

اهداف آموزشی:

1. مدل اتمی بور
2. شعاع ایکس
3. فرضیه (تیوری) کوانتم
4. طبیعت دوگانه نور
5. سرعت امواج دی بروگی

1. مدل اتمی بور

مدل اتمی بور یک مدل کوانتومی از اتم است که در آن الکترون‌ها در مدارهای دایره‌ای مشخص و با سطوح انرژی ثابت به دور هسته می‌چرخند. این مدل فرض می‌کند که الکترون‌ها در بین مدارها نمی‌توانند حرکت کنند، بلکه فقط با جذب یا انتشار انرژی می‌توانند به مدار با انرژی بالاتر یا پایین‌تر منتقل شوند و این انتقال باعث گسیل یا جذب نور در طیف‌های خطی می‌شود. مدل بور برای اتم‌های هیدروژن و هلیوم قابل قبول بود اما برای اتم‌های سنگین‌تر محدودیت داشت.

مفروضات کلیدی مدل اتمی بور

• اوربیتال‌ها و ترازهای انرژی :

الکترون‌ها در مدارهای دایره‌ای ثابت به نام «اوربیتال» به دور هسته می‌چرخند و هر اوربیتال یک «تراز انرژی» مشخص دارد.

• کوانتومی بودن انرژی :

انرژی الکترون در یک مدار مشخص ثابت است و فقط در صورت انتقال به مداری دیگر تغییر می‌کند.

• انتقال الکترون :

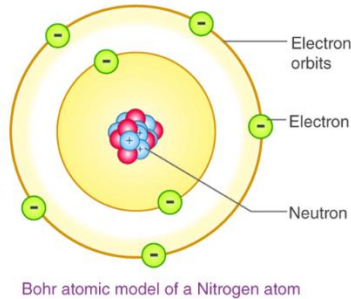
الکترون‌ها می‌توانند با جذب انرژی، از تراز پایین به تراز بالاتر و با از دست دادن انرژی، از تراز بالا به تراز پایین‌تر منتقل شوند.

• گسیل و جذب طیف :

انتقال الکترون از سطح انرژی بالاتر به پایین‌تر باعث آزادسازی انرژی به صورت نور و گرما می‌شود که می‌تواند طیفی خطی ایجاد کند.

• مدل منظومه شمسی :

این مدل شباهت زیادی به مدل منظومه شمسی دارد، به همین دلیل به آن مدل منظومه شمسی نیز گفته می‌شود.



2 -:- شعاع ایکس

"شعاع ایکس" به اشعه ایکس اشاره دارد، که نوعی تابش الکترومغناطیسی پرانرژی با طول موج کوتاه است. این اشعه در پزشکی برای تصویربرداری داخلی بدن (مانند عکس برداری از استخوان‌ها و دندان‌ها) به کار می‌رود و همچنین در صنایع مختلف برای بازرسی کیفیت استفاده می‌شود. با وجود مفید بودن، این اشعه یونیزان است و قرار گرفتن در معرض آن می‌تواند خطرناک باشد، بنابراین استفاده از آن تحت پروتکل‌های ایمنی و با تجهیزات محافظ انجام می‌شود.

توضیحات بیشتر

• چیست؟

اشعه ایکس، شکلی از تابش الکترومغناطیسی با انرژی بالا و طول موج کوتاه است که با سرعت نور حرکت می‌کند.

• کشف :

این اشعه اولین بار توسط ویلهلم رونتگن در سال ۱۸۹۵ کشف شد و به دلیل ماهیت ناشناخته‌اش به نام "ایکس" نامگذاری شد.

• کاربردها:

○ پزشکی: تشخیص شکستگی‌ها، بیماری‌ها و مشکلات اندام‌های داخلی از طریق رادیوگرافی و سی‌تی‌اسکن .

○ صنعت: بازرسی کیفیت قطعات و مصالح ساختمانی و همچنین در دستگاه‌های امنیتی فرودگاه‌ها برای اسکن چمدان‌ها .

