نام و نام خانوادگی:

نام آزمون: فوتوالکتریک مشترک ریاضی و تجربی

تنظیم: باب الحوائجی

دبیرستان واله ۱

۱ - پدیدهٔ فوتوالکتریک با فوتون کدام یک از پرتوهای زیر بهتر صورت می‌پذیرد؟

(۱) فرابنفش (۲) قرمز (۳) فروسرخ (۴) رادیویی

۲ - کدام گزینه نادرست است؟

(۱) بر اساس فیزیک کلاسیک، شدت نور با دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است.

(۲) بر اساس دیدگاه فیزیک کلاسیک پدیدهٔ فوتوالکتریک باید در هر بسامدی رخ دهد.

(۳) طبق نظریهٔ اینشتین در پدیدهٔ فوتوالکتریک هر فوتون فرودی تنها با یک الکترون برهم کنش می‌کند.

(۴) طبق نظریهٔ اینشتین اگر بسامد فوتون فرودی بر سطح فلز به اندازهٔ کافی بزرگ باشد، الکترون به‌طور آنی از سطح فلز گسیل می‌شود.

۳ - اگر نور تک‌رنگی از هوا وارد آب شود، طول موج و انرژی وابسته به فوتون آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) هر دو کاهش می‌یابد. (۲) هر دو افزایش می‌یابد. (۳) افزایش می‌یابد، تغییر نمی‌کند. (۴) کاهش می‌یابد، تغییر نمی‌کند.

۴ - اگر ضریب ثابت پلانک $۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه باشد، این ضریب چند الکترون ولت ثانیه است؟

$(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

(۱) $\frac{۳۳}{۸} \times ۱۰^{۱۵}$ (۲) $\frac{۸}{۳۳} \times ۱۰^{-۱۵}$ (۳) $\frac{۳۳}{۸} \times ۱۰^{-۱۵}$ (۴) $\frac{۸}{۳۳} \times ۱۰^{۱۵}$

۵ - انرژی چند فوتون با طول موج ۵ میکرومتر با انرژی یک فوتون اشعهٔ گاما با طول موج ۰٫۲ پیکومتر برابر است؟

(۱) ۲۵ (۲) ۴۰ (۳) $۲٫۵ \times ۱۰^{۷}$ (۴) ۴×۱۰^{۷}

۶ - نظریه‌ی ..... مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک مانند اتم‌ها و مولکول‌ها و نظریه‌ی ..... مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در سرعت بسیار زیاد و نزدیک به سرعت نور است.

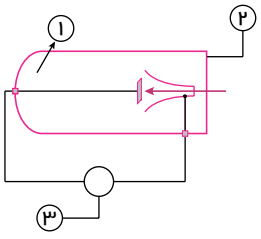
(۱) نسبیت - کوانتومی (۲) کوانتومی - نسبیت (۳) کوانتومی - کلاسیک (۴) کلاسیک - کوانتومی

۷ - در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور تک‌رنگی با طول موج λ بر فلز می تابانیم، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. برای آنکه این پدیده رخ دهد، کدام عامل ممکن است موثر باشد؟

(۱) زمان تابش نور را افزایش دهیم. (۲) از فلزی با تابع کار کمتر استفاده کنیم.

(۳) شدت نور را افزایش دهیم. (۴) از نور تک‌رنگ با طول موج بزرگتر از λ استفاده کنیم.

۸ - جاهای خالی شکل روبه‌رو به ترتیب شماره کدام گزینه است؟



(۱) هوا، جمع کنندهٔ C، ولت‌سنج (۲) هوا، پنجرهٔ کوارتزی، گالوانومتر

(۳) خلأ، جمع کنندهٔ C، ولت‌سنج (۴) خلأ، پنجرهٔ کوارتزی، گالوانومتر

۹ - کدام گزینه صحیح است؟

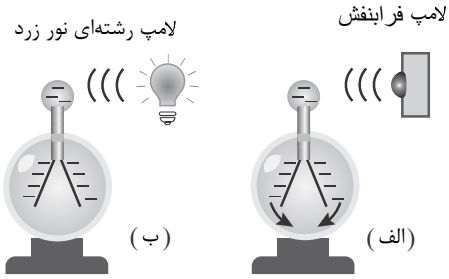
(۱) اینشتین در نظریهٔ کوانتومی خود باتوجه به کارهای قبلی پلانک در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فوتوالکتریک را توجیه کرد.

