۴. 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 می شود؟

الف)

$$f = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3\times10^{8}}{589\times10^{-9}} \Rightarrow f = 5.09\times10^{14}\,(Hz)$$

$hc = 1240ev.nm$ we have

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240ev.nm}{589nm} = 2.1ev = 2.1\times1.6\times10^{-19}$$

$$= 3.36\times10^{-19}j$$

ب)

$$E = pt = 5\times60 = 300J$$

$$E = nhf \Rightarrow 300 = n\times3.36\times10^{-19} \Rightarrow n = 89\times10^{19}$$ فوتون

Dr.B.Barati

۴. 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.

Dr.B.Barati

الف) $Ra = \frac{Pout}{Pin} \Rightarrow Ra = \frac{5 \times 10^{-3}}{50} \Rightarrow Ra = 10^{-2}0/0$

$$E = p_{out}t \Rightarrow nh\frac{c}{\lambda} = p_{out}t \Rightarrow n = \frac{p_{out}t\lambda}{hc}$$

ب)

$$n = \frac{0.005 \times 1 \times 633 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}} \Rightarrow n \approx 15 \times 10^{15}$$

مثال. 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.)

$$p_{out} = Ra \times p_{in} \Rightarrow p_{out} = 0.05 \times 100 \Rightarrow p_{out} = 5(W)$$

$$p_{550nm} = 0.01 \times 5 = 0.05(W) \Rightarrow E_{550nm} = p_{550nm} \times t$$

$$= 0.05 \times 1 = 0.05(j)$$

$$E_{\text{مردمک}} = E_{550nm} \times \frac{A_{\text{مردمک}}}{A_{\text{کل}}} = 0.05 \times \frac{\pi\left(1 \times 10^{-3}\right)^2}{4\pi\left(10^3\right)^2}$$

$$= 1.25 \times 10^{-14} j = 0.78125 \times 10^5 ev$$

$$E_{\text{مردمک}} = nh\frac{C}{\lambda} \Rightarrow 0.78125 \times 10^5 = n\frac{1240ev.nm}{550nm} \Rightarrow n = 34652$$

Dr.B.Barati

۱۴. شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود $۱۳۶۰\ W/m^۲$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $۱m^۲$، مقدار انرژی $۱۳۶۰\ J$ 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 $۳۰۰\ W/m^۲$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را $۵۷۰\ nm$ فرض کنید.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Longrightarrow E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{570 \times 10^{-9}} \Longrightarrow E = 3.48 \times 10^{-19}\ j$$

$$n = \frac{300}{3.48 \times 10^{-19}} \Longrightarrow n \approx 8.6 \times 10^{20}$$

Dr:B.Barati

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) جدا شدن الکترون از سطح فلز در اثر تاباندن نور با بسامد معین به فلز را پدیده‌ی فوتو الکتریک گویند و به الکترون های کنده شده از سطح فلز را فوتو الکترون گویند.

ب) طبق نظر انشتین وقتی نوری تک فرکانس به سطح فلزی تابیده شود هر فوتون با یکی از الکترونهای فلز برهم کنش انجام می دهند اگر انرژی تابشی برخوردی به سطح فلز کافی باشد الکترونها به طور آنی از فلز خارج می شوند. در این فرایند مقداری از این انرژی صرف کندن الکترونها می شود و بقیه آن به انرژی جنبشی الکترونها تبدیل می شود اما اگر فوتون تابیده شده انرژی کافی برای خارج ساختن الکترون از فلز را نداشته باشد الکترون از سطح فلز کنده نمی شود در این صورت افزایش شدت نور فرودی باعث زیاد شدن انرژی جنبشی فوتوالکترونها نمی شود .

$$hf = W_0 + k_m$$

انرژی فوتونهای تابشی به سطح

ماکزیمم انرژی جنبشی فوتوالکترونها

تابع کار فلز

Dr.B.Barati

۶. توضیح دهید برای یک فلز معیّن، 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

