

آزمایش ۸: سری بالمر

تئوری:

رابطه ریدبرگ – بالمر:

اتم هیدروژن ساده ترین اتمهاست. و طیف آن اولین طیفی بود که بطور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنگستروم تا سال ۱۸۸۵ میلادی طول موج چهار خط از اتم هیدروژن را با دقت زیاد اندازه گرفت.

بالمر این اندازه گیری ها را مطالعه کرد و نشان داد که طول موج خطهای این طیف را میتوان با دقت بسیار زیاد از رابطه زیر بدست آورد:

$$\lambda = 364.56 \frac{1}{n^2 - 9}$$

که در آن طول موج خطهای طیف بر حسب نانومتر (nm) و n یکی از اعداد صحیح زیر است:

$$n=3, 4, 5, \dots$$

گفتنی است که بالمر این رابطه را صرفاً با بررسی رابطه های ریاضی مختلف و بدون هیچ گونه تجربه فیزیکی بدست آورد.

توفیق بالمر در خصوص یافتن رابطه ای برای خط های طیف اتم هیدروژن در ناحیه مرئی موجب شد که تلاشهای بیشتری در جهت یافتن خط های دیگر طیف اتم هیدروژن صورت گیرد. بالمر پیشگویی کرد که اتم هیدروژن ممکن است که دارای خطهای طیفی دیگری نیز باشد که از رابطه هایی بصورت زیر بدست می آیند:

$$\lambda = 364.56 \frac{n^2}{n^2 - 9}$$

$$\lambda = 364.56 \frac{n^2}{n^2 - 16}$$

کار عمده در زمینه جستجو برای طیف کامل اتم هیدروژن توسط ریدبرگ در حدود سال ۱۸۹۰ میلادی انجام شد. وی توانست برخی از خطهای گفته شده توسط بالمر را نیز مشاهده کند. ریدبرگ کارکردن با عکس طول موج را مناسب تشخیص داد، لذا رابطه بالمر را به صورت زیر نوشت:

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

که در آن  $R_H$  ثابت ریدبرگ برای اتم هیدروژن نامیده میشود و مقدار آن برابر است با  $R_H = 0.0109(\text{NM})^{-1}$  طول موج تمامی خط های طیف اتم هیدروژن را میتوان از رابطه زیر که به رابطه رید برگ معروف است بدست آورد:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n > m$$

به ازای هر  $m$ ، یک رشته طیفی بدست می آید. رشته های طیفی گروههایی هستند که هر یک گستره خاصی از طول موجها را در بر میگیرند و هر طیفی که در آن گروه باشد به همان رنگ دیده میشود.

با قرار دادن  $m=2$  رابطه بالمر بدست می آید. خطهای طیف مربوط به  $m=2$  را «رشته بالمر» مینامند.

خطهای دیگر طیف اتم هیدروژن ، با قرار دادن عددهای صحیح دیگر به جای  $m$  به شرح زیر به دست می آیند:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 2, 3, \dots \quad \text{به ازای } m=1 \text{ داریم:}$$

این رشته را «رشته لیمان» مینامند.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{همچنین به ازای } m=3 \text{ داریم:}$$

این رشته را نیز «رشته باشن» مینامند.

رشته های طیف اتم هیدروژن در جدول زیر آمده است:

نام رشته	مقدار $n'$	رابطه ریدبرگ مربوط	مقدارهای $n$	گستره طول موج
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda}$	$n=2, 3, 4, \dots$	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=3, 4, 5, \dots$	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=4, 5, 6, \dots$	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=5, 6, 7, \dots$	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=6, 7, 8, \dots$	فروسرخ

هنگامیکه اتمی به حالت برانگیخته در می آید در این حالت انرژی کل آن بیشتر از انرژی حالت معمولی یا حالت پایه آن میباشد. اتم قبل از برگشتن به حالت معمولی نمیتواند بیشتر از ۱ ثانیه در یک حالت برانگیخته انرژی بالاتر باقی بماند در طول گذارشان از حالت انرژی بالاتر به پایین تر مازاد انرژی خود را به صورت تابش الکترومغناطیس گسیل میکند. این تابش پس از پراشیده شدن از روی توری پراش به صورت خطوطی متناظر با طول موجهای مختلف ظاهر میشود، از این رو طیف حاصل را یک طیف خطی مینامند و آن را در رشته های طیفی طبقه بندی میکنند.

وقتی که اتم برانگیخته میشود میتواند به هنگام برگشت، به ترازهای مختلفی برگردد و بسته به این که به چه تراز برگردد، رنگ مربوط به آن تراز را گسیل میکند. مثلاً در این آزمایش اتمها به گونه ای برانگیخته میشوند که به تراز  $n=2$  برگردند. در این صورت نورشان به رنگ فرابنفش و مرئی دیده میشوند و یک نور غالب از این گستره دیده میشود. و بسته به قدرت پراشیدگی توری پراش، میتوان رنگ های دیگر را هم دید و قدرت پراشیدگی یک توری پراش هم به فاصله بین شکافها در توری پراش بستگی دارد.

قدرت توری پراش مورد استفاده در این آزمایش به گونه ای است که اگر اتمی از تراز  $n=3$  به  $n=2$  بیاید، فوتونی با رنگی در ناحیه فروسرخ گسیل میکند و اگر از تراز  $n=4$  به تراز  $n=2$  بیاید، فوتونی با رنگ آبی و اگر از تراز  $n=5$  به تراز  $n=2$  بیاید، فوتونی با رنگ بنفش گسیل میکند.

