فهرست

فصل اول: حرکت بر خط راست ۷

بخش ۱: مبانی حرکت‌شناسی ۸

بخش ۲: حرکت یکنواخت ۳۴

بخش ۳: حرکت با شتاب ثابت ۴۴

بخش ۴: بررسی حرکت‌های ترکیبی ۶۵

بخش ۵: تعیین نوع حرکت ۷۷

فصل دوم: دینامیک ۸۲

بخش ۱: قوانین نیوتون ۸۳

بخش ۲: معرفی بعضی از نیروهای خاص ۹۰

بخش ۳: کار انجام‌شده توسط نیرو ۱۱۸

بخش ۴: تعادل ۱۱۹

بخش ۵: تکانه ۱۲۲

بخش ۶: گرانش ۱۲۹

فصل سوم: نوسان و موج ۱۳۲

بخش ۱: نوسان ۱۳۳

بخش ۲: موج ۱۷۶

فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای ۲۵۳

پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۲۸۷

پاسخ‌نامهٔ کلیدی ۵۴۴

۱) فیزیک جدید و فوتون

فیزیک کلاسیک: مجموعهٔ قوانین و نظریه‌هایی که تا پایان قرن نوزدهم میلادی تدوین شد، «فیزیک کلاسیک» نام دارد. فیزیک کلاسیک از سه زیرشاخهٔ عمده تشکیل شده است.

شاخه‌های فیزیک کلاسیک
۱- **نور و مکانیک نیوتونی**
۲- **موج و الکترومغناطیس ماکسول**
۳- **ترمودینامیک کارنو**

فیزیک جدید: اواخر قرن نوزدهم پدیده‌هایی مشاهده و آزمایش‌هایی انجام شد که با مبانی فیزیک کلاسیک قابل توجیه نبودند. این مشاهده‌ها باعث ارائهٔ نظریه‌ها و قوانین جدیدی به دنیای فیزیک شد که به مجموعهٔ آن‌ها «فیزیک جدید» می‌گویند.

شاخه‌های فیزیک جدید
۱- **نسبیت خاص**: بررسی پدیده‌ها در تندی‌های نزدیک به تندی نور
۲- **نسبیت عام**: مطالعهٔ هندسهٔ فضا ـ زمان و گرانش
۳- **نظریهٔ کوانتومی**: بررسی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک اتمی و زیراتمی

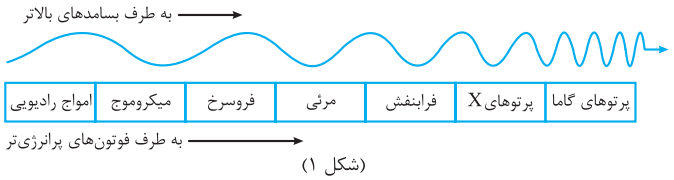
نظریهٔ فوتون اینشتین: طبق این نظریه، نور را می‌توان به شکل رگباری از بسته‌های انرژی مدل‌سازی کرد که هر کدام از این بسته‌ها «**فوتون**» نام دارد. انرژی هر فوتون از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$E = hf$$ (رابطهٔ ۱)

که f بسامد نور و h ضریب ثابتی به نام «**ثابت پلانک**» است که مقدار آن برابر $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s$ است. با این حساب، اگر یک باریکهٔ نوری شامل n فوتون مشابه باشد، انرژی آن برابر است با:

$$E = nhf$$

نتیجه طبق رابطهٔ فوق هر چه بسامد یک موج الکترومغناطیسی بیشتر باشد، فوتون‌های آن، انرژی بیشتری دارند؛ بنابراین، در طیف امواج الکترومغناطیسی، پرانرژی‌ترین فوتون‌ها در محدودهٔ پرتوهای گاما و کم‌انرژی‌ترین فوتون‌ها در محدودهٔ امواج رادیویی قرار دارند.



(شکل ۱)

تست **فوتون‌های مربوط به کدام موج الکترومغناطیسی دارای انرژی بیشتری هستند؟**
۱) نور قرمز ۲) نور آبی ۳) موج رادیویی UHF ۴) موج رادیویی VHF

پاسخ **گزینهٔ «۲»** مهم نیست اگر امواج UHF و VHF را نمی‌شناسید! هر دو جزو امواج رادیویی‌اند و انرژی فوتون‌های آن‌ها ناچیز است. بسامد و انرژی فوتون‌های نور مرئی بیشتر از امواج رادیویی است و در بین امواج مرئی، فوتون‌های نور بنفش بیشترین انرژی و فوتون‌های نور قرمز کم‌ترین انرژی را دارند.

نکته انرژی هر فوتون را برحسب طول موج وابسته به آن فوتون می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$\begin{cases} E = hf \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases} \Rightarrow E = \frac{hv}{\lambda} \xrightarrow{\text{(در خلأ: } v=c\text{)}} E = \frac{hc}{\lambda}$$ (رابطهٔ ۲)

طبق این رابطه، انرژی هر فوتون با طول موج آن در خلأ نسبت عکس دارد.

توان تابشی: مقدار انرژی‌ای که در واحد زمان تابش می‌شود «توان تابشی» نام دارد و یکای آن در SI «وات (W)» است.

$$P = \frac{E}{t}$$ (رابطهٔ ۳)

نکته آهنگ شارش فوتون‌ها (تعداد فوتون‌ها در واحد زمان) به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{nhf}{t} \Rightarrow \frac{n}{t} = \frac{P}{hf}$$

تست **یک فرستندهٔ رادیویی با توان ۳۳ kW امواجی با بسامد ۲ MHz تابش می‌کند. این فرستنده در هر ثانیه چند فوتون گسیل می‌کند؟ $(h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s)$**
۱) $۱۰^{۳۸}$ ۲) $۱۰^{۴۴}$ ۳) $۲/۵ \times ۱۰^{۳۱}$ ۴) $۲/۵ \times ۱۰^{۳۹}$

پاسخ **گزینهٔ «۳»**

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} \Rightarrow \frac{n}{t} = \frac{P}{hf} = \frac{۳۳ \times ۱۰^{۳}}{(۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴}) \times (۲ \times ۱۰^{۶})} = ۲/۵ \times ۱۰^{۳۱}\ photons/s$$

الکترون‌ولت: یکای ژول در مقیاس اتمی یکای بسیار بزرگی است و در این مقیاس، معمولاً از یکای کوچک‌تری به نام «الکترون‌ولت (eV)» استفاده می‌کنند. طبق رابطهٔ $\Delta U = q\Delta V$، یک ژول، برابر اندازهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار $q = +1\,C$ در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل $1\,V$ است و یک الکترون‌ولت، برابر اندازهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک الکترون در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل $1\,V$ است. با توجه به این‌که بار الکترون $e = 1/6\times10^{-19}\,C$ است، رابطهٔ بین eV و J به صورت روبه‌رو است: $|\Delta U| = |q\Delta V|$

$$q = -e \Rightarrow |\Delta U| = |e\Delta V| = 1/6\times10^{-19}(C)\times1(V) = 1/6\times10^{-19}\,C.V = 1/6\times10^{-19}\,J \Rightarrow 1eV = 1/6\times10^{-19}\,J$$

نتیجه برای تبدیل انرژی از الکترون‌ولت به ژول، عدد موردنظر را در $1/6\times10^{-19}$ ضرب و برای تبدیل ژول به الکترون‌ولت، عدد موردنظر را بر $1/6\times10^{-19}$ تقسیم می‌کنیم.

نمونه ثابت پلانک برحسب eV.s برابر است با: $h = 6/63\times10^{-34}\,J.s = 6/63\times10^{-34}\,J.s\left(\frac{1\,eV}{1/6\times10^{-19}\,J}\right) \simeq 4/14\times10^{-15}\,eV.s$

شدت تابشی: مقداری از انرژی تابشی است که در واحد زمان به واحد سطح می‌رسد و یکای آن در SI (مثل شدت صوت) «وات بر متر مربع (W/m^2)» است.

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{At}$$

مثال **شدت تابشی ماه در سطح زمین $3\times10^{-4}\,W/m^2$ است. اگر شخصی به ماه نگاه کند، در هر ثانیه چه تعداد فوتون وارد چشم‌های او می‌شود؟ (قطر مردمک چشم در تاریکی 6 mm، طول موج متوسط نور 550 nm و $h = 6/63\times10^{-34}\,J.s$ فرض شوند.)**

(برگرفته از کتاب «فیزیک جدید برای مهندسان و دانشجویان» نوشتهٔ «جان تیلور»)

پاسخ مساحت مردمک‌های دو چشم شخص را با A نشان می‌دهیم:

$$A = 2\pi R^2$$

(شعاع مردمک $R = 3\,mm = 3\times10^{-3}\,m$ است.)

$$A = 2\times3/14\times(3\times10^{-3})^2 = 5/65\times10^{-5}\,m^2$$

انرژی تابشی‌ای را که در هر ثانیه وارد چشم‌های شخص می‌شود، حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow 3\times10^{-4} = \frac{E}{(5/65\times10^{-5})\times1} \Rightarrow E = 16/95\times10^{-9}\,J$$

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow 16/95\times10^{-9} = \frac{n\times(6/63\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{550\times10^{-9}} \Rightarrow n \simeq 4/7\times10^{10}$$

نکته از دیدگاه فیزیک کلاسیک، نور موج است، شبیه موج دریا! و **شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی متناسب است**؛ بنابراین اگر شدت نوری با بسامد ثابت را افزایش دهیم، دامنهٔ آن را افزایش داده‌ایم. از دیدگاه فیزیک جدید، نور رگباری از ذرات انرژی است؛ مثل قطره‌های باران و **شدت نور با تعداد فوتون‌های آن متناسب است**؛ پس از دیدگاه فیزیک جدید، افزایش شدت نور (با ثابت‌ماندن بسامد) به معنی افزایش تعداد فوتون‌های آن است.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

زیرشاخه‌های فیزیک

۱۲۹۱- کدام‌یک از نظریه‌های زیر قبل از قرن بیستم به صورت‌بندی نهایی خود رسید؟

۱) نسبیت خاص ۲) نسبیت عام ۳) الکترومغناطیس ماکسول ۴) کوانتومی

۱۲۹۲- موضوع بحث نظریه‌های نسبیت خاص و کوانتومی به ترتیب مطالعهٔ پدیده در سرعت‌ها و با ابعادی چنین است؟ *(دفتر تحقیقات آموزش و پرورش)*

۱) بسیار زیاد و بسیار بزرگ ۲) بسیار کم و بسیار کوچک ۳) بسیار زیاد و بسیار کوچک ۴) بسیار کم و بسیار بزرگ

نظریهٔ فوتون اینشتین

۱۲۹۳- اگر ثابت پلانک $6/6\times10^{-34}$ ژول ثانیه باشد، این ضریب چند الکترون‌ولت ثانیه است؟ $(e = 1/6\times10^{-19}\,C)$ *(سراسری ریاضی ۹۳)*

۱) $\frac{33}{8}\times10^{15}$ ۲) $\frac{8}{33}\times10^{-15}$ ۳) $\frac{33}{8}\times10^{-15}$ ۴) $\frac{8}{33}\times10^{15}$

۱۲۹۴- اختلاف طول موج پرتوهای A و B برابر ۴ نانومتر است. اگر کوانتوم انرژی پرتوی B، ۳ برابر کوانتوم انرژی پرتوی A باشد، طول موج‌های پرتوهای A و B برحسب نانومتر به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ *(سراسری تجربی ۸۲)*

۱) ۱ و ۵ ۲) ۶ و ۲ ۳) ۵ و ۱ ۴) ۲ و ۶

۱۲۹۵- اتم یک فیلم عکاسی، فوتونی به طول موج ۳۱۰ nm را جذب می‌کند و بلافاصله فوتون دیگری به طول موج ۶۲۰ nm را گسیل می‌کند. انرژی خالصی که در این فرایند جذب اتم می‌شود، چند ژول است؟ ($hc = 1240\ eV.nm$)

۱) 4×10^{-18} ۲) 8×10^{-18} ۳) $1/6\times10^{-19}$ ۴) $3/2\times10^{-19}$

۱۲۹۶- یک الکترون با تندی چند متر بر ثانیه باید حرکت کند تا انرژی جنبشی آن با انرژی فوتونی با طول موج ۹۹۰ nm برابر شود؟ (جرم الکترون $9\times10^{-31}\ kg$، $h = 6/6\times10^{-34}\ J.s$ و $c = 3\times10^{8}\ m/s$ فرض شود.)

۱) $\frac{2}{3}\times10^{6}$ ۲) $\frac{3}{2}\times10^{6}$ ۳) $\frac{\sqrt{2}}{3}\times10^{6}$ ۴) $\frac{3\sqrt{2}}{2}\times10^{6}$

۱۲۹۷- انرژی فوتونی از نور مرئی $3/1\ eV$ است. این نور چه رنگی است؟ ($hc = 1240\ eV.nm$)

۱) بنفش ۲) زرد ۳) آبی ۴) قرمز

۱۲۹۸- اگر $hc = 1240\ eV.nm$ باشد، انرژی باریکه‌ای از نور با طول موج ۶۲۰ nm چند ژول می‌تواند باشد؟

۱) 4×10^{-19} ۲) 5×10^{-19} ۳) $9/6\times10^{-18}$ ۴) 124×10^{-19}

۱۲۹۹- طول موج پرتوی فرابنفشی در خلأ ۰/۱۱ میکرون است. انرژی وابسته به هر فوتون آن در آب، چند الکترون‌ولت است؟ (ثابت پلانک برابر با $6/6\times10^{-34}\ J.s$، تندی نور در خلأ $3\times10^{8}\ m/s$ و ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ است.)

