود، نمایشگر گذشته، زمان حال و آینده میباشد. مقدار زیادی اطلاعات در این دیاگرام موجود بوده ولی ارزنده ترین چیزی که این دیاگرام عرضه میکند اینست که تمام وقایعی که در گذشته و آینده برای چیزی اتفاق افتاده ، برای همیشه در یک نقطه بهم میرسند و آن نقطه، ' زمان حال ' است.

www.takbook.com



مطلب دیگر اینست که ناظر هر کجا که هست، این زمان حال برای او ، در همان محل میباشد. مینکوسکی ثابت کرد که هیچ قدرت انتخابی ، در این مورد ، وجود ندارد. بعد دو هزار سال استفاده در مشرق زمین، حالا ما در غرب، بهمان نتیجه رسیده و وارد دنیای مکاشفه فکری (مدیتیشن) میشویم که نتیجه مستقیم تئوری خاص نسبیت میباشد.

آخرین و مشهور ترین چهره تئوری خاص نسبیت ، پدیدار شدن تبدیل جرم به انرژی و بر عکس، میباشد. بزبان خود اینشتاین انرژی دارای جرم بوده و جرم، معرف انرژی است.

برای قرن ها ما چنین فکر میکردیم که جرم با انرژی فرق دارد همانطور که جسم با ذهن متفاوت است. این تفاوت ماده – انرژی حد اقل به چند هزار سال قبل ، بر میگردد. به موجب کتاب تورات، خداوند یک مشت خاک (ماده) را برداشته و بر آن، زندگی (انرژی) میدمد. این طرز تفکر مغرب زمینی ها بوده است.

در مشرق زمین، هرگز این سردر گمی بین ماده و انرژی ، وجود نداشته است. دنیای مادی ، یک دنیای نسبی بوده و چیزی است که ما تصور میکنیم. این تصور به آن معنی نیست که وجود ندارد، فقط اینکه ما آنرا آنطور که واقعا وجود دارد، نمی بینیم. صورت واقعی جهان ، طوریست که زبان از توصیف آن قاصر میماند. ولی در تعریف و توصیف آن، ادبیات شرق از انرژی رقص ، گذرا بودن و پایدار نبودن آن صحبت میکند(رقص صوفیان). این طرز تفکر شباهت زیادی به تصویر فیزیک ذرات پر انرژی دارد. ادبیات بودائی از آموختن چیزهای جدید در باره حقیقت ، صحبتی نمیکند ولی در باره برداشتن نقاب نادانی ، تاکید دارد که بین ما و چیزی که ما از قبل بوده ایم، قرار گرفته است. به این ترتیب شاید این پیشنهاد زننده اینکه ماده همان انرژی است، قدری توجیه نماید.

فرمولی که رابطه بین جرم و انرژی را مشخص میکند، مشهورترین فرمول جهان است ($E = mc^2$) . انرژی که در یک قطعه ماده وجود دارد معادل است با حاصلضرب جرم ماده در توان دوم سرعت نور. این نشان میدهد که کوچکترین ذره مادی در جهان در داخل خود یک انرژی بزرگ ذخیره کرده است.

هرچند که اینشتاین در آن موقع خود هنوز نمیدانست ، موفق شده بود که رمز انرژی اجرام آسمانی را پیدا کند. ستارگان بطوردائم ماده را به انرژی تبدیل میکنند. نسبت انرژی حاصله به ماده مصرف شده طوری بزرگ است که این ستاره میتواند تا میلیون ها قرن این کار را انجام دهد.

در مرکز ستارگان ، اتم های هیدروژن طوری توسط نیروی گرانش بیکدیگر فشرده میشوند که در یکدیگر فرو رفته و یک عنصر دیگر بنام هلیوم تولید میکنند. هر چهار اتم هیدروژن یک اتم هلیوم درست میکنند. ولی جرم اتم هلیوم کاملا معادل جرم چهار اتم هیدروژن نبوده و قدری کمتر است. همین مقدار خیلی کم ماده، تبدیل به انرژی شده که بصورت نور و حرارت، آزاد میشود. فرآیند تبدیل عناصر سبکتر به عناصر سنگینتر باسم ' فیوژن ' نامیده میشود.

www.takbook.com

فیوژن هیدروژن (fusion) به هلیوم باعث یک انفجار هیدروژنی میگردد. بعبارت دیگر، یک ستاره جوان شعله ور ، یک بمب هیدروژنی دائمی میباشد.

فرمول مشهور انرژی معادل حاصلضرب توان دوم سرعت نور در جرم ماده، مسئول بوجود آمدن بمب های اتمی گردید. در این قبیل بمب ها و رآکتورهای اتمی، انرژی ازطریق تبدیل جرم به انرژی حاصل شده و این فرآیند که بر عکس فرآیند فیوژن میباشد، ' فیژن ' (fission) نامیده میشود. در این فرآیند بعوض تبدیل کردن اتمهای کوچکتر به اتمهای بزرگتر، اتمهای عنصر اورانیوم را که بسیار بزرگ است ، در هم شکسته و به اتمهائی کوچکتر ، تبدیل میکنند.

این کار توسط هدف قرار دادن اورانیوم توسط ذرات فرو اتمی ، نوترون صورت میگیرد. وقتی نوترون با اتم اورانیوم تصادم پیدا میکند، اتم بزرگ اورانیوم، متلاشی شده و به اتمهای کوچکتر تبدیل میگردد. ولی جرم مجموع این اتمهای کوچکتر ، از جرم اتم اورانیوم کمتر بوده و این تفاوت وزن، بصورت انفجار انرژی، آزاد میگردد. خود این فرآیند، نوترونهای جدیدی تولید کرده که وقتی آزاد میشوند، اتمهای بیشتری از اورانیوم را هدف قرار میدهند که باعث متلاشی شده تعداد بیشتری اتم اورانیوم میشود. این پدیده بنام واکنش زنجیره ای خوانده شده و آنقدر ادامه پیدا میکند که تمام اتمهای اورانیوم، از بین بروند. یک بمب اتمی یک واکنش زنجیره ای کنترل نشده میباشد.

یک بمب هیدروژنی توسط یک چاشنی (detonating) که خود یک بمب اتمی است، بکار میافتد. این بمب اتمی در میان اتمهای هیدروژن منفجر شده، در درجه حرارت فوق العاده بالائی که تولید میشود، اتمهای هیروژن به هلیوم تبدیل میشوند. این فرآیند خود تولید حرارت کرده و اتمهای هیدروژن بیشتری را به هلیوم تبدیل مینماید. هیچ محدویتی در اندازه یک بمب هیدروژنی وجود ندارد چون این بمب از چیزی تشکیل شده که فراوانترین عنصر در همه کائنات میباشد.

خوب یا بد، تئوری خاص نسبیت چنین بروز داد که ماده و انرژی دو شکل از همان چیزی هستند. درست مانند زمان و فضا که از یکدیگر جدا نیستند.

قانون بقای انرژی – ماده یک تعبیر ساده ایست که نشان میدهد که مقدار این کمیت هرگز تغییری نمیکند. فرض کنید که یک قانون بقا در مورد تعداد مهمانهای یک ضیافت وجود داشته باشد. اگر چنین چیزی حقیقت داشته باشد، هر وقت که یک مهمان جدید وارد میشود، مهمان دیگری در همان موقع، خارج میگردد. بهمین قیاس وقتی یک مهمان خارج میشود، مهمان دیگری وارد خواهد شد.

آهنگ ورود و خروج در این مهمانی ممکن است زیاد یا کم باشد ، مهمانها ممکن است به تنهائی یا دسته جمعی وارد یا خارج شوند، ولی تحت هر شرایطی، تعداد مهمانها در این مهمانی ، ثابت خواهد ماند.

قانون بقای انرژی میگوید که مقدار کل انرژی در جهان هستی همواره همان مقدار باقی خواهد ماند. ما میتوانیم انرژی را به انواع دیگر انرژی تبدیل نمائیم ولی مجموع انرژی در کائنات هرگز تغییری نخواهد کرد. همین قانون در مورد ماده هم صادق بوده و مقدار کل ماده درجهان، پیوسته ثابت میماند.

خورشید، ، ستارگان، و حتی منقل آتش ، نمونه های تبدیل ماده به انرژی میباشند. فیزیک دانان با این حقیقت طوری خو گرفته اند که آنها جرم یک ذره را با انرژی ذخیره شده در آن ، بیان میکنند.

بطور کلی در حدود دوازده قانون بقا وجود دارد. این قوانین ساده، روز بروز اهمیت بیشتری در جهان ذرات پر انرژی پیدا میکنند. این بخاطر اینست که فیزیک دانان اعتقاد دارند که این قوانین از چیزی ناشی شده اند که نهایت قانون های دنیای واقعی میباشد. اینها قوانین ' تقارن ' (symmetry) هستند.

قوانین تقارن همانطور که از نام آن پیداست چیزی است که قسمتی از جسم تحت شرایط متغیر بطور متقارن باقی بماند. بعنوان مثال نیمی از یک دایره ، قطع نظر از اینکه چگونه آنرا برش دهیم، آینه نیمه دیگر است . قطع نظر از اینکه ما چگونه یک دایره را بچرخانیم، نیمه سمت راست با نیمه سمت چپ، متقارن خواهد بود. موقعیت دایره تغییر خواهد کرد ولی تقارن آن باقی خواهد ماند.

چینی ها یک فرضیه مشابه دارند. یک سمت دایره را ' ین ' و سمت دیگر را ' یانگ ' مینامند. هر جا بلندی هست، کوتاهی هم وجود دارد. هر کجا مرگ موجود است، تولد هم وجود دارد. نظریه ' ین – یانگ ' در واقع قانون بسیار کهنه تقارن بوده و طریقی دیگر برای گفتن این حقیقت است که کائنات در کلیت خود، بدنبال تعادل میگردد.

www.takbook.com

نکته عجیب در مورد تئوری خاص نسبیت اینست که این تئوری در باره آن جنبه از واقعیت که نسبی هستند، نبوده و به جنبه هائی توجه دارد که نسبی نیستند. مانند مکانیک کوآنتوم ، تقابل آن با فیزیک نیوتونی ، خُرد کننده بوده است. نه تنها این تئوری ثابت کرد که فیزیک نیوتونی در اشتباه است، بلکه محدودیت های شدید آنرا مشخص نمود. مکانیک کوآنتوم و تئوری خاص نسبیت به اتفاق ما را به دنیای غیر قابل تصور حقیقی رهنمود شدند. دنیائی که هیچ کس تا آن موقع حتی از وجود آنها با خبر نبود.

اگر به مثل لباس امپراتور بازگردیم، به موجب فیزیک نیوتون، امپراتور پیوسته لباسی در تن دارد. اعتقاد بر اینکه جائی در کائنات وجود دارد که بطور مطلق ساکن بوده و تکان نمیخورد.

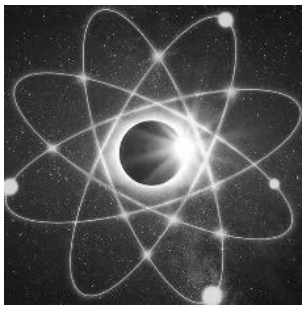
این فرضیات با استفاده از تئوری نسبیت ثابت شد که حقیقت نداشته و فایده ای هم ندارد. امپراتور لباسی در بر ندارد. تنها حرکت در کائنات ، حرکت به نسبت چیز دیگری است. زمان و فضا دو موجودیت جداگانه نداشته و ماده و انرژی اسامی مختلفی برای همان چیز هستند.

بعوض تمام آن فرضیات ، تئوری خاص نسبیت یک فیزیک جدید و یکپارچه به ما عرضه میکند. اندازه گیری فاصله و زمان ممکن است بر حسب انتخاب چهار چوب مختصات، تغییر کند ولی فاصله بین اتفاقات با استفاده از نظریه فضا – زمان هرگز تغییری نخواهد کرد.

با همه این ها ، تئوری خاص نسبیت ، محدودیت های خاص خودش را دارد. این تئوری بر اساس شالوده ای است که معمولی و روزمره نیست. این تئوری فقط شامل چهارچوب مختصاتی میشود که نسبت بیکدیگر ، حرکتی یکنواخت دارند. متاسفانه اغلب حرکات، یکنواخت و آرام نمیباشد. به این ترتین این تئوری بر اساس ایده آلیسم بنا شده است. محدودیت هائی داشته و حرکات یکنواخت ، پایه های آن هستند. به این دلیل اینشتاین آنرا تئوری خاص یا محدود اسم گذاری کرد.

نظر اینشتاین این بود که فیزیکی درست کند که برای تمام محور های مختصات ، صادق بوده حتی آنهائیکه بطور یکنواخت، حرکت نمیکنند (شتاب).

در سال ۱۹۱۵ اینشتاین موفق شد که تئوری خودرا عمومیت داده و او نام تئوری جدید را ' **تئوری نسبیت عام** ' انتخاب کرد.



www.takbook.com

فصل هشتم: تئوری نسبیت عام

تئوری نسبیت عام به ما نشان میدهد که اذهان ما از قوانینی جدا از دنیای حقیقی، پیروی مینماید. یک عقل سلیم ، بر اساس دریافتی که از اتفاقاتی که در اطراف رخ میدهد ، حاصل مینماید ، چهارچوبی بنا میکند که از آن ببعد مشخص میکند که چه چیز بسادگی رد یا قبول میشود. از آن لحظه ببعد، این عقل سلیم ، قطع نظر از اینکه دنیای واقعی چطور کار میکند، منحصرا با استفاده از قوانینی که خود وضع نموده ، سعی میکند چیزی را که فکر میکند درست است، در دنیای واقعی پیاده نماید.

این آنقدر ادامه پیدا میکند تا اینکه در آخر ذهن مبتدی فریاد بر میدارد که این درست نیست . چیزی که باید باشد، اتفاق نمیافتد. من بارها و بارها سعی کرده ام که درک کنم ، چرا اینطور است. من با تمام قدرت تصورات محدود خود را گسترش داده که ' اعتقاد ' خود را در اینکه ' چه بایستی باشد' تقویت کنم. لحظه ای رسید که نقطه سقوط فرا رسید. حالا دیگر من هیچ قدرت انتخابی نداشته و بایستی اعتراف کنم که ' چه بایستی باشد' از دنیای واقعی سرچشمه نگرفته و فقط از ذهن خود من زائیده شده است.

این نوشته یک متن شاعرانه نیست. این تشریح مختصر یک نتیجه گیری مهم از تئوری نسبیت عام بوده و روشی که آن به مقصد رسیده است. تصورات محدود ذهنیت منطقی ما از ابعاد سه گانه بوده و نظر آن در یک قسمت کوچک کائنات میباشد. این همان قسمتی است که ما در آن متولد شده ایم. ' چه بایستی باشد ' ایده های هندسی بوده، قوانینی که کنترل خطوط مستقیم، دوایر ، مثلث ها و امثال آنها را در دست دارد. ذهن مبتدی ، مربوط به البرت اینشتاین شده و ' اعتقاد ' من این بوده که این قوانین کنترل تمام کائنات را بدون استثنا در دست دارند. چیزی که اینشتاین با ذهن مبتدی خود درک نمود این بود که این مطالب فقط زائیده ذهن خود ما میباشد.

اینشتاین کشف کرد که قسمتی از قوانین هندسه صرفا برای قسمت کوچکی از فضا صادق میباشد. همین آنها را برای ما کاملا دلپذیر میکند چون تجربه فیزیکی ما کاملا محدود بهمان قسمت کوچک فضا میباشد. هر چند که وقتی تجربه ما وسیع تر میگردد، ما بیشتر و بیشتر خود را گرفتار مشکلی می بینیم که این قوانین را به همه کائنات، گسترش بدهیم .

اینشتاین اولین نفری بود که متوجه شد که قوانین هندسه ای که قابل اعمال به بخش کوچکی از جهان هستی میباشد، بهیچوجه قابل اعمال به کائنات نمیباشد. این کشف به او این قدرت را عطا کرد که به کائنات به چشمی نگاه کند، که هرگز قبل از او کسی موفق به انجام چنین کاری نشده بود.

چیزی که او دید، مضمون تئوری نسبیت عام ، میباشد.

اینشتاین هیچ کوششی برای پی بردن به طبیعت ذهن ما انجام نداد. علاقه او صرفا به علم فیزیک بود. او چنین نوشت:

" عقیده جدید ما ساختن یک فیزیکی است که بسادگی قابل تعمیم به تمام سیستم های مختصات باشد. "

اینکه او نشان داد که مرتب کردن اندیشه ها و دریافت های ذهنی خود ، از اهمیت زیاد برخوردار است، چنین نمودار میکند که بین علم فیزیک و علم روان شناسی رابطه ای تنگاتنگ موجود است.

چگونه اینشتاین از یک تئوری فیزیک بیک مبحث انقلابی هندسه رسید؟ چگونه او موفق به روشن کردن فرآیند های ذهنی ما گردید؟ جواب این سؤالات یکی از آن مواردی است که ما در مورد آن خیلی کم میدانیم ولی یک از ماجراهای اندیشمندانه پر اهمیت و مشکل او بطرزی کامل، ثبت و ضبط شده است.

www.takbook.com

شروع کار اینشتاین با تئوری نسبیت خاص بود. هرچند که این کار بسیار موفقیت آمیز از کار در آمد، اینشتاین هنوز کاملا با آن راضی نشده برای اینکه این تئوری صرفا برای محورهای مختصاتی است که دارای حرکتی یکنواخت نسبت بیکدیگر هستند. اینشتاین فکر کرد که همین پدیده را از دید دو چهارچوب مختصات که یکی از آنها حرکتی یکنواخت داشته و حرکت دیگری یکنواخت نباشد، بیان کند. این بیان یک توضیح جامع برای هردو محور مختصات خواهد بود.

بعبارت دیگر آیا ما میتوانیم وقایعی را که در یک سیستم مختصات که بطور غیر یکنواخت حرکت دارد بزبانی بیان کنیم که برای یک ناظر که در سیستم مختصاتی قرار گرفته که حرکت یکنواخت دارد ، قابل فهم باشد؟ بعبارت دیگر آیا ما میتوانیم علم فیزیکی بوجود بیاوریم که برای هردو ناظر صادق باشد؟

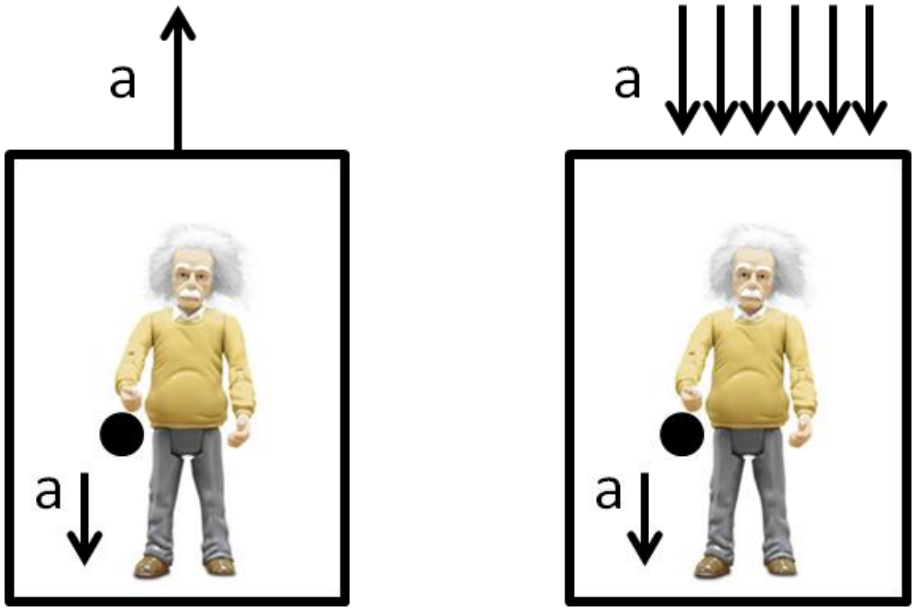
اینشتاین کشف کرد که جواب این سؤآل ، مثبت است. برای اثبات این مطلب ، او آزمایش مشهور فکری خود را مطرح نمود.

تصور کنید که یک آسانسور در یک آسمانخراش دچار حادثه ای شده و کابلی که آسانسور را بالا و پائین میبرد، از هم گسیخته شده است. آسانسور با سرعت زیادی بسمت پائین سقوط میکند. در داخل این آسانسور چندین فیزیک دان وجود دارد. انها از گسسته شدن کابل اطلاعی نداشته و از آنجائیکه هیچ پنجره ای در اطاقک آسانسور وجود ندارد، بیرون را نمیبینند.

سؤآل در اینست که چه تفاوتی این موقعیت برای ما که ناظرانی هستیم که در بیرون ایستاده و فیزیک دانانی که در داخل اطاقک هستند، وجود دارد. از آنجائیکه این فقط یک آزمایش فکری است، میتوانیم از پدیده اصطکاک و مقاومت هوا صرفنظر کنیم.

برای ما وضعیت کاملا مشخص است. آسانسور سقوط میکند و خیلی زود بزمین خواهد رسید و تمام سرنشینان آن از بین خواهند رفت. به موجب قانون گرانش نیوتون، آسانسور جذب زمین شده و در حال سقوط شتاب گرفته، سرعت آن هر لحظه بیشتر میشود. به این ترتیب سرعت این اطاقک یکنواخت نیست و بخاطر گرانش زمین بطور دائم بیشتر میگردد.

ما میتوانیم که خیلی چیزهائی که در داخل اطاقک اتفاق میافتد ، پیش بینی کنیم. بعنوان مثال اگر کسی در داخل اطاقک دستمالش را بزمین بیاندازد، هیچ اتفاقی نخواهد افتاد. از آنجائیکه این دستمال با همان نیروی گرانشی که اطاقک را به پائین میکشد ، بطرف پائین سقوط میکند، از دید افراد داخل آسانسور ، در فضا معلق باقی میماند. در حقیقت هیچ چیز در فضا معلق نیست چون همه چیز با سرعت زیاد بسمت زمین در حال سقوط میباشد. ولی از آنجائیکه همه چیز با همان سرعت و شتاب حرکت میکنند، تفاوتی در موقعیت نسبی آنها مشاهده نمیشود.



www.takbook.com

در شکل بالا ، موقعیت دیگری برای خود اینشتاین نشان داده شده است. یک آسانسور (تصویر سمت چپ) توسط کابلی که به بالای اطاقک متصل شده، به سمت بالا با یک شتاب یکنواخت ، کشیده میشود. اطاقک دیگر از بالا بحال خود رها شده و توسط نیروی گرانش زمین، با شتابی یکنواخت ، به پائین کشیده میشود. یک ناظر قادر نخواهد بود که تفاوتی بین این دو تشخیص بدهد.

برای یک نسل از فیزیک دانان که در آسانسور زائیده و بزرگ شده اند، وضع خیلی فرق میکند. برای آنها چیزهائی که در داخل اطاقک رها شده اند، سقوط نکرده و بسادگی در میان زمین و آسمان ، معلق باقی میمانند. اگر کسی به این اشیاء معلق در فضا ضربه ای وارد کند، آن جسم بخط مستقیم بحرکت خود ادامه داده تا به دیواره های اطاقک آسانسور اصابت نماید. برای ناظرانی که در داخل هستند ، هیچ نیروئی دیده نمیشود که در روی هیچ جسمی اثر کند. بطور خلاصه ناظران داخل آسانسور به این نتیجه خواهند رسید که آنها در سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) قرار گرفته اند. به این ترتیب قوانین مکانیک کلاسیک کاملا ارزشمند میشوند. تجربیات آنها پیوسته نتایجی تولید میکند که تئوری آنرا پیش بینی کرده است. جسمی که حرکتی ندارد، همچنان باقی خواهد ماند اجسام متحرک فقط وقتی از مسیر خود انحراف پیدا میکنند که نیروئی به آنها وارد شود که این نیرو متناسب با مقدار انحراف خواهد بود. برای هر کُنش یک واکنش بهمان اندازه وجود خواهد داشت ولی در جهت عکس. اگر ما یک صندلی که را که در حال تعلیق است، با فشار از خود دور کنیم، این صندلی در جهتی به پیش خواهد رفت و خود ما در جهت عکس ، با همین گشتآور ، عقب خواهیم رفت.

ناظران داخل همگی نظرهای مشابه و یکنواختی برای پدیده هائی که در داخل اتفاق میافتد ، دارند. آنها در سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) بوده و میتوانند با استفاده از قوانین مکانیک کلاسیک ، این را ثابت کنند.

ناظران خارج هم توضیحات مشابه و یکنواختی برای پدیده های داخل آسانسور دارند. آسانسور در یک میدان گرانش در حال سقوط میباشد. سرنشینان آسانسور خود از این ماجرا بیخبر بوده چون بدون اینکه قادر باشند که خارج از آسانسور را ببینند ، برای آنها ممکن نیست بدانند چه میگذرد. سیستم مختصات آنها در یک حرکت شتاب دار بوده هرچند که آنها خیال میکنند که این سیستم ابدا حرکتی ندارد. پلی که بین این دو توضیح وجود دارد ، نیروی ثقل است.

آسانسور در حال سقوط یک حالت خاص از سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) میباشد. سیستم واقعی مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) ، به فضا یا زمان محدود نمیشود. در حالت آسانسور ، این سیستم مختصات توسط هردو پارامتر فضا و زمان ، محدود میگردد. محدود به فضا است چون چون یک جسم متحرک در داخل آسانسور هرگزتا ابد بخط مستقیم ، حرکت نخواهد کرد مگر تا وقتی که به دیواره های اطاقک برخورد نماید. محدود به زمان هم هست چون دیر یا زود ، آسانسور و سر نشینانش با زمین برخورد خواهند کرد که موجودیت آنها را از بین خواهد برد.

بعلاوه به موجب تئوری نسبیت خاص ، یک قضیه مهم در اینجا وجود دارد و آن اینست که آسانسور اندازه محدودی داشته ، در غیر اینصورت بنظر سرنشینان آن یک مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) ، نخواهد آمد. بعنوان مثال اگر سر نشینان داخل آسانسور در یک زمان دو توپ بیس بال را رها کنند، توپها درست در همان جائیکه رها شده اند ، در هوا شناور خواهند شد و در همانجا خواهند ماند. بنظر یک ناظر خارجی ، آنها همراه هم ، در حال سقوط میباشند. ولی اگر اطاقک آسانسور به بزرگی ایالت تکزاس بوده و دو توپ در فاصله زیادی از هم قرار داشتند، توپها به موازات یکدیگر ، سقوط نمیکردند. آنها بیکدیگر نزدیک میشدند چون هرکدام از آنها بوسیله نیروی گرانش ، جذب مرکز زمین میشدند. سرنشینان آسانسور متوجه میشدند که توپ ها یا هر جسم شناور دیگر در داخل آسانسور، بیکدیگر نزدیک میشوند. درست مثل اینکه بین خود آنها ، یک نیروی گرانش وجود دارد. این نیروی گرانش بنظر میرسد که همه چیز را تحت تاثیر خود قرار میدهد. و فیزیک دانان داخل آسانسور حالا دیگر نمیتوانند ادعا کنند که در یک سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) ، وجود دارند.

بطور خلاصه اگر فضا به اندازه کافی کوچک باشد، یک سیستم مختصات که در یک میدان گرانش در حال سقوط است ، ' **معادل** ' یک سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) میباشد. این شالوده اصل معادل بودن اینشتاین میباشد (principle of equivalence) .

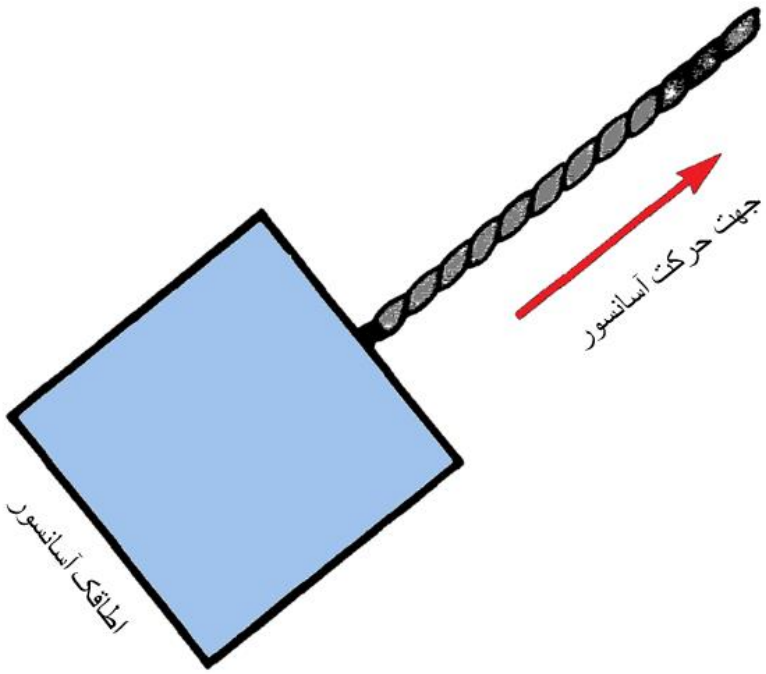
www.takbook.com

به این ترتیب، هر سیستم مختصات با رعایت چند مورد، میتواند معادل سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) بوده و این سیستم شایسته آن نیست که آنرا یک سیستم مطلق فرض کنیم. در حالی که سر نشینان آسانسور وجود حرکتی را در داخل آسانسور احساس نکرده و نیروی گرانش هم برای آنها ملموس نیست، ناظران در خارج از آسانسور یک سیستم مختصاتی را میبینند (آسانسور) که با شتاب نیروی گرانش ، در حال سقوط است.

حالا اجازه بدهید که یک چهره دیگر از این موقعیت را در ذهن خود مجسم کنیم.

مجسم کنید که ما، ناظران خارج از اطاقک آسانسور ، خود در یک سیستم مختصات ماندی (اینرسی) قرار گرفته ایم. ما از قبل اطلاع داریم که چه اتفاقی در چنین مختصاتی رخ میدهد. درست همان چیزی که در آسانسور ساقط شده اتفاق افتاد. هیچ نیروئی از جمله نیروی گرانش روی ما اثر نخواهد کرد. ما خیلی راحت در فضا شناور شده ایم. اجسام ساکن ، در همان حال سکون باقی مانده و چیزهائی که در حرکت بوده اند ، در خط مستقیم، تا ابد بحرکت خود ادامه خواهند داد. هر کنشی هم با واکنش معادل و در خلاف جهت ، همراه خواهد بود.

در سیستم مختصات ماندی (اینرسی) ما یک آسانسور وجود دارد ، شخصی یک طناب به این آسانسور وصل کرده و آنرا در جهتی که در شکل نشان داده میشود، میکشد. از آنجائیکه این آزمایش در فکر ما انجام میشود ، مهم نیست که این شخص اینکار را چطور و بچه منظوری انجام داده است. آسانسور با یک نیروی ثابت کشیده شده و این بدان معنی است که در جهت نوک پیکان ، آسانسور بطور دائم دارای یک شتاب ثابت میباشد.



در همان حالی که ما در خارج از آسانسور در فضا شناور هستیم، تجربه به ما نشان میدهد که سیستم مختصات ما در حال سکون مطلق بوده و هیچ نیروئی از جمله گرانش روی آن اثر نمیکند. ما میبینیم که آسانسور توسط طنابی کشیده شده که به آن یک شتاب ثابت و دائمی میدهد. به این ترتیب میتوانیم برخی چیزها را در باره آن، پیش بینی کنیم. تمام چیزهای داخل آسانسور که از قبل مهار نشده باشد، بسرعت به کف اطاقک آسانسور اصابت خواهد کرد. حال اگر کسی یک دستمال در داخل اطاقک رها کند، کف اطاق با عجله خود را به آن میرساند. اگر کسی در داخل سعی کند که جهش کند، کف اطاقک بسرعت بالا آمده و زیر پای این شخص قرار میگیرد. کف اطاق بطور مداوم به چیزی که بر سر راه آن ظاهر شود ، تصادف میکند.

در داخل آسانسور، توضیح موقعیت کاملا با چیزی که بنظر ناظر خارجی میرسد، تفاوت میکند. برای فیزیک دانانی که در در این آسانسور زائیده و بزرگ شده اند، گفتگو در باره شتاب بسمت بالا مفهومی نداشته چون فراموش نکنید

www.takbook.com

که آسانسور پنجره ای ندارد. از نظر آنها سیستم مختصات آنها، کاملا در حال سکون میباشد. دلیل اینکه چیزها بر کف اطاق میافتند ، بخاطر عملکرد نیروی گرانش بوده ، همان چیزی که در سطح زمین ، اتفاق میافتد.

ناظران داخل و خارج آسانسور ، هردو توضیحات قانع کننده ای برای پدیده های داخل آسانسور ، عرضه میکنند. ما ناظرانی که در خارج از آسانسور ایستاده ایم، آنها را تحت تاثیر شتاب دائمی آسانسور مشاهده میکنیم. ولی آنهائی که داخل آسانسور هسند وضعیت خود را برای حضور یک نیروی گرانش ، شبیه گرانش زمین توضیح میدهند. هیچ راهی وجود ندارد که بتوان مشخص کرد که حق بجانب کدامیک از ما میباشد.

ما میگوئیم:

" قدری صبر کنید، فرض کنید که ما یک سوراخ کوچک در یکی از دیوارهای اطاقک آسانسور ایجاد کرده و یک پرتو نور از این طریق بداخل اطاقک بفرستیم. اگر آسانسور واقعا بیحرکت باشد، پرتو نور بطور مستقیم به دیوار روبروئی در نقطه عکس سوراخ ، خواهد افتاد . از آنجائیکه ما میتوانیم ببینیم که آسانسور بسمت بالا شتاب میگیرد ، اینرا میدانیم که دیوار اطاقک در زمانی که طول میکشد که پرتو نور از یک دیوار به دیوار دیگر برسد، آسانسور قدری بالاتر رفته و پرتو نور کمی پائین تر روی دیوار خواهد افتاد. در عمل، اینطور بنظر افراد داخل اطاقک خواهد رسید که پرتو نور بجای اینکه بخط مستقیم حرکت کند، یک مسیر منحنی طی خواهد نمود. همین به آنها ثابت خواهد کرد که آسانسور در حرکت است. "

جیم دو ویت دوست خیالی ما که البته داخل آسانسور است جواب میدهد که این چیزی را ثابت نمیکند. پرتو نور در این آسانسور در خط مستقیم حرکت نمیکند. ما در یک میدان گرانش قرار گرفته و نور همانطور که همه میدانند ، انرژی بوده و انرژی و ماده ، یک چیز هستند. نیروی گرانش ماده را به خود جذب کرده و یک پرتو نور که وارد آسانسور ما میشود، توسط نیروی گرانش ، به پائین کشیده میشود.

هیچ راهی وجود ندارد که ما بتوانیم جیم دو ویت را قانع کنیم که سیستم مختصات او در یک حالت تحرک شتابدار میباشد. هر چیزی که در این زمینه، گفته شود ، او رد خواهد نمود و آنرا به نیروی گرانش ربط خواهد داد. حقیقت اینست که بیهچوجه راهی وجود ندارد که بتوان یک حرکت با شتاب یکنواخت را از یک نیروی یکسان گرانش ، تشخیص داد.

این یکی دیگر از مثالهای اصل تعادل اینشتاین میباشد. در فضاهای محدود، گرانش معادل شتاب میباشد. ما قبلا دیده ایم که فرو افتادن در یک میدان گرانش معادل یک سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) میباشد. حالا ما میبینم که یک میدان گرانش معادل یک حرکت شتابدار است. بالاخره ما بیک تئوری جامع که همان تئوری نسبیت عام باشد، نزدیک میشویم. این تئوری برای تمام سیستم های مختصات قطع نظر از حالت تحرک آنها، صادق میباشد.

پُلی که توضیحات ناظران داخل و خارج آسانسور را بهم متصل میکند، نیروی گرانش است. چیزی که راهنمای اینشتاین برای ایجاد تئوری نسبیت عام شد، نیروی گرانش بود که به اندازه علم فیزیک سالخورده است.

* * * * *

دو نوع ' جرم ' وجود دارد که معنی آن اینست که دو طریق موجود است که در باره آن گفتگو کرد. نوع اول جرم، بنام جرم گرانش نامیده میشود. بطور عمومی این جرمی است که اندازه آن با ترازو سنجیده میشود. وقتی گفته میشود که یک جسم سه بار از جسم دیگر سنگین تر است به معنای اینست که سه بار بیشتر جرم دارد. جرم گرانش نیروئی است که از طرف زمین به جسم وارد میشود. قوانین نیوتون تاثیر این نیرو را تشریح کرده که هر چه از زمین دورتر شویم، اثر آن کمتر میشود. هرچند قوانین نیوتون تاثیر این گرانش را بیان میکند، چیزی در باره ماهیت آن نمیگوید. این همان راز و رمز ' عمل- در- یک مسافتی ' میباشد (صفحه ۱۶) . چگونه زمین بدون اینکه چیزی دیده شود، اجسام را بطرف خود میکشد؟

نوع دوم جرم ، بنام جرم اینرسی (لختی) نامیده شده و نشان دهنده مقاومت اجسام در مقابل شتاب (مثبت یا منفی) میباشد. بعنوان مثال سه بار بیشتر نیرو لازم است که سه واگن قطار را از حالت سکون به سی کیلومتر در

www.takbook.com

ساعت ، رساند (شتاب مثبت) تا اینکه فقط یک واگن را به این سرعت رساند. (صفحه ۸۰). بهمین قیاس ، وقتی واگن ها در حال حرکت هستند، برای متوقف کرده سه واگن ، سه برابر انرژی در قیاس با متوقف کردن یک واگن ، لازم است. دلیل این مطلب اینست که جرم اینرسی سه واگون، سه برابر جرم اینرسی یک واگون است.

مطلب مهم اینست که جرم گرانش و جرم اینرسی با هم برابر هستند. این میتواند دلیل اینکه یک پر پرنده و یک گلوله توپ با سرعتی یکسان در خلاء بزمین سقوط میکنند، بیان نماید. بدیهی است که گلوله توپ دارای صدها بار جرم گرانش بیشتر در مقایسه با پر میباشد (وزن آن بیشتر است). ولی در همین حال دارای صدها بار مقاومت بیشتر در قبال حرکت ، در مقایسه با پر سبک وزن میباشد. جذب شدن آن بسمت زمین صدها بار قویتر از پر بوده ولی در همان حال تمایل این جسم سنگین برای ساکن ماندن هم بهمان اندازه بیشتر است. در نتیجه، گلوله توپ با همان شتابی بسمت زمین حرکت خواهد کرد که پر حرکت میکند.

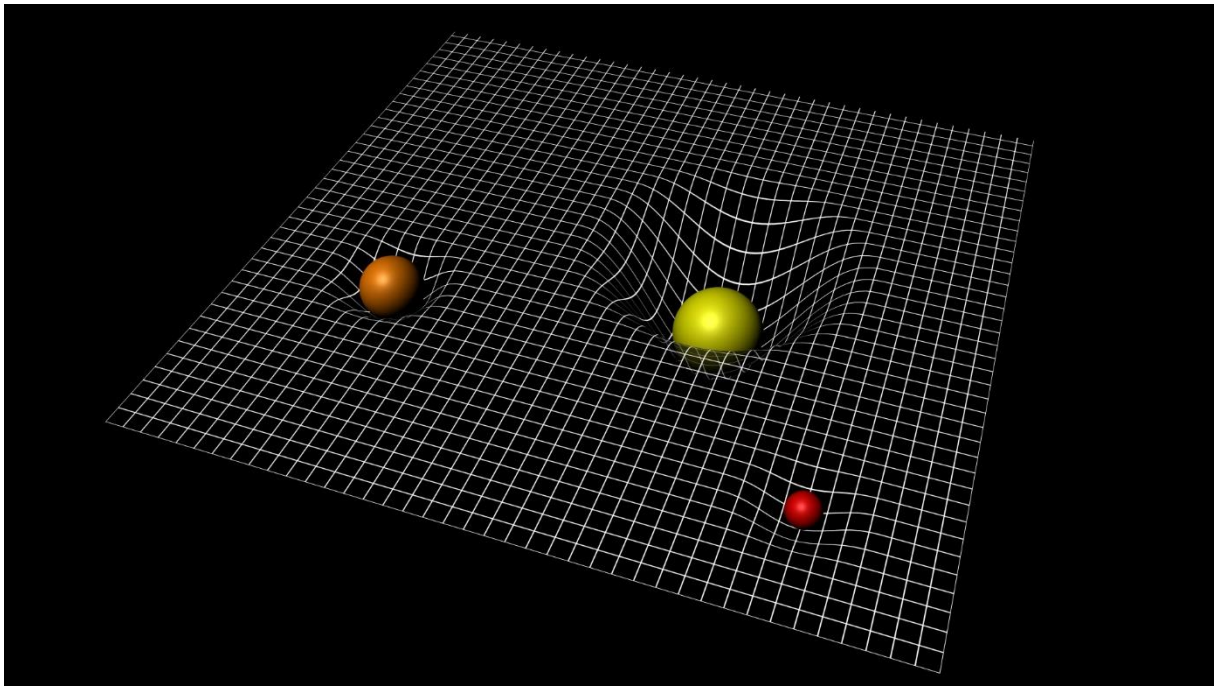
این حقیقت که جرم گرانش و جرم اینرسی معادل یکدیگر هستند، از سیصد سال پیش ، دانسته شده ولی فیزیک دانان آنرا یک واقعه اتفاقی میپنداشتند. هیچ گونه اهمیتی برای آن قائل نبوده تا اینکه اینشتاین تئوری نسبیت عام خود را بچاپ رساند.

این اتفاق ' تعادل ' بین جرم گرانش و جرم اینرسی راهنمائی برای اینشتاین شد که ' اصل تعادل ' را وارد مبحث علوم کرد. این همان چیزی است که او آنها را در مثال مشهور خود قضیه آسانسور مورد بررسی قرار داده است.

تئوری نسبیت خاص بر مبنای حرکت یکنواخت (بدون شتاب) بنا شده است. اگر شتاب در نظر گرفته نشود، نسبیت خاص ، کاربرد پیدا میکند. از آنجائیکه که گرانش و شتاب ، معادل یکدیگر هستند این بمثابه اینست که بگوئیم نسبیت خاص فقط وقتی کاربرد پیدا میکند که گرانش در نظر گرفته نشود. اگر تاثیر گرانش بایستی در نظر گرفته شود، در اینصورت بایستی تئوری نسبیت عام را بکار برد. در دنیای فیزیکی در دو مورد از تاثیر گرانش میتوانیم صرف نظر کنیم. (۱) در قسمتهای دور افتاده فضا که که از مرکز گرانش کاملا بدور است ، و (۲) در قسمت خیلی کوچک از فضا.

حال چرا در قسمتهای کوچک فضا میتوان از گرانش صرفنظر کرد ما را به بیشترین چهره روان گردان تمام تئوری های اینشتاین، راهنمائی میکند. گرانش در قسمتهای خیلی کوچک فضا قابل صرفنظر کردن است چون اگر این قسمت خیلی کوچک باشد، دیگر سلسله جبال معظم فضا – زمان قابل توجه نمیباشد.

طبیعت کانتینیوم (بهم پیوسته) فضا – زمان بی شباهت به یک منظره کوهستانی خارج از شهر نیست. تپه ها توسط قطعات ماده تشکیل یافته اند. هر قدر که این تکه بزرگتر باشد، بیشتر بافت کانتینیوم فضا – زمان را به انحنا میکشد.



www.takbook.com

در نقاط دور افتاده فضا، دور از هر ماده ای با اندازه بزرگ، بافت کانتینیوم فضا – زمان نظیر یک صفحه مسطح میشود. یک تکه ماده بزرگ نظیر زمین (قطعه سبز رنگ در تصویر بالا) در بافت کانتینیوم فضا – زمان ایجاد انحناء زیاد میکند.

وقتی یک جسم از میان کانتینیوم فضا – زمان عبور میکند، ساده ترین مسیر بین دو نقطه را انتخاب مینماید. ساده ترین مسیر بین دو نقطه در کانتینیوم فضا – زمان ژئودزیک نامیده میشود که اقصر فاصله بین دو نقطه واقع در سطح هر چیز مسطح بخصوص کروی، میباشد. یک ژئودزیک همواره یک خط مستقیم نبوده و بسته به طبیعت منظره ایست که جسم در آن وجود دارد.

فرض کنید که ما سوار بالنی شده و از بالا به کوهی نگاه میکنیم که فانوس دریائی بزرگی در بالای آن، بنا شده است. کوه بتدریج از سطح زمین بالا تر رفته و هر چه بالاتر میرود، شیب آن بیشتر میشود. در نزدیکی قله ، تقریبا بصورت عمودی بالا میرود. چندین دهکده در اطراف کوه وجود داشته و کوره راه هائی این دهکده ها را بیکدیگر متصل میکند. وقتی این کوره راه ها به کوه میرسند ، هر کدام بنحوی انحنا پیدا کرده ، که بدون جهت بسمت قله کوه نرود.

حالا فرض کنیم که شب فرا رسیده و ما دیگر قادر نیستیم که کوه و جاده های پائین را ببینیم. تنها چیزی که بچشم ما میرسد، فانوس دریائی و چراغ دستی مسافران در پائین کوه میباشد. همانطور که ما مشغول نگاه کردن هستیم، ما توجه پیدا میکنیم که این چراغ دستی ها وقتی به نزدیکی فانوس دریائی میرسند، از خط مستقیم انحراف حاصل کرده ، بعضی از آنها خیلی آرام چراغ دریائی را دور زده و برخی دیگر با شتاب بیشتری به چراغ نزدیک میشوند. ولی حتی این دسته از افرادی که چراغ دستی با خود حمل میکنند، وقتی کاملا نزدیک شدند، خیلی بسرعت منحرف میشوند.

از این مشاهده شبانه ، چیزی که ما استنباط میکنیم، ممکن است این باشد که چراغ دریائی ، تمام کوششی را که برای نزدیک شدن به آن انجام میشود، دفع مینماید. بعنوان مثال شاید این چراغ دریائی فوق العاده گرم بوده و نزدیک شدن به آنرا ، غیر ممکن میکند.

با فرا رسیدن روز و روشن شدن هوا ما میبینیم که فانوس دریائی دربالای کوه بنا شده و هیچگونه ارتباطی با حرکت افراد چراغ بدست ندارد. آنها بسادگی آسان ترین مسیر را انتخاب کرده در آن حرکت میکنند.

این تشبیه که بواقع یک شاهکار محسوب میشود، توسط برتراند راسل خلق شده است. در این تشبیه، کوه بلند خورشید بوده و و مسافران چراغ بدست سیاراتی هستند که در اطراف آن حرکت میکنند. کوره راه ، مسیر گردش آنها بوده و آمدن روز، آمدن تئوری نسبیت عام انیشتاین میباشد.

نکته در این است که اجرام فلکی در منظومه شمسی بخاطر این به دور خورشید حرکت نمیکنند که نیروی گرانش موهومی از طرف خورشید، به آنها وارد میشود. دلیل آن طبیعت فضای همسایه است که ازمیان آن، این سیارات حرکت میکنند.

آرتور ادینگتون همین وضعیت را بصورت دیگری بیان میکند. او پیشنهاد میکند که بر فرض ما سوار بر قایقی به آب تمیزی در زیر قایق نگاه میکنیم. ما میتوانیم سنگریزه های قعر رودخانه و ماهی هائی که در زیر قایق مشغول حرکت هستند ، ببینیم. در همان حال که نگاه میکنیم، بنظر میرسد که ماهی ها از یک نقطه بخصوص ، فرای هستند. وقتی به آن نقطه میرسند، یا بطرف راست و یا چپ آن ، شنا کرده ولی هرگز از روی آن ، رد نمیشوند. نتیجه ای که از این مشاهدات خود میگیریم ، اینست که یک نیروی باز دارنده در آن نقطه وجود داشته که باعث گریز ماهی ها از آن نقطه میشود.

ولی اگر وارد آب بشویم، و از نزدیک نگاه کنیم، متوجه خواهیم شد که یک خورشید ماهی بزرگ خود را در زیر سنگریزه ها پنهان کرده و یک تپه کوچک از سنگریزه ایجاد نموده است. ماهی هائی که در نزدیک کف رودخانه شنا میکنند ، وقتی به این تپه میرسند، ساده ترین راه را انتخاب کرده که دور زدن تپه میباشد. هیچ نیروئی وجود ندارد که که باعث شود ماهی ها از این نقطه گریزان شوند.

www.takbook.com

حرکت ماهی ها توسط نیروئی که توسط تپه ایجاد شود نبوده بلکه فقط بر حسب طبیعت محیطی است که آنها از آن عبور میکنند. (درضمن اسم خورشید ماهی ادینگتون ، آلبرت است.) اگر ما میتوانستیم ترکیب هندسی کانتینیوم فضا – زمان را بچشم خود ببینیم ، ملاحظه میکردیم که شباهتی بین سیارات منظومه شمسی و مثال ما وجود داشته و این نیروی بین اجرام نیست که آنها را بحرکت در میآورد.

بدبختانه برای ما میسر نیست که ترکیب هندسی فضا – زمان را مشاهده کنیم برای اینکه این ترکیب دارای یک بعد چهارم نیز بوده و تمام احساست ما که چیزها را در دنیای مادی تشخیص میدهند، صرفا محدود به سه بعد هستند که بهمین دلیل ، ما حتی نمیتوانیم آنرا تصویر کنیم.

بعنوان مثال فرض کنیم که دنیائی وجود دارد با مردم دو بُعدی که شبیه تصویر تلویزیون یا صفحه سینما میباشد. مردم و اجسام در چنین دنیائی ، ارتفاع و عرض داشته ولی دارای عمق نیستند. این موجودات دو بُعدی زندگی و ادراک خاص خود را دارند و دنیای آنها بطور کامل با دنیای ما فرق داشته و آنها نمیتوانند بُعد سوم را تجربه کنند.

یک خط مستقیم بین دو نفر آنها ، بنظرشان مانند یک دیوار میآید. آنها میتوانند از دو انتهای این خط عبور کنند ولی قادر نیستند که روی این خط ، پا بگذارند برای اینکه موجودیت فیزیکی آنها به دو بُعد محدود میگردد. آنها از این صفحه ای که در روی آن هستند، جدا شده و پا به دنیای سه بُعدی بگذارند. آنها بخوبی میدانند که یک دایره چیست ولی هیچ راهی ندارند که بتوانند کره را درک نمایند. در حقیقت یک کره ، بنظر آنها یک دایره میرسد.

اگر آنها میل داشته باشند که دست به اکتشاف بزنند، خیلی زود متوجه خواهند شد که دنیای آنها مسطح و بی پایان است. اگر دو نفر از آنها در دو جهت مخالف حرکت کنند، هرگز بیکدیگر نخواهند رسید.

آنها میتوانند یک هندسه خیلی ساده خلق نمایند. خیلی زود آنها موفق خواهند شد که قوانین ساده هندسی را کشف کنند. بعنوان مثال آنها کشف خواهند کرد که سه میله فلزی ، شکلی را درست میکند که به اسم مثلث نامیده میشود. مجموع زوایای این مثلث ، قطع نظر از طول اضلاع آن، پیوسته۱۸۰ درجه خواهد بود. آنها خیلی زود خواهند فهمید که برای مطالعه خواص مثلث ، لزومی به داشتن میله های فلزی نداشته و سه خط راست میتواند یک مثلث بسازد.

