



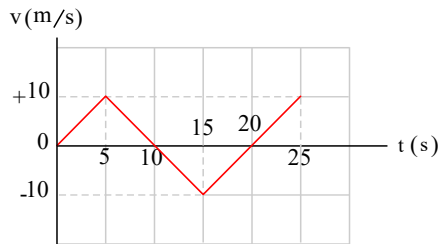
افشار

نام آزمون: فیزیک دوازدهم تکمیلی تشریحی

مرکز مشاوره تحصیلی دکتر  
علیرضا افشار

زمان برگزاری: ۱۲۰ دقیقه

۱) نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.



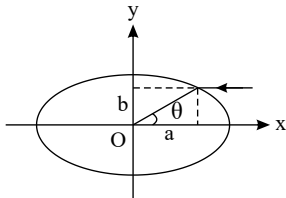
الف) نمودار شتاب - زمان این متحرک را رسم کنید.

ب) اگر  $x_0 = -10 \text{ m}$  باشد نمودار مکان - زمان متحرک را رسم کنید.۲) خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب  $2 \text{ m/s}^2$  شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت  $36 \text{ km/h}$  از آن سبقت می‌گیرد.

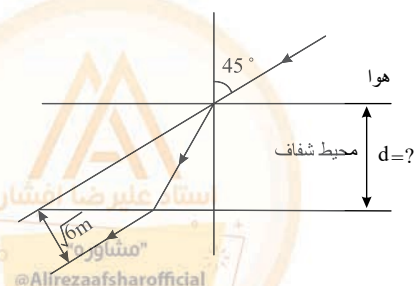
الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

ب) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

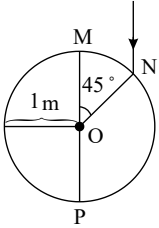
پ) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

۳) آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد  $f_{s,\max}$  متناسب با  $F_N$  است.۴) لوله‌ای با مقطع بیضی در نظر بگیرید که سطح بیرونی آن آینه است. بیضی مقطع لوله مطابق شکل در صفحه  $x-y$  با معادله  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ داده می‌شود. یک پرتو نور مطابق شکل موازی محور  $x$  به آینه می‌تابد. زاویه بین پرتو تابیده و پرتو بازتابیده را به دست آورید.

۵) موجی از هوا وارد یک محیط شفاف می‌شود. اگر بخشی از آن بازتابیده و بخش دیگر منحرف شده و وارد محیط شفاف شود، زاویه تابش را در حالت‌های زیر به دست آورید.

الف) زاویه بین راستاهای موج شکسته و موج بازتابیده با زاویه تابش برابر باشد و سرعت موج در هوا  $\sqrt{2}$  برابر سرعت موج در محیط شفاف باشد. اگر پرتوهای بازتاب و شکست برهم عمود و سرعت موج در هوا  $\sqrt{2}$  برابر سرعت موج در محیط شفاف باشد.۶) موجی مطابق شکل از هوا وارد یک محیط شفاف شده و دوباره وارد هوا می‌شود، محیط شفاف ( $d$ ) چند متر باشد تا بر طبق شکل موج وارد شده بههوا به اندازه  $\sqrt{6}$  متر جابجا شود؟ (سرعت موج در محیط شفاف،  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  سرعت موج در هوا،  $\sqrt{3} \sim 1.7$ )

- ۷) سرعت موج در هوا  $\sqrt{2}$  برابر یک محیط کروی غیر جاذب است. اگر موج موازی قطر  $MP$  در امتداد نشان داده در شکل از هوا وارد کره شود طول قدس بین نقطه برخورد پرتو شکست با مرز کردی و نقطه  $N$  را محاسبه کنید.



- ۸) چرا طبق نظریه الکترومغناطیسی ماکسول انتظار می رود به ازای یک بسامد معین اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با انرژی بیشتری از فلز خارج شوند؟

- ۹) «شدت تابش مقدار انرژی است که در مدت  $1s$  از  $1m^2$  از سطح یک جسم تابش می شود.»  
هر گاه سطح یک فلز گذاشته را نصف کنیم، شدت تابش موج های الکترومغناطیسی گسیل شده از آن چند برابر می شود؟ (مقدار انرژی موج های گسیل شده در واحد سطح تمام قسمت های فلز را برابر فرض کنید.)

- ۱۰) در پدیده فوتوالکتریک از نوری با بسامد  $f$  استفاده شده و در هر ثانیه  $10^{26}$  الکترون از سطح فلز جدا می شود. اگر در همین حال نوری با همان تعداد فوتون در ثانیه ولی با بسامد  $3f$  به نور قبلی اضافه شود، چند فوتوالکتریک در ثانیه از فلز جدا می شود؟

- ۱۱) اگر الکترون اتم هیدروژن، بلندترین طول موج رشته پاشن را تابش کند، شعاع مدار و اندازه انرژی آن، هر یک چند برابر خواهد شد؟ توضیح دهید.

- ۱۲) الکترونی در تراز ششم اتم هیدروژن قرار دارد. این الکترون چند فوتون غیر مرئی با انرژی های متفاوت می تواند گسیل نماید؟

- ۱۳) نوری مرکب از یک منبع با طول موج های  $\lambda_1 = 300nm$  و  $\lambda_2 = 600nm$  به سطح فلزی می تابد. توان خروجی منبع  $150W$  بوده و سهم هر یک از نورها از این توان یکسان است. اگر بیشینه طول موج فوتون های مورد نیاز برای جدا کردن الکترون ها از سطح فلز در آزمایش فوتوالکتریک،  $650nm$  باشد، و از این منبع در آزمایش فوتوالکتریک ذکر شده، استفاده شود، نسبت تعداد فوتوالکتریک های جدا شده به واسطه نور با طول موج  $\lambda_1$  به نور به طول موج  $\lambda_2$  چند است؟

- ۱۴) نور از خلأ وارد محیطی شفاف می شود که سرعت نور در آن  $\frac{3}{4\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$  است. بسامد آستانه برای فلزی  $10^{15}Hz$  است. اگر آزمایش فوتوالکتریک برای فلزی در شرایط خلأ صورت پذیرفته باشد توضیح دهید آیا آزمایش فوتوالکتریک برای این فلز و در این محیط شفاف صورت خواهد پذیرفت؟  
( $\epsilon_0$  ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و  $\mu_0$  تراوایی مغناطیسی خلأ می باشد.)