۱) ۱/۶۵ ۲) ۸/۴ ۳) ۱۱/۲۵ ۴) ۱۵

۱۳۰۰- انرژی هر فوتون نور زرد $2\ eV$ است. تعداد فوتون‌هایی که در ۱۶ ثانیه از یک لامپ زرد ۱۰۰ واتی گسیل می‌شوند، چند عدد است؟ ($e = 1/6\times10^{-19}\ C$)

۱) 2×10^{20} ۲) 2×10^{21} ۳) 5×10^{21} ۴) 5×10^{20} *(سراسری تجربی خارج ۹۲)*

۱۳۰۱- یک لامپ ۲۰۰ وات، نور بنفش با طول موج ۴۰۰ nm گسیل می‌کند. یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول موج ۶۰۰ nm گسیل می‌کند. تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می‌شود، چند برابر تعداد فوتون‌هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می‌شود؟

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) ۲ *(سراسری ریاضی ۹۸)*

۱۳۰۲- چشم انسان در صورتی می‌تواند نوری با طول موج ۵۵۰ nm را ببیند که این نور حداقل با آهنگ ۱۰۰ فوتون بر ثانیه جذب شبکیهٔ چشم شود. توان چنین نوری چند وات است؟ ($c = 3\times10^{8}\ m/s$ ، $h = 6/6\times10^{-34}\ J.s$) *(با اقتباس از کتاب «فیزیک» نوشتهٔ «دیوید هالیدی و ...»)*

۱) $3/6\times10^{-21}$ ۲) $3/6\times10^{-17}$ ۳) $\frac{25}{9}\times10^{16}$ ۴) $\frac{25}{9}\times10^{20}$

۱۳۰۳- توان تابشی خورشید تقریباً $4\times10^{26}\ W$ است. خورشید با چه آهنگی فوتون تابش می‌کند؟ (طول موج متوسط فوتون‌ها ۵۵۰ nm و $h = 6/6\times10^{-34}\ J.s$ فرض شوند.)

۱) $\frac{1}{9}\times10^{45}$ فوتون در ثانیه ۲) 9×10^{45} فوتون در ثانیه ۳) $\frac{1}{54}\times10^{45}$ فوتون در دقیقه ۴) $\frac{2}{3}\times10^{47}$ فوتون در دقیقه

۱۳۰۴- دو چشمهٔ نور مرئی (۱) و (۲) در اختیار داریم. اگر توان چشمهٔ (۲) به اندازهٔ ۲۰٪ بیشتر از توان چشمهٔ (۱) و طول موج نور گسیلی از چشمهٔ (۲)، به اندازهٔ ۵۰٪ بیشتر از طول موج نور گسیلی از چشمهٔ (۱) باشد، در هر ثانیه، تعداد فوتون‌های گسیل‌شده از چشمهٔ (۲) به اندازهٔ ..... درصد ..... از تعداد فوتون‌های گسیل‌شده از چشمهٔ (۱) است.

۱) ۲۰ - کم‌تر ۲) ۲۵ - بیشتر ۳) ۴۴ - کم‌تر ۴) ۸۰ - بیشتر

۱۳۰۵- شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین $300\ W/m^2$ است. اگر طول موج متوسط فوتون‌ها ۵۷۰ nm باشد، در هر ثانیه چند فوتون بر بام خانه‌ای به ابعاد ۱۱ m در ۶ m فرود می‌آید؟ ($c = 3\times10^{8}\ m/s$ ، $h = 6/6\times10^{-34}\ J.s$)

۱) $1/9\times10^{20}$ ۲) $1/9\times10^{22}$ ۳) $5/7\times10^{20}$ ۴) $5/7\times10^{22}$

۱۳۰۶- شدت تابشی خورشید در سطح زمین $300\ W/m^2$ و در خارج جو زمین $1350\ W/m^2$ اندازه‌گیری می‌شود. تعداد فوتون‌هایی از نور خورشید که در هر ثانیه به $1\ m^2$ از سطح زمین می‌رسند، تقریباً چه اندازه از تعداد فوتون‌های نور خورشید که در هر ثانیه به $1\ m^2$ در خارج جو می‌رسند، کم‌تر است؟ ($hc = 2\times10^{-25}\ J.m$ و طول موج متوسط فوتون‌ها برابر ۵۰۰ nm فرض می‌شود.)

۱) $2/4\times10^{20}$ ۲) $2/4\times10^{21}$ ۳) $2/6\times10^{20}$ ۴) $2/6\times10^{21}$

۱۳۰۷- در سالنی دو لامپ که یکی نور سبز با طول موج ۵۰۰ nm و دیگری نور بنفش با طول موج ۴۰۰ nm گسیل می‌کند، از سقف آویزان‌اند. اگر شدت تابشی این دو لامپ در کف سالن به ترتیب $45\ W/m^2$ و $30\ W/m^2$ باشد، در هر ۱۱ دقیقه چه تعداد فوتون نور سبز بیشتر از فوتون نور بنفش به هر سانتی‌متر مربع از کف سالن برخورد می‌کند؟ ($h = 6/6\times10^{-34}\ J.s, c = 3\times10^{8}\ m/s$)

۱) $3/5\times10^{18}$ ۲) $7/5\times10^{18}$ ۳) 10^{24} ۴) 5×10^{24}

۱۳۰۸- مرتبهٔ بزرگی تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از خورشید به سطح زمین می‌رسند، کدام است؟ (شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین $۳۰۰\ W/m^2$، شعاع زمین $۶۴۰۰\ km$، $c = ۳\times۱۰^۸\ m/s$، طول موج متوسط فوتون‌ها $۵۷۰\ nm$ و $h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\ J.s$ فرض شوند.)

۱) $۱۰^{۳۰}$ ۲) $۱۰^{۳۲}$ ۳) $۱۰^{۳۵}$ ۴) $۱۰^{۳۸}$

۱۳۰۹- چشمی که با تاریکی خود را تطبیق داده، به شرطی می‌تواند جسمی را ببیند که حداقل در هر ثانیه ۵ فوتون از آن جسم وارد هر یک از مردمک‌های چشم شوند. اگر قطر مردمک در تاریکی $۰/۶\ cm$ باشد، یک لامپ ۶۰ واتی که در تاریکی می‌درخشد، حداکثر از فاصلهٔ چند کیلومتری قابل مشاهده است؟ (طول موج متوسط فوتون $۵۵۰\ nm$، $h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\ J.s$ و $c = ۳\times۱۰^۸\ m/s$ فرض شوند.)

(برگرفته از کتاب «فیزیک جدید»، نوشتهٔ «برنشتاین»، «فیشبین» و «گاسیوروویچ»)

۱) $۵\sqrt{۳}\times۱۰^۶$ ۲) $۱۰\sqrt{۳}\times۱۰^۶$ ۳) $۵\sqrt{۳}\times۱۰^۳$ ۴) $۱۰\sqrt{۳}\times۱۰^۳$

۱۳۱۰- نور یک لامپ رشته‌ای با توان $۱۰۰\ W$ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود. بازدهٔ لامپ در تابش نور مرئی ۵ درصد است و فقط یک درصد این تابش دارای طول موجی در حدود $۵۵۰\ nm$ است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در فاصلهٔ یک کیلومتری لامپ قرار دارد؟ (قطر مردمک چشم ناظر $۲\ mm$ و $h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\ J.s$ است.) *(برگرفته از مسئله‌های پایان فصل کتاب درسی)*

۱) $\frac{۲۵}{۱۸}\times۱۰^۵$ ۲) $\frac{۲۵}{۹}\times۱۰^۵$ ۳) $\frac{۱۲۵}{۱۸}\times۱۰^۴$ ۴) $\frac{۶۲۵}{۱۸۰}\times۱۰^۴$

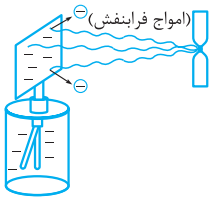
۱۳۱۱- شدت باریکهٔ نور قرمزرنگی بدون تغییر در بسامد نور ۲ برابر می‌شود. براساس نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول، چه اتفاقی می‌افتد؟

۱) دامنهٔ میدان الکتریکی نور ۲ برابر می‌شود.
۲) دامنهٔ میدان الکتریکی نور $\sqrt{۲}$ برابر می‌شود.
۳) تعداد فوتون‌های نور ۲ برابر می‌شود.
۴) تعداد فوتون‌های نور $\sqrt{۲}$ برابر می‌شود.

۱۳۱۲- شدت باریکهٔ نور قرمزرنگی بدون تغییر در بسامد نور ۲ برابر می‌شود. براساس نظریهٔ کوانتومی تابشی، چه اتفاقی می‌افتد؟

۱) دامنهٔ میدان الکتریکی نور ۲ برابر می‌شود.
۲) دامنهٔ میدان الکتریکی نور $\sqrt{۲}$ برابر می‌شود.
۳) تعداد فوتون‌های نور ۲ برابر می‌شود.
۴) تعداد فوتون‌های نور $\sqrt{۲}$ برابر می‌شود.

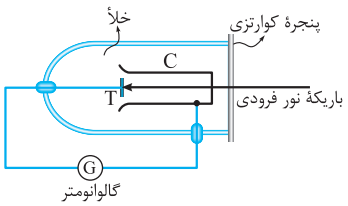
۲) اثر فوتوالکتریک



(شکل ۲)

پدیدهٔ فوتوالکتریک: به آزادشدن الکترون‌ها از سطح یک فلز در اثر جذب امواج الکترومغناطیسی «**پدیدهٔ فوتوالکتریک**» و به الکترون‌های آزادشده «**فوتوالکترون**» می‌گویند.

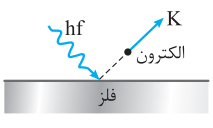
نمونه در شکل (۲) به کلاهک برق‌نمایی که به طور منفی باردار شده، نور فرابنفش می‌تابانیم. در این صورت فاصلهٔ بین ورقه‌ها کاهش یافته و ورقه‌ها به هم می‌چسبند. این پدیده نشان می‌دهد الکترون‌ها با جذب انرژی امواج فرابنفش، از سطح برق‌نما فرار می‌کنند.



(شکل ۳)

بررسی اثر فوتوالکتریک: شکل (۳)، دستگاهی را نشان می‌دهد که از آن برای بررسی اثر فوتوالکتریک استفاده می‌شود. نور به صفحهٔ فلزی T (برگرفته از Target به معنی هدف) می‌تابد. تعدادی از الکترون‌های آزادشده جذب محفظهٔ فلزی C (برگرفته از Collector به معنی جمع‌کننده) می‌شوند و یک آمپرسنج حساس (گالوانومتر) ما را از وجود این جریان آگاه می‌کند.

نکته هر چه شدت نور فرودی بیشتر باشد، الکترون‌های بیشتری از سطح فلز آزاد می‌شوند و جریان فوتوالکتریک بزرگ‌تر می‌شود.



(شکل ۴)

تفسیر فیزیک جدید از پدیدهٔ فوتوالکتریک: در تفسیر فیزیک جدید از پدیدهٔ فوتوالکتریک، طبق نظریهٔ فوتون اینشتین، هر فوتون فقط می‌تواند با یک الکترون برهم‌کنش داشته باشد. زمانی که یک الکترون فوتونی را جذب می‌کند، تمام انرژی آن را به دست می‌آورد و فوتون نابود می‌شود. اگر انرژی جذب‌شده (hf) از کار لازم برای خارج‌کردن الکترون از سطح فلز (W) بیشتر باشد، پیوند الکترون با شبکهٔ فلز قطع شده و الکترون با انرژی جنبشی K از سطح فلز خارج می‌شود (شکل مقابل). طبق قانون پایستگی انرژی داریم: $hf = W + K$ (رابطهٔ ۴)

ناتوانی نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول در آثار پدیدهٔ فوتوالکتریک: تفسیر نتایج تجربی حاصل از پدیدهٔ فوتوالکتریک در چارچوب فیزیک کلاسیک (مدل موجی نور) با دو مشکل عمده روبه‌رو شد:

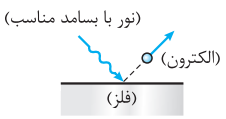
۱- مشکل شدت: براساس مدل موجی نور، شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج متناسب است ($I \propto E^2$). بنابراین انتظار می‌رود با افزایش شدت نور (بدون تغییر بسامد آن) دامنهٔ میدان الکتریکی نور و همراه با آن نیروی وارد بر الکترون‌ها (طبق رابطه $F = Eq$) افزایش یابد و در نتیجه الکترون‌ها باید با انرژی جنبشی بیشتری سطح فلز را ترک کنند، در حالی که آزمایش نشان می‌دهد با افزایش شدت نور (بدون تغییر در بسامد) انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها تغییری نمی‌کند. نظریهٔ فوتون اینشتین به راحتی از پس توجیه این آزمایش برمی‌آید. مطابق این نظریه، با افزایش شدت نور، تعداد فوتون‌ها زیاد می‌شود؛ ولی انرژی هر فوتون (hf) تغییر نمی‌کند. W هم که جزو ویژگی‌های فلز هدف است و مقدار آن مستقل از خصوصیات نور فرودی است. بنابراین با افزایش شدت نور، K تغییر نمی‌کند.

۲- مشکل بسامد: مطابق نظریهٔ کلاسیکی نور، اگر شدت نور به اندازهٔ کافی زیاد باشد، نیروی بسیار بزرگی به الکترون‌های فلز وارد می‌شود و این الکترون‌ها باید از سطح فلز خارج شوند. در حالی که آزمایش نشان می‌دهد اگر بسامد نور فرودی کوچک‌تر از حد معینی باشد، هر چه‌قدر هم که شدت نور بالا باشد، پدیدهٔ فوتوالکتریک اتفاق نمی‌افتد. طبق نظریهٔ فوتون اینشتین، شرط گسیل الکترون‌ها از سطح فلز آن است که بسامد نور فرودی از بسامد معینی به نام بسامد آستانه بیشتر باشد و افزایش شدت نوری با بسامد کوچک‌تر از بسامد آستانه نمی‌تواند باعث بروز اثر فوتوالکتریک شود.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بررسی کیفی اثر فوتوالکتریک

۱۳۱۳- شکل روبه‌رو، مربوط به کدام پدیدهٔ فیزیکی است؟ *(سراسری تجربی خارج ۹۸)*

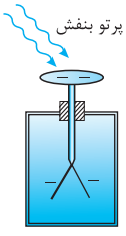


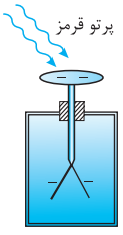
۱) فوتوالکتریک
۲) پرتوزایی
۳) بازتاب
۴) لیزر

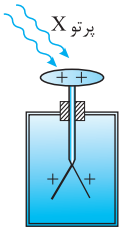
۱۳۱۴- در پدیدهٔ فوتوالکتریک، فوتوالکترون‌ها کدام‌یک از ویژگی‌های زیر را دارند؟

۱) در میدان الکتریکی منحرف نمی‌شوند.
۲) در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شوند.
۳) از جنس امواج الکترومغناطیسی‌اند.
۴) در میدان الکتریکی شتاب می‌گیرند.

