

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جلسه اول

تفاوت دیدگاه کلاسیکی و کوانتومی- ذرات
و امواج کلاسیکی

نگاهی کوتاه به مکانیک کوانتوم

نسبیت اینشتین در واقع حد اعلاء فیزیک کلاسیک بود. ولی مکانیک کوانتوم و نظریات مرتبط با آن، دنیای علم و فلسفه آنرا به کلی تغییر داد و پایانی بود بر فیزیک کلاسیک.

مکانیک کوانتوم را مانند نسبیت اینشتین همه ما روزانه داریم استفاده میکنیم و از آن بهره میبریم ولی اصول ریاضی آن بسیار پیچیده است و در حد فهم افراد عادی بدون تحصیلات فیزیک یا ریاضی نیست.

حیطه عمل مکانیک کوانتوم

- مکانیک کوانتوم قسمتی از فیزیک است که در مورد رفتار ماده و ارتباط آن با انرژی در اندازه های در حد اتم و اجزای آن سر و کار دارد.
- در واقع مکانیک کوانتوم با بینهایت ریزها در طبیعت سر و کار دارد و قوانین کلاسیک فیزیک در مورد این اجزاء اتمی کاربردی ندارند.

ماکس پلانک و ابداع کوانتوم

پدیده ای در الکترومغناطیس وجود دارد که نشان میدهد انرژی هر موج الکترومغناطیس با طول موج آن رابطه دارد. ماکس پلانک، پدر علم کوانتوم برای توجیه آن گفت:

انرژی حاصل از گرم شدن یک جسم جامد سیاه به صورت بسته بسته منتقل میشود. این بسته های انرژی را **کوانتوم** نامید. در واقع در هر طول موج امکان انتقال انرژی به هر میزان وجود ندارد و انرژی به صورت بسته های با اندازه مشخص منتقل میشود.⁵

آلبرت اینشتین و کشف فوتون: کوانتوم سازی نور

بدنبال ابداع مفهوم کوانتوم، آلبرت اینشتین یکی از پیشتازترین اظهار نظرهای فیزیک قرن بیستم را بیان کرد.

- وقتی نور از جایی به جای دیگر منتقل میشود نمیتواند به هر میزان به صورت مداوم انتقال یابد و باید به صورت تکه تکه (کوانتا) منتقل شود.
- به این ترتیب اینشتین در واقع کاشف **فوتون** بود و به دلیل کار پیشتازش در فیزیک کوانتوم جایزه نوبل گرفت.

در نهایت به همت دو بزرگ فیزیک یعنی **اینشتین** و **پلانک** فرمول زیر که رابطه انرژی یک فوتون را با بسامد آن بیان می کند به ثمر نشست:

$$E=h\nu$$

ثابت پلانک در فیزیک مدرن بسیار اساسی است و وجود آن در هر فرمول نشانه دخالت فیزیک کوانتوم است.

یک سوال مهم: آیا فوتون جرم دارد؟

در نظریه ذره‌ای نور، نور از ذراتی بنام فوتون تشکیل شده که با سرعت $۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸$ متر بر ثانیه یا c در خلأ منتشر می‌شوند.

برای هر فوتون اندازه حرکتی $p = h/\lambda$ معرفی شده که در آن h ثابت پلانک و λ طول موج فوتون است. در نظریه نسبیت، فوتون **جرم مؤثر گرانشی** دارد و در میدان گرانشی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و چون نمی‌توان چهارچوب مرجع سکون برای یک فوتون تعریف کرد پس برای فوتون نمی‌توان جرم سکون تعریف کرد، می‌توان برای فوتون جرم معادل با انرژی آن تعریف کرد که برابر است با:

$$m = E/c^2 = hv/c^2 = h/\lambda c$$

ورنر هایزنبرگ، ادوین شرودینگر، ماکس بورن و تولد مکانیک کوانتوم مدرن:

