



فیزیک

پایه دوازدهم

رهپویان
دانش و اندیشه

آشنایی با فیزیک اتمی

اثر فوتوالکتریک و فوتون (۱)

مدرس: نیما نوروزی



نظریه نسبیت خاص، مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور است.

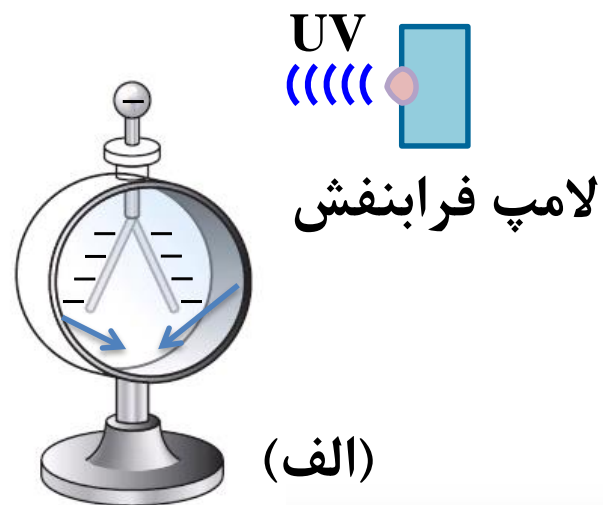
نظریه نسبیت عام، مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش است.

نظریه کوانتومی مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آن‌هاست.

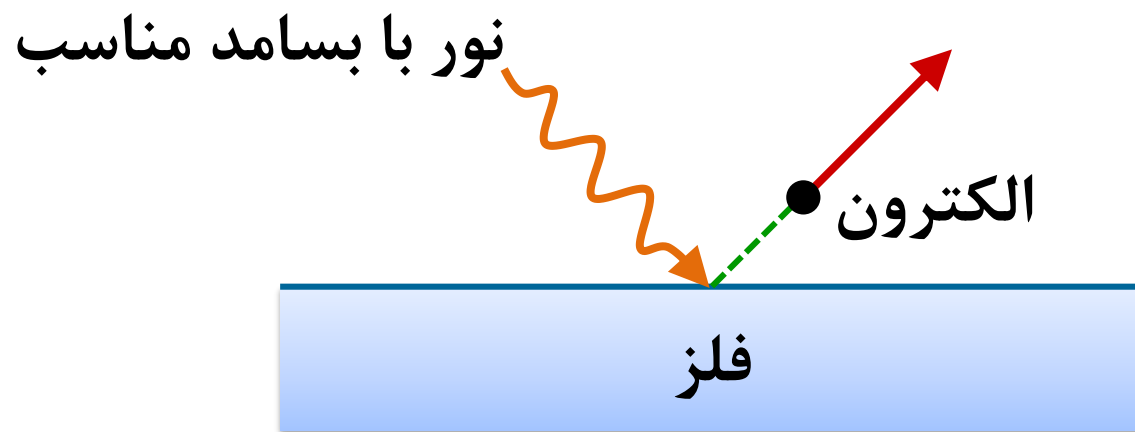
اندکی پس از ظهور این نظریه‌ها، شاخه‌های دیگری مانند فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی به تدریج به وجود آمدند.

اثر فوتوالکتریک و فوتوالکترون:

اگر بر کلاهک برق نمایی با بار منفی، نور فرابنفشی تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (شکل الف) در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد (شکل ب).