۱۳۱۵- در شکل روبه‌رو، با تابش نور آبی‌رنگ به کلاهک برق‌نما، انحراف ورقه‌های آن کاهش و با تابش نور سبزرنگ به کلاهک برق‌نما، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد. در کدام‌یک از شکل‌های زیر زاویهٔ انحراف ورقه‌های همین برق‌نما کاهش می‌یابد؟

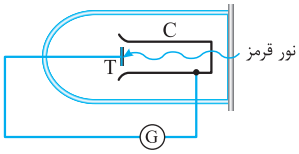
الف)


ب)


پ)


۱) فقط الف
۲) الف و پ
۳) فقط پ
۴) ب و پ

۱۳۱۶- در دستگاه شکل روبه‌رو گالوانومتر جریانی را آشکار نمی‌کند. کدام‌یک از کارهای زیر ممکن است باعث انحراف عقربهٔ گالوانومتر شود؟



۱) افزایش شدت نور (بدون تغییر بسامد)
۲) تابش نور فرابنفش به جای نور قرمز
۳) تابش نور فروسرخ به جای نور قرمز
۴) افزایش زمان تابش نور

۱۳۱۷- بر سطح یک فلز معین، نوری به بسامد f و دامنهٔ میدان الکتریکی E می‌تابانیم و اثر فوتوالکتریک مشاهده می‌شود. با تابش نور بر سطح همین فلز، در چند مورد از ۴ مورد زیر، ممکن است اثر فوتوالکتریک مشاهده نشود؟

الف) با نوری به بسامد f و دامنهٔ میدان الکتریکی فرودی $\frac{E}{2}$
ب) با نوری به بسامد $\frac{f}{2}$ و دامنهٔ میدان الکتریکی فرودی E
پ) با نوری به بسامد $2f$ و دامنهٔ میدان الکتریکی فرودی $\frac{E}{2}$
ت) با نوری به بسامد $\frac{f}{2}$ و دامنهٔ میدان الکتریکی فرودی $2E$

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۳) طیف مواد

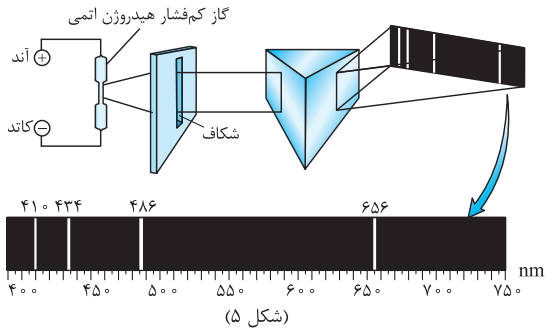
تابش گرمایی: همهٔ اجسام در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کنند که به آن «**تابش گرمایی**» می‌گویند.

انواع طیف‌ها: طیف امواج حاصل از تابش گرمایی یک جسم ممکن است به صورت یکی از حالت‌های مشخص‌شده در جدول (۱) باشد:

شکل طیف	انواع طیف	توضیح
طیف پیوسته	گسیلی	طیف حاصل از جامدات یا مایعات ملتهب که به شکل نوار پیوسته‌ای از رنگ‌ها (طول‌موج‌ها) بر صفحهٔ طیف‌نما تشکیل می‌شود.
	جذبی	با عبور نور سفید از شیشهٔ رنگی، ناحیهٔ باریکی از طیف نور سفید عبور می‌کند و بقیهٔ طول موج‌ها توسط شیشه جذب می‌شود.
طیف خطی (طیف گسسته)	گسیلی	طیف حاصل از بخار رقیق هر عنصر، به شکل خطوط مجزایی بر صفحهٔ طیف‌نما تشکیل می‌شود که به آن طیف نشری خطی می‌گوییم.
	جذبی	اگر طیف نور سفید را از بخار رقیق یک عنصر عبور دهیم، بعضی از طول‌موج‌های نور جذب می‌شود که به آن طیف جذبی خطی می‌گوییم.

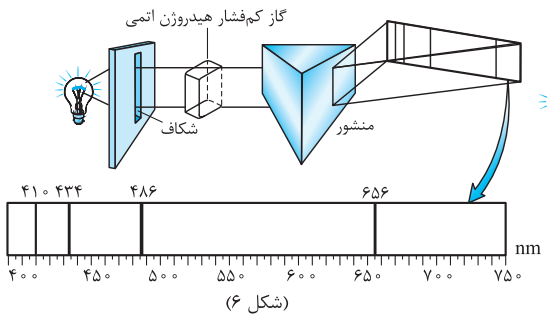
جدول ۱

نمونه ۱ در شکل (۵)، نحوهٔ تشکیل طیف گسیلی خطی گاز هیدروژن نشان داده شده است. درون لامپ مقداری گاز رقیق و کم‌فشار هیدروژن قرار دارد. اختلاف پتانسیل بالای دو سر لامپ باعث تخلیهٔ الکتریکی در گاز و تابش نور توسط اتم‌های هیدروژن می‌شود. این طیف شامل طول موج‌های مختلفی است که ۴تای آن‌ها در ناحیهٔ مرئی قرار دارند.



(شکل ۵)

نمونه ۲ باریکهٔ نور سفید یک طیف گسیلی پیوسته است که شامل همهٔ طول موج‌های مرئی می‌شود. اگر مطابق شکل ۶، این باریکه را از گاز رقیق هیدروژن عبور و سپس طیف آن را تشکیل دهیم، تعدادی خط سیاه در زمینهٔ روشن پرده به چشم می‌خورد که این خطوط بیانگر طول موج‌های جذب‌شده توسط بخار هیدروژن‌اند و به «**طیف جذبی خطی**» معروف‌اند.



(شکل ۶)

نتیجه با دقت در دو شکل بالا می‌بینیم که اولاً طول موج‌های نشری و جذبی اتم هیدروژن یکسان‌اند؛ به عبارتی **اتم‌های هر گاز همان طول موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کنند که در صورت برانگیختگی تابش می‌کنند.**

ثانیاً **طیف خطی هر عنصری منحصربه‌فرد است**؛ بنابراین طیف گسیلی و جذبی هیچ دو گازی شبیه هم نیست.

خطوط فرانهوفر: در طیف نور خورشید هزاران خطوط تیره دیده می‌شود که به دلیل جذب برخی از طول موج‌های نور خورشید توسط گازهای موجود در جو خورشید و جو زمین است. این خطوط تیره را «**خطوط فرانهوفر**» می‌نامند.

معادلهٔ بالمر: «بالمر» بین طول موج‌های مرئی طیف اتم هیدروژن یک رابطهٔ ریاضی کشف کرد. این رابطه عبارت است از:

$$\lambda = (۳۶۴/۵۶\ \text{nm})\frac{n^۲}{n^۲-۲^۲} \quad (n = ۳,۴,۵,۶)$$

معادلهٔ ریدبرگ: «ریدبرگ» رابطهٔ بالا را به شکلی بازنویسی کرد که توسط آن می‌توان طول موج تمام خطوط طیف اتم هیدروژن را محاسبه کرد.

این رابطه به «معادلهٔ ریدبرگ» معروف و به قرار مقابل است:

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right), (n > n') \quad \text{(رابطهٔ ۵)}$$

R مقدار ثابتی است به نام «ثابت ریدبرگ» و مقدار آن برابر است با:

$$R = ۰/۰۱۰۹۷\ \text{nm}^{-۱} = ۰/۰۱۱\ \text{nm}^{-۱}$$

در بخش بعدی رابطهٔ ریدبرگ را به لحاظ فیزیکی تفسیر می‌کنیم و به شما می‌گوییم وقتی الکترون از تراز nام به تراز n'ام سقوط می‌کند، فوتونی تابش می‌کند که طول موج آن به کمک رابطهٔ ریدبرگ حساب می‌شود.

رشتهٔ خطوط طیف گسیل هیدروژن اتمی: اگر در رابطهٔ ریدبرگ $n'=۱$ و $n=۲,۳,۴,\dots$ انتخاب شوند، طول موج‌های حاصل از انتقال الکترون از ترازهای بالاتر از ۱ به تراز $n'=۱$ به دست می‌آیند. این مجموعه طول موج‌ها را **رشتهٔ لیمان** می‌نامیم. اتم هیدروژن رشته‌های دیگری هم با اسامی ویژه دارد که در جدول (۲) فهرست شده‌اند.

نام رشته	عدد رشته (n')	رابطهٔ ریدبرگ مربوط	عدد خط (n)	محدودهٔ طول موجی (nm)	گسترهٔ طول موج
لیمان	۱	$\frac{۱}{\lambda}=R_H(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۲,۳,۴,\dots$	۹۱ تا ۱۲۱	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{۱}{\lambda}=R_H(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۳,۴,۵,\dots$	۳۶۵ تا ۶۵۶	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{۱}{\lambda}=R_H(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۴,۵,۶,\dots$	۸۲۰ تا ۱۸۷۵	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{۱}{\lambda}=R_H(\frac{۱}{۴^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۵,۶,۷,\dots$	۱۴۵۹ تا ۴۰۵۱	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{۱}{\lambda}=R_H(\frac{۱}{۵^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۶,۷,۸,\dots$	۲۲۷۹ تا ۷۴۵۸	فروسرخ

جدول ۲

نکته ۱ هر چه عدد رشته (n') بزرگ‌تر باشد، طول موج‌های آن بلندتر است.

$$n'\uparrow \Rightarrow \lambda_{min}\uparrow \Rightarrow [\lambda_{min}(\text{لیمان})<\lambda_{min}(\text{بالمر})<\dots<\lambda_{min}(\text{پفوند})]$$
$$n'\uparrow \Rightarrow \lambda_{max}\uparrow \Rightarrow [\lambda_{max}(\text{لیمان})<\lambda_{max}(\text{بالمر})<\dots<\lambda_{max}(\text{پفوند})]$$

نکته ۲ در بین خطوط یک رشته، هر چه n بزرگ‌تر باشد، طول موج به دست آمده کوچک‌تر است؛ بنابراین به ازای کم‌ترین مقدار n، بلندترین طول موج و به ازای بیشترین مقدار n (یعنی $n=\infty$) کوتاه‌ترین طول موج رشته به دست می‌آید.

تست **در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین و بلندترین طول موجی که در رشتهٔ پاشن گسیل می‌شوند، به ترتیب از راست به چپ، تقریباً چند نانومترند و در چه ناحیه‌ای از طیف موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارند؟ $(R=۰/۰۱(nm)^{-۱})$** *(سراسری تجربی ۹۱ خارج)*

۱) ۴۰۰ و ۷۲۰، مرئی و فروسرخ
۲) ۹۰۰ و ۲۰۵۷، فروسرخ و فروسرخ
۳) ۴۰۰۰ و ۷۲۰۰، مرئی و فروسرخ
۴) ۹۰۰۰ و ۲۰۵۷۰، فروسرخ و فروسرخ

پاسخ **گزینهٔ «۲»** تمام خطوط رشتهٔ پاشن در ناحیه فروسرخ هستند (یا ۲ یا ۴). با توجه به نکتهٔ اخیر داریم: $\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{n^۲})$

$$\begin{cases}\xrightarrow{(n_{max}=\infty)} \frac{۱}{\lambda_{min}}=۰/۰۱\times(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{\infty^۲})=۰/۰۱\times(\frac{۱}{۹}-۰)=\frac{۱}{۹۰۰} \Rightarrow \lambda_{min}=۹۰۰\,nm\\ \xrightarrow{(n_{min}=۴)} \frac{۱}{\lambda_{max}}=۰/۰۱\times(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{۴^۲})=۰/۰۱\times(\frac{۱}{۹}-\frac{۱}{۱۶})=\frac{۷}{۹\times۱۶۰۰} \Rightarrow \lambda_{max}=۲۰۵۷\,nm\end{cases}$$

نکته ۳ چهار خط اول رشتهٔ بالمر ($n=۳,۴,۵,۶$) در ناحیهٔ مرئی (و بین ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm) و خطوط دیگر در ناحیهٔ فرابنفش ($\lambda<۴۰۰\,nm$) واقع‌اند. این را هم بد نیست به حافظهٔ خود بسپارید که خطوط فرابنفش رشتهٔ بالمر حول‌وحوش ۴۰۰ nm و خطوط رشتهٔ لیمان حول‌وحوش ۱۰۰ nm هستند.

تست **بلندترین طول موج نور مرئی اتم هیدروژن چند نانومتر است؟ $(R=۰/۰۱(nm)^{-۱})$** *(سراسری تجربی ۹۲)*

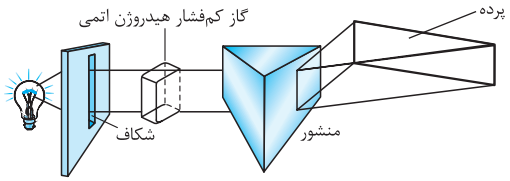
۱) ۴۵۰
۲) ۵۵۰
۳) ۷۲۰
۴) ۸۰۰

پاسخ **گزینهٔ «۳»** گفتیم با عددگذاری $n'=۲$ و (۶ یا ۵ یا ۴ یا ۳) $=n$ در رابطهٔ ریدبرگ، طول‌موج‌های مرئی اتم هیدروژن به دست می‌آیند. بلندترین طول موج به ازای کم‌ترین مقدار n (یعنی $n=۳$) حاصل می‌شود. $\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{۳^۲})=۰/۰۱\times(\frac{۱}{۴}-\frac{۱}{۹})=\frac{۱}{۱۰۰}\times(\frac{۵}{۳۶}) \Rightarrow \lambda=\frac{۳۶۰۰}{۵}=۷۲۰\,nm$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

انواع طیف‌ها

۱۳۱۸- در شکل روبه‌رو، طیف تشکیل‌شده روی پرده چگونه است؟



۱) گسیلی خطی
۲) گسیلی پیوسته
۳) جذبی خطی
۴) جذبی پیوسته

۱۳۱۹- کدام طیف اتمی در شناسایی عناصر از یکدیگر به کار می‌رود؟ *(سراسری تجربی ۸۴)*

۱) فقط گسیلی خطی ۲) فقط گسیلی پیوسته ۳) جذبی پیوسته یا گسیلی پیوسته ۴) جذبی خطی یا گسیلی خطی

۱۳۲۰- کدام عناصر طیف‌های جذبی و تابشی مشابه دارند؟

۱) عناصری که عدد اتمی برابر دارند.
۲) عناصری که جرم اتمی مساوی دارند.
۳) عناصری که مستقیماً بر اثر گرم‌کردن از جامد به بخار تبدیل می‌شوند.
۴) هیچ عنصری

۱۳۲۱- در طیف اتمی هیدروژن چهار خط رنگی جدا از هم مشاهده می‌شود. اگر دمای چشمهٔ تولید طیف افزایش یابد، تعداد خطوط مرئی طیف ..... و اگر طیف گسیل‌یافته از بخار سرد سدیم عبور کند، تعداد خطوط مرئی آن ..... . *(تألیفی)*

۱) تغییر نمی‌کند ـ تغییر نمی‌کند. ۲) تغییر نمی‌کند ـ کاهش می‌یابد. ۳) کاهش می‌یابد ـ تغییر نمی‌کند. ۴) کاهش می‌یابد ـ کاهش می‌یابد.

