آشنایی با فیزیک اتمی

چرا وقتی به الکترودهای دو سر لامپ‌های حاوی گاز رقیق و کم‌فشار عناصری مانند هیدروژن، هلیم، جیوه یا نئون، ولتاژ بالایی را اعمال می‌کنیم شروع به گسیل نور به رنگ‌های مختلف می‌کنند؟

(سؤال شروع فصل) ← ولتاژ بالا، سبب تخلیهٔ الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند .....

چاقوی گاما در چه شاخه‌ای از پزشکی کاربرد دارد؟ مزیت آن به روش سنتی چیست؟

جاقوی گاما (جراحی مغز بدون جاقو) جایگزینی مناسب برای جراحی‌های سنتی و با روش‌هایی است که در آن کل مغز در معرض تابش قرار می‌گیرد. از این روش در علم روانپزشکی نیز برای درمان وسواس، افسردگی اساسی و اختلالات شدید اضطرابی استفاده می‌شود. این کار چگونه انجام می‌شود؟

علاوه بر پزشکی در چه شاخه‌ای کاربرد دارد؟

تا دهه‌های پایانی قرن نوزدهم، بیشتر حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول که امروزه با نام فیزیک کلاسیک از آنها یاد می‌شود به صورت‌بندی نهایی خود رسیده بود و به‌نظر می‌رسید که در توصیف گسترهٔ وسیعی از پدیده‌های فیزیکی کاملاً موفق‌اند. با این حال در آن سال‌ها، پدیده‌هایی مشاهده و آزمایش‌هایی انجام شد که تبیین کامل و درست آنها با نظریه‌های فیزیک کلاسیک ممکن نبود و سبب تغییرات بنیادی در دیدگاه فیزیک‌دانان نسبت به توضیح رفتار برخی از پدیده‌های فیزیکی شد. به‌طوری که در سه دههٔ آغازین قرن بیستم، نتایج این تلاش‌ها به نظریهٔ نسبیت خاص (مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریهٔ نسبیت عام (مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا ــ زمان و گرانش) و نظریهٔ کوانتومی (مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازندهٔ آنها) منجر شد که امروزه به آن فیزیک جدید می‌گویند. اندکی پس از ظهور این نظریه‌ها، شاخه‌های دیگری مانند فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی به‌تدریج به‌وجود آمدند.

در این فصل ضمن معرفی و بررسی برخی از پدیده‌ها مانند اثر فوتوالکتریک و طیف خطی گسیلی و جذبی از گازهای اتمی که با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نبودند، به معرفی الگوهای اتمی می‌پردازیم. در پایان نیز با لیزر و مبانی فیزیکی آن آشنا خواهیم شد.

① چند شاخه از حوزه‌های فیزیک کلاسیک را نام ببرید؟

② چند شاخه از حوزه‌های فیزیک جدید را نام ببرید؟

③ چرا مطالعه فیزیک جدید ضروری شد؟

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۴) فیزیک دو دسته بندی بزرگ دارد ..... و .....

۵) فیزیک کلاسیک { مکانیک نیوتونی / ترمودینامیک / نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول

۶) فیزیک جدید
نسبت خاص: مطالعهٔ پدیده ها وقتی با تندی بسیار زیاد و قابل مقایسه با نور شد
نسبت عام: مطالعهٔ هندسهٔ فضا ـ زمان و گرانش
نظریهٔ کوانتوم: مطالعهٔ پدیده ها در مقیاس بسیار کوچک مانند اتم و اجزاء آن
(همچنین: فیزیک هسته ای و ذرات بنیادی و کیهان شناسی)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

برق نما نام دیگر الکتروسکوپ است.

۵ـ۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

اگر یک کلاهک برق‌نمای با بار منفی، نور فرابنفش تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (شکل ۵ـ۱ الف) در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد (شکل ۵ـ۱ ب). چرا این پدیده اتفاق می‌افتد؟ آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند (شکل ۵ـ۲). این پدیدهٔ فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.

کلاهک
بدنه
پایه
ورقه طلا (عرق)

(بدون بار) بی انحراف

(باردار) منحرف شده

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

آزمایش بررسی فوتوالکتریک فقط رشته ریاضی

Target (هدف) (فلز)
collector (جمع‌کننده) (فلز)

برای بررسی اثر فوتوالکتریک، طرح آزمایش ساده‌ای در شکل ۵ـ۳ نشان داده شده است. در این دستگاه صفحهٔ فلزی هدف T و جمع‌کنندهٔ فلزی C درون یک محفظهٔ شیشه‌ای خلأ قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند[1]. نور تکفام (تک بسامد) با بسامد به‌قدر کافی بالا بر صفحهٔ T فرود می‌آید و فوتوالکترون‌ها را آزاد می‌کند. این فوتوالکترون‌ها به جمع‌کنندهٔ C می‌رسند و در نتیجه گالوانومتر که در مدار قرار دارد جریانی را آشکار می‌کند. با افزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد، حال آنکه آزمایش نشان می‌دهد که اگر بسامد نور فرودی از مقدار معینی کمتر باشد، هرچقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد این پدیده رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

باریکهٔ نور فرودی
تک بسامد و به قدر کافی زیاد

مدار ساده شده

توجه: در این طرح معلوم نیست که فلز T چگونه در ابتدا منفی است

توجه: اگر بسامد نور به اندازهٔ کافی زیاد نباشد، هرقدر شدت نور زیاد شود باز هم فوتوالکترون تولید نمی‌شود $I=0$
اگر بسامد کافی باشد و شدت نور زیاد شود I زیاد می‌شود

مثال) در الگوی مقابل فرض کنید پرتو کنده شدن اولین الکترون رنگ سبز لازم باشد در هر حالت زیر چه پیش می‌آید

① لامپ زرد ۲۰W ← $I=0$
② لامپ زرد ۲۰۰W ← $I=0$
③ لامپ آبی ۲W ← I کم
④ لامپ آبی ۲۰۰W ← I زیاد

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

طرح فوتوالکتریک

الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.

توجه: در شکل فوتوالکترون درست است

شرط مشاهده پدیده فوتوالکتریک: برق نما باید دارای بار ..... بوده و نور فرودی ..... باشد.

عقربه‌ها از حالت انحراف خارج شدند

عقربه‌ها در همان حالت قبل

بار الکتروسکوپ منفی است

سمت راست

برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به‌سرعت به هم نزدیک شوند

سمت چپ

برهم‌کنش نور مرئی گسیل‌شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

فوتوالکتریک: هرگاه به سطحی (فلزی - غیرفلزی) نور با بسامد (دلخواه - مناسب) بتابد (الکترون - پروتون) هایی از آن گسیل می‌شود به این پدیده (فیزیکی - شیمیایی) فوتوالکتریک می‌گویم

فوتوالکترون: الکترون‌های جداشده از سطح فلز

توجه: در شروع اول باید می‌گفت: فلز منفی

همان‌طور که در فصل ۳ دیدیم نور، موجی الکترومغناطیسی است. بنابراین می‌توان انتظار داشت هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترون‌های فلز وارد کند و آن‌ها را به نوسان وادارد. به این ترتیب، وقتی دامنهٔ نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند. بنا به این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

نور موج است (به ماده نیاز.....)

چگونه فیزیک کلاسیک پدیده فوتوالکتریک توجیه می‌کند؟

شروع تابش ① سطح فلز

نور ← نور هم E و هم B دارد ②

الکترون ⊖ ← نوسان ⊖ می‌کند

$F = -eE$

$-e$ بار

(نیرو ناشی از میدان الکتریکی نور است)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

در توجیه کلاسیکی پدیده فوتوالکتریک چه ایرادی وجود دارد؟

وقتی نور با هر بسامدی بتابد باید این پدیده رخ دهد ولی در آزمایش فقط بسامدهای کافی می‌توانند الکترون بکنند.

یکی دیگر از پیامدهای نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور یا مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به‌ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه‌ای که تجربه آن را تأیید نمی‌کند.

طبق نظریهٔ ماکسول (جدید ـ کلاسیک) شدت نور با مربع (انرژی ـ میدان الکتریکی) متناسب است یعنی اگر فرکانس نور ثابت باشد با افزایش شدت نور باید انرژی ..... الکترون وقتی از فلز کنده می‌شود (زیاد ـ کم) گردد (موافق ـ مخالف) آنچه در آزمایش رخ می‌دهد. (نظریهٔ کلاسیکی ۲ ضعف داشت)

① پدیده فوتوالکتریک به مقدار بسامد وابسته نبود ② f ثابت باشد با زیاد شدن K ← زیاد شدن F الکترون

یادآوری: نظر یانگ درمورد ماهیت نور چه بود؟ نور رفتار ..... دارد

نظر اینشتین درمورد ماهیت نور چه بود؟ نور از مجموعه‌ای از بسته‌های ... درست شده و هر بستهٔ انرژی ..... نامیده شد.

پس از نزدیک به ۲۰ سال که تلاش بسیاری از دانشمندان برای توجیه اثر فوتوالکتریک به کمک مفاهیم و قانون های فیزیک کلاسیک به نتیجه نرسیده بود در سال ۱۹۰۵ اینشتین توضیحی قانع کننده در مورد این اثر ارائه داد و جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۲۱ میلادی را به خاطر تبیین آن دریافت کرد.

اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک خود با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بستهٔ انرژی، که بعدها فوتون[1] نامیده شده، دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E = hf \qquad \text{(انرژی فوتون)} \qquad (۱-۵)$$

در این رابطه h ثابت پلانک نامیده می‌شود و به‌طور تجربی معلوم شده است که مقدار آن $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s$ است.

بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج‌شده تبدیل می‌شود.

۱ـ این نام را شیمی‌دان آمریکایی، گیلبرت لوئیس، در سال ۱۹۲۶ میلادی برای نخستین بار پیشنهاد کرد.

انرژی هر فوتون $= hf$

$h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s = ۴/۱۴ \times ۱۰^{-۱۵}\ eV.s$

فرکانس نور $f = \frac{c}{\lambda}$

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

$n =$ تعداد فوتون

$c = ۳ \times ۱۰^{۸}\ m/s$ سرعت نور در خلأ

$P = \frac{E}{t}$ توان لامپ

$\frac{Ra}{۱۰۰} = \frac{E}{Pt}$ بازده و انرژی نورانی ورودی لامپ زمان

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج‌شده تبدیل می‌شود.

این نظر اینشتین را می‌توان به کمک قانون پایستگی انرژی به‌صورت زیر نوشت :

$$hf = W + K \qquad \text{(قانون پایستگی انرژی در اثر فوتوالکتریک)} \qquad (۵-۲)$$

که در آن W کار (انرژی) لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح یک فلز و K انرژی جنبشی آنها پس از جدا شدن از سطح آن فلز است. از آنجا که برخی از الکترون‌ها در فلز کمتر مقیدند، برای خارج کردن آنها از فلز کار کمتری لازم است. بنابراین اگر حداقل کار لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح یک فلز خاص W_0 باشد، انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون‌های گسیل‌شده از آن برابر خواهد بود با :

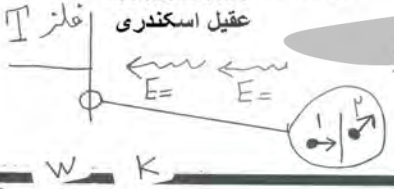
$$K_{max} = hf - W_0 \qquad \text{(معادلهٔ فوتوالکتریک)} \qquad (۵-۳)$$

W_0 را تابع کار فلز می‌نامند که به جنس فلز بستگی دارد و همان‌گونه که گفتیم، کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معین است. در جدول ۵-۱ تابع کار چند فلز داده شده است.

