

مکانیک موجی (رابطه دوبروی)

در سالهای 1900 تا 1905، ماکس پلانک و آلبرت انیشتین نظریه کوانتومی نور را بوجود آوردند.

وجه انقلابی این نظریه آن است که براساس آن می توان پذیرفت نور به صورت ذرات ریز موسوم به فوتون

نشر می شود پیش از آن، خواص نور براساس آنکه نور متشکل از امواج انرژی است توجیه می شد و هنوز

هم بهترین توجیه برخی خواص نور بر این پایه امکان پذیرند. امروزه نور، همزمان به عنوان انرژی و نیز

جریانی از فوتون در نظر گرفته می شود. هر یک از این مفاهیم پشتوانه تجربی خود را دارد. اینکه کدام

نظریه (ذره ای یا موجی) برای منظوری خاص، بکار برده شود به آن بسته است که استفاده از کدام نظریه،

در آن مورد خاص، راحتتر است.

به همان ترتیب که نور خصلت موجی و ذره ای را، همزمان داراست، ماده نیز طبیعت دوگانه دارد.

اما این مفهوم دوگانگی به ترتیبی معکوس تکوین یافت. در آزمایشگاهی که به شناخت هویت الکترون

انجامید (مانند تعیین نسبت بار به جرم)، الکترون تنها به صورت یک ذره باردار، در نظر گرفته می شد.

خواص موجی الکترون بعداً مورد بررسی قرار گرفت.

بنابراین انیشتین با آزمایش فوتوالکتریک نشان داد که نور علاوه بر خاصیت موجی، خاصیت

ذره ای نیز دارد و از برابر قرار دادن انرژی از رابطه انیشتین $(E = mc^2)$ و رابطه پلانک $(E = \frac{hc}{\lambda})$

معادله ای حاصل می شود که بین خاصیت ذره ای فوتون (اندازه حرکت) با خاصیت موجی آن (طول موج)

$$mc = \frac{h}{\lambda} \quad \text{ارتباط برقرار می کند:}$$

لویی دوبروی در سال 1923 میلادی این سؤال را مطرح نمود که اگر نور می‌تواند خاصیت

ذره‌ای داشته باشد، پس ماده نیز می‌تواند خاصیت موجی از خود نشان دهد. بنابراین پذیره‌ای بدین

صورت مطرح نمود که می‌توان معادله بالا را برای الکترون هم تعریف نمود که در آن به جای سرعت

فوتون، سرعت الکترون (v) و به جای جرم در حال حرکت فوتون، جرم الکترون قرار گیرد.

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

معادله دوبروی را به روش دیگری نیز می‌توان بدست آورد. براساس دیدگاه دوبروی صادق بودن

پذیره بوهر که الکترون در هر مدار خاصی انرژی و یا طول موج معینی دارد از این ناشی می‌شود که باید

بین محیط یک مسیر دایره‌ای ($2\pi r$) و طول موج الکترون ارتباط زیر وجود داشته باشد تا وجود آن موج

ساکن یا ایستا در آن مدار معین مجاز باشد. شکل زیر یک موج مجاز و یک موج غیر مجاز را در یک مدار

نشان می‌دهد.

$$2\pi r = n\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

از معادله $mvr = n \frac{h}{\lambda}$ که از یکی از پذیره‌های بوهر در مورد کوانتیزه بودن انرژی الکترون است

$$2\pi r = n \left(\frac{h}{mv} \right) \quad \text{معادله مقابل حاصل می‌شود:}$$

از مقایسه دو معادله بالا، معادله زیر بدست می‌آید یعنی:

