عنوان آزمایش:

تعیین طول‌موج‌های H_α، H_β و H_γ سری بالمر هیدروژن

اهداف آزمایش:

۱- مشاهده خطوط طیفی هیدروژن اتمی با توری با تفکیک‌پذیری بالا؛

۲- اندازه‌گیری طول‌موج‌های H_α، H_β و H_γ از سری بالمر؛

۳- تعیین ثابت ریدبرگ[1]، R_∞.

وسایل موردنیاز آزمایش:

۱- لامپ بالمر؛

۲- منبع تغذیه ویژه لامپ بالمر؛

۳- توری رولند[2]؛

۴- نگهدارنده با گیره فنری؛

۵- عدسی با قاب، f=+۵۰ mm؛

۶- عدسی با قاب، f=+۱۰۰ mm؛

۷- شکاف قابل تنظیم؛

۸- پرده نمایش نیم‌شفاف؛

۹- میز (ریل) اپتیکی کوچک؛

۱۰- پایه V شکل، ۲۸ cm؛

۱۱- متر، ۲ m.

تئوری آزمایش:

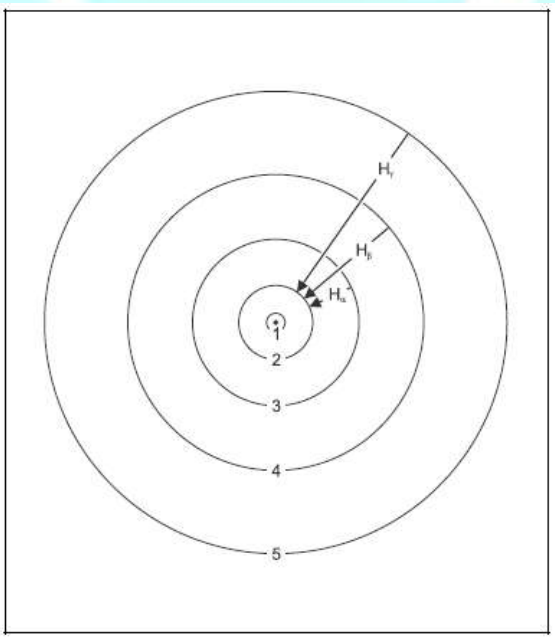
در بازه مرئی، طیف نشری هیدروژن اتمی، خطوط H_α، H_β و H_γ را دارد. این خطوط متعلق به سری کاملی است که به بازه ماورای بنفش گسترش یافته‌است. در سال ۱۸۸۵، بالمر فرمول تجربی زیر را برای فرکانس‌های این سری بیان کرد:

1- Rydberg
2- Rowland

$$\upsilon = R_{\infty}.\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{m^2}\right), m = ۳ ،۴ ،۵ ،... \qquad (۱)$$

ثابت ریدبرگ: $R_{\infty} = 3.2899.10^{15}\ s^{-1}$

بعد از آن، فرمول بالمر در چارچوب مدل اتمی بوهر توضیح داده شد (به شکل (۱) مراجعه کنید).



شکل(۱): مدل اتمی بوهر برای هیدروژن با گذارهای سری بوهر (دیاگرام طرحواره).

در آزمایش، طیف نشری به‌وسیله لامپ بالمری برانگیخته می‌شود که با بخارآب پر شده‌است. مولکول‌های آب به‌وسیله تخلیه الکتریکی به هیدروژن اتمی و یک گروه هیدروکسیل[1] برانگیخته می‌شود. طول‌موج‌های H_{α}، H_{β} و H_{γ} به‌وسیله توری با تفکیک‌پذیری بالا تعیین می‌شود. رابطه بین طول‌موج، λ، و زاویه مشاهده، ϑ، چنین است:

$$\lambda = d.\sin\upsilon \qquad (۲)$$

ثابت توری: d

مقدار اندازه‌گیری‌شده با فرکانس‌های محاسبه‌شده مطابق فرمول بالمر (۱) مقایسه می‌شود.

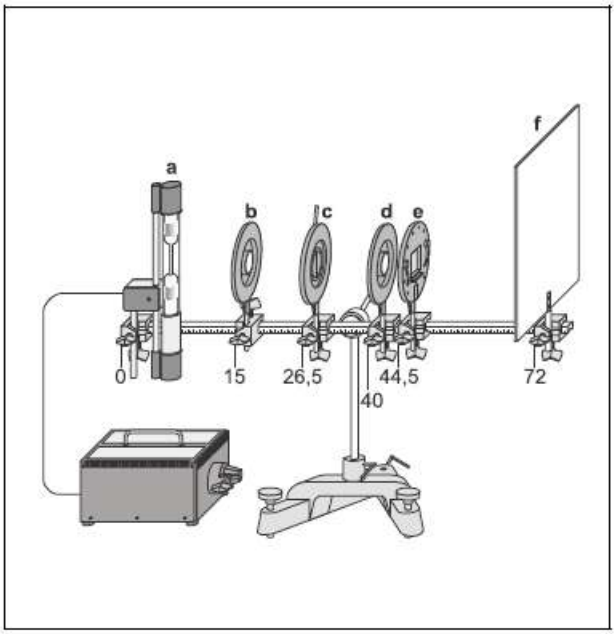
روش انجام آزمایش

چیدمان آزمایش:

تذکر: خطوط طیفی را فقط می‌توان در اتاق کاملاً تاریک مشاهده کرد.