اگر نمودار K_{max} برحسب f را با توجه به معادلهٔ ۵-۳ رسم کنیم، به‌صورت خط راستی خواهد بود که محور افقی را در $f = f_0$ قطع می‌کند (شکل ۵-۴). در این بسامد، که معمولاً بسامد آستانه نامیده می‌شود، الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی‌ای در آستانهٔ ترک فلز است. در این صورت با توجه به معادلهٔ ۵-۳، انرژی فوتون فرودی مساوی تابع کار فلز است و بسامد آستانه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$f_0 = \frac{W_0}{h} \qquad \text{(بسامد آستانهٔ فوتوالکترون‌ها)} \qquad (۵-۴)$$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



در توجیه فوتوالکتریک توسط اینشتین (فیزیک ۳۰۰۰)
① هر فوتون با (یک - تعدادی) الکترون برهم‌کنش دارد
② برای جداشدن الکترون از فلز انرژی (یک فوتون - کل باریکه نور) مهم است. یعنی در رابطه $E = nhf$ انرژی E لازم برای کندن یک الکترون می‌تواند از افزایش (n - h - f) تأمین گردد. ③ اگر E فوتون کافی باشد الکترون (رفته‌رفته و به آهستگی - همان آن) از فلز جدا می‌گردد. ④ انرژی فوتون که به الکترون داده می‌شود به دو قسمت خواهد شد
انرژی ۱ الکترون از مکان خود در فلز بطور آنی کنده می‌شود
انرژی ۲ بقیه انرژی فوتون باعث تولید انرژی جنبشی در الکترون می‌شود

$W = K$
$hf = E_1 + E_2$

۵ - انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از فلز برای همه الکترون‌ها عدد مساوی است (درست - غلط)

$hf = W + k$

$E = U + k$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مشابه

چون آنلاف انرژی نداریم (..... انرژی) کاهش W با ..... k همراه است. کمترین مقدار W (انرژی لازم برای .....) مربوط به (مقیدترین - آزادترین) الکترون فلز است که به آن W_0 می‌گوییم. این الکترون پس از دریافت انرژی فوتون (.....) از فلز کنده می‌شود (W_0 را مصرف می‌کند) و بقیه انرژی به صورت انرژی (جنبشی - پتانسیل) در آن ظاهر می‌شود و چون کمترین انرژی را برای جدا شدن مصرف کرده، بیشترین انرژی ..... را دارا خواهد شد.

$hf = W_0 + K_{max}$

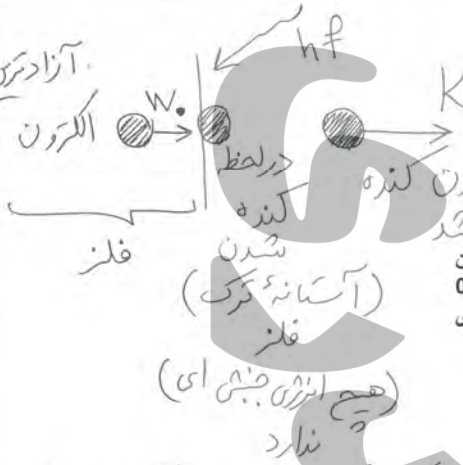
معادله فوتوالکتریک $\rightarrow K_{max} = ...$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

توجه: W_0 به نام کار فلز معروف است

جدول ۵ــ۱ تابع کار چند فلز

فلز	$W_0(eV)$
طلا	۵/۲۰
کبالت	۵/۰۱
نیکل	۴/۹۰
مس	۴/۷۰
نقره	۴/۶۴
تنگستن	۴/۵۲
آهن	۴/۵۰
روی	۴/۳۱



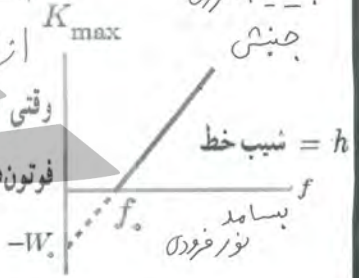
منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

حال فرض کنیم نمی خواهیم الکترون کنده شود و فقط می خواهیم به آستانه کنده شدن برسد، فوتونی که این انرژی را تامین می کند باید: $hf = W_0 + K_{max}$ ← $hf_0 = W_0$

K_{max} صفر

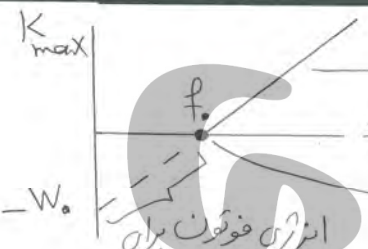
بسامد آستانه: کمترین بسامد فوتونی است که می تواند الکترون را به آستانه جدا شدن از فلز برساند.

بیشینه انرژی جنبشی



وقتی بسامد نور فرودی بزرگ‌تر از f_0 یا مساوی با آن باشد فوتون‌ها می‌توانند الکترون‌ها را از فلز خارج کنند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



الکترون کنده شده سرعت می‌گیرد

انرژی فوتون برای کندن الکترون کافی نیست

الکترون کنده شده ولی هیچ سرعتی ندارد ($K = 0$ جنس)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

پرسش ۵-۱

تابشی با بسامد معین باعث می‌شود تا فوتوالکترون‌هایی سطح فلز ۱ را ترک کنند، ولی از سطح فلز ۲ خارج نشوند. انرژی فوتون‌های فرودی را با تابع کار فلزها مقایسه کنید.

چون از اصطلاح فوتوالکترون نام برده پس در هر دو حالت الکترون تا حالت آستانه ترک فلز رسیده اند ولی در فلز ۱ چون تابع کار کم بوده آنها انرژی جنبشی هم یافته و پرتاب شده اند ولی در حالت ۲ تابع کار زیاد بوده و این فوتون نتوانسته به آنها انرژی جنبشی هم بدهد. می‌توانست ۳ حالت بپرسد

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$hf < W_0$ | $hf = W_0$ | $hf > W_0$

فلز W_0 خیلی زیاد | فلز | فلز

انرژی فوتون حتی نتوانست الکترون را به آستانه برساند | الکترون به آستانه رسید و به فوتوالکترون تبدیل نشد | فوتوالکترون از فلز با انرژی جنبشی خارج شده است

نکته : می دانیم کمیت های فیزیکی یکای استانداردی دارند مثلاً جرم (kg) و زمان (s) ولی معمولاً هر کمیت یکای دیگری هم دارد که در شرایط خاص از حالت استاندارد کاربرد بیشتری دارد مثلاً برای زمان تدریس از ساعت استفاده می کنیم.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

یکای استاندارد انرژی (ژول J)

یکای متداول انرژی در مباحث کوانتومی و هسته ای (الکترون ولت eV)

روش تبدیل : $1\,eV = 1/6\times10^{-19}\,J$

توجه : در فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای، یکای ژول برای بیان انرژی فوتون‌ها و ذرات، یکای بسیار بزرگی است، به همین دلیل از یکایی به نام الکترون ولت (eV) استفاده می‌کنیم. برای آشنایی با این یکای غیر SI، فرض کنید الکترونی با بار $q=-e=-1/6\times10^{-19}C$، بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱V حرکت کند. در این صورت بنا به رابطهٔ $\Delta U=q\Delta V$ که در فیزیک ۲ با آن آشنا شدید، اندازهٔ تغییر در انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون برابر است با :

$$|\Delta U|=|q\Delta V|=|(-1/6\times10^{-19}C)(1V)|=1/6\times10^{-19}J$$

این مقدار انرژی را بنا به تعریف، یک الکترون ولت ($1eV=1/6\times10^{-19}J$) می‌نامند. مضرب‌های دیگری از این یکا به‌صورت keV (کیلو الکترون ولت) و MeV (مگا الکترون ولت) اغلب به کار می‌رود.

به این ترتیب یکای ثابت پلانک را به جای J.s می‌توان برحسب یکای eV.s نیز بیان کرد :

$$h=(6/63\times10^{-34}J.s)\left(\frac{1eV}{1/6\times10^{-19}J}\right)=4/14\times10^{-15}eV.s$$

مثال) انرژی یک فرآیند هسته‌ای 5 MeV است. این مقدار را برحسب PJ بیان کنید.

$E=5\,MeV=5\times10^{6}\,eV$

$$\frac{1\,eV}{5\times10^{6}}=\frac{1/6\times10^{-19}\,J}{E'}$$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مگا $M=10^{6}$
پیکو $P=10^{-12}$

$E'=5\times1/6\times10^{-13}=8\times10^{-13}\,J=8\times10^{-1}\,PJ=0/8\,PJ$

مثال ۵-۱

یک چشمهٔ نور مرئی با توان ۱۰۰W، فوتون‌هایی با طول‌موج $\lambda = 550\,nm$ گسیل می‌کند.

الف) انرژی هر فوتون را برحسب الکترون ولت محاسبه کنید.

ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمهٔ نور گسیل می‌شود؟

توجه: می‌توانید از این عدد استفاده کنید $hc = 1240\ eV.nm$ (اثبات پایین صفحه)

الف) $E = nhf = nh\frac{c}{\lambda} = (1)\frac{hc}{\lambda}$ ← یک فوتون = هر فوتون

$E = \frac{1 \times 1240}{550} = 2/25\ eV$ ← برحسب الکترون ولت ← nm تبدیل نمی‌خواهد

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

ب) $P = \frac{E}{t}$ توجه: وقتی با فرمول توان کار می‌کنیم P(وات) E(ژول) h(J S) یعنی باید همه چیز SI شود

$E = Pt = (100)(1) = 100\ J$ هر ثانیه

$\frac{1\ eV}{E'} = \frac{1/6 \times 10^{-19}\ J}{100\ J}$

$E' = 9/25 \times 10^{20}\ eV$

$E = nhc/\lambda \rightarrow n = E\lambda/hc$

$n = \frac{9/25 \times 10^{20} \times 550}{1240} = 2/77 \times 10^{20}$ فوتون

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

در حل مسائل می‌توانیم مقدار hc را برابر $1240\ eV.nm$ اختیار کنیم. خوب است این مقدار و یکای آن را به خاطر بسپارید تا در صورت نیاز از آن استفاده کنید

$hc = (19/9 \times 10^{-26}\ J.m)(\frac{1\ eV}{1/60 \times 10^{-19}\ J})(\frac{1\ nm}{10^{-9}\ m}) = 1/24 \times 10^{3}\ eV.nm$

عقیل اسکندری

مثال ۵-۲

الف) تابع کار طلا برابر ۵/۲ eV است. بسامد کمینهٔ نور برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح این فلز را پیدا کنید.

ب) طول موج آستانه (طول موج متناظر با بسامد آستانه f_0) را به‌دست آورید.

الف) بسامد کمینه = کمترین بسامد = بسامد آستانه $\Rightarrow K_{max}=0$

$hf = W + K \xrightarrow{\text{آستانه}} W_0 = hf_0$

$f_0 = \frac{5/2}{4/14\times10^{-15}} = 1/26\times10^{15}$ HZ

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{1/26\times10^{15}} = 236$ nm

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

تحلیل مسأله

طول موج آستانه

۰ ۲۳۶ ∞ λ(nm)

هر فوتونی که طول موجش کمتر از ۲۳۶ nm باشد می‌تواند الکترون را جدا کند و به آن انرژی جنبش هم بدهد

این فوتون‌ها چون طول موج زیاد و انرژی کم دارند نمی‌توانند الکترون را جدا کنند

این فوتون می‌تواند الکترون را جدا کند ولی نمی‌تواند به آن انرژی جنبش بدهد

توجه: (۲۳۶ در ناحیهٔ فرابنفش nm)

فروسرخ | مرئی | فرابنفش

λ nm

۷۵۰ قرمز | ۳۸۰ بنفش

یعنی هیچ نوری با رنگ مرئی نمی‌تواند از این فلز الکترون جدا کند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

عقیل اسکندری

مثال ۵-۳

نوری با طول‌موج ۲۴۰nm به سطحی از جنس تنگستن با تابع کار ۴/۵۲eV می‌تابد.

الف) بسامد نور فرودی و بسامد آستانه را برای تنگستن پیدا کنید.

ب) بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های خارج‌شده از تنگستن را حساب کنید. (جرم الکترون را $9/11\times10^{-31}kg$ بگیرید.)

