



۱- نظریه‌ی ..... مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک مانند اتم‌ها و مولکول‌ها و نظریه‌ی ..... مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در سرعت بسیار زیاد و نزدیک به سرعت نور است.

- ① نسبیت - کوانتومی      ② کوانتومی - نسبیت      ③ کوانتومی - کلاسیک      ④ کلاسیک - کوانتومی

۲- تابش گرمایی .....

- ① گسیل موج‌های الکترومغناطیسی از سطح هر جسم و فقط در دماهای بالا است.      ② گسیل موج‌های نورانی از سطح هر جسم و فقط در دماهای بالا است.  
 ③ گسیل موج‌های الکترومغناطیسی از سطح هر جسم در هر دمایی است.      ④ گسیل موج‌های گرمایی از سطح هر جسم و فقط در دماهای بالا است.

۳- پرتو نوری از شیشه وارد هوا می‌شود. انرژی فوتون‌های این پرتو نور .....

- ① ثابت خواهد ماند.      ② افزایش خواهد یافت.  
 ③ کاهش خواهد یافت.      ④ بسته به زاویه‌ی تابش پرتو، هر سه حالت ممکن است.

۴- ۱۰۰ فوتون از یک موج الکترومغناطیسی با بسامد  $f_1$ ، ۵ الکترون ولت انرژی و ۱۰ فوتون از یک موج الکترومغناطیسی دیگر با بسامد  $f_2$ ، ۱ الکترون ولت انرژی دارند. اندازه‌ی اختلاف طول موج این دو موج الکترومغناطیسی چند میکرومتر است؟ ( $h = 4 \times 10^{-15} eV \cdot s$  و  $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

- ① ۱۲      ② ۹۰      ③ ۲۴      ④ ۳۶

۵- اگر یک لامپ  $100W$  تک رنگ به طور یکنواخت در همه‌ی جهت‌ها انرژی گسیل کند، با فرض این که طول موج متناظر با فوتون‌های آن برابر با  $500nm$  و بازده‌ی این لامپ برابر با ۷۸٪ باشد، در هر ثانیه از این لامپ چند فوتون گسیل می‌شود؟

$$(h = 6.6 \times 10^{-34} J \cdot s, c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$$

- ①  $2 \times 10^{18}$       ②  $2 \times 10^{20}$       ③  $2 \times 10^{16}$       ④  $2 \times 10^{21}$

۶- شدت تابشی از یک آهن در دمای معینی برابر با  $64 \frac{\mu W}{m^2}$  است. انرژی تابشی از هر سانتی‌متر مربع آن در هر ۳۲ ثانیه چند الکترون‌ولت است؟

$$(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$$

- ①  $1.28 \times 10^{10}$       ②  $1.28 \times 10^{12}$       ③  $6.4 \times 10^{10}$       ④  $6.4 \times 10^{12}$

۷- اگر فرض کنیم شدت تابشی خورشید در نقطه‌ای روی سطح زمین برابر با  $310 W/m^2$  باشد، یک پنل خورشیدی به ابعاد  $100cm \times 200cm$  بازده‌ی ۲۰ درصد، در هر دقیقه انرژی چند فوتون را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند؟ (طول موج متوسط فوتون‌ها را  $600nm$  فرض کنید،

$$(e = 1.6 \times 10^{-19} C \text{ و } hc = 1240 eV \cdot nm)$$

- ①  $4.5 \times 10^{21}$       ②  $4.5 \times 10^{22}$       ③  $2.25 \times 10^{21}$       ④  $2.25 \times 10^{22}$

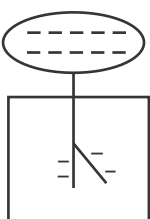
۸- مطابق شکل زیر، به الکتروسکپی بار منفی داده‌ایم. حال اگر موجی الکترومغناطیسی که بسامد آن بیش‌تر از بسامد قطع فلز کلاهی الکتروسکوپ است، به مدت نسبتاً طولانی به کلاهی تابیده شود، چه روی می‌دهد؟

① زاویه‌ی بین تیغه‌ها همواره افزایش می‌یابد.

② زاویه‌ی بین تیغه‌ها همواره کاهش می‌یابد.

③ زاویه‌ی بین تیغه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

④ زاویه‌ی بین تیغه‌ها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.





۹- کدام گزینه در مورد پدیده فوتوالکتریک نادرست است؟

- (۱) در بسامد ثابت با افزایش شدت نور تعداد فوتوالکترن‌ها افزایش خواهد یافت.  
 (۲) در بسامد ثابت با افزایش شدت نور انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها بدون تغییر می‌ماند.  
 (۳) اگر طول موج نور تابیده شده بر سطح فلز از طول موج آستانه کمتر باشد، پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.  
 (۴) بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.

۱۰- کمترین انرژی لازم برای کندن الکترون از سطح فلز نیکل برابر  $4eV$  است. به سطح فلز نیکل بار اول نوری با بسامد ۲ برابر بسامد آستانه و بار دوم نوری با بسامد  $2,44$  برابر بسامد آستانه می‌تابانیم. بیشینه تندی الکترون‌های خروجی از سطح فلز در حالت دوم چند برابر حالت اول خواهد بود؟

- (۱) ۱٫۲ (۲) ۱٫۴۴ (۳) ۰٫۷۲ (۴) ۰٫۶

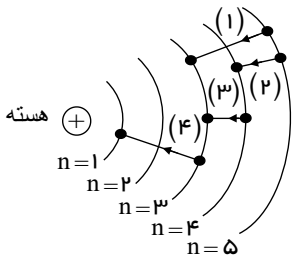
۱۱- در یک آزمایش فوتوالکتریک اگر طول موج نور فرودی به سطح فلز از  $300nm$  به  $800nm$  افزایش یابد، انرژی جنبشی سریعترین فوتوالکترن‌های گسیل‌شده از سطح فلز چگونه تغییر می‌کند؟ ( $h\nu = 1200eV \cdot nm$  و پدیده فوتوالکتریک همواره رخ می‌دهد).

- (۱)  $2,5eV$  افزایش می‌یابد. (۲)  $2,5eV$  کاهش می‌یابد. (۳)  $4eV$  افزایش می‌یابد. (۴)  $4eV$  کاهش می‌یابد.

۱۲- کدام گزینه درباره‌ی مقایسه‌ی پنج رشته‌ی لیمان، بالمر، پاشن، براکت و پفوند در اتم هیدروژن نادرست است؟

- (۱) کوتاه‌ترین طول موج گسیلی در سری لیمان قرار دارد.  
 (۲) بلندترین طول موج گسیلی در سری پفوند قرار دارد.  
 (۳) بلندترین طول موج سری لیمان از کوتاه‌ترین طول موج سری بالمر کوتاه‌تر است.  
 (۴) بلندترین طول موج سری پاشن از کوتاه‌ترین طول موج سری براکت کوتاه‌تر است.

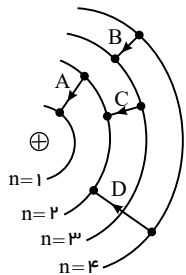
۱۳- در شکل زیر چهار گذار در اتم هیدروژن نشان داده شده است. چه تعداد از جمله‌های زیر در مورد این شکل نادرست است؟



- \* گذارهای (۱) و (۲) و (۳) در ناحیه‌ی فروسرخ قرار دارند.  
 \* گذار (۴) در ناحیه‌ی فرابنفش قرار دارد.  
 \* کم‌ترین بسامد مربوط به گذار (۲) است.  
 \* طول موج گذار (۱) بلندتر از طول موج گذار (۳) است.

- (۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

۱۴- شکل زیر ۴ گذار الکترون در اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. کدام گزینه نادرست است؟ ( $\lambda$  طول موج و  $E$  انرژی فوتون‌ها است).



