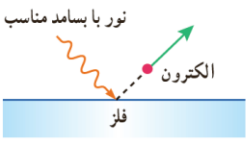
بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO

https://konkur.info

فصل ۵: آشناسیی با فیزیک اتمی

اثر فوتوالکتریک:



شکل ۵ـ۲ الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.

اگر نور با بسامد مناسب(مثلا فرابنفش) به سطح فلز بتابد، الکترون‌هایی از سطح فلز جدا می‌شوند که به آن‌ها فوتوالکترون می گویند.

* شکل ۵-۳ مطالعه شود*

نکته: اثر فوتوالکتریک نشان دهنده‌ی خاصیت ذره‌ای نور است.

نکته: آزمایش یانگ و پدیده‌ی پراش نشان دهنده‌ی خاصیت موجی نور است.

فیزیک مدرن: فیزیک جدید از سال ۱۹۰۰ به بعد شامل فیزیک کوانتومی و نظریه نسبیت را فیزیک مدرن می‌گویند.

فیزیک کلاسیک: به فیزیک قدیمی و نیوتونی فیزیک کلاسیک می گویند.

توجیه اثر فوتوالکتریک بوسیله فیزیک کلاسیک:

نور یک موج الکترومغناطیسی است و میدان الکتریکی آن به الکترون‌ها نیروی $F=qE$ وارد می‌کند و آن‌ها را از سطح فلز جدا می‌کند.

مشکلات توجیح فیزیک کلاسیک:

۱- طبق نظریه کلاسیک، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد.(درحالی که در واقعیت فقط در بسامدهای خاصی رخ می‌دهد)

۲- از معادلات ماکسول در نظریه کلاسیک می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش شدت نور باید انرژی فوتوالکترون‌های جدا شده از فلز زیاد شود.(در حالی که در واقعیت اینطور نیست)

توجیح فیزیک مدرن:

اینشتین با استفاده از نظریه‌ی پلانک در زمینه‌ی تابش گرمایی، نور با بسامد f را به صورت بسته‌هایی از انرژی در نظر گرفت و هر بسته را یک فوتون نامید.

$$E=hf$$

در این رابطه E انرژی هر فوتون، f بسامد فوتون و $h=۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\ j.s$ ثابت پلانک است.

پایستگی انرژی:

اگر انرژی فوتون تابیده شده(hf) بیشتر از کار لازم برای جدا کردن الکترون از فلز(W) باشد، باقیمانده‌ی آن به صورت انرژی جنبشی(K) در الکترون ذخیره می‌شود:

$$\boxed{hf=W+K}$$

تابع کار فلز:

کمترین کار لازم برای جدا کردن سست‌ترین الکترون‌ها از فلز را تابع کار فلز($W_{\circ}$) می گویند.

نکته: تابع کار فلز($W_{\circ}$) فقط به جنس فلز بستگی دارد.

https://konkur.info

* سست‌ترین الکترون‌ها پس از جدا شدن از سطح فلز بیشترین انرژی جنبشی را خواهند داشت چون برای جدا شدن آن‌ها انرژی کمی مصرف شده است. پس معادله پایستگی انرژی برای سست‌ترین الکترون‌ها به صورت زیر در می‌آید:

$$\boxed{hf = W_\circ + K_{max}}$$

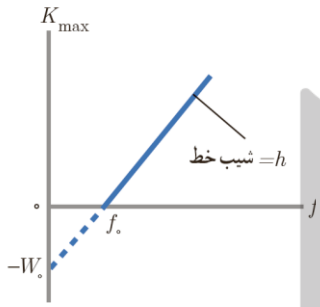
نکته: اگر به جای بسامد، طول موج نور را دادند می‌توان از رابطه‌ی $f = \frac{c}{\lambda}$ استفاده کرد: $\boxed{h\frac{c}{\lambda} = W_\circ + K_{max}}$

بسامد آستانه(بسامد قطع):

بسامدی است که در آن انرژی الکترون‌های جدا شده از فلز برابر با صفر است($K = 0$) و به آن بسامد آستانه($f_\circ$) می‌گویند.

(یعنی در این بسامد، کل انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود.)

$$hf_\circ = W_\circ + 0 \longrightarrow \boxed{f_\circ = \frac{W_\circ}{h}}$$



شکل ۵ـ۴ نمودار بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد نور فرودی. وقتی بسامد نور فرودی بزرگ‌تر از $f_\circ$ یا مساوی با آن باشد فوتون‌ها می‌توانند الکترون‌ها را از فلز خارج کنند.