الف) $f=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\times10^{8}}{240\times10^{-9}}=1/25\times10^{15}\,Hz$

در حالت آستانه $K_{max}=0$ $\rightarrow W_0=hf_0 \rightarrow f_0=\frac{4/52}{4/14\times10^{-15}}=1/09\times10^{15}$

چون نور فرودی بسامدش بیشتر از حالت آستانه است پس الکترون جدا می‌شود و انرژی جنبش هم پیدا می‌کند:

$hf=W+K_{max} \rightarrow K_{max}=hf-W=\frac{hc}{\lambda}-W$

$K_{max}=\frac{1240}{240}-4/52=0/46\,eV$

چون تندی را خواسته باید انرژی را SI کنیم:

$\frac{1\,eV}{0/46}=\frac{1/6\times10^{-19}\,J}{K'_{max}} \rightarrow K'=1/03\times10^{-19}\,J$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$K_{max}=\frac{1}{2}mV_{max}^{2} \rightarrow V=\sqrt{\frac{2K}{m}}=4/75\times10^{5}\,\frac{m}{s}$

تمرین ۵-۱

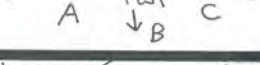
طول‌موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معین برابر ۲۵۴nm است.

الف) تابع کار این فلز برحسب الکترون ولت چقدر است؟

ب) توضیح دهید که آیا اثر فوتوالکتریک به‌ازای طول‌موج‌های کوچک‌تر، مساوی یا بزرگ‌تر از ۲۵۴nm مشاهده خواهد شد.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

الف) آستانه $K_{max}=0 \rightarrow W_0=hf_0=\frac{hc}{\lambda}=\frac{1240}{254}=4/88\,eV$



C: الکترون حتی به آستانه نمی‌رسد

B: الکترون به آستانه می‌رسد و از فلز جدا می‌شود ولی انرژی جنبشی ندارد.

A: الکترون جدا می‌شود و انرژی جنبشی هم خواهد داشت

تمرین ۵ـ۲

در پدیدهٔ فوتوالکتریک برای فلز روی،
الف) بلندترین طول‌موجی را پیدا کنید که سبب گسیل فوتوالکترون‌ها می‌شود.
ب) وقتی نوری با طول‌موج ۲۲۰nm با سطح این فلز برهم‌کنش کند، بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌ها چقدر است؟

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

الکترون
$m = 9/11 \times 10^{-31}\ kg$ و $W_{روی} = 4/31\ eV$ طبق جدول ← تابع کار

الف) بلندترین طول موج ← کمترین بسامد ← بسامد آستانه

آستانه $K_{max} = 0 \rightarrow W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$

$\lambda_0 = \frac{1240}{4/31} = 287/7\ nm$

ب) اگر $\lambda = 220\ nm$ باشد چون این طول موج از حالت آستانه کمتر و فوتون با انرژی قوی‌تر است پس الکترون جدا می‌شود.

$hf = W + K_{max} \rightarrow K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - W$

$K_{max} = \frac{1240}{220} - 4/31 = 5/63 - 4/31 = 1/32\ eV$

باید به SI (جول) تبدیل شود:

$\frac{1\ eV}{1/32} = \frac{1/6 \times 10^{-19}\ J}{K'} \rightarrow K' = 2/11 \times 10^{-19}\ J$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$K_{max} = \frac{1}{2} m V_{max}^2 \rightarrow V = \sqrt{\frac{2K}{m}}$

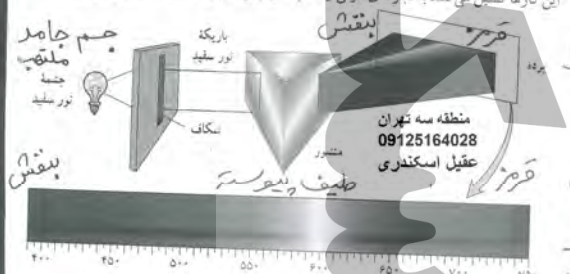
$V = \sqrt{\frac{2/11 \times 10^{-19} \times 2}{9/11 \times 10^{-31}}} = \sqrt{0/46 \times 10^{12}} = 6/7 \times 10^5\ m/s$

نظریه‌های کلاسیکی را نباید کنار گذاشت ولی کامل نیستند ← شکست مدل موج الکترومغناطیسی در توضیح برخی پدیده‌ها مانند اثر فوتوالکتریک به این معنی نیست که مدل موجی نور باید کنار گذاشته شود. ولی، باید متوجه باشیم که مدل موجی، تمام ویژگی‌های نور را دربرندارد و به همین دلیل قادر نیست توجیه درستی از تمامی پدیده‌های فیزیکی مرتبط با برهم‌کنش نور با ماده را ارائه کند.

اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می‌کنند در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل‌شده از سطح اجسام در ناحیهٔ فروسرخ طیف قرار دارد. این عکس با دوربین دما نگاشت گرفته شده و هر جا داغ‌تر باشد رنگ روشن‌تر است

۵ـ۲ طیف خطی

در فیزیک ۱ دیدیم که همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود (شکل ۵ـ۵). برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به‌اختصار طیف پیوسته می‌نامند. بخشی از این طیف که در گسترهٔ مرئی طول موج‌ها واقع است در شکل ۵ـ۶ نشان داده شده است. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است. حال آنکه گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معیّنی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به‌اختصار طیف خطی می‌نامند و طول موج‌های ایجادشده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به‌فرد هستند و سرنخ‌های مهمی را دربارهٔ نوع و ساختار اتم‌های آن گاز به‌دست می‌دهند. دو نمونهٔ آشنا از گازهای کم‌فشار و رقیق، در لامپ‌های نئون و لامپ‌های جیوه‌ای وجود دارد. شکل ۵ـ۷ قسمت‌های مرئی طیف‌های خطی این دو گاز را نشان می‌دهد. طول موج‌های مرئی خاصی که اتم‌های این گازها گسیل می‌کنند به تابلوهای نئونی و لامپ‌های جیوه‌ای رنگ‌های مشخصی می‌دهند.



شکل ۵ـ۶ طیف گسیلی پیوستهٔ نور سفید از رشتهٔ داغ یک لامپ روشن. در این شکل تنها بخش مرئی طیف نشان داده شده است که گسترهٔ طول‌موج آن از حدود ۴۰۰ nm (نور بنفش) تا حدود ۷۵۰ nm (نور قرمز) است.

شکل ۵ـ۷ طیف‌های گسیلی خطی برای نئون و جیوه

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۱ - (همه - تعدادی) اجسام در (هر - یک) دما موج الکترومغناطیسی تابش می‌کنند.

۲ - به تابش موج الکترومغناطیسی تابش ..... می‌گویند.

۳ - جسم ..... طیف ..... پیوسته تابش می‌کند. (مانند لامپ رشته‌ای)

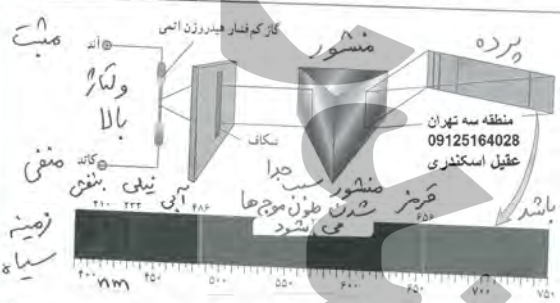
۴ - خلاصه جسم ..... ملتهب طیف تابشی با طول موج پیوسته است.

۵ - علت طیف تابشی پیوسته جسم جامد برهم‌کنش قوی بین ..... های سازندهٔ آن است.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

زمینه تیره و خطوط رنگی (طیف اتمی)

وقتی گاز (کم‌فشار - پرفشار) ورقی خیلی داغ و ملتهب شود چون اتم‌های آنها (منفرد - دردام اتم‌های دیگر) هستند (درست مانند - برخلاف) اتم‌های جامد ملتهب که در اثر برهم‌کنش (قوی - ضعیف) طیف (پیوسته - گسسته) تابش می‌کردند این اتم‌های گازی طیف (پیوسته - گسسته) تابش می‌کنند.



برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیم، جیوه، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به‌ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیهٔ الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجادشده و همچنین رنگ نور گسیل‌شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. در میان طیف گسیلی گازهای مختلف، طیف خطی هیدروژن اتمی هم از جنبهٔ تاریخی و هم از جنبهٔ نظری اهمیت خاصی دارد. طیف خطی این گاز در ناحیهٔ مرئی، شامل یک رشتهٔ منظم از خط‌هایی است که محل آنها در شکل ۵ـ۸ نشان داده شده است. در سال ۱۸۸۵ میلادی، بالمر، ریاضی‌دان سوئیسی، رابطه‌ای ساده پیشنهاد کرد که طول موج هریک از خط‌های شناخته‌شده مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن اتمی را به‌دست می‌داد. این رابطه عبارت است از:

فرمول بالمر

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

(معادلهٔ بالمر)

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

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

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

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

$n = 3, 4, 5, \ldots$

طیف مرئی هیدروژن (گسیلی خطی)

① بیان تابش طیف گسیلی خطی (طیف خطی) گاز باید ـــ و ـــ باشد

② آند (+) کاتد (-)

③ ولتاژ (کم - زیاد)

④ رنگ و طیف خطی به جنس گاز بستگی (دارد - ندارد)

⑤ طیف هیدروژن در ناحیهٔ ـــ شامل رشتهٔ (منظم - نامنظم) خطی است.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

همانطورکه بعداً متوجه خواهیم شد هرگاه الکترون از مدار بالا (n) به مدار پائین (n') حرکت کند فوتون تابش می‌کند این فرمول طول موج آن فوتون را قابل محاسبه می‌کند.

مثلاً طیف بالمر یعنی الکترون از مدار ۳ یا ۴ یا ۵ یا ۶ اگر به مدار ۲ برود فوتونی مرئی تولید می‌شود و اگر از مدار ۷ یا ۸ و ..... به مدار ۲ برود طیف فرابنفش تولید می‌شود.

بالمر با تأمل بیشتر روی رابطهٔ ۵ـ۵، پیشنهاد کرد که ممکن است رشته‌های دیگری از خط‌های که تا آن زمان در طیف هیدروژن دیده نشده‌اند وجود داشته باشند. ریدبرگ، فیزیک‌دان سوئدی، در راستای همین موضوع تلاش فراوانی برای کامل‌تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن انجام داد و در سال ۱۸۸۸ میلادی معادلهٔ بالمر را به‌صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n > n' \qquad \text{(معادلهٔ ریدبرگ)} \qquad (۶ـ۵)$$

که در آن R ثابت ریدبرگ و مقدار آن برابر $۰/۰۱۰۹۷۳۷۳۱\ (\text{nm})^{-۱}$ است و برای سادگی در محاسبه‌ها، مقدار آن را می‌توان $۰/۰۱۱\ (\text{nm})^{-۱}$ در نظر گرفت. همچنین n' عدد صحیح مثبتی است که به‌ازای $n'=۲$ رابطهٔ ۵ـ۵ مربوط به رشتهٔ بالمر به‌دست می‌آید که در ناحیهٔ مرئی طیف قرار دارد.