الف) وقتی فرکانس نور تابشی به سطحی نسبت به فرکانس آستانه افزایش یابد منجر به زیاد شدن انرژی جنبشی فوتوالکترونهای کنده شده می گردد. و اگر فرکانس نور فرودی نسبت به فرکانس آستانه کاهش یابد هیچ الکترونی از سطح فلز کنده نمی شود و اثر فوتوالکتریک رخ نمی دهد

ب) افزایش شدت نور تابشی در فرکانس های کمتر از فرکانس آستانه تاثیری در اثرفوتوالکتریک نخواهد داشت زیرا هیچ الکترونی از سطح فلز جدا نخواهد شد

پ) وقتی شدت نور تابشی در فرکانس های بزرگتر از فرکانس استانه کاهش یابد انرژی جنبشی فوتوالکترونهای کنده شده تغییر نمی کند ولی جریان عبوری از آمپرسنج حساس کاهش می یابد

Dr.B.Barati

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 ۵ــ۶ 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؟

Dr.B.Barati

الف) $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \Longrightarrow 2.28ev = \frac{1240ev.nm}{\lambda_0} \Longrightarrow \lambda_0 = 543.9nm$

$hc = 1240ev.nm$ we have

ب) چون طول موج تابشی از طول موج آستانه بزرگتر می باشد پدیده فوتوالکتریک رخ نمی دهد.

$$\lambda > \lambda_0 \Longrightarrow 680nm > 543nm$$

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.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240ev.nm}{200nm} = 6.2ev$$

$$K_{max} = E - W_0 = 6.2ev - 4.9ev = 1.3ev = 2.08 \times 10^{-19}j$$

$$K_{max} = {}^{1}/_{2}\, mV_{max}^{2}$$

$$2.08 \times 10^{-19} = {}^{1}/_{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times V_{max}^{2}$$

$$V_{max} = 6.76 \times 10^{5}\left(\frac{m}{s}\right)$$

Dr.B.Barati

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؟

$h = 4 \times 10^{-15} ev.s$ we have

$$K_{max} = hf - W_0$$

$$K_{max} = \left(\frac{hC}{\lambda} - hf_0\right) \Rightarrow 0.5eV = \left(\frac{1240ev.nm}{420nm} - 4 \times 10^{-15} ev.s f_0\right)$$

$$\Rightarrow f_0 = 6.15 \times 10^{14} HZ$$

Dr.B.Barati

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) طیفی که در آن تمام طول موج ها وجود داشته باشد یعنی فاصله ای بین آنها نباشد طیف پیوسته گویند مانند طیف حاصل از جسم جامد یا یک لامپ رشته ای روشن

طیف خطی:طیفی که بعضی از طول موج های آن حذف شده باشند و طیف بصورت طول موج های معینی گسیل شود مانند طیف بخار عناصر یا طیف حاصل از گازهای کم فشار و رقیق

طیف تابشی پیوسته توسط جسم جامد ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است در صورتی در گازهای کم فشار و رقیق این برهم کنش ها وجود ندارند و اتم ها از هم فاصله دارند.

ب) اگر فلزی را به اندازه کافی گرم کنیم تا از آن نور سفید تابش شود و نور حاصل را ابتدا به کمک منشور تجزیه کرده و سپس مسیر طیف پاشیده شده را با طیف نگاری قطع کنیم طیف مزبور به صورت ردیف پیوسته ای از نوارهای رنگی بر روی صفحه ی طیف نگار به صف می شوند که به آن طیف پیوسته می گویند و هرگاه داخل یک لامپ شیشه ای مقداری گاز نظیر هیدروژن یا هلیم قرار دهیم و و دو سر آن را به یک منبع ولتاژ قوی وصل کنیم طیف حاصل پس از عبور از منشور روی پرده بصورت خط های روشن ظاهر می شوند

