



فیزیک

پایه دوازدهم



رهپویان
دانش و اندیشه

آشنایی با فیزیک اتمی

طیف خطی و معادله های بالمر و ریدبرگ

مدرس: نیما نوروزی

طیف خطی:

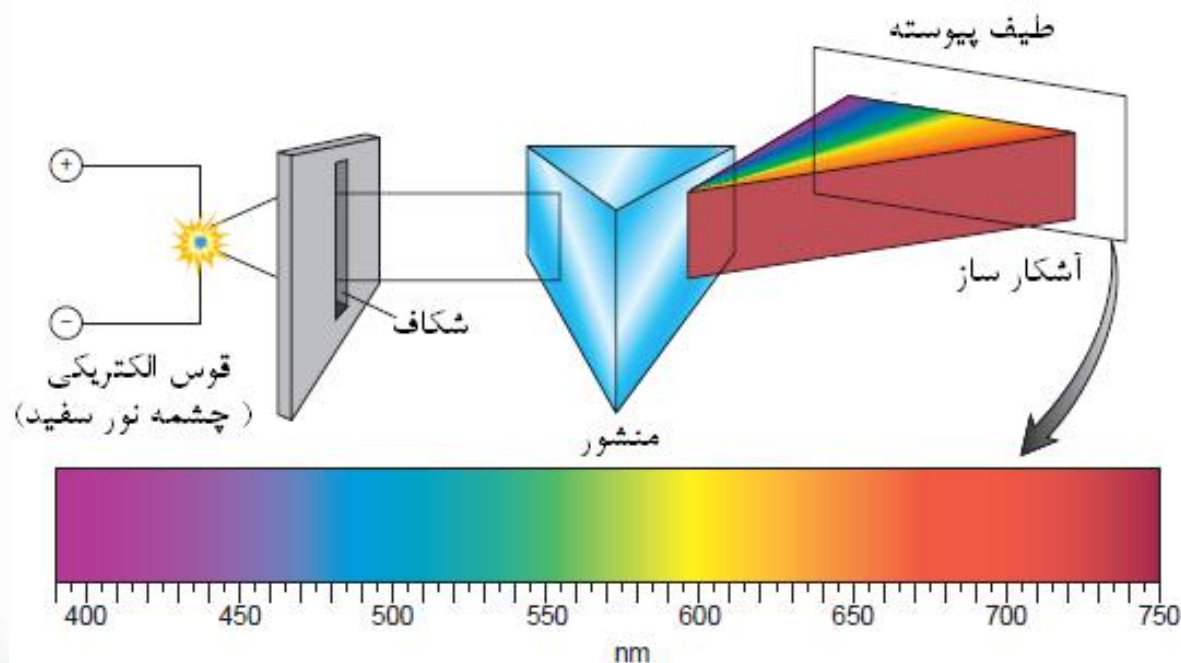
همه اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی گفته می شود.

* اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می کنند.

* در دمای معمولی مثل دمای اتاق یا کمی بالاتر، بیشتر موج هایی در ناحیه **فروسرخ** گسیل می کنند.

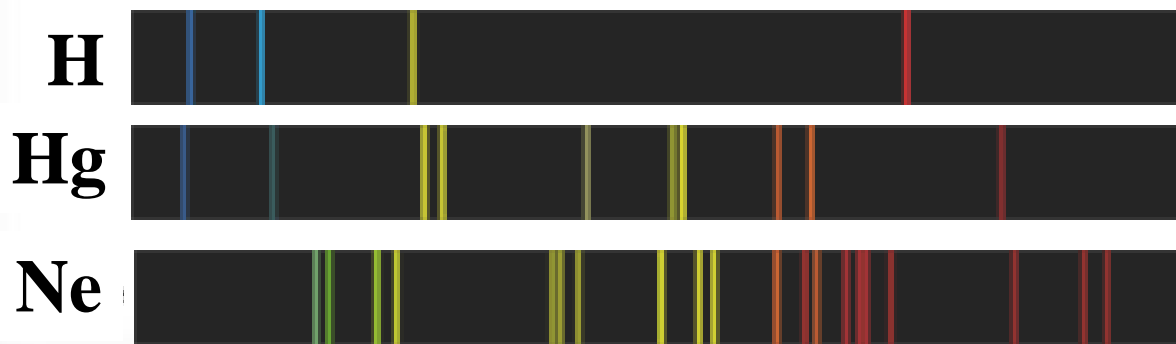


برای یک جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجاد شده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار **طیف پیوسته** می‌نامند.