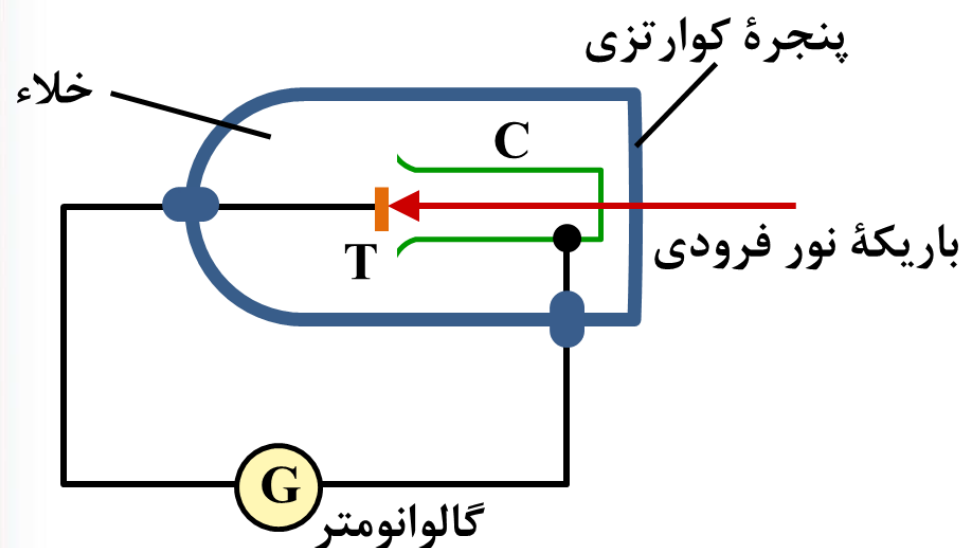


چرا این پدیده اتفاق می‌افتد؟ آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند، این پدیده فیزیکی را، **اثر فوتوالکتریک** و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را **فوتوالکترئون** می‌نامند.



برای بررسی اثر فوتوالکتریک، آزمایش ساده‌ای را بررسی می‌کنیم. به شکل زیر دقت کنید، در این دستگاه صفحه فلزی هدف T و جمع‌کننده فلزی C درون یک

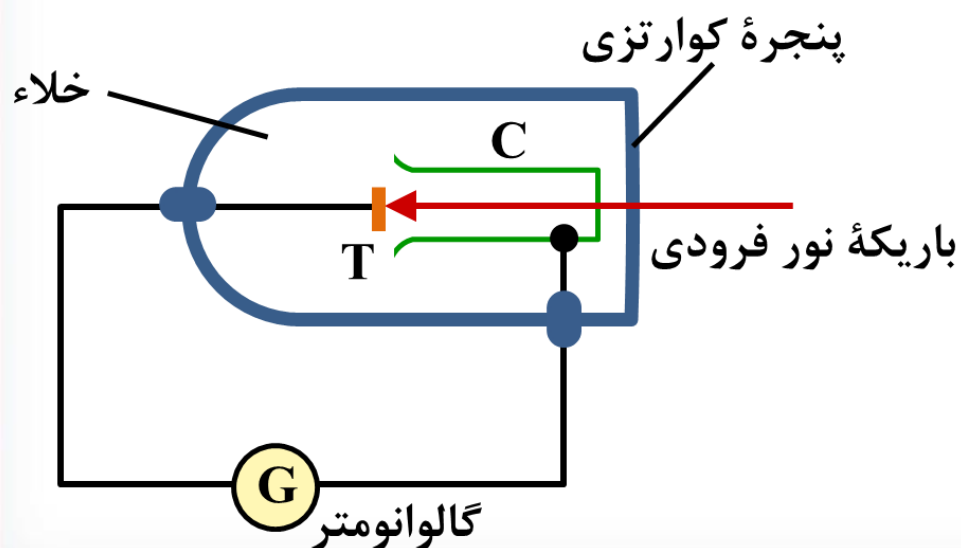
محفظه شیشه‌ای خلأ قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند. نور تکفام (تک بسامد) با بسامد مناسب (به قدر کافی بالا) بر صفحه T فرود می‌آید و فوتوالکترن‌ها را آزاد می‌کند.



