

Kankor Widget

ابزار کانکور

جدیدترین تکنالوژی آموزشی در سطح کشور

اثر فوتوالکتریک





فهرست مطالب

- 1..... اثر فوتوالکتریک
- 3..... مشخصات اثر فوتوالکتریک
- 4..... نارسایی الکترومقناطیس کلاسیک در بیان اثر فوتوالکتریک
- 4..... بیان کوانتومی پدیده فوتوالکتریک توسط انیشتین
- 5..... مسایل
- 6..... منابع
- 7..... مأخذ

اثر فوتوالکتریک

اهدا کننده: ایزار کانکور

منبع: کتابخانه درخت دانش

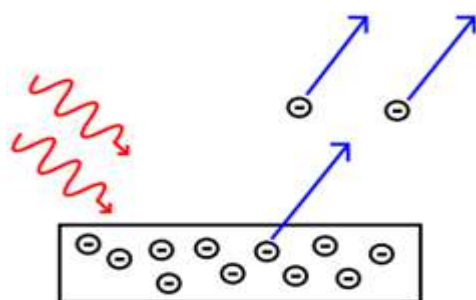
جواز / دارنده حق چاپ: دامنه عمومی / CC0

اثر فوتوالکتریک

اثر فوتوالکتریک، پدیده‌ای است که در آن، ذرات چارج دار برقی با جذب امواج الکترومقناطیس از سطح یک ماده پخش یا تشعشع می‌شوند. اکثراً این اثر به عنوان پخش الکترون از سطح فلز هنگامی که نور بر روی آن می‌تابد تعریف شده است. انرژی پخش شده ممکن است نور مادون قرمز، مرئی، ماوراء بنفش، اشعه ایکس یا اشعه گاما باشد و مواد ممکن است جامد، مایع یا گاز بوده، و ذرات تشعشع شده ممکن است ایون (اتوم های چارج دار برقی) و همچنین الکترون باشد.

در سال 1887 هانریچ هرتز (Heinrich Hertz) دانشمند المانی در عین انجام آزمایشی متوجه شد، که تاباندن نور با طول موج های کوتاه مانند امواج نور بنفش به کلاهک فلزی یک الکتروسکوپ که دارای چارج برقی منفی است، باعث تخلیه الکتریکی الکتروسکوپ می‌شود. وی با انجام آزمایش های بعدی نشان داد که تخلیه الکتروسکوپ به خاطر جدا شدن الکترون از سطح کلاهک فلزی آن است. این پدیده را فوتوالکتریک می‌نامند، نخستین برخوردها برای تشریح اثر فوتوالکتریک از دیدگاه الکترومقناطیس کلاسیک صورت گرفت که توانایی تشریح آن را نداشت. سپس انشتین این پدیده را با توجه به دیدگاه کوانتم پلانک بیان کرد.

اگر یک صفحه فلزی را تحت تابش امواج پر انرژی قرار دهیم، تشعشع کتودی و یا الکترون های شتابدار از صفحه فلزی منتشر می‌شود، که این موضوع را می‌توان در تصویر (۱) مشاهده نمود. همچنین اگر بین دو صفحه فلزی اختلاف پتانسیل برقی ایجاد کنیم، الکترون های اتوم های فلز، انرژی دریافت می‌کنند و در نتیجه سطح فلز را ترک می‌کنند و به سمت انود پیش

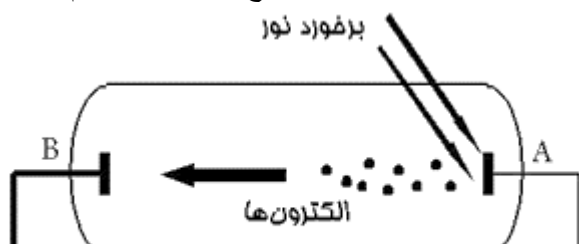


می‌روند. در این عمل چون هم نور و برق دخالت دارند به این پدیده، اثر فوتوالکتریک می‌گویند. همان گونه که گفته شد، در واقع تمام مواد (جامد، مایع و گاز) می‌توانند در شرایط خاصی تحت تأثیر اثر فوتوالکتریک تشعشع کتودی (فوتوالکترون) از خود پخش کنند. با استفاده از مباحث بالا می‌توان اثر فوتوالکتریک را طور ذیل تعریف نمود:

تصویر (۱)، عمل فوتوالکتریک را نشان می‌دهد

« جدا کردن الکترون از سطح یک فلز توسط تاباندن نور بر آن را پدیده فوتوالکتریک، و الکترون های پخش شده از سطح فلز را فوتوالکترون یاد می‌کنند »

برای بررسی بیشتر پدیده فوتوالکتریک، می‌توان دستگاهی مطابق شکل (۲) تهیه نمود، و آزمایشی را انجام داد. این دستگاه شامل دو الکترود A و B است که داخل یک محفظه خلا قرار دارند. این دو الکترود به یک منبع ولتاژ قابل تنظیم در خارج

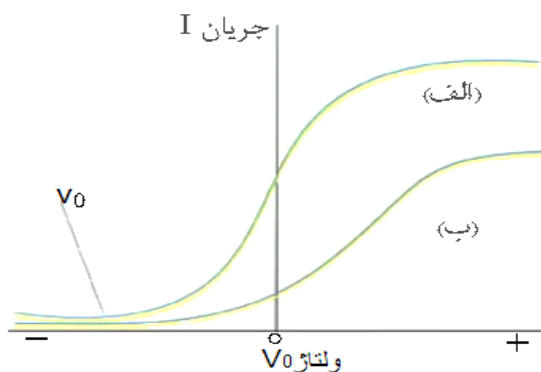


محفظه وصل شده‌اند. الکترود (A) در مقابل یک منبع نوری مونوکروماتیک یا یک رنگ قرار دارد.

در حالت عادی اگر بین این دو الکترود، اختلاف پتانسیل برقرار شود، هیچ جریانی در مدار دیده نمی‌شود، حتی اگر ولتاژ خیلی بالا باشد. ولی اگر نوری با

تصویر (۲)، جریان الکترون ها را در اثر تاباندن نور نشان می‌دهد.

فریکونسی مناسب به الکتروود A تابانده شود، جریان درمدار برقرار می‌شود و افزایش ولتاژ باعث افزایش شدت جریان درمدار خواهد شد، این موضوع نشان می‌دهد که نور تابیده روی الکتروود A باعث جدا شدن الکترون از آن می‌شود، و ولتاژ بین دو الکتروود نیز (با ایجاد ساحتی برقی) الکترون‌های آزاد شده را از الکتروود A به الکتروود B می‌رساند، و جریان درمدار برقرار



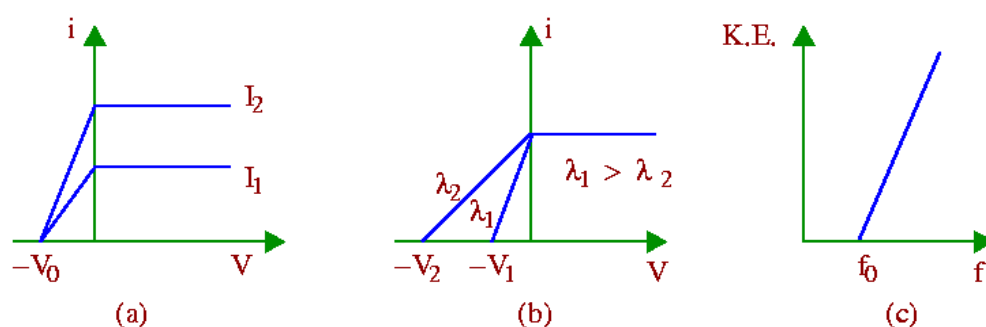
تصویر (۳)، گراف جریان نظر به تغییرات ولتاژ می‌باشد

