

خرید کتاب های کنکور

با تخفیف ویژه

و  
ارسال رایگان

Medabook.com



مدابوک



دریافت برنامه ریزی و مشاوره

از مشاوران رتبه برتر

هوشه کنکوری آیدی نوین

۰۲۱ ۲۸۴۲۵۴





|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 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 |
| پاسخ‌نامه تشریحی                          | ۲۸۷ |
| پاسخ‌نامه کلیدی                           | ۵۴۴ |

## (۱) فیزیک جدید و فوتون

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

- ۱- نور و مکانیک نیوتونی

۲- موج و الکترومغناطیس ماکسول

۳- ترمودینامیک کارنو

}

شاخه‌های فیزیک کلاسیک

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

- ۱- نسبیت خاص: بررسی پدیده‌ها در تندی‌های نزدیک به تندی نور

۲- نسبیت عام: مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش

۳- نظریه کوانتومی: بررسی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک اتمی و زیراتمی

}

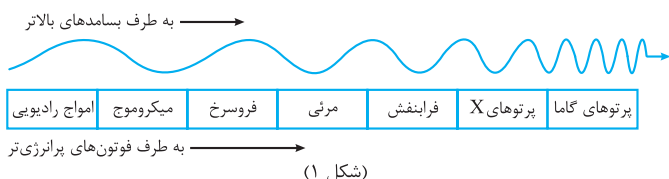
شاخه‌های فیزیک جدید

**نظریه 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 رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$E = hf \quad (\text{رابطه ۱})$$

که  $f$  بسامد نور و  $h$  ضریب ثابتی به نام «ثابت پلانک» است که مقدار آن برابر  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  است. با این حساب، اگر یک باریکه نوری شامل  $n$  فوتون مشابه باشد، انرژی آن برابر است با:

$$E = nhf$$



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

**نکته** 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** گزینه 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = hf \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{array} \right. \Rightarrow E = \frac{hv}{\lambda} \xrightarrow{(\text{در خلأ: } v=c)} E = \frac{hc}{\lambda} \quad (\text{رابطه ۲})$$

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. (رابطه ۳)

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

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

**نکته** یک فرستنده رادیویی با توان ۳۳ kW امواجی با بسامد ۲ MHz تابش می‌کند. این فرستنده در هر ثانیه چند فوتون گسیل می‌کند؟

$$(h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s})$$

$$\begin{array}{llll} 10^{28} & (1) & 10^{44} & (2) \\ 2/5 \times 10^{31} & (3) & 2/5 \times 10^{39} & (4) \end{array}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} \Rightarrow \frac{n}{t} = \frac{P}{hf} = \frac{33 \times 10^3}{(6.6 \times 10^{-34}) \times (2 \times 10^6)} = 2/5 \times 10^{31} \text{ photons/s}$$

**پاسخ** گزینه ۳



**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 رابطه  $\Delta U = q\Delta V$ ، یک ژول، برابر اندازه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q = +1C$  در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱ V است و یک الکترون‌ولت، برابر اندازه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک الکترون در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱ V است. با توجه به این که بار الکترون  $e = 1/6 \times 10^{-19} C$  است، رابطه بین eV و J به صورت روبه‌رو است:

$$q = -e \Rightarrow |\Delta U| = |e\Delta V| = 1/6 \times 10^{-19} (C) \times 1(V) = 1/6 \times 10^{-19} C.V = 1/6 \times 10^{-19} J \Rightarrow 1eV = 1/6 \times 10^{-19} J$$

**نتیجه:** برای تبدیل انرژی از الکترون‌ولت به ژول، عدد موردنظر را در  $1/6 \times 10^{-19}$  ضرب و برای تبدیل ژول به الکترون‌ولت، عدد موردنظر را بر  $1/6 \times 10^{-19}$  تقسیم می‌کنیم.

**نمونه:** ثابت پلانک برحسب eV.s برابر است با:  $h = 6/63 \times 10^{-34} J.s = 6/63 \times 10^{-34} J.s \left( \frac{1eV}{1/6 \times 10^{-19} J} \right) = 4/14 \times 10^{-15} eV.s$

**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.

**مثال:** شدت تابشی ماه در سطح زمین  $3 \times 10^{-4} W/m^2$  است. اگر شخصی به ماه نگاه کند، در هر ثانیه چه تعداد فوتون وارد چشم‌های او می‌شود؟ (قطر مردمک چشم در تاریکی ۶ mm، طول موج متوسط نور ۵۵۰ nm و  $h = 6/63 \times 10^{-34} J.s$  فرض شوند).

(برگرفته از کتاب «فیزیک جدید برای مهندسان و دانش‌پویان» نوشته «جان تیلور»)

**پاسخ:** مساحت مردمک‌های دو چشم شخص را با A نشان می‌دهیم:  $A = 2\pi R^2$   
شعاع مردمک  $R = 3 mm = 3 \times 10^{-3} m$  است.  $A = 2 \times 3/14 \times (3 \times 10^{-3})^2 = 5/65 \times 10^{-5} m^2$

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

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow 3 \times 10^{-4} = \frac{E}{(5/65 \times 10^{-5}) \times 1} \Rightarrow E = 16/95 \times 10^{-9} J$$

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

**نکته:** از دیدگاه فیزیک کلاسیک، نور موج است، شبیه موج دریا! و شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی متناسب است؛ بنابراین اگر شدت نوری با بسامد ثابت را افزایش دهیم، دامنه 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 ثابت ماندن بسامد) به معنی افزایش تعداد فوتون‌های آن است.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

### زیرشاخه‌های فیزیک

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

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

۱۲۹۲- موضوع بحث نظریه‌های نسبیت خاص و کوانتومی به ترتیب مطالعه 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

### نظریه فوتون‌پوشش

۱۲۹۳- اگر ثابت پلانک  $6/6 \times 10^{-34}$  ژول ثانیه باشد، این ضریب چند الکترون‌ولت ثانیه است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ) (سراسری ریاضی ۹۳)

- (۱)  $\frac{33}{8} \times 10^{15}$  (۲)  $\frac{8}{33} \times 10^{-15}$  (۳)  $\frac{33}{8} \times 10^{-15}$  (۴)  $\frac{8}{33} \times 10^{15}$

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 تهرانی ۸۲)

- (۱) ۵ و ۱ (۲) ۶ و ۲ (۳) ۵ و ۱ (۴) ۲ و ۶

۱۲۹۵- اتم یک فیلم عکاسی، فوتونی به طول موج  $310 \text{ nm}$  را جذب می کند و بلافاصله فوتون دیگری به طول موج  $620 \text{ nm}$  را گسیل می کند. انرژی خالصی که در این فرایند جذب اتم می شود، چند ژول است؟ ( $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ )

$$(1) 4 \times 10^{-18} \quad (2) 8 \times 10^{-18} \quad (3) 1/6 \times 10^{-19} \quad (4) 3/2 \times 10^{-19}$$

۱۲۹۶- یک الکترون با تندی چند متر بر ثانیه باید حرکت کند تا انرژی جنبشی آن با انرژی فوتونی با طول موج  $990 \text{ nm}$  برابر شود؟ (جرم الکترون  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ،  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  فرض شود.)

$$(1) \frac{2}{3} \times 10^6 \quad (2) \frac{3}{2} \times 10^6 \quad (3) \frac{\sqrt{2}}{3} \times 10^6 \quad (4) \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^6$$

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

$$(1) \text{ بنفش} \quad (2) \text{ زرد} \quad (3) \text{ آبی} \quad (4) \text{ قرمز}$$

۱۲۹۸- اگر  $hc = 1240 \text{ eV.nm}$  باشد، انرژی باریکه ای از نور با طول موج  $620 \text{ nm}$  چند ژول می تواند باشد؟

$$(1) 4 \times 10^{-19} \quad (2) 5 \times 10^{-19} \quad (3) 9/6 \times 10^{-18} \quad (4) 124 \times 10^{-19}$$

۱۲۹۹- طول موج پرتوی فرابنفشی در خلأ  $11/0$  میکرون است. انرژی وابسته به هر فوتون آن در آب، چند الکترون ولت است؟ (ثابت پلانک برابر با  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ، تندی نور در خلأ  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  و ضریب شکست آب  $4/3$  است.)

$$(1) 1/65 \quad (2) 8/4 \quad (3) 11/25 \quad (4) 15$$

۱۳۰۰- انرژی هر فوتون نور زرد  $2 \text{ eV}$  است. تعداد فوتون هایی که در  $16$  ثانیه از یک لامپ زرد  $100$  واتی گسیل می شوند، چند عدد است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

$$(1) 2 \times 10^{20} \quad (2) 2 \times 10^{21} \quad (3) 5 \times 10^{21} \quad (4) 5 \times 10^{20} \quad (\text{سراسری تهری خارج ۹۲})$$

۱۳۰۱- یک لامپ  $200$  وات، نور بنفش با طول موج  $400 \text{ nm}$  گسیل می کند. یک لامپ  $200$  واتی دیگر نور زرد با طول موج  $600 \text{ nm}$  گسیل می کند. تعداد فوتون هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می شود، چند برابر تعداد فوتون هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می شود؟

$$(1) \frac{2}{3} \quad (2) 1 \quad (3) \frac{3}{2} \quad (4) 2 \quad (\text{سراسری ریاضی ۹۸})$$