- (۱)  $\lambda_A < \lambda_D < \lambda_C < \lambda_B$   
 (۲) طول موج  $B$  در ناحیه‌ی فروسرخ و  $A$  در ناحیه‌ی فرابنفش قرار دارد.  
 (۳) طول موج‌های  $C$  و  $D$  هر دو در ناحیه‌ی مرئی قرار دارند.  
 (۴)  $E_D > E_C + E_B$

۱۵- اگر کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی بالمر در پدیده‌ی فوتوالکتریک نتواند فوتوالکترونی از سطح الکتروود فلزی که در معرض تابش قرار دارد، خارج کند، کوتاه‌ترین طول موج کدام رشته‌ی زیر ممکن است بتواند این کار را انجام دهد؟

- (۱) لیمان (۲) براکت (۳) پفوند (۴) پاشن

۱۶- اگر فوتون گسیل‌شده از دهمین خط طیف اتم هیدروژن در رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) به سطح فلز  $A$  بتابد، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد. اگر فوتون گسیل‌شده از اولین خط طیف اتم هیدروژن در رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) به سطح فلز  $A$  بتابد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- (۱) پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد و انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها افزایش می‌یابد. (۲) پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد و انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها تغییر نمی‌کند.  
 (۳) پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد و انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها کاهش می‌یابد. (۴) پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.



۱۷- در اتم هیدروژن، اگر الکترون از تراز  $n$  به تراز  $n_L = 2$  برود، طول موج فوتون گسیل شده توسط آن برابر با  $720 \text{ nm}$  خواهد بود. این گسیل مربوط به سری ..... و  $n$  برابر با ..... می‌باشد.

- ① لیمان - ۳      ② بالمر - ۳      ③ لیمان - ۴      ④ بالمر - ۴

۱۸- بیشترین اختلاف طول موج‌های سری تابشی بالمر در اتم هیدروژن چند نانومتر است؟ ( $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ① ۱۰۰      ② ۱۲۰      ③ ۳۲۰      ④ ۴۰۰

۱۹- در طیف نشری اتم هیدروژن، بیشینه انرژی فوتون‌های مربوط به رشته‌ی پاشن چند برابر بیشینه انرژی فوتون‌های مربوط به رشته‌ی بالمر است؟

- ①  $\frac{1}{4}$       ② ۴      ③  $\frac{4}{9}$       ④  $\frac{9}{4}$

۲۰- نسبت بلندترین طول موج رشته‌ی براکت به کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی بالمر در طیف اتم هیدروژن، کدام است؟

- ①  $\frac{100}{9}$       ②  $\frac{20}{9}$       ③  $\frac{9}{100}$       ④  $\frac{9}{20}$

۲۱- در اتم هیدروژن بلندترین طول موج قابل رؤیت چند برابر کوچک‌ترین طول موج قابل رؤیت است؟

- ①  $\frac{6}{5}$       ②  $\frac{7}{5}$       ③  $\frac{8}{5}$       ④  $\frac{9}{5}$

۲۲- کوتاه‌ترین طول موج گسیلی از اتم هیدروژن در ناحیه‌ی فرورسرخ در سری ..... و مقدار آن برابر ..... نانومتر است.  
( $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ① پفوند -  $\frac{90000}{11}$       ② پفوند - ۲۵۰۰      ③ پاشن -  $\frac{14400}{7}$       ④ پاشن - ۹۰۰

۲۳- در اتم هیدروژن الکترون در تراز  $n = 4$  قرار دارد. بلندترین طول موجی که این اتم می‌تواند گسیل کند، چند برابر کوتاه‌ترین طول موج ممکن است؟

- ①  $\frac{135}{7}$       ②  $\frac{7}{135}$       ③  $\frac{25}{9}$       ④  $\frac{9}{25}$

۲۴- طول موج مربوط به سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته‌ی بالمر چند برابر طول موج مربوط به سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته‌ی لیمان است؟

- ①  $\frac{28}{125}$       ②  $\frac{125}{28}$       ③  $\frac{5}{32}$       ④  $\frac{32}{5}$

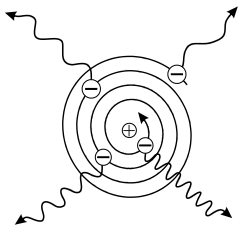
۲۵- انرژی فوتونی  $2.52 \text{ eV}$  است. این فوتون گسیلی می‌تواند مربوط به ..... در اتم هیدروژن باشد.  
( $hc = 1200 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ ,  $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ① خط سوم رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ )      ② خط پنجم رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ )      ③ خط سوم رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ )      ④ خط پنجم رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ )

۲۶- در کدام الگوی اتمی، اتم به صورت توزیع کروی یکنواختی از جرم و بار مثبت در نظر گرفته شد که الکترون‌ها درون آن قرار داشتند؟

- ① تامسون      ② بالمر      ③ رادرفورد      ④ بور

۲۷- شکل زیر براساس مدل اتم هسته‌ای رسم شده است. کدام یک از موارد زیر از این مدل نتیجه‌گیری نمی‌شود؟



① انرژی الکترون با نزدیک شدن به هسته کاهش می‌یابد.

② الکترون پس از چرخش‌های متوالی روی هسته سقوط می‌کند.

③ با نزدیک شدن الکترون به هسته، بسامد موج گسیلی از آن افزایش می‌یابد.

④ طیف اتمی، خطی یا گسسته است.

۲۸- الگوی اتمی بور قادر به توجیه کدام یک از موارد زیر نیست؟

- ① رابطه‌ی تجربی ریذبرگ      ② تعداد فوتون‌های گسیل شده با یک بسامد معین  
③ پایداری الکترون در مدار اتم هیدروژن      ④ بسامد خط‌های طیف یون‌هایی با یک الکترون



۲۹- کدام یک از موارد زیر در مورد الگوی اتمی بور صحیح است؟

- ① نمی‌تواند پایداری حرکت الکترون‌ها در مدارهای اتمی و در نتیجه پایداری اتم‌ها را توضیح دهد.  
 ② قادر به توجیه طیف گسسته اتمی نیست.  
 ③ در این الگو بور تنها از قانون‌های کوانتومی استفاده کرده است.  
 ④ این الگو هیچ اطلاعی درباره تعداد فوتون‌هایی که با یک بسامد معین گسیل می‌شوند، نمی‌دهد.

۳۰- اگر شعاع دو مدار متوالی الکترون در مدل اتمی بور در اتم هیدروژن به ترتیب برابر با  $4.5A^\circ$  و  $8.8A^\circ$  باشد، شماره‌ی این دو مدار به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

- ① ۲، ۱      ② ۳، ۲      ③ ۴، ۳      ④ ۵، ۴

۳۱- در اتم هیدروژن، اگر اختلاف شعاع دو مدار مانای متوالی، ۱۱ برابر شعاع اولین مدار آن باشد، شماره مدار بزرگتر کدام است؟

- ① ۷      ② ۶      ③ ۵      ④ ۴

۳۲- انرژی یونش برای اتم هیدروژن در حالتی که الکترون در حالت پایه است، چند برابر انرژی یونش در حالتی است که الکترون در تراز  $n = 3$  قرار دارد؟

- ① ۳      ② ۹      ③  $\frac{1}{3}$       ④  $\frac{1}{9}$

۳۳- در اتم هیدروژن الکترون با گذار از تراز  $n$  به تراز پایه، پراثری‌ترین فوتون خود با انرژی  $\frac{15}{16}E_R$  را گسیل می‌کند. انرژی لازم برای این که الکترون از تراز  $n$  به تراز  $n + 2$  برود، چند ریدبرگ است؟

- ①  $\frac{15}{16}E_R$       ②  $\frac{30}{16}E_R$       ③  $\frac{5}{144}E_R$       ④  $\frac{15}{144}E_R$

۳۴- در یک اتم هیدروژن الکترون از مدار  $n_1$  با انرژی  $1.4eV$  به مدار  $n_2$  با انرژی  $3.4eV$  منتقل شده است. طول موج فوتون گسیل شده چند نانومتر است؟

$$(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}, h = 4 \times 10^{-15} eV \cdot s)$$

- ①  $8 \times 10^{-11}$       ②  $2 \times 10^{-6}$       ③ ۶۰۰      ④ ۸۰۰

۳۵- در اتم هیدروژن الکترونی در تراز  $n = 5$  قرار دارد. اگر فوتونی با انرژی  $\frac{21}{100}$  ریدبرگ گسیل کند، شعاع مدار نهایی الکترون چند برابر شعاع مدار اولیه آن خواهد شد؟

- ①  $\frac{25}{4}$       ②  $\frac{5}{2}$       ③  $\frac{2}{5}$       ④  $\frac{4}{25}$

۳۶- به اتم هیدروژن در حالت  $n = 2$  یک فوتون با انرژی  $2.55eV$  برخورد می‌کند. شعاع مدار جدید الکترون کدام است؟ ( $E_R = 13.6eV$  و  $a_0$  شعاع کوچک‌ترین مدار اتم هیدروژن است.)