نکته: برای یک فلز، اثر فوتوالکتریک در بسامدهای کوچکتر از بسامد قطع رخ نمی‌دهد.

نکته: برای یک فلز، اثر فوتوالکتریک در طول موج‌های بزرگتر از طول موج قطع رخ نمی‌دهد.

نتیجه: کم‌ترین بسامد = بسامد قطع – بلندترین طول موج = طول موج قطع

نکته: بسامد قطع مانند تابع کار فلز، به جنس فلز بستگی دارد.

نکته: شیب خط نمودار انرژی جنبشی بیشینه برحسب بسامد، برابر است با ثابت پلانک(مطابق شکل).

نکته: عرض از مبدا این نمودار همان تابع کار فلز است.(جایی که محور عمودی را قطع می‌کند $-W_\circ$ است)

نکته: از رابطه $f = \frac{c}{\lambda}$ می‌توان طول موج قطع را نیز بدست آورد($c = 3\times10^8 \frac{m}{s}$ تندی نور در خلا است):

$$f_\circ = \frac{W_\circ}{h} \xrightarrow{f_\circ = \frac{c}{\lambda_\circ}} \frac{c}{\lambda_\circ} = \frac{W_\circ}{h} \longrightarrow \boxed{\lambda_\circ = \frac{hc}{W_\circ}}$$

نکته: در فیزیک اتمی یکای ژول عددی بسیار بزرگ است و به جای آن معمولا از یکایی به نام الکترون–ولت استفاده می‌کنند.

الکترون–ولت: میزان انرژی‌ای است که در یک الکترونی که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت قرار گرفته‌است ذخیره می‌شود.(*اگر یک الکترون را درون ولتاژ یک ولت قرار دهیم، انرژی‌ای معادل یک الکترون–ولت در آن ذخیره می‌شود*)

$$\boxed{1\ ev = 1/6\times10^{-19}\ j} \longrightarrow 1j = \frac{1\ ev}{1/6\times10^{-19}} = 6/25\times10^{18} ev$$

نکته: اگر در ثابت پلانک به جای ژول، الکترون–ولت قرار دهیم مقدار آن برابر می‌شود با:

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

https://konkur.info

مثال: (مساله ۸ پایان فصل ۵)

چون طول موج را داده از رابطه دوم فوتوالکتریک استفاده می‌کنیم. طول موج بر حسب نانومتر داده شده، آن را به متر تبدیل می‌کنیم. و چون تابع کار را بر حسب ev داده از ثابت پلانک بر حسب $ev.s$ استفاده می‌کنیم:

$$h\frac{c}{\lambda}=W_{\circ}+K_{max}\longrightarrow K_{max}=h\frac{c}{\lambda}-W_{\circ}\longrightarrow K_{max}=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\times\frac{۳\times۱۰^{۸}}{۲۰۰\times۱۰^{-۹}}-۴/۹$$

$$K_{max}=۶/۲۱-۴/۹=۱/۳۱\ ev$$

دقت: می‌توانستیم همه را بر حسب ژول بنویسیم. یعنی تابع کار را به ژول تبدیل کنیم و ثابت پلانک را هم بر حسب ژول بنویسیم. در نتیجه انرژی جنبشی هم بر حسب ژول بدست ما آمد.

مثال: (تمرین ۵-۱ متن کتاب صفحه تقریبی: ۱۲۰)

الف) از رابطه طول موج قطع داریم: $\lambda_{\circ}=\frac{hc}{W_{\circ}}\longrightarrow W_{\circ}=\frac{hc}{\lambda_{\circ}}=\frac{۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\times۳\times۱۰^{۸}}{۲/۵۴\times۱۰^{-۷}}=۴/۸۹ev$

ب) چون ۲۵۴ نانومتر، طول موج قطع است، پدیده فوتوالکتریک به ازای طول موج‌های کوچکتر یا برابر با طول موج قطع یعنی ۲۵۴ نانومتر رخ می‌دهد: $\lambda\le ۲۵۴nm$

مثال: (تمرین ۵-۲ متن کتاب صفحه تقریبی: ۱۲۰)

الف) بلندترین طول موج ممکن همان طول موج قطع است. از جدول ۵-۱ تابع کار فلز روی $W_{\circ}=۴/۳۱ev$ است.

$$\lambda_{\circ}=\frac{hc}{W_{\circ}}=\frac{۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\times۳\times۱۰^{۸}}{۴/۳۱}=۲/۸۸\times۱۰^{-۷}m=۲۸۸nm$$