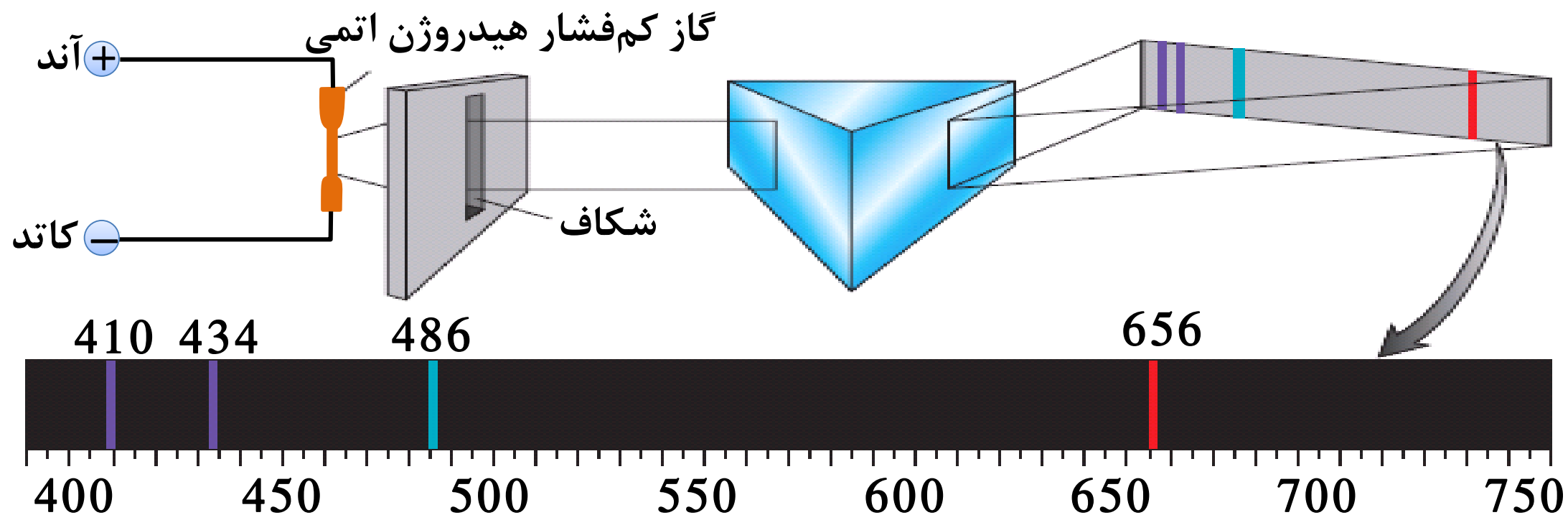


تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است.

گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آن‌ها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معینی است. این طیف گسسته را، معمولاً **طیف گسیلی خطی** یا به اختصار **طیف خطی** می‌نامند و طول موج‌های ایجادشده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرنخ‌های مهمی را درباره نوع و ساختار اتم‌های آن گاز به دست می‌دهند.



آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده،
به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.



در میان طیف گسیلی گازهای مختلف، **طیف خطی هیدروژن اتمی** هم از جنبه تاریخی و هم از جنبه نظری اهمیت خاصی دارد. بالمر، ریاضی‌دان سوئیسی، رابطه‌ای ساده پیشنهاد کرد که طول موج هر یک از خط‌های شناخته شده مربوط به طیف گسیلی خطی اتمی هیدروژن را به دست می‌داد. این رابطه که **معادله بالمر** نام دارد عبارت است از:

$$\lambda = (364 / 56\text{nm}) \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

در رابطه قبل $n \geq 3$ بوده و همواره عدد صحیح می باشد. با قرار دادن $n = 3, 4, 5, 6$ در معادله بالمر، طول موج خط های طیف گسیلی اتم هیدروژن در ناحیه مرئی به صورت زیر به دست می آید:

$$n = 3 \rightarrow \lambda_1 = 656 / 20 \text{nm} \quad \text{خط قرمز}$$

$$n = 4 \rightarrow \lambda_2 = 486 / 08 \text{nm} \quad \text{خط آبی}$$

$$n = 5 \rightarrow \lambda_3 = 434 / 00 \text{nm} \quad \text{خط نیلی}$$

$$n = 6 \rightarrow \lambda_4 = 410 / 13 \text{nm} \quad \text{خط بنفش}$$

ریدبرگ، فیزیک دان سوئدی، در راستای همین موضوع تلاش فراوانی برای کامل تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن انجام داد و در سال 1888 میلادی