- ①  $a_0$       ②  $4a_0$       ③  $12a_0$       ④  $16a_0$

۳۷- الکترونی در اتم هیدروژن در تراز  $n = 4$  قرار دارد. نسبت بلندترین طول موج جذبی توسط این الکترون به کوتاه‌ترین طول موج گسیلی آن کدام است؟

- ①  $\frac{135}{7}$       ②  $\frac{9}{7}$       ③  $\frac{125}{3}$       ④  $\frac{7}{9}$

۳۸- الکترون در اتم هیدروژن در تراز  $n = 3$  است، اگر الکترون به مداری برود که شعاع آن  $\frac{1}{9}$  شعاع مدار اولیه است، طول موج تابش شده چند نانومتر است؟ ( $R = 0.1nm^{-1}$ )

- ① ۲۲۵      ② ۷۲۰      ③ ۹۰۰      ④ ۱۱۲.۵



۳۹- در اتم هیدروژن، الکترون در مدار  $n$ م قرار دارد و فاصله الکترون تا مدار بالایی  $\frac{9}{v}$  فاصله آن تا مدار پایینی آن است. اگر این الکترون موجی از سری لیمان تابش کند، طول موج آن چند نانومتر است؟ ( $R = 0.1 \text{ nm}^{-1}$ )

- ①  $\frac{320}{3}$       ②  $\frac{1600}{3}$       ③  $\frac{225}{3}$       ④  $\frac{625}{6}$

۴۰- بلندترین طول موج رشته‌ی بالمر مربوط به اتم هیدروژن تقریباً چند نانومتر است؟ ( $E_R = 13.6 \text{ eV}$ ,  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ ,  $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ )

- ① ۳۶۷      ② ۶۳۵      ③ ۷۴۵      ④ ۱۲۰

۴۱- رابطه‌ی انرژی فوتونی که در اثر گذار الکترون از تراز انرژی بالا به تراز انرژی پایین ایجاد می‌شود، به صورت  $E = A \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  می‌باشد. در این رابطه،  $A$  کدام است؟ ( $h, R_H, c$  به ترتیب بیانگر ثابت ریذبرگ ثابت پلانک و سرعت نور در خلأ می‌باشد.)

- ①  $R_H$       ②  $\frac{R_H}{hc}$       ③  $R_H hc$       ④  $\frac{R_H c}{h}$

۴۲- یک اتم هیدروژن در حالت  $n = 6$  قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود ..... نوع فوتون و اگر گذار به تراز مجاور مجاز باشد، ..... نوع فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل می‌کند.

- ① ۵، ۱۵      ② ۱۵، ۱۵      ③ ۵، ۵      ④ ۴، ۱۲

۴۳- در یک اتم هیدروژن، الکترون در تراز  $n$  قرار دارد. اگر الکترون به حالت پایه برود، با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، ۱۵ نوع فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل می‌شود.  $n$  کدام است؟

- ① ۵      ② ۶      ③ ۴      ④ ۷

۴۴- الکترونی در یک اتم هیدروژن در حالت مجاز  $n = 6$  قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، به ترتیب از راست به چپ، چند فوتون در ناحیه‌ی فرورسرخ و چند فوتون در ناحیه‌ی فرابنفش گسیل می‌شود؟

- ① ۵ و ۶      ② ۹ و ۶      ③ ۵ و ۵      ④ ۹ و ۵

۴۵- یک الکترون در اتم هیدروژن با دریافت نور تک‌رنگی با طول موج  $100 \text{ nm}$  برانگیخته شده و از حالت پایه به مدار دیگر می‌رود. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه بازگردد، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی‌های متفاوت وجود دارد؟ ( $hc = 1200 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ )

- ① ۱      ② ۳      ③ ۶      ④ ۲

۴۶- دانشمندان برای شناسایی عناصر، از طیف آن‌ها در حالت گازی ..... و تحت ولتاژ ..... استفاده می‌کنند.

- ① رقیق - بالا      ② رقیق - پایین      ③ غلیظ - بالا      ④ غلیظ - پایین

۴۷- عناصر در حالت گازی دارای طیف جذبی ..... و طیف نشری ..... می‌باشند.

- ① پیوسته - پیوسته      ② خطی - پیوسته      ③ پیوسته - خطی      ④ خطی - خطی

۴۸- در کدام یک از گزینه‌های زیر، طیف تابشی، به صورت پیوسته نیست؟

- ① آهن مذاب      ② زغال ملتهب      ③ لامپ رشته‌ای روشن      ④ لامپ جیوه‌ای

۴۹- نور سفید پس از عبور از یک گاز گرم وارد یک طیف‌نما می‌شود. طیف حاصل کدام است؟

- ① نشری خطی      ② نشری پیوسته      ③ جذبی خطی      ④ جذبی پیوسته

۵۰- طیف حاصل از تابش گرمایی یک سطح جامد ..... طیف حاصل از بخار هر عنصر ..... است.

- ① همانند - پیوسته      ② همانند - گسسته      ③ برخلاف - پیوسته      ④ برخلاف - گسسته



۵۱ - چه تعداد از جملات زیر درست است؟

- (آ) اتم‌های هر گاز دقیقاً طول موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که در صورت برانگیختگی تابش می‌کنند.  
 (ب) طیف گسیلی و جذبی دو نوع گاز می‌توانند همانند یکدیگر باشند.  
 (پ) مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود.  
 (ت) بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در دماهای معمولی در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارد.

۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۵۲ - کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) طیف گسیلی هیچ دو عنصر مختلفی یکسان نمی‌باشد.  
 (۲) فیزیک کلاسیک قادر به توجیه گسیل و جذب نور توسط اتم‌های یک عنصر است.  
 (۳) طیف گسیلی یک عنصر یک طیف پیوسته می‌باشد.  
 (۴) طیف جذبی یک عنصر فاقد خط‌های مربوط به طول موج‌هایی است که در طیف گسیلی وجود دارد.

۵۳ - کدام جمله‌ی زیر صحیح است؟

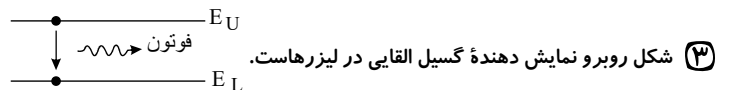
- (۱) جذب و گسیل نور توسط اتم از دیدگاه فیزیک کلاسیک قابل توجیه نمی‌باشد.      (۲) طیف حاصل از نور گسیلی اتم‌های بخار جیوه، یک طیف پیوسته است.  
 (۳) طیف حاصل از نور خورشید که به زمین می‌رسد، طیف نشری نام دارد.      (۴) الگوی اتم رادرفورد قادر به توجیه طیف گسسته‌ی اتمی نیست.

۵۴ - کدام یک از گزینه‌های زیر جزء ویژگی‌های گسیل القایی نمی‌باشد؟

- (۱) فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا هم‌فاز است.  
 (۲) تعداد فوتون‌های خروجی در محیط لیزری افزایش می‌یابد و در نتیجه نور لیزر تقویت می‌شود.  
 (۳) فوتون‌های گسیل شده در محیط لیزری در همان جهت فوتون‌های ورودی حرکت می‌کنند.  
 (۴) انرژی لازم برای برانگیخته شدن الکترون‌ها به تراز پایین‌تر از طریق تخلیهٔ ولتاژهای بالا و درخش‌های شدید نور معمولی انجام می‌گیرد.