۱۳۰۲- چشم انسان در صورتی می تواند نوری با طول موج  $550 \text{ nm}$  را ببیند که این نور حداقل با آهنگ  $100$  فوتون بر ثانیه جذب شبکیه چشم شود. توان چنین نوری چند وات است؟ ( $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

(با اقتباس از کتاب «فیزیک» نوشته «دیوید هالیدی و...»)

$$(1) 3/6 \times 10^{-21} \quad (2) 3/6 \times 10^{-17} \quad (3) \frac{25}{9} \times 10^{16} \quad (4) \frac{25}{9} \times 10^{20}$$

۱۳۰۳- توان تابشی خورشید تقریباً  $4 \times 10^{26} \text{ W}$  است. خورشید با چه آهنگی فوتون تابش می کند؟ (طول موج متوسط فوتون ها  $550 \text{ nm}$  و  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  فرض شوند.)

$$(1) \frac{1}{9} \times 10^{45} \text{ فوتون در ثانیه} \quad (2) 9 \times 10^{45} \text{ فوتون در ثانیه} \quad (3) \frac{1}{54} \times 10^{45} \text{ فوتون در دقیقه} \quad (4) \frac{2}{3} \times 10^{47} \text{ فوتون در دقیقه}$$

۱۳۰۴- دو چشمه نور مرئی (۱) و (۲) در اختیار داریم. اگر توان چشمه (۲) به اندازه  $20\%$  بیشتر از توان چشمه (۱) و طول موج نور گسیلی از چشمه (۲)، به اندازه  $50\%$  بیشتر از طول موج نور گسیلی از چشمه (۱) باشد، در هر ثانیه، تعداد فوتون های گسیل شده از چشمه (۲) به اندازه ..... درصد ..... از تعداد فوتون های گسیل شده از چشمه (۱) است.

$$(1) 20 - \text{کمتر} \quad (2) 25 - \text{بیشتر} \quad (3) 44 - \text{کمتر} \quad (4) 80 - \text{بیشتر}$$

۱۳۰۵- شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین  $300 \text{ W/m}^2$  است. اگر طول موج متوسط فوتون ها  $570 \text{ nm}$  باشد، در هر ثانیه چند فوتون بر بام خانه ای به ابعاد  $11 \text{ m}$  در  $6 \text{ m}$  فرود می آید؟ ( $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

$$(1) 1/9 \times 10^{20} \quad (2) 1/9 \times 10^{22} \quad (3) 5/7 \times 10^{20} \quad (4) 5/7 \times 10^{22}$$

۱۳۰۶- شدت تابشی خورشید در سطح زمین  $300 \text{ W/m}^2$  و در خارج جو زمین  $1350 \text{ W/m}^2$  اندازه گیری می شود. تعداد فوتون هایی از نور خورشید که در هر ثانیه به  $1 \text{ m}^2$  از سطح زمین می رسند، تقریباً چه اندازه از تعداد فوتون های نور خورشید که در هر ثانیه به  $1 \text{ m}^2$  در خارج جو می رسند، کمتر است؟ ( $hc = 2 \times 10^{-25} \text{ J.m}$  و طول موج متوسط فوتون ها برابر  $500 \text{ nm}$  فرض می شود.)

$$(1) 2/4 \times 10^{20} \quad (2) 2/4 \times 10^{21} \quad (3) 2/6 \times 10^{20} \quad (4) 2/6 \times 10^{21}$$

۱۳۰۷- در سالی دو لامپ که یکی نور سبز با طول موج  $500 \text{ nm}$  و دیگری نور بنفش با طول موج  $400 \text{ nm}$  گسیل می کند، از سقف آویزان اند. اگر شدت تابشی این دو لامپ در کف سالن به ترتیب  $45 \text{ W/m}^2$  و  $30 \text{ W/m}^2$  باشد، در هر  $11$  دقیقه چه تعداد فوتون نور سبز بیشتر از فوتون نور بنفش به هر سانتی متر مربع از کف سالن برخورد می کند؟ ( $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

$$(1) 3/5 \times 10^{18} \quad (2) 7/5 \times 10^{18} \quad (3) 10^{24} \quad (4) 5 \times 10^{24}$$





۱۳۰۸- مرتبه بزرگی تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از خورشید به سطح زمین می‌رسند، کدام است؟ (شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین  $300 \text{ W/m}^2$ ، شعاع زمین  $6400 \text{ km}$ ،  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، طول موج متوسط فوتون‌ها  $570 \text{ nm}$  و  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  فرض شوند).

(۴)  $10^{38}$

(۳)  $10^{35}$

(۲)  $10^{32}$

(۱)  $10^{30}$

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  $6 \text{ cm}$  باشد، یک لامپ  $60 \text{ W}$  واتی که در تاریکی می‌درخشد، حداکثر از فاصله چند کیلومتری قابل مشاهده است؟ (طول موج متوسط فوتون  $550 \text{ nm}$ ،  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  و  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  فرض شوند).

(برگرفته از کتاب «فیزیک پدید»، نوشته «برنشتاین»، «فیشین» و «گاسیورویچ»)

(۴)  $10^3 \times \sqrt{3}$

(۳)  $10^3 \times \sqrt{5}$

(۲)  $10^6 \times \sqrt{3}$

(۱)  $10^6 \times \sqrt{5}$

۱۳۱۰- نور یک لامپ رشته‌ای با توان  $100 \text{ W}$  به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود. بازده لامپ در تابش نور مرئی ۵ درصد است و فقط یک درصد این تابش دارای طول موجی در حدود  $550 \text{ nm}$  است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در فاصله یک کیلومتری لامپ قرار دارد؟ (قطر مردمک چشم ناظر  $2 \text{ mm}$  و  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  است).

(برگرفته از مسئله‌های پایان فصل کتاب درسی)

(۴)  $10^4 \times \frac{625}{180}$

(۳)  $10^4 \times \frac{125}{18}$

(۲)  $10^5 \times \frac{25}{9}$

(۱)  $10^5 \times \frac{25}{18}$

۱۳۱۱- شدت باریکه نور قرمز رنگی بدون تغییر در بسامد نور ۲ برابر می‌شود. براساس نظریه الکترومغناطیسی ماکسول، چه اتفاقی می‌افتد؟

(۱) دامنه میدان الکتریکی نور ۲ برابر می‌شود.

(۲) دامنه میدان الکتریکی نور  $\sqrt{2}$  برابر می‌شود.

(۳) تعداد فوتون‌های نور ۲ برابر می‌شود.

(۴) تعداد فوتون‌های نور  $\sqrt{2}$  برابر می‌شود.

۱۳۱۲- شدت باریکه نور قرمز رنگی بدون تغییر در بسامد نور ۲ برابر می‌شود. براساس نظریه کوانتومی تابشی، چه اتفاقی می‌افتد؟

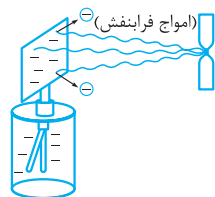
(۱) دامنه میدان الکتریکی نور ۲ برابر می‌شود.

(۲) دامنه میدان الکتریکی نور  $\sqrt{2}$  برابر می‌شود.

(۳) تعداد فوتون‌های نور ۲ برابر می‌شود.

(۴) تعداد فوتون‌های نور  $\sqrt{2}$  برابر می‌شود.

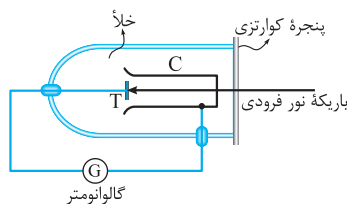
## ۲) اثر فوتوالکتریک



(شکل ۲)

**پدیده فوتوالکتریک:** به آزاد شدن الکترون‌ها از سطح یک فلز در اثر جذب امواج الکترومغناطیسی «پدیده فوتوالکتریک» و به الکترون‌های آزاد شده «فوتوالکترن» می‌گویند.

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



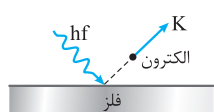
(شکل ۳)

**بررسی اثر فوتوالکتریک:** شکل (۳)، دستگاهی را نشان می‌دهد که از آن برای بررسی اثر فوتوالکتریک استفاده می‌شود. نور به صفحه فلزی T (برگرفته از Target به معنی هدف) می‌تابد. تعدادی از الکترون‌های آزاد شده جذب محفظه 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.