چندین سال پس از درگذشت بالمر و با اصلاح ابزارها و روش‌های طیف‌سنجی، امکان کشف گسترهٔ طول موج‌های دیگری در طیف گسیلی گاز هیدروژن به‌وجود آمد و مشخص شد که به‌جز رشتهٔ بالمر رشته‌های دیگری در طیف گاز هیدروژن اتمی وجود دارد. در جدول ۵ـ۲ نام این رشته‌ها، که به‌ازای مقادیر متفاوت n' آمده‌اند درج شده است.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

جدول ۵ـ۲ رشته خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی

نام طیف	تاریخ کشف	مقدار n'	رابطهٔ ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیهٔ طیف
لیمان	۱۹۰۶ـ۱۹۱۴	۱	$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{۱^۲}-\frac{1}{n^۲}\right)$	۲,۳,۴,...	فرابنفش
بالمر	۱۸۸۵	۲	$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{۲^۲}-\frac{1}{n^۲}\right)$	۳,۴,۵,...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۱۹۰۸	۳	$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{۳^۲}-\frac{1}{n^۲}\right)$	۴,۵,۶,...	فروسرخ
براکت	۱۹۲۲	۴	$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{۴^۲}-\frac{1}{n^۲}\right)$	۵,۶,۷,...	فروسرخ
پفوند	۱۹۲۴	۵	$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{۵^۲}-\frac{1}{n^۲}\right)$	۶,۷,۸,...	فروسرخ

چند اصطلاح
خط دوم براکت $n=۶$ و $n'=۴$
خط سوم پفوند $n=۸$ و $n'=۵$
اولین خط تابش بالمر $n=۳$ و $n'=۲$
اولین خط تابش پاشن $n=۴$ و $n'=۳$
خطوط مرئی بالمر $n=۳$ $n=۴$ $n=۵$ $n=۶$ $n'=۲$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

λ_{max} = قرمز آبی نیلی بنفش = λ_{min}

اولین خطی که در طیف لیمان جذب می‌شود؟ $n=2$ جذب $\rightarrow n'=1$

سومین خط نابش براکت $n=7$ نابش $\rightarrow n'=4$

سومین خط جذبی براکت $n'=4$ جذب $\rightarrow n=7$

09125164028

بلندترین طول موج لیمان $n=2$ و $n'=1$ (کمترین بسامد)

کوتاهترین طول موج لیمان $n=\infty$ و $n'=1$ (بیشترین بسامد)

بلندترین طول موج پفوند $n=6$ و $n'=5$ (کمترین بسامد)

کوتاهترین طول موج پفوند $n=\infty$ و $n'=5$ (بیشترین بسامد)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مثال ۵ـ۴

طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ براکت ($n'=4$) را به‌دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع‌اند[1].

براکت: فروسرخ

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2}\right)=R(2/25\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=4077\text{nm}$$

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right)=R(3/472\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=2642\text{nm}$$

مثال ۵ـ۵

کوتاه‌ترین و بلندترین طول‌موج در رشتهٔ پفوند ($n'=5$) هیدروژن اتمی را به‌دست آورید.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

پاسخ: کوتاه‌ترین طول‌موج، با $n=\infty$ متناظر است. در این صورت با استفاده از رابطهٔ ۵ـ۶ داریم:

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{\infty}\right)=\frac{R}{25}\Rightarrow\lambda=2273\text{nm}$$

همچنین بلندترین طول‌موج این رشته، متناظر با $n=6$ است. در این صورت داریم:

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{6^2}\right)=\frac{11R}{900}\Rightarrow\lambda=7438\text{nm}$$

۱ـ شبیه این مثال و مثال‌های دیگر، باید مقدار n' مربوط به هر رشته هنگام ارزشیابی داده شود و لازم نیست دانش‌آموزان n' مربوط به رشته‌های مختلف را حفظ کنند.

تمرین ۵ـ۳

طول‌موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر ($n'=3$) را به‌دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول‌موج‌های الکترومغناطیسی واقع‌اند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

(بالمر : فروسرخ)

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

فرض $R=0.01\ (nm)^{-1}$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{اولین}}}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2}\right)\rightarrow \lambda_{\text{اولین}}=\frac{14400}{7}=2057\ nm$$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{دومین}}}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{5^2}\right)\rightarrow \lambda_{\text{دومین}}=\frac{22500}{16}=1406\ nm$$

معادلهٔ ریدبرگ که برگرفته از داده‌های تجربی است، طول‌موج‌هایی را به‌دست می‌دهد که هیدروژن اتمی در طیف الکترومغناطیسی گسیل می‌کند. ولی مدل‌های اتمی رایج آن زمان در خصوص اینکه چرا تنها طول‌موج‌های معینی توسط هیدروژن اتمی تابش می‌شود، پاسخی نداشتند. نیلز بور، فیزیک‌دان دانمارکی (۱۹۶۲ـ۱۸۸۵ م.) با اصلاح مدل اتمی رادرفورد، برای نخستین بار توانست توضیح مناسبی برای طول‌موج‌های گسستهٔ تابش‌شده توسط گاز هیدروژن اتمی ارائه دهد. در واقع مدل بور، آغاز راهی برای درک این موضوع بود که چگونه ساختار اتم، طول‌موج‌های تابش‌شده را به مقدارهای معینی محدود می‌کند.

معادله ریدبرگ از داده‌های تجربی بدست آمد

بور مدل رادرفورد را اصلاح کرد.

مدل اتمی تامسون

جوزف تامسون فیزیک‌دان انگلیسی، در سال ۱۸۹۶ میلادی موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم e/m آن شد. کشف الکترون، تامسون را ترغیب کرد تا مدلی برای اتم ارائه دهد. این مدل سرانجام در سال ۱۹۰۴ میلادی ارائه شد. بنا بر مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به‌طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمشی هم می‌گویند، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در آن پخش شده‌اند (شکل ۵ـ۹).

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

شکل ۵ـ۹ در مدل تامسون، بار الکتریکی مثبت به‌طور همگن در کره‌ای توزیع شده است و الکترون‌ها مانند کنسمش‌های کیک در نقاط مختلف آن قرار دارند.

در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل‌شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.

اتم مانند ..... است که بارهای (مثبت ـ منفی) که تقریباً جرم ناچیزی دارند (به طور همگن ـ در سرتاسر) اتم وجود دارند و بارهای (مثبت ـ منفی) با جرم خیلی زیاد (به طور همگن ـ در سرتاسر) اتم قرار دارند. (الکترون ـ بار مثبت) کشمش!

در مدل تامسون الکترون ها دارای (وضع ثابت - ارتعاش) هستند
بنابراین موج الکترومغناطیس تابش (می کنند - نمی کنند) که این
(تابش - عدم تابش) با آزمایش و تجربه سازگار (بود - نبود)

وقتی ارنست رادرفورد در سال ۱۹۱۱ میلادی نتایج آزمایش‌هایی را انتشار داد که مدل تامسون نمی‌توانست آنها را توضیح دهد، این مدل کنار گذاشته شد. رادرفورد و همکارانش باریکه‌ای از ذره‌های دارای بار مثبت را (از جنس هستهٔ اتم هلیم که به آن ذرهٔ آلفا گفته می‌شود) بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباندند (شکل ۵ـ۱۰). رادرفورد بنابر مدل تامسون انتظار داشت که تمامی ذره‌های آلفا، با انحراف بسیار اندکی از ورقهٔ طلا بگذرند. در عمل نیز بیشتر این ذره‌ها بدون انحراف یا با انحراف اندکی از ورقهٔ طلا می گذشتند و در برخورد با صفحهٔ فلوئورسان، در پشت آن، جرقه‌های نورانی تولید می کردند. با وجود این، برخی از ذره‌های آلفا در هنگام خروج از ورقهٔ نازک طلا، در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شدند و حتی تعدادی از آنها نیز به عقب برمی گشتند! رادرفورد پس از انجام این آزمایش و بر اساس مدل تامسون و شناختی که از باریکهٔ ذرات آلفا داشت، گفت: «مثل آن بود که گلولهٔ نویی را به ورقهٔ نازکی از کاغذ شلیک کنید و با شگفتی مشاهده کنید که پس از برخورد گلولهٔ توپ با سطح کاغذ، گلوله بازگردد.» این ذره‌ها باید با چیز پرجرمی برخورد کرده باشند! اما با چه چیزی؟ رادرفورد استدلال کرد که ذره‌های بدون انحراف باید از قسمت‌هایی از ورقه گذشته باشند که تهی بوده باشند، در حالی که ذره‌های با انحراف شدید از مرکزهایی بسیار چگال و دارای بار مثبت منحرف شده‌اند. وی سرانجام نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم باشد که با مدل اتمی تامسون به‌طور آشکار مغایرت داشت.

① مدل رادرفورد توانست مدل تامسون را (تائید - رد) کند

② هستهٔ هلیم ( )

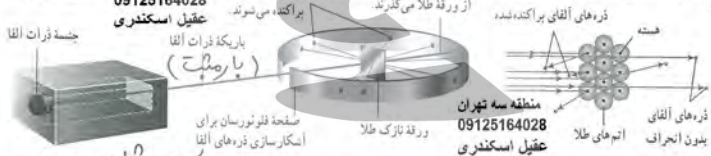
③ رادرفورد براساس مدل تامسون چه انتظاری داشت؟

④ در عمل (همهٔ - تعداد بسیار زیادی - تعدادی ناچیز) ذره آلفا بدون انحراف و یا عبور کردن و هنگام برخورد به صفحه فلوئورسان ---------- ولی تعدادی هم با زاویه‌های ..... منحرف شدند و تعداد کمی هم ..... بازگشت کردند.

⑤ این آزمایش ثابت کرد که اتم (مانند - برخلاف) مدل تامسون (دارای - بدون) هستهٔ (چگال - سبک) است.

در آزمایش ورقه طلا - آلفا :

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

شکل ۵ـ۱۰ آزمایش پراکندگی رادرفورد که در آن ذرات α از یک ورقهٔ نازک طلا پراکنده شده‌اند. تمام وسیله‌ها در یک اتاقک خلأ قرار دارد که در این شکل نشان داده نشده است.

مشاهده جرقه هنگام برخورد ذرات

نام آزمایش : ..... رادرفورد است و همهٔ وسیله‌ها در (فضای باز - اتاق خلأ)

رادرفورد استدلال کرد که: ذره‌های بدون انحراف از قسمت ..... اتم گذشتند و ذره‌های با انحراف شدید از مرکزهای بسیار ..... باابار ..... پس اتم دارای هسته‌ای بسیار ..... و ..... باابار ..... است که با مدل کامسون ..... بود.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

بنا بر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک (10^{-15}m ≈ ۱ شعاع) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به‌نسبت دور احاطه شده است. در حالت طبیعی، اتم از نظر الکتریکی خنثاست؛ زیرا بار مثبت هسته، درست مساوی مجموع بار منفی الکترون‌هایی است که هسته را دربرگرفته‌اند. مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند، در مواردی با موفقیت همراه بود، ولی با چالش‌های تازه‌ای نیز مواجه شد. این چالش‌ها برای خود رادرفورد نیز مطرح شده بود، ولی به‌طور صریح می‌گفت که: «نباید از مدلی که بر اساس بعضی نتایج تجربی ساخته شده است انتظار داشته باشیم که به تمامی چالش‌ها پاسخ دهد.»

اگر الکترون‌ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، مطابق شکل ۵ـ۱۱ الف، باید تحت تأثیر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد؛ چیزی که با واقعیت جور درنمی‌آید. همچنین اگر الکترون‌ها، مانند سیاره‌های منظومهٔ خورشیدی که دور خورشید می‌چرخند، به دور هسته در گردش باشند، باز هم این حرکت پایدار نمی‌ماند، زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنا بر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود، این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به‌تدریج کوچک‌تر و بسامد حرکت آن به‌تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، سبب می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به‌تدریج زیاد شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل بی‌درپی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد (شکل ۵ـ۱۱ ب). این نتیجه افزون بر اینکه با واقعیت ناسازگار است با طیف خطی گسیل‌شده توسط اتم‌ها نیز جور درنمی‌آید.

شعاع هسته در حدود ..... متر است

① در حالت عادی بار اتم ..... است

② نام مدل رادرفورد (..... یا .....)

③ مدل رادرفورد کاملاً (درست ـ غلط) نبود ولی با چالش جدیدی همراه شد

④ رادرفورد این چالش‌ها را قبول (داشت ـ نداشت)

⑤ مدل اتم هسته‌ای در مورد حرکت یا سکون الکترون نظر قطعی .....

⑥ اگر الکترون ساکن فرض شود ← ..... به هسته ← ..... اتم

⑦ اگر در حرکت باشد ← تابش موج ..... به صورت (پیوسته ـ خطی)

⑧ بین هسته و الکترون‌ها نیروی (رانش ـ ربایش) وجود دارد.