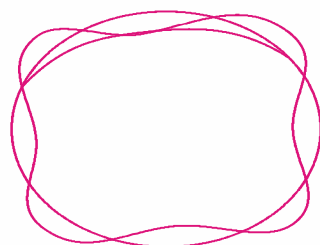
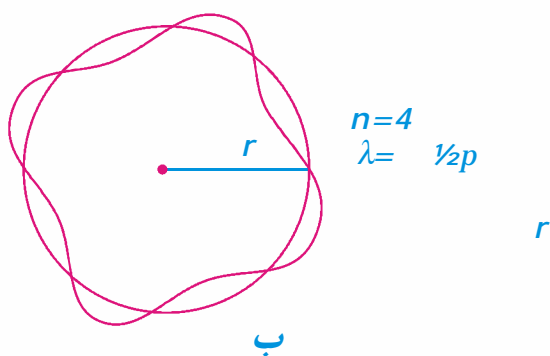
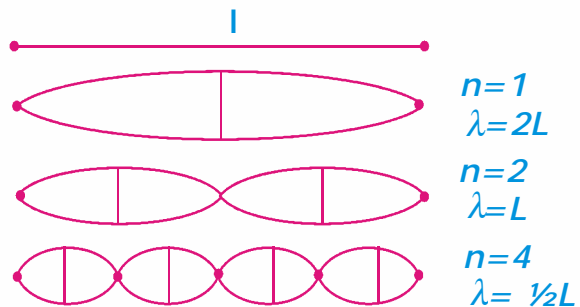
$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{P}$$

رابطه دوبروی تنها برای الکترون کاربرد ندارد بلکه بر طبق آن به هر ذره با جرم m طول موجی به

اندازه λ نسبت داده می‌شود. ولی همچنان رابطه نشان می‌دهد طول موج ذرات سنگین (دنیای

ماکروسکوپی) بسیار بسیار کوتاه و غیر قابل اندازه‌گیری می‌باشد، ولی برای ذراتی مانند الکترون قابل

مشاهده است.



امواج ایستای مجاز یا پایدار در

(الف) سیم گیتار و (ب) در مدار بوهر و (ج) امواج ایستای غیر مجاز یا ناپایدار در مدار بوهر.

مثال.

الف. در بازی بیسبال، سرعت توپ پرتاب شده $44/1 \text{ m/s}$ (حدود 150 کیلومتر بر ساعت)

تعیین شده است، طول موج مربوط به حرکت توپ (جرم 146 gr) با سرعت مزبور چقدر

است؟

الف. بر پایه نظریه بور، سرعت الکترون در اتم هیدروژن $2/19 \times 10^6 \text{ m/s}$ است. طول موج

مربوط به الکترون (جرم $9/11 \times 10^{-28} \text{ gr}$) با این سرعت چقدر است؟

حل.

توجه کنید که چون $1 \text{ J} = 1 \text{ kg.m}^2 / \text{s}$ است. بنابراین:

$$h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 6/63 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2 / \text{s}$$

$$l = \frac{h}{mv} = \frac{6/63 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2 / \text{s}}{(0/146 \text{ kg})(44/1 \text{ m/s})} = 1/03 \times 10^{-34} \text{ m} \quad \text{الف.}$$

$$l = \frac{h}{mv} = \frac{6/63 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2 / \text{s}}{(9/11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2/19 \times 10^6 \text{ m/s})} = 3/32 \times 10^{-10} \text{ m} = 0/332 \text{ nm} \quad \text{ب.}$$

طول موج مربوط به توپ بیسبال، آنقدر کوتاه است که با هیچ ابزار موجودی قابل تشخیص

نیست. اما طول موج منسوب به الکترون، در محدوده پرتو ایکس طیف الکترومغناطیسی است.

مدتی کوتاه، پس از آنکه دوبروی نظریه خود را به چاپ رساند، کلینتون داویسون و لستر جرمر به

تجربه ثابت کردند که الکترون در واقع دارای خواص موجی است. آنها نشان دادند که الکترونها توسط

یک بلور، همانند پرتو ایکس، پراشیده می شوند. به علاوه پراش شعاع الکترونی دقیقاً در همان زاویه ای

رخ می دهد که بر پایه طول موج دوبروی، قابل پیش بینی است.

شبکه رشد - شبکه ملی مدارس ایران



Olympiad.roshd.ir