**تفسیر فیزیک جدید از پدیده فوتوالکتریک:** در تفسیر فیزیک جدید از پدیده فوتوالکتریک، طبق نظریه 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 خارج کردن الکترون از سطح فلز ( $W$ ) بیشتر باشد، پیوند الکترون با شبکه فلز قطع شده و الکترون با انرژی جنبشی  $K$  از سطح فلز خارج می‌شود (شکل مقابل). طبق قانون پایستگی انرژی داریم:

$$hf = W + K \quad (\text{رابطه ۴})$$



(شکل ۴)

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

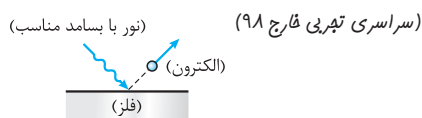
**۱- مشکل شدت:** براساس مدل موجی نور، شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج متناسب است ( $I \propto E^2$ ). بنابراین انتظار می‌رود با افزایش شدت نور (بدون تغییر بسامد آن) دامنه میدان الکتریکی نور و همراه با آن نیروی وارد بر الکترون‌ها (طبق رابطه  $F = Eq$ ) افزایش یابد و در نتیجه الکترون‌ها باید با 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. نظریه 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 نظریه کلاسیکی نور، اگر شدت نور به اندازه 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 چه قدر هم که شدت نور بالا باشد، پدیده فوتوالکتریک اتفاق نمی‌افتد. طبق نظریه 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 کفیی اثر فوتوالکتریک

۱۳۱۳- شکل روبه‌رو، مربوط به کدام پدیده فیزیکی است؟



- (۲) پرتوایی  
(۴) لیزر

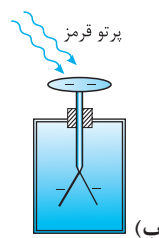
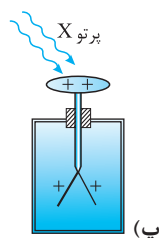
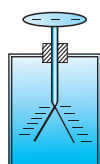
- (۱) فوتوالکتریک  
(۳) بازتاب

۱۳۱۴- در پدیده فوتوالکتریک، فوتوالکترون‌ها کدام یک از ویژگی‌های زیر را دارند؟

- (۲) در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شوند.  
(۴) در میدان الکتریکی شتاب می‌گیرند.

- (۱) در میدان الکتریکی منحرف نمی‌شوند.  
(۳) از جنس امواج الکترومغناطیسی‌اند.

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 کدام یک از شکل‌های زیر زاویه انحراف ورقه‌های همین برق‌نما کاهش می‌یابد؟



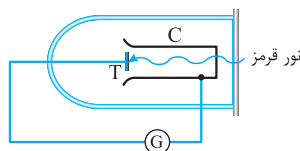
- (۴) ب و پ

- (۳) فقط پ

- (۲) الف و پ

- (۱) فقط الف

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



- (۲) تابش نور فرابنفش به جای نور قرمز  
(۴) افزایش زمان تابش نور

- (۱) افزایش شدت نور (بدون تغییر بسامد)  
(۳) تابش نور فروسرخ به جای نور قرمز

۱۳۱۷- بر سطح یک فلز معین، نوری به بسامد  $f$  و دامنه 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؟

- (ب) با نوری به بسامد  $\frac{f}{2}$  و دامنه میدان الکتریکی فرودی  $E$

- (الف) با نوری به بسامد  $f$  و دامنه میدان الکتریکی فرودی  $\frac{E}{2}$

- (ت) با نوری به بسامد  $\frac{f}{2}$  و دامنه میدان الکتریکی فرودی  $2E$

- (پ) با نوری به بسامد  $2f$  و دامنه میدان الکتریکی فرودی  $\frac{E}{2}$

- (۴) ۴

- (۳) ۳

- (۲) ۲

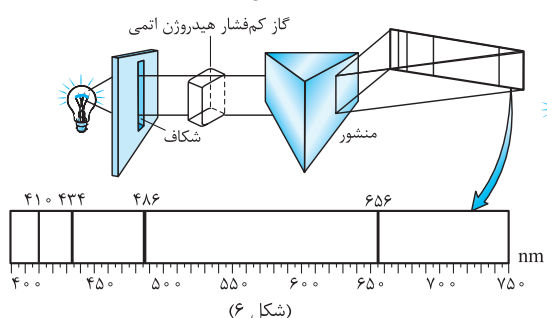
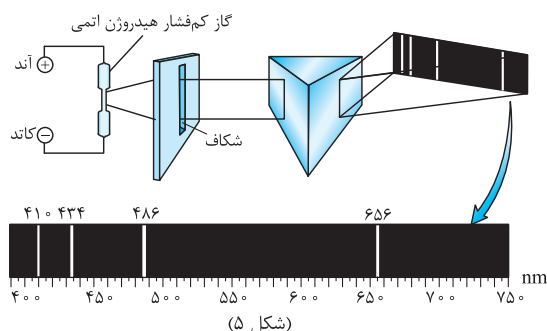
- (۱) ۱

### (۳) طیف مواد

**تابش گرمایی:** همه 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 مشخص شده در جدول (۱) باشد:

| توضیح                                                                                                                  | انواع طیف | شکل طیف                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------|
| طیف حاصل از جامدات یا مایعات ملتهب که به شکل نوار پیوسته‌ای از رنگ‌ها (طول موج‌ها) بر صفحه طیف‌نما تشکیل می‌شود.       | گسیلی     | طیف پیوسته             |
| با عبور نور سفید از شیشه رنگی، ناحیه باریکی از طیف نور سفید عبور می‌کند و بقیه طول موج‌ها توسط شیشه جذب می‌شود.        | جذبی      |                        |
| طیف حاصل از بخار رقیق هر عنصر، به شکل خطوط مجزایی بر صفحه طیف‌نما تشکیل می‌شود که به آن طیف نشری خطی می‌گوییم.         | گسیلی     | طیف خطی<br>(طیف گسسته) |
| اگر طیف نور سفید را از بخار رقیق یک عنصر عبور دهیم، بعضی از طول موج‌های نور جذب می‌شود که به آن طیف جذبی خطی می‌گوییم. | جذبی      |                        |

جدول ۱



**نمونه ۱:** در شکل (۵)، نحوه 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 تخلیه الکتریکی در گاز و تابش نور توسط اتم‌های هیدروژن می‌شود. این طیف شامل طول موج‌های مختلفی است که ۴ تای آن‌ها در ناحیه مرئی قرار دارند.

**نمونه ۲:** باریکه نور سفید یک طیف گسیلی پیوسته است که شامل همه 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 زمینه روشن پرده به چشم می‌خورد که این خطوط بیانگر طول موج‌های جذب‌شده توسط بخار هیدروژن‌اند و به «طیف جذبی خطی» معروف‌اند.

**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 منحصر به فرد 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.

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

$$\lambda = (364 / 56 \text{ nm}) \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \quad (n = 3, 4, 5, 6)$$

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

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right), (n > n') \quad (\text{رابطه ۵})$$

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

$$R = 0.01097 \text{ nm}^{-1} = 0.011 \text{ nm}^{-1}$$

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



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

**رشتهٔ خطوط طیف گسیل هیدروژن اتمی:** اگر در رابطهٔ ریذبرگ  $n' = 1$  و  $n = 2, 3, 4, \dots$  انتخاب شوند، طول موج‌های حاصل از انتقال الکترون از ترازهای بالاتر از ۱ به تراز  $n' = 1$  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 ریذبرگ مربوط                                                    | عدد خط ( $n$ )       | محدودهٔ طول موجی (nm) | گسترهٔ طول موج |
|----------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|
| لیمان    | ۱                 | $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 2, 3, 4, \dots$ | ۹۱ تا ۱۲۱             | فرابنفش        |
| بالمر    | ۲                 | $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 3, 4, 5, \dots$ | ۳۶۵ تا ۶۵۶            | فرابنفش و مرئی |
| پاشن     | ۳                 | $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 4, 5, 6, \dots$ | ۸۲۰ تا ۱۸۷۵           | فروسرخ         |
| براکت    | ۴                 | $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 5, 6, 7, \dots$ | ۱۴۵۹ تا ۴۰۵۱          | فروسرخ         |
| پفوند    | ۵                 | $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 6, 7, 8, \dots$ | 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.

**نست** 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؟ ( $R = 0.01(\text{nm})^{-1}$ )

(سراسری تهرانی ۹۱ قاجار)

$$(۲) \quad ۹۰۰ \text{ و } ۲۰۵۷. \text{ فرسرخ و فرسرخ}$$

$$(۱) \quad ۴۰۰ \text{ و } ۷۲۰. \text{ مرئی و فرسرخ}$$

$$(۴) \quad ۹۰۰۰ \text{ و } ۲۰۵۷۰. \text{ فرسرخ و فرسرخ}$$

$$(۳) \quad ۴۰۰۰ \text{ و } ۷۲۰۰. \text{ مرئی و فرسرخ}$$

**پاسخ** گزینهٔ «۲» تمام خطوط رشتهٔ پاشن در ناحیه فرسرخ هستند (با ۲ یا ۴). با توجه به نکتهٔ اخیر داریم:

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{(n_{\max}=\infty)} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.01 \times \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = 0.01 \times \left( \frac{1}{9} - 0 \right) = \frac{1}{900} \Rightarrow \lambda_{\min} = 900 \text{ nm} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{(n_{\min}=4)} \frac{1}{\lambda_{\max}} = 0.01 \times \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 0.01 \times \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) = \frac{7}{9 \times 1600} \Rightarrow \lambda_{\max} = 2057 \text{ nm} \end{array} \right.$$

**نکته ۳** چهار خط اول رشتهٔ بالمر ( $n = 3, 4, 5, 6$ ) در ناحیهٔ مرئی (و بین  $400 \text{ nm}$  تا  $700 \text{ nm}$ ) و خطوط دیگر در ناحیهٔ فرابنفش ( $\lambda < 400 \text{ nm}$ ) واقع‌اند. این را هم بد نیست به حافظهٔ خود بسپارید که خطوط فرابنفش رشتهٔ بالمر حول و حوش  $400 \text{ nm}$  و خطوط رشتهٔ لیمان حول و حوش  $100 \text{ nm}$  هستند.