۵۵ - کدام یک از عبارات‌های زیر در مورد لیزرها نادرست است؟

- (۱) هر چه الکترون‌ها بتوانند در تراز شبه پایدار مدت زمان بیش‌تری باقی بمانند نور تقویت شده‌تری از لیزر خارج می‌شود.  
 (۲) همهٔ پرتوهای نوری که از یک لامپ رشته‌ای ساطع می‌شوند هم‌فاز نیستند در صورتی که پرتوهای نوری که از یک لیزر ساطع می‌شوند همگی هم‌فازند.



(۴) الکترون‌ها در حالت وارونی جمعیت نسبت به حالت برانگیختهٔ معمولی می‌توانند مدت زمان طولانی‌تری در تراز بالا بمانند.

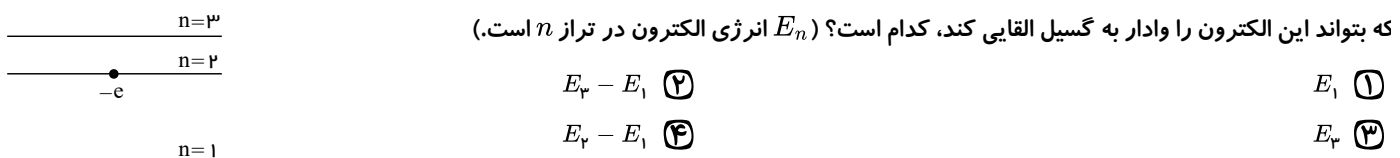
۵۶ - کدام یک از جملات زیر در مورد پرتو لیزر نادرست است؟

- (۱) این برهم‌کنش از نوع گسیل القایی است.  
 (۲) در این برهم‌کنش فوتون‌های هم‌فاز، هم‌جهت و هم‌انرژی ایجاد می‌شود.  
 (۳) با سرعتی کم‌تر از سرعت نور در خلأ منتشر می‌شوند.  
 (۴) معادله‌ی این برهم‌کنش به صورت  $(۲ \text{ فوتون} + \text{اتم} \Rightarrow \text{فوتون} + * \text{اتم})$  است که در آن \* نشانه‌ی برانگیخته است.

۵۷ - کدام یک از برهم‌کنش‌های زیر بیانگر یک گسیل القایی است؟

- (۱)  $\text{اتم}^* \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}$       (۲)  $\text{فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{اتم}^*$       (۳)  $\text{فوتون}^* + \text{اتم} \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}$       (۴)  $۲ \text{ فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}^*$

۵۸ - نمودار ترازهای انرژی در یک اتم تک الکترونی مطابق شکل زیر است. اگر الکترون در ابتدا در تراز  $n = ۲$  قرار داشته باشد، انرژی فوتون ورودی





۵۹- در شکل زیر، ترازهای انرژی در یک اتم هیدروژن رسم شده است. اگر فوتونی با انرژی  $1.9\text{eV}$  به این اتم بتابد، الکترون چه رفتاری ممکن است

نشان دهد؟

$$E_0 = 0 \text{ eV}$$

$$E_4 = -0.85 \text{ eV}$$

$$E_3 = -1.5 \text{ eV}$$

$$E_2 = -3.4 \text{ eV}$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

۱) با جذب فوتون به مدار  $n = 2$  می‌رود.

۲) با جذب فوتون به مدار  $n = 4$  می‌رود.

۳) با گسیل القایی به مدار  $n = 2$  می‌رود.

۴) این فوتون نمی‌تواند با اتم برهم‌کنشی داشته باشد.



## پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۲ نظریه‌ی نسبیت مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در سرعت‌های بسیار زیاد و نزدیک به سرعت نور و نظریه‌ی کوانتومی مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک مانند مولکول‌ها، اتم‌ها و ذره‌های ریزی که اتم‌ها را می‌سازند، است.

۲ - گزینه ۳ از سطح جسم‌ها در هر دمایی به غیر از صفر مطلق، موج‌های الکترومغناطیسی گسیل می‌شود که به این پدیده تابش گرمایی گفته می‌شود.

۳ - گزینه ۱ انرژی فوتون متناسب با بسامد نور است. با تغییر محیط پرتو نور، بسامد آن تغییری نخواهد کرد، در نتیجه انرژی فوتون‌ها ثابت خواهد ماند.

۴ - گزینه ۱ انرژی امواج الکترومغناطیسی از طریق فرمول زیر به دست می‌آید.

$$E = nhf \rightarrow E = \frac{nhc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{nhc}{E}$$

در نتیجه  $\lambda$  را می‌توان بدست آورد.

با جایگذاری داریم:

$$\lambda_1 = \frac{1.0 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{1.0 \times 10^{-18}} = 3 \times 10^{-6} m = 3 \mu m$$

$$\lambda_2 = \frac{1.0 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{2.0 \times 10^{-18}} = 1.5 \times 10^{-6} m = 1.5 \mu m$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 3 - 1.5 = 1.5 \mu m$$

۵ - گزینه ۲ با توجه به مفهوم توان و بازده ابتدا انرژی گسیل شده از لامپ را در هر ثانیه به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{E_{کل}}{t} \Rightarrow 100 = \frac{E_{کل}}{1} \Rightarrow E_{کل} = 100 J$$

$$Ra = \frac{E_{مفید}}{E_{کل}} \times 100 \Rightarrow 78 = \frac{E_{مفید}}{100} \times 100 \Rightarrow E_{مفید} = 78 J$$

انرژی گسیل شده از لامپ از جنس امواج الکترومغناطیس است، بنابراین می‌توان گفت:

$$E_{مفید} = nhf = n \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow 78 = n \times \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}}$$

$$\Rightarrow n = \frac{78 \times 500 \times 10^{-9}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} \Rightarrow n = 2 \times 10^{20}$$

$$\Rightarrow 64 \times 10^{-6} = \frac{E}{(1 \times 10^{-4}) \times 32} \Rightarrow E = 64 \times 32 \times 10^{-10} J$$

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \quad \text{گزینه ۲ شدت تابشی از رابطه مقابل به دست می‌آید:}$$

برای تبدیل ژول به الکترون ولت داریم:

$$1 eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

$$E = \frac{64 \times 32 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{128 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 128 \times 10^{10} = 1.28 \times 10^{12} eV$$

۷ - گزینه ۴ از رابطه بازده (راندمان) کمک می‌گیریم:

$$Ra = \frac{\text{انرژی مفید}}{\text{انرژی کل}} \times 100$$

که در این تست: انرژی کل = انرژی حاصل از تابش  
انرژی مفید = انرژی تعدادی فوتون بنابراین:

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow E = AIt \quad \text{شدت تابش}$$

$$Ra = \frac{\frac{nhc}{\lambda}}{IAt} \times 100$$

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \quad \text{فوتون‌ها}$$

$$\Rightarrow 20 = \frac{\frac{n \times 1240}{600} \times 1.6 \times 10^{-19}}{310 \times 200 \times 100 \times 10^{-4} \times 60} \times 100 \Rightarrow n = 2.25 \times 10^{22} \quad \text{فوتون}$$

تبدیل  $ev$  به  $J$       تبدیل  $cm^2$  به  $m^2$





۸ - گزینه ۴ چون بسامد نور تابشی به کلاهیک الکتروسکوپ بیش تر از بسامد قطع آن است، اثر فوتوالکتریک رخ داده و در اثر تابش نور به کلاهیک الکتروسکوپ از آن فوتو الکترون جدا می شود. در اثر کنده شدن الکترون ها از سطح فلز، ابتدا بار منفی الکتروسکوپ کاهش یافته در نتیجه زاویه بین تیغه ها نیز کاهش می یابد تا این که تیغه ها بدون بار شده و بسته می شوند. در ادامه تابش موج الکترومغناطیسی با جدا شدن الکترون از الکتروسکوپ خنثی، الکتروسکوپ دارای بار مثبت شده و زاویه بین تیغه ها دوباره افزایش می یابد.