(۲) اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک خود باتوجه به کارهای قبلی پلانک در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فوتوالکتریک را توجیه کرد.

(۳) پلانک در نظریهٔ فوتوالکتریک خود باتوجه به کارهای قبلی اینشتین در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فوتوالکتریک را توجیه کرد.

(۴) پلانک در نظریهٔ کوانتومی خود باتوجه به کارهای قبلی اینشتین در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فوتوالکتریک را توجیه کرد.

۱۰ - با توجه به شکل مقابل اگر در این آزمایش به جای نور زرد، ..... (در شکل الف فاصله ورقه‌ها کاهش می‌یابد و در شکل ب فاصله ثابت می‌ماند)



۱) از پرتو فروسرخ استفاده کنیم، فاصلهٔ ورقه‌ها کاهش می‌یابد.

۲) از پرتوی X استفاده شود، فاصلهٔ ورقه‌ها افزایش می‌یابد.

۳) از پرتوی گاما استفاده شود، فاصلهٔ ورقه‌ها مثل شکل ب ثابت می‌ماند.

۴) از نور آبی استفاده شود، ممکن است فاصلهٔ ورقه‌ها کم شود یا ثابت بماند.

۱۱ - کدام گزینه در مورد پدیدهٔ فوتوالکتریک نادرست است؟

۱) در بسامد ثابت با افزایش شدت نور تعداد فوتوالکترون‌ها افزایش خواهد یافت.

۲) در بسامد ثابت با افزایش شدت نور انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بدون تغییر می‌ماند.

۳) اگر طول‌موج نور تابیده شده بر سطح فلز از طول موج آستانه کمتر باشد، پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

۴) بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.

۱۲ - کدام گزینه نادرست است؟

۱) اگر فوتوالکتریک با نوری با بسامد f رخ ندهد، می‌توان با افزایش شدت نور با همان بسامد f، پدیدهٔ فوتوالکتریک را مشاهده کرد.

۲) طبق نظر اینشتین هرفوتون تنها با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند.

۳) طبق نظریهٔ الکترومغناطیس با افزایش شدت نور تابیده به سطح فلز، الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیشتری از سطح فلز خارج می‌شوند.

۴) طبق فیزیک کلاسیک پدیدهٔ فوتوالکتریک با هر بسامدی رخ می‌دهد.

۱۳ - کدام گزینه شامل موارد مطرح در فیزیک جدید است؟

۱) کیهان‌شناسی، نسبیت عام، مکانیک نیوتونی

۲) فیزیک ذرات بنیادی، نسبیت خاص، کیهان‌شناسی

۳) فیزیک هسته‌ای، نظریهٔ کوانتومی، نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول

۴) نظریهٔ کوانتومی، ترمودینامیک، فیزیک ذرات بنیادی

۱۴ - در پدیدهٔ فوتوالکتریک، انرژی جنبشی بیشینه به کدام‌یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

۱) بسامد نور تابشی

۲) طول موج نور تابشی

۳) شدت پرتوی تابشی

۴) جنس الکترود فلزی که نور به آن می‌تابد.

۱۵ - انرژی فوتون نوری که طول موج آن در محیط شفافی $۴۴۰\ nm$ است، چند ژول است؟ ($h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴}\ J \cdot s$ و ضریب شکست محیط شفاف برای این فوتون را $\frac{۵}{۴}$ در نظر بگیرید.)

۱) $\simeq ۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ ۲) $۴/۵ \times ۱۰^{-۱۹}$ ۳) $۳/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ ۴) $۱/۸ \times ۱۰^{-۱۹}$

۱۶ - سه فوتون ۱ و ۲ و ۳ با طول موج‌های $\lambda_۱ = ۳۰۰\ nm$ و $\lambda_۲ = ۶۰۰\ nm$ و $\lambda_۳$ مفروض‌اند. به طوری که مجموع انرژی دو فوتون ۱ و ۲ برابر با انرژی فوتون با طول موج $\lambda_۳$ است. $\lambda_۳$ چند نانومتر است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۹۰۰ ۴) ۱۸۰۰