**نست** بلندترین طول موج نور مرئی اتم هیدروژن چند نانومتر است؟ ( $R = 0.01(\text{nm})^{-1}$ )

(سراسری تهرانی ۹۲)

$$۸۰۰ (۴)$$

$$۷۲۰ (۳)$$

$$۵۵۰ (۲)$$

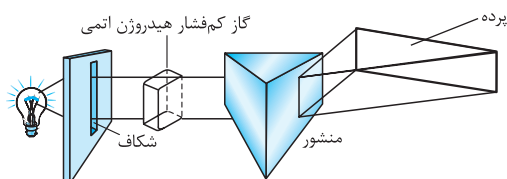
$$۴۵۰ (۱)$$

**پاسخ** گزینهٔ «۳» گفتیم با عددگذاری  $n' = 2$  و ( $n = 3$  یا  $4$  یا  $5$  یا  $6$ ) در رابطهٔ ریذبرگ، طول موج‌های مرئی اتم هیدروژن به دست می‌آیند. بلندترین

طول موج به ازای کم‌ترین مقدار  $n$  (یعنی  $n = 3$ ) حاصل می‌شود.  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 0.01 \times \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{100} \times \left( \frac{5}{36} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{3600}{5} = 720 \text{ nm}$

# پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## انواع طیف‌ها



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

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

(سراسری تهری ۸۴)

۱۳۱۹- کدام طیف اتمی در شناسایی عناصر از یکدیگر به کار می‌رود؟

- (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 گرم کردن از جامد به بخار تبدیل می‌شوند.
- (۴) هیچ عنصری

۱۳۲۱- در طیف اتمی هیدروژن چهار خط رنگی جدا از هم مشاهده می‌شود. اگر دمای چشمه تولید طیف افزایش یابد، تعداد خطوط مرئی طیف .....

و اگر طیف گسیل یافته از بخار سرد سدیم عبور کند، تعداد خطوط مرئی آن .....

- (۱) تغییر نمی‌کند - تغییر نمی‌کند.
- (۲) تغییر نمی‌کند - کاهش می‌یابد.
- (۳) کاهش می‌یابد - تغییر نمی‌کند.
- (۴) کاهش می‌یابد - 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 فرانیهوفر

۱۳۲۳- در طیف نور خورشید که به کره زمین می‌رسد، خطوط تاریکی دیده می‌شود. این خطوط نشانگر چیست؟

- (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؟

- (۱) تجزیه شیمیایی
- (۲) طیف نمایی و تجزیه شیمیایی
- (۳) مقایسه طیف نور خورشید با طیف پیوسته مواد گرم
- (۴) مقایسه 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 فرو سرخ و فرابنفش به حالت پایه می‌رود.

فوتون‌های تابش شده، (به ترتیب از راست به چپ)، کدام خط طیفی اتم هیدروژن را تشکیل می‌دهند؟

- (۱) اولین خط رشته پاشن - اولین خط رشته لیمان
- (۲) اولین خط رشته پاشن - دومین خط رشته لیمان
- (۳) دومین خط رشته بالمر - اولین خط رشته لیمان
- (۴) دومین خط رشته بالمر - دومین خط رشته لیمان

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

- (۱) ۲، ۱
- (۲) ۳، ۱
- (۳) ۲، ۴
- (۴) ۳، ۴



۱۳۲۷- شکل روبه‌رو مربوط به طیف گسیل مرئی اتم هیدروژن است. طول

موج  $656.3 \text{ nm}$  مربوط به گذار الکترون از کدام تراز به کدام تراز است؟

(امتان هماهنگ کشوری تهری 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 ناحیه 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

## رابطه ریدبرگ

۱۳۲۹- رابطه ریدبرگ مربوط به یکی از رشته‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن به صورت  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{q^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  است. خطوط این رشته در چه ناحیه‌ای از امواج الکترومغناطیسی قرار دارند؟

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

۱۳۳۰- رابطه ریدبرگ برای مجموعه‌ای از خطوط طیف گسیلی اتم هیدروژن به صورت  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  است. خطوط این مجموعه در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارند؟

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

۱۳۳۱- در رشته براکت، برای اتم هیدروژن در رابطه  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  به ازای  $n = m + 2$  طول موج گسیلی چند میکرومتر است؟ ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

- (۱)  $1/20$  (۲)  $1/40$  (۳)  $2/88$  (۴)  $5/10$  (سراسری تهرانی ۹۷)

۱۳۳۲- اگر معادله بالمر به صورت  $\lambda = B \left( \frac{n^2}{n^2 - 4} \right)$  نوشته شود، کدام رابطه بین مقدار ثابت  $B$  و ثابت ریدبرگ ( $R$ ) برقرار است؟ (یکای طول موج در همه رابطه‌ها یکسان فرض می‌شود).

- (۱)  $\frac{B}{R} = 2$  (۲)  $\frac{B}{R} = 4$  (۳)  $BR = 2$  (۴)  $BR = 4$

۱۳۳۳- در اتم هیدروژن، الکترون در تراز  $n$  قرار دارد. این الکترون با یک گذار، پرتویی در رشته بالمر گسیل داشته است. اگر طول موج این پرتو  $450 \text{ nm}$  نانومتر باشد،  $n$  کدام است؟ ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶ (سراسری ریاضی ۹۱)

۱۳۳۴- با فرض  $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  طول موج کدام خط طیفی اتم هیدروژن  $5/11 \text{ nm}$  است؟

- (۱) دومین خط رشته لیمان (۲) دومین خط رشته بالمر (۳) اولین خط رشته لیمان (۴) اولین خط رشته بالمر

۱۳۳۵- در خط‌های طیفی اتم هیدروژن، طول موج‌های  $\lambda_1 = 3879 \text{ \AA}$  و  $\lambda_2 = 8991 \text{ \AA}$  به ترتیب (از راست به چپ) در کدام رشته قرار دارند؟

- (۱) لیمان، بالمر (۲) لیمان، پاشن (۳) بالمر، پاشن (۴) بالمر، لیمان ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

۱۳۳۶- در اتم هیدروژن الکترون از مدار  $n$  به  $n'$  می‌رود و نوری با بسامد  $5/5 \text{ THz}$  تابش می‌کند.  $n$  و  $n'$  به ترتیب کدام‌اند؟

- (۱) ۲ و ۱ (۲) ۳ و ۱ (۳) ۴ و ۲ (۴) ۵ و ۳ ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ ) (سراسری ریاضی ۹۶)

۱۳۳۷- در اتم هیدروژن، طول موج پرتوی‌ترین فوتون مربوط به رشته بالمر تقریباً چند نانومتر است؟ ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۲۷۰ (۳) ۴۰۰ (۴) ۷۲۰ (سراسری تهرانی فارج ۸۶)

۱۳۳۸- در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟ ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

- (۱) ۱۰۰ و بالمر (۲) ۱۰۰ و لیمان (۳)  $\frac{4}{3}$  و بالمر (۴)  $\frac{4}{3}$  و لیمان (سراسری تهرانی ۹۸)

۱۳۳۹- اگر پرتوی‌ترین فوتون حاصل از طیف اتم هیدروژن از لوله خلأ خارج و وارد آب شود، طول موج آن در آب نسبت به طول موجش در خلأ چند نانومتر کاهش می‌یابد؟ ( $R = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  و  $n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$ )

- (۱) ۲۰ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

۱۳۴۰- با فرض  $R_H = 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  گستره طول موج‌های رشته لیمان تقریباً چند نانومتر است؟

- (۱) ۳۰ (۲) ۹۰ (۳) ۱۲۱ (۴) ۳۰۰

۱۳۴۱- در طیف اتم هیدروژن، گستره طول موج‌های رشته بالمر ( $n' = 2$ ) چند برابر گستره طول موج‌های رشته لیمان ( $n' = 1$ ) است؟

- (۱)  $\frac{12}{5}$  (۲)  $\frac{24}{5}$  (۳)  $\frac{36}{5}$  (۴)  $\frac{48}{5}$



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

$$\frac{22\lambda}{15} \quad (4) \quad \frac{23\lambda}{16} \quad (3) \quad \frac{24\lambda}{17} \quad (2) \quad \frac{25\lambda}{18} \quad (1)$$

۱۳۴۳- در ۵ رشته اولیه طیف اتم هیدروژن، بلندترین طول موج در ناحیه فروسرخ چند برابر کوتاه‌ترین طول موج در ناحیه فروسرخ است؟

$$\frac{100}{11} \quad (4) \quad \frac{175}{44} \quad (3) \quad \frac{25}{9} \quad (2) \quad \frac{175}{144} \quad (1)$$

۱۳۴۴- در ۵ رشته اولیه 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؟ ( $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ ,  $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ )

$$124 \quad (4) \quad 62 \quad (3) \quad 12/4 \quad (2) \quad 6/2 \quad (1)$$

آفر این قسمت هم چند تا سوال ویژه براتون تدارک دیده‌ایم.