می‌شود. طبق آزمایش وقتی نور با فریکونسی مناسب به الکتروود A بتابد درمدار جریان برقرار می‌شود بدون آنکه نیاز به برقراری تفاوت پتانسیلی بین دو الکتروود. با افزایش ولتاژ شدت جریان نیز افزایش می‌یابد. یعنی زمانی که تفاوت پتانسیل را تغییر می‌دهیم، مقدار جریان برقی در این دوره نیز تغییر می‌کند، که تغییرات جریان نظر به ولتاژ یا تفاوت پتانسیل را روی گراف‌ها نشان می‌دهند، که یکی از این گراف‌ها را می‌توان در شکل (۳) مشاهده نمود، شکل مذکور دو منحنی برای دو مقدار متفاوت شدت نور وارد شده به الکتروود (A) را نشان می‌دهد، طوریکه در هر دو حالت فریکونسی نور یکسان می‌باشد، مطابق به شکل الف تصویر دیده می‌شود، که با زیاد شدن ولتاژ مقدار جریان افزایش می‌باشد، اما در یک نقطه مقدار این جریان نیز ثابت شده، و زیاد شدن ولتاژ هم بالای آن تاثیر ندارد، زیرا با

زیاد نمودن ولتاژ الکترون‌های بیشتری به سمت الکتروود (B) حرکت می‌کنند، تا اینکه در یک مقدار ولتاژ تمام فوتوالکترون‌ها توسط الکتروود (B) جذب می‌شوند که بعد از این مقدار اگر مقدار ولتاژ را بالا ببریم، باز هم مقدار جریان ثابت باقی می‌ماند و تغییر نمی‌کند، زمانی که مقدار ولتاژ کاهش می‌یابد مقدار جریان نیز کاهش می‌یابد، تا اینکه در یک مقدار معادل ($-V_0$) که ولتاژ متوقف کننده یاد می‌شود، جریان صفر می‌شود، در صورتیکه مقدار این ولتاژ کمتر از ولتاژ متوقف کننده شود باز هم جریان صفر باقی می‌ماند، یعنی در جهت مقابل هیچ جریانی ایجاد نمی‌شود، در شکل (ب) تصویر فوق مقدار شدت نوری نسبت به حالت (الف) نصف گردیده است، که در نتیجه این کم شدن ولتاژ باعث کم شدن جریان نسبت به حالت اول شده است، یعنی مقدار جریان برقی ایجاد شده در این دوره مستقیماً متناسب به ولتاژی است که به این تیوب داده می‌شود، اما قسمتی که ملاحظه می‌گردد مقدار ولتاژ متوقف کننده در هر دو حالت با هم مساوی می‌باشد، یعنی مقدار ولتاژ متوقف کننده به شدت نور وارده بسته‌گی ندارد، ولی در صورتیکه نوعیت الکتروود (A) را تغییر دهیم، یعنی یک فلزی دیگر را استفاده کنیم، در این صورت مقدار ولتاژ متوقف کننده تغییر می‌خورد، یعنی مقدار ولتاژ متوقف کننده به جنسیت الکتروود فلزی بسته‌گی دارد. رابرت ملیکان (1886 - 1953 م) با تجربه‌های دقیقی که در طول 10 سال انجام داد، مقدار ولتاژ متوقف کننده را برای فلزهای متفاوت و برای فریکونسی‌های متفاوت شعاع وارده محاسبه نمود، با استفاده از مباحث بالا می‌توان نتایج ذیل را به حیث خلاصه یاد آور شد:

- ❖ تا زمانی که نور بر الکتروود A که کتود انتخاب شده نتابد، با وجود ولتاژ بالا باز هم هیچ جریانی از لامپ عبور نمی‌کند.
- ❖ اگر ولتاژ مثبت را زیاده‌تر کنیم فوتوالکترون‌های بیشتری از A به B انتقال می‌یابند، و گالوانومتر جریان بزرگتری را نشان می‌دهد.