۱۳۲۲- خط‌های تاریکی که در طیف خورشید دیده می‌شود چه نام دارد؟

۱) خطوط بور ۲) طیف اتمی ۳) خطوط نشری خطی ۴) خطوط فرانهوفر

۱۳۲۳- در طیف نور خورشید که به کرهٔ زمین می‌رسد، خطوط تاریکی دیده می‌شود. این خطوط نشانگر چیست؟ *(سراسری تجربی خارج ۸۵)*

۱) عناصر موجود در درون خورشید
۲) عدم وجود بعضی از مواد و عناصر در خورشید
۳) عناصر موجود در اتمسفر زمین و اتمسفر خورشید
۴) جذب قسمتی از نور خورشید توسط دستگاه طیف‌سنج

۱۳۲۴- برای تعیین عنصرهای موجود در خورشید از کدام روش زیر استفاده می‌شود؟ *(دفتر تحقیقاتی آموزش و پرورش ۷۵)*

۱) تجزیهٔ شیمیایی
۲) طیف نمایی و تجزیهٔ شیمیایی
۳) مقایسهٔ طیف نور خورشید با طیف پیوستهٔ مواد گرم
۴) مقایسهٔ طیف خورشید با طیف جذبی عنصرهای زمینی

خطوط طیفی اتم هیدروژن

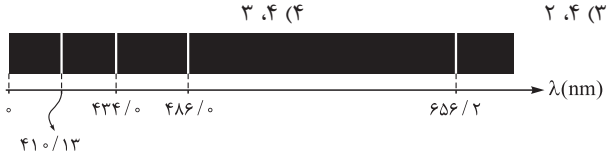
۱۳۲۵- در یک اتم هیدروژن الکترون در تراز $n = 4$ قرار دارد و پس از تابش دو فوتون در ناحیه‌های فروسرخ و فرابنفش به حالت پایه می‌رود. فوتون‌های تابش‌شده، (به ترتیب از راست به چپ)، کدام خط طیفی اتم هیدروژن را تشکیل می‌دهند؟ *(آزمایشی آموزش و پرورش شهر تهران ۹۴)*

۱) اولین خط رشتهٔ پاشن ـ اولین خط رشتهٔ لیمان
۲) اولین خط رشتهٔ پاشن ـ دومین خط رشتهٔ لیمان
۳) دومین خط رشتهٔ بالمر ـ اولین خط رشتهٔ لیمان
۴) دومین خط رشتهٔ بالمر ـ دومین خط رشتهٔ لیمان

۱۳۲۶- خط بنفش و خط آبی‌رنگ به ترتیب چندمین خطوط طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر هستند؟

۱) ۱، ۲ ۲) ۱، ۳ ۳) ۲، ۴ ۴) ۳، ۴

۱۳۲۷- شکل روبه‌رو مربوط به طیف گسیل مرئی اتم هیدروژن است. طول موج $656/2\ nm$ مربوط به گذار الکترون از کدام تراز به کدام تراز است؟ *(امتحان هماهنگ کشوری تجربی ۸۶)*



۱) ۳ به ۲ ۲) ۶ به ۲ ۳) ۳ به ۱ ۴) ۶ به ۱

۱۳۲۸- شکل زیر طیف گسیلی گاز هیدروژن در ناحیهٔ مرئی را نشان می‌دهد. خط طیفی A حاصل انتقال الکترون از مدار ..... به ..... است.

۱) ۲، ۱ ۲) ۵، ۱ ۳) ۴، ۲ ۴) ۵، ۲

رابطهٔ ریدبرگ

۱۳۲۹- رابطهٔ ریدبرگ مربوط به یکی از رشته‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن به صورت $\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۹}-\frac{۱}{n^۲})$ است. خطوط این رشته در چه ناحیه‌ای از امواج الکترومغناطیسی قرار دارند؟

۱) مرئی ۲) فروسرخ ۳) فرابنفش ۴) فرابنفش و مرئی

۱۳۳۰- رابطهٔ ریدبرگ برای مجموعه‌ای از خطوط طیف گسیلی اتم هیدروژن به صورت $\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{m^۲}-\frac{۱}{۹})$ است. خطوط این مجموعه در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیس قرار دارند؟

۱) مرئی ۲) فروسرخ ۳) فرابنفش ۴) فرابنفش و مرئی

۱۳۳۱- در رشتهٔ براکت، برای اتم هیدروژن در رابطهٔ $\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{m^۲}-\frac{۱}{n^۲})$ به ازای $n=m+۲$ طول موج گسیلی چند میکرومتر است؟ $(R=\frac{۱}{۱۰۰}\,nm^{-۱})$

۱) ۱/۲۰ ۲) ۱/۴۰ ۳) ۲/۸۸ ۴) ۵/۱۰ *(سراسری تجربی ۹۷)*

۱۳۳۲- اگر معادلهٔ بالمر به صورت $\lambda=B(\frac{n^۲}{n^۲-۴})$ نوشته شود، کدام رابطه بین مقدار ثابت B و ثابت ریدبرگ (R) برقرار است؟ (یکای طول موج در همهٔ رابطه‌ها یکسان فرض می‌شود.)

۱) $\frac{B}{R}=۲$ ۲) $\frac{B}{R}=۴$ ۳) $BR=۲$ ۴) $BR=۴$

۱۳۳۳- در اتم هیدروژن، الکترون در تراز n قرار دارد. این الکترون با یک گذار، پرتویی در رشتهٔ بالمر گسیل داشته است. اگر طول موج این پرتو ۴۵۰ نانومتر باشد، n کدام است؟ $(R=۰/۰۱\,nm^{-۱})$ *(سراسری ریاضی ۹۱)*

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

۱۳۳۴- با فرض $R=۰/۰۱\,nm^{-۱}$ طول موج کدام خط طیفی اتم هیدروژن $۱۱۲/۵\,nm$ است؟

۱) دومین خط رشتهٔ لیمان ۲) دومین خط رشتهٔ بالمر
۳) اولین خط رشتهٔ لیمان ۴) اولین خط رشتهٔ بالمر

۱۳۳۵- در خط‌های طیفی اتم هیدروژن، طول موج‌های $\lambda_۱=۳۸۷۹\,Å$ و $\lambda_۲=۸۹۹۱\,Å$ به ترتیب (از راست به چپ) در کدام رشته قرار دارند؟ $(R=۰/۰۱۱\,nm^{-۱})$

۱) لیمان، بالمر ۲) لیمان، پاشن ۳) بالمر، پاشن ۴) بالمر، لیمان

۱۳۳۶- در اتم هیدروژن الکترون از مدار n به n' می‌رود و نوری با بسامد $۵۶۲/۵\,THz$ تابش می‌کند. n و n' به ترتیب کدام‌اند؟ $(c=۳\times۱۰^۸\,m/s, R=۰/۰۱\,nm^{-۱})$

۱) ۲ و ۱ ۲) ۳ و ۱ ۳) ۴ و ۲ ۴) ۵ و ۳ *(سراسری ریاضی ۹۶)*

۱۳۳۷- در اتم هیدروژن، طول موج پرانرژی‌ترین فوتون مربوط به رشتهٔ بالمر تقریباً چند نانومتر است؟ $(R=۰/۰۱\,nm^{-۱})$ *(سراسری تجربی خارج ۸۶)*

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۷۲۰

۱۳۳۸- در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟ $(R=۰/۰۱\,(nm)^{-۱})$

۱) ۱۰۰ و بالمر ۲) ۱۰۰ و لیمان ۳) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و بالمر ۴) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و لیمان *(سراسری تجربی ۹۸)*

۱۳۳۹- اگر پرانرژی‌ترین فوتون حاصل از طیف اتم هیدروژن از لولهٔ خلأ خارج و وارد آب شود، طول موج آن در آب نسبت به طول موجش در خلأ چند نانومتر کاهش می‌یابد؟ $(R=۰/۰۱\,nm^{-۱}$ و $n_{آب}=\frac{۴}{۳})$

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

۱۳۴۰- با فرض $R_H=۰/۰۱۱\,nm^{-۱}$ گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان تقریباً چند نانومتر است؟

۱) ۳۰ ۲) ۹۰ ۳) ۱۲۱ ۴) ۳۰۰

۱۳۴۱- در طیف اتم هیدروژن، گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ بالمر $(n'=۲)$ چند برابر گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان $(n'=۱)$ است؟

۱) $\frac{۱۲}{۵}$ ۲) $\frac{۲۴}{۵}$ ۳) $\frac{۳۶}{۵}$ ۴) $\frac{۴۸}{۵}$

۱۳۴۲- در طیف اتم هیدروژن، اگر طول موج دومین خط در رشتهٔ بالمر ($n'=2$) برابر λ باشد، اختلاف کوتاه‌ترین طول موج در رشتهٔ پاشن ($n'=3$) و بلندترین طول موج در رشتهٔ لیمان ($n'=1$) کدام است؟

۱) $\frac{25\lambda}{18}$ ۲) $\frac{24\lambda}{17}$ ۳) $\frac{23\lambda}{16}$ ۴) $\frac{22\lambda}{15}$

۱۳۴۳- در ۵ رشتهٔ اولیهٔ طیف اتم هیدروژن، بلندترین طول موج در ناحیهٔ فروسرخ چند برابر کوتاه‌ترین طول موج در ناحیهٔ فروسرخ است؟

۱) $\frac{175}{144}$ ۲) $\frac{25}{9}$ ۳) $\frac{175}{44}$ ۴) $\frac{100}{11}$

۱۳۴۴- در ۵ رشتهٔ اولیهٔ طیف اتم هیدروژن، انرژی فوتونی که کوتاه‌ترین طول موج را دارد، تقریباً چند الکترون‌ولت بزرگ‌تر از انرژی فوتونی است که بزرگ‌ترین طول موج را دارد؟ ($R=0/01\,nm^{-1}, hc=1240\,eV.nm$)

۱) ۶/۲ ۲) ۱۲/۴ ۳) ۶۲ ۴) ۱۲۴

◀ *آخر این قسمت هم چند تا سؤال ویژه براتون تدارک دیده‌ایم.*

۱۳۴۵- اگر بلندترین طول موج‌ها در طیف اتم هیدروژن را در رشتهٔ پاشن ($n'=3$) با λ و در رشتهٔ براکت ($n'=4$) با λ' نشان دهیم، طول موج دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن کدام است؟

۱) $\frac{\lambda\lambda'}{\lambda+\lambda'}$ ۲) $\frac{\lambda\lambda'}{\lambda'-\lambda}$ ۳) $\frac{2\lambda\lambda'}{\lambda+\lambda'}$ ۴) $\frac{2\lambda\lambda'}{\lambda'-\lambda}$

۱۳۴۶- در طیف اتم هیدروژن، بلندترین طول موج پاشن بین کدام یک از خطوط رشتهٔ براکت قرار دارد؟

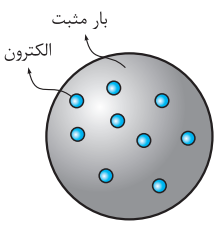
۱) هفتم و هشتم ۲) هشتم و نهم ۳) دهم و یازدهم ۴) چهارم و پنجم

۱۳۴۷- اگر بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج فوتون در رشتهٔ پاشن به ترتیب λ_{max} و λ_{min} باشد، بین λ_{max} و $1/01\lambda_{min}$ چند خط طیفی در این رشته وجود دارد؟ ($R=0/01\,nm^{-1}$)

۱) ۲۶ ۲) ۲۷ ۳) ۳۶ ۴) ۳۷

۴) مدل‌های اتمی

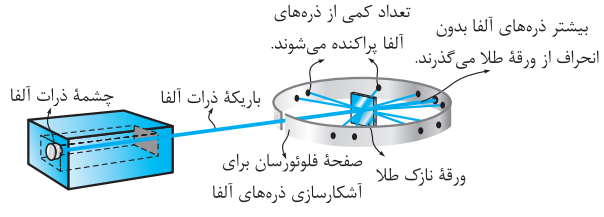
مدل اتمی تامسون



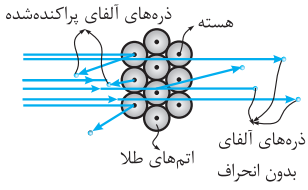
(شکل ۷)

تامسون الکترون را کشف و نسبت بار به جرم آن را تعیین کرد و اولین مدل اتمی معتبر (معروف به مدل «کیک کشمشی») را ارائه داد. مطابق این مدل اتم مثل کره‌ای با بار مثبت است که الکترون‌ها به طور پراکنده داخل آن قرار دارند. در این مدل الکترون‌ها با بسامد مشخصی حول وضع تعادل نوسان می‌کنند و حرکت شتاب‌دار آن‌ها باعث تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود. این مدل اتمی از پس توجیه طیف خطی گازها برنمی‌آید؛ یعنی با این مدل نمی‌توان جواب این پرسش را داد که «چرا هر اتم بسامدهای به‌خصوصی را تابش می‌کند؟»

آزمایش رادرفورد: رادرفورد ورقهٔ نازکی از طلا را با ذرات آلفا بمباران کرد. ذرهٔ آلفا همان هستهٔ اتم هلیوم (با بار $+2e$) است. طبق مدل اتمی تامسون پیش‌بینی می‌شد ذرات آلفا بدون انحراف یا با انحراف اندکی از ورقه عبور کنند. در حالی که تعداد کمی از ذرات آلفا با زوایای بسیار بزرگ منحرف و یا حتی به عقب برمی‌گشتند (شکل ۸ـ الف).



