اثر فتوالکتریک

هدف آزمایش:

مشاهده اثر فتوالکتریک

بدست آوردن ثابت پلانگ و تابع کار ماده الکترود لامپ فتوالکتریک است

مقدمه:

بر اثر تابش نور به مواد، الکترون‌ها می‌توانند از سطح آن‌ها خارج شوند. این اثر را فتوالکتریک می‌نامند. مشاهده شده است که تعداد الکترون‌های خارج شده از سطوح، به شدت نور و جنس فلز بستگی دارد؛ اما انرژی الکترون‌ها به فرکانس نور تابیده شده وابسته است. این پدیده با در نظر گرفتن کوانتای فوتون قابل تفسیر است. بر اثر برخورد فوتون‌ها با جسم، انرژی آنها به الکترون‌ها منتقل شده و اگر تابع کار الکترون‌ها کمتر از انرژی فوتون‌ها باشد، الکترون‌ها می‌توانند از جسم خارج شوند. انرژی جنبشی الکترون آزاد شده را می‌توان از رابطه انیشتین بدست آورد:

$$T = \frac{1}{2}mV^2 = h\nu - \phi$$

m جرم الکترون، ϕ تابع کار است که به جنس سطح ماده بستگی دارد، V سرعت الکترون و ν فرکانس نور تابیده شده است.

شکل۱ اجزای اصلی یک لامپ فتوسل را نشان می‌دهد. نور به قسمتی از لامپ که به پتاسیم و یا دیگر مواد با تابع کار کم آغشته شده است، تابیده می‌شود و تولید الکترون‌های آزاد (فتوالکترون‌ها) می‌کند. سپس در صورت اعمال میدان الکتریکی می‌توان الکترون‌ها را از جسم خارج و سرعت داد. الکترون‌ها به آندی از جنس پلاتین رسیده و تولید جریان I_P می‌کنند. با تغییر پتانسیل V می‌توان جریان I_P را تغییر داد به گونه‌ای که با انتخاب V_0 می‌توان جریان I_P را صفر کرد. در این صورت:

$$h\nu - \phi = eV_0$$

در صورتی که فرکانس نور تابیده به اندازه $\Delta\nu$ افزایش پیدا کند، مقدار انرژی الکترون‌ها به اندازه $h\Delta\nu$ افزایش پیدا کرده. بنابراین پتانسیل منفی آند بایستی به اندازه ΔV_0 افزایش پیدا کند تا مجدداً I_P برابر صفر گردد. بنابراین $e\Delta V_0 = h\Delta\nu$ (e بار الکترون) و از این رو منحنی $V_0(\nu)$ نسبت به فرکانس دارای شیب h/e است. بدین وسیله ثابت پلانگ با اندازه‌گیری شیب منحنی قابل اندازه‌گیری است.

وسایل آزمایش:

مجموعه اپتیکی مورد نیاز شامل قطعات زیر است و در شکل۳ و ۴ نمایش داده شده است. این مجموعه در جعبه فلزی سیاه قرار دارد (چرا به رنگ سیاه؟).

۱–لامپ جیوه فشار بالا

۲–پوشاننده شکاف ورودی نور لامپ جیوه

۳–عدسی برای جمع کردن نور

۴–شکاف

۵–عدسی برای ایجاد تصویر

۶–منشور

۷–آینه

۸–ورودی‌های مختلف برای اندازه‌گیری و اتصال فیش. ۱–۸ ورودی متصل به آمپلی فایر و ۲–۸ جفت سوکت ورودی متصل به آند

۹–پیچ تغییر بازوی دستگاه برای تغییر مکان لامپ فتوسل و عدسی و شکاف موجود بر روی بازو نسبت به طول موج نور

۱۰–عدسی پوشاننده با شکاف فلزی که روی آن متصل می‌شود.

۱۱–لامپ فتوسل (شکل۱ و۲). این لامپ حاوی حلقه آند و کاتد (c) که لایه‌ای با تابع کار کم است، می‌باشد.

۱۲–شکاف و پوشاننده پشت لامپ

☚ در هنگام آزمایش باید از دست زدن به قطعات تنظیم شده داخل جعبه خودداری کنید. سعی کنید که درپوش را برنداشته و از قرار گرفتن در معرض تابش لامپ و نگاه کردن به آن هم خودداری کنید (چرا؟).