- ❖ وقتی ولتاژ مثبت به حدی زیاد شود، که بتواند تمام فوتوالکترود ها را به سمت الکترود B بکشاند بیشترین جریان فوتوالکتریکی را گالوانومتر از خود عبور میدهد، که به این جریان، جریان اشباع گفته میشود و پس از آن مقدار جریان ثابت خواهد ماند.
- ❖ اگر جای قطبین باطری را عوض کنیم بطوریکه الکترود B ولتاژ منفی شود ($V < 0$) خواهیم دید جریان فوتو الکترود از نسبت به مقدار قبلی کاهش می‌یابد، و در یک ولتاژ معین V - که به آن ولتاژ متوقف کننده گویند جریان فوتوالکترود صفر میشود، و اگر ولتاژ کمتر از V - شود جریان صفر خواهد ماند.
- ❖ اگر نور سرخ را با شدت زیاد، به الکترود فلز سودیم بتابانیم اگر چه تعداد بیشتری الکترود ها را ازاد می سازد ولی نسبت به نور ابی با شدت کم، الکترود های با انرژی کمتر تولید می‌کند.
- ❖ مقدار ولتاژ متوقف کننده تابع جنس الکترود فلز A نیست و به شدت نور وارده وابسته است.
- ❖ اگر شدت موج نوری بزرگتر باشد، الکترود ها با انرژی بیشتری از سطح فلز A جدا خواهند شد. و اگر شدت موج نوری کم باشد زمان بیشتری طول می کشد، تا اینکه الکترود ها به اندازه کافی انرژی کسب نمایند. می‌توان این موضوع را در تصویر (۴) ملاحظه نمود.



تصویر (۴)، رابطه جریان، ولتاژ و انرژی را نشان می‌دهد

مشخصات اثر فوتوالکتریک

- ❖ هر فلزی دارای یک فریکونسی مخصوص است، بطوری که اگر فریکونسی نور تابشی کمتر از این مقدار معین باشد، هیچ الکترونی از سطح کتود پخش نمی‌شود. این فریکونسی معین را فریکونسی آغازی می‌گویند. شایان ذکر است که فریکونسی آغازی از فلزی به فلز دیگر، تغییر می‌کند و هر فلزی دارای فریکونسی آغازی مخصوص به خود است. بر اساس نظریه کلاسیک این خصوصیت غیر قابل بیان بود.
- ❖ بزرگی جریان فوتو الکترود با شدت نور تابیده بر سطح کتود مستقیماً متناسب است، بطوری که اگر شدت افزایش یابد، مقدار جریان فوتوالکترود نیز افزایش پیدا می‌کند. این موضوع توسط نظریه کلاسیک قابل بیان بود.
- ❖ انرژی فوتو الکترود ها با شدت نور تابیده بر سطح کتود هیچ ارتباطی ندارد، ولی با فریکونسی نور تابشی بصورت خطی تغییر می‌کند. این خاصیت در نظریه کلاسیک غیر قابل بیان بود.

- ❖ پخش الکترون از سطح کتود بصورت فوری صورت می‌گیرد، یعنی بلافاصله بعد از تابش، الکترون پخش می‌شود. به عبارت دیگر، تأخیر زمان بین تابش و پخش الکترون هرگز مشاهده نشده است، یا لااقل زمانی بیشتر از 10-9 ثانیه، حتی با تابش نوری با شدت بسیار کم نیز مشاهده نشده است.
- ❖ اثر فوتو الکتریک توسط الکترون های تقریباً آزاد صورت می‌گیرد، یعنی الکترون های لایه‌های داخلی فلز در این اثر دخالت ندارند.

نارسای الکترومقناطیس کلاسیک در بیان اثر فوتوالکتریک

پس از کشف پدیده فوتوالکتریک توسط هرتز، وقتی که فیزیکدانان به تکرار این آزمایش پرداختند، با کمال تعجب متوجه شدند که شدت نور، تاثیری بر انرژی الکترون‌های صادر شده ندارد. اما تغییر طول موج نور، بر انرژی الکترون‌ها موثر است، مثلاً سرعتی که الکترون‌ها بر اثر نور آبی بدست می‌آورند بیشتر از سرعتی است که بر اثر تابش نور زرد به دست می‌آورند.