⑨ اگر الکترون را سیاره‌ای در منظومه خورشیدی فرض کنیم باید حرکت (یکنواخت ـ شتابدار) داشته باشد پس باید نور تابش (کند ـ نکند) پس انرژی آن (کم ـ زیاد) می‌شود

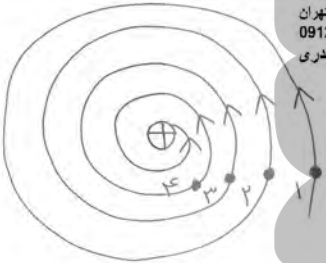
ناتوانی مدل اتم هسته‌ای رادرفورد در تبیین پایداری اتم

الف) اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی روی هسته سقوط می‌کند.

ب) اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می‌کند و سرانجام روی هسته فرو می‌افتد.

با گذشت زمان مدارهای حرکت الکترون بطور پیوسته کوچک می‌شوند و نور تابش شده انرژی بیشتری از الکترون گسیل خواهد کرد و الکترون با کمترین سرعت در هسته می‌افتد

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



اگر فرض کنیم مدل هسته‌ای اتم (رادرفورد) درست بود و مثلاً در مدار ۱ نور قرمز تولید می‌شد آن موقع

قرمز ۱ بنفش

طیف پیوسته‌ای از رنگ قرمز تا بنفش در منشور قابل دید بود

خلاصه: چه الکترون در این مدل حرکت کند و چه ساکن باشد باید به هسته سقوط کند و اتم فرو پاشد.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مدل اتمی بور

در سال ۱۹۱۳ میلادی، بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. این مدل افزون بر آنکه مسئلهٔ ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز نتیجه می‌داد. نظریهٔ بور با مدل اتم هسته‌ای رادرفورد، شروع می‌شد. بور با این پیشنهاد که «در مقیاس اتمی، قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس باید توسط قوانین دیگری جایگزین یا تکمیل شود» گامی بزرگ و جسورانه برای رفع مشکلات مدل رادرفورد برداشت.

① دو مزیت بزرگ این مدل چیست؟

الف) حل مشکل ناپایداری اتم رادرفورد ب) سازگار بودن با فرمول ریدبرگ

② شروع مدل بور براساس مدل ..... بود

③ بور معتقد بود: همان قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس برای توجیه مسائل در ابعاد اتمی کافی است (درست ـ غلط)

④ در مدل اتم هسته‌ای توجیه رادرفورد فیزیک (کلاسیک ـ جدید) بود

⑤ در مدل بور توجیه بور فیزیک (کلاسیک ـ جدید) بود

اصول و مفروضات مدل بور

۱ـ مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسستهٔ معینی مجاز هستند.

بور پس از محاسبات نسبتاً ساده‌ای نشان داد که شعاع این مدارها و انرژی الکترون برای اتم هیدروژن از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$r_n = a_0 n^2 \qquad (۵ـ۷)$$ (شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$$E_n = \frac{-۱۳/۶\text{eV}}{n^2} \qquad (۵ـ۸)$$ (ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

در این روابط n عدد کوانتومی نامیده می‌شود ($n = ۱,۲,۳,\ldots$) که مدار الکترون را دور هسته مشخص می‌شود. همچنین a_0 شعاع کوچک‌ترین مدار در اتم هیدروژن (به‌ازای $n = ۱$) و مقدار آن برابر $a_0 = r_1 = ۵/۲۹\times۱۰^{-۱۱}\text{m}$ است. این مقدار خاص، شعاع بور برای اتم هیدروژن نامیده می‌شود. همچنین انرژی الکترون در $n = ۱$ برابر $E_1 = -۱۳/۶\text{eV}$ است که اندازهٔ آن را معمولاً یک ریدبرگ می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند ($E_R = ۱۳/۶\text{eV}$). شکل ۵ـ۱۲ سه مدار اول بور را برای اتم هیدروژن نشان می‌دهد.

① انرژی الکترون (پیوسته ـ کوانتیده)

② مدارها دارای شعاع اتمی (پیوسته ـ کوانتیده)

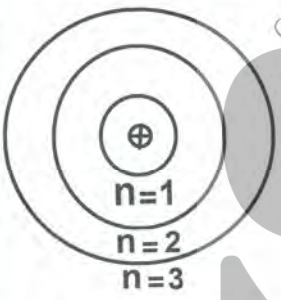
③ n عدد ..... n = ۰۰۰۰ و و و

④ = شعاع مدار اول هیدروژن = a_0

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

تقریباً ..... آنگستروم است.

مثال) شعاع مدار الکترون اتم هیدروژن در شکل مقابل چند است؟



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$r_n = n^2 r_1 = n^2 a_0$

$r_1 = 1\, r_1 = 1\, a_0$

$r_2 = 4 r_1 = 4 a_0$

$r_3 = 9 r_1 = 9 a_0$

مثال) در گذار از مدار ۴ به مدار پایه شعاع چند برابر می‌شود؟

(مدار پایه $\leftarrow n=1$)

$$\frac{r_1}{r_4} = \frac{(1)^2 r_1}{(4)^2 r_1} = \frac{1}{16}$$

مثال) اگر شعاع مدار اول $0.5\,A$ فرض شود در گذار مدار ۳ به ۵ شعاع چند μ تغییر می‌کند؟

$\Delta r = r_5 - r_3 = (25-9) r_1$

$\Delta r = 16 r_1 = 8\,A = 8\times10^{-10}\,m = 8\times10^{-10}\times10^{6}\,\mu$

$\Delta r = 8\times10^{-4}\,\mu$

A = آنگستروم (A°) $= 10^{-10}$ متر

μ = میکرون $= \mu m =$ میکرومتر $= 10^{-6}$ متر

مثال) انرژی الکترون در مدار ۳ چند eV و چند J و چند ریدبرگ است؟

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \rightarrow E_3 = -\frac{E_R}{9}$$

$$E_3 = -\frac{13.6}{9} = -1.5\ eV$$

$$E_3 = (-1.5)(1.6\times10^{-19}) = -2.4\times10^{-19}\ J$$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$E_3 = -\frac{1}{9}$ ریدبرگ $\qquad E_R = 13.6\ eV = 1$ ریدبرگ

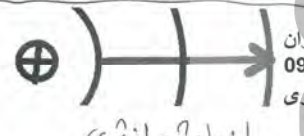
مثال) اگر الکترون از حالت ۳ به ۵ حرکت کند انرژی آن چقدر تغییر می‌کند: (الف) الکترون ولت (ب) ریدبرگ

$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \longrightarrow \Delta E = E_5 - E_3$

$\Delta E = \left(-\frac{۱۳/۶}{۲۵}\right) - \left(-\frac{۱۳/۶}{۹}\right) = ۱۳/۶\left(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۲۵}\right) = +۰/۹۶ \text{ eV}$

$\Delta E = \left(-\frac{۱}{۲۵}\right) - \left(-\frac{۱}{۹}\right) = \frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۲۵} = \frac{۱۶}{۲۲۵}$ ریدبرگ

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری


افزایش انرژی

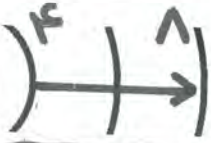
کاهش انرژی

مثال) اگر الکترون در تراز ۴ باشد و با یک گذار اندازه انرژی اش $\frac{۱}{۴}$ برابر گردد شعاع مدارش چند برابری شود؟

$E_۴ = \frac{۱}{۴}E' \longrightarrow -\frac{E_R}{(۴)^۲} = ۴\,\frac{E_R}{n'^۲} \longrightarrow n' = ۸$

$\frac{r_۲}{r_۴} = \frac{(۸)^۲ a_۰}{(۴)^۲ a_۰} = ۴$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



شعاع بور یعنی $a_۰ = r_۱ = ۰/۵۲۹$ A	در روابط بور n عدد کوانتومی نام دارد
یک ریدبرگ $E_R = ۱۳/۶ \text{ eV}$	کوچکترین مدار هیدروژن $n=۱$

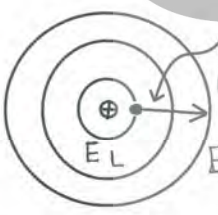
۲ـ وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این‌رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

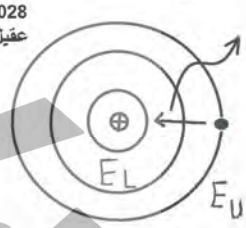
۳ـ الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L، یک فوتون تابش می‌شود[1] (شکل ۵ـ۱۳). در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf$$ (معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)

وقتی الکترون تغییر مدار نمی‌دهد، نه فوتون جذب یا تابش نمی‌کند به اصطلاح می‌گویند الکترون در ..... یا ..... قرار دارد.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری





UP بالا
Low پائین

وقتی الکترون از تراز انرژی بالا به پائین می رود یک فوتون گسیل می کند.

وقتی الکترون از تراز انرژی پائین به بالا می رود یک فوتون جذب می کند

$E_U - E_L = hf$

انرژی فوتون

قانون پایستگی انرژی در گسیل یا جذب فوتون

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مثال) در انتقال الکترون از مدار n به مدار مجاورش فوتون تابش یا جذب می‌شود. الف) این موضوع را مشخص کنید ب) نوع فوتون در چه محدوده‌ای است؟

طراح گفته ابتدا در مدار پایه بوده

پس $n=1$ خواهد بود و

چون عدد کوانتومی از ۱ شروع می‌شود یعنی صفر ندارد پس

مدار مجاور آن $n=2$ خواهد شد یعنی از پایین به بالای رود

و فوتون جذب می‌کند.

$$E_n=-\frac{E_R}{n^2} \rightarrow E_1=\frac{-13/6}{1^2} \qquad E_1=-13/6\,eV$$

$$E_2=-\frac{13/6}{2^2}=-\frac{13/6}{4} \qquad E_2=-3/4\,eV$$

$$hf=E_U-E_P \rightarrow \frac{hc}{\lambda}=(-3/4)-(-13/6)$$

$$\frac{1240}{\lambda}=10/2 \rightarrow \lambda=121/5\ nm$$ (فرابنفش)

یادآوری: هرگاه $(n'=n_L=1)$ طیف لیمان

تمرین ۵ـ۴

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.

الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به‌دست می‌آید.

ب) اگر الکترون از تراز انرژی $-1/51eV$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.

پ) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج ۶۶۰nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است.

۰eV
-1/51eV
-3/40eV
-13/6eV

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$E_n=-\frac{E_R}{13/6}$	E	$-13/6$	$-3/4$	$-1/51$	۰
	n	۱	۲	۳	∞

(الف) $hf=\frac{hc}{\lambda}=E_U-E_L=0-(-13/6) \rightarrow \lambda=\frac{1240}{13/6}=91/1$ (nm)

(ب) $\frac{hc}{\lambda}=(-1/51)-(-13/6)=12/09 \rightarrow \lambda=102/5$ (nm)

(الف و ب) فرابنفش ← (پ) نباید می‌گفت طول موج‌ها

(پ) $E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{1240}{660}=1/87\,eV$ $\quad 1/87=(-1/51)-(-3/4)$ $\quad 3 \rightarrow 2$

کل این صفحات درمورد اتم H است

حالت پایه $n=1$

اولین برانگیختگی $n=2$

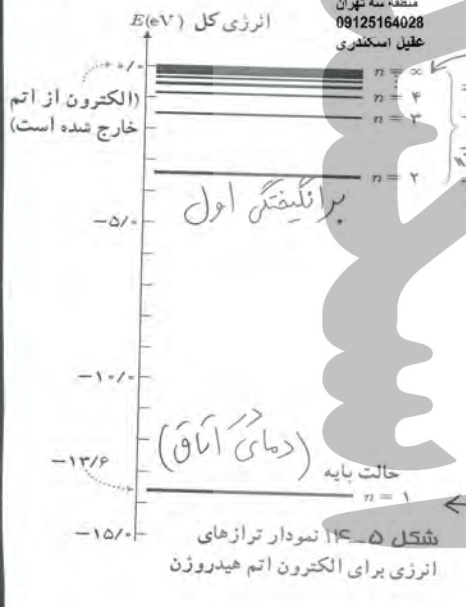
سومین برانگیختگی $n=4$

H^+ هیدروژنی که به الکترون آن حداقل $13/6\ eV$ انرژی داده‌ام و از اتم خارج شده است

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن: مفید است که مقدارهای انرژی داده‌شده در معادلهٔ ۵ـ۸ را مانند شکل ۵ـ۱۴ روی نمودار تراز انرژی نمایش دهیم. در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ در معادلهٔ ۵ـ۸ مربوط است و دارای انرژی صفر eV است. برعکس، پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است و دارای مقدار $-13/6\ eV$ است. پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند متمایز باشند. توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی‌های حالت‌های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند.

