آموزش فیزیک اتمی

به روش کتاب درسی

مکانیک نیوتنی / ترمودینامیک / نظریه الکترومغناطیس ماکسول ← کلاسیک

نسبیت خاص (تندی نزدیک به نور) / نسبیت عام (گرانش و فضا-زمان)

کوانتوم (ذرات کوچک و زیراتمی) / فیزیک هسته‌ای / ذرات بنیادی / کیهان‌شناسی

فوتوالکتریک: تابش فرابنفش ← الکتروسکوپ دارای بار منفی ← خروج برخی از الکترون‌ها

فوتوالکترون: الکترونی که توسط تابش فرابنفش از سطح فلز جدا می‌شود

$F = qE$

نور معمولی نمی‌تواند باعث پدیده فوتوالکتریک شود.

توجیه فیزیک کلاسیک: نور ← موج الکترومغناطیسی ← میدان E متناوب ← $\vec{F} = -e\vec{E}$

نیرو متناوب ← دامنه نوسان الکترون افزایش پیدا کند ← افزایش انرژی جنبشی ← از سطح فلز جدا می‌شود

پس با جوب‌بودی باید فوتوالکتریک رخ دهد ← با تجربه سازگار نیست (نارسایی مدل کلاسیک)

کلاسیک ← شدت نور متناسب با مجذور دامنه میدان الکتریکی $I \propto A_E^2$

پس در بسامد ثابت اگر شدت نور افزایش یابد (دامنه را زیاد کنیم بدون تغییر طول موج) ← $F \uparrow$ ← $K \uparrow$

ولی با تجربه سازگار نیست (نارسایی مدل کلاسیک)

✓ طبق فیزیک کلاسیک انتظار داریم فوتوالکتریک با جوب‌بودی (شدت را زیاد کنیم) رخ دهد

✓ طبق فیزیک کلاسیک انتظار داریم با افزایش شدت (ثابت بودن) انرژی جنبشی بیشینه فوتوالکترون‌ها زیاد شود

ورود ← نور از بسته‌های انرژی تشکیل شده ← فوتون ← $E_{Ph} = hf = \frac{hc}{\lambda}$

ثابت پلانک $h = 6.6 \times 10^{-34}\ J.s$ ثابت پلانک $h = 4.14 \times 10^{-15}\ eV.s$

هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های سطح فلز برهم‌کنش می‌کند. بخشی از انرژی فوتون صرف خروج الکترون (گسستن پیوند) و مابقی به صورت انرژی جنبشی فوتوالکترون در می‌آید.

$\Delta U = q\Delta V = 1eV$ ← جابجا شود $\Delta V = 1V$ ← بین دو نقطه ← $1e$

$1eV = 1.6\times10^{-19} J$ $\qquad J \underset{\times 1.6\times10^{-19}}{\overset{\div 1.6\times10^{-19}}{\rightleftarrows}} eV$

$h = 6.6\times10^{-34} J.s \underset{\times 1.6\times10^{-19}}{\overset{\div 1.6\times10^{-19}}{\rightleftarrows}} 4.14\times10^{-15} eV.s$

شکست مدل موجی نور در توجیه برخی پدیده‌ها مثل فوتوالکتریک به این معنی نیست که نظریه موجی باید کنار گذاشته شود ولی بدین معنی است که نظریه موجی همه ویژگی‌های نور را در بر نمی‌گیرد.

تابش گرمایی: همه اجسام / در هر دمایی / از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن تابش گرمایی می‌گویند.

جامد ← طیف گسیلی پیوسته ← برهم‌کنش قوی اتم‌های سازنده

گاز رقیق کم‌فشار ← اتم منفرد آنها به دور از برهم‌کنش قوی موجود در جسم جامد هستند

طیف گسیلی خطی (طیف اتمی) ← شامل طول موج‌های مشخصی است ← منحصر به فرد

لامپ باریک و بلند شیشه‌ای ← گاز رقیق کم‌فشار ← آند ⊕ ← کاتد ⊖

ولتاژ بالا ← تخلیه الکتریکی ← گسیل نور

هیدروژن

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

nm^{-1} $\qquad$ λ: nm $\qquad$ n': مقصد $\qquad$ n: مبدأ

$R = 0.01\ nm^{-1}$

$3 \to 2$	قرمز
$4 \to 2$	آبی
$5 \to 2$	بنفش
$6 \to 2$	بنفش

$\lambda^{\uparrow} \leftarrow n'^{\uparrow}$

$\lambda^{\downarrow} \leftarrow n^{\uparrow}$

$n = n'+1 \leftarrow \lambda_{max}$

$n = \infty \leftarrow \lambda_{min}$

} در یک سری

UV	لیمان	$n'=1$
مرئی - فرابنفش	بالمر	$n'=2$
فروسرخ	پاشن	$n'=3$
فروسرخ	براکت	$n'=4$
فروسرخ	پفوند	$n'=5$