## وسایل لازم:

لامپ بالمر- عدسی محدب- نگهدارنده فلزی- پرده نیم شفاف- ریل اپتیکی- توری پراش- دیافراگم- منبع تغذیه- گیره های چندگانه- سیمهای اتصال

۱- لامپ بالمر: برای مشاهده و تجزیه طیف هیدروژن میباشد که از بخار آب پر شده و همچنین برای نمایش تغییر جهت همسان در سری های بالمر بکار میرود که در آن نسبت مخلوط هیدروژن سنگین به بخار آب معمولی ۱ به ۲ میباشد.

۲- عدسی محدب: برای کانونی کردن امواج الکترومغناطیس ( فوتونها) که از لامپ بالمر گسیل میشوند به کار میرود.

۳- نگهدارنده فلزی: با گیره های برای ثابت نگه داشتن توری پراش میباشد.

۴- پرده نیم شفاف: برای مطالعه طیف تداخل و طرح پراش بکار میرود.

۵- ریل اپتیکی: یک میله فولادی محکم است که وسایل آزمایش روی آن سوار میشود.

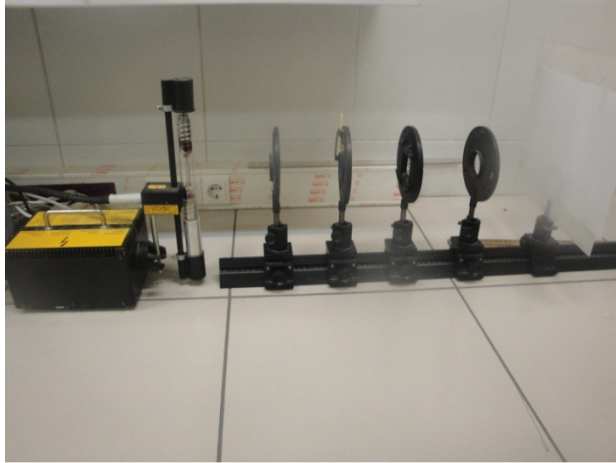
۶- توری پراش: یک صفحه حساس که دارای  $600\text{nm}$  خط در  $\text{cm}^{-1}$  آن میباشد که در یک فویلی بین دو صفحه شیشه ای اسلاید قرار گرفته است.

۷- دیافراگم (شکاف قابل تنظیم): دو لبه با قابلیت جابجایی و تنظیم دلخواه که در بسیاری از آزمایشهای طیفی بکار میرود.

۸- منبع تغذیه: برای ایجاد ولتاژ و راه اندازی لامپ بالمر بکار میرود و توان آن ۷۰ وات میباشد.

۹- گیره های چند گانه: این گیره ها برای نصب و حرکت عدسی ها، دیافراگم، پرده نیم شفاف، نگهدارنده، توری و ریل اپتیکی میباشد.

۱۰- سیمهای اتصال



### شرح آزمایش:

ابتدا عدسی ها، دیافراگم، توری پراش، صفحه نیم شفاف، لامپ بالمر را روی ریل اپتیکی سوار کنید و سپس منبع تغذیه را روشن کنید. در اثر عبور جریان از لامپ بالمر که دارای ولتاژ بالاست (که نباید به آن دست بزنید) تخلیه الکتریکی صورت میگیرد. فوتونها از لامپ شروع به تابش میکنند با جابجایی عدسی ها و توری پراش و دیافراگم طیف حاصل از سری بالمر را روی صفحه نیم شفاف تشکیل دهید. سری بالمر مشاهده شده عبارت خواهد بود (از  $n=3$  به  $m=2$ )  $(H_{\alpha})$ ، (از  $n=4$  به  $m=2$ )  $(H_{\beta})$  (آبی). سپس فاصله خط قرمز مرکزی را از خط آبی طرف راست (یا چپ) اندازه گیری کنید و آن را  $a$  بنامید و همچنین فاصله توری پراش را از صفحه نیم شفاف نیز اندازه گیری کرده و آن را  $D$  بنامید. سپس با استفاده از رابطه زیر،  $\sin \theta$  را بدست آورید:

$$\sin \theta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + D^2}}$$

و در آخر با استفاده از رابطه  $\lambda = d \sin \theta$  نور آبی را بدست آورید. همین مراحل را برای نور قرمز نیز تکرار کنید و  $\lambda$  نور قرمز را نیز بدست آورید.

### روش کار برای محاسبه ثابت ریدبرگ:

روش اول: برای محاسبه ثابت ریدبرگ این است که این طول موج ها را  $|z|$  در فرمول زیر قرار داده و برای  $R_H$  (ثابت ریدبرگ) مقدار بدست آورید و سپس میانگین بگیرید.

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

تذکر: زمانی که در حال آزمایش کردن نیستید، لامپ بالمر را خاموش کنید زیرا تشعشعات آن برای چشم مضر است.

ردیف	۱	۲	۳
رنگ نور	سرخ	آبی	بنفش
m(عدد سری)	۳	۴	۵
$\lambda$ طول موج (Å)	656.8	4861.3	4101.7
$\frac{1}{m^2}$ عکس مجذوری			

سؤالات:

- ۱) چرا طیف های بالاتر از بنفش به خوبی دیده نمیشوند؟
- ۲) چرا لامپ بالمر به رنگ بنفش روشن دیده میشود؟
- ۳) تخلیه الکتریکی را توضیح دهید.