ب) $K_{max}=h\frac{c}{\lambda}-W_{\circ}=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\times\frac{۳\times۱۰^{۸}}{۲۰۰\times۱۰^{-۹}}-۴/۳۱=۶/۲۱-۴/۳۱=۱/۹ev$

باید این انرژی را به ژول تبدیل کنیم تا از رابطه انرژی جنبشی، سرعت آن را بدست آوریم:

$$K_{max}=۱/۹ev=۱/۹\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}j)\simeq۳\times۱۰^{-۱۹}j$$

جرم الکترون به صورت تقریبی $۹\times۱۰^{-۳۱}kg$ است:

$$K=\frac{۱}{۲}mv^{۲}\longrightarrow K_{max}=\frac{۱}{۲}mv_{max}^{۲}\longrightarrow v_{max}=\sqrt{\frac{۲K_{max}}{m}}\simeq\sqrt{\frac{۲\times۳\times۱۰^{-۱۹}}{۹\times۱۰^{-۳۱}}}=۷\times۱۰^{۵}\ \frac{m}{s}$$

https://konkur.info

نکته: همه‌ی اجسام در هر دمایی از خود موج الکترومغناطیسی گسیل(تابش) می‌کنند که به آن تابش گرمایی می‌گویند.

نکته: در اجسام جامد به دلیل وجود برهم‌کنش‌های قوی بین اتمها، طیف گسیلی پیوسته است. (طیف گسیلی پیوسته).

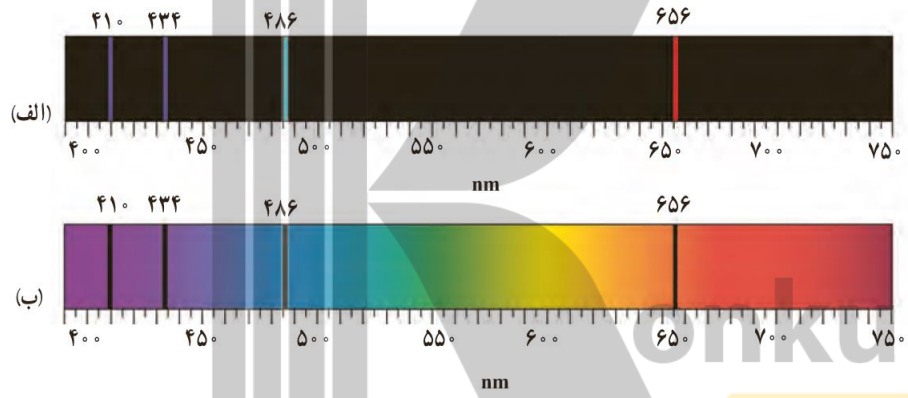
نکته: در گازهای رقیق و بخار عناصر، بین عناصر برهم‌کنش وجود ندارد و طیف گسیلی گسسته یا خطی است. (طیف گسیلی خطی).

شکل های ۵-۶ و ۵-۷. صفحه ۱۲۱ کتاب چاپ سال پیش.

طیف جذبی خورشید(خطوط فرانهوفر):

فرانهوفر مشاهده کرد که در طیف پیوسته‌ی خورشید خطوط سیاهی وجود دارد. این خطوط بوسیله‌ی گازهایی که در سطح اند(طیف جذبی خطی).

- 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.



شکل ۵ـ۱۷ طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی. الف) خط‌های روشن در طیف گسیلی معرف طول‌موج‌های گسیل‌شده و ب) خط‌های تاریک در زمینهٔ طیف، معرف طول‌موج‌های جذب‌شده توسط اتم‌های گاز هستند.

طیف اتم هیدروژن:

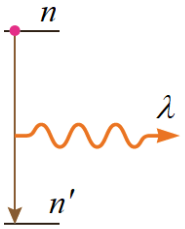
۱- رابطه‌ی بالمر: بالمر برای طیف گسیلی مشاهده شده از اتم هیدروژن رابطه‌ی زیر را پیشنهاد کرد:

$$\lambda = ۳۶۴/۵۶nm \times (\frac{n^۲}{n^۲ - ۲^۲})$$

در این رابطه $n = ۳,۴,۵,۶$ است. قرمز: n=3 و بنفش: n=6

۲- رابطه‌ی ریدبرگ: ریدبرگ رابطه‌ی بالمر را اصلاح و تکمیل کرد. اگر الکترون از تراز n به تراز پایینتر n' برود فوتونی با طول موج λ آزاد می‌کند:

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲})$$



در این رابطه $R = ۰/۰۱۱ \frac{۱}{nm}$ ثابت ریدبرگ است.

https://konkur.info

نکته: در هر دو رابطه‌ی بالمر و ریدبرگ، λ برحسب نانومتر بدست می‌آید.