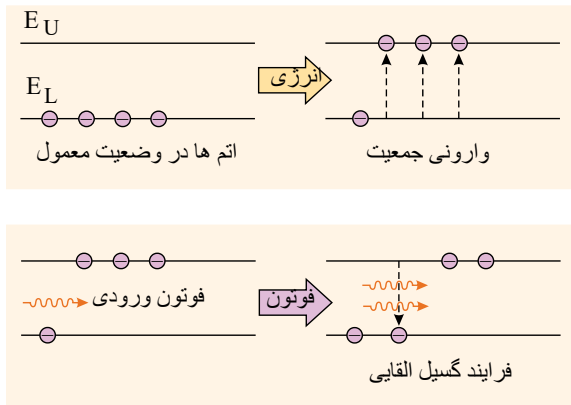
- ۱۵) اتم های نابرانگیزه هیدروژن با الکترون هایی که با ولتاژ  $12.7V$  شتاب گرفته اند بمباران می شوند. این اتم ها چه طول موج هایی گسیل خواهند نمود؟ ( $hc = 1240eV \cdot nm$ )

- ۱۶) چه جنبه هایی از مدل بور در مورد اتم هیدروژن: الف) کلاسیکی و ب) غیر کلاسیکی است؟

- ۱۷) هنگامی که نور بنفش به یک محلول رنگی معینی بتابد، نور مرئی گسیل می شود هر گاه بر این محلول نور فرورسوخ بتابد، همین نتیجه به دست نمی آید. چرا؟

- ۱۸) در اتم هیدروژن الکترون از مدار  $n_1$  به مدار  $n_2$  می رود و فوتونی با طول موج  $112.5nm$  گسیل می کند.  $n_1$  و  $n_2$  بیابید. ( $R = 0.01(nm)^{-1}$ )

- ۱۹) در الگوی اتمی بور در اتم هیدروژن انرژی جنبشی الکترون در تراز  $n$ م برابر با منفی انرژی (کل) الکترون در همان تراز انرژی است. اگر الکترون در تراز  $n = 3$  اتم هیدروژن باشد انرژی جنبشی و پتانسیل الکترون را بر حسب انرژی ریدبرگ بیابید.



۲۰) شکل زیر فرآیند ایجاد باریکه لیزر را به طور طرح وار در ۴ مرحله نشان می دهد.

- الف) منظور از عبارت «اتم ها در وضعیت معمول، چیست؟  
 ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می شود؟  
 پ) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟  
 ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد، تا فرآیند گسیل القایی انجام شود؟  
 ث) فوتون هایی که بر اثر فرآیند گسیل القایی و جهش الکترون ها به تراز پایین تر ایجاد می شوند چه ویژگی های مشترکی دارند؟

۲۱) کوچک ترین بسامد پرتوهای بالمر در طیف اتمی هیدروژن در گستره ..... قرار دارند. (فروسرخ - مرئی - فرابنفش)

۲۲) اگر در طیف اتمی هیدروژن، در یک رشته معین کوتاه ترین طول موج گسیل شده  $400nm$  باشد، این رشته ..... است.  
 ( $R = 1.097 \times 10^7 m^{-1}$ ) (لیمان - بالمر - پاشن)

۲۳) در طیف اتم هیدروژن، اختلاف کم ترین طول موج های دو رشته متوالی ( $n' + 1$  و  $n'$ ) از رابطه ..... محاسبه می شود. (بر حسب  $R$  و ثابت ریدبرگ  $R$ )  

$$\left( \frac{2n' + 1}{R} \right) (n' + 1)$$

۲۴) الکترونی در مدار سوم اتم یونیزه شده تک الکترونی که انرژی تراز  $n$  ام آن از رابطه  $E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV$  به دست می آید، قرار دارد. به این الکترون به مقدار  $\frac{2}{9} E_R$  - انرژی می دهیم. در این حالت توضیح دهید آیا:

- الف) الکترون به حالت برانگیخته  $n = 6$  می رود؟  
 ب) یون با گسیل فوتون به حالت پایه باز می گردد؟  
 ج) الکترون روی مدار مانای  $n = 3$  باقی می ماند؟

۲۵) آیا جمله زیر در مورد اتم هیدروژن صحیح است؟ توضیح دهید.

«انرژی موج های مربوط به همه خطوط رشته براکت از انرژی موج های مربوط به همه خطوط رشته پفوند کمتر است.»

۲۶) اگر مجموعه ای از اتم های هیدروژن در حالت  $n = 5$  باشند، بلندترین طول موج در ناحیه طیف فروسرخ که ممکن است گسیل نمایند (تقریباً) چند نانومتر است؟ ( $\frac{hc}{E_R} = 9.1 \times 10^{-8} m$ )

۲۷) عنصر رادیواکتیو  ${}_{94}^{238}U$  ضمن تابش ۸ ذره آلفا و ۶ ذره بتا (الکترون) به عنصر  ${}_{82}^{206}Pb$  تبدیل شده است. پس از نوشتن واکنش، مقادیر  $Z$  و  $A$  را محاسبه کنید.