۹ - گزینه ۳ گزینه ۳ نادرست است. زیرا اگر طول موج از طول موج آستانه کمتر باشد انرژی بیشتری دارد، پس پدیده فوتوالکتریک حتما رخ می دهد.

۱۰ - گزینه ۱ کمترین انرژی لازم جهت کندن الکترون همان انرژی فوتون به ازای بسامد آستانه است. پس:

$$eV = hf \Rightarrow f = \frac{eV}{h} \xrightarrow{\text{از طرفی}} f = \frac{W_0}{h} = \frac{eV}{h} \Rightarrow W_0 = eV$$

طبق رابطه  $K_{\max} = hf - W_0$ ، برای هر دو حالت داریم:

$$K_{\max} = hf - W_0 \xrightarrow{f = \frac{eV}{h}} K_{\max} = h \times \frac{eV}{h} - eV = eV$$

$$K_{\max} = hf - W_0 \xrightarrow{f = \frac{9.76}{h}} K_{\max} = h \times \frac{9.76}{h} - eV = 5.76eV$$

سؤال نسبت بیشتری تندی رو خواسته که طبق رابطه  $K = r_p mv^2$  داریم:

$$\frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{5.76}{eV} = 1.44 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 1.2$$

۱۱ - گزینه ۲ با استفاده از معادله فوتوالکتریک، داریم:

$$K_{\max} = hf - W_0 \Rightarrow (K_{\max})_2 - (K_{\max})_1 = h(f_2 - f_1) \Rightarrow (K_{\max})_2 - (K_{\max})_1 = hc\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)$$

$$(K_{\max})_2 - (K_{\max})_1 = 1200 \times \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{300}\right) = -2.5eV$$

بنابراین انرژی جنبشی سریعترین فوتوالکترئون ها ۲.۵eV کاهش خواهد یافت.

۱۲ - گزینه ۴ می دانیم در اتم هیدروژن بنا بر رابطه ریذبرگ - بالمر در هر رشته به ازای  $n_U = n_L + 1$  بلندترین طول موج و به ازای  $n = \infty$  کوتاه ترین طول موج به دست می آید. در

این سؤال گزینه ی (۴) گزینه ی نادرستی است و علت آن عبارت است از:

$$\frac{1}{(\lambda_{\max})_{\text{پاشن}}} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{(\lambda_{\max})_{\text{پاشن}}} = \frac{7R}{9 \times 16} \Rightarrow (\lambda_{\max})_{\text{پاشن}} = \frac{9 \times 16}{7R}$$

$$\frac{1}{(\lambda_{\min})_{\text{براکت}}} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{(\lambda_{\min})_{\text{براکت}}} = \frac{R}{16} \Rightarrow (\lambda_{\min})_{\text{براکت}} = \frac{16}{R}$$

$$\Rightarrow (\lambda_{\max})_{\text{پاشن}} > (\lambda_{\min})_{\text{براکت}}$$

۱۳ - گزینه ۲ گذار (۱) و (۳) مربوط به سری پاشن و گذار (۲) مربوط به سری براکت می باشد که هر سه در ناحیه ی فروسرخ قرار دارند. پس جمله ی اول صحیح است.

گذار (۴) مربوط به سری لیمان است که در ناحیه ی فرابنفش قرار دارد پس جمله ی دوم صحیح است.

گذار (۲) مربوط به سری براکت است که بلندترین طول موج و کمترین بسامد را دارد. پس جمله ی سوم صحیح است.

گذار (۱)  $\leftarrow (n' = 3, n = 5)$  و گذار (۳)  $\leftarrow (n' = 3, n = 4)$  که تغییر انرژی در گذار (۱) بیش تر است. بنابراین فوتونی با انرژی بیش تر و طول موج کوتاه تر گسیل می شود؛ بنابراین گذار

(۱) نسبت به گذار (۳) طول موج کوتاه تری دارد، پس جمله ی چهارم نادرست است.

۱۴ - گزینه ۴ بررسی گزینه ها:

گزینه ۱: درست است. می دانیم بنابر الگوی اتمی بور الکترون زمانی که از تراز بالاتر  $n$  به تراز پایین تر  $n'$  سقوط می کند از خود فوتونی با انرژی  $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$  گسیل می کند. چون:

$$E_A > E_D > E_C > E_B \Rightarrow \lambda_A < \lambda_D < \lambda_C < \lambda_B$$

گزینه ۲: درست است. طول موج  $B$  مربوط به رشته پاشن ( $n' = 3$ ) که در ناحیه فروسرخ و طول موج  $A$  مربوط به رشته لیمان ( $n' = 1$ ) که در ناحیه فرابنفش قرار دارد.

گزینه ۳: درست است. چرا که طول موج های  $C$  و  $D$  مربوط به رشته بالمر ( $n' = 2$ ) است که در ناحیه مرئی قرار دارند

گزینه ۴: نادرست است. زیرا:

$$\left. \begin{aligned} E_B + E_C &= \left(-\frac{E_R}{16} - \left(-\frac{E_R}{9}\right)\right) + \left(-\frac{E_R}{9} - \left(-\frac{E_R}{4}\right)\right) = \frac{3}{16}E_R \\ E_D &= -\frac{E_R}{16} - \left(-\frac{E_R}{4}\right) = \frac{3}{16}E_R \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_D = E_B + E_C$$

۱۵ - گزینه ۱ کوتاه ترین طول موج (پرانرژی ترین فوتون) رشته ی بالمر در محدوده ی امواج فرابنفش قرار دارد ( $\lambda_{\min} = \frac{4}{R_H}$ )، چون، این فوتون نمی تواند الکترونی از سطح فلز مورد نظر جدا

کند، باید از فوتون های پرانرژی تر استفاده شود. بنابراین ممکن است کوتاه ترین طول موج (پرانرژی ترین فوتون) رشته ی لیمان ( $\lambda_{\min} = \frac{1}{R_H}$ ) بتواند الکترون را از سطح فلز مورد نظر جدا کند.

۱۶ - گزینه ۱ می دانیم کوتاه ترین طول موج رشته بالمر از بلندترین طول موج رشته لیمان، بلندتر است. یعنی همواره هر گذاری در رشته بالمر فوتونی با انرژی کمتری نسبت به گذارهای لیمان

ارد. بنابراین در این تست چون با تابش فوتون سری بالمر پدیده فوتوالکتریک رخ داده است، پس با تابش فوتون سری لیمان پدیده به طور قطع رخ می دهد و چون انرژی فوتون بیشتر شده، انرژی جنبشی فوتوالکترئون ها نیز افزایش می یابد.