#### • خطرات:

اشعه ایکس می‌تواند به سلول‌ها و بافت‌های زنده آسیب برساند، بنابراین در هنگام استفاده، اقدامات احتیاطی و محافظتی مانند استفاده از پوشش‌های سرپی ضروری است .

#### • نکات ایمنی:

برای کاهش آسیب احتمالی، از تجهیزات محافظ، دوزهای پایین اشعه و مدت زمان کوتاه‌تر استفاده می‌شود و همچنین راهکارهایی مانند مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها و نوشیدن آب کافی برای کمک به ترمیم سلولی پیشنهاد می‌شود



#### • خاصیت دوگانگی موج-ذره:

ذرات میکروسکوپی مانند الکترون‌ها همزمان خاصیت ذره‌ای و موجی دارند .

#### • احتمال گرایی:

میکانیک کوانتومی نمی‌تواند موقعیت دقیق یک ذره را پیش‌بینی کند، بلکه تنها احتمال یافتنش را در مکان‌های مختلف محاسبه می‌کند .

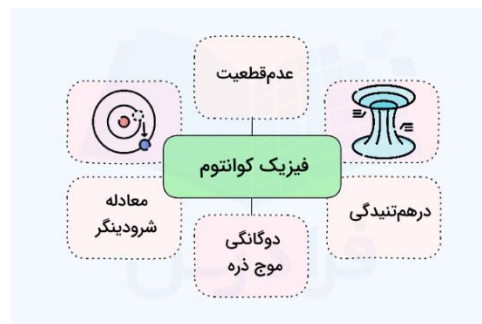
#### • اصل عدم قطعیت:

هرچه اطلاعات بیشتری درباره یک ذره مانند موقعیت آن داشته باشیم، اطلاعات کمتری از کمیت دیگری مانند سرعت آن خواهیم داشت .

#### • جایگزین میکانیک کلاسیک:

در مقیاس‌های اتمی و زیر اتمی، میکانیک کلاسیک کارایی ندارد و میکانیک کوانتومی یک توصیف دقیق‌تر ارائه می‌دهد .  
جایگاه میکانیک کوانتومی در فیزیک مدرن

میکانیک کوانتومی همراه با نظریه نسبیت، پایه‌های فیزیک مدرن را تشکیل می‌دهند و برای توصیف طیف وسیعی از پدیده‌های فیزیکی از جمله رفتار اتم‌ها، مولکول‌ها و نور ضروری است .



#### ● 4: - . طبیعت دوگانه نور

طبیعت دوگانه نور به این معنی است که نور همزمان خاصیت ذره‌ای و موجی دارد . این پدیده که به آن «دوگانگی موج-ذره» گفته می‌شود، به این معناست که نور گاهی مانند موج (مثلاً در آزمایش تداخل دو شکاف) و گاهی مانند ذرات (به نام فوتون، مثلاً در اثر فوتوالکتریک) رفتار می‌کند . دانشمندان پذیرفته‌اند که هر دو خاصیت در نور وجود دارد و بسته به شرایط مشاهده، یکی از این دو خاصیت بارزتر می‌شود .

#### ● 3: - فرضیه (تئوری) کوانتم

فرضیه کوانتم، که به طور معمول «میکانیک کوانتومی» نامیده می‌شود، شاخه‌ای از فیزیک نظری است که پدیده‌های در مقیاس‌های بسیار کوچک (اتمی و زیراتمی) را توصیف می‌کند . این نظریه با نکات کلیدی مانند گسسته بودن انرژی و احتمالی بودن موقعیت ذرات، در تضاد با میکانیک کلاسیک که در آن همه چیز پیوسته و قطعی است، شناخته می‌شود .

اصول کلیدی میکانیک کوانتومی

#### • کمیت‌های گسسته:

در دنیای کوانتومی، برخی کمیت‌ها مانند انرژی گسسته و پله‌پله هستند و تنها مقادیر مشخصی را می‌توانند داشته باشند، نه هر مقداری .