کوانتوم سازی ماده

- به دنبال کارهای پیشتاز **دوبروی** در اتریش، فیزیکدانان به این نتیجه رسیده بودند که ذرات بنیادین اتم مانند الکترون در واقع به صورت موج هم میتوانند عمل کنند. در نهایت در سال 1925 دانشمندان فوق الذکر فرمول بندی مکانیک مدرن کوانتوم را بنا نهادند که نتایج آن به شرح زیر است:

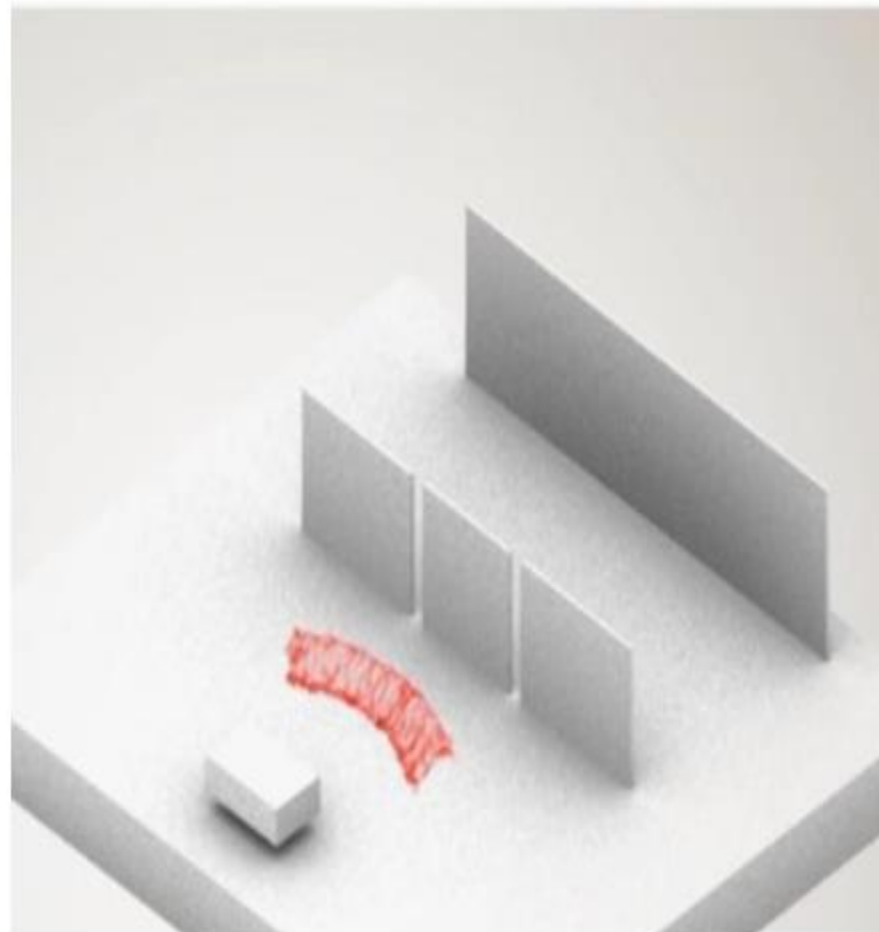
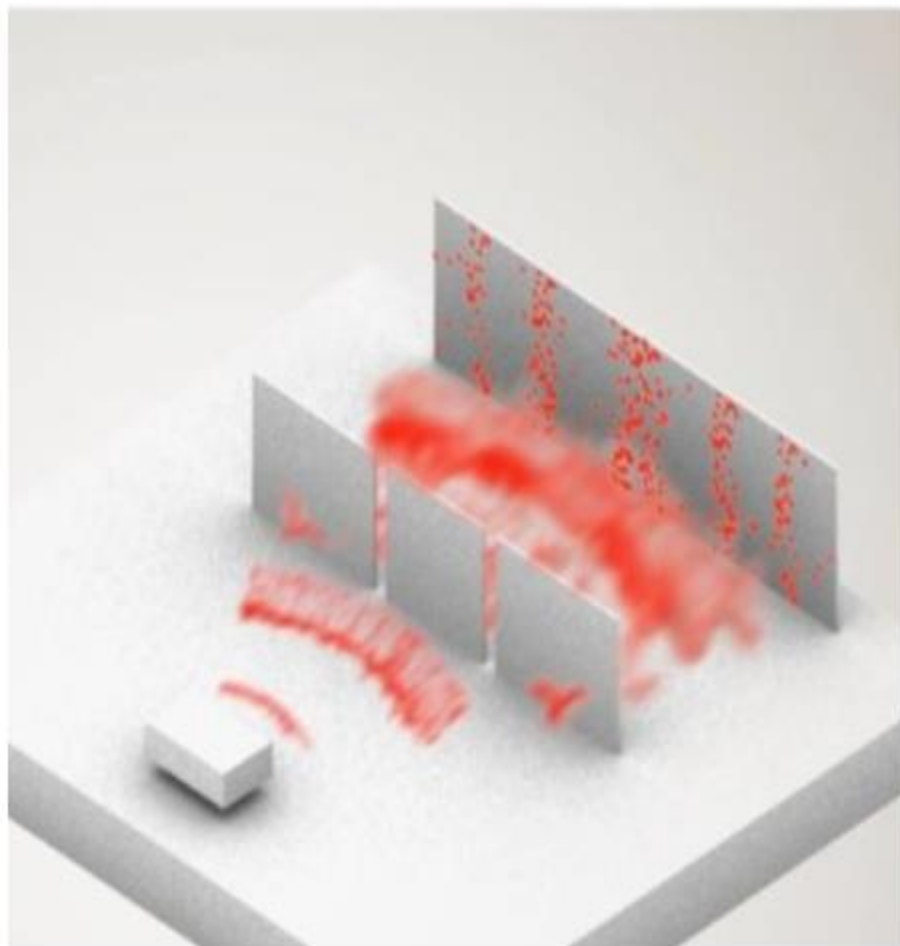
دوگانگی موج-ذره و آزمایش دوشکاف