۱۱ - گزینه ۲ تراز  $n' = 2$  مربوط به رشته بالمر است. بنابراین باتوجه به رابطه ریذبرگ داریم:



$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{720} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} = \frac{5}{36}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow n = 3$$

۱۸ - گزینه ۳ در سری بالمر بیشترین طول موج حاصل گذار از ۲ → ۳ و کمترین طول موج حاصل گذار ۲ → ∞ است این طول موج را حساب می‌کنیم:

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

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = 0.01 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = 0.01 \left( \frac{9-4}{36} \right) = \frac{0.05}{36} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{0.05} = 720 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.01 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{0.01}{4} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{0.01} = 400 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 720 - 400 = 320 \text{ nm}$$

۱۹ - گزینه ۳ نکته: بیشینه‌ی انرژی فوتون هر رشته زمانی گسیل می‌شود که الکترون از دورترین تراز ( $h = \infty$ ) بر تراز مربوط به رشته‌ی مربوط ( $n'$ ) سقوط کند. بنابراین الگوی اتمی بود داریم:

$$E_M = hf = E_U - E_L = -\frac{E_R}{n_U} - \left( -\frac{E_R}{n'_L} \right) = E_R \left( \frac{1}{n'_L} - \frac{1}{n_U} \right)$$

بیشینه‌ی انرژی فوتون‌های مربوط به رشته‌ی پاشن به ازای ( $n = \infty \rightarrow n_L = 3$ ) و بیشینه‌ی انرژی فوتون‌های مربوط به رشته‌ی بالمر به ازای ( $n = \infty \rightarrow n_L = 2$ ) می‌باشد. بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{(E_{\text{پاشن}})_{\max}}{(E_{\text{بالمر}})_{\max}} = \frac{E_R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)}{E_R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)} = \frac{\frac{1}{9}}{\frac{1}{4}} = \frac{4}{9}$$

۲۰ - گزینه ۱ در هر رشته بلندترین طول موج به ازای  $n = n' + 1$  و کوتاه‌ترین طول موج به ازای  $n = \infty$  به دست می‌آید. داریم:

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

$$n' = 4 \Rightarrow \lambda_{\max} \text{ رشته بالمر} \Rightarrow n = n' + 1 = 5 \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{400}{9R_H}$$

$$n' = 2 \Rightarrow \lambda_{\min} \text{ رشته بالمر} \Rightarrow n = \infty \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{R_H}$$

بنابراین:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{400}{9R_H} \cdot \frac{R_H}{4} = \frac{100}{9}$$

۲۱ - گزینه ۳ چهار خط اول طیف رشته بالمر در ناحیه مرئی (قابل رؤیت) و بقیه در ناحیه فرابنفش هستند. رشته بالمر ( $n' = 2$ ) بلندترین طول موج مرئی مربوط به  $n = n' + 1$  و کوتاه‌ترین طول موج مرئی مربوط به  $n = n' + 4$  است. با استفاده از رابطه ریذبرگ داریم:

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

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{9}{2R} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{5R}{9} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{8}{5}$$

۲۲ - گزینه ۴ در اتم هیدروژن در سری لیمات و سری بالمر، امواج گسیلی در ناحیه فرابنفش و مرئی قرار دارند. بنابراین کوتاه‌ترین طول موج گسیلی در اتم هیدروژن در ناحیه فرورسرخ در سری پاشن قرار دارد. ( $n' = 3, n = \infty$ )

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{R}{9} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{9}{R} = \frac{9}{0.01} \Rightarrow \lambda_{\min} = 900 \text{ nm}$$

۲۳ - گزینه ۱ الکترون ابتدا در تراز  $n = 4$  قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موجی که تابش می‌کند وقتی است که الکترون به تراز  $n = 1$  برود و بلندترین طول موج وقتی تابش می‌شود که به  $n = 3$  رود. با استفاده از رابطه ریذبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2} \right) = \frac{15}{16} R \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{16}{15R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) = \left( \frac{7R}{9 \times 16} \right) \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{9 \times 16}{7R}$$



$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{9 \times 16}{7R} = \frac{15 \times 9}{7} = \frac{135}{7}$$

۲۴ - گزینه ۲ خط سوم در رشته بالمر مربوط به گذار از تراز  $n = 5$  به تراز  $n' = 2$  و خط سوم رشته لیمان مربوط به گذار از تراز  $n = 4$  به تراز  $n' = 1$  است.

$$\text{بالمر: } \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=5} \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{100}{21R} \quad (1)$$

$$\text{لیمان: } \frac{1}{\lambda'} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \xrightarrow{n'=4} \frac{1}{\lambda'} = R \left( 1 - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{16}{15R} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\frac{100}{21R}}{\frac{16}{15R}} = \frac{500}{7 \times 16} = \frac{125}{28}$$

۲۵ - گزینه ۳ ابتدا از رابطه  $E = \frac{hc}{\lambda}$  طول موج فوتون رو بدست بیاریم.

$$2,52 = \frac{1200}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{10^4}{21} nm \simeq 470 nm$$

می‌دانیم طول موج  $400 nm$  تا  $750 nm$  نور مرئی است. از طرفی نور مرئی برای رشته بالمر است. با نوشتن رابطه رشته بالمر  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$  مقدار  $n = 5$  بدست می‌آید. که  $n = 5$  همون

خط سوم ( $3 - 2 = 3$ ) رشته بالمر محسوب می‌شد.

نکته خوب: در رشته بالمر فقط ۴ تا خط اول نور مرئی می‌دهد. بنابراین با توجه به این گزینه‌ها بدون محاسبه رابطه بالمر گزینه ۲، رد می‌شود.

۲۶ - گزینه ۱ نخستین الگوی اتمی توسط تامسون ارائه شد که در این الگو، اتم به صورت توزیع کروی یکنواختی از جرم و بار مثبت در نظر گرفته شده است که الکترون‌ها (بارهای منفی) مانند کشمش‌های درون یک کیک کشمش، درون آن قرار دارند.

۲۷ - گزینه ۴ این مدل همان مدل رادرفورد است که براساس آن طیف گسیلی اتم باید پیوسته باشد.

۲۸ - گزینه ۲ الگوی اتمی بور هیچ اطلاعی درباره تعداد فوتون‌هایی که با یک بسامد معین گسیل می‌شوند نمی‌دهد.

۲۹ - گزینه ۴ ضعف الگوی اتمی بور در آن است که هیچ اطلاعی درباره تعداد فوتون‌هایی که با یک بسامد معین گسیل می‌شوند، نمی‌دهد. یعنی اگر مثلاً قرار است تعداد ۱۰ الکترون از تراز

$n = 3$  به تراز  $n' = 1$  سقوط کنند، ابتدا چند تا به تراز  $n = 2$  سقوط می‌کنند و چند تا به تراز  $n = 1$ ، همچنین این الگو برای اتم‌های چند الکترونی حرفی ندارد که در الگوهای ابر الکترونی یا اوربیتالی بحث می‌شود.

۳۰ - گزینه ۳ طبق رابطه  $r_n = a_0 n^2$  شعاع مدار با مجذور شماره لایه نسبت مستقیم دارد. بنابراین:

$$\frac{r_n}{r_{n'}} = \frac{n^2}{n'^2} = \frac{4,5}{8} \Rightarrow \frac{n^2}{n'^2} = \frac{9}{16} \Rightarrow \frac{n}{n'} = \frac{3}{4}$$

۳۱ - گزینه ۲ در مدل اتمی بور، شعاع مدارهای مانا از رابطه  $r_n = a_0 n^2$  محاسبه می‌شود. برای دو مدار مانای متوالی داریم:

$$r_m - r_n = a_0 m^2 - a_0 n^2 \xrightarrow[n=m-1]{r_m - r_n = 11a_0} m^2 - (m-1)^2 = 11 \Rightarrow 2m - 1 = 11 \Rightarrow m = 6$$

۳۲ - گزینه ۲ در حالت پایه انرژی یونش اتم هیدروژن طبق رابطه ریدبرگ برابر است با:

$$E = -\frac{E_R}{n^2} = -E_R$$

در حالت  $n = 3$  داریم:

$$E_3 = -\frac{E_R}{9}$$

پس:

$$\frac{E_1}{E_3} = \frac{-E_R}{-\frac{E_R}{9}} = 9$$

۳۳ - گزینه ۳ ابتدا مقدار  $n$  را پیدا کنیم:

$$\text{انرژی فوتون} = E_n - E_{n'} \xrightarrow[n'=1]{\text{پایه}} \frac{15}{16} E_R = \left( -\frac{E_R}{n^2} \right) - \left( -\frac{E_R}{1^2} \right) \Rightarrow n = 4$$

حالا انرژی لازم جهت گذار  $n = 4$  به  $n + 2 = 6$  را محاسبه کنیم:

$$\Delta E = E_6 - E_4 = \left( -\frac{E_R}{6^2} \right) - \left( -\frac{E_R}{4^2} \right) = \frac{5}{144} E_R$$