☝ قطعات موجود در داخل جعبه برای ایجاد طیف‌های مشخص بر روی شکاف مربوط به عدسی جمع کننده نور تنظیم شده است. قبل از انجام آزمایش لازم است از دستیار آزمایشگاه بخواهید که مناسب بودن دستگاه را برای آزمایش بررسی کند.

شکل۵ آمپرسنج برای اندازه‌گیری جریان فتوالکترونی که خروجی تقویت کننده (شکل۶) می‌باشد، را نشان می‌دهد.

شرح آزمایش:

مدار آزمایش را مطابق شکل۷ ببندید. پتانسیل ورودی V را با استفاده از ولتمتر ۲ ولت قرار دهید. پس از تأیید مدار توسط دستیار آزمایشگاه، لامپ جیوه را روشن کنید. منبع ولتاژ را در حالت کمینه روشن کرده و بر روی ۲ ولت تنظیم کنید. دستگاه تقویت کننده I_P را در حالت کمینه روشن کرده و روی محدوده مناسب (مثلاً $۱۰^{-۱۱}$) قرار دهید. از جابجایی و دست زدن به سیم‌های متصل به آن در حین آزمایش خودداری کنید (چرا؟). با چرخش پتانسیومتر offset در حال عدم دریافت سیگنال، آن را صفر کنید.

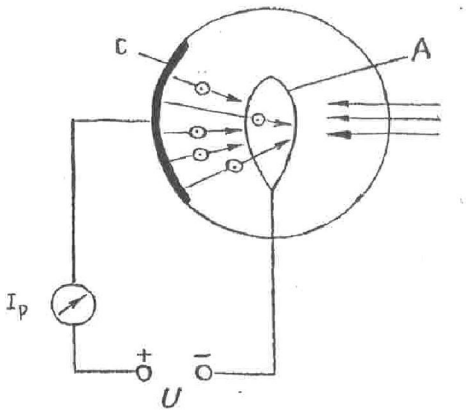
☚ تنظیم صفر آمپرسنج بسیار اهمیت دارد. با بستن دریچه از ورود هر نوری به سلول فتوالکتریک جلوگیری کنید و در همین حال جریان خروجی از تقویت کننده را با کلید تنظیم روی آن، صفر کنید.

ابتدا با صفر بودن V (منبع ولتاژ) اثر فتوالکتریک را مشاهده کنید.

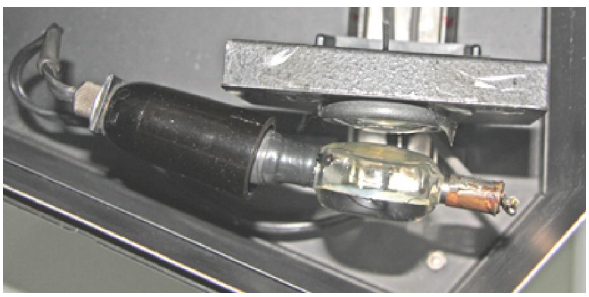
درپوش ورود نور لامپ را بردارید و به کمک پیچ تنظیم بازوی متحرک با بلند کردن در پوش جعبه به اندازه بسیار کوچک طیف را روی شکاف تنظیم کنید. با استفاده از رئوستا ولتاژ V را تغییر داده و برای یک رنگ تابشی جریان I_P بر حسب ولتاژ V اندازه‌گیری کنید. نتایج را در جدول۱ بنویسید. برای بقیه نورهای طیف، جریان I_P را به صفر برسانید و ولتاژ V_0 را در جدول۲ یادداشت کنید.

☚ پس از اتمام، کلیه دستگاه‌ها رادر حالت کمینه قرار داده، خاموش کنید و درپوش و شکاف‌های جعبه را بپوشانید.