این همان هندسه ای هست که ما در دبستان ، فرا گرفته ایم. این را هندسه اُقلیدس نامیده که اسم دانشمندی یونانی بوده که بعد از دو هزار سال، هنوز هندسه او ، در مدارس ، تدریس میشود.

حالا فرض کنیم که شخصی بدون اطلاع آنها، این انسانهای دو بعدی را از دنیای مسطح خود جدا کرده و به سطح یک کره خیلی بزرگ، منتقل کرده است. این بدان معنی است بجای یک سطح کاملا مسطح ، دنیای جدید آنها قدری انحنا پیدا کرده است. در ابتدا هیچ کس نمیتواند تغییری احساس نماید. هرچند که اگر تکنولوژی آنها ترقی حاصل کرده و امکان مسافرت را پیدا کنند، این مردم در آخر ، بیک کشف بزرگ، نائل خواهند شد. آنها خواهند فهمید که هندسه آنها کاملا مناسب زندگی جدیدشان نیست.

بعنوان مثال اگر آنها یک مثلث خیلی بزرگ را بررسی و زوایای آنرا اندازه گیری کنند، به این نتیجه خواهند رسید که که مجموع زوایا از ۱۸۰ درجه تجاوز میکند. این یک پدیده ساده ای برای ما محسوب شده چون فقط بایستی تصور کرد که این مثلث روی کره زمین، تصویر شده است. بالای مثلث در قطب شمال قرار دارد و دو ضلع دیگر مثلث در این نقطه بهم رسیده و تشکیل یک زاویه قائمه میدهد. ضلع پائین مثلث در روی خط نصف النهار زمین قرار گرفته است. حالا ببینید که چه اتفاقی میافتد. هر دو ضلع دیگر این مثلث وقتی بنصف النهار رسیده و ضلع پائین مثلث را قطع میکنند، با این ضلع زاویه ۹۰ درجه تشکیل میدهند. به موجب اصل اقلیدس مجموع زوایای یک مثلث ۱۸۰ درجه بوده ولی مجموع زوایای این مثلث بزرگ سه زاویه قائمه یعنی ۲۷۰ درجه میباشد. عجب سر در گمی پیچیده ای. وقتی خوب فکر کردند به این نتیجه میرسند که فقط دو استدلال وجود دارد. در ضمن فراموش نکنید که آدمهای دو بُعدی مثلث را بنا به عادت خود روی زمینی اندازه گیری کردند که تصور میکردند مسطح میباشد.

استدلال اول چنین است که خطوطی برای درست کردن مثلث از آن استفاده شد، واقعا خطوط مستقیمی نیستند. هرچند که بنظر مستقیم میآیند. این میتواند باعث ازدیاد درجه در مثلث باشد. حال اگر این استدلال را قبول داشته باشند، آنها میبایستی نیروئی تعریف کنند که باعث خم شدن خطوط مثلث میشود (بعنوان مثال نیروی گرانش) .

استدلال دوم میتواند این باشد که هندسه ساده و محدود آنها قابل تعمیم به دنیای واقعی نیست. این بهمان معنی است که اظهار کنیم که کائنات آنها ، اقلیدسی نیست.

www.takbook.com

این اظهار نظر که واقعیت فیزیکی آنها اقلیدسی نیست، طوری بنظر آنها عجیب جلوه میکند (مخصوصا اگر برای بیشتر از دو هزار سال به هندسه اقلیدسی عادت کرده باشند) که به احتمال زیاد به استدلال اولی رو آورده و نیروئی را برای خم کردن خطوط مستقیم خود ، تعریف میکنند.

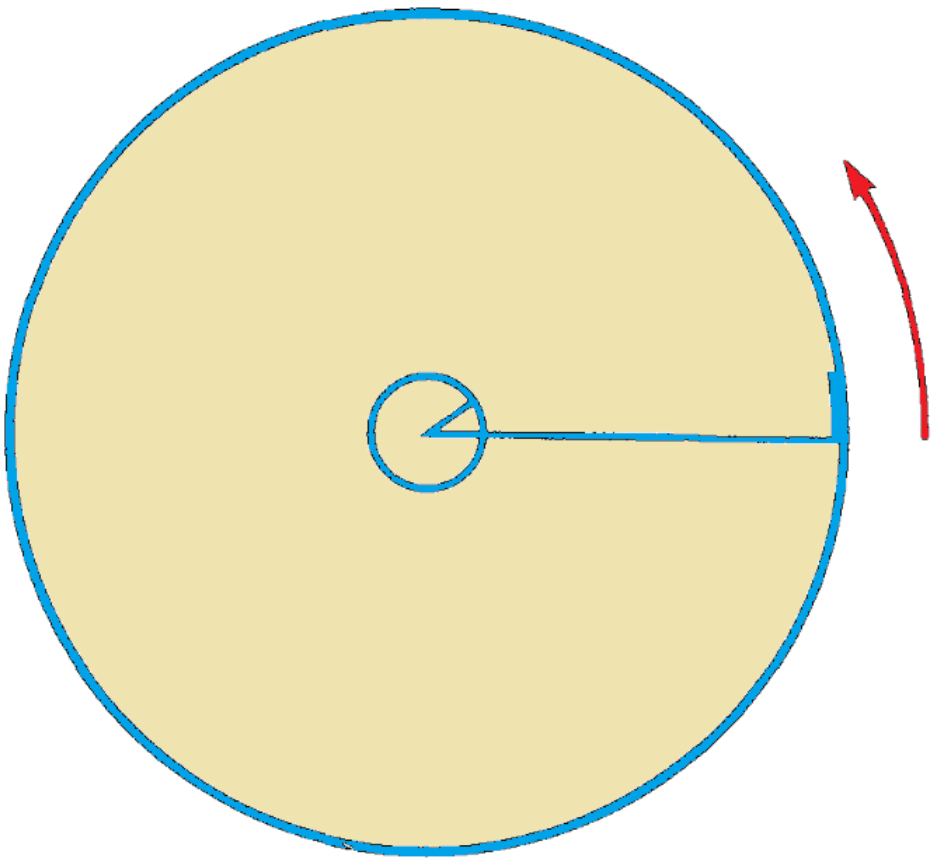
مشکل انتخاب این راه اینست که هربار دنیای فیزیکی آنها مواجه با اشکالی که در رابطه با هندسه اقلیدسی میشود، آنها بایستی یک نیرو برای توجیه این وضع ، خلق نمایند. درچنین صورتی، بعد ازمدتر وضع طوری پیچیده ، در هم و برهم میشود که به این نتیجه میرسند که بهتر و ساده تر است که همه این ها فراموش کرده و قبول کنند که در دنیای فیزیکی واقعی، جائی برای هندسه اقلیدسی نیست.

وضعیت خود ما کاملا مشبه و بموازات آدمهای دو بُعدی بوده که قادر به تصور دنیای سه بعدی نبوده ولی قبول میکنند که در چنین دنیائی زندگی میکنند. ما انسانهای سه بعدی هستیم که تصور دنیای چهار بعدی برای ما ممکن نبوده ولی قبول کرده ایم که در یک کائنات چهار بعدی زندگی میکنیم.

برای دو هزار سال ما چنین تصور کرده ایم که در جهانی زندگی میکنیم که بر مبنای هندسه اقلیدسی ، ساخته شده است. اینکه هندسه اقلیدس در تمام کائنات معتبر است، به این معنی است که قوانین این هندسه در تمام جهان هستی معتبر و جاری است. این فرض درست نیست. اینشتاین اولین نفری بود که درک کرد که کائنات محدود به هندسه اقلیدسی نشده هرچند که ذهن ما با پشتکار زیادی بر این عقیده پافشاری میکند که اصول اقلیدسی در تمام گوشه و کنارهای کائنات ، صدق مینماید.

درست است که ما قادر نیستیم که کانتینیوم چهار بعدی زمان – مکان را مستقیما تصور کنیم، از اطلاعاتی که تا کنون از تئوری نسبیت خاص دریافت کرده ایم، چنین نتیجه بگیریم که دنیای ما یک دنیای اقلیدسی نیست. در اینجا یک آزمایش فکری دیگر اینشتاین را مطرح میکنیم.

دو دایره متحد المرکز را که یکی دارای قطری کوچک و دیگری قطر بسیار بزرگی دارد، در نظر بگیرید. مطابق شکل هردو آنها در جهتی که نشان داده شده، در حال چرخش هستند.



www.takbook.com

همچنین تصور کنید که ما ناظران ، به این دوایر از یک سیستم مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) نگاه میکنیم. این البته بدان معنی است که سیستم مختصات ما نسبت به هر چیز دیگر، منجمله دایره های چرخنده ساکن است. یک جفت دایره هم مرکز که کاملا شبیه دوایر قبلی هستند ، روی آنها کشیده شده و در چهارچوب مختصات ما قرار دارند. این دوایر ، چرخشی نداشته ، بهمان اندازه دوایر چرخنده بوده و مرکز آنها بر مرکز دوایر در حال چرخ ، منطبق است. آنها از جای خود تکان نمیخورند. در حالیکه ما و دوایری که چرخشی ندارند، در حال سکون هستیم، با یک ناظری که روی دوائر در حال چرخ قرار دارد، سر صحبت را باز میکنیم. این ناظر در حقیقت بهمراه دوایر در حال گردش، در حال چرخش است.

بر حسب هندسه اقلیدس، نسبت شعاع به محیط تمام دوایر ، یکسان میباشد. بعنوان مثال اگر ما شعاع و محیط دایره کوچک را اندازه گیری کنیم، نسبت این دو عدد درست برابر نسبت شعاع دایره بزرگتر به محیط آن خواهد بود. دلیل انجام این آزمایش فکری اینست که آیا این نتایج برای ما که ناظران ساکنی بوده و ناظری که در حال چرخش است ، یکسان میباشد. اگر هندسه اقلیدس در تمام کائنات با ارزش و کار آمد باشد، ما به این نتیجه خواهیم رسید که نسبت شعاع تمامی دوایر به محیط آنها، عددی ثابت خواهد بود.

هردو ما و ناظر دیگر از همان خطکش برای اندازه گیری استفاده میکنیم.

ما اول شروع میکنیم. با استفاده از خطکش ، ابتدا شعاع دایره کوچکتر را اندازه گرفته و سپس محیط آنرا اندازه میگیریم. بعد ما نسبت این دو عدد را پیدا مینمائیم. قدم بعدی عین همین کار را برای دایره بزرگتر انجام میدهیم. نسبت این دو عدد را پیدا کرده که کاملا مساوی نسبت قبلی است. به این ترتیب ، ما ثابت کرده ایم که هندسه اقلیدس در سیستم مختصات ساکن ما ، بطور کامل ، کاربرد دارد.

در این موقع ما خط کش را به ناظر دیگر داده و این بار او همان کار ما را انجام داده و نسبت شعاع به محیط دایره کوچک را که در چرخش است ، بدست میآورد. فراموش نکنید که خطکش در جهت حرکت ، قدری کوتاهتر میشود. هرچند که بعلت کوچک بودن شعاع دایره کوچک، وقتی از خطکش استفاده میشود که محیط دایره کوچکتر اندازه گیری شود، اندازه خطکش بخاطر سرعت کم ، تفاوت چندانی نخواهد داشت. این ناظر اندازه محیط دایره کوچک را ، درست معادل اندازه محیط دایره کوچک ما، اندازه گیری میکند. پس تا اینجا همه چیز به خوبی و خوشی جلو رفته است. این درست چیزی است که در هندسه مدارس متوسطه تدریس میگردد . حالا فقط یک دایره دیگر باقی مانده است.

ناظر متحرک شروع به اندازه گیری شعاع دایره بزرگ با خطکشی که ما به او دادیم، مینماید. بار دیگر او اندازه این شعاع را به اندازه شعاع دایره بزرگ ما اندازه گیری مینماید. بعد از این ، او بسراغ دایره بزرگتر رفته ولی به محض اینکه او خطکش را برای اندازه گیری محیط دایره بزرگ ، بکار میبرد، در اثر حرکت سریع دایره بزرگ ، خطکش او کوتاهتر میگردد.

وقتی ناظر دوم این خطکش را برای اندازه گیری بکار میبرد ، به این نتیجه میرسد که محیط این دایره از محیط دایره بزرگ ما بیشتر است. دلیل آنهم اینست که خطکش او کوتاهتر شده است.

این بدان معنی است که نسبت بین شعاع و محیط دایره کوچک همان اندازه نسبت بین شعاع و محیط دایره بزرگتر نیست. این بر خلاف هندسه اقلیدسی است.

اگر ما در دنیای قبل از اینشتاین زندگی میکردیم، میتوانستیم بگوئیم که این وضعی کاملا هم غیرعادی نیست. بر حسب تعریف، قوانین مکانیک و هندسه اقلیدس فقط در مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) صادق هستند. ما هم هیچ مختصات دیگری که سیستم مختصات ماندی (اینرسی) نباشد، قبول نمیکنیم. این طرز رفتار فیزیک دانان قبل از اینشتاین بود و درست همان چیزی بود که فیزیک دانان معاصر او، از او ایراد میگرفتند. ولی اینشتاین به این نتیجه رسیده بود، که همه بقیه در اشتباه بوده و او فیزیکی را درست خواهد کرد که برای تمام سیستم های مختصات، کارآئی داشته باشد. چون کائنات هم از سیستم های مختصات سیستم مختصات ماندی (اینرسی) و غیر سیستم مختصات ماندی (اینرسی) ، درست شده است.

www.takbook.com

اگر قرار باشد که ما یک فیزیک عمومی ابداع کنیم که در تمام کائنات کار آئی داشته باشد، در این صورت بایستی هردو ناظران را که یکی در سیستم اینرسی (ماندی) بوده و ساکن میباشد و دیگری در سیستم غیر اینرسی در حال چرخیدن بوده، بطرز مساوی با آنها رفتار نمائیم. شخصی که روی دایره در حال چرخش است ، همانقدر حق دارد که دنیای فیزیکی آنطور که احساس میکند، در مقایسه با ما که ساکن هستیم، بیان نماید. درست است که قوانین مکانیک و هندسی اقلیدس در مورد او که در سیستم مختصات غیر اینرسی قرار گرفته ، جاری و صادق نیست ولی هر انحراف از این قوانین را میتوان برحسب نیروی گرانش که بر سیستم او اثر میگذارد، توجیه نمود.

این کاری است که تئوری اینشتاین به ما اجازه میدهد که انجام بدهیم. این تئوری به ما اجازه میدهد که قوانین فیزیک را بطریقی بیان کنیم که این قوانین مستقل از یک سیستم مختصات خاص زمان – مکان باشند. سیستم مختصات زمان – مکان (اندازه گیری) از یک سیستم مختصات به یک سیستم دیگر میتواند متفاوت بوده و بستگی به وضعیت حرکت سیستم مختصات در حال حرکت دارد. تئوری نسبیت عام به ما اجازه میدهد که به قوانین فیزیک جنبه عمومیت داده و آنها را به کلیه سیستم های مختصات ، تعمیم بدهیم.

ما میگوئیم :

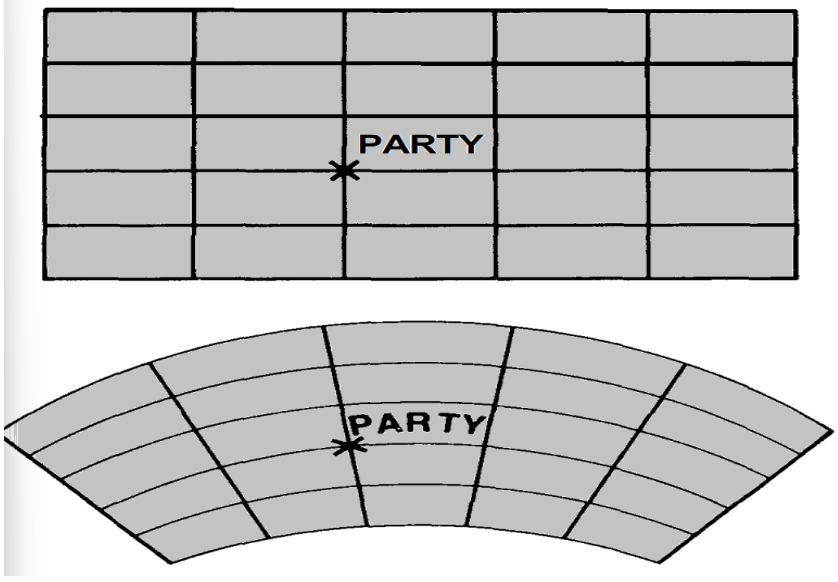
" یک لحظه صبر کنید. چطور ممکن است که کسی بتواند فاصله ای اندازه گیری کرده در یک سیستم مختصاتی مانند آن دایره ای که دور خودش میچرخد؟ طول خط کش از هر نقطه به نقطه دیگر تفاوت کرده و این کار اندازه گیری را غیرممکن میسازد. هر چقدر که از مرکز دایره دور تر شویم، سرعت خط کش بیشتر شده و طول آن در نتیجه کمتر میشود. در یک سیستم مختصات اینرسی (مانده) که سیستم بدون تحرکی است، این اتفاق نمیافتد. دلیل آنهم اینست که هیچ تغییری در چنین سیستم مختصاتی ایجاد نمیگردد. خطکش ها طولشان عوض نمیشود. "

" این به ما اجازه میدهد که سیستم اینرسی را مانند یک شهر ، ترتیب بدهیم. قطعه های کم و بیش یکسان که از ساختمان ها تشکیل شده اند . چون در سیستم اینرسی طول خطکش ها تغییر نمیکند، تمام قطعات ساختمانی که با همان خطکش اندازه گیری شده اند، دارای همان طول میباشند. قطع نظر از اینکه شما در چنین شهری به کجا بروید، ما میدانیم که طول ده قطعه که از تعداد مشخصی ساختمان تشکیل شده، دو برابر طول پنج قطعه میباشد. "

" ولی در سیستم غیر اینرسی سرعت هر نقطه با نقطه دیگر ، متفاوت است. معنای آن اینست که طول خطکش ما از هر نقطه به نقطه دیگر ، تغییر پیدا میکند. اگر برای ساختن یک شهر در سیستم غیر اینرسی ، ما از همین خطکش برای طرح قطعات ساختمانی استفاده کنیم، نتیجه کار به این صورد در خواهد آمد که بعضی از این قطعات بر حسب اینکه در چه نقطه ای از شهر قرار داشته باشند، میتوانند از بقیه بزرگتر (و یا کوچکتر) باشند. "

جیم دو ویت دوست خیالی ما جواب میدهد:

" خوب این چه عیبی دارد؟ تا وقتی که ما بتوانیم موقعیت خود را در این سیستم ، مشخص کنیم، مشکلی پیش نخواهد آمد. مجسم کنید که ما روی یک ورقه نازک لاستیک سفید رنگ ، یک شبکه با ماژیک ترسیم کرده ایم.



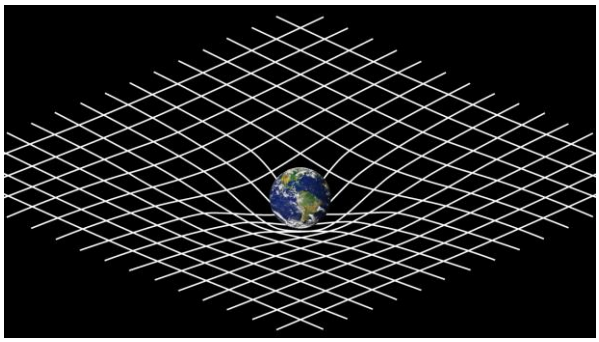
www.takbook.com

این سیستم مختصات ما میباشد. فرض کنیم که یک مهمانی (پارتی) در نقطه ای که با یک علامت ضربدر در تصویر بالائی مشخص شده، برقرار شده و ما را هم دعوت کرده اند. برای رفتن به آنجا ما بایستی دو مستطیل به راست و دو مستطیل بالا برویم. "

" حالا فرض کنیم که ما بر حسب اتفاق ، این صفحه لاستیکی را کشیده ایم. حالا یک شکلی نظیر شکل پائینی پیدا خواهد کرد. درست بهمان طریق قبلی ، دو مستطیل براست و دو مستطیل بچپ ، مارا به به مقصد خود خواهد رساند. "

تنها تفاوتی که ایجاد شده اینست که ما نمیتوانیم مسافتی را که قرار است طی کنیم ، بسادگی مدل قبلی محاسبه نمائیم مگر اینکه از قبل با این قسمت از شهر ، آشنا شده باشیم.

به موجب تئوری نسبیت عام، نیروی جاذبه که معادل شتاب میباشد چیزیست که کانتینیوم زمان – مکان را منحرف کرده ، درست مانند کاری که ما باکشیدن صفحه لاستیکی انجام دادیم. وقتی از تاثیر گرانش بتوان صرفنظر کرد، طرح کانتینیوم زمان – مکان شبیه طرح روی صفحه پلاستیکی شده قبل از اینکه کشیده شود. تمام خطوط مستقیم بوده و تمام ساعتها ، با یکدیگر تنظیم شده اند. بعبارت دیگر طرح روی صفحه پلاستیکی قبل از کشیده شدن، معادل کانتینیوم زمان – مکان بوده که در یک سیستم مختصات اینرسی قرار هرفته باشد. در این حالت ، تئوری نسبیت خاص در این مورد، صادق خواهد بود.



هرچند که درکائنات بطور کلی از تاثیر نیروی گرانش نمیتوان صرفنظر کرد. در هر کجا که ماده یافت میشود ، بر حسب جرم خود، کانتینیوم زمان – مکان را منحرف خواهد کرد.

در مثال دوایر چرخنده ، تغییرات سرعت در نقاط مختلف سیستم محورهای مختصات باعث تغییر طول خطکش میگردید. با در نظر گرفتن این واقعیت، بخاطر داشته باشید که شتاب، معادل ثقل میباشد. به این ترتیب، تغییرات در نیروی گرانش همانقدر تغییر طول در خط کش ایجاد خواهد کرد که تغییرات سرعت (شتاب). این بدان معنی است که اگر خطکش در معرض تغییرات میدان گرانش قرار بگیرد، طول آن تغییر خواهد کرد.

البته غیر ممکن است که از داخل منظومه شمسی عبور کنیم بدون اینکه در معرض میدان گرانش سیارات با شدت های متفاوت قرار بگیریم. همین باعث خواهد شد که هر نقشه ای داشته باشیم، مانند این تصویر ، انحراف حاصل نماید. سرزمین ناهموار بافت زمان – مکان که کره زمین از داخل آن عبور میکند ، مانند یک طبیعت با تپه و ماهور فراوان بوده که خورشید مانند یک کوه عظیم در وسط آن تمام منظره را تحت الشعاع خود قرار میدهد.

به موجب قانون نیوتون ، زمین میل دارد که به حرکت مستقیم الخط خود تا ابد ادامه دهد. ولی تا ابد تحت تاثیر نیروی گرانش خورشید، مسیرش انحراف حاصل خواهد کرد. منتجه این دو نیرو باعث خواهد شد که که در یک مدار بیضوی، بدور خورشید گردش کند. بر حسب تئوری اینشتاین، مداری که زمین انتخاب میکند، ساده ترین مسیر ممکنه برای عبور از بافت (کانتینیوم) زمان – مکان میباشد. مسیری که توسط خورشید خمیده میشود.

به این ترتیب میتوان تصور کرد که جغرافیای بافت زمان – مکان کائنات ما که در آن منظومه شمسی، ستارگان و مجموعه کهکشان وجود دارد تا چه حد میتواند پیچیده بوده ، دارای پستی و بلندیهای فراوان، کوه و دشت در بافت چهار بُعدی زمان و مکان میباشد.

آیا واقعا امکان دارد که تحت چنین شرایطی بتوان مسیر خود را تشخیص داد؟

بله ... این امکان وجود دارد. هرچند که مثال دقیقی نیست ولی دریانوردان ما مسیر خود را تحت شرایط مشابهی پیدا میکنند. ما کره زمین خود را با ترسیم خطوطی به مربع های تقریبا یک اندازه تقسیم کرده که از طول و عرض جغرافیائی زمین تشکیل شده اند. البته اندازه این مربع ها کاملا یک اندازه نبوده و هرچه به نصف النهار نزدیکتر میگردند ، بزرگتر میشوند. اگر این توضیح به اندازه کافی روشن نیست، کافیست با دقت به کُره جغرافیائی نگاه کنید. با این وجود ما هنوز میتوانیم با داشتن طول و عرض جغرافیائی، هر نقطه ای را روی زمین پیدا کنیم. البته شمارش مربع ها طول واقعی یک مسیر را بدست نمیدهد چون اندازه آنها متغییر است ولی اگر از قوانین مثلثاتی کروی

www.takbook.com

استفاده نمائیم (چون در حقیقت زمین یک جسم کروی بیش نیست) ، این امکان وجود دارد که فاصله نسبتا درستی بین محلی که ایستاده ایم و مقصدی که در پیش داریم، پیدا کنیم.

بهمین نسبت، وقتی ما خواص یک منطقه پیوستار (continuum) زمان و مکان را بدست آوردیم، نه تنها میتوانیم موقعیت آنرا مشخص کنیم ، بلکه فاصله بین دو و قعه فیزیکی را در چنین بافتی ، محاسبه نمائیم. ساختمان ریاضیاتی تئوری نسبیت عام که اینشتاین در طول ده سال آنرا بوجود آورد به ما چنین اجازه ای را میدهد.

معادلات تئوری نسبیت عام فرمول های اساسی و ساختمانی هستند. آنها ساختمان میدان گرانش متغییر را برای ما تشریح میکنند. فرمول های نیوتون یک وضعیت را در بین دو جسم در هر زمان محاسبه میکند. فرمول های اینشتاین یک موقعیت اینجا و همین الآن تشریح کرده و آنرا با یک وضعیت در مجاورت و در زمانی کمی بعد مقایسه مینماید. اگر ما اطلاعاتی را که از ناظر بودن بدست آورده ایم در این معادلات قرار بدهیم، این معادلات تصویری از بافت زمان – مکان ناحیه تحت نظر ما ، بدست میدهد. بعبارت دیگرآنها وضعیت هندسی زمان – مکان را در آن محوطه نشان میدهند. وقتی ما به این اطلاعات دستیابی پیدا کردیم، وضع ما بی شباهت به وضع دریانوردان نخواهد بود که میدانند زمین گرد است و از علم مثلثات کروی نیز برخوردار هستند.

چیزی که ما تا اینجا گفته ایم اینست که ماده (اجسام) در بافت زمان – مکان آن نزدیکی تولید انحراف میکند. به موجب نظریه نهائی اینشتاین که او هرگز آنرا به اثبات نرساند، یک قطعه ماده یک انحنا در بافت زمان – مکان است. بعبارت دیگر، چیزی به اسم میدان گرانش و جرم وجود ندارد. اینها فقط در فکر بوجود آمده و در دنیای واقعی، چنین چیزی وجود ندارد. گرانش هم چیزی جز شتاب نیست. جرم هم انحناء بافت زمان – مکان بوده و حتی چیزی به اسم انرژی هم وجود ندارد چون انرژی همان جرم میباشد.

چیزی که ما بعنوان یکی از سیارات که میدان گرانش خود را دارد و در مداری بدور خورشید گردش میکند، در حقیقت چیزی جز انحناء بافت زمان – مکان نبوده و ساده ترین راه را برای گذشتن از یک بافت زمان – مکان با انحناء بسیار زیاد که توسط خورشید ایجاد شده ، انتخاب میکند.

هیچ چیز دیگری بجز زمان – مکان و حرکت وجود نداشته و انها هم همان چیز هستند. این یک تفسیر خوبی به زبان مغرب زمینی ها در باره فلسفه بودا میباشد.

فیزیک مطالعه واقعیت های فیزیکی بوده و اگر یک تئوری ارتباطی با با دنیای فیزیکی پیدا نکند، ممکن است که ریاضیات محض ، اشعار و فلسفه بوده ولی فیزیک نیست. در اینجاست که تئوری برجسته اینشتاین ، ارزش واقعی خود را آشکار میکند. ولی سؤآل اینست که آیا واقعا این تئوری در همه جا کارآئی دارد؟

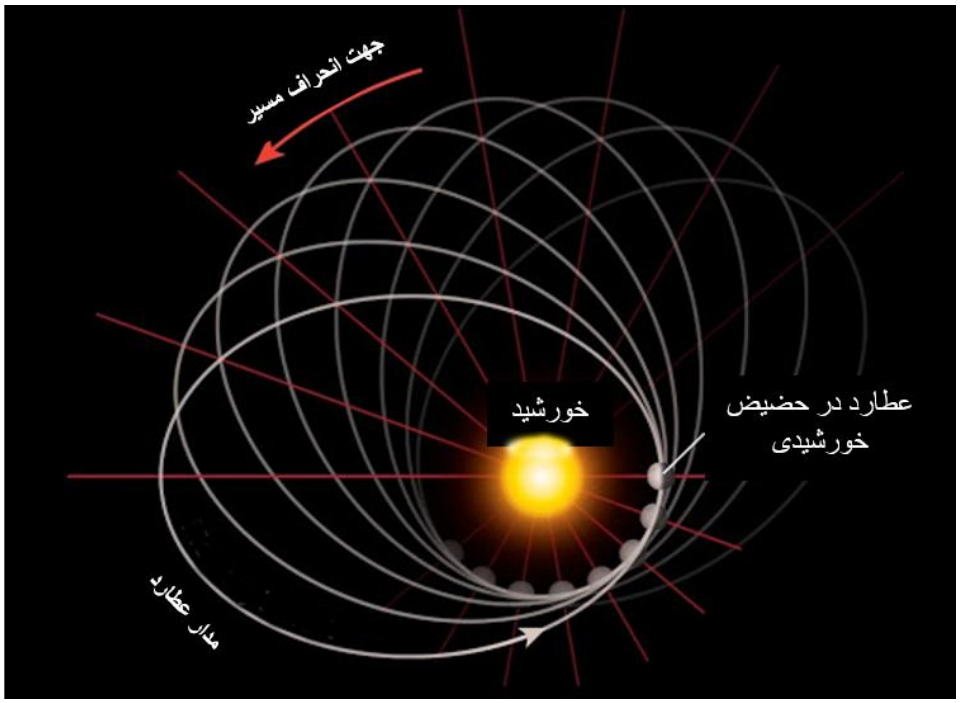
جوابی که همه با آن موافق نیستند، ' بله ' است. بیشتر فیزیک دانان موافق هستند که تئوری نسبیت عام یک روش درست برای مطالعه پدیده های خیلی بزرگ است . در همین حال خیلی از فیزیک دانها هم میل دارند که شواهد بیشتری برای تثبیت این تئوری پیدا کنند.

از آنجائیکه این تئوری با سرتا سر کائنات سر و کار دارد، چنین شواهدی نمیتواند توسط ناظرانی که در کره زمین هستند ، بدست بیاید. از این جهت از علم نجوم کمک گرفته میشود.

تا کنون چهار مرتبه این تئوری مورد بررسی قرار گرفته است. سه طریق اول کاملا سر راست و قابل قبول بوده است. آخرین روش اگر مشاهدات اولیه درست باشد، ممکن است که حتی از خود تئوری هم هیجان انگیز تر باشد.

اولین روش استفاده غیر منتظره از دانشمندان علم نجوم بود. قانون نیوتون تصریح مینماید که مدار گردش تمام سیارات بدور خورشید ، قابل محاسبه است. همه بجز عطارد (مرکوری) . مدارهای عطارد بنحوی است که بعضی از مدارات آنرا خیلی به خورشید نزدیک میکند. این مداری که خیلی به خورشید نزدیک میشود، در علم نجوم حضیض خورشیدی (perihelion) نامیده میشود. اولین امتحان تئوری نسبیت عام اینشتاین ، تفسیر مسئله حضیض خورشیدی سیاره عطارد بود.

www.takbook.com



مسئله مدار سیاره عطارد قضیه جدیدی نیست. بجای اینکه مانند بقیه سیارات بطور دائم مسیری را به دور خورشید ادامه دهد ، خود مدار همچنانکه از شکل پیداست ، بدور خورشید گردش میکند. این خیلی به تانی صورت میگیرد ولی با این وجود کافی بوده که دانشمندان نجوم را سر در گم نماید. قبل از اینشتاین ، این عملکرد عجیب به وجود یک سیاره ناپیدا در منظومه شمسی ، نسبت داده میشد. وقتی اینشتاین تئوری نسبیت عام خود را به چاپ میرساند، کوشش برای حل این معما، در حال انجام بود.

اینشتاین تئوری خود را بدون توجه به مسئله عطارد بوجود آورد. هرچند که بعد از اینکه تئوری او به این مسئله اعمال شد، ، نشان داده شد که عطارد درست همان کاری را میکند که میبایستی در نزدیکی خورشید در موقع عبور از پیوستار زمان - فضا انجام بدهد. بقیه سیارات چنین حرکتی را انجام نمیدهند ، برای اینکه آنها از تاثیر گرانش خورشید، خیلی دور هستند.

بطوریکه در شکل دیده میشود، عطارد که کوچکترین سیاره بوده، نزدیکترین سیاره به خورشید است. زمین در موقعیت سوم قرار دارد.

www.takbook.com

دومین تایید برای تئوری نسبیت عام یک پیش بینی بود که توسط خود اینشتاین انجام گرفت. اینشتاین پیش بینی کرده بود که پرتو نور در برخورد با میدان گرانش ، انحراف حاصل میکند. او همچنین اعلام داشت که قادر است مقدار این انحراف را محاسبه کرده و پیشنهاد نمود که این را بطریق تجربی امتحان نمایند. پیشنهاد او این بود که دانشمندان علم نجوم انحراف نور ستارگان توسط خورشید ، اندازه گیری کنند.

بعقیده اینشتاین وجود خورشید بین تعدادی ستارگان که به چشم میآمدند و زمین باعث تغییر مکان ظاهری ستاره ها شده چون نوری که از آنها بچشم میرسد توسط میدان گرانش خورشید ، خم میشود. برای انجام چنین آزمایشی، لازم است که از یک گروه از ستارگان در شب ، عکس برداری کرده و موقعیت آنها را با یکدیگر و با بقیه ستارگان سنجید. بعد از همین گروه از ستارگان را در طول روز عکس گرفت که با عکسی که در شب گرفته شده بود، مقایسه گردد. بدیهی است که فقط در شب میتوان از ستارگان عکس گرفت و بهمین دلیل آنها میبایستی صبر کنند تا کسوف خورشید اتفاق افتاده ، ماه بین زمین و خورشید قرار گرفته و در این فاصله زمانی محدود که همه جا تاریک میشود، میتوان از ستارگان در روز ، عکس گرفت.

دانشمندان نجوم بعد از مطلعه دقیق به این نتیجه رسیدند که بیست و نهم ماه مه همان سال یک روز کامل برای چنین منظوری خواهد بود. در این موقع خورشید در مقابل یک گروه ستاره بسیار درخشان قرار میگیرد. در این حال یک اتفاق عجیب و نادر رخ داد و فقط چهار سال بعد از اعلام تئوری نسبیت عام، یک کسوف کامل که فقط هر چهار صد سال یکبار اتفاق میافتد، در ماه مه ۱۹۱۹ ، پیشبینی گردید. تدارکات مفصلی برای استفاده از این موقعیت نادر برای تثبیت تئوری اینشتاین، بر پا گردید.

نور ستارگان وقتی به نزدیکی خورشید میرسد ، تحت تاثیر نیروَ گرانش خورشید خم شده و از مسیر مستقیم خود، منحرف میگردد.

هرچند که نور تصور میشود که در خلاء بخط مستقیم حرکت میکند، حتی قبل از تئوری اینشتاین، قدری خم شدن آن پیشبینی شده بود. برای محاسبه این انحراف از قوانین نیوتون اسفتاده شده ، هر چند که امکان تفسیر آن ، موجود نبود. تئوری اینشتاین پیش بینی میکند که این انحراف بیشتر از دو برابر مقداری است که قانون نیوتون پیش بینی کرده بود. بعلاوه تئوری اینشتاین ، توضیح و تفسیر خوبی هم برای این پدیده ، ارائه داد. فیزیک دانان و دانشمندان نجوم با بی صبری منتظر نتیجه مبارزه بین تئوری جدید و قدیم ، بودند.

کسوف سال ۱۹۱۹ بوسیله دو گروه که به دونقطه مختلف جهان فرستاده شدند ، عکس برداری شد. وقتی خورشید در آسمان نبود آنها از آسمان و ستارگان همین منطقه عکس گرفتند. نتایج هر دو گروه ، تئوری اینشتاین را ثابت کرده و محاسبات نیوتون درست از کار در نیامده بود. بعد از این ، در موقع کسوف های دیگر ، همین نتایج تکرار شد.

www.takbook.com

تمامی آنها پیش بینی اینشتاین را تصویب میکردند. این داستان دومین کوشش برای تایید فرضیه نسبیت عام اینشتاین بود که با موفقیت برای اینشتاین ، انجام گرفت.

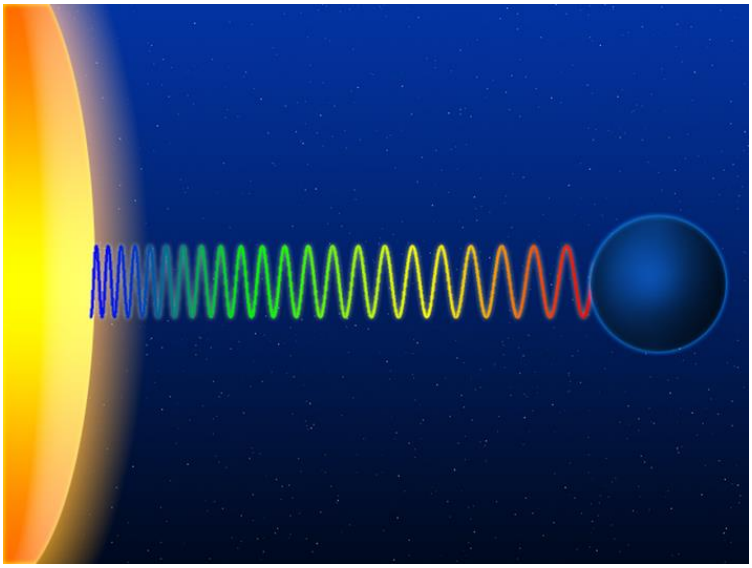
سومین کوشش برای تایید تئوری نسبیت عام چیزی بود که به آن انتقال به تابش قرمز میگویند. بخاطر بیاورید که نیروی گرانش که معادل نیروی شتاب است ، نه فقط باعث میشود که طول خطکش ها کوتاهتر شود ، بلکه ساعت ها را هم وادار میکند که آهسته تر حرکت کنند.

ساعت چیزی است که خود را به تناوب ، تکرار مینماید. بر این مبنا ، یک اتم، یک ساعت هم هست. اتم با یک فرکانس مخصوص ، مرتعش میشود. وقتی یک عنصر مانند سدیم را حرارت داده که تولید نور کند، طول موج این نور را با دقت میتوان اندازه گیری کرد. این طول موج ، فرکانس ارتعاش اتم را بدست میدهد. اگر در فرکانس تغییری حاصل شود، طول موج هم تغییر خواهد کرد.

اگر ما بخواهیم که ریتم یک ساعت را دروی زمین با ریتم ساعتی مشابه در جائیکه تحت تاثیر گرانش شدید مانند خورشید قرار گرفته، مقایسه کنیم، احتیاجی نیست که ما ساعت دومی را به سطح خورشید بفرستیم. ساعتها از قبل در جای خود هستند.

اینشتاین پیش بینی کرد که هر فرآیند متناوب که در یک اتم در خورشید صورت میگیرد، در روی زمین هم همین فرآیند صورت خواهد گرفت ولی قدری کند تر. برای اثبات این درست بودن این پیش بینی، کاری را که ما بایستی انجام بدهیم، مقایسه تشعشع یک عنصر که در سطح خورشید یافت میشود با تشعشع همین عنصر در آزمایشگاه میباشد. در تمام آزمایشات انجام گرفته، طول موج عنصر موجود در خورشید، بزرگتر از طول موج همین عنصر، در آزمایشگاه ، میباشد. یک طول موج بیشتر، به معنای فرکانس کمتر میباشد. بعنوان مثال، اتم سدیم تحت تاثیر نیروی گرانش شدید ، ارتعاش آهسته تری نسبت به اتم سدیم در زمین ، دارد. این در مورد تمام اتمها صادق میباشد.

به این پدیده انتقال به تابش قرمز گفته میشود برای اینکه طول موج اتمی که در معرض نیروی گرانش شدید قرار گرفته ، بزرگتر شده که بسمت قسمتی از طیف نور سفید که قرمز بود و طول موج بیشتری دارد، متمایل میشود.



این سومین پیروزی برای تئوری نسبیت عام بوده است.

www.takbook.com

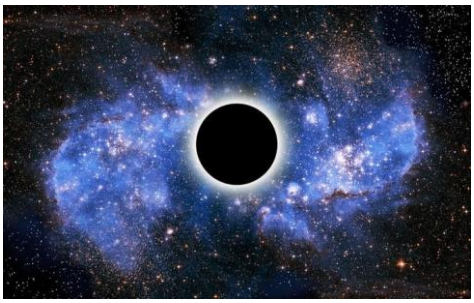
مدار متحرک سیاره عطارد ، خم شدن پرتو نور ستارگان و انتقال به تابش قرمز تحت تاثیر گرانش همه چیزهائی هستند که بسهولت قابل دیدن و اندازه گیری هستند. حالا ما وارد منطقه ای میشویم که خیلی کم قابل دیدن بوده و اسلحه ما فقط تئوری است. اینطور بنظر میرسد که چهارمین امتحان تئوری اینشتاین، سیاه چاله ها میباشد. سیاه‌چاله ناحیه‌ای در فضا-زمان با گرانشی بسیار نیرومند است که هیچ چیز حتی ذرات و تابش‌های الکترومغناطیسی مانند نور نمی‌توانند از میدان گرانش قدرتمند آن بگریزند . (Blackhole :به انگلیسی)

در سال ۱۹۵۸ دیوید فینکلشتاین مقاله ای بچاپ رساند که در آن او پیدا کردن پدیده ای را اعلام کرد که در آن با استفاده از تئوری نسبیت عام، او آنرا غشاء یکطرفه (one-way membrane) نامید. او نشان داد که تحت شرایطی خاص که شامل یک میدان گرانش قدرتمند هم بود، بیک آستانه ناپیدا میتوان رسید که در آن نور و اجسام فیزیکی میتوانند وارد شوند ولی دیگر هرگز نمیتوانند از آن خارج گردند.

در سال بعد یک فارغ التحصیل دانشگاه لندن بنام راجر پنروز در جلسه سخن رانی فینکلشتاین که در یونیورسیتی کالج دانشگاه لندن صورت میگرفت ، شرکت کرده و در آنجا بود که او در باره غشاء یکطرفه اطلاعاتی کسب کرد و سپس تئوری جدید سیاهچاله ها (black hole) را عرضه نمود. این کار برای او جایزه نوبل را به ارمغان آورد. همکار او در زمینه سیاهچاله ها ، دانشمند جوان افلیجی بنام استیون هاکینز بود و آنها به اتفاق در سال ۱۹۹۶ اولین کتاب خود را بنام طبیعت فضا و زمان بچاپ رساندند.

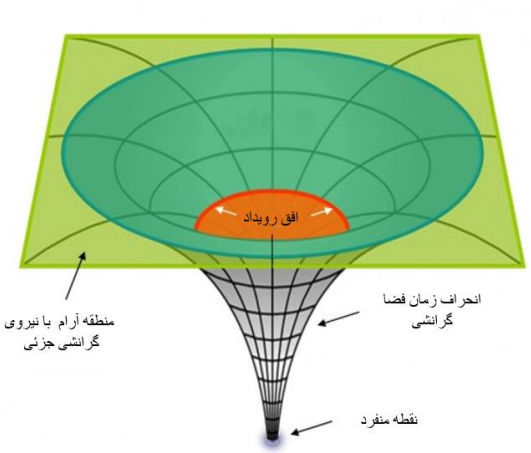
سیاهچاله بخشی از فضا بوده که مطلقا سیاه بنظر میرسد چون نیروی گرانشی در آن طوری قوی است که حتی نور نمیتواند از آن بگریزد. به این ترتیب مطالعه در احوال سیاهچاله ها بطور طبیعی در مرکز توجه فیزیک دانها و منجمین قرار دارد.

منجمین به این نتیجه رسیده بودند که سیاهچاله ها ممکن است به دلیل یکی از چند طریق تطور ستاره ها ، بوجود آمده باشند. ستاره ها برای همیشه به سوختن و نور افشانی خود ادامه نمیدهند. آنها زندگی را با گاز هیدروژن شروع کرده و خیلی از مواقع در پایان یک جرم متراکم سوخته از خود باقی میگذراند. به موجب یک تئوری ، ستاره هائی که اندازه آنها سه برابر و بیشتر از اندازه خورشید باشد، بعد ازپایان زندگی، به سیاهچاله تبدیل میشوند. جرم باقیمانده از آنها بطرز باور نکردنی، متراکم میباشد. شاید اندازه آنها از چندین کیلومتر تجاوز نکند ولی تمام جرم یک ستاره با اندازه ای معادل سه برابر خورشید، در این حجم کم، متراکم شده است. چنین جرم متراکمی یک میدان قدرتمند گرانشی در اطراف خود ایجاد نموده که هر چیزی را در همسایگی ، بسمت خود میکشاند. در همین حال هیچ اثری از خود باقی نمیگذارد چون هیچ چیز و منجمله نور از چنگ آن نمیتواند فرار کند.



در اطراف باقیمانده چنین ستاره هائی یک ' افق رویداد ' ایجاد شده که توسط میدان فوق العاده قدرتمند ستاره سوخته بوجود میآَد. این افق دقیقا مانند غشاء یکطرفه فینکلشتاین عمل کرده و هر چیز در نزیکی ، برای ابد جذب آن شده و هرگز باز نمیگردد. این ' افق رویداد ' (event horizon)مشخصه اصلی سیاهچاله میباشد.

مناطق سیاهچاله



اگر سیاهچاله بدور خود گردش نکند، اجرام مستقیما به مرکز آن جذب میشوند که بنام ' نقطه منفرد ' (singularity) خوانده شده و هر چیزی در آن نقطه طوری فشرده میشود که حجمی باقی نمانده و صفر میگردد. در نقطه منفرد سیاهچاله تمام قوانین فیزیک بطور کامل سقوط کرده و حتی زمان و فضا هم ناپدید میگردد. اینطور تصور میشود که هر چیز که به این صورت در سیاهچاله فشرده شده است، از طرف دیگر بیرون میآید. این طرف دیگر ، کائنات دیگری است.

www.takbook.com

حال اگر سیاهچاله هم دور خود دوران کند ، جسمی که به افق رویداد کشانده شده ممکن است که به سمت نقطه منفرد سیاهچاله که در این حال مانند یک دایره خواهد بود، نرفته و وارد یک فضا – زمان دیگری در همین کائنات و یا کائنات دیگری بشود. به این صورت ، سیاهچاله دوران کننده میتواند ' ماشین زمان ' نهائی باشد.

هرچند که سیاهچاله ها تقریبا نا پیدا هستند، ما میتوانیم بدنبال پدیده هائی بگردیم که قابل رویت بوده و مشخصه سیاهچاله ها میباشند. در درجه اول مقدار زیادی تشعشعات الکترومگنتیکی میباشد. سیاهچاله بطور دائم اتمهای هیدروژن ، ذرات فضائی و هرچیز دیگری را جذب مینماید. وقتی این ذرات و اجرام وارد سیاهچاله شدند، بطور افزاینده ای تحت تاثیر میدان گرانشی، شتاب پیدا کرده و سرعت آنها ، به سرعت نور میرسد. این خود مقدار فراوانی اشعه الکترومگنتیک ایجاد میکند. بطور کلی هر ذره باردار تحت شتاب، از خود تشعشع الکترومگنتیک ساطع مینماید.

دومین مشخصه قابل رویت یک سیاه چاله ناپیدا ، تاثیر آن روی ستاره های نزدیک میباشد. اگر ستاره ای یافت شود که که قابل دیدن بوده و و اینطور بنظر بیاید که در اطراف یک ستاره نامرئی در گردش است، ما میتوانیم چنین نتیجه گیری کنیم که این ستاره بدور ستاره نامرئی که چیزی غیر از یک سیاه چاله نیست ، میچرخد.

به این ترتیب برای گشتن بدنبال سیاه چاله ها ، در جستجو برای این دو پدیده خلاصه میشود. در سال ۱۹۷۰ قمر مصنوعی ' اورو ' هر دو پدیده را در یک منطقه ، مشخص نمود. این قمر مصنوعی وجود یک اشعه ایکس پر قدرت را در صورت فلکی ' سیگنوس ' پیدا کرده که یک میلیون بار از اشعه ایکس خورشید قوی تر بود. این منبع تشعشعات الکترومگنتیکی که به آن نام ' سیگنوس ایکس ' داده اند، خیلی نزدیک به یک ستاره آبیرنگ غول آسائی است که دانشمندان معتقد هستند که این ستاره و سیاه چاله سیگنوس ایکس یک سیستم ' دو تائی ' تشکیل میدهند.

از آنجائیکه ستاره مرئی و سیاه چاله نامرئی بدور یکدیگر چرخش میکنند، ستاره غول آسای آبیرنگ بداخل سیاه چاله کشانده میشود. بهمان نسبت که اجرامی که در سطح ستاره هستند ، از این ستاره جدا شده و با سرعتی فوق العاده زیاد بداخل سیاه چاله کشنده شده و در این فرآیند، اشعه ایکس تولید میشود. بعد از این کشف، مشخص شد که بیشتر از یکصد سیاه چاله مشابه ، فقط در کهکشان (گالاکسی) راه شیری (Milky Way) خودمان وجود دارد. این نشان دهنده اینست که سیاه چاله ها واقعا وجود دارند.

مسئله ای که فورا در جلوی ما خود نمائی میکند اینست که اگر سیاه چاله ها همانطوری باشند که ما فکر میکنیم که چیزهائی را بلعیده اند در جای دیگر (کائنات دیگر) رها میکنند، آیا در کائنات دیگر هم سیاه چاله هائی هستند که اجرامی را که در آن کائنات بلعیده اند، در کائنات ما رها نمایند؟ این یک امکان کاملا جدی است که بایستی در نظر گرفته شود. اجسامی در کائنات ما وجود دارند که بنظر میرسند که درست بر عکس سیاه چاله ها هستند. به این اجرام نام ' سفید چاله ' داده اند. این اجرام کوآسار (quasars) (منبع رادیوئی نیم ستاره) نام گرفته اند.

کوآسار ها منبع انرژی فوق العاده ای هستند. خیلی از آنها فقط چندین برابر منظومه شمسی بوده و در همین حال آنها بتنهائی از مجموع ۱۵۰ بیلیون ستاره موجود در کهکشان ما ، انرژی از خود ساطع میکنند. بعضی از منجمین اعتقاد دارند که کوآسار ها دورترین اجرامی هستند که تا کنون شناسائی شده اند ولی بخاطر روشنائی خارق العاده آنها ، ما میتوانیم آنها بخوبی تشخیص بدهیم.