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

$$\frac{2\lambda\lambda'}{\lambda' - \lambda} \quad (4) \quad \frac{2\lambda\lambda'}{\lambda + \lambda'} \quad (3) \quad \frac{\lambda\lambda'}{\lambda' - \lambda} \quad (2) \quad \frac{\lambda\lambda'}{\lambda + \lambda'} \quad (1)$$

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

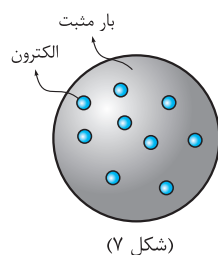
$$\text{چهارم و پنجم} \quad (4) \quad \text{دهم و یازدهم} \quad (3) \quad \text{هشتم و نهم} \quad (2) \quad \text{هفتم و هشتم} \quad (1)$$

۱۳۴۷- اگر بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج فوتون در رشته پاشن به ترتیب  $\lambda_{\max}$  و  $\lambda_{\min}$  باشد، بین  $\lambda_{\max}$  و  $1/01 \lambda_{\min}$  چند خط طیفی در این رشته وجود دارد؟ ( $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

$$37 \quad (4) \quad 36 \quad (3) \quad 27 \quad (2) \quad 26 \quad (1)$$

## ۴) مدل‌های اتمی

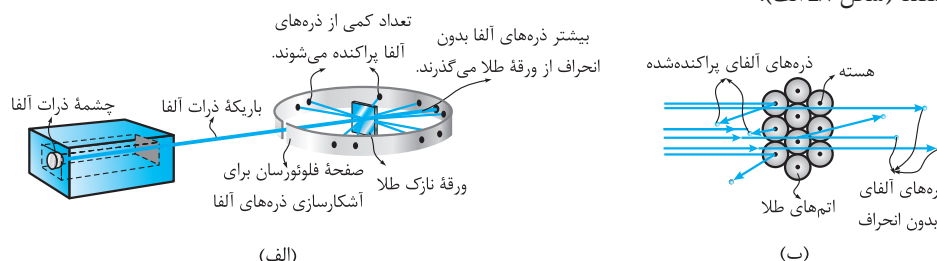
### مدل اتمی تامسون



(شکل ۷)

تامسون الکترون را کشف و نسبت بار به جرم آن را تعیین کرد و اولین مدل اتمی معتبر (معروف به مدل «کیک کشمش») 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 به خصوصی را تابش می‌کند؟»

**آزمایش رادرفورد:** رادرفورد ورقه نازکی از طلا را با ذرات آلفا بمباران کرد. ذره آلفا همان هسته 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 ۸-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 این که همه بار مثبت و بیشتر جرم آن در یک ناحیه مرکزی به نام هسته جا گرفته است و ذرات آلفایی که به هسته برخورد کرده‌اند به طور قابل ملاحظه‌ای پراکنده شده‌اند (شکل ۸-ب).





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

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

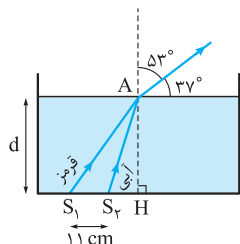
پرتوی قرمز در ضمن خروج از مایع شفاف از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می شود و بنابراین از خط عمود دور می شود، هم چنین زاویه شکست کوچک تر از  $90^\circ$  است، پس مسیر پرتوی قرمز مانند ۲ است.

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

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

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

۱۲۹۰- گزینه ۳: گام اول: زاویه تابش هر یک از دو نور قرمز و آبی به سطح مایع را با استفاده از رابطه قانون شکست اسنل به دست می آوریم؛ با فرض این که از زیروند R و B به ترتیب برای نورهای قرمز و آبی استفاده کنیم، داریم:



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

$$\frac{\sin i_B}{\sin r_B} = \frac{n_{\text{هو}}}{n_B} \Rightarrow \frac{\sin i_B}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{\frac{5}{4}} \Rightarrow \sin i_B = 0/5 \Rightarrow i_B = 30^\circ$$

گام دوم: با فرض این که d ارتفاع مایع درون ظرف باشد، با استفاده از زوایای تابش به دست آمده در گام قبل، خواسته تست را به دست می آوریم:

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

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

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

۱۲۹۱- گزینه ۳: نظریه الکترومغناطیس ماکسول زیرشاخه فیزیک کلاسیک است و در قرن نوزدهم به شکل امروزی آن تدوین شد.

۱۲۹۲- گزینه ۳: در صورت نیاز به درس نامه ۱ مراجعه بفرمایید!

۱۲۹۳- گزینه ۳: از تبدیل زنجیره ای و برابری  $1 \text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$  به جواب می رسمیم.

$$h = 6/6 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 6/6 \times 10^{-34} \text{ J.s} \left( \frac{1 \text{ eV}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) = \frac{6/6 \times 10^{-34}}{1/6 \times 10^{-19}} \text{ eV.s} = \frac{33}{8} \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 3 \Rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B \quad \text{انرژی فوتون های B، برابر انرژی فوتون های A است؛ پس:}$$

بنا بر اطلاعات تست  $\lambda_A - \lambda_B = 4 \text{ nm}$  است.  $\lambda_A = 3\lambda_B = 6 \text{ nm}$ ،  $\lambda_B = 2 \text{ nm}$ ،  $3\lambda_B - \lambda_B = 4 \Rightarrow 2\lambda_B = 4 \Rightarrow \lambda_B = 2 \text{ nm}$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E(\text{eV}) = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = \frac{1240}{310} \Rightarrow E = 4 \text{ eV} \quad \text{گام اول: ابتدا انرژی فوتون جذب شده را حساب می کنیم.}$$

$$E' = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} = \frac{1240}{620} \Rightarrow E' = 2 \text{ eV} \quad \text{گام دوم: اکنون، انرژی فوتون گسیل شده را به دست می آوریم.}$$

گام سوم: انرژی خالص جذب شده در این انتقال الکترونی، با تفاضل انرژی منتشر شده ( $E'$ ) از انرژی جذب شده ( $E$ ) 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 اندازه  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  در مقدار محاسبه شده برای  $\Delta E$  قرار دهید تا آن را برحسب یکای ژول به دست آورید:

$$\Delta E = 2 \times (1/6 \times 10^{-19}) \text{ J} \Rightarrow \Delta E = 3/2 \times 10^{-19} \text{ J}$$



## فیزیک ۲ نردبام

۱۲۹۶- گزینه ۱

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = hf \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times (6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{(9.9 \times 10^{-31}) \times (9 \times 10^{-31})}} = \sqrt{\frac{4}{9} \times 10^{12}} = \frac{2}{3} \times 10^6 \text{ m/s}$$

۱۲۹۷- گزینه ۱

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

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

۱۲۹۸- گزینه ۳

$$E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{620} = 2 \text{ eV} = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

انرژی هر فوتون برابر است با:  $(E = nE_1)$  انرژی باریکه نور (E) باید مضرب درستی از انرژی هر فوتون باشد

$$\textcircled{1} \frac{E}{E_1} = \frac{4 \times 10^{-19}}{3.2 \times 10^{-19}} = \frac{5}{4} \neq n \quad \times$$

$$\textcircled{2} \frac{E}{E_1} = \frac{5 \times 10^{-18}}{3.2 \times 10^{-19}} = \frac{125}{8} \neq n \quad \times$$

$$\textcircled{3} \frac{E}{E_1} = \frac{9 \times 10^{-18}}{3.2 \times 10^{-19}} = 30 = n \quad \checkmark$$

بالاخره به یک عدد صحیح رسیدیم! نیازی به امتحان  $\textcircled{4}$  نداریم!

۱۲۹۹- گزینه 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.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.11 \times 10^{-6}} = 1.8 \times 10^{-18} \text{ J} = \frac{1.8 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 11.25 \text{ eV}$$

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- گزینه ۳

انرژی مجموع فوتون‌هایی که در ۱۶ s از لامپ خارج می‌شوند، برابر است با:

$$E_t = Pt = 100 \times 16 = 1600 \text{ J}$$

انرژی هر فوتون نور زرد برابر است با:

$$E_1 = 2 \text{ eV} = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

حالا حساب می‌کنیم چه تعداد فوتون با انرژی  $E_1$  باید کنار هم جمع شوند تا انرژی آن‌ها ۱۶۰۰ J شود.

$$E_t = nE_1 \Rightarrow 1600 = n \times (3.2 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = 5 \times 10^{21}$$

۱۳۰۱- گزینه ۳

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

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

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

خواسته تست:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \left( \frac{n}{t} \right) \frac{hc}{\lambda} = 100 \times \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{550 \times 10^{-9}} = 3.6 \times 10^{-17} \text{ W}$$

۱۳۰۲- گزینه ۲

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} \Rightarrow \frac{n}{t} = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(4 \times 10^{26}) \times (550 \times 10^{-9})}{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)} = \frac{1}{9} \times 10^{45} \text{ photons/s}$$