### 5: -سرعت امواج دی بروگی

#### ◊ تعریف:

لوئی دی بروگی (Louis de Broglie) فیزیک‌دان فرانسوی در سال ۱۹۲۴ میلادی پیشنهاد کرد که هر ذره متحرک، مانند الکترون، دارای خاصیت موجی نیز است. به این موج، موج دی بروگی (de Broglie wave) گفته می‌شود.

#### ◆ رابطه طول موج دی بروگی:

طول موج دی بروگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

که در آن:

- $\lambda$  = طول موج دی بروگی
- $h$  = ثابت پلانک (  $6.63 \times 10^{-34}$  ژول ثانیه )
- $m$  = جرم ذره
- $v$  = سرعت ذره

### رفتارهای نور

#### • رفتار موجی :

نور در برخی آزمایش‌ها مانند یک موج رفتار می‌کند. به عنوان مثال، پدیده پراش (خم شدن نور هنگام عبور از لبه یک جسم) و تداخل (برهم‌نهی موج‌ها) به خوبی با مدل موجی توضیح داده می‌شود.

#### • رفتار ذره‌ای :

نور در شرایط دیگر مانند مجموعه‌ای از ذرات گسسته (فوتون) رفتار می‌کند. در پدیده‌هایی مانند اثر فوتوالکتریک، نور انرژی را به صورت بسته‌های کوانتومی (فوتون) منتقل می‌کند. اهمیت و شواهد

#### • آزمایش دو شکاف ینگ :

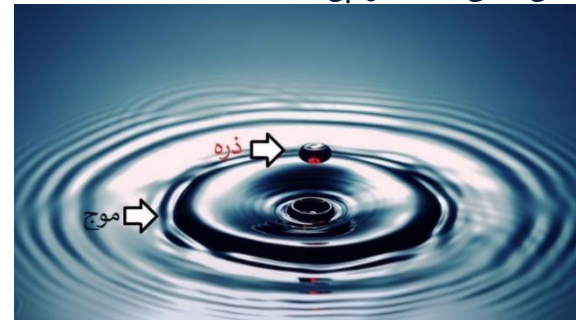
این آزمایش یکی از مهم‌ترین شواهد برای دوگانگی موج-ذره است. وقتی نور از دو شکاف عبور می‌کند، الگوی تداخل موجی ایجاد می‌کند، اما اگر آشکارگر را طوری قرار دهیم که جای فرود هر فوتون را ثبت کند، الگوی نقطه‌ای و ذره‌ای ظاهر می‌شود.

#### • نظریه کوانتومی :

نظریه کوانتومی که توسط دانشمندانی مانند ماکس پلانک و آلبرت انیشتین توسعه یافت، این دوگانگی را به عنوان یک اصل بنیادین پذیرفت.

#### • ساخت واژه «Wavicle»:

برای توصیف این دوگانگی، گاهی از واژه ترکیبی «wavicle» استفاده



بر اساس این اصل، نمی‌توان مکان و مومنتم (یعنی سرعت و جهت حرکت) یک ذره را در یک زمان با دقت کامل و هم‌زمان اندازه گرفت.

### بیان اصلی:

هرچه مکان ذره را دقیق‌تر بدانیم، از مومنتم‌ی آن با دقت کمتری آگاه می‌شویم، و برعکس. به عبارت دیگر، در جهان ذرات ریز (مانند الکترون‌ها) همیشه نوعی عدم اطمینان طبیعی و بنیادی وجود دارد.

رابطه ریاضی:

$$\Delta p \times \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$$

$\Delta x$ : عدم قطعیت مکان

$\Delta p$ : عدم قطعیت مومنتم  
 $h$ : ثابت پلانک

مثال ساده:

اگر بخواهیم موقعیت دقیق یک الکترون را در اتم بدانیم، باید به آن نور (فوتون) بتابانیم. اما همین تابش نور باعث می‌شود الکترون حرکتش تغییر کند و دیگر نتوانیم سرعتش را دقیق بدانیم. بنابراین با افزایش دقت مکان، دقت در سرعت از بین می‌رود — این همان اصل عدم قطعیت است.