رادرفورد ← کشف اتم ← مدل توپ بیلیارد

تامسون ← کشف الکترون ← مدل کلیک کیشمشی (الکترون کشمش ات)

} طیف خطی را توجیه نمی‌کند
هسته ندارد

رادرفورد ← کشف هسته ← α را به ورقه طلا تاباند

} بیشتر پرتوها بدون انحراف عبور کردند
برخی با انحراف عبور کردند
تعداد کمی بازتاب شدند

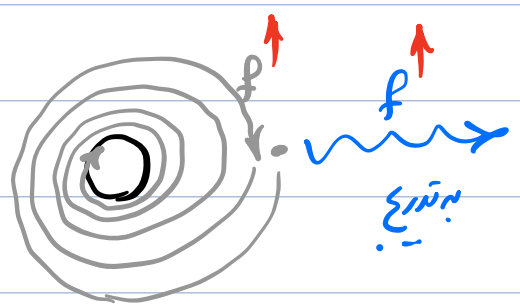
بیشتر فضای اتم خالی است / یک هسته کوچک مثبت با بار مثبت

الکترون ← ساکن ← پایداری اتم توجیه نمی‌شود
الکترون ← گردش ← شتابدار ← موج EB

$R = 10^{-15}\,m$ $\qquad$ هسته $\rho = 10^{14}\,\frac{g}{cm^3}$

پایداری اتم توجیه نمی‌شود

موج EB باید پیوسته باشد



بور (فیزیک مدرن) در مقیاس کوانتومی قوانین فیزیک کلاسیک برقرار نیستند

۱- مدار ← شعاع و انرژی مقادیر متفاوت و کوانتیده

$r_n = a_0 n^2$ $\qquad a_0 =$ شعاع بور

$E_n = \frac{-13.6\,eV}{n^2}$ $\qquad E_R = -13.6\,eV$

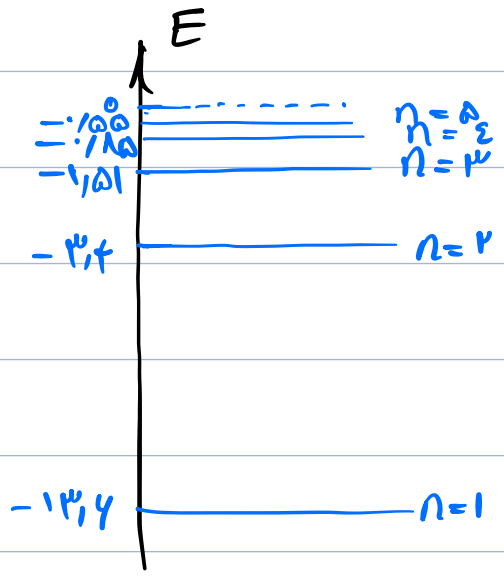
۲- الکترون‌هایی که در یک مدار می‌چرخند موج EB تابش نمی‌کنند. / مدار مانا

۳- اگر الکترون از مدار بالاتر به پایین‌تر سقوط کند یک فوتون تابش می‌شود $E_{ph} = hf = E_U - E_L$

$n = \infty$ انرژی الکترون $0\,eV$ ← الکترون از هسته جدا شده است.

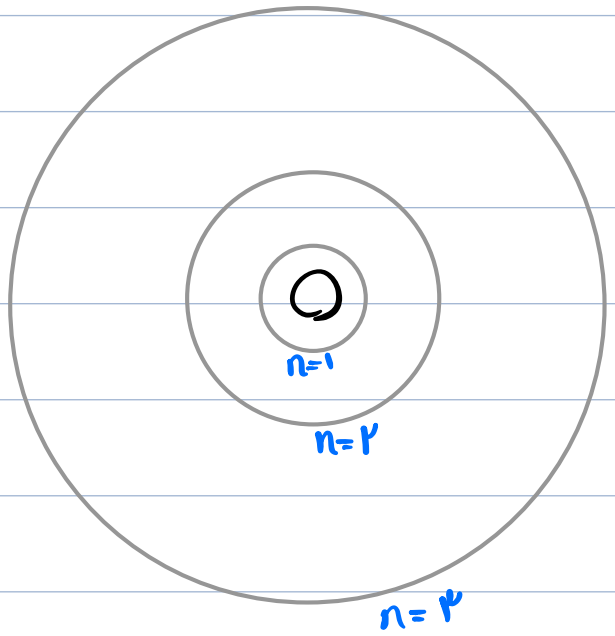
$n = 1$ انرژی الکترون $-13.6\,eV$ ← کمترین سطح انرژی ← حالت پایه

$n > 1$ اتم برانگیخته



$\Delta E \downarrow \leftarrow E \uparrow \leftarrow n \uparrow$

$\Delta R \uparrow \leftarrow R \uparrow \leftarrow n \uparrow$



دمای اتاق ← حالت پایه

الکترون $n=1$ ← $n=\infty$ ← حداقل انرژی لازم ۱۳٫۶ eV ← الکترون از هسته جدا می‌شود

الکترون از اتم خارج شده است ← انرژی یونش

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$E_{ph} = \frac{hc}{\lambda} = \Delta E = \frac{-E_R}{n^2} - \frac{-E_R}{n'^2}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \longleftarrow \frac{hc}{\lambda} = -E_R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \underbrace{\frac{E_R}{hc}}_{R}\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$R = \frac{E_R}{hc}$$

خطوط فرانهوفر: خط‌های نازک سیاه در طیف خورشید ← بسیاری از آنها در جو خورشید و خط‌های دیگر در جو زمین جذب شده اند.