همچنین تعداد الکترون‌هایی که در نور آبی با شدت کمتر از سطح فلز جدا می‌شوند، کمتر از تعداد الکترون‌هایی است که بر اثر نور زرد شدید صادر می‌شوند، اما باز هم سرعت الکترون‌هایی که بر اثر نور آبی صادر می‌شوند، بیشتر از سرعت الکترون‌هایی است که توسط نور زرد صادر می‌شوند. علاوه بر آن نور سرخ، هر قدر هم که شدید باشد، نمی‌تواند از سطح بعضی از فلزات الکترون جدا کند.

الکترون‌ها در داخل فلز آزادانه حرکت دارند، اما به فلز مقید هستند. برای جدا کردن آنها از سطح فلز باید انرژی به اندازه‌ای باشد که بتواند بر انرژی بستگی غلبه کند، در صورتی که این انرژی کمتر از مقدار لازم باشد، نمی‌تواند الکترون را از سطح فلز جدا کند. طبق نظریه الکترومقناطیس کلاسیک، انرژی الکترومقناطیسی کمیتی پیوسته است، لذا هر تابشی باید، در الکترون ذخیره و با انرژی قبلی که الکترون داشت، جمع می‌شد تا زمانی که انرژی مورد نیاز تامین گردد و الکترون از سطح فلز جدا شود. از طرف دیگر چون مقدار انرژی مقید الکترون‌های داخل فلز، برابر هستند اگر انرژی لازم برای جدا شدن آنها به اندازه کافی می‌رسید، باید با جدا شدن یک الکترون از سطح فلز، تعداد زیادی الکترون آزاد شود.

همچنین با توجه به اینکه انرژی کمیتی پیوسته است، باید انرژی تابشی بین الکترون‌های آزاد، توزیع می‌شد تا هنگامی که انرژی همه الکترون‌ها به میزان لازم نمی‌رسید، نباید انتظار جدا شدن الکترونی را داشته باشیم، به عبارت دیگر نباید به محض تابش، شاهد جدا شدن الکترون از سطح فلز بود.

بیان کوانتومی پدیده فوتوالکتریک توسط انیشتین

انیشتین در سال 1905 با استفاده از نظریه کوانتومی انرژی، پدیده فوتوالکتریک را توضیح داد. بنابر نظریه کوانتومی، امواج الکترومقناطیسی که به ظاهر پیوسته‌اند، کوانتومی می‌باشند. این کوانتوم‌های انرژی را که فوتون می‌نامند، از رابطه پلانک دریافت می‌کنند. بنابر نظریه کوانتومی پلانک، یک چارجه نور با سرعت v شامل تعدادی فوتون های ذره گونه است که هر یک دارای انرژی $(E = h \cdot \nu)$ می‌باشد. یک فوتون تنها می‌تواند با یک الکترون در سطح فلز تبادل انرژی کند. این

فوتون نمی‌تواند انرژی خود را بین چندین الکترون تقسیم کند. چون فوتون‌ها با سرعت نور حرکت می‌کنند، بر اساس نظریه نسبیت، باید دارای کتله حالت سکون صفر باشند و تمام انرژی آنها حرکتی است. هنگامی که ذره‌ای با کتله حالت سکون صفر از حرکت باز می‌ماند، موجودیت آن از بین می‌رود و تنها زمانی وجود دارد که با سرعت نور حرکت کند، و از این رو وقتی فوتونی با یک الکترون مقید در سطح فلز برخورد می‌کند و پس از آن دیگر با سرعت منحصر به فرد نور C حرکت نمی‌کند، تمام انرژی $h\nu$ خود را به الکترونی که با آن برخورد کرده است می‌دهد و اگر انرژی که الکترون مقید از فوتون می‌گیرد، از انرژی بستگی به سطح فلز بیشتر باشد، زیادی انرژی به صورت انرژی حرکتی فوتوالکتریک در می‌آید. اگر فرض کنیم انرژی بستگی الکترون بر سطح فلز W باشد که این مقدار برابر با انرژی $(W = h\nu_0)$ ، آنگاه یک فوتون با انرژی $(E = h\nu)$ زمانی می‌تواند الکترون را از سطح یک فلز جدا کند که:

$$h\nu \geq W = h\nu_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

چنانچه انرژی فوتون نوری بیشتر از انرژی بستگی الکترون باشد، مابقی انرژی به صورت انرژی حرکتی الکترون ظاهر می‌شود و خواهیم داشت.