1 - Hydroxyl

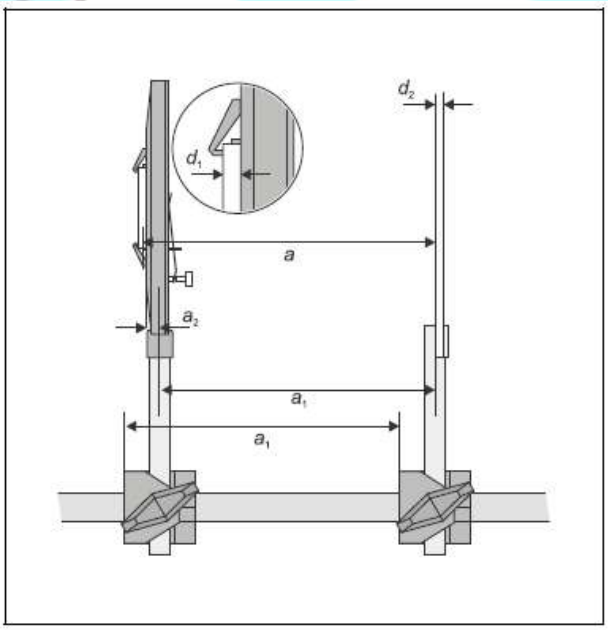
چیدمان آزمایشگاهی در شکل (۲) و (۳) نمایش داده شده‌است.



a: لامپ بالمر؛ **b**: عدسی تصویردهی، **f=+۵۰ mm**؛ **c**: شکاف قابل‌تنظیم؛

d: عدسی تصویردهی، **f=+۱۰۰ mm**؛ **e**: توری؛ **f**: پرده نمایش.

شکل (۲): چیدمان آزمایشگاهی برای مطالعه سری بالمر هیدروژن اتمی (اَشکال دلالت بر موقعیت‌های لبه چپ گیره روی میز اپتیکی دارد).



شکل (۳): رسم جزئیات توری رولند و پرده نیم‌شفاف.

نکات ایمنی:

منبع تغذیه ولتاژ تماسی خطرناکی تولید می‌کند که تازمانی‌که لامپ بالمر متصل نشده‌است، در اتصالات نگهدارنده در دسترس است.

تازمانی‌که لامپ بالمر هنوز متصل نشده‌است، به منبع تغذیه دست نزنید.

انجام آزمایش:

۱- توری رولند را در مسیر نور قرار دهید.

۲- اتاق آزمایش را کاملاً تاریک کنید و پرده نمایش نیم‌شفاف را در حالت عبور مشاهده کنید.

۳- شکاف قابل‌تغییر را باریک کنید تا زمانی‌که خطوط جداسازی‌شده روی پرده نمایش پدیدار شود.

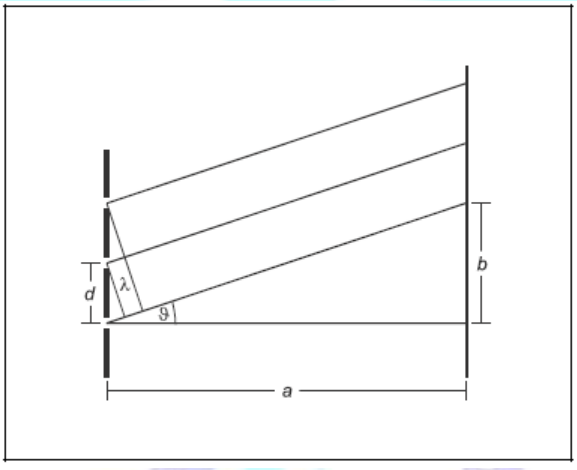
۴- اگر ضروری است، نور ناخواسته از لامپ بالمر را با صفحه ماسک که از مقوا ساخته شده‌است، مسدود کنید.

۵- موقعیت خطوط و موقعیت مرتبه صفر را روی پرده نمایش نیم‌شفاف علامت بزنید.

۶- فواصل b بین توری رولند و پرده نمایش نیم‌شفاف را اندازه‌گیری کنید.

۷- فاصله a بین توری رولند و پرده نمایش نیم‌شفاف را تعیین کنید (به شکل (۳) مراجعه کنید).

شکل (۴) طرحواره پراش مرتبه اول از توری را نمایش می‌دهد.



شکل (۴): طرحواره پراش مرتبه اول از توری

۸- جدول (۱) را تکمیل کنید.

جدول (۱): فواصل b بین خطوط و مرتبه صفر (ثابت توری، $g= ۶۰۰\ mm^{-1}$).

رنگ	b (mm)	
	راست	چپ
قرمز		
فیروزه‌ای		
آبی		

۹- با استفاده از رابطه $\lambda = d.\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$ و $\upsilon = \frac{C}{d}.\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{b}$، $C = 2.998\times10^8\ \frac{m}{s}$، جدول (۲) را تکمیل کنید.

جدول (۲): مقادیر طول‌موج و فرکانس خطوط مشاهده شده و ثابت ریدبرگ.

رنگ	خط	$\lambda(nm)$	$\upsilon(THz)$	$\frac{1}{4}-\frac{1}{m^2}$	R_∞	$\langle R_\infty \rangle_m$
قرمز (m=۳)	H_α			۰/۱۳۸۹		
فیروزه‌ای (m=۴)	H_β			۰/۱۸۷۵		
آبی (m=۵)	H_γ			۰/۲۱۰۰		

۱۰- نمودار فرکانس سری بالمر هیدروژن برحسب $\frac{1}{4}-\frac{1}{m^2}$ رسم کنید. شیب خط نشان‌دهنده چیست؟