۱۷ - اختلاف طول موج پرتوهای A و B برابر ۸۰۰ نانومتر است. اگر کوانتوم انرژی پرتوی B، پنج برابر کوانتوم انرژی پرتوی A باشد، $f_A - f_B$ برابر با چند هرتز است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸}\frac{m}{s})$

۱) $۱/۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ۲) $-۱/۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ۳) $۱/۲ \times ۱۰^{۱۵}$ ۴) $-۱/۲ \times ۱۰^{۱۵}$

۱۸ - ۱۰۰ فوتون از یک موج الکترومغناطیسی با بسامد $f_۱$، ۵ الکترون ولت انرژی و ۱۰ فوتون از یک موج الکترومغناطیسی دیگر با بسامد $f_۲$، ۱ الکترون ولت انرژی دارند. اندازهٔ اختلاف طول موج این دو موج الکترومغناطیسی چند میکرومتر است؟ ($c = ۳ \times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s$)

۱) ۱۲ ۲) ۹۰ ۳) ۲۴ ۴) ۳۶

۱۹- توان ورودی لیزری $۳۰W$ است. اگر از آن لیزر در هر ثانیه $۱۰^{۱۵}$ فوتون با طول موج $۶۰۰\ nm$ خارج شود، بازده آن برابر است با: $(h = ۶ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s \quad , \quad c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

۱) ۰٫۰۰۳ درصد ۲) ۰٫۰۰۲ درصد ۳) ۰٫۰۰۱ درصد ۴) ۰٫۰۰۵ درصد

۲۰- اختلاف طول موج پرتوهای A و B در خلأ برابر با ۴۵۰ نانومتر است. اگر انرژی هر فوتون پرتوی B، ۱۰ برابر انرژی هر فوتون پرتوی A باشد، بسامد پرتوی B چند هرتز است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} m/s)$

۱) ۶×۱۰^{۱۵} ۲) ۶×۱۰^{۱۶} ۳) ۵×۱۰^{۱۵} ۴) ۵×۱۰^{۱۶}

۲۱- انرژی فوتونی با طول موج $\lambda_۱$ برابر با $۲eV$ و انرژی فوتونی با طول موج $\lambda_۲$ برابر با $۳eV$ است. انرژی فوتونی با طول موج $\lambda_۱ + \lambda_۲$ برحسب الکترون ولت کدام است؟

۱) ۱٫۲ ۲) ۵ ۳) ۱ ۴) $\frac{۵}{۶}$

۲۲- یک لامپ رشته‌ای با توان $۱۰۰W$ از فاصله ۱۰۰ متری توسط شخصی دیده می‌شود. نور لامپ یکنواخت در فضای اطراف آن پخش می‌شود. اگر بازده لامپ ۱۰ درصد باشد و تنها ۱ درصد تابش لامپ دارای طول موج $۵۴۰nm$ باشد، در هر ثانیه چه تعداد فوتون با طول موج $۵۴۰nm$ وارد مردمک هر چشم شخص می‌شود؟ ($h \simeq ۶ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s$ و $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ است. قطر مردمک چشم را ۲ mm در نظر بگیرید.)

۱) $۴٫۵ \times ۱۰^{۶}$ ۲) $۴٫۵ \times ۱۰^{۷}$ ۳) $۷٫۵ \times ۱۰^{۷}$ ۴) $۷٫۵ \times ۱۰^{۶}$

۲۳- یک لامپ ۱۰۰ واتی، نور آبی تابش می‌کند. اگر به جای این لامپ، یک لامپ ۱۰۰ واتی دیگر که نور نارنجی گسیل می‌کند را جایگزین کنیم، تعداد فوتون‌های گسیل شده در هر ثانیه ..... و انرژی هر فوتون گسیلی ..... .

۱) تغییر نمی‌کند ــ کاهش می‌یابد ۲) افزایش می‌یابد ــ کاهش می‌یابد ۳) کاهش می‌یابد ــ کاهش می‌یابد ۴) تغییر نمی‌کند ــ افزایش می‌یابد

۲۴- بر سطح فلزی نور بنفش می‌تابانیم و الکترون‌هایی، هر یک با مقدار معینی انرژی، با آهنگ مشخص از آن بیرون می‌آیند. اگر شدت نور بنفش را افزایش دهیم، الکترون‌هایی که از سطح فلز جدا می‌شوند:

۱) همان آهنگ را دارند ولی انرژی هر الکترون بیش‌تر می‌شود.
۲) آهنگ بیش‌تری پیدا کرده ولی انرژی هر الکترون تغییر نمی‌کند.
۳) آهنگ کم‌تری دارند ولی انرژی هر الکترون تغییر نمی‌کند.
۴) همان آهنگ را دارند ولی انرژی هر الکترون کم‌تر است.