۲۸) شدت تابشی به طور یکنواخت خورشید در خارج جو زمین حدود  $1360 W/m^2$  است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر  $1 m^2$ ، مقدار انرژی  $1360 J$  می رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می رسد مقدار زیادی، از شدت آن، به علت جذب در جو و ابرها از دست می رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود  $300 W/m^2$  باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می رسد؟ موج فوتون ها را  $570 nm$  فرض کنید.

$$hc = 1240 eV \cdot nm$$

- 0 eV \_\_\_\_\_  
 - 1/51 eV \_\_\_\_\_  
 - 3/40 eV \_\_\_\_\_  
 - 13/6 eV \_\_\_\_\_

۲۹) شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد.

- الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می آید.  
 ب) اگر الکترون از تراز انرژی  $1.51 eV$  - به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.  
 پ) کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با طول موج  $660 nm$  منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج ها در گستره مرئی است.

۳۰) با استفاده از مدل بور، معادله بالمر - ریدبرگ را برای اتم هیدروژن به دست آورید.

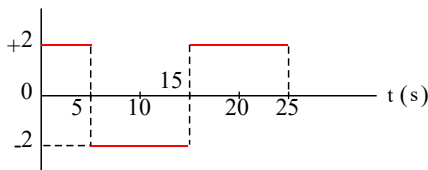
## پاسخنامه تشریحی

الف ۱

$$0 \leq t < 5s \Rightarrow a = \frac{V(5s) - V(0s)}{5s - 0s} = \frac{10m/s - 0m/s}{5s} = +2m/s^2$$

$$5s < t < 15s \Rightarrow a = \frac{V(15s) - V(5s)}{15s - 5s} = \frac{(-10m/s) - (10m/s)}{10s} = -2m/s^2$$

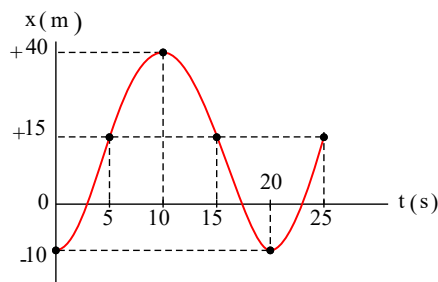
$$15s < t < 25s \Rightarrow a = \frac{V(25s) - V(15s)}{25s - 15s} = \frac{(+10m/s) - (-10m/s)}{10s} = +2m/s^2$$

 $a(m/s^2)$ 

$$A = \frac{1}{2} \times 10m/s \times 5s = 25m$$

$$\begin{cases} 0 \leq t < 5s \Rightarrow \Delta x_1 = +A = +25m \\ 5s < t < 15s \Rightarrow \Delta x_2 = +A = +25m \\ 15s < t < 20s \Rightarrow \Delta x_3 = -A = -25m \\ 20s < t < 25s \Rightarrow \Delta x_4 = -A = -25m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta x_1 = x_5 - x_0 \Rightarrow x_5 = x_0 + \Delta x_1 = (-10m) + 25m = +15m \\ \Delta x_2 = x_{15} - x_5 \Rightarrow x_{15} = x_5 + \Delta x_2 = (+15m) + 25m = +40m \\ \Delta x_3 = x_{20} - x_{15} \Rightarrow x_{20} = x_{15} + \Delta x_3 = (+40m) - 25m = +15m \\ \Delta x_4 = x_{25} - x_{20} \Rightarrow x_{25} = x_{20} + \Delta x_4 = (+15m) - 25m = -10m \\ \Delta x_5 = x_{25} - x_0 \Rightarrow x_{25} = x_0 + \Delta x_5 = (-10m) + 25m = +15m \end{cases}$$



باتوجه به مکان متحرک در لحظه‌های صفر، ۵s، ۱۰s، ۱۵s، ۲۰s و ۲۵s و همچنین نمودار سرعت - زمان، نمودار مکان - زمان متحرک به صورت شکل روبه‌رو رسم می‌شود.  
توجه کنید که شیب نمودار مکان - زمان برابر سرعت است و باتوجه به تغییرات سرعت، شیب نمودار مکان - زمان تغییر می‌کند.

سخت

۲

الف) خودرو را متحرک ۱ و کامیون را متحرک ۲ فرض می‌کنیم. همچنین محل ایستادن خودرو که مکان اولیه خودرو و کامیون است را مبدا مکان فرض می‌کنیم.

$$\Rightarrow x_{01} = x_{02} = 0$$

متحرک ۱ (خودرو) با شتاب ثابت و از حال سکون ( $V_{01} = 0$ ) شروع به حرکت می‌کند و حرکت متحرک ۲ (کامیون) یکنواخت است.

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 + V_{01} t + x_{01} = \frac{1}{2} \times 2t^2 + 0 + 0 \Rightarrow x_1 = t^2$$

$$V_2 = 36 \frac{km}{h} = 36 \frac{1000m}{3600s} = 10m/s$$

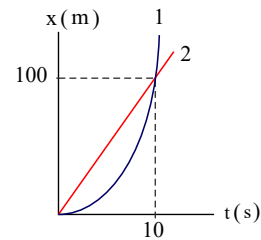
$$x_2 = V_2 t + x_{02} = 10t + 0 \Rightarrow x_2 = 10t$$

$$x_1 = x_2 \Rightarrow t^2 = 10t \Rightarrow t(t - 10) = 0$$

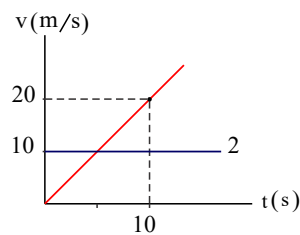
متحرک‌ها وقتی به هم می‌رسند که  $x_1 = x_2$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 0 \text{ s} \Rightarrow x_1 = x_2 = 0 \Rightarrow \text{همان مکان اولیه} \\ t = 10 \text{ s} \Rightarrow x_1 = x_2 = 100 \text{ m} \end{cases}$$

پس از 10 s و در فاصله 100 m از مکان اولیه خودرو به کامیون می‌رسد.