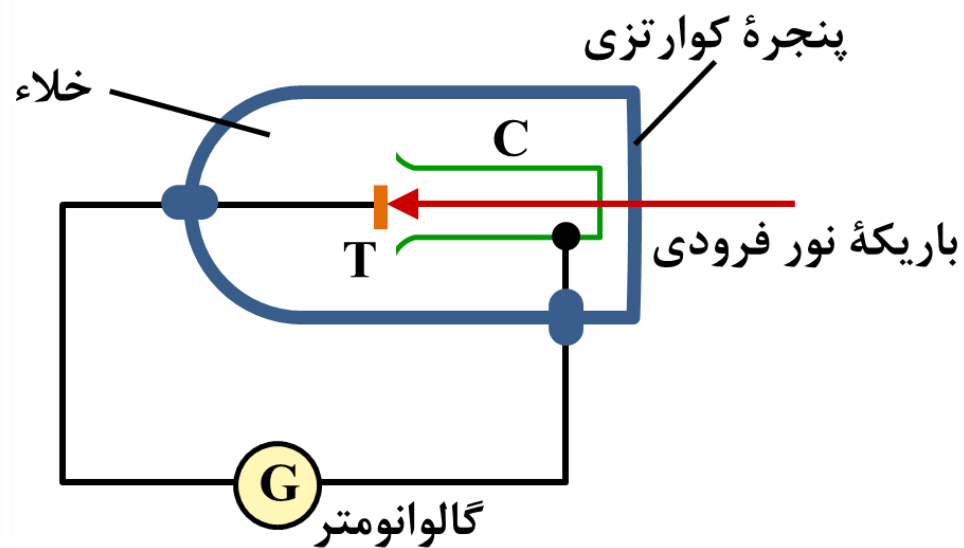
این فوتوالکترون‌ها به جمع کننده C می‌رسند و در نتیجه گالوانومتر که در مدار قرار دارد جریانی را آشکار می‌کند. در طی این آزمایش مشاهدات زیر رخ می‌دهد:

(1) در صورتی که بسامد نور فرودی به قدری بالا باشد که جریان برقرار شود با

افزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.



(2) اگر بسامد نور فرودی از مقدار معینی کمتر باشد، هر چقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد این پدیده رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.



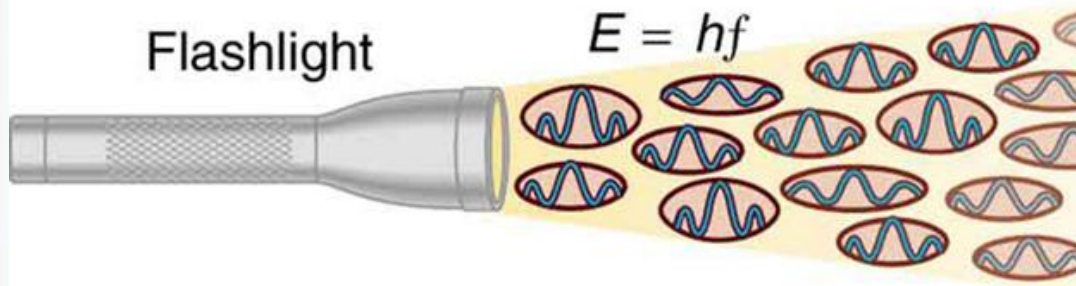
ضعف‌های فیزیک کلاسیک در توجیه اثر فوتوالکتریک :

1) بنا به دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نظر فیزیک کلاسیک با تجربه سازگار نیست.

2) بنا به دیدگاه کلاسیکی انتظار می‌رود به ازای 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.

نظریه کوانتومی (یا بسته‌ای) بودن انرژی:

برای توجیه اثر فوتوالکتریک، اینشتین در نظریه خود پیرامون این پدیده با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینه تابش گرمایی اجسام، فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی، که بعدها فوتون نامیده شد، دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$E = hf$$

در رابطه فوق f بسامد موج، E انرژی موج الکترومغناطیسی و h ثابت پلانک می باشد، که برابر $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ است.

پس اگر بخواهیم انرژی n فوتون از نوری با بسامد f را بدست آوریم می توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$E = nhf$$

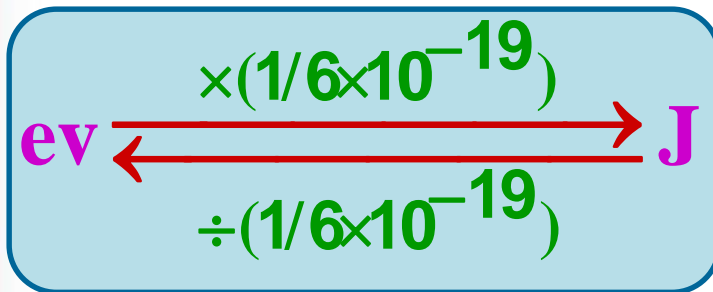
* با توجه به رابطه طول موج با بسامد نور برای بدست آوردن انرژی n فوتون که دارای طول موج λ می باشند می توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