۲۵- اگر در پدیدهٔ فوتوالکتریک که الکترون‌ها از سطح فلز جدا می‌شوند، به جای لامپ فرابنفش $۳۰W$ از لامپ فرابنفش $۶۰W$ استفاده شود، کدام یک از موارد زیر ۲ برابر می‌شود؟

۱) بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها
۲) سرعت فوتوالکترون‌ها هنگام جدا شدن از سطح فلز
۳) تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح فلز در هر ثانیه
۴) هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

۲۶- چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

الف) طبق نظریه الکترومغناطیس ماکسول، اگر دامنه امواج الکترومغناطیس n برابر بشود؛ شدت امواج هم n برابر می‌شوند.

ب) اگر پدیده فوتوالکتریک در یک بسامد معین رخ نداد، در صورتی‌که از فلز دیگر استفاده کنیم می‌تواند پدیده الکترومغناطیس رخ بدهد.

ج) افزایش شدت نور، انرژی هر فوتون را افزایش می‌دهد.

د) اگر بسامد نوری را دو برابر کنیم، انرژی جنبشی هر فوتوالکترون هم دو برابر می‌شود.

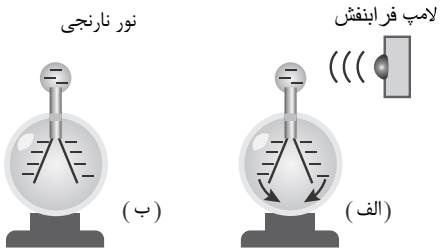
۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۲۷ - با توجه به شکل روبه‌رو چه تعداد از عبارت زیر الزاماً صحیح است؟الف) با استفاده از نور آبی به جای نور نارنجی فوتوالکتریک انجام می‌شود.

ب) با استفاده از پرتوی X بدون توجه به نوع بار الکتروسکوپ همواره فاصلهٔ صفحات کاهش می‌یابد.

ج) استفاده کردن از نورهای آبی یا قرمز به جای نور نارنجی نتایج متفاوتی را در بر خواهد داشت.

د) اگر بار اولیهٔ الکتروسکوپ منفی باشد استفاده از پرتوی X همان تأثیر نزدیک کردن میله با بار منفی به کلاهک الکتروسکوپ را دارد.



۱) ۰ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۲۸ - پرتو نور تک رنگی به کلاهک یک الکتروسکوپ تابیده می‌شود و پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ می‌دهد. به ترتیب از راست به چپ چگونه می‌توان انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها و تعداد آن‌ها را افزایش داد؟

۱) کاهش طول موج نور فرودی، کاهش شدت نور فرودی
۲) افزایش شدت نور فرودی، کاهش طول موج نور فرودی
۳) افزایش شدت نور فرودی، افزایش طول موج نور فرودی
۴) کاهش طول موج نور فرودی، افزایش شدت نور فرودی

۲۹ - در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور تک‌رنگی با طول موج λ بر فلز می‌تابانیم، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. برای این‌که این پدیده رخ دهد کدام عمل ممکن است مؤثر باشد؟

۱) بدون تغییر بسامد نور، زمان تابش نور را افزایش دهیم.
۲) بدون تغییر بسامد نور، شدت نور را افزایش دهیم.
۳) بدون تغییر بسامد نور، از فلزی با تابع کار کم‌تر استفاده کنیم.
۴) بدون تغییر نوع فلز، از نور تک‌رنگ با طول موج بزرگ‌تر از λ استفاده کنیم.

۳۰ - کدام‌یک از عبارت‌های زیر در مورد آزمایش فوتوالکتریک نادرست است؟

۱) اگر طول موج‌نور فرودی کم‌تر از طول‌موج آستانه باشد، پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ می‌دهد.
۲) با افزایش بسامد نور فرودی، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها به همان نسبت افزایش می‌یابد.
۳) بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها با کاهش طول‌موج نور فرودی، افزایش می‌یابد.
۴) با افزایش شدت نور فرودی، فوتوالکترون‌های بیش‌تری از سطح فلز آزاد می‌شوند.