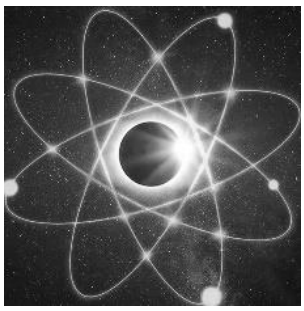
رابطه بین سیاهچاله ها و کوآسار ها صرفا نتیجه تصورات خود ما میباشد ولی حتی تصورآن، برای ما سرگیجه آور است. بعنوان مثال بعضی از فیزیک دانان اینطور فکر میکنند که سیاهچاله ها اجرامی را از یک کائنات بلعیده و سپس آنرا بیک کائنات دیگر و یا بهمان کائنات در قسمتی دیگر و زمانی دیگر ، پس میدهند. به موجب این تئوری، محل خروج اجرام بلعیده شده توسط سیاهچاله، یک کوآسار میباشد. اگر این فرضیه درست باشد، کائنات ما توسط سیاهچاله های زیادی که داریم بلعیده شده و به این ترتیب در کائنات دیگر ظاهر میگردند. بقیه کائنات هم اجرامی را که توسط سیاهچاله های آنها بلعیده شده ، به کائنات خود ما پس میدهند. این فرآیند مانند یک رقصی که آغاز و پایان ندارد به کار خود تا ابد ادامه میدهد.

یکی از فرآورده های جانبی بسیار عمیق تئوری نسبیت عام ، اکتشاف این واقعیت است که نیروی گرانشی که ما تا کنون تصور میکردیم که حقیقی بوده و و دارای موجودیت مستقلی میباشد، در واقع زائیده تصورات خود ما میباشد. چنین چیزی در دنیای واقعی وجود ندارد. سیارات در مدار خود به دور خورشید بخاطر نیروی جاذبه آن

www.takbook.com

گردش نمیکنند. آنها فقط این مسیر را به این دلیل انتخاب کرده چون ساده ترین مسیری است که آنها از میان کوه و دشت پیوستار (کانتینیوم) زمان – فضا میتوانند عبور نمایند. این درست همان چیزی است که ما برای کلام بیهوده و مهمل بکار میبریم. خود این هم یک چیزی زائیده فکر ما میباشد. در یک سیستم مختصات مرجع ، سیاهچاله ها و افق رویداد ها ، با عقل سلیم . هماهنگ است. ولی در یک سیستم مختصات دیگر عدم تحرک مطلق ، بنظر منطقی میآید. هیچ یک از ایندو مهمل نبوده و صرفا بستگی به این پیدا میکند که از چه نقطه نظری به آنها نگاه کنیم.

ما چیزی را مهمل میخوانیم اگر با عقل سلیم و چیزی را که در فکر خود ساخته ایم، در تضاد باشد. ولی بایستی در نظر داشت که چیزهائی که ما در ذهن خود میسازیم، ارزش زیادی نداشته و آنها اغلب ، با چیزهائی که بیشتر برای ما استفاده دارد ، تعویض میشوند. وقتی چنین اتفاقی میافتد، چیزی هائی که در سیستم مختصات قدیمی ، ابلهانه جلوه میکرد، در چهار چوب جدید ، با منطق سازگاری پیدا میکنند. درست مانند اندازه گیری فضا و زمان ، فرضیه مهمل بودن ، نسبی بوده و ما بطور دائم بایستی مواظب باشیم که وقتی از آن استفاده میکنیم، از بعضی از چهار چوبهای مختصات، ممکن است صفت ابله بودن، شامل خود ما هم بشود.



www.takbook.com

فصل نهم : باغ وحش ذرات

ترجمه معنای چهارم ' وولی ' به مفهوم آنست که " من سر عقیده خود ایستاده ام " . این یک اسم خوب برای کتابی درمبانی فیزیک میباشد چون تاریخچه علوم بطور کلی اغلب داستان دانشمندانی است که برای تثبیت کردن یک نظریه جدید، اجبار به جنگی شدید با پیروان فرضیه قدیمی پیدا میکنند. این بخاطر اینست که دست کشیدن از یک احساس امنیتی که بخاطر ارتباط با یک نظریه خاص در انسان ایجاد میگردد، بسیار سخت است.

ارزش یک تئوری فیزیکی در مفید بودن آنست. به این ترتیب تاریخچه تئوری های فیزیکی میتواند شبیه روند شخصیت افراد باشد. خیلی از ما در واکنش به محیط اطراف خود ، یک واکنش اتوماتیک بوده که در موقعی ، نتیجه مثبتی ببار آورده است. معمولا این نتایج در کودکی حاصل میگردد. بدبختانه اگر این محیط هائی که این واکنش ها را بوجود میآورد، تغییر کند، بعنوان مثال ما مسن شویم، و واکنش ها هم دیگر مناسب نباشند، این واکنش ها میتوانند کاملا مخرب باشند. علائم خشم ، افسردگی ، چاپلوسی ، گریه و گردن کلفتی واکنش هائی هستند که اغلب ارتباط با گذشته های دور پیدا میکنند. این روند فقط وقتی تغییر پیدا میکند که که ما درک میکنیم که که اینها دیگر مفید نیستند. ولی حتی در آن موقع هم، تغییر کاملا کُند و دردناک است. دقیقا همین اتفاق ، در مورد فرضیه های فیزیکی هم صدق میکند.

هیچ کس بجز خود کوپرنیک ، میل نداشت که عقیده او را در باره اینکه زمین بدور خورشید میگردد، قبول کند. ولفگانگ گوته در باره انقلابی که کوپرنیک ایجاد کرد، چنین مینویسد:

" شاید هرگز درخواستی از این بزرگتر از بشر خواسته نشده بود. قبول کردن بشر به اینکه زمین مرکز تمام کائنات نیست ، بمعنای اینست که خود را حقیر و درمانده یافته و هم سطح گرد و خاک و دود شده ، اشعاری را که در باره زمین، بهشت و دنیای معصوم گفته شده فراموش کرده ، از اعتقاد دینی خود دست برداشته و قبول کند که کره زمین یک سیاره ناچیز در برابر عظمت جهان هستی، میباشد. جای تعجب نیست که هیچ کس این عقیده را نپسندید، دور هم جمع شده که بر ضد این نظریه جدید، اقدامات لازم را انجام بدهند. "

راه دور نرویم. حتی در همین اواخر، هیچ فیزیک دانی، حتی خود ماکس پلانک ، میل نداشتند که کاربرد اکتشاف او را ، قبول کنند. دلیل آنهم این بود که چنین کاری ، به پایه و اساس علوم مورد قبول آن دوره که فیزیک نیوتونی بوده و بالغ بر سیصد سال عمر داشت، لطمه وارد میکرد. هایزنبرگ در باره انقلاب کوآنتوم چنین نوشت :

" وقتی یک دسته از پدیده ها وارد مسیر ذهن شده که طرح تفکر را عوض نماید، حتی برای بزرگترین فیزیک دانان قبول آن بسیار مشکل میباشد. چون عوض کردن طرح تفکر یک شخص بمثابه آنست که فرش را از زیر پای او بکشیم. مشکلاتی که این قضیه ایجاد میکند، خیلی سخت است که بتوان با دقت تشریح کرد. وقتی درجه نگرانی و ناراحتی یک شخص باهوش و تحصیلکرده را وقتی از او درخواست میشود که مسیر فکری خود تغییر بدهد، بچشم خود می بینیم ، جای بسی تعجب باقی میماند که چگونه امکان یک انقلاب در علوم بوجود میآید. "

انقلاب علمی وقتی به اجبار به ما تحمیل میشود که پدیده هائی ظهور میکنند که با تئوری های قدیمی قابل توجیه نیستند. ولی تئوری های قدیمی نیز بسادگی تسلیم نمیشوند. خیلی چیزهای دیگر هم در این بساط وجود دارد. چیزی که کوپرنیک مطرح کرده بود این بود که از ایده مرکز جهان هستی و کائنات بودن، صرفنظر کرده قبول کنیم که کره زمین یک سیاره بی اهمیت و کوچک در جهان هستی بیش نیست. این از نقطه نظر روان شناسی، درخواست کوچکی

www.takbook.com

نیست . اینکه طبیعت اساسا بدون منطق بوده و بر حسب شانس و تصادف حرکت میکند ، در مرکز مکانیک کوآنتوم قرار داشته و ضربه ای کاری به عقل سلیم است. معهذا از آنجائیکه تئوری های جدید ، کاربرد جامع و برجسته ای پیدا کردند، چاره ای برای دشمنان باقی نماند که با کمال اکراه، آنرا قبول کنند. با قبول کردن این تئوریها این افراد دیر یا زود بایستی عقیده خود را در باره جهان تغییر بدهند.

امروزه شتاب دهنده های پر قدرت، اطاقک حباب و کامپیوتر های پرقدرت ، دنیای جدیدی برای ما ، فراهم کرده اند. همین باعث شده که خیلی از ایده های قدیمی را کنار بگذاریم.

در طرح جدید دنیا، ماده وجود ندارد.

سؤآلی که مطرح میشود اینست که پس این مواد و اجرام که ما در اطراف خود میبینیم، از چه چیز تشکیل شده است؟

همین سؤال ' از چه چیز تشکیل شده ' به دلیل نحوه عملکرد ذهن مصنوعی است که خیلی شبیه یک تالار آینه است. اگر ما درست مابین دو آینه ایستاده و بیکی از آنها نگاه کنیم ، تصویر خود را در آن خواهیم دید. در همان حال در پشت سر خود یک گروه انبوه از همین ' خود ' را خواهیم دید که تا جائی که چشم کار میکند، ادامه دارد. این انعکاس ها بدون استثنا خیال واهی بوده و تنها چیزی که واقعیت دارد ، فقط ' خود ' ما هستیم.

این وضعیت خیلی شبیه همان سؤآل ' از چه چیز تشکیل شده ' میباشد. جواب این سؤآل پیوسته چیزی است که بلافاصله همین سؤآل را در مورد جواب ، مطرح میسازد.

حال فرض کنیم که ما در باره خلال دندان چنین سؤآلی را مطرح کرده و بپرسیم:

" از چه چیز تشکیل شده " .

بدیهی است که که جواب این سؤآل ' چوب ' است. هرچند که بایستی توجه داشت که این سؤآل ما را به تالار آینه ها برده برای اینکه سؤآل بعدی اینست که چوب از چه چیزی تشکیل شده است. اگر با دقت چوب را مورد مطالعه قرار بدهیم ، در مییابیم که چوب از رشته هائی تشکیل شده است. سؤال بعد این خواهد بود که این رشته ها از چه چیزی تشکیل شده اند.

دقیقا مانند همان آینه های متوازی ، انعکاس تصویر ما را تا بینهایت میکشاند. و ما هنوز جوابی دریافت نکرده ایم.

فیزیک دانان افرادی هستند که با سرسختی زیاد بدنبال جواب این سؤآلات بوده اند. چیزی که آنها فهمیده اند شگفتی آفرین است. اگر سؤالات قبلی را ادامه بدهیم به این جواب میرسیم که رشته های چوب در حقیقت طرح سلول های چوب میباشد. خود این سلول ها ، طرح خاصی از ملکول ها هستند. ملکول ها تحت بزرگنمائی خیلی بیشتر ، طرحی از اتمها بوده و خود اتمها طرحی از ذرات فرو اتمی میباشند. بعبارت دیگر ماده در حقیقت از یک سلسله طرح نا مشخص میباشد. کوشش برای پیدا کردن ماده نهائی کائنات بجائی نرسیده و بایستی به اجبار قبول کنیم که چنین چیزی وجود خارجی ندارد.

اگر فقط یک چیز در نهایت در کائنات موجود باشد، آن همان انرژی خالص است. ذرات فرو اتمی (subatomic particles) از انرژی ساخته نشده اند، آنها خود انرژی هستند. این چیزی است که اینشتاین در سال ۱۹۰۵ بصورت یک تئوری عرضه نمود. به این ترتیب فعل و انفعالات فرو اتمی دیگر یک حالت مشخص و سر راست بازی و بازیگر را ندارد. در دنیای فرو اتمی، رقص و رقاص یک چیز هستند.

به موجب فیزیک ذرات، جهان بطور عمومی انرژی در حال رقص است. انرژی در همه جا هست و فقط شکل عوض میکند. آنچه ما ماده مینامیم، خلق شده، از بین میرود و دو مرتبه خلق میشود. این اتفاق در فعل و انفعال بین ذرات صورت گرفته و از هیچ بوجود میآید. در جائی که قبلا هیچ چیز در آن نبود ، ناگهان چیزی بوجود آمده و این چیز هم بزودی از بین رفته یا به چیز دیگری تبدیل میگردد. در علم فیزیک ذرات، هیچ تفاوتی بین ' خالی ' به معنای هیچ چیز و موجود بودن چیزی ، وجود ندارد. دنیای ذرات یک دنیای جرقه های انرژی بوده که بطور دائم ، نابود شده و باردیگر ظاهر میشوند.

نمای جهانی فیزیک ذرات یک تصویر هرج و مرج کامل در زیر نظم و ترتیب میباشد. در اساسی ترین مرحله، یک فرآیند سرگیجه آور از خلقت، نابودی ، تغییر و تحول است. در بالای این وضعیت گیج کننده ، اشکالی که ذرات میتوانند اختیار کنند ، محدود شده و خود این میتواند قدری این وضع مغشوش را با قوانینی محافظه کار، سر و

www.takbook.com

صورتی ببخشد (صفحه ۸۵) . این قوانین مانند قوانین فیزیک تصریح نمیکنند که چه اتفاقی قرار است بیفتد بلکه در بهترین حالت اتفاقی را که قرار نیست رخ بدهد ، تشریح مینمایند . در سطح فرو اتمی هر چیزی را که مطلقا در تضاد با قوانین بقا نباشد ، اتفاق افتاده و تئوری کوآنتوم احتمالات وقوع آنرا بیان میکند.

جک سارفاتی مینویسد:

" ذرات دیگر به آرامی و با ابهت در مسیری که برای آنها تعیین شده، حرکت نکرده بلکه بیشتر شبیه برنامه های کمدی برادران مارکس یا چارلی چاپلین رفتار مینمایند. حقیقت اینست که ما حتی نمیدانیم که مسیر درست ، کدام است. این یک سردرگمی سرگیجه آور است. "

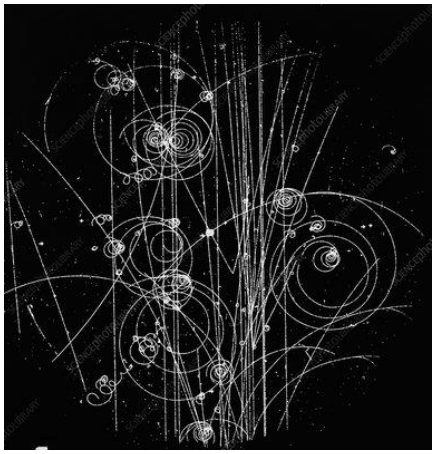
بینش دنیای قدیمی یک تصویر نظم و ترتیب در زیر آشفتگی بود. این بینش چنین فرض میکرد که در زیر تجربه پر هرج و مرج روزانه ما ، قوانینی منطقی وجود دارد که در نهایت نظم و ترتیب ، به کار خود ادامه میدهد. چنین بود طرز تفکر نیوتون در آن زمان . همان قانونی که باعث میشود که سیب از درخت کنده شده و بزمین بیفتد، حرکات سیارات را بدور خورشید ، تنظیم میکند. البته هنوز هم این طرز تفکر چندان از واقعیت دور نیست ولی بینش جهانی فیزیک ذرات دقیقا بر عکس این میباشد.

بینش جهانی فیزیک ذرات دنیائی را به ما معرفی میکند که هیچ چیز واقعی در آن نیست و تنها چیزی که در آن وجود دارد یک فرآیند خلقت، نابودی و تغییر میباشد.

فیزیک ذرات پرانرژی مطالعه ذرات فرو اتمی میباشد که برای سهولت فیزیک ذرات میخوانند. تئوری کوانتوم و نسبیت ، ابزار کار تئوریک فیزیک ذرات میباشد. ولی اگر بخواهیم از دنیای تئوری خارج شده و وارد مرحله تجربی و عملی بشویم، به تشکیلاتی وارد میشویم که فوق العاده گران و منحصر بفرد بوده ، در آنجا شتاب دهنده های ذرات و کامپیوتر ها ، فضای آزمایشگاه را پر کرده اند.

هدف اصلی فیزیک ذرات این بود که کشف کنند که کائنات از چه چیزی تشکیل شده است. راه رسیدن به این هدف ، تقسیم کردن ماده به قطعات کوچک و کوچکتر بود که بالاخره به کوچکترین قطعه دست یابی کنند. مسئله تجربی فیزیک ذرات به این سادگی نیست. امروزه اغلب فیزیک دانان ذرات مشغول پیدا کردن راهی برای توجیه و تفسیر مقدار زیادی نتایج آزمایشات ، میباشند.

در اصل فیزیک ذرات کاملا ساده بنظر میرسد. فیزیک دانان ذرات فرو اتمی را شتاب داده و آنها را با شدت هر چه تمامتر بیکدیگر میکوبند. آنها از یک ذره استفاده کرده که یک ذره دیگر را خُرد کنند. سپس سعی بر اینست که چیزی که از این تصادم حاصل میشود، طبیعت آنرا مطالعه نمایند. ذره ای ای که برای ضربه زدن از آن استفاده میشود ' پرتابه ' (جسمی که پرتاب میشود) (projectile) نامیده شده و ذره ای که هدف قرار میگیرد . ' هدف ' (target) اسم گذاری شده است. بزرگترین و گران ترین شتاب دهنده های جهان هردو پرتابه و هدف را تا سر حد امکان شتاب داده و بیک نقطه که در آن تصادم صورت میگیرد، میفرستند.



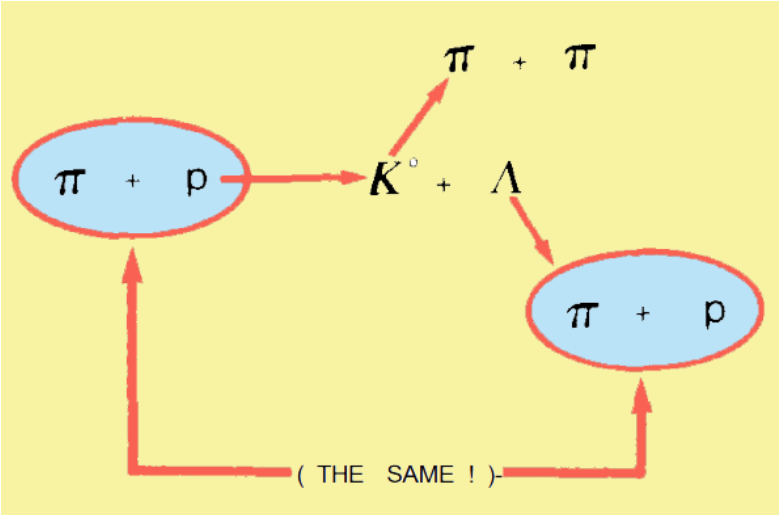
این نقطه تصادم که در داخل دستگاه آزمایش قرار دارد . اطاقک حباب (bubble chamber) نامیده شده و وقتی ذرات از میان آن عبور میکنند، از خود ردی باقی میگذارند که شبیه رد بخاری است که هواپیماهای جت در اتمسفر ایجاد میکنند. اطاقک حباب در داخل یک میدان بسیار قوی مغناطیسی قرار گرفته است. همین باعث میشود که ذرات باردار مثبت در مسیر خود ، به یک طرف و ذرات منفی در جهت عکس منحرف شوند. با اندازه گیری میزان انحنا ، جرم ذره بدست آمده چون ذرات سبک تر انحناء بیشتری نسبت به ذرات سنگین پیدا میکنند. دوربین مخصوصی که توسط کامپیتر کار میکند، هر بار که ذره ای وارد اطاقک حباب میشود ، از آن عکس میگیرد.

این تدارکات پیچیده و گرانقیمت برای انجام این کار ضروری بوده چون اغلب این ذرات عمری کمتر از یک میلیونیم ثانیه داشته و کوچکتر از آن هستند که بتوان مستقیما آنها را مشاهده کرد. بطور کلی تمام اطلاعاتی که یک دانشمند فیزیک در باره ذرات فرو اتمی میداند ، آنرا از طریق تئوری های

www.takbook.com

خود و مشاهده عکس هائی که با استفاده از دوربینی که توسط کامپیوتر ، عمل میکند، از مسیر ذره در داخل اطاقک حباب که ذره از خود باقی میگذارد ، میباشد.

این عکس های اطاقک حباب که هزاران هزار از آنها جمع آوری شده، باعث ناراحتی و سرخوردگی فیزیکدانان اولیه ذرات میشد. وقتی ' پرتابه ' به ' هدف ' اصابت میکند، هردو این ذرات از بین رفته و در عوض آنها ذرات جدیدی ، تولید میشود. این ذرات اغلب بهمان سنگینی ذرات اولیه میباشند.



دیا گرام شماتیک بالا یک فرآیند ذره ای را نشان میدهد. یک ذره بنام ' پی مزون منفی ' که با حرف یونانی π نشان داده شده است با یک پروتون (P) تصادم حاصل کرده و در نتیجه هردو ذره نابود شده و بجای آنها دو ذره جدید بوجود آمده است . یک K^o مزون و یک ذره لاندا (λ) . هر دو این ذرات بدون اینکه تصادمی لازم باشد ، بخودی خود دچار دگردیسی شده و نابود میشوند. در نتیجه این نابودی، دو ذره جدید دیگر بوجود میآید که در مجموع چهار ذره جدید بوجود آمده است. دو عدد از این چهار ذره، همان هائی هستند که ما با آنها شروع کردیم. فینکلشتاین مینویسد:

" مانند اینست که ما دو ساعت را بشدت به یکدیگر بزنیم . البته ساعتها خرد و خمیر خواهند شد. ولی در اثر این تصادف ، پیچ ، مهره ، چرخ دنده و فنر بیرون نمیریزد ولی ساعتهای بیشتری تولید شده که بعضی از آنها بهمان اندازه ساعتهای اولیه هستند. "

چطور چنین چیزی امکان دارد؟

جواب این سؤال توسط تئوری نسبیت خاص اینشتاین، داده میشود.

ذرات جدید از طریق انرژی سینتیک که انرژی حرکتی پرتابه میباشد، خلق میشوند. البته بایستی جرم ذره هدف و ذره پرتابه را نیز در نظر گرفت. هر قدر که ذره پرتابه سریعتر حرکت کند، انرژی سینتیک بیشتر وجود خواهد داشت که در نقطه تصادم، ذرات جدیدی خلق شوند. بخاطر همین مسئله، حکومت های کشور های مختلف هرروز بیشتر از روز پیش ، پول خرج کرده که شتاب دهنده هائی هر چه بزرگتر و قویتر درست کرده که پرتابه را با سرعت هر چه بیشتر برای بوجود آوردن ذرات جدید ، هدایت کند. حال اگر هر دو پرتابه و هدف در حال حرکت باشند ، در موقع برخورد، مقدار زیادتری انرژی موجود خواهد بود.

www.takbook.com

هر فعل و انفعال فرو اتمی بهمراه از بین رفتن ذرات اولیه و خلق ذرات فرو اتمی جدید میباشد. دنیای ذرات فرو اتمی یک رقص دائمی نابودی و خلقت است که در آن ماده تبدیل به انرژی شده و انرژی تبدیل به ماده میگردد. به این ترتیب بطور دائم ذرات جدید خلق میشوند.

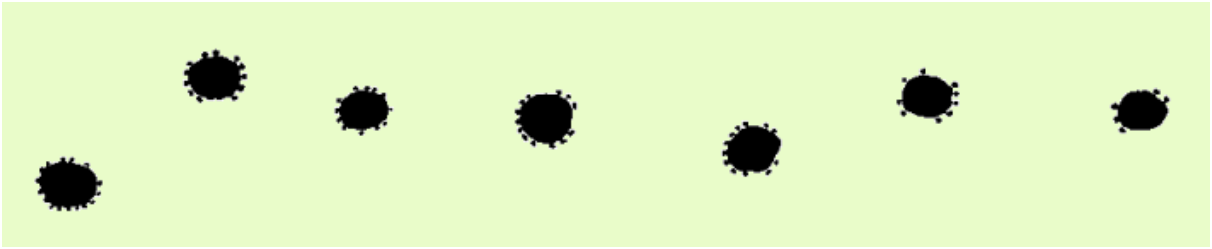
صوفی های مشرق و مغرب زمین طوری شبیه این حقایق فیزیکی صحبت میکنند، که هر روان شناسی اجبار پیدا میکند که اعتراف کند که بیشک پُلی بین فیزیک و روان شناسی وجود دارد.

اولین سؤآل فیزیک ذرات این است که چه چیزی در تصادم شرکت میکند؟ بر حسب یافته های مکانیک کوآنتوم ، یک ذره فرو اتمی شبیه یک ذره گرد و خاک نبوده بلکه یک تمایل به ' موجودیت ' میباشد (صفحه ۲۱) . آنها یک موجودیت به آن صورتی که ما فکر میکنیم ، ندارند. به این ترتیب اگر ما از کوآنتوم مکانیک استفاده کنیم، نمیتوانیم تصور کنیم که این ذرات موجودیتی غیر از فعل و انفعال با وسیله اندازه گیری داشته باشند (صفحه ۵۶) .

هایزنبرگ مینویسد:

" در پرتو درک تئوری کوانتوم ، اینطور مشخص میشود که ذرات ابتدائی (elementary particles) موجودیتی شبیه اجسام هر روزه زندگی مانند درخت و سنگ ندارند. "

بعنوان مثال ، وقتی یک الکترون از یک صفحه حساس عکاسی عبور میکند از خود یک رد پائی بجای میگذارد. این رد پا وقتی با دقت در زیر میکروسکپ دیده شود مشخص میگردد که از یک سلسله نقطه ها تشکیل شده است. هر نقطه یک دانه نقره است که ازفعل و انفعال الکترون با اتمهای صفحه عکاسی ایجاد میشود. در زیر میکروسکپ این دانه ها به این شکل هستند :



معمولا ما چنین تصور میکنیم که همان تک الکترون مانند توپ بیس بال ، از صفحه حساس عکاسی عبور کرده و این رد دانه های نقره را پشت سر خود باقی گذاشته است. این اشتباه است. کوآنتوم مکانیک همان چیزی را به ما میگوید که بودائیان برای بیشتر از هزار سال است متذکر میشوند. ارتباط بین این نقطه ها (جسم متحرک) صرفا محصول فعالیت ذهنی ما بوده و واقعا چنین چیزی در آنجا به وقوع نپیوسته است. به زبان مکانیک کوآنتوم، جسم متحرک ، یک ذره با موجویت مستقل، یک فرضیه ثابت نشده بیش نیست.

دیوید بوهم یک پروفسور فیزیک در کالج برک بک دانشگاه لندن چنین مینویسد:

" ما چنین تصور میکنیم که رد دانه های نقره نشان دهنده آنست که الکترون دائما از فضا در مسیری حرکت کرده که از نزدیکی دانه های نقره عبور میکند. از این فعل و انفعال ، این دانه ها حاصل میگردد. ولی به موجب تئوری کوآنتوم ، این فرض اشتباه بوده و چنین اتفاقی نیفتاده است. تمام چیزی را که ما میتوانیم بگوئیم اینست که تعدادی دانه ظاهر شده ولی نبایستی مطلبی در باره حرکت ذرات در فضا و فعل او انفعال آنها چیزی ابراز کنیم. چون هرچند که این عقیده اجسام متحرک برای یک تئوری غیر دقیق بد نیست، ما خیلی زود کشف خواهیم کرد که در یک تئوری دقیق ، ارزشی ندارد. "

این طرز تفکر کاملا معمولی که ذرات در فضا – زمان بدون اینکه تحت تاثیر مشاهده ما قرار بگیرند ، توسط مکانیک کوآنتوم رد شده است. این قضیه مهم است چون مکانیک کوآنتوم ، تئوری فیزیک است. این تئوری همه چیز را با موفقیت از ذرات فرو اتمی گرفته تا پدیده های سماواتی ، تشریح میکند. هرگز در قبل یک چنین تئوری موفقیت آمیزی وجود نداشته است. هیچ تئوری دیگری با این تئوری نمیتواند رقابت بکند.

www.takbook.com

به این ترتیب وقتی ما به رد پای ذرات در اطاقک حباب نگاه میکنیم، سؤالی برای ما پیش میآید. " آنها از چه چیز تشکیل شده اند؟ " بهترین پاسخی که فیزیک دانها برای ما دارند اینست که ذرات در حقیقت نتیجه فعل و افعال بین میدان ها میباشند. یک میدان ، مانند یک موج ، گسترش پیدا کرده چون یک ذره فقط متمرکز در یک نقطه است. در حالی که یک میدان ، یک فضای مشخصی را کاملا پر میکند. میدان گرانشی کره زمین ، تمام فضای اطراف این کره را پر مینماید.

وقتی دو میدان وارد فعل و انفعال با یکدیگر میشوند، این فعل و انفعال تدریجی نبوده و به همه سطح تماس هم گسترش پیدا نمیکند. به این ترتیب چنین فعل و انفعالی ، در یک نقطه از فضا بصورت و ناگهانی صورت میگیرد. این واکنش ناگهانی و نقطه ای را ما ذرات مینامیم. تولید و از بین رفتن دائمی ذرات فرو اتمی نتیجه فعل و انفعال میدان های مختلف میباشد.

این تئوری ، تئوری میدانی کوآنتوم (Quantum Field Theory) نامیده شده و پایه های اصلی این تئوری در سال ۱۹۲۸ توسط یک فیزیک دان انگلیسی بنام پُل دیراک ، بنا شد. این تئوری برای پیش بینی ذرات جدید کاملا موفق بوده بر حسب این تئوری، یک میدان مجزا برای هر نوعی از ذره ، وجود دارد. در سال ۱۹۲۸ فقط سه نوع ذره شناخته شده بود که سه میدان مختلف لازم بود که آنها را توجیه نماید. ولی مشکل امروزه اینست که بیشتر از یکصد ذره شناخته شده وجود داشته که به موجب این تئوری ، به یکصد میدان احتیاج دارد. این تعداد فراوان میدانها ، کار را قدری مشکل و پیچیده میکند. در حالی که وظیفه یک فیزیک دان اینست که طبیعت را ساده و قابل فهم نماید. بهمین جهت خیلی از فیزیک دانها این عقیده میدان مشخص برای هر ذره را کنار گذاشته اند.

معهذا هنوز هم تئوری میدانی کوآنتم هنوز یک تئوری مهم بوده و این تنها بخاطر این نیست که این تئوری در عمل جواب میدهد. جنبه مهم تر این تئوری اینست که اولین تئوری است که مکانیک کوآنتم و نسبیت را با یکدیگر ممزوج کرده است. تمام تئوری های فیزیکی ، منجمله تئوری کوآنتوم باید از تئوری نسبیت بهره جسته و در نظر داشته باشند که قوانین فیزیک بایستی مستقل از حرکت ناظر باشد. کوشش هائی که برای ممزوج کردن تئوریهای کوانتوم و نسبیت صورت گرفته است ، بطورعمومی، موفقیت آمیز نبوده است. ولی وقتی به مشکل فیزیک ذرات میرسیم ، هر دو این تئوری ها برای درک رفتار ذرات ، لازم میباشند. رابطه بین این دو تئوری ساده و دوستانه نبوده ولی کاملا لازم است. در این رابطه، یکی از موفق ترین کوشش ها، تئوری میدانی کوآنتوم میباشد ، هرچند که محدودیت آن بخاطر پوشش نسبتا کم پدیده ها میباشد.

تئوری میدانی کوآنتوم یک تئوری مخصوص همان کار میباشد. معنای این مطلب اینست که مانند تنها مدار مخصوص اتم ، تئوری میدانی کوآنتوم عملی بوده و در واقع یک روش متناقض و ناساگار میباشد. بعضی از اجزای این تئوری از نقطه نظر تئوری با هم سازگاری ندارند. این یک مدل مخصوص است که بر اساس اطلاعات موجود بنا شده که برای فیزیک دانان وسیله ای باشد که پدیده فرو اتمی را مطالعه نمایند. بعضی از فیزیک دانان معتقد هستند که که مشکل این تئوری اینست که خیلی خوب کار میکند. این خوب کار کردن ممکن است باعث این شود که کوششی برای بهتر کردن آن انجام نگردد.

ولی حتی با تمام این کمبود ها واقعیت اینست که این یکی از موفق ترین تئوری های جهان فیزیک بوده است. به موجب این تئوری فقط میدانها واقعی هستند. این میدانها پایه و اساس کائنات بوده و جرم دخالتی در آن ندارد. جرم (ذرات) صرفا نمایشگر لحظه ای فعل و انفعال میدانها میباشد که هرچند درک آنها ساده نیست، تنها چیز واقعی در جهان هستی میباشند. فعل و انفعال آنها در یک منطقه بسیار کوچک فضا صورت گرفته و کاملا لحظه ای و آنی است.

البته این تئوری نا هماهنگی های عمده ای در خود دارد. یک کوانتوم چیزی است که قابل تقسیم و کوچکتر شدن نمیباشد . کوآنتوم یک تکه کوچک از یک چیز است در حالیکه میدان ، یک منطقه از همان چیز میباشد. میدان کوآنتوم ، قرار دادن این دو ماهیت آشتی ناپذیر درکنار یکدیگر است. بعبارت دیگر ، این یک معما است. این نظریه ما را که چیزی یا ' اینست یا آن ' ولی نه هردوی آنها، بطور کامل رد میکند.

مهمترین کمک مکانیک کوآنتوم به تفکر دنیای غرب ، ممکن است تاثیری باشد که روی ساختار مصنوعی ادراک و آگاهی ما داشته است. این ساختار مانند زندانی است که ما ناخود آگاه خویشتن را در آن زندانی کرده ایم. تئوری کوآنتوم با شجاعت ابراز میدارد که چیزی ممکن است هم ' این ' و هم ' آن ' باشد. مثال مشهور دو گانگی ذره ای یا تموجی بودن نور است که چنین سؤالی را ابلهانه فرض میکند که کدامیک واقعا در مورد نور صدق میکند. هردو آنها برای فهم کامل پدیده نور، لازم است.

www.takbook.com

در سال ۱۹۲۲ ورنر هایزنبرگ که دانشجوی دانشگاه بود ، از استاد (و دوست سالهای بعد خود) نیلز بُهر سؤآل کرد که اگر تشریح ساختار داخلی یک اتم تا این حد پیچیده بوده و ما زبانی نداشته باشیم که بتوانیم آنرا توضیح بدهیم. چطور ممکن است تصور کنیم که هرگز بتوانیم اتم را درک نمائیم؟

بُهر لحظه ای مکث کرده و سپس جواب داد:

" من فکر میکنم که با همه این مشکلات، بالاخره قادر خواهیم بود که اتم را ' درک ' کنیم. ولی سؤالی را که باید جواب آنرا پیدا کنیم اینست که ' درک ' چه معنائی دارد. "

بزبان انسان ها این بدان معنی است که یک شخص میتواند هم زمان خوب و شیطانی ، شجاع و رام ، شیر یا گوسفند باشد.

فیزیک دانان بدون توجه به تمام اینها، ذرات فرو اتمی را بمثابه اینکه توپهای بیس بال کوچکی فرض میکنند که در فضا حرکت کرده و با یکدیگر برخورد میکنند. وقتی یک فیزیک دان ذره ای یک رد پای فعل و انفعال ذره ای را در اطاقک حباب بررسی مینماید اینطور تصور میکند که این رد پا توسط یک جرم متحرک ایجاد شده و این درست مانند آنست که توپهای بیلیارد در روی میز بیلیارد حرکت کرده و با یکدیگر برخورد میکنند. بعضی ذرات بعد از برخورد ، نابود شده و بعضی دیگر در همان موقع خلق شده و ازنقطه تصادف ، میگریزند. بطور خلاصه تجزیه و تحلیل فعل و انفعالات ذره ای بطور کلی بر اساس اجرام، سرعت و گشت آور ، صورت میگیرد. این همان طرز تفکر نیوتونی است که به اتومبیلها و قطارهای شهری نیز تعمیم پیدا میکند.

فیزیک دانان این کار را حتی اگر به اجبار هم شده ، انجام میدهند چون آنها احتیاج دارند که در باره نتایج آزمایشات خود با بقیه گفتگو کنند. چیزی که در اغلب مواقع در دسترس آنهاست ، یک عکس سیاهرنگ است که خطوطی سفید روی آن ایجاد شده است (صفحه ۱۰۸).

چیزی که آنها میدانند از این قرار است:

(۱) - بر حسب تئوری کوانتوم ، ذرات فرو اتمی یک موجودیت مستقل ندارند.

(۲) - ذرات فرو اتمی مشخصات تموجی داشته و در همان حال مشخصات ذره ای نیز دارند.

(۳) - ذرات فرو اتمی ممکن است نشانگر وجود میدانهائی باشند که با هم در حال فعل و انفعال هستند.

با تمام این حرفها، تجزیه و تحلیل این خطوط سفید در روی عکس سیاه در اغلب موارد با استفاده از قوانین فیزیک کلاسیک صورت گرفته و این طریقی است که فیزیک دانهای ذرات عمل میکنند.

همین قضیه ، مسئله معمای کوآنتوم مکانیک را سبب میشود. این کاملا مانند اینست که سعی کنیم تجربه مصرف ماده ای بنام (LSD) برای دیگران تعریف کنیم. برای اینکار ، ما سعی خواهیم کرد که از نظریاتی استفاده کنیم که برای هردو طرف ملموس باشد. هرچند که این نظریات در قالب این پدیده نگنجد. شاید بهتر باشد که اصلا حرفی نزنیم.

هایزنبرگ مینویسد:

" ما چاره ای نداریم که از زبانی استفاده کنیم که در زندگی معمولی روزانه خود ، بکار میبریم. ما اینطور وانمود میکنیم که مثل اینک واقعا چیزی بنام جریان الکتریکی (یا ذره) ، وجود دارد. اگر ما تمام فیزیک دانان را مجبور کنیم که از بکار بردن کلمه ' جریان الکتریکی (یا ذره) ' خودداری کنند، آنها دیگر قادر نخواهند بود که فکری را که درذهن آنها میگذرد، بیان کنند.

بهمین دلیل فیزیک دانان طوری در باره ذرات فرو اتمی صحبت میکنند که مثل اینکه این ذرات مانند اجرام واقعی هستند که در اطاقک حباب از خود ردی باقی میگذارند . اجرامی که یک موجودیت مستقل را دارا هستند. در طول چهل سال گذشته بیشتر از یکصد ذره جدید کشف شده که کنث فورد آنها را باغ وحش ذرات نام گذاشته است.

اولین چیز در مورد این باغ وحش آنست که هر ذره ای از همان رده و گونه، دقیقا شبیه یکدیگر هستند. هر الکترون دقیقا مانند هر الکترون دیگری است. اگر شما یکی از آنها را دیده باشید، بمثابه اینست که همه را دیده اید. به همین

www.takbook.com

قیاس ، هر پروتون دقیقا شبیه پروتون های دیگر است و هر نوترون شبیه بقیه نوترونها. ذرات فرو اتمی هر گونه خاص ، طوری شبیه یکدیگر هستند که مطلقا تفاوتی بین آنها دیده نمیشود.

ذرات فرو اتمی از گونه های مختلف را بخاطر تفاوتی که خواص آنها با یکدیگر دارد، قابل تشخیص هستند. اولین خاصیت ذرات وزن آنها میباشد. بعنوان مثال یک پروتون، ۱۸۰۰ برابر الکترون وزن دارد. البته این بدان معنی نیست که پروتون ۱۸۰۰ بار بزرگتر از الکترون است چون جرم و اندازه یکی نیستند. یک کیلوگرم سرب و یک کیلو گرم پر پرنده ، همان جرم را دارند.

وقتی فیزیک دانان در باره جرم یک ذره صحبت میکنند، بغیر از مواردی که خود به آن اشاره مینمایند ، آنها راجع به جرم ذره ای گفتگو میکنند که در حال سکون است. جرم یک ذره در حال سکون، جرم ساکن نامیده میشود. هر جرمی بغیر از این، جرم نسبی نامیده میشود. از آنجائیکه جرم یک ذره با بالا رفتن سرعت، افزایش پیدا میکند، یک ذره هر وزن نسبی را میتواند اختیار نماید. اندازه جرم نسبی یک ذره بسته به سرعت آن میباشد. بعنوان مثال در سرعتی معادل ۹۹ ٪ سرعت نور ، وزن این ذره هفت برابر بیشتر از وزن آن در حال سکون است.

در سرعتهائی بالاتر از ۹۹٪ از سرعت نور، وزن ذره ها بطرز فوق العاده ای افزایش پیدا میکند. وقتی هنوز شتاب دهنده الکترون در ایالت ماساچوست مشغول به کار بود، الکترون ها از یک منبع تولید الکترون وارد مرحله اول شتاب دهنده شده که سرعت آنها در آنجا به ۹۹.۹۸۶ در صد سرعت نور رسیده و از آنجا سپس وارد قسمت اصلی شتاب دهنده میشدند. در قسمت اصلی سرعت این الکترون ها به ۹۹.۹۹۹۹۹۶ در صد سرعت نور افزایش پیدا میکرد. این افزایش سرعت ممکن است بنظر مهم بیاید ولی در واقع کاملا قابل صرفنظر کردن است. تفاوت سرعت این دو دسته الکترونها را میتوان از مثال بعدی سنجید. سرعت اولیه الکترونها مانند اتومبیلی است که یک مسیر مشخص را در دو ساعت طی میکند ، الکترنهای سریعتر مانند اتومبیل سریعتری هست که این مسیر را در یکساعت و پنجاه و نه دقیقه و پنجاه و نه ثانیه ، طی مینماید.

ولی همین تفاوت جزئی در سرعت ، باعث تفاوت مهمی در جرم الکترون میشود. جرم هر الکترون در مرحله اول سرعت به ۶۰ برابر جرم در حال سکون میرسد. ازدیاد ناچیز سرعت ثانوی باعث میشود که جرم الکترون به ۱۱۸۰۰ برابر جرم در حال سکون آن برسد. بعبارت دیگر، شتاب دهنده اسم با مسمائی برای این دستگاه نیست . این دستگاه در حقیقت سرعت ذره را آنقدر که جرم آنرا زیاد کرده ، افزایش نداده است. در حقیقت شتاب دهنده ذرات ، یک وزین کننده ذرات بایستی نامیده شود.

واحد وزن ذرات چه در حال سکون و چه در حال حرکت ، الکترون ولت میباشد. البته الکترون ولت هیچ ارتباطی با الکترون ندارد. الکترون ولت واحد انرژی بوده و آن مقدار انرژی لازم برای هر ذره ایست که با بار الکتریکی واحد از میان اختلاف پتانسیل یک ولت ، عبور نماید. قضیه در اینست که وقتی چیزی را با الکترون ولت اندازه گیری میکنیم، ما انرژی را اندازه میگیریم. ولی این دقیقا واحدی است که فیزیک دانان ذرات برای اندازه گیری وزن ذرات از آن استفاده میکنند. بعنوان مثال وزن الکترون در حال سکون ۵۱ میلیون الکترون ولت (MeV) بوده و وزن یک پروتون در حال سکون ۲۷۲/۹۳۸ میلیون الکترون ولت میباشد. تبدیل جرم به انرژی و بر عکس کار هر روزه فیزیک دانان ذرات بوده و جای تعجب نیست که چنین فیزیک دانهائی واحد انرژی را برای جرم یک ذره بکار ببرند.

حقیقت اینست که خود جرم شکل خاصی از انرژی میباشد (صفحه ۸۴) که میتوان آنرا انرژی موجودیت دانست. حال وقتی این ذره شروع به حرکت میکند، دارای انرژی سینتیک (انرژی تحرک) نیز میباشد. هردو این انرژی ها میتوانند دست بدست یکدیگر داده و در یک تصادم ذره ای، بوجود آمدن یک ذره جدید را سبب شوند.

اغلب ساده تر است که بجای واحد الکترون ولت ، وزن یک ذره را با سبکترین ذره مقایسه کرد. در چنین ترتیبی جرم الکترون ' یک ' فرض شده با این حساب وزن یک پروتون ۱۸۳۶.۱۲ خواهد بود. با استفاده از این تکنیک، وزن یک ذره بلافاصله به ما خواهد گفت که وزن آن چقدر از یک الکترون ، بیشتر است.

وقتی فیزیک دانان تمام ذرات شناخته شده را بر حسب وزن آنها مرتب کردند به این قضیه توجه پیدا نمودند که ذرات فرو اتمی را بطور تقریبی از نظر وزن میتوان به سه دسته تقسیم نمود. ذرات خیلی سبک، ذرات با وزن متوسط و ذرات با وزن زیاد. برای نامگذاری آنها، فیزیک دانان از زبان یونانی استفاده کردند. گروه ذرات سبک را ' لپتون ' نامیده که در زبان یونانی به معنای سبک میباشد. گروه با وزن متوسط را ' مزون ' و ذرات سنگین را

www.takbook.com

' باریون ' نامگذاری کردند. حالا چرا فیزیک دانان بسادگی این سه دسته را سبک ، متوسط و سنگین اسم گذاری نکردند ، یکی از آن سؤآلات بدون جواب علم فیزیک میباشد.

چون الکترون سبکترین ذره مادی بوده ، بدیهی است که یک لپتون است. پروتون ذره سنگینی بوده و باریون است هر چند که در گروه ذرات سنگین ، سبک ترین آنهاست. اغلب ذرات فرو اتمی به این ترتیب دسته بندی شده ، ولی نه همه آنها. این مطلب ما را با یک پدیده فیزیکی جدید آشنا کرده و مانند خیلی از پدیده های مکانیک کوآنتوم، با منطق روزمره ما همخوانی ندارد. چند ذره هستند که در این دسته بندی لپتون- مزون- باریون جائی برای خود پیدا نکرده اند. بعضی از آنها کاملا مشهور بوده ، از جمله ، ذره فوتون. بعضی ها هم مانند گراویتون در تئوری وارد شده ولی در عمل هنوز کشف نشده اند. این ذره هنوزجزو فرضیات بشمار رفته و امکان رد یابی آن وجود ندارد.

ما میگوئیم :

" یک لحظه صبر کنید. یک ذره بدون وزن چه ذره ایست؟ "

جیم دو ویت دوست خیالی و قدیمی ما که در این زمینه اطلاعات خوبی دارد ، جواب میدهد:

" یک ذره بی وزن ذره ایست که وزن آن در حال سکون ، صفر میباشد. تمام انرژی این ذره انرژی جنبشی آن میباشد. وقتی یک فوتون خلق میشود ، در همان لحظه با سرعت نور به حرکت در میآید. امکان اینکه بتوان سرعت آنرا کم کرد، وجود نداشته چون وزنی ندارد که بتوان برای کند کردن سرعت فوتون ، از آن استفاده کرد. سرعت آنرا بیشتر هم نمیشود کرد چون هیچ چیز سریعتر از نور حرکت نمیکند. "

ذره بدون وزن یک ترجمه ناقص از ریاضیات به انگلیسی میباشد. فیزیک دانان خیلی خوب میدانند که منظورشان از ذره بی وزن چه میباشد. آنها این نام را به عنصری که ساختمان ریاضی دارد ، اطلاق میکنند . چیزی که این عنصر در دنیای واقعی معرفی میکند، چیز ساده ای نیست که بتوان براحتی تعریف کرد. حقیقت اینست که این کار اصلا امکان ندارد برای اینکه تعریف ذره چیزی است که دارای جرم است.

بودائی ها روشی ابداع کرده اند که آنرا ' کوآن ' مینامند . بهمراه ژرفایش (meditation) این روش در ادراک و فهم ما تغییراتی ایجاد مینماید. کوآن یک معما بوده که به طرق معمولی، جوابی برای آن وجود ندارد. بعنوان مثال صدای دست زدن فقط با یک دست ، چه جور صدائیست؟

استادان بودائی شاگردان خود را تشویق میکنند که هر چه بیشتر به مغز خود فشار وارد آورده تا وقتی بتوانند جوابی برای سؤآل پیدا کنند. البته صرفا یک جواب کامل برای این سؤآلات کفایت نکرده و بستگی به شرایط روحی شاگرد پیدا میکند.

معما ها قسمت مهمی از ادبیات بودائی را تشکیل میدهد. معما جاهائی است که ذهن منطقی ما به محدودیت های خودش میرسد . بطور کلی به موجب فلسفه شرقی ، متضاد ها از قبیل خوب – بد ، زیبا – زشت ، تولد – مرگ و از این قبیل ' تفاوت های اشتباه ' هستند. یکی نمیتواند بدون دیگری وجود داشته باشد. آنها ساختمان ذهنی هستند که ما برای خود ساخته ایم. همین دلیل و علت تمام این معما ها میباشد. برای اینکه از چنگ این محدودیت های ذهنی خود را خلاص کنیم، باید صدای دست زدن یک دست را بشنویم.

علم فیزیک با کوآن ها پر شده است. " یک ذره بدون جرم را مجسم کنید. " بر حسب اتفاق ، بودائی ها که ' واقعیت های داخلی ' را هزار سال پیش ، مورد مطالعه قرار داده اند و فیزیک دانان که ' واقعیت خارجی ' را هزار سال بعد ، پیش کشیده اند هردو به این کشف نائل شدند که ' فهمیدن ' گذشتن از مانع معما میباشد.

* * * * *

دومین مشخصه یک ذره فرو اتمی ، بار الکتریکی آن میباشد. هر ذره فرو اتمی باری مثبت ، منفی و یا خنثی دارد. این بار الکتریکی رفتار ذره را در مقابل ذرات دیگر ، روشن میکند. اگر یک ذره دارای بار خنثی باشد، در مقابل بقیه ذرات قطع نظر از اینکه آنها چه باری دارند، کاملا بیتفاوت باقی خواهد ماند. ذرات با بارهای مثبت و منفی

www.takbook.com

رفتاری کاملا متفاوت در مقابل یکدیگر دارند. ذره های باردار بسمت ذره هائی با بار مخالف کشیده شده و ذره های با بار یکسان، یکدیگر را دفع میکنند.

این رقص جذب و دفع شدن در بین ذرات باردار ، بنام نیروی الکترومگنتیک (electromagnetic force) نامیده میشود. همین نیرو است که اتم ها قادر میکند که با هم تداخل کرده و ملکول ها را بوجود بیاورند. یا اینکه الکترون های با بار منفی را در مدار هسته مثبت نگاه دارد. در سطح اتمی و ملکولی این ماده مانند چسبی است که تمام کائنات را ایجاد کرده است.

بار الکتریکی فقط بیک اندازه مشخص ظاهر میشود. یک ذره فرو اتمی بدون بار ، ذره ای خنثی بوده ، و یا ممکن است یک بار مثبت یا منفی داشته باشد و یا تحت شرایط خاصی دارای دو بار باشد. ولی هیچ چیزی در مابین وجود ندارد. هیچ ذره ای با بار ۱.۵ وجود ندارد. بعبارت دیگر ، مانند انرژی، بار الکتریکی نیز کوآنتیزه شده است. حال چرا بار الکتریک این چنین است، یکی دیگر از آن سؤآلات بدون جواب میباشد.