در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n = 1$) به بالاترین حالت برانگیختهٔ ممکن ($n = \infty$) مقدار $13/6\ eV$ انرژی باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود. این کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نامیده می‌شود. مقدار پیش‌بینی‌شده توسط مدل بور برای انرژی یونش اتم هیدروژن، توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد. ← مزیت دیگر بور

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



شکل ۵ـ۱۴ نمودار ترازهای انرژی برای الکترون اتم هیدروژن

حالت یونش (دورترین از هسته)

هرچه بالاتر می‌رویم خطوط به هم نزدیک‌تر می‌شوند

کمترین انرژی (نزدیکترین به هسته)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مثال ۵ـ۶

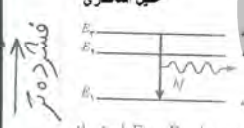
الکترونی در دومین حالت برانگیختهٔ اتم هیدروژن قرار دارد. الف) انرژی الکترون را در این حالت پیدا کنید. ب) وقتی الکترون از این حالت برانگیخته به حالت پایه جهش می‌کند نمودار تراز انرژی آن را رسم کنید. پ) طول موج فوتون گسیل‌شده را حساب کنید.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

پاسخ: الف) در دومین حالت برانگیخته، عدد کوانتومی $n = 3$ است. به این ترتیب از رابطهٔ ۵ـ۸ داریم:

$$E_3 = \frac{-13/6\,eV}{3^2} = -1/51\,eV$$

ب) شکل مقابل نمودار ترازهای انرژی را برای الکترون اتم هیدروژن نشان می‌دهد که با گسیل فوتون، از دومین حالت برانگیخته به حالت پایه جهش کرده است.



پ) انرژی الکترون در حالت پایه $E_1 = -13/6\,eV$ است. به این ترتیب انرژی فوتون گسیل‌شده برابر $E_3 - E_1$ است. از رابطهٔ ۵ـ۹ داریم:

$$E_3 - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_3 - E_1} = \frac{1242\,eV.nm}{-1/5\,eV - (-13/6\,eV)} = 102\,nm$$

فرابنفش

مثال) در حالت پایه انرژی یونش چند ریدبرگ است؟

$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \longrightarrow E_1 = -\frac{1}{1^2}$ ← ریدبرگ

ریدبرگ ۱ = −

حالت پایه ←

یونش $E = -E_{\text{الکترون}} = +1$ ریدبرگ

مثال) در حالت پایه انرژی یونش چند eV است؟

$E_{\text{الکترون}} = \frac{-13/6}{1^2} = -13/6\,eV \longrightarrow E_{\text{یونش}} = +13/6\,eV$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

مثال) الکترون در سومین حالت برانگیختگی است

الف) انرژی الکترون ب) انرژی یونش پ) به چه تراز انرژی برود که بالاترین طول موج گسیل شود؟ ت) کمترین طول موج در چه ناحیه‌ای

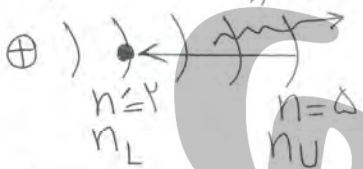
الف) $n = 4 \rightarrow$ سومین برانگیختگی $E_4 = \frac{-13/6}{16} = -0/85\,eV$

ب) یونش $E = -E_{\text{الکترون}} = +0/85\,eV$

پ) λ_{max} یعنی انرژی min پس راه کوتاه است $n_L = 3 \leftarrow n_U = 4$

$hf = \frac{hc}{\lambda} = E_4 - E_1 \rightarrow \lambda = \frac{1240}{-0/85 - (-13/6)} = 97/2\,(nm)$ ت) فرابنفش

مثال) سومین خط بالمر ($n'=2$) چند eV انرژی دارد؟



$E_2 = -\frac{13/6}{4} = -3/4$ eV

$E_5 = -\frac{13/6}{25} = -0/54$

$hf = \Delta E = (-0/54) - (-3/4) = 2/86$ eV

مثال) این انرژی مربوط به فوتون در کدام ناحیه است؟

$\frac{hc}{\lambda} = 2/86 \rightarrow \lambda = \frac{1240}{2/86} = 435$ nm مرئی

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

استخراج معادله ریدبرگ برای اتم هیدروژن از مدل بور : همان‌طور که در ابتدای این بخش نیز اشاره کردیم یکی از موفقیت‌های مدل بور نتیجه‌گیری معادله ریدبرگ برای طیف خطی گاز هیدروژن اتمی است. برای بررسی بیشتر این موضوع فرض کنید الکترون اتم هیدروژن در یکی از حالت‌های برانگیخته باشد و بخواهد به حالتی با انرژی کمتر جهش کند. به عبارت دیگر الکترون از مدار مانای n_U به مدار مانای n_L می‌رود و فوتونی را گسیل می‌کند. با توجه به روابط ۵-۸ و ۵-۹، بسامد فوتون گسیل‌شده برابر است با :

ثابت کنید فرمول ریدبرگ را می‌توان از الگو و مدل بور بدست آورد :

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$hf = E_U - E_L \rightarrow hf = \left(-\frac{E_R}{n_U^2}\right) - \left(-\frac{E_R}{n_L^2}\right)$

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

$\frac{E_R}{hc} = \frac{13/6}{1240} = 0/0109 \ (nm)^{-1} = R$ (در فرمول ریدبرگ)

$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$: که $n=n_U$ و $n'=n_L$ بود

مثال) بلندترین خط بالمر از دورش : $hf = E_U - E_L$ بور

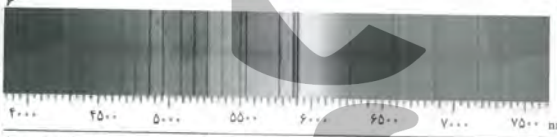
$\frac{1240}{\lambda} = \left(-\frac{13/6}{9}\right) - \left(-\frac{13/6}{4}\right)$ $n=3 \rightarrow n=2$ قرمز

$\lambda = \frac{1240}{3/4 - 1/51} = 656$ nm

ریدبرگ $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) = 0/0109\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right) \rightarrow \lambda = 660$ nm

طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی و مدل بور : در سال ۱۸۱۴ میلادی فرانهوفر، با مشاهدهٔ دقیق طیف خورشید، خط‌های تاریک نازکی را در آن کشف کرد[۱] (شکل ۵ـ۱۵). این تجربه نشان می‌داد در تابشی که از خورشید گسیل می‌شود و به زمین می‌رسد بعضی از طول‌موج‌ها وجود ندارند. امروزه می‌دانیم بسیاری از خط‌های تاریکی که فرانهوفر در طیف خورشید کشف کرد، ناشی از جذب طول‌موج‌های مربوط به این خط‌ها توسط گازهای جو خورشید است. خط‌های دیگر به سبب جذب نور در گازهای جو زمین پدید می‌آیند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری



۱ـ از ویلیام ولاستون به‌عنوان نخستین کاشف این خط‌های تاریک نام می‌برند، ولی جوزف فرانهوفر بود که این خط‌ها را به تفصیل مورد مطالعه قرار داد.

که اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن، خط‌های تاریکی ظاهر می‌شود. این خط‌ها (طول‌موج‌ها) توسط اتم‌های گاز عنصر جذب شده‌اند. شکل ۵ـ۱۷، طیف گسیلی و طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. مطالعه و مقایسهٔ این دو طیف و همچنین طیف‌های گسیلی و جذبی عنصرهای مختلف نشان می‌دهد که:

- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول‌موج‌های معیّنی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.
- اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازهٔ کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش می‌کنند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

عقیل اسکندری

ص ۳۳ | ف ۵ | ک ۱۲

حالت ماده	داغ و ملتهب	معمولی و سرد	منحصر به فرد
گاز و بخار	نشری خطی	جذبی خطی	هست
مایع و جامد	نشری پیوسته	جذبی پیوسته	نیست

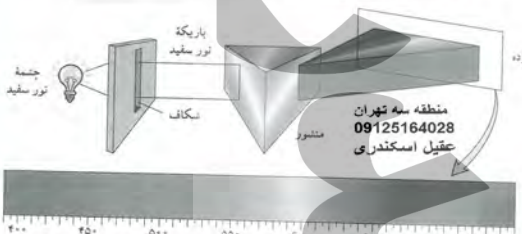
منحصر به فرد یعنی می‌توان از آن برای شناسائی عناصر کمک گرفت

نشری = گسیلی = رنگی
خطی = گسسته
نشری خطی = طیف اتمی

جذبی = تیره = سیاه

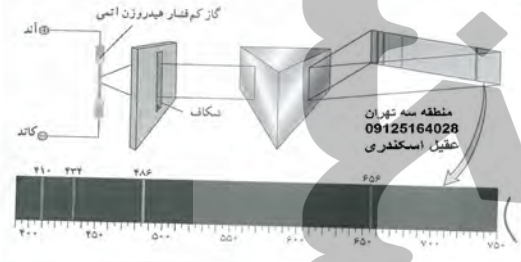
خارج از کتاب

سازنده فلز ملتهب



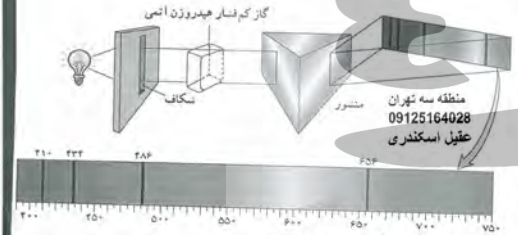
نشری پیوسته (زمینه رنگی و پیوسته)

سازنده گاز داغ رقیق



نشری خطی (زمینه سیاه و خطوط رنگی)

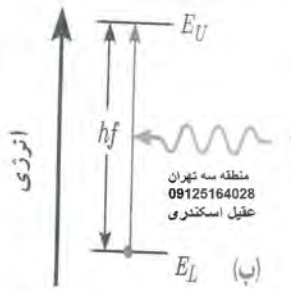
سازنده گاز سرد رقیق



جذبی خطی (زمینه رنگی و خطوط سیاه)

شکل ۵ـ۱۶ اسباب آزمایشی را به‌صورت طرح‌وار نشان می‌دهد که در آن باریکهٔ نور سفید قبل از عبور از منشور، از گاز کم‌فشار هیدروژن می‌گذرد. با انجام این آزمایش پی می‌بریم یک طیف پیوسته (مشابه طیف رنگین‌کمان) با خط‌هایی تاریک درون آن مشاهده می‌شود که در آن بعضی از طول‌موج‌ها از نور سفید جذب شده‌اند.

اینکه چرا هر عنصر تنها طول‌موج‌های خاصی را که مشخصهٔ آن عنصر است جذب یا گسیل می‌کند چالشی بود که برای چندین دهه فیزیک‌دانان را به خود مشغول کرده بود و تا پیش از ارائهٔ مدل بور، نظریهٔ قابل قبولی برای توضیح آن وجود نداشت. اکنون براساس مدل بور می‌دانیم که خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به‌وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند (شکل ۵ـ۱۸ الف). همچنین الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذار کنند، یعنی در فرایندی که جذب فوتون خوانده می‌شود از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند (شکل ۵ـ۱۸ ب). در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند. به این ترتیب اگر فوتون‌هایی با گسترهٔ پیوسته‌ای از طول‌موج‌ها مطابق آزمایش شکل ۵ـ۱۶ از گاز بگذرند و سپس طیف آنها تشکیل شود، یک دسته خط‌های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده خواهند شد. خط‌های تاریک، طول‌موج‌هایی را مشخص می‌کنند که با فرایند جذب فوتون برداشته شده‌اند.