معادله بالمر را به صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد:

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

* در رابطه فوق **R** ثابت ریدبرگ نام دارد و مقدار آن را به طور تقریبی برابر مقدار

$$R = 0.011(\text{nm})^{-1}$$

زیر در نظر گرفته می شود:

* در رابطه مقابل:

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

n = شماره مداری که الکترون از آن خارج می شود.

n' = شماره مداری که الکترون به آن وارد می شود.

* در رابطه فوق همواره $n > n'$ می باشد.

* دقت کنید که در رابطه فوق معکوس طول موج بدست می آید.

* طول موج هایی که به ازای هر n' گسیل می شود را یک رشته می نامند.

* بزرگ‌ترین طول موج هر رشته از نزدیک‌ترین n حاصل می‌شود.

* کوچک‌ترین طول موج هر رشته مربوط به دورترین رشته یعنی بی‌نهایت است.

* اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را گستره طول موج‌های آن رشته می‌نامند.

نام رشته	مقدار n'	مقدارهای n	گستره‌ی طول موج	n بلندترین طول موج	بلندترین طول موج
لیمان	1	$n = 2, 3, 4, \dots$	فرا بنفش	2	$\frac{4}{3R}$
بالمر	2	$n = 3, 4, 5, \dots$	فرا بنفش و مرئی	3	$\frac{36}{5R}$
پاشن	3	$n = 4, 5, 6, \dots$	فروسرخ	4	$\frac{144}{7R}$
براکت	4	$n = 5, 6, 7, \dots$	فروسرخ	5	$\frac{400}{9R}$
پفوند	5	$n = 6, 7, 8, \dots$	فروسرخ	6	$\frac{900}{11R}$

تست: در اتم‌های هیدروژن، الکترون از تراز $n=3$ به تراز $n=1$ می‌آید. فوتون گسیلی مربوط به کدام رشته و کدام منطقه از طیف موج‌های الکترومغناطیسی است؟

(2) لیمان - مرئی

(1) بالمر - فرابنفش

(4) بالمر - فروسرخ

(3) لیمان - فرابنفش ✓

تست: در اتم هیدروژن، در کدام یک از رشته‌های زیر فقط پرتوهای فرسرخ تابش می‌شود؟

✓ (۱) پاشن - براکت - پفوند

(۳) لیمان - پاشن - براکت

(۲) بالمر - پاشن - براکت

(۴) بالمر - براکت - پفوند

تست: در اتم هیدروژن، بلندترین طول موجی که در رشته لیمان ($n' = 1$) گسیل می‌شود، چند نانومتر است؟ $[R = 0.01(\text{nm})^{-1}]$

$$\frac{300}{4} (4)$$

$$\frac{400}{3} (3)$$

$$200 (2)$$

$$100 (1)$$

پاسخ:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow[n=2]{n'=1} \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{400}{3} \text{ nm}$$

$$\frac{300}{4} (4$$

$$\frac{400}{3} (3 \checkmark$$

$$200 (2$$

$$100 (1$$

تست: در یک اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n = 3$ قرار دارد. اگر این اتم موجی از رشته بالمر ($n' = 2$) را تابش کند، مقدار طول موج آن چند متر است؟

$$[R = 0.01(\text{nm})^{-1}]$$

$$1/125 \times 10^{-6} \text{ (1)}$$

$$1/125 \times 10^{-7} \text{ (2)}$$

$$7/2 \times 10^{-6} \text{ (3)}$$

$$7/2 \times 10^{-7} \text{ (4)}$$

پاسخ:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow[n=3]{n'=2}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{5}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda = 720 \text{ nm} \xrightarrow{\text{برای تبدیل به متر } \times 10^{-9}}$$

$$\lambda = 7/2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$1/125 \times 10^{-6} (1)$$

$$1/125 \times 10^{-7} (2)$$

$$7/2 \times 10^{-6} (3)$$

$$7/2 \times 10^{-7} (4) \checkmark$$

رهپویان

دانش و اندیشه