(ب)



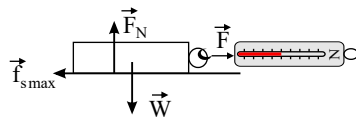
(پ)

توجه: در لحظه‌ای که خودرو به کامیون می‌رسد، سرعت آن دو برابر سرعت کامیون است.

سخت

۳

وسایل لازم: نیروسنج - قطعه‌های چوبی مختلف - ترازو



شرح آزمایش:

۱- قطعه چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار دهید.

۲- نیروسنج را به قطعه چوب وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشید. وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می‌گیرد عددی که نیروسنج نشان می‌دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ( $f_{s,max}$ ) است.

۳- جرم قطعه چوب را با ترازو اندازه‌گیری کرده و از رابطه  $F_N = mg$  مقدار نیروی عمودی را محاسبه کنید.

۴- این بار آزمایش را با ۲ قطعه چوبی روی هم انجام دهید. عددی که نیروسنج نشان می‌دهد بیشتر می‌شود.

۵- آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می‌دهد.

۶- اعداد به دست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم کنید.

نتیجه: نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار وزن جسم رابطه مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی به دست می‌آید.

سخت

۴

برای حل مسأله باید زاویه بین پرتو تابش بر خط عمود بر آینه بیضی در نقطه تابش را به دست آورده و در ۲ ضرب کنیم. برای اینکار ابتدا شیب خط مماس را به دست آورده، سپس شیب خط عمود را با استفاده از رابطه  $m'm = -1$  محاسبه می‌کنیم. نتیجه با توجه به موازی بودن پرتو تابش با محور  $x$  در شکل تانژانت زاویه بین پرتو تابش و خط عمود است.

استخراج شیب خط قائم: برای اینکار ابتدا شیب خط مماس را با محاسبه مشتق  $y$  نسبت به  $x$  با روش مشتق ضمنی از معادله بیضی حساب می‌کنیم:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \Rightarrow \frac{2x}{a^2} + \frac{2yy'}{b^2} = 0 \Rightarrow y' = -\frac{b^2 x}{a^2 y} \xrightarrow{\frac{x}{y} = \cot \theta} y' = -\frac{b^2}{a^2} \cot \theta$$

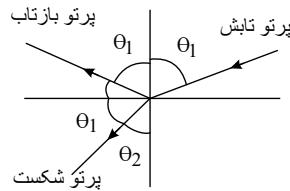
$$m_{\text{مماس}} = m_{\text{قائم}} = -1 \xrightarrow{m_{\text{مماس}} = -\frac{b^2}{a^2} \cot \theta} m_{\text{مماس}} = \frac{a^2}{b^2} \tan \theta = \tan i \xrightarrow{\alpha = 2i} \tan \alpha = \frac{2 \tan i}{1 - \tan^2 i}$$

$$\rightarrow \tan \alpha = \frac{\frac{2a^2}{b^2} \tan \theta}{1 - \frac{a^2}{b^2} \tan^2 \theta} = \frac{2a^2 b^2 \tan \theta}{b^4 - a^4 \tan^2 \theta} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left( \frac{2a^2 b^2 \tan \theta}{b^4 - a^4 \tan^2 \theta} \right)$$

سخت

۵

الف) بر طبق شکل مقابل:



$$\theta_1 + \theta_1 + \theta_2 = 180^\circ \rightarrow \theta_2 = 180^\circ - 2\theta_1$$

$$\text{بر طبق قانون عمومی شکست امواج} \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{v_1 = \sqrt{2}v_2} \frac{\sin(180^\circ - 2\theta_1)}{\sin \theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

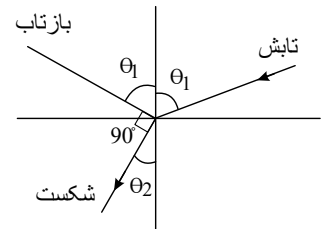
$$\rightarrow \frac{\sin 2\theta_1}{\sin \theta_1} = \frac{2 \sin \theta_1 \cos \theta_1}{\sin \theta_1} = 2 \cos \theta_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\rightarrow \cos \theta_1 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \rightarrow \theta_1 = \text{Arc cos } \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

ب) بر طبق شکل ۲ و شرط مسأله  $\theta_2 = 90^\circ$  بر طبق قانون عمومی شکست امواج:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{v_1 = \sqrt{2}v_2, \theta_2 = 90^\circ} \frac{\sin(90^\circ - \theta_1)}{\sin \theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{\cos \theta_1}{\sin \theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

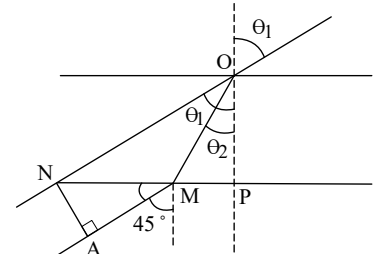
$$\rightarrow \cot \theta_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \theta_1 = \text{Arc cot } \frac{1}{\sqrt{2}}$$



سخت

۶) طبق قانون شکست:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



به همین ترتیب به سادگی می‌توان نتیجه گرفت که زاویه شکست وقتی موج از محیط شفاف وارد هوا می‌شود  $45^\circ$  است، بنابراین بر طبق شکل می‌توان برای مثلث  $\triangle NAM$  نوشت  $\angle NMA = 45^\circ$  بنابراین:

$$\sin \angle NMA = \frac{NA}{NM} \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{NA}{NM} \rightarrow NM = \sqrt{2}NA = \sqrt{2} \times \sqrt{6} = 2\sqrt{3}$$