(الف)



(ب)

(شکل ۸)

رادرفورد با این آزمایش نتیجه گرفت بیشتر فضای اتم خالی است و ذراتی که بدون انحراف از اتم عبور می‌کنند از این فضای خالی رد شده‌اند. ضمن این‌که همهٔ بار مثبت و بیشتر جرم آن در یک ناحیهٔ مرکزی به نام هسته جا گرفته است و ذرات آلفایی که به هسته برخورد کرده‌اند به طور قابل ملاحظه‌ای پراکنده شده‌اند (شکل ۸ـ ب).

این بار قانون اسنل را برای خروج نور قرمز از مایع شفاف می‌نویسیم:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_r \sin\theta_2 \xrightarrow{n_1=n_r \atop n_2=1} n_r \times \sin\theta_1 = 1 \times \sin\theta'_2 \Rightarrow n_r \times \frac{1}{n_g} = \sin\theta'_2 \Rightarrow \sin\theta'_2 = \frac{n_r}{n_g} \xrightarrow{n_g > n_r} \sin\theta'_2 < 1 \Rightarrow \theta'_2 < 90^\circ$$

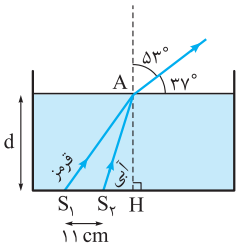
پرتوی قرمز در ضمن خروج از مایع شفاف از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود و بنابراین از خط عمود دور می‌شود، هم‌چنین زاویهٔ شکست کوچک‌تر از 90° است، پس مسیر پرتوی قرمز مانند (۲) است.

۱۲۸۹- گزینهٔ ۴ زاویهٔ تابش پرتوهای A و B یکسان بوده و برابر 37° است و زاویهٔ شکست پرتوهای A و B به ترتیب θ و $90^\circ - \theta$ است، بنابراین:

$$\text{پرتوی A}: \frac{\sin i_A}{\sin r_A} = \frac{n_{2A}}{n_{1A}} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin\theta} = \frac{1/8}{1/5} \Rightarrow \frac{0/6}{\sin\theta} = \frac{1/8}{1/5} \Rightarrow \sin\theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

$$\text{پرتوی B}: \frac{\sin i_B}{\sin r_B} = \frac{n_{2B}}{n_{1B}} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin(90^\circ - \theta)} = \frac{n}{3} \Rightarrow \frac{0/6}{\cos\theta} = \frac{n}{3} \Rightarrow \frac{0/6}{\cos 30^\circ} = \frac{n}{3} \Rightarrow n = \frac{1/8}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{3/6}{\sqrt{3}} = (1/2)\sqrt{3} = \frac{6\sqrt{3}}{5}$$

۱۲۹۰- گزینهٔ ۳ **گام اول:** زاویهٔ تابش هر یک از دو نور قرمز و آبی به سطح مایع را با استفاده از رابطهٔ قانون شکست اسنل به دست می‌آوریم؛ با فرض این‌که از زیروند R و B به ترتیب برای نورهای قرمز و آبی استفاده کنیم، داریم:



$$\frac{\sin i_R}{\sin r_R} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_R} \Rightarrow \frac{\sin i_R}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{\frac{4}{3}} \Rightarrow \sin i_R = 0/6 \Rightarrow i_R = 37^\circ$$

$$\frac{\sin i_B}{\sin r_B} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_B} \Rightarrow \frac{\sin i_B}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{\frac{8}{5}} \Rightarrow \sin i_B = 0/5 \Rightarrow i_B = 30^\circ$$

گام دوم: با فرض این‌که d ارتفاع مایع درون ظرف باشد، با استفاده از زوایای تابش به دست آمده در گام قبل، خواستهٔ تست را به دست می‌آوریم:

$$\overset{\Delta}{AS_1H}: \tan i_R = \frac{S_1H}{AH} \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{S_1H}{d} \Rightarrow S_1H = \frac{3}{4}d$$

$$\overset{\Delta}{AS_2H}: \tan i_B = \frac{S_2H}{AH} \Rightarrow \tan 30^\circ = \frac{S_2H}{d} \Rightarrow S_2H = \frac{\sqrt{3}}{3}d$$

$$S_1S_2 = 11\,\text{cm} \Rightarrow S_1H - S_2H = 11 \Rightarrow \frac{3}{4}d - \frac{\sqrt{3}}{3}d = 11 \xrightarrow{(\sqrt{3}\simeq 1/7)} (\frac{3}{4} - \frac{1/7}{3})d = 11 \Rightarrow \frac{2/2}{12}d = 11 \Rightarrow d = 60\,\text{cm}$$

۱۲۹۱- گزینهٔ ۳ نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول زیرشاخهٔ فیزیک کلاسیک است و در قرن نوزدهم به شکل امروزی آن تدوین شد.

۱۲۹۲- گزینهٔ ۳ در صورت نیاز به درس‌نامهٔ ۱ مراجعه بفرمایید!

۱۲۹۳- گزینهٔ ۳ از تبدیل زنجیره‌ای و برابری $1\,\text{eV} = 1/6\times10^{-19}\,\text{J}$ به جواب می‌رسیم.

$$h = 6/6\times10^{-34}\,\text{J.s} = 6/6\times10^{-34}\,\text{J.s}(\frac{1\,\text{eV}}{1/6\times10^{-19}\,\text{J}}) = \frac{6/6\times10^{-34}}{1/6\times10^{-19}}\,\text{eV.s} = \frac{33}{8}\times10^{-15}\,\text{eV.s}$$

۱۲۹۴- گزینهٔ ۲ انرژی فوتون‌های B، ۳ برابر انرژی فوتون‌های A است؛ پس:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 3 \Rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B$$

بنا بر اطلاعات تست $\lambda_A - \lambda_B = 4\,\text{nm}$ است.

$$\lambda_A - \lambda_B = 4 \Rightarrow 3\lambda_B - \lambda_B = 4 \Rightarrow 2\lambda_B = 4 \Rightarrow \lambda_B = 2\,\text{nm}\ ,\ \lambda_A = 3\lambda_B = 6\,\text{nm}$$

۱۲۹۵- گزینهٔ ۴ **گام اول:** ابتدا انرژی فوتون جذب‌شده را حساب می‌کنیم.

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E(\text{eV}) = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = \frac{1240}{310} \Rightarrow E = 4\,\text{eV}$$

گام دوم: اکنون، انرژی فوتون گسیل‌شده را به دست می‌آوریم.

$$E' = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = \frac{1240}{620} \Rightarrow E' = 2\,\text{eV}$$

گام سوم: انرژی خالص جذب‌شده در این انتقال الکترونی، با تفاضل انرژی منتشرشده (E') از انرژی جذب‌شده (E) قابل محاسبه است. پس:

$$\Delta E = E - E' = 4 - 2 \Rightarrow \Delta E = 2\,\text{eV}$$

گام چهارم: در آخرین مرحله، کافی است e را با اندازهٔ $1/6\times10^{-19}\,\text{C}$ در مقدار محاسبه‌شده برای ΔE قرار دهید تا آن را برحسب یکای ژول به دست آورید:

$$\Delta E = 2\times(1/6\times10^{-19})\,\text{J} \Rightarrow \Delta E = 3/2\times10^{-19}\,\text{J}$$

۱۲۹۶- گزینهٔ ۱

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = hf \Rightarrow \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m_e}} = \sqrt{\frac{2\times(6/6\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{(990\times10^{-9})\times(9\times10^{-31})}} = \sqrt{\frac{4}{9}\times10^{12}} = \frac{2}{3}\times10^{6}\ m/s$$

۱۲۹۷- گزینهٔ ۱

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow 3/1(eV) = \frac{1240(eV.nm)}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 400\ nm$$

گسترهٔ طول موج نور مرئی بین $\lambda = 400\ nm$ (برای نور بنفش) تا $\lambda = 750\ nm$ (برای نور قرمز) است. طول موج‌های کوچک‌تر از $400\ nm$ به حوزهٔ امواج فرابنفش و طول موج‌های بزرگ‌تر از $750\ nm$ به حوزهٔ امواج فروسرخ تعلق دارند.

۱۲۹۸- گزینهٔ ۳ انرژی هر فوتون برابر است با:

$$E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{620} = 2\ eV = 2\times1/6\times10^{-19}\ J = 3/2\times10^{-19}\ J$$

انرژی باریکهٔ نور (E) باید مضرب درستی از انرژی هر فوتون باشد $(E = nE_1)$.

۱) $\frac{E}{E_1} = \frac{4\times10^{-19}}{3/2\times10^{-19}} = \frac{5}{4} \neq n$ ✗

۲) $\frac{E}{E_1} = \frac{5\times10^{-18}}{3/2\times10^{-19}} = \frac{125}{8} \neq n$ ✗

۳) $\frac{E}{E_1} = \frac{9/6\times10^{-18}}{3/2\times10^{-19}} = 30 = n$ ✓

بالاخره به یک عدد صحیح رسیدیم! نیازی به امتحان ۴ نداریم!

۱۲۹۹- گزینهٔ ۳ چون h برحسب J.s داده شده است، ابتدا انرژی هر فوتون را برحسب J حساب کنید و سپس تبدیل آن به یکای eV را در دستور کار خود قرار دهید.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6/6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{0/11\times10^{-6}} = 1/8\times10^{-18}\ J = \frac{1/8\times10^{-18}}{1/6\times10^{-19}}\ eV = 11/25\ eV$$

انرژی فوتون در آب هم همین مقدار است؛ چون بسامد و در نتیجه انرژی هر فوتون موج، به محیط انتشار آن بستگی ندارد؛ بنابراین، با تغییر محیط انتشار موج، انرژی فوتون‌های آن تغییر نمی‌کند.

۱۳۰۰- گزینهٔ ۳ انرژی مجموع فوتون‌هایی که در $16\ s$ از لامپ خارج می‌شوند، برابر است با:

$$E_t = Pt = 100\times16 = 1600\ J$$

انرژی هر فوتون نور زرد برابر است با:

$$E_1 = 2\ eV = 2\times1/6\times10^{-19}\ J = 3/2\times10^{-19}\ J$$

حالا حساب می‌کنیم چه تعداد فوتون با انرژی E_1 باید کنار هم جمع شوند تا انرژی مجموعهٔ آن‌ها $1600\ J$ شود.

$$E_t = nE_1 \Rightarrow 1600 = n\times(3/2\times10^{-19}) \Rightarrow n = 5\times10^{21}$$

۱۳۰۱- گزینهٔ ۳ کمیت‌های وابسته به لامپ‌ها با نور بنفش و زرد را به ترتیب، با زیروندهای (v) و (y) می‌آوریم:

$$E = Pt = nhf \Rightarrow Pt = nh\frac{c}{\lambda} \xrightarrow[(h:\text{مقدار ثابت}),(c:\text{مقدار ثابت})]{(P_v=P_y=200\ W),(t_v=t_y=1\ s)} (\frac{n}{\lambda} = \text{مقدار ثابت}) \Rightarrow n \propto \lambda$$

خواستهٔ تست:

$$\Rightarrow \frac{n_y}{n_v} = \frac{\lambda_y}{\lambda_v} = \frac{600}{400} = \frac{3}{2}$$

۱۳۰۲- گزینهٔ ۲

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = (\frac{n}{t})\frac{hc}{\lambda} = 100\times\frac{(6/6\times10^{-34})\times(3\times10^{8})}{550\times10^{-9}} = 3/6\times10^{-17}\ W$$

۱۳۰۳- گزینهٔ ۴

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} \Rightarrow \frac{n}{t} = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(4\times10^{26})\times(550\times10^{-9})}{(6/6\times10^{-34})\times(3\times10^{8})} = \frac{10}{9}\times10^{45}\ photons/s$$

$$\frac{n}{t} = \frac{10}{9}\times10^{45}\times60\ photons/min = \frac{2}{3}\times10^{47}\ photons/min$$

۱۳۰۴- گزینهٔ ۴ گفته شده:

$$P_2 = P_1 + 0/20P_1 = 1/2P_1 \quad , \quad \lambda_2 = \lambda_1 + 0/50\lambda_1 = 1/5\lambda_1$$

حالا بریم سراغ موضوع تست! انرژی نور گسیلی بر دوش فوتون‌ها حمل می‌شود! پس:

$$E = Pt = nhf = nh\frac{c}{\lambda}$$

$$\Rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc} \xrightarrow[(hc:\text{ثابت})]{(t:\text{ثابت})} \frac{n_2}{n_1} = (\frac{P_2}{P_1})(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}) = (\frac{1/2P_1}{P_1})(\frac{1/5\lambda_1}{\lambda_1}) = 1/2\times1/5 = 1/8$$

درصد خواسته‌شده با علامت مثبت (به معنای بیشتر بودن n_2 از n_1):

$$\frac{\Delta n}{n_1}\times100 = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\times100 = (\frac{n_2}{n_1} - 1)\times100 = (1/8 - 1)\times100 = 0/8\times100 = \%80$$

۱۳۰۵- گزینهٔ ۲ شدت تابشی مثل شدت صوت از رابطهٔ $I=\frac{E}{At}$ به دست می‌آید. بنابراین، انرژی که در هر ثانیه بر سطح بام فرود می‌آید، برابر است با:

$$۳۰۰=\frac{E}{(۱۱\times۶)\times۱} \Rightarrow E=۶۶\times۳۰۰\ J$$

$$E=nhf=\frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow n=\frac{E\lambda}{hc}=\frac{(۶۶\times۳۰۰)\times(۵۷۰\times۱۰^{-۹})}{(۶/۶\times۱۰^{-۳۴})\times(۳\times۱۰^{۸})}=۱/۹\times۱۰^{۲۲}$$

۱۳۰۶- گزینهٔ ۴

$$I=\frac{P}{A}=\frac{E}{At} \xrightarrow[(t=۱\,s)]{(A=۱\,m^{۲})} I=E$$

خارج جو (۱) و سطح زمین (۲):

$$I_{۲}-I_{۱}=E_{۲}-E_{۱} \xrightarrow{(E=nhf)} I_{۲}-I_{۱}=n_{۲}hf-n_{۱}hf=(n_{۲}-n_{۱})hf$$

Δn فوتون‌های جذب‌شدهٔ موردنظر است. با توجه به رابطهٔ بالا:

$$\Delta I=\Delta nhf=\Delta nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \Delta n=\frac{\Delta I\lambda}{hc}=\frac{(۳۰۰-۱۳۵۰)\times(۵۰۰\times۱۰^{-۹})}{۲\times۱۰^{-۲۵}}=\frac{-۱۰۵۰\times۵\times۱۰^{-۷}}{۲\times۱۰^{-۲۵}}$$

$$\Rightarrow \Delta n=-۲۶۲۵\times۱۰^{۱۸}=-۲/۶۲۵\times۱۰^{۲۱}\simeq -۲/۶\times۱۰^{۲۱}$$

علامت منفی کاهش تعداد فوتون‌های رسیده به سطح زمین را نسبت به تعداد فوتون‌های رسیده به خارج جو نشان می‌دهد.