۳۴ - گزینه ۳ اختلاف انرژی دو تراز برابر با انرژی فوتون تابش شده است، داریم:

$$E_n - E_{n'} = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_n - E_{n'}} \Rightarrow \lambda = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{-1,4 - (-3,4)} = 600 \times 10^{-9} m = 600 nm$$

۳۵ - گزینه ۴ می‌دانیم انرژی الکترون در مدار مانای  $m$  از رابطه  $E_n = -\frac{E_R}{n^2}$  به دست می‌آید. بنابراین می‌توان نوشت:

$$E_n - E_{n'} = E_{\text{فوتون}} \Rightarrow -\frac{E_R}{n^2} - \left( -\frac{E_R}{n'^2} \right) = E_{\text{فوتون}}$$



$$\Rightarrow -\frac{1}{25} + \frac{1}{n'^2} = \frac{21}{100} \Rightarrow \frac{1}{n'^2} = \frac{21}{100} + \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{1}{n'^2} = \frac{25}{100} \Rightarrow n' = 2$$

$$r_n = n^2 a_0 \Rightarrow \frac{r'}{r} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 = \left(\frac{2}{5}\right)^2 = \frac{4}{25}$$

۳۶ - گزینه ۴ انرژی الکترون در مدار  $n = 2$  برابر است با:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow E_2 = -\frac{13.6}{4} = -3.4 eV$$

الکترون بر اثر جذب فوتون با انرژی  $2.55 eV$  به تراز  $n$  جهش می‌کند و انرژی آن برابر  $E_n$  می‌شود.

$$E_n = -3.4 + 2.55 = -0.85 eV$$

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow -0.85 = -\frac{13.6}{n^2} \Rightarrow n^2 = 16 \xrightarrow{r_n = a_0 n^2} r_n = 16 a_0$$

۳۷ - گزینه ۳ جذب هنگامی اتفاق می‌افتد که الکترون به مدار بالاتر برود بلندترین طول موج یعنی کمترین انرژی پس الکترون تنها باید به یک تراز بالاتر برود پس در اینجا الکترون از  $n = 4$  به  $n' = 5$  می‌رود که طول موج مربوط می‌رود که طول موج مربوط آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right) = R\left(\frac{9}{16 \times 25}\right) \rightarrow \lambda = \frac{16 \times 25}{9R}$$

گسیل هنگامی اتفاق می‌افتد که الکترون به مدار پایین‌تر برود و کوتاه‌ترین طول موج (بیشترین انرژی) برای هنگامی است که الکترون از مدار  $n$  به پایین‌ترین مدار یعنی  $n' = 1$  برود که طول موج مربوط به آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right) = R\frac{15}{16} \Rightarrow \lambda = \frac{16}{15R}$$

سؤال نسبت این طول موج‌ها را خواسته:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{16 \times 25}{9R}}{\frac{16}{15R}} = \frac{15 \times 25}{9} = \frac{125}{3}$$

۳۸ - گزینه ۴ می‌دانیم  $r \propto n^2$  پس اگر شعاع  $\frac{1}{9}$  شده،  $n$  برابر شده و  $n' = 1$ :

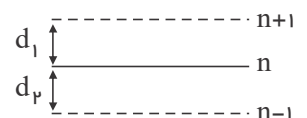
$$\frac{r}{r'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^2 \xrightarrow{r' = \frac{1}{9}r} 9 = \left(\frac{n}{n'}\right)^2 \rightarrow n' = 1$$

حالا طول موج گذار از  $n = 3$  به  $n' = 1$  را حساب می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) = 0.75 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{900}{8} = 112.5 nm$$

۳۹ - گزینه ۱ شعاع مدارهای مجاز (مانا) از رابطه  $r_n = a_0 n^2$  به دست می‌آید. اگر فرض کنیم الکترون در مدار  $n$  قرار داشته و فاصله آن تا مدار بالایی  $d_1$  و تا مدار پایینی  $d_2$  باشد، آنگاه خواهیم داشت:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{a_0(n+1)^2 - a_0 n^2}{a_0 n^2 - a_0(n-1)^2} = \frac{2n+1}{2n-1} \Rightarrow \frac{9}{7} = \frac{2n+1}{2n-1} \Rightarrow n = 4$$



بنابراین الکترون در مدار چهارم قرار دارد و با گسیل موجی از سری لیمان به مدار اول می‌آید و طبق رابطه ریذبرگ برای رشته لیمان داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) = 0.75 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.75 \times \frac{15}{16} \Rightarrow \lambda = \frac{1600}{15} = \frac{320}{3} (nm)$$

۴۰ - گزینه ۲ بلندترین طول موج (کمترین بسامد) رشته بالمر زمانی ساطع می‌شود که الکترون از مدار  $n' = 3$  به مدار  $n = 2$  برود و چون  $E_R$  و  $h$  را به عنوان اعداد ثابت داریم از فرضیه ۴ ام‌بور استفاده می‌کنیم.

$$E = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow \Delta E = E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right) \xrightarrow{\Delta E = h \frac{c}{\lambda}} h \frac{c}{\lambda} = E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{\lambda} = 13.6 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{1.08 \times 10^{-7}}{17} m \approx 635 nm$$

۴۱ - گزینه ۳ با استفاده از رابطه ریذبرگ و تعریف انرژی و طول موج هر فوتون، داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \xrightarrow{\lambda = \frac{c}{f}} \frac{f}{c} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \xrightarrow{E = hf} E = R_H h c \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

۴۲ - گزینه ۱ اگر الکترون در تراز  $n$  قرار داشته باشد و به حالت پایه برود، با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن تعداد  $N = \frac{n(n-1)}{2}$  فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل می‌کند و اگر فقط مجاز باشد، این الکترون تعداد  $N = n - 1$  فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل خواهد کرد. بنابراین:



$$\text{فوتون } 15 = N = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} \Rightarrow \text{برای تمام گذارها}$$

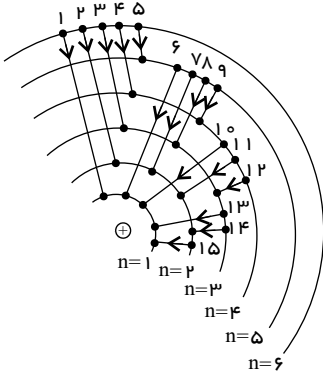
$$\Delta n = 1 \Rightarrow N' = n - 1 = 6 - 1 = 5 \text{ فوتون}$$

۴۳ - گزینه ۲ اگر الکترون در اتم هیدروژن در تراز  $n$  قرار داشته باشد، تعداد فوتون‌هایی که با انرژی‌های مختلف گسیل می‌کند، برابر است با:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \xrightarrow{N=15} 15 = \frac{n^2 - n}{2} \Rightarrow n^2 - n - 30 = 0$$

$$\Rightarrow (n-6)(n+5) = 0 \Rightarrow \begin{cases} n = 6 \\ n = -5 \end{cases}$$

۴۴ - گزینه ۱ گستره طول موج‌های رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) در ناحیه‌ی فرابنفش است، بنابراین گسیل‌های ۱، ۶، ۱۰، ۱۳ و ۱۵ در شکل زیر در ناحیه‌ی فرابنفش خواهند بود. گستره طول موج‌های رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) در ناحیه‌ی نور مرئی و فرابنفش است و چون الکترون ابتدا در حالت  $n = 6$  قرار دارد، بنابراین گسیل‌های ۲، ۷، ۱۱ و ۱۴ در ناحیه‌ی مرئی قرار دارند. گستره طول موج‌های رشته‌ی پاشن ( $n' = 3$ )، براکت ( $n' = 4$ ) و پفوند ( $n' = 5$ ) در ناحیه‌ی فرورسرخ است، بنابراین گسیل‌های ۳، ۴، ۵، ۸، ۹ و ۱۲ در ناحیه‌ی فرورسرخ قرار دارند.



۴۵ - گزینه ۲ می‌دانیم تعداد گذارهای ممکن با انرژی مختلف وقتی الکترون در تراز  $n$  واقع است از رابطه  $\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$  بدست می‌آید. بنابراین کفایت به کمک اطلاعات مسئله مقدار

$n$  را پیدا می‌کنیم.