طیف جذبی خطی: اگر نور سفید (شامل همه طول موج‌ها) از داخل گازی عبور کند ← طیف خروجی شامل چند خط سیاه رنگ که توسط گاز جذب شده اند.

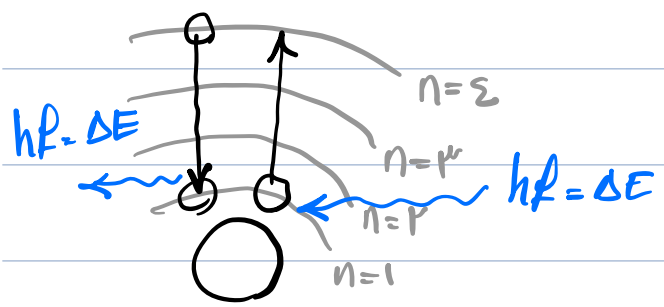
۱- منحصر به فرد

۲- چون طول موج‌هایی جذب می‌شوند که در صورت برانگیخته شدن گاز تولید می‌شوند.

۳- طیف جذبی و طیف نشری یک گاز مکمل یکدیگر هستند

الکترون با جذب فوتون مناسب به ترازهای بالاتر می‌رود. $E_{ph} = hf = \Delta E$

نشر و جذب فوتون و سول یکسان دارند.

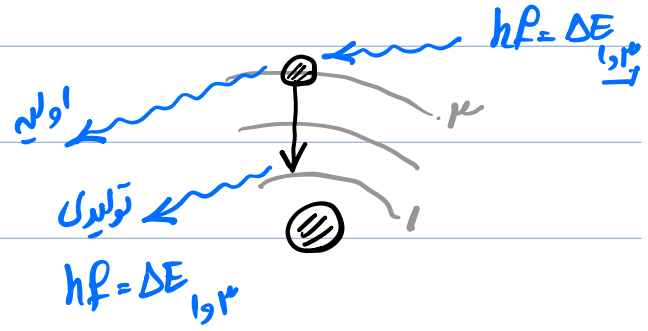


نظریه بور: تایید پایداری اتم / تایید طیف خطی گازها / برای اتم‌های هیدروژن گونه (اتمی که تک الکترونی است) He^{+} ، Li^{+2} و ... قابل استفاده است.

نارسایی نظریه بور: ۱- برای اتم‌هایی با بیش از ۱ الکترون به کار نمی‌رود.

۲- این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.

لیزر: الکترون به مدار پایین‌تر برود ← فوتون گسیل می‌کند } خودبخودی ← جهت فوتون‌ها تصادفی / القایی



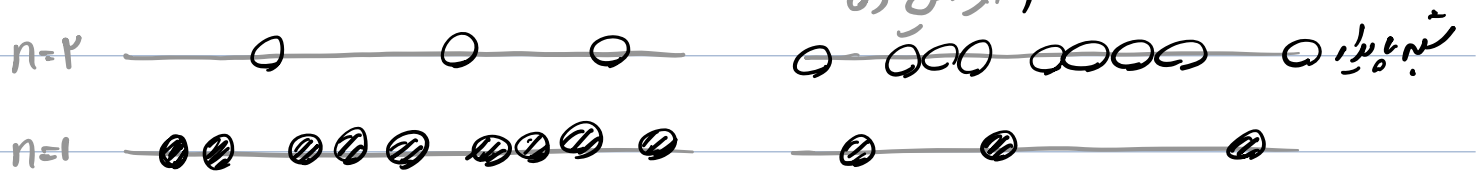
۱) به ازای یک فوتون تابشی، دو فوتون خارج می‌شود و این دو فوتون خود با دو الکترون برانگیخته از دو اتم دیگر برخورد کرده و به صورت زنجیره‌ای تعداد فوتون‌ها افزایش می‌یابد ← تقویت نور

۲) فوتون جدید با فوتون تابشی اولیه هم جهت است

۳) فوتون جدید با فوتون اولیه هم بسامد و هم گام (هم‌فاز) است.

گاز را برانگیخته می‌کنیم } در خنثی شدید نور / تخلیه ولتاژ بالا / افزایش دما

الکترون به مدار بالاتر برود.



واروفی جمعیت ← تولید شبه پایدار ← 10^{-8} s ← 10^{-3} s ← فرصت بیشتر برای گسیل القایی