۱۳۰۷- گزینهٔ ۱ به ترتیب از زیروندهای G و V برای کمیت‌های وابسته به نور سبز و بنفش استفاده می‌کنیم.

گام اول: در ابتدا توان تابشی نور هر یک از دو لامپ را که به هر سانتی‌متر مربع از کف سالن می‌رسد، حساب می‌کنیم.

$$I_G=\frac{P_G}{A} \Rightarrow P_G=I_GA=۴۵\times(۱\times۱۰^{-۴})=۴۵\times۱۰^{-۴}\ W$$

$$I_V=\frac{P_V}{A} \Rightarrow P_V=I_VA=۳۰\times(۱\times۱۰^{-۴})=۳۰\times۱۰^{-۴}\ W$$

گام دوم: انرژی حاصل از نور هر یک از دو لامپ را که در مدت ۱۱ دقیقه به هر سانتی‌متر مربع از کف سالن می‌رسد، به دست می‌آوریم:

$$E_G=P_Gt=(۴۵\times۱۰^{-۴})\times(۱۱\times۶۰)$$

$$E_V=P_Vt=(۳۰\times۱۰^{-۴})\times(۱۱\times۶۰)$$

گام سوم: محاسبهٔ تعداد فوتون‌های سبز و بنفش که به $۱\,cm^{۲}$ از کف سالن می‌رسند:

$$E_G=n_Ghf_G=n_G\frac{hc}{\lambda G} \Rightarrow n_G=\frac{E_G\lambda_G}{hc}=\frac{(۴۵\times۱۰^{-۴})\times(۱۱\times۶۰)\times(۵۰۰\times۱۰^{-۹})}{(۶/۶\times۱۰^{-۳۴})\times(۳\times۱۰^{۸})}=۷/۵\times۱۰^{۱۸}$$

$$E_V=n_Vhf_V=n_V\frac{hc}{\lambda_V} \Rightarrow n_V=\frac{E_V\lambda_V}{hc}=\frac{(۳۰\times۱۰^{-۴})\times(۱۱\times۶۰)\times۴۰۰\times۱۰^{-۹})}{(۶/۶\times۱۰^{-۳۴})\times(۳\times۱۰^{۸})}=۴\times۱۰^{۱۸}$$

$$n_G-n_V=۷/۵\times۱۰^{۱۸}-۴\times۱۰^{۱۸}=۳/۵\times۱۰^{۱۸}$$

۱۳۰۸- گزینهٔ ۳ در هر لحظه تقریباً نیمی از سطح کرهٔ زمین در معرض نور خورشید و نیم دیگر پشت به خورشید است. پس مساحتی از زمین که نور خورشید را دریافت می‌کند برابر است با:

$$A=\frac{A_{\text{زمین}}}{۲}=\frac{۴\pi R^{۲}}{۲}=۲\pi R^{۲}=۲\times۳/۱۴\times(۶/۴\times۱۰^{۶})^{۲}\simeq ۶\times۴۰\times۱۰^{۱۲}=۲/۴\times۱۰^{۱۴}\ m^{۲}$$

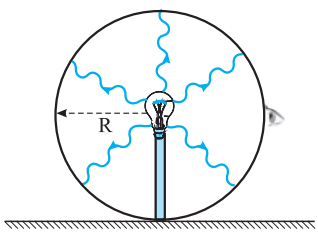
حالا انرژی تابشی رسیده به سطح زمین در هر ثانیه را تقریب می‌زنیم:

$$I=\frac{E}{At} \Rightarrow ۳۰۰=\frac{E}{(۲/۴\times۱۰^{۱۴})\times۱} \Rightarrow E=۷/۲\times۱۰^{۱۶}\ J$$

$$E=nhf=\frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow ۷/۲\times۱۰^{۱۶}=\frac{n\times(۶/۶\times۱۰^{-۳۴})\times(۳\times۱۰^{۸})}{۵۷۰\times۱۰^{-۹}} \Rightarrow n=\frac{۷/۲\times۵/۷\times۱۰^{۹}}{۶/۶\times۳\times۱۰^{-۲۶}}$$

$$\Rightarrow n=(\frac{۷/۲\times۵/۷}{۶/۶\times۳})\times۱۰^{۳۵}\simeq ۲\times۱۰^{۳۵}\sim ۱۰^{۳۵}$$

۱۳۰۹- گزینهٔ ۳ فرض کنید لامپ حداکثر از فاصلهٔ R قابل مشاهده باشد. نور روی سطوح کروی پخش می‌شود



و شدت نور در فاصلهٔ R از چشمه برابر است با:

$$I=\frac{P}{A}=\frac{P}{۴\pi R^{۲}}\ (I)$$

شعاع مردمک چشم را با r نشان می‌دهیم:

$$r=۰/۳\ cm=۳\times۱۰^{-۳}\ m$$

اگر در مدت t نوری با انرژی E وارد مردمک چشم شود، شدت تابشی در محل چشم برابر خواهد بود با:

$$I=\frac{E_{\text{مردمک}}}{A_{\text{مردمک}}t}=\frac{E_{\text{مردمک}}}{(\pi r^{۲})t}$$

از برابری رابطه‌های (I) و (II) نتیجه می‌گیریم:

$$\frac{P}{4\pi R^2}=\frac{nhc}{\pi r^2 t\lambda}\Rightarrow\frac{60}{4R^2}=\frac{5\times(6/6\times10^{-34})\times(3\times10^8)}{(3\times10^{-3})^2\times1\times(550\times10^{-9})}\Rightarrow R^2=\frac{60\times9\times10^{-6}\times55\times10^{-8}}{4\times5\times6/6\times3\times10^{-26}}=75\times10^{12}$$

$$\Rightarrow R=5\sqrt{3}\times10^6\ m=5\sqrt{3}\times10^3\ km$$

نتیجه می‌توان گفت:

$$I=\frac{E_{\text{لامپ}}}{A_{\text{کره}}t}=\frac{E_{\text{مردمک}}}{A_{\text{مردمک}}t}\Rightarrow\frac{E_{\text{مردمک}}}{E_{\text{لامپ}}}=\frac{A_{\text{مردمک}}}{A_{\text{کره}}}$$

براساس رابطهٔ بالا انرژی لامپ روی سطح کره‌ای (به شعاع فاصلهٔ لامپ تا چشم) پخش می‌شود و مردمک چشم به نسبت مساحت آن از این انرژی دریافت می‌کند.

۱۳۱۰- گزینهٔ ۳ توان ورودی به لامپ $P_{in}=100\ W$ و توان مفید آن $P_{out}=5\ W$ است؛ یعنی در هر ثانیه $5\ J$ انرژی تابشی در ناحیهٔ مرئی گسیل می‌شود.

$$Ra=\frac{P_{out}}{P_{in}}\times100\Rightarrow5=\frac{P_{out}}{100}\times100\Rightarrow P_{out}=5\ W\Rightarrow\frac{E_{out}}{t}=5\xrightarrow{(t=1s)}E_{out}=5\ J$$

انرژی تابیده با طول موج $550\ nm$ را با E نشان می‌دهیم:

$$E=0/01\,E_{out}=0/01\times5=0/05\ J$$

انرژی فوق بر سطح کره‌ای به شعاع $R=1\ km$ توزیع می‌شود و هر مردمک به نسبت سطح خود از این انرژی دریافت می‌کند؛ سطح مردمک چشم به شکل دایره است و چون تعداد فوتون‌های ورودی به هر دو مردمک چشم را می‌خواهیم، $A_{\text{مردمک}}=2\pi r^2_{\text{مردمک}}$ در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{E_{\text{مردمک}}}{E}=\frac{A_{\text{مردمک}}}{A}\Rightarrow\frac{E_{\text{مردمک}}}{0/05}=\frac{2\pi r^2_{\text{مردمک}}}{4\pi R^2}\xrightarrow{(r_{\text{مردمک}}=1\ mm=10^{-3}\ m)}\frac{E_{\text{مردمک}}}{0/05}=\frac{2\pi\times(10^{-3})^2}{4\pi\times(10^3)^2}\Rightarrow E_{\text{مردمک}}=25\times10^{-15}\ J$$

$$E=nhf=\frac{nhc}{\lambda}\Rightarrow25\times10^{-15}=\frac{n\times6/6\times10^{-34}\times3\times10^8}{550\times10^{-9}}\Rightarrow25\times10^{-15}=\frac{n\times6\times3\times10^{-19}}{5}\Rightarrow n=\frac{125}{18}\times10^4$$

۱۳۱۱- گزینهٔ ۲ براساس فیزیک کلاسیک شدت نور با بسامد ثابت، با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است؛ پس:

$$\frac{I_2}{I_1}=\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2\Rightarrow2=\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2\Rightarrow\frac{E_2}{E_1}=\sqrt{2}$$

۱۳۱۲- گزینهٔ ۳ براساس نظریهٔ فوتون اینشتین با ۲ برابر شدن شدت نوری با بسامد معین، تعداد فوتون‌های آن ۲ برابر می‌شود.

۱۳۱۳- گزینهٔ ۱ مدال افتخار درجهٔ سختی، تقدیم به این تست خوب! شکل تست گویاست: یک موج الکترومغناطیسی (این‌جا نور) با بسامد مناسب به سطح فلز تابیده و الکترون را از سطح فلز آزاد کرده است (تعریف اثر یا پدیدهٔ فوتوالکتریک).

رسم شکل سایر گزینه‌ها با شما!

۱۳۱۴- گزینهٔ ۴ فوتوالکترون‌ها، الکترون هستند، نه فوتون و نه موج الکترومغناطیسی؛ بنابراین بار الکتریکی دارند و در میدان الکتریکی تحت تأثیر نیروی الکتریکی $(\vec{F}=q\vec{E})$ واقع می‌شوند و شتاب می‌گیرند و ممکن است در اثر این نیرو منحرف شوند. فوتوالکترون‌ها در میدان مغناطیسی هم تحت تأثیر نیروی مغناطیسی $(F=qvB\sin\theta)$ قرار می‌گیرند و ممکن است منحرف شوند.

۱۳۱۵- گزینهٔ ۱ تابش نوری با بسامد کم‌تر (طول موج بزرگ‌تر) از نور سبز به کلاهک برق‌نما نمی‌تواند باعث آزادسازی الکترون‌های برق‌نما شود. پس نور قرمزرنگ نمی‌تواند الکترون‌های برق‌نما را جدا کند، اما نور بنفش می‌تواند. در شکل (پ)، برق‌نما به طور مثبت باردار شده است. برای کاهش انحراف برگه‌های برق‌نما باید به آن الکترون داد نه این‌که از آن الکترون گرفت.

۱۳۱۶- گزینهٔ ۲ وقتی پدیدهٔ فوتوالکتریک اتفاق نمی‌افتد، به این معنی است که بسامد نور کافی نیست؛ باید از موجی با بسامد بالاتر از نور قرمز استفاده کرد؛ مثل نور فرابنفش.

۱۳۱۷- گزینهٔ ۲ کم‌ترین بسامد لازم نور فرودی برای ایجاد پدیدهٔ فوتوالکتریک بسامد آستانه (f_0) است. پس در صورت تست $f>f_0$ است. مستقل از شدت نور تابیده و در نتیجه مستقل از دامنهٔ میدان الکتریکی فرودی E، هر بسامدی بزرگ‌تر از f یا مساوی آن قطعاً از f_0 هم بزرگ‌تر است $(f'\geq f>f_0)$ و پدیدهٔ فوتوالکتریک را راه می‌اندازد (الف و پ) و هر بسامدی کوچک‌تر از f وضعیت نامعلومی دارد. اگر $\frac{f}{2}>f_0$ باشد، مشاهدهٔ پدیدهٔ فوتوالکتریک ممکن می‌شود و اگر $\frac{f}{2}<f_0$ باشد، فوتوالکتریکی در کار نیست! بنابراین، با بسامد تابیدهٔ $\frac{f}{2}$ ممکن است پدیدهٔ فوتوالکتریک مشاهده نشود (ب و ت). خب (ب) و (ت) شد ۲ تا از ۴ تا!

۱۳۱۸- گزینهٔ ۳ گاز هیدروژن تعدادی از طول موج‌های نور سفید را جذب می‌کند که جای خالی آن‌ها به شکل خطوط تیره روی پرده می‌افتد.

۱۳۱۹- گزینهٔ ۴ *طیف آهن مذاب همهٔ طول موج‌ها رو داره؛ طیف سرب مذاب هم همین‌طور*؛ پس از روی طیف پیوستهٔ مواد نوع آن ماده تشخیص داده نمی‌شود. طیف گسیلی خطی و جذبی خطی هر عنصر منحصر به همان عنصر است و از آن می‌توان برای تشخیص نوع عنصر استفاده کرد.

۱۳۲۰- گزینهٔ ۴ طیف‌های جذبی و تابشی مکمل هم‌اند؛ شبیه هم نیستند.

۱۳۲۱- گزینهٔ ۱ تعداد خطوط مرئی ۴ تاست و بیشتر نمی‌شود. در ضمن، طول موج‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن قطعاً با سدیم فرق دارد. بخار سدیم همان طول موج‌هایی را جذب می‌کند که می‌تواند منتشر کند. این طول موج‌ها در طیف اتم هیدروژن حضور ندارند. پس سدیم هیچ‌یک از طول موج‌های مرئی هیدروژن را جذب نمی‌کند.

۱۳۲۲- گزینهٔ ۴

۱۳۲۳- گزینهٔ ۳ عناصر موجود در جو خورشید و زمین مسئول غیبت بعضی طول موج‌ها در دستگاه طیف‌سنج هستند.

۱۳۲۴- گزینهٔ ۴ مثلاً می‌بینیم در طیف نور خورشید طول موجی غایب است که فقط توسط سدیم جذب می‌شود و در جو زمین سدیم وجود ندارد. از این‌جا می‌فهمیم در جو خورشید سدیم وجود دارد.