وقتی مشخصات جرم به مشخصات بار الکتریکی اضافه گردد، شخصیت یک ذره ظاهر میگردد. بعنوان مثال الکترون تنها ذره فرو اتمی است که جرم در حال سکون آن، ۵۱ میلیون الکترون ولت بوده و یک بار منفی دارد. با این اطلاعات یک فیزیک دان ذره ای نه تنها اطلاع پیدا میکند که الکترون چه جرمی دارد بلکه میداند که این ذره باذرات دیگر چه تعاملی خواهد داشت.

سومین مشخصه یک ذره فرو اتمی ، حرکت دورانی آنست. این ذرات حول یک محور فرضی مانند یک ' فرفره چرخان ' ، دوران میکنند . یک تفاوت عمده بین یک فرفره چرخان و یک ذره چرخان اینست که فرفره با سرعت های مختلفی میتواند دوران کند ولی یک ذره فرو اتمی صرفا با یک سرعت ثابت در حول محور فرضی خود، دوران میکند.

سرعت دوران یکی از مشخصات اصلی ذرات فرو اتمی میباشد. اگر بهر ترتیبی این سرعت تغییر داده شود، ذره فرو اتمی با آن مشخصات طوری تغییر خواهد کرد که دیگر شناخت آن ساده نیست. این باعث میشود که ما به این فکر بیفتیم که شاید ذرات مختلف ممکن است همان ذرات پایه باشند که که سرعت دوران آنها تغییر پیدا کرده است. این یک سؤآل اساسی در فیزیک ذرات میباشد.

هر پدیده ای در مکانیک کوآنتوم یک بُعد کوآنتومی دارد که باعث میشود این پدیده ممتد نشود. این در باره حرکت چرخشی هم صادق است. چرخش هم مانند انرژی و بار الکتریکی ، کوآنتیزه شده است. چرخش هم بصورت بسته هائی ظاهر شده و پیوسته و ممتد نیست. تمام این بسته ها تماما همان اندازه را دارا هستند. اگر به مثال فرفره برگردیم ، وقتی فرفره به بالاترین سرعت خود رسید، بطور یکنواخت و پیوسته سرعتش کم نشده و در یک سلسله گام های مشخص ، سرعت خود را از دست میدهد. این گام ها طوری کوچک و نزدیک بهم هستند که ممکن نیست که با چشم بتوان آنرا تشخیص داد. بچشم اینطور میآید که فرفره بطور یکنواخت، سرعت دورانی خود را از دست میدهد تا وقتی که کاملا متوقف شود. ولی در واقع این حرکت یکنواخت نبوده و بطور کامل مقطع میباشد.

اینطور بنظر میآید که فرفره توسط یک قانون عجیب که هیچکس آنرا درک نمیکند فقط میتواند ۱۰۰ دوران در دقیقه داشته، یا ۹۰ یا ۸۰ و غیره. حال اگر این فرفره فرضی ما بخواهد سرعت خود را کمتر از ۱۰۰ بکند، تنها راه برای اینکار اینست که به ۹۰ جهش معکوس داشته باشد. این مشابه وضعیت ذرات فرو اتمی بوده با تفاوت اینکه : (۱) بعضی از ذرات صرفا با یک سرعت مشخص دوران کرده و (۲) دوران ذرات فرو اتمی توسط گشت آور دورانی (angular momentum) محاسبه میگردد.

گشت آور دورانی با جرم ، اندازه و سرعت دوران جرم درحال چرخش ارتباط پیدا میکند. اگر هر کدام از این پارامتر ها ، تغییر کند، گشتآور دورانی تغییر پیدا خواهد نمود. بطور کلی گشت آور دورانی ' توان دورانی ' بوده و یا بزبان دیگر تلاش لازم برای متوقف کردن دوران میباشد. یک فرفره در حال چرخش گشت آور دورانی زیادی ندارد برای اینکه کوچک است و جرم زیادی ندارد. یک ' چرخ فلک ' بزرگ در مقایسه ، دارای گشت آور دورانی عظیمی است و این بخاطر چرخش سریع آن نیست بلکه بخاطر بزرگی و سنگینی آنست.

حالا که شما موفق شدید که دوران را درک کنید ، هر چیزی را که در این مورد تا بحال یاد گرفته ، فراموش کنید و فقط به گشت آور دورانی توجه داشته باشید. هر ذره فرو اتمی دارای یک گشت آور دورانی مشخص ، ثابت و اندازه گیری

www.takbook.com

شده دارد. ولی در همین حال هیچ چیز دوران نمیکند. اگر نمیتوانید این را درک کنید، ابدا نگران نباشید چون خود فیزیک دانها هم این مطلب را درک نمیکنند. آنها فقط از آن استفاده میکنند. اگر شما برای درک آن اصرار داشته باشید، آنها بصورت معمای بودائی 'کوآن' در خواهند آمد.

هر ذره فرو اتمی دارای یک گشت آور دورانی مشخص ، ثابت و اندازه گیری شده دارد. ولی ماکس بورن در این باره نوشت:

" شخص نباید چنین فکر کند که هیچ چیزی در طبیعت ماده عملا دوران میکند. "

بعبارت دیگر 'دوران' یک ذره فرو اتمی شامل این حقیقت نیز میباشد که ' ایده یک دوران بدون اینکه چیزی دوران کند' . حتی خود ماکس بورن هم اعتراف کرد که درک این قضیه خیلی بسیار مشکل است. با وجود این فیزیک دانان از این قضیه استفاده میکنند چون ذره های فرو اتمی طوری رفتار میکنند که انگار دارای گشت آور چرخشی هستند و این گشت آور یک مقدار مشخص و محدود در هر مورد دارد. بخاطر همین ، دوران یکی از مشخصات مهم ذرات فرو اتمی بشمار میرود.

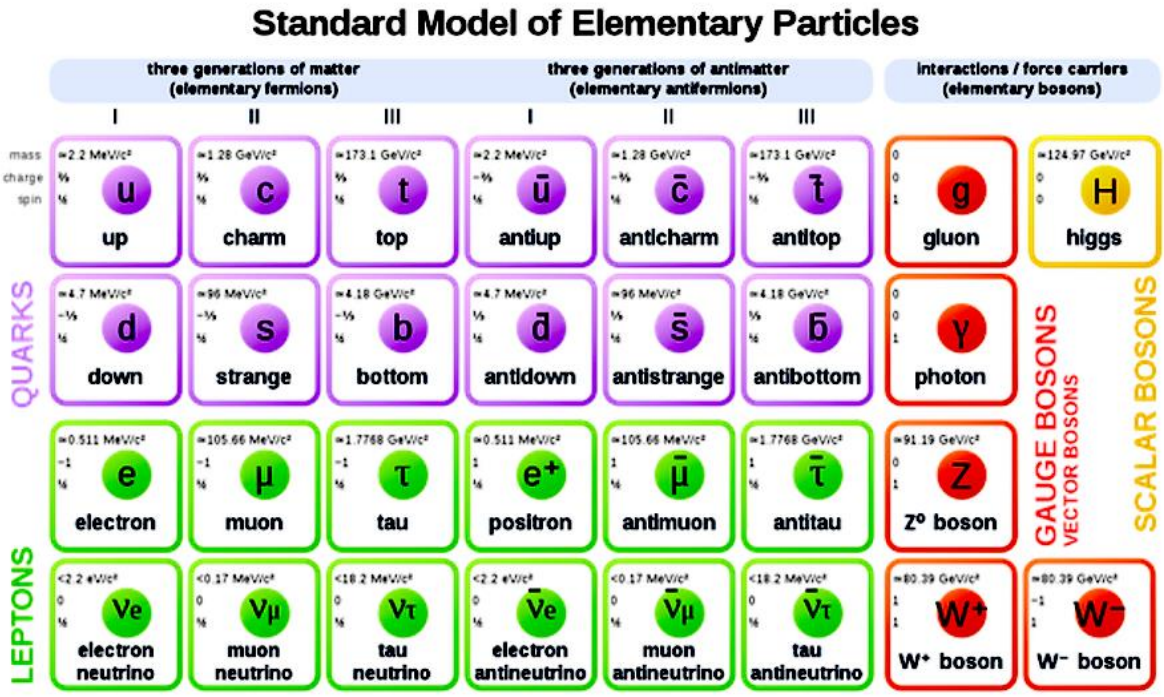
گشت آور چرخشی یک ذره فرو اتمی بستگی به ثابت پلانک دوست قدیمی ما دارد (صفحه ۳۳) . بخاطر دارید که ثابت پلانک که فیزیک دانان آنرا 'کوآنتوم عمل' مینامند کشفی بود که مکانیک کوآنتوم را بحرکت وا داشت. پلانک کشف کرد که انرژی ساطع و جذب نمیشود مگر بصورت بسته های کوچک که او آنرا کوآنتا نامید. از زمان این کشف اولیه ثابت پلانک بار ها و بارها بصورت یک عنصر اصلی برای درک پدیده فرو اتمی ، جلوه کرد. پنج سال بعد از کشف پلانک ، اینشتاین از ثابت پلانک استفاده کرد که پدیده فتوالکتریک را تشریح نماید. چندی بعد او از همین ثابت بار دیگر استفاده کرده که گرمای ویژه جامدات را محاسبه نماید. مطلبی که کاملا از آزمایش اولیه پلانک در مورد تشعشع جسم سیاه بدور بود. بُهر موفق به کشف گشت آور چرخشی الکترون شده که بستگی مستقیم با ثابت پلانک پیدا میکند. دو بروی نیز برای محاسبه طول موج ماده از ثابت پلانک استفاده کرده و بالاخره این ثابت عنصر مهم اصل عدم قطعیت هایزنبرگ میباشد.

هرچند ثابت پلانک در حیطه فرو اتمی بسیار مهم میباشد، در دنیای آزاد بهیچوجه قابل مشاهده نیست. این بخاطر آنست که که اندازه بسته های انرژی (کوآنتا) که ساطع یا جذب میشود آنقدر کوچک است که بنظرما یک جریان یکنواخت میآید. بهمین قیاس از آنجائیکه بسته های واحد گشت آور دورانی خیلی کوچک هستند، آنها نیز در دنیای ماکروسکوپیک قابل دیدن نیستند. یک تماشاچی مسابقه تنیس 10^{33} بار گشت آور بیشتری دارد تا یک الکترون . مثال دیگر اینست که عوض کردن یک سنت در بودجه سالیانه آمریکا یک میلیارد میلیارد بزرگتر از هرج و مرجی است که تغییر یک واحد گشت آور دورانی در یک تماشاچی ، ایجاد میکند.

بجای اینکه رقم واقعی گشت آور یک ذره فرو اتمی را بنویسیم، فیزیک دانان برای احتراز از نوشته ارقام بسیار بزرگ ، دوران یک ذره فرو اتمی را با دوران فوتون مقایسه کرده که دوران آنرا واحد فرض میکنند. چنین روشی بنوبه خود یک طرح دیگری از طرح ذرات فرو اتمی ایجاد کرد که تا کنون امکان تشریح آن بوجود نیامده است. تمام اعضای خانواده یک ذره ، همگی دارای همان مشخصه دورانی میباشند. بعنوان مثال ، تمام افراد خانواده لپتون ها دارای ۱/۲ گشت آور دورانی فوتون هستند. باریون هم نظیر همین رفتار را دارند. ولی مزون ها بطرز غیر عادی گشت آورشان مضربی صحیح از ۰ ، ۱ ، ۲ ، ۳، ۴ ... و غیره در گشت آور فوتون بوده ولی هیچ چیز در بین این مضارب.

مشخصات تمام ذرات فرو اتمی در جدول زیر داده شده است:

www.takbook.com



مقادیر جرم (m) ، بار الکتریکی و دوران با اعداد خاصی مشخص گردیده است. این ارقام ، اعداد کوانتومی نامیده میشود. هر ذره برای خود یک تعداد اعداد کوآنتومی دارد که آنرا بعنوان یک نمونه از ذرات معرفی میکند. ذرات متعلق به یک خانواده اعداد کوانتومی مشابهی دارد. بعنوان مثال هر الکترون دارای همان اعداد کوآنتومی میباشد. ولی همین اعداد ، الکترون را از پروتون جدا میکند.

وقتی پُل دیراک تئوری نسبیت را وارد تئوری کوآنتوم نمود از نظر تئوری وجود یک ذره با بار مثبت را پیش بینی نمود. در آن تاریخ (۱۹۲۸) تنها ذره با بار مثبت فقط پروتون شناخته شده بود. خیلی از فیزیک دانان زمان او، این پیش بینی را رد کردند.

وقتی اطلاعات بیشتری در باره ذرات فرو اتمی حاصل شد، مشخص گردید که دیراک اشتباه نکرده بود و ذره جدید مانند الکترون بوده جز اینکه دارای بار مثبت است.

کارل اندرسون در انستیتوی تکنولژی کالیفرنیا (کالتک) مستقلا ذره ای را کشف کرده که نام آنرا پوزیترون گذاشت. فیزیک دانان بعدها کشف کردند که هر ذره یک ذره مشابه خود داشته ولی با بار مخالف. این ذرات بنام ضد ذره نامیده شدند.

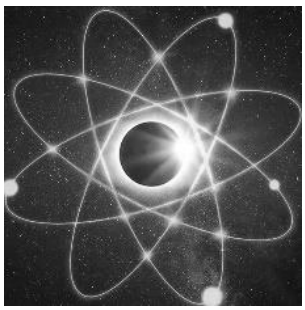
ضد ذره بعضی از ذرات ، ذرات دیگر هستند . بعنوان مثال یک مزون مثبت پی خود ضد ذره یک مزون منفی پی میباشد. معدودی از ذرات خود ضد ذره خود هستند (مانند فوتون) .

وقتی یک ذره با یک ضد ذره مصادف میشود ، همواره اتفاق جالب توجهی رخ میدهد. آنها یکدیگر را از بین میبرند. وقتی یک الکترون با یک پوزیترون بهم میرسند، هردو آنها فورا ناپدید شده و بجای خود دو فوتون باقی میگذارند که بلافاصله صحنه را با سرعت نور ، ترک میکنند. بر عکس، ذرات و ضد ذرات ممکن است مستقیما از انرژی خلق شده و اینکار پیوسته با بوجود آمدن هردو آنها ، ایجاد میگردد.

تمام کائنات از ذرات و ضد ذرات تشکیل یافته است. خود ما هم از ذرات معمولی درست شده و همین ذرات معمولی هستند که اتمها و ملکول های اطراف ما را میسازند. فیزیک دانان چنین تصور میکنند که در جاهائی در کائنات، ضد ذره ها ، با یکدیگر جمع شده و ضد اتم ایجاد میکنند. بعد همین ضد اتمها ، ضد ملکول ایجاد کرده که باعث بوجود آمدن ضد ماده میشود. این ضد ماده ، ضد بشر هم بوده ولی خوشبختانه در این گوشه کوچک از کائنات ، ضد بشر وجود نداشته ، چون اگر وجود داشت . در یک چشم بهم زدن، همه ما درگذشته های دور ، از بین رفته بودیم.

www.takbook.com

لپتون ، مزون ، باریون ، بار الکتریکی ، دوران ، و ضد ذره چیزهائی هستند که فیزیک دانان از آنها استفاده کرده که ذرات فرو اتمی را دسته بندی کنند. آنها برای لحظه ای این تصور را بخود راه میدهند که ذرات فرو اتمی، ذرات واقعی بوده که از میان پیوستار (Continuum) فضا – زمان عبور میکنند. این فرضیات مفید بوده ولی در یک محدوده خیلی کوچک. این محدوده وقتی ایجاد میشود که فیزیک دانان برای راحتی، مثل همه ما ، چنین وانمود میکنند کسانی که میرقصند میتوانند بدون رقص وجود داشته باشند.

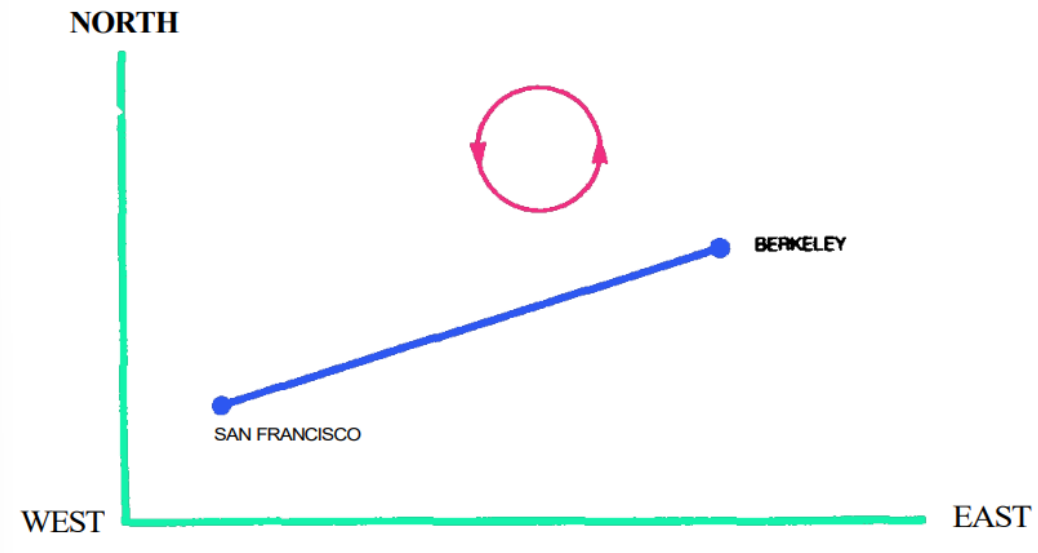


www.takbook.com

فصل دهم - رقص

رقص ذرات فرو اتمی هرگز بپایان نمیرسد و هرگز همان رقص تکرار نمیشود. هرچند که فیزیک دانان ، راهی را پیدا کرده اند که نمودار (diagram) قسمتی از آنرا که مورد توجه آنهاست، تهیه کنند.

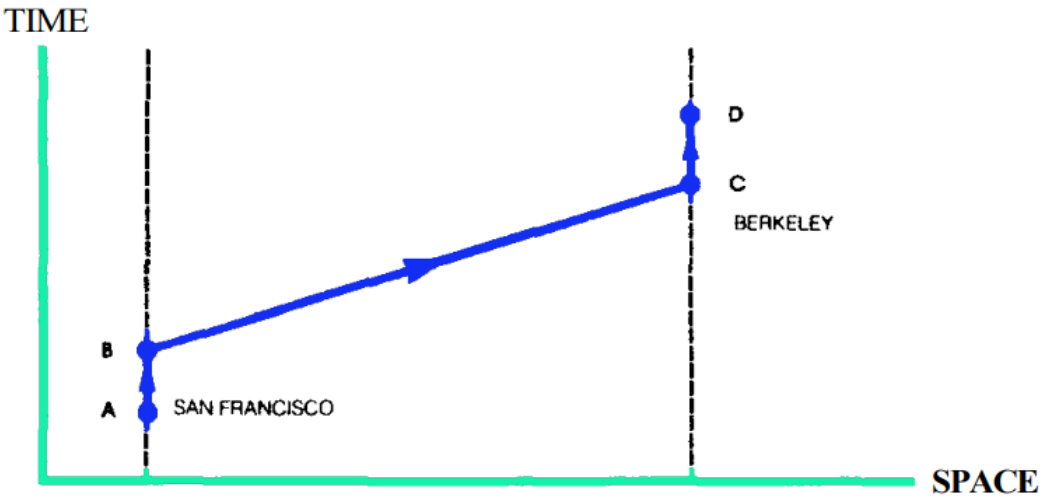
ساده ترین ترسیم هر نوع حرکت یک نقشه فضائی میباشد. یک نقشه فضائی ، محل یک شیء در در فضا مشخص مینماید. نقشه زیر محل شهر سان فرانسیسکو را در کالیفرنیا و برکلی نشان میدهد. محور عمودی مانند هر نقشه دیگر ، محور شمال و جنوب بوده و محور افقی مسیر شرق به غرب را نشان میدهد. این نقشه همچنین مسیر یک هلی کوپتر را که بین سان فرانسیسکو و برکلی نشان داده و با یک بزرگنمائی فوق العاده ، مسیر یک پروتون را که در شتاب دهنده آزمایشگاه لارنس برکلی حرکت میکرده نیز نشان میدهد.



مانند تمام نقشه های جاده ها ، این نقشه فضائی دو بعدی میباشد. این نقشه نشان میدهد موقعیت برکلی چقدر شمالی (بُعد اول) و تا چه اندازه شرقی (بُعد دوم) نسبت به سان فرانسیسکو میباشد. ولی این نقشه ارتفاع هلی کوپتر را نشان نمیدهد (بُعد سوم) . چیزی دیگری را هم که نشان نمیدهد زمان پرواز (بُعد چهارم) از سانفرانسیسکو به برکلی میباشد. اگر ما بخواهیم که زمان پرواز بین این دو نقطه را هم در این نقشه بگنجانیم ، میبایست یک نقشه فضا – زمان ترسیم کنیم.

یک نقشه فضا – زمان موقعیت اشیاء را در فضا نشان داده و در همان موقع، وضعیت زمانی را نیز مشخص مینماید. در چنین نقشه ای محور عمودی محور زمان است. به این ترتیب این نقشه را باید از پائین به بالا خواند چون زمان در این جهت به پیش میرود. محور افقی نقشه ، محور فضا بوده که نشان دهنده حرکت یک شیء در فضا میباشد. نقشه زیر همان پرواز از سان فرانسیسکو به برکلی را نشان میدهد.

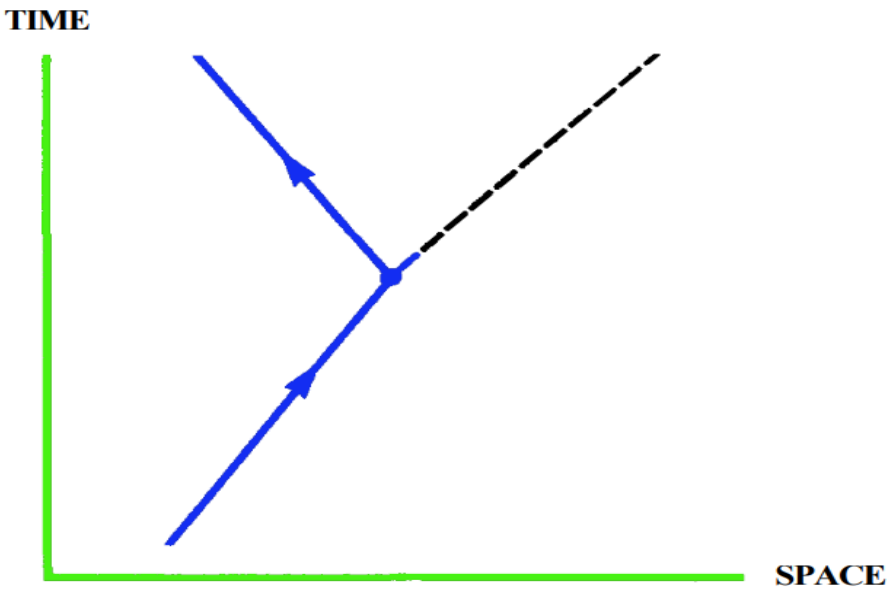
www.takbook.com



در اولین مرحله هلی کوپتر در سان فرانسیسکو روی زمین نشسته است. خط عمودی (آبیرنگ) نشان میدهد که هرچند این هلی کوپتر هنوز در فضا حرکتی ندارد ، در زمان حرکت کرده ، از نقطه (A) به نقطه (B) میرود. این در حالی است که هنوز در سان فرانسیسکو روی زمین نشسته است.

وقتی هلی کوپتر از زمین بلند شده و بسمت برکلی پرواز میکند، حالا هم در فضا و هم در زمان حرکت دارد. در این حال چنانچه از نقشه پیداست ، از نقطه (B) به نقطه (C) پرواز کرده است. وقتی در برکلی بار دیگر روی زمین قرار میگیرد، چون دیگر حرکتی ندارد ، باز هم خط افقی را که زمان باشد تعقیب کرده و به نقطه (D) میرسد. نوک پیکان ها جهت حرکت هلی کوپتر را نشان میدهند. بدیهی است که هلی کوپتر در فضا میتواند به جلو یا عقب حرکت کرده ولی در زمان صرفا در یک جهت به پیش میرود. خط چین ها نشان میدهد محل سان فرانسیسکو و برکلی رانشان داده و هرگز حرکتی نمیکند مگر در مواقع زلزله کالیفرنیا.

فیزیک دانها از نقشه فضا – زمان مشابه برای پرواز الکترونی که از خود یک فوتون ساطع میکند ، استفاده میکنند.

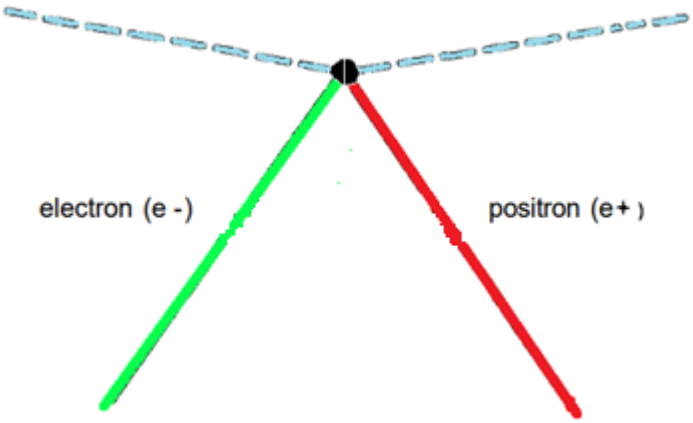


www.takbook.com

از پائین نقشه شروع کرده ، الکترون با یک سرعت مشخص در فضا پرواز میکند. در نقطه ای که با یک نقطه (دایره کوچک) روی خط آبیرنگ مشخص شده، این الکترون از خود یک فوتون ساطع مینماید. فوتون با سرعت نور بسمت راست رفته و الکترون که گشت آورش بخاطر خروج فوتون تغییر کرده ، مسیرش عوض شده و با سرعت کمی بسمت چپ میرود.

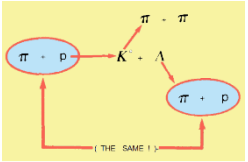
در سال ۱۹۴۹ ریچارد فینمان کشف کرد که نقشه های فضا – زمان شبیه این، دارای یک تطابق مسلم با یک فرمول ریاضی داشته که احتمال فعل و انفعالی را که آنها در نظر داشته اند، بدست میدهد. این کشف ادامه تئوری دیراک (۱۹۲۸) بوده و کمک کرد که این تئوری وارد دنیای کوآنتوم شده و وسیله بوجود آمدن تئوری میدان کوآنتوم امروزی گردد. از این جهت است که این نوع نمودار را اغلب نمودار فینمان میخوانند.

در شکل زیر یک دیاگرام فینمان که مربوط به انهدام ذره / ضد ذره میشود ، نشان داده شده است. یک الکترون از سمت چپ به یک ضد الکترون (پوزیترون) که از سمت چپ جلو میآید، نزدیک میشود. وقتی آنها بهم برسند در جائیکی با یک دایره کوچک نشان داده شده، آنها یکدیگر را نابود کرده و دو فوتون در مخالف جهت یکدیگر با سرعت نور از آنجا دور میشوند (مسیر خط چین).



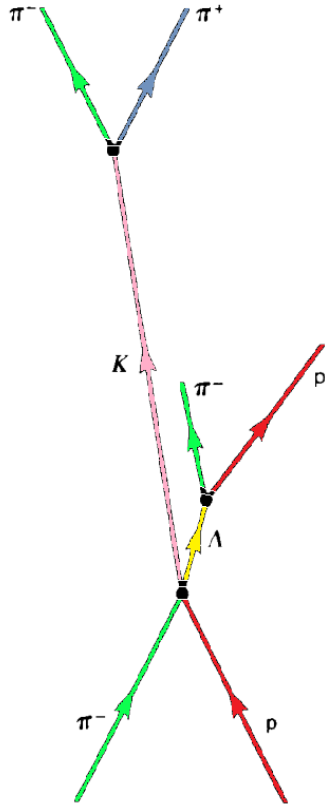
هر واقعه ای که در دنیای ذرات فرو اتمی رخ بدهد ، آنرا اتفاق مینامیم. در دیاگرام فینمان این اتفاقات با یک نقطه (دایره کوچک) نشان داده میشود . هر اتفاق فرو اتمی همراه نابودی ذرات اصلی و اولیه بوده و به خلق ذرات جدیدی ، منتهی میگردد. این قضیه فقط برای ذره و ضد ذره صادق نبوده و برای هر اتفاقی صدق میکند.

حال با دانستن این حقیقت ، ما میتوانیم به دیاگرام ذره در صفحه قبل دوباره از زاویه دیگری نگاه کنیم. بجای اینکه بگوئیم که الکترون در حال عبور از فضا از خود فوتون ساطع میکند، که باعث تغییر گشت آورش میشود، ما میتوانیم بگوئیم که این الکترون که در فضا حرکت میکرد، از خود یک فوتون ساطع کرده و سر همان نقطه نابود شده است. الکترون جدیدی در این فرآیند بوجود آمده که صحنه را با یک گشت آور جدید ، ترک میکند. هیچ راهی وجود ندارد که بتوان ثابت کرد که این استدلال درست یا اشتباه است ولی ساده تر و یکنواخت تر خواهد بود که اینطور فرض کنیم که ذره اولیه نابود شده و ذره جدیدی خلق شده است. اینکه تمام الکترون ها دقیقا شبیه یکدیگر هستند این فرض را امکان پذیر مینماید.



شکل زیر دیاگرام فینمان را برای فر آیندی که در صفحه (۱۰۹) مورد بحث قرار گرفت نشان میدهد:

www.takbook.com



یک پی مزون منفی (سبز) با یک پروتون (قرمز) تصادم کرده و هردو ذره نابود میشوند. انرژی آنها که 'جرم' و انرژی جنبشی باشد، باعث بوجود آمدن دو ذره جدید، یک ذره لاندا (زرد رنگ) و یک مزون K (صورتی رنگ) میشود . این دو ذره جدید خود پایدار نبوده و یک لحظه بعد به دو ذره پی منفی و پروتون تبدیل میشوند. خود ذره K نیز در فاصله زمانی کوتاهی به دو ذره پی مثبت (آبیرنگ) و پی منفی (سبز) تبدیل میشود. این قسمت جالب توجه است چون ذره لاندا (زرد رنگ) به ذرات اولیه پی منفی (سبز) و پروتون (قرمز) تبدیل میشوند.

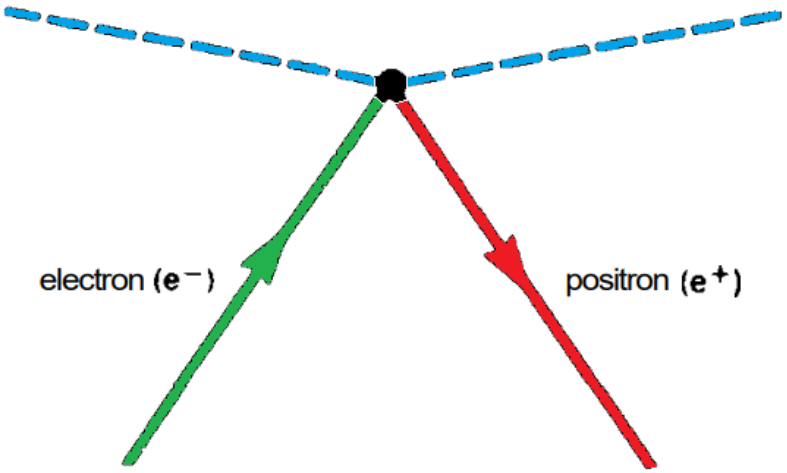
ذرات فرو اتمی برای همیشه به این رقص بی پایان خود که نابودی و خلق میباشد، ادامه داده و در حقیقت خود آنها این رقص هستند. ولی این کشفیات قرن بیستم با تمام جنبه های سرگیجه آور آن ، یک فرضیه جدید نیست. در واقع این خیلی به عقاید هندوها و بودائی ها نزدیک میباشد.

اساطیر هندی عملا یک تصویر کشفیات میکروسکوپی روی منطقه روان شناسی میباشد . خدایان هندی از جمله شیوا و ویشنو بطور دائم مشغول رقص خلقت و انهدام کائنات بوده در حالی تصور بودائی ها از چرخ زندگی ، مثالی از فرآیند پایان ناپذیر تولد، مرگ و تولد دو باره میباشد.

تصور کنید که یک گروه هنرمندان جوان یک مدرسه انقلابی هنر را پایه ریزی کرده اند. نقاشی های آنها طوری منحصر بفرد میباشد که که آنها برای توزیع کردن این آثار هنری، از مسئول یک موزه قدیمی ، کمک گرفته اند. این مسئول نگاهی به این نقاشی ها انداخته ، سری تکان میدهد و در زیر زمین های موزه، ناپدید میگردد. او بعد از مدتی با دست پر باز گشته و تعداد زیادی نقاشی های فوق العاده قدیمی را با خود میآورد. او این نقاشی ها را در کنار نقاشی های جدید میگذارد. نقاشی های جدید طوری شبیه نقاشی های قدیمی است که حتی هنرمندان نقاش جوان را بشدت تحت تاثیر قرار میدهد. انقلابیون جوان در زمان و طریق خود یک روش بسیار قدیمی نقاشی را کشف کرده اند.

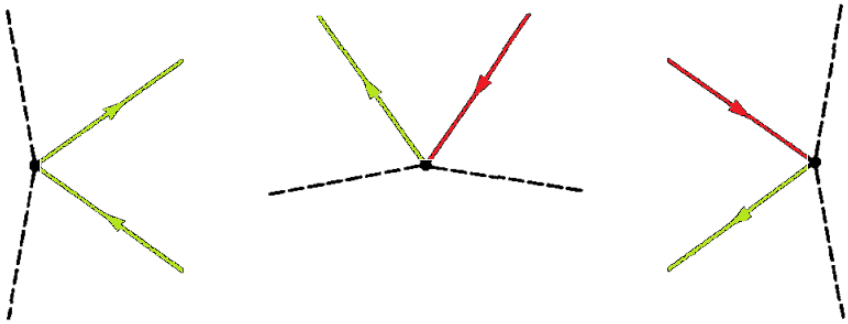
www.takbook.com

بگذارید بار دیگر به دیاگرام فینمان در مورد انهدام الکترون – پوزیترون نگاه دیگری بیاندازیم. فرض کنیم که ما از جهت فلش برای مشخص کردن ذره و ضد ذره استفاده کنیم. وقتی جهت نوک پیکان بطرف بالا باشد، ذره را نشان داده و در جهت عکس، یعنی بسمت پائین باشد. معرف ضد ذره میباشد. این باعث میشود که دیاگرام صفحه ۱۲۱ شبیه دیاگرام تصویر زیر بشود.



طبعا زمان آنطور که ما میشناسیم ، فقط در یک جهت حرکت دارد. ولی این قرار داد ساده یک راه آسان در اختیار ما میگذارد که ذره را از ضد ذره تشخیص بدهیم. خطوطی که اینطور بنظر میرسد که با گذشت زمان ، به جلو میرود، متعلق به ذرات بوده و خطوطی بنظر میرسد با زمان بعقب میروند ، متعلق به ضد ذره میباشند. فوتون هیچ نوک پیکانی نداشته چون فوتون ها خود ضد ذره خود هستند.

در سال ۱۹۴۹ فینمان نشان داد که این قرارداد خیلی بیشتر از یک کار هنری میباشد. او کشف کرد که پیشرفت میدان پوزیترون بسمت جلو ، از نقطه نظر ریاضی معادل عقب رفتن میدان الکترون در زمان میباشد. بعبارت دیگر، به موجب تئوری میدان کوآنتوم (quantum field theory) یک ضد ذره ، ذره ایست در در زمان به عقب حرکت میکند. البته ضد ذره لزوما مجبور نیست که در زمان به عقب برود ولی این ساده ترین و متقارن ترین روش برای نشان دادن ضد ذره میباشد.

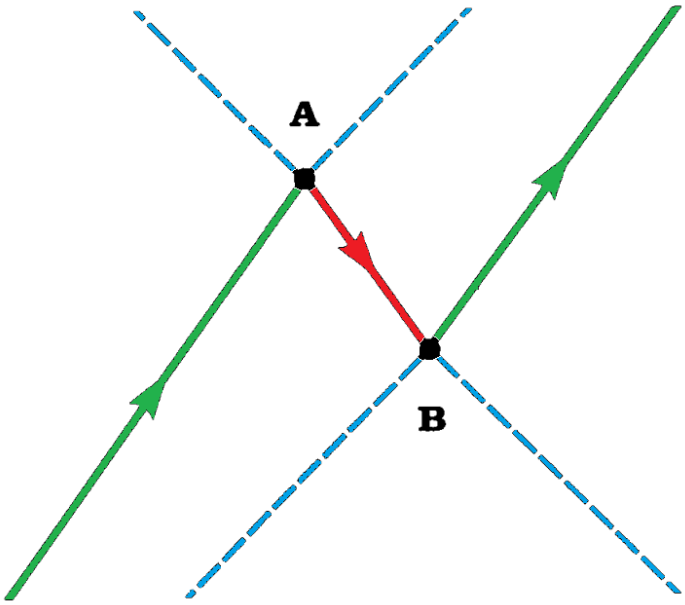


بعنوان مثال از آنجائیکه نوک پیکان ذره را از ضد ذره تشخیص میدهد ، ما میتوانیم دیاگرام اصلی فینمان را به سمتی که میل داشته باشیم، چرخانده و هنوزبتوانیم ذره را از ضد ذره تشخیص بدهیم. در شکل زیر چند مثال در این مورد آورده شده است:

www.takbook.com

هرکدام از این اشکال یک دیاگرام مستقل بوده و نشان دهنده فعل و انفعال ذره / ضد ذره میباشد. بوسیله این چرخش ، ما میتوانیم هر فعل و افعال بیک یک الکترون، یک پوزیترون و دو فوتون را مشاهده کنیم. دقت، سادگی و تقارن دیاگرام فینمان آنرا بصورت یک طرز مخصوص شعر در میآورد.

در این شکل یک دیاگرام فضا زمان دو واقعه نشان داده شده است. تصادم بین دو فوتون (آبیرنگ) در نقطه (B) باعث بوجود آمدن یک الکترون (سبز رنگ) و یک پوزیترون (قرمز) شده و سپس یک الکترون (سبز) و یک پوزیترون (قرمز) ، یکدیگر را نابود کرده و دو فوتون (آبیرنگ) ایجاد میکنند (نقطه A) . نیمه سمت راست این دیاگرام ، فعل و افعال در نقطه A همان دیاگرام انهدام الکترون – پوزیترون صفحه قبل میباشد.



بطورمعمول ما این وقایع را به این صورت تشریح میکنیم :

دو فوتون در قسمت پائین و راست شکل با یکدیگر برخورد کرده که باعث بوجود آمدن یک الکترون و یک پوزیترون میشود. الکترون در سمت راست شکل از صحنه خارج شده ولی پوزیترون بسمت چپ رفته و در آنجا با الکترونی برخورد میکند که از قسمت پائین و چپ دیاگرام ، وارد صحنه شده است. این دو یکدیگر را منهدم کرده و دو فوتون ایجاد میکنند که در جهت مخالف یکدیگر از صحنه خارج میشوند.

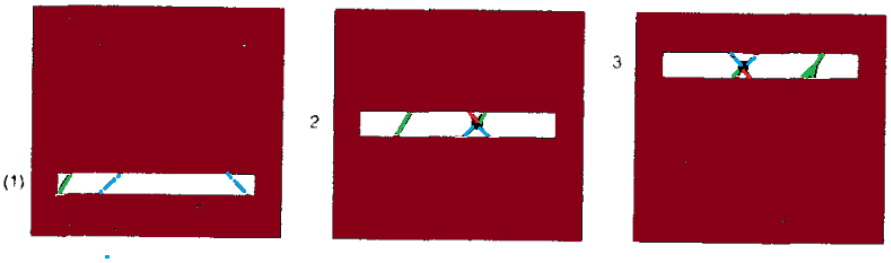
تشریح این وقایع توسط تئوری میدان کوآنتوم بسیار ساده تر بوده و بهمین دلیل ، مرجح میباشد. به موجب این تئوری، فقط یک ذره وجود دارد. این ذره که یک الکترون است که از سمت چپ و پائین دیاگرام وارد شده و در زمان و مکان به پیش رفته تا اینکه در نقطه A دو فوتون از خود ساطع مینماید. همین باعث میشود که جهت حرکت آن در زمان ، معکوس شود. حالا پوزیترون ایجاد شده در نقطه B دو فوتون جذب کرده و بار دیگر مسیرش عوض میشود. با تغییر جهت، این ذره بار دیگر الکترون شده و به این ترتیب بجای سه ذره ، فقط یک ذره وجود دارد که از چپ به راست ، در ابتدا با پیشرفت زمان جلو میرود. بعد جهتش عوض شده و بر عکس زمان حرکت میکند، و سپس یکبار دیگر در جهت پیشرفت زمان ، جلو میرود.

این همان تصویر ثابت فضا – زمان است که در تئوری نسبیت اینشتاین تشریح شده است (صفحه ۸۳). اگر ما میتوانستیم تمام منطقه زمان را مانند تمام منطقه فضا بررسی کنیم، میتوانستیم ببینیم که وقایع با گذشت زمان اتفاق نیفتاده بلکه خود را مانند یک نقاشی کامل در بافت فضا – زمان عرضه میکنند. دلیل این همانست که ما قدرت

www.takbook.com

بررسی و دریافت اطلاعات از این بافت فضا – زمان نداشته و فقط قادر هستیم که یک نوار خیلی باریک از تصویر زمان – فضا را ببینیم.

بعنوان مثال فرض کنیم که ما یک مقوای قرمز رنگ که در روی آن یک نوار باریک بریده شده ، روی دیاگرام صفحه قبل قرار دهیم و به این ترتیب چیزی را که ما میتوانیم ببینیم ، تصویری است که از طریق نوار باریک بریده شده در مقوا ، بچشم ما میرسد. حال اگر ما مقوای قرمز را از پائین آهسته بسمت بالا حرکت دهیم ، دید محدود ما ، یک سری وقایعی را میبیند که هر یک بعد از دیگری اتفاق میافتد.



اول ما سه ذره را میبینَم (شکل ۱) ، دو فوتون (آبیرنگ) از سمت راست و یک یک الکترون (سبز) که از سمت چپ وارد میشود. در شکل ۲ ، ما مقوا را کمی بالاتر برده و میبینم که فوتون ها با یکدیگر برخورد کرده که بتیجه آن بوجود آمدن یک جفت الکترون - پوزیترون میباشد. الکترون بسمت راست رفته و پوزیترون بسمت چپ حرکت کرده اند. بالاخره در تصویر ۳ پوزیترون تازه ایجاد شده را مشاهده میکنیم که که با الکترون اولیه برخورد کرده و دو فوتون ایجاد میکند . تنها در صورتی که ما مقوای قرمز رنگ را خارج کنیم، تصویر کامل را میتوانیم ببینیم.

دو بروی مینویسد :

" هر چیز در بافت فضا – زمان که برای ما زمان گذشته ، حال و آینده را ایجاد میکند، بصورت یک بسته داده میشود. هر ناظر بهمان صورتی که زمان میگذرد ، یک نوار از بافت فضا – زمان را کشف میکند که بنظر او تداوم دنیای مادی میباشد. ولی در حقیقت تجمع تمام وقایع در فضا – زمان قبل از اطلاع او از آنها و وجود داشته است "

جیم دو ویت دوست قدیمی و خیالی ما وقتی از کنار یک فیزیک دان ذره ای عبور میکرد ، گفت:

" یک لحظه صبر کنید، صحبت حرکت به جلو و به عقب در زمان کار سختی نیست ولی من شخصا هرگز تجربه عقب رفتن در زمان را تجربه نکرده ام. اگر یک ذره میتواند در زمان به عقب برگردد ، چرا من نمیتوانم این کار را انجام بدهم؟ "

جوابی که فیزیک دان به او داد در حقیقت خیلی ساده است. در هرقسمت بسته کائنات ، تمایلی برای ازدیاد هرج و مرج وجود دارد. در فیزیک به این تمایل برای عدم نظم و ترتیب ، آنتروپی میگویند. (بر حسب تعریف آنتروپی مقدار جبری متغییری است که تغییرات آن نمودار آمادگی نسبی تبدیل حرارت به کار میباشد. مترجم.) جلوگیری از پیشرفت آنتروپی برای ایجاد هرج و مرج بنام نجنتروپی (negentropy) نامیده میشود. بعنوان مثال فرض کنید که ما یک قطره از مرکب سیاه را در یک گیلاس آب تمیز بیاندازیم. در ابتدا وجود این قطره مرکب در آب، کاملا منظم میباشد. این بدان معنی است که تمام ملکول های مرکب، در یک منطقه کوچک جمع میشوند.

هرچند که با گذشت زمان حرکت طبیعی ملکول باعث میشود که ملکول های مرکب سیاه ، بطور فزاینده ای در آب پخش شده ، تا وقتی که بطور کامل ملکول های مرکب در آب پخش نشده، این فرآیند ادامه خواهد یافت. در آخر مایع داخل گیلاس ، بصورت یک مایع تیره غیر شفاف در آمده که کوچکترین نظم و ترتیبی در آن موجود نیست.

تجربه به ما آموخته است که ازدیاد آنتروپی با حرکت به جلو زمان ، توام میباشد. اگر شما فیلم یک گیلاس آب تیره را ببینید که آب با گذشت زمان تمیز و تمیز تر میشود تا وقتی که تمام ناخالصی در یک نقطه در بالای آب جمع

www.takbook.com

بشود ، ما بلافاصله متوجه میشویم که این فیلم را بر عکس کرده اند. البته از نظر تئوری ، چنین چیزی امکان پذیر میباشد ولی این احتمال طوری بعید است که بسادگی میتوانیم اعلام کنیم، که اینکار غیر ممکن است.

تئوری ازدیاد هرج و مرج یا ازدیاد آنتروپی ، قانون دوم ترمودینامیک ، نامیده میشود که یک قانون آماری محسوب میگردد. این بدان معنی است که این اتفاق نمیافتد مگر اینکه تعداد زیادی ' موجودیت ' برای انجام آن ، حضور داشته باشند. بطور عمومی هر ذره فرو اتمی اینطور فهمیده شده که طوری زندگی کوتاهی داشته که قانون دوم ترمودینامیک، به آن اطلاق نمیگردد. هرچند که این قانون میتواند به ملکول ها که بسیار پیچیده تر از ذرات فرو اتمی هستند ، سلول های زنده که بسیار پیچیده تر از ملکول ها بوده و انسانها که از میلیارد ها سلول درست شده اند ، تعمیم پیدا کند. به این ترتیب مشخص میشود که فقط در سطح ذرات فرو اتمی یا سطح کوانتوم هست که حرکت به جلوی زمان، اهمیت خود را از دست میدهد.

هرچند که برخی از شواهد حاکی از آنست که خود آگاهی (consciousness) در اساسی ترین سطح ، یک فرآیند کوآنتوم است. چشمانی که به تاریکی عادت کرده است ، قادر است که یک فوتون تنها را تشخیص بدهد. اگر چنین چیزی واقعیت دارد پس میتوان تصور نمود که با تعمیم آگاهی ما به اصولی که بطور معمول از محدوده آگاهی ما خارج است، ما میتوانیم به خود فرآیند ها آگاهی پیدا کنیم. فرآیند هائی که خود در سطح کوآنتوم بوده و برای آنها گذشت زمان معنائی ندارد. حال اگر خود آگاهی یک فرآیند مشابه بوده و ما بتوانیم که از حضور این فرآیند ها در وجود خود آگاهی پیدا کنیم، این امکان بوجود میآید که بتوانیم ' بی زمانی ' (timelessness) را تجربه نمائیم.

اگر بتوانیم اساسی ترین عمل کرد ضمیر خود را تجربه نمائیم، و اگر طبیعت آنها کوآنتوم باشد، ، این امکان بوجود میآید که فرضیه فضا و مکان قابل تعمیم به آنها نبوده همانطور که این فرضیه به رویا های ما قابل تعمیم نیست. چنین تجربه ای را با زبان منطقی بسیار مشکل میتوان توضیح داد. بهمین دلیل گزارش های انحراف زمان و بی زمانی مرتاضان در مشرق زمین و (LSD) در غرب را نبایستی بدون مطالعه بیشتر، بدور افکند.

ذرات فرو اتمی میل ندارند که فقط به این علت که ذرات فرو اتمی هستند، در کناری نشسته و کاری انجام ندهند. فعالیت آنها مشابه فعالیت کندو های زنبوران عسل است. بعنوان مثال یک الکترون بطور دائم فوتون را جذب و دفع میکند. این فوتون ها ، فوتون های معمولی و کامل نیستند چون بر عکس فوتون های معمولی. آنها قادر به پرواز نمیباشند. آنها به محض تولید شدن ، توسط الکترون ها جذب شده و بهمین دلیل به آنها فوتونهای مجازی گفته میشود. تنها چیزی که مانع از این میشود که این فوتونها مجازی ، به دنیای فوتون های واقعی بپیوندند، اینست که آنها بمحض ساطع شدن، توسط همان الکترون، جذب میشوند.

بعبارت دیگر در ابتدا یک الکترون وجود دارد، سپس یک الکترون و یک فوتون و بالاخره فقط یک الکترون موجود است. این شرایط البته نقض قانون بقای جرم و انرژی میباشد. به موجب تئوری میدان کوآنتوم ، ما میتوانیم چیزی در قبال هیچ ، دریافت کنیم. ولی فقط برای ($۱۰^{-۱۵}$) ثانیه . دلیل این امر بخاطر اصل عدم قطعیت هایزنبرگ میباشد.

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ همانطوری که از ابتدا بصور فرمول در آمد، میگوید هر چه بیشتر ما در باره موقعیت یک ذره اطمینان حاصل کنیم، بهمان نسبت عدم اطمینان ما نسبت به گشت آور آن زیادتر خواهد شد. ما با دقت خوبی میتوانیم موقعیت یک ذره را مشخص کرده ولی در چنین شرایطی، ما ابدا نمیتوانیم اطلاعی راجع به گشت آور آن پیدا کنیم. بعکس، اگر ما گشت آور این ذره را با دقت بدست بیاوریم، نخواهیم دانست که این ذره در کجا قرار دارد.

علاوه بر عدم قطعیت دو جانبه موقعیت و گشت آور ، همین عدم قطعیت در مورد زمان و انرژی نیز موجود است. هر قدر که عدم قطعیت را در باره زمان یک اتفاق فرو اتمی ، کم و کمتر کنیم، عدم قطعیت بیشتری در مورد انرژی که در این اتفاق دخالت دارد ، خواهیم داشت. البته عکس این قضیه نیز کاملا ممکن است. یک اندازه گیری با دقت یک هزارم تریلیون ثانیه خیلی کم عدم قطعیت برای زمان واقعه ساطع کردن و جذب یک فوتون ، باقی میگذارد . ولی در همین حال اندازه گیری دقیق تغییرات انرژی را در این واقعه ، غیر ممکن میسازد بهمین دلیل قانون بقای انرژی هنوز به قوت خود باقی میماند. بعبارت دیگر ، واقعه با چنان سرعتی اتفاق افتاده و بپایان میرسد که الکترون میتواند از زیر بار قوانین بقای جرم و انرژی ، شانه خالی کند. این قضیه مانند اینست که مامور پلیسی که مامور برقرار کردن قانون بقای جرم – انرژی میباشد، اگر این عدم رعایت قانون خیلی سریع اتفاق بیفتد، از آن

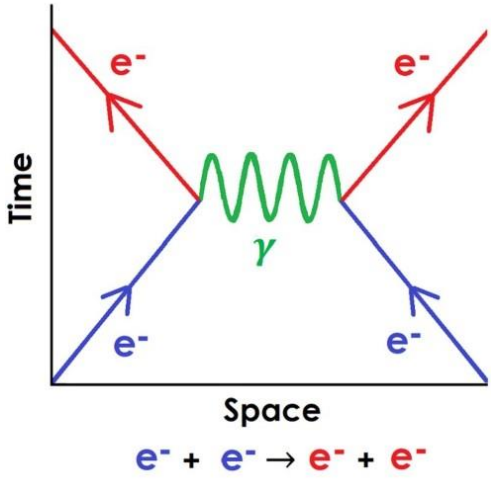
www.takbook.com

صرفنظر خواهد کرد. در هر صورت، هر قدر که این تخلف از قانون وقیحانه تر انجام بگیرد، برای گریز از چنگ قانون ، این تخلف بایستی سریعتر انجام شود.