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

* در فیزیک اتمی به جای ژول از یکای کوچک تر، الکترون ولت استفاده می شود
بنا به تعریف یک الکترون ولت برابر مقدار انرژی یک الکترون تحت ولتاژ یک ولت
است. با توجه به تعریف ذکر شده و رابطه $\Delta U = q\Delta V$ می توان اثبات کرد که:

$$1\text{ev} = 1/6 \times 10^{-19} \text{J}$$

پس برای تبدیل واحد ژول به الکترون ولت و بر عکس داریم :



* با توجه به نکته فوق می توان ثابت پلانک را بر حسب eV.s به دست آورده تا در مسائلی که از ما انرژی فوتون ها را بر حسب الکترون ولت می خواهند از آن استفاده کنیم:

$$h = (6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}) \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

* برای راحتی محاسبه در رابطه $E = nh \frac{c}{\lambda}$ می توانیم به جای hc مقدار 1240 eV.nm را قرار دهیم.

تست: نظریه ----- مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک
مانند اتم‌ها و مولکول‌ها و نظریه ----- مربوط به مطالعه پدیده‌ها در
سرعت بسیار زیاد و نزدیک به سرعت نور است.

1) نسبیت خاص - کوانتومی

2) ✓ کوانتومی - نسبیت خاص

3) کوانتومی - کلاسیک

4) کلاسیک - کوانتومی

تست: انرژی فوتونی 2keV است، طول موج وابسته به این فوتون چند نانومتر است؟ $(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}, c = 3 \times 10^5 \text{ km/s})$

0/5 (3

60 (2

50 (1

0/6 (4

پاسخ:

$$E = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow{E=2\text{keV}=2000\text{eV}, h=4 \times 10^{-15} \text{eV.s}, c=3 \times 10^8 \text{m/s}}$$

$$2000 = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = 6 \times 10^{-10} \text{m} \xrightarrow{\text{تبدیل به نانومتر } \times 10^9} \lambda = 0.6 \text{nm}$$

0/5 ✓ (3

60 (2

50 (1

0/6 (4

تست: اختلاف طول موج پرتوهای A و B برابر 4 نانومتر است، اگر کوانتوم انرژی پرتو B، 3 برابر کوانتوم انرژی پرتو A باشد، طول موج پرتوهای A و B بر حسب نانومتر به ترتیب از راست به چپ کداماند؟

(3) 5 و 1

(2) 6 و 2

(1) 1 و 5

(4) 2 و 6

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} \xrightarrow{E_B = 3E_A} 3 = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B \quad (1) \quad \text{پاسخ:}$$

$$\lambda_A - \lambda_B = 4\text{nm} \xrightarrow{(1) \rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B} 3\lambda_B - \lambda_B = 4\text{nm} \Rightarrow \lambda_B = 2\text{nm}$$

$$\xrightarrow{(1) \rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B} \lambda_A = 6\text{nm}$$

1 و 5 (3

2 و 6 (2



5 و 1 (1

6 و 2 (4

تست: بسامد یک فرستنده رادیویی F.M ۷۵ مگاهرتز و توان تشعشع آن $4/8 \times 10^4$ وات است. در هر ثانیه چند فوتون از این آنتن گسیل می‌گردد؟
 ($e = 1/6 \times 10^{-19}$ C, $h = 4 \times 10^{-15}$ eV .s)

$$16 \times 10^{10}$$

$$(3 \quad 16 \times 10^{20})$$

$$7/5 \times 10^{20}$$

$$10^{30} (1)$$

(4

پاسخ:

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow P \cdot t = nhf \xrightarrow{P=4/8 \times 10^4 \text{ W}, t=1\text{s}} \xrightarrow{f=75 \times 10^6 \text{ Hz}, h=4 \times 10^{-15} \times 1/6 \times 10^{-19}}$$

$$4/8 \times 10^4 \times 1 = n \times 4 \times 10^{-15} \times 1/6 \times 10^{-19} \times 75 \times 10^6 \Rightarrow n = 10^{30}$$

$$16 \times 10^{10}$$

(3

$$16 \times 10^{20}$$

$$7/5 \times 10^{20}$$

$$10^{30} (1 \checkmark)$$

(4

رهپویان

دانش و اندیشه