۱۳۲۵- گزینهٔ ۲ وقتی الکترون در تراز $n=1$ قرار می‌گیرد، می‌گوییم در حالت پایه است. دو حالت ممکن است اتفاق افتاده باشد. حالت اول این‌که الکترون از تراز ۴ به ۳ و سپس به تراز ۱ رفته باشد و حالت دوم این‌که الکترون از تراز ۴ به ۲ و سپس به تراز ۱ رفته باشد. حالت دوم انجام نمی‌شود، چرا که در انتقال الکترون از تراز ۴ به ۲ دومین خط رشتهٔ بالمر در ناحیهٔ مرئی تابش می‌شود. با این حساب الکترون ابتدا از مدار $n=4$ به مدار $n=3$ می‌رود و اولین خط رشتهٔ پاشن را تابش می‌کند و در ادامه با انتقال از مدار $n=3$ به مدار $n=1$ دومین خط رشتهٔ لیمان را تابش می‌کند.

۱۳۲۶- گزینهٔ ۳ رشتهٔ بالمر شامل خطوط فرابنفش و ۴ خط مرئی در ناحیه‌های قرمز، آبی، نیلی و بنفش است. خطوط مرئی طول موج بلندتری دارند و به ازای مقادیر کوچک‌تر n در معادلهٔ بالمر به دست می‌آیند $(n=3,4,5,6)$. هر چه n کم‌تر طول موج بلندتر؛ پس به ازای $n=3$ بلندترین طول موج مرئی در ناحیهٔ قرمز و به ازای $n=4$، $n=5$ و $n=6$ به ترتیب طول موج خطوط آبی، نیلی و بنفش به دست می‌آیند.

نتیجه اولین خط رشتهٔ بالمر $(n=3 \rightarrow n'=2)$ بلندترین طول موج این رشته و در ناحیهٔ قرمز است.

دومین خط رشتهٔ بالمر $(n=4 \rightarrow n'=2)$ در ناحیهٔ آبی است.

سومین خط رشتهٔ بالمر $(n=5 \rightarrow n'=2)$ در ناحیهٔ نیلی است.

چهارمین خط رشتهٔ بالمر $(n=6 \rightarrow n'=2)$ کوتاه‌ترین طول موج مرئی رشتهٔ بالمر و در ناحیهٔ بنفش است.

۱۳۲۷- گزینهٔ ۱ طول موج ۶۵۶/۲ nm در ناحیهٔ قرمز است. خط قرمز بلندترین طول موج رشتهٔ بالمر است و از انتقال الکترون از تراز $n=3$ به $n'=2$ تولید می‌شود.

۱۳۲۸- گزینهٔ ۴ معمولاً طیف اتم هیدروژن را برعکس آنچه در صورت تست آمده، دیده‌ایم. بنابراین خط بنفش در سمت راست و خط قرمز در سمت چپ قرار گرفته. A خط نیلی است و از انتقال الکترون از مدار $n=5$ به مدار $n'=2$ تابش می‌شود.

۱۳۲۹- گزینهٔ ۲ شکل کلی معادلهٔ ریدبرگ مطابق روبه‌روست:

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

از مقایسهٔ این رابطه با رابطهٔ داده‌شده نتیجه می‌گیریم:

$$n'^2=9 \Rightarrow n'=3$$

$n'=3$ عدد رشتهٔ پاشن است. تمام خطوط رشتهٔ پاشن در ناحیهٔ فروسرخ‌اند.

۱۳۳۰- گزینهٔ ۴ از مقایسهٔ رابطهٔ داده‌شده با معادلهٔ ریدبرگ معلوم می‌شود $n^2=9$ و $n=3$ است. m باید کوچک‌تر از n باشد؛ پس $m=1$ یا $m=2$ است. اگر الکترون از تراز $n=3$ به تراز $m=1$ منتقل شود، یکی از خطوط لیمان در ناحیهٔ فرابنفش و اگر الکترون از تراز $n=3$ به تراز $m=2$ منتقل شود، اولین خط رشتهٔ بالمر را در ناحیهٔ مرئی تابش می‌کند.

۱۳۳۱- گزینهٔ ۳ در رشتهٔ براکت $m=4$ است؛ پس:

$$n=m+2=4+2=6$$

$$\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right)=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{16}-\frac{1}{36}\right)=\frac{1}{100}\left(\frac{36-16}{36\times16}\right)=\frac{20}{100}\left(\frac{1}{36\times16}\right)$$

$$\Rightarrow \lambda=\frac{36\times16\times10}{2}=2880\,nm=2/88\,\mu m$$

۱۳۳۲- گزینهٔ ۴ معادلهٔ بالمر و رابطهٔ ریدبرگ برای رشتهٔ بالمر یک چیز (λ) را بیان می‌کنند. مقایسهٔ آن‌ها چراغ پاسخ را روشن می‌کند!

$$\begin{cases}\lambda=B\left(\frac{n^2}{n^2-4}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda}=\frac{1}{B}\left(\frac{n^2-4}{n^2}\right)\\ \frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)=R\times\frac{n^2-4}{4n^2}\end{cases} \Rightarrow \frac{1}{B}\left(\frac{n^2-4}{n^2}\right)=R\times\left(\frac{n^2-4}{4n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{B}=\frac{R}{4} \Rightarrow BR=4$$

در رابطهٔ بالا، یکاهای B و R عکس یکدیگرند (چه در SI باشند و چه خارج SI؛ مثل nm برای B و nm^{-1} برای R).

۱۳۳۳- گزینهٔ ۴

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right) \xrightarrow{(n'=2)} \frac{1}{450}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{100}{450}=\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n^2}=\frac{1}{4}-\frac{2}{9}=\frac{9-8}{36}=\frac{1}{36} \Rightarrow n=6$$

۱۳۳۴- گزینهٔ ۱ طول موج ۱۱۲/۵ nm در ناحیهٔ فرابنفش قرار دارد. طول موج‌های فرابنفش رشتهٔ بالمر حول‌وحوش ۴۰۰ nm (نزدیک نور بنفش) و طول موج‌های فرابنفش رشتهٔ لیمان حول‌وحوش ۱۰۰ nm هستند. البته بدون دانستن این مطالب همه می‌توانید تست را جواب دهید، ولی احتمالاً در زمان طولانی‌تر!

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)\xrightarrow{(n'=1)}\frac{1}{112/5}=\frac{1}{100}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\Rightarrow 1-\frac{1}{n^2}=\frac{100}{112/5}\Rightarrow\frac{1}{n^2}=\frac{12/5}{112/5}=\frac{1}{9}\Rightarrow n^2=9\Rightarrow n=3$$

اولین خط طیفی رشتهٔ لیمان به ازای $n=2$ و دومین خط طیفی آن به ازای $n=3$ به دست می‌آید.

۱۳۳۵- گزینهٔ ۳ بهترین کار *اینه* که محدودهٔ طول موج‌های رشتهٔ بالمر را حساب کنیم.

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

$$\frac{1}{\lambda_{max}}=R\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n_{min}^2}\right)\xrightarrow{(n_{min}=3)}\frac{1}{\lambda_{max}}=0/011\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right)=\frac{11}{1000}\left(\frac{5}{36}\right)\Rightarrow\lambda_{max}=\frac{7200}{11}\simeq 650\ nm$$

$$\frac{1}{\lambda_{min}}=R\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n_{max}^2}\right)\xrightarrow{(n_{max}=\infty)}\frac{1}{\lambda_{min}}=0/011\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{\infty}\right)=\frac{11}{1000}\left(\frac{1}{4}\right)\Rightarrow\lambda_{min}=\frac{4000}{11}\simeq 360\ nm$$

پس طول موج‌های خطوط رشتهٔ بالمر در محدودهٔ تقریبی ۳۶۰ nm تا ۶۵۰ nm هستند. $\lambda_1=387/9\ nm$ در همین محدوده است. قبلاً هم گفتیم که خطوط فرابنفش رشتهٔ بالمر نزدیک ۴۰۰ nm و خطوط رشتهٔ لیمان نزدیک ۱۰۰ nm هستند. $\lambda_2=899/1\ nm$ بالاتر از λ_{max} است و در رشتهٔ پاشن واقع است.

۱۳۳۶- گزینهٔ ۳ ابتدا طول موج نور تابیده‌شده را حساب می‌کنیم: $\lambda=\frac{c}{f}=\frac{3\times10^8}{562/5\times10^{12}}=\frac{1}{178/5}\times10^{-4}\ m=\frac{10^5\times10^{-9}}{187/5}m=\left(\frac{1000}{187/5}\right)\times100\ nm$

طول موج نور در محدودهٔ نور مرئی است: $400<\left(\frac{1000}{187/5}\right)\times100<700$

پس الکترون به مدار دوم سقوط کرده است $(n'=2)$ برای اطمینان بیشتر n رو هم حساب می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda}=R_H\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)\Rightarrow\frac{0/1875}{100}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)\Rightarrow\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}=0/1875\Rightarrow\frac{1}{n^2}=0/25-0/1875\Rightarrow\frac{1}{n^2}=0/0625=\frac{1}{16}\Rightarrow n=4$$

۱۳۳۷- گزینهٔ ۳ هر چه انرژی فوتون بیشتر باشد، طول موج آن کم‌تر است. پس باید دنبال کوتاه‌ترین طول موج رشتهٔ بالمر باشیم. کوتاه‌ترین طول موج یک رشته با جای‌گذاری بیشترین مقدار n (یعنی ∞) در معادلهٔ رشتهٔ مربوط به دست می‌آید.

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)\xrightarrow{(n'=2)}\frac{1}{\lambda_{min}}=R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n_{max}^2}\right)=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{\infty}\right)\Rightarrow\lambda_{min}=400\ nm$$

۱۳۳۸- گزینهٔ ۲ پرانرژی‌ترین فوتون (همراه با کوتاه‌ترین طول موج) در طیف گسیلی اتم هیدروژن، با گذار الکترون از تراز بسیار دور $(n=\infty)$، به پایین‌ترین تراز $(n'=1)$ و طبق معادلهٔ ریدبرگ به دست می‌آید و $n'=1$ سری لیمان را یادآور می‌شود:

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)=0/01\times\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{\infty^2}\right)=\frac{1}{100}\times(1-0)=\frac{1}{100}\Rightarrow\lambda=\lambda_{min}=100\ nm$$

۱۳۳۹- گزینهٔ ۲ **گام اول:** می‌دانید که پرانرژی‌ترین فوتون (با کم‌ترین طول موج) از طیف اتم هیدروژن مربوط به رشتهٔ لیمان $(n'=1)$ و در طولانی‌ترین جهش از $n=\infty$ به $n'=1$ است؛ طبق رابطهٔ ریدبرگ برای این بخش از طیف اتم هیدروژن:

$$\frac{1}{\lambda_{min}}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)=0/01\times\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{\infty^2}\right)=0/01\times1=\frac{1}{100}\Rightarrow\lambda_{min}=100\ nm$$

گام دوم: فوتون یادشده را خیس (وارد آب) می‌کنیم! (زیروند (۱) برای خلأ و زیروند (۲) برای آب)

$$n_1\lambda_1=n_2\lambda_2\Rightarrow1\times\lambda_{min}=\frac{4}{3}\lambda'_{min}\Rightarrow\lambda'_{min}=\frac{3}{4}\lambda_{min}=\frac{3}{4}\times100=3\times25=75\ nm$$

و تغییر طول موج فوتون در آب نسبت به خلأ (منفی یعنی کاهش): $\Delta\lambda=\lambda'_{min}-\lambda_{min}=75-100=-25\ nm$

۱۳۴۰- گزینهٔ ۱ منظور از گسترهٔ طول موج‌های یک رشته، اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته است.

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

$$\frac{1}{\lambda_{min}}=R\left(1-\frac{1}{n_{max}^2}\right)\xrightarrow{(n_{max}=\infty)}\frac{1}{\lambda_{min}}=\frac{11}{1000}\left(1-\frac{1}{\infty}\right)=\frac{11}{1000}\Rightarrow\lambda_{min}=\frac{1000}{11}\ nm$$

$$\frac{1}{\lambda_{max}}=R\left(1-\frac{1}{n_{min}^2}\right)\xrightarrow{(n_{min}=2)}\frac{1}{\lambda_{max}}=\frac{11}{1000}\left(1-\frac{1}{4}\right)=\frac{33}{4000}\Rightarrow\lambda_{max}=\frac{4000}{33}\ nm$$

$$\Delta\lambda=\lambda_{max}-\lambda_{min}=\frac{4000}{33}-\frac{1000}{11}=\frac{4000-3000}{33}=\frac{1000}{33}\simeq30\ nm$$

۱۳۴۱- گزینهٔ ۴ در هر رشته، کوتاه‌ترین طول موج مربوط به بلندترین جهش از $n=\infty$ به n' و بلندترین طول موج مربوط به کوتاه‌ترین جهش از $n=n'+1$ به n' می‌باشد. بنابراین در رشتهٔ لیمان $(n'=1)$:

$$\frac{1}{\lambda_{min1}}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)=R\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{\infty^2}\right)=R\times(1-0)=R\Rightarrow\lambda_{min1}=\frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{max1}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}) = R \times (1 - \frac{1}{4}) = \frac{3}{4}R \Rightarrow \lambda_{max1} = \frac{4}{3R}$$

گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان $(n' = 1)$:

$$\Delta\lambda_1 = \lambda_{max1} - \lambda_{min1} = \frac{4}{3R} - \frac{1}{R} = \frac{4-3}{3R} = \frac{1}{3R} \quad (I)$$

در رشتهٔ بالمر $(n' = 2)$:

$$\frac{1}{\lambda_{min2}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}) = R \times (\frac{1}{4} - 0) = \frac{R}{4} \Rightarrow \lambda_{min2} = \frac{4}{R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{max2}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}) = R \times (\frac{1}{4} - \frac{1}{9}) = R \times \frac{9-4}{36} = \frac{5R}{36} \Rightarrow \lambda_{max2} = \frac{36}{5R}$$

گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ بالمر $(n' = 2)$:

$$\Delta\lambda_2 = \lambda_{max2} - \lambda_{min2} = \frac{36}{5R} - \frac{4}{R} = \frac{36-20}{5R} = \frac{16}{5R} \quad (II)$$

و نسبت خواسته‌شده به کمک رابطه‌های (I) و (II):

$$\frac{\Delta\lambda_2}{\Delta\lambda_1} = \frac{\frac{16}{5R}}{\frac{1}{3R}} = \frac{16 \times 3R}{5R \times 1} = \frac{48}{5}$$

