پای درس استاد

درسگفتارهایی از
مبانی فلسفی فیزیک کوانتمی دکتر مهدی گلشنی
دانشگاه صنعتی شریف

مولف : مهدی دانشیار

شناسنامه کتاب

نام کتاب: .....پای درس استاد (درسگفتارهایی از مبانی فلسفی فیزیک کوانتمی دکتر مهدی گلشنی)

مولف: .....مهدی دانشیار

ناشر: ..... دانشیاران ایران

مدیریت انتشارات: .....ملیکا(نرگس) دانشیار

مدیر داخلی انتشارات: ..... امیرحسین دانشیار

نوبت چاپ: ..... اوّل/۱۴۰۲

قیمت: ۱۰۰۰۰۰۰ریال

شمارگان: ۱۰۰۰نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۱۶-۳۲۳-۴

مرکز پخش : نشانی: تهران، میدان بهارستان، خیابان مجاهدین اسلام، جنب روزنامه جمهوری،پ ۳۱۱

تلفن ۰۹۱۲۴۸۹۷۳۵۰ - ۰۲۱-۳۶۸۳۱۵۲۵

سرشناسه	:	گلشنی، مهدی، ۱۳۱۷- Golshani, Mehdi
عنوان و نام پدیدآور	:	پای درس استاد : درسگفتارهایی از مبانی فلسفی فیزیک کوانتمی دکتر مهدی گلشنی دانشگاه صنعتی شریف/مولف مهدی دانشیار.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشیاران ایران، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	:	۲۰۱ ص.؛ ۲۱/۵×۱۴/۵ س‌م.
شابک	:	978-622-316-323-4
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتاب حاضر برگرفته از مطالب ایرادشده در کلاسهای درس مولف است.
عنوان دیگر	:	درسگفتارهایی از مبانی فلسفی فیزیک کوانتمی دکتر مهدی گلشنی دانشگاه صنعتی شریف.
موضوع	:	فیزیک -- فلسفه Physics -- Philosophy کوانتوم -- فلسفه Quantum theory -- Philosophy
شناسه افزوده	:	دانشیار، مهدی، ۱۳۵۶ - ، گردآورنده
رده بندی کنگره	:	QC۶
رده بندی دیویی	:	۵۳۰/۰۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۳۸۲۴۰۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

بسم الله الرحمن الرحیم

پای درس استاد ،درسگفتاری از هشت جلسه کلاس از مجموع کلاس های درس مبانی فلسفی فیزیک کوانتومی می باشد که در گروه فلسفه علم دانشگاه صنعتی شریف توسط استاد ممتاز فیزیک دکتر مهدی گلشنی تدریس شده است.

دکتر مهدی گلشنی از معدود دانشمندانی درایران محسوب می شود که که یک دید کل نگری نسبت به فیزیک داشته و فلسفه را روح فیزیک قلمداد کرده و عضو جدایی ناپذیر آن تلقی می کند. و برخلاف سنت رایج در دانشگاه های ایران مبنی بر تفکیک علوم از یکدیگر اعتقاد به همبستگی علوم با یکدیگر و حتی لزوم تدریس یک علم از زاویه های مختلف فکری دارد.

مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم علیه السلام درراستای نشان دادن لایه های پنهان و زاویه های مغفول فیزیک معاصر ، که بعد متعالیه آن می باشد در صدد تدوین و جمع آوری و شرح مجموعه ای از منشورات است که علاوه بر متون مستند در داخل کتاب بتواند به عنوان مویدات این بعد مطرح شده ، باشد، بدین لحاظ بعد از تدوین کتاب پاسخ های فلسفی به معضلات فیزیک معاصر این درس گفتار به زیور طبع مزین می گردد

لازم به ذکر است که این مجموعه چون به صورت درس گفتار بوده و مجموعه دروس کلاس به صورت مکتوب درآمده است لذا ممکن است متون کمی حالت محاوره ای داشته باشد، وهمچنین سعی شده مجموعه سوالاتی که در کلاس مطرح شده و استاد پاسخگوی آن بوده در کتاب در بین متون بیان شود که برای اینکه گسستگی در متون اصلی پیش نیاید آن را با حروف ایرانیکا و کادر خاکستری آورده ایم.

در اینجا لازم است از اساتید دانشگاه صنعتی شریف مخصوصا دکتر جعفرآقایانی چاوشی ،دست اندرکاران سایت مکتبخانه و همکاران مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم علیه السلام ومدیریت انتشارات دانشیاران ایران وطراح جلد کتاب امیر حسین دانشیار کمال قدردانی را داشته باشم .

و این کتاب را به یاد مرحوم جلال اسلامی خادم بارگاه حضرت سیدالکریم به ساحت پاک امامزاده ابوالحسن از نوادگان امام صادق علیه السلام تقدیم می دارم

من الله التوفیق

مهدی دانشیار

بسم الله الرحمن الرحیم

معیت علوم تجربی و فلسفه

قدیم از زمان یونان به بعد ،علوم به طورکلی به صورت فلسفه بودند ،یعنی فلسفه طبیعی بود،فلسفه ریاضی بود،و فلسفه الهیات این در جهان اسلام هم ادامه داشت،دیدگاهی که بردانشمندان اسلامی وجود داشت،دیدگاهی کل نگر بود،یعنی یک جهان بینی داشتند که این جهان بینی برهمه اجزای علم آنها حاکم بود شما اگر کتاب مثلثات کروی خواجه نصیرالدین طوسی[1] را ببینید،ظاهراً جزریاضی در آن دیده نمی شود،اما این انسان در پیش زمینه فکرش یک دیدگاه کل نگر قرار داشت و با آن عینک جهان را می دید یعنی این طور نبود که جهانی داشته باشد که یک طرف آن الهیات باشد،بلکه گفته می شد که همه اینها متعلق به یک عالم منسجم می باشد . بنابراین همه اینها بهم مربوط است.این دیدگاه در قرون وسطی در جهان مسیحیت هم حاکم بود تا به زمان نیوتون هم که می رسیم می بینیم نام کتابش اصول ریاضی فلسفه طبیعی می باشد که در ۱۶۸۷ نوشته شد و در واقع مبنای مکانیک وی محسوب می شد.

یعنی وی فیزیک را بخشی از فلسفه می دانست.

---

[1] اوکرمانلائوس/ خواجه نصیر الدین طوسی/ چاپ مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم علیه السلام/ به کوشش دکتر جعفرآقایانی چاوشی و الهام افشار

این مساله تغییر کرد و تغییر آن علتهای مختلفی داشت ،که مابه آن علت ها اشاره می کنیم که بعضی از آن علتها هنوز هم تا زمان ما باقی است البته بعضی از این علل در غرب از بین رفته ولی در محیط دانشگاهی ایران متاسفانه از بین نرفته است.مثل این است که دانشگاه های ایران یک اختلاف از ۱۸۰ درجه با دانشگاه های غربی دارد،وقتی که آنهایک مرحله ای را طی می کنند ،ووارد مرحله دیگری می شوند تازه ما مرحله قبل را شروع می کنیم که به هیچ وجه این موضوع به جهان بینی ادعایی ما سازگاری ندارد.

اول متذکر می شویم که چرا فلسفه تحت الشعاع قرار گرفت وبعدسیر تغییرات آن را در غرب پیش خواهیم گرفت و چرا نسیم این تغییرات به دیار ما کمتر رسیده است.در حدود ۱۵ سال پیش که این درس(مبانی فلسفی مکانیک کوانتومی) برای دومین بار در دانشکده فیزیک دانشگاه شریف تدریس می شد،دانشکده فیزیک رسماًدرس را حذف کرد،شکایت به رئیس دانشگاه و وزارت علوم و غیره هیچ اثری نداشت.

یکی ازروزنامه های صبح مقاله ای تحت عنوان اینکه در دانشکده فیزیک دانشگاه شریف چه می گذرد؟چاپ کرد.این باعث شد که رئیس دانشگاه شکایتی از من به دادگاه انجام دهد.

ودرس به کلی حذف شدومایه تاسف است به محض اینکه حکم من در شورای انقلاب فرهنگی صادر شد هم دانشگاه شکایت خود راپس گرفت و هم خود دانشکده فیزیک پیش قدم شد تادرس ارائه شود.

این نشان ازآن است که چه مقدار محیط دانشگاهی ما غیر علمی و غیر اسلامی و از اسلام آبکی ریاکار پر شده است. رئیس دانشگاه وقت به من می گفت که می گویند این درس فلسفه است در جواب گفتم خوب است که شما قبل از قضاوت کمی از محتوای آن مطلع شوید.

واقعیت این است که غرب چون خود پرسشگر و جوابگر بوده به این نتیجه رسیده که خود عیب های مساله را رفع نماید ولی ما متاسفانه این گونه عمل نکردیم.

اگر کاری را هم در محیط انجام می دهیم واسمه ای و غیرمحکم است.البته دانشگاه های ما در قسمت روزنامه ای فلسفه زنده است .

ولی فلسفه کاملاً منقطع از علم شده است .به طوری که تلاشی شد که کارشناسان ارشد فلسفه علم برای مقطع بالاتر بتوانند تحصیلات خود را در سایر علوم انسانی نظیر فلسفه بگذرانند و به تصویب شورای عالی برنامه ریزی وزارت علوم رسید ولی دانشگاه تهران صریحاً مخالفت خود را اعلام کرد.

یعنی بخشهای فلسفی مایه کلی از علوم منقطع شدند .این نه در جهان اسلام سابقه داشته و نه در جهان غرب از زمان نیوتون ،حال می خواهیم ببینیم چرا این انقطاع فلسفه از علم حاصل شد و چه اتفاقی افتاد که دوباره به سوی آن بازگشتند.

بنابراین کسانی که ادعا می کنند مانند هاوکینگ که فلسفه مرده است ادعا دارند که تجربه گرا هستند. یعنی ادعای فلسفی می کنند و این تناقضات و مغالطات باید از اذهان محیط دور شود.باید مشخص شود که علم تا چه حدیش ریاضی است و چه مقداری از آن فیزیک و فرضیات دیگر است که این فرضیات را هم لاجرم از فیزیک نمی توان نتیجه گرفت.

دلایل انفکاک علوم تجربی و فلسفه:

فلسفه در اصطلاح قدیمی شامل همه علوم بوده است.فلسفه طبیعی،فلسفه ریاضی،فلسفه الهی،که به فلسفه نظری معروف بودوفلسفه عملی هم مسائلی چون اخلاق تدبیر منزل را شامل می شد

یک قسمت از فلسفه،متافیزیک نام داشت.ومتافیزیک به معنای قواعد کلی وجود است آن قواعدی که به صورت عام بر عالم موجود حاکم هستند مثل اصل علیت و غیره،وحدت ،کثرت به هر حال آنهایی که خیلی کلی هستند و احکام کلی درباره آنها می توان صادر کرد به مجموعه این مسائل متافیزیک می گفتند.

وقتی که کلیسا در مسائل دینی سخت گیری کرد علما حالت ضد دینی به خود گرفتند و چون فکر می کردند که :

متافیزیک با دین ارتباط دارد

(بالطبع یک قسمت از متافیزیک الهیات است نه کل آن،)ولی به همین جهت متافیزیک را کنار گذاشتند و این یکی از دلایل انفکاک علوم و فلسفه بود پس در این متون منظور از فلسفه احکام کلی وجود است یا متافیزیک است.

مساله دیگر پیچیدگی مسائل متافیزیکی است مثلاًدر یک مساله خاص فلاسفه مختلف دیدگاه های مختلف دارند ولی در علوم مکانیک نیوتونی

حاکم است وحدتی در اینجا مشاهده می شود .ودرآن سو اختلاف نظرمشهود است

البته این استقلال زمان خاصی کاربرد داشت چرا که اگر شما مشاهده کنید در مثلاً بحث کیهان شناسی چه میزان اختلاف نظریه و مکاتب مختلف وجود دارد وهرکدام از مکتبشان دفاع می کنند و با وجود جو غالب برعقیده خود پایبندند دیگر این استدلال مطرح نیست .

ولی به هر حال زمانی این گونه بود.یک زمانی مکانیک نیوتونی و زمانی دیگر مکانیک کوانتمی و نسبت خاص و عام حاکم بود بنابراین می گویند که:

علوم اتفاق نظر دارند ولی در مسائل متافیزیکی اتفاق نظری وجود ندارد.

بنابراین نباید به آن کاری نداشته باشیم .این دقیقاًاستدلالی است که مکس بورن انجام می دهد ،مکس بورن یکی از بزرگترین فیزیکدانان کوانتمی بود.واز بانیان و بنیانگذاران کوانتم ،مکس بورن در خاطراتش می نویسد :من درانفوان جوانی سوالات بنیادی،وغایی در ذهنم دائماً خلجان می کردبه قول مولوی از کجا آمده ام ،آمدنم بهر چه بود به کجا می روم آخر ننمائی وطنم ،سوالاتی بود که دائماًدرذهنم خطور می کرد و جوابهای مختلفی هم برای آن مطرح می شد.ولی وقتی به سراغ فیزیک

---

[۲] Max Born

می رفتم مشاهده می شد که خیلی شسته و رفته جوابها وجود دارد .پس در جوانی گرایش به فیزیک پیدا کردم ولی حالا که پا به سن گذاشته ام مشاهده می کنم که دوباره همان سوالات اولیه دوباره در ذهنم به وجود آمده اند.

پس یکی از دلایل که به علوم اهمیت داده می شد آن را مستدل و فلسفه را پر از ابهام می دیدند

بورن صراحتاً می گوید:که در فلسفه اختلاف نظر هست ولی در فیزیک نیست و این دلیل عدول من از فلسفه می باشد.

هلموتز[۳] از فیزیکدانان بزرگ صراحتاً می گوید:فلسفه باب طبع علما نیست و مهجور است و کسر شان است که کسی دنبال فلسفه برود مثل دانشگاه های فعلی ما که تا حرفی زده می شود می گویند فلسفه بافی است.

یکی دیگر از دلایل توفیق چشم گیر علوم بود

در این سیصد سال اخیر علوم توفیق چشم گیری داشتند نسبت به هزار و چندسالی که در گذشته بوده در مقام عمل علوم خیلی پیشرفت کردند واین باعث شد که صرفاً بگویند همین است و بس به طور دقیق نقل قول «بلس تابن» است که می گوید:به نظر من فقدان گرایشات فلسفی در فیزیکدانان به خاطر توفیق فیزیک کنونی بوده است یکی از

[۳] Helmholtz's theorem

دلایل فقدان علاقه این بوده که فیزیک در مقام عمل خیلی موفق بوده است.

یکی دیگر به خاطر:

تخصص گرایی در علوم گذشته

مثلاًابن سینا تمام علوم زمان خودش را در کتاب شفا جمع می کند و یا قطب الدین شیرازی در قرن هفتم هجری تمام علوم زمانش را در کتاب درۀ التاج جمع آوری می کند و علوم قابل جمع بودو کسی مثل قطب الدین شیرازی یا ابن سینا یا خواجه نصیر در تمام علوم تخصص داشته اند.

مثلاً خواجه نصیر الدین طوسی در تمام علوم از پزشکی ،در منطق،درالهیات،درریاضی،درنجوم،درفقه،تالیف دارد.الان علوم آنقدر

پیشرفت کرده که در یک علم مثل شیمی محض شما نمی توانید در تمام حوزه هایش تخصص پیدا کنید .

خود شیمی آلی بخش وسیعی را فراگرفته است.امروز میسر نیست این را همه می فهمند ولی چیزی که انتظارش می رود این است که مردم همه دنیا را فقط با عینک تخصص خودشان نبینند.

می دیدم که عده ای از همکاران در حوزه ای خیلی باریک درسشان را تمام کردندو اصلاً بقیه مسائل را فیزیک نمی دانند مثل در فیزیک اتمی و چیز خاصی ، واصلاًبقیه را فیزیک نمی دانند.البته این مخصوص ایران نیست بلکه مربوط به همه جهان است،به طوری که یکی از فیزیکدانان آمریکایی در خبرنامه (Fermi news) که برای آزمایشگاه فرمی است،شکایت میکند و عنوان می دارد.که چرا فیزیکدانان سر کلاسهای یکدیگر نمی روند،حالا شما در لیزر تمام کردی برو ببین در ذرات بنیادی هم چه خبری است،اقلاًدر سمینارهای عمومی شرکت کنید،امروزه چاره ای جز تخصص گرائی نیست ولی آن دیدگاه کل نگر لازم است .واین مستلزم آن است که طرف علاوه بر تخصص خودش اطلاعات وسیع تری هم از سایر حوزه ها داشته باشد.مثل نگاهی که به یک ساختمان می شود،یک معمارازنگاه انسجام کلی نگاه می کندیک نقاش از دیدگاه رنگ نگاه می کند.

سوال:آیا این تخصص گرایی بعد از رونسانس اتفاق نیافتاده است؟یعنی آن دیدگاه کل نگری که دانشمندان می خواستند همه چیز را بدانند مانع تخصص گرائی شده باشد

جواب،نه،حتی فیزیکدانان معاصر عنوان می کنند چاره ای جز تخصص گرائی نیست ولی دیدگاه باید کلی تر از تخصصتان باشد.

من مثالی می زنم تا ببینید نتیجه تخصص گرائی چیست، من رفته بودم به کمیته تحصیلات تکمیلی دانشگاه برای اینکه دفاع کنم که دکتری

برای رشته فلسفه علم بگیریم.گفتند این دانشجو از چه رشته ای می آید.گفتم:مهندسی یا علوم یا علوم انسانی چون مبنی امتحان است.بعد بلافاصله رئیس یکی ازدانشگاه های مهندسی گفت اگر این دانشجویان خوبند چرا رشته خودشان را دنبال نمی کنند.این بدان معنی است که رشته ای غیر از رشته های ما رشته تلقی نمی شود.

سوال:شاید اگر ابن سینا تمام نیروی خود را صرف یک موضوع می کرد توفیق بیشتری حاصل می شد چون گستره علوم در حوزه پزشکی و فلسفه عامل می شود که وقت پراکنده شده و تحقیقات منسجم نباشد؟شاید کنار گذاشتن چنین نگرش هایی عامل توفیق علوم شده باشد؟

جواب:نه،به خاطر اینکه در بین کیهانشناسان و فیزیکدانان انسانهای استثنائی دیده می شوند که در حوزه خود از لحاظ تخصصی بسیار مهم هستند ولی این دید کل نگر را دارند.

در ادامه من سخن دو فیزیکدان را عنوان می کنم که تخصصی ترین کارها را کرده اند.مثلاً قول هایزنبرگ که می گوید:

کار علمای امروز بیشتر بر دایره کشف است تا پیدا کردن همبستگی ها ببین شکایت دارد کسی که اساسی ترین کارها را در فیزیک کوانتم و فیزیک هسته ای انجام داده است باز هم شکایت دارد می گوید فیزیک به دنبال همبستگی ها نیست ببینید علوم شناختی داریم منظور مساله ای مثل شعور که یک بعد فیزیکی یک بعد فلسفی،یک بعد زیست شناسی و

این مستلزم آن است که همه این علوم با هم باشند.یکی از دوستان در دانشگاه امیرکبیر مدعی بود که همه مسائل را حل کرده وقتی با دقت بررسی کردم دیدم نه فقط او یک بعد قضیه را نگاه می کند.

باز هایزنبرگ در یک قول شکایت آمیز می گوید:

جهان یک دانشمند محدود به آن قسمت از علوم شده که عمرش را صرف آن کرده است.دیگر برای سایر موارد شأنی قائل نیست

الان ما آدمهایی به تمام معنی درجه اول را داریم که آن دید عمومی را دارند و آنها هستند که عامل شدند که علوم بین رشته ای به وجود بیاید.

"باسکوف"[٤]یک فیزیکدان درجه اول دنیا می گوید:ماباید متخصص تربیت کنیم ولی باید رشته ها را به هم نزدیک کرده و ارتباط بین رشته ها را به هم نشان دهیم،یعنی اینها به مشکل قضیه پی برده اند.

دانشمندان دوره امروز حرفهایشان نسبت به سالهای قبل خیلی متفاوت شده وحتی کتابهائی که الان می نویسند با گفته های گذشته خودشان تفاوت زیادی دارد. کاملاًدیدها باز شده و ایده ها وسیع شده است.

[٤] Николай Геннадиевич Басов)

یکی دیگر ازعلل انفکاک فلسفه از علوم:

عدم تبحر فلاسفه معاصر در علوم فیزیکی

اگر به فلاسفه نگاه بکنیم تا کانت هم که پیش می آییم تقریباً توجهی به فیزیک دارند.ولی در دویست سال گذشته منهای بیست سال اخیرفلاسفه کاری به فیزیک نداشتندعمده مباحثشان مباحث غیرفیزیکی بوده در صورتی که قبلاً چنین نبوده است،مثلاً لایبنیس را می بینیم که چقدر بحث در مورد فضا و زمان با نیوتون انجام می دهد.مهمترین فیلسوف زمانش روی مهمترین مسائل فیزیک نظر وبحث دارد.

بعدازآن دیگرچنین نبود علما چندان توجهی نداشتند به همین دلیل است که بتراندراسل در دهه ۵۰ عنوان می کند که عدم ورود فلاسفه به حوزه علوم، فلسفیشان را ابتر و ناقص خواهد کرد.راسل یکی از بزرگترین ریاضی دانان و فیزیکدانان عصر خود بوده که هشدار به فلاسفه می دهد که عدم ورود آنها به حوزه علوم فلسفه آنها را ابتر خواهد کرد پس یکی از مسائل عمده جدائی فلسفه از علم عدم درگیری فلاسفه با مسائل علوم بود.

البته در دوره معاصراین مساله به کلی تغییر کرده است.فارغ از تفکر حاکم بر دانشگاه های ایران که کاری به بخشهای فلسفه به علوم ندارد و بکلی منزوی هستند.

ولی در دانشگاه هایی مثل آکسفورد که از بزرگترین دپارتمانهای فلسفه جهان را دارد که درآن دپارتمان همه نوع فلاسفه از الهی تا کاملاًضدالهی وجود دارند این دانشکده با دانشکده فیزیک سمینارهای مشترک برگزار می کند.حتی درسهای مشترک دارند.

دروس مشترکشان یک فیزیکدان و یک فیلسوف یک درسی را ارائه می دهند که ماحصل کلاس به صورت یک کتاب منتشر شد در این درس نسبیت خاص را با بینشی وسیع تر از گذشته تدریس کرده اند.مثلاً همانند گذشته که تبدیلات لورنس را فقط فرض می کردیم نیست بلکه با دید وسیع تراگر سرعت نور را ثابت فرض بکنیم یا فلان چیز کلی تر را ثابت فرض کنیم و متدهای مختلفی را جستجو می کنند این است که روش تدریس ها هم بکلی تغییر کرده است.

یا کنفرانسهایی که آکسفورد در مورد مسائل فلسفی گذاشت همین طور است.

در کمبریج هم همین طور همه افرادی که در دپارتمان فلسفه علم این دانشگاه کار می کنند فیزیکدانان درجه اول هستند که در مورد مسائل فضا و زمان و کوانتم و این چیزها کار می کنند.یعنی الان وضعیت تغییر کرده است.

البته دلیل مهمتری هم از دلایل بالا وجود دارد که بیشتر به آن می پردازیم.

رواج فلسفه های تجربه گرا می باشد.

منظور از فلسفه تجربه گرا چیست؟ماهمه طرفدار تجربه هستیم و باید تجربه انجام بشود.

دلیل ترقی علوم و فیزیک به خصوص به خاطر رواج همین تجربه بوده است البته فلسفه های تجربه گرا ادعا داشتند هرچیزی که از راه حس و تجربه بتوان به آن دست پیدا کرد دارای شأنی است والا شأنی ندارد. یعنی مبنای توجه به مسائل تجربه است.چیزی راه تحقیق تجربی نداشته باشد شأنی ندارد و بی معنی است . از منادیان این فلسفه یک مسیحی معتقد به نام لاک در روزگار نیوتون بود.

و این مساله به هیوم رسید که به کلی تجربه گرا بود به طوری که عنوان می داشت احکامی که گفته می شود اگر ریشه در تجربه نداشته باشد بی معنی است.

وارث هیوم می رسد به آگوست کنت فرانسوی،درست در اواسط قرن نوزدهم که پوزیتیویست را بنا نهاد ما سه دوره را طی کردیم.

دوره ارسطو،دوره متافیزیک و الان دوره علم پوزیتیویست است. این دوره اخیر یعنی علمی که بشود از راه تجربه بدان دست پیدا کرد. ریشه در تجربه دارد بعد از آگوست کنت، ماخ ظهور می کند و حرف ماخ این است که هر چه ریشه در تجربه دارد باید قبول کرد و هر چه ریشه در تجربه ندارد نباید قبول کرد.

اینشتین می گوید من متاسفانه در اول عمرم تجربه گرا بودم یعنی پیرو ماخ بودم. همان مکتب پوزیتیویست ماخ را قبول داشتم . و اظهار تاسف می کند و آنکه اتر را رد کرد و حذف کرده در اینکه اتر دیده نشده و اینشتین در سال ۱۹۵۰ روی فلسفه پوزیتیویستی قانون خود را ارائه داد ولی بعد فکرش عوض شد و حرف ماخ این بود و ماخ مخالف اتمها بود.

می گفت چون ما اتم را بطور مستقیم ندیده ایم پس وجود ندارد. پس دعواهای مفصلی بود بین بولتزمن[۵]و ماخ[۶]سر اتم ، خوب دالتون اتم را در سال ۱۸۱۰ فرض کرده بود،جدول مندلیف ساخته شده بود،مقدار زیادی از مسائل را توضیح داده بودند،ولی اتم دیده نشده بود،آزمایشات تجربی در سال ۱۹۰۵ با آزمایشاتی که انجام دادند و کار روی حرکت بروانی شواهدی مستقیم را در وجود اتم ارائه می داد.که حرکت بروانی در اثر برخورد این مولکول با آن مولکول منجر به حرکتی نامنظم در سیستم می شود و دلیلی بر وجود اتم ها می باشد.

ولی ماخ به کلی منکر وجود اتم بود و بولتزمن به خاطر مفید واقع شدن فرضیه اتمی در حرکت گازها و غیره شدیداً مدافع آن بود و یکی از علتهایی که برای خودکشی بولتزمن ذکر می کنند همین دعوای بین ماخ و وی بود .

---

۵ Ludwig Boltzmann

۶ Mach

بعد پوزیتیویست های منطقی به وجود آمد،هم زمان با ظهور مکانیک کوانتمی در اوایل دهه بیست قرن بیستم یعنی در سال ۱۹۲۵ که هایزنبرگ تئوری خود را ارائه می داد پوزیتیویست های منطقی گرد هم جمع شدند و ادعا می کردند گزاره ای که ریشه در تجربه نداشته باشد بی معنی است و مشاهده می کنیم که هایزنبرگ هم در همان مقاله اولیه اش در سال ۱۹۲۵ اذعان می کند برای ما مفاهیمی معنی دارد که قابل مشاهده باشد .

و در جای دیگر اشاره می کند این نکته برای ما جا افتاده بود که فقط باید به کمیتهائی اشاره کرد که ریشه در تجربه دارد . پس می گفتند بنابراین مساله متافیزیک به معنای احکام کلی نظیر علیت که ریشه در تجربه ندارد اینها بی معناست .

که حرف پوزیتیویست های منطقی بود که البته خیلی جالب است که یکی از بزرگان این پوزیتیویست های منطقی در پی مصاحبه ای که از او سوال می شود محصول کار شما چه بود؟ می گوید : هیچ ، خیلی حرفه این مساله که صریحاً می گوید : هیچ،با اتکای کوانتمی ها به این پوزیتیویست ها و بالعکس منجر به این مساله شد در ۵۰ سال شکل گیری کوانتم این ایده یعنی اکتفا به کمیتهای مشاهده پذیری حاکم بشود.

اهم حرفهای این تجربه گرایان در حول موارد زیر سیر می کرد:

متذکر می شویم در اینجا تجربه گرا را به معنی خاص استفاده می کنیم پس ما همه تجربه گرا هستیم چرا که برای تجربه شأن قائل هستیم ولی آنچه ما ذکر می کنیم در اینجا قائلان به موارد زیر هستند:

۱) احکام متافیزیکی نه فلسفی است نه علمی،برای اینکه فلسفه تحلیل احکام است و جستجو در عالم و کشف نیست اصلاً و علمی هم نیست

۲) بشر در علم راهی غیر از تجربه ندارد،اگر احکام جزء احکام ریاضی که در جهان متعلق به خود را دارد ترکیبی باشد یعنی بخواهد با ترکیب مسائل مفهومی را اثبات کند اگر ریشه در تجربه نداشته باشد پس معنی ندارد،می گوید بی معناست نمی گوید بدرد نمی خورد

فرق کوپر با آنها این بود که احکام متافیزیکی را بی معنا نمی دانست یعنی احکامی که ریشه در تجربه ندارد را بی معنی نمی دانست . و می گفت در علوم هم شما همواره اینها را به کار می برید.

قبل از پرداختن به مساله سوم مفهوم پدیده را از دید اینها توضیح می دهیم؟

شما یک چیز را مشاهده می کنی،چیز دیگری را هم میبینید و در ذهنتان تصویری ایجاد می کند در واقع این تصاویری که شما در ذهن دارید اینها را پدیده می گویند.یعنی انعکاس طبیعت در ذهن شما پدیده است.می گفتند تمام احکام ما درباره پدیده هاست.نه درباره اشیاء حقیقی یعنی ما کارمان این است که ذهنیات را به هم متصل می کنیم دربارهء اشیا عینی نیست.

کانت هم می گفت ما دوچیز داریم ،یکی اشیاء عینی ،و یکی تصویر آنها در ذهنمان یعنی پدیده ها،خوب ذهن ما هم ساختاری دارد که ادراکات را در پیمانه هایی می ریزد

ما درباره اشیاء عینی چیزی نمی گوییم هرچه بگوییم درباره اشیاء ذهنی است اینها این بخش را گرفته اند و عده ای از آنها می گویند اصلاً اشیاء عینی وجود ندارد و عده ای می گویند ما کاری با آن نداریم شما فقط راجع به پدیده ها صحبت می کنیم و ما در مورد تصاویر ذهنی صحبت می کنیم حال آنکه با آن موجود عینی مطابقت دارد اصلا کاری نداریم.وفقط با پدیده ها سروکار داریم.

پس تمام احکام آنها درباره پدیده هاست و جز ماورای آن اصلاً وجود دارد و اگر دارد ما کاری با آن نداریم.این ذهنیتی بود که حاکم بود وهنوز هم در فیزیک کوانتم حاکم است.

سوال:کانت تعریفی دارد که ذهن گزاره های تحلیلی و ماتقدم هستند درست می کند،تعریف گزاره های ماتقدم مستقل از تجربه و تحلیلی هستند ولی در خارج هم گزاره هایی وجود دارد که با آنها ترکیب می شود و در تحلیل به ما کمک می کند؟

جواب:کانت گزاره های ماتقدم را قبول دارد ولی نه به مفهوم که ما می گوییم علیت را قبول دارد ولی جزء ذهن ما می داند وقتی کانت برای ذهن ما ساختار قائل می شودو اون مقولات را در کار می آورد وی آنها را تراوش ذهن می داند.یعنی ذهن ما طوری است که اینها را قبول دارد با

احکام ماتقدمی که می گوییم مثلاً وقتی از علیت صحبت می کند این را برایش ما به ازای خارجی برایش قائل هستیم و می گوییم که این را از خارج گرفته ایم ما به ازا دارد، فرق دارد با آنچه کانت می گوید، او می گوید اشیاء فی نفسه برای ما قابل درک نیست بنابراین کل متافیزیک را کنار می گذارد

پوزیتویت های منطقی آمدند اصل تحقیق پذیری را به کار بردند اگر چیزی می توانستیم تحقیق بکنم آن با معناست و اگر نتوانستیم تحقیق بکنیم.این بی معناست ،یعنی تحقیق پذیری را دخیل می دانستند در بامعنا بودن قضیه بعد از آنها کوپر آمد و ابطال پذیری را عنوان نمود.

یعنی ما چیزها را نمی توانیم اثبات کنیم ولی چیزها را می توانیم ابطال بکنیم یعنی شما نظریه ها را نمی توانید اثبات بکنید بلکه می توانید نظریه ها را با یک آزمایش باطل بکنید.کسانی که بعد از کوپر هم آمدند روی این قضیه هم حرف داشتند یعنی قبول نداشتند ولی به هر حال پوزیتویست های منطقی حرفشان تحقیق پذیری بود.

حال مساله این است که پوزیتویست ها در اوایل قرن بیستم یعنی در دهه ۱۹۳۰ این امید را بدست آوردند که یک روشی برای علیت بدست آورندکه اگر این نسخه دنبال شود نتایج موفق در کار می آید و اگر آن دنبال نشود نتایج موفق نداریم و بی معناست.اگر خلاصه بخواهیم بگوییم فیزیکدانان چگونه عمل کردندجمله ای از این رساتر نیافتم :

سوالات اساسی ما در فیزیک و همین طور در سایر علوم مربوط به آن نیست که چیزی چگونه کار می کند و یا چرا اتفاقی رخ می دهد ما فقط می توانیم بپذیریم که یک مشاهده با مشاهدات دیگر مربوط نمی شود.

این محدودیت روی سرشت سوالات ناشی از نوعی فلسفه علم است که به طور ضمنی پذیرفته شده است این که ما فقط می خواهیم یافته های ذهنمان را به هم مربوط کنیم صریح بیان می کند.ناشی از یک فلسفه علم است که به طور ضمنی پذیرفته شده است نوعی پوزیتویست منطقی اگرچه فلسفه های شخصی دانشمندان متفاوت است،آنها بااین متد کار می کنند که سوالات مربوط به آنها از طریق مشاهده پاسخ داده شود.خیلی صریح می گوید فیزیکدانان ممکن است یک فلسفه شخصی داشته باشند ولی مطابق این قاعده کار می کنند تنها چیزهایی معنا دارد که آنها را بشود به یک نحوی از طریق تجربه اثبات کرد.

این تز تجربه گرایان بود تا دهه پنجاه،از دهه پنجاه به بعد کم کم خود فلاسفه و فیزیکدانان شروع کردند به ایراد گرفتن که در اینجا این ایرادها و جوابهای داده شده را بررسی می کنیم.

اول قول پوزیتویست ها را می گوییم و ایرادهایی که به آنها عنوان شد و همین مکالمات عامل شد که فضا باز شود.اصلاً این طور نبود فضائی بود بسته که می گفتند جواب این سوال را بوهر داده یا اصلاً نباید آن را سوال کرد. اگر بوهر جواب آن را نداده نباید سوال کرد!!!

اگر می خواهید ببینید کتاب Mistrial quantum work اسرار بنیادی کوانتم که انتشارات سروش آن را ترجمه کرده است این جمله را نقل می کند که «ما گرد هم می آمدیم و یک سرودی را می خواندیم

که هرآنچه تجربه نشود نباید درباره آن فکر شود

سوال: پوزیتویست ها اعتقاد داشتند که یکسری از مسائل را باید کنار گذاشت چرا که در قلمرو علم نیستند،چه مسائلی مدنظر آنها بود؟

جواب: احکامی که درباره خدا،علیت و این چیزهاست،آنها را علم نمی دانستند.همین سوالاتی که آیا جهان یگانه است یا چندگانه هیچ راه تایید تجربی ندارد علم نیست.انواع و اقسام سوالات که من نمونه از آنها را برایتان خواهم گفت هر سوالی که راهی به تجربه نداشته باشد می گویند علم نیست.

پس می خواندیم اگر سوالی را بوهر[۷]جواب داده با معناست و اگر نداده نباید آن را سوال کرد خیلی صریح و حال که عقیده اش عوض شده است این حرفها را می زند.

یکی از حرفهای پوزیتویست ها این است که مشاهده منشاء هر دانش فیزیکی است ما به آنها می گوییم ما یکسری مفاهیم را داریم که مستقیماً آن را از راه مشاهده بدست نیاورده ایم ممکن است یک گوشه ای از آن به تجربه بخورد ولی به طور کلی از تجربه گرفته نشده است

[۷] *Niels Henrik David Bohr*

مثلاً مفهوم عدم،عدم که نیست که شما بتوانید آن را تصویر کنید،ما یکسری چیزها را کنار هم می گذاریم حال می گوئیم فلان چیزنیست.خود فقدان مثلاً(۳) را که شما نمی بینید شما می بینید (۱،۲،۴،۵) مگر آنکه فضای خالی قرار داده باشندکه شما بخواهید بررسی کنید که به هر حال منشاء اصلی تجربی ندارد.ثانیاً از مسائل جالب این است که خودشان متوجه شدند اگر فقط به کمیت های قابل مشاهده بسنده کنند فیزیک ابتر خواهد ماند.