از طرفی در مثلث  $\triangle ONP$  داریم:

$$\tan \theta_1 = \frac{NP}{OP} \xrightarrow{\theta_1 = 45^\circ} NP = OP$$

$$\text{در مثلث } \triangle OMP: \tan \theta_2 = \frac{MP}{OP} \xrightarrow{\theta_2 = 30^\circ} MP = OP \tan 30^\circ = \frac{OP}{\sqrt{3}}$$

با توجه به شکل:  $NP = NM + MP$  از قرار دادن نتایج بالا به معادله زیر برای  $OP$  می‌رسیم:

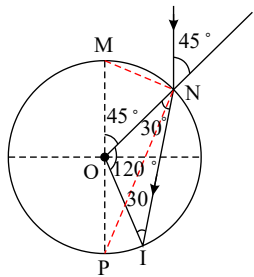
$$OP = \frac{OP}{\sqrt{3}} + 2\sqrt{3} \xrightarrow{OP=d} d = \frac{d}{\sqrt{3}} + 2\sqrt{3} \rightarrow d = \frac{2\sqrt{3}}{1 - \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{6}{\sqrt{3} - 1}$$

$$d = \frac{6(\sqrt{3} + 1)}{2} = 3(\sqrt{3} + 1) = 3(1.7 + 1) = 3 \times 2.7 = 8.1 \text{ m}$$

سخت

۷) با توجه به شکل و از قانون عمومی شکست امواج داریم:

$$\frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_1} \xrightarrow{\theta_1 = 45^\circ} \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sin \theta_p}{\frac{1}{\sqrt{2}}} \rightarrow \sin \theta_p = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_p = 30^\circ$$



با توجه به اینکه در مثلث  $\triangle ONP$  جمع زوایای  $N$  و  $P$  برابر  $45^\circ$  است و دو زاویه برابر از پس زاویه  $N$  برابر است با  $N = \frac{45}{2} = 22.5$  که از زاویه  $30^\circ$  درجه کمتر است بنابراین پرتو شکست دایره را در سمت راست  $P$  یعنی نقطه  $I$  قطع خواهد نمود از آنجا که در مثلث  $\triangle ONI$   $ON = OI = 1m$   $\hat{N} = \hat{I} = 30^\circ$  و در این مثلث  $\hat{O} = 180^\circ - 30^\circ - 30^\circ = 120^\circ$  یا  $\hat{O} = \frac{2\pi}{3} (Rad)$  بنابراین  $\hat{NI} = \hat{N} = 30^\circ$  بنابراین طول قوس  $NI$  برابر است با:

$$\hat{NI} = ON \times \frac{2\pi}{3} = \frac{2\pi}{3} (m)$$

سخت

یکی از پیامدهای نظریه الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است.  $(I \propto E^2)$  از طرفی می دانیم هنگام برهم کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی  $(\vec{F} = -e\vec{E})$  به الکترون های فلز وارد می کند و آنها را به نوسان وای دارد و هنگامی که دامنه نوسانی برخی از الکترون ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می کنند. بنابراین با افزایش شدت  $(I)$ ، بزرگی  $\vec{E}$  با آهنگ بیشتری افزایش یافته، و طبق رابطه  $\vec{F} = -e\vec{E}$  نیز با شدت بیشتر افزایش می یابد. این یعنی الکترون های جدا شده از سطح فلز بایستی انرژی بیشتری داشته باشند.

سخت

شدت تابش تغییر نمی کند. اگر طبق تعریف بیان شده برای شدت تابش رابطه شدت تابش را به صورت  $I = \frac{E}{At}$  بیان کنیم با نصف شدن  $A$  (مساحت) بدیهی است انرژی گسیل شده از سطح  $(E)$  نیز نصف شود. پس  $I$  تغییر نمی کند:

$$I = \frac{\overbrace{E}^{\text{نصف}}}{\underbrace{A}_{\text{نصف}}} \times t \rightarrow (I = \text{ثابت})$$

سخت

می دانیم تغییر در بسامد نور فرودی در تعداد فوتون های تابیده شده به سطح فلز و در نتیجه در تعداد فوتو الکترون های خارج شده از سطح فلز ندارد. نور اول با فرکانس  $f$  قادر به جدا کردن الکترون ها از سطح فلز بوده است. پس نور دوم با فرکانس بیشتر  $3f$  نیز به یقین قادر به این کار خواهد بود. تعداد فوتون های اضافه شده برابر تعداد فوتون های اولیه است پس تعداد کل فوتون ها ۲ برابر حالت اول شده است:

سخت

«دانش آموز گرامی، طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می توانیم به جای  $n'$  از  $n_L$  و بالعکس و به جای  $n$  از  $n_U$  و بالعکس استفاده نمایم»  
بلندترین طول موج رشته پاشن زمانی تابش می شود که الکترون از مدار  $n_U = 4$  به مدار  $n_L = 3$  گذار کند. (در رشته پاشن:  $n_L = 3$ )

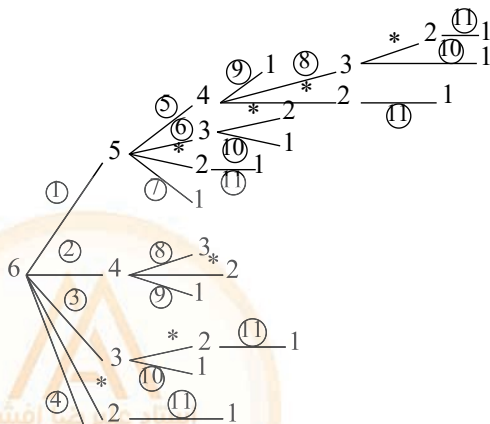
$$r_n = n^2 a_0 \rightarrow \frac{r_n}{r_{n'}} = \left(\frac{n_U}{n_L}\right)^2 = \left(\frac{4}{3}\right)^2 = \frac{16}{9}$$