اگر ما برای یک فوتون مجازی انرژی کافی فراهم کنیم که تبدیل به یک فوتون واقعی شده و قانون بقای جرم – انرژی هم نقض نشود، فوتون بایستی این کار را با سرعت هر چه بیشتر انجام بدهد. بهمین دلیل یک الکترون تهیج شده یک فوتون واقعی ساطع میکند. یک الکترون تهییج شده ، الکترونی است که انرژی آن بالاتر از انرژی حالت پایه (ground state) قرار دارد. حالت پایه یک الکترون ، پائین ترین سطح انرژی را برای این الکترون معرفی کرده و این اتفاق وقتی رخ میدهد که الکترون در داخل یک اتم، در نزدیکترین مدار نسبت به هسته قرار دارد.
درچنین حالتی از انرژی، الکترون تنها فوتونی که میتواند ساطع کند، فوتون مجازی است که بخاطر اینکه قانون بقای جرم – انرژی نقض نشود، فورا جذب الکترون خواهد شد.

یک الکترون حالت پایه (ground state) را خانه خود تصور میکند. این الکترون میل ندارد که خانه خود را ترک کند. در حقیقت تنها موقعی که آرامش خود را بهم زده و از حالت پایه خارج میشود، وقتی است که با دادن انرژی اضافی، آنرا از خانه خود بیرون بکشیم. بهمین جهت بعد از خروج ، در صورتیکه آنقدر از هسته دور نشده باشد که جزو الکترون های آزاد محسوب گردد ، اولین مشغولیت آن اینست که هرچه زودتر به حالت پایه و خانه خود باز گردد. از آنجائیکه حالت پایه یک حالت با کمترین انرژی است، الکترون برای بازگشت بایستی انرژی اضافی خود را از دست بدهد. الکترون این کار را با ساطع کردن فوتون انجام میدهد. این فوتون ساطع شده یکی از فوتون های مجازی الکترون بوده که ناگهان خود را با مقدار کافی انرژی میبیند که براه خود ادامه دهد بدون اینکه قانون بقای جرم – انرژی را نقض کرده باشد ولی عملا این کار را انجام داده است. بعبارت دیگر ، یکی از فوتون های مجازی الکترون بناگاه به یک فوتون واقعی تبدیل میشود. مقدار انرژی (فرکانس) این فوتون ترفیع یافته به این بستگی پیدا میکند که چه مقدار الکترون انرژی اضافی برای ساطع کرده فوتون ، داشته است. کشف اینکه الکترون صرفا فوتون هائی با مقدار مشخصی انرژی ساطع میکنند، چیزی است که تئوری کوآنتوم را تئوری کوآنتوم کرد.

اگر دو الکترون به اندازه کافی بیکدیگر نزدیک شده بطوریکه ابر فوتون های مجازی آنها با هم تداخل پیدا کند، این امکان پیش میآید که فوتونی که یک الکترون ساطع میکند، توسط الکترون دیگر ، جذب شود. شکل زیر یک دیاگرام فینمان را نشان میدهد که یک فوتون مجازی توسط یک الکترون رها شده و توسط الکترون دیگر جذب میشود.



هر قدر که الکترون ها بیشتر بیکدیگر نزدیک شوند، این پدیده بیشتر اتفاق میافتد. طبعا این فرآیند دو طرفه بوده و هردو الکترون ، فوتون های مجازی که توسط الکترون دیگر ساطع شده، جذب میکنند.

این روشی است که الکترونها یکدیگر را دفع میکنند. هر قدر که الکترونها بیکدیگر نزدیکتر شوند ، فوتونها مجازی بیشتری رد و بدل کرده و مسیر آنها هر چه بیشتر منحرف میشود. ' نیروی دافعه ' بین الکترون ها بسادگی پدیده

www.takbook.com

تجمعی این تبادل فوتون های مجازی بوده که تعداد آنها در فاصله نزدیک زیاد و در فواصل بیشتر، خیلی کم میشود. این فعل و انفعالات (جذب و ساطع کردن) درست در همان نقطه ای انجام میگیرد که ذرات مورد نظر ، واقع شده اند.

نیروی دافعه دو ذره با بار الکتریکی مشابه، مانند دو الکترون ، نمونه ای از نیروی الکترو مگنتیک میباشد. به موجب تئوری میدان کوآنتومی ، نیروی الکترو مگنتیک تبادل دو طرفه فوتون های مجازی میباشد. فیزیک دانان دوست دارند که بگویند نیروی الکترو مگنتیک توسط میانجی گری (mediate) فوتون ها بوجود میآید. هر ذره باردار بطرز دائم از خود فوتون ساطع کرده و بخود جذب نمود و یا با ذره باردار دیگر ، رد و بدل مینماید. وقتی دو الکترون (دو بار منفی) با یکدیگر فوتونهای مجازی رد و بدل میکنند ، یکدیگر را دفع مینمایند. همین اتفاق برای دو پروتون مثبت پیش میآید. ولی وقتی یک پروتون مثبت و یک الکترون منفی فوتون های مجازی رد و بدل میکنند، آنها یکدیگر را جذب میکنند.

از زمان تکمیل تئوری میدان کوانتوم ، فیزیک دانان بطور عمومی بجای کلمه ' نیرو ' کلمه فعل و انفعال را بکار میبرند. فعل و انفعال وقتی صورت میگیرد که چیزی ، چیز دیگری را تحت تاثیر قرار میدهد. به این ترتیب ، یک تبادل دو طرفه فوتون های مجازی، جمله بهتری در مقایسه با ' نیرو ' میباشد که چه اتفاقی بین الکترون ها پیش میآید ولی دلیل آنرا ذکر نمیکند. این قسمت از تئوری میدان کوآنتوم که توسط پُل دیراک بوجود آمد، با الکترون ها ، فوتون ها و پوزیترون ها سر و کار داشته و بنام الکترودینامیک کوآنتوم (quantum electrodynamics) نامیده میشود.

فوتون های مجازی حتی اگر ذره باردار باشند ، در اطاقک حباب ظاهر نمیشوند چون عمر فوق العاده کوتاهی دارند. وجود آنها صرفا از طریق ریاضی به اثبات رسیده است. مفاهیم فیزیکی همه مخلوق آزاد فکر بشر است به این ترتیب این تئوری **غریب و عجیب** نتیجه تفکر انسانها میباشد (صفحه ۹) . لزوما این نشان نمیدهد که طبیعت چیست و فقط ساخته و پرداخته ذهن بشر بوده و به این امید بوجود آمده که پیش بینی کند که حرکت بعدی طبیعت چه خواهد بود. بیشترین چیزی که ما در باره این تئوری و تئوری های دیگر میتوانیم بگوئیم این نیست که آنها حقیقت دارند یا نه بلکه آیا آنها کار کرده و مفید وقع میشوند یا خیر.

تئوری کوآنتوم اینطور فرض شده که بتواند احتمالات وقوع یک واقعه فرو اتمی را تحت شرایط داده شده ، پیش بینی کند . تئوری میدان کوآنتوم در حقیقت یک تئوری یکدست و بدون مشکلی نیست ولی در عمل، بخوبی کار میکند. یک دیا گرام فینمان برای هر فعل و انفعالی وجود دارد و هر کدام از این دیاگرام ها ارتباط با یک فرمول ریاضی پیدا میکند که با دقت احتمال بوقوع پیوستن این فعل و انفعال را پیش بینی مینماید.

در سال ۱۹۳۵ یک فارغ التحصیل فیزیک که جوانی به اسم هیدکی یوکاوا بود تصمیم گرفت که تئوری جدید ذرات مجازی را برای ' نیروی قوی ' (strong force) ، بکار ببرد.

نیروی قوی نیروئی است هسته اتم را بصورت یکپارچه ، حفظ مینماید. این نیرو بایستی زیاد باشد چون در هسته اتم پروتون ها که بهمراه نوترون ها هسته اتم را تشکیل میدهند، بطور طبیعی یکدیگر را دفع میکنند. چون پروتون ها دارای بار الکتریکی مثبت هستند . بهمین دلیل پروتون ها میل دارند که تا جائیکه ممکن است، از یکدیگر دور باشند چون نیروی الکترومگنتیک بین آنها وجود دارد. هرچند که در هسته یک اتم ، این پروتون های دفع کننده، نه تنها در فاصله نزدیکی نگهداری میشوند، بلکه با کمال استحکام بیکدیگر متصل شده اند. این نیروئ که پروتون ها را بهم وصل میکند بزعم فیزیک دانان بایستی نیروی عظیمی بوده و بمراتب بزرگتر از نیروی الکترومگنتیک باشد که بر علیه آن کار میکند. از اینجهت فیزیک دانان ، اسم ' نیروی قوی ' به این نیرو داده اند.

این نام درستی است چون این نیرو حد اقل یکصد بار از نیروی الکترومگنتیک قویتر میباشد. مانند نیروی الکترومگنتیک ، این نیرو نیز مایه اصلی چسباندن ذرات فرو اتمی ، بیکدیگر است. نیروی الکترومگنتیک اتم ها را از خارج بیکدیگر میچسباند و تشکیل ملکول میدهد . نیروی قوی هسته اتم را از داخل اتم حفظ میکند.

نیروی قوی همانند ماهیچه های قوی ورزشکاران میباشد. هرچند که این نیرو قویترین نیروی شناخته شده در طبیعت است در همان حال دامنه آن از تمام دامنه های دیگر نیروها ، کوچکتر است. بعنوان مثال وقتی یک پروتون به هسته یک اتم نزدیک میشود، احساس دفع شدن توسط پروتون های هسته در آن تقویت میشود. هر اندازه که این پروتن آزاد به هسته اتم نزدیکتر میشود این نیروی دافعه الکترومگنتیکی بین آنها بیشتر میگردد. (بعنوان مثال در یک سوم فاصله اولیه ، نیرو نُه برابر قویتر خواهد بود) . این نیرو باعث خواهد شد که انحرافی در مسیر حرکت

www.takbook.com

پروتون ایجاد شود. این انحراف اگر پروتون آزاد خیلی نزدیک هسته نشده باشد، انحراف ملایمی خواهد بود ولی اگر پروتون خیلی نزدیک هسته بشود ، انحراف خیلی شدیدی خواهد داشت.

حال اگر ما این پروتون آزاد را به (10^{-13}) سانتی متری هسته نزدیک کنیم، ناگهان با یک نیروئی یکصد برابر نیروی الکترومگنتیک ، بداخل هسته کشیده میشود. این فاصله تقریبا اندازه خود پروتون میباشد. بعبارت دیگر پروتون تحت تاثیر نیروی قوی قرار نگرفته حتی در فاصله ای نزدیک اندازه خودش. کمی نزدیکتر و ناگهان پروتون بطور کامل خلع سلاح شده و تسلیم میشود.

یوکاوای جوان تصمیم گرفت که این نیروی قوی ولی با دامنه کم را بر مبنای ذرات مجازی توجیه کند.

نیروی قوی که یوکاوا آنتا بصورت تئوری در آورد ، با میانجیگری ذرات مجازی بوجود میآید. کاملا مانند نیروی الکترومگنتیک که توسط میانجیگری فوتون های مجازی ، حاصل میشوند. به موجب تئوری یوکاوا درست همانطور که نیروی الکترومگنتیک در حقیقت تبادل فوتون های مجازی میباشد، نیروی قوی تبادل نوع دیگری از ذرات مجازی خواهد بود. این نوع دیگر ذرات مجازی، بنام نوکلیون نامیده میشوند. درست مانند الکترون ها که هرگز آرام نگرفته و دائما مشغول ساطع کردن و جذب مجدد فوتون های مجازی هستند، نوکلیون ها که خنثی نیستند بطور دائم مشغول ساطع کرده و جذب مجدد نوع مخصوص بخود ذرات مجازی ، میباشند.

یک نوکلیون از یک پروتون و یک نوترون تشکیل شده است. دلیل اینکه نوکلیون نامیده میشود اینست که هردو این ذرات در هسته اتم (نوکلیوس) ، یافت میشوند. این دو ذره طوری شبیه یکدیگر هستند که ما تقریبا میتوانیم تصور کنیم که پروتون ، یک نوترون است با یک بار مثبت .

یوکاوا در مورد دامنه نیروی قوی از روی نتایج آزمایشات بچاپ رسیده، اطلاع داشت. او چنین فرض کرد که دامنه محدود نیروی قوی کاملا مشابه ذره مجازی که از نوکلیون ساطع میشود ، بوده سپس محاسبه کرد که چقدر زمان برای چنین ذره ای لازم است که ذره با سرعت نور به آن فاصله رفته و به نوکلیون مراجعت کند. این محاسبی زمان به او اجازه داد که از رابطه عدم قطعیت در مورد زمان و انرژی استفاده کرده و جرم این ذره مجازی را محاسبه نماید.

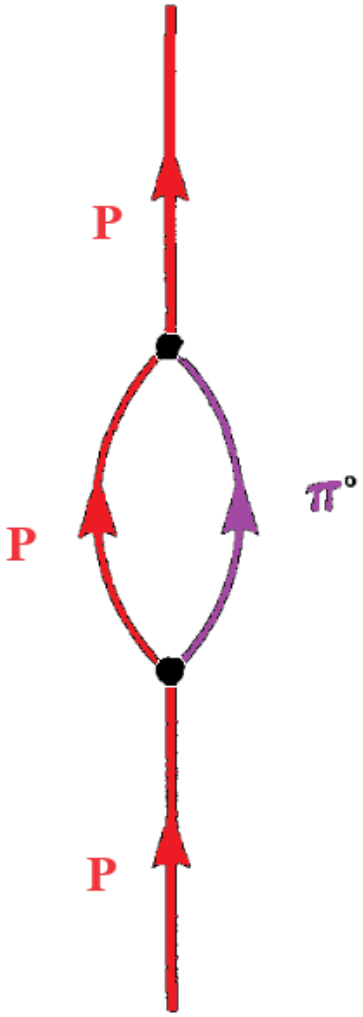
فیزیک دانان بعد از دوازده سال موفق شدند که ذره مجازی یوکاوا را کشف کنند. آنها این ذره را مزون نامیده و کمی بعد تمام خانواده مزون ها کشف شد. این ها ذراتی هستند که نوکلیون ساطع میکند که نیروی قوی را پایدار نگاه دارد. اولین مزونی که فیزیک دانها موفق به کشف آن شدند، ' پیون ' نام گرفت که مخفف کلمه ' پی ' (مانند ۳.۱۴) میباشد. پیون به سه صورت ظاهر میشود، مثبت، منفی و خنثی.

بعبارت دیگر ، پروتون ، مانند الکترون شبیه یک کندوی زنبور عسل بوده که فعالیت زیادی در آن صورت میگیرد. نه تنها بطور دائم از خود فوتون مجازی ساطع و جذب میکند، که البته اینکار آنرا تحت تاثیر نیروی الکترومگنتیک قرار میدهد ، بهمین ترتیب پیون های مجازی را هم ساطع و دوباره جذب مینماید. اینکار باعث میشود که تحت تاثیر نیروی قوی هم قرار بگیرد. بایستی در نظر داشت که ذراتی مانند الکترون که از خود مزون های مجازی ساطع نمیکند، بیهچوجه تحت تاثیر نیروی قوی قرار نمیگیرد.

وقتی یک الکترون یک فوتون مجازی را ساطع میکند که توسط ذره دیگر جذب میشود ، چنین گفته میشود که الکترون وار یک فعل و انفعال با ذره دیگر شده است. ولی وقتی که الکترون یک فوتون مجازی ساطع کرده و سپس آنرا دو مرتبه جذب مینماید، گفته میشود که الکترون با خودش وارد فعل و انفعال شده است. فعل و انفعال با خود ، دنیای فرو اتمی را مانند یک زیبا نمای (kaleidoscopic) واقعیات کرده که اجزاء مشکله آن ذراتی هستند که بطور دائم دچار دگردیسی میشوند.

پروتون ها هم مانند الکترون ها میتوانند با خود وارد فعل و انفعال شده و این کار را به چند صورت مختلف انجام دهند. ساده ترین فعل و انفعال با خود پروتون ساطع کردن و جذب مجدد ذره ای مجازی بنام پیون بوده که میبایستی در محدوده زمانی که اصل عدم قطعیت تعیین میکند ، انجام گیرد. این فعل و انفعام شبیه ساطع کردن و جذب مجدد فوتون مجازی میباشد. در وحله اول یک پروتون وجود دارد ، سپس یک پروتون و یک پیون خنثی و بعد از آن یک

www.takbook.com



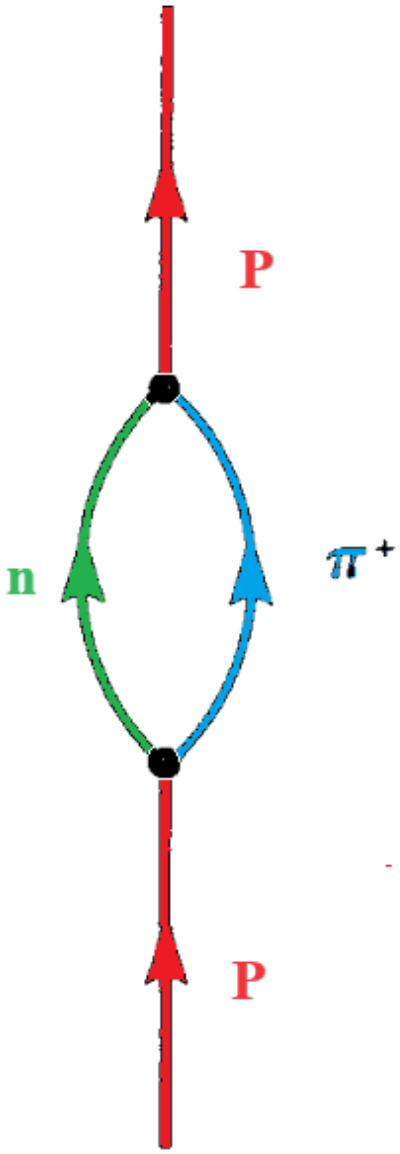
پروتون دو باره ظاهر میگردد . شکل صفحه بعد یک دیاگرام فینمان برای یک پروتون میباشد که یک ذره پیون خنثی را ساطع و دو باره جذب مینماید .

از آنجائیکه تمام پروتون ها از هر لحاظ شبیه یکدیگر هستند، ما میتوانیم چنین فرض کنیم که پروتون اولی ناگهان از بین رفته و درست در همین زمان و مکان یک پروتون دیگر و یک پیون خنثی ، بدنیا آمده اند. این دو ذره جدید ، قانون بقای جرم و انرژی را نقض کرده چون وزن آنها رویهمرفته از وزن پروتون اولی ، بیشتر است. یک پیون خنثی از هیچ بوجود آمده است. ولی این ذره هم خیلی زود از بین رفته (که باعث میشود این یک فرآیند مجازی باشد) . طول عمر این ذرات جدید محدود به زمانی است که توسط اصل عدم قطعیت هایزنبرگ ، محاسبه میشود. آنها بسرعت با یکدیگر برخورد کرده و یکدیگر را از بین میبرند. این فرآیند باعث ایجاد یک پروتون میگردد. در یک چشم بهم زدن ، کار تمام میشود.

یک طریق دیگریَ هم وجود دارد که پروتون میتواند با خودش وارد فعل و انفعال گردد. علاوه بر ساطع کردن و جذب دوباره یک پیون خنثی ، پروتون قادر است که یک پیون مثبت ساطع کند. هرچند که با چنین کاری، پروتون بطور موقت خود را به نوترون تبدیل میکند.

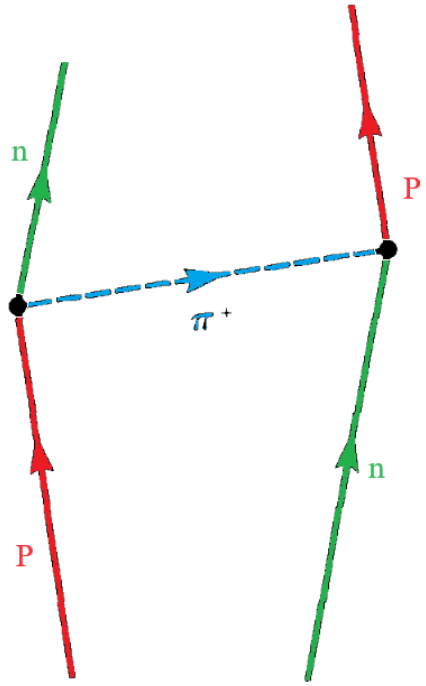
www.takbook.com

به این ترتیب در ابتدا یک پروتون است ، سپس یک نوترون میباشد که بخودی خود وزنش از پروتون بیشتر است. علاوه بر این یک پیون مثبت نیز تولید شده و در آخر فقط یک پروتون موجود میباشد. شکل پائین ، دیاگرام فینمان این رقص است.



هر نوکلیون توسط یک ابری از پیون های مجازی ، محاصره شده است که بطور دائم ساطع شده و دوباره جذب میشوند. اگر یک پروتون به اندازه کافی به بیک نوترون نزدیک شود بطوریکه ابر پیون های مجازی آنها با هم تداخل پیدا کند، بعضی از پیون های مجازی ساطع شده توسط پروتون، بوسیله نوترون ، جذب میشوند. در صفحه بعد یک دیاگرام فینمان نشان داده میشود که رد و بدل کردن پیون های مجازی بین پروتون و نوترون را مشخص میکند.

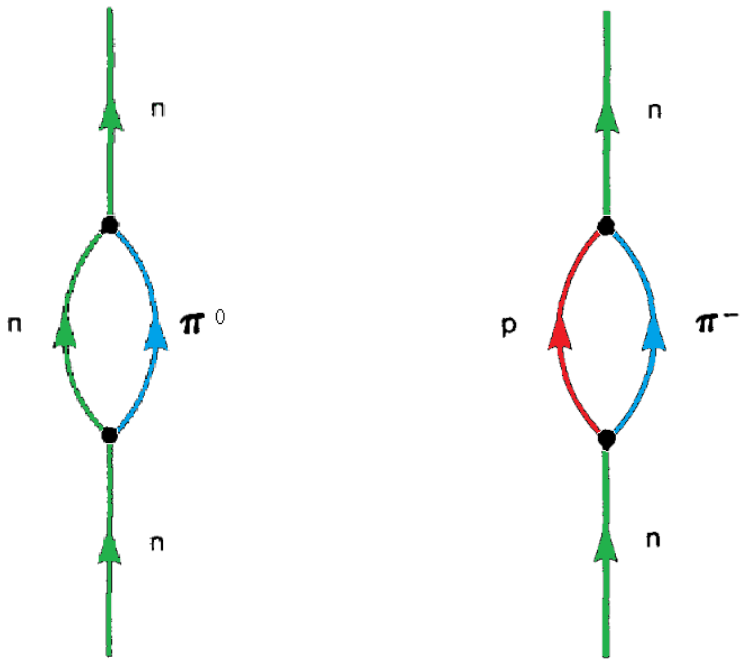
www.takbook.com



در نیمه سمت چپ این دیاگرام ، یک پروتون ، یک پیون با بار مثبت ساطع کرده و برای یک لحظه خود را بیک نوترون ، تبدیل میکند. قبل از اینکه پیون بتواند جذب مجدد شود، به دام یک نوترون در همان نزدیکی میافتد. این پیون اسیر باعث میشود که نوترون بتواند خودش را بیک پروتون تبدیل نماید. دو نوکلیون اولیه حالا بهم پیوسته و نقش خود را با هم عوض کرده اند.

این فعل انفعال اصلی یوکاوا بوده و نیروی قوی حاصل چندین تبادل بین پیون ها و نوکلیون ها میباشد. تعداد این تبادلات (قدرت نیرو) در فاصله نزدیک ، زیاد شده ، و با زیاد شدن فاصله. کم میشود.

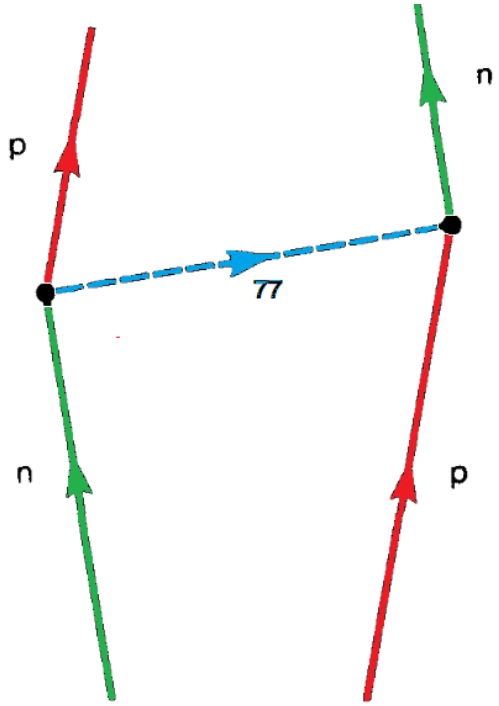
بهمین قیاس ، نوترون ها هم هرگز آرام ننشسته و برای خود فعالیت های زیادی از بابت ساطع کردن و جذب مجدد ذرات مجازی، دارد. مانند پروتون، نوترون پیون خنثی را ساطع و جذب مینماید. شکل بعدی (سمت چپ) یک دیاگرام فینمان برای یک نوترون بوده که پیون خنثی را ساطع و سپس جذب میکند. بعد بار دیگر یک نوترون است.



www.takbook.com

علاوه بر ساطع کرده یک پیون خنثی ، نوترون قادر است که پیون منفی نیز ساطع نماید (شکل سمت راست) . در چنین حالتی ، وقتی نوترون یک پیون منفی ایجاد میکند ، برای مدت کوتاهی خود را تبدیل به پروتون میکند. در ابتدا یک نوترون است ، سپس همراه یک پیون منفی ، بیک پروتون تبدیل شده و در آخر بار دیگر نوترون است. شکل سمت راست که یک دیاگرام فینمان برای این رقص است، یک نوترون را نشان میدهد که بطور دائم تبدیل به پروتون و سپس نوترون میشود.

اگر یک نوترون طوری به یک پروتون نزدیک شده که ابر مجازی پیون های آنها با هم تداخل کند، برخی از پیون ها که توسط نوترون ساطع شده بوسیله پروتون جذب میشود. در پائین یک دیاگرام فینمان برای تبادل پیون مجازی بین یک نوترون و یک پروتون میباشد.



این یک مثال دیگر از تعامل نیروی قوی میباشد. در سمت چپ دیاگرام، یک نوترون یک پیون منفی از خود ساطع کرده و بطور موقت خود را به صورت پروتون در میآورد. اما قبل از اینکه پیون منفی بتواند خود را دوباره جذب نماید، توسط یک پروتون در همان نزدیکی ، جذب شده که بنوبه خود تبدیل به نوترون میگردد . این تبادل پیون منفی باعث میشود که نوترون به پروتون تبدیل شده و پروتون به نوترون بدل شود. مانند قبل ، یک جفت نوکلیون که توسط تبادل پیون بهم متصل شده اند ، نقش خود را با یکدیگر عوض کرده اند.

بعقیده فیزیک دانان ، تمام کائنات توسط چهار چسب پایه، بهم چسبیده اند. علاوه بر نیروی قوی و نیروی الکترومگنتیک ، دو نیروی دیگر بنام ' نیروی ضعیف ' و نیروی گرانشی (gravitational force) نیز وجود دارند.

نیروی جاذبه (گرانشی) نیروئی است که از راه دور اثر میکند و مسئول حفظ منظومه شمسی ، کهکشان و کئنات است. هرچند که در دنیای فرو اتمی ، تاثیر آن بقدری ناچیز است ، که از اثر آن صرفنظر میشود. شاید در آینده ، در تئوری های جدیدتر این تاثیر مورد توجه قرار بگیرد.

نیروی ضعیف ، ناشناخته ترین نیرو در این جمع چهارگانه میباشد. وجود آن از زمانی که برای انجام گرفتن بعضی از فرآیند های فرو اتمی لازم است، استنتاج شده است. دامنه نیروی قوی فوق العاده کوتاه بوده و فعل و انفعالات آن بسیار سریع در فاصله زمانی (10^{-23} ثانیه) صورت میگیرد. هرچند که فیزیک دانان کشف کردند که یک نوع

www.takbook.com

بخصوص فعل و انفعال ذره ای که از نیروی الکترومگنتیک یا نیروی گرانشی استفاده نمیکند، به زمانی نسبتا طولانی (10^{-9} ثانیه) احتیاج دارد. آنها از این پدیده غیرعادی چنین استنباط کردند ، که بایستی یک نیروی چهارمی هم وجود داشته باشد. از آنجائیکه این نیروی چهارم جدید از نیروی الکترومگنتیک ضعیفتر بود آنرا نیروی ضعیف ، نامگذاری کردند. بترتیب قدرت این چهار نیرو به این صورت هستند:

۱ - نیروی قوی (نیروی هسته)

۲ – نیروی الکترومگنتیک

۳ – نیروی ضعیف

۴ – نیروی گرانشی (جاذبه)

از آنجائیکه نیروی قوی و نیروی الکترومگنتیک را میتوان توسط ذرات مجازی تشریح کرد، فیزیکدانان چنین کردند نتیجه گرفتند که همین کار را در مورد نیروی ضعیف و نیروی جاذبه ، میتوان انجام داد. ذره مجازی که با نیروی جاذبه ارتباط دارد، ' گراویتون ' است که مشخصات آن محاسبه شده ولی موجودیت آن هنوز به اثبات نرسیده است. ذره در ارتباط با نیروی ضعیف ذره ' W ' نامیده شده که وجود چنین ذره ای هم تا کنون ثابت نشده است.

دامنه نیروی قوی در مقایسه با نیروی الکترومگنتیک خیلی محدود بوده که دلیل آن اینست که مزون ها در مقایسه با فوتون ها ، بسیار سنگین هستند. آن مامور پلیس را بخاطر بیاورید که که نگران اعمال قانون بقای جرم – انرژی بود و کاملا موافقت داشت که اگر خلافی رخ داد ، بشرط اینکه خیلی سریع صورت بگیرد ، از آن چشم پوشی کند. هر قدر این خلاف وقیحانه تر باشد، بایستی سریعتر اتفاق بیفتد. تولید لحظه ای یک مزون از هیچ ، بسیار وقیحانه تر از عدم اطاعت از قوانین بقای جرم - انرژی یک فوتون از هیچ ، میباشد. بهمین دلیل بوجود آمدن و جذب شدن مجدد یک مزون بایستی بسیار سریعتر انجام بگیرد. از آنجائیکه طول عمر یک مزون خیلی کوتاه است ، دامنه آنهم هم خیلی محدود میباشد. بطور تقریبی میتوان چنین گفت که هر قدر نیرو پر قدرت تر باشد، ذرات میانجی سنگین تر خواهند بود. این سنگینی باعث میشود که دامنه نیرو محدود تر شود. محدوده نیروی قوی در حدود (10^{-13}) سانتی متر میباشد. به این ترتیب دامنه نیروی الکترومگنتیک بسیار بیشتر از نیروی قوی میباشد. در حقیقت دامنه نیروی الکترومگنتیک ، محدود نبوده و بی نهایت است که دلیل آنهم اینست که فوتون در حال سکون، هیچ وزنی ندارد.

جیم دو ویت دوست قدیمی و خیالی ما ، برای اولین بار ، با ما مخالفت نکرده و میگوید:

" یک لحظه صبر کنید. این که با عقل سلیم جور در نمیآید. شما میگوئید که یک فوتون مجازی فوتونی است که با سرعت هر چه تمامتر ساطع و سپس جذب شده که خلاف خود را از قانون بقای جرم – انرژی پرده پوشی کند. آیا این درست است؟ "

یک فیزیک دان ذره ای در سر راه خود به تشکیلات شتاب دهنده ذرات ، توقف کرده و جواب میدهد:

" بله درست است. "

دو ویت میگوید:

" پس به این ترتیب چگونه یک ذره یا هر چیز دیگر میتواند در یک زمان فوق العاده محدود ساطع شد و سپس جذب شود؟ این زمان محدود توسط اصل عدم قطعیت اعمال شده و هنوز دامنه این ذره ، بینهایت است. این با عقل جور در نمیآید. "

دو ویت حق دارد. اینطور بنظر میرسد که او درست میگوید. ولی وقتی با دقت به این قضیه نگاه کنیم، یک منطق مشخص در این قضیه موجود است که با عقل سازگار است. اگر بتوانیم از محدودیت قانون بقای جرم – انرژی با برقرار کردن یک تعادل زمان و انرژی (جرم) که توسط اصل عدم قطعیت مجاز میشود ، پرهیز نمائیم، با توجه به اینکه یک فوتون مجازی دارای وزن نیست، این ذره وقت کافی دارد که بهر کجا که میل دارد برود. بعبارت دیگر تفاوت عمده ای بین یک فوتون واقعی و یک فوتون مجازی وجود ندارد. تنها تفاوت موجود اینست که خلق یک

www.takbook.com

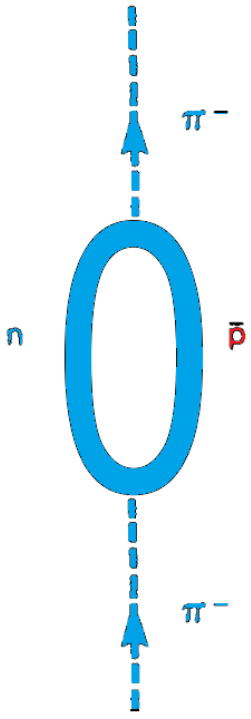
فوتون واقعی بر خلاف قانون بقای جرم – انرژی نبوده و خلق یک فوتون مجازی بطور موقت با استفاده از اصل عدم قطعیت هایزنبرگ ، از این قانون پرهیز میکند.

این مثال خوبیست که نشان میدهد تشریح و توضیح یک تئوری موفق آمیز فیزیکی بدون استفاده از ریاضیات تا چه حد غیر واقعی و شبیه برج عاج میباشد. دلیل آنهم اینست که برای توضیح دقیق پدیده های تحت بررسی توسط تئوری های فیزیکی ، این تئوری ها هرچه بیشتر ، از تجربه روزمره ما فاصله میگیرد. هرچند این تئوری ها بسیار انتزاعی (abstract) بوده همچنانکه تئوری کوآنتوم و نسبیت میباشند ، که با وجود دقت و فراگیری ، هنوز محصول فکر بشر بوده و رابطه اولیه آنها با تجربه معمولی ، مشخصه انتزاعی آنها نبوده و حقیقت اینست این تئوری ها در عمل ، ارزش خود را نشان میدهند.

به موجب تئوری بودائیان، حقیقت خصلت مجازی دارد. چیزی که بنظر واقعی میآید، مانند درختان و مردم ، در حقیقت یک تصور زودگذر بوده که بعلت آگاهی محدود ، پیش میآید. این تصور قسمتی از فرآیند ' چیز ' های واقعی (همیشگی) میباشد. وارستگی (Enlightenment) تجربه آن چیزها بوده که ' من ' هم جزو آن بوده و گذرا هستند. حالت مجازی عاری از موجودیت مستقل بوده ، برای مدت کوتاهی رابط بین تصورات گذشته و تصورات آینده ، قرار میگیرد.

وقتی یک ذره مجازی از خود یک ذره مجازی ساطع میکند , فعل و انفعالات خصوصی ذرات ، کاملا شکل پیچیده ای بخود خواهد گرفت.

در پائین یک دیاگرام فینمان برای یک ذره مجازی (یک پیون منفی) بوده که بطور موقت خود را تبدیل به دو ذره مجازی ، نوترون و ضد پروتون ، میکند. دیراک در سال ۱۹۲۸ وجود ضد پروتون را پیش بینی کرد که در سال ۱۹۵۵ در برکلی ، کشف شد.

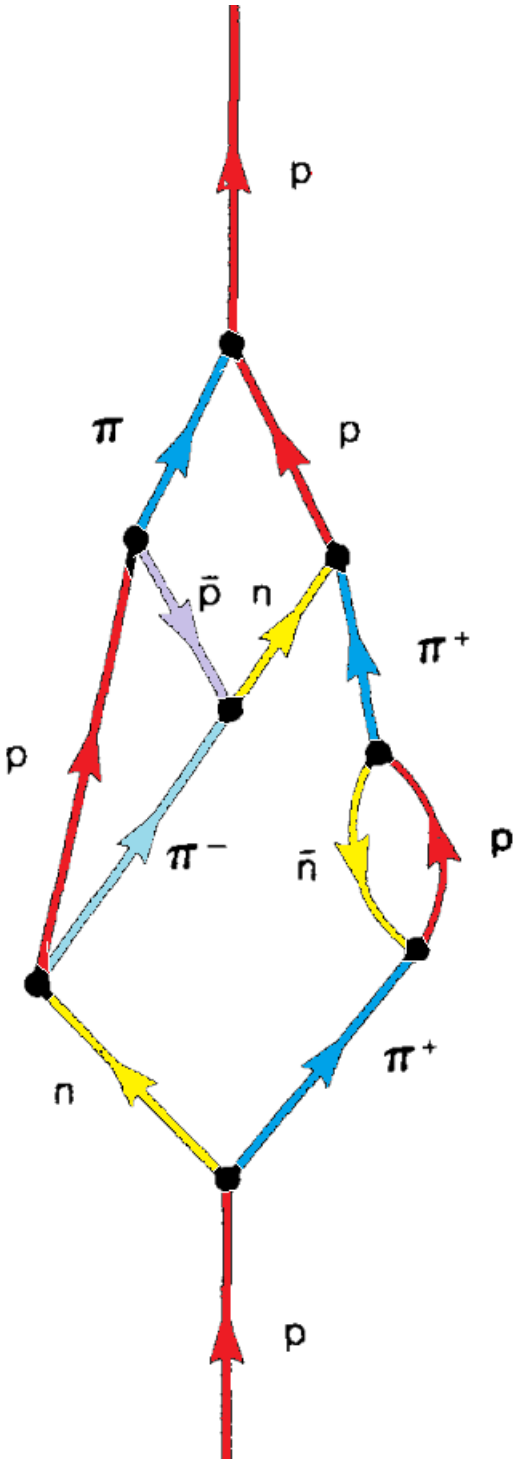


این مثال از ساده ترین فرآیند فعل و انفعال با خود میباشد. در صفحه بعدی (۱۳۷) رقص یک پروتون مشاهده میشود که در فاصله کوتاهی که اصل عدم قطعیت اجازه آنرا میدهد، انجام میگیرد. این دیاگرام توسط کنت فورد در

www.takbook.com

کتابی به اسم دنیای ذرات اولیه ، بوجود آمده است. یازده ذره در زمان کوتاهی که پروتون اولیه ، خود را تبدیل به بیک نوترون و یک پیون کرده و سپس بار دیگر بصورت یک پروتون تنها در میآید، در صحنه ظاهر میشوند.

یک پروتون هرگز یک پروتون ساده باقی نمیماند. پروتون دائما بین بودن پروتون و پیون خنثی از یکطرف ، از طرف دیگر بودن نوترون و یک پیون خنثی ، جا عوض میکند. نوترون هم بنوبه خود ، آرام نمیشیند و بین بودن یک نوترون و یک پیون خنثی از یک طرف و بودن یک پروتون و پیون منفی، جا عوض میکند. یک پیون منفی هم هرگز آرام نگرفته و بین بودن یک نوترون و یک ضد پروتون از یک طرف ... و این داستان ادامه پیدا میکند.
بعبارت دیگر تمام ذرات بالقوه بصورت ترکیبی از ذرات دیگر ، وجود دارند، برای هر ترکیب ، احتمال مشخصی وجود دارد.



www.takbook.com

تئوری کوآنتوم ارتباط مستقیم با احتمالات دارد. احتمال هر یک از این ترکیبات ، با دقت زیادی میتواند محاسبه شود. هر چند که به موجب این تئوری اینکه کدامیک از اتفاقات رخ خواهد داد، کاملا به شانس بستگی دارد.

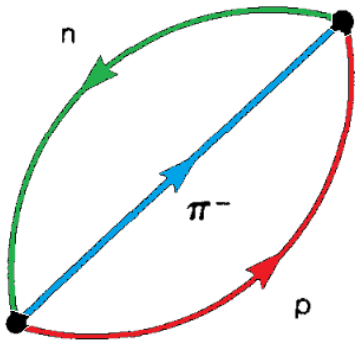
این نقطه نظر که همه این ترکیبات احتمال اتفاق افتادن دارند، شبیه یک دید بودائی میباشد. بموجب کتاب ' شخم زننده تاج گل سوترا ' (سوترا یک مکتوب درس های بودائی است) ، استعاره تور ایندرا یک شبکه عظیم جواهرات است که دربالای کاخ خداوند ، ایندرا قرار گرفته است.

یک مترجم انگلیسی چنین میگوید:

" در بهشت ایندرا ، گفته میشود که یک شبکه بزرگی از مروارید وجود دارد که اگر شما بیکی از آنها نگاه کنید ، تصویر تمام بقیه را در همان مروارید خواهید دید. بهمین ترتیب اشیاء در جهان، بتنهائی وجود نداشته بلکه تمام اشیاء دیگر هم در همان شیی موجود است. "

ظهور واقعیت فیزیکی به موجب کتاب ماهایانا بودائی ، بر این اساس است که همه چیز در جهان ، بیکدیگر پیوسته است. هرچند که این کتاب در باره فیزیک نیست ولی شباهت بین این دو در قلمرو فیزیک ذرات ، طوری زیاد و مبهوت کننده است که دانشجوی یکی از این دو رشته ، لزوما بایستی برای رشته دیگر ، ارزش زیادی قائل باشد.

حال ما وارد جنبه دیگری از فیزیک ذرات میشویم. دیاگرام زیر یک دیاگرام فینمان برای سه ذره میباشد.



در این دیاگرام ، برعکس دیاگرام هائی که تا کنون دیده ایم، خط مستقیمی وجود ندارد که منتهی بیک فعل و انفعال شود. خط مستقیمی هم از آن خارج نمیشود. این فعل و انفعال بخودی خود اتفاق افتاده و هیچ دلیلی هم برای این اتفاق وجود ندارد. در حالیکه هیچ چیز در ابتدا موجود نبود، ناگهان سه ذره پدیدار شده که بلافاصله بدون برجا گذاشتن هیچ اثری، ناپدید میشوند.

این نوع دیاگرام فینمان را ، دیاگرام خلاء نامگذاری کرده اند. دلیل آنهم اینست که این فعل و انفعال درخلاء اتفاق میافتد . یک خلاء طوری که ما معمولا استنباط میکنیم ، فضائیست کاملا خالی که هیچ چیز در آن وجود ندارد. ولی این دیاگرام خلاء نشان میدهد که این استنباط صحیح نیست . از فضای کاملا خالی ، چیزی بوجود آمده و چیز دیگر در همین فضای خالی ، ناپدید شده است.

در قلمرو ذرات فرو اتمی ، خلاء کاملا خالی نیست. پس این تصور یک ' فضای ' کاملا خالی ، بی حاصل و نازا ، از کجا آمده است؟ آیا ما از خودمان ابداع کرده ایم؟ در جهان هستی ، چنین چیزی به اسم خلاء وجود ندارد. این حاصل تصورات ذهنی خود ما بوده که آنرا حقیقی بشمار میآوریم.

' خالی ' و ' پُر ' یک تعریف اشتباه است که ما آنرا بوجود آورده ایم. این کاملا همانند ' چیزی ' و ' هیچ چیز ' میباشد. ما از این تعاریف اشتباه برداشت کرده ایم. شاید ما آنقدر طولانی در این تصور اشتباه خود زندگی کرده ایم که بجای اینکه توجه کنیم که این تعاریف از دنیای واقعی برداشته شده ، تصور میکنیم که آنها خود دنیای واقعی هستند.

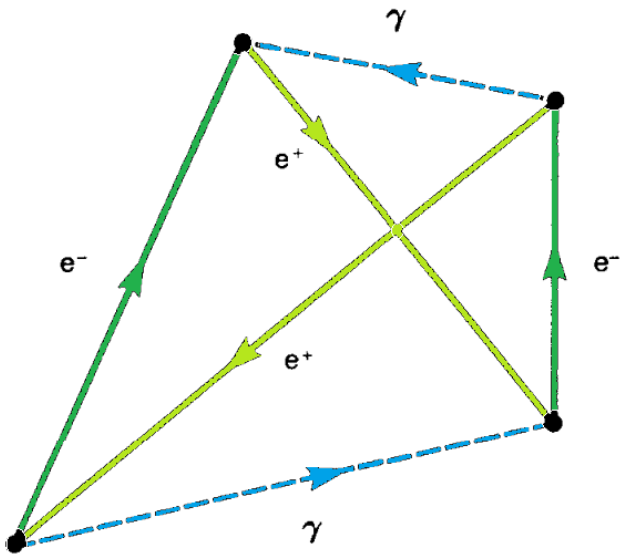
www.takbook.com

دیاگرام خلاء یک محصول جدی از علم مفید فیزیک است. هرچند که آنها بخوبی به ما یادآوری میکنند که ما قادر هستیم که 'واقعیت' را خود بوجود بیاوریم. به موجب طرز تفکر معمولی ما، امکان ندارد که چیزی از یک فضای خالی ، بدست بیاید. ولی در دنیای فرو اتمی این اتفاق افتاده و همان چیزی است که دیاگرام خلاء نشان میدهد.

دوازده کتاب سوترا در مذهب بودائی وجود دارد که در قلب آنها کتابی وجود دارد که بسادگی آنرا 'قلب سوترا' نام نهاده اند. این کتاب یکی از مهمترین عقاید بودائی را در بر دارد :

" شکل خالی است و خالی شکل است. "

در زیر یک دیاگرام خلاء برای شش ذره مختلف که با هم وارد فعل و انفعال میشوند ، نشان داده شده است.



این دیاگرام آن عقیده مشرق زمینی های عاقل را که برای آنها 'شکل خالی است و خالی شکل است' ، بتصویر میکشد.

بهر جهت ، دیاگرام خلاء معرف تحول 'چیزی' به 'هیچ' و تحول 'هیچ' به 'چیزی' نشان میدهد. این تحولات در دنیای فرو اتمی بوفور و بطور دائم صورت گرفته و تنها توسط اصل عدم قطعیت، قانون بقای انرژی و جرم ، و احتمالات ، محدود میگردد.

قانون بقای انرژی حرف آخر را زده و مهمترین عامل است. دوازده قانون بقای جرم – انرژی وجود دارد. بعضی از آنها تمام فعل و انفعالات فرو اتمی را در بر میگیرد. ولی بعضی فقط قسمتی از آنها را تحت تاثیر قرار میدهد. با یک روش بسیار ساده میتوان گفت که هر قدر که نیرو بیشتر باشد، فعل و انفعالات آن توسط قوانین بقا محدود تر خواهد شد. بعنوان مثال فعل و انفعالات 'نیروی قوی' تحت تاثیر هر دوازده قانون قرار گرفته، نیروی الکترومگنتیک توسط یازده قانون محدود شده و 'نیروی ضعیف' را فقط هشت قانون ، محدود مینماید. ضعیف ترین نیرو که همان نیروی گرانشی (جاذبه) باشد، هنوز بطور کامل بررسی نشده ولی اینطور تصور میشود که از تعداد زیادتری از قوانین بقا ، در فعل و انفعالات ، چشم پوشی شود.

با وجود این، جائیکه قوانین بقا ضامن اجرائی دارند، این قوانین قابل چشم پوشی نبوده و تمام فعل و انفعالات ذرات فرو اتمی را کنترل میکنند. بعنوان مثال قانون بقای جرم – انرژی چنین حکم میکند که تمام تحلیل خود بخود ذرات میبایستی به اصطلاح در 'سرپائینی' باشند. وقتی یک ذره خود بخود تحلیل میرود ، این ذره همواره به ذرات

www.takbook.com

کوچکتر تبدیل میگردد. مجموع اوزان (اجرام) تازه تولید شده پیوسته کمتر از جرم ذره اصلی خواهد بود. این تفاوت وزن به انرژی جنبشی در ذرات جدید تبدیل شده و آنها با سرعت از صحنه خارج میشوند.

فعل و انفعالات 'سر بالائی ' فقط وقتی امکان پذیر میشود که انرژی جنبشی علاوه بر انرژی موجودیت (جرم) ذرات اصلی ، برای خلق ذرات جدید ، وجود داشته باشد. وقتی دو پروتون باهم برخورد میکنند، میتوانند یک پروتون، یک نوترون و یک پیون مثبت تولید کنند. مجموع جرم تمام این ذرات تولید شده از جرم دو پروتون اولیه بیشتر است . این کار امکان دارد چون قسمتی از انرژی جنبشی پروتون پرتاب شده ، مصرف تولید ذرات جدید میشود.

علاوه بر بقای جرم – انرژی، گشت آور نیز در هر فعل و انفعالی بقای خود را حفظ مینماید. مجموع گشتآور ذراتی که وارد فعل و انفعال میشوند میبایستی معادل مجموع گشت آور ذرات خارج شده ، باشد. بهمین دلیل تحلیل خود بخود یک ذره تنها همواره باعث بوجود آمدن حد اقل دو ذره جدید ، میگردد. یک ذره ساکن ، دارای گشتآور صفر میباشد. اگر این ذره بیک ذره جدید تبدیل شده و سپس ذره جدید از صحنه خارج شود، گشت آور ذره جدید از ذره اولیه که صفر بود، بیشتر خواهد شد. گشتآور های حد اقل دو ذره جدید که در دو جهت مخالف حرکت میکنند، یکدیگر را خنثی کرده و مجموع گشت آور های ذرات جدید ، صفر خواهد بود.

بار الکتریکی نیز در هر فعل و انفعالی ، بقای خود را حفظ مینماید. اگر مجموع بار الکتریکی ذراتی که وارد فعل و انفعال میشوند (۲+) باشد (مثلا دو پروتون) ، مجموع بار الکتریکی ایجاد شده بعد از همه خنثی کردن بارهای مثبت و منفی ، بایستی همین مقدار یعنی (۲+) باشد. دوران هم بقای خود را حفظ کرده ، هرچند محاسبه ، جمع و تفریق دوران برای ذرات، کار ساده ای نیست.

علاوه بر همه اینها ، بقای یک چیز دیگر هم بایستی حفظ گردد. این قانون بقای تعداد خانواده میباشد. بعنوان مثال ، اگر دو باریون که جزو خانواده ذرات سنگین (مانند پروتون) محسوب میشوند ، وارد فعل و انفعال بشوند، دو باریون بایستی در میان ذرات جدید ، وجود داشته باشد (مثلا یک نوترون و یک ذره لاندا) .