نکته: در جدول ۵-۲ صفحه ۱۲۳ نام رشته‌های خطی اتم هیدروژن نوشته شده است. باید برای هر سری مقدار n' را حفظ باشید. مثلا وقتی گفتند رشته‌ی پاشن باید بدانید $n'=3$ است.

نکته: رابطه بالمر فقط برای سری بالمر کاربرد دارد($n'=2$) اما رابطه ریدبرگ کلی‌تر است.

مثال: در اتم هیدروژن الکترونی از تراز ۴ به تراز ۲ رفته است. الف) نام رشته چیست؟ ب) طول موج فوتون آزاد شده را بوسیله‌ی رابطه‌ی بالمر حساب کنید. پ) طول موج فوتون آزاد شده را بوسیله‌ی رابطه‌ی ریدبرگ حساب کنید.

الف) رشته بالمر است چون به تراز ۲ رفته است($n'=2$).

ب) $\lambda = 364/56nm \times (\frac{n^2}{n^2-2^2}) = 364/56 \times (\frac{4^2}{4^2-2^2}) = 364/56 \times (\frac{16}{12}) \simeq 486nm$

پ) $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = \frac{11}{1000}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}) = \frac{11}{1000}(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}) \longrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{11}{1000}(\frac{3}{16}) \longrightarrow \lambda = \frac{16000}{33} \simeq 485nm$

نکته: اگر کوتاهترین طول موج را خواستند: $n=\infty$

نکته: اگر بلندترین طول موج را خواستند: $n=n'+1$

مثال ۵ــ۵

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

پاسخ : کوتاه‌ترین طول‌موج، با $n=\infty$ متناظر است. در این صورت با استفاده از رابطهٔ ۵ــ۶ داریم :

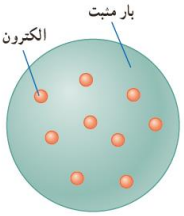
$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{\infty}\right) = \frac{R}{25} \Rightarrow \lambda = 2273\text{nm}$$

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

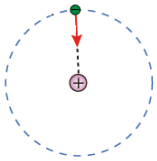
$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2}\right) = \frac{11R}{900} \Rightarrow \lambda = 7438\text{nm}$$

- تامسون نخستین بار الکترون را کشف کرد و نسبت بار به جرم آن($\frac{e}{m}$) را حساب کرد.

مدل‌های اتمی: ۱-مدل تامسون(کیک کشمشی) ۲- مدل رادفورد(مدل سیاره‌ای) ۳- مدل بور(ترازهای انرژی)



شکل ۵ــ۹ در مدل تامسون، بار الکتریکی مثبت به‌طور همگن در کره‌ای توزیع شده است و الکترون‌ها مانند کشمش‌های کیک در نقاط مختلف آن قرار دارند.



مدل رادرفورد: ۱- بیشتر فضای اتم خالی است. ۲- بار مثبت در فضای کوچکی به نام هسته جمع شده است. ۳- الکترون‌ها در مدارهایی دور هسته‌ای با بار مثبت می‌چرخند.

مدل بور: در این مدل مدارهای مانا به عنوان تراز مجاز انرژی معرفی شدند. ترازهای انرژی جایگزین مدارهای گردش در مدل رادرفورد شدند. (در مقیاس اتمی، فیزیک کوانتومی باید جایگزین فیزیک کلاسیک شود)

فرض‌های ۱ و۲و ۳ بور در صفحه ۱۲۷ خواند شود.

https://konkur.info

مشکلات مدل تامسون چیست؟ آزمایش برخورد ذرات به ورقه‌ی طلا که رادرفورد انجام داد را توجیه نمی‌کرد.(شکل ۵ – ۱۰)

مشکلات مدل اتمی رادرفورد چیست؟

شکل ۵ــ۱۱ 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.

روابط اتم هیدروژن:

شعاع مدار n ام از رابطه‌ی مقابل بدست می‌آید: $r_n = n^2 a_\circ$

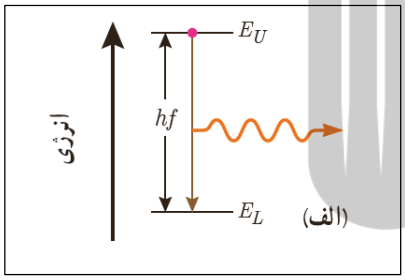
انرژی الکترون در تراز n ام برابر است با: $E_n = \frac{-E_R}{n^2} \xrightarrow{E_R = ۱۳/۶ ev} E_n = \frac{-۱۳/۶ ev}{n^2}$