- طبق مکانیک کوانتوم، اجزاء اتم مانند الکترون و نیز فوتونها هم به صورت ذره رفتار میکنند و هم به صورت موج.

- نمونه واضح آن نور است که همه با خاصیت دوگانه آن آشنا هستیم. اما مساله در مورد اجسامی مانند الکترون که جرم دارند کمی دور از ذهن است. آزمایش مشهور دو شکاف این پدیده شگفت آور را نشان میدهد.

در آزمایش دو شکاف یک تولید کننده الکترون، در هر زمان یک الکترون به سمت یک دیواره با دو شکاف پرتاب میکند. جالب اینجاست که در واقع الکترون پرتاب شده از هر دو شکاف گذشته و به صورت تداخل امواج بر روی دیوار روبرو خود را نشان میدهد. یعنی به عبارت دیگر جسمی مانند الکترون در آن واحد از هر دو شکاف گذشته و با خودش تداخل داشته است!!!! به شکل

فایر دقت کنید



در جهان کوانتومی ذرات، یک ذره در یک لحظه واحد میتواند از دو، سه،
چهار و هزاران سوراخ بگذرد! چراکه در واقع تمام ذرات از الکترون گرفته تا¹²
فوتون نور، موج هم هستند.

ماهیت احتمالی مکانیک کوانتوم و اصل عدم قطعیت ورنر هایزنبرگ

- مکانیک کوانتوم بیان میکند که یک ذره کوانتومی مانند الکترون عملاً مکان مشخصی ندارد. میتواند در یک لحظه در نزدیک شما و در همان لحظه دور از شما باشد.
- در واقع ماهیت ذرات کوانتومی، احتمالی بودن آنهاست. ما فقط میتوانیم بگوییم که احتمال وجود یک ذره در یک نقطه چقدر است. این احتمال را با دقت بالا ما میتوانیم محاسبه کنیم¹³ ولی اینکه در حال حاضر آن ذره کجاست مشخص نیست.