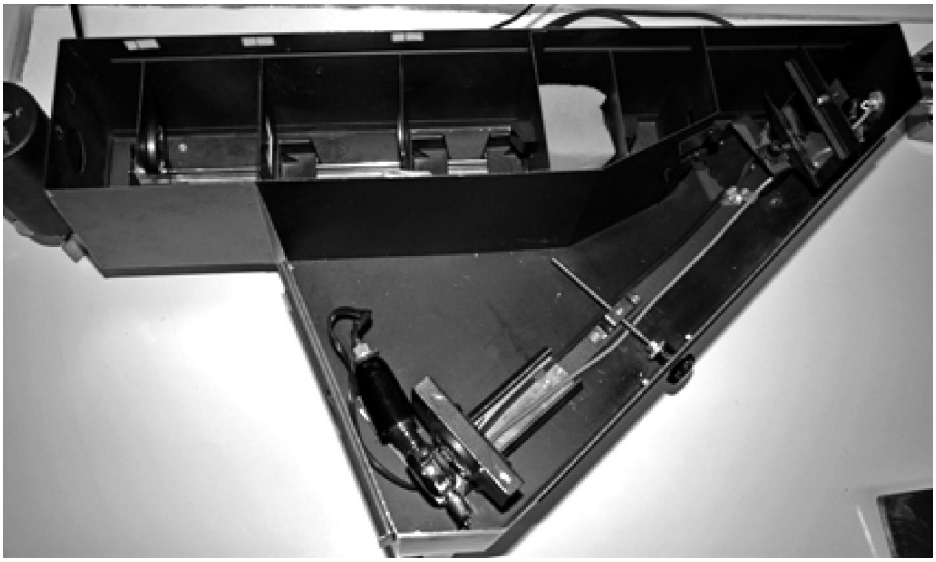
تصاویر:



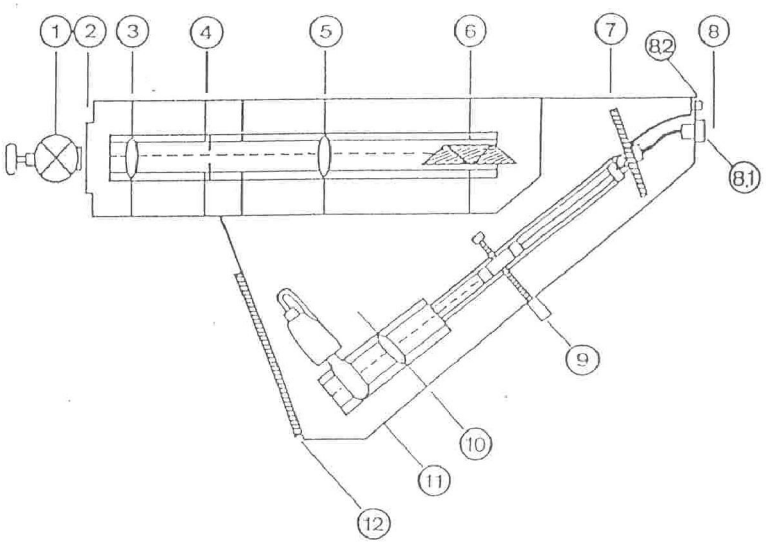
شکل۱. شماتیک سلول فوتوالکتریک



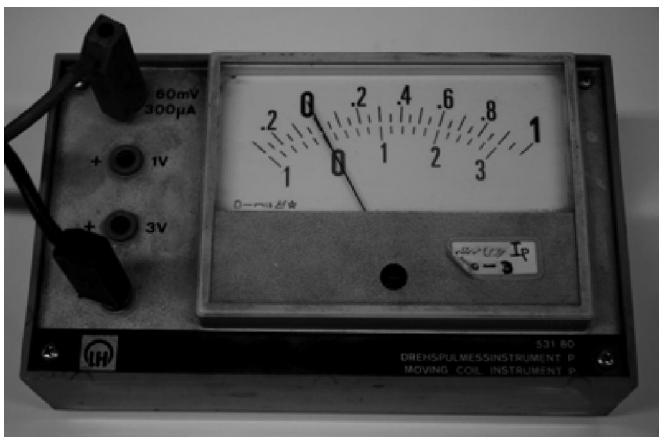
شکل۲. سلول فوتوالکتریک



شکل۳. مجموعه اپتیکی آزمایش فتوالکتریک

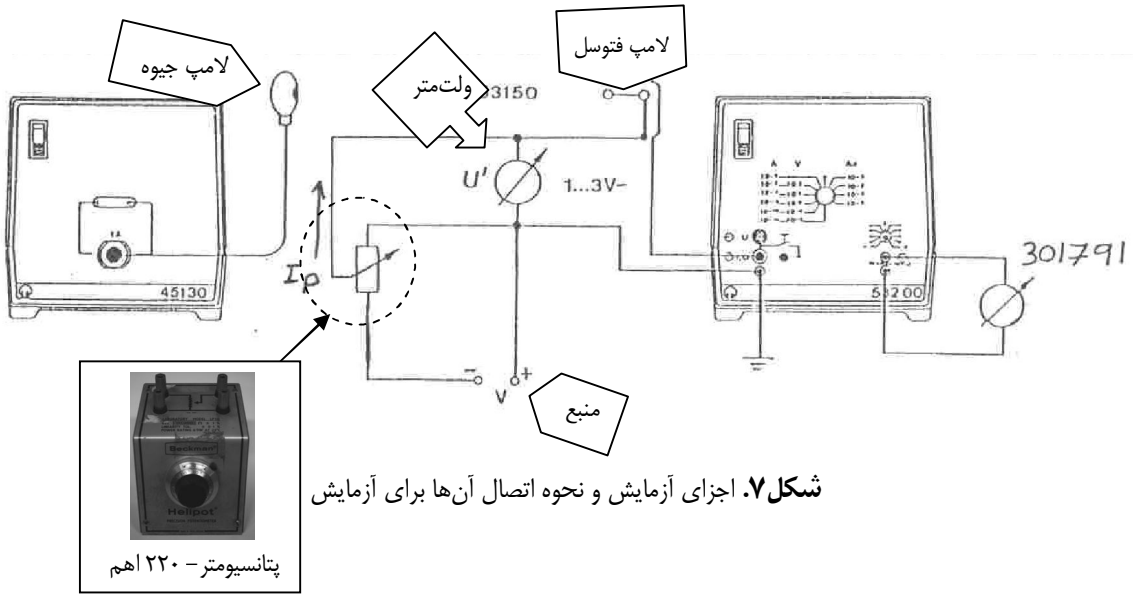


شکل٤. اجزای محفظه اپتیکی آزمایش فتوالکتریک



شکل۵. آمپرسنج مورد استفاده

شکل٦. تقویت کننده



شکل۷. اجزای آزمایش و نحوه اتصال آن‌ها برای آزمایش

جداول و داده‌ها:

جدول۱ جریان فوتوالکتریک بر حسب ولتاژ U برای دو رنگ تابشی

رنگ	I												
...	U												
رنگ	I												
...	U												

جدول۲ ولتاژ قطع جریان برای طیف‌های مختلف

فرکانس لامپ جیوه Hz	5.19×10^{14}	5.49×10^{14}	6.1×10^{14}	6.88×10^{14}	7.41×10^{14}
رنگ طیف	زرد	سبز	سبز–آبی	آبی	بنفش
U_0 بار اول					
U_0 بار دوم					
U_0 بار سوم					
U_0 میانگین					

پرسش‌ها:

در زمان انجام آزمایش به سوالات زیر پاسخ دهید:

۱- نتیجه فیزیکی مهمی که از این پدیده نتیجه شده است را بیان کنید.

۲- از مقادیر میانگین پتانسیل قطع استفاده کنید و منحنی پتانسیل قطع بر حسب فرکانس را رسم کنید. از طریق این منحنی ثابت پلانگ و تابع کار را بدست آورید.

پاسخ سوالات زیر را در جلسه بعد تحویل دهید.

۱- با دانستن مقدار ثابت پلانک از تئوری، درصد خطای نسبی آزمایش را تعیین کنید و علل خطا را ذکر کنید.

۲- تابع کار چیست و به چه عواملی بستگی دارد؟

۳- چرا سرعت الکترون‌های ساطع شده بر اثر تابش یک نور تکفام، یکسان نمی‌باشد؟

۴- الف) مواردی را که فیزیک کلاسیک در اثر فوتوالکتریک قادر به توضیح دادن آن نیست، بیان کنید.

ب) فیزیک جدید چگونه به آن‌ها پاسخ می‌دهد و چه مواردی در هر دو قابل توضیح است؟

۵- چرا در ساخت سلول‌های فوتوالکتریک معمولاً از فلزات قلیایی نظیر پتاسیم استفاده می‌شود؟

۶- سلول‌های فوتوالکتریک چه کاربردهایی دارند؟

۷- در سلول فوتوالکتریک آند به صورت یک حلقه است. چرا؟

۸- فرض کنید از یک لیزر (نور لیزر یکی از متمرکزترین اشعه‌های موجود در آزمایشگاه‌های فیزیک است) استفاده کنیم و یک صفحه در جلوی کاتد قرار داده تا فوتوالکترون‌های خارج شده از کاتد به آن صفحه برخورد کنند. در این صورت آیا می‌توان از نور مرئی لیزر پر شدت، اشعه X تولید کرد؟ توضیح دهید. (طول موج اشعه X حدود آنگستروم است.)

یادداشت----------