۳۱ - اگر یک لامپ $۱۰۰W$ تک رنگ به طور یکنواخت درهمه ی جهت ها انرژی گسیل کند، با فرض این که طول موج متناظر با فوتون های آن برابر با $۵۰۰nm$ و بازده ی این لامپ برابر با $\%۷۸$ باشد، در هر ثانیه از این لامپ چند فوتون گسیل می شود؟

$(h = ۶٫۵ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s\ ,\ c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

۱) ۲×۱۰^{۱۸} ۲) ۲×۱۰^{۲۰} ۳) ۲×۱۰^{۱۶} ۴) ۲×۱۰^{۲۱}

۳۲ - یک لامپ روشنایی به توان $۳۸٫۴W$ توسط ناظری از فاصلهٔ $۳km$ دیده می‌شود. چه تعداد فوتون در هر ثانیه وارد مردمک چشم ناظر که قطر آن $۲mm$ است، خواهد شد؟ (طول موج نور لامپ $۴۵۰nm$، $h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV$ ، $e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$، $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{c}$ و فرض کنید که نور لامپ به‌طور عمودی به سطح مردمک چشم می‌رسد.)

۱) $۱٫۵ \times ۱۰^{۶}$ ۲) ۶×۱۰^{۷} ۳) $۰٫۲۵ \times ۱۰^{۷}$ ۴) ۵×۱۰^{۶}

پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۱ رابطهٔ انرژی جنبشی بر حسب بسامد را برای دو حالت می‌نویسیم:

$\lambda_{\text{رادیویی}} < \lambda_{\text{فروسرخ}} < \lambda_{\text{قرمز}} < \lambda_{\text{فرابنفش}}$

$E_{\text{رادیویی}} > E_{\text{فروسرخ}} > E_{\text{قرمز}} > E_{\text{فرابنفش}}$

چون انرژی فوتون‌های فرابنفش، نسبت به ۳ گزینهٔ دیگر بیشتر است، راحت‌تر می‌توانند الکترون‌ها را از سطح فلز جدا کنند.

۲ - گزینه ۱ گزینهٔ ۱ نادرست است. بر اساس فیزیک کلاسیک شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است.

سایر گزینه‌ها درست هستند.

۳ - گزینه ۴ انرژی فوتون طبق رابطهٔ $E = hf$ وابسته به بسامد فوتون است.

بسامد (f) فقط به چشمهٔ گسیل‌کنندهٔ فوتون‌ها بستگی دارد.

از ۲ مطلب بالا نتیجه می‌شود که انرژی وابسته به فوتون تغییر نمی‌کند.

$f = \text{ثابت} \Rightarrow E = hf = \text{ثابت}$

طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، چون فوتون مرئی است: $v = \frac{c}{n}$ $(n$ ضریب شکست محیط شفاف است) چون: $n_{\text{آب}} > n_{\text{هوا}}$ بنابراین از هوا به آب، n افزایش یافته و داریم:

$$f = \text{ثابت} \begin{cases} \lambda = \frac{v}{f} \\ v = \frac{c}{n \uparrow} \Rightarrow v \downarrow \end{cases} \Rightarrow \lambda \downarrow$$

۴ - گزینه ۳ برای تبدیل ژول به الکترون-ولت، عدد مربوطه را بر $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ تقسیم می‌کنیم. داریم:

ثابت پلانک: $h = \frac{۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = \frac{۳۳}{۸} \times ۱۰^{-۱۵} eV$

۵ - گزینه ۳

انرژی فوتون‌ها $E = nhf = nh\frac{c}{\lambda}$

انرژی یک فوتون $\lambda = ۰٫۲pm$ = انرژی n فوتون $\lambda = ۵\mu m$

$$nh\frac{c}{\lambda} = nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{n_۱}{\lambda_۱} = \frac{n_۲}{\lambda_۲}$$

$$\xrightarrow{hc \text{ ساده شد}} \frac{n}{۵ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۱}{۰٫۲ \times ۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow n = ۲٫۵ \times ۱۰^{۷} \text{ فوتون}$$

۶ - گزینه ۲ نظریه‌ی نسبیت مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در سرعت‌های بسیار زیاد و نزدیک به سرعت نور و نظریه‌ی کوانتومی مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک مانند مولکول‌ها، اتم‌