طبق رابطه بور داریم:

$$hf = E_n - E_{n'} \xrightarrow{\substack{\text{به حالت پایه رسیده} \\ n=1}} \frac{hc}{\lambda} = \left( -\frac{13.6}{n^2} - \left( -\frac{13.6}{1^2} \right) \right) \rightarrow \frac{1200}{100} = \frac{-13.6}{n^2} + 13.6 \rightarrow n^2 = 9 \rightarrow n = 3 \Rightarrow \text{تعداد گذارها } \binom{3}{2} = \frac{3(2)}{2} = 3$$

۴۶ - گزینه ۱ برای شناسایی عناصر باید از طیف‌های نشری خطی یا جذبی خطی استفاده کرد که برای تهیه طیف نشری (گسیلی) خطی باید گاز رقیق عنصر را تحت ولتاژ (اختلاف پتانسیل الکترونیکی) بالا قرار داد تا گاز ملتهب شده و شروع به گسیل کند.

۴۷ - گزینه ۴ عناصر در حالت گازی دارای طیف جذبی خطی و طیف نشری خطی هستند.

۴۸ - گزینه ۴ تمام اجسام جامد در حال التهاب، طیفشان پیوسته است. بنابراین آهن مذاب، زغال ملتهب و لامپ رشته‌ای روشن دارای طیف پیوسته و لامپ جیوه‌ای دارای طیف خطی تابش می‌باشد.

۴۹ - گزینه ۳ طیف حاصل از عبور نور سفید از داخل بخار هر عنصر طیف جذبی نام دارد. همچنین طیف حاصل، دارای خطوط سیاه گسسته‌ای است، پس طیف مورد نظر، جذبی خطی است.

۵۰ - گزینه ۳ طیف حاصل از تابش گرمایی یک سطح جامد به صورت یک طیف پیوسته است، ولی طیف گسیل‌شده از بخار هر عنصر (طیف اتمی) به صورت یک طیف گسسته است.

۵۱ - گزینه ۳ موارد آ، پ و ت درست هستند (۳ مورد درست)

علت نادرستی (ب) طیف‌های گسیلی و جذبی منحصر به فرد هر اتم است و هیچ دو عنصری طیف مشابه ندارند.

۵۲ - گزینه ۳ بررسی گزینه‌ها:

گزینه‌ی ۱) طیف اتمی هر عنصر از مشخصه‌های یک عنصر است. بنابراین طیف گسیلی یا نشری بخار هر عنصر منحصر به فرد می‌باشد و با هیچ عنصر دیگری یکسان نمی‌باشد.

گزینه‌ی ۲) فیزیک کلاسیک توانست تا ساز و کار جذب و گسیل نور به وسیله‌ی اتم‌ها را توجیه کند ولی نتوانست توجیه کند چرا هر عنصر فقط طول موج‌های خاصی را جذب می‌کند.

گزینه‌ی ۳) طیف گسیلی یک عنصر یک طیف گسسته است و تنها طول موج‌های خاصی را منتشر می‌کند که از مشخصه‌های آن عنصر می‌باشد.

گزینه‌ی ۴) اگر نور سفید به اتم یک عنصر بتابد. اتم عنصر دقیقاً همان طول موج‌هایی را جذب می‌کند که اگر دمای آن به اندازه‌ی کافی بالا برود آن‌ها را تابش می‌کند بنابراین طیف جذبی فاقد خط‌های مربوط به طول موج‌هایی است که در طیف گسیلی وجود دارد.

۵۳ - گزینه ۴ بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه‌ی ۱: درک سازوکار جذب و گسیل نور به وسیله‌ی اتم‌ها توسط دیدگاه فیزیک کلاسیک قابل توجیه است اما این که طیف جذبی و گسیلی هر اتم منحصر به فرد است، از دیدگاه فیزیک کلاسیک قابل توجیه نمی‌باشد.

گزینه‌ی ۲: طیف حاصل از نور گسیلی بخار هر عنصر طیف اتمی نام دارد که به صورت گسسته می‌باشد.

گزینه‌ی ۳: طیف حاصل از نور خورشید که به زمین می‌رسد، طیف جذبی نام دارد.

۵۲ - گزینه ۴ در سه گزینه ۱ و ۲ و ۳ درست است. گزینه ۴ غلط است. انرژی لازم جهت برانگیخته شدن الکترون به مدار بالاتر (نه پایین تر).

۵۵ - گزینه ۳ در گسیل القایی ما با یک فوتون تابشی، فوتون برانگیخته را به تراز پایین تر منتقل می‌کنیم و وادار به تابش فوتون می‌کنیم. پس دو فوتون خروجی داریم. سایر موارد عبارت‌های درستی در مورد لیزر هستند.



۵۶ - گزینه ۳ پرتوی لیزر از جنس امواج الکترومغناطیسی است و تمام امواج الکترومغناطیسی با سرعت یکسان و برابر با سرعت نور در خلأ منتشر می‌شوند.

۵۷ - گزینه ۴ در گسیل القایی داریم:

$$۲ \text{ فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}^*$$

۵۸ - گزینه ۴ برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی دو تراز برابر باشد، بنابراین چون الکترون در ابتدا در تراز  $n = ۲$  قرار دارد، برای گسیل القایی باید فوتونی با انرژی  $E_۲ - E_۱$  به آن بتابانیم تا گسیل القایی رخ دهد.

۵۹ - گزینه ۳ چون الکترون هیدروژن در مدار  $n=۳$  واقع شده پس برانگیخته است. می‌دانیم:

اگر انرژی فوتونی که به اتم برانگیخته می‌تابد برابر اختلاف انرژی تراز الکترون با تراز بالاتری باشد  $\leftarrow$  الکترون فوتون را جذب کرده و به تراز بالاتری می‌رود.

اگر انرژی فوتون برابر اختلاف انرژی تراز الکترون با تراز پایین‌تری باشد  $\leftarrow$  الکترون فوتون را جذب نمی‌کند اما تراز پایین‌تر آمده و یک فوتون همانند فوتون پرتابی به تابش می‌کند. (گسیل القایی)

در این سؤال  $E_۳ - E_۲ = ۱,۹ eV$  انرژی فوتون پس الکترون با گسیل القایی به مدار  $n = ۲$  می‌رود.

تذکر: اگر انرژی فوتون برابر با اختلاف انرژی مدار الکترون یا هیچکدام از مدارها نباشد فوتون هیچ برهم کنشی با اتم نخواهد داشت.

## پاسخنامه کلیدی

۱ - ۲	۱۰ - ۱	۱۹ - ۳	۲۸ - ۲	۳۷ - ۳	۴۶ - ۱	۵۵ - ۳
۲ - ۳	۱۱ - ۲	۲۰ - ۱	۲۹ - ۴	۳۸ - ۴	۴۷ - ۴	۵۶ - ۳
۳ - ۱	۱۲ - ۴	۲۱ - ۳	۳۰ - ۳	۳۹ - ۱	۴۸ - ۴	۵۷ - ۴
۴ - ۱	۱۳ - ۲	۲۲ - ۴	۳۱ - ۲	۴۰ - ۲	۴۹ - ۳	۵۸ - ۴
۵ - ۲	۱۴ - ۴	۲۳ - ۱	۳۲ - ۲	۴۱ - ۳	۵۰ - ۳	۵۹ - ۳
۶ - ۲	۱۵ - ۱	۲۴ - ۲	۳۳ - ۳	۴۲ - ۱	۵۱ - ۳	
۷ - ۴	۱۶ - ۱	۲۵ - ۳	۳۴ - ۳	۴۳ - ۲	۵۲ - ۳	
۸ - ۴	۱۷ - ۲	۲۶ - ۱	۳۵ - ۴	۴۴ - ۱	۵۳ - ۴	
۹ - ۳	۱۸ - ۳	۲۷ - ۴	۳۶ - ۴	۴۵ - ۲	۵۴ - ۴	