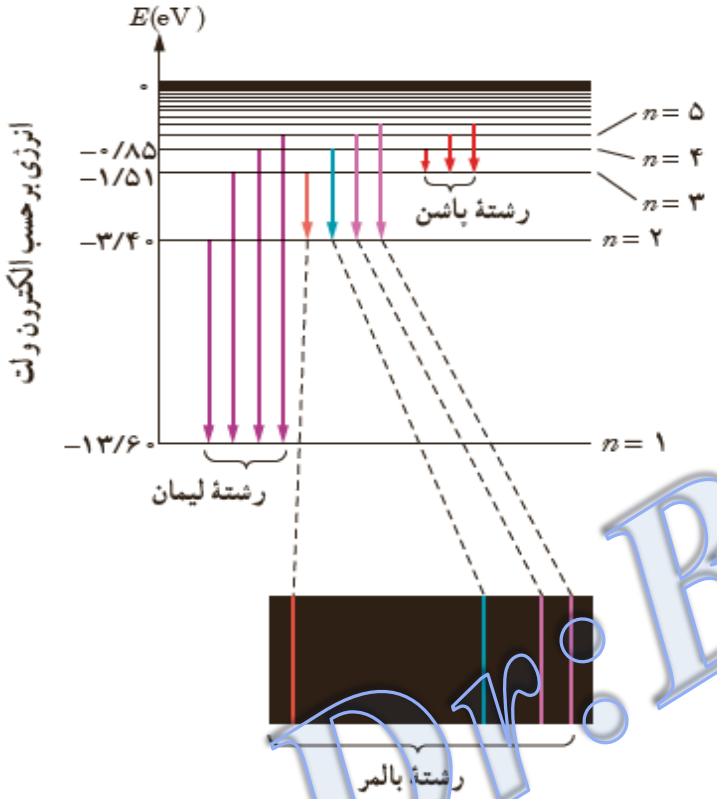
Dr.B.Barati

۱۱. شکل صفحهٔ بعد 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 $n = ۱$ و انرژی $-۱۳/۶۰\,eV$ 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 طول‌موج‌های رشتهٔ لیمان ($n' = ۱$) را پیدا کنید.



Dr.B.Barati

الف) n=1 تراز انرژی پایه اتم هدروژن را نشان می دهد که الکترون در آن کمترین انرژی را دارد. و انرژی 13.6 ev- یعنی وقتی الکترون در تراز پایه n=1 قراردارد مقدار انرژی آن 13.6 ev- است که برای جدا کردن الکترون در حالت زمینی (n=1) باید 13.6 ev+ به آن داده شود.

ب) طبق مدل اتمی بور، وقتی الکترون از تراز انرژی بالاتر به ترازی انرژی پایین تر تغییر تراز می دهد فوتون تابش می کند و با توجه به اینکه ترازهای انرژی گسسته هستند بنابراین فوتون های تابش شده دارای طول موج های گسسته می باشند

ب)

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}} = 0.01\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \Rightarrow \lambda_{max} = 133.3nm$$

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

$$\Delta\lambda = \lambda_{max} - \lambda_{min} = 133.3nm - 100nm = 33.3nm$$

Dr.B.Barati

۱۲. 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؟

پ) 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) جذب فوتون به این معنی است که الکترونها می توانند در جهت عکس گذار کنند یعنی از تراز های انرژی پایین تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند

Dr:B.Barati

ب) در حالت جذب فوتون ، اتم ، فوتونی را که دقیقا انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می کند به این ترتیب اگر فوتون هایی با گستره پیوسته ای از طول موج ها از گاز عبور کند وسپس طیف آنها تشکیل شود یک دسته خط های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده می شوند خط های تاریک، طول موج هایی را مشخص می کنند که با فرایند جذب فوتون برداشته شده اند.