$$h\nu = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + h\nu_0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

که در آن $\left(E_e = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 \right)$ انرژی حرکتی الکترون، پس از جدا شدن از سطح فلز است. به همین دلیل اگر انرژی نور تابشی کمتر از انرژی بستگی الکترون باشد، با هر شدتی که بر سطح فلز بتابد، پدیده فوتوالکتریک روی نمی‌دهد. علاوه بر آن به محض رسیدن فوتون با انرژی کافی بر سطح فلز، پخش فوتوالکتریک فوراً اتفاق می‌افتد.

هر چند در اینجا بحث در مورد اثر تابش بر سطح فلز بود، اما این اثر به فلزات محدود نمی‌شود. به طور کلی هرگاه فوتونی با انرژی کافی به الکترون مقید برخورد کند، الکترون را از اتم جدا می‌کند و اتم یونیز می‌شود. با بیانیه انیشتین شدت موج الکترومقناطیسی در نظریه میخائیک کوانتم مفهوم جدیدی پیدا کرد. در میخائیک کوانتم شدت موج الکترومقناطیسی برابر است با حاصل ضرب انرژی هر فوتون در تعداد فوتون‌هایی که در واحد زمان از واحد سطح عبور می‌کنند.

مسایل

1. عمل که در اثر تاباندن نور به سطح یک جسم باعث جدا شدن الکترون‌ها از آن می‌شود عبارت از:

- (1) فوتوالکتریک (2) فوتوالکتریک (3) چارج برقی (4) هر سه درست است

2. کدام دانشمند عملیه فوتوالکتریک را برای اولین مشاهده نمود؟
 - (1) هرتز
 - (2) انشتین
 - (3) نیوتن
 - (4) هایزنبرگ
3. زمانیکه نور به یک شدت معین بالای سطح یک جسم بتابد باعث؟
 - (1) دادن الکترون به جسم می‌شود
 - (2) جدا ساختن الکترون از سطح جسم می‌شود
 - (3) باعث تعادل الکترونی در جسم می‌شود
 - (4) جواب 2 درست است
4. جریان که در یک دوره در اثر عمل فوتوالکتریک به میان می‌آید با ولتاژ داده شده چی نوع رابطه دارد؟
 - (1) رابطه معکوس
 - (2) هیچ ارتباطی با هم ندارند
 - (3) رابطه مستقیم
 - (4) هیچکدام
5. بیشترین مقدار جریان که در اثر حادثه فوتوالکتریک بوجود می‌آید، چی نامیده می‌شود؟
 - (1) جریان اشباع
 - (2) جریان متوقف کننده
 - (3) جریان اصغری
 - (4) جریان تخلیه‌ای
6. مقدار ولتاژ که در یک دوره فوتوالکتریک باعث صفر شدن جریان می‌شود عبارت از؟
 - (1) ولتاژ اصغری
 - (2) ولتاژ اعظمی
 - (3) ولتاژ متوقف کننده
 - (4) ولتاژ صغری
7. سرعتی را که الکترون از نور های ذیل دریافت می‌کند، کدام نور باعث بیشترین سرعت آن می‌شود؟
 - (1) رنگ ابی
 - (2) رنگ سرخ
 - (3) رنگ بنفش
 - (4) رنگ زرد

منابع

1. فصل پنجم، بخش (3 - 5)، فزیک صنف دوازدهم، نصاب جدید وزارت معارف افغانستان.
2. www.en.wikipedia.org/w/index.php?title=Photoelectric_effect
3. www.cp7e.com

مأخذ:

این ممد درسی با همکاری کتابخانه درخت دانش به شما اهداء گردیده است.

www.ddl.af



Darakht-e Danesh Information



@AfghanOERs