نکته با توجه به مطالب بالا، برای هر رشتهٔ اتم هیدروژن (n'):

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

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2}) = R\left[\frac{(n'+1)^2 - n'^2}{n'^2 \times (n'+1)^2}\right] = R \times \frac{n'^2 + 2n' + 1 - n'^2}{n'^2(n'+1)^2} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{n'^2(n'+1)^2}{(2n'+1)R}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_{max} - \lambda_{min} = \frac{n'^2(n'+1)^2}{(2n'+1)R} - \frac{n'^2}{R} = \frac{n'^2}{R}[\frac{(n'+1)^2}{(2n'+1)} - 1] = \frac{n'^2}{R} \times \frac{n'^2 + 2n' + 1 + (-2n' - 1)}{(2n'+1)} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{n'^4}{(2n'+1)R}$$

راه‌حل کوتاه‌تر: به کمک رابطهٔ بالا، داریم:

$$\Delta\lambda = \frac{n'^4}{(2n'+1)R} \Rightarrow \frac{\Delta\lambda_2}{\Delta\lambda_1} = \frac{\frac{2^4}{(2\times2+1)R}}{\frac{1^4}{(2\times1+1)R}} = \frac{\frac{16}{5R}}{\frac{1}{3R}} = \frac{16\times3}{5\times1} = \frac{48}{5}$$

۱۳۴۲- گزینهٔ ۳ طول موج دومین خط در رشتهٔ بالمر $(n' = 2)$:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{(2+2)^2}] = R(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}) = R \times \frac{3}{16} \Rightarrow \lambda = \frac{16}{3R} \Rightarrow R = \frac{16}{3\lambda} \quad (I)$$

کوتاه‌ترین طول موج (با بیشترین انرژی) در رشتهٔ پاشن $(n' = 3)$ با بلندترین جهش:

$$\frac{1}{\lambda'} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2}) = R(\frac{1}{9} - 0) = \frac{R}{9} \Rightarrow \lambda' = \frac{9}{R} \xrightarrow{(I)} \lambda' = \frac{9}{\frac{16}{3\lambda}} = \frac{9\times3\lambda}{16} = \frac{27\lambda}{16} \quad (II)$$

بلندترین طول موج (با کم‌ترین انرژی) در رشتهٔ لیمان $(n' = 1)$ با کوتاه‌ترین جهش:

$$\frac{1}{\lambda''} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}) = R(1 - \frac{1}{4}) = \frac{3R}{4} \Rightarrow \lambda'' = \frac{4}{3R} \xrightarrow{(I)} \lambda'' = \frac{4}{3\times\frac{16}{3\lambda}} = \frac{4}{\frac{16}{\lambda}} = \frac{4\lambda}{16} = \frac{\lambda}{4} \quad (III)$$

اختلاف خواسته‌شده به کمک رابطه‌های (II) و (III):

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda'' = \frac{27\lambda}{16} - \frac{\lambda}{4} = \frac{27\lambda - 4\lambda}{16} = \frac{23\lambda}{16}$$

۱۳۴۳- گزینهٔ ۴ از بین ۵ رشته‌ای که در طیف اتم هیدروژن (از $n' = 1$ تا $n' = 5$) می‌شناسیم، بدون آن‌که لازم باشد نام آن‌ها را حفظ باشیم، فقط کافی است بدانیم ۳ تای آخر $(n' = 3$ تا $n' = 5)$ در محدودهٔ امواج فروسرخ هستند. بلندترین طول موج فروسرخ در رشتهٔ پفوند $(n' = 5)$ و از کوتاه‌ترین جهش (از $n = 6$ به $n' = 5$) به دست می‌آید. به کمک رابطهٔ ریدبرگ:

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2}) = R \times \frac{36-25}{25\times36} = \frac{11R}{25\times36} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{25\times36}{11R} \quad (I)$$

کوتاه‌ترین طول موج فروسرخ در رشتهٔ پاشن $(n' = 3)$ و از بلندترین جهش (از $n = \infty$ به $n' = 3$) به دست می‌آید. به کمک رابطهٔ ریدبرگ:

$$\frac{1}{\lambda_{min}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2}) = R(\frac{1}{9} - 0) = \frac{R}{9} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{9}{R} \quad (II)$$

از تقسیم دو طرف رابطه‌های (I) و (II):

$$\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}} = \frac{\frac{25\times36}{11R}}{\frac{9}{R}} = \frac{25\times36R}{9\times11R} = \frac{25\times4}{11} = \frac{100}{11}$$

۱۳۴۴- گزینه۲ **گام اول:** کوتاه‌ترین طول موج در طیف اتم هیدروژن مربوط به سری لیمان است و هنگام جابه‌جایی الکترون از تراز بی‌نهایت $(n=\infty)$ به تراز $n'=1$ تابش می‌شود؛ بنابراین:

$$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}}=R(\frac{1}{1}-\frac{1}{\infty}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}}=R(1-0) \Rightarrow \lambda_{min}=\frac{1}{R} \quad (I)$$

گام دوم: بلندترین طول موج در طیف اتم هیدروژن نیز مربوط به سری پفوند است و هنگام جابه‌جایی الکترون از تراز $n=6$ به تراز $n=5$ تابش می‌شود.

$$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}}=R(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{6^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}}=R(\frac{1}{25}-\frac{1}{36})=\frac{11R}{25\times 36} \Rightarrow \lambda_{max}=\frac{25\times 36}{11R} \quad (II)$$

گام سوم: اختلاف انرژی این دو فوتون را با استفاده از دو رابطهٔ (I) و (II) به دست می‌آوریم.

$$E_{max}-E_{min}=hf_{max}-hf_{min}=\frac{hc}{\lambda_{min}}-\frac{hc}{\lambda_{max}} \xrightarrow[(II)]{(I)} E_{max}-E_{min}=hcR-\frac{hcR\times 11}{25\times 36}=hcR(1-\frac{11}{25\times 36})$$

$$=hcR\times\frac{889}{900}\approx hcR=(hc)\times R=1240\times 0/01=12/4\ eV$$

۱۳۴۵- گزینه۱ بلندترین طول موج در هر رشته با شمارهٔ n'، با جهش کوتاه‌تر از تراز $n=n'+1$ به تراز n' همراه است. در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$:

$$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2}) \quad (I)$$

و در رشتهٔ براکت $(n'=4)$:

$$\frac{1}{\lambda'}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2}) \quad (II)$$

دومین خط رشتهٔ پاشن $(n'=3)$، با جهش از تراز $n=n'+2=3+2=5$ به تراز $n'=3$ صورت می‌گیرد. پس اگر طول موج مربوطه به آن را λ'' بنامیم:

$$\frac{1}{\lambda''}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{5^2}) \quad (III)$$

به پرانتزها در سمت راست رابطه‌های (I)، (II) و (III) دقت کنید. آیا جمع پرانتزها در دو رابطهٔ اول، به پرانتز رابطهٔ سوم نمی‌رسد؟ پس می‌نویسیم:

$$(I),(II) \Rightarrow \frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda'}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2})+R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda'}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2}+\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2})=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{5^2}) \xrightarrow{(III)} \frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda'}=\frac{1}{\lambda''} \Rightarrow \frac{\lambda'+\lambda}{\lambda\lambda'}=\frac{1}{\lambda''} \Rightarrow \lambda''=\frac{\lambda\lambda'}{\lambda+\lambda'}$$

۱۳۴۶- گزینه۴ **گام اول:** بلندترین طول موج رشتهٔ پاشن را با λ_p و هر طول موج خطوط رشتهٔ براکت را با λ_b نشان می‌دهیم.

رشتهٔ پاشن: $\frac{1}{\lambda_p}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2})=R(\frac{1}{9}-\frac{1}{16})$

رشتهٔ براکت: $\frac{1}{\lambda_b}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})=R(\frac{1}{16}-\frac{1}{n^2})$

گام دوم: حالا حساب می‌کنیم با فرض $\lambda_b=\lambda_p$، n چه‌قدر می‌شود.

$$\lambda_b=\lambda_p \Rightarrow \frac{1}{\lambda_b}=\frac{1}{\lambda_p} \Rightarrow \frac{1}{16}-\frac{1}{n^2}=\frac{1}{9}-\frac{1}{16} \Rightarrow \frac{2}{16}-\frac{1}{9}=\frac{1}{n^2}$$

$$\frac{2}{16\times 9}=\frac{1}{n^2} \Rightarrow 2n^2=16\times 9 \Rightarrow n=6\sqrt{2}=6\times 1/4=8/4$$

n نمی‌تواند اعشاری باشد پس n بین مقادیر ۸ و ۹ قرار دارد. اگر $n=8$ باشد، با انتقال به مدار $n'=4$ چهارمین خط و اگر $n=9$ باشد، با انتقال به مدار $n'=4$ پنجمین خط طیفی رشتهٔ براکت تابش می‌شود.

۱۳۴۷- گزینه۲ **گام اول:** بلندترین طول موج فوتون در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$ جابه‌جایی الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n'=3$ اتفاق می‌افتد. از طرفی کوتاه‌ترین طول موج در رشتهٔ پاشن برابر است با:

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

$$\frac{1}{\lambda_{min}}=R(\frac{1}{3^2}-0) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}}=\frac{R}{9} \Rightarrow \lambda_{min}=\frac{9}{R}=\frac{9}{0/01}=900\ nm$$

گام دوم: حالا ببینیم به ازای چه مقدار از n ممکن است طول موج از $1/01\ \lambda_{min}$ بیشتر شود.

$$\frac{1}{1/01\lambda_{min}}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{1/01\times 900}=0/01(\frac{1}{9}-\frac{1}{n^2})$$

$$\frac{1}{9/09}=\frac{1}{9}-\frac{1}{n^2} \Rightarrow \frac{1}{n^2}=\frac{1}{9}-\frac{100}{909}=\frac{1}{909} \Rightarrow n^2=909 \Rightarrow n\simeq 30/1$$

n اعشاری بی‌معنا است. پس حداکثر مقدار n برابر ۳۰ است (به ازای $n > 30$ ، $\lambda < 909\ nm$ می‌شود و در خارج از محدودهٔ عنوان‌شده قرار می‌گیرد.)

بنابراین تعداد خط‌های بین λ_{max} و $1/01\lambda_{min}$ برابر است با: تعداد خطوط $= 30 - 3 = 27$

۱۳۴۸- گزینهٔ ۴ در مدل هسته‌ای اتم (مدل رادرفورد)، مدارهای مانا تعریف نمی‌شوند؛ بنابراین اگر الکترون دور هسته ساکن باشد، به دلیل ربایش الکتریکی بارهای مثبت هسته و منفی الکترون، الکترون به طرف هسته سقوط می‌کند و اگر الکترون دور هسته بچرخد، به صورت مارپیچی روی هسته فرومی‌افتد (۱). در مدل اتمی بور، هنگامی که الکترون روی مدارهای مانا حرکت می‌کند، مستقیم یا مارپیچی روی هسته فرونمی‌افتد و حالت پایدار اتم برقرار می‌ماند (۲). پیش‌بینی طول موج‌های طیف خطی هیدروژن و اتم‌های هیدروژن‌گونه (مثل یون‌های با یک الکترون مانند Li^{2+}) کار مدل اتمی بور است نه مدل هسته‌ای اتم (۳). *غلط! بله ولی درستش اینه:* مدل اتمی بور نه می‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد و نه می‌تواند حرکت بیش از یک الکترون پایدار دور هسته را توضیح دهد. به این دلیل این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون دور هسته می‌گردد، به کار نمی‌رود؛ زیرا نیروی الکتریکی و برهم‌کنش بین الکترون‌ها با هم را در نظر نمی‌گیرد (رد ۴).

۱۳۴۹- گزینهٔ ۲ در کتاب درسی می‌خوانیم «مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند، به حساب نیامده است.» بنابراین مدل بور را نمی‌توان برای دوتریم یک بار منفی که شامل ۲ الکترون است، به کار برد.

۱۳۵۰- گزینهٔ ۳ اگر شمارهٔ مدار کوچک‌تر n و شمارهٔ مدار دیگر $n+1$ باشد، داریم:

$$\begin{cases} r_n = n^2 a_1 \\ r_{n+1} = (n+1)^2 a_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{r_{n+1}}{r_n} = \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 \Rightarrow \frac{12/5}{8} = \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 = \frac{25}{16} \Rightarrow \frac{n+1}{n} = \frac{5}{4} \Rightarrow n = 4, n+1 = 5$$

۱۳۵۱- گزینهٔ ۳ اگر شمارهٔ مدارها n و $n+1$ باشد، اختلاف شعاع دو مدار به ترتیب زیر به دست می‌آید:

$$\Delta r = r_{n+1} - r_n = (n+1)^2 a_0 - n^2 a_0 = (n^2 + 2n + 1)a_0 - n^2 a_0 = (2n+1)a_0$$

$$7/5 = (2n+1) \times 0/5 \Rightarrow 2n + 1 = 15 \Rightarrow 2n = 14 \Rightarrow n = 7, n+1 = 8$$

۱۳۵۲- گزینهٔ ۴ **گام اول:** به کمک رابطهٔ شعاع تراز nاُم در اتم هیدروژن:

$$r_n = a_0 n^2$$

$$a_0 = r_1 = (\text{مقدار ثابت}) \Rightarrow \frac{r_U}{r_L} = \left(\frac{n_U}{n_L}\right)^2 \Rightarrow \frac{r_3}{r_2} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \quad (I)$$

گام دوم: اندازهٔ نیروی الکتریکی بین پروتون هسته و الکترون در تراز nاُم و نسبت خواسته‌شده:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{ke^2}{r^2} \xrightarrow{(ke^2: \text{ثابت})} F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_3} = \left(\frac{r_3}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{(I)} \frac{F_2}{F_3} = [(\frac{3}{2})^2]^2 = (\frac{3}{2})^4$$

۱۳۵۳- گزینهٔ ۳ در مدار اول $r_1 = a_0$ و در مدار دوم $r_2 = 2^2 a_0 = 4a_0$ است. با دورشدن الکترون از هسته، انرژی الکترون افزایش می‌یابد.

۱۳۵۴- گزینهٔ ۲ با افزایش n، براساس شکل سمت چپ، اختلاف انرژی دو تراز متوالی (ΔE) کاهش و براساس شکل سمت راست، فاصلهٔ آن‌ها (Δr) افزایش می‌یابد.