پ) وقتی نور بنفش تابیده می شود فوتون های نور بنفش باعث می شوند که الکترونها از تراز پایین به تراز بالاتر بروند در این مواد مواد الکترون در بازگشت یک دفعه به تراز اولیه بر نمی گردد بلکه بصورت پلکانی به تراز پایین می رود و در طی این فرایند فوتون هایی با انرژی کمتر و طول موج بیشتری گسیل شوند که بعضی از آنها در ناحیه مریی قرار می گیرند

Dr.B.Barati

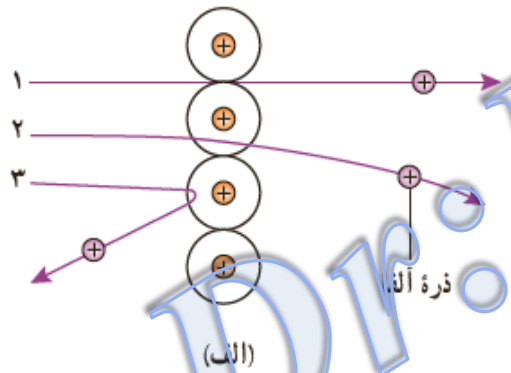
مثال. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به‌دست آمده بود (شکل الف).

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

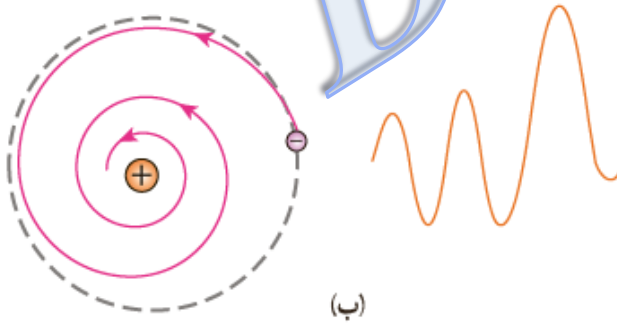
ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذرهٔ ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را دربارهٔ ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

پ) 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)

الف) زیرا این ذرات از فضای خالی بین بین اتم ها و یا فضای اطراف هسته اتم عبور می کنند یعنی تحت اثر میدان الکتریکی قرار نمی گیرند یا اثر میدان روی آنها ضعیف می باشد

ب) نشان دهنده این است که تعداد کمی از ذرات مستقیم به هسته با حجم کم ولی پر جرم با بار مثبت برخورد می کنند و این ذرات تحت اثر نیروی دافعه الکتریکی قوی بین ذرات آلفا و بار مثبت متمرکز در هسته به عقب رانده می شوند.

Dr. B. Barati

پ) به دلیل نفوذ پذیری کم پرتوهای الفا این پرتو به راحتی توسط اجسامی مانند ورقه های کاغذ جذب می شوند لذا رادرفورد می بایست ورقه هایی نازک بکار می برد پس باید از عنصری استفاده می نمود که قابلیت چکش خواری بالایی داشته باشد و بتوان آنرا بصورت ورقه ای بسیار نازک در آورد و عنصر طلا این خاصیت را دارد و هم چنین تعداد الکترونهای زیادی در ورقه های طلا وجود دارد و می توان میزان پراکندگی ذرات آلفا را در این اتم سنگین بررسی نمود.

ت) این شکل مدل اتمی هسته ای رادفورد را نشان می دهد که اگر الکترون به دور هسته بچرخد طیف پیوسته گسیل می کند و سرانجام روی هسته سقوط می کند که با تجربه سازگار نیست.

بور در مدل اتمی خود براساس اصول زیر مشکل اتمی رادرفورد را برطرف کرد:۱) تا زمانی که الکترون در حالت مانا قرار دارد امواج E-M گسیل نمی کند. ۲)هنگامی اتم امواج E-M گسیل می کند که الکترون از یک تراز با انرژی بالاتر به ترازبا انرژی پایین تر تغییر تراز بدهد و چون ترازهای انرژی الکترون کوانتمی هستند پس فوتون های گسیل شده دارای طول موج گسسته می باشند.

Dr:B.Barati

۱۴. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن،
الف) اختلاف انرژی $\Delta E(n_U \longrightarrow n_L) = E_U - E_L$ را حساب کنید.