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

الکترون با جذب یک فوتون انرژی از تراز پایین به بالا می‌رود (طیف جذبی خطی)

الکترون با تابش یک فوتون انرژی از تراز بالا به پایین می‌آید (طیف نشری خطی)

توجه: الکترون می‌تواند با روش‌های مختلفی برانگیخته شود و به تراز بالاتر برود و یکی از آن روش‌ها دریافت و جذب یک فوتون است

وقتی الکترون از بالا به پایین می‌آید یک فوتون تابش می‌کند

ا جذب: بالا رفتن
ت تابش: پایین آمدن

○ پرسش ۵ـ۲

آیا معادلهٔ ۵ـ۹ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟

بله ـ کاملا صدق می‌کند

اندیس ۱ و ۲ جهت حرکت را معین می‌کند

E_{2U} انرژی الکترون در مدار بالاتر

E_{1L} انرژی الکترون در مدار پایین‌تر

hf انرژی فوتون جذب شده

$hf = E_{2U} - E_{1L}$

قانون پایستگی انرژی

$hf = E_{1U} - E_{2L}$ تابش فوتون

موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور : مدل بور تصویری از چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته ارائه می‌کند. این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و محاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است. افزون بر این، مدل بور را برای اتم‌های هیدروژن‌گونه نیز می‌توان به کار برد. اتم هیدروژن‌گونه به اتم‌هایی گفته می‌شود که تنها یک الکترون دارند. برای مثال، اتم لیتیم که در حالت خنثی سه الکترون دارد اگر دو الکترون خود را از دست داده باشد، یک اتم هیدروژن‌گونه است. مدل بور می‌تواند انرژی یونش و همچنین طول‌موج‌های طیف خطی اتم‌های هیدروژن‌گونه مانند لیتیم دو بار یونیده (Li^{2+}) را پیش‌بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد.

مدل بور به‌رغم موفقیت‌هایی که اشاره شد، نارسایی‌هایی نیز دارد که تنها به دو مورد از آنها اشاره می‌کنیم. این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است. همچنین این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز یا شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی یا یکدیگر متفاوت است.

موفقیت مدل بور :

① تبیین و توجیه ..... اتم

② طیف‌های ..... و ..... گاز ..... اتمی

③ محاسبهٔ انرژی ..... اتم .....

منظور از اتم هیدروژن گونه اتم‌هایی (خنثی - با بار مثبت - با بار منفی) که (فقط یک الکترون دارند - الزاماً یک الکترون داده‌اند) می‌باشد

کدام آرایش زیر اتم هیدروژن گونه است ؟

۱) H^+ و ۲) He^{++} و ۳) Li^{++} و ۴) Be^+

نارسایی‌های مدل بور: ① برای حالتی که (بیش از - فقط) یک الکترون دارد صدق نمی‌کند زیرا نیروی الکترون و (الکترون - پروتون) را به حساب نیاورده است

② این مدل نمی‌تواند (مساوی بودن - متفاوت بودن) شدت نور خط‌های گسیلی را توجیه کند. مثلاً "چرا شدت نور قرمز و آبی در طیف نشری خطی یکسان (است - نیست)

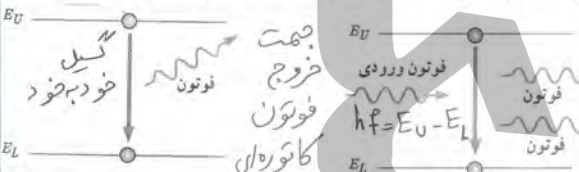
منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

لیزر یکی از مفیدترین اختراع‌های قرن بیستم است که کاربرد زیادی در زندگی، فناوری و صنعت دارد. لیزر امروزه در چاپگرها، در نگاشتن اطلاعات روی CD و DVDها و خواندن آنها، شبکه‌های کابل نوری، اندازه‌گیری دقیق طول، دستگاه‌های جوشکاری و برش فلزات، پژوهش‌های علمی، سرگرمی و ... به‌کار می‌رود. همچنین در حرفهٔ پزشکی برای جراحی، پرداختن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی و ... از لیزر استفاده می‌شود.

نخستین لیزر، موسوم به لیزر یاقوتی، را تئودور مایمن (۲۰۰۷–۱۹۲۷ م.) در سال ۱۹۶۰ میلادی ساخت. مدتی پس از آن و در همان سال، علی جوان و همکارانش موفق به ساخت نخستین لیزر گازی هلیم نئون شدند.

مطابق مدل اتمی بور وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود. فرایند گسیل می‌تواند به‌صورت گسیل خودبه‌خود و یا گسیل القایی باشد. در گسیل خودبه‌خود (شکل ۵ـ۲۰ الف) فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود. در حالی که در گسیل القایی (شکل ۵ـ۲۰ ب) که برای نخستین بار در سال ۱۹۱۷ میلادی توسط اینشتین مطرح شد، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین‌تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی‌های دو تراز یعنی $E_U - E_L$ یکسان باشد.

گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد. اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود (شکل ۵ـ۲۰ ب). به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند[1]. دوم اینکه فوتون گسیل‌شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند. سوم اینکه فوتون گسیل‌شده



یا فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون‌هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

در گسیل القایی یک جمعیتْ انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به وارونی جمعیت معروف است (شکل ۵ـ۲۱).

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه‌پایدار[1] نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3}s) نسبت به حالت برانگیختهٔ معمولی (10^{-8}s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۵

۵ـ۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

۱. یک لامپ حاوی گاز کم‌فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول‌موج ۵۸۹nm گسیل می‌کند.

الف) بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را برحسب ژول و همچنین الکترون ولت بیان کنید.

ب) فرض کنید توان تابشی مفید لامپ ۵/۰W است. در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

$\lambda = ۵۸۹\,nm$

الف) $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{۳\times۱۰^{۸}}{۵۸۹\times۱۰^{-۹}}$

$f = ۵\times۱۰^{۱۴}\,HZ$

$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰}{۵۸۹} = ۲/۱\,eV$

$E = ۲/۱\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۳/۳۶\times۱۰^{-۱۹}\,J$

ب) $P = \frac{E}{t} \rightarrow E = ۵\times۶۰ = ۳۰۰\,J$

ج) $E = nhf = n\,E_{\text{فوتون}} \rightarrow n = \frac{۳۰۰}{۳/۳۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۸/۹\times۱۰^{۲۰}$ فوتون

۲. توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون ۵/۰mW است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰/۰W باشد،

الف) بازده لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول‌موج باریکهٔ نور خروجی ۶۳۳nm باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.

الف) $Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}}\times۱۰۰$ (خروجی مفید / ورودی کل)

$Ra = \frac{۵\times۱۰^{-۳}}{۵۰}\times۱۰۰ = ۰/۰۱$ درصد

ب) $P_{\text{مفید}} = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \frac{nhc}{t\lambda} \rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc}$

$n = \frac{۵\times۱۰^{-۳}\times۱\times۶۳۳\times۱۰^{-۳}}{۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\times۳\times۱۰^{۸}} = ۱۵۹\times۱۰^{۲۰}$ فوتون

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۳. یک لامپ رشته‌ای با توان ۱۰۰W از فاصلهٔ یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازدهٔ لامپ ۵ درصد است (یعنی ۵W تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول‌موجی در حدود ۵۵۰nm است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول‌موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را ۲/۰mm در نظر بگیرید.)

توان ورودی ۱۰۰W → لامپ → ۵W مرئی → $\frac{۱}{۱۰۰}(۵)$ نور خاص

$n = \frac{Pt\lambda}{hc}$ (فرمول سؤال ۲)

$n = \frac{۰/۰۵\times۱\times۵۵۰\times۱۰^{-۹}}{۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}} = ۴/۱۴\times۱۰^{۲۵}$

چون گفته در همهٔ جهات یعنی کروی

مردمک $A = \pi r^{۲} = ۳/۱۴\times۱\times۱۰^{-۶}\,m^{۲}$

کره $A = ۴\pi r^{۲} = ۴\times۳/۱۴\times۱۰^{۶}\,m^{۲}$

$\frac{۴\times۳/۱۴\times۱۰^{۶}}{۳/۱۴\times۱۰^{-۶}} = \frac{۴/۱۴\times۱۰^{۲۵}}{N} \quad N = ۱۰$

۸. شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود $1360\ W/m^2$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $1\ m^2$، مقدار انرژی $1360\ J$ می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقداری زیادی از شدت آن، به علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود $300\ W/m^2$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول‌موج متوسط فوتون‌ها را $570\ nm$ فرض کنید.

$I=\frac{P}{A}$ شدت = توان / مترمربع $\left(\frac{W}{m^2}\right)$

$I=1360\ W/m^2$ کل $\quad I=300\ W/m^2$ مفید

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

توجه: اگر بازده می‌خواست $Ra=\frac{300}{1360}\times 100$ %

$I=\frac{P}{A}\rightarrow P=IA=300\times 1=300\ W$

$P=\frac{E}{t}=\frac{nhc}{\lambda t}\rightarrow n=\frac{P\lambda t}{hc}=\frac{300\times 570\times 1\times 10^{-9}}{6/63\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}=8/5\times 10^{20}$ فوتون

□. الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟

ب) توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفته شد چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟

پ) معادلهٔ مربوط به اثر فوتوالکتریک به‌صورت $K_{max}=hf-W_0$ بیان می‌شود. سه بخش این معادله را به طور جداگانه توضیح دهید.

الف) هرگاه نور (فوتون) با بسامد (کافی) نسبتاً زیاد به سطح فلزی (پراق) با بار منفی بتابد و از آن الکترون جدا شود، فوتوالکتریک رخ داده است

(ب و پ) هر الکترون در فلز با یک انرژی مشخص به اتم‌های فلز وابسته و مقیّد است برای جدا کردن آن دو انرژی لازم داریم

(اول) باید الکترون از قید فلز رها شود و (دوم) باید این الکترون انرژی جنبشی یافته و شتاب کند

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

قانون پایستگی انرژی

$hf=W_0+K_{max}$

انرژی فوتون که به سطح فلز = کمترین انرژی لازم برای آزاد + بیشترین انرژی جنبشی که

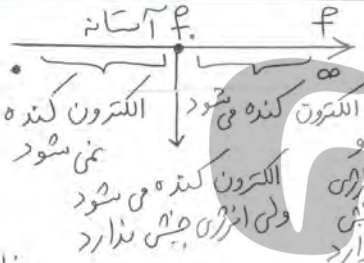
می‌توان به الکترون داد — کردن الکترون از فلز — تابیده شده است

۶. توضیح دهید برای یک فلز معین، تغییر هر یک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد.

الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه

ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه

پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

ب) اگر f کافی نباشد، شدت نور هر تغییری کند هیچ تأثیری ندارد یعنی الکترون کنده نمی‌شود.

ب) وقتی بسامد بیش از آستانه (f_0) است الکترون کنده می‌شود در این حالت اگر شدت نور کم شود تعداد فوتوالکترون‌ها کم می‌شود ولی صفر نمی‌شود و اگر شدت نور زیاد شود تا حدی تعداد آن‌ها زیاد می‌شود.

۷. حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر ۲/۲۸eV است.

الف) طول‌موج آستانه برای گسیل فوتوالکترون از سطح فلز سدیم چقدر است و با مراجعه به شکل ۵.۶ معلوم کنید این طول‌موج مربوط به چه رنگی است؟

ب) آیا فوتون‌هایی با طول‌موج ۶۸۰nm قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟

$W_0 = 2/28\ eV$ تابع کار

الف) $hf = W_0 + K_{max}$ (حداقل) صفر

$\frac{hc}{\lambda} = 2/28 \rightarrow \lambda = \frac{1240}{2/28}$

$\lambda = 543\ nm$ (سبز)

ب) خیر - باید نوری با طول موج کمتر از ۵۴۳ nm بتابانیم تا الکترون جدا شود.