### مفهوم فلسفی:

اصل عدم قطعیت می‌گوید که طبیعت در مقیاس کوانتومی (اتم و ذرات زیراتمی) ماهیتی احتمالی دارد، نه قطعی.

یعنی هیچ چیز را نمی‌توان با دقت مطلق پیش‌بینی کرد؛ فقط می‌توان احتمال حضور یا رفتار ذره را بیان نمود.

نتایج و اهمیت:

- این اصل پایه فیزیک کوانتومی است.
- نشان می‌دهد که قوانین فیزیک کلاسیکی (نیوتنی) در جهان ذرات ریز صدق نمی‌کند.
- توضیح می‌دهد چرا الکترون نمی‌تواند در مدار دقیق و ثابت مانند سیارات بچرخد، بلکه در محدوده‌ای از فضا احتمال حضور دارد.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}, \quad v = \frac{h}{m\lambda}$$

### نتیجه‌گیری:

- هر ذره متحرک دارای موجی به نام موج دی‌بروگلی است.
- طول موج آن با افزایش سرعت، کاهش می‌یابد.
- سرعت فاز  $v = \frac{v}{2} = pU$  و سرعت گروهی  $v = gU$  می‌باشد.
- سرعت واقعی ذره همان سرعت گروهی موج دی‌بروگلی است.

**مثال 2:** طول موج دی‌بروگلی یک مرمی به کتله  $0,02kg$  که با سرعت  $330m/s$  حرکت می‌کند چند متر است؟

$$m = 0,02kg, \quad v = 330m/s, \quad h = 6,626 \times 10^{-34} J.s, \quad \lambda = ?$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,626 \times 10^{-34} J.s}{(0,02kg)(330m/s)} = 10^{-34} m$$

### اهداف آموزشی:

- اصول عدم قطعیت هایزنبرگ
- فیزیک هسته (Nuclear Physics)
- اندازه و ساختار هسته
- قوة هسته‌ی (Nuclear Force)
- آیزوتوپ‌ها (Isotopes)

### 1. اصول عدم قطعیت هایزنبرگ

#### اصول عدم قطعیت هایزنبرگ

تعریف:

اصل عدم قطعیت یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم در فیزیک کوانتومی است که در سال ۱۹۲۷ میلادی توسط ورنر هایزنبرگ (Werner Heisenberg) فیزیک‌دان آلمانی بیان شد.

4. نقش مهمی در فهم ساختار اتم، انرژی هسته‌ای و میکانیک موجی دارد.

خلاصه در یک جمله: در دنیای ذرات بنیادی، هیچ اندازه‌گیری کاملاً دقیق نیست — همیشه میان دانستن مکان و دانستن حرکت، باید یکی را تا حدی قربانی کرد.

## 2. فیزیک هسته ای

### ◊ تعریف:

فیزیک هسته‌ای شاخه‌ای از فیزیک است که به مطالعه ساختار، خواص، نیروها و واکنش‌های هسته اتم می‌پردازد.

هسته (Nucleus) بخش مرکزی اتم است که تقریباً تمام جرم اتم در آن متمرکز است و از پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل شده است.

## 3. اندازه و ساختار هسته

هسته از دو نوع ذره تشکیل یافته است:

1. پروتون (Proton): دارای چارج مثبت (+e)
2. نوترون (Neutron): بدون چارج برقی (بی‌چارج)

مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها را نوکلئون (Nucleons) می‌نامند.

### مشخصات هسته:

- هسته بسیار کوچک ولی سنگین است.
- قطر آن در حدود  $10^{-15}$  متر است.
- چارج مثبت آن به سبب وجود پروتون‌ها است.
- بیشتر کتله اتم در هسته متمرکز می‌باشد.