۱۳۰۳- گزینه ۴

$$\frac{n}{t} = \frac{1}{9} \times 10^{45} \times 60 \text{ photons/min} = \frac{2}{3} \times 10^{47} \text{ photons/min}$$

$$P_v = P_1 + 0.2 P_1 = 1.2 P_1, \quad \lambda_v = \lambda_1 + 0.5 \lambda_1 = 1.5 \lambda_1$$

گفته شده:

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

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

$$\Rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc} \xrightarrow{(t: \text{ثابت}), (hc: \text{ثابت})} \frac{n_v}{n_1} = \left( \frac{P_v}{P_1} \right) \left( \frac{\lambda_v}{\lambda_1} \right) = \left( \frac{1.2 P_1}{P_1} \right) \left( \frac{1.5 \lambda_1}{\lambda_1} \right) = 1.2 \times 1.5 = 1.8$$

درصد خواسته شده با علامت مثبت (به معنای بیشتر بودن  $n_v$  از  $n_1$ ):

$$\frac{\Delta n}{n_1} \times 100 = \frac{n_v - n_1}{n_1} \times 100 = \left( \frac{n_v}{n_1} - 1 \right) \times 100 = (1.8 - 1) \times 100 = 0.8 \times 100 = 80\%$$



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

$$300 = \frac{E}{(1 \times 6) \times 1} \Rightarrow E = 66 \times 300 \text{ J}$$

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{(66 \times 300) \times (570 \times 10^{-9})}{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)} = 1.9 \times 10^{22}$$

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{At} \xrightarrow{(A=1 \text{ m}^2, t=1 \text{ s})} I = E$$

$$I_r - I_l = E_r - E_l \xrightarrow{(E=nhf)} I_r - I_l = n_r hf - n_l hf = (n_r - n_l) hf$$

خارج جو (۱) و سطح زمین (۲):

$\Delta n$  فوتون های جذب شده مورد نظر است. با توجه به رابطه بالا:

$$\Delta I = \Delta nhf = \Delta nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \Delta n = \frac{\Delta I \lambda}{hc} = \frac{(300 - 1350) \times (500 \times 10^{-9})}{2 \times 10^{-25}} = \frac{-1.050 \times 5 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-25}}$$

$$\Rightarrow \Delta n = -2.625 \times 10^{18} = -2.625 \times 10^{21} \approx -2.6 \times 10^{21}$$

علامت منفی کاهش تعداد فوتون های رسیده به سطح زمین را نسبت به تعداد فوتون های رسیده به خارج جو نشان می دهد.

۱۳۰۷- گزینه ۱ به ترتیب از زیروندهای G و V برای کمیت های وابسته به نور سبز و بنفش استفاده می کنیم.

گام اول: در ابتدا توان تابشی نور هر یک از دو لامپ را که به هر سانتی متر مربع از کف سالن می رسد، حساب می کنیم.

$$I_G = \frac{P_G}{A} \Rightarrow P_G = I_G A = 45 \times (1 \times 10^{-4}) = 45 \times 10^{-4} \text{ W}$$

$$I_V = \frac{P_V}{A} \Rightarrow P_V = I_V A = 30 \times (1 \times 10^{-4}) = 30 \times 10^{-4} \text{ W}$$

گام دوم: انرژی حاصل از نور هر یک از دو لامپ را که در مدت ۱۱ دقیقه به هر سانتی متر مربع از کف سالن می رسد، به دست می آوریم:

$$E_G = P_G t = (45 \times 10^{-4}) \times (11 \times 60)$$

$$E_V = P_V t = (30 \times 10^{-4}) \times (11 \times 60)$$

گام سوم: محاسبه تعداد فوتون های سبز و بنفش که به  $1 \text{ cm}^2$  از کف سالن می رسند:

$$E_G = n_G hf_G = n_G \frac{hc}{\lambda_G} \Rightarrow n_G = \frac{E_G \lambda_G}{hc} = \frac{(45 \times 10^{-4}) \times (11 \times 60) \times (500 \times 10^{-9})}{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)} = 7.5 \times 10^{18}$$

$$E_V = n_V hf_V = n_V \frac{hc}{\lambda_V} \Rightarrow n_V = \frac{E_V \lambda_V}{hc} = \frac{(30 \times 10^{-4}) \times (11 \times 60) \times (400 \times 10^{-9})}{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)} = 4 \times 10^{18}$$

$$n_G - n_V = 7.5 \times 10^{18} - 4 \times 10^{18} = 3.5 \times 10^{18}$$

۱۳۰۸- گزینه ۳ در هر لحظه تقریباً نیمی از سطح کره زمین در معرض نور خورشید و نیم دیگر پشت به خورشید است. پس مساحتی از زمین که نور خورشید

$$A = \frac{A_{\text{زمین}}}{2} = \frac{4\pi R^2}{2} = 2\pi R^2 = 2 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6)^2 \approx 6 \times 40 \times 10^{12} = 2.4 \times 10^{14} \text{ m}^2$$

را دریافت می کند برابر است با:

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow 300 = \frac{E}{(2.4 \times 10^{14}) \times 1} \Rightarrow E = 7.2 \times 10^{16} \text{ J}$$

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

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow 7.2 \times 10^{16} = \frac{n \times (6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{570 \times 10^{-9}} \Rightarrow n = \frac{7.2 \times 570 \times 10^9}{6.6 \times 3 \times 10^{-26}}$$

$$\Rightarrow n = \left( \frac{7.2 \times 570}{6.6 \times 3} \right) \times 10^{35} \approx 2 \times 10^{35} \sim 10^{35}$$

۱۳۰۹- گزینه ۳ فرض کنید لامپ حداکثر از فاصله R قابل مشاهده باشد. نور روی سطوح کروی پخش می شود

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} \quad (I)$$

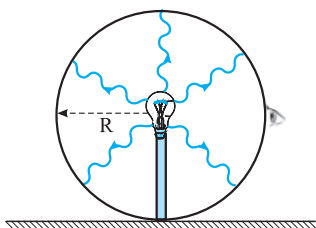
و شدت نور در فاصله R از چشمه برابر است با:

$$r = 0.3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

شعاع مردمک چشم را با r نشان می دهیم:

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

$$I = \frac{E_{\text{مردمک}}}{A_{\text{مردمک}} t} = \frac{E_{\text{مردمک}}}{(\pi r^2) t}$$





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

$$\frac{P}{4\pi R^2} = \frac{nhc}{4\pi r^2 t \lambda} \Rightarrow \frac{60}{4\pi R^2} = \frac{5 \times (6/6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{(3 \times 10^{-3})^2 \times 1 \times (550 \times 10^{-9})} \Rightarrow R^2 = \frac{60 \times 9 \times 10^{-6} \times 550 \times 10^{-8}}{4 \times 5 \times 6 / 6 \times 3 \times 10^{-26}} = 75 \times 10^{12}$$

$$\Rightarrow R = 5\sqrt{3} \times 10^6 \text{ m} = 5\sqrt{3} \times 10^3 \text{ km}$$

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

نحوه می‌توان گفت:

براساس رابطه بالا انرژی لامپ روی سطح کره‌ای (به شعاع فاصله لامپ تا چشم) پخش می‌شود و مردمک چشم به نسبت مساحت آن از این انرژی دریافت می‌کند. **گزینه ۳** - ۱۳۱۰ توان ورودی به لامپ  $P_{\text{in}} = 100 \text{ W}$  و توان مفید آن  $P_{\text{out}} = 5 \text{ W}$  است؛ یعنی در هر ثانیه  $5 \text{ J}$  انرژی تابشی در ناحیه مرئی گسیل می‌شود.

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

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

انرژی فوق بر سطح کره‌ای به شعاع  $R = 1 \text{ km}$  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،  $A_{\text{مردمک}} = 2\pi r_{\text{مردمک}}^2$  در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{E_{\text{مردمک}}}{E} = \frac{A_{\text{مردمک}}}{A} \Rightarrow \frac{E_{\text{مردمک}}}{0.5} = \frac{2\pi r_{\text{مردمک}}^2}{4\pi R^2} \xrightarrow{(r_{\text{مردمک}} = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m})} \frac{E_{\text{مردمک}}}{0.5} = \frac{2\pi \times (10^{-3})^2}{4\pi \times (10^3)^2} \Rightarrow E_{\text{مردمک}} = 25 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow 25 \times 10^{-15} = \frac{n \times 6/6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{550 \times 10^{-9}} \Rightarrow 25 \times 10^{-15} = \frac{n \times 6 \times 3 \times 10^{-19}}{5} \Rightarrow n = \frac{125}{18} \times 10^4$$

**گزینه ۳** - ۱۳۱۱ براساس فیزیک کلاسیک شدت نور با بسامد ثابت، با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است؛ پس:

$$\frac{I_r}{I_1} = \left(\frac{E_r}{E_1}\right)^2 \Rightarrow 2 = \left(\frac{E_r}{E_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_r}{E_1} = \sqrt{2}$$

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

**گزینه ۱** - ۱۳۱۳ مدال افتخار درجه 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 پدیده فوتوالکتریک).

رسم شکل سایر گزینه‌ها با شما!