ب) نشان دهید که :

$$\Delta E(۴ \longrightarrow ۲) = \Delta E(۴ \longrightarrow ۳) + \Delta E(۳ \longrightarrow ۲)$$

$$\Delta E(۴ \longrightarrow ۱) = \Delta E(۴ \longrightarrow ۲) + \Delta E(۲ \longrightarrow ۱)$$

الف) $$\Delta E = hf = E_u - E_L = -\frac{E_R}{n_u^2} - \left(-\frac{E_R}{n_L^2}\right) = E_R\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_u^2}\right)$$

ب)

$$\Delta E(4 \to 2) = E_4 - E_2$$ داریم

$$\Delta E(4 \to 3) = E_4 - E_3 \quad (1)$$

$$\Delta E(3 \to 2) = E_3 - E_2 \quad (2)$$

$$\Delta E(4 \to 3) + \Delta E(3 \to 2) = E_4 - E_3 + E_3 - E_2$$

$$= E_4 - E_2$$

$$\Delta E(4 \to 1) = E_4 - E_1$$ داریم

$$\Delta E(4 \to 2) = E_4 - E_2 \quad (1)$$

$$\Delta E(2 \to 1) = E_2 - E_1 \quad (2)$$

$$\Delta E(4 \to 2) + \Delta E(2 \to 1) = E_4 - E_2 + E_2 - E_1$$

$$= E_4 - E_1$$

Dr. B. Barati

۱۵. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n = ۵$ 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 $\Delta n = ۱$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

الف)

$5 \to 4$ $4 \to 3$

$5 \to 3$ $4 \to 2$ $3 \to 2$

$5 \to 2$ $4 \to 1$ $3 \to 1$ $2 \to 1$

$5 \to 1$

روش دوم $N = \frac{n(n-1)}{2} \Rightarrow N = \frac{5(5-1)}{2} = 10$

ب)

$5 \to 4$

$4 \to 3$

$3 \to 2$

$2 \to 1$

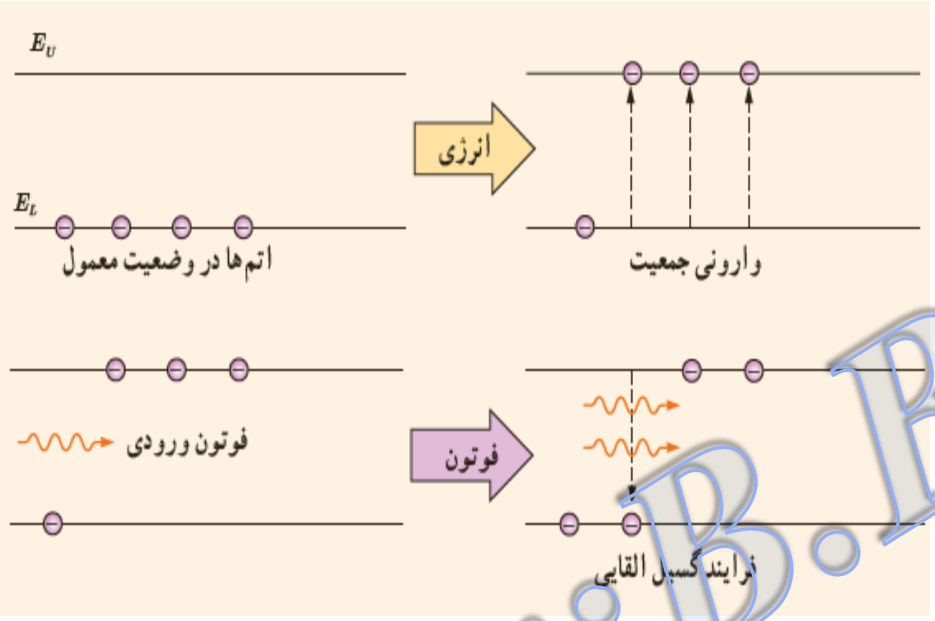
روش دوم $N = (n-1) \Rightarrow N = (5-1) = 4$

Dr:B.Barati

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؟



پ) 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؟

الف) درحالت عادی بیشتر الکترونها در دمای اتاق در پایین ترین تراز انرژی قرار دارند یعنی الکترونها هنوز برانگیخته نشدند.