همین قانون بقای باریون بهمراه قانون بقای جرم – انرژی ، دلیل اینکه چرا پروتون یک ذره ثابت و پایدار میباشد و خود بخود دچار تحلیل نمیشود، ارائه میدهد. تحلیل رفتن خود بخود ، لزوما بایستی به اصطلاح در سر پائینی باشد که قانون بقای جرم - انرژی را نقض نکند. پروتون ها نمیتوانند تحلیل سر پائینی را تجربه کنند بدون اینکه قانون بقای تعداد خانواده باریون ها را نقض کنند چون پروتون ها سبک ترین باریون ها هستند. اگر پروتون تمایل داشته باشد که بطور خود بخود تحلیل برود، چاره ای ندارد جز اینکه تبدیل به ذره ای شود که از خودش سبک تر باشد ولی در خانواده باریون ذره ای سبک تر از پروتون موجود نیست. بعبارت دیگر ، اگر یک پروتون دچار تحلیل بشود، یک باریون از دنیا کم میشود. این بر علیه قانون بقای اعضای خانواده باریون بوده و هرگز اتفاق نمیافتد. این تنها راهی است که تا کنون فیزیک دانان پایداری پروتون را توجیه کرده اند. همین استدلال در مورد پایداری الکترون هم صدق میکند چون در خانواده لپتون ها که الکترون هم جزئی از آنهاست، هیچ ذره ای از الکترون سبک تر نیست.

بعضی از این دوازده قانون بقا در حقیقت اصول تغییر ناپذیر هستند. اصل تغییر ناپذیری میگوید که تحت تغییر شرایط (مانند تغییر محل آزمایش) ، تمام قوانین فیزیک ، دست نخورده باقی میمانند. تمام قوانین فیزیک بزبان حال مقادیر تکوین یافته یک اصل تغییر ناپذیر هستند. بعنوان مثال ، اصلی تغییر ناپذیر بنام معکوس کردن زمان ، وجود دارد. به موجب این اصل، برای بوقوع پیوستن یک فرآیند ، این فرآیند بایستی در زمان، برگشت پذیر باشد (reversible) . اگر یک فرآیند انهدام پوزیترون – الکترون بتواند دو فوتون تولید کند (که میتواند) سپس انهدام دو فوتون میتواند یک پوزیترون و یک الکترو ، خلق کند (که میتواند).

قوانین بقا و اصول تغییر ناپذیری بر اساس چیزی است که فیزیک دانان آنرا 'تقارن ' مینامند. این حقیقت که فضا در تمام جهات و تمام مکان ها یکسان است ، یک مثال تقارن میباشد. این حقیقت که زمان یکپارچه بوده ، یک مثال دیگر از تقارن را بدست میدهد. این تقارن ها نشان میدهد که آزمایشی که در فصل بهار در شهر بوستون آمریکا صورت گرفته ، دقیقا همان نتایجی را ببار خواهد آورد که همین آزمایش در فصل پائیز در مسکو انجام شود.

بعبارت دیگر فیزیک دانان حالا اعتقاد پیدا کرده اند که اساسی ترین قوانین فیزیک ، قانون بقا و اصل تغییر ناپذیری بر پایه آن دسته از شالوده های حقیقت ما بنا شده که آنقدر ابتدائی هستند که اغلب بدست فراموشی سپره میشوند. این بدان معنی نیست که برای فیزیک دانان سیصد سال طول بکشد که درک کنند حرکت دادن یک شیی مثلا تلفن در اطراف یک مملکت اندازه و شکل آنرا تغییر نمیدهد (فضا یک پارچه است) و اگر آنرا سر و ته کنیم (فضا

www.takbook.com

ایزوتروپیک است) و اگر آن برای مدت دو هفته کنار بگذاریم (زمان یکپارچه است) ، هیچ تغییری در آن ایجاد نمیشود. همه میدانند که این وضعیتی است که جهان فیزیکی ما ساخته شده است. مکان و زمان آزمایش یک فرآیند فرو اتمی ، اطلاعات مهمی نیست. قوانین فیزیک با زمان و مکان تغییر پیدا نمیکنند.

ولی البته این بدان معنی است سیصد سال برای فیزیک دانان طول کشید که در یابند که ساده ترین و زیباترین ساختمان ریاضی ، ممکن است همان باشد که بر اساس همین شرایط ساده و روشن بنا شده باشد.

بطورکلی فیزیک تئوری به دو طرز تفکر متفاوت ، تقسیم میشود. در یکی که طرز تفکر قدیمی و مالوف است و در دیگری پیدا کردن و دنبال کردن راه های جدید برای تفکر میباشد. فیزیک دانانی که روش اول را برگزیده اند، به جستجوی خود برای پیدا کردن سنگ اول بنای جهان هستی و کائنات ، ادامه داده هرچند که مشکل تالار آینه در انتظار آنها خواهد بود (صفحه ۱۰۸) .

برای آن دسته از فیزیک دانان که بدنبال راه های جدید هستند ، به احتمال زیاد سنگ اول بنای کائنات چیزی جز ' کوآرک ' نمیتواند باشد. کوآرک یک ذره فرضی و مجازی بوده که توسط ماری جل - من در سال ۱۹۶۴ بصورت تئوری در آمد.

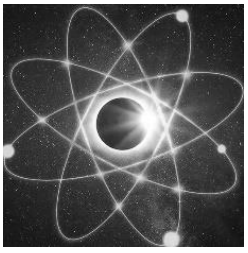
این تئوری میگوید تمام ذرات شناخته شده از ترکیب تعدادی از (دوازده) انواع مختلف کوآرک، ساخته شده اند. هیچ کس تا کنون کوآرک را پیدا نکرده است ولی خیلی ها بدنبال آن هستند. کوآرک یک ذره کم پیدا بوده که خواص عجیبی را دارا میباشد. بعنوان مثال ، تئوری کوآرک خاطر نشان میکند که برخی از آنها یک سوم واحد بار الکتریکی دارند. هرگز در گذشته کسری از یک واحد بار الکتریکی در ذره ای دیده نشده بود. درآینده ، شکار کردن این ذره میتواند خیلی هیجان انگیز باشد. ولی قطع نظر از اینکه چه چیزی در آینده کشف خواهد شد یک چیز از همین الآن ، کاملا مشخص شده است. کشف کوآرک ها یک قسمت مهمی از تحقیقات را شامل خواهد شد. سؤآل اینست که کوآرک ها از چه چیز تشکیل یافته اند؟

فیزیک دانانی که طریق جدید تفکر را انتخاب کرده اند، طوری فعالیت گسترده ای در مورد درک پدیده فرو اتمی داشته اند که ممکن نیست بتوان همه آنها را عرضه کرد. بعضی از این فیزیک دانان معتقد هستند که فضا و زمان تنها چیزی است که وجود داشته و بموجب این فرضیه بازیگران، نقش آفرینی ، و صحنه همه نمایش یک هندسه چهار بعدی هستند. بعضی دیگر نظیر دیوید فینکلشتاین بدنبال فرآیندی هستند که زیر بنای فضا و زمان را ایجاد میکند. این تئوری ها در حال حاضر فقط فرضیاتی بیش نبوده و قابل اثبات کردن نیستند.

حالا ما فاصله زیای از نیوتون و سیب مشهور او گرفته ایم. با این وجود سیب یک قسمت واقعی دنیای مشهود است. وقتی ما سیب را میخوریم، آگاه هستیم که چه کسی آنرا میخورد و چه چیزی خورده میشود.

این عقیده که اشیاء موجودیت مستقل از وقایع دارند یک قسمت از تور معرفت شناسی (epistemological) میباشد که ما شکل مشخصی از تجربه خود را ، با این تور ، شکار میکنیم. این ایده برای ما عزیز است برای اینکه ما آنرا بعنوان واقعیت ، بدون گفتگو ، قبول کرده ایم. به چنین صورتی است که ما خود را میبینیم.

تاریخچه تفکر علمی به ما میآموزد که چسبیدن بیک عقیده ، کار درستی نبوده و در اینجاست که خرد مشرق زمینها بکمک میآید که به ما میآموزد چسبیدن به هر چیز، دیوانگی است.



www.takbook.com

فصل یازدهم – وارستگی

فیزیک چه رابطه ای با وارستگی (enlightenment) دارد؟ فیزیک و روشن ضمیری ظاهرا متعلق به دو قلمرو مختلف بوده که بنظر میرسد تا ابد از یکدیگر جدا بمانند. یکی از آنها (فیزیک) متعلق به دنیای خارج پدیده های فیزیکی بوده و دیگری وارستگی (روشن ضمیری) تعلق به دنیای داخلی ادراک و آگاهی (perceptions) دارد. با معاینه دقیقتر نشان میدهد که این رشته مجزا آنقدر هم که فکر میکنیم ، از هم دور و جدا نیستند. اول این حقیقت است که خود ما فقط از طریق ادراک و آگاهی است که میتوانیم پدیده های فیزیکی را مشاهده کنیم. علاوه بر این پُل که ارتباط این دو رشته را با هم حفظ میکند، تشابهات دیگری هم موجود است.

وارستگی شامل بدور انداختن قید و بند های مفاهیم (concept) که آنرا ' نقاب نادانی ' نام نهاده اند بوده که قادر بشویم طبیعت تفسیر ناپذیر واقعیت های نامتمایز (undifferentiated) را ، درک کنیم. واقعیتهای نا متمایز آن دسته از واقعیت ها هستند که حالا خود ما هم جزو آن محسوب شده ، همیشه قسمتی از آن بوده و تا ابد جزو آن خواهیم بود. تنها تفاوت اینست که ما به آن بهمان صورتی که یک موجود وارسته به آن نگاه میکند، مشاهده نمیکنیم. همانطور که همه میدانند ، کلمات چیز دیگری را معرفی میکنند. این چیزها واقعی نبوده و ' سمبلیک ' میباشند. به موجب فلسفه وارستگی (enlightenment) ، همه چیز یک سمبل است . واقعیات سمبل ها ، یک واقعیت ذهنی و تصوری است. معهذا این چیزی است که ما در آن زندگی میکنیم.

هر چند که واقعیت های نامتمایز قابل توضیح نیستند، ما میتوانیم با استفاده از سمبل های بیشتر، در باره آن گفتگو کنیم. دنیای فیزیکی آنطور که برای یک شخص ' کورضمیر ' (unenlightened) جلوه میکند از قسمتهای متمایزی ساخته شده است. ولی در حقیقت این قسمتها واقعا متمایز نیستند. بنا بر عقیده صوفی های مشرق زمین ، هر لحظه ای از روشن ضمیری (وارستگی) ، آشکار میکند که همه چیز، تمام قسمتهای مختلف کائنات ، نشان دهنده همان ' کُل ' هستند. تنها یک واقعیت وجود دارد و آنهم ' کل و یکی شده ' میباشد. همه چیز فقط یک چیز است.

ما تا اینجا درک کرده ایم که فهمیدن فیزیک کوآنتوم نیاز دارد که آگاهی معمولی خود تغییر بدهیم. بعنوان مثال این عقیده را که چیزی نمیتواند در آن واحد ، هم ذره ای و هم تموجی باشد. حالا ما خواهیم دید که فیزیک از ما میخواهد که بطور کامل فرآیند فکری خود متحول کرده ، چیزی که ما هرگز قادر به انجامش نشده بودیم. بهمین قیاس ما در قبل دیده ایم که پدیده کوآنتوم بنظر میرسد تصمیم میگیرد که بداند در جای دیگر چه اتفاقی میافتد. (صفحه ۴۰) . حال ما خواهیم دید که چگونه پدیده های کوآنتومی بیکدیگر پیوسته بطوریکه چیزی که درگذشته بعنوان مرموز و غیبی کنار گذاشته شده بود، میتواند موضوع بسیار جدی برای تفکر و تحقیق فیزیک دانان قرار بگیرد.

بطور خلاصه، پدیده ' وارستگی ' و علم فیزیک شباهت های زیادی با یکدیگر دارند.

وارستگی یک حالت موجودیت است. مانند تمام حالات موجودیت ، امکان توضیح آن وجود ندارد. *[برای اطلاع بیشتر در مورد وارستگی بزعم حافظ ، به یادداشت های مترجمین در انتهای کتاب مراجعه کنید .]* این اشتباه عمومی است که توصیف یک حالت موجودیت را خود حالت تصور کنیم. بعنوان مثال ، سعی کنید که خوشحالی را توصیف کنید. امکان ندارد. ما میتوانیم از گوشه و کنار مطالبی عنوان کرده و اتفاقاتی که در اثر خوشحالی ، رخ میدهد، توصیف کنیم ولی امکان ندارد که بتوانیم خود خوشحالی را توضیح بدهیم. خوشحالی و توصیف خوشحالی ، دو چیز جداگانه هستند.

خوشحالی یک حالت موجودیت است. این بدان معنی است که این حالت در قلمرو تجربه مستقیم ، قرار دارد. ولی کلمه ' خوشحالی ' یک برچسب بوده یا یک سمبل است که ما آنرا متصل به حالت غیر قابل وصف ' خوشحالی ' کرده ، که در قلمرو مبهمات است. یک حالت موجودیت ، بخودی خود ، یک تجربه میباشد، توصیف آن یک سمبل خواهد بود. تجربه و سمبل شامل همان قاعده و قانون نمیشود.

www.takbook.com

این کشف که تجربه و سمبل شامل همان قاعده و قانون نمیشود ، تحت عنوان ' استدلال کوآنتوم ' (quantum logic) وارد علم فیزیک شده است. امکان اینکه قسمتهای جداگانه واقعیت ممکن است در طریقی با هم مربوط باشند که برای تجربه سلیم ما و قوانین فیزیک غیر قابل قبول باشد، راه خود را به قلمرو فیزیک با نام تئوری ' بل ' باز کرده است. تئوری بل و استدلال کوآنتوم ، ما را به دورترین گوشه های فیزیک تئوری راهنمائی میکنند . خیلی از فیزیک دانها ، حتی اسم آنها را هم نشنیده اند.

تئوری بل و استدلال کوآنتوم در حال حاضر رابطه ای با یکدیگر ندارند. حامیان یکی از آنها خیلی بندرت علاقه ای به دیگری ازخود نشان میدهد. این ها چیزهای جدیدی در علم فیزیک بوده، البته تحقیقات در باره کوآرک ها و فیوژن لیزر که در آن اتمها با پرتو نوری لیزر بسیار قوی که باعث ذوب شدن اتم میشود، عموما جبهه پیشرو فیزیک تئوری منظور میشود. هرچند که تفاوت عمده ای بین این پروژه ها و تئوری بل و استدلال کوآنتوم وجود دارد.

پژوهش فیوژن لیزر و صید کوآرک ها ، کوششی است که در چهارچوب فیزیک موجود صورت میگیرد. ولی هردو این پژوهش ها میتوانند بالقوه به انفجاری منتهی بشوند که این چهار چوب را ویران کند. استدلال کوآنتوم از ما میخواهد که به قلمرو سمبل ها و تجربه ، بازگشت کنیم. اما تئوری بل به ما میگوید که چنین چیزی به اسم ' قسمتهای مجزا ' (separate parts) وجود ندارد. تمام قسمتهای کائنات بطور تنگاتنگ بهم وابسته بوده که در گذشته توسط صوفیان و دانشمندانی که طرز تفکر آنها مورد سؤآل وقع میشد، مطرح گریده بود.

عنصر ریاضی اصلی تئوری کوآنتوم، قهرمان داستان، تابع موجی است. تابع موجی یک کمیت ریاضی بوده که به ما اجازه میدهد که امکان نتیجه یک تعامل بین سیستم مشاهده شده و سیستم مشاهده کننده را ، بررسی کنیم. این موقعیت برجسته تابع موجی فقط به شرودینگر کاشف آن ارتباط پیدا نکرده و ریاضی دان مجارستانی جان فون نیومن هم چیزهای زیادی به آن افزده است.

در سال ۱۹۳۲ فون نیومن تحلیل ریاضی مشهور خود را به اسم ' شالوده ریاضی مکانیک کوآنتوم ' بچاپ رساند. در این کتاب فون نیومن در واقع این سؤآل را مطرح میکند:

" اگر یک تابع موجی ، این مخلوق عجیب ریاضی ، قادر باشد که ' چیزی ' از دنیای واقعی را بیان کند، این ' چیز ' چه خواهد بود؟ "

جوابی که او دریافت کرد دقیقا همان تعریفی بود که ما در قبل در صفحه (۴۶) ارائه داده ایم.

این جانور **غریب و عجیب** با گذشت زمان تغییر شکل داده ، هر لحظه با لحظه قبل ، تفاوت میکند. این یک مجموعه تمام امکانات سیستم مشاهده شده بوده و مانند یک موجودیت کل بوده که قسمتهای مختلف آن بطور دائن در حال تغییر بوده معهذا هنوز موجودیت خود را حفظ مینماید.

این موجودیت به بقای چود ادامه داده تا وقتی که یک رویت (اندازه گیری) در سیستم مشاهده شده ، انجام گردد. اگر سیستم مشاهده شده یک فوتون باشد که در تنهائی گسترده میشود، تابع موجی که معرف این فوتون میباشد، حاوی تمام نتایجی خواهد بود که از فعل و انفعال با دستگاه اندازه گیری ، مانند صفحه عکاسی حاصل میشود. بعنوان مثال امکان اینکه این فوتون در نقطه A یا B یا C از صفحه عکاسی ظاهر شده است.

وقتی فوتون بحرکت در آمد، تابع موجی مختص آن شروع به گسترش و تغییر خواهد کرد. این به موجب معادله تموجی شرودینگر خواهد بود. اینکار ادامه خواهد داشت تا وقتی که فوتون با دستگاه اندزه گیری وارد فعل و انفعال شود. در آن موقع ، یکی از امکانات موجود در تابع موجی ، بحقیقت خواهد پیوست و بقیه امکانات ، نابود خواهند شد. تابع موجی که که فون نیومن سعی داشت تشریح کند، در این مرحله سرنگون خواهد شد. سقوط این تابع موجی بخصوص به این معنی خواهد بود که احتمال وقوع یکی از فعل و انفعات فوتون با سیستم اندازه گیری به حقیقت پیوسته و احتمالات بقیه صفر شده که بمعنای آنست که چنین اتفاقی نخواهد افتاد. دست آخرحقیقت اینست که یک فوتون فقط میتواند در یک نقطه در هر زمان ، یافت شود.

به موجب این نظر ، تابع موجی آن مکان عجیب بین یک ایده و واقعیت را اشغال کرده که همه چیز امکان داشته ولی هیچ یک واقعی نیست. هایزنبرگ آنرا شبیه ' potentia ' ی ارسطو یافت (صفحه ۴۳) .

www.takbook.com

این نقطه نظر ناخود آگاهانه زبان و طرز تفکر بسیاری از فیزیک دانان ، شکل داده ، حتی آنهائیکه تابع موجی را یک داستان ریاضی برداشت کرده اند ، قبول کرده اند که بکار بردن این تابع ریاضی، به دلیلی نامعلوم باعث بدست آوردن احتمالات وقایع حقیقی شده که در بافت واقعی فضا – زمان اتفاق میافتد.

لازم به گفتن این مطلب نیست که این طرز تفکر باعث بروز سردرگمی زیادی شد که هنوز هم کاملا روشن نشده است. بعنوان مثال چه موقع تابع موجی ، سقوط میکند. آیا این اتفاق وقتی حادث میشود که فوتون با صفحه حساس عکاسی برخورد میکند؟ ایا سقوط تابع موجی وقتی اتفاق میافتد که ما کاغذ عکاسی را ظاهر میکنیم؟ یا اینکه وقتی ما به کاغذ ظاهر شده عکاسی نگاه میکنیم؟ این سقوط واقعا چه چیزی است؟ قبل از سقوط ، تابع موجی کجا زندگی میکرده است؟ و از این قبیل سؤآلات. این تصویر تابع موجی که این امکان وجود دارد که آنرا مانند یک چیز واقعی قلمداد کنیم، عموما به فون نیومن بر میگردد. هرچند که تعریف تابع موجی واقعی فقط یکی از دو روشی میباشد که او در کتاب خود ، برای درک پدیده کوآنتوم ، ارائه میدهد.

روش دوم که فون نیومن وقت زیادی روی آن صرف نکرد ، امتحان مجدد زبانی است که توسط آن پدیده کوآنتوم توضیح داده میشود. این پیشنهاد که از خواص جدید تئوری کوانتوم میتوان استفاده کرد که یک حساب مستدل درست کرد، مخالف با عقل سلیم بوده و چیزی است که فون نیومن آنرا یک روش جدید تعریف تابع موجی بعنوان یک چیز واقعی ، پیشنهاد کرد.

هر چند که خیلی از فیزیک دانان ، یک راه سوم را برای توضیح تابع موجی ، بر گزیده اند. آنها روش های قبلی را ساختار ریاضی صرف مشاهده کرده که هیچ چیز از دنیای واقعی ، ارائه نمیکند. بدبختانه این کار یک سؤآل مهم را بدون جواب میگذارد : " پس چگونه تابع موجی قادر است با چنین دقتی احتمالات وقوع اتفاقاتی را پیش بینی کند، که دقت آن توسط تجربه واقعی، تایید گردد؟ " در واقع چگونه تابع موجی میتواند چیزی را پیش بینی کند که بر حسب تعریف ، بطور کامل با دنیای واقعی هیچگونه ارتباطی ندارند؟ این یک نمونه علمی از سؤآل فلسفی میباشد که میپرسد : " چگونه تفکر و ذهن میتواند ' ماده ' را تحت تاثیر قرار دهد؟ "

روش دوم فون نیومن برای درک معمای پدیده کوآنتوم ، او را از مرزهای دانش فیزیک ، بیرون کشید. این تلاش کوتاه یک ملقمه ای از هستی شناسی (ontology) ، دانش معرفت، آگاهی یا شناخت (epistemology) و روان شناسی ، بود که حالا بتازگی ، سر در میآورد. بطور خلاصه، فون نیومن گفت که مشکل اصلی، در زبان است. این جرثومه چیزی بود که بعد ها به اسم استدلال کوانتوم (quantum logic) ، مشهور شد.

در اشاره به مشکل زبان ، فون نیومن انگشت خود را روی این سؤآل گذاشت که چرا اینقدر مشکل است این سؤآل ساده را جواب داد که " مکانیک کوآنتوم چیست؟ " مکانیک مطالعه حرکت کوآنتا بوده ولی خود کوآنتا چیست؟ بموجب فرهنگ لغات ، کوآنتا یک کمیتی از چیزی میباشد. سؤآل اینست که کمیتی از چه چیزی؟

یک کوآنتوم یک تکه از یک عملکرد میباشد. یک تکه از یک عملکرد؟ مشکل از آنجا آغاز میشود که کوانتوم میتواند مانند یک موج باشد و در همین حال مانند یک ذره باشد. بعلاوه وقتی کوآنتوم مانند یک ذره است ، مانند یک ذره معمولی نیست. یک ذره فرو اتمی ، یک ' چیز ' نیست چون ما نمیتوانیم که موقعیت و گشت آور آنرا در آن واحد ، اندازه گیری کنیم. یک ذره فرو اتمی یک دسته از رابطه ها میباشد. این ذره را میتوان شکافت ولی در اثر این کار ، ذراتی حاصل میشوند که مانند ذرات قبل، خود جزو ذرات اولیه محسوب میشوند. نیلز بُهر میگوید:

" آنهائیکه در مواجهه با تئوری کوآنتوم، بشدت یکه نخورده اند، این علم را درک نکرده اند. "

توضیح و تفسیر کوآنتوم بخاطر این سخت نیست که دانش پیچیده ای است. سختی توضیح و تفسیر آن در اینست که کلماتی را که ما بایستی برای این کار از آنها استفاده کنیم چندان مناسب برای توضیح این پدیده نیستند. این مطلب بخوبی توسط پایه گزاران تئوری کوآنتوم دانسته و در باره آن گفتگو شده است. بعنوان مثال ماکس بورن مینویسد:

" منشا نهائی سختی از این حقیقت سرچشمه میگیرد که ما مجبور هستیم که از زبان معمولی خود برای توصیف این پدیده استفاده کرده و به تحلیل ریاضی یا استدلال ، متوسل نشویم. زبان معمولی توسط تجربیات روز مره ، گسترش پیدا میکند و هرگز از مرزهای تعیین شده ، فراتر نمیرود. فیزیک کلاسیک خود را محدود به استفاده از این نظریه کرده است که با تحلیل حرکت قابل دیدن به دو طریق آنها را معرفی مینماید. یکی فرآیند اولیه ذرات متحرک

www.takbook.com

و دیگری امواج. هیچ راه دیگری برای عرضه کردن تصویری حرکت ، وجود ندارد. این حتی در مورد فرآیندهای اتمی نیز صادق است که فیزیک کلاسیک در این زمینه ، کاملا ناتوان است. "

این طرز تفکر بیشتر فیزیک دانان معاصر است. ما وقتی میخواهیم پدیده های فرو اتمی را تشریح کرده و بتصویر بکشیم ، به اشکال بر میخوریم. بهمین دلیل ترجیح میدهیم که زبان معمولی را فراموش کرده و خود را محدود به تحلیل ریاضی کنیم. آشکار است که برای درک فیزیک فرو اتمی، ما بایستی اول ریاضیات را فرا بگیریم.

دیوید فینکل اشترن رئیس مدرسه فیزیک در انستیتوی تکنولژی جُرجیا میگوید:

" نخیر... اینطور هم نیست. ریاضیات هم مانند انگلیسی ، یک زبان بوده و از سمبُل ها تشکیل یافته است. بیشترین چیزی که از سمبُل ها میتوان انتظار داشت یک توضیح ناقص است. یک تحلیل ریاضی پدیده فرو اتمی از نظر کیفیت از هیچ تحلیل سمبولیک دیگر ، بهتر نیست برای اینکه سمبُل ها از همان قاعده و قانون تجربه ، استفاده نمیکنند. آنها قاعده و قانون خود را دارند. بطور خلاصه ، مشکل در زبان نیست، مشکل خود زبان است. "

در یونان قدیم این قضیه روشن شده بود که دو روش مختلف برای آموختن و فکر کردن وجود دارد. روش اول اسطوره ای (mythos) بوده که بر اساس بیان و معلومات مردم ساخته شده است. روش دیگر فلسفه مستدل و منطقی (logos) میباشد. تفاوت بین تجربه و سمبُل مانند تفاوت بین اسطوره و منطق میباشد. منطق بطور دائم تقلید کرده ولی هرگز نمیتواند جای تجربه را بگیرد. در بهترین حالت ، سمبُل جانشین تجربه میتواند باشد . فلسفه منطقی ، ساخته و پرداخته مصنوعی سمبُل های مرده بوده که تقلیدی از تجربه یک بیک میباشد. فیزیک کلاسیک نمونه خوبی از رابطه یک بیک بین تئوری و واقعیت بوده است.

اینشتاین چنین اظهار میکرد که هیچ تئوری فیزیکی کامل نیست مگر اینکه هر عنصر در دنیای واقعی یک همتای مشخص در تئوری داشته باشد. تئوری نسبیت اینشتاین آخرین تئوری بزرگ فیزیک کلاسیک بود هرچند که جای خود را در فیزیک جدید نیز باز کرد که آنهم بخاطر ساختار یک – بیک پدیده بود. اینشتاین میگوید:

" معنای واقعی کلمه ' کامل ' هر چه میخواهد باشد ، چنین نیازی که ذکر خواهد شد برای داشتن یک تئوری کامل ، ضروری است. هر عنصر در واقعیت فیزیکی ، بایستی یک همتای مشخص در تئوری داشته باشد.

تئوری کوآنتوم فاقد این همتای یک – بیک بین تئوری و واقعیت بوده ، اتفاقات مجرد را نمیتواند پیشگوئی کرده و فقط احتمالات را بررسی میکند. به موجب این تئوری، اتفاقات صرفا بر اساس شانس صورت میگیرند. هیچ عنصری در این تئوری وجود ندارد که منطبق با وقایع مجردی که اتفاق میافتد ، باشد. به این ترتیب تئوری کوآنتوم بر اساس تعبیر اینشتاین ، یک تئوری ناقص است. این مطلب دلیل اساسی مشاجره بین بُهر و اینشتاین بود.

روش اسطوره ای (mythos) به تجربه اشاره دارد ولی خود را جایگزین آن نمیکند. این روش نقطه مقابل روشن فکری است. آوازهائی که مردم در مسابقات فوتبال سر میدهند ، مثال خوبی از روش اسطوره ای میباشد. آنها تجربه را بها داده و بهمان حالت اولیه زنده نگاهداشته اند ولی آنها علاقه ای به جانشین کردن آن ندارند.

در چهار چوب اعتقادات مذهبی ، فلسفه منطقی (logos) اولین گناه بوده که خوردن میوه معلومات ، طرد شدن از بهشت باشد. از نقطه نظر تاریخی ، فلسفه منطقی پیشرفت انقلاب ادبی ، تولد رسم و قاعده نوشتن بجای حرف زدن میباشد. از هر نقطه نظر فلسفه منطقه یک روش مرده میباشد. کامینز (E. E. Cummings) نویسنده آمریکائی مینویسد:

" 'معلومات ' یک کلمه مؤدبانه برای تصورات مرده بوده که هنوز دفن نشده است. "

او در باره فلسفه منطقی صحبت میکند.

بنا به عقیده فینکلشتاین مشکل ما اینست که قادر نیستیم صرفا با استفاده از سمبُل ها ، پدیده فرو اتمی یا هرنوع تجربه دیگر را درک کنیم. این چیزی است که هایزنبرگ هم به آن توجه کرد.

www.takbook.com

گم شدن در فعل و انفعات سمبُل ها کاملا مشابه اشتباهی گرفتن سایه ها روی دیوار غار (افلاطون) بجای دنیای حقیقی خارج از غار، میباشد. جواب این مشکل اینست که با در دست داشتن یک زبان اسطوره ای بعوض یک زبان منطقی ، به پدیده فرو اتمی نزدیک شویم.

فینکلشتاین در این مورد چنین میگوید:

" اگر شما بخواهید که کوآنتوم را مانند یک نقطه در خاطرتان مجسم کنید، شما بدام افتاده اید. شما این پدیده را با منطق کلاسیک ، شکل میدهید. نکته در اینست که هیچ معرف کلاسیک برای آن وجود ندارد. ما باید یاد بگیریم که با تجربه زندگی کنیم. "

سؤآل اینست : شما تجربه را چگونه تعریف میکنید؟

جواب: شما چنین کاری را انجام نمیدهید. ولی با ابراز این مطلب که شما چگونه کوآنتا میسازید و چگونه آنها را اندازه گیری میکنید، دیگران را قادر به فهم آن میکنید.

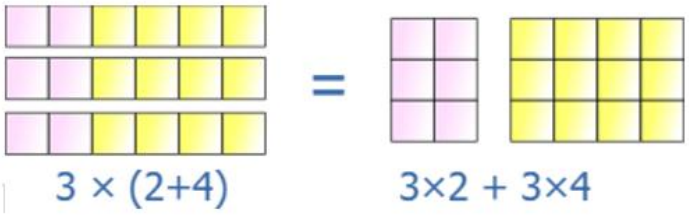
به موجب فینکلشتاین . یک زبان اسطوره ای ، زبانی که به تجربه ارجاع میکند ولی خیال جانشین کرده آنرا نداشته یا قصد این را نداشته که عقیده ما را در باره آن عوض نماید، زبان واقعی دانش فیزیک است. این بخاطر اینست که نه تنها این همان زبان روز مره ما بوده ، بلکه زبان ریاضی نیز هست و از یک سلسله قواعد تبعیت مینماید. تجربه بشخصه توسط این قواعد محدود نمیشود. تجربه از یک تعداد قواعدی تبیعت میکند که بمراتب ساده تر و مجازتر هستند. این قواعد ' منطق کوآنتوم ' هستند. منطق کوآنتوم نه تنها از منطق کلاسیک جالب تر میباشد بلکه خیلی واقعی تر هم هست. این منطق بر اساس چیزی نیست است که ما به آن فکر میکنیم بلکه بر مبنای آنست که ما چگونه آنرا تجربه مینمائیم.

زمانی که ما سعی میکنیم که تجربه را توسط منطق کلاسیک ، توضیح دهیم (که البته همان کاریست که از زمانی که خواندن و نوشتن یاد میگیریم ، انجام میدهیم)، ما در جلوی چشم خود پرده هائی علم میکنیم که نه تنها وسعت دید ما را محدود میسازد، بلکه آنرا درهم و برهم نیز میکند. این پرده ها ، یک تعداد قواعدی است که به اسم منطق کلاسیک شناخته شده است. قوانین منطق کلاسیک بخوبی تعریف شده اند. آنها کاملا ساده و قابل فهم بوده و تنها مشکل آن اینست که رابطه ای با تجربه ندارد.

مهمترین تفاوت بین قواعد منطق کلاسیک و منطق کوآنتوم ، قوانین توزیع میباشد. قانون توزیع میگوید :

حاصلضرب یک عدد با یک گروه اعدادی که با هم جمع شده اند، همان حاصاضرب جداگانه خواهد بود. مثال:

$$3 \times (2 + 4) = 3\times2 + 3\times4$$



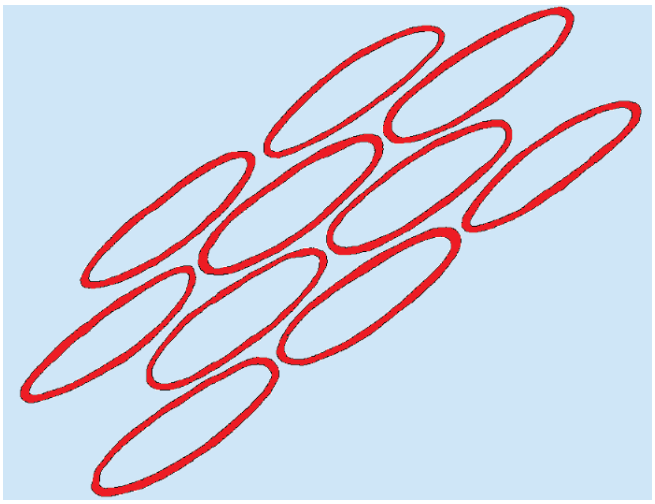
این قانون شامل منطق کوآنتوم نمیشود. این یکی از مهمترین اشکال کار فون نیومن بوده ولی خیلی کم شناخته شده است. در سال ۱۹۳۶ فون نیومن و همکار او برکهوف مقاله ای را بچاپ رساندند که اساس منطق کوآنتوم در آن پایه ریزی شده بود.

www.takbook.com

در این مقاله آنها با استفاده از مثالی در باره یک پدیده آشنا برای فیزیک دانان، سعی کردند که قانون توزیع را باطل کنند. آنها از طریق ریاضی نشان دادند که غیر ممکن است که بتوان تجربه (و پدیده فرو اتمی) را با منطق کلاسیک ، توضیح داد چون دنیای واقعی از یک سلسله قوانین دیگر تبعیت میکند. قوانینی که تجربه از آن تبعیت میکند، آنها منطق کوانتوم نامگذاری کردند.

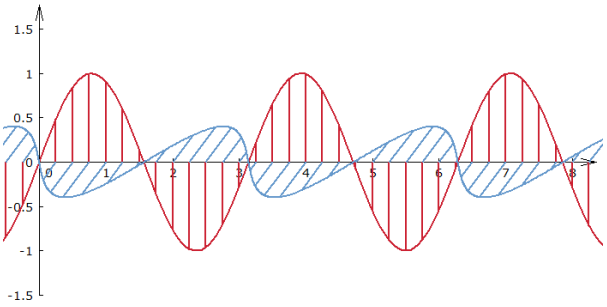
فینکلشتاین یک نمونه از مثال فون نیومن و برکهوف را انتخاب کرده که قانون توزیع را باطل کند. آزمایش فینکلشتاین فقط احتیاج به سه قطعه پلاستیک خاص دارد. این پلاستیکها شفاف بوده و مانند پلاستیک هائی هستند که برای عینک آفتابی ، بکار میرود. آنها بعلت خاصیتی که دارند اشعه خورشید را کم قدرت میکنند. این پلاستیک ها را ' پولارایزر ' میگویند وعینکی که چنین عدسی دارد، پولاروید نام دارد.

پولارایزر ها یک نوع مخصوص از فیلتر نوری هستند. اغلب آنها را از ورقهای پلاستیکی که کشیده شده و ملکول های آنها در یک سو کشیده و دراز شده ، درست میشود. این ملکول ها با درشت نمائی زیاد ، به این صورت دیده میشوند.



این ملکول های دراز و باریک ، مسئول پولاریزاسیون نوری است که از میان آنها عبور میکند.

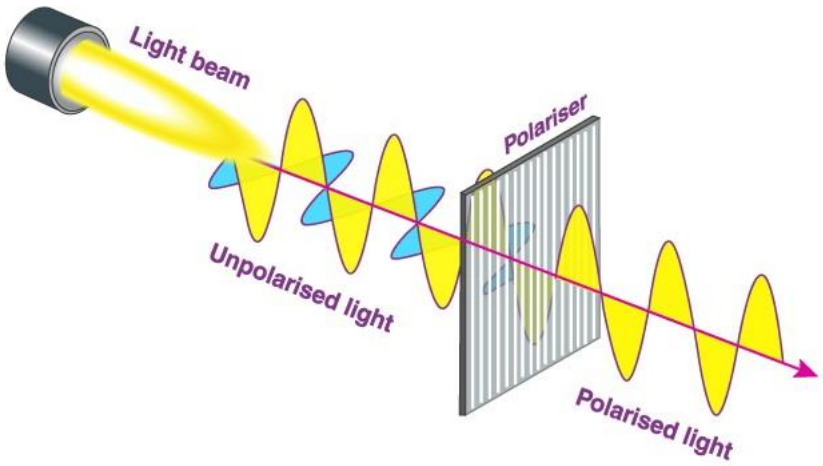
پولاریزاسیون نور توسط فرضیه تموجی بودن نور براحتی توضیح داده میشود. امواج نور که از یک منبع نوری مانند خورشید سر چشمه میگیرند، به انواع مختلف ساطع میشوند . افقی، عمودی و هر زاویه ای در این بین. این البته بدان معنی نیست که نور از یک منبع ، به تمام جهات پخش بشود. معنای آن ایست که در هر پر تو نور بعضی از امواج افقی ، عمودی و غیره خواهند بود.



www.takbook.com

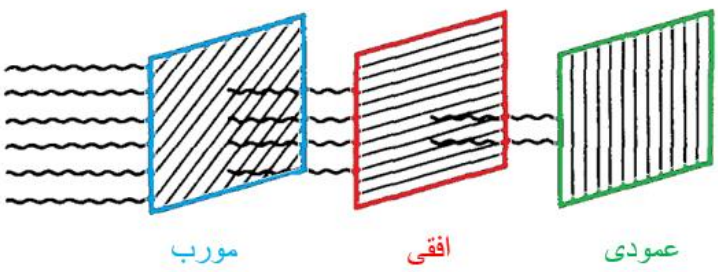
برای یک موج نوری ، یک پولارایزر مانند یک طارمی فلزی است. اینکه نور بتواند از آن عبور کند بستگی به این پیدا میکند که میله های موازی طارمی ، در چه جهت قرار گرفته باشند اگر میله ها عمودی باشند ، موج های عمودی تنها امواج نوری هستند که امکان رد شدن پیدا میکنند (امواج قرمز در شکل بالا) حال اگر طارمی فلزی را نود درجه چرخانده و در وضعیت افقی قرار دهیم، امواج افقی (آبیرنگ) امکان عبور پیدا کرده ولی امواج عمودی قرمز، حذف خواهند شد.

در شکل زیر منبع نوری ، یک پرتو نور شامل امواج عمودی (زرد رنگ) و امواج افقی (آبیرنگ) بیک پولاریزر که بطور عمودی قرار داده شده برخورد میکند. تمام امواج آبیرنگ افقی حذف شده و فقط امواج زرد رنگ عمودی عبور میکنند. حال اگر در همین حال ما پولاریزر را ۹۰ درجه بچرخانیم، تمام امواج زرد رنگ ناپدید شده و فقط امواج آبیرنگ ، از پولاریزر (فیلتر) عبور میکنند.



حال اگر ما دو پولاریزر را در جهت عمود بر هم در مقابل این نور قرار بدهیم، هیچ نوری از آن عبور نخواهد کرد . بعبارت دیگر ترکیب دو پولاریزر به این صورت مانند یک درب چوبی عمل خواهد کرد که در مسیر نور، بسته شود.

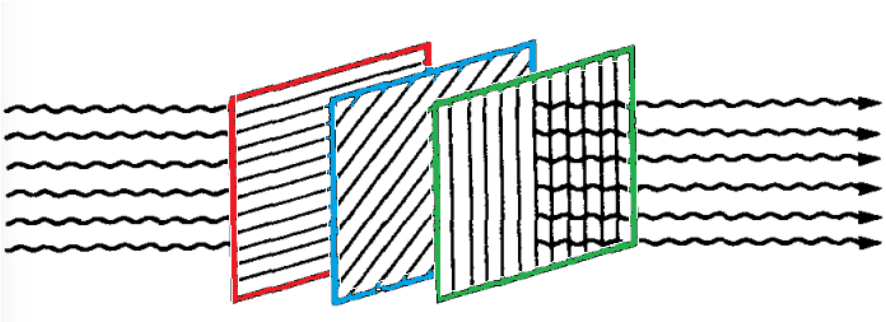
تا اینجا ما فقط در باره پولارایزر های افقی و عمودی صحبت کردیم. فیلتر سومی ، یک فیلتر مورب (diagonal) بوده که یک تاثیر جالب توجه در این ترکیب ازخود نشان میدهد. اگر چنین فیلتری را در مقابل ترکیبی که فیلتر عمودی و افقی (مطابق شکل) قرار دهیم، البته هیچ اتفاقی نخواهد افتاد چون فیلتر های افقی و عمودی جلوی عبور نور را خواهند گرفت.



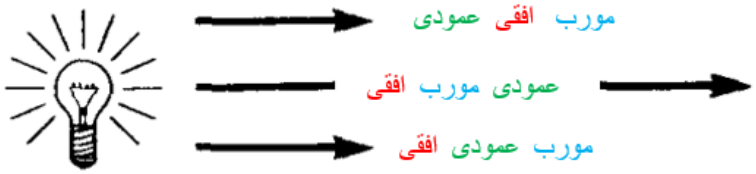
www.takbook.com

بهمین ترتیب اگر ما پولارایزر مورب را در طرف دیگر ترکیب پولارایزر های افقی و عمودی قرار دهیم ، هیچ نوری از پولارایزر ها عبور نخواهد کرد.

حال ما به قسمت جالب توجه این قضیه وارد شده ایم.



اگر ما پولاریزر مورب را در بین پولاریزرهای افقی و عمودی قرار دهیم ، در چنین ترکیبی، نور از این فیلترها عبور خواهد کرد. چنانچه ذکر گردید ، یک فیلتر مورب در جلو یا در پشت این ترکیب ، کوچکترین تاثیری نخواهد داشت.



چطور چنین چیزی ممکن است؟

به موجب تئوری کوآنتوم نور پولاریزه شده مورب یک مخلوطی از نور های پولاریزه شده افقی و عمودی نمیباشد. ما بسادگی نمیتوانیم بگوئیم که مؤلفه افقی نور پلاریزه شده مورب ، از فیلتر افقی عبور کرده و و مؤلفه عمودی نور پولاریزه شده مورب از فیلتر عمودی ، عبور کرده است. تئوری کوآنتوم میگوید که نور پولاریزه شده مورب ، یک موجودیت خاص خودش میباشد. سؤآل اینست که چگونه ممکن است یک موجودیت خاص (نور) از سه فیلتر عبور کرده ولی از دو فیلتر ، نتواند عبور نماید؟

حال اگر ما نور را بصورت یک ذره مجسم کنیم، این معما اشکارتر خواهد شد. سؤآل اینست که چگونه یک فوتون میتواند بیک مؤلفه افقی و عمودی پولاریزه شده، تقسیم گردد. بر حسب تعریف، این کار غیر ممکن است.

این معما اصلی ترین تفاوت بین منطق کوآنتوم و منطق کلاسیک میباشد. دلیل آنهم اینست که فرآیند تفکر ما بر اساس ما منطق کلاسیک پرورش یافته است. عقل سلیم به ما حکم میکند که آنچه را میبینیم ، غیر ممکن است. در هر صورت، یک فوتون تنها فقط میتواند بیکی از دو صورت ، پولاریزه شود. معهذا هر موقع که ما یک فیلتر مورب بین دو فیلتر افقی و عمودی قرار میدهیم، نوری را که از این سه پولاریزر رد میشود بچشم خود میبینیم. همان نوری که با دو فیلتر افقی و عمودی ، وجود ندارد. چشمان ما از این حقیقت با خبر نیستند که چیزی را که میبینیم ، غیر ممکن است. این بدلیل آنست که تجربه از قوانین منطق کلاسیک تبعیت نکرده و از منطق کوآنتوم تبعیت میکند.

این خاصیت نور پولاریزه طبیعت واقعی ' تجربه ' را مشخص میکند. فرآیند سمبولیک تفکر ما به ما حکم میکند که اصل ' یا این ، یا آن ' را پیوسته در نظر داشته باشیم. همین طرز تفکر به ما میگوید که نور پولاریزه عمودی و یا افقی بوده و یا مخلوطی از هردو میباشد. ولی در قلمرو تجربه هیچ چیز ' یا این و یا آن ' نبوده و پیوسته حد اقل،

www.takbook.com

یک شق دیگر هم موجود است . در خیلی از موارد این تعداد از یک تجاوز کرده و گاهی به بینهایت هم نزدیک میشود .

فینکل شتاین در مورد میگوید:

" در این بازی موجی وجود ندارد. معادله ای که این بازی از آن تبعیت میکند، یک معادله موجی است. ولی هیچ موجی در این اطراف ، حرکت نمیکند. در همان حال هیچ ذره ای هم در این بازی حرکتی ندارد. چیزی که باعث بروز این پدیده میشود ، راهکار سومی بنام کوآنتا میباشد. "

بعنوان یک مثال ساده فرض کنید که ما دو قطعه مختلف از یک شطرنج را انتخاب کرده ایم. یک فیل و یک پیاده. اگر ما تسلیم قوانین کوآنتوم بشویم ، قادر نخواهیم بود که بگوئیم چیزی بین یک فیل و یک پیاده وجود ندارد. مابین فیل و پیاده موجود دیگری بنام ' فیلاده ' وجود دارد که یک نمونه از موجودیت خاص میباشد. یک فیلاده نه یک فیل است و نه یک پیاده. نصفی از یک فیل و پیاده هم نیست که آنها را بهم چسبانده باشند. این موجودیت خاص را نمیتوان به مؤلفه ' پیاده ' آن و مؤلفه ' فیل ' آن ، تجزیه کرد. همانطور که یک سگ دو رگه السیشن (آلمانی) و گله را نمیتوان به مولفه های آلمانی و گله ای تجزیه نمود.

بین فیل و پیاده بیشتر از یک ' فیلاده ' وجود دارد. این فیلاده که ما توصیف کردیم، نیمی فیل و نیمی پیاده بود. یک نوع دیگر ' فیلاده ' ، یک سوم فیل و دو سوم پیاده است. نوع دیگر فیلاده سه چهارم قسمت فیل و فقط یک چهارم پیاده میباشد. در حقیقت برای هر بخش ممکن از فیل به قسمت پیاده ، یک فیلاده وجود دارد که کاملا از بقیه مجزا است.

یک فیلاده چیزی است که فیزیک دانان آنرا انطباق منسجم (coherent superposition) مینامند. انطباق هم قرار دادن یک چیز یا چند چیز روی چیز دیگری میباشد. یک عکاس بی توجه ، با گذاشته دو تصویر در روی یک کاغذ عکاسی، یک عمل انطباق انجام داده است. ولی انطباق منسجم ، بسادگی قرار دادن یک چیز روی چیز دیگر نبوده و ما آنرا انطباق منسجم مینامیم چون یک ارتباط فاز مشخص بین اجزاء انطباق ، موجود است. این بدان معنی است که در فرآیند بعدی آنها میتوانند تداخل (interference) ایجاد کنند. امواج منسجم دارای همان فرکانس، تفاوت فازی صفر یا ثابت هستند.

نور پولاریزه شده مورب ، یک انطباق منسجم نور پولاریزه شده افقی و نور پولاریزه شده عمودی است. فیزیک کوآنتوم پر از انطباق منسجم میباشد که هسته مرکزی پدیده کوآنتوم میباشد. توابع موجی مثالی از انطباق منسجم است.

تمام آزمایشات کوآنتومی یک سیستم مشاهده شده دارند. هر سیستم مشاهده شده ، یک تابع موجی مخصوص به خود را دارد. تابع موجی یک سیستم مشاهده شده مشخص (مانند فوتون) انطباق منسجم تمام نتایج فعل و انفعال بین سیستم مشاهده شده و و سیستم اندازه گیری (صفحه حساس عکاسی) میباشد. گذشتن زمان از این انطباق منسجم توسط معادله شرودینگر بیان میشود. با استفاده از این معادله، ما میتوانیم شکل این انطباق منسجم امکانات را که ما آنرا تابع موجی مینامیم ، در هر زمان ، محاسبه کنیم. با انجام این کار، سپس میتوانیم احتمالات هر یک از این امکانات را که در تابع موجی است ، نیز محاسبه نمائیم. این برای ما تابع احتمالات را ایجاد میکند که همان تابع موجی نیست ولی از طریق تابع موجی محاسبه شده است. بطور کلی ، این قلمرو ریاضی فیزیک کوآنتوم میباشد.

بعبارت دیگر، در زمینه ریاضیات تئوری کوآنتوم ، هیچ چیز ' این ' یا ' آن ' نبوده و هیچ چیزی در بین آنها هم وجود ندارد. ولی بعنوان تمرین دانشجویان فیزیک ' این ' و ' آن ' را با هم انطباق داده و نتیجه چیزی بدست میآید که هیچ کدام از این دو نیست. این یک انطباق منسجم این دو میباشد.

به موجب فینکلشتاین ، یک از اشکالات اساسی درک مکانیک کوآنتوم ، این فرض اشتباه میباشد که این توابع موجی (انطباق منسجم) ، چیز های واقعی بوده که تکامل پیدا کرده ، سقوط میکنند و از این قبیل. از طرف دیگر ، اینکه فکر کنیم که انطباق منسجم صرفا تصوری بوده و هیچگونه ارتباطی با دنیای روزانه ندارد، کاملا اشتباه است. این انطباق های منسجم , طبیعت تجربه ما را ، منعکس میکنند.

www.takbook.com

انطباق های منسجم چگونه تجربه ما را منعکس میکنند؟ تجربه خالص هرگز محدود به دو امکان نمیشود. مفهوم آفرینی (conceptualization) یک وضعیت مشخص ممکن است این تصویر اشتباه را در ذهن ایجاد نماید که هر معما فقط دو جواب دارد ولی این خطا بخاطر آن ایجاد میشود که که ما فرض میکنیم که تجربه هم از همان قاعده و قانون سمبُل ها تبعیت میکند. در قلمرو سمبُل ها ، هر چیزی یا ' این ' است یا ' آن ' . ولی در دنیای تجربه، راه های دیگری هم موجود است.

بعنوان مثال یک قاضی دادگاه را در نظر بگیرید که بایستی پسر خود را در دادگاه ، محاکمه کند. قانون فقط دو راه جلوی پای قاضی قرار میدهد. این پسر ' گناهکار ' یا ' بیگناه ' است. هرچند که برای قاضی یک راه سوم هم وجود دارد و آنهم اینست: ' این فرد پسر منست ' .

این حقیقت که ما قاضی های دادگاه را از محاکمه شخصی که با آنها ارتباط فامیلی دارد ، منع میکنیم، مثال خیلی خوبی از اینست که تجربه محدود به دو شق ' گناهکار ' و ' بیگناه ' (یا خوب و بد) نشده و فقط در قلمرو سمبُل هاست که قدرت انتخاب حد اکثر وضوح و روشنی خود را دارد.

در زمان جنگ داخلی لبنان ، داستانی بر سر زبانها بود که یک آمریکائی توسط عده ای افراد مسلح نقابدار متوقف شده و یک کلمه اشتباه میتوانست بقیمت جان او تمام شود.

آنها از او سؤآل کردند:

" آیا شما مسلمان یا مسیحی هستید؟ "

او با فریاد گفت:

" من توریست هستم. "

او با این جواب جان خود را نجات داده و ثابت کرد که تجربه هرگز مانند قلمرو سمبُل ها ، محدود به دو جواب آری یا نه ، نمیباشد. پیوسته یک راه دیگر بین ' این ' و ' آن ' وجود دارد. درک این کیفیت برجسته تجربه ، قسمت اصلی منطق کوآنتوم را تشکیل میدهد.

فیزیک دانان در خیلی از موارد خود را با این حقیقت وفق داده که برای اغلب ما ، مطلب ناشناخته ایست. وقتی برای مدتی در معیت آنها باشید ، مانند اینست که وارد دنیای دیگری شده اید. در این فرهنگ جدید ، هر قضیه ای شامل این جواب میشود:

" آنرا ثابت کن. "

وقتی ما بیک دوست میگوئیم که من امروز خیلی احساس خوبی دارم ، توقع نداریم که در جواب به ما گفته شود :

" آنرا ثابت کن . "

ولی از نقطه نظر یک فیزیک دان که تجربه را محدود تصور نمیکند ، او یک بار گران از ' ثابت کن ' در چنته دارد. هر جوابی هم توسط او با این جمله شروع خواهد شد:

" عقیده من اینست که ... "

فیزیک دانان با عقاید ، خیلی رابطه خوبی ندارند. بدبختانه همین باعث میشود که تحت شرایطی ، بسیار کوته فکر باشند. اگر شما مایل نباشید که با آنها همراه باشید، آنها شما را تنها خواهند گذاشت.

آنها برای هر ادعائی ، یک اثبات طلب میکنند. البته ' اثبات ' پیوسته دلیل حقیقت نیست و این راه و روش دنیا است. یک اثبات علمی ، یک نمایش ریاضی است که نشان میدهد که ادعای مورد بحث از لحاظ منطق ، منسجم است. در قلمرو ریاضیات خالص ، یک ادعا میتواند هیچ ارتباطی با تجربه نداشته باشد. معهذا اگر همین

www.takbook.com

ادعا بهمراه یک اثبات منسجم باشد، قابل قبول است. در غیر اینصورت ، این ادعا مردود میشود. همین محدودیت در قلمرو فیزیک نیز موجود بوده و علاوه بر آن یک شرط دیگر هم الزامی بوده و آن اینکه این ادعا بایستی در ارتباط با واقعیت فیزیکی باشد.

به اندازه کافی در باره رابطه بین واقعیت یک ادعای علمی و طبیعت واقعیت ، گفتگو کردیم. یک تئوری علمی ' واقعی ' میباشد اگر انسجام داشته و بدرستی با تجربه ارتباط پیدا میکند (وقایع را پیش بینی میکند) . بطور خلاصه وقتی یک دانشمند میگوید یک تئوری واقعی است منظور او اینست که این تئوری بدرستی با تجربه ارتباط پیدا کرده و بهمین جهت قابل استفاده و بدرد بخور است. اگر ما هرکجا کلمه ' قابل استفاده ' را با کلمه ' حقیقی ' عوض کنیم، دنیای فیزیک خیلی بهتر خواهد شد.

برکهوف و فون نیومن یک دلیل ثابت شده ای را ارائه دادند که تجربه قوانین منطق کلاسیک را زیر پا میگذارد. این دلیل ثابت شده در جوف تجربه قرار دارد. اگر به آزمایشات نور پولاریزه خود برگردیم، این دلیل بر این اساس قرار دارد که با ترکیبات مختف نور پولاریزه شده، چه چیزی اتفاق میافتد و چه چیزی اتفاق نمیافتد. فینکلشتاین یک برداشت جدید با مختصری تغییر از پیشنهاد اصلی برکهوف و فون نیومن استفاده کرده که منطق کوآنتوم را نمایش دهد.

اولین قدم در این باره آزمایشی است که توسط تمام ترکیبات مختلف از نور پلاریزه شده افقی و عمودی و مورب انجام بگیرد. بعبارت دیگر ، اولین قدم همان خواهد بود که ما قبلا انجام داده که کشف کنیم که چه نوری ازمیان کدام پولاریزرها (فیلتر ها) عبور خواهد کرد. بچشم خود خواهیم دید که نور از دو فیلتر عمودی، دو فیلتر افقی ، دو فیلتر مورب ، یک فیلتر مورب و یک فیلتر افقی ، یک فیلتر مورب و یک فیلتر عمودی. عبور خواهد کرد. تمام این ترکیبات بنام ' انتقال مجاز ' (allowed transitions) نامیده شده ، برای اینکه آنها واقعا این کار را انجام میدهند. بهمین قیاس بچشم خود خواهیم دید که نور از یک فیلتر افقی و یک فیلتر عمودی و یا هر ترکیب دیگر از فیلتر ها که در زاویه قائمه نسبت بیکدیگر قرار گرفته باشند ، عبور نمیکند.

این ترکیبات را انتقال ممنوع (forbidden transitions) نامگذاری کرده اند برای اینکه هرگز اتفاق نمیافتد.

دومین قدم در باره آزمایش ساختن یک جدول بر اساس این اطلاعات بوده که به آن ' جدول انتقال ' میگویند. شکل زیر یک جدول انتقال در باره پلاریزاسیون نور میباشد.

ADMISSIONS

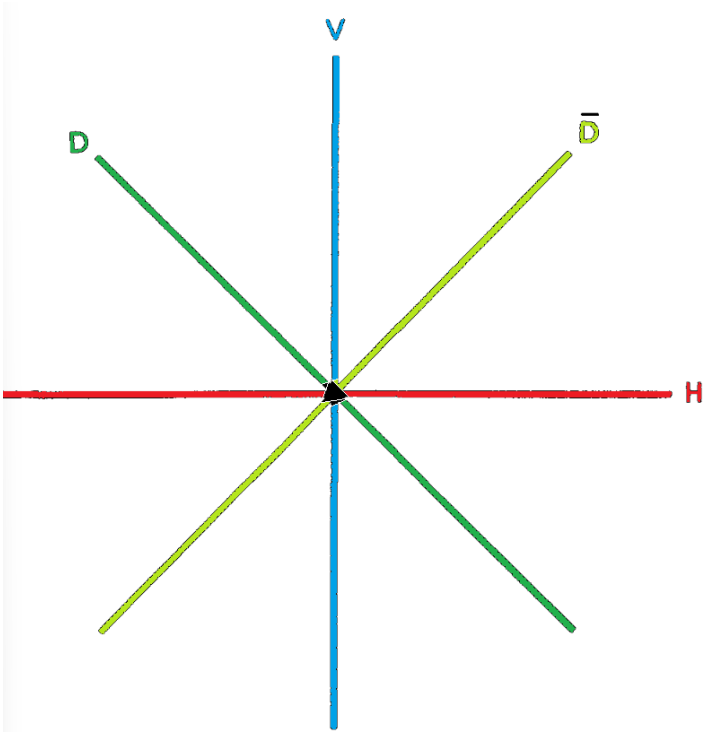
EMISSIONS	)O	)H	)V	)D	)$\bar{D}$	)I
O)						
H)		A		A	A	A
V)			A	A	A	A
D)		A	A	A		A
$\bar{D}$)		A	A		A	A
I)		A	A	A	A	A

www.takbook.com

محور عمودی جدول در سمت چپ انتشارات (emissions) بوده که در این مورد انتشار نور بوسط یک منبع نوری میباشد. علامت ' (' در سمت راست هر حرف در اولین ستون عمودی جدول نشان دهنده یک انتشار نوری است. بعنوان مثال ' H) ' در سومین ستون افقی جدول به معنای آنست که یک پولارایزر (فیلتر) افقی (horizontal) نوری را که بطرز افقی پلاریزه شده منتشر میکند. اولین ستون افقی این جدول پذیرش یا اجازه ورود (admissions) بوده که بمعنای اجازه ورود یک انتشار میباشد. همان علامت قبلی ' (' در سمت چپ یک حرف در این ستون به معنای پذیرش میباشد. بعنوان مثال ' H(' بمعنای آنست که یک پرتو نور پولاریزه شده افقی اجازه ورود داشته و بچشم ناظر میرسد. با همین استدلال انتشار ' H) ' با رسیدن به فیلتر ' V(' متوقف شده و رنگ قرمز این مربع نشان دهنده اینست که عبور این اشعه از این فیلتر ، مجاز نیست.

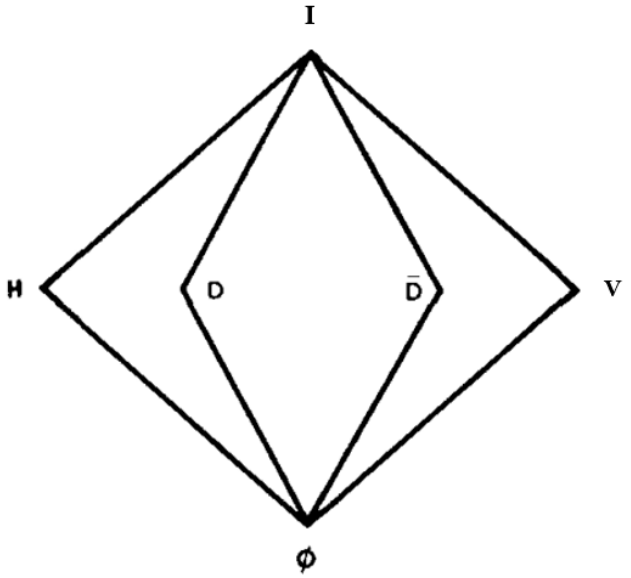
ستونهای افقی و عمودی اول جدول که با علامت صفر (0) مشخص شده اند بدان معنی است که هیچ آزمایشی صورت نگرفته است. حرف (I) در جدول بمعنای فرآیند هویت (identity process) بوده و فیلتری است که تمام نور ها را از خود عبور میدهد. حرف (A) در خانه های سبز جدول به معنای اجازه عبور میباشد.

دو نوع نور پولاریزه شده مورب در این جدول گنجانده شده که آنرا کامل نماید. دو نوع فیلتر برای این کار وجود دارد که حرف (D) (diagonal) نشان دهنده پولاریزاسیون بسمت چپ بوده و حرف ($\overline{D}$) نشان دهنده پولاریزاسیون نور بسمت راست است.



قدم سوم در باره آزمایش ، درست کردن یک دیاگرام بوده که حاوی اطلاعاتی است که در جدول گنجامده شده است. این دیاگرام بشکل زیر خواهد بود:

www.takbook.com



به چنین دیاگرامی ، دیاگرام مشبک (lattice) گفته میشود . ریاضی دانان از این شبکه ها استفاده کرده که ترتیب وقایع یا عناصر را مشخص نمایند . این شبکه ها نظیر شجره های خانوادگی افراد میباشد که وقتی ما در باره تاریخچه خانواده خود تحقیق میکنیم، ترسیم مینمائیم. عناصر بالائی ، عناصر پائینی را هم در خود میگنجانند . خطوط نشان میدهند که چه کسی با چه کسی مربوط است.

یک شبکه دقیقا یک شجره خانوادگی نیست ولی همان ترتیب خاص را نشان میدهد. در پائین فرآیند صفر قرار دارد. هیچ چیز پائین تر از فرآیند صفر وجود نداشته برای اینکه فرآیند صفر (null process) معرف هیچگونه نشر پرتو نوری نمیباشد. در یک سطح بالاتر ، حالت های مختلف پولاریزاسیون قرار دارد. عناصر تشکیل دهنده این سطح عناصر واحد (singlet) مینامند. عناصر واحد ساده ترین تعریفی است که ما میتوانیم در باره پولاریزاسیون یک موج نوری ، ارائه بدهیم. جمله : " این نور بصورت افقی پولاریزه شده " بیشترین چیزی است که ما در باره وضعیت پولاریزاسیون میتوانیم بگوئیم. این بیشترین تشریح و تفسیر بوده ولی نا کامل است. محدودیتی که در استفاده از زبان نهفته است.

یک سطح بالاتر ، جای ' جفت ' ها میباشد. در این شبکه فقط یک جفت (doublet) وجود دارد. جفت ها یک سطح بالاتر از تعاریف نا کامل را دارا هستند که ما میتوانیم در پولاریزاسیون نور در این آزمایش ساده ، مشاهده کنیم. شبکه هائی که پدیده های پیچیده تر را منعکس میکنند، تعداد بیشتری سطح دارند. این شبکه ساده ترین شبکه ممکن بوده ولی حداقل طبیعت منطق کوآنتوم را میتواند نشان بدهد.

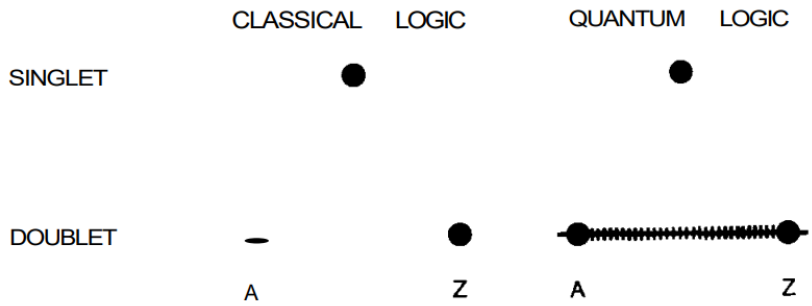
اجازه بدهید که ابتدا در باره ' جفت ' صحبت کنیم. بایستی توجه داشت که (I) شامل عناصر واحد نیز میباشد. این یک نمونه عادی از منطق کوآنتوم بوده ولی تناقض مهمی با منطق کلاسیک دارد . در منطق کلاسیک، هر ' جفت ' بر حسب تعریف فقط دو عنصر واحد دارد.، نه بیشتر و نه کمتر. شبکه ها یک نمودار گرافیکی فرضیه کوآنتوم بوده که در آن پیوسته حد اقل یک طریق دیگر بین دو راه ' این ' یا ' آن ' وجود دارد.

در این مورد، دو مسیر مشخص D و $\overline{D}$ ارائه شده اند. مسیر های متعدد دیگری هم وجود دارد که در این شبکه ارائه نشده اند. بعنوان مثال ، نوری که در شبکه با سمبُل $\overline{D}$ نمایش داده شده است بطور مورب با زاویه ۴۵ درجه ، پولاریزه شده است.

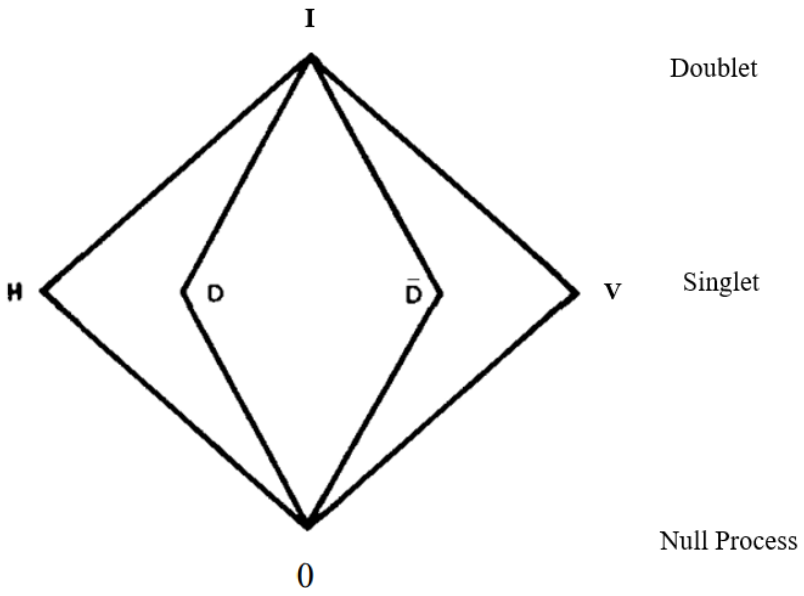
ولی بهمین قسم ، ما میتوانیم نورهای پولاریزه شده در زاویه ۴۶ ، ۴۷ ، ۲. ۴۸ یا هر زاویه دیگری را مورد استفاده قرار داده و تمام این حالت های پولاریزاسیون میتواند در ' جفت ' (I) قرار بگیرد.

www.takbook.com

در هردو منطق کلاسیک و کوآنتوم، یک واحد ممکن است با یک نقطه نشان داده شود. در منطق کلاسیک ، یک جفت با دو نقطه نشان داده میشود. هرچند که در منطق کوآنتوم، یک جفت با یک خطی که بین دو نقطه کشیده شده، نشان داده میشود. تمام نقاط روی این خط در ' جفت ' موجود هستند.



ریاضی دانان از دیاگرام شبکه استفاده کرده که ،محاسبه کنند چه عنصری در شبکه به عنصر دیگری متصل و این اتصال بچه طریقی است.



حال بعنوان مثال اجازه بدهید که ببینیم چگونه دو عنصر داخل شبکه توسط کلمه ' و ' بهم ارتباط پیدا کرده ، و خطی را که از این عنصر شروع شده و بسمت پائین بطرف عنصر دیگر میرود و در آنجا آنرا قطع مینماید ، تعقیب کنیم. اگر ما دو عنصر (H) و (D) را در نظر بگیریم، خطی که از H و D شروع شده و بسمت پائین میرود، یکدیگر را در نقطه (0) قطع میکنند. از اینرو این شبکه به ما میگوید که (H) و (D) معادل صفر هستند. حال اگر ما دو نقطه (I) و (H) را در نظر بگیریم، خطی که بالاترین نقطه شبکه (I) بسمت پائین میآید ، نقطه مشترک (I) با (H) همان (H) خواهد بود. در چنین حالتی شبکه با ما میگوید که (I) و (H) معادل (H) هستند.

برای دیدن اینکه دو عنصر شبکه توسط کلمه ' یا ' با هم مرتبط هستند باید خطوطی را که بسمت بالا میروند تعقیب کرده تا یکدیگر را قطع کنند. بعنوان مثال اگر ما H یا V را در نظر گرفته و خطوط شروع شده از آن دو نقطه را بسمت بالا تعقیب نمائیم ، این دو خط یکدیگر را در نقطه (I) قطع خواهند کرد. و به این ترتیب شبکه به ما خواهد گفت که D یا I معادل I هستند.

این قانون ساده ایست که کلمه ' و ' پائین رفته وکلمه ' یا ' بالا میرود.

www.takbook.com

حالا ما به اثبات قضیه میرسیم که که بمراتب ساده تر از توضیحات اولیه میباشد. قانون توزیع میگوید که :

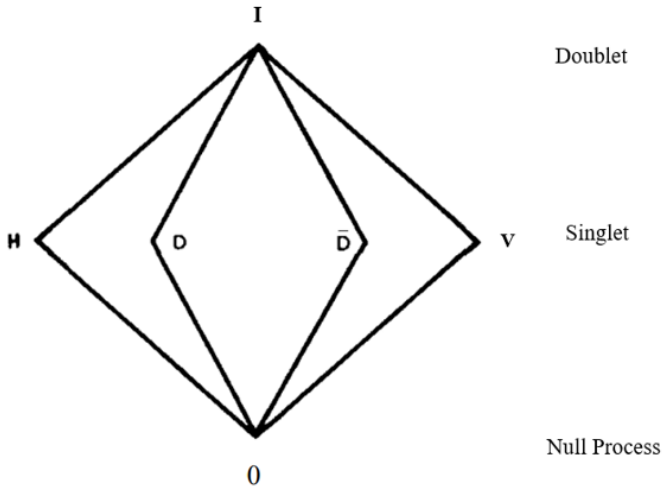
A و B یا C معادل A و B یا A و C میباشد.

برای اینکه مطمئن شویم که این یک تجربه واقعی است یا نه، ما بعضی از حالت های پولاریزاسیون نور را در فرمول گذاشته و با استفاده از متد شبکه ، آنرا حل میکنم. بعنوان مثال قانون توزیع به ما میگوید :

" نور پولاریزه شده افقی و نور پولاریزه شده عمودی یا نور پولاریزه شده مورب " معادل " نور پولاریزه شده افقی و نور پولاریزه شده عمودی یا نور پلاریزه شده افقی نور پلاریزه شده مورب " میباشد. اگر ما این رابطه را با حروفی در قبل برای این پدیده تعریف کردیم ، نشان دهیم چنین حاصل میشود:

" H و D یا V معادل H و D یا H و V میباشد. "

حال اگر به شبکه باز گردیم، از قسمت چپ شبکه شروع خواهیم کرد.



" H و D یا V " معادل است با " H و D یا H و V "

" H و I " معادل است با " H و D یا H و V "

" H " معادل است با " H و D یا H و V

ما در اینجا برای سمت راست شبکه ، (0) را با " H و D " عوض کرده ایم. به این ترتیب:

"H" معادل است با " H و D یا H و V "

"H" معادل است با " 0 یا H و V "

"H" معادل است با " 0 یا 0 "

"H" معادل است با " 0 "

www.takbook.com

ولی مشخص است که H معادل 0 نیست . به این ترتیب مشخص شد که قانون توزیع در این مورد صادق نیست. بهمین سادگی ، قانونی را که برای هزار سال مورد احترام دانشمندان بود، از حیز انتفاع ساقط گردید.

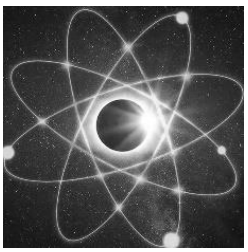
تئوری فینکلشتاین یک تئوری فرآیند (process) میباشد که منطق کوآنتوم فقط قسمتی از آن میباشد. به موجب این تئوری ، واحد اصلی کائنات ، یک واقعه یا یک فرآیند میباشد. این وقایع بطرق مخصوصی با هم ارتباط پیدا کرده و یک تار میتنند. این تار بنوبه خود با تار دیگری ممزوج شده که تار بزرگتری ، تولید نماید. وقتی جلوتر میرود با استفاده از تطابق منسجم (coherent superpositions) این تار نه 'این' است و نه 'آن' بلکه موجودیت مشخص خود رادارد.

وقایع اصلی تئوری فینکلشتاین در فضا – زمان وجود ندارند. آنها قبل از فضا و زمان هستند. به موجب فینکلشتاین ، فضا ، زمان ، جرم ، وانرژی کیفیت های درجه دوم بوده که از وقایع اصلی کائنات ، مشتق شده اند. یکی از مقالات اخیر فینکلشتاین " زیر زمان " نامیده شده است.

این تئوری بی پروا ، یک سرپیچی شدیدی از دانش فیزیک متعارف و تفکر سنتی میباشد. ریاضیات این تئوری که بنام توپولژی کوآنتوم مشهور شده بمراتب از ریاضیات پیچیده تئوری کوآنتوم و تئوری نسبیت ، ساده تر میباشد. کوآنتوم توپولژی هنوز کامل نشده و مانند خیلی از تئوری های دیگر ، شاید هم هرگز کامل نشود. ولی کاملا برعکس خیلی تئوری های دیگر، این قدرت در آن نهفته است که چهار چوب ادراک ما را ما را بطور کامل تغییر دهد.

کشف فون نیومن که فرآیند تفکر ما باعث ایجاد محدودیت در دنیای واقعی میشود، در حقیقت همان کشف اینشتاین است که به تئوری نسبیت عام، ختم شد. اینشتاین عدم قابلیت تعمیم هندسه اُقلیدس را به شاخه های مختلف علمی ، اثبات نمود . تا زمان ظهور تئوری نسبیت عام ، هندسه اقلیدس بدون سؤآل و جواب برای جواب دادن به شالوده کائنات، مورد قبول قرار گرفته بود. برکهوف و فون نیومن جهان شمولی (universality) منطق کلاسیک مردود شناختند. منطق کلاسیک هم تا این زمان بدون گفتگو برای شناخت طبیعت حقیقت، مورد قبول قرار گرفته بود.

یک ادراک پر قدرت در این اکتشافات ، پنهان شده است. دانستن آن که قدرت های نهفته ذهن برای شکل دادن به واقعیت ، تا کنون بر ملا نشده بود. بهمین مناسبت فلسفه نهائی فیزیک ، از فلسفه بودائی و صوفی گری ، قابل تشخیص نمیباشد. فلسفه های مشرق زمین که در اصل فلسفه وارستگی (enlightenment) میباشند.



www.takbook.com

فصل دوازدهم : پایان علوم

یک جنبه حیاتی وارستگی (enlightenment) تجربه در بر گیرنده هم بستگی میباشد. ' این ' و ' آن ' دیگر مانند قبل ، دو موجودیت جدا نیستند. آنها دو شکل مختلف از همان چیز هستند. تمام چیزها ' نمایان گر ' هستند. متاسفانه امکان ندارد که که بتوان به این سؤآل پاسخ داد که ' نمایان گر چه چیزی هستند؟ ' برای اینکه کلمه ' چه چیزی ' در ماوراء کلمات، ماوراء ادراک، ماوراء شکل و حتی ماوراء فضا - زمان ، قرار دارد. نمایان گر ' چیزی که هست.' در ورای این کلمات ، تجربه نهفته است. تجربه ' چیزی که هست. '

اشکالی که توسط آنها ' چیزی که هست ' خود را نمایان میکند، هر کدام و همه آنها کامل هستند. خود ما نمایان گر ' چیزی که هست ' هستیم. هر کس و هر چیز دقیقا و کاملا چیزی هستند که هست. بودائی تبتی بنام ' لُنگچنپا ' مینویسد:

از آنجائیکه همه چیز جز توهمی بیش نیست

هر چه هست کامل است

هیچ ارتباطی با خوبی و بدی ندارد

یا قبولی و مردودی

پس شاید بهتر باشد که همگی زیر خنده بزنیم.

شخص ممکن است بگوید که ملکوتیان در بهشت خود و همه چیز در دنیا خوبست. فقط اینکه به موجب دید وارستگی (enlightened) ، دنیا جور دیگری نمیتوانست باشد. دنیا نه خوبست و نه بد. خیلی ساده ، دنیا همانست که هست. همانی که هست، مطلقا کامل است. چیز دیگری نمیتوانست باشد. کامل است. من کامل هستم. من بطور کامل و دقیقی همان چیزی هستم که هستم. شما هم بطور کامل همان چیزی هستید ، که هستید.

اگر شما یک فرد شاد و خوشحالی هستید، این بطور کامل همان چیزی است که هستید، یک شخص شاد . اگر شما شخص غمگینی هستید، این همان چیزی است که شما بطور کامل هستید. یک شخص غمگین. اگر شما شخصی هستید که تغییر میکند ، این درست همان چیزی است که شما بطور کامل هستید . شخصی که تغییر میکند.

اگر ما افراد را در این طریق با ' ذرات فرو اتمی ' تعویض کنیم، ما یک تصویر با تقریب خوبی از فیزیک ذرات فرو اتمی ، بدست خواهیم آورد. هنوز یک دلیل دیگر هم وجود دارد که چرا این چهره همبستگی وارد دنیای فیزیک شده است. پیشگامان فیزیک کوآنتوم متوجه یک ارتباط شگرف مابین پدیده های کوآنتومی شدند. تا سالهای اخیر این قضیه عجیب مورد توجه عمیق پژوهشگران قرار نگرفته و اهمیتی برای آن قائل نبودند. به آن بچشم یک واقعه تصادفی نگاه میشد که با تکامل تئوری، توجیه خواهد شد.

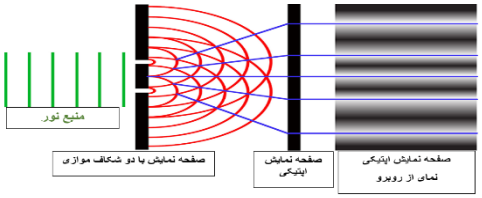
در سال ۱۹۶۴ جی اس بل یک فیزیک دان در تشکیلات اروپائی پژوهشهای هسته ای در کشور سویس (سرن CERN) به این ارتباط عجیب توجه پیدا کرده و کاری انجام داد که این پدیده کانون مرکزی تحقیقات فیزیک در آینده بشود. دکتر بل مقاله ای بچاپ رساند که بعدا به اسم تئوری بل مشهور شد. در عرض ده سال بعد ، این تئوری حک و اصلاح شده تا اینکه بصورت امروزی در آمد. صورت امروزی این تئوری ، از اهمیت زیادی برخوردار است.

www.takbook.com

تئوری بل یک ساختمان ریاضی داشته که بهمین دلیل ، برای کسانی که ریاضی دان نیستند، قابل درک نیست. هر چند که کاربرد آن میتواند نظر مارا در باره جهان بکلی تغییر بدهد. خیلی از فیزیک دانان بر این عقیده هستند که این کار مهمترین اقدام در دنیای فیزیک بوده است. در یک سطح عمیق و اساسی ، این تئوری نشان میدهد که قسمتهای مختلف کائنات (universe) با هم ارتباط تنگاتنگی دارند.

بطور خلاصه ، تئوری بل و تجربه وارستگی (enlightened experience) خیلی با هم مطابقت دارند .

وابستگی غیر قابل توضیح پدیده های کوآنتوم با یکدیگر، خود را بچند طریق نمودار میکند. اولین آنها را قبلا ما مورد بحث قرار داده ایم. در آزمایش شکاف های مضاعف (صفحه ۳۹- ۳۸) وقتی هر دو شکاف باز باشند ، امواج نوری که از آنها عبور میکند ، با هم تداخل کرده و روی صفحه حساس یک طرح نوارهای روشن و تاریک ایجاد مینماید.



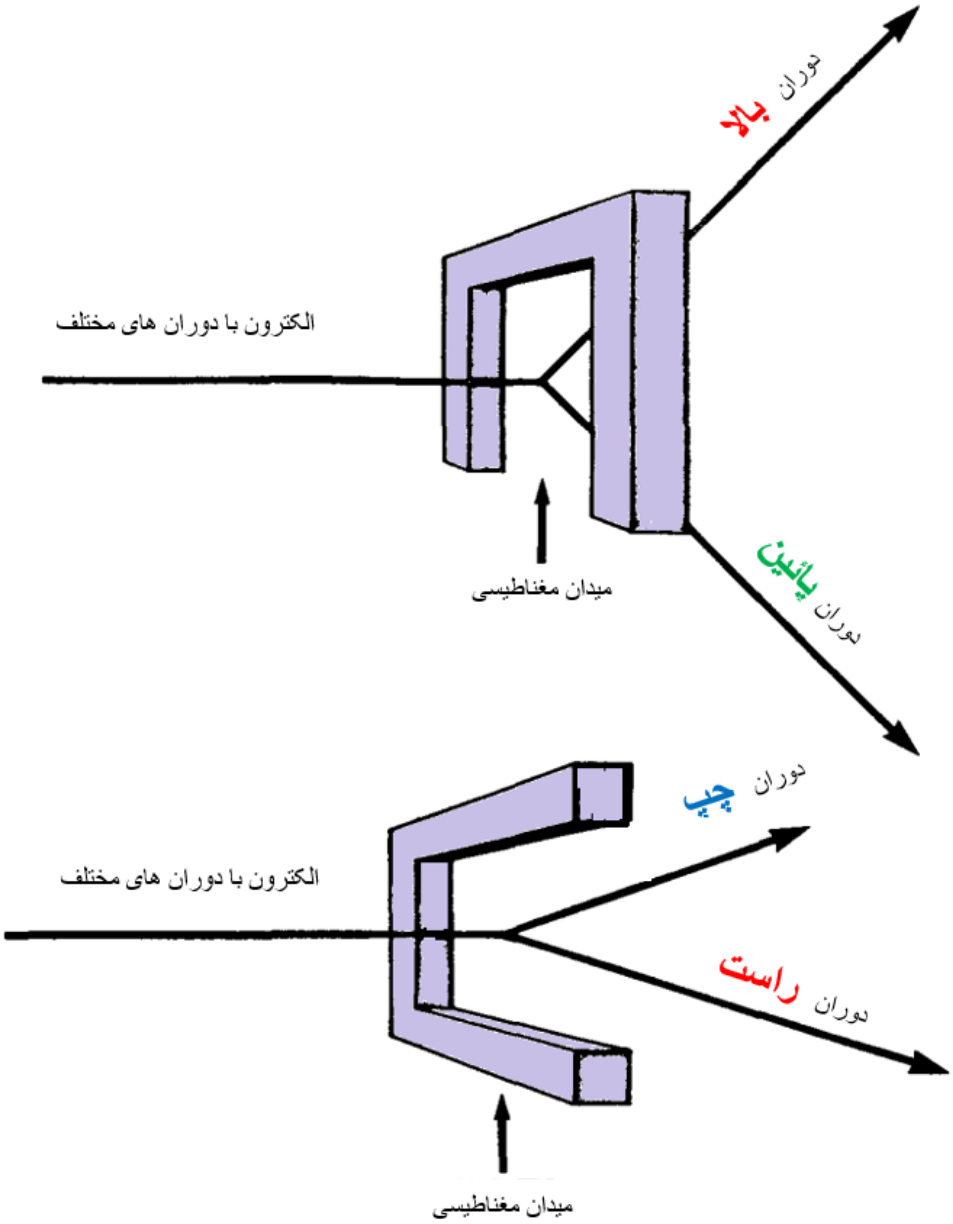
وقتی فقط یک شکاف بازباشد ، نوری که از آن عبور میکند ، صفحه را بطریق معمولی روشن مینماید. ولی سوآل در اینست که وقتی هر دو شکاف باز هستند، یک فوتون تنها از کجا میداند که مجاز است یا نه که در صورت باز ماندن هردو شکاف ، به قسمتی از صفحه برود ، که بایستی تاریک باقی بماند؟

تعداد کثیری از فوتون ها که آن فوتون تنها هم نهایتا جزو آنها خواهد بود ، اگر فقط یک شکاف باز شده باشد ، خود را بیک طریق پخش خواهند کرد و اگر هردو شکاف باز باشد، کاملا با آرایش دیگری پخش خواهند شد. سؤآل در اینست که وقتی یک فوتون تنها از یک شکاف عبور نمود، از کجا میفهمد که شکاف دیگر باز یا بسته است که بنسبت باز یا بسته بودن آن ، آرایش خود را تنظیم نماید. مطمئنا از طریقی ، این اطلاع را کسب خواهد کرد. یک طرح تداخل وقتی هر دو شکاف باز است ، تشکیل خواهد شد (شکل بالا) و این طرح وقتی فقط یک شکاف باز است، هرگز تشکیل نخواهد گردید.

یک آزمایش دیگری هم وجود دارد که در آن این ارتباط کوآنتومی حتی از اینهم گیج کننده تر و بغرنج تر است. فرض کنید که ما دارای سیستمی هستیم که فیزیک دانان به آن سیستم دو ذره ای با دوران صفر میگویند. این بدان معنی است که دوران هر ذره ، دوران ذره دیگر را خنثی میکند. در چنین سیستمی اگر یک ذره دوران ' بالا ' داشته باشد، ذره دیگر دوران ' پائین خواهد داشت. بهمین منوال اگر ذره اولی بسمت راست دوران کند، ذره دوم بسمت چپ دوران خواهد کرد. ترتیب قرار گرفتن این دو ذره هرچه باشد، دوران آنها مساوی و در جهت عکس یکدیگر خواهد بود.

دوران یک ذره فرو اتمی ، تحت تاثیر میدان مغناطیسی ، تغییر خواهد کرد. بعنوان مثال اگر یک پرتو الکترونها با دوران تصادفی و بی نظم به میان یک میدان مغناطیسی فرستاده شوند (دستگاه اشترن – فرلاخ) ، میدان مغناطیسی باعث خواهد شد که این پرتو به دو پرتو کوچکتر ، تقسیم گردد. در یکی از این دو قسمت تمام الکترون ها دارای دوران ' بالا ' خواهند بود و در پرتو دیگر دوران آنها در جهت ' پائین ' خواهد بود. حال اگر فقط یک الکترون از این میدان مغناطیسی عبور کند، وقتی از آن بیرون آمد ، احتمال مساوی وجود خواهد داشت که دورانش ' بالا ' یا ' پائین ' باشد (تصویر اول شکل زیر) . همین قانون در مورد الکترونی تنهائی که دوران ' راست ' یا ' چپ ' داشته ، صادق است(تصویر دوم شکل زیر) .

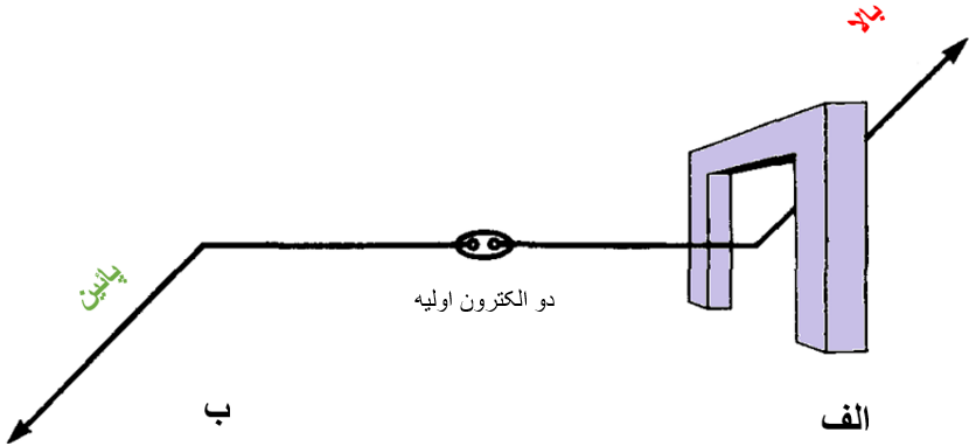
www.takbook.com



حال فرض کنید که وقتی ما سیستم اولیه با دو الکترون را موفق شدیم از یکدیگر جدا کنیم، ما یکی از الکترون ها را از یک میدان مغناطیسی عبور دهیم که به آن الکترون چرخش بالا یا پائین بدهد. اجازه بدهید که ما این الکترون را در موقع خروج از میدان مغناطیسی ، با چرخش ' بالا ' داشته باشیم. این بدان معنی است که ما بطور خودکار میدانیم که الکترون دیگر چرخش ' پائین ' خواهیم داشت. دیگر لازم نیست که ما اندازه گیری دیگری در مورد چرخش این ذره انجام بدهیم چون میدانیم که چرخش این ذره معادل و در جهت خلاف چرخش ذره دو قلوی خود میباشد.

این آزمایش به این صورت خواهد بود.

www.takbook.com



سیستم اولیه دو الکترون با مجموع چرخش صفر در وسط قرار دارد. یکی از الکترون ها به منطقه (الف) خواهد رفت و در آنجا از دستگاه اشترن گرلاخ رد خواهد شد. در این حالت دستگاه به آن چرخشی بسمت بالا خواهد داد. بنابرین بدون اینکه احتیاج به اندازه گیری داشته باشیم، میدانیم که الکترون دیگر به منطقه (ب) رفته و چرخشی بسمت پائین خواهد داشت.

اینشتاین ، پودولسکی و روزن در مورد این آزمایش ، چهل سال پیش ، فکر کرده بودند. در واقع این قسمت از آزمایش اینشتاین و همکاران که از دوران ذرات استفاده میکرد توسط دیوید بوهم یک فیزیکدان در دانشگاه لندن مورد مطالعه قرار گرفته بود.

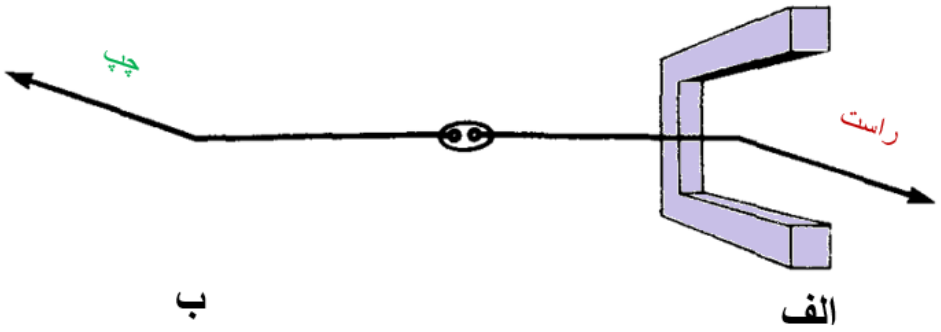
در سال ۱۹۳۵ اینشتاین و همکاران مقاله ای در زمینه آزمایش فکری این قضیه بچاپ رساندند که نام آن چنین بود:

" آیا تعبیر مکانیک کوآنتوم از واقعیت های فیزیکی را میتوان کامل تصور نمود؟ "

در همان موقع هایزنبرگ ، بُهر و بقیه پیشگامان تفسیر کوپنهاگ مکانیک کوآنتوم چنین میگفتند که تئوری کوآنتوم یک تئوری کامل بوده هرچند که این تئوری قادر نیست که هیچ تصویری از دنیای جداگانه از دید ما ، بدست بدهد. پیام اینشتاین و همکاران این بود که تئوری کوآنتوم یک تئوری کامل نیست برای اینکه قادر نیست برخی از جنبه های مهم واقعیت را که از نظر فیزیکی واقعی هستند ، تشریح کند هرچند که بعضی از این واقعیت ها قابل دیدن نباشند. جوابی که آنها دریافت کردند این بود که ذرات مورد استفاده در این آزمایش فکری بنحوی با یکدیگر رابطه داشته بطریقی که استنباط معمولی ما را در باره ' بوجود آوردن ' (casuality) ، اعتلا میبخشد.

بعنوان مثال اگر محور دستگاه اشترن گرلاخ را در آزمایش ذهنی خود طوری تغییر داده که ذره بجای چرخش بالا و پائین بچپ و راست برود ، آزمایش چنین شکلی را خواهد داشت.

www.takbook.com



الکترونی که در ناحیه (الف) نمایش داده شده بعوض حرکت دورانی بالا ، دارای حرکت دورانی راست خواهد بود. این نشان میدهد که الکترون ناحیه (ب) بجای حرکت دورانی پائین، حرکت دورانی چپ دارد. حرکت دورانی این ذره همواره مساوی و در جهت عکس الکترون دو قلوی آن خواهد بود.

حال چنین فرض کنیم که محور دستگاه اشترن – گرلاخ در حالیکه الکترون ها به پرواز در آمده اند ، تغییر نماید. قبل از هر تغییری در این حالت دستگاه به الکترون ناحیه (الف) چرخشی بسمت بالا داده بنابرین بدون اینکه احتیاج به اندازه گیری داشته باشیم، میدانیم که الکترون دیگر که به منطقه (ب) رفته ،چرخشی بسمت پائین دارد. اگر در همینحال محوردستگاه را تغییر بدهیم ، الکترون ناحیه (الف) که تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار دارد ، جهت چرخش خود را عوض خواهد کرد. الکترون ناحیه (ب) از حوزه میدان مغناطیسی خیلی دور بوده و این میدان روی آن تاثیری ندارد. ما چنین انتظار داریم که هیچ تغییر در جهت چرخش این الکترون ، ایجاد نشود.

ولی بنحوی که بر ما معلوم نیست، ذره ای که در ناحیه (ب) حرکت میکند، از این حقیقت که ذره دو قلوی آن در ناحیه (الف) در وظعیت جدید میدان مغناطیسی حالا بجای چرخش بسمت بالا ، بسمت راست میچرخد. این ذره هم فورا جهت حرکت خود را عوض کرده و بجای پائین بسمت چپ خواهد چرخید. تغییر جهت میدان مغناطیسی ، کوچکترین تاثیری روی این الکترون نداشته، معهذا چون ذره ناحیه (الف) جهت چرخش خود را عوض کرده ، این الکترون نیز بدون اینکه کوچکترین ارتباط فیزیکی با الکترون سمت راست داشته باشد، جهت چرخش خود را عوض میکند. این پدیده **غریب و عجیب** ' اثر اینشتاین پودولسکی روزن (EPR) نامیده میشود.

آزمایش فکری اینشتاین و همکاران جعبه پاندورای فیزیک مدرن بشمار میآید.

[به موجب اساطیر یونان ' پاندورا ' جعبه ای داشت که تمام عناصر شیطانی و بدبختی ها در آن جعبه محبوس شده بودند به این شرط که هرگز درب این جعبه باز نشود. زئوس خدای خدایان پاندورا را برای ازدواج با برادر ' اپیمدوس ' فرستاد و در آنجا پاندورا نتوانست که بر کنجکاوی خود غالب شود و درب جعبه را گشود. با این کار ، تمام بدبختی ها و عناصر شیطانی ، در دنیا پخش شدند. مترجم.]

این آزمایش سهوا نشان دهنده ارتباط غیر قابل توصیفی شد که بین دو ذره ، در دو نقطه متفاوت ، وجود دارد. ذره ناحیه (ب) اینطور بنظر میرسد که بدون کوچکترین تعللی از تغییر جهت چرخش ذره ناحیه (الف) خبردار میشود. این ارتباط عجیب باعث میشود که یک آزمایش گر در (ناحیه الف) بتواند شرایط یک سیستم را در ناحیه (ب) بدون داشتن ارتباط فیزیکی ، عوض نماید.

شرودینگر بعد از شنیدن این واقعیت چنین گفت:

" اینکه تئوری کوآنتوم اجازه بدهد که در یک سیستم بسته به میل یک عامل ، تغییراتی در سیستم دیگر ایجاد کرده بدون اینکه دسترسی به آن داشته باشد ، خیلی ناراحت کننده است. "

سؤآلی که فورا برای فیزیک دانان پیش آمد این بود که چگونه دو سیستم میتوانند با هم به این سرعت ، اطلاعات رد و بدل کنند؟

www.takbook.com

بموجب عقیده قبول شده در فیزیک ، اطلاعات از یک نقطه به نقطه دیگر توسط علامت و اشاره ، منتقل میگردد. بدون یک حمل کننده علامت ، هیچ تماسی برقرار نخواهد شد. بعنوان مثال ' صحبت ' معمولی ترین روش ارتباطات است در یک گفتگوی رو در رو اطلاعات توسط امواج صوتی ، حمل میشود. سرعت حرکت صوت در هوا ۳۴۳ متر در ثانیه میباشد. به این ترتیب اینکه اطلاعاتیکه من با سخن گفتن ، سعی میکنم بشما برسانم، چه مدت طول خواهد کشید که شما دریافت کنید، بستگی به این پیدا میکند که شما چه اندازه از من دور هستید. سریعترین علامت ارتباطات ، امواج الکترو مگنتیک ، از جمله نور، یا امواج را دیوئ میباشد. بطور عمومی در دنیای فیزیک ، یک مطلب مورد قبول همه قرار گرفته که هیچ چیز در کائنات، سریع تر از نور ، حرکت نمیکند. بخاطر سرعت فوق العاده نور ، ارتباطات نوری بنظر فوری و بدون معطلی میرسد. درست در همان موقع که شما سر خود را تکان میدهید، من این حرکت شما را مشاهده میکنم. حال چقدر طول میکشد که من علامت نوری شما را دریافت کنم، بستگی به این پیدا میکند که چقدر از من دور هستید. در اغلب موارد این زمان طوری کوتاه است که قابل اندازه گیری نیست. ولی برای امواج رادیوئی که از زمین به ماه و برعکس مخابره میشود، دریافت علامت چندین ثانیه طول میکشد.

حال اینطور فرض کنید که در آزمایش فعلی ، منطقه (الف) فاصله خیلی زیادی از منطقه (ب) داشته باشد. برای یک علامت نوری، زمان مشخصی طول میکشد که نور از منطقه (الف) به منطقه (ب) برسد. اگر این دو منطقه از یکدیگر بقدری دور باشند که وقت کافی موجود نباشد که یک علامت نوری از (الف) به (ب) برسد، به موجب قوانین جاری فیزیکی ، هیچ راهی وجود ندارد وقایع در منطقه (ب) بتواند از وقایعی که در منطقه (الف) اتفاق افتاده، اطلاع حاصل نماید. فیزیک دانان این را یک ' جدائی فضائی ' (space like separation) نام نهاده اند.

ارتباطات در بین ' جدائی فضائی ' اتفاقات یکی از اساسی ترین فرضیات فیزیک میباشد. با این وجود این درست همان چیزی است که آزمایش فکری اینشتاین و همکاران ، نشان داده است. هر چند که فاصله دو ذره جدائی فضائی میباشد، وضعیت ذره در منطقه (ب) ، بستگی به این پیدا میکند که آزمایش گر در منطقه (الف) برای آن تصمیم بگیرد.

به این ترتیب ، اثر اینشتاین – پودولسکی – روزن نشان میدهد که اطلاعات میتواند با سرعتی مافوق سرعت نور ، رد و بدل گردد. شاید اینشتاین و همکاران با این آزمایش فکری خود ، راهی برای ارتباطات مافوق سرعت نور، گشوده اند.

خود اینشتاین این نتیجه گیری را مردود خواند. او میگوید:

" این کار امکان ندارد. که دستگاه آزمایشی ما در اینجا بتواند باعث بروز یک اتفاق در جای دیگر بشود. "

یازده سال بعد از چاپ مقاله ، اینشتاین در شرح حال خود نوشت:

" بعقیده من، یک مطلب را بایستی از نظر دور نداشت و آن اینست که ذره ای که در منطقه (ب) قرار دارد، هیچ ارتباطی با با ذره منطقه (الف) که از آن کاملا جدا شده شده است ، ندارد. "

این نقطه نظر ، در حقیقت ، پایه ' اصل علتهای موضعی ' (principle of local causes) میباشد. این اصل میگوید که اتفاقاتی که در یک موضع رخ میدهد ، ارتباطی با با اتفاقاتی که در جای دیگری پیش میآید ندارد. این اصل با عقل سلیم هماهنگ است. نتایج یک آزمایش در یک نقطه که از ما بسیار دور است ارتباطی با آزمایشاتی که ما در اینجا انجام میدهیم ندارد. (البته این تعاریف اتفاقاتی نظیر بصدا در آوردن زنگ خطر را توسط یک مادر که دخترش در فاصله خیلی زیادی از او با درخت تصادف میکند، در نظر نمیگیرد).

اینشتاین میگوید:

" از آنجائیکه این پدیده طبیعتا موضعی میباشد، تئوری کوآنتوم ، یک نقص فاحش دارد. به موجب تئوری کوآنتوم، تغییری در سیستم آزمایشی در منطقه (الف) باعث تغییر تابع موجی که معرف ذره در منطقه (ب) قرار دارد ، میشود. ولی (اینشتاین میگوید) این قادر نیست که وضعیت واقعی سیستمی را عوض کند که مجزا و مستقل از سیستم منطقه (الف) میباشد.

www.takbook.com

بنابراین در منطقه (ب) دو تابع موجی وجود دارد که هرکدام مربوط به موقعیت دستگاه اندازه گیری در منطقه (الف) میباشد. این فرض نمیتواند درست باشد چون امکان ندارد که دو تابع موجی مختلف مربوط به یک ذره در منطقه (ب) بشوند.

از یک نقطه نظر دیگر در مورد همین وضعیت اینست که فرض کنیم که موقعیت ذره در منطقه (ب) مستقل از آن چیزی باشد که در منطقه (الف) میگذرد. ولی بر حسب آزمایشات ما توسط دستگاه اشترن – گرلاخ ، ذره منطقه (ب) ، مطمئنا به بالا ، پائین ، راست یک چپ گردش کرده و این بخاطر تغییر وضعیت دستگاه در منطقه (الف) بوده است. تئوری کوآنتوم چنین وضعیتی را در منطقه (ب) نمیتواند توضیح بدهد و بهمین دلیل یک تئوری ناقص محسوب میشود.

اینشتاین این جر و بحث را به این ترتیب پایان داد:

" این امکان وجود دارد که فرد بتواند از این نتیجه گیری احتراز نماید (که تئوری کوانتوم کامل نیست). برای این کار بایستی چنین فرض شود که اندازه گیری در منطقه (الف) از طریق ' تله پاتی ' (ارتباط افکار با یکدیگر) وضعیت را در منطقه (ب) تغییر میدهد. در غیر اینصورت بایستی قبول کرد که منطقه (ب) واقعا مستقل از منطقه (الف) نیست. هر دو این نتیجه گیری ها از نظر من (اینشتاین) غیر قابل قبول میباشد. "

هرچند این نتیجه گیری ها از نظر اینشتاین ، قابل قبول نیست ، امروزه فیزیک دانان آنها را با دقت مورد مطالعه قرار داده اند. تعداد کمی از فیزیکدانان معتقد به ' تله پاتی ' هستند، ولی بعضی از فیزیک دانان معتقدند که در عمیقترین سطح چیزی به اسم وضعیت واقعی مستقل (independent real situations) وجود ندارد که ذراتی در گذشته با یکدیگر ارتباط داشته وحالا بعد از جدا شدن از یکدیگر ، این ارتباط را حفظ میکنند (Quantum Entanglement).

در اینجا ما به تئوری ' بل ' مراجعت میکنیم.

تئوری بل یک ' اثبات ' (proof) میباشد. این تئوری اثبات میکند که اگر پیش بینی های آماری تئوری کوانتوم درست از آب در بیاید ، پس ما چاره ای نخواهیم داشت که قبول کنیم که بعضی از عقاید ما در باره دنیا ، از اساس موهوم و اشتباه است.

تئوری بل برای ما روشن نمیکند که چگونه اعتقادات ما در باره دنیا ، ناقص میباشد. چندین امکان موجود است. هر کدام از این امکانات ، برای خودش در میان فیزیک دانانی که با تئوری بل آشنائی دارند، طرفدارانی پیدا کرده است. بدون در نظر گرفتن که اینکه کدامیک از این امکانات میتواند واقعی باشد، تئوری بل بخودی خودبه این نتیجه گریز ناپذیر میرسد که عقل سلیم ما در مورد دنیا ، عمیقا نا کافی و ناقص است.

این یک نتیجه گیری مهمی است چون پیش بینی های آماری تئوری کوآنتوم ، پیوسته درست از آب در میآید. این تئوری همه چیز را از ذرات فرو اتمی گرفته تا انرژی اجرام سماواتی را ، توضیح میدهد. این تئوری هرگز دچار شکست نمیشود. هیچ رقیبی هم ندارد. فیزیک دانان از سالهای ۱۹۲۰ به بعد به این نتیجه رسیده اند که عقل سلیم ما برای توجیه کردن پدیده های فرواتمی ، به اندازه کافی سلیم نیست. تئوری بل از اینهم جلوتر رفته و ثابت میکند که عقل سلیم ما حتی برای توضیح وقایع ماکروسکوپیک (وقایع عادی روزمره) هم ، ناکافی میباشد.

از زمانی که بل تئوری اصلی خود را در سال ۱۹۶۴ بچاپ رساند، تغییرات زیادی در آن ایجاد شده است. ولی اساس تئوری که ناکافی بودن قدرت دنیای ماکروسکوپیک در توضیح پدیده های فرو اتمی را تاکید مینماید، بهمان صورت اولیه خود باقی مانده است. علاوه بر این، برداشت ما با وقایع روزانه دنیای ما ، مانند اتوبانها، اتومبیل های شکاری و غیره ، با آن چیزی که تئوری کوآنتوم بیان میکند ، تفاوت پیدا میکند. توضیح کوآنتوم بر پایه دقت خارق العاده این تئوری ، بنا شده است.

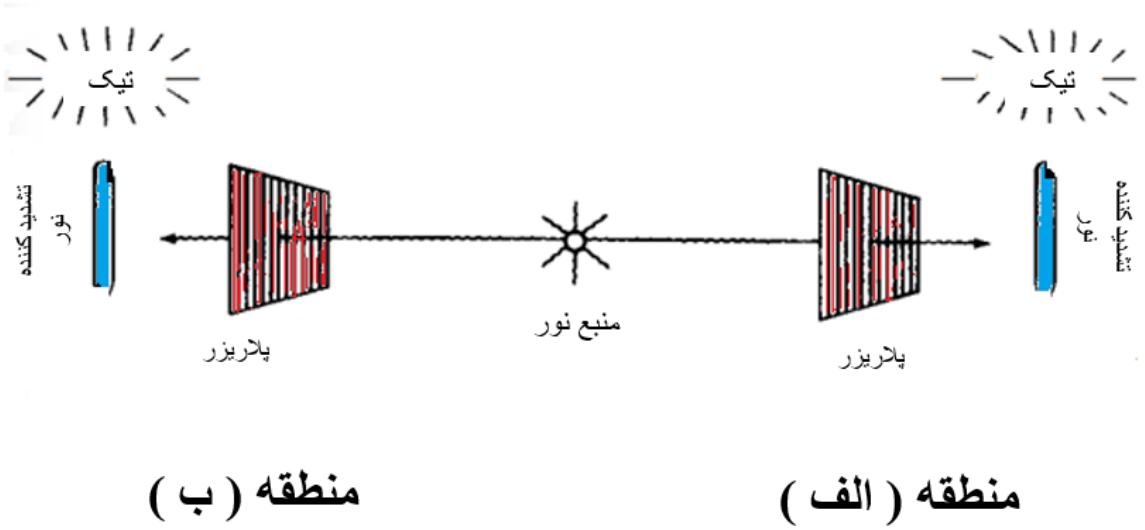
تئوری بل بر اساس رابطه بین یک زوج ذره شبیه الکترونهای آزمایش فکری بالا ، بنا شده است. بعنوان مثال تصور کنید که یک گاز (مانند گاز نئون) وقتی توسط جریان الکتریسیته بهیجان در میآید ، از خود نور متصاعد میکند. اتمهای تهییج شده گاز از خود فوتون هائی بصور یک جفت ، متصاعدمیکنند. فوتونهای هر زوج در جهت مخالف یکدیگر پرواز میکنند. این فوتون ها دو قلو های کامل بوده و تنها تفاوت آنها پرواز در جهت مخالف است.

www.takbook.com

اگر یکی از آنها بصورت عمودی پلاریزه شود ، فوتون دیگر بصورت عمودی پلاریزه خواهد شد. مستقل از اینکه زاویه پلاریزاسیون چه اندازه باشد، هر دو فوتون جفت ، در همان صفحه پلاریزه خواهد شد.

بنابراین اگر ما وضعیت پلاریزاسیون یکی ازآنها را بدانیم، بطور خودکار وضعیت پلاریزاسیون فوتون دیگر برای ما آشکار خواهد شد. این وضعیت شبیه آزمایش فکری اینشتاین و همکاران بوده و تنها تفاوت اصلی اینست که در اینجا ما وضعیت پلاریزاسیون را بجای وضعیت دوران ، مورد مطالعه قرار میدهیم.

ما میتوانیم تایید کنیم که هر دو فوتون در هر زوج در همان صفحه پلاریزه شده اگر آنها را از فیلتر های پلاریزاسیون عبور دهیم. درپائین یک تصویری از این روش نسبتا ساده ارائه شده است.

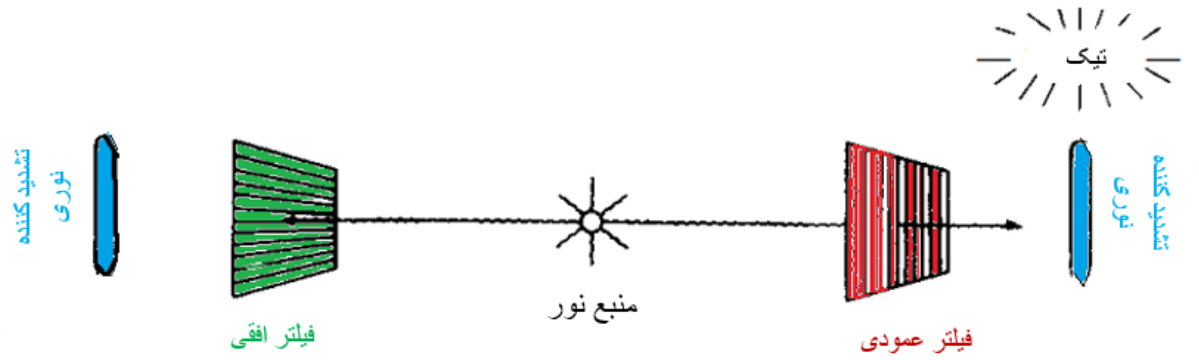


یک منبع نوری در وسط تصویر یک زوج فوتون از خود متصاعد میکند. در هر دو سمت این منبع نوری فیلتر ها (polarizers) قرار گرفته اند. در پشت هر یک از فیلتر ها ، آشکار کننده 'تشدید کننده نور' (photomultiplier) قرار داده شده است که وقتی یک فوتون را دریافت میکند ، یک صدای 'تیک' از خود در میآورد.

هر زمان که تشدید کننده نوری در منطقه (الف) صدای تیک کند، در همان موقع تشدید کننده نوری در منطقه (ب) ، تیک خواهد کرد. این بخاطر اینست که فوتونهای زوج پیوسته در همان صفحه پلاریزه میشوند. پُلارایزر ها در این حال در همان جهت قرار داده شده اند. هیچ تئوری در اینجا موجود نبوده و کار ناظر فقط شمردن تیک ها میباشد. ما میتوانیم این حقیقت را ابراز کنیم که اگر فیلتر ها در همان جهت یکدیگر قرار گرفته باشند، تعداد تیک ها در منطقه (الف) با منطقه (ب) مساوی خواهد بود. به این ترتیب تیک ها در منطقه (الف) با تیک ها در منطقه (ب) ارتباط حاصل میکند. در این مورد این ارتباط 'یک' است چون هر موقع که یک تشدید کننده نوری بصدا در میآید، تشدید کننده دیگر هم ، صدا خواهد کرد.

حال فرض کنید که ما فیلتر منطقه (ب) را ۹۰ درجه نسبت به فیلتر دیگر بچرخانیم. در زیر تصویری از این ترتیب ، داده شده است.

www.takbook.com



از این شکل پیداست که یکی از پلاریزر ها (فیلتر ها) هنوز بصورت عمودی است ولی فیلتر دیگر بصورت افقی در آمده است . موج نوری که از فیلتر عمودی عبور میکند توسط فیلتر افقی ، متوقف میشود. به این ترتیب وقتی تشدید کننده نوری منطقه (الف) بصدا در میآید، تشدید کننده نوری منطقه (ب) ، ساکت مانده چون نوری با آن برخورد نمیکند. البته این تیک در منطقه الف هنوز با تیک در منطقه (ب) در ارتباط است ولی درجه این ارتباط ، صفر میباشد. بهمین دلیل وقتی یک تشدید کننده بصدا در میآید، تشدید کننده دیگر ساکت میماند.

بین تیک در منطقه (الف) و تیک در منطقه (ب) برای هر ترکیبی از فیلتر ها ، ارتباط وجود دارد. این ارتباط آماری توسط تئوری کوآنتوم پیش بینی میشود.

چیزی که بل کشف کرد این بود که قطع نظر از اینکه پلاریزرها در چه وضعیتی باشند، تعداد تیک ها در ناحیه (الف) بشدت با تعداد تیک ها در ناحیه (ب) مرتبط بوده و این را نمیتوان بحساب شانس و تصادف گذاشت. این دو ناحیه بایستی بنحوی با یکدیگر اتصال داشته باشند. هرچند که اگر این دو ناحیه متصل باشند ، ' اصل علتهای موضعی ' (principle of local causes) ابراز میکند اتفاقی که در یک منطقه رخ میدهد ، ارتباطی با تغییرات در دستگاه آزمایشی منطقه دیگر که در دور تر قرار گرفته ، ندارد. اینطور بنظر میرسد که این اصل کار آئی نداشته و یک اصل موهومی است. بطور خلاصه تئوری بل نشان میدهد که که اصل علتهای موضعی هرچند ظاهرا با عقل سلیم جور در میآید، از نقطه نظر ریاضی قادر به قضاوت در باره صحت پیش بینی های تئوری کوآنتوم نمیباشد.

در سال ۱۹۷۲ جان کلاوزر و استیوآرت فریدمن در لابراتوآر لارنس برکلی آزمایشاتی را شروع کردند که صحت و سقم این پیش بینی ها را ، مشخص کنند. آنها به این نتیجه رسیدند که پیش بینی های آماری که پایه و اساس تئوری بل را تشکیل میدهد، کاملا صحیح است.

تئوری بل نه تنها پیشنهاد میکند که دنیا کاملا متفاوت از چیزی است که ظاهرا بنظر میرسد، بلکه این واقعیت را طلب میکند. هیچ تردیدی در این باره وجود ندارد. یک اتفاق هیجان انگیزی در شرف وقوع است. فیزیک دانان اثبات کردند که عقیده منطقی ما راجع به دنیا، عمیقا ناقص و ناکافی است.

در سال ۱۹۷۵ هنری استپ در تحقیقی که توسط موسسه پژوهش و کاربرد انرژی صورت میگرفت ، چنین نوشت:

" تئوری بل عمیق ترین اکتشاف دنیای علوم ، میباشد. "

استنتاج ارتباطات فوق سرعت نور (Superluminal) از نتایج آزمایشات کلاوزر – فریدمن بر اساس یک فرض خیلی مهم قرار گرفته است. به این شرح که وضعیت دستگاه اندازه گیری قبل از ورود فوتون به منطقه (الف) و (ب) ، بدون اهمیت است. این فرض کاملا منطقی بنظر میرسد. بطور معمول ، ما میگوئیم که طرزقرار گرفتن یک دستگاه آزمایش قبل از شروع اندازه گیری، هیچ رابطه ای با نتایجی که حاصل خواهد شد، نخواهد داشت. نتایج حاصله از اندازه گیری بسته به موقعیت دستگاه در زمان اندازه گیری داشته و مستقل از اینست که دستگاه قبل از

www.takbook.com

اندازه گیری ، چه وضعیتی داشته است. ولی مشکل در اینجاست که استنتاج ارتباطات فوق سرعت نور بدون این فرض از نتایج آزمایشات کلاوزر – فریدمن ، امکان پذیر نیست. هرچند که زوج فوتون ها در حالیکه با سرعت نور از یکدیگر دور شده و امکان اینکه توسط نور با هم تبادل اطلاعات کنند، وجود ندارد . دستگاه اندازه گیری در منطقه (الف) و (ب) که قبل از انجام آزمایش در جای خود قرار گرفته بودند، ممکن است که با یکدیگر از طرق عادی ارتباط برقرار کرده باشند.

در سال ۱۹۸۲ آلن اسپکت ، یک فیزیکدان در دانشگاه پاریس آزمایشی شبیه آزمایش بالا انجام داد که فقط یک فرق عمده با آن داشت. به این ترتیب که آزمایش را میشد در کمتر از یک هزارم ثانیه ، تغییر داد. تغییر وضعیت دستگاه در آخرین لحظه باعث میشود که این اطمینان را داشته باشیم که دستگاه ها فرصت ایجاد ارتباط برای رد و بدل کردن اطلاعات ، نداشته باشند. بعبارت دیگر ، اسپکت در عمل ، آزمایش فکری بوهم را انجام داد.

مشابه آزمایش کلاوزر – فریدمن ، آزمایشات اسپکت هم صحت پیش بینی های مکانیک کوآنتوم را تایید نمود. فیزیک دانان انتقال اطلاعات را با سرعتی ماورای سرعت نور را ممکن دانسته و این نتیجه گیری استپ را که در پنج سال قبل انجام شده بود، استحکام بخشید. استپ نوشت:

" پدیده کوانتوم برای ما شواهدی بدست آورده که بر طبق آن اطلاعاتی که رد و بدل میشود ، با عقاید کلاسیک ما در این باره مطابقت نمیکند. بهمین جهت عقیده ارتباطات با سرعت مافوق سرعت نور، چندان بی ربط نمیتواند باشد. "

تمام چیزهائی که ما در باره طبیعت میدانیم ، در خارج از بافت زمان – مکان قرار داشته ولی وقایعی بوجود میآورد که در زمان – مکان یافت میشود. این تئوری این نقطه نظر را که ارتباطات فوق سرعت نوری یک چیز واجب و لازمی است، تایید مینماید. البته موضع فلسفی بُهر این نظر را رد کرده و در این عقیده که ارتباطات با سرعت فوق نوری چیز لازمی است ، تردید میکند.

به این ترتیب هشتاد دو سال بعد از اینکه پلانک فرضیه کوآنتوم خود را عرضه کرد، فیزیک دانان اجبار پیدا کردند که این امکان را در نظر داشته باشند که ارسال اطلاعات با سرعت فوق سرعت نور ، ممکن است یک جزء جدانشدنی واقعیت فیزیکی باشد.

نکته جالب در اینست که تئوری بل نشان داد که یا پیش بینی تئوری کوآنتوم و یا اصل علتهای موضعی ، بایستی اشتباه باشد چون هردو آنها نمیتواند صحیح باشد. ولی وقتی کلاوزر و فریدمن تایید کردند که پیش بینی های تئوری کوآنتوم ، کاملا درست از آب در میآید، نتیجه گیری غیر منتظره آنها این بود که اصل علتهای موضعی ، اشتباه است. هرچند که اگر این اصل اشتباه بوده و دنیا آنطوری نیست در در ظاهر پیداست، پس چهره حقیقی دنیا چه میتواند باشد؟

چندین امکان مانعه الجمع ، وجود دارد. اولین امکان همانست که ما هم اکنون در باره آن ، صحبت کردیم و در مورد عدم وجود اصل علتهای موضعی میباشد. در چنین صورتی ، این عقیده که اتفاقات سرخود رخ میدهد ، یک تصور خطاست. وقتی قسمتهای مختلف با یکدیگر وارد فعل و انفعال میشوند، تابع موجی آنها با هم ارتباط پیدا میکند. تا وقتی که این ارتباط توسط یک نیروی خارجی ، گسسته نشود، توابع موجی که معرف این دو قسمت هستند، تا ابد مرتبط باقی میمانند. چنین ارتباطی بین قسمتهای مختلف بدین معنی است که یک فرد آزمایش کننده ، چیزی رادر یک قسمت تغییر میدهد و اثر آن در قسمت دیگر با سرعتی مافوق سرعت نور، ظاهر میگردد. این امکان یک سیستم ارتباطی سریعتر از نور را عرضه میکند که فیزیک کلاسیک قادر به توضیح آن نیست.

در این تصویر ، اتفاقی که در اینجا رخ میدهد، در همان لحظه به اتفاقی که در گوشه دیگری از کائنات پیش میآید مربوط شده و این بسادگی به دلیل آنست که " قسمتهای مجزا " در کائنات ، واقعا قسمتهای مجزا نیستند.

دیوید بوهم مینویسد :

" قسمتهای مختلف یک سیستم باید اینطور در نظر گرفته شوند که در تماس نزدیک بوده که در آن ارتباط دینامیکی آنها بستگی به شرایط تمام سیستم پیدا میکند (که بنوبه خود با تمام کائنات در ارتباط است). حال بایستی با تعریف

www.takbook.com

' تمامیت شکست ناپذیری ' (unbroken wholeness) آشنائی پیدا کنیم. این عقیده کاملا بر خلاف عقیده کلاسیک است که در آن دنیا به قسمتهای کوچکتر و مستقل تقسیم شده است"

به موجب مکانیک کوآنتوم وقایع مجرد بطور مطلق توسط شانس ، رخ میدهند (صفحه ۴۲-۴۳) . بعنوان مثال ، ما میتوانیم محاسبه کنیم که در صد مشخصی از کایون های مثبت وقتی دچار استحاله میشود، تولید یک ' آنتی میون ' و یک نوترینو (٪ ۶۳) ، یک در صد مشخص تولید یک پایون مثبت و یک پایون خنثی (٪ ۲۱) کرده ، (٪ ۵۰۵ کایون) تولید دو پایون مثبت و یک پایون منفی، (٪ ۴.۸) یک پوزیترون ، یک نوترینو و یک پایون خنثی ، (٪ ۳.۴) تولید یک انتی میون . یک نوترینو و یک پایون خنثی میکند. فقط اینکه تئوری کوانتوم نمیتواند پیش بینی کند که کدام استحاله این نتایج را تولید خواهد کرد. به موجب مکانیک کوآنتوم، وقایع مجرد کاملا تصادفی و بدون نظم هستند.

بعبارت دیگر ، تابع موجی که معرف استحاله کایون است ، تمام این امکانات را در بر میگیرد. وقتی استحاله عملا صورت میگیرد ، یکی از این امکانات ، اتفاق میافتد. هرچند که احتمالات اتفاقات میتواند محاسبه گردد ولی اینکه در موقع استحاله کدامیک از این اتفاقات رخ خواهد داد، فقط به شانس بستگی دارد.

تئوری بل چنین نشان میدهد که اتفاق افتادن کدامیک از فعل و انفعالات استحاله در یک زمان ، تصادفی نبوده و مثل همه چیز دیگر به این بستگی پیدا میکند که چه چیزی در جای دیگر اتفاق میافتد.

طبق گفته استپ :

" تبدیل امکانات به واقعیت صرفا با استفاده از اطلاعات موجود در همان موضع، نمیتواند پیشرفتی داشته باشد. اگر قبول کنیم که عقیده معمولی ما در باره گسترش اطلاعات از طریق زمان و مکان درست میباشد، پس تئوری بل نشان میدهد که اتفاقات ماکروسکوپیک نمیتواند مستقل از علت های دور دست باشد. با گفتن اینکه اتفاقات صرفا تصادفی و بر حسب شانس میباشد، مشکل حل نخواهد شد . به موجت تئوری بل، بایستی قبول کنیم که حد اقل برخی از اتفاقات ، درارتباط با اتفاقات دور دست ، میباشد. "

ارتباطات فوق سرعت نور حد اقل درظاهر توضیحی برای پدیده های روانی ، نظیر تله پاتی بوده که بنظر میرسد بطور آنی صورت میگیرد. از زمان نیوتون ، مسائل مربوط به روان برای فیزیک دانان کنار گذاشته شد. حقیقت اینست که بیشتر فیزیک دانان ، حتی امروز هم آنرا باور ندارند.

از این نقطه نظر ، تئوری بل مانند اسب تروجان در پادگان فیزیک دانان است. نخست اینکه این تئوری ثابت میکند که تئوری کوآنتوم احتیاج به ارتباطاتی دارد که بیشباهت به ارتباطات تله پاتیک نیست. دوم اینکه این تئوری یک چهارچوب ریاضی به فیزیک دانان ارائه میدهد که توسط آن این گروه میتوانند با هم بحث و گفتگو کنند.

عدم کارآئی اصل علتهای موضعی ، بدین معنی نیست که حتما ارتباطات فوق سرعت نور ، وجود دارد. راه های دیگری هم هست که دلیل عدم کارآئی اصل علتهای موضعی را توضیح دهد. بعنوان مثال اینکه بر حسب اصل علتهای موضعی که تصریح میکند چیزی که در یک منطقه اتفاق میافتد، هیچ ارتباطی با عملی که یک آزمایشگر در منطقه دیگر انجام میدهد نداشته ، با دو فرض مهم صورت میگیرد.

در ابتدا، اصل علتهای موضعی ، چنین تصور میکند که ما قدرت انتخابی برای اینکه آزمایش خود را چگونه انجام بدهیم، داریم. در نظر بگیرید که ما آزمایش کلاوزر و فریدمن را با فوتون ها انجام میدهیم. یک سویچ در جلوی ما قرار داده شده که توسط آن میتوانیم ترتیب قرار گرفتن فیلتر ها را بمیل خود تغییر بدهیم . اگر ما سویچ را بالا بزنیم ، فیلتر ها با یکدیگر ، هم جهت میشوند. ولی با پائین آوردن سویچ ، فیلتر ها در موقعیت عمود بر یکدیگر خواهند بود. حال فرض کنید که ما سویچ را بالا برده و فیلتر ها را ، همسو میکنیم. طبیعی است که ما فکر میکنیم که هر لحظه اراده کردیم ، میتوانیم سویچ را پائین آورده و فیلتر ها را در وضعیت عمود بر یکدیگر قرار بدهیم. بعبارت دیگر ، ما فکر میکنیم که آزاد هستیم که سویچ را در وضعیت بالا یا پائین قرار بدهیم.

اصل علتهای موضعی چنین تصور میکند که ما دارای چنین قدرتی هستیم که چگونه آزمایش خود را به پیش ببریم. نکته بعدی که خیلی ساده تر میتواند فراموش گردد اینست که همین اصل چنین فرض میکند که اگر ما آزمایش را

www.takbook.com

بطریق دیگری انجام دادیم، حتما یک نتیجه برای ما حاصل میشود. این دو فرض که ما میتوانیم هر جور که میل داریم آزمایش خود را انجام داده ، و هر اقدام ما ، منجر به ایجاد نتیجه ای مشخص خواهد شد. این همان چیزی است که استپ آنرا واقعیت محقق نشده (contrafactual definiteness) مینامند.

فرض کنید که ما سویچ را بالا برده که آزمایش خودرا شروع کنیم. حال ما میتوانستیم همین آزمایش را با سویچ پائین شروع نمائیم. وقتی سویچ بالا است، ما نتایج مشخصی که همان تیک باشد ، دریافت میکنم. بهمین دلیل ما چنین فرض میکنیم که اگر سویچ پائین بود ، طبعا برخی ازنتایج مشخص برای ما حاصل خواهد شد و البته لازم نیست که ما قادر باشیم این این نتایج را محاسبه کنیم. ولی نکته جالب اینست که بعضی از تئوریهای فیزیکی چنانکه خواهیم دید، این قضیه " چه اتفاقی خواهد افتاد اگر ... " بهیچوجه نبایستی تصور کرد که نتایج مشخصی ، بوجود خواهد آورد.

ازآنجائیکه واقعیت محقق نشده از دو قسمت تشکیل میشود، دو راه وجود دارد که این فرضیه غلط از آب در بیاید.

طریق اول اینست که فرض کنیم ' اختیار ' یک عقیده موهوم و غیر واقعی است (در این حال واقعیت محقق نشده اشتباه است) . شاید قضیه ای بنام " چه اتفاقی خواهد افتاد اگر ... " اصلا وجود خارجی ندارد. شاید چیزی اتفاق خواهد افتاد که قرار بود اتفاق بیفتد. در این حال ما به ' جبر ' مطلق میرسیم. اجبار معمولی چنین میگوید که وقتی وضعیت اولیه یک سیستم ، برقرار شد، در همان موقع آینده این سیستم هم مشخص شده چون این سیستم بایستی از قانون علت و معلول تبعیت نماید . این نوع ' جبر ' در صفحات اول این کتاب توضیح داده شد و اساس نظریه ماشین بزرگ کائنات میباشد. به موجب این قانون اگر وضعیت اولیه یک سیستم تغییر پیدا کند، مثلا کائنات، آینده سیستم نیز تغییر خواهد یافت.

این نظریه جبر میگوید که تغییر برای چیزهائی که وجود دارند، غیر ممکن است. بهمین قیاس این غیر ممکن است که کائنات چیزی غیر از آنچه که هست، بوده باشد. قطع نظر از اینکه در هر زمان ، ما چه کاری انجام میدهیم، این همان چیزی است که برای ما ازقبل، مقدر شده است.

واقعیت محقق نشده هم شکست خواهد خورد که قسمت ' محقق نشده ' آن ، غلط از آب در بیاید. در این مورد، ما یک قدرت انتخاب در طریقی که آزمایش خود را انجام میدهیم، داریم. ولی " چه اتفاقی خواهد افتاد اگر ... " هیچ نتیجه ای ، ایجاد نخواهد کرد. این شق دوم بهمان اندازه عجیب است که بنظر میآید. این کاملا شبیه نفسیر دنیا های متعدد مکانیک کوآنتوم میباشد (صفحه ۵۲) . بموجب تئوری دنیاهای متعدد ، بمحض اینکه یک طریق در کائنات بین دو واقعه برگزیده شد، کائنات به دو شاخه مختلف تقسیم میشود.

در آزمایش فرضی ما چنین تصمیم گرفتیم که سویچ را در وضعیت بالا قرار دهیم. بعد از انجام آزمایش ، ما یک نتیجه قطعی گرفتیم (تعداد مشخصی از تیک در هر منطقه). هرچند که بر حسب تئوری دنیاهای متعدد ، در همان موقع که سویچ را بالا بردیم، کائنات به دو شاخه تقسیم گردید. در یک شاخه ، آزمایش با سویچ بالا انجام گرفت و در شاخه دیگر سویچ در وضعیت پائین بود.

چه کسی آزمایش دوم را انجام داد؟ در هر قسمت مختلف از شاخه های کائنات یک نسخه مختلفی از ما ، موجود است. هرنسخه از ما معتقد است که شاخه کائنات ما ، تمام واقعیت است.

آزمایشاتی که در شاخه دوم کائنات صورت گرفت ، با سویچ در وضعیت پائین بود و آنهم نتایج مشخصی تولید کرد. هرچند که این نتایج در شاخه دیگر ، متعلق به ما نیست. به این ترتیب تا جائیکه در این شاخه از کائنات به ما مربوط میشود، " چه اتفاقی خواهد افتاد اگر ... " عملا اتفاق افتاده و نتایجی هم تولید کرده است. ولی در شاخه ای از کائنات که برای ابد از واقعیت تجربی ، خارج از دسترس قرار دارد.

اصل علتهای موضعی (principle of local causes) چنین میگوید که اتفاقاتی که در یک منطقه رخ میدهد ، مرتبط با تغییراتی که یک آزمایش گر در منطقه دیگر ایجاد میکند ، نیست. ساده ترین راه برای اثبات اینکه این اصل درست نیست ، اینست که قبول کنیم اتفاقاتی که در یک منطقه رخ میدهد ، با اتفاقات منطقه دیگر، ارتباط دارد. به این صورت ما در یک کائنات غیر موضعی زندگی میکنیم. که رابطه بین قسمتهای مختلف ، با سرعتی مافوق سرعت نور، ایجاد میگردد.

www.takbook.com

هرچند که طرق دیگری هم موجود است که اصل علتهای موضعی، با شکست روبرو میشود. این اصل روی دو فرضیه استوار شده است. اولین فرض اینست که ما قادر هستیم که اعمال خود را تعیین کرده ، یعنی اینکه ما مختار هستیم. فرض دوم اینست که وقتی ما یک چیز را بجای چیز دیگری انجام میدهیم، باز هم نتایج مشخصی ، دستگیرمان میشود. این دو فرض هم همان واقعیت محقق نشده (contrafactual definiteness) استپ میباشد. چیزی که مشخص است ، اینست که دنیای ما عمیقا متفاوت از برداشت ما از آن میباشد. گروه فیزیک پایه ای این را لازم دانست که اعلام کند که این امکان وجود دارد که هرگز نتوان یک مُدل واقعیت ، بنا کرد. این اعلام بیشتر از شناخت محدودیتهای تئوریهای مختلف میباشد. این شناخت این واقعیت است که دانش بخودی خود ، محدود میباشد. بعبارت دیگر ، شناخت تفاوت بین ' دانش ' و ' عقل و درایت ' است.

کار بزرگ نیوتون نشان داد که زمین ، ماه و سیارات همیگی ازهمان قوانینی تبعیت میکنند که سیب از درخت بزمین میافتد. ریاضی دان فرانسوی دکارت روشی ابداع نمود که تصویری از رابطه بین اندازه گیری های مختلف زمان و مسافت ، بدست میدهد. این فرآیند که هندسه تحلیلی نام گرفته یک راه مناسبی است که تعداد زیادی اطلاعات پراکنده را در یک طرح معنی دار، پیاده کنیم. قدرت علمی غرب در این طرح بخوبی بچشم میخورد. هندسه تحلیلی یک مشت تجربیات بظاهر نامربوط را در یک چهارچوب منطقی قرار داده و مثال آن قوانین حرکت است. نقطه شروع این فرآیند یک نگرش ذهنی بوده که در ابتدا دنیا را بصورت تکه پاره هائی از تجربیات مختلف دیده که هیچگونه ارتباطی با یکدیگر ندارند. علم نیوتونی کوششی است که رابطه بین این قسمتهای مجزا را پیدا کند.

ولی مکانیک کوآنتوم بر اساس فرضیه مخالف ، یعنی فرضیه معرفت شناسی (epistemological) قرار گرفته است. بهمین دلیل تفاوت های اساسی بین مکانیک نیوتون و تئوری کوآنتوم، موجود میباشد.

اساسی ترین تفاوت اینست که تئوری کوآنتوم بر پایه مشاهدات (اندازه گیری) قرار دارد. بدون اندازه گیری ، این تئوری لال شده و چیزی در باره اینکه چه اتفاقی بین اندازگیری ها میافتد ، نمیگوید. هایزنبرگ میگوید:

" کلمه ' اتفاق ' محدود به مشاهدات است. "

بعنوان مثال ، ما اغلب میگوئیم که الکترون را در نقطه (الف) پیدا کرده و سپس در نقطه (ب) . ولی متاسفانه این کلام اشتباهی است . به موجب تئوری کوآنتوم ، هیچ الکترونی از نقطه (الف) به نقطه (ب) نرفته است. فقط اندازه گیری است که در این دو نقطه ، انجام گرفته است.

تئوری کوآنتوم نه تنها پیوسته به فلسفه است ، بلکه رابطه مستقیم با تئوری ادراک (perception) دارد. فون نیومن در سال ۱۹۳۲ این ارتباط را در ' تئوری اندازه گیری ' خودش مورد مطالعه قرار داد. دقیقا چه موقع تابع موجی مرتبط با یک ذره، سقوط میکند؟ آیا این موقعی است که ذره با صفحه حساس عکاسی برخورد میکند؟ یا وقتی که صفحه حساس عکاسی را ظاهر میکنیم؟ یک اینکه وقتی پرتو نوری ساطع شده از صفحه عکاسی ظاهر شده به چشم ما میرسد؟ یا وقتی که عصب های چشم ما ، این خبر را به مغز ، مخابره میکنند؟ (صفحه ۴۹).

اصل تکاملی (principle of complementarity) بُهر نیز رابطه بین فیزیک با ادراک را نشان میدهد. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نیز نشان میدهد که ما نمیتوانیم بدون اینکه تغییری در پدیده ایجاد نمائیم ، آنرا زیر نظر بگیریم. خواص فیزیکی که ما در دنیای خارج مشاهده میکنیم، در ادراک و آگاهی خود ما جا گرفته و این نه تنها مرتبط با روان شناسی بوده، بلکه با هستی شناسی هم (ontologically) در رابطه است.

دومین تفاوت عمده بین تئوری کوآنتوم و فیزیک نیوتونی اینست که فیزیک نیوتونی واقعه را پیش بینی کرده ولی فیزیک کوآنتوم ، احتمالات وقوع آنرا پیش بینی میکند.

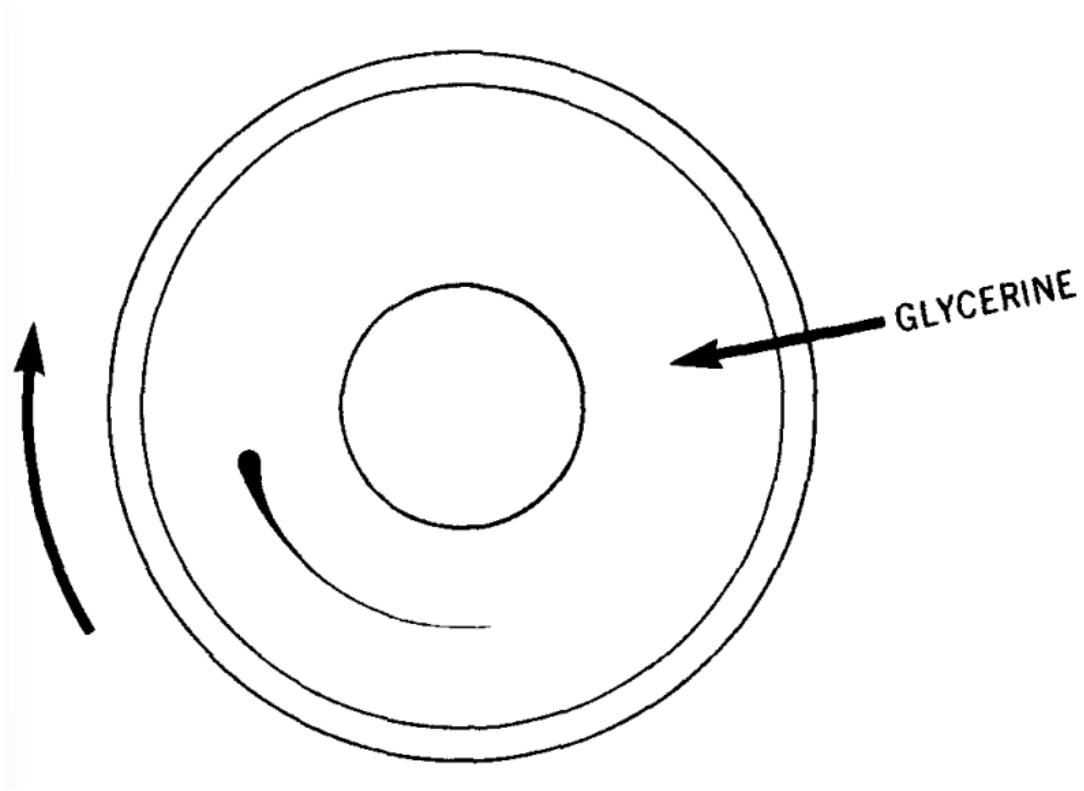
دیوید بوهم پروفسور فیزیک دانشگاه لندن چنین پیشنهاد میکند که فیزیک کوآنتوم در حقیقت ادراک یک ترتیب جدید است. به موجب بوهم ما باید فیزیک را چرخانده ، بجای اینکه ابتدا از قسمتهای مختلف شروع کرده و نشان دهیم که آنها به اتفاق چطور کار میکنند (ترتیب کارتزین) ، ما بایست از سیستم تمام و کامل شروع کنیم.

www.takbook.com

تئوری بوهم با تئوری بل همگام و سازگار میباشد. تئوری بل میگوید که اجزاء مجزای کائنات که در ظاهر جدا بوده و رابطه ای با یکدیگر ندارند، در اساس بهم وابسته هستند. بوهم میگوید که که دراساسی ترین سطح ، یک تمامیت نا گسستنی وجود داشته حتی اگر بطور کامل بچشم نیاید.

بعنوان مثال ، یک استوانه توخالی بزرگ را در نظر بگیرید که در داخل آن یک استوانه کوچکتر ، قرار داده شده است. فضای بین دو استوانه ، با مایع غلیظی مانند گلیسیرین پر شده است (چنین دستگاهی در حقیقت وجود دارد).

حال فرض کنید که ما یک قطره جوهر در سطح گلیسیرین اضافه نمائیم. بر حسب طبیعت گلیسیرین ، این قطره جوهر در سطح مایع شفاف باقی مانده بدون اینکه حل بشود. یک نقطه سیاه مشخص شناور در سطح یک مایع .



اگر حالا ما شروع به چرخاندن یکی از استوانه ها بکنیم، (در جهت عقربه های ساعت) این نقطه سیاه در جهت مخالف گسترش پیدا کرده ، یک خطی تولید میکند که رفته رفته باریک تر شده تا جائیکه بکلی ناپدید میشود. قطره جوهر حالا بطور کامل در گلیسیرین پخش شده ولی ما میدانیم که هنوز در آنجاست. حال اگر ما استوانه را در خلاف جهت عقربه های ساعت دوران دهیم، بار دیگر قطره جوهر نمایان شده و یک خط باریک بچشم میرسد که اگر به دوران استوانه ادامه دهیم ، ضخیم تر شده تا وقتی که بهمان حالت نقطه سیاهرنگ اولی در بیاید.

www.takbook.com

حال اگر ما به دوران استوانه در همین جهت ادامه بدهیم، همین اتفاق خواهد افتاد ، ولی در جهت معکوس. ما این آزمایش را هر چند بار که میل داشته باشیم، میتوانیم تکرار کنیم. هر بار نقطه سیاهرنگ جوهر بیک خط نازک تبدیل شده و در گلیسیرین ناپدید میگردد. فقط وقتی جهت حرکت عوض شود ، بار دیگر ظاهر خواهد شد.

اگر یک دوران کامل استوانه برای ناپدید شدن قطره جوهر کافی باشد، یک دوران کامل استوانه در جهت عکس باعث میشود که قطره جوهر بهمان شکل قبل و در همان مکان اولیه، بار دیگر ظاهر شود. تعداد دوران های لازم برای ناپدید شدن و یا ظاهر شدن مجدد قطره ' ترتیب در بر گرفتن ' (enfolded order) نامیده میشود. بوهم این ترتیب در بر گرفتن را (implicate order) نامید که معنی ' ترتیب مشمولیت ' را داشته ولی در واقعع همان ' در بر گرفتن ' است.

حال فرض کنیم که ما یک قطره جوهر در سطح گلیسیرین جا داده سپس در جهت حرکت عقربه های ساعت ، استوانه را آنقدر میچرخانیم که لکه جوهر ناپدید شود (در این مثال یک چرخش کامل) . در این حالت چرخش را موقتا متوقف کرده و یک قطره دیگر از جوهر به سطح گیسیرین ، اضافه میکنیم. چرخش را در همان جهت ادامه داده تا وقتیکه این قطره نیز ناپدید شود (چرخش کامل دوم). سپس قطره سوم را اضافه کرده و بچرخش ادامه داده تا این قطره هم ناپدید شود. حال ما سه قطره جوهر داریم که گلیسیرین آنها را پوشانده است. هیچ یک از آنها آشکار نیستند ولی ما ترتیب مشمولیت (implicate order) آنها را میدانیم.

وقتی ما استوانه را در جهت مخالف بچرخانیم، سومین قطره جوهر بعد از یک دور کامل در سطح گلیسیرین ظاهر خواهد شد. قطره جوهر دومی بعد از یک دور کامل دیگر ظاهر شده و قطره جوهر اولی پس از سه دور خود را نشان خواهد داد. به این ترتیب ، ترتیب روشن کردن (explicate) گفته شده و سه قطره جوهر در این ترتیب با هم مرتبط نیستند. ولی ما میدانیم که آنها در ترتیب مشمولیت (implicate order) با هم در ارتباط هستند. حال اگر ما رسوب قطره های جوهر را در این آزمایش نیز در نظر بگیریم، فرضیه بوهم در مورد پدیده ذرات فرو اتمی برای ما مفید واقع خواهد شد. به موجب تئوری بوهم ذرات ممکن است که در نقاط مختلف یافت شوند ولی در هر حال بترتیب مشمولیت با هم مرتبط هستند.

جرم یک شکلی از ترتیب مشمولیت (implicate order) بوده همانطور که گردآب شکلی از آب میباشد و قابل تحلیل به اجزاء کوچکتری نیست. اگر قبول این برای ذهن ما قدری مشکل جلوه میکند برای اینست که فکر ما میخواهد بداند که ترتیب مشمولیت خود ' ترتیب مشمولیت ' چیست؟ بوهم دراین باره میگوید که این توضیح ابدا با چیزی که ما میخواهیم بگوئیم ، همآهنگی ندارد. دلیل آنهم اینست که طرز تفکر ما هنوز بر اساس تفکر یونانی قرنهای پیش است. به موجب این طرز تفکر، فقط موجود ، وجود دارد. به این ترتیب ' نا موجود ' ، وجود ندارد. ولی حقیقت غیر از اینست. ناموجود هم وجود دارد. هر دو موجود و نا موجود به اتفاق چیزی را درست میکنند که ما به آن ' همه چیز' میگوئیم. حتی خلاء هم چیزی است که وجود دارد.

این طریق نگریستن به واقعیت ها سؤآل خود آگاهی ناظر را مطرح میسازد. اذهان ما به این ترتیب عمل میکنند که چیزها بایستی فی حد ذاته از یکدیگر جدا باشند.

بنا بگفته خود بوهم فیزیک نیاز دارد که وسیله جدید فکر باشد. یک وسیله جدید که فیزیک بوهم را درک کند. و این بشدت خود آگاهی ناظر را تغییر داده و آنرا بسمت عقیده ' تمامیت نا گسستنی ' (unbroken wholeness) سوق میدهد. در این عقیده همه چیز یک شکل است.

فیزیک بوهم یک عنصر نسبیت بموازات نسبیت اینشتاین دارد. ترتیب طبیعت بسته به دید ناظر دارد. مشکل در اینست که دید فعلی ما محدود به ترتیب مشمولیت میگردد. ولی حتی کلمات ' عناصر ' و ' ارتباط تنگاتنگ ' یک جدائی کارتزین را در ذهن متبادر میکند که واقعا وجود ندارد.

احتیاج به وسیله جدید تفکر که فیزیک بوهم بر اساس آن قرار دارد، چندان مسئله مهمی نیست. از قبل وسائلی چند برای تفکر وجود داشته است. تعدادی عناصر روانشناسی که در نتیجه دو هزار سال تجربه بدست آمده و تنها علت آن توسعه وسیله تفکر میباشد.

www.takbook.com

این عناصر روان شناسی چیزی است که ما بطور عمومی آنرا ' خرد مشرق زمینیها ' مینامیم. فلسفه های مشرق زمین از اساس با فیزیک بوهم سازگاری دارند. تمام آنها بر پایه تجربه یک حقیقت خالص بنا شده اند. حقیقت چیزی است که برای ما واقعیت داشته باشد. چیزی را ما حقیقی تصورمیکنیم که فکر میکنیم واقعیت باشد. چیزی که ما باور کرده ایم ، برای ما حقیقت است.

پس به این ترتیب وفاداری و تعهد ما به یک سمبل صداقت و روراستی مانند مسیح ، بودا ، کریشنا و غیره بنظر میرسد که ذهن را باز کرده و این حضور ذهن اغلب اولین قدم در فرآیند رستگاری (enlightenment) میباشد.

مذاهب شرقی در مورد فیزیک ، چیزی برای گفتن ندارند ولی مطالب زیادی در زمینه تجربه بشری دارند.

ماکس پلانک پدر مکانیک کوآنتوم چنین مینویسد:

" علم... به معنای کوشش خستگی ناپذیر و مداوم پیشرفت در جهت رسیدن به هدفی است که دنیای ادبیات ممکن است آنرا در خود جای دهد ، ولی یک فرد تحصیل کرده و خردمند هرگز قادر به درک کامل آن نخواهد بود.

پایان

ماه اکتبر سال ۲۰۲۳

دکتر تورج هاشمی

دکتر بهروز طباطبائی

www.takbook.com

یادداشت مترجمین

به موجب فلسفه شرق، فرآیند وارستگی (enlightenment) حد اعلای دستاوردی میباشد که یک انسان میتواند توسط آن ، به حقیقت مطلق نزدیک گردد. این دستآورد طوری از دسترس بشر دور است که فقط تعداد معدودی از انسانها این جرات را بخود داده که بدنبال آن بروند. این گوهر یگانه مانند جام جم بوده که که تمام اسرار کائنات را برای دارنده آن ، افشا مینماید. در اینحال چنین شخصی ، خود را مساوی و همراه ساکنان ملکوت میبیند. حافظ در یکهزار سال پیش میگوید که :

" سالها دل طلب جام جهان بین جم از او میکرده است. به این منظورکه تمام اسرارکائنات برای حافظ ، مکشوف شود.مشکل خود را نزد پیر مغان هم برده و او ضمن اینکه نظرحافظ را در این کوشش ، تائید مینمود، سعی زیاد (و بیهوده ای) برای حل این معما بخرج داد. حافظ از همه کس در همه جا ، بدنبال این گوهر یکتا که کلید رسیدن به وارستگی (enlightenment) بود، سؤآل کرده، حتی از گمشدگان لب دریا هم طلب کمک نمود. ولی این گوهری است کز صدف کون و مکان بیرون است. استاد غلامحسین ابراهیمی دینانی ، استاد ادبیات دانشگاه تهران ، کون و مکان را زمان و مکان توصیف کرده است که به اقتضای حفظ وزن شعر ، به این ترتیب در آمده است. این گوهر در ورای بافت زمان- مکان قرار داشته و از دسترس آدمیان بدور بود. بافت زمان و مکان کائنات که تئوری نسبیت عام و فیزیک کوآنتوم بر آن مبنا استوار شده است .

حال چگونه خود را از قید و بند بافت زمان و مکان نجات داده و این گوهر جهان نما را بدست آورد، کاری نیست که گفتار انسانها بتواند آنرا توصیف کند. با اینهمه شاعر بلافاصله اعتراف میکند که این گوهر ، صرفا در وجود خودش جای داشته و بدنبال آن در ورای بافت زمان – مکان گشتن ، کار بیهوده ایست.

حافظ راه نشین بی خانمان و صاحب یک خرقه بی ارزش، با بدست آوردن این گوهر (جام جهان نما) ، بناگاه صاحب اسم و رسمی میشود که با ساکنان حرم ستر و عفاف ملکوت، هم پیاله شده و باده مستانه میزند.

ولی رسیدن به مرحله وارستگی (enlightenment) و کشف اسرار کائنات ، همیشه هم با خوبی ، خوشی و باده مستانه همراه نبوده و کسانی هم بوده اند که در اثر بی احتیاطی ، جان خود را از دست داده اند. منصور حلاج را در ابتدا هزار تازیانه زده ، دست و پایش را بریدند ، بدنش را بدار آویخته ، سرش را بریدند . جسدش را آتش زدند و خاکسترش را به دجله ریختند. جمله معروف او ' من حقیقت هستم' در ادبیات فارسی بارها تکرار شده است.

حافظ در این مورد میگوید که جرم آن یاری که بدارش آویختند فقط این بود که اسراری را که او در مرحله وارستگی (enlightenment) ، کشف کرده بود ، بدون ترس ، هویدا میکرد.

اگر نویسنده این کتاب بزبان فارسی و فلسفه حافظ ، خیام و مولوی آشنائی داشت، مطالبی از آن دستگیرش میشد که بدون شک ، این کتاب را بیش از پیش ، جامع و آموزنده مینمود.