**گزینه ۴** - ۱۳۱۴ فوتوالکتریک‌ها، 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. فوتوالکتریک‌ها در میدان مغناطیسی هم تحت تأثیر نیروی مغناطیسی ( $F = qvB \sin \theta$ ) قرار می‌گیرند و ممکن است منحرف شوند.

**گزینه ۱** - ۱۳۱۵ تابش نوری با بسامد کمتر (طول موج بزرگ‌تر) از نور سبز به کلاهی برق‌نما نمی‌تواند باعث آزادسازی الکترون‌های برق‌نما شود. پس نور قرمز رنگ 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.

**گزینه ۲** - ۱۳۱۶ وقتی پدیده 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.

**گزینه ۲** - ۱۳۱۷ کم‌ترین بسامد لازم نور فرودی برای ایجاد پدیده فوتوالکتریک بسامد آستانه ( $f_0$ ) است. پس در صورت تست  $f > f_0$  است. مستقل از شدت نور تابیده و در نتیجه مستقل از دامنه میدان الکتریکی فرودی  $E$ ، هر بسامدی بزرگ‌تر از  $f_0$  یا مساوی آن قطعاً از  $f_0$  هم بزرگ‌تر است ( $f' \geq f > f_0$ ) و پدیده فوتوالکتریک را راه می‌اندازد (الف و ب) و هر بسامدی کوچک‌تر از  $f_0$  وضعیت نامعلومی دارد. اگر  $\frac{f}{f_0} > 1$  باشد، مشاهده پدیده فوتوالکتریک ممکن می‌شود و اگر  $\frac{f}{f_0} < 1$  باشد، فوتوالکتریک در کار نیست؛ بنابراین، با بسامد تابیده  $\frac{f}{f_0}$  ممکن است پدیده فوتوالکتریک مشاهده نشود (ب و ت). خب (ب) و (ت) شد ۲ تا ۴ تا!

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

**گزینه ۴** - ۱۳۱۹ طیف آهن مذاب همه طول موج‌ها را دارد؛ طیف سرب مذاب هم همین‌طور؛ پس از روی طیف پیوسته 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.

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





۱۳۲۱- گزینه ۴ تعداد خطوط مرئی ۴ تاست و بیشتر نمی شود. در ضمن، طول موج های طیف گسیلی اتم هیدروژن قطعاً با سدیم فرق دارد. بخار سدیم همان طول موج هایی را جذب می کند که می تواند منتشر کند. این طول موج ها در طیف اتم هیدروژن حضور ندارند. پس سدیم هیچ یک از طول موج های مرئی هیدروژن را جذب نمی کند.

۱۳۲۲- گزینه ۴

۱۳۲۳- گزینه ۳ عناصر موجود در جو خورشید و زمین مسئول غیبت بعضی طول موج ها در دستگاه طیف سنج هستند.

۱۳۲۴- گزینه ۴ مثلاً می بینیم در طیف نور خورشید طول موجی غایب است که فقط توسط سدیم جذب می شود و در جو زمین سدیم وجود ندارد. از این جا می فهمیم در جو خورشید سدیم وجود دارد.

۱۳۲۵- گزینه ۲ وقتی الکترون در تراز  $n=1$  قرار می گیرد، می گوییم در حالت پایه است. دو حالت ممکن است اتفاق افتاده باشد. حالت اول این که الکترون از تراز ۴ به ۳ و سپس به تراز ۱ رفته باشد و حالت دوم این که الکترون از تراز ۴ به ۲ و سپس به تراز ۱ رفته باشد. حالت دوم انجام نمی شود، چرا که در انتقال الکترون از تراز ۴ به ۲ دومین خط رشته بالمر در ناحیه مرئی تابش می شود. با این حساب الکترون ابتدا از مدار  $n=4$  به مدار  $n=3$  می رود و اولین خط رشته پاشن را تابش می کند و در ادامه با انتقال از مدار  $n=3$  به مدار  $n=1$  دومین خط رشته لیمان را تابش می کند.

۱۳۲۶- گزینه ۳ رشته بالمر شامل خطوط فرابنفش و ۴ خط مرئی در ناحیه های قرمز، آبی، نیلی و بنفش است. خطوط مرئی طول موج بلندتری دارند و به ازای مقادیر کوچک تر  $n$  در معادله بالمر به دست می آیند ( $n=3, 4, 5, 6$ ). هر چه  $n$  کمتر طول موج بلندتر؛ پس به ازای  $n=3$  بلندترین طول موج مرئی در ناحیه قرمز و به ازای  $n=4, 5, 6$  به ترتیب طول موج خطوط آبی، نیلی و بنفش به دست می آیند.

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

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

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

چهارمین خط رشته بالمر ( $n=6 \rightarrow n'=2$ ) کوتاه ترین طول موج مرئی رشته بالمر و در ناحیه بنفش است.

۱۳۲۷- گزینه ۱ طول موج  $656/2 \text{ nm}$  در ناحیه قرمز است. خط قرمز بلندترین طول موج رشته بالمر است و از انتقال الکترون از تراز  $n=3$  به  $n'=2$  تولید می شود.

۱۳۲۸- گزینه ۴ معمولاً طیف اتم هیدروژن را برعکس آنچه در صورت تست آمده، دیده ایم. 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 می شود.

۱۳۲۹- گزینه ۲ شکل کلی معادله ریذبرگ مطابق روبه روست:

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

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

از مقایسه این رابطه با رابطه داده شده نتیجه می گیریم:

$n' = 3$  عدد رشته پاشن است. تمام خطوط رشته پاشن در ناحیه فرورسرخ اند.

۱۳۳۰- گزینه ۴ از مقایسه رابطه داده شده با معادله ریذبرگ معلوم می شود  $n'^2 = 9$  و  $n = 3$  است.  $m$  باید کوچک تر 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 ناحیه فرابنفش و اگر الکترون از تراز  $n = 3$  به تراز  $m = 2$  منتقل شود، اولین خط رشته بالمر را در ناحیه مرئی تابش می کند.

۱۳۳۱- گزینه ۳ در رشته براکت  $m = 4$  است؛ پس:

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

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

$$\Rightarrow \lambda = \frac{36 \times 16 \times 10}{2} = 2880 \text{ nm} = 2/88 \mu\text{m}$$

۱۳۳۲- گزینه ۴ معادله بالمر و رابطه ریذبرگ برای رشته بالمر یک چیز ( $\lambda$ ) را بیان می کنند. مقایسه آن ها چراغ پاسخ را روشن می کند!

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

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

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

۱۳۳۳- گزینه ۴

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



۱۳۳۴- گزینه ۱ طول موج  $112/5 \text{ nm}$  در ناحیه فرابنفش قرار دارد. طول موج‌های فرابنفش رشته بالمر حول و حوش  $400 \text{ nm}$  (نزدیک نور بنفش) و طول موج‌های فرابنفش رشته لیمان حول و حوش  $100 \text{ nm}$  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 رشته لیمان به ازای  $n = 2$  و دومین خط طیفی آن به ازای  $n = 3$  به دست می‌آید.

۱۳۳۵- گزینه ۳ بهترین کار این‌که محدوده طول موج‌های رشته بالمر را حساب کنیم.

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

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n_{\min}^2} \right) \xrightarrow{(n_{\min}=2)} \frac{1}{\lambda_{\max}} = 0.011 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{11}{1000} \left( \frac{5}{36} \right) \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{7200}{11} \approx 650 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n_{\max}^2} \right) \xrightarrow{(n_{\max}=\infty)} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.011 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{11}{1000} \left( \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4000}{11} \approx 360 \text{ nm}$$

پس طول موج‌های خطوط رشته بالمر در محدوده تقریبی  $360 \text{ nm}$  تا  $650 \text{ nm}$  هستند.  $\lambda_1 = 387/9 \text{ nm}$  در همین محدوده است. قبلاً هم گفتیم که خطوط فرابنفش رشته بالمر نزدیک  $400 \text{ nm}$  و خطوط رشته لیمان نزدیک  $100 \text{ nm}$  هستند.  $\lambda_2 = 899/1 \text{ nm}$  بالاتر از  $\lambda_{\max}$  است و در رشته پاشن واقع است.

۱۳۳۶- گزینه ۲ ابتدا طول موج نور تابیده‌شده را حساب می‌کنیم:  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{562/5 \times 10^{12}} = \frac{1}{178/5} \times 10^{-4} \text{ m} = \frac{10^5 \times 10^{-9}}{178/5} \text{ m} = \left( \frac{1000}{178/5} \right) \times 100 \text{ nm}$

طول موج نور در محدوده نور مرئی است:  $400 < \left( \frac{1000}{178/5} \right) \times 100 < 700$

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

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{0.0178/5}{100} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} = 0.0178/5 \Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{0.025 - 0.0178/5}{1} \Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{0.0625}{16} \Rightarrow n = 4$$

۱۳۳۷- گزینه ۲ هر چه انرژی فوتون بیشتر باشد، طول موج آن کمتر است. پس باید دنبال کوتاه‌ترین طول موج رشته بالمر باشیم. کوتاه‌ترین طول موج یک رشته با جای‌گذاری بیشترین مقدار  $n$  (یعنی  $\infty$ ) در معادله رشته مربوط به دست می‌آید.