۸. تابش فرابنفشی با طول‌موج ۲۰۰nm بر سطح تیغه‌ای از جنس نیکل با تابع کار ۴/۹۰eV تابیده می‌شود. بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح نیکل را حساب کنید.

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

$hf = W_0 + K_{max}$

$\frac{hc}{\lambda} = W_0 + K_{max}$

$\frac{1240}{200} = 4/9 + K_{max}$

$K_{max} = \frac{1}{2} m V_{max}^2 \rightarrow V_{max} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m}}$

$m = 9/11 \times 10^{-31}\ kg$

$K_{max} = 1/3\ eV$

$V_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 1/3 \times 1/6 \times 10^{-19}}{9/11 \times 10^{-31}}} = 6/7 \times 10^5\ m/s$

۹. هر گاه بر سطح فلزی نوری با طول‌موج ۴۲۰nm بتابد بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده حدود ۰/۵۰eV است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکترون‌ها از سطح این فلز چقدر است؟

$hf = W_0 + K_{max}$

$\frac{hc}{\lambda} = W_0 + K_{max}$

$\frac{1240}{420} = W_0 + 0/5 \rightarrow W_0 = 2/9\,eV$

$W_0 = hf_0 \rightarrow f_0 = \frac{2/9}{4/14 \times 10^{-15}} = 7 \times 10^{14}\,HZ$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۵-۲ و ۵-۳ طیف خطی و مدل اتم رادرفورد ـ بور

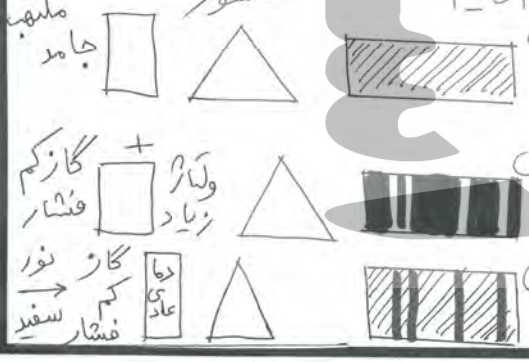
۱. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.

الف) اگر جسم جامد (و مایع) داغ و ملتهب شود طیف نشری (گسیل) پیوسته تابش می‌کند ولی اگر جسم گاز یا بخار رقیق و کم فشار باشد طیف گسیل خطی (گسسته) تابش می‌کند. علت این تفاوت در نیروی متقابل اتم‌ها برهم است درجسم جامد برهم‌کنش بین اتم‌ها خیلی قوی ولی در گازها برهم‌کنش بین اتم‌ها ناچیز است

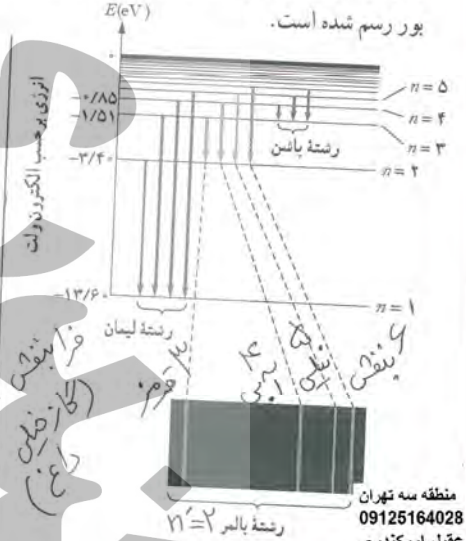
منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

ب) طرح ساده رسم می‌کنیم:



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۱۱. شکل زیر سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است.



الف) منظور از $n = 1$ و انرژی $-13/6\,eV$ چیست؟

ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را توضیح دهید.

پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول‌موج در هر رشته را، گسترهٔ طول‌موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان ($n' = 1$) را پیدا کنید.

ت) برای تولید فوتون نیلی

الف) $n=1$ مدار پایه است یعنی در اتم هیدروژن اتمی نزدیک‌ترین مدار به هسته

$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ و $n=1$

$E_1 = -13/6\ eV$ یعنی الکترون در مدار ۱ با انرژی $13/6\ eV$ به اتم وابسته است

ب) هرگاه الکترون به هر دلیلی برانگیخته شده باشد و به مداری با تراز انرژی بالاتر رفته باشد با تابش یک فوتون به تراز پایین می‌آید وچون مدارها کوانتیده و تک تک هستند رنگ (طول موج) فوتون‌ها هم پیوسته نیست

پ) $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ و فرض $R = 0/01\ (nm)^{-1}$

$\frac{1}{\lambda_{max}} = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \rightarrow \lambda_{max} = \frac{400}{3} = 133\ nm$

$\frac{1}{\lambda_{min}} = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) \rightarrow \lambda_{min} = 100\ nm$

ت) برای تولید فوتون نیلی $n=5$ و $n'=2$

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

۱۱. الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید.
ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می‌توانید خط‌های تاریک در طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را توجیه کنید؟
ب) وقتی که نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود، تابش مرئی از خود گسیل می‌کنند. این پدیدهٔ فیزیکی نمونه‌ای از فلوئورسانی است. آزمایش نشان می‌دهد در پدیدهٔ فلوئورسانی طول‌موج‌های گسیل‌یافته معمولاً برابر همان طول‌موج نور فرودی یا بزرگ‌تر از آن است. این پدیده را چگونه به کمک مدل بور می‌توانید تبیین کنید؟

الف) هرگاه در اتم هیدروژن گازی واقعی یک الکترون که در مدار و تراز پایین است یک فوتون جذب کند به مدار و تراز بالا می‌رود که حاصل آن برانگیختگی و ایجاد طیف جذبی خطی است (علت خطی بودن پیوسته نبودن و گوناگون بودن مدار و تراز الکترون است)

توجه: قسمت (پ) می‌تواند بعنوان پرسش هم مطرح شود

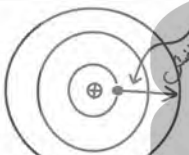
① نمونه‌ای از پدیدهٔ فلوئورسانی را شرح دهید.

② اگر نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود تابش ..... دارند (چیزی شبیه چراغ نئون چک پول واقعی و تقلبی)

③ در پدیده فلوئورسانی طول‌موج تابیده λ_1 و طول موج بازتاب λ_2 است

$\lambda_1 \square \lambda_2$

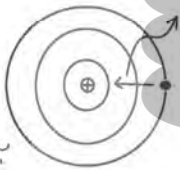
علامت $< = >$



(پ)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

بنفش
الکترون → فوتون فرا + الکترون
برانگیخته



اگر فوتون تابشی فرابنفش باشد یعنی الکترون به مدار خود برگشته

الکترون → فوتون + الکترون
برانگیخته

ولی اگر الکترون به مدارهای بالاتر از مدار اصلی خود برگردد

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

فوتون با طول موج بلندتر تابش می‌کند

عقیل اسکندری

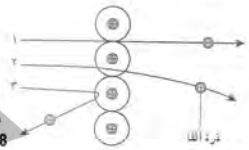
۱۳. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به‌دست آمده بود (شکل الف).

الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند.

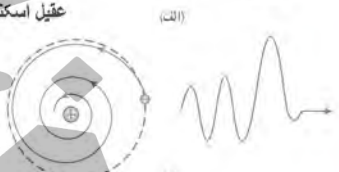
ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذرهٔ ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را دربارهٔ ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

ب) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحهٔ بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟

ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟

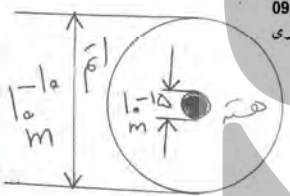


(الف)


(ب)

منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

الف) علت خالی بودن اکثر فضای اتم است.



ب) هسته بسیار کوچک و خیلی سنگین (چگال) و بارش مثبت

ب) قصد خطا به کمترین مقدار برسد در یک لایه نازک تعداد اتم که در لایه تشکیل ضخامت می‌دهند کم می‌شود و می‌توان نتیجه را به یک اتم نسبت داد نه به چند لایهٔ اتم

ت) اینکه الکترون را در مدار ساکن فرض نکنیم با تابش پیوسته انرژی (موج الکترومغناطیس) با حرکت مارپیچی به هسته سقوط می‌کند و اتم فروی پاشد.

۱۴. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن:

الف) اختلاف انرژی $\Delta E(n_H \to n_L) = E_{n_H} - E_{n_L}$ را حساب کنید.

ب) نشان دهید که:

$\Delta E(۴\to۲) = \Delta E(۴\to۳) + \Delta E(۳\to۲)$

$\Delta E(۴\to۱) = \Delta E(۴\to۲) + \Delta E(۲\to۱)$

چون $E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ پس عامل E_R در همه مشترک است. طبق قانون پایستگی انرژی: $\Delta E_{۴\to۲} = E_۲ - E_۴$

(الف) $= E_۲ - E_۳ + E_۳ - E_۴$

$= \Delta E_{۳\to۲} + \Delta E_{۴\to۳}$

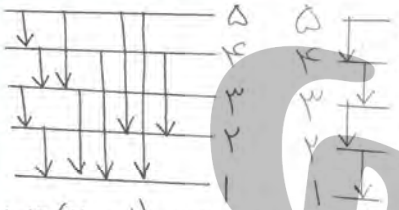
ب) $\Delta E_{۴\to۱} = E_۱ - E_۴ = E_۱ + E_۲ - E_۲ - E_۴$

$\Delta E_{۴\to۱} = \Delta E_{۲\to۱} + \Delta E_{۴\to۲}$

۱۵. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n = 5$ قرار دارد.

الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

ب) فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n = 1$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟



منطقه سه تهران
09125164028
عقیل اسکندری

الف) $\frac{n(n-1)}{2} = \frac{5\times4}{2} = 10$ فوتون ۱۴ (ب

۵-۴ لیزر

۱۷. شکل زیر فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر را به‌طور طرح‌وار در ۴ مرحله نشان می‌دهد.

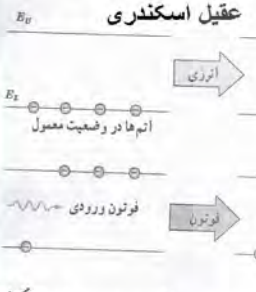
الف) منظور از عبارت «اتم‌ها در وضعیت معمول» چیست؟

ب) نقش انرژی داده‌شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

ب) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟

ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟

ث) فوتون‌هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون‌ها به تراز پایین‌تر ایجاد می‌شوند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟



عقیل اسکندری

الف) در دمای اتاق و حالت عادی بیشتر جمعیت الکترون‌ها در مدارهای پایین هستند ب) انرژی که داده شود الکترون‌ها برانگیخته می‌شوند و به تراز بالاتر می‌روند این انرژی می‌تواند در خش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. ب) حالتی که بعلت انرژی کافی که به الکترون‌های تراز پایین داده‌ایم تعداد زیادی از آنها در تراز بالا قرار گیرند.

ت) با اختلاف تراز انرژی $E_U - E_L$ = انرژی فوتون

ث) هم جهت و هم‌گام (هم‌فاز) و هم بسامد هستند

منطقه سه تهران

۱۷. در شکل زیر نحوهٔ گسیل فوتون‌ها از سه چشمهٔ نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگر مقایسه شده است.

الف) با توجه به آنچه در این فصل فراگرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل‌شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.

ب) چرا توصیهٔ جدی می‌شود که هیچ‌گاه به طور مستقیم به باریکهٔ نور ایجادشده توسط لیزر نگاه نکنید؟

09125164028

درک توان تابشی برابر، شدت تابش لیزر بسیار زیاد است $I = \frac{P}{A}$

$I_1 < I_2 < I_3$ و به چشم صدمه می‌زند انتشار به یک جهت انتشار در یک طرف انتشار کروی