### ◊ عددهای اتمی و کتله ی:

برای توصیف یک هسته، از دو عدد استفاده می‌شود:

1. عدد اتمی (Z): تعداد پروتون‌ها در هسته
2. عدد کتله ی (A): مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها

$$A = Z + N$$

که در آن (N) تعداد نوترون‌ها است

## 4. قوه ای هسته ای

### تعریف:

قوه هسته‌ای نیروی است بسیار قوی و جاذب که میان پروتون‌ها و نوترون‌ها در داخل هسته اتم عمل می‌کند و سبب می‌شود که ذرات هسته در کنار هم باقی بمانند.

اگر این نیرو وجود نمی‌داشت، پروتون‌ها به دلیل بار مثبت‌شان یکدیگر را دفع می‌کردند و هسته از هم می‌پاشید.

### کشف و اهمیت:

پس از کشف هسته توسط ارنست رادرفورد، دانشمندان دریافتند که نیروی برقی نمی‌تواند هسته را نگه دارد، چون پروتون‌ها هم‌بار مثبت‌اند و باید از هم دور شوند. بنابراین، برای پایداری هسته باید نیروی دیگری وجود داشته باشد — نیروی قوی‌تر از نیروی برقی — که آن را قوه هسته‌ای قوی نامیدند.

### انواع نیروهای هسته‌ای:

در فیزیک هسته‌ای، دو نوع نیرو مطرح است:

### قوه هسته‌ای قوی: (Strong Nuclear Force)

- نیروی اصلی نگهدارنده نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها).
- بسیار قوی، اما فقط در فاصله بسیار کوتاه  $10^{-15}$  عمل می‌کند.
- جاذبه دارد و هم بر پروتون‌ها و هم بر نوترون‌ها تأثیر می‌گذارد.
- این نیرو باعث پایداری هسته است.
- قوه هسته‌ای ضعیف: (Weak Nuclear Force)
- در برخی واپاشی‌های رادیواکتیف مانند پرتوشکنی بتا ( $\beta$ ) نقش دارد.
- از قوه قوی بسیار ضعیف‌تر است.
- در تبدیل نوترون به پروتون یا برعکس نقش اساسی دارد.

## 5. ایزوتوپ‌ها (Isotopes)

### تعریف:

ایزوتوپ‌ها اتم‌های یک عنصر واحد اند که تعداد پروتون‌های مساوی دارند ولی تعداد نترون‌هایشان متفاوت است.

○ چون تعداد پروتون‌ها مساوی است، ایزوتوپ‌ها از لحاظ خواص کیمیاوی یکسان هستند، اما از لحاظ کتله اتمی و پایداری هسته‌ای با هم فرق دارند.

### توضیح ساده:

در واقع، ایزوتوپ‌ها مانند افراد یک خانواده‌اند که نام خانوادگی (عنصر) آن‌ها یکی است، ولی وزن یا سن متفاوت دارند.

### مثال‌ها:

عنصر	ایزوتوپ‌ها	توضیح
هیدروژن	$^1\text{H}$ پروتیوم، $^2\text{H}$ دیوتریوم، $^3\text{H}$ تریتیوم	سه نوع هیدروژن با نترون‌های مختلف
کربن	$^{12}\text{C}$ ، $^{13}\text{C}$ ، $^{14}\text{C}$	همه دارای ۶ پروتون، ولی نترون‌ها متفاوت‌اند
اورانیم	$^{235}\text{U}$ ، $^{238}\text{U}$	هر دو ایزوتوپ اورانیم‌اند، ولی یکی در راکتور هسته‌ای کاربرد دارد

عددهای اتمی و کتله‌ی در ایزوتوپ‌ها:

- عدد اتمی (Z): ثابت است (تعداد پروتون‌ها)
- عدد کتله‌ی (A): متفاوت است چون نترون‌ها فرق دارند

فرمول کلی:

$$A = Z + N$$

که در آن:

- $A$  = عدد کتله‌ی
- $Z$  = عدد اتمی
- $N$  = تعداد نترون‌ها