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

۱۳۳۸- گزینه ۲ پراثری‌ترین 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 معادله ریدبرگ به دست می‌آید و  $n' = 1$  سری لیمان را یادآور می‌شود:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = 0.01 \times \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{1}{100} \times (1 - 0) = \frac{1}{100} \Rightarrow \lambda = \lambda_{\min} = 100 \text{ nm}$$

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

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = 0.01 \times \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\infty^2} \right) = 0.01 \times 1 = \frac{1}{100} \Rightarrow \lambda_{\min} = 100 \text{ nm}$$

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

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2 \Rightarrow 1 \times \lambda_{\min} = \frac{4}{3} \lambda'_{\min} \Rightarrow \lambda'_{\min} = \frac{3}{4} \lambda_{\min} = \frac{3}{4} \times 100 = 75 \text{ nm}$$

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

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

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

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

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

$$\Delta \lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \frac{4000}{33} - \frac{1000}{11} = \frac{4000 - 3000}{33} = \frac{1000}{33} \approx 30 \text{ nm}$$

۱۳۴۱- گزینه ۴ در هر رشته، کوتاه‌ترین طول موج مربوط به بلندترین جهش از  $n = \infty$  به  $n' = 1$  و بلندترین طول موج مربوط به کوتاه‌ترین جهش از

$$\frac{1}{\lambda_{\min 1}} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\infty^2} \right) = R \times (1 - 0) = R \Rightarrow \lambda_{\min 1} = \frac{1}{R} \quad (n' = 1) \text{ می‌باشد. بنابراین در رشته لیمان}$$



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

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

گستره طول موج‌های رشته لیمن ( $n' = 1$ ):

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

در رشته بالمر ( $n' = 2$ ):

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

$$\Delta \lambda_2 = \lambda_{\max 2} - \lambda_{\min 2} = \frac{36}{5R} - \frac{4}{R} = \frac{36-20}{5R} = \frac{16}{5R} \quad (II)$$

گستره طول موج‌های رشته بالمر ( $n' = 2$ ):

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

و نسبت خواسته شده به کمک رابطه‌های (I) و (II):

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

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

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

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

راه حل کوتاه تر: به کمک رابطه بالا، داریم:

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

۱۳۴۲- **گزینه ۳** طول موج دومین خط در رشته بالمر ( $n' = 2$ ):

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

کوتاه ترین طول موج (با بیشترین انرژی) در رشته پاشن ( $n' = 3$ ) با بلندترین جهش:

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

بلندترین طول موج (با کمترین انرژی) در رشته لیمن ( $n' = 1$ ) با کوتاه ترین جهش:

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

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

اختلاف خواسته شده به کمک رابطه‌های (II) و (III):

۱۳۴۳- **گزینه ۴** از بین ۵ رشته‌ای که در طیف اتم هیدروژن (از  $n' = 1$  تا  $n' = 5$ ) می‌شناسیم، بدون آن که لازم باشد نام آن‌ها را حفظ باشیم، فقط کافی است بدانیم ۳ تای آخر ( $n' = 3$  تا  $n' = 5$ ) در محدوده امواج فروسرخ هستند. بلندترین طول موج فروسرخ در رشته پفوند ( $n' = 5$ ) و از کوتاه ترین جهش (از  $n = 6$  به

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

کوتاه ترین طول موج فروسرخ در رشته پاشن ( $n' = 3$ ) و از بلندترین جهش (از  $n = \infty$  به  $n' = 3$ ) به دست می‌آید. به کمک رابطه ریدبرگ:

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

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{25 \times 36}{11R}}{\frac{9}{R}} = \frac{25 \times 36R}{9 \times 11R} = \frac{25 \times 4}{11} = \frac{100}{11}$$

از تقسیم دو طرف رابطه‌های (I) و (II):



۱۳۴۴- 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:

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

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.

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

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

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

$$= hcR \times \frac{889}{900} \approx hcR = (hc) \times R = 1240 \times 0.01 = 12.4 \text{ eV}$$

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

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

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

و در رشته براکت ( $n' = 4$ ):

دومین خط رشته 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  $\lambda''$  بنامیم:

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

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

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

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

۱۳۴۶- گام اول: بلندترین طول موج رشته پاشن را با  $\lambda_p$  و هر طول موج خطوط رشته براکت را با  $\lambda_b$  نشان می‌دهیم.

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

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

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

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

$$\frac{2}{16 \times 9} = \frac{1}{n^2} \Rightarrow 2n^2 = 16 \times 9 \Rightarrow n = 6\sqrt{2} = 6 \times 1.414 = 8.48 \approx 8.5$$

$n$  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 رشته براکت تابش می‌شود.

۱۳۴۷- گام اول: بلندترین طول موج فوتون در رشته پاشن ( $n' = 3$ ) جابه‌جایی الکترون از تراز  $n = 4$  به تراز  $n' = 3$  اتفاق می‌افتد. از طرفی

کوتاه‌ترین طول موج در رشته پاشن برابر است با:

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

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{3^2} - 0 \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{R}{9} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{9}{R} = \frac{9}{0.01} = 900 \text{ nm}$$

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

$$\frac{1}{1.01 \lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{1.01 \times 900} = 0.01 \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\frac{1}{9.09} = \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} \Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{1}{9} - \frac{1}{9.09} = \frac{1}{9.09} \Rightarrow n^2 = 9.09 \Rightarrow n \approx 3.01$$





$n$  اعشاری بی معنا است. پس حداکثر مقدار  $n$  برابر  $30$  است (به ازای  $n > 30$ ،  $\lambda < 909 \text{ nm}$  می شود و در خارج از محدوده عنوان شده قرار می گیرد).

$$27 = 30 - 3 = \text{تعداد خطوط}$$

بنابراین تعداد خطهای بین  $\lambda_{\max}$  و  $\lambda_{\min}$  برابر است با:

۱۳۴۸- گزینه ۴ در مدل هسته ای اتم (مدل رادرفورد)، مدارهای مانا تعریف نمی شوند؛ بنابراین اگر الکترون دور هسته ساکن باشد، به دلیل ربایش الکتریکی

بارهای مثبت هسته و منفی الکترون، الکترون به طرف هسته سقوط می کند و اگر الکترون دور هسته بچرخد، به صورت مارپیچی روی هسته فرومی افتد (۱).

در مدل اتمی بور، هنگامی که الکترون روی مدارهای مانا حرکت می کند، مستقیم یا مارپیچی روی هسته فرو نمی افتد و حالت پایدار اتم برقرار می ماند (۲).

پیش بینی طول موجهای طیف خطی هیدروژن و اتمهای هیدروژن گونه (مثل یونهای با یک الکترون مانند  $\text{Li}^{2+}$ ) کار مدل اتمی بور است نه مدل هسته ای اتم

(۳). فب لایه ۴ غلطه! بله ولی درستش اینه: مدل اتمی بور نه می تواند متفاوت بودن شدت خطهای طیف گسیلی را توضیح دهد و نه می تواند 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 می گردد، به کار نمی رود؛ زیرا نیروی الکتریکی

و برهم کنش بین الکترون ها با هم را در نظر نمی گیرد (رد ۴).

۱۳۴۹- گزینه ۲ در کتاب درسی می خوانیم «مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی

که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می کند، به حساب نیامده است.» بنابراین مدل بور را نمی توان برای دوتریم یک بار منفی که شامل ۲ الکترون است، به کار برد.

۱۳۵۰- گزینه ۳ اگر شماره مدار کوچک تر  $n$  و شماره مدار دیگر  $n+1$  باشد، داریم:

$$\begin{cases} r_n = n^2 a_0 \\ r_{n+1} = (n+1)^2 a_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{r_{n+1}}{r_n} = \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 \Rightarrow \frac{12/5}{8} = \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{n+1}{n}\right)^2 = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{n+1}{n} = \sqrt{\frac{3}{2}} \Rightarrow n = 4, n+1 = 5$$

۱۳۵۱- گزینه ۳ اگر شماره مدارها  $n$  و  $n+1$  باشد، اختلاف شعاع دو مدار به ترتیب زیر به دست می آید:

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

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

$$r_n = a_0 n^2$$

۱۳۵۲- گزینه ۴ گام اول: به کمک رابطه شعاع تراز  $n$ ام در اتم هیدروژن:

$$a_0 = r_1 = \left(\frac{r_U}{r_L}\right)^2 \Rightarrow \frac{r_U}{r_L} = \left(\frac{r_1}{a_0}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{r_1}{a_0}\right)^2 = \left(\frac{r_U}{r_L}\right)^2 \quad (I)$$

گام دوم: اندازه نیروی الکتریکی بین پروتون هسته و الکترون در تراز  $n$ ام و نسبت خواسته شده:

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

۱۳۵۳- گزینه ۳ در مدار اول  $r_1 = a_0$  و در مدار دوم  $r_2 = 4a_0 = 4a_0$  است. با دور شدن الکترون از هسته، انرژی الکترون افزایش می یابد.

۱۳۵۴- گزینه ۲ با افزایش  $n$  براساس شکل سمت چپ، اختلاف انرژی دو تراز متوالی ( $\Delta E$ ) کاهش و براساس شکل سمت راست، فاصله آن ها ( $\Delta r$ ) افزایش

می یابد.