سوال:تفاوت آنها با کانت در چیست؟

جواب : کانت می گفت ما اشیاء را فی نفسه نمی شناسیم و کاری هم به تجربه و غیرتجربه نداشت ولی اینها می گویند اشیائی که حس آنها را تجربه نمی کند، نمی شناسیم و معنا ندارد.البته همین هم یک فرض متافیزیکی است که علم آن را اثبات نکرده است.خوداین اصل که ما چیزی را به جز از راه تجربه به دست آمده باشد قبول نداریم خود این اصل یک فرض متافیزیکی است.برای اینکه تجربه ثابت نکرده است.ولی آنها متوجه این قضیه در آن وقت نبودند.بیست سال طول کشید و تمام فرضیات آنها بهم خورد

همین است که یک بزرگی مثل فایمن صریحاً این حرف را می زند که اگر دیدید در فیزیک یک کمیتی مناسب واقع شد آن را قبول کنید.اگر دیدید مفید واقع شد وجودش را قبول کنید.خود دیراک هم به هایزنبرگ

در کنفرانس **PS**می گوید اگر هایزنبرگ به حرفهای خودش عقیده داشت کوانتم مکانیک پیشرفت نکرده بود.

مثلاً در سال ۱۸۱۰ که دالتون فرضیه اتمی را پیشنهاد کرد کوچکترین شاهدی برای آن نداشت اگر فرضیه اتمی جدی گرفته نمی شد جدول مندلیف به وجود نمی آمد و کشف یکسری از عناصر صورت نگرفته بود چون طبق جدول مندلیف پیش بینی کردند و کشف شد.پس اتمی کشف نشده بود ولی حدس می زدند بهترین گزینه تفسیر قضایا می باشد.آنقدر قضیه تغییر کرد که برای توضیح پروتون و نوترون فرضیه کوارک را مطرح کردند و این کوارک در آزمایشگاه مشاهده نشد آمدند و فرضیه ای ساختند بااین عنوان که چرا در آزمایشگاه کوارک مشاهده نمی شود.یعنی یکسری نیروهایی را آوردند که کوارک را داخل ذره مقید می کند.

سوال : دلیل اینکه در طی ۵۰ سال این ایده پوزیتویست بر علم غلبه داشت چه چیز بود؟علتی داشت؟

جواب: بله علت داشت و علت آن این بودکه اینها و کوانتم فیزیکیست ها همدیگر را تایید کردند و کوانتم فیزیک هم در آن موقع بسیار موفق بود پدیده های هسته ای و اتمی را توضیح داده بود تا چند رقم اعشار و موفق بود خیلی خیلی واضح کوپر دلیل قضیه را می گوید، می گوید دو دلیل داشت که اینها به این مسائل چسبیدند یکی توفیق فوق العاده فیزیک بود و یکی نمی توانستند معنادار بکنند کوانتم مکانیک را بنابراین

آمدند و متوسل شدن به این راه یعنی دیدند که اگر بگویند یکسری سوالات را جواب نمی دهید از دست همه راحت می شوند بعد دیدند که قضیه به این راحتی هم نیست در دهه ۲۰ یکسری در آلمان و عده ای در وین این بحثهایشان جا افتاده بود

پس صریح گفتند وقتی یک چیز موفق داریم که همه چیز را توضیح می دهد دیگر به دنبال چه هستیم حرف روزنلفد است که می گوید ما یک ریاضیات داریم که همه چیز را جواب می دهد دیگر به دنبال چه هستیم.

البته زیاد طول نکشید بیست سال بعد قضیه بهم خورد به همین خاطر یک فیزیکدان برنده جایزه نوبل طراز اول می گوید برای ۵۰ سال بوهر ما را شستشوی مغزی داد.

پس لاجرم خودشان این نظریه را کنار گذاشتند،نکته ای که در مقابل اینکه مشاهده منشاء هر دانشی است پس مگر ما چند آزمایش می توانیم انجام دهیم یکی،دوتاسه تا حداقل نباید آن را تعمیم دهیم چرا که این تعمیم دادن متناقض فرض است سوای اینکه این مشاهده پذیری را به عنوان اصل بگیریم این از کجا آمده است؟

.این را شما به عنوان یک فرض متافیزیکی ماتقدم قبول می کنید.که اگر یک مواردی مشابه هستند یکنواختی طبیعت درپدیده های مشابه این را به صورت یک قانون در می آورد مثلاً اگر یک فلز آهن یا سیم مسی را

من ۱۰۰ درجه حرارت بدهم.آنقدر طولش اضافه شد در هرجای دیگر هم این کار را بکنم همین قدربه طولش اضافه می شود.این را به عنوان یک نکته کلی به کار می برید.

ایراد دیگر آنکه هر فیزیکدان و محققی یکسری اصول را به عنوان اصول راهنما به کار می برد،اصول راهنما اصول ارشادی هر محققی برای هایزنبرگ سادگی قضیه یک اصل ماتقدم بود.

برای دیراک زیبائی قضیه یک اصل ماتقدم بود.وحتی خود دیراک که از بانیان کوانتم است در جایی که به بی نهایت ها مواجه می شد ،حاضر نبود زیر بار برود

سوال:آ یا ایده هیوم هم نقض شد؟

جواب:ایراد هیوم هم بله،اگراین کار را بکنید یک قدم پیش نخواهید رفت و فقط درباره احکام ذهن صحبت می کنید،هیوم حرفش این بود که شما فقط تقارن و هم زمانی را می بینید و غیره

ولی هر همزمانی لزوماً رابطه بین علت و معلول را برقرار نمی کند حال شما می خواهید عالم را توضیح بدهید

وقتی درباره تحلیل تابع موج از وی پرسیدند گفت من اصلاً جواب نمی دهم چون مکانیک کوانتمی موقت است پس هر کسی اصولی را به عنوان اصول ماتقدم به کار می برد.

مثلاً اینکه تمام نیروها به یک نیرو باز می گردد مثلاً در فیزیک آمده اند و نیروی هسته ای ضعیف ونیروی الکترومغناطیسی را با یک نیرو تفسیر کرده اند و یک نظریه ای را هم با عنوان نظریه الکتروضعیف ارائه دادند.این که همه نیروها بازگشت می کند به یک نیرو از کجا آمده است کدام تجربه چنین مساله ای را به شما می رساند؟

روزی که مرحوم دکترعبدالسلام[۸]به ایران آمده بود سال ۱۳۶۷ که ما دکتری فیزیک را افتتاح می کردیم شب ریاست سازمان انرژی وقت مارا منزل استاد جعفری بردند و من مترجم بودم بین مرحوم عبدالسلام و علامه محمدتقی جعفری اینها بحث داشتند یکی از سوالات علامه جعفری[۹]از دکتر عبدالسلام این بود که نظر شما درباره اصل عدم قطعیت چیست؟

مرحوم عبدالسلام پاسخ داد :که من تابع تجربه هستم وقتی صحبت عبدالسلام را برای علامه جعفری ترجمه کردم گفتند من از شما دو تا سوال دارم : یکی اینکه در فلان مقاله در مورد این قضیه تشکیک کرده اید.و حرفتان با حال حاضر فرق دارد ثانیاًاصل توحید قوا یا وحدت نیروها را از کدام تجربه گرفته اید،مرحوم عبدالسلام سکوت کرد.البته وقتی این

[۸] محمد عبد السلام)زاده ۲۹ ژانویهٔ ۱۹۲۶ در پنجاب – درگذشته ۲۱ نوامبر ۱۹۹۶ در آکسفورد(

[۹] م‌حمدتقی جعفری)۲۴ مرداد ۱۳۰۲[۱] تبریز – ۲۵ آبان ۱۳۷۷ لندن) (۱۳۴۴–۱۴۱۹ قمری) مشهور به علامه محمد تقی
جعفری مفسر نهج‌البلاغه، فقیه، عارف، فیلسوف و مولوی‌شناس معاصر ایران و از بنیانگذاران حقوق بشر اسلامی و اعلامیه حقوق بشر در اسلام (اعلامیه قاهره (بود.

را از لینده کلیهان شناس معاصر سوال کردند اصل وحدت نیروها را ریشه دار در ادیان توحیدی می داند ولی از آزمایش گرفته نشده است.

به همین اصل انیشتین وحدت بین الکترومغناطیس و گرانش را دنبال می کرد و همین بود که سراغ فضای ۵ بعدی رفت که البته موفق نشد ولی دنبال این قضیه بود پس هر فیزیکدان یکسری اصول را برای بنیان یک تئوری به کار می بردویا مبنای پذیرش یک تئوری یا رد یک تئوری همان است .

انیشتین اصل علیت را به عنوان یک اصل ماتقدم قبول داشت به خاطر همین هم نظریه کوانتم را تا آخر عمرش هم نپذیرفت تعبیر رایج در جامعه .

و بالاخره اینکه تجربه گرایی محض راه کشف را می بندد.

سوال:یکی بگوید من فقط به همین ها که دارم اکتفا کرده و فرمالیزم آنها را در می آورم؟

جواب:خوب حق دارد این کار رابکند،ولی ما می گوئیم این جلوی پیشرفت علم را می گیرد اگر کسی بگوید من فقط می خواهم به ذهنیاتم اکتفا بکنم شما جواب قاطع به آن نمی توانیدبدهید.ولی واقعیت این است که اگر به این امر اکتفا کرده بودیم علم به هیچ وجه پیشرفت نمی کرد.

---

[۱۰] Андре́й Дми́триевич Ли́нде

سوال:فرض اینکه ممکن است مسائلی در آینده تحقیق شود و جوابش به دست بیاید با فرض پوزیتویست ها مغایرت داشت؟

جواب:بله،این نبود این مساله مطرح است که یکسری چیزهاست که احتمال دارد هیچ وقت نتوانیم مشاهده کنیم و عده ای از چیزها هست که ممکن است در آینده دیده شود این فرق دارد اینها حرفشان این نبود. الان پوزیتویست به مفهوم فلسفی از همه جا ور افتاده اما ته مانده آن در ذهن بعضی از فیزیکدانان علی الخصوص فیزیکدانان هموطن به جای مانده است البته در غرب هم هنوز هست البته وقتی شما انسانهای درجه اول را می بینید کاملاً متوجه قضایا هستند.

بسیاری از پیش بینی هایی که شده اگر قرار بود فقط به آنچه تجربه نشان داده اکتفا کنید پیش نمی رفت در صورتی که در سال ۱۹۶۳ «گِلمن» [۱۱]مدلی را ارائه داد این مدل پیشنهاد می کرد که در ذرات باریون فلان جرم با فلان استیل باید وجود داشته باشد.این ذره در دو سال بعد کشف شد و همین باعث شد که *find field* ساخته شود.اگر می خواستند صرفاً براساس آنچه مشاهده شده اکتفا بکنند اصلاً جلوی کشف گرفته می شد.

[۱۱] Murray Gell-Mann

یک قضیه وقتی معنی دار است که قابل تحقیق تجربی باشد.

ما می گوئیم خود این اصل از کجا آمده است،آیا تجربی است و چگونه می توان اعتبار یک قانون را در همه زمانها تعمیم داد.شما می گویید قانونی که الان حاکم است قبلاً هم بوده،قبلش هم بوده و غیره،

چگونه می گویید این قانون در گذشته هم حاکم بوده بر اساس کدام تجربه،هیچ راهی برای تایید تجربی آن وجود ندارد. تعمیم این قانون به گذشته و یا آینده فوق تجربه می باشد و مثلاً گفته می شود که قوانینی که در زمین حاکم است عین همین قوانین در کهکشان هم حاکم است پس اگر من طول موج یک هیدروژن را در روی زمین بدانم،حال اگر طیفی با همان طول موج و رنگ هم از سایر کهکشانها بیاید می گوئیم درآنجاهم هیدروژن وجود دارد.همه این تعمیم هایی که وجود دارد بر اساس امری تجربی نیست.

سوال:آیا می توان آنچه با تلسکوپ دیده می شود را نیز در این حوزه آورد؟

جواب:بله ،آنچه با تلسکوپ دیده می شود هم جزء موارد حس قلمداد می شود،اما صحبت ما در جاهایی است که با تلسکوپ هم دیده نمی شد و جستجو نمی شود.

*سوال:آیا ابطال پذیری می تواند معیار باشد؟*ادراکات حسی ما فارغ از پیش فرضهای نظری است؟

جواب : کل دانشمندان علوم اتفاق نظر دارند که ابطال پذیری نمی تواند معیار باشد،اگر چیزی را بخواهیم ابطال کنیم یک مجموعه ای از مسائل را به کار می بریم.در ابطال پذیری همه مجموعه باطل می شود یا یک جزء کوچکی از آن،به خاطر همین است که ابطال پذیری را به عنوان یک معیار کنار گذاشتند.ببینید،وقتی که آمدند و دیدند که نمی توانند حرکت اورانوس را توضیح دهند،راهش این است که بگویند تئوری نیوتون باطل است،آمدند و گفتند آیا می شود وجود یک شی دیگری را فرض بکنیم که اگر آن بیایدحرکت اورانوس توضیح داده شود.دیدند که بله اگر نپتون را فرض کنند و نپتون هم فلان جا باشد قضیه حل می شود.اگر نپتون در کار نبود نمی گفتند تئوری نیوتون ابطال شده است،همواره امکان اینکه شما چیزی را در نظر گرفته باشید وجود دارد. و تئوری را با یک اصلاح کوچک،اصلاح کنید

همین کاری که درمورد تئوری نسبت عام انیشتین اتفاق می افتد.چیزهایی را نمی توانندتوضیح دهند،چیزهایی را به آن وصله می کنند.

مثلاً می گویند در یک دورانی از جهان تورمی وجود داشته است خوب اینها می توانند بروند و یک تئوری جدیدی بسازند،چون این قضیه ابطال پذیری قضیه جاافتاده ای است به خاطر همین می روند به دنبال تئوری های آلترناتیو بتوانند قضیه را راحتتر توضیح دهند،بعد از کوپرعنوان می شود که ابطال پذیری به صورت قاطع درست نیست،ازجمله خود

شاگردهای کوپر هم این حرف را زده اند،چالمز را نگاه کنید می گوید این حرف کوپر نمی تواند در حالت کلی درست باشد

اتفاقاً،نه اصلاً این طور نیست،نکته که علی رغم اختلاف نظر فلاسفه علم باهم در آن اتفاق نظر داشتند این بود که ما با ذهن خالی به دنبال علم نمی رویم.شما همواره با یک ذهنیتی می روید که اگر آن ذهنیت نبود شاید نتایج دیگری حاصل می شد،مثلاً میلیکان[۱۲]در آزمایش قطرات روغن برای اندازه گیری بار الکتریکی الکترون،به این نتیجه گرفت که بارهای الکترون مضرب درستی از بار کمتری بودند که اسم آن را بار الکترون نام نهادند.اینها همه یونهای منفی بودند که بار یکی دو برابر،یکی سه برابر بار الکترون کمترین بود.میلیکان نتایجش را منتشر کرد براساس ۵۸ یافته یعنی ۵۸ آزمایش،گزارش داد اینها باری که دارند یک مضرب درستی از عدد کوچکی می باشد.بعدها یکی از دانشمندان که اهل هاروارد است رفت و دفترچه آزمایشی میلیکان را دید که میلیکان ۱۴۰ قطره دیده بود.واز ۱۴۰ تا ۵۸ تایی که نظرش را تایید می کرد گزارش داده بود.البته این آزمایش بعدها به صورت صحیح انجام شد و همان نتایج به دست آمد.ولی اگرهمه داده هایش را منتشر می کرد شاید مورد قبول قرار نمی گرفت.

این است که مولوی می گوید

طالب هر چیز ای یار رشیدم　　غیرآنچه که می جوید ندیدم

[۱۲] Robert Andrews Millikan

در سال ۱۹۳۰ دیراک ضد ذرات را پیش بینی کرده بود.که برای یک ذره ای مثل الکترون یک ضدذره ای هم وجود دارد که ابتدا تصور می کردند که پروتون است ولی طبق تذکرات اوین هاور و دیگران متوجه شدند که ضدالکترون جرمش باید با جرم الکترون برابر باشد که اسمش را پوزیترون گذاشتند،

البته در آن موقع ضدالکترون می گفتند و بعد اسمش تغییر کرد. ۱۹۳۲ این پوزیترون در آزمایشگاه کشف شد.بعد تصمیم گرفتند تا روند و آزمایشات سال ۱۹۳۰ را دوباره بازنگری کنند.دیدند پوزیترون آنجا بوده ولی چون دنبالش نبودند اعلامش نکردند. در آزمایشات دیده می شد که یکسری منحنی الکترون به سمت چپ و یکسری همان اندازه به سمت راست بود،اما به ذهنشان نرسیده بود که اینها را چگونه تعریف کنند.حال که به دنبالش بودند آثار پوزیترون را در آنها یافتند. این است که ما با ذهن خالی سراغ آزمایش نمی رویم.

می گویندمنظور از نظریه پردازی تنظیم تجارب بشری است نه پیش بینی و نه توضیح یافته های علمی

اگرواقعاًتنظیم تجارب مطرح است ما که در زمین زندگی می کنیم چرا به دنبال کشف سیارات دیگر و کهکشانهای دیگر هستیم.این علاقه ما چه دلیلی دارد،خوب این علاقه ما حاکی از آن است که ما به دنبال آن هستیم که بدانیم وضعیت جهان از چه قرار است.اینشتین صریحاً می

گوید من علاقه ای که بدانیم طیف این اتم چیست یا آن اتم چیست ندارم من علاقه دارم بدانم این جهان چگونه ساخته شده است.

درزمان معاصر واینبرگ[۱۳]می گوید من نمی خواهم بدانید یک قضیه چگونه است بلکه می خواهم بدانم چرا اینگونه است.

یا واضعان قضیه تئوری ریسمان هم ادعایشان این است که می خواهیم جهان را بفهمیم،چراروی طیف ستاره ای دوردست که هیچ تاثیری روی ما ندارد کار می کنیم،چرا به دنبال کشف ذره هیگز میلیونها دلار خرج می کنیم؟که بفهمیم هست یا نیست چرا؟چون می خواهیم بفهمیم که قضیه از چه قرار است

هایزنبرگ داستان جالبی را نقل می کند می گوید قبل از رهاسازی اتم ها من با فرمی بحثی داشتم من اعتقاد داشتم درست نیست این آزمایش را بکنیم فرمی جواب داد خوب نیست که بفهمیم که طبیعت را خوب فهمیده ایم یا نه؟

سوال:وقتی که آزمایشات صورت می گرفته آن وقایع واقعاًاتفاق می افتاده ولی در توجیه مشکل بوده است؟

جواب:بله،وقتی که در پیش ذهنتان پوزیترون نیست اصلا به آن توجه نمی کنید،یعنی یکسری چیزها را در طبیعت نادیده می گیریم.وقتی

[۱۳] Steven Weinberg)

دنبالش هستیم می دیدیم که اینجاست . پیش ذهن به شما کمک می کند چیزی را بیابید یا نیابید.

سوال:دوباره اینجا به کانت می رسم،که همه چیز از ذهن تولید می شود؟

جواب:نه،ببینید ما الان مشکلی که درمحیطمان داریم سر مساله کانت است برای اینکه آنچه کانت را به شدت مورد تاثیر قرار داد مکانیک نیوتونی و هندسه اقلیدسی بود.می دید اینها خیلی موفق هستند.اگر کانت به جای زندگی در قرن ۱۸ در دوره معاصر زندگی می کرد.اگر می دید چه بر سر فیزیک نیوتونی آمد و هندسه اقلیدسی چگونه همراه پیدا کرد و غیره دیگر به آن نتایج نمی رسید.متاسفانه آنچه در غرب صورت گرفته که فلاسفه با متد علمی و زیبا به نقد کانت پرداختند درمحیط ما صورت نگرفت

یعنی نظرش این بود این آزمایش اتمی بشود تا متوجه شوند که طبیعت را درست فهمیده اند یا نه،از آغاز تاریخ علم تا دوره معاصر این مساله مطرح بوده که بفهمند ساختار عالم چیست.اکتفا به بعد زمینی مسائل نکردند بلکه کل عالم را،این نگرش پوزیتویست که ما فقط می خواهیم مشاهدات خود را به هم ربط بدهیم این علم را عقب می اندازد.واگراکتفا به این نکرده بودند سرعت علم خیلی بیشتر بود.

با مسائلی که گفته شد فلسفه به محیطهای فیزیکی بازگشته است،اما متاسفانه در محیط دانشگاهی ما خیلی محدود برخورد می شود و علیرغم اینکه در غرب متوجه شدند که خیلی از مسائل باید تغییر بکند در محیط

ما هنوز حرف آخر تلقی می شود و خیلی کورکورانه و سرسری این تقلید صورت می گیرد.

فقط و فقط با فرمالیزم سروکار داریم و با ریاضی سروکار داریم و با فهم قضایا هم اصلاً سروکار نداریم در سمینار نجومی که در همین سال در دانشگاه تهران منعقد شد.یک دوست بزرگواری سمیناری درباره گرانش ارائه دادند.یکی از دانشجویان حاضر از سخنران سوال کردند که شما می توانید بگوئید:

ارتباط کل بحثتان با گرانش چه بود؟یک کلمه اسم هم نیاورده بود.

چون فکر می کرد که فقط باید فرمالیزم را بگویدو این کفایت می کند و همه باید ذهن ابن سینائی داشته باشند تا بتوانند خودشان حدس بزنند.توضیحی هم که ارائه داد روشن نشدکه این همه محاسبات چه ربطی دارد به گرانش،آنچه می خواهم از این مباحث نتیجه بگیرم آن است که،فهم فیزیکی خیلی مهم است.وبزرگان فیزیک مثل اینشتین،نیوتون و ماکسول ضمن اینکه پیشرفته ترین روشهای ریاضی روزگار خود را به کاربردند فهم هم برایشان مهم بود.وتاوقتی چیزی را نمی فهمیدند چاپ نمی کردند.ما مکرر این قضیه را از اینشتین می بینیم چیزی که در آن اشکال دارد چاپ نمی کند پس بوهر می آید همان را چاپ می کند و برنده جایزه نوبل می شود.

فیزیک اقتضای تامل دارد بزرگانی که در جهان اسلام بودند بیش از همه چیز تامل داشتند

ابن هیثم به دنبال بطلمیوس می آید درباره رویت و نور و چشم و امثال آن ولی کلاً یک کتاب می نویسدباعنوان الشکوک علی بطلمیوس،تمام این کتاب تشکیک بطلمیوس است و در اول این کتاب این است از اصول اولیه که در علم باید در نظر داشته باشیم این است که اثبات بخواهیم و حرفها را بدون اثبات قبول نکنیم.با آن همه تجلیلی که از بطلمیوس می کند می گوید علم حسابش،حساب دیگری است.یکی از انتقاداتی که یکی از این کیهان شناسان معروف کمبریج می کند این است که نسل جوان ما خیلی نسل پیروی شده اند و کاری تبعیت کردن است و فیزیک با این مدل پیشرفت نمی کند اگر فیزیک بخواهد پیشرفت کند محققین باید با ذهن زنده طرف باشند.

سوال:همین چیزی که می گوئید هرچیزی راباپیش فرض های خودمان کشف می کنیم با چند مثال عنوان کردید این مساله استقرائی است یا اثباتی برای آن وجود دارد؟

جواب:نه،شماریاضیات را به کار می بریدوبا آن طبیعت را توضیح می دهید آیا شما می توانید جواب دهید که زبان ریاضی برای توضیح طبیعت کفایت می کند.اثبات نمی توانید بکنید ولی به طور شهودی می توانید بفهمید که چرا؟برای اینکه توضیح شما این است که ذهن شما و طبیعت به یک منشاء باز می گردد اگر این را بخواهیم توضیح دهیم به

زبان حس قابل توصیف نیست.توضیح این است که ذهن شما وطبیعت باهم گره خورده اند و به هم مربوطندوبه خاطر همین هم هست که شما می توانید طبیعت رابفهمید. اصلاً اگر این فرض را کناربگذارید هیچ علمی وجودندارد،فرقی را که بین علم و دین می گذارنداین است که می گویند در دین شما یکسری مسائل را مسلم فرض می کنید، ایمانی فرض می کنیم ولی در علم این کار را نمی کنیم.

اما اینشتین می گوید،نه، همین که ما یقین داریم که می توانیم طبیعت را بفهمیم این را به عنوان یک ایمان قبول داریم

ویتن به عنوان یک ایمان قبول دارد که نظریه ریسمان درست است خیلی چیزها را گرچه نمی شود اثبات کرد ولی به عنوان امری بین اذهانی این امور به هم بی ربط نیستند یک جایی با هم تنظیم می شود.اگر این فرض را نکنیم هیچ چیز قابل توضیح نیست براساس تجربه صرف هیچ چیز را نمی توانید توضیح بدهید.همواره به اسرار برخورد می کنید آیا راهی دارید که بتوانید این اسرار را به هم متصل کنید،بله آنجا هم باید یک فرض فوق فیزیکی به کار ببرید که اینها را به هم متصل کند.

هایزنبرگ براساس یک اعتقاد صرفاًفلسفی مبنی براینکه رفتن از جهان بزرگتر به جهان های کوچکتر مثلاً اتم به هسته و الکترون،هسته به پروتون ونوترونها وآنها به کوارک و همین طور کوچکتر بی فایده است

از ساختن سیکلوترونهای بزرگ در اروپا تا سالها مخالفت کرد صرف اینکه از نظر فلسفی متقاعد شده بود که این کار کار عبث و بیهوده ای است،

ومثلاًبورن در مقاله ۱۹۲۶ خود در استدلالاتی که در پراکندگی الکترون ذکر می کند عنوان می کند detminism را کنار می گذاریم ولی صریحاًاعلام می دارد که استدلالات فیزیکی در جهت کنار گذاشتن آن وجود ندارد یعنی من یک تصمیم فلسفی اتخاذ کرده ام در مابقی حرفهای بورن هم این مسائل منعکس شده است.

بعضی سوالات درعلوم وجوددارندکه جوابهای آنها فراتراز علم است،خود سوال ازمتن فیزیک با علم بیرون آمده است وجوابی که به آن داده می شود فراتر ازعلم است.

واقعیت فیزیکی چیست؟آیاواحداست یا متعدد؟آیا مادی است یا غیرمادی یاهردو؟

اگر از هایزنبرگ[۱۴]سوال کنیم جواب می دهد که انتهای خط غیرمادی است وبنا به دو مکتب قدیم که اعتقاد برآن داشتندکه چون ذیمفراطیس جهان از اتمها ساخته شده ومکتب افلاطون که معتقد به ساختارریاضی جهان بود،هایزنبرگ اعتقاد داشت که من متمایل به مکتب افلاطون شده

[۱۴] Werner Karl Heisenberg

ام.وآنچه که من از شاگرد هایزنبرگ در کنفرانس فنلانددیدم و شنیدم که می گفت هایزنبرگ یک فیزیکدان تمام عیار افلاطونی شده بود.

آیا این جهان را می توان کلاً به صورت ریاضی عنوان کرد؟

اگرازگودل[۱۵]سوال شود می گوید که نه،همواره یکسری سوالات در ریاضی وجود دارند که بر اساس اصل گودل کذب یا صحت آن قضایا بوسیله آن علم قابل اثبات نیست به همین دلیل عده ای از فیزیکدانان عنوان می دارند که فیزیک هیچ گاه پایان پذیر نیست و تئوری همه چیز امکان ندارد و بعضی ها مثل جان بَرُو[۱۶]کیهان شناس می گوید شاید معنای آن این باشد که شاید نتوان تمام فیزیک را به صورت ریاضی بیان کرد شاید این مسائل نزد فیزیکدانان خیلی پیش پاافتاده می آید و حدود چندهزار سال مردم با پیروی از ارسطو به دنبال این بودند که ریاضی را به کار نبرند،واززمانی که گالیله گفت که ریاضیات زبان طبیعت است،ریاضیات ابزار فیزیک شدولی همه طبیعت رامی توان براساس ریاضی توضیح داد؟ویگنر[۱۷]عنوان می دارد که نه لااقل براساس ریاضیات و فیزیک فعلی ما نمی توانیم شعور را توضیح بدهیم وشاید هیچ وقت هم نتوانیم توضیح بدهیم. پنتروز[۱۸]هم می گوید ما با یک سیستم الگوریتمی

---

[۱۵] Kurt Gödel
[۱۶] John Breaux
[۱۷] Eugene Paul "E. P." Wigner
[۱۸] Sir Roger Penrose

نمی توانیم شعور را توضیح بدهیم.اینها بحث های بنیادی فیزیک است که نمی توان این مباحث را کنار گذاشت.

چرا ریاضیات در توصیف فیزیک موفق بود؟

شاید برخورد اول این مساله ای ساده به نظر برسد ولی وینگر طی مقاله ای عنوان می کند که این یکی از اسرارورازهای طبیعت است.این ها مسائلی است که در فیزیک بنیادی مطرح است و بنا به گفته اینشتین فقط فیزیکدان توان بحث کردن درباره آن را ندارند.

اینشتین به مطلبی را اشاره می کند که در مقاله ای در سال ۱۹۲۹ بیان می شود برمن[۱۹]در ابتدای این مقاله بنا به صحبت اینشتین می گوید برای وارد شدن به این مباحث،فیزیکدان و فیلسوف و ریاضی دان باید با هم گرد آیند و بحث کنند و همین حرف اینشتین را در زمان ما هنری استپ[۲۰]می گوید،او دانشمندی از برکلی است که روی مسائل بنیادی فیزیک کار می کند، وی فردی است که با تمام پیروان مکتب کوپنهاگ مکاتبه کرد تا متوجه شود جمع بندی نظرات آنها به چه چیزی می رسد.

وی در مورد شعور به این نتیجه رسیده که برای پی بردن به این مسائل می بایست تمام رشته ها با هم همکاری کنند.

---

[۱۹] Marcelo Samuel Berman

[۲۰] Henry Stapp

واین طور نباشد که فردی در گوشه ای بنشیند و عینکی خاص بر چشم نهد وبا این عینک تمام مسائل را ادعای حل شدن بکند البته این مساله ای است که بارها به آن تأکید شده و علی رغم تأکید طرفدار چندانی ندارد.

این مسأله در تمام حوزه ها حتی حوزه های دینی هم باید دیده شود،در سال ۱۳۷۵،طی نامه ای از رهبری ایران تقاضا شد که رسماً علوم جدید وارد حوزه های علمیه شود و در این صورت با نفوذ علوم روز حرفهائی برای گفتن وجود داشت ولی متأسفانه هم وزارت علوم وقت و هم مدیریت حوزه قم با این مساله مقابله کردند و زیر بار آن نرفتند.

سوال:تعریف مفاهیم غیرمادی در فیزیک چیست؟

جواب:درفیزیک چیزی نیست ولی در فلسفه هست،غیرمادی را در بعد و زمان برای آن وجود ندارد ولی در فیزیک اصلاًغیرمادی را قائل نیستیم

سوال:پس انتهای خط غیرمادی است یعنی چه؟

جواب:یعنی،معادلاتند،معادلاتند که تجلی پیدا می کنند به این ذره و این ذره و معادلات در این جهان نیستند خوب این استدلالات با نظریات افلاطونی راحت تر بیان می شود،جهانی ریاضی وجود دارد که

فیزیک خیلی از مسائل را توصیف می کند که توضیحی درباره آن نمی دهد.

در مورد احیای فلسفه در فیزیک می توان به دوره چهارساله جدیدی که دانشگاه oxford به جریان انداخته اشاره کرد که در این دوره سه سال اول نیمی از دروس فلسفه و نیمی از دروس فیزیک است و بعدازآن دو درس یکی فلسفه فیزیک مقدماتی و دیگری فلسفه فیزیک پیشرفته وجود دارد.ودر دانشگاه کلمبیا دوره کارشناسی ارشد مبانی فلسفه فیزیک وجود دارد که در این دوره فلاسفه ای چون آلبرت و فیزیکدانان برجسته ای تدریس می کنند و مدرکی رسمی اعطا شده که در مقطع دکتری در فیزیک یا فلسفه می توانند ادامه تحصیل بدهند.

و اما فیزیک بنیادی،فیزیک بنیادی را یکسری از دپارتمانهای فیزیک در اروپا و آمریکا به کار انداخته اینداشگاه جرج تاون آمریکا دوره fundomential physics دارد. دانشگاه جان هاوکینگ آمریکا،دانشگاه برلند،دانشگاه فیلیپس آلمان، دانشگاه بارلی ایتالیا،دانشگاه وین،دانشگاه پوترش هلند،وموسسه TaTa در هند fundmental research از پیشتازان قضیه می باشد و خیلی مستقل در فیزیک کار کردند چند سال بدور از جو بیرون کارهایی کردند،سوالاتی مطرح کردند، ایراداتی گرفتند و پاسخ دادند و از بهترین کارها را نیز انجام دادند.هند مانند سابق نیست علی رغم جمعیت فراوان و فقر اجتماعی حاکم در عرصه علوم پیشرفت زیادی کرده و به خصوص در مبانی حرف اول را می زند.

نقش ریاضیات در فیزیک:

ریاضیات کاربرد جدی آن در فیزیک در غرب اتفاق افتاد،درجهان اسلام هم مسلمین تا حدودی روی این جریانات کار کرده اند مثلاًمسأله فیثاغورث را $x^2+y^2=z^2$ خواجه نصیرالدین طوسی به ۴۰ طریق اثبات کرده است و محاسبات زیادی انجام شده ولی کاربردش در فیزیک کمتر دیده شده،ولی افرادی چون ابن هیثم بصری در منایا و مناظر قوانین ساده ای را استفاده می کردند

ولی رسماً از زمان گالیله به بعد کاربردهای ریاضی در فیزیک رایج می شود.البته در نجوم در ساختن الگوها را اگر استثناء کنیم،به طور جدی بعداز گالیله توسط لایبنیس و نیوتن این مباحث جدی تر مطرح می شود.

نیوتون به دنبال معادلاتی بود که بتواند به وسیله آنها پیش بینی هایی را درمورد آینده سیستم های فیزیکی انجام دهد به همین دلیل به دنبال محاسبات و calculate رفت و همین محاسبات را لایبتیس نیز به طور موازی با نیوتون انجام داد و حساب دیفرانسیل و انتگرال را به وجود آوردند.فیزیکدانان بزرگ ریاضی دانهای بزرگی هم محسوب می شدند،لاکرانژ،اویلر،هامیلتون،آنها به اقتضا سعی کردند که ریاضیات متناسب با فیزیک را هم بسازند.مکانیک تحلیلی دست پرورده کارهای لاکرانژ و اویلر می باشد.اینها فیزیکدانانی بودند که احساس کردند برای اینکه بتوانند فیزیک را در ریاضی جای دهند احتیاج به ریاضیاتی جدید

است پس دست به ساخت مکانیک تحلیلی زدند و قوانین نیوتن را به زبانی زیباتر و جامع تر پرورش دادند.

مثل مادی آن دراین جهان به گونه ای دیده می شود مثلاًدایره رادرنظربگیرید مکان هندسی نقاطی که تمام نقاط آن تامرکز به یک فاصله باشد تمام دایره هایی که رسم می کنید اگربادقت مشاهده شود این طور نیست.

سوال:می گویند شعور را نمی توانیم با ریاضی توضیح دهیم؟

جواب:بله خصوصیاتی دارد که نمی توان با الگوریتم آن را توضیح داد حرف بزرگان این است که اگر شما ابرکامپیوتر بسازید باز هم محدودیت دارد و شعور محدودیت ندارد.

موضوعی که در قرن نوزدهم اتفاق افتاد این بود که یکسری از این ریاضی دانان به دنبال آن رفتند که ریاضیاتی مستقل از فیزیک را بپرورانند.یعنی در پی کاربرد آن در فیزیک نباشند که این قضیه خیلی برکات داشت که ماحصل آن در آینده به خود فیزیک هم رسید.

مثالاً در قرن نوزدهم که ماتریس توسعه پیداکرد هیچ تصوری نمی شد که آن را بتوانند درفیزیک استفاده کنند حتی در ۱۹۲۵ که هایزنبرگ می خواست مکانیک ماتریسی را عنوان کندخودش هیچ تصوری خاص از

ماتریس نداشت.بلکه استاد بورن[۲۱]در سال ۱۹۰۶ درس ماتریس را گرفته بود،بعداز نظریه هایزنبرگ به او گوشزد کرد می تواند از آن استفاده کند در صورتی که اصلاً هایزنبرگ نمی دانست که ماتریسی هم وجود دارد،و وقتی که در سال ۱۹۳۹ هایزنبرگ و شوردینگر[۲۲]جایزه گرفتند،بورن خیلی مکدر بود،ومی گفت این هایزنبرگ اصلاً نمی دانست ماتریس چیست البته هایزنبرگ هم چندان راضی از این وضعیت نبود تا آنکه در سال ۱۹۵۴ بالاخره بورن هم جایزه ای را دریافت کرد.وهمچنین مثلاً هندسه غیراقلیدسی که ساخته شد نیت این نبود که برای کاربرد در فیزیک ساخته شود ولی اینشتین در احتیاجی که در ساختن نظریه نسبیت عام داشت از هندسه ریمانی در فیزیک خود استفاده کرد.