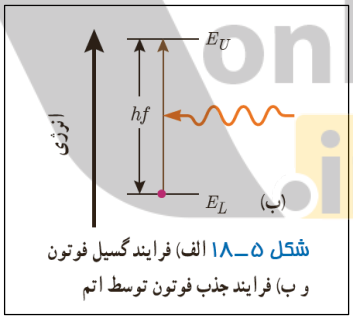
در روابط فوق:

- شعاع مدار اول در اتم هیدروژن $a_\circ = ۰/۵۲۹ A^\circ$ است.
- $E_R = ۱۳/۶ ev$ یک ریدبرگ نام دارد. (با ثابت ریدبرگ R اشتباه گرفته نشود)
- عدد کوانتومی n نشان دهنده‌ی حالت الکترون در اتم است:

n=۱ حالت پایه ، n=۲ حالت اول برانگیخته ، n=۳ حالت دوم برانگیخته و ....

نکته: اگر الکترونی از ترازی با انرژی بالا E_U به ترازی با انرژی پایینتر E_L برود، فوتونی با انرژی‌ای معادل با اختلاف انرژی این دو تراز آزاد می‌کند. و اگر بخواهد از تراز پایین به بالا برود باید فوتونی با انرژی‌ای معادل با اختلاف انرژی دو تراز جذب کند.





شکل ۵ــ۱۸ الف) فرایند گسیل فوتون و ب) فرایند جذب فوتون توسط اتم

$$\Delta E = E_U - E_L = hf$$

انرژی یونش:

کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه است.

مثال: انرژی یونش برای اتم هیدروژن $۱۳/۶ ev$ است. یعنی باید به الکترون $۱۳/۶ ev$ انرژی بدهیم تا از قید هسته رها شود.

مثال: الکترونی در اتم هیدروژن از دومین حالت برانگیخته به اولین حالت برانگیخته رفته است. الف) شعاع مدار آن چقدر تغییر کرده است؟ ب) تغییر انرژی آن چند الکترون ولت است؟ پ) بسامد فوتون آزاد شده چند هرتز است؟

پاسخ: الکترون از دومین حالت($n = ۳$) برانگیخته به اولین حالت برانگیخته($n = ۲$) رفته است.

https://konkur.info

الف)

$$r_n = n^2 a_\circ \longrightarrow r_2 = 2^2 a_\circ = 4a_\circ \quad , \quad r_3 = 3^2 a_\circ = 9a_\circ$$
$$\Delta r = r_2 - r_3 = 4a_\circ - 9a_\circ = 5a_\circ = -5 \times 0/529 A^\circ = -2/645 A^\circ$$

ب)

$$E_n = \frac{-13/6 ev}{n^2} \longrightarrow E_2 = \frac{-13/6 ev}{2^2} = 3/4 ev \quad , \quad E_3 = \frac{-13/6 ev}{3^2} = 1/51 ev$$
$$\Delta E = E_2 - E_3 = 3/4 ev - 1/51 ev = 1/89 ev$$

پ) می‌توانیم اختلاق انرژی را به ژول تبدیل کنیم و ثابت پلانک را برحسب ژول بنویسیم. یا اینکه مستقیما ثابت پلانک را بر حسب الکترون ولت بنویسیم(ما روش دوم را می‌نویسیم):

$$\Delta E = E_U - E_L = 3/4 ev - 1/51 ev = 1/89 ev$$
$$\Delta E = hf \rightarrow f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{1/89 ev}{4/14 \times 10^{-15} ev.s} = 0/456 \times 10^{-15} \frac{1}{s} = 4/56 \times 10^{-16} Hz$$

نکته: از اثبات معادله ریدبرگ در صفحه ۱۲۹ می‌توان رابطه‌ی بین ثابت ریدبرگ(R) و یک ریدبرگ(E_R) را بدست آورد:

$$\boxed{R = \frac{E_R}{hc}}$$

گسیل خودبه خودی: اگر از یک اتم برانگیخته به صورت خودبه خودی فوتون آزاد شود و آن اتم به حالت پایه برود می‌گوییم گسیل خودبه خودی انجام شده است.

اتم برانگیخته <----- فوتون + اتم

گسیل القایی: اگر با تابش فوتون به یک اتم برانگیخته آن را تحریک به گسیل ۲ فوتون کنیم، گسیل القایی صورت گرفته است.

اتم برانگیخته + فوتون <----- ۲ فوتون + اتم

https://konkur.info

بروزترین و برترین
سایت کنکوری کشور
WWW.KONKUR.INFO

https://konkur.info