ب) وقتی الکترونهایی که در حالت پایه قرار دارند انرژی دریافت کنند تغییر تراز انرژی می دهند و به ترازهای بالاتر منتقل می شوند یعنی آنها برانگیخته می شوند منبع انرژی می تواند از طریق روشهایی مانند درخشش شدید نور معمولی ، تخلیه الکتریکی (تخلیه های ولتاژ بالا) و انتقال گرما باشد

Dr.B.Barati

پ) هرگاه توسط یک چشمه مناسب به الکترونها انرژی داده شود و به تراز بالاتر بروند با این کار تعداد الکترونهای برانگیخته شده به شدت زیاد شده و حتی از تعداد الکترونهای پایه هم بیشتر می شود که پدیده وارونی جمعیت نام دارد.

ت) برای اینکه فرایند گسیل القایی رخ دهد باید انرژی فوتون ورودی دقیقا برابر اختلاف انرژی بین دو تراز انرژی یعنی E_U-E_L باشد

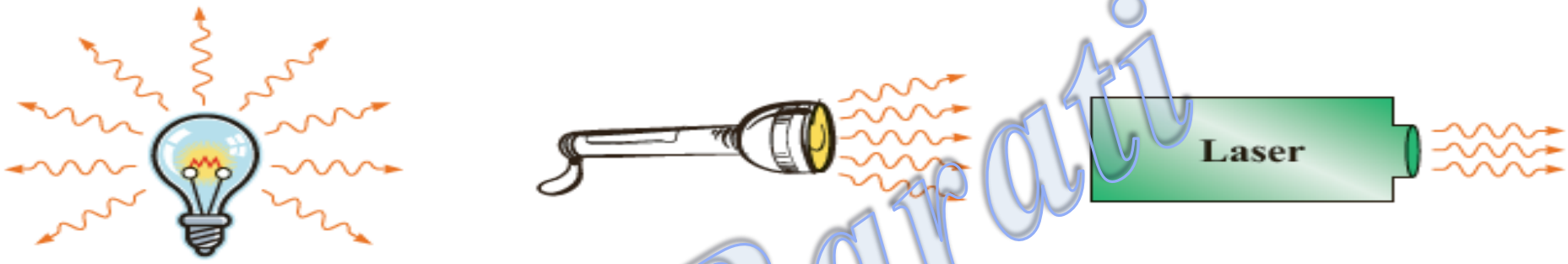
ث) فوتونهای تولیدی باید دارای این مشخصات، هم بسامد، هم انرژی و هم جهت باشند تا اگر تعداد آنها را زیاد کنیم باریکه نور لیزری تشکیل شود.

Dr.B.Banati

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؟



الف) این شکل ها مقایسه ی بین مشخصات فوتون های نوری خروجی از این سه وسیله نوری را نشان می دهد در لامپ رشته ای، بعضی از فوتون ها هم بسامد و هم انرژی هستند اما هم جهت نیستند و در لامپ چراغ قوه نیز بعضی از فوتون ها هم بسامد و هم انرژی و هم جهت هستند ولی در لیزر تمام فوتون ها هر سه ویژگی هم بسامد، هم جهت و هم انرژی را دارند.

ب) بر اساس توضیح قسمت الف، چون فوتون های نور لیزر ویژگی های هم انرژی، هم جهت و هم بسامد را دارند در واقع نوری تقویت شده می باشد که اگر به طور مستقیم به نور لیزر نگاه کنیم به قسمت های مختلف چشم آسیب جدی وارد می کند

Dr.B.Barati