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \rightarrow |E_n| = \frac{E_R}{n^2} \rightarrow \left|\frac{E_n}{E_{n'}}\right| = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 = \left(\frac{3}{4}\right)^2 = \frac{9}{16}$$

سخت

۱۲

می دانیم فوتون های مرئی هنگام گذار به تراز  $n = 2$  (رشته بالمر) گسیل می شوند بنابراین به غیر از گذارهایی که به تراز  $n = 2$  ختم می شوند باقی گذارها را شمارش می کنیم:





موارد \* دار چون به  $n = 2$  ختم می شوند قابل قبول نیستند (البته  $n_U = 6$  آخرین خط مرئی است. مشاهده می شود ۱۱ فوتون غیر مرئی با انرژی مختلف می تواند گسیل نماید.

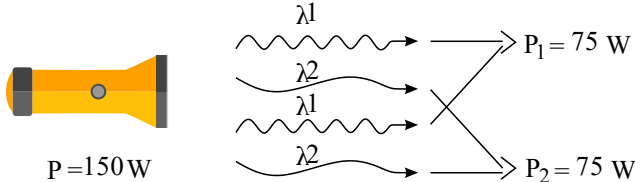
سخت

۱۳

$$E = nhf = nh \frac{c}{\lambda} \rightarrow P_1 = P_2 \rightarrow n_1 \frac{hc}{\lambda_1} = n_2 \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{2}$$

دقت شود چون  $\lambda_1 < \lambda_2 < 650 \text{ nm}$  است هر دو در آزمایش فوتوالکتریک و جدا نمودن فوتوالکترتون ها از سطح فلز نقش ایفا خواهند کرد.

بنابراین:  $n_2 = 2n_1$ 

سخت

۱۴ می دانیم انرژی فوتون به فرکانس (بسامد) آن بستگی دارد:  $E = hf$  و هنگامی که نور از خلأ وارد محیط دیگری می شود  $f$  تغییر نمی کند. پس اگر در شرایط خلأ این فوتون توانسته باشد که الکترون را از سطح فلز جدا کند. حتماً در آن محیط شفاف خواهد توانست؛ بد نیست بدانیم:

$$\begin{cases} \lambda = \frac{v}{f} \\ \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4} \\ f_2 = f_1 \\ E_2 = E_1 \end{cases}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3}{4} \left( \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \right) \rightarrow n = \frac{4}{3}$$

ضریب شکست محیط شفاف:  $n = \frac{4}{3}$

سخت

۱۵ هنگامی که به اتمی در حالت پایه،  $12.0 \text{ eV}$  انرژی داده شود. (یعنی بیشترین مقدار انرژی که این الکترون ها می توانند تأمین کنند) اتم به مقداری اختلاف تراز انرژی بیشتر از  $12.0 \text{ eV}$   $(\Delta U = q\Delta V = e \times 12V = 12 \text{ eV})$  بالاتر از حالت پایه نمی توانند برانگیخته شوند. تنها یک حالت در این ناحیه انرژی وجود دارد و آن هم حالت  $n = 2$  است. بنابراین تنها گذار ممکن است:

$$(n = 2) \rightarrow (n = 1) \rightarrow \Delta E_{2,1} = 13.6 \text{ eV} - 3.4 \text{ eV} = 10.2 \text{ eV}$$

و تنها طول موج گسیل شده:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} \Rightarrow \lambda = \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})}{10.2 \text{ eV}} \approx 122 \text{ nm}$$

که مربوط به خط اول سری لیمان است.

توجه:

$$(*) \Rightarrow \begin{cases} E_1 = -\frac{E_R}{1^2} = -13.6 \text{ eV} \\ E_2 = -\frac{E_R}{2^2} = -3.4 \text{ eV} \end{cases}$$

سخت

۱۶ الف) اینکه الکترون روی مدار دایره ای دوران می کند و نیز محاسبه انرژی الکترون از جنبه های کلاسیکی مدل اتمی بور است.

ب) پیشنهاد مدارهای خاص برای حرکت الکترون (مدارهای مانا) و چگونگی تابش اتم، دو جنبه غیر کلاسیکی الگوی بور هستند.

سخت

۱۷ می دانیم انرژی فوتون های فرو سرخ کم تر از انرژی فوتون های نور مرئی (از جمله نور بنفش) است. بنابراین اگر فوتون فرو سرخ جذب و نور مرئی (با انرژی فوتون های بیشتر) گسیل نماید قانون پایستگی انرژی نقض می شود.

سخت

۱۸ «دانش آموز گرامی، طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می توانیم به جای  $n'$  از  $n_L$  و بالعکس و به جای  $n$  از  $n_U$  و بالعکس استفاده نماییم.»