در جهان کوانتومی، خصوصیات ذرات کاملاً اتفاقی است.
مکان، چرخش و هرگونه خاصیت یک ذره کوانتومی کاملاً
تصادفی است و فقط احتمال آن قابل محاسبه است.

در نهایت ورنر هایزنبرگ اصل عدم قطعیت مشهورش را بیان
کرد: شما یا مکان یک ذره یا سرعت یک ذره را نمیتوانید با
دقت بالا محاسبه کنید. هرچه دقت شما برای مکان بیشتر باشد
برای سرعت دقت کمتر میشود و بالعکس. فرمول زیر در واقع

نشان دهنده اصل عدم قطعیت هایزنبرگ است

$$\sigma_x \sigma_p \geq \frac{\hbar}{2}$$

در جهان کوانتومی، شما هیچ چیز را دقیق نمیتوانید محاسبه کنید. این به علت خطای دستگاههای شما نیست بلکه جهان کوانتومی چنین است. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ در واقع پایانی بود بر ادعای قابلیت پیشبینی جهان به صورت کاملاً دقیق.

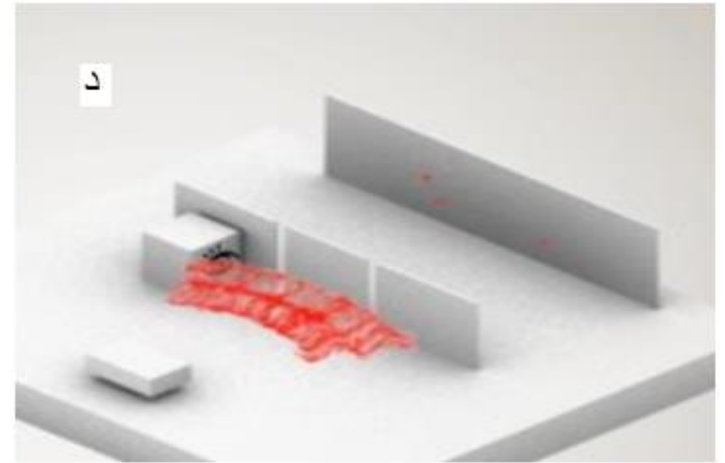
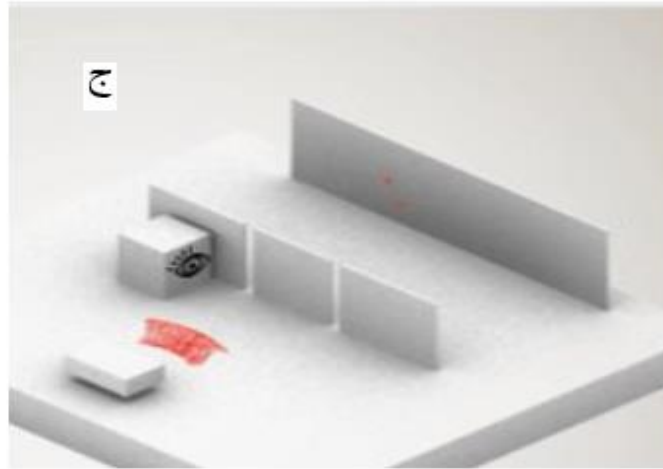
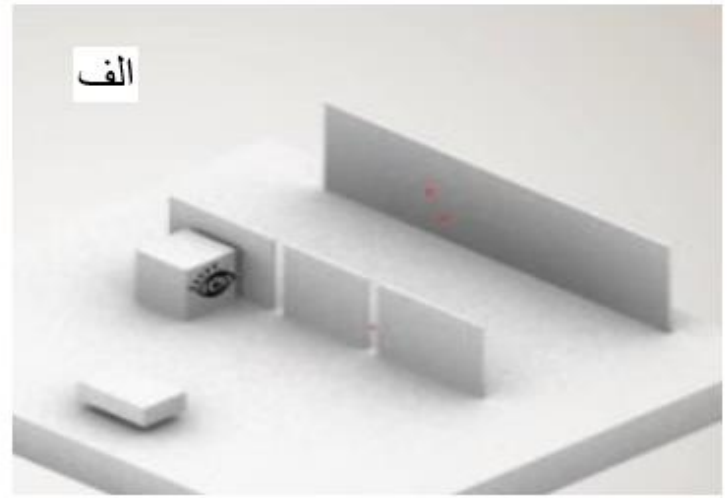
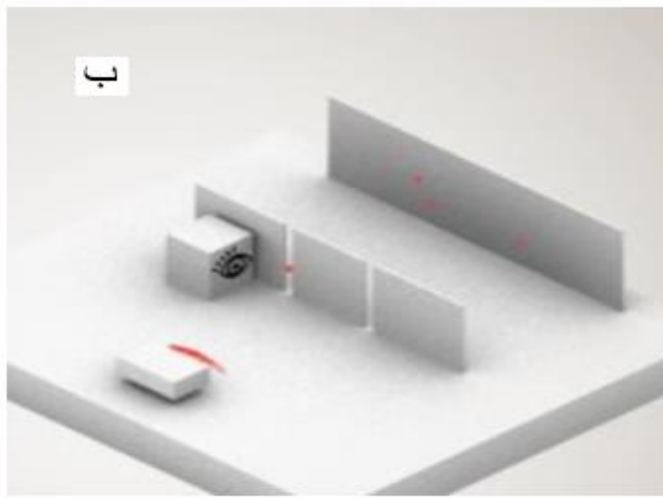
بر اساس اصل عدم قطعیت، علم توانایی محاسبه کاملاً دقیق هیچ چیز را ندارد و همواره مقداری عدم قطعیت وجود دارد، مهم نیست که شما چقدر دستگاه های محاسباتی پیشرفته داشته باشید. آنچه ما پیشبینی میکنیم احتمال یک اتفاق است و لا غیر.