سوال:آیااین مساله که ریاضیات می تواند تمام مسائل فیزیک را حل کند برفراز تداخل فلسفه با فیزیک نیست؟

جواب:نه،بستگی دارد به جهان بینی شما که شما از فیزیک به دنبال چه چیز می گردی آیا به دنبال این هستی که کشفی شده شما یکسری پیش بینی انجام دهی و آن را توضیح بدهی یا نه شما این ها را مقدمه بگیری که جهان را بفهمی،درصورت فرض نخست که فرضی است ناکارآمد و جلوی پیشرفت فیزیک را هم می گیرد حرف شما صحیح است ولی در صورت فرض دوم نمی تواند ریاضیات صرف کارآمد باشدافرادی چون پوانکاره علاقه به ریاضیات محض غیرکاربردی داشت ولی

---

[۲۱] Max Born

[۲۲] Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger

فیزیکدانان وقتی از آنها سوال در مورد فیزیک می کنی به دنبال آن هستند که بتوانند طبیعت را بفهمند،ووقتی گالیله می گوید که ریاضیات زبان طبیعت است یعنی به وسیله ریاضیات بتواند طبیعت را بفهمد و به راز طبیعت پی ببرد. نه فقط حروف را بخواند بلکه ببیند در پس این نوشته ها چیست مفهوم را بفهمد،هیچ کدام از فیزیکدانان بزرگ اکتفا نکردند به صرف محاسبه

پس وقتی ریاضیات مستقل از فیزیک توسعه پیداکرد بعدها فیزیک ازآن در توسعه خود استفاده کردمثل فضای هیلبرت[۲۳]در کوانتم،ماتریس در همه جای فیزیک،هندسه ریمانی و غیره،البته وقتی بازهم جلو می رویم بازریاضیات چهره ای انتزاعی تر از خود به نمایش گذاشت،به دنبال آن رفتند که کل ریاضیات را به یکسری سلسله اصول تقلیل بدهند،کار روی نظریه مجموعه ها به این مساله کمک کرد،وکار هیلبرت درسال۱۹۳۰این بود که کل ریاضیات را به یک مجموعه تقلیل دهد،در همان زمان در همان محیط گودل قضیه خود راارائه داد. که البته روی ریاضی دانانی چون هیلبرت موثر بود ولی فیزیکدانان توجه شایانی تا سال ۱۹۷۰ به آن نکردند.

چراریاضیات که فارغ از فضاوزمان است به کارفیزیکی که دربندفضاوزمان است می آید؟

[۲۳] David Hilbert ،

جوابهایی که به این سوال می دهند متفاوت است گروهی چون گالیله می گویند که ریاضیات صرفاًیک زبان برای طبیعت است وازروی کاوش آن می توان مفاهیم طبیعت رابیرون کشید،گروه دیگر نظیر بورن معتقدند که ریاضیات علم ساختارهاست وطبیعتاً می تواند ساختاری که متناسب بافیزیک هم باشد ارائه دهد، و عده ای هم که افلاطونی فکر می کنند،می گویند ریاضیات جهانی است که تصویر ناقصی از آن در این دنیا وجود دارد و خود را نشان می دهد،مثلاً عدد ۲ به طور خالص در طبیعت وجود ندارد می گوئیم دوتا سیب،دوتاگلابی و... ولی خود دو مفهومی است که در عالم دیگری نمود دارد و یا مفهوم دایره وغیره که خیلی از نظریه پردازان هم اینگونه فکری دارند،

پس عده ای گفتندکه ریاضیات ابزاراست یعنی زبان طبیعت است ومابامطالعه این الفبا می توانیم طبیعت رابفهمیم اماعده ای گفتندکه ریاضیات چیزی بالاتر از یک زبان است،وریاضیات عالمی خاص خودرادارد‌وحتی هندسه اقلیدسی وناقلیدسی هرکدام عالمی برای خوددارند،ومی گویندریاضیات عبث نیست،مثلاًسیستمی داشته باشیم که لباچفسکی باشد،یکی ریمانی باشد،یکی گوسی باشد،هرکدام ازآنها درعالمی تجسم پیداکرده است،پس عده ای اعتقاد به ابزاربودن ریاضی دارند،عده ای اعتقادبه عالم جدابودن ریاضی دارندوعده ای هم اعتقاددارند که دربدو خلقت ریاضیات و فیزیک باهم کوبل شده اند پس بدین لحاظ می توانند،همدیگرراتوضیح دهند.

پس ریاضیاتی ساخته شده مختص خودفیزیک مثل مکانیک تحلیلی ویاحساب ودیفرانسیل وبعدازآن ریاضیاتی ساخته شدکه درابتدامستقل ازفیزیک بودوبعددر فیزیک کاربرد پیداکردوقسمت دیگرریاضیاتی بود که برای فیزیک ساخته شده بودولی این ریاضیات کاربردش درخودریاضی بیشتربود.مثل ایستافتونها که در خود فیزیک به کاررفتند،بعددرخودهندسه به کاررفتند،وبه قول فیزیکدانان آنقدر که برکت string theory به ریاضی رسیده به خودفیزیک نرسیده است.چون سوالات بنیادی فیزیک هنوز باقی است ولی ریاضی دانان مسائل مختلفی رابرای خودبه اثبات رساندند.

سوال:اثرقضیه گودل برنظریه وحدت نیروهاچه بود؟

جواب:باوحدت درنیروی الکترومغناطیس وهسته ای ضعیف به دنبال این بودند که هسته ای قوی وگرانش راهم به نوعی باآنها وحدت دهندوکل فیزیک راازیک نظریه بایک سری اصول توضیح دهند اما قضیه گودل عنوان کردکه این نمی تواند کل فیزیک را توضیح دهد ابتدا فیزیکدانان زیربار نرفتند ولی بعد متقاعد شدند.نظریه همه چیزیعنی،هرچیزی که درعالم هست رابتواند توضیح دهد،چرااین،این جرم را دارد،چرااین دراین فاصله از خورشید است نظریه نیوتون هفت سیاره را که بعدها دوتا به آنا اضافه شد قبول کرد ولی نمی توانست بگوید چرا فاصله آنها این است و نظریه همه چیز باید همه اینها را توضیح دهد بگوید که یک الکترون که اسپین آن ½ است جرمش چرا انقدر است، اگر استثنائی در طبیعت پیدا کنید چه نظری چه علمی،قانون را از بین می برد. این بدین معنی است

که کل طبیعت را نمی توانیم توضیح دهیم و این به معنای آن نیست که هیچ کاری نکنیم،بزرگترین دلیل هم،همین که با تئوری های موجود خیلی کارها را کرده ایم.ادعای اینکه یک تئوری جامع داشته باشیم که همه چیز را توضیح دهد و خودکفا باشد واحتیاج به چیزی نداشته باشد ادعای بزرگی است ولی تئوریهای ناقص می توانند *خیلی* کارها را بکنند مثل معادلات شورینگر که نسبیت و اسپین خیلی چیزها را در بر ندارد ولی در عین حال خیلی کارها را انجام می دهد.

نقشی که ریاضیات درفیزیک کوانتوم ایفاکرد:

تاقبل از کوانتوم فیزیکدانان ریاضیات را لااقل به عنوان ابزار به کار می برند، ولی اصل نبودوریاضیات ایزاری بود برای فیزیک اما دو عامل منجر به این شد که ریاضیات،فیزیک را تحت الشعاع قرارداد.یکی از آنها این بود که نظریه کوانتومی بسیار موفق بود شیمی را توضیح داد،فیزیک را توضیح داد.ودیگراینکه فیزیک مساله اشکالات اساسی داشت،پس این مساله به وجود آمد که ما متدی ریاضی داریم که قضایا را خیلی خوب پیش بینی می کند و پاسخ می دهد حالا ما چه کار داریم به فهم قضایا،پس فهم شهودی و فیزیکی قضایا نادیده گرفته شد.

مثلاً جینز[۲۴]به عنوان یک اخترفیزیکدان که در اوایل ۱۹۳۰ وارد عرصه کوانتم شده بود می گوید:«حقیقت بقائی در توصیف یک پدیده در شاکله ریاضی آن نهفته است تاوقتی که نقصی در آن نیست دانش ما درمورد آن پدیده کافی است.» و بورن هم می گوید:« وجود یک نظریه که از لحاظ ریاضی سازگار باشد تنها چیزی است که می خواهیم.»

[۲۴] Edwin Thompson Jaynes

و نکته دیگر این است که فرقی اساسی است بین ریاضیات وفیزیک،درریاضی سازگاری اجزاء باهم یک شرط اساسی است.یعنی باید لااقل سازگاری بین اجزاء برقرارباشدیک قضیه ای را اثبات نکنیم ویک نظریه دیگر آن را نقض کند،درفیزیک علاوه بر سازگاری اجزاء باید طبیعت هم با آن تطبیق انجام دهد. یعنی پیش بینی قضیه باید با طبیعت هم تطبیق داشته باشد.ولی اینها دراین جا توقف کرد،ازآنجاکه ریاضیات جواب درستی می داد،دیگر فهم قضیه مطرح نیست و تا جائی پیش رفتند که گفتند الکترون مکان ندارد تا زمانی که مکان آن را اندازه گیری کنیم.سرعت ندارد تاوقتی که سرعت آن را اندازه گیری کنیم و غیره وبه قول فانیمن[۲۵]یک ورودی داریم ویک خروجی،اگرورودی را بدهیم می توانیم پیش بینی کنیم باچه احتمالی چه خروجی داریم،دیگر به دنبال چه هستیم،این که این وسط چه اتفاقی می افتد،این مطرح نیست،شما $E=e^2/r$ را در هامیلتونی اتم هیدروژن قرار بدهید،جواب درست بدست می آوریم حالا وقتی الکترون اصلاً الکترون مکانی ندارد r به چه معناست درنظرنمیگیریم،یک فرمولی است قرار می دهیم،جواب بدست می آید،همین کفایت می کند،

بعدهاکه غلبه ریاضیات برفیزیک صورت پذیرفت،عده ای اشکالات متعددی را مطرح کردند

[۲۵] Richard Phillips Feynman

سوال:آیانمی توان گفت که خودریاضیاتی از نقش طبیعت درذهن ماپدیدآمده وازاین نقش بابه گونه دیگری دوباره درباره خودطبیعت داریم استفاده می کنیم؟

جواب:اتفاقاً ویگز نیز همین مساله را مطرح می کند که ریاضیاتی که ساخته ذهن ماست چرابابد طبیعت را توضیح دهد.اینهاکه این را توجیه می کنند که همه اینها یعنی طبیعت و ذهن ما در یکجا تنظیم شده اند و آن عالم مجردات است.

سوال:من ازدیدگاه انسان گرایانه به قضیه نگاه می کنم؟

جواب:چراذهن شماوذهن دوستتان روی این مساله توافق دارید این مساله فوق ذهن شماست مربوط به ذهن شمانیست.آن چیست که بین همه اذهان وجود دارد و دو انگشت را همه دو می بینند.فقط ساخته ذهن نیست.

تامتقاعد شدند که باید مسائل دیگری راهم درنظرگرفت ولی این سلطه هنوز در کتابها حاکم است.که ریاضیات را مطرح می کند و به حداقل اشاره می کنند به مشکلات قضیه و به آن کفایت می کنند.

مشکل این بود که می گفتند ما متد ریاضی را پیدا می کنیم حال اگر مابه ازای فیزیکی هم پیدانکرد اشکالی ندارد،مثلاًدر تئوری string theory،اگر ذراتی را پیدا کردید که در طبیعت پیدا نشد،اشکالی ندارد،می گوئیم معادلات n تئوری $۱۰^{۵۰۰}$ جواب دارد،کدام یک از این

جوابها برای جهان ماست، $۱۰^{۵۰۰}$ جواب داریم که هر کدام از این جوابها در یکی از این جهانها می باشد.وتجربه به کار نمی آید، این سخن صریح وینبرگ[۲۶]است در مجموعه مقالات ما باید بیاییم و معیارهای پذیرش نظریه را عوض کنیم یعنی خود را درگیر این نکنیم که حتماً در نهایت تئوری باید باطبیعت هم خوانی داشته باشد،اگر تئوری وجودداشته باشد که حاصلخیز باشدو سوالات زیادی راپاسخ می دهد اگر در مواردی باطبیعت هم همخوانی نداشت،اشکالی ندارد.

متاسفانه اگر مطلبی چندتن از بزرگان علم،عنوان کنند دیگران جسارت مخالفت باآن را ندارند وجای رشد استقلالها گرفته می شود،دراین روند اگر شما بدانید این مسائل فیزیک نیست اشکالی ندارد،ایمشتین وقتی که نسبیت عام را مطرح کرد، روی مبنای خیلی روشن اصل هم ارزی را بناکرد.

سوال:چه دلیلی وجوددارد که مثل افلاطون درست باشد؟

جواب:شماعدد ۲ را همه قبول دارند ولی ۲ وجود خارجی ندارد همین مساله کافیست.

سوال:آیا وجودعدم تناقض را می توان برای این مساله ذکر کرد؟

---

[۲۶] Эрнéст Бори́сович Ви́нберг

جواب:خیر،چون افرادی نظیر ابن سینا که به مثل اعتقادی نداشتند متوجه اصل عدم تناقض نبودند اصلاً این طور نیست.مثلاً دایره به مفهوم اصلی،اصلاًدرعالم مادی وجودندارد بلکه نمایش ناقصی از آن است که از بین می رود در صورتی که اصل آن وجود دارد و در عالم دیگر از بین نمی رود .

مساله این است که شما می خواهید طبیعت را با خود طبیعت توضیح بدهید، اینکه شما نمی توانید شعور را براساس فیزیک توضیح بدهید،البته جو حاکم این است که بالاخره فیزیک شعور را توضیح خواهد داد که تا حال حاضراثری از آن نیست و اگر شدتمام این حرفها باطل می شود.امامساله این است که شما می توانید حرف آخر را بزنید حتی بااین تجربیات ناقص که الان داریم،تاریخ چندهزار ساله را در نظر بگیریم جرأت می کنیم بگوئیم الان آخر خطاست.نمی توانیم بگوئیم، هرتوضیحی بیاید کاملتر می شود.

اما می توان گفت چه فرضی را بکنیم که سازگار باشد وهمه یافته ها را در پرتو آن فرض توضیح بدهد.اصلاً استدلالی که در فیزیک برای رآلیسم می کنند چیست؟ بیشترین تعداد یافته ها را می توانیم با رآلیسم توضیح دهیم.اگر ایده آلیست باشدباید توضیح دهیم چرا یافته های شما و من با هم تطبیق دارد.

برداشتهایی که از یک مساله به علت متفاوت بودن دانش بروز می کند موردنظر نیست بلکه باشرایط خاص مساوی توافق وجود دارد و اگر این توافق وجودنداشت بحث علمی معنی نداشت.

اینشتین گفت ما می توانیم جای میدان ثقل یک دستگاه شتابدار به کار ببریم،واصل هم ارزی را ساخت،واصل این بودکه در هر جا می توانید دستگاه لخت پیداکنید،وهمه قوانین طبیعت درهمه دستگاه ها یک مشکل دارند،اینهااصول واضحی بود که همه می فهمیدند،وقتی ویتن[۲۷] می گوید ماتئوری ریسمان اصلی در اختیار نداریم وفقط پاره ای از مسائل را توضیح می دهیم خوب چگونه آن را مبنی بگیریم برای توضیح همه چیز،سیبر همکار ویتن می گوید:«این نظریه مشابه نسبیت عام نیست که انیشتین اصول را بنا نهادوسپس نتایج را استنتاج کرد ما در وضعیتی عجیب و بی سابقه هستیم می دانیم چگونه نتایج را بدست آوریم،اما نمی دانیم که اصول بنیادی چیست.» پنتروز می گوید:«نظریه ریسمان از نمونه های علم است که به وسیله مدشدن پیش می رود من نظرمبهمی درباره آن دارم بسیاری از ایده های ریاضی در آن بسیار جذاب هستندولی جذابیت آنها به این معنی نیست که درست هستند،آقای وینبرگ می گوید ما مشاهده پذیری را به عنوان بنیاد پذیرش نظریه کنار می گذاریم،یک کیهان شناس متقابل آن می گوید،چگونه شما برای رقبت به یک نظریه می توانید یک اصل مهم که تا

[۲۷] Edward Witten

به حال حاکم بوده را کنار می گذارید.و می گوید ما فراموش کرده ایم که فیزیک نظری غالباً به وسیله افرادی پیشرفت کرده که برنامه های پژوهشی جاافتاده رانادیده می گیرند تابرنامه جدید خود را دنبال کنند چنین افرادی غالباً جوان هستند که شغل آنها آسیب پذیر است یعنی اگر بخواهند برای بقای شغل خود تلاش کنند باید همرنگ جماعت شوند،اگر دید در مورد نظریه تئوری اختلافات زیادی وجوددارد همه به دنبال یک نظریه نروند چرا که در صورت درست نبودن تئوری به جهان خود و جهان فیزیک لطمه وارد می شود. و واینبرگ می گوید خوشحالم که همه به دنبال نظریه ریسمان نرفتند که اگر اشتباه درآمد،همه بازنده نباشند.

مثلاًدرکیهان شناسی الان نظریه تورم،خیلی مد است،درصورتی که آدمهای طراز اول کیهان شناسی شدیداً با این ایده مخالف هستند و اصالتی به آن نمی بینند وعلیرغم اینکه چندمطلب را توضیح می دهد.این مشکلات به خاطر این بوده که ریاضی بیش از اندازه رونق پیدا کرده و به اصطلاح پاراازگلیم خوددرازتر کرده است،فهم قضایا مهم نبوده،مثلاًشما به حالتی منفی رسیدید اگر آنرا مشاهده نمی کنیدمشکلی نیست حالت مجازی است.اصل خودحالت مجازی جای سوال است که آیااصالتاًفوتون مجازی وجود دارد یا ندارد؟

ازطرفی به علت تجربه گرا نبودن ارسطو وی را مورد نقد قرار می دهند واز طرف دیگر به بوهر ایراد می گیرند که قریب ۵۰ سال مارا شستشوی مغزی داد.

سوال:پس استدلالات ابن سینا در چیست؟

جواب:اوبه مجردات اعتقاد دارد و اعتقاد دارد آنهاباعقل فعال ارتباط دارند.

سوال:الان موازی بانظریه ریسمان چه نظریه ای وجود دارد؟

*جواب:نظری***Loop quantum gravity** *و یا نظریه پنتروز که مکانیک کوانتمی اساساً مشکل دارد وقتی اصلش اشکال دارد،بنای ساختمان برآن درست نیست،چراحاکم شده به خاطر مد شدن*

حرف اینهااین است که ریاضیات زیبایی به فیزیک می بخشد،ولی باید توجه کرد که فیزیک اقتضاعات خودراهم داردوبرای فهم طبیعت استفاده می شود.

رئیس دپارتمان ریاضیات می گوید:«سلطه ریاضیات برفیزیک خطرهای خودرادارد،چون می تواندمارافریفته حوزه هایی از علم کندکه کمال ریاضی را دارند،اماممکن است ازواقعیت فیزیکی بسیار دور و حتی با آن بیگانه باشند.»

الن تورین[۲۸]که از ریاضی دانان تراز اول دنیا محسوب می شود می گوید:«چیزی که برای پیشرفت فیزیک فوق العاده مهم است،وجودافرادی قهرمان است که از عقیده غالب پیروی نکنندونسبت به شکها مدلی متفاوت ابداع کنند.»

درعصرما بسیاری ازبحث که می شود تحت شعاع این است که ما یک فرمالیزم داریم که جواب می دهد و دیگر چه می خواهیم ولی ندای بسیاری از بزرگان این است که باید اساساً قضیه درست شود و نباید به ریاضیات و زیبایی آن اکتفا کنیم و ریاضیات موقعی ارزش دارد که بفهمیم در پس این معادلات چیست و فهمی فیزیکی هم به ما بدهد.

سوال:دوباره سوال را مطرح می کنم که این مفاهیم هندسی که در ذهن وجود دارد ممکن است انسان از طبیعت الهام گرفته باشد،یعنی مفاهیم چون خط از نقطه تقاطع دو دیوار یا امثال آن و دوباره به طبیعت بازمی گرداند؟

جواب:یک سوال می پرسم،عدم یعنی چه،عدم در کجای طبیعت وجوددارد،عدم را نمی توان در جایی از طبیعت دست گذاشت،صرف مابه ازای خارجی نیست بلکه ذهن مقایسه ای انجام می دهد و آن را می فهمید،و ده ها مثال وجود دارد که مابه ازای خارجی ندارد،شترمرغ که هفتصد بال داشته باشد،آیا این ذهن سرخود کار انجام می دهد،توانی دارد یاندارد،فرض ما اصلاًحرف عالم مثل نیست چراکه خیلی از فلاسفه

[۲۸] Alan Mathison Turing

عالم مثل را نداشتند،ماگفتیم که در دوران معاصر برای توجیه مسائل ریاضی از آن استفاده می کنند ولی درفلسفه های ما ابن سینا قبول ندارد و ملاصدرا هم موارد رد دارد و هم تایید.

بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی فلسفی مکانیک کوانتمی:

مروری به مباحث گذشته می کنیم قبل از آنکه وارد بحث فصل جدید شویم،عنوان شد که رابطه ریاضی و فیزیک بدین قراربود که فیزیکدانان،ریاضیدانان خیلی خوبی بودند البته فیزیکدانان اولیه قبل از رونسانس و در واقع ریاضیات را به اقتضای مواردی که لازم داشتند پرورش می دادند مثل مثلاً نیوتن که دید نیاز به calculate دارد آن راتنظیم کرد.

قرن نوزدهم قضیه تغییر می کند ریاضی دانان مسیر خود را پیش گرفته و ریاضیاتی که ربطی به فیزیک نداشت را پرورش دادند البته بعضی از این ریاضیات برای فیزیک مفید واقع شد مثل ماتریس ها مثل فضای هیلبرت،مثل هندسه ریمانی اینها را به نیت فیزیک گسترش ندادند ولی در فیزیک مفید واقع شد.

فاز بعدی این بود که وقتی فرضیه کوانتم را پرورش دادند از یک جهت این نظریه در مقام توجیه آزمایشها خیلی موفق بود و از دیگر از نظر فهم کاملاً مشکل داشت به طوری که به قول خود بوهر بانی مکانیک کوانتمی :« هر کسی که بگوید مکانیک کوانتمی را فهمیدم مکانیک کوانتمی را

نفهمیده است.» و این حرف صریحشان بود و فاینمن تا این اواخر هم از این حرف دفاع کرد.یعنی در سال ۱۹۸۲ در مجله

" International jurnal of technical of physics "در مقاله ای که درباره مقدمات مکانیک کوانتمی بود.ذکر می کند این قضیه را که خلاصه گیجی می آورد فهم کوانتم ولی بعداًچون اهمیت ندادند و فقط توفیق ریاضی را کافی دانستند این قضیه به string theoryسرایت کرد و فقط یک فرق اساسی string theory با کوانتم دارد و آن این است که کوانتم لااقل در تمام موارد مستند به تجربه است یعنی تمام مواردی که نظریه کوانتم تااین زمان پیش بینی کرده با تجربه هم خوانی دارد.این فرق اساسی را داردو هشدار گروهی از فیزیکدانان رابه همراه داشت که مانباید شهود وفهم فیزیکی را کنار بگذاریم.

بعدازاین مقدمات می خواهیم وارد نظریه کوانتم شویم.

برای پرداختن به قضیه کوانتوم دو راه را می توان طی کرد که معمول مادراین بوده اول مسیر تاریخی را طی می کردیم.مسیر تاریخی را طی بکنیم می فهمیم چگونه یکی یکی ایده ها روی کار آمدند ولی در کتابها اینطور نیست به صورت اصول گرایانه،خلاصه یافته های قبلی را به صورت اصل قبول می کنند و جلو می روند مثل اینکه ما در ترمودینامیک دو راه داریم یکی اینکه ایده دما و انتقال آن از جسم گرمتر به جسم سردتر را بیان می کنیم و یا ایده ای دیگر به نام انرژی، وقانون بقای انرژی رابعدهابدست می آوریم

سوال:نظر انیشتین درباره قضیه گودل چه بود؟

جواب:اصلاًوارد آن نشد مثل اینکه اصلاًنشنیده باشد،جالب آن که اکثر کسانی که مجاور گودل بودندمثل ویگز که هردو مجاری بودند وآن زمان هردو درمجارستان بودنداصلاًواردابن قضیه نشدند.بعداًمتوجه آن نشدند فیزیکدانها بعداز قضیه ای وارد قضیه گودل شدندوآن اینکه یک میزگردی بود که گلمن و جکی به او می گویدمگر شماقضیه گودل را نشنیده اید،گلمن می گوید نه نشنیدیم بعد جکی باز نقل می کند که

بعداز مدتی دوستی از دانشگاه کالیفرنیا به من نوشت که گلمن سمیناری گذاشته و روی قضیه گودل سمینار داده است.از دهه ۸۰ که فیزیکدانان وارد صحنه شدند در مقام رد برنیامدند. بعضی ها گسترش دادندبعد پنتروز وارد قضیه شدوچندکتاب درآن موردنوشت. بعدًافهمیدندکه نمی شود آن راردکنندوبعدبه طوراساسی این ریاضی واردفیزیک شدعنوان کردندکه ریاضی وفیزیک انتهایی ندارند شمااگرسخنرانی هاوکینگ درسال ۲۰۰۳ دراینترنت مشاهده کنیدکه به مناسبت صدمین سال تولد دیراک درمراسمی کمبریج درطی سخنرانی می گوید:«خیلی ازمامایل بودیم تئوری همه چیز برسیم ولی برای ما دارد روشن می شود که نه فیزیک انتهایی خواهدداشت ونه ریاضی و نه تئوری M .پس دراوایل فیزیکدانان واردآن نشده بودندوآن را جدی نمی گرفتندکسی که خیلی زودمتوجه شدخودهیلبرت بود.که به سرعت ایده خودرادرمورد تقلیل ریاضی متوقف کرد الان همه فیزیک دانان اجماع دارند به این قضیه که نمی توان به ته قضیه رسید.

و راه دیگر آن که مسائل خیلی سطح بالا را به عنوان اصل گرفته و تمام آنها را بدست آوردیم.البته دراینجارسم نیست امادرگذشته ترمودینامیک وآمار رابه صورت اصل واردش می شدند.حال مادراین کتاب ازهمین روش استفاده می کنیم که یکسری اصول را عنوان کرده و سایر مسائل راازآن استنتاج می کنیم.

نکته دراین است که کوانتم مکانیک دوبعدداردیکی توفیق تجربی که روی آن هیچ کس شکی نداردویکی فهم قضایااست که به قول فاینمن شمایک input می دهید و یک output می گیرید و این وسط هم یک فضای تاریک است وتصمیم گرفته می شوداصلاًواردقضایانشویم فقط ابتداواحتمال خروج ویک نتیجه معین،همین ها رابحث می کنیم

اصول کوانتم مکانیک:

اصل اول:هرسیستمی بوسیله یک تابع حالت که تابعی اززمان است معین می شود وحالتهای مختلف سیستم یک فضایی تشکیل می دهندکه به آن فضای حالات سیستم می گوییم.وبه آن فضای هیلبرت می گوییم.

پس هرسیستمی به وسیله یک تابع حالت مشخص می شودوهراطلاعاتی درباره سیستم بخواهیم فقط ازهمین تابع حالت بدست می آوریم.

اطلاعاتی که این تابع یا بردار به شما ندهدازراه دیگرنمی توانید بدست آوریم.

این تابع حالت رادرفضاهای مختلف می شودبیان کرد.اگردرفضای مختصات یعنی همین فضائی که زندگی می کنیم این حالت به این گونه

نمایش می دهند حالامی توان واردفضای انرژی شدپس درکوانتم مکانیک معمولی فضاهای مختلف ارجحیتی برهم ندارند،همه باهم معادل هستند.

اصل دوم:

تحول زمانی بردارحالت از معادله شوردینگر بدست می آید

اصل سوم:

به هرکمیت فیزیکی A یک اپراتور هرمیتی تعلق گرفته می شودمقادیری که این کمیت درتجربه نشان می دهدمقادیرویژه این اپراتورهستند

$$\mathrm{A}\,|\psi \mathrm{j}>=a\,|\psi \mathrm{j}>$$

اگریک اپراتور روی یک تابعی اثرکندیک تابع دیگری نتیجه می شودآن حالتهایی که یک عدد می دهدضربدرآن اینهارابه حالت ویژه می گویندفرض اینکه مقادیری که این کمیت نشان درمقام تجربه نشان می دهند،مقادیرویژه این اپراتور هستندمثلاًبرای اتم هیدروژن مقادیری که بدست می آید همان مقادیری است که جواب معادله شوردینگر می باشد. (-۱۳.۶) .(-۱۳.۶). $\frac{۱}{۴}(-۱۳.۶)$.$\frac{۱}{۹}(-۱۳.۶)$ و غیره

اصل چهارم

مقدارمتوسط این کمیت:

$$\langle \mathrm{A} \rangle = \langle \psi | \mathrm{A} | \psi \rangle$$

$$= \int \psi^* A_* \psi d\psi$$

مقدارمتوسط ازاین رابطه حاصل می شود.

اصل پنجم:

اصل تصویر

اگرسیستم درحالت $\boldsymbol{\psi}$ باشدومابخواهیم،کمیت a رابرایش اندازه گیری کنیم،فرض کنیدکه این A مقدار ویژه اش باشد($a_1 \ldots a_j$) a_i ، a_j ، توابع ویژه اش باشد

$\{|\psi_1> \ldots |\psi_j>\}$ ، $|\psi_1>$ ، $|\psi_j>$ ، آنوقت این اصل می گوید که یک حالت را می توان به عنوان مجموعه ای از حالات بسط داد این را می توان ثابت کرد که اپراتورهای هرمینی بردارهای ویژه شان یک دسته کامل بردار تشکیل می دهند پس هر برداری را می توان برحسب این ها بسط داد و $|\psi>$ را می توان برحسب

$$|\psi> = \mathrm{C_k} \, |\psi_k>$$

ما می خواهیم کمیت A را اندازه گیری کنیم که اپراتور مربوطش S درحالت $\boldsymbol{\psi}$ بگوید اگراین رادراین حالت اندازه گیری کنیم و این $|\psi>$ چنین بسطی داشته باشدبا احتمال $|C_k|^2$ ما مقدار a_k را بدست می آوریم $a_k = |C_k|^2$ ، یعنی سیستم در حالت $|\psi_k>$ خواهد بود.

پس اصل تصویر می گوید اگر شما دراین حالت $|\psi>$ $\{a_1,a_2,a_3,...\}$ این مقادیر رااندازه گیری می کنید یکی ازاین مقادیر رابدست می آوریم بااین احتمال $|C_k|^2$ ،چگونه این حالت تقلیل پیدا می کند،حالتی که مجموعه ای از حالات بود تقلیل پیدا می کند معمای اصلی کوانتم مکانیک است تااین زمان که اصل بحث مفصل ما خواهد بود.

هایزنبرگ می گوید:«الکترون مکانی ندارد تاوقتی که شما مکان آن رااندازه گیری کنید ،الکترون انرژی ندارد،تاوقتی که شماانرژی آن رااندازه گیری کنید،یا مومنتوم ندارد تاوقتی که ممنتوم آن رااندازه گیری کنید وقتی که شما بخواهید مومنتوم آن را اندازه گیری کنید حالتی که فعلاًسیستم درآن هست بیابیم برحسب بردارهای ویژه مومنتم بسط بدهیم آن وقت می توانیدبگویید باچه احتمال،چه مقدار فعلیت پیدامی کند.حرف هایزنبرگ این بودکه سیستم گرایش هاویکسری استعدادها راباخودحمل میکند سیستمی که دراین حالت$|\psi>$ است گرایش دارد که درحالت باشد $|\psi_1>$ یا $|\psi_2>$ باشد با این احتمال $|C_k|^2$ ،وقتی که شما اندازه گیری می کنیدیکی ازاین حالات فعلیت پیدا می کند.این حرفی که سیستم کمیت دنیامیکی بالفعل نداردتاوقتی که اندازه گیری

کنیدیکی از غریب ترین چیزهاست که به راحتی مردم قبول کردندبخاطر اینکه سیستم شان موفق بودوخوب افرادی مانند شوردینگر هم مقاومت کردندو گفتندهرکسی این حرف رابزند احمق بالفطره است ولی به هرحال این یک حرف خیلی صریحشان بود.ونوشته هایشان موجوداست که تا مادامی که کمیتی را اندازه گیری نکردیم آن سیستم،مقدارمشخصی برای آن کمیت ندارد.شوردینگر عنوان می کردکه برویدوتئوریهایتان راکامل کنیدوبرای توجیه یک نظریه به هر راهی متوسل نشویدوگفته اینشتین هم همین بودکه تئوری ناقص است.

عنوان می داشتندکه یکسری کمیت هاوجوددارکه شما ازآن اطلاع نداریدواگر ازآن کمیت ها اطلاع داشتید میتوانستیدعنوان کنیدکه چرااین کمیت یاآن کمیت انتخاب شده است واین که نمی توانید ناشی از جهل شماست واینکه بگوئیم نه این آخرخط است وهیچ چیزدیگرهم اضافه نمی شودوشماهم اصلاًدرباره داخل سیستم حرف نزنیداین ها ازنظراینشتین ،دوبروی و شوردینگر امری پوچ بودوبه هیچ وجه زیربار نمی رفتند.

پس مواردفوق اصول پنجگانه کوانتم مکانیک راشامل می شودواین اصول موردتوافق جامع مردم بود بادرجه ای ازتاکیدواین راباعنوان تعبیر کوپنهاکی یاد می کنند.وجالب این است که استپ ٔگه باتمام بزرگان فیزیک کوانتم مکاتبه داشت می گوید:که این بزرگان حرفهایشان را واضح

---

[۲۹] Henry Stapp

نمی زنندویکی ازدلایل باقی ماندن این مکتب هم گنگی حاکم برآن است.

ونمونه آن حرف وایزگر که یکی از بزرگان این علم است وضمناًیک فیلسوف و مهمترین شاگرد هایزنبرگ محسوب می شود می گوید:«من نامه ای به بوهر نوشتم وگفتم برداشت شماازمکملیت کدام یک ازاین گزینه هاست بوهر جواب داد: هیچ کدام.»حال شمابیاییدسرمکاتبات اخیرجالب این است که حالا فیزیکدانان مقدارزیادی شجاعت به خرج می دهند درکتابی که ازآکسفورد فرستادند دستخط بِر وجوددارد که می نویسد:که بوهر خیلی چیزهارانفهمیدولی چون مرجعیت داشتند آنهم ملاک بودمثل الان که خیلی این چیزها ملاک است وحرفشان را زدند پس اینهادرجات تاکیدمختلف داشتنددرظاهربه گونه ای عمل کردندودرجلسات خصوصی به گونه ای دیگرعمل می کردند.اگرشماکتاب «دیالم» اثرخانم ماریاپلر رامطالعه کنید.

که به همراه یک فیلسوف آمریکائی نوشته است،جلسات تفصیلی آن موقع را میگوید میبیند هایزنبرگ درحالتی که به صورت ظاهراصل مکملیت بوهر راقبول داشت به هیچ وجه نیازی به این اصل نمیدیدوفقط از باب مماشات با بوهر سکوت میکردودرظاهراسمی ازآن می بردومیگفت این همان اصل عدم قطعیت من است البته این به زبان توصیفی وآن به زبان ریاضی است ولی اعتقادی نداشت و اینشتین که صریحاًمیگفت و دیراک هم با مکملیت مخالف بود امابه صورت ظاهر این افرادهرکدام تاکیدروی یک اصل داشتند.

بوهر سخنرانی درسال ۱۹۲۷ داردودرآن می گویدمانمیتوانیم یک توصیف علی ودرعین حال زمانی-مکانی درآن واحدازیک سیستم داشته باشیم اگربگوئیم فلان سیستم درفلان زمان درآن حالت است توصیف علی ازآن نمی توانیم داشته باشیم واگرتوصیف علی داشته باشیم نمی توانیم بگوییم کجاست وازاین چیزها اول میگفت دوتاتوصیف باهم قابل جمع نیستندبعدمتوجه شدکه خیلی چیزهاباهم قابل جمع نیستند مثلاًاصل عدم قطعیت هایزنبرگ که ظاهرشدکه مکان و مومنتم هم نمی توانند هم زمان باهم دقیق اندازه بگیریم.پس ایده ای به اسم مکملیت را ارائه داد.وباطن حرف مکملیت این بودکه شما یک تصویرواحد نمی توانیدازسیستم فیزیکی ارائه دهید.یکسری ازآزمایش ها رااگرانجام دهیم موج می یابیم یکسری از آزمایش هارااگرانجام دهیم ذره می یابیم وبعدهاتعابیرخودرادرنگرش ها فلسفی کلی ارائه می دادمثلاًمی گفت اگرپدربرپسرش خشم بگیردجنبه عداوت ومحبتش دووجه جمع نشدنی هستنداگراین رابیشتر کنداین کمترمی شودواگرآن راکمتراین بیشترمی شود.

وآنقدربه این اصل اعتقادداشت که دامنه آن رابه سازمان ملل ووضعیت استقلال کشورهاهم گسترش دادبرای اینکه بگویداصل مکملیت اصل حاکم است.برای بوهر تصویرهمه چیزبراساس اصل مکملیت بودواگرحرفی ازاصل عدم قطعیت هم کرددرمقام مماشات بودچراکه اصل قطعیت یک بیان ریاضی ازاصل مکملیت خود می دانست.