بدیهی است چون فوتون گسیل شده است:  $n_1 > n_2$ 

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{112.5 \text{ nm}} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = \frac{100}{112.5} = \frac{8}{9}$$



$$\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} = \frac{\lambda}{9} \quad (1)$$

می دانیم چون طول موج فوتون گسیل شده  $\lambda = 112,5 \text{ nm}$  کوچک تر از  $400 \text{ nm}$  است. بنابراین طیف گسیل شده از نوع فرابنفش و در رشته لیمان است یعنی:

$$n_2 = 1 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1) \text{ و } (2)} \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_1^2} = \frac{\lambda}{9} \rightarrow \frac{1}{n_1^2} = 1 - \frac{\lambda}{9} = \frac{1}{9} \rightarrow n_1^2 = 9 \rightarrow n_1 = 3$$

$$\begin{cases} E = U + K \\ K = -E \end{cases} \Rightarrow E = U + (-E) \rightarrow U = 2E \quad (2)$$

$$n = 3 \rightarrow E_n = -\frac{E_R}{n^2} = -\frac{1}{9}E_R \rightarrow E_3 = -\frac{1}{9}E_R \quad (3)$$

$$\xrightarrow{1 \text{ و } 2} K = -E = \frac{1}{9}E_R$$

$$\xrightarrow{2 \text{ و } 3} U = 2E = -\frac{2}{9}E_R$$

سخت

۱۹

(الف) یعنی اتم ها برانگیخته نشده اند و الکترون در پایین ترین سطح تراز انرژی خود قرار دارند.

(ب) نقش انرژی این است که الکترون ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می تواند به روش های متعددی از جمله درخش های شدید نور معمولی و یا تخلیه های ولتاژ بالا فراهم شود.

(پ) در گسیل القایی اگر انرژی کافی به اتم ها داده شود الکترون های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند، که به «وارونی جمعیت» معروف است.

(ت) برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی های دو تراز یعنی  $E_U - E_L$  برابر باشد.

(ث) فوتون هایی که بر اثر گسیل القایی و جهش الکترون ها به تراز پایین تر ایجاد می شوند: ۱ - هم بسامد ۲ - هم جهت ۳ - هم فاز هستند.

سخت

(۲۱) مرئی (در رشته بالمر پرتوهای مرئی و فرابنفش مشاهده می شود).

سخت

(۲۲) «دانش آموز گرامی، طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می توانیم به جای  $n'$  از  $n_L$  و بالعکس و به جای  $n$  از  $n_U$  و بالعکس استفاده نماییم،

رشته بالمر

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \Rightarrow \lambda = 100 \cdot n_L^2 \rightarrow 400 \cdot \text{nm} = 100 \cdot \text{nm} \times n'^2 \rightarrow n_L = 2$$

توجه البته در رشته بالمر طول موج های تا حدی کمتر از  $400 \text{ nm}$  (در ناحیه فرابنفش) هم مشاهده می شود. اگر مقدار  $R$  دقیق قرار داده شود این مورد قابل مشاهده خواهد بود.

سخت

(۲۳) «دانش آموز گرامی، طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می توانیم به جای  $n'$  از  $n_L$  و بالعکس و به جای  $n$  از  $n_U$  و بالعکس استفاده نماییم،

کوته ترین طول موج:

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

$$\rightarrow \lambda_{\min} = \frac{n'^2}{R} \rightarrow \lambda'_{\min} - \lambda_{\min} = \frac{(n' + 1)^2}{R} - \frac{n'^2}{R}$$

$$\rightarrow \lambda'_{\min} - \lambda_{\min} = \frac{n'^2 + 2n' + 1 - n'^2}{R} = \frac{2n' + 1}{R}$$

سخت

(۲۴) قدم اول: انرژی حالت پایه را محاسبه کرده سپس انرژی الکترون را در تراز  $n = 3$  محاسبه می کنیم:

$$\begin{cases} E_1 = -\frac{4E_R}{1^2} \rightarrow E_1 = -4E_R \\ E_3 = -\frac{4E_R}{3^2} \rightarrow E_3 = -\frac{4E_R}{9} \end{cases}$$

تفاوت  $E_1$  و  $E_3$  بسیار بیشتر از  $-\frac{2}{9}E_R$  بوده و الکترون نمی تواند به تراز پایه گذاری انجام دهد.

انرژی فوتون تابیده شده کم تر از اختلاف انرژی تراز سوم با ترازهای پایین تر است پس فقط امکان دارد الکترون به تراز بالاتر برود. چون:

$$\begin{cases} E_3 - E_2 = -\frac{4}{9}E_R - \left(-\frac{4}{4}E_R\right) = -\frac{2}{9}E_R \\ E_3 - E_1 = -\frac{4}{9}E_R - \left(-\frac{4}{1}E_R\right) = \frac{20}{9}E_R \end{cases}$$

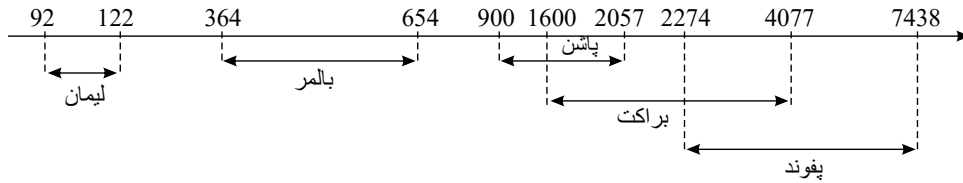
$$E_3 = E_{n_3} = -\frac{4}{9}E_R = E_{n_2} - \left(-\frac{4}{4}E_R\right) \rightarrow E_{n_2} = \frac{2}{9}E_R - \frac{4}{9}E_R = -\frac{2}{9}E_R$$

$$\rightarrow -\frac{4E_R}{n^2} = -\frac{2E_R}{9} \rightarrow n^2 = 18 \rightarrow n = \sqrt{18} \text{ (غ ق)}$$

پس به تراز بالاتر هم نمی تواند برود. بنابراین باوجود دادن انرژی به الکترون، الکترون در وضعیت خود باقی می ماند.

سخت

(۲۵) «برخی از خطوط رشته بَرَاکت طول موج کمتر و در نتیجه بسامد و انرژی بیشتری نسبت به طول موج های رشته پفوند دارد، به شکل زیر در مورد طول موج های رشته های مختلف اتم هیدروژن توجه فرمایید. (اعداد روی محور تقریبی هستند.)»