مهم نیست شما چقدر شرایط یک آزمایش را مشابه در نظر بگیرید با تکرار آزمایش در شرایط کاملاً مشابه، نتایج متفاوت خواهد بود!!!!!! این مساله چیزی است که آلبرت اینشتین را ناراحت میکرد او همواره میگفت “خدا تاس نمی اندازد” چرا که معتقد به دقت مطلق علم بود.

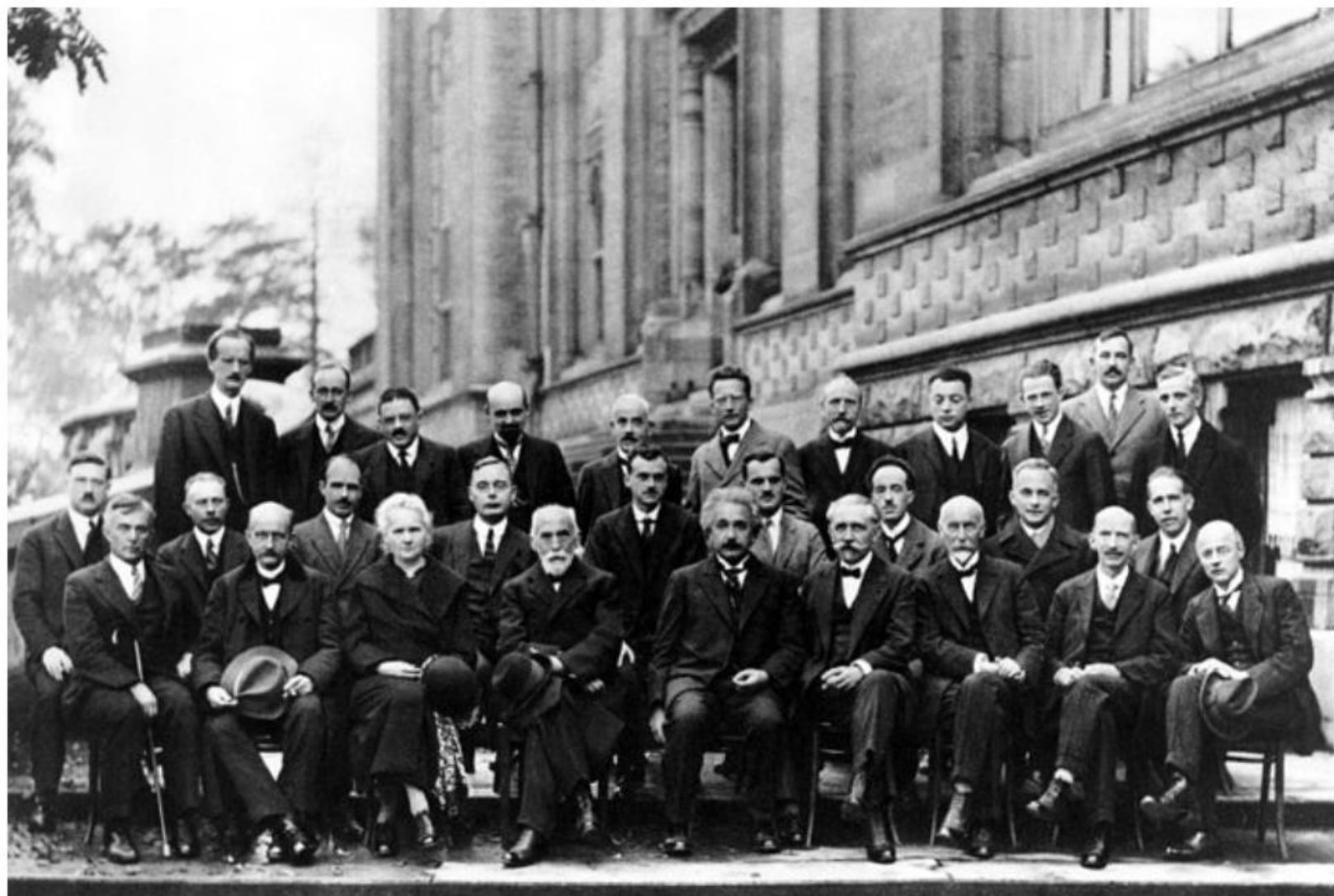
اثر مشاهده گر بر دنیای کوانتومی و فروریختن خاصیت موجی ذرات هنگام مشاهده

- در جهان کوانتومی هر گونه تداخل عمل جهان بزرگ
ماکروسکوپیک ما با جهان کوانتوم موجب فروریختن
خاصیت موجی ذرات و تبدیل آنها به ذره میشود. این تداخل
میتواند آشکارسازی نور باشد و یا میتواند برخورد با یک
دیوار.

- شکل زیر همان آزمایش دو شکاف است ولی این بار یک
مشاهده گر الکترون را در دهانه شکافها آشکار میکند. در
این صورت الکترون تبدیل به ذره شده و از یک سوراخ
میگذرد نه از هر دو شکاف. اینکه از کدام بگذرد کاملاً
"تصادفی" است.



آشکار سازی ذرات کوانتومی باعث فروپاشی خاصیت موجی می‌گردد. این یعنی شما با هر تعامل با جهان اطراف آنرا تا حدی تغییر می‌دهید یا به عبارت دیگر¹⁷ مشاهده گر بر روی مشاهده شونده اثر می‌گذارد.



با شکر از توجّه شما عزیزان