و اما هایزنبرگ:

هایزنبرگ روابط عدم قطعیت رااصل می دانست واینکه شمانمی توانید تصویر علی ازقضایابدست آوریدواینکه شمابیان احتمالی می توانیدازقضایاداشته باشید و اگراین مکان رااندازه گیری کنیدباچه احتمالی این را می یابید نمی گفت این باچه احتمالی اینجا بوده بلکه می گفت باچه احتمالی این را می یابید.یعنی مکان برایش فرق داشت یکی صحبت ازحاکم نبودن علیت راکردصحبت ازاحتمال کردواینکه بصورت استعدادباسیستم حمل می شودصحبت ازاین کردکه شما نمی توانیدبه هیچ وجه صحبت ازمسیرالکترون بکنیدونمی توانیدصحبت ازتصویرعلی ازقضایا بکنیداین کارهارانمی توان انجام دادوبالاخره حرفش این بودکه کوانتم مکانیک حرف آخراست.

تصویرعلی یعنی چه؟یعنی چه باعث چه چیزمی شود.الان که این نوترون واپاشی پیداکردچه باعث شدالان واپاشی پیداکردکه یک دقیقه قبل نکرده بود،نوترون دیگرکه واپاشی کردچه علتی باعث تلاشی آن شد.پس تصویرعلی یعنی چه چیز باعث چه چیزی شدنوعی رابطه بین علت ومعلول خوب این به طورکامل در مکانیک کلاسیک ملحوظ بودوکوانتمی ها درآن تشکیک کردند.

و اما بورن :

بورن احتمالات راواردکرد.یعنی دریک مقاله ای که درسال ۱۹۲۶ منتشرکردیک الکترون ازیک اتم راپراکندگیش رادرنظرگرفته وگفت نمی تواندبگویدباقطعیت که درچه زاویه ای پراکنده می شودمی تواند بگویدچه احتمالی ۴۵° ،چه احتمالی ۶۰° و غیره،حرف مهم بورن همین واردکردن احتمال بوددرکوانتم مکانیک و کاملاًهم تابع بوهر بودیعنی مکملیت راقبول داشت ودفاع هم می کردودرمساله علیت هم کاملاًافت وخیزداردکه حاکی ازفکرپریشان وی داردومرتب ازشاخه ای به شاخه دیگر سوییچ می کرد.وحرف دیگر بورن این بودتنهاآن سوالاتی معنی دار هستندکه بتوان به صورت عملیاتی به آنهاجواب دادیعنی بتوان بصورت تجربی به آنهاجواب دادفقط آن سوال ها معنادارند،یعنی اگردراثرتجربه نتوانید جواب بدهیدمعنی ندارنداین کاملاًتابعیت بوداز تجربه گرایان منطقی که هرچیزی رانتوان باتجربه تکلیف آن را روشن کردمی گفتند بی معناست.

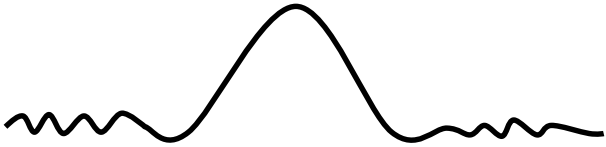
کوپنهاکی هادرچندچیزباهم مشترک بودندکه درچهارمساله بادرجات مختلف تاکیدو مماشاتی که باهم داشتند می توان آن راخلاصه کرد.

۱- مکملیت را به صورت ظاهرهمه آن را قبول داشتند
۲- کامل بودن توصیف درمکانیک کوانتمی بودیعنی اگرنتوانیدیک توصیف کاملی ازامری درمکانیک کوانتمی حاصل کنیدجواب

نداردیعنی فقط آن سوالاتی رابایدطرح کنید که مکانیک کوانتمی جواب میدهد.

در ممنوع بودن دادن تصویرهمه آنهااتفاق نظرداشتندکه نمی توان تصویردادبه غیراز شوردینگر که باتمام این حرفهامخالف بودومی گفت مابه این راحتی نمی توانیم ازخیرتصویربگذریم ماوظیفه مان فهم طبیعت است و نمی توانیم ازخیرتصویربگذریم واینشتین هم می گفت من حرفی ندارم وکل مشکلات مکانیک کوانتمی حل می شوداگرفقط شمایک تعبیرآماری ازآن ارائه بدهید آن سعی درارائه سیستم های مشابه تهیه شده است من مشکلی ندارم وهمه این مشکلات هم حل می شودوفقط یک سوال باقی می ماندوآن اینکه تکلیف سیستم فردی چه می شود.؟کوانتم مکانیک درباره سیستم فردی چه کار خواهدکرد؟حرفی نداردوحرف انیشتین این بودوالاموفقیت کوانتم مکانیک رامی دیدولی اعتقادداشت کامل نیست بنابراین مرتب صحبت تاکامل بودن آن را می کرد.

اگرسیستم به وسیله $|\psi>$ توصیف می شوداین تابع چیست؟تابع موج یاتابع حالت معرف چیست؟شوردینگر اذعان می کردکه این معرف آن است که سیستم موج است وقتی می گفت که حتی اگردراتم هیدروژن دوموج داشته باشیم پدیده زنش رخ می دهدواین تفاضل فرکانسهای این دوموج است که یک ضرب دربکنیدآن انرژی است که درحال خارج شدن است وهیچ حاضرنبودازموج عقب نشینی کندامامی گفت موجی است که درزمان واحد فضای کوچکی رااشغال می کند.



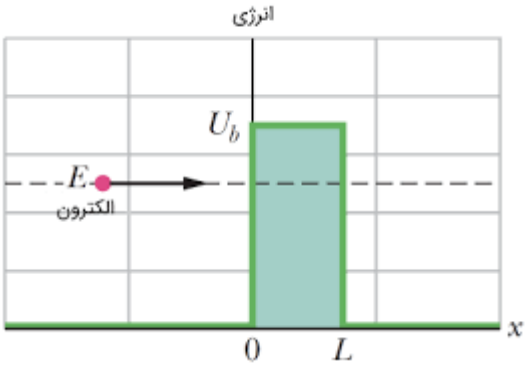
ایرادی که لورنس همان ابتدا به شوردینگر گرفت وجوابی نداشت ولی درعین حال ازموضوع خودهم عقب ننشست این بودکه می توان ازهمین مکانیک کوانتمی ثابت کنیم که این تابع موج گسترش پیدامی کندپس دریک دقیقه ای به اندازه مثلاً (۵ mm) باشد وسعتش پس ازاندک زمانی خیلی بزرگ خواهدشد درصورتی که شماالکترون راهمواره ذره گونه می بینیم.پس این ایرادبرمکانیک موجی بودوجوابی هم برای آن وجودنداشت.این اولین توصیف بود

درواقع،راه حل دوم این بودکه $|\psi>$ را به عنوان اطلاعات باشد.وقتی سیستم روی حالت $|\psi>$ است وبعدازتقلیل پیداکردن $|\psi>$ به $|\psi_1>$،اطلاعاتمان درسیستم زیادمی شود،یعنی اول اطلاعات کم بودوبعدازتقلیل اطلاعاتمان زیاد شد.

پس $|\psi_1>$ معرف اطلاعات انسانی است.مشکل اساسی این راه حل این است که وقتی به سراغ آزمایش دوشکاف می رویدواین موج می آیدبه یک شکاف ودیگرشکاف برخوردمی کندوبعدپدیده هاتداخل حاصل می شودمی گویناطلاعات انسانی نمی تواندتولیدتداخل بکند.بنابراین واقعاًاین مشکل دراین راه حل وجودداشت ازطرفی این آسانترین تعبیربودکه خیلی ازمشکلات رانداشت وازطرفی نیزبطورقاطع نمی توان یکسری ازآزمایشات راباآن تعبیرکرد.

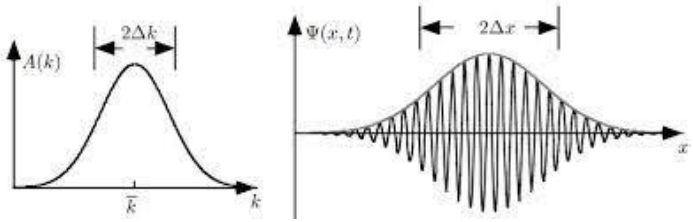
وامادرباره خلاصه شدن یاتقلیل:

فرض کنیدکه شمایک سدپتانسیل داریدیک ذره ای که مابامو‌ج نشان می دهیم به طرف این سدپتانسیل می آید.



طبق کوانتم مکانیک این موج وقتی به پتانسیل می رسدبایک احتمالی ردشده و بایک احتمالی هم بازمی گردد

درحالت اولیه سیستم این موج هنوزبه سدپتانسیل نرسیده بعدازمدتی به سدمی رسد پس یک موجی ردشده ویک موجی بازمی گردد



کوانتم مکانیک به ما می گویداین مجموع راداریم یعنی یک ترکیبی ازاین دورا داریدو نویمن[۳۰]می گوید هروسیله ای هم استفاده کنیم که ازمکانیک کوانتمی پیروی کندهمواره جواب مابه صورت ترکیبی خواهدبود.درعمل چه چیزمی بینیم،یا left روشن است یا west یعنی یکی ازاین دوجمله درعمل انتخاب شده است.این را مکانیک کوانتمی نمی تواندتوصیف کندمامیگوییم یک چیزی دراین موج است که آن رابازمی گرداندیاهمان چیزعددش به گونه ای است که آن راردمی کند.ولی مکانیک کوانتمی جوابی به صورت ترکیبی می دهد.

[۳۰] John von Neumann

مثال گربه شوردینگر:

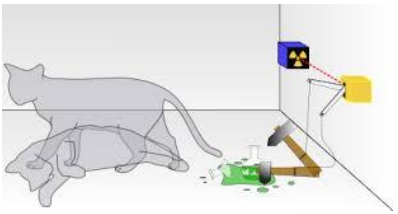
شوردینگر این مثال رادرسال ۱۹۳۵ بعدازمقاله اینشتین (EPR) می نویسد که باعنوان پارادوکس یاتناقض نمائی شوردینگر یامساله یامعضل شوردینگر معروف است.

اگریک ظرفی داشته باشیم دراین ظرف یک گربه ای وجودداشته باشد،یک ظرف هم داشته باشیم که درآن سم باشدویک ماده رادیواکتیوهم وجودداشته باشد.این ماده رادیواکتیو اگربایک نیمه عمری متلاشی شودوبابرخورداشعه آن به سم،سم راآزاد کرده ودرنهایت گربه راازبین می برد.حالااین ماده رادیواکتیو رااسمش رابگذاریم A درحالت اولیه سیستم(دارم گربه زنده × $\boldsymbol{\psi}$ اتمی که متلاشی نشده است) درحالت دوم اتم A متلاشی می شود A→B+x+y، بعدازیک زمانی

$$|\psi_{(t)}>$$

$$=\alpha(t)|\emptyset\,\psi> + \beta(t)|\,\psi\emptyset > |\psi_{(t)}>$$

گربه مرده گربه زنده



که $|\alpha(t)|^2 = e^{-t/2\square}$ نیمه عمر← پس بااین احتمال گربه زنده است وبااحتمال $|\beta(t)|^2$ =۱-$e^{-t/2\cdot}$ گربه مرده است.این به مامی گوید مایک حالت ترکیبی ازگربه زنده و گربه مرده داریم.خوب مادرجعبه راباز می کنیم،گربه یازنده است یامرده است.مابیاییم وشخص خودمان راهم بایک تابع موج نشان بدهیم.

اگربایک تابع موج نشان دهیم یکبارشمابه همرا گربه زنده هستیدویک شمائی هم هستیدکه برای گربه مرده هستیدهرچه ادامه دهیم این تقلیل پیدانمی کندوهمواره یک ترکیبی ازدوجمله خواهدبوددرصورتی که عملاًوقتی درب جعبه رابازکنیم یاگربه مرده است یاگربه زنده یعنی جواب معین داردپس می گوئیم مشاهده عمل تقلیل راانجام می دهد.یعنی ترکیب رابه یکی ازجملات ترکیب می شکاندحالااین مشاهده چیست؟اگرشمابرویدسراغ نویمن اولین کسی بودکه مکانیک کوانتمی که تا سال ۱۹۳۲ عنوان شده بودرابه صورت اصل گونه بیان کرده بودپس یک فرمول بندی ریاضی مستدلی ازمکانیک کوانتمی بیان کرده بود.

نویمن می گویددستگاهی که از مکانیک کوانتمی تبعیت کندنمی تواندتابع موج راتقلیل دهد.یعنی یکی ازجملات راانتخاب کند.

پس خود نویمن نظرش این بودکه شعورماست که این تقلیل راانجام می دهد.نویمن شعورراتابع مکانیک کوانتمی نمی دانست.بعدازنویمن ویگنر قهرمان این تعبیر است که اعتقادداشت که این شعوراست که تابع موج راتقلیل می دهد.خوب یک ایراد اساسی به این نگرش بودوآن این بودکه ازاول جهان که موجودات ذی شعور معمولی وجودنداشتندپس بایدحادثه ای اتفاق نیافتاده باشدچون هرحادثه ای حاکی از تقلیل تابع یامثل آن است ویگنر دواستدلال داشت برای اینکه این تقلیل دهنده را شعور فرض کندعمل تقلیل و عمل مشاهده درانسان ها مشابه هم اطلاعات رااضافه می کند.وقتی درتردیدهستم انواع واقسام امکانات برای ماوجوددارد.

وقتی تصمیم گرفتیم که کاری بکنیم یعنی همه رادورانداختیم به غیرازیکی از امکانات رایکی ازاین لحاظ ودلیل دیگراین بودکه می گفت که سیستم های فیزیکی روی شعورتاثیرمی گذارندیعنی اینکه شمایک مشاهده می کنیدوذهن متأثرمی شود طبق اصل عمل وعکس العمل شعورهم بایدروی آنهااثربگذارد،البته ویگنر در کنفرانسی که دراواخردهه ۵۰ بوددرکنفرانس دراپتک نظرش برگشت به اینکه یک سیستم به اندازه کافی پیچیده می تواندچنین کاری راانجام دهدولی خیلی توضیح نداد.

راه دیگری هم هست که من می خواستم به صورت مساله آن رامطرح کنیم که به نتیجه نرسیده ولی برای تمرین کلاسی فیزیکی خوب بود،راه GRW ، به عنوان اولین مساله،این تقلیل تابع موج رادرمدلGRW مطالعه کرده وگزارش آن راارائه دهید؟

ولی طبق ادعای خودبانی این قضیه آقای چگاردی که مسوول عمده درGPS می باشددارای مشکلاتی است وآن را راه نهایی نمی داند.بنابراین به نظرخودش هم این تئوری مشکل دارد.

وبالاخره راه آخری که برای توضیح تقلیل تابع موج وجوددارداین است که تابع موج می آیددرمقابل آزمایش قرارمیگیردچندامکان به وجودمی آیدوتابع موج، مجموع این چندامکان است تابع موج تقلیل پیدانمی کندبلکه هرکدام ازاین امکانات درعالمی تجزیه می شودمن هم که مشاهده کننده هستم اگرتابع موج دوتامولفه داشته باشدیک منی هستم که مولفه بالارامی بیند ویک من هستم که مولف پائین را می بیند این

یکی از عجیب ترین توضیحاتی است که داده شده، اوِرت شاگرد ویلر این تئوری رادرسال ۱۹۵۷ ارائه دادوبعدخودش قضیه رارهاکرد ولی «دواید»که سه سال پیش به دانشگاه شریف آمده بودودرIPM مهمان بودو دوسخنرانی هم دانشگاه انجام دادمدافع امروزی این قضیه بودکه من ازایشان سوال کردم چیزی که شما می گویید می شودخیلی خوب باتئوری بوهم آن را توضیح داد،ایشان گفتندکه این مطلب سلیقه ای است شماآن را می پسندیدومن این را می پسندم گروهی این وگروهی آن را می پسندندودرواقع به این مساله جواب نداد.

توضیح دیگرمدل بوهم است که مفصل واردآن خواهیم شد.

مدل بوهم برای تابع موج واقعیت قائل است،کوانتم مکانیک راباتابع موج کامل نمی داندبلکه متغیرهای نهان درکارمی آورد،پس توصیف علّی وتصویری ومسیری ازقضایا ارائه می دهد.که یک بخشی ازکتاب به آن اشاره خواهیم کرد.

راه دیگرراهی است که بوهم می گویدکه مفصل درباره آن صحبت خواهیم کرد او راه خودراجدا می کندوتابع موج رایک خاصیتی ازسیستم می داندکه بایدبایک اطلاعات دیگرآن راتکمیل کرد.به هرحال حرف «بل» این بود که تا مساله تقلیل تابع موج حل نشود با کوانتم مکانیک مشکل خواهیم داشت.من در کنفرانسی که در فنلاند تشکیل شده بود حضور داشتم که بزرگان فیزیکدان و فلسفه فیزیکدانان در آن گرد آمده بودند.میزگردی در روز آخر ترتیب دادند برای اینکه درباره تقلیل تابع

موج صحبت کنند،جمع بندی را چنین انجام دادند:که اگرمااتفاق نظری داریم دراین مورد داریم که هیچ اتفاق نظری درباره تقلیل تابع موج نداریم و هیچ راهی نیست که همه پسندیده باشیم. و در کتابهای معاصر نگاه کنید می بینید درباره تقلیل تابع موج دیدگاه ها متفاوت است.

و «بر» می گوید اصلاً کار فیزیک اگراین مساله را حل نکنیم پیش نخواهدرفت.

پس مشکلات عمده مکانیک کوانتمی استاندارد دارد.که یکی مشکل فلسفی است که الان متعرض آن نمی شویم و دو مشکل اساسی فیزیک دارد که یکی ازآنها مساله اندازه گیری است همین تقلیل تابع موج که همواره وقتی شما عمل اندازه گیری راانجام می دهید.یک ترکیب بدست می آوریدولی درمقام عمل یکی از آنها را می بینیم.پس بنابراین بایدیک مکانیزمی درکارباشد.

«بر» می گوید تا مساله تقلیل تابع موج را حل نکنیم یک فرمول بندی غیرمبهم از کوانتم مکانیک نداریم پس یک مساله عمده مکانیک کوانتمی،مساله تقلیل تابع موج یا مساله اندازه گیری می باشد

مساله دوم،حد کلاسیک است.که خیلی به نظر بدیهی و واضح خود رانشان می دهد.ما هر تئوری که داشتیم که بعداز یک تئوری دیگرآمده تئوری بعدی به نحوی به تئوری قبلی بازمی گشت.مثلاًنظریه نسبیت خاص را درنظربگیرید.اگربرای فرمولهایی که برای انرژی جنبشی یا جرم سکون و غیره را که داریم اگر V_c رابه سمت صفرمیل دهیم نتایج

کلاسیک بدست می آید.پس کلاسیک V_c میل کندبه سمت سرعت نور نسبیت خاص است.

اگرنسبیت عام رادرنظربگیریم برای میدانهای گرانشی ضعیف نسبیت عام به، فیزیک کلاسیک تقلیل پیدا می کند.اصلاًاین طوری ساخته شدتاتقلیل پیداکندوغیر اینها تئوریهای دیگری هم وجوددارد مثلاً اپتیک موجی ،اگرحدطول موج های کوتاه رادرنظربگیریم تبدیل می شودبه طول موج هندسی که مسیرذرات ونوررامستقیم می دانستندوغیره،پس اپتیک هندسی حدطول موج به سمت صفر میل کند اپتیک موجی است.که راه گشابرای پیدایش کوانتم مکانیک نیزبوده است.

حال سوال اینجاست که ازچه راهی فیزیک کلاسیک راازحدکوانتم بدست آوریم.

یک راه خیلی متداول است و صحبت می کنندراین است که می گویند $\hbar$را به سمت صفر میل دهیم واین انواع واقسام مشکلات راایجاد می کند.

متاسفانه درکتابهای قدیمی خیلی رایج بودکه آن راخیلی صریح می گفتند که مکانیک کلاسیک حد $\hbar$میل کندبه سمت صفرکوانتم مکانیک است.

اولاًاگرمعادله شوردینگر رادرنظربگیریم

$$\lambda\hbar\ \frac{\delta\Psi}{\delta t} = (\frac{-\hbar^z}{zm}\ \nabla^z + V)\Psi$$

واگرħرابه سمت صفرمیل دهیم یک چیزنامفهوم بی معنی بدست می آیداین یک راه دیدن قضیه است راه دیگراین است که دراین معادله راقراردهیم یعنی یک معادله مختلط به ازای دو حقیقی بسط دهیم

$$\Psi=\mathrm{R}(\boldsymbol{\lambda}\hbar\mathrm{st}) \qquad (1)$$

$$\frac{ds}{dt}+\frac{(\nabla s)^{۲}}{zm}+V-\frac{\hbar^{۲}}{ZM}.\nabla^{Z}.\frac{R}{R}=۰ \qquad (۲)$$

$$\frac{d}{dt}R^{۲}+\nabla.\left(R^{۲}.\frac{\nabla^{\rightarrow}S}{m}\right)=۰ \qquad (۳)$$

اگردر(۱) ħ رابه سوی صفرمیل دهیم تبدیل می شودبه معادله ژاکوبین کلاسیک ولی می توان ثابت کردکه خود S و R شامل ħ می باشندپس اینطورنیست که ħ مساوی صفر قراردهیم کلاسیک رابدست آوریم.

نکته دیگراینکه درمقاله ای در ۱۹۸۹ ثابت شدکه وقتی ħ به سمت صفرمیل کند تحلیلی نیست ونتیجه کلاسیک هم نمی دهد.

راه دیگر این است که شما بگویید من می روم سراغWKB ،که به کلاسیک نزدیکمان می کند ولی شما می توانید ببینید که در آنجا شرایط لازم و کافیه صحت WKB اصلاً لازم و کافی نیستند برای اینکه شما حد کلاسیک را بدست آورید.

علت آن هم این است که تابع WKB را ما معمولاً به این صورت می نویسیم: $\Psi=e^{i\emptyset}$ واشکال آن این است که کلی ترین حالتی نیست که ما برای تابع موج می نویسیم.خیلی از سیستم ها را تابع موج را به صورت

فوق نمی نویسند.پس $\hbar$ به سمت صفر میل کندحرفی منطقی نیست.ویک ایرادخیلی اساسی تر این است که $\hbar$ وقتی در این واحدهای معمولی بیان می شود مثلاً $۱۰^{-۳۱}$ یا$۱۰^{-۲۳}$ بسته به اینکه واحدش چه چیز باشد خلاصه عددی خیلی کوچک است

ولی یک عدد دیمانسون دار است کوچک بودنش مبتنی بر آن است که با چه چیز مقایسه شود. بنابراین نمی توانیم بگوییم کوچک است،$\hbar$ دربرابر چه چیز کوچک است این هم یک ایراد اساسی است عده ای گفتند که N میل کند به سوی بینهایت حد کلاسیک را می دهد.وعلت آن هم این است که وقتی که در لایه های اتمی هیدروژن N را به سمت بی نهایت میل بدهیم لایه ها پیوسته می شودواین شبیه حالت کلاسیک است که انرژی را پیوسته قلمداد می کرد.

ولی ثابت می کنند که همواره N به سمت بی نهایت میل کند نتایج کلاسیک را نمی دهد و هرگاه $\hbar$ به سمت صفر میل کند و N به سمت بی نهایت یک نتیجه نمی دهند.

نتیجه ای که از این بحث می گیرم این است که ما نمی توانیم در مکانیک کوانتم معمولی حد کلاسیکی تعریف کنیم یک فرمول جامع که برای همه موارد صدق کند نمی توان تعریف کرد.

بدست آوردن قانون کلاسیک شرط کافی نیست باید رفتار کلاسیک را هم بدست آورید.می توانید در یک شرایطی فرمول کلاسیک را بدست آورید ولی رفتار،رفتارکلاسیک نباشد این است که مساله جواب

ندارد،نکته دیگر این است که برای اینکه سیستمی کلاسیک عمل کند لزومی ندارد که این سیستم میکروسکوپی باشد،ما الکترون را داریم که میکروسکوپی است و بحث های زیادی هم درباره آن در الکترودینامیک کلاسیک می کنید و خیلی هم موفق است کل مباحثی که در جکسون،در میلفورد می کنید تمام آنها درباره الکترون است.پس لازم نیست برای اینکه شما رفتار کلاسیک داشته باشیدماکروسکوپی باشد می تواند میکروسکوپی هم باشد.

نتیجه ای که در انتهای این بحث می گیریم این است که دو مساله اساسی در کوانتم مکانیک است که از نظر فیزیکی مشکل دارد یکی حد کلاسیک آن است و یکی هم مساله اندازه گیری

سوال:تعبیرات احتمالی که کوپنهاکی هاداشتنددرموردچنین مسائلی چگونه عنوان می کردند؟اگریک آزمایشی داریم انجام می دهیم مفهوم احتمال لااقل درموردآنچه مادرریاضی داشتیم بی معناخواهدبود، مگر آنکه مادنبال یک انسان برویم درغیراین صورت چگونه تعبیر می شود؟

جواب:شانس،شانس،شانس، تصادفی،شانس،اینکه قابل فهم نیست،شانس،چرااین راانتخاب می کندیعنی داریم علی نگاه می کنیم آنهامی گفتندبایدعلیت راکناربگذاریم،سوال شماجواب علی می طلبدوقتی طرف باعلیت خداحافظی کرددنبال سوال برای این نمی گرددواشکالی که به بور و هایزنبرگ می شود این است که شما دارید استدلال علی می کنید تاعلیت راردکنید.وقتی ماحرفی می زنیم ولی لوازم حرف رامتوجه نیستیم.

آنها می گفتنداگربه صورت فردی نگاه کنیم شانس است.وانیشتین می گفت اگربه صورت آنسالی نگاه کنید من مشکلی ندارم خیلی قابل فهم است.اگرکتاب کوانتم مکانیک (Valentin) رامشاهده کنیم مقاومت درباره این مسائل رامتوجه می شویم انیشتین این حرف رادردهه ۴۰ گفته ولی دراوایل دهه ۷۰ مقاله ای رابرای مجله Modern physics فرستادکه این مقاله ردشد ولی ادیتورآنقدر شجاعت داشت که باتوجه به اختیارات خوداین مقاله رادرمجله به چاپ رسانیدامااسمش این است که علم است وزمان ترقی این حرفهاولی هنوزازاین گونه

کارهاوجوددارد.دانشمندی درسطح هویل مقاله ای برای NATURE ازاختیارات خودآن را چاپ کرد متاسفانه این مسائل درعلمی که بایدعینی و Objective باشد،بوده وهست وهنوزهم هست ودقیقاًهشدارمن هم بخاطرهمین هاست.که خیلی حواس جمعی درقضایامی خواهد.

سوال دوم)تقلیل درمواجه بادانش ماموجه می شودپس معیاررااازدانش خودبگیریم دیگرباتقلیل مواجه نشویم؟

جواب:مشکل این است که آزمایش دوشکاف راوقتی می بینیم درآنجاطرح تداخل مشاهده می شود.دانش شماچگونه می تواندطرح تداخل راایجاد کند.حرف این است که این تیپ آزمایشهاراصلاًنمی توان بادانش خودتحلیل کنید.برای اینکه طرح تداخل برای دیگرچیز objective است وبرای امری عینی خارجی اتفاق می افتد نه دانش شما.

سوال سوم)شایدخودψ رابتوان گفت که شایدمشاهده پذیری به آن معنانیست ونمی توانیم بفهمیم که چیست چون وقتی یک بارآزمایش انجام دهیم آن ψ ازبین رفته ونمی توان گفت ازاول این تئوری کارمی کرده یانه،حالاماآزمایش کردیم این شده ازکجامعلوم آن حالتهای دیگراصلاًوجودداشته باشند؟

جواب:اگربخواهیم بگوییم اصلاًبرای ψ شأنی قائل نیستیم برای آنجایی که می گوییم برای این توصیفی کامل ارائه می دهد.تمام این حرفهارابایددورریخت.اینها همه حرفشان این بودکهψ چیزی است که تمام اطلاعات ممکن رابه مامی دهدو اطلاعاتی راکه نتوانیم ازψ بگیریم معنی نداردوادعای بزرگی هم بود.

سوال چهارم:فرق توصیف اطلاعاتی وتوصیف آماری چیست؟چون توصیف آماری هم درواقع یک جوراطلاعاتی است که ماداریم؟

جواب:توصیف آماری به دنبال علت تکی نمی گردد،آنهاکه تئوری آماررادر (مثل پواسون)سطح کلان ومجموعه ای بررسی کردندحتی آنهاقائل بودندکه آمارمبتنی است برعلیت آنهابشدت علی فکرمی کردند.پس آماررابایدبتوانیدبه صورت علی توصیف کنیدهمان کاری که درتئوری بوهم انجام می دهیم

درتئوری بوهم شمااین آماررایک پوششی که روی متغیرهایی که انتگرال می گیرد یکسری اطلاعات راازدست می دهد.بنابراین اشکالی نداردمجموعه ای حرفی را بزنید.

یکسری چیزهاکه جزئیات است رویش جمع می بندیدولی شماجزئیات رانمی بینید که توصیف علی بدهیداینجااین اشکال هست.

سوال پنجم:اگرقوه ای راکه هایزنبرگ بدان اشاره می کنداگرψرانماد آن بگیریم چه مشکلی ایجادمی شود؟

جواب:یعنی اینکه هیچ چیزی فعلیت نداردتاوقتی که آزمایش انجام می شود.چه مکانیزمی منجر بدان شده که ψ_1 انتخاب بشودجای ψ_2 شاید پاسخ این باشد علتی که نمی دانیم ولی موضوع این است که نه نمی گویدکه نمی دانیم اومی گوید شانسی است،اگراینهاراناشی ازجهل خودمان بگیریم که طوری نیست اصلاًمشکلی نبود.اگراین اطلاعات مبهم راناشی ازجهل خودبگیریم مشکلی نبود

سوال ششم:حالااین ψ که تعریف می شودبرای کسی که کوانتم راتئوری ناقصی می داندچگونه تعبیر می شودآ یاآ ن راامری واقعی می داند؟

جواب:بله آن ψ راواقعی می داند آن شخصی که می گویدتئوری کوانتم کامل نیست ψ راامری واقعی می داند کمااینکه درمدل بوهم آن رایک عامل واقعی می داننددوتعبیری از ψ هم ارائه می دهد.

سوال هفتم:درآزمایش دوشکاف اگرψراچیزی بگیریم که عدم دانش مارانشان می دهد وقتی مافهم خودرابالابریم تداخل هم بهم خواهدخورد؟یعنی دانش ماهم درآن دخیل است؟

جواب:نه آن توجیه خیلی راحتتری راداردشماتدارکات تجربی رابهم زده ایدوداریدمکان رااندازه گیری می کنیدپس ممنتوم رانامشخص می کنیدآن برحسب خود کوانتم توجیه دارد اینکه شمابیاییدوسرراه یکی ازاین دوشکافت دستگاهی این را مشخص کند،خودشان آن راخوب توجیه می کنندمشکلی ندارد.اطلاعات مادرآن دخیل نیست درست است که نتیجه اش اطلاعات ما می شود،فرض کنیدمااین کاررا نمی کردیم این دوموج اطلاعات ما چگونه تداخل می کنندکه مادراینجا max ودر اینجاmin می بینیم چگونه اطلاعات ماظهورخارجی پیداکرده است توجیه نمی کند.

پس دوموج عدم دانش ماکاری نمی تواندبکند.پس دوتاموج چه دانش شماچه عدم دانش شمااگرخارجی نباشدکاری نمی تواندبکند.موجی که ایجادتداخل می کند باید واقعیت خارجی داشته باشد.پس شمادارایدچیزدیگررابه عنوان واقعیت خارجی می گیرید.

سوال هشتم:تعبیر فون بویمن چه اشکالی داشت؟

جواب:اگرتعبیر فون بویمن راقبول کنیم ایراداساسی آنهااین است که همه چیز به مامنتهی می شود.پس وقتی که موجودی ذی شعوری نبوده پس چگونه این کارهاانجام شد

البته یک فیزیکدان آکسفوردی معتقداست که خداست که این تابع موج راتقلیل می دهددرموردتک تک مواردوالان هم هستندکسانی که چنین تعبیراتی دارندپس می گویند خداست که تابع موج راخلاصه می کندوشعورش هم تابع زمان نیست که از زمانی وجودداشته باشدالبته این نظریه مقبولیست نیافته درمیان هیچ گروهی به صورت انفرادی مطرح است

سوال نهم:دانش مابه ازای خارجی نداردآ یاشعورهم دراین مقوله سیرمی کند؟

جواب:بله شعوردارد،ولی می گویندتداخل حاکی ازدانش ماست،دانش ماچگونه می تواندجایی تداخل ایجادکند.پس شمادارید‌بازبرمی گردیدبه شعوریعنی باشعور مساله را حل می کنیدیعنی شمادانش مارابه عنوان جلوه ای از شعورمی گیردکه دارد تاثیر می گذارد.بااین تعبیرهم حل نمی شودهمان طورکه گفتم اگرزمانی که شعوری درکارنبوده چگونه قضایای عالم اتفاق افتاده است.

سوال دهم:آ یاشعورراچیزی می دانندکه قابل مدل سازی است؟

جواب:نه،چیزی نمی دانندکه قابل مدل سازی باشدزیست شناسان معتقدنددرآ ینده مابراساس فیزیک توضیح خواهیم داد.الان هیچ توضیح نیست الان اگرشما هاوکینگ راکه درحال حاضر تندترین حرفهارادرباره خداپرست ها می گوید. از او می پرسند سه تاازمجهولات عمده را بگومی گویدماشعوررادرک نمی کنیم.

سوال یازدهم ۱۱ :طبق گفته فون نویمن که بر پایه شعور هست متوجه نشدم مشکل در کجاست وقتی که می گوئیم آدم یا موجود ذی شعور وجود نداشته،تقلیل تابع موج هم نداریم؟

جواب:یعنی هیچ حادثه ای در عالم اتفاق نیافتاده ببینید همه این قضایا مثلاً قبل از اینکه موجودی ذی شعور به کار بیاید،می دانید نوترون ذره ای ناپایدار است که ۱۵ دقیقه نیمه عمر آن است یعنی ۱۹۰ ثانیه،نوترون قبل ازآنکه شعور در این جهان فعلی بیاید،نوترون بوده چون در این چندمیلیون سال اخیر هم که موجودات ذی شعور پیداشد،بنابراین نوترون درکاربوده است،یعنی نوترون واپاشی نکرده است؟اصلاً یکسری ازاین تحولات که در ستارگان اتفاق افتاده مدیون همین واپاشی است.وواپاشی درآن انتخاب می شود،حالاراانتخاب کنیم یا ۵ دقیقه دیگررا یا ۱۰ دقیقه دیگراوغیره،یک ذره ناپایدار است،بحثش را درکلاس خواهیم کرد، چه عاملی باعث می شود که دو نوترون کنار هم نشسته یکی الان واپاشی کند یکی ۱۵ دقیقه دیگر.

سوال دوازدهم ۱۲ : این واپاشی یعنی چه آیابایک هامیلتونی نمی توان واپاشی راتوضیح داد؟

جواب:چرامی شودتوصیف کرد،یک وقت هست که ما می گوئیم ۱۰۰۰ نوترون دارم ۱۵ دقیقه ام نیمه عمر آن است یعنی بعداز ۱۵ دقیقه این ۱۰۰۰ نوترون می شود ۵۰۰ نوترون،خیلی خوب این توضیح داده می شودودرفیزیک هسته ای هم این واپاشی ها توضیح داده می شود.

یک وقتی است این سوال را درفیزیک هسته ای انجام نمی دهیم بلکه سوال این است که این نوترون به خصوص کی واپاشی انجام می دهد؟

این را هیچ تئوری به شماپاسخ نمی دهد.درباره سیستم فردی نمی تواند صحبت کنددرباره مجموعه صحبت می کند.این سوال درفیزیک هسته ای در بحث بحثهای معمولی واپاشی مطرح نیست واین نشان ازآن است که شما کوانتم مکانیک رابه صورت مجموعه ای به کار می برید و هیچ کدام از آنهایی هم که مخالف تعبیرات کوانتم مکانیک بودند،مخالف تعبیر مجموعه ای نبودند می گفتند تکلیف قضایا را برای یکدانه اتم،یکدانه الکترون مشخص کن که این سیستم توانایی این کار را ندارد.

سوال سیزدهم ۱۳: آیانظریه جهان های موازی،درموردبرهم کنش این جهان هاهم صحبت می کند؟

جواب:نه،کاری به هم ندارند،اگرشمابه صورت ریاضی مسائل رابیان کنید تمام مسائل حل می شود وجودیک جهان جدید،باانرژی جدید و سازکار جدید واقعاً برایشان اشکالی ندارد

سوال چهاردهم ۱۴: حقیقت شعور اگرتغییررابه وجود می آورد،لازمه اش این است که از وقتی شعور ظهور پیداکردتغییرایجادخواهدشد؟

جواب :شمامتوجه توضیح قبل من نشدید،من مثال واضحی زدم،واپاشی نوترون قبل از ظهورشعوراتفاق افتاده است.این حالت اگر مجموعه ای درنظر بگیریم اشکالی ندارد از بد حدوث عالم مجموعه نوترونها هر ۱۵ دقیقه نصف می شدند این اشکالی از نظر تئوری ندارد ولی درمورد تک تک آنها مشکل داریم که آیا حالا با آن زمان فرق دارد آنوقت که شعوری وجودنداشت چگونه بوده حالاکه شعور پیداشده مکانیزم آن فرق کرده

سوال پانزدهم ۱۵ : وقتی می گوئیم موجودی ذی شعوری به وجودآمده یعنی چه آیابه معنی آن است که یک اندازه گیری صورت گرفته وچیزی به وجودآمده است؟

جواب:نه،پیدایش شعورراکاری نداشته باشید چیزی به این راحتی نیست شما زمانی که موجودات ذی شعور بودند بزمانی که نبودند مقایسه کنید.

می گویندالان شعور مساله را حل می کنداماآن وقت چی؟جواب آن است که اتفاق افتاده واطلاعات آماری هم آن را تایید می کندحالادرموردداینکه تک تک آنهاحالا واپاشی کنندوغیره حالا می گوئیم حالاشعوراست آن وقت چه چیز بوده است.

سوال شانزدهم :ما یک State کوانتمی داریم که درلحظه نوترون واپاشی کرده تابع موج آن راداریم وهمین طور در لحظه $t+\Delta t$ حالاکه یک موجودی ذی شعور آمده یک اندازه گیری کرده حال این موثر است که از ۱۵میلیارد سال پیش تابحال کدام State انتخاب شده است؟

جواب:خوب ،شماحرف وبر را دارید می زنید.ولی مقداری به ملزوماتش توجه کنید وبر[۳۱]می گوید آزمایش فعلی می تواند روی گذشته اثربگذارداگرشمااین فرض راقبول کنیدکل بساط علیت رابهم می زنید یعنی شما می توانید پدربزرگتان رابه دنیا بیاوریدحرفش اینه دیگه،همه اینها که صحبت ازتاثیرروی گذشته می کنندیعنی شما می توانید بازگردیدوپدربزرگتان را به وجودآورید.

سوال هفدهم :مادامی که اندازه گیری صورت نگرفته باشداگرپدربزرگ اندازه گیری کنددیگرکارتمام است؟

[۳۱] Joseph Weber

جواب:نه،آیابه نظرشماخیلی آسان به نظر می آیدکه تکلیف ده هزار سال پیش راالان بدست آوریم.

سوال۱۸:آیامی شودمثل گربه شوردینگر به مساله نگاه کردیعنی یک لحظه یکی آمده درجعبه رابازکرده ومساله راحل کرده؟

جواب:نه،برای شمااین خیلی آسان است،شماهمه چیزرابه تقلیل انسانی تفسیرمی کنیددرصورتی که بشریک جزء کوچکی ازکل جهان است یایک بخش محدودی ازجهان شعوراست.حالاشمایک همچنین مدلی رابسازیدمن دیگربیش از این عقلم نمی رسد.ولی یک مقداری فکرکنیدشمااگرقبول کنیدکه فعل وانفعالات باعمل ما بوجودمی آیدفرقی نمی کنیدباکسانی که می گویندوقتی چیزی رامشاهده نمی کنیم احتمال منفی اشکالی نداردیعنی شماانسان مرکزی رابه معنای حداکثری به کار می بریدواین چیزی نیست که فیزیک رابه جایی برساند.درباره اینکه می گفتندمحیط خلاصه راانجام می دهدراه به جایی نمیبرد

سوال:دیدگاهتان برتاثیربرپدیده های ماکروسکوپی چیست؟

جواب:درپدیده های ماکروسکوپی هم یک مساله مفصلی است که موضوع رساله یکی از دانشجویان دکتری بوددرموردماکروسکوپی که «گِلِت» ادعامی کند و آزمایش هایشان،هیچ معلوم نیست یعنی یک فرق اساسی می گذاشتند که آیا مساله تقلیل تابع موج برای سیستم های ماکروسکوپی هم صادق است یا نیست یک عده ای می گفتند اگر مکانیک کوانتمی برهمه جهان صادق باشد باید برای جهان ماکروسکوپی

هم اتفاق بیفتد.ودرفیزیک حالت جامد نیز یک عده ای امثال «گلت» و شاگردانش مقدارزیادی آزمایش انجام دادند به نتیجه ای قطعی نرسیدند.

سوال۱۹:حال ما تعابیر مختلفی برای موضوعات مختلف پیداکرده ایم،ملاک این که کدام تعبیر درست است چیست؟

جواب:شماتامعیارپذیرش نظریه هارابرای خودتان حل نکنیدنمی توانید تصمیم بگیریدیعنی یک نظریه می خواهیدچه خواصی را داشته باشد.بایدحداکثرانسجام راداشته باشد.

حداکثر پدیده ها را در خود جای دهد،قابلیت آن را داشته باشد تا با سایر رشته های فیزیک هم ارتباط برقرار کند،قابلیت داشته باشد که در معرض آزمایش قرار بگیرد.دراین صورت می توانید ببینید که کدام یک راحتتر بااین معیارها هم خوانی دارد.

مثلاً اگر جهان های موازی را بگیرید چون از آزمایش دور است،مسلماً انتخاب اول نخواهد بود

سوال۲۰:معیار پذیرفتن است،من چیزی را می پذیرم دیگری چیز دیگر را از کجا معلوم که کدام درست است؟

جواب:نه،اگر شما به تاریخ فیزیک نگاه کنید،یکی معیار یکی بوده است،فقط اختلافی که بوده در درجه قوت آن بوده است در شرایط مساوی همه حاضرند که تمام این معیارها صدق کند،وقتی که شرایط مشکل باشد،باید بین آنها انتخاب کرد.

در کیهان شناسی ما بااین مشکل روبرو هستیم که همه این معیارها به یک اندازه قابل صدق نیست.خوب در اینجا سلیقه ای بعضی را انتخاب می کنیم ولی از زمان ظهور فیزیک جدید در معیارها اتفاق نظر بوده است.

سوال ۲۱:فرض کنید برای جعبه ای که برای گربه شوردینگر درنظر گرفتید،دنیای اولیه باشد،چه اتفاقی می افتد،یک تحول زمانی خواهدداشت والان شما دو state دارید که یک state ماهیت فروپاشی ها را نشان می دهد و یک state چیزهایی که فرونپاشیدند یا واپاشی نکردند،حال شما دارید آن اطلاعات فروپاشی ها را بیرون می کشید و اینجاست که شعور دارد تاثیر می گذارد

سوال:لزومی به وجود شعور در آن دنیای اولیه نیست؟

جواب:چرا بوده است،من میگویم شما مکانیزم واحدی برای توضیح قضایا به کار می برید یا مکانیزم متفاوت،الان بخواهم بفهمم قضیه چیست،مشاهده می کنیم،آن زمان کسی که نگاه نمی کرده است پس اینجا بودن یا نبودن شعور چه فرقی داشته است.

سوال۲۲:من چه اطلاعاتی دارم بدست می آورم،من چه مکانیزمی دارم به کار می برم،این دو باید خود سازگار باشند.ومکانیزم شعور در این قسمت خود سازگار است عنوان می کند من دارم این کار را انجام می دهم و بالطبع آن این اطلاعات را هم بدست می آورم،کاری هم به آن دنیا ندارم آن دنیا کار خودش را می کند،این خود سازگار به نظر می رسد؟

جواب:سازگاری،خیلی چیزها سازگار است،هندسه لوباچفسکی هم یک هندسه سازگار است،ولی صرف سازگاری اساس نیست،سازگاری یک معیار مهم است و اولین معیار مهم ما هم هست،باید مکانیزم طوری بیان بشود که همان چیزی آن موقع باعث تقلیل تابع موج می شده الان هم بشود به آن کاری نداریم که به آن نگاه نمی کنیم،اما شما تعدد قائل می شویدبگویید به آن موقع هم کاری نداریم به طور خودبه خود انجام گرفته است.

سوال۲۳:شمایک فرض انجام می دهید و می گویید در آن زمان تابع تقلیل موج تقلیل یافته است و الان به شما رسیده و شما دارید مشاهده می کنید؟

جواب:نه،من اصلاً این حرف را نمی زنم،تقلیل یافته ای هست که من هیچ چیز درباره آن نمی دانم.برای اینکه آنچه من از آن موقع می بینم آماری است،من می بینم در جهان اولیه تعدادی نوترون بوده اند و این نوترونها تبدیل شدن به پروتون و حاصلش این است که نسبت پروتون به نوترون در جهان تغییر کرده است

سوال۲۴:این که شما می فرمایید من آماری می بینم یعنی روی تابع که وجود داشته،آزمایش انجام می دهید؟

جواب:نه،الان ایجاد می کنم،آن اتفاق افتاده و تمام شده،فارغ از شعور ما درباره تابع اولیه هم داریم استنتاج می کنیم خیلی چیزها را داریم حدس می زنیم،استنتاجی که شما از جهان اولیه انجام می دهید،غیر از مساله

تقلیل موج است.اینجا می گوئیم یک حادثه ای از راههای مختلف ممکن است اتفاق بیافتد،حالا چند درصد به این طریق اتفاق می افتد.اگر هیچ توضیحی نتوانید بدهید که چرا ۶۰ درصد به این مدل تعلق دارد و ۴۰ درصد به آن مورد،اگر هیچ توضیحی نتوانیم پیدا کنیم بله،ولی یکی می گوید این ۶۰ تا که در حال تغییر بودن یک متغیری درونشان بود و آن ۴۰ تا متغیر دیگری و راه حل دیگری داشت و به سبکی توضیح می دهد که همه چیزها را دربر می گیرد،شما یک توضیح واحد پیدا می کنید و این غیر آن مساله است که شما بیان می کنید،آنچه شما می گویید ما اطلاعات درباره زمان گذشته را ما تحلیل می کنیم برمبنای یکسری از مفروضات که مراحل مختلف طی شده است و از روی آمار امروزی بازمی گردیم و آمار گذشته را نیز مشخص می کنیم،معلوم نیست که به قول دیراک که ثابت طبیعت با اعداد کوانتمی حالا با آن زمان یکی بوده باشند.اینها همه استنتاجی است و غیر از مکانیزم،وباهم فرق می کنند.

سوال ۲۴:اگر R به سمت یک میل کند همه نتایج کلاسیک نمی شود؟

جواب:نه،این طور نیست چون همه حالتهای کلاسیک از WKB بدست نمی آید وقتی R میل کند به سمت یک یعنی $\Psi = e^{ihs}$ در حالت کلی تابع موج کلی نیست

سوال:آ یا حالتی است که این فرمول در آن صدق نکند؟

جواب:بله،اتم هیدروژن اصلاً نمی توان تابع موج آن را به این صورت بنویسیم ما تعریفی کردیم وقتی شرایط لازم و کافی برای صحت WKB

صادق باشد شما نتایج کلاسیک را بدست می آورید در این حالت $= \Psi e^{i\hbar s}$ می نویسیم .حرف در اینجاست که همه موارد کوانتم را نمی شود به این صورت نوشت.

مواردی هست که کوانتمی هست و حد کلاسیک هم دارد ولی با اینها بدست نمی آید

شمابه کتاب مکانیک کوانتمی «لَیباف» نگاه کنید که می گوید حد $\hbar$ سمت کند به سمت صفر N و میل کند به سمت بی نهایت سازگار نیست.

سوال۲۵:چرا آقای «بِر» انقدر در بحث تقلیل تابع موج حساسیت دارند؟

جواب:اولاً فقط آقای «بر» نیست بلکه اکثر شخصیتهای دیگر هم هستند الان آقای «وینبرگ» هم همین حرف را می زند.چون مساله مهمی است چون وقتی یک تئوری ادعای جهان شمول بودن را دارد باید بتواند همه سوالها را جواب بدهد (و من اعتقاد دارم جهان شمول نیست) به عنوان یک تئوری ناقص که بسیاری از مشکلات را جواب می دهد کسی با آن مشکلی ندارد،ولی همه سوال ها را جواب می دهد،نه، برای اینکه مکانیک کوانتمی اصلاً الان با گرانش رابطه ای ندارد و باید با آن رابطه داشته باشد آیا این کوانتم فعلی می تواند داشته باشد؟به نظر بنده و بسیاری از علمای این رشته نمی تواند تا وقتی که این هست.

سوال۲۶:آیا کوانتم باید همه چیزوحتی گرانش را توجیه کند؟

جواب:یک وقت شما یک تئوری جزئی دارید عمل می کنید مثل یک تئوری درباره انبساط طولی می بینیم آزمایشات مختلف را خوب توضیح می دهد $L=L_0(1+\alpha t)$ *، کوانتم مکانیک فعلی یکسری چیزها را از نظر اندازه گیری عدد می دهد.و از نظر مکانیزم هیچ جوابی ندارد شما دو موضع می توانید داشته باشید یکی اینکه من به اعداد قناعت می کنم فقط کافیه عنوان کند در چه زمانی رخ می دهد با چه احتمالی،یک وقتی هم مانند اینشتین و وینبرگ می خواهند بفهمند انتهای قضایا چیست.اینجاست که تکلیف مشخص می شود که یک تئوری را کامل یا ناقص بدانیم.*

کسی که بخواهد در آزمایشگاه کار کند و از این فرمولها استفاده کند بعد یک دستگاه لیزر بسازد کمبودی ندارد،می تواند به همان اکتفا کند.

سوال۲۷:ما در فیزیک برای هر تحولی از فرمولی استفاده می کنیم و نمی دانیم چرا درست است،مثلاً در نسبیت عام فرمولی هست همان گونه برای کوانتم هم هست؟مانباید به دنبال چراها باشیم؟

جواب:همین تفکر است که فیزیک را عقب انداخته است وقتی «گلمن» می گوید بوهر برای ۵۰ سال فیزیکدانان را شستشوی مغزی داد برای این بود که می گفتند این سوالاتی که چرا دارد را نکنید. مقاله ای در مجله The American Jurnal of physics *،وجود داشت که سردبیرش نوشته بود.با این عنوان که آیا «حق به جانب اینشتین بود؟» می گوید هم بله و هم نه،نه به خاطر اینکه از علیت دفاع کرد یا از مسائل دیگر بلکه برای اینکه اصرار داشت که باید به سوالات جواب داده شود بعضی از دوستان ما می گویند اگر اینشتین در سال ۱۹۲۵ هم فوت می کرد فیزیک هیچ تاثیری بر وی نداشت.بلکه بنده می گویم تمام تحولی که در چندین سال اخیر در علم کوانتم به وجود آمد به خاطر مقاله* EPR *اینشتین بود که در جلسات آتی بحث خواهد شد.برای اینکه گفت یکسری از سوالات را باید جواب داد.اگر این کنجکاوی ها نبود به اینجا نرسیده بوداینکه می خواهند ذره هیگز را کشف بکنند مستلزم آن است که شتابدهنده های قویتر و قویتر ساخته شود.وبرای سفر به فضا مجبور شدند وسایل کوچکتر و سبکتر بسازند و خیرش به ما به صورت موبایل واین چیزها رسیده است.رادیوها فعلی با رادیوهای قبل قابل مقایسه نیست آیا اگر حرف کوچک سازی نبود این همه پیشرفت در تکنولوژی اتفاق می افتاد.*

این سوالات اساسی مهم است و آنهایی که چرا و چرا را کنار گذاشتند بعد از مدتی فهمیدند که درست نیست و دقیقاً همان ها مطرح است.شما

شرح حال فیزیکدانان معاصر را بخوانید تا بفهمید که چگونه دغدغه آن را دارند.

وبه نظر من اگر بشر این چراها برایش مطرح نشود امتیازی بر چهارپایان ندارد

بسم الله الرحمن الرحیم

نقد مفاهیم مکانیک کوانتمی

عنوان شد که حداقل دو اشکال فیزیکی به نظریه کوانتمی رایج وارد است.که تا حال حاضر جوابی برای آن در مکانیک کوانتمی نداریم.یکی تقلیل موج و دیگری حد فیزیکی کوانتم می باشد.

فون نویمن عنوان کرد تا مادامی که دستگاه اندازه گیری تابع مکانیک کوانتمی است نمی تواند تابع موج را تقلیل دهد و همواره مجموعه ای از جملات را به عنوان جواب خواهیم داشت.

حرف طرف مقابل نظیر اینشتین و دوبروی و کسانی که بعداً به آنها اضافه شدند این بود که اگر نظریه مکانیک کوانتمی رایج را برای مجموعه از سیستمهای مشابه بکار می بریم اشکالی ندارد سیستم مشابه یعنی سیستمهائی که همه دارای یک تابع موج هستند.اگر مساله را به صورت آماری به کار ببرید مشکلی وجود ندارد ولی اگر برای تک سیستم بکار برید مخصوصاً درباره تقلیل تابع موج مشکل دار است.اینها به دنبال علیت در کوانتم بودند یعنی مثلاً در آزمایش اشترانگلاخ که Beam بالا یا پایین می رود به دلیل علتی خاص که در سیستم است این اتفاق می افتد یعنی یک عامل علی و تعیین کننده در آن وجود دارد،وحرفشان این بود که کوانتم مکانیک ناقص است و باید تکمیل شود.اینشتین به دنبال

این قضیه بود که نشان دهد که در مکانیک کوانتمی بین اجزای آن ناسازگاری وجود دارد.اما با مباحثی که با بوهر داشت نتوانست این ناسازگاری را اثبات کند پس به دنبال آن بود که ثابت بکند که ناقص است.

کسانی که به دنبال نقص برای مکانیک کوانتمی بودند دو دسته بودند که می گفتند اگر عنصری به آن اضافه کنیم تکمیل می شود و عده ای دیگر هم بودند که می گفتند کلاً باید بساط مکانیک کوانتمی عوض بشود که اینشتین از گروه اخیر بود اینکه تئوری متغیرهای پنهان بوهم را پسندید به همین دلیل بود که اعتقاد داشت که باید اساساً عوض شود.اما اکثراً این ایده را داشتند که یکسری متغیرهای ناشناخته وجود دارد که اگر شناخت حاصل شود می توانیم درباره همه چیز به صورت معین صحبت کنیم.

مثالی از واپاشی نوترون؟

نوترون درون هسته پایدار است ولی در حالت آزاد ناپایدار است و به سه ذره، پروتون،الکترون و آنتی نوترینو تجزیه می شود این هم بلافاصله بعد از کشف نوترون کشف شد،یعنی نوترون در سال ۱۹۳۲ کشف شد بلافاصله بعد آن فهمیدند این ذره در فضای آزاد متلاشی می شود با نیمه عمری در حدود ۱۵ دقیقه یا ۱۹۰ ثانیه واپاشی می کند یعنی اگر شما ۱۰۰۰ نوترون داشته باشید بعد از ۱۵ دقیقه ۵۰۰ نوترون داریم ولی سوال این است که این نوترون به خصوص کی متلاشی می شود یک

دقیقه دیگر،دو دقیقه،۱۵ دقیقه،یک سال،هزار سال شما هیچ چیز در این مورد نمی توانید بگویید.فقط می توانید بگویید اگر ۱۰۰۰ نوترون داشته باشیم بعد از ۱۵ دقیقه نصف می شوند وقتی شما مجموعه ای از نوترونها را دارید عاملی وجود دارد که زمان تلاشی هر نوترون را مشخص می کند که به این تئوری،تئوری متغیرهای نهان اطلاق می شد.ونظریه رایج نظریه تصادفی بودن بود که هر کدام از نوترونها خود تصمیم می گیرند که کی متلاشی شوند و فرآیندی کاملاً شانسی و تصادفی است.قائلان به متغیر پنهان می گفتند عاملی هست نهان که اگر بشناسیم به طور متعین درباره تلاشی نوترونها می توانیم نظر دهیم مثلاً اگر اسم این متغیر نهان را $\boldsymbol{\lambda}$ بگذاریم اگر مقدار $\boldsymbol{\lambda}$ را بدانیم می توانیددرباره تلاشی یک نوترون و زمانش نظر بدهیم.

سوال:مفهوم ناسازگاری چیست؟

جواب:ناسازگاری یعنی از یک طرف شما به بله برسید و از یک طرف به نه برسید،در یک مورد خاص شما به دو جواب متقابل برسید.مکانیک کوانتمی مثلاً در آزمایش اشترن-گلاخ می گوید Beam *یا بالا می رود یا پایین و احتمال هر کدام را بررسی می کند و اصلی هم هست که همواره یکی از جوابها تحقق پیدا می کند مشکل ناسازگاری نداشت.حتی اینشتین به دنبال این بود که در پاره ای از آزمایشات روابط عدم قطعیت نقض می شود که نمونه ای از ناسازگاری است یا اینکه در یک آزمایش هم جنبه موجی ذره برقرار بود و هم ذره ای،و یا اینکه در مکانیک کوانتمی گفته می شود که مکان و سرعت را نمی توان هم زمان دقیق*

محاسبه کردحال اگر هر دو هم زمان دقیق اندازه گیری شود این نوعی ناسازگاری را نشان می دهد.

اینشتین نتوانست ناسازگاری را با طرح آزمایشات فکری ثابت کند ولی به دنبال این بود که نشان دهد که ناقص است.یعنی ما اطلاعاتی بیش از کوانتم مکانیک می توانیم بدست بیاوریم.

حال دو نوع متغیر نهان مطرح شد یکی متغیرهای نهان داخلی که مربوط به خواص داخلی ذرات می شد،ویکی متغیرهای نهان بیرونی،متغیر نهان داخلی یعنی ساختار سیستم است که معین می کند که یک ذره کی متلاشی شود،متغیر نهان خارجی یعنی این محیط است که معین می کند که یک ذره کی متلاشی شود برای این قضیه مثالی می زدند که شما مجموعه ای از قایقها را در یک دریای مواج در نظر بگیرید که امواج موجب متلاشی شدن قایقها می شود،خود یک موج سبب تلاشی یک قایق در یک زمان و موجی دیگر عامل شکست قایقی دیگر می شود، پس نوترونها در خلائی وجود دارند که نمی دانیم چه چیز در آن است و این موجود عامل تعیین کننده این است که کی هر کدام از نوترونها متلاشی شوند همانند همان دریای متلاطم که الان یک قایق به موجی مخرب برخورد می کند زمانی دیگر قایقی دیگر و به همین صورت،سایر قایق ها،این اصل متغیرهای نهان است که در دهه بیست و اوایل دهه سی رونق خاصی داشت،در کتابهایی تئوریهای آن روزگار را مفصل بیان می کند بعد قضیه ای مطرح شد،که بساط اینها را جمع کرد و این قضیه به قضیه فون نویمن معروف بود،قضیه Impossibility ،یعنی امکان ندارد و محال است که شما با افزودن چیزی،کوانتم غیرعلی را علی کنید،نمی توان یک نظریه ای را بسازید که اطلاعاتی بیش از کوانتم مکانیک را به شما بدهد،مکانیک کوانتم هم اطلاعات را به صورت آماری می دهد و بیش از آن نمی توان چیزی را بدست آورد،این قضیه فون نویمن بود. این قضیه فون نویمن دفاعیه جامع و سنگینی بود که در مورد استفاده بزرگانی چون هایزنبرگ،بوهر بود که در هر کنفرانسی دم از این قضیه

می زدند. بنابراین بساط این افرادی که به دنبال متغیرهای نهان بودند برای یک مدتی برچیده شد.

دوبروی که خود از مدافعان متغیرهای نهان و شاید از جمله واصفان این علم محسوب می شود پس از شکستی که در کنفرانس solvey(1927) متحمل شد از خیل طرفداران متغیرهای نهان به جبهه مقابل وارد شد و بعد از وقایعی دوباره به موضع اول خود بازگشت.بعد از قضیه فون نویمن این قضیه متغیرهای نهان بیست سال متوقف شد حتی گفتند که فون نویمن این مساله متغیرها را دفن کرده است.در سال ۱۹۵۰ بوهم یک کتاب کوانتم مکانیک نوشت که سال ۱۹۶۰ به عنوان کتاب درسی دانشگاه های آمریکا (برکلی)تدریس می شد.که در آن از مواضع کپنهاگی ها دفاع می کرد،واین کتاب را برای تمامی بزرگان زمان خود فرستاد.وقتی این کتاب به دست اینشتین رسید بوهم را به آپارتمانش دعوت کرد و وی را متقاعد کرد که این کتاب مشکل دارد و موضوع به این راحتی که وی تصور می کند نیست،بعد از آن بوهم بلافاصله دو مقاله نوشت که در سال ۱۹۵۲ ،مدلی را ارائه می داد که علی بود و همان نتایج کوانتم مکانیک را هم دربرداشت.این یعنی قضیه فون نویمن دارای اشکال است.مع الوصف هیچ کس زیر بار نظریه بوهم در آن وقت نرفت غیر از اینکه دوبروی از مواضع خود بازگشت به ایده های خود و دید قوت خاصی هم دارد اینشتین هم با آنکه روح حرفش در این نظریه بود باز نپذیرفت چرا که اعتقاد داشت راه رهایی از معضلات کوانتم مکانیک از این ها پیچیده تر است و به این سادگی نیست اما بقیه با آن که هیچ

دلیل منطقی ریاضی بر علیه آن نداشتند با عباراتی چون خوشم نمی آید نپذیرفتند.با آنکه همه جوابهای کوانتم مکانیک را هم جواب می داد.

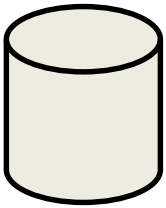
تا آنکه در دهه ۶۰ ،در سال ۶۴ «بل» آن رخنه را در استدلالات فون نویمن پیدا کرد. رخنه وقتی کشف شد و مقاله ای را چاپ کرد دو سال در چاپ آن تعلل به وجود آمد و تعصبات جاهلانه منجر به این قضیه شد و هنوز هم همین تعصبات به گونه ای دیگر وجود دارد. و بالاخره یک مجله درجه سه فرانسوی حاضر به چاپ این مقاله شد. وی در این مقاله خاطر نشان می کند با آنکه نظریه فون نویمن از نظر ساختار ریاضی اشکالی ندارد ولی یکسری از ملزومات آن الزام آور نیست و لزومی در برقراری آن وجود ندارد و مدل هایی می شود ساخت که این اصل را ارضا نمی کرد،بعد از آن «بل» آزمایش EPR را مطرح کرد که بعد از آن سلسله آزمایشات شروع شد.

مقاله «بل» به یک نامساوی منجر شد،فرض می کرد علیت هست متغیرهای نهان هست جهان یک،جهان واقع گرایانه است،موضعیت برقرار است که بعداً درباره آن صحبت خواهد شد نامساوی بدست آورد که این نامساوی در عمل نقض می شد و کوانتم مکانیک را هم نقض می کرد.و پیش بینی کوانتم مکانیک با تجربه همسان بود.بنابراین می بایست انتهای قضیه باشد و پیروزی کوانتم مکانیک را اعلام کنند.ولی درست عکس قضیه اتفاق افتاد چرا که آزمایش «بل» نشان می داد نا موضعیتی وجود دارد که کوانتم مکانیک حرفی درباره این ناموضعیت ندارد.بنابراین تئوری ناقص است. در دهه ۸۰ در کنفرانسی در فنلاند از آقای

«ویدسگر» که از مهمترین شاگردان هایزنبرگ بود.نظریه پرداز و ستاره شناس مهمی محسوب می شد،ازایشان که آزمایشات به حد حال حاضر هم نبود پرسیدم

چرا با آنکه کوانتم مکانیک امروزه بیشتر با تجربه هم خوانی دارد بازهم مردم بیشتر درباره آن حرف دارند گفت حق به جانب شماست من هم نمی دانم،یعنی در اوج موفقیات تجربی،مردم فهمیدند که این نظریه همه چیز را جواب نمی دهد. حرف اینها این است که مکانیک کوانتمی به همه مسائل نمی تواند جواب دهد برای نمونه مساله ای به نام پارادوکس دوبروی را مطرح می کنیم که آزمایشی است دوبروی آن را پیشنهاد می دهد؟

یک استوانه ای را در نظر می گیریم با دیواره های کاملاً منعکس کننده که امکان گذر ذره از آن وجود ندارد فرض کنید ذره ای مثل الکترون در داخل آن داشته باشیم،اگر تابع موج این ذره را با Ψ نشان دهیم،کوانتم مکانیک می گوید احتمال اینکه ذره در داخل استوانه باشد یک است.

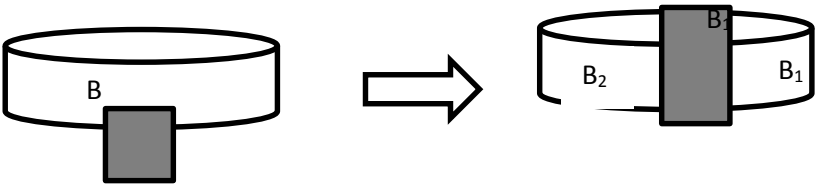


$$1=\int dx\Psi^{2}$$

سوال:این متغیرهای نهان خاصیتی از درون شی است؟آیا حرکتی خاص در آن مطرح است؟

جواب:بله،چیزی داخل خود شی وجود دارد،که آن را آینده مشخص می کند یکی از امکانات این است که دوران داخلی داشته باشد که اگر یک طرف گردش کند منجر به یک بردار در یک جهت و اگر در جهت دیگر بگردد منجر به یک بردار در جهت دیگر می شود امکانات مختلف وجود دارد و فقط اصل آن را می دانیم که یک چیزی هست

حالا در زمان $t=t_0$ تیغه ای را از وسط داخل استوانه کنیم



حالا قوطی به دو قوطی تبدیل شد،مستقل از اینکه بدانیم ذره کجا قرار دارد،حالا فرض کنید قوطی B_1 را ببرید به شهر پاریس و B_2 را ببرید به توکیو،خوب تابع موج ذره در B_1 است Ψ_1 و در B_2، Ψ_2 می باشد.احتمال اینکه در قوطی B_1 باشد $P_1=\int \Psi_1^2 dv$ احتمال اینکه در قوطی B_2 یافت شود، $P_2=\int \Psi_2^2 dv$ ،کوانتم مکانیک بیشتر از این به ما اطلاعات نمی دهد،می گوید در احتمال P_1 در پاریس است و با احتمال P_2 در توکیو می باشد.حالا در زمان $t=t_1$ در قوطی را در پاریس باز می کنیم اگر ذره را در B_1 یافتیم،پس به طور قطعی می گویید در B_1 است،قبل از اینکه درب جعبه را باز کنید این ذره درB_1 بوده است ولی کوانتم مکانیک نمی توانسته این اطلاعات را به شما بدهد،به محض اینکه درB_1 یافتید Ψ_2 صفر می شود «آناً» پس اگر تعبیر رآلیستی را بگیریم که یعنی قبل از اینکه درب آن را در پاریس باز کنیم الکترون درB_1 بوده است پس کوانتم مکانیک ناقص است چون توان پیش بینی لازم را ندارد،نقطه مقابلی ها می گویند،الکترون جایی نداشت تا زمانی که آن را کشف کردید،اینجا بود که این تعبیر رایج شد،که ذره مکانی ندارد مادامی که شما مکانش را کشف کنید یعنی مکان آن را اندازه گیری کنید،آن

مکانی را می یابد،آن مکان را اختیار می کند،و اگر ممنتوم را اندازه گیری کنید

واجد ممنتوم می شود،این اختلاف دو دیدگاه است،رآلیستها حکم به ناقص بودن می دهند وکوانتمی ها می گویند اصلاً قبل از اندازه گیری مکانی نداشته است،پیروان متغیرهای نهان می گویند این الکترون یک خاصیتی به نام λ دارد،اگر $\lambda=+1$ بود مثلاً آن را در پاریس می یابید،اگر $\lambda=-1$ بود که معرف یک خاصیت داخلی است این را در توکیو می یابید،یعنی این متغیر نهان است که به صورت متعین تکلیف را مشخص می کند،

حال به فون نویمن می پردازیم که عنوان می کند که متغیرهای نهان توان پاسخ گوئی مسائل کوانتم را ندارد ولی جوابهای بیش از کوانتم مکانیک فراهم کنند.پس متغیرهای نهان را بایدکنار بگذاریم،ویگنر،نویمن هر دو مجارستانی بودند،ویگنر بعد از وقایع گفت خود فون نویمن هم اعتقاد راسخ به مسائل ریاضی مطرح شده خودش نداشت،چون به نتیجه قضیه معتقد بود این بیان را عنوان داشت،و این حرف ویگنر حرف جالبی است،«جان بَرو» می گوید که من در کنفرانسی در غرب آمریکا، جوانی مغرور و پرحرارت که تازه مدرک دکتری خود را دریافت کرده بود و ادعای حل مسائل توسط کوانتم را مطرح می کرد در هنگام صرف ناهار در کنار پیرمردی می نشیند و پیرمرد سوالات متعددی از او می کند و او جوابی نمی دهد بعد از آن در هنگام جدا شدن پیرمرد دستی به او می دهد و می گوید من ویگنر هستم،جوان عرق شرم بر چهره اش ظاهر می

شود که در مقابل چه بزرگانی،چه ادعاهایی کرده است و این واقعیتی است که در یک حدی ادعا می شود که تمام مسائل حل شده ولی در جلسات خصوصی حرف از این قضیه نمی زنند،من خودم شاهد این قضیه بوده ام (دکتر گلشنی)،

قبل از اینکه وارد قضیه فان نویمن شویم باید ابتدا درباره اسپین بحث کنیم چرا که اسپین به کار می آیدمخصوصاً در آزمایش EPR که ارائه دادند،آزمایشاتی که پیشنهاد می دهند در مقام عمل انجام آن ساده نیست،پس بوهم در همان کتاب ۱۹۵۰ آزمایش EPR را به گونه ای دیگر طرح کرد

سوال:اندازه گیری یعنی چه؟آیا دتکتور نقش بازی می کند؟

جواب:نه،من نمی توانم این گونه ادامه بدهم شما یک دتکتور بگذارید،ویک حالتش این خواهد بود که دتکتور هست و در حالتی در این دتکتور نیست،کوانتم مکانیک نمی تواند قضیه را حل کند و آن را یکتا کند،باید یک موجود غیرکوانتمی این یکتائی را به وجود آورد،بوهر قضیه را راحت کرد که سیستم های پیچیده کلاسیک،جواب یکتا اختیار می کنند.و ایراد عمده به آن این بود که شما مکانیک کلاسیک را از شمول مکانیک کوانتمی خارج کرده اید،و مدلهای کلاسیک را ارائه دادند که محیط با تعداد زیادی ذره این کار را انجام می دهد،و مدتی هم این مدلهای دیکو کوهرنس خیلی خیلی رایج بودند ولی هیچ کدام به جایی رسیدند و رد شدند راهی برای تقلیل اند

سوال:آیا Ψ را امری حقیقی می گرفتند؟

جواب:برای آن هم به تعیین نرسیدند و جوابی نتوانستند بدهند،بزرگان می گفتند یک موجود ریاضی دارید جواب می دهد،دیگر به دنبال چه هستیم،فقط همین را می گفتند،جینز سخن سنگینی می گوید که کوانتم مکانیک ما را مجبور می کند تا زبان ایده آلیست به کار ببریم،اگر بخواهیم یافته های کوانتم را بیان کنیم باید ذهنی گرایی صحبت کنیم،تعابیر رآلیستی جز در مدل بوهم جایی نداریم تمام تعابیر،تعابیر ایده آلیستیست که بزرگان کوانتم هم به آن اذعان دارند.

سوال:اینجا منظور از کوانتم مسائلی است که تعبیر آماری می دهد؟

جواب:بله،وبااین تعبیر مشکلی نیست،و حرف این است که آخر خط نیست

که در مقام آزمایش آسانتر و قابل فهم تر می باشد پس قبل از ورود به آزمایش EPR باید زبان اسپین را بدانیم.

در اوایل ۲۰، ۱۹۲۰ پدیده زیمن مشاهده شده بود،پدیده زیمن خط طیفی از هیدروژن یا هر اتم دیگر را تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار می دهیم،وتحت تاثیر این میدان،هر خطی به چند خط تبدیل می شود اگر اسپین در کار نبود هر خطی به سه خط تبدیل می شد و اگر اسپین در کار باشد متفاوت خواهد بود پس دو پدیده زیمن داریم:یکی پدیده زیمن معمولی،یکی پدیده زیمن غیرعادی،و غیرعادی هر خط طیفی به

بیش از سه خط تجزیه شده است.در اوایل دهه بیست پائولی متوجه شد برای توجیه پدیده هایی نظیر،پدیده های غیرعادی زیمن احتیاج به اعداد کوانتمی جدیدی است.

سوال:در این مساله همان مساله ای که در EPR *بود دوباره ظهور می کند،و همان مشکل انتقال داده را پیدا می کنیم این مساله را چگونه حل می کنند؟*

جواب:این مساله را در EPR *مفصل جواب خواهیم داد،چون در مورد* EPR *جوابی می دهند و نمی توانند ناموضعیت را توضیح دهند،این است که با الفاظ تمام می کنند،می گویند علامت دهی فوق نوری نداریم ولی تاثیرگذاری فوق نوری داریم،یعنی چه؟*

خود تئوری هم Local *نیست ولی با* Locality *هم زیستی مسالمت آمیز دارد،یعنی طوری است که در سایر کارها مشکل ایجاد نمی کند،ببینید در این مثال گذشته وقتی جعبه* B_1 *را باز می کنند و ذره پیدا می شود* Ψ_2 *آناً صفر می شود.اینها را اهمیت نمی دهند،خود هایزنبرگ در سال ۱۹۳۰ در شیکاگو یک سلسله سخنرانیهای را که منجر به کتابی شد ارائه داد و در این کتاب اینها را ذکر می کند و آن را مشکل نمی داند.*

این نوع تاثیر را مشکل نمی داند،سخن از هم زیستی مسالمت آمیز کوانتم و نسبیت خاص می شود و علامت دهی فوق نوری را مطرح می کنند،هم زیستی مسالمت آمیز یعنی مزاحم هم نیستند ولی در سطح زیر

حتماً مشکل ایجاد می شود،وبه همین خاطر بل و بوهم معتقد بودند که نهایتاً نسبیت خاص است که جایگزین خواهد شد.

سوال:وقتی دیواره را داخل جعبه می کنیم ممکن است انتخاب همان موقع صورت گرفته باشد

جواب:مکانیک کوانتمی غیر از این جوابهای احتمالی جواب دیگری ندارد.

سوال:البته این local است؟

جواب:از نظر تعبیر رآلیستی اشکالی ندارد از قبل از اینکه شما پاریس را باز کنید این در پاریس بوده و آن طرف هم نبوده است بعد که درب پاریس را باز می کنیم اطلاعاتمون اضافه می شود می فهمیم اینجا هست آنجا نیست،اگر تعبیر به دانش خود کنیم از این جهت اشکالی ندارد و Ψ را به دلایل دیگر نمی توانید تعبیر دانش کنید

سوال:در هنگام ورود تیغه به داخل جعبه در آن هنگام ذره یا در B_1 ظاهر می شود یا B_2

جواب:کوانتم اگر علم کاملی بود باید تعیین می کرد که در کدام یک از این دوتاست،اصلاً کاری نداریم چه چیز عامل شد که ذره در B_1 برود یا B_2 ،موضوع این است با آمدن تیغه در وسط جعبه دو احتمال به وجود می آید با احتمالی در B_1 و با احتمالی در B_2 است.موضوع این است که شما به عامل علی معتقد هستید ولی اینها به عامل علی معتقد نیستند.

تا آن سال اعداد کوانتمی عبارت بودند از N. M. L

در آزمایشی موسوم به اشترانگلاخ در درون کوره ای اتم نقره وجود داشت با داغ کردن و خروج نقره از درون کوره و تحت تاثیر میدان مغناطیس قرارگرفتن آن مشخص شد به دو Beam تقسیم می شود یکی طرف بالا و دیگری پائین برای توجیه این آزمایش مفهوم ممان مغناطیسی را وارد کردند که $\mu_j B$ توضیح دادند که می تواند مثبت یا منفی باشد که مثبت باشد به سوی بالا و اگر منفی باشد به سوی پائین می آید این را کشف کردند و پائولی هم عدد را وارد کرد.و اصل طرد پائولی هم همینجا مطرح شد که امکان ندارد و الکترون نمی توانند در آن واحد در این چهار عدد کوانتمی مشترک باشند.در سال ۱۹۲۵ دو نفر به نام گوداشیت و الن بیر،گفتند که الکترون یک خاصیت داخلی دارد.مثل یک جرم چرخان مثل زمین که هم حول خود حرکت دارد و هم حول خورشید.که هر کدام یک ممنتوم به وجود می آورد.

این دو فرض می کردند الکترون یک کره چرخان است پس یک ممنتوم زاویه ای داخلی دارد.البته مدل آنها دارای اشکالاتی است ولی این موضوع که خاصیتی داخلی وجود دارد که گاهی ۱+ و ۱- را می باشد جا افتاد و پذیرفته شد. پس اسپین خاصیتی است که در واحدهایی مقدار ۱+ و ۱- را می گیرد،که آن واحد را $\hbar/۲$ می گیریم و بعد هم آزمایش اشترنگلاخ را توجیه کردند.و آن ممان مغناطیسی که برای اتم نقره در نظر گرفته بودند،چون اتم نقره یک الکترون فعال دارد،در لایه آخر،و در واقع ممان مغناطیسی الکترون را اندازه گرفتند.و از آن ممان مغناطیسی می توانید

اسپین را استخراج کنید چرا که رابطه ای است بین ممان مغناطیسی و اسپین و ممنتوم زاویه ای،پس اسپین را استخراج کردند و مشابه همان چیز بود که پیش بینی می کردند حال اگر بخواهیم تابع موج الکترون را بنویسیم یک عدد هم اضافه می کنیم.

$$\Phi(x.y.z.t.\sigma=+1)^{(1)}.\Phi(x.y.z.t.\sigma=-1)^{(2)}$$

$$\begin{vmatrix}(1)\Psi(x.y.z.t)\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\Psi(x.y.z.t)\\0\end{pmatrix}\\(2)\Psi'(x.y.z.t)\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\\Psi'(x.y.z.t)\end{pmatrix}\end{vmatrix}$$

و در حالت کلی داریم

$$\left|\phi=C_1\begin{pmatrix}\Psi(x.y.z.t)\\0\end{pmatrix}+C_2\begin{pmatrix}0\\\Psi'(x.y.z.t)\end{pmatrix}\right.$$

$$\begin{vmatrix}\phi=\begin{pmatrix}C_1\Psi\\C_2\Psi'\end{pmatrix}\\\Psi^+=C_1^*\Psi^*+C_2\Psi'^*\end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix}\Psi^+\Psi=C_1^z\Psi^z+C_2^z\Psi'^z\\\Psi^+\Psi=1\rightarrow\text{اگر نورمالیزه شده باشد}\end{vmatrix}\Longrightarrow C_1^z+C_2^z=1$$

یک موجودی مانند الکترون اگر نخواهیم وارد فرمالیز دیراک بشویم که اسپین را به طور اتوماتیک Ψ در بر دارد،الکترون را به صورت یک تابع موج دو مولفه ای بیان می کنند،حالا یک کمیت اسپینی را در نظر می گیریم،کمیت اسپینی یعنی مولفه اسپین در یک امتداد دلخواه در امتداد x ، y یا z و به طور کلی امتداد دلخواه N این کمیتی اسپینی است

حال بصورت کلی به چه صورتی می توان آن را بیان کرد.

کمیت اسپینی R را تعریف می کنیم،طبق اصلی که در مکانیک کوانتمی کردیم.برای هر کمیت فیزیکی اپراتوری را تعریف می کنیم که خوب است برای کمیت های اسپین آن را به صورت ماتریسی بنویسیم.پس چون این ماتریس ها دو مولفه ای هستند لاجرم باید دودردو هرمیتی باشد $R \rightarrow R_{nxm}$

چون گفتیم به هر کمیتی یک اپراتور یا ماتریس هرمیتی نسبت می دهیم،هرمیتی هم به خاطر این است که تضمین کنیم مقادیر ویژه آن اعداد حقیقی هستند.چون اعدادی که در آزمایشگاه بدست می آوریم اعدادی حقیقی هستند پس اپراتور باید هرمیتی باشد پس در حالت کلی بصورت $\begin{pmatrix} \alpha_{.} & \beta_{.} \\ \beta_{.}^{*} & \delta_{.} \end{pmatrix}$ می نویسیم

در یک ماتریس هرمیتی عناصر روبروی روی قطر حقیقی هستند و عناصر غیرقطری (استار) کامپلکس هم هستند،بنابراین در حالت کلی به

این صورت می نویسیم،یک ماتریس دودردو هرمیتی را به گونه ای دیگر هم می توان نوشت که کار راحتتر می کنیم

می توان براساس چهار ماتریس هرمیتی مستقل از هم نوشت که آن چهار ماتریس عبارتند از:

$$\sigma_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \qquad \sigma_2 = \begin{vmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{vmatrix}$$

$$\sigma_3 = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad \sigma_4 = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$R=\alpha + \beta_1\sigma_1 + \beta_2\sigma_2 + \beta_3\sigma_3 = \alpha I + \beta.\sigma$$

$$R=\alpha \begin{pmatrix} 1+\beta_3\sigma_3 & \beta_1 - i\beta_2 \\ \beta_1 + i\beta_2 & 1-\beta_3\sigma_3 \end{pmatrix} =$$
$$\alpha \begin{pmatrix} 1+\beta_3\sigma_3 & \beta_1 - i\beta_2 \\ \beta_1 + i\beta_2 & 1-\beta_3\sigma_3 \end{pmatrix}$$

در حالت کلی مقادیر ویژه این ماتریس هرمیتی چیست.

$$R\begin{pmatrix} x. \\ y. \end{pmatrix} = r\begin{pmatrix} x. \\ y. \end{pmatrix}$$

یک کمیتی که مقدار ویژه آن را بخواهیم آن اپراتور را روی بردار ویژه ضرب می کنیم می شود یک عددی ضرب در آن،این را می توان نوشت

$$\begin{pmatrix} \alpha+\beta_3-\gamma & \beta_1 - i\beta_2 \\ \beta_1 + i\beta_2 & \alpha-\beta_3-\gamma \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x. \\ y. \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

برای اینکه جواب معنا دار داشته باشد باید دترمینان این ماتریس صفر شود.

$$\det()=0$$

$$\gamma^{2} - 2(\alpha\gamma) + \alpha^{2} - \beta^{2} = 0$$

$$\gamma = \alpha \pm |\beta|$$

اگر بگویید مقادیر ویژه در امتداد x را بفهمیم باید

$$\alpha = 0 \quad \beta_1 = 1 \quad \beta_2 = 0 \quad \beta_3 = 0$$

بنابراین $\gamma = \pm 1$ می شود،در هر امتداد اسپین یا ۱+ است یا ۱- برحسب واحد $\hbar/2$ البته ،در امتداد y هم می توان بدست آورد و همچنین در امتدادهای دیگر،هم می توان محاسبه کرد.اگر حالتی داشتیم که اسپین ذره در امتداد محور z،و این مجموعه ذرات که محورشان در جهت z+ است از دستگاهی رد کنم که اسپین آنها را در امتداد B اندازه گیری کنیم با احتمال P_1 و P_2 این مقادیر بدست می آید.

حال می خواهیم محاسبه کنیم حال که اسپین را اندازه گیری کردیم مقادیر ویژه با چه احتمالی $\gamma = \alpha + \beta$ و با چه احتمالی $\gamma = \alpha - \beta$ خواهد بود.

از طرفی:

$$\begin{cases} \langle R\rangle = P_1(\alpha + |\beta|) + P_2(\alpha - |\beta|) \\ P_1 + P_2 = 1 \end{cases}$$

مقدار متوسط $\langle R\rangle$ را از چه راهی به دست می آوریم:

$$\langle R\rangle = (1 \quad 0)\begin{pmatrix} \alpha + \beta_2 & \beta_1 + i\beta_2 \\ \beta_1 + i\beta_2 & \alpha - \beta_3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

مقدار متوسط یک کمیت را بخواهیم،کمیت را بین آن حالت قرار داده و ajoint آن حالت .

$$K=\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \langle R\rangle = KR^*K$$

$\langle R\rangle = \alpha + \beta_3$ جواب

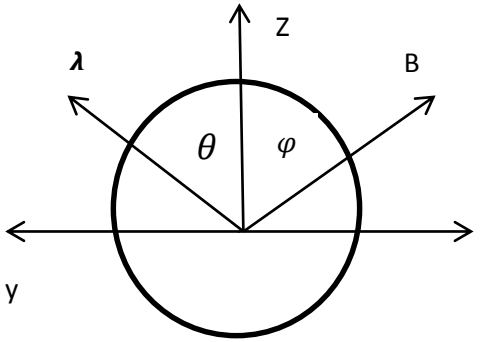
$$\begin{cases} \langle R\rangle = P_1(\alpha + |\beta|) + P_2(\alpha - |\beta|) = \alpha + \beta_3 \\ P_1 + P_2 = 1 \end{cases}$$

(۱) $P_1=\frac{1}{2}(1 + \frac{\beta_3}{|\beta|})$

(۲) $P_2=\frac{1}{2}(1 - \frac{\beta_3}{|\beta|})$

اگر حالتی داشته باشیم که اسپین ذره در امتداد محورz و مجموعه این ذرات که کل آنها مجموعشان در امتداد محور z است از دستگاهی رد کنیم که اسپین را در امتداد محور دلخواهی اندازه گیری کند با احتمال P_1 شماره (۱) حاصل می شود و با احتمال P_2 شماره(۲) بدست می آید.

ما سیستمی متشکل از کرات چرخان را در نظر می گیریم که ممنتوم زاویه ای در امتداد $\boldsymbol{\lambda}$ قرار دارد که زاویه θ در صفحه y-z می سازد و ما بخواهیم اسپین را در امتداد β اندازه گیری کنیم این $\boldsymbol{\lambda}$ ها با این توضیح که $P(\theta)$



$$P(\theta)=\begin{cases} ۱/۲\cos\theta & -\frac{\pi}{۲}<\theta<\frac{\pi}{۲} \\ ۰ & \end{cases}$$

ما یک عده کره چرخان داریم با $\boldsymbol{\lambda}$ های مختلف *با چه احتمالی جوابهای (۱) و (۲) را داشته باشیم در این مدل $\boldsymbol{\lambda}$ به جای متغیرهای نهان عمل کرده و همه مولفه های اسپین همزمان وجود دارند این به این معنی نیست که اندازه گیری شان هم هم زمان است بلکه به این معنی است هربار که بخواهید β را تغییر دهید البته این یک مدل رآلیست هست که شما می توانید همان جواب معمول کوانتم مکانیک را بدست آورید.بعد از این مقدمات می خواهیم سر قضیه فون نویمن

قضیه فون نویمن

یک متغیر اسپینی R را در نظر می گیریم و برای یکسری از سیستم های مشابه تهیه شده مقدار R را بدست می آوریم. $\{R_{۱۰}.\ldots.R_{۲۰}.\ldots R_{۳۰}.\ldots\}$ ،برای تمام سیستم هایی که تابع های موج آنها یکسان است کمیت اسپینی R را در نظر می گیریم و مقادیر ویژه R_1,R_2,R_3 رابرای آنها بدست می آوریم،فرض این است که یک متغیر نهان است که مقدار اسپین را تعیین می کند.

*با چه احتمالی جوابهای (۱)،(۲)را به دست می آوریم یعنی اگر بخواهیم به آن احتمالات برسیم زاویه بین $\boldsymbol{\lambda}$ و β باید زاویه ای حاده باشد یعنی $\theta+\varphi<\frac{\pi}{۲}$ یعنی $-\frac{\pi}{۲}<\theta<\frac{\pi}{۲}-\varphi$ اگر احتمال را بخواهیم

$$P=\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}-\varphi} P(\theta)d\theta = \frac{1}{2}(1+\cos\varphi) = \frac{1}{2}(1+\beta\gamma|\beta|)$$

پس داریم $<\lambda_1>$ ، $<\lambda_2>$ ، $<\lambda_3>$ هر $\boldsymbol{\lambda}$ مقدار γ را می دهد.حالا فرض کنیم تمام حالتهایی که داریم $\boldsymbol{\lambda}$ یکسان داشته باشد

$$P_1<\lambda_1>=\gamma_1$$

$$P_2<\lambda_.>=\gamma_1$$

.

.

$$P_n<\lambda_.>=\gamma_1$$

مقدارمتوسط کمیت R

$$<R>=\frac{1}{n}\sum\gamma_1\lambda_. + \gamma_2\lambda_. + \cdots =$$

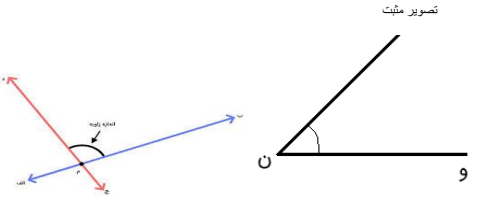
$$\gamma<\lambda_.>$$

مجموعه ای را در نظر گرفتم که متغیرنهان $\boldsymbol{\lambda}$ برای آنها یکی است. چون توسط $\boldsymbol{\lambda}$ معین می شود کمیت اندازه گیری برای همه یکی است و مقدار متوسطه نیز برای یکی از آنها می شود مقدار $<R^2>$ متوسط نیز:

$$<R^2>=\gamma^2\lambda_.$$

سوال:رابطه $\theta + \varphi < \frac{\pi}{۲}$ از کجا آمده است؟

جواب:برای اینکه اگر بخواهیم به احتمالات (۱)و(۲) برسیم زاویه باید حاده باشد،تصویر $\boldsymbol{\lambda}$ روی β اگر بخواهد مثبت باشد باید زاویه حاده باشد



زاویه حاده

سوال:اگر ما با همین مدل P_1 را محاسبه کردیم حال اگر بخواهیم P_2 را محاسبه کنیم چگونه عمل کنیم؟

جواب:باید زاویه منفرجه باشد $\theta + \varphi > \frac{\pi}{۲}$ ،یعنی $-\frac{\pi}{۲} < \varphi < ۰$ باشد

سوال:آیااین یک مدل کلاسیکی کوانتمی است؟

جواب یک مثال رآلیستی می خواستیم بزنیم،از وقتی که شما از یک مدل رآلیستی بتوانید جواب کوانتم را بدست آورید.اصلاً اسپین خودش

نظیر کلاسیک ندارد چه برسد به $\boldsymbol{\lambda}$ و در کلاسیک شما اثری از اسپین نمی بینید.

سوال: γ در اینجا چیست؟

جواب: γ مقدار ویژه کمیت IR است ، IR مثلاً هست اسپین ذره در امتداد x من اسپین یک تعداد ذرات مشابه تهیه شده را در راستای x اندازه گیری می کنم فرضم این است که این تعداد یک متغیر نهان معرفی می کند، فرض این است که این متغیر نهان برای تمام سیستمهایی که در نظر گرفتم یکی است،پس جواب باید یکی باشد و متوسط هم خود کمیت باشد،مربع متوسط آن کمیت هم،برابر مقداری است که برای خود کمیت بدست می آید

یک چنین مجموعه ایکه متغیرهای نهان یکسان دارند می گویند مجموعه فاقد پاشیدگی،یعنی پاشیدگی ندارند بلکه همشان یکی است،پس *mi sphere equation*هم صفر می شود.حال علاوه بر کمیت γ ،کمیت S را هم در نظر می گیریم.خوب مجموعه ای را در نظر بگیریم که برای قسمتی از آن γ وبرای قسمتی از آن S را اندازه گیری کنیم با فرض اینکه متغیر نهان یکی باشد به همین ترتیب S را اندازه گیری می کنیم

ماتریسی پیدا می کنیم که مقادیر ویژه اش S (کوچک) و می توان ثابت کرد که $\Delta s = ۰$ پس من یک مجموعه بزرگی داشتم برای یک عده از اجزاء آن کمیت اسپینی γ را اندازه گرفتم مثلاً اسپین در امتداد x را در نظر گرفتم و برای یک عده هم کمیت اسپینی در امتداد y را اندازه گیری کردم هر دو صفر است برای کل مجموعه $< \Delta\gamma >< \Delta s >$ $= ۰$ است .این که روابط عدم قطعیت به کار نمی آید به خاطر این است که آمدیم یک مجموعه disvertion free را در نظر گرفتیم.پس ما آمدیم یک کمیت γ و S در نظر گرفتیم اگر متغیر نهان $\boldsymbol{\lambda}$ برای همه یکسان باشد پس، $\Delta\gamma = \Delta s = ۰$

مجموعه های فاقد پاشیدگی را در نظر گرفتم و محاسبه کردیم مقدار پاشیدگی در آنها صفر است.حال قضیه فون نویمن را که بر اساس سه اصل است بیان می کنیم البته این قضیه را برای حالتی ساده ثابت می کنیم که البته اصولش ثابت است و تغییر نمی کند:

فون نویمن سه مساله را به عنوان اصل قبول کرد که متاسفانه پاره ای از مشکلات ناشی از همین اصول است.از جمله یکی از آنها مشخص شد که کلیت ندارد.

اصل اول:

تناظر یک به یک است بین کمیت های اسپینی و ماتریسهای دودردو (۲*۲)،یا به عبارت دیگر تناظر یک به یک است بین کمیت های فیزیکی و اپراتورهایی که آنها را نمایش می دهند.مثلاًاسپین در راستای

محورهای x را با σ_1 نمایش می دهیم آیا لزومی دارد که این تناظر یک به یک باشد و آیا لزومی دارد که یک ماتریس هرمیتی یک مابه ازای فیزیکی داشته باشد جوابش این است که،نه،ممکن است شما یک اپراتور هرمیتی پیدا کنید که مابه ازای فیزیکی نداشته باشد،عکسش صادق نیست یعنی اگر یک کمیت فیزیکی داشته باشیم می توانیم به آن یک اپراتور هرمیتی نسبت بدهیم.

سوال:آیا برای بررسی حالت اصل اول لازم نیست ابتدا فضا را معین کنیم؟

جواب:چرا مشخص می کنیم اول ماتریس های پایه را مشخص می کنیم،می توانید شما به جای سه ماتریس پائولی،سه ماتریس دیگر را در نظر بگیریم.ودر پایه هایی که مشخص می کنید به ازای هر کمیت یک ماتریس مشخص داریم.در هر پایه به ازای هر کمیت یک ماتریس مشخص

سوال:ماتریس واحد در فضای اسپینی معرف یک کمیت فیزیکی هست یا نه؟

جواب:چرا نیست،ماتریس واحد وقتی شما در جهتی کاملاً نامشخص،کلی ترین حالت به صورت $\alpha + \beta = 0$ *بیان می شود آنجا ماتریس واحد به کار می آید،اسپین در یک جهت غیرمشخص ماتریس واحد را به کار می آورد*

مثلاً فرض کنید شما یک چنین حالتی را در نظر بگیرید

$$|\eta\rangle = (C_1|q_1\rangle + C_2|q_2\rangle) \qquad (1)$$

حالتی که بار الکتریکی q_1 و q_2 حالتی که بار الکتریکی است،حالا بیاییم و این اپراتور را هم در نظر بگیریم$P_\eta = |\eta\rangle\langle\eta|$،حال اگر داشته باشیم

$$P_\eta|\eta >= |\eta\rangle\langle\eta|\eta\rangle = 1|\eta\rangle \qquad (2)$$

حالت (۲) دارای حالت فیزیکی است ولی حالت (۱) حالت فیزیکی خاصی ندارد چون هیچ سیستمی در جهان نیست که حالت فیزیکی باری متعین نداشته باشد مثلاً $q_1=0$ و $q_2=+1$ باشد همواره تمام سیستمهای فیزیکی بار واحدی دارند این طور نیست که حالتهای عدم تعین نسبت به بار داشته باشند یا این باشد یا آن،این قاعده را،قاعده اَبر انتخاب می گویند پس اینکه هر اپراتور هرمیتی لزوماًبه یک کمیت فیزیکی مربوط شود خیر لزوماً چنین نیست.

اصل دوم:

اگر γ متناظرR باشد $f((\gamma)$ متناظر $f(R)$ خواهد بود،یعنی اگر یک کمیتی را به وسیله یک ماتریس یا یک اپراتور نشان دهیم یک تابعی از آن کمیت به وسیله همان تابع از آن ماتریس نمایش داده می شودوماتریس مربوط به یک تابع از یک کمیت،هست ماتریس همان تابع از ماتریس مربوط به کمیت.

اصل سوم: <nR+BS>=n<R>+B<S>

این رابطه یعنی:متوسط مجموعه یکسری کمیت ها برابر است با جمع متوسط ها. به نظر خیلی طبیعی می آید،شما در فیزیک کلاسیک مجموعه ای از سیستم ها دارید متوسط انرژی را بخواهیم پیدا کنیم می شود:<E>=<T+V>

=<T>+<V>

به هر حال این رابطه برقرار است ...+<T>=T_1+T_2، و ...+<V>=V_1+V_2 پس در فیزیک کلاسیک این رابطه برقرار است،در کوانتم معمولی هم این رابطه برقرار می باشد ولی این رابطه کلیت ندارد. اول بر اساس این سه فرض قضیه فون نویمن را اثبات می کنیم بعد به دنبال مثال نقض می گردیم.

سوال:در آن بحث اول که گفتیم که هر ماتریس متناظر با چیزی است لازم نیست اول فضای مورد نظر را مشخص کنیم؟

جواب:چرا،مشخص می کنیم،اول ماتریسهای پایه را مشخص می کنیم،می توانیم به جای ماتریسهای پائولی سه ماتریس دیگری را بگیریم،سه ماتریس باشند که روابط مورد نظر ما را بدهند کفایت می کند. اول پایه ها را مشخص می کنیم بر اساس همان پایه ها به ازای هر کمیت مشخص یک ماتریس در نظر می گیریم.

سوال:آیا فضای جداگانه ای لازم نیست برای بار الکتریکی در نظر بگیریم،مثلاً فضایی که برای اسپین الکترون در نظر می گیریم،فضای اسپین آن است و برای مکان فضای مکانش است؟

جواب:ولی شما مجموعه ای از ذرات نداریم که بارشان هم صفر باشد و هم یک

سوال:یعنی لازم نیست این فضا اضافه شود،یعنی ضرب تانسوری بشود در بار آیا هم چنین عملگرهایی لازم است؟

جواب:نه،من می گویم،اگر ترکیبی که بارش از ترکیبی از حالات باشد می شود به آن اپراتور نسبت داد ولی این اپراتور بدرد نمی خورد چون آن حالت که ترکیبی از بارها است فیزیکی نیست

سوال:این اپراتور تعریفی در چه فضایی است؟

جواب:اگر شما اپراتوری به ذره ای نسبت می دهید تمامشان یک خاصیت مشخصی دارند Ψ معرف حالاتی است که در یک چیزهایی با هم مشترک هستند.همه آنها انرژیشان در حالت پایه هیدروژن است،همه شان الکترونشان spinup *است.یعنی تابع حالت مشترک،یعنی حالتی که در نظر می گیرید در یک چیزهایی مشترک باشند که آن را با Ψ نشان می دهیم.حالتی که دو ذره و دو بار نمی توانید به یک حالت نشان دهیم هر کدام فضای خود را دارند و فضای کل هم حاصلضرب این فضاها می باشد.و این اپراتور ذی ربطش نمی شود.*

ما می گوئیم حالتی که دارای بار مشخص نباشد را می توان به آن اپراتوری منسوب کرد ولی این حالت فیزیکی نیست(تأمل شود)

سوال:پس ماتریس واحد ماتریسی هرمیتی و متناظر با یک کمیت فیزیکی است؟

جواب:مربوطه به مولفه اسپین نیست ولی می تواند متناظر با یک کمیت فیزیکی باشد

و این سومی است که «بل» بعد از اینکه دید بوهم آمده فرضیه علی که فون نویمن مدعی نقض آن بود نمی شود مدعی شد فرض سوم کلیت ندارد

فرض کنید یک مجموعه ای داشته باشیم که همه آنها $\lambda.$ باشد،متغیر نهانش کمیت R را برای تمام اینها اندازه گیری می کنیم $R_{determin} = R\lambda.$ کمیت S را هم اندازه گیری می کنیم $S_{determin} = s\lambda.$.

$$T_{determin} = T\lambda.$$

فرض می کنیم این سه کمیت را در نظر گرفته ایم.حال برای یک حالت خاص R را می گیریم اسپین در امتداد x ،بنابراین R می شود σ_1 ،اسپین در امتداد y در نظر می گیریم پس S آن می شود σ_2 ،و T را هم می گیریم اسپین در امتداد n که n را (۱،۱،۰) بگیریم. T=σ.n، نکته ای که است

$$T=\sigma.n=(\sigma_1+\sigma_2)=R+S$$

پس T=R+S ← وقتی T را اندازه گیری می شود $T_{\lambda.}$ بدست می آید R را اندازه گیری می کنیم $R_{\lambda.}$ بدست می آید و S را وقتی اندازه گیری می کنیم $S_{\lambda.}$ به دست می آید مقادیر ویژه σ.n، σ در امتداد n را می توان ثابت کرد.که T برابر$\pm\sqrt{2}$ ، R برابر±1 و S برابر±1 می باشد هیچ ترکیبی از آنها آن طرف را نمی تواند بدهد،یعنی رابطه نمی تواند برقرار بشود و چون این رابطه از اصول فون نویمن حاصل می شود و فون نویمن

اینها را اصل می گیرد پس مجموعه های فاقد پاشیدگی نمی تواند در کار باشد. مجموعه های فاقد پاشیدگی از متغیرهای نهان نتیجه می شود.پس متغیر نهانی نمی تواند در کار باشد ما مجموعه ای را می خواستیم اندازه گیری کنیم که بخواهیم R یا T یا S را اندازه گیری کنیم همه λ. بود و هیچ فرقی با هم نداشتند.چیزی که نقض کردیم این بود که رفتم سراغ اصل اول که متناظر این رابطه اسپینی باید رابطه ای هم بین متغیرها باشد.وقتی رابطه بین کمیتها را گرفتم رفتم سراغ مقادیر ویژه یا حتی مقدار متوسط <T>=<R>+<S>

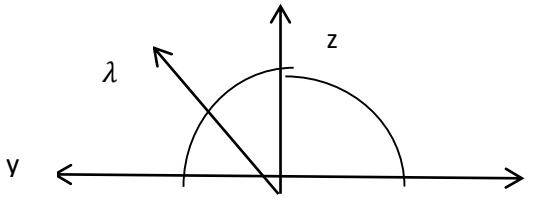
وقتی مجموعه فاقد پاشیدگی باشد هم شان یا $\pm\sqrt{2}$ است و R و S همه تمامشان ± 1خواهد بود

مثال کره های چرخان:

برای کره های چرخان،تمام اسپینها در امتداد منصف الزاویه باشد

حال اسپین را در امتداد y,z (σ_1،σ_2 ،σ_3) اندازه گیری کنیم در این حالت دارید در واقع $\sigma.n=\sigma_2+\sigma_3$ وقتی مقدار متوسط همه طرفها را بگیریم.

* $\langle\sigma_1\rangle=\langle\sigma_2\rangle+\langle\sigma_3\rangle$ ،مقدار $\langle\sigma_2\rangle$، $\langle\sigma_3\rangle$ ویژه یک است ولی طرف دیگر یک نخواهد بود اگر نرمالیزه هم بشود این تساوی برقرار نیست.پس برای مثال کره چرخان که λ ها در یک امتدادند شما می خواهید یک زمان در امتداد y و یک زمان در امتداد z و یک بار هم در امتداد خود λ اسپین را اندازه گیری کنید رابطه * نمی تواند برقرار باشد.بنابراین مثال کلاسیکش هم پیدا شد که لزومی ندارد این اصل برقرار باشد بل آمد کلیت این



سوال:مگر اصل سوم صرفاً از ریاضیات صرف بیرون نمی آید؟یعنی اگر بخواهیم متوسط محاسبه کنید Ψ را باید دو طرف قرار داده و ضرب بکنیم.

جواب:من الان مثال خواهم زد که این صدق نمی کند،بنابراین این واضح نیست که این حتماًصادق است.من اول بر این اساس که صادق است مساله فون نویمن را اثبات می کنم بعد برمی گردیم به مساله کره های چرخان و نشان می دهیم این صدق نمی کند.

سوال:مجموعه های فاقد پاشیدگی چیستند؟

جواب:یعنی یک کمیتی وجود دارد که اگر متعین باشد همه سیستم ها همان عدد را خواهند داشت یعنی λ اگر در مجموعه ای یک باشد همه

آنها اسپینشان در یک امتداد یک خواهد بود.اگر۱، λ- باشد همه ۱- خواهند بود.یعنی مجموعه ای که در یک خصوصیت یکی باشند.پاشیدگی در کار نباشد

وبر عقیده اش این بود که رابطه عدم قطعیت را به عنوان عدم قطعیت در کمیت های فیزیکی تلقی نمی کرد بلکه به عنوان روابط پاشیدگی تلقی می کرد.اگر ما مجموعه ای را داشته باشیم که مکانشان را با دقت Δx *فرق داشته باشد اینها حتما ممنتومشان* Δpx *فرق خواهد داشت در مقام تهیه وقتی این را در نظر می گیریم آن را تغییر می دهیم این را به عنوان رابطه پاشیدگی حرفی داشت.*

کلیت این اصل را مورد سوال قرار داد.

پس قضیه ای داشتیم به نام فون نویمن که ادعا می کند با داشتن فرضیه متغیرهای نهان شما نمی توانید اطلاعاتی بیش از کوانتم مکانیک بدست بیاورید.و بل آمد و این نکته را در قضیه فون نویمن پیدا کرد که یکی از مفروضات نویمن کلیت ندارد .کسان دیگری آمدند و اصلاحیه ای به نظریه نویمن زدند البته مشخص شد که همه آنها مشکلی دارند.یعنی فرضی را به کار می برند که لزومی ندارد و بعلاوه یک تئوری مجسم بوهم را داشتند که اطلاعاتی بیش از کوانتم مکانیک می داد.علی هم هست و به طور واضح نشان می دهد تئوری فون نویمن کلیت ندارد شما یک مثال خلف پیدا کنید می توانید بساط را بهم بزنید ولی البته بل و امثال آن آمدند و فهمیدند که چرا قضیه بهم می خورد علتش را فهمیدند والا یک مثال خلف کافی بود که آن را نشان دهد.انیشتین و دیگران با یک مثال فکری به نام EPR نشان دادند که کوانتم ناقص است و جواب یکسری سوالها را نمی دهد و بوهم همان مساله را با بیانی زیباتر و رساتر بیان کرد که مبنای آزمایشات بعدی شد که ماحصلش اینکه تاثیرگذاری فوق نوری داریم.

بسم الله الرحمن الرحیم

آیا مکانیک کوانتمی نظریه ای کامل است؟

انیشتین به دنبال این بود که نشان دهد مکانیک کوانتمی رایج با تعابیر کوپنهاکی تعارض داخلی دارد مثلاً عدم قطعیت جاهایی نقض می شود. در این کار که موفق نشد چند سال کار فکری خوبی انجام داد با آزمایش فکری که نشان دهد که مکانیک کوانتمی اشتباه نیست بلکه ناقص است در سال ۱۹۳۵ مقاله ای سه نفری نوشتند البته ایده از انیشتین بود (Enistain, Podlsky,Rozerv) این مقاله با عنوان EPR در سال ۱۹۳۵ چاپ شد.در این مقاله ایده اصلی برای انیشتین بود ولی نگارش پلدوسکی بود در تاریخ علم مقاله ای با این انسجام کمتر مشاهده می شود که انسجامی منطقی بر آن حکم فرما باشد.این مقاله ادعا کرد که کوانتم مکانیک ناقص است.بعد از چاپ این مقاله Newyork Times تیتری در روزنامه اش زد که انیشتین مدعی است که کوانتم مکانیک اشتباه است.انیشتین بشدت عصبانی شد و دبیر روزنامه را خواست و گفت قرار نیست روزنامه ها در کارهای علمی دخالت کنند.یعنی اینکه عامیانه زدگی در کار نباید، بیاید همان طور که این روزها مشاهده می شود که یک مطلب علمی آنقدر بر سرش می خورد که روح علمی خود را از دست می دهد.بخاطر اینکه یک مطلب علمی اگر کمی پس و پیش شود محتوای خود را از دست می دهد و بعد از این انیشتین رابطه اش را با پلدوسکی قطع کرد چون وی مصاحبه ای هم در این روزنامه انجام داده بود.وبعد از این مساله به گونه ای دیگر این موضوع را ارائه داد.و

بوهم در سال ۵۰ وقتی کتابش را منتشر کرد این آزمایش را به صورت بهتری بیان نمود.و بعد آن هم این ایده بوهمی مورد آزمایش قرار گرفت.

ایشتین در طرح آزمایش صحبت از مکان و ممنتوم کرده بود و بوهم از مولفه های اسپین استفاده کرده بود چرا که همان طور که مولفه های مکان و ممنتوم با هم جابجا پذیر نیستند مولفه های اسپین هم با هم جابجا پذیر نیستند بنابراین استدلال انیشتین را به زبان دیگری است که امروزه رایج است و امروزه شما EPR را به آن زبان می شناسید.

انیشتین در این مقاله دو مطلب را وارد کرد یکی اینکه چه وقت مطلبی عنصری از واقعیت است یعنی در خارج وجود دارد و چه وقت می گوییم که نظریه کامل است.چون کارشان انسجام داشت با اصول شروع می کردند. انیشتین تعریفی را ارائه می دهد که الزام آور نیست می گفت وقتی یک واقعیت فیزیکی را می گوییم عنصری از واقعیت است که اگر با احتمال صددرصد بتوان پیشبینی کرد که مقدار آن چقدر است،اصل دوم این است که بگوییم چه وقت یک تئوری کامل است؟ وقتی می گوییم یک نظریه کامل است اگر هیچ عنصری از واقعیت فیزیکی پیدا نشودکه در این نظریه نمایشی نداشته باشد مثال اینکه،مغازه ای تمام اجناسش را در کاتالوگی بنویسد،در چه صورت می گوییم این کاتالوگ کامل است،در صورتی که جنسی در مغازه نباشد که در این کاتالوگ صورت بندی نشده باشد،یعنی بتواند به همه سوالات جواب بدهد،یک تئوری را می گوییم کامل است اگر عنصری از واقعیت یافت نشود که در این تئوری نباشد،یا بشود که در آن تئوری نباشد،اگر سیستم بار الکترکی دارد باید دراین

تئوری نمایش داده شود،اگر اسپین دارد باید در این تئوری نمایش داده شده باشد،یعنی این تئوری کل واقعیت خارجی را در بر داشته باشد در این صورت می گوییم این تئوری کامل است.و اگر مکانیک کوانتمی عناصری از واقعیت وجود داشته باشد که نتواند درباره آن صحبت کند یعنی،مکانیک کوانتمی ناقص است. بعد انیشتین با فکری بدیع آزمایش فکری را پیشنهاد داد،آزمایش فکری یعنی آزمایشی که علی الاصول هیچ منع فیزیکی نداشته باشد،ممکن است در زمانی به علت مسائل تجربی نتوانید آن را انجام دهید،ولی منع فیزیکی نداشته باشد،این را یک آزمایش فکری می گوییم.طبق روابط عدم قطعیت می دانیم که اگر مکان دقیقاً معین باشد،ممنتوم را دقیق نمی دانیم،و اگر ممنتوم دقیقاً مشخص باشد،مکان را هیچ چیز درباره اش نمی دانیم،فی مابین هم باشد،با یک دقتی این و با یک دقتی آن دیگری را می دانیم،یک موردی را در نظر بگیریم که مکان معین نباشد ولی ممنتوم معین باشد را در نظر می گیریم که تابع موجی به شکل زیر را نشان می دهد:

$$\Psi = e^{i\hbar p.x}$$

اپراتور ممنتوم $\frac{\hbar}{i}\frac{\delta}{dx}\, e^{i\hbar p.x} = P. e^{i\hbar p.x}$

این حالتی است که ممنتوم در آن کاملاً معین است،مقدار ویژه ممنتوم،مربوط می شود به حالت ویژه ممنتوم،ممنتوم هم P_0 است در این حالت مکان چیست؟احتمال اینکه در یک نقطه ذره باشد چیست؟

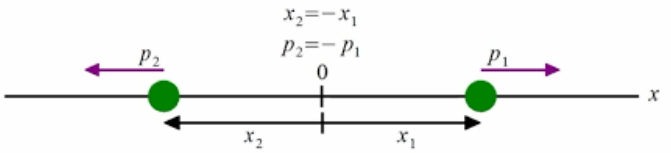
$|\Psi^{2}| = 1$ مستقل از x است،یعنی ذره هر جایی می تواند باشد،پس اگر ممنتوم دقیقاً معین باشد،مکان اصلاً معین نیست حالا بالعکس اگر ما

تابع موج : $X\ \delta(x-x_0)=x_0\ \delta(x-x_0)$

$\delta(x-x_0)$ تابعی است که در آن ذره دارای تابع مکان x_0 است و اگر مربع قدر مطلق آن در تمام فضا انتگرال در نقطه x_0 می شود یک ولی این تابع را می شود به گونه زیر نوشت:

$$\delta(x- x_0)=\frac{1}{2\pi\hbar}\int dp e^{\frac{i}{\hbar}p(x-x_0)}$$

یعنی این تمام ممنتوم را در بردارد،یک همچنین حالتی که ذره دارای مکان معینی است ممنتومش مشخص نیست،این توضیح واضحات بود و برای آنها مساله مهمی تلقی نمی شد،حالا نکته گیری انیشتین چه بود،گفت فرض کنید شما یک ذره ای داشته باشید،که به دو ذره α و β تجزیه شود.



مکان α را x_1 و مکان β را بگیریم x_2،ممنتوم α را P_1 و ممنتوم β را بگیریم P_2 خوب مشخص است که $[x_1.p_1] = i\hbar$ یعنی هم زمان این دو کمیت نمی توانیم بدانیم،و همین طور $[x_2.p_2] = i\hbar$ هم قابل

دیدن با هم نیستند،ولی انیشتین در اینجا زیرکی خاصی را به خرج می دهد،و فتانت خاصی در رسیدن به آن به خرج می دهد،انیشتین گفت

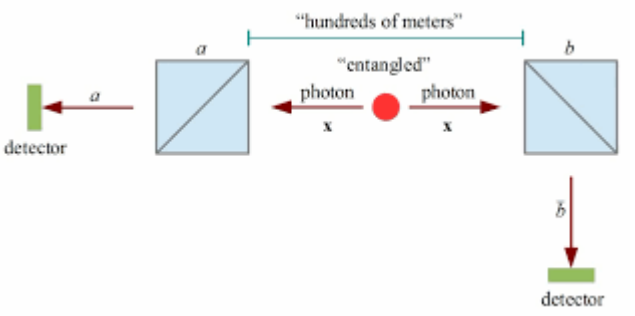
سوال:باتوجه به این اصلی که انیشتین گذاشته،نقض نمی شه،خوب الان یکی را بدست آوردیم دیگری بدون تعریف ماند،حتی در مورد انرژی و زمان هم همین مساله است؟

جواب:بله،یکی از آنها می شود معین شود که واقعیتی فیزیکی است،حالا وارد انرژی و زمان نمی شویم چون آن رابطه تعابیر متفاوت دارد،روابط برقرار است ولی تعابیر خاصی دارد

پیایید این رابطه را بگیرید:

$$[x_۱ - x_۲.p_۱ + p_۲] = [x_۱.p_۱] - [x_۲.p_۲] = i\hbar - i\hbar = ۰$$

یعنی تفاضل مکان دو ذره و مجموع ممنتوم های دو ذره با هم ،جابه جاپذیر هستند، یعنی دقیق می توانند معین بشوند،پس بنابراین عنصری از واقعیت هستند،پس مجموع ممنتوم و تفاضل مکانی،عنصری از واقعیت هستند،یعنی اگر بیاییم،یعنی اگر $x_1-x_2=x$, $p_1+p_2=p$ باشد این دو عنصری از واقعیت هستند،پس بنابراین باید با هم وجود داشته باشند حالا بیاییم و این واپاشی را تکرار کنیم،



حالا بیایید در جایی مکان ذره x را مشخص کنید مکان ذره بدون آنکه اندازه گیری کنیم مشخص است $x_2=x-x_1$

پس با اندازه گیری با دقت یکسو از مکانها،می توانیم پیش بینی دقیق کنیم مکانهای طرف مقابل را با این فرض که این دو ذره به قدری از هم دور شدند که اگر بخواهند اطلاعاتی را رد و بدل کنند باید با سرعتی فوق نوری باشد،یعنی این دو روی هم اثری ندارند،یعنی این طرف یک آزمایشی انجام داده اید بدون آنکه با آن طرف ارتباطی داشته باشید،مکان یکسری از ذرات را دقیق می دانید،پس مکان ذرات آن طرف هم یک عنصری از واقعیت می باشد و همین طور برای تعدادی از ممنتوم های یک طرف را محاسبه می کنیم به همان ترتیب می توان تعدادی از ممنتوم های طرف مقابل را هم بدست آورد و این هم،نشانی از واقعیت است،اما فرض این است که این دو طرف اصلاً روی هم اثری

ندارند،اگر تعدادی از طرف مقابل عناصرش نشانی از واقعیت باشد می توان گفت تمام مکانهای ذرات آن نشانی از واقعیت است،و همین طور تمام ممنتوم ها عنصری از واقعیت می باشد،و این چیزی است که مکانیک کوانتمی پیش بینی نمی کند،بنابراین مکانیک کوانتمی ناقص است.

حالا جواب کوانتمی ها چه بود؟اینجا تعریفی از عدم قطعیت را وارد کردند،شش ماه طول کشید تا بوهر به این مساله در مجله physical viva جواب داد تنها راهشان این بود که بگویید وقتی در یک طرف انجام می دهیم روی طرف دیگر اثر می گذاریم جواب طرف مقابل متاثر از این است،بنابراین آنهایی که اندازه گیری نکردید اصلاً نمی توان درباره آن تصمیم بگیرید،این تاثیر فوق نوری است، اینجا بود که گفتند اگر کمیت اندازه گیری نشده باشد مقداری بالفعل ندارد،انیشتین می گفت وقتی یک طرف را اندازه گیری می کنید آن طرف مقداری را که قبلاً داشته نشان می دهد،یعنی اگر آن طرف هم اگر اندازه گیری کنید مقداری را که داشته نشان می دهد،

مثال قبلی که درمورد دو بسته انتقال داده شده به توکیو و پاریس را زدیم وقتی بسته را در پاریس باز می کنیم،ذره خلق نمی شود بلکه خود را نشان می دهد ،دانش شما را زیاد می کند،انیشتین می گفت: اگر این طرف + درآمد آن طرف – است مثلاً و این را داشته و شما فقط کشفش کردید،این آزمایش EPR بود که تا انیشتین این مقاله را نوشت،بور هم جواب داد،و حال است که قضاوت می کنند که بسیاری از فیزیکدانان که

جواب بور کامل نبوده،و بور مساله انیشتین را نفهمیده است.این مساله نابی است که انیشتین یافته که هم مختصات در آن هست و هم ممنتوم،یک طرفی اصلاً اندازه گیری نمی شود ولی ادعا می کند که هم مختصات سیستم مشخص است و هم ممنتوم و چون مکانیک کوانتمی یک چنین شرایطی را پیش بینی نمی کند ناقص است،البته آنچه بوهم پیشنهاد می دهد،زبان بسیار روشن تری دارد،

سوال: x_2-x_1 را ما به طور موضعی که اندازه نمی گیریم،بلکه تایید این است که با فاصله داریم این کار را انجام می دهیم؟

جواب:وقتی اینها از هم جدا می شوند همشان با سرعت مساوی هستند،اگر یکی را اندازه گیری کنید x_1 چقدر است و x_2 چقدر است x_2-x_1 را هم می فهمید،و همین معیار می شود برای بقیه،

سوال:چگونه x_2 و x_1 را اندازه گیری می کنیم؟

جواب:مکان که مشکل ندارد یک آشکارساز می گذارید در سمت چپ دیگری سمت راست پشت سر هم هر جا روشن شد ، x_2 و x_1 را محاسبه می کنید اگر دو ذره یکی باشند در هر دو x_2-x_1 ثابت است، حرف سر این است مستقیم نمی توانیم برویم و x_1 و p_1 را اندازه گیری کنیم ولی x_2-x_1 و p_2+p_1 را می توانیم مستقیم اندازه گیری کنیم چرا که با هم جابه جا پذیر هستند

سوال:ما می خواهیم x_2-x_1 و p_2+p_1 را با هم بدانیم این چگونه است؟

جواب:می شود با هم دانست،چون می توانیم یک تابع موجی بسازیم که در آن x_2-x_1 و p_2+p_1 هر دو مشخص باشد،وقتی این تابع موج را بسازیم عملاً نشان می دهد این قضیه را علاوه بر اینکه جابه جا پذیر بودن هم خود نشان از آن است،اول ثابت کردیم جابه جا پذیرند،حال نمایش آن این است که یک تابع موج بسازیم،انیشتین فوراً ساخت،

$$\Psi(x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int dq\, e^{i\hbar(x_2 - x_1 + x)q}$$

یک همچنین تابعی که x هم مشخص باشد در نظر بگیرید

$$\frac{\hbar}{i}\frac{d}{dx_1}\Psi = \frac{-1}{\sqrt{2\pi}} \int dq \frac{\hbar}{i}\frac{i}{\hbar} e^{i\hbar(x_2 - x_1 + x)q}$$

$$\frac{\hbar}{i}\frac{d}{dx_2}\Psi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int dq \frac{\hbar}{i}\frac{i}{\hbar} e^{i\hbar(x_2 - x_1 + x)q}$$

$$(P_1 + P_2)\Psi = (\cdot)\Psi$$

$$-\begin{cases} x_1 \hbar S(x_2 - x_1 + x) = x\hbar S(x_2 - x_1 + x) \\ x_2 \hbar S(x_2 - x_1 + x) = x_2 \hbar S(x_2 - x_1 + x) \end{cases}$$

$$(X_1 - X_2)\hbar S(x_2 - x_1 + x) = (x_1 - x_2)\hbar S(x_2 - x_1 + x)$$

$$X\hbar S(x_2 - x_1 + x) = X\hbar S(x_2 - x_1 + x)$$

اسلوب بوهمی EPR

در این روش یک ذره π را در نظر می گیریم $\pi^{\cdot} \rightarrow e^{+} + e^{-}$

$\pi^{\cdot}$ ساکن با اسپین صفر،پس e^{-} و e^{+} با ممنتوم مساوی مختلف العلامه حرکت می کنند $e^{+} \leftarrow z\ (\pi^{\cdot})\ z \rightarrow e^{-}$

$\pi^{\cdot}$ گفتیم دارای اسپین صفر است،چون بقای انگولار ممنتوم داریم،الکترون، پوزیترون تولید شده باید دارای حالت اسپین صفر باشند،این حالت اولیه را به گونه زیر می نویسیم

$$\left|\Psi(\cdot) >= \frac{1}{\sqrt{2}}[z+>_{1} |z->_{2} - |z->_{1}|z+>_{2}\right]$$

یا الکترون با مولفه اسپین $\frac{\hbar}{z}$ است یا پوزیترون با مولفه اسپین $\frac{\hbar}{z}$ می باشد،چون ممنتوم زاویه ای باید حفظ شود اگر ذره اولی در حالت $\frac{\hbar}{z}$ باشد، ذره دومی $-\frac{\hbar}{z}$ است و اگر در واحدهای $\frac{\hbar}{z}$ صحبت کنیم (۱-) است،در امتداد z شما اسپین را می نویسید الکترون اگر اسپینش بالا باشد پوزیترون پایین است،و اگر پوزیترون بالا باشد الکترون پایین است

کوانتم مکانیک حداکثر این را می گوید نمی تواند بگوید که،کدام مثبت است و کدام منفی،فقط می تواند بگوید اگر شما یک آشکارساز در را e^{-} یا e^{+} قرار دادید و این آشکارساز اسپین $+\frac{\hbar}{z}$ را نشان داد

$$\uparrow^{x} \blacksquare \leftarrow e^{-} \quad (\pi^{\cdot}) \quad e^{+} \rightarrow \blacksquare \quad \uparrow^{x \rightarrow z}$$

$|\Psi(\cdot)>\rightarrow |z+>_{۱}|z->_{۲}$ این تابع موج تقلیل پیدا می کند به

کوانتم مکانیک بیش از این نمی تواند بگوید،که اگر این $+\frac{\hbar}{z}$ داد دیگری $-\frac{\hbar}{z}$ و بالعکس می باشد،خوب مکانیک کوانتمی می گوید ۵۰٪ از موارد $|z+>_{۱}|z->_{۲}$ و در ۵۰٪ از موارد $|z->_{۱}|z+>_{۲}$ می باشد،کوانتم مکانیک حداکثر این را می گوید،حال بیاییم اسپین را در دو جهت اندازه گیری کنیم مثلاً در یک طرف در جهت z و جهت x و در طرف دیگر فقط در راستای x اندازه گیری نماییم.پس در طرف راست دو امکان است یا در جهت z یا در جهت x ،طرف چپ فقط در امتداد x اندازه گیری می کنیم

حالا،اگر طرف راست را که در امتداد x اندازه گیری کرده ایم $+\frac{\hbar}{۲}$ باشد طرف مقابل را اگر در امتداد x اندازه گیری کنیم،الا و لابد در جهت $-\frac{\hbar}{۲}$ خواهد بود، توابع موج در امتداد z را می توانید در امتداد x بنویسید ،در امتداد z برابر با $\binom{۰}{۱}\binom{۱}{۰}$ و در امتداد x مثلاً $\binom{۱}{۰}\binom{۰}{۱}$ هستند اینها را می توانیم بسط بدهیم،برحسب موارد بالا،حال اگر بیاییم و طرف راست را در امتداد z اندازه گیری کنیم،و برابر $+\frac{\hbar}{۲}$ باشد،طرف چپ با احتمال ۵۰٪ $+\frac{\hbar}{۲}$ و به احتمال ۵۰٪ $-\frac{\hbar}{۲}$ خواهد بود، اگر طرف راست را اصلاً اندازه گیری نکنیم باز سمت دیگر ۵۰٪ ،$+\frac{\hbar}{۲\square}$ و ۵۰٪ ، $-\frac{\hbar}{۲}$ خواهد بود،حالا فرض کنید این دو طرف فاصله شان زیاد شده، در آزمایش که در سویس

انجام شد،حدود ۱۳ کیلومتر فاصله داشتند،نتیجه ای که از یک طرف بدست می آید بستگی دارد که در آن طرف چه اندازه گیری کرده باشید ،در حالی که دو طرف روی هم تأثیری ندارند،اگر داشته باشند تاثیر فوق نوری است که آن را فرض نمی کنیم.پس تابع موج آن طرف بستگی دارد این طرف چه تابع موجی را داشته باشد.اینشتین به این طریق استدلال کرد که نمی تواند تابع موج این طرف بستگی داشته باشد به اینکه آن طرف که ازآن مستقل است چه بلائی بر سرش آورده باشید،یک تابع یونیک به آن طرف نمی توانید نسبت دهید،پس این را برای مکانیک کوانتمی ناقص می دانست.اینجا نحوه آزمایش همان است،دو ذره است و غیره،تابع موجم که بحثی روش نیست، اینشتین می گوید اگر این طرف $+\frac{\hbar}{۲}$ بدست آمده آن طرف $-\frac{\hbar}{۲}$ بدست می آورید،و این بوده و فقط شما درباره آن اطلاع پیدا کردید،بور می گوید وقتی ما این طرف $+\frac{\hbar}{۲}$ را کشف کردیم،$-\frac{\hbar}{۲}$ در آن سو خلق می شود،در این مورد بحث آکادمیک است ولی نتیجه یکی است،اگر این طرف $+\frac{\hbar}{۲}$ باشد آن سو $-\frac{\hbar}{۲}$ خواهد بود،استدلالات متفاوت است ولی نتیجه یکی است،زیرکی بل در این بود که گفت یک طرف را در امتداد A اندازه گیری می کنیم آن طرف را در امتداد B که رابطه یک به یک نباشد،اگر این طرف $\frac{\hbar}{۲}$ باشد آن طرف $-\frac{\hbar}{۲}$ یا $+\frac{\hbar}{۲}$ می باشد،رابطه یک به یک نیست،حرف بل این بود حالا شما بیایید یک جدول بسازید،

سوال:اگر مکان را از یکی از ذرات و ممنتوم را از ذره دیگری اندازه گیری کنیم باز هم،ممنتوم و مکان را در یک زمان می دانیم؟

جواب:این همان مساله انیشتین است،ولی کوانتمی ها می گویند نمی شود این کار را کرد و باید هر کدام جداگانه اندازه گیری شود نه اینکه استنتاج بکنی که چکار انجام دهید.مخالفها می گویند وقتی x_1 را خلق می کنید،حرف انیشتین این بود که اثر گذاری فوق نوری نداریم،بور می گوید وقتی آزمایش می کنید موجود خلق می شود،پس این ذره خلق شده p_2 را تغییر می دهد،پس آن طرف x_2 و p_2 را نمی دانیم، وقتی x_1 را اینطرف اندازه گیری می کنید x_2 آن طرف خلق می شود، x_2 که خلق شد p_2 که قبلاً بوده تغییر می دهد،و نمی دانید که چقدر هم تغییر می دهد،پس شما x_2 و p_2 طرف مقابل را ندارید،همان تابع موجی که ساختم قبلاً قبول می کنید می شود مکان و ممنتوم آن را برای یک ذره با هم اندازه گیری می کنیم،این طرف اندازه گیری می کنید، آن طرف ،مکان و ممنتوم با فرض اینکه با قطعیت پیش بینی کنید متعین است،پس آزمایش EPR شرایطی را خلق می کند که شما،مختصات و ممنتوم یک ذره را می دانید،یک کمیت را می گوییم یک واقعیت فیزیکی دارد اگر بتوانیم دقیقاً تعیینش کنیم،ما یکسری آزمایش انجام می دهیم آن طرف مکان این ذرات بدون اینکه آزمایشی صورت پذیرد متعین است،اشکال عدم قطعیت این است که می گوید وقتی شما روی ذرات آزمایش انجام می دهید ممنتوم را تغییر می دهید،شما این طرف

که دارید مکان را اندازه گیری می کنید،مکان آن دو طرف را متعین کرده اید چون آن طرف آزمایشی انجام نداده اید ممنتوم هم مختل نشده است،آن ذره هم این طرف ممنتوم را اندازه گرفتید،ممنتوم آن طرف مشخص است،چون ممنتوم آن طرف را بدون آزمایش مشخص کرده اید مکانش تغییر نکرده است،پس آن طرف ها هم مکان معین است هم،ممنتومشان،و این کوانتم مکانیک امکان ندارد،خوب حال باید بگوییم کوانتم ناقص است یا یک استدلال دیگری بکنیم

بل می گوید از این حالت بیرون نیاییم معتقد است که اگر این طرف را اندازه بگیریم،آن طرف با اندازه گیری آنچه که داشته نشان می دهد،آنها آمدن میگفتند آن طرف خلق شده حال آزمایش را تغییر داد،گفت این طرف را در امتداد A اندازه گیری می کنیم،و طرف دیگر را در امتداد B اندازه گیری می کنم،این طرف یک مقداری بدست می آورم و آن طرف هم یک مقداری بدست می آورم،این دو مقدار را در هم ضرب می کنم،باز یک آزمایش دیگر انجام می دهم این سو و آن سو را بدست آورده و در هم ضرب می کنم،و همین طور تعداد زیادی آزمایش می کنم،

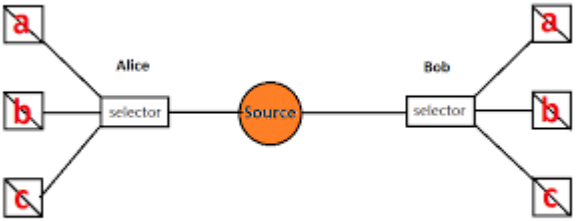
حاصلضرب،ضرب این سو در آن سو را متوسط می گیرم،بعد با نتیجه ای که کوانتم مکانیک می گیرد مقایسه می کنیم،ببینیم با کوانتم می خواند یا نمی خواند، اگر خواند که هیچ اگر نخواند باید برویم و با آزمایش

مقایسه کنیم، اگر با کوانتم خواند و با آزمایش هم خواند یک موضوع،اما اگر با کوانتم نخواند ولی با آزمایش خواند یعنی مکانیک کوانتمی اشکال دارد،جالب این است این نامساوی که بل بدست می آورد با کوانتم می خواند ولی با آزمایش نمی خواند،ولی آن را جلو می آورد که اینشتین اصلاً انتظار نداشت،موضعیت را نقض می کند،موضعیت که نقض بشود به یک زبان یعنی،علامت دهی نوری نقض می شود و به یک زبان یک اندازه گیری که اینجا انجام می دهید مستقل از اندازه گیری هایی است که در جاهای دیگر انجام می دهید،موضعی می گوییم بر این اساس که تکلیف خودش و اطراف خودش را معین کند کاری به جاهای دیگر نداشته باشد،غیر موضعی است، در وقتی که نتیجه اندازه گیری در جاهای دیگر در نتیجه اندازه گیری اینجا دخالت کند،کوانتم مکانیک نتیجه را درست می دهد ولی موضعیت را نمی تواند توجیه کند ،پس یک مشکل

اضافه دارد که آن باید حال شود،

نامساوی بل :

اول حالت تلاشی ذره π° را در نظر می گیریم که در این حالت



در آشکارساز A ،اسپین را در جهت A و در آشکارساز B اسپین را در جهت B اندازه گیری می کنیم اگر اسپین در امتداد محور z باشد به صورت $\binom{1}{0}$ یا $\binom{0}{1}$ نشان داده می شود،حالتی را می خواهیم که توابع ویژه را در راستای دیگری می خواهیم اندازه گیری نماییم،اول توابع ویژه را بدست می آوریم بعد وارد،مسائل دیگر می شویم،

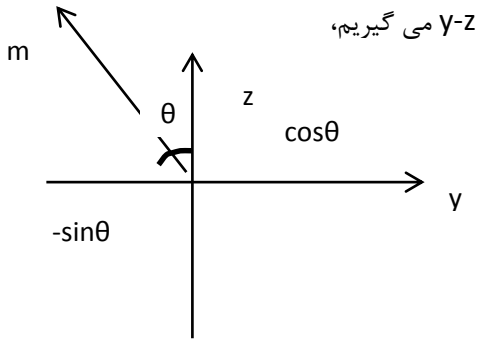
$$(\sigma^{\rightarrow}.m^{\wedge})\Psi_{+} = \Psi_{+}$$

$$(\sigma^{\rightarrow}.m)\Psi_{-} = -\Psi_{-}$$

سوال:تأثیرگذاری فوق نوری که در تعبیر دانشمندان است یعنی چه؟

جواب:علامت دهی فوق نوری نداریم،تأثیرگذاری فوق نوری داریم،وبه آن اثر اتری می گویند حامل انرژی و ممنتوم نیست،در مکتب بوهر عنوان می شود برای توضیحش باید نسبیت استفاده کرد.دید رآلیستی همین است که یک حادثه در یک جا تحت تأثیر محیط اطراف قرار می گیرد هر قدر هم که بخواهد دور باشد،برای همین بوهر از کلمه شعور برای همه جهان استفاده کرد،

ما واحد را $\frac{\hbar}{۲}$ می گیریم پس یا ۱+ می شود یا ۱- می شود،ابتدا محور مختصات را می کشیم،برای سهولت A و B را در فضای y-z می گیریم در دو بعد اگر فضای سه بعدی بگیریم یک زاویه φ هم وارد می شود،و در محاسبات فقط حمل می شود عملاً چیزی اضافه نمی کند،پس A و B را در صفحه y-z می گیریم،



$$m^{\wedge} = (۰. - \sin\theta \,.\, \cos\theta)$$

$$\sigma.m^{\wedge} = (\sigma_{۱}.\cdot) + \begin{pmatrix} \cdot & i\sin\theta \\ -i\sin\theta & \cdot \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\theta & \cdot \\ \cdot & -\cos\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & i\sin\theta \\ -i\sin\theta & -\cos\theta \end{pmatrix}$$

$$(\sigma.m^{\wedge})\begin{pmatrix}\alpha\\ \beta\end{pmatrix} = +\begin{pmatrix}\alpha\\ \beta\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & i\sin\theta \\ -i\sin\theta & -\cos\theta \end{pmatrix}\begin{pmatrix}\alpha\\ \beta\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\alpha\\ \beta\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cdot\\ \cdot\end{pmatrix}$$

$$\alpha\cos\beta + i\sin\beta = \alpha \;\Rightarrow\; |\alpha|^{۲} + |\beta|^{۲} = ۱$$

$$-i\alpha\sin\beta - \beta\cos\beta = \beta$$

$$\alpha = \cos\frac{\theta}{۲} \qquad \beta = i\sin\frac{\theta}{۲}$$

$$\Psi_{+}(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\frac{\theta}{۲} \\ -i\sin\frac{\theta}{۲} \end{pmatrix} \Rightarrow \text{اگر } \theta = \cdot \Rightarrow \begin{pmatrix}۱\\ \cdot\end{pmatrix}$$

$$\Psi_{-}(\theta) = \begin{pmatrix} -i\sin\frac{\theta}{۲} \\ \cos\frac{\theta}{۲} \end{pmatrix}$$

در امتداد A اندازه گیری را انجام می دهیم،که A زاویه θ با زاویه z می سازد،و B زاویه θ′ با محور z می سازد،یعنی جهت A و B با هم فرق دارند،حالا امکانات مختلف را بررسی می کنیم،در جهت θ اندازه گیری می کنیم برای الکترون و + بدست می آوریم،و پوزیترون را در جهت θ′ اندازه گیری می کنیم و مثبت بدست می آید

$$\Psi_+(\theta)\Psi_+(\theta')$$

امکان دیگری این است که

$$\Psi_+(\theta)\Psi_-(\theta')$$

امکان دیگر

$$\Psi_-(\theta)\Psi_+(\theta')$$

امکان دیگر

$$\Psi_-(\theta)\Psi_-(\theta')$$

حالا ما می خواهیم تعداد زیادی آزمایش انجام دهیم که الکترون به یک سو می رود و پوزیترون به یک سوی دیگر مقدار دو طرف را هم پیدا کنیم و در هم ضرب کنیم،در آزمایش دیگر و همین کار را انجام دهم و در آزمایشی دیگر همین طور و در نهایت متوسط بگیرم،

ابتدا این احتمال را اندازه گیری می کنیم که $P(++|\theta.\theta')$

حالت اولیه $\Psi_{.}$ بوده $\Psi_{.} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\binom{1}{0}_1\binom{0}{1}_2 - \binom{0}{1}_1\binom{1}{0}_2\right]$

می خواهیم از حالت اولیه به یکی از موارد فوق الذکر رفته باشد حالا احتمال یکی از آن حالتها را محاسبه می کنیم: $P(++|\theta.\theta')$

حالت نهایی را در حالت اولیه ضرب می کنیم نشان می دهد آن چقدر از این را دارد بعد آن را به توان دو می رسانیم می شود احتمال:

$$|<\Psi_{.}|\Psi_{+}(\theta)\Psi_{+}(\theta')>|^{z}$$

احتمال مربع دامنه عبور می شود،حالت اولیه $\Psi_{.}$ بوده و حالت نهایی $\Psi_{+}(\theta)\Psi_{+}(\theta')$ بوده است،در جهت θ،مثبت بوده در جهت θ' هم مثبت بوده است،

$$\langle\Psi_{.}|\Psi_{+}(\theta)\Psi_{+}(\theta')\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\binom{1}{0}_1\binom{0}{1}_2 - \binom{0}{1}_1\binom{1}{0}_2\right]$$

$$\times\begin{pmatrix}\cos\frac{\theta}{z}\\ -i\sin\frac{\theta}{z}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\cos\frac{\theta'}{z}\\ i\sin\frac{\theta'}{z}\end{pmatrix}$$

واضح است که باید ذره یک را در خودش ضرب کرد،ذره دو را هم در خودش

$$\frac{1}{\sqrt{z}}\left(cos\frac{\theta}{z}\right)\left(-isin\frac{\theta'}{z}\right)+(isin\frac{\theta}{z})(cos\frac{\theta'}{z})$$

$$\frac{i}{\sqrt{z}}\sin(\frac{\theta-\theta'}{z})$$

$$P(++|\theta,\theta')=\frac{1}{z}sin^z(\frac{\theta-\theta'}{z})$$

$$P(--|\theta,\theta')=\frac{1}{z}sin^z(\frac{\theta-\theta'}{z})$$

$$P(+-|\theta,\theta')=\frac{1}{z}cos^z(\frac{\theta-\theta'}{z})$$

$$P(-+|\theta,\theta')=\frac{1}{z}cos^z(\frac{\theta-\theta'}{z})$$

حالا کاری که می کنیم این است،هر احتمالی را در احتمالش ضرب و تقسیم به مجموع احتمالات بکنیم می شود مقدار متوسط،

$$\frac{\begin{matrix}P(++.\theta.\theta')(1)(1)+P(--.\theta.\theta')(-1)(-1)+P(+-.\theta.\theta')(-1)(+\\+P(-+,\theta,\theta')(+1)(-1)\end{matrix}}{P(++.\theta.\theta')+P(--.\theta.\theta')+P(+-.\theta.\theta')+P(-+.\theta.\theta')}$$

مخرج را از مقدار بالا جایگذاری می کنیم برابر یک می شود

$$sin^z\left(\frac{\theta-\theta'}{z}\right)-cos^z\left(\frac{\theta-\theta'}{z}\right)=-\cos(\theta-\theta')$$

کوانتم مکانیک می گوید اگر تعداد زیادی آزمایش انجام بدهیم،الکترون از یک طرف بیاید،پوزیترون از یک طرف دیگر بیاید،جدول درست کنیم،متوسط حاصلضرب این طرف در آن طرف می شود،$-\cos(\theta-\theta')$ اگر $\theta=\theta'$ باشد $\cos 0=1$ ،می شود ۱- ، یعنی چه؟یعنی اگر هر دو جهت یکی باشند،این طرف (۱+) باشد آنطرف (۱-) است،آنطرف (۱-) باشد این طرف ۱ است،پس این قدم اول بود که طی کردیم،بل می خواهد بگوید این بار رآلیسم موضعی سازگار نیست، حال یک مدل رآلیستی می سازیم و علامت دهی فوق نوری را منتفی می کنیم،و می گوییم نتایج این طرف مستقل از نتایجی است که در طرف دیگر می گذرد،همین آزمایش را در نظر داریم،ما می آییم نتایج طرف راست را یک مسئله متغیرهای نهان می سازیم،متغیر نهان مشخص می کند که اگر اسپین را در جهت A بدست می آورید (۱+) بدست می آورید یا (۱-)، می خواهیم یک تئوری با متغیرهای نهان دترمینیستی بکار ببریم،بعد دترمینیستی را کنار بگذاریم باز هم می بینیم مشکل است مقدار طرف راست را به صورت $A(\boldsymbol{\lambda},\alpha^{\wedge}) = \pm 1$ یعنی اسپین را در جهت α اندازه گیری کرده و مقدارش را بستگی به $\boldsymbol{\lambda}$ دارد با α نشان می دهیم و این،مقدار یا $+\frac{\hbar}{z}$ یا $-\frac{\hbar}{z}$ می باشد،کلاً این آزمایشات اسپینی است و اسپین را اندازه گیری می کنیم،و یک فرض اساسی اینجا می کنیم،فرض می کنیم اندازه گیری طرف راست با اندازه گیری سمت چپ ربطی به هم ندارد و مستقل است،والا باید می نوشتم تابع $\hat{A}$ تابع جهت $\hat{B}$ ،ما فرض می کنیم که تابع جهت B نیست هر کاری این طرف می شود مستقل از تدارکات آزمایشی طرف دیگر است، اینها که عرض می کنم

بعد از بل به تحقق پیوست و انجام شد،خوب است ماجرای یکی از فیزیکدانان را به نام «دوزیر»وقتی از MIT فارغ التحصیل می شود،به برکلی می رود،وی از کسانی است که یکی از این آزمایشات را انجام داد،و حاکی از نبوغش بود،اجازه گرفت از دانشکده فیزیک که مقداری از وقتش را صرف این آزمایشات بکند،فردی به نام تامس هم در آنجا به وی ملحق شد،وقتی نتیجه آزمایشات را به فاینمن گزارش دادند،از اتاق بیرونشان کرد،البته بعدها حرف آنها طرفدار پیدا کرد،طرف چپ را هم به $B(\lambda,\hat{b})=\pm 1$ نمایش داده می شود،اگر اندازه گیری را به این گونه انجام دهیم $B(\lambda,\hat{x})=-A(\lambda,x)$ اگراین دو جهت یکی باشد،مقدارشان الا و لابد طبق بقای انگولار ممنتوم در تابع موج اولیه منعکس بود،در تابع موج بعدی هم منعکس است،اگر این طرف $+\frac{\hbar}{۲}$ باشد باید آن طرف $-\frac{\hbar}{۲}$ باشد و چون حالت اولیه اسپین صفر بود،همواره هم باید،اسپین صفر باقی بماند،ما فرض کنید تعداد زیادی سیستم داریم هر کدام هم یک λخاصی دارند،فرض کنید توزیع λ ها داده شده باشد که انتگرال $\int P(\lambda)d\lambda = ۱$ اگر تمام λ های ممکن باشد احتمال آن یک می شود، مقدار متوسط به قرار زیر است:

$$E(\hat{x}.\hat{b}) = \int d\lambda P(\lambda)A(x.\lambda)B(b.\lambda)$$

$$= \int_{.}^{۱} d\lambda P(\lambda)A(x.\lambda)(-)A(b.\lambda)$$

$$= -\int d\lambda P(\lambda)A(x.\lambda)A(b.\lambda)$$

فرض کنید این امکان را فراهم کنیم که طرف راست فقط در جهت A اندازه گیری شود ولی طرف چپ،در امتداد C هم بتواند اندازه گیری شود،بنابراین

$$\vec{E}(a.c) = \int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda) A(c.\lambda)$$

$$\begin{aligned} E(a.b) &= E(a.c) \\ &= -\int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda) B(b.\lambda) \\ &= \int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda)(-) A(\hat{b}.\lambda) \\ &= -\int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda) A(b.\lambda) \end{aligned}$$

فرض کنید این امکان را فراهم کرده ایم که طرف راست اندازه گیریش فقط در جهت A باشد و طرف چپ اندازه گیریش در جهتC نیز امکان داشته باشد،یک دفعه هم این رابطه را بین E(a,c) می گیریم.

$$E = (a.c) = -\int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda) A(c.\lambda)$$

$$\begin{aligned} &\mathrm{E}(\mathrm{a.b}) - \mathrm{E}(\hat{\mathrm{a}}.\hat{\mathrm{c}}) \\ &= -\int d\lambda P(\lambda) \\ &\times [A(a.\lambda) B(b.\lambda) - A(a.\lambda) A(c.\lambda)] \\ &= -\int d\lambda P(\lambda) A(a.\lambda) B(b.\lambda) \left[۱ \right. \\ &\left. - \frac{A(a.\lambda) A(c.\lambda)}{A(a.\lambda) B(b.\lambda)} \right] \end{aligned}$$

صورت و مخرج را ضربدر A(b,λ) می کنیم:

$$-\int d\lambda P(\lambda)A(a.\lambda)B(b.\lambda)\left[۱-\frac{A(b.\lambda)A(c.\lambda)}{\left(B(b.\lambda)\right)^{۲}}\right]$$

$$=-\int d\lambda P(\lambda)A(a.\lambda)B(b.\lambda)[۱-A(b.\lambda)A(c.\lambda)]$$

از دو طرف قدر مطلق می گیریم:

$$|E(a.b)-E(a.c)|$$
$$=\left|\int d\lambda P(\lambda)A(a.\lambda)B(b.\lambda)[۱\right.$$
$$\left.-A(b.\lambda)A(c.\lambda)]\right|$$

قدر مطلق یک انتگرال کوچکتر از انتگرال قدر مطلق می باشد

$$\leq \int d\lambda P(\lambda)|A(a.\lambda)B(b.\lambda)[۱- \quad (۱)$$
$$A(b.\lambda)A(c.\lambda)]|$$

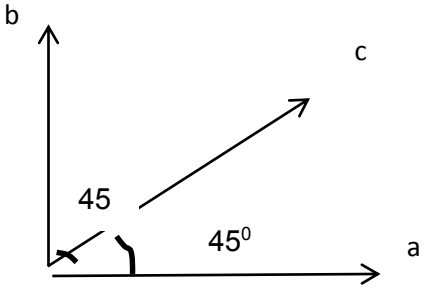
E مقدار متوسط نتیجه این طرف در آن طرف است،نتیجه سمت راست را اسمش را A گذاشتم و نتیجه سمت چپ را اسمش را B گذاشتم که به λ بستگی دارد،من کل آزمایش را متوسط می گیرم روی توزیع λ،حاصلضرب مقدار متوسط نتایج این طرف ضربدر آن طرف،برای اینکه این چیزی است که دقیقاً از کوانتم مکانیک بدست می آید،قدر مطلق طرف ۲ یک می شود،قدر مطلق

$[۱ - A(b.\lambda)A(c.\lambda)]$ هم می توان برداشت چون A(b,λ)A(c,λ) یا یک می شود که جوابش می شود صفر و یا ۱- است که جوابش ۲ می شود و از قدر مطلق خارج می شود،

$$\left|E(\hat{a}.\hat{b}) - E(\hat{a}.\hat{c})\right| - E(b.c) \leq ۱$$

این اولین نامساوی بل است،اولاً این باید با تجربه وفق داده شود،که تجربه نقضش می کند ولی با کوانتم مکانیک،نقض می شود،و تجربه نظر کوانتم مکانیک را تایید می کند،اگر این کار را نمی کردند این مساله موضعیت فروپاشی کرده بود،آزمایش اینها بود که قضایا را نگه داشت

همه این کوانتم اینفورمیشن مدیون این آزمایش EPR است،درست است که می گوید حرف انیشتین درست نیست که موضعیت برقرار است،در ضمن می گوید که کوانتم مکانیک باید بر این موضعیت را توضیح بدهد،تاثیرگذاری روی طرف مقابل بدون تاثیرگذاری نوری را باید توضیح دهد،اگر یک مورد نقض برای این نامساوی پیدا کنید قضیه تمام است،فرض کنید که



پس $\widehat{Lab}$=۹۰ پس داریم

$$\left|E(\hat{a}.\hat{b}) - E(\hat{a}.\hat{c})\right| - E(b.c) \leq ۱$$

$$=> \frac{۲}{\sqrt{۲}} \leq ۱ \quad * \text{ نقض}$$

برای یک زوایایی این نامساوی نقض می شود،تجربه با مکانیک کوانتم می خواند ولی این رابطه را کوانتم مکانیک نتیجه درستی نمی دهد پس با مکانیک کوانتمی سازگار نیست،انواع و اقسام آزمایش های دیگر هم پیشنهاد شده که موارد دیگر را هم پیش تر خواهیم گفت،مثل نامساوی CH یا SH ،انواع اقسام نامساویها،ما در این آزمایش فرض کردیم مقدار λ مقدار اسپین در جهت A در سمت راست معین می کند،و λ جهت اسپین را برای B در سمت چپ را نیز معین می کند،حالا یک مرتبه جلوتر رفته و دترمینستی را کنار می گذاریم ما یک همچنین جریان پیوستگی را در کوانتم مکانیک داشتیم،از معادله شوردینگر شروع می کردیم تا می رسیدیم به

$$\begin{cases} P = |\Psi|^{۲} \\ P = R^{۲} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\delta P}{\delta t} + \vec{\nabla}.\vec{j} = \cdot \\ j = \dfrac{\hbar}{zmi}(\Psi^*\nabla\Psi) - \Psi\nabla\Psi \\ \Psi = Re^{\frac{i}{\hbar}S} => \vec{\nabla}\Psi = \vec{\nabla}Re^{\frac{i}{\hbar}S} + \dfrac{i}{\hbar}(\nabla s)(R)e^{\frac{i}{\hbar}S} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Psi^* = Re^{\frac{i}{\hbar}S} => \nabla\Psi^* = \nabla Re^{\frac{i}{\hbar}S} - \dfrac{i}{\hbar}R(\overrightarrow{\nabla S})e^{\frac{i}{\hbar}S} \\ j = \dfrac{\hbar}{zmi}\left[Re^{-\frac{i}{\hbar}S}(\vec{\nabla}Re^{\frac{i}{\hbar}S} + \dfrac{i}{\hbar}(\nabla S)e^{\frac{i}{\hbar}S}\right] \\ j = R^z\dfrac{\vec{\nabla}s}{m} \end{cases}$$

همان چیزی است که در اول داشتیم پس همچنین جریانی که داریم همان چیزی است که در مکانیک کوانتمی معمولی،داشتیم در واقع،کار جالب دیگری می توان انجام داد

و آن این است که ما داریم $P=\nabla s$ می آییم از طرفین نسبت به t مشتق می گیریم

S تابعی از (t,x) است $\frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt}(\nabla s)$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{\delta}{\delta t}\left[\vec{\nabla}s(x.t)\right]$$

$$= (\frac{\delta}{\delta t} + \frac{\delta x_j}{\delta t}\frac{\delta}{\delta x_j}\vec{\nabla}s(x.t)$$

$$= \vec{\nabla}\frac{\delta s}{\delta t} + \vec{v}.\vec{\nabla}(\nabla s)$$

$$-\nabla\left(\frac{(\nabla s)^z}{zm} + V + Q\right) + \vec{V}\nabla(\nabla S)$$

$$= -\frac{z\vec{\nabla}S.\nabla(\nabla S)}{zm} = -\vec{\nabla}(V+Q) + V\nabla(\nabla S)$$

$$\frac{\delta p}{\delta t} = -\nabla(V+Q) \quad \leftarrow \text{نیرو}$$

$$f = -\nabla(V+Q)$$

در کلاسیک نیرو (-∇v) بود اینجا هست $-\nabla(V+Q)$ حالا می توانید حدس بزنید که حد کلاسیک چگونه به دست می آید،اگر Q نسبت به V قابل اغماض باشد

و انرژی پتانسیل می باشد،پس $-\frac{\delta s}{\delta t} = \frac{۱}{۲}mv^z + V + Q$ که حاکی از یکمعادله هامیلتونی می باشد،یک جمله اضافه یعنی Q که به پتانسیل اضافه شده است را پتانسیل کوانتمی می گوییم،ما در واقع یک معادله کلاسیک داریم که به آن یک جمله اضافه شده است و تمام مسائل کوانتمی از همین جمله اضافه شده نشأت می گیرد،پس معادله

شوردینگر معادله موج است، $\frac{\overrightarrow{\nabla s}}{m}\mathcal{v}$ ،سرعت یک ذره است، سرعت یک ذره را چگونه محاسبه می کنیم؟ اگر s را داشته باشیم گرادیان بگیریم می شود ممنتوم تقسیم بر m کنیم می شود سرعت،یعنی سیستم دو جنبه را دارد هم جنبه موجی را دارد و هم جنبه ذره ای را،حالا جالب این است که،در آزمایش دو شکاف،شما max و min را مشاهده می کنید،اینجا هم مسیر را بر می گردانید و هم علیت را حفظ می کنید،بوهم می گفت این جواب آخر است چرا که نمی شود شما راه حلی که علی باشد،مسیر داشته باشد و جوابهای کوانتم مکانیک را بدهد.

سوال:آ یا حد کلاسیک در اینجا تعریف می شود؟

جواب:بله،اتفاقاً اینجا خیلی راحت تعریف می شود

بسم الله الرحمن الرحیم

آیا مکانیک کوانتومی سطح زیرینی دارد؟

راهی که اینشتین و دوستانش می خواستند طی کنند این بود که یک سطح زیرینی وجود دارد که کوانتم مکانیک در واقع سطح رویین آن است،و فون نویمن عنوان می کرد که هیچ سطح زیرینی نمی تواند وجود داشته باشد که نتایج کوانتم را ارائه دهد،بوهم نشان داد که بله می شود این کار را کرد پس در ادامه درباره تئوری بحث می کنیم،بوهم از همان معادله شوردینگر شروع کرد:

$$i\hbar\frac{\delta\Psi(\vec{x}.t)}{\delta t}=(-\frac{\hbar^z}{zm}\nabla^z+V)\Psi$$

Ψ یک تابع مختلط می باشد،و یک تابع مختلط را می توان بر حسب دو تابع حقیقی نوشت از جمله می توان به صورت قطبی نوشت،از جمله می شود که Ψ را

$$\Psi(\vec{x}.t)=R(x.t)e^{\frac{i}{\hbar}S(\vec{x}.t)}$$

به جای Ψ ،از دو تابع R و S کار بکنیم،مشتق بگیریم نسبت به t ،مشتق بگیریم نسبت به x و در معادله قرار دهیمفدر هر دو طرف قسمت حقیقی

و موهومی داریم قسمت های حقیقی دو طرف را با هم برابر بگیرید،قسمتهای موهومی دو طرف را هم برابر می گیریم،

$$\begin{cases} \frac{\delta s}{\delta t} + \frac{(\vec{\nabla} s)^z}{zm} + V - \frac{\hbar^z}{zm}\frac{\nabla^z R}{R} = 0 \\ \frac{\delta}{\delta t}(R^z) + \vec{\nabla}.\left(R^z \frac{\vec{\nabla s}}{m}\right) = 0 \end{cases}$$

عوض یک معادله شوردینگر دو معادله،معادل داریم،زیرکی بوهم در اینجا خود را نشان می دهد که گفت معادله دوم،در واقع چیست؟و معادله اول چیست؟

اولاً $$Q = \frac{-\hbar^z}{zm}\frac{\nabla R(x.t)}{R}$$

بنابراین $$\frac{\delta s}{\delta t} + \frac{(\nabla s)^z}{zm} + v + Q = 0$$

و بعد اسم Q را می گذاریم پتاسیل کوانتمی،مساله این است که،اگر Q نبود این معادله به چه چیزی تبدیل می شد؟تبدیل می شد به یک معادله هامیلتونی کلاسیک، در مکانیک کلاسیک قسمت

$\frac{\delta s}{\delta t} + \frac{(\nabla s)^z}{zm} + v = 0$ را بدست می آوریم،

حالا معادله دومی چیست؟در اینجا $R^Z=P$ می گیریم یک تغییر اسم،

$$\frac{\delta}{\delta t}p + \vec{\nabla}.\left(p\frac{\nabla s}{m}\right) = 0$$

این معادله ای است که در فیزیک سیالات خود را نشان می دهد،که P معرف چگالی سیال است،اگر V=$\frac{\nabla s}{m}$ پس می شود $\frac{\delta}{\delta t}p + \vec{\nabla}.(pv) =$ ۰ ،این معادله پیوستگی یک جریان سیال می باشد،سیالی که ذراتش با مختصات x هستند و باسرعت v جریان دارند،معادله پیوستگی معادل بقای جرم است شبیه این معادله پیوستگی،را در الکترومغناطیس هم داریم،که بقای بار الکتریکی را داریم،پس این معادله،معادله پیوستگی است که اگر آن را جدی بگیریم،اگر به جای $\nabla s = mv$ پس در معادله می شود $v + (\frac{۱}{۲}mv^{۲})$ ،که نمادی از انرژی جنبشی

می گوییمλ،احتمال یک حالت اسپین را که برای یک طرف ۱+ یا ۱- باشد را تعیین می کند،احتمال جهت اسپین طرف مقابل را هم تعیین می کند،و در نهایت یک نامساوی بدست می آوریم که چون متغیرهای نهان را به کار آوردیم و موضعیت را به کار آوردیم،بنابراین این نامساوی که نقض می شود یا موضعیت اشکال دارد یا چیز دیگر،یعنی آن هم دنبال این می آید،اشکالی که به این آزمایشات اول وارد بود،آزمایشات بیشتر با نور انجام می شد،مثالی که داشتند یک اتم از یک حالت برانگیخته به یک حالت دیگر می آید،یک فوتون تشعشع می کند و بعد یک فوتون دیگر تشعشع می کند،بین این دو فوتون اثبات می کنند یک رابطه ای هست، مثل اینجا که بین اسپین این طرف و آن سو یک رابطه ای بود که مجموعش می باید صفر شود،و این آزمایش ها همه اش تعریف شده،و بارها تکرار شده مثلاً آزمایش ۱۹۹۷ که ۱۳ کیلومتر با هم فاصله داشتند،دو آشکار ساز بنابراین،این خبر ندارد که آن طرف چه بوده

است،وقتی از تأثیرگذاری نوری و غیرنوری صحبت می شود؟می خواهد عنوان کند یک تأثیرگذاری خاصی در طبیعت وجود دارد که از طریق نور نیست،آن چیست؟آیا فیزیک آن را مسکوت گذارد لاجرم فیزیک ناقص است.بوهم اشاره می کند که نسبت در یک سطح زیرین مشکل دارد، و آن باید اصلاح شود که در آینده به آن اشاره خواهیم کرد،به هر حال طرفدار هر مکتبی هم هست باید این ناموضعیت را توضیح دهد،یعنی چه؟این طرف از آن سو متأثر است،به اتفاق آراء ،نظریه یعنی که همه چیز را توضیح دهد.

هر دو از یک جنس هستند،یک دیمانسون دارند بنابراین

$$f = -\nabla v(1 + \frac{Q}{V})$$

اگر $\frac{Q}{V}$ قابل اغماض باشد همان کلاسیک می شود،در کوانتم معمولی می گفتیم $\hbar \to 0$ کند $\hbar$ یک کمیت دیمانسون داراست،اگر در واحدهای خاصی کار کنیم $10^{-31}\ {}^{kg}/_{j}$ می شود اگر در واحدهای اتمی کار کنیم $\hbar$ را (۱) می گیریم، معمولاً یک کمیت دیمانسون دار را نمی توان صفر گرفت در اینجا می گوییم اگر Q نسبت به V کوچک باشد به حد کلاسیک می رسیم.

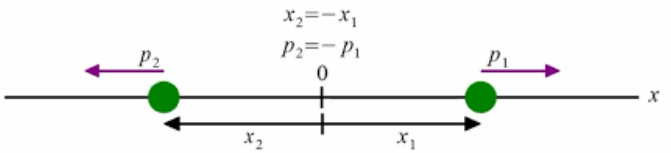
سوال:در این جا هم با توجه به اینکه Q وابسته به $\hbar$ است،مثل این است که $\hbar \to 0$ داده ایم؟

جواب:نه خود R هم در آن $\hbar$ وجود دارد،این گونه نیست،خود $\frac{\nabla^z R}{R}$ نسبت به V کوچک است،کل Q را که $\frac{\hbar^z}{zm}\frac{\nabla^z R}{R}$ باشد نسبت به v کوچک است،

سوال:در نسبت $\frac{v}{c}$ را،به سمت صفر میل می دهیم اینجا چه چیز به سوی صفر میل می کند تا عبارت کوچک شود و قابل صرفنظر کردن باشد.

جواب:خود Q را،عبارت Q یک مداری می شود که قابل اغماض است،Q یک عدد است نسبت به V،V مثلاً یک پتانسیل الکترومغناطیسی هست

یک اسلوبی برای آزمایش فکری انیشتین، بوهم ارائه داد در سال ۱۹۵۲ و ده سال بعد از آن بل آن را بکار برد برای اینکه نشان دهد،مکانیک کوانتمی ناقص است. بنابراین آزمایش فکری را ارائه داد که یک ذره π. را داریم،که متلاشی می شود و یک e^+ و e^- می دهد



و یکی از آنها وارد دستگاه می شود،اسپین را در جهت A اندازه گیری می کند و دیگری هم اسپین را در جهت B اندازه گیری می کند،فرض می

A

کنیم چیزی که اسپین را مشخص می کند یک متغیر نهان است،که λ است،که این λ می تواند نماینده چند متغیر نهان باشد که به صورت سمبلیک با یک λ نشان می دهیم، مقداری که در سوی A اندازه گیری می کنیم برای اسپین در جهت A(λ,a) نشان می دهیم و فرض می کنیم این مقدار ارتباطی با سمت B ندارد و مقداری هم که در سمت B اندازه گیری می شود،به صورت B(λ,b) نمایش می دهیم

یک واپاشی و دوباره یک واپاشی دیگر اتفاق می افتد،حال ضرب A.B را به صورت متوسط به این گونه نمایش می دهیم.

$$E(a.b) = \int P(\lambda)d\lambda.A(\lambda.\hat{a})B(\lambda.\hat{b})$$

این چیزیست که شما در سطح رویین می بیند،اگر روی λ انتگرال گرفته باشیم اگر فرضاً سمت چپ را در جهت B یا جهت C اندازه گیری کنیم

$$\left|E(\hat{a}.\hat{b}) - E(\hat{a}.\hat{c})\right| - E(\hat{b}.\hat{c}) \leq ۱$$

$$E(\hat{a}.\hat{b}) = -\cos A_{a\,b}$$

با ذکر یک مثال نشان داده شد که با این نامساوی توسط مکانیک کوانتمی نقض می شود،اگر این رابطه توسط آزمایش نقض نمی شد،مکانیک کوانتمی نه تنها ناقص بود بلکه موضعیت را هم نقض می کرد،چون در اینجا بحث موضعیت شده فرض شده که A که اسپین را در جهت a اندازه گیری می کند،مستقل از سوی دیگر است ،پس جالب این است که هم آزمایش و هم مکانیک کوانتمی این نامساوی را نقض می کنند و این یک پیروزی برای مکانیک کوانتمی محسوب می شود،و در حقیقت نیست بلکه مساله ناموضعیت را سر کار می آورد از طرفی اندازه گیری ها را می کند،و هیچ نمی داند آن طرف در چه جهاتی بدست آورده است،ولی جدولی دارند که در ستون اول a ها و b ها را تابلو کرده وقتی با هم مقایسه می شود نتیجه می شود که این دو طرف روی هم اثر می گذارند،که آیا علامتدهی فوق نوری هست یا نیست،ولی سرنخ اینجاست که اینشتین حالتی را پیشنهاد کرد،او منظور اینشتین با حفظ موضعیت برآورده می باشد ناموضعیت تعاریفی متفاوتی دارد،که خواهید دید،بعضی ها،داخل بعضی دیگر هستند،ولی چیزی که بخواهیم در ذهن داشته باشیم این است که اندازه گیری ها درهر جایی صورت بگیرد،مستقل از جاهای دیگر است،اگر نتایج یک طرف با طرف دیگر ارتباط داشته باشد این ناموضعیت است،موضعیت یعنی احساسی که ازآن

می کنید احساس نزدیکی است،یعنی فقط از اطراف نزدیک خودش متاثر است نه از چیزهای دیگر

نامساوی بل در آن چند فرض اساسی وجود دارد

$$\left|E(\hat{a}.\hat{b}) - E(\hat{a}.\hat{c})\right| - E(\hat{b}.\hat{c}) \leq ۱$$

مقداری که برای اسپین در جهت A بدست می آوریم $A(\lambda,a)$ می باشد این ها فرض کردند شاید مشکل قضیه از آنجا ناشی می شود که ما داریم determitism را فرض می کنیم یعنی علیت را فرض می کنیم بنابراین گفتند این شرط را کنار بگذاریم پس فرض کردند اگر بخواهیم احتمال مقدار x را در جهت A با فرض وجود متغیرهای نهان چیست؟

$$P(x|\hat{a}_۱\lambda)$$

که این x یا (۱+) یا (۱-) می باشد که این x احتمال اینکه در طرف A اندازه گیری کنیم و اگر بخواهیم y را در جهت b اندازه گیری کنیم هم داریم $P(y|b_۱\lambda)$ که $x=\pm ۱$ و $y=\pm ۱$ می باشد.

سوال:این مسائلی که درباره x وy گفتیم،در قبل A وBرا معرفی کردیم و گفتیم این احتمالاتی نیستدر فرض مذکور دوباره مثل کوانتم مکانیک است،چه فایده ای دارد فرض نادیده گرفتن determitism

جواب:از نظر من بخواهید فایده ای ندارد،اگر روح determitism را کنار بگذارید و در جایی پای احتمالات را پیش بکشید،اصل قضیه هدر رفته است،ولی به هر حال کاری است که کردند،گفتند یک درجه نزول

بکنیم،λبه جای اینکه خود کمیت را معین نماید،احتمال اینکه یک بدست بیاوریم،او می گفت $\hat{A}$ احتمال اینکه بدست بیاوریم در جهت $\hat{a}$ و اما این می گوید احتمال اینکه در جهت $\hat{A}$ آن را $\hat{a}$ بدست آوریم را با احتمال Pنشان می دهد،یعنی λ احتمال را معین می کند،همین ایراد که شما گرفتید،از نظر خود من هم اینها ارزشی ندارد ولی به هر حال یک درجه نزول کردند گفتند بگوییم که این متغیر نهان احتمال را مشخص می کند،البته خواهید دید این هم مشکلی را حل نمی کند و مشکل سر چیز دیگری است

سوال:این نامساوی که نقض شد که با فرض متغیر های نهان نقض شد،آیا بستگی به نوع متغیر نهان هم دارد؟

جواب:نه،ندارد،آن برای یک مرحله پیشرفته تر رفته است که شما یک تئوری بسازید و آن ماهیتش را نشان بدهد.نه ندارد ،ولی مثلاً در مساله بوهم،متغیر نهان موضع ذره است،که در مورد این گونه ذرات میکروسکوپی می گوییم دسترسی به موضعش نداریم،اگر داشته باشیم هر چیزی کاملاً متعین است ولی نه،در این بحث نیازی نداریم وارد بحث ماهیت متغیر نهان شویم

احتمال اینکه اگر در جهت a اندازه گیری کنیم x و اگر در جهت b اندازه گیری کنیم y با فرض اینکه متغیر نهان ماλ است

$$p(x.y|\hat{a}.\hat{b}.\lambda)$$

این را هم به این علامت نشان می دهیم،البته بعداً خواهید دید،چه فرض های دیگری می کنیم، به هر حال یک نوع آزمایش با فرض های خاص،ما می گوییم

$$\int p(x|\hat{a}.\lambda)p(\lambda)d\lambda = p(x|\hat{a})$$

یعنی متوسط گیری می کنیم روی متغیرنهان،ما به متغیر نهان دسترسی نداریم، بنابراین متوسط اثرش را می گیریم. P(λ) احتمال است،خود λ متغیر نهان است، احتمال نیست،P(λ) یعنی توزیع متغیر نهان،که $\int p(\lambda)d\lambda = ۱$ طبق تعریف احتمال که می کنیم و از طرفی

$$\int p(y|\hat{b}.\lambda)p(\lambda)d\lambda = p(y|\hat{b})$$

و بالاخره

$$\int p(x.y|\hat{a}.\hat{b}.\lambda)p(\lambda)d\lambda = p(x.y|\vec{a}.\vec{b})$$

حالا از یک اتحاد استفاده می کنیم فرض کنید که

$$۰ \leq r \leq ۱ \ . \ ۰ \leq s \leq ۱ \ . \leq r \leq ۱ \quad . \ ۰ \leq s \leq ۱$$

آنگاه این اتحاد را می شود ثابت کرد:

$$-۱ \leq rs + \acute{r}s + r\acute{s} - \acute{r}\acute{s} - r - s \leq ۰$$

حال کمیتی که چنین خاصیتی داشته باشد

$$p(y|\lambda.\hat{b}) = s \qquad\qquad p(x|\lambda.\hat{a}) = r$$

آزمایشی که این نامساوی را بدست می آورد به نام CH معروف است

(closer-horn) که دو فیزیکدان هستند،همان آزمایش قبل را انجام بدهم با این تفاوت که در قسمت A اسپین را یا در جهت a اندازه گیری می کنیم یا $\acute{a}$ و در قسمت B جهت اسپین را یا در جهت b اندازه می گیریم یا $\acute{b}$ چهار احتمال دارد یعنی $a\acute{b}.ab.\acute{a}b.\acute{a}\acute{b}$ این دستگاه برای این امکانات می چرخد،

$$P(y|\lambda.\acute{b}) = \acute{s} \qquad\qquad P(x|\lambda\acute{a}) = \acute{r}$$

بنابراین می توانیم بنویسیم

$$-۱ \leq P(x|\lambda\hat{a})P(y|\lambda.\hat{b}) + P(x|\lambda_{۱}.\acute{a})P(y|\lambda_{۱}.\hat{b})$$
$$+P(x|\lambda\hat{a})P(y|\lambda.\acute{b}) - P(x|\lambda\hat{a})P(y|\lambda.\acute{b})$$
$$-P(x|\lambda\hat{a})P(y|\lambda.\hat{b}) \leq ۰$$

فرض موضعیت یا تجزیه پذیری را در نظر می گیریم که

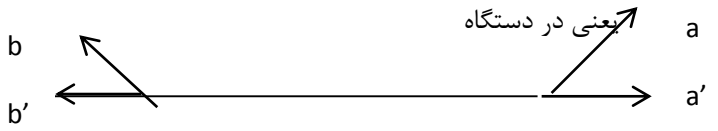
$$P(x.y|\lambda.a.b) = P(x|\lambda.a)P(y|\lambda.b)$$

موضعیت اسم آن را می گذارند یعنی اینکه x فقط بستگی به a دارد و y بستگی به b دارد یعنی در اندازه گیری یک طرف دستگاه مستقل از طرف دیگر است و بالعکس.

این شرط ایکمپو پوزیشن گویند

سوال:همان ابتدا که ما $p(x|\lambda.a)$ را تعریف کردیم می دانستیم که $p(y|\lambda.b)$ مستقل از آن نیستند یعنی با داشتن،آن طبق کوانتم می دانستیم احتمال طرف دیگر چگونه است؟مثلاً اگر می دانستیم این طرف به احتمال ۱/۲ در راستای ۴۵ درجه، او عکسش ۱- بوده است آنطرف در راستای ۳۰ درجه بر اساس توزیع اینور احتمال چگونه می شود پس مستقل از هم نیستند،که ما در اینجا اینگونه فرض می کنیم؟

جواب:نه،ببینید ما اینجا یک فرض رآلیستی می کنیم و سپس با کوانتم مکانیک مقایسه می کنیم،ما در یک جهت گیری رآلیستی نتیجه ای که این طرف دستگاه بدست می آوریم مستقل از جهت گیری آن سوی دیگر دستگاه است این فرض را می کنیم و یک رابطه بدست می آوریم بعد می بینیم که در کوانتم صدق می کند یا نمی کند بعد نشان می دهد آن ناموضعیتی که مخفی است کوانتم مکانیک است . که معمولا به آن توجه نمی شود و بعد نشان می دهیم ، این ناموضعیت از سنخ علامت دهی فوق نوری نیست بلکه چیز جدیدی است در واقع ،یعنی من یک مدل رئالیستی متغیرهای نهان می سازم ، بعد ، می بینم که با تجربه و تجربه سازگار هست یا نه



در قسمت A،نتیجه احتمال از α و λ معین می شود ولی از b معین نمی شود. یعنی همان طور که گفتیم مدلی رئالیستی ارائه می دهیم

$$P(x.y|\lambda.a.b) = P(x|\lambda.\hat{a})P(y|\lambda.\hat{b})$$

حال می خواهیم ببینیم با کوانتم مطابقت دارد یا ندارد، پس آزمایش مقایسه کرده و بعد نتیجه گیری می کنیم .

این مدل با مکانیک کوانتمی سازگار نیست ،این مدل با تجربه هم سازگار نیست ،ولی این مدل نشان می دهد که یک ناموضعیتی در کار هست ، که کوانتم مکانیک آن نوع ناموضعیت را مخفی کرده است ،فقط در این آزمایش و مقایسه نتایج دو طرف خود را نشان می دهد . که پرده از این راز باید برداشته شود .

$$P(x.y|\lambda.a.b) + P(x.y|\lambda.\acute{a}.b) + P(x.y|\lambda.a.\acute{b}) - P(x.y|\lambda.a'.b') - P(x|\lambda.a) - P(y|\lambda.b) \leq ۰$$

حالا طرفین را در $\int P(\lambda)d\lambda$ ضرب می کنیم :

$$-\int P(\lambda)d\lambda \leq P(\lambda)d\lambda\, P(x.y|\lambda.a.b) \ldots \leq ۰$$

بنابراین نتیجه می شود

$$-۱ \leq P(x.y|\hat{a}.\hat{b}) + P(x.y|\hat{a}.\hat{b}) + P(x.y|a.\acute{b}) - P(x.y|a'.b') - P(x|\hat{a}) - P(y|\hat{b}) \leq ۰$$

این نامساوی CH نام دارد ،

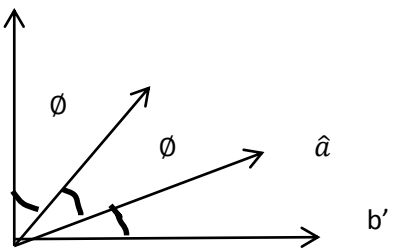
که البته برای اینکه با تجربه مقایسه کنند ، این ها را تقسیم بر تعداد کل ذرات می کنند می خواهیم ناسازگاری این رابطه را کوانتم مکانیک نشان دهیم

برای این مساله یک دستگاه به این صورت را نشان می دهیم

سوال:آنجا که r' و s' را می نویسیم λ نباید ، λ' بشود؟

جواب : نه فرض میکنیم این دو ذره از یک منشاء آمدند ، و یک λ بود که در هر دو اثر دارد ، اگر λ' بگیریم مدل دیگری می شود ،متغیرهای نهائی که به خود دستگاه بستگی دارند ، آن را هم در کار آوردند این

مدل ناسازگار با کوانتم مکانیک و آزمایش است ، بله ، انواع و اقسام موارد را آوردند در آخر یک دسته می ماند ، متغیرهای نهان غیر موضعی که بحث آن می شود



اگر یک مثال نقض بزنیم ،ناسازگاری ثابت می شود ، قبلا $P(x.y|a.b)$ را بدست آوردم بستگی داشت به زاویه بین a وb ،پس می نویسیم

$$-۱ \leq P(x.y|\emptyset) + P(x.y|\emptyset) + P(x.y|\emptyset) - P(x.y|۳\square) - \frac{۱}{۲} - \frac{۱}{۲} \leq ۰$$

[X را در امتدادی اندازه گیری کنیم $\frac{۱}{z}$ است ، شانس در جهت مثبت باشد یا در جهت منفی]

حالا x و y را در هر دو را مثبت فرض می کنیم ،جهت a که اندازه گیری می کنیم ۱+ و در جهت b هم که اندازه گیری می شود ۱+ بدست می آید ، یعنی احتمالش

احتمال:

$$P(++|\emptyset) = \frac{۱}{۲}cos^{z}\emptyset = \frac{۱}{۴}(۱ + cos2\emptyset)$$

مثلاً $\emptyset = \frac{\pi}{۸}$

$$-۱ \leq \frac{۳}{۴}\left(۱ + \frac{\sqrt{۲}}{۲}\right) - \frac{۱}{۴}\left(۱ - \frac{\sqrt{۲}}{۲}\right) - ۱ \leq ۰$$

$$\frac{۱}{\sqrt{۲}} - \frac{۱}{۲} \leq ۰ \rightarrow \frac{۰}{۲} \leq ۰$$ * تناقض

پس نامساوی نقض می شود ،نه تنها اگر مقدار این طرف را ضرب در مقدار آن طرف بکنم و متوسط بگیرم ،نتیجه مکانیک کوانتمی را نقض می کند ، بلکه اگر احتمال این طرف را ضرب در احتمال طرف دیگر بکنیم و متوسط گیری انجام دهیم ، باز کوانتم مکانیک نامساوی بدست آمده را نقض می کند.

بعد مشکل تر ومشکل ترش کردند،

اما نکاتی درباره نامساوی بل وجود دارد که اینجا بدان متذکر می شویم :

$$\left|E(\hat{a}.\hat{b}) - E(\hat{a}.\hat{c})\right| - E(\hat{b}.\hat{c}) \leq ۱$$

اولا این نامساوی : هم توسط تجربه نقض می شود و هم توسط مکانیک کوانتمی و نامساوی C-H هم توسط تجربه و هم مکانیک کوانتمی نقض می شود ، چون در نامساوی C-H ما شرط دترمینیسم را کنار گذاشتیم ، باز هم تعارض دیده می شود حاکی از آن است که مشکل از دترمینیسم نمی باشد ، پس مشکل از موضعیت می باشد ، چون موضعیت را فرض کردیم البته ما در این جا متغیر نهان موضعی آوردیم ، یعنی موضعیت را فرض کردیم ، این که رد شد یعنی متغیرهای نهان موضعی رد می شود ،متغیرهای نهان غیر موضعی در جای خود باقی هستند ، غیر موضعی یعنی اندازه گیری که اینجا انجام می دهیم علاوه بر اینکه متاثر از مواردی است که اینجا انجام می گیرد ،متاثر از مواردی هم هست که

آنجا صورت می پذیرد یعنی جای دیگر صورت می گیرد ، بنابراین متغیرهای نهان موضعی که یک مدل رئالیستی مطلوب انیشتین بود ، رد می شود ، خوب خیلی ها مترصد شدند که در این مرحله رئالیست را کنار بگذارند ، ولی متوجه شدند اگررئالیست را کنار بگذارند دیگر چیزی باقی نخواهد ماند ، که بخواهیم درباره آن بحث کنیم همه چیز فکری و ذهنی خواهد شد

سوال : احتمالات را در این نامعادله چگونه اندازه گیری می کنند ؟

جواب : نسبتی که این نتیجه را بدست می آورید به کل آزمایش ، یعنی تعداد زیادی آزمایش داریم می شود N کل ، یک تعدادی در هر دو طرف مثبت هستند ، نسبتی که در دو طرف مثبت است به کل آزمایش این احتمال را بدست می آورد ، همین طوراینطرف+ این طرف به کل تعداد ، در مواردی اتفاق می افتد ذره در طرفی جذب شده و در طرف دیگر روی هوا از بین می رود ، یعنی طرف را دتکتور نشان نمی دهد یا عکس این قضیه ، یا ذراتی هستند در هیچ طرفی جذب نمی شوند ، آن عده ای که به نور خوردند نمایشگر کل هستند ، اول ها خیلی دغدغه داشتند از اپیشنسی دستگاه یعنی دستگاه از کل ذرات ۲۰ درصد را جذب می کند ، وقتی پیش رفتند ، این اواخر اپیشنسی خیلی زیاد شد ، به هر حال این خیلی دغدغه نیست ، ولی اوایل دغدغه بود که به هرحال این ها ثابت کننده نیست ، چون راندمان کم استولی بعد این حالت از بین رفت ،

در اینجا دو نوع تاثیر را مطرح می کنیم ،یکی اینکه از یک طرف سیگنال نوری به جانب دیگر گسیل می شود و در آن سو تاثیر می گذارد که مثبت شو یا منفی شو ، یا من به علاوه هستم تو منها شو این تاثیر گذاری نوری است که کوانتم مکانیک آن را منع می کند ،این تاثیر گذاری فوق نوری است چون مکانیک کوانتمی آن را نقض می کند می گویند ، تاثیر گذاری فوق نوری یعنی ،به نحوی آن سو از این سو متاثر می شود . که این نقطه مجهول مکانیک کوانتمی است که باید جواب بدهد . اگر جوابدهی این سو به آن را غیر نور فرض می کنید پس از چه چیز اینها متاثر می شوند ، پس یک نوع اثر گذاری نوری داریم و یک نوع اثر گذاری غیر نوری که به آن اثر گذاری اتری می گویند . در یک زمینه ای از هم متاثر می شوند ،البته این باز نشده است فقط در مدل بوهم وقتی شما می گویید هر ذره از هرچه در عالم است به نحوی متاثر می شود ، در آنجا گفته می شود که یک ذره عینکی دارد که کل عالم را می بیند ، منتهی با شدت وضعف ، ولی کوانتم مکانیک باید به نحوی این را روشن کند ، این از نکاتی هست که باقی مانده است . بل می گوید در پس ناوردائی لورنسی سطحی در عمق که برویم ، ناوردائی لورنسی نقض می شود ، یعنی لورنس این واریانسی که در سطح معمولی میبینیم ، این در سطح زیرین نقض می شود ما در سطح رویین انتگرال گرفته شده را می بینیم ، و اطلاعات سطح زیرین حذف شده است ، بل و بوهم به شدت معتقد بودند که ناورائی لورنسی در سطح زیرین نقض می شود . پس نسبیت خاص حرف آخر نیست، این نا موضعیت به طور مرموزی عمل می کند ،

سوال : در جائی که موضعیت را کنار گذاشتم آیا باید λ دو طرف یکی باشد ؟

جواب : بله ، باید یکی باشد ، چون دو طرف پیوندی با هم داشتند ، که از یکجا آمده اند و انگولار ممنتوم کل باید حفظ می شد ، پس این دو طرف انگولار ممنتوم کلشان باید حفظ شود ، اگر دوλ باشد فرض خیلی مشکل خواهد شد