برای دست یابی به اعداد روی محور کافی است بیشترین و کمترین طول موج هر سری (رشته) را بیابیم...

سخت

(۲۶) «دانش آموز گرامی، طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می توانیم به جای  $n'$  از  $n_L$  و بالعکس و به جای  $n$  از  $n_U$  و بالعکس استفاده نمائیم، تابش فوتون های فروسرخ مربوط به رشته های پاشن، بَرَاکت و پفوند است. هرچه  $n$  برای یک رشته معین کمتر باشد. ( $n = n' + 1$  یا  $n_U = n_L + 1$  آن گاه طول موج بلندتر خواهد بود.) از طرفی متوسط طول موج های رشته پفوند بلندتر از سایر رشته هاست. بنابراین:

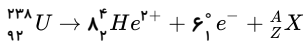
$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \\ R &= \frac{E_R}{hc} \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{9.1 \times 10^{-8} m} \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2} \right) = \frac{11}{9.1 \times 10^{-8} m \times 11} = \frac{11}{91 nm} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2} = \frac{36 - 25}{25 \times 36} = \frac{11}{900}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{91 nm \times 900}{11} \approx 7445.45 nm$$

سخت

(۲۷) تعداد نوکلئون ها در طی فرایند واپاشی هسته ای پایسته است.



$$\begin{cases} 238 = 8 \times 4 + 6 \times 0 + A \Rightarrow A = 206 \\ 92 = 82 + 10 + (-1) + Z \Rightarrow Z = 82 \end{cases}$$

سخت

(۲۸) در هر ثانیه  $300 J$  انرژی به هر متر مربع زمین می رسد. این انرژی توسط فوتون های با طول موج  $570 nm$  فرض شده است. ابتدا انرژی هر فوتون را می یابیم:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1240 eV \cdot nm}{570 nm} = 2.18 eV$$

و تعداد فوتون ها ( $n$ ) برابر است با:

$$n = \frac{\text{کل } E}{E \text{ هر فوتون}} = \frac{300 J}{2.18 \times 1.6 \times 10^{-19} J} \rightarrow n = \frac{300 \times 10^{19}}{3.488} \approx 86 \times 10^{19} = 8.6 \times 10^{20}$$

سخت

(۲۹) الف) کمترین طول موج فوتون مترادف با این مفهوم است که انرژی فوتون و بسامد فوتون گسیلی، بیشترین باشد. و نیز می دانیم بیشترین انرژی زمانی است که الکترون بین دو تراز انرژی با بیشترین اختلاف گذار کند.

$$E_{\max} = 0 eV - (-13.6 eV) = 13.6 eV$$

$$E_{\max} = hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\min}} \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{E_{\max}}$$

$$\rightarrow \lambda_{\min} = \frac{1240 eV \cdot nm}{13.6 eV} \approx 91.2 nm$$

$$\lambda_{\min} = 91.2 nm$$

مشاهده می شود که:  $91.2 nm < 400 nm$  یعنی در ناحیه فرابنفش است. بدیهی است! چون گذار به تراز  $n = 1$  انجام شده و این طول موج در گستره طول موج های رشته لیمن قرار دارد.

(ب)

$$E = E_U - E_L = (-1.51 eV) - (-13.6 eV) \rightarrow E \approx 12.1 eV$$

$$\rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 eV \cdot nm}{12.1 eV} \rightarrow \lambda \approx 102.48 nm$$

که چون کوچکتر از  $400 nm$  است در گستره طول موج های فرابنفش است. (رشته لیمن)

(پ) طول موج فوتون گسیلی  $660 \text{ nm}$  است. بنابراین چون  $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 700 \text{ nm}$  در ناحیه مرئی است. ابتدا انرژی فوتون گسیلی را می یابیم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{660 \text{ nm}} \approx 1.89 \text{ eV}$$

حال اگر به اعداد مربوط به ترازهای انرژی اتم هیدروژن نگاه کنیم، انرژی این فوتون مربوط به اختلاف انرژی های  $1.89 \text{ eV}$  و  $-3.40 \text{ eV}$  است:

$$E = (-1.89 \text{ eV}) - (-3.40 \text{ eV}) = 1.89 \text{ eV}$$

$$E = -3.40 \text{ eV} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2} \rightarrow n^2 = \frac{13.6}{3.40} = 4 \rightarrow n = 2$$

\* تراز مقصد گذار الکترون مربوط به  $n = 2$  یعنی مربوط به رشته بالمر است.

سخت

(۳۰) فرض کنید الکترون اتم هیدروژن در یکی از حالت های برانگیخته باشد و بخواهد به حالتی با انرژی کمتر جهش کند.

به عبارت دیگر الکترون از مدار مانای  $n_U$  به مدار مانای  $n_L$  می رود و فوتونی را گسیل می کند.

باتوجه به روابط مربوط بسامد فوتون گسیل شده برابر است با:

$$f = \frac{1}{h}(E_U - E_L) = \frac{E_R}{h} \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

با استفاده از رابطه  $f = c/\lambda$  طول موج فوتون گسیل شده را پیدا می کنیم.

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{E_R}{h} \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc} \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

از سوی دیگر داریم:

$$\frac{E_R}{hc} = \frac{13.6 \text{ eV}}{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}} = 0.0109 (\text{nm})^{-1}$$

که این مقدار با تقریب بسیار خوبی همان ثابت ریدبرگ  $R$  است:

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

این همان معادله ای است که با اصلاح و بازنویسی معادله بالمر برای طیف گسیلی خطی هیدروژن توسط ریدبرگ به دست آمد. در نتیجه به کمک مدل بور می توانیم رابطه تجربی ریدبرگ را به دست بیاوریم و طیف خطی هیدروژن را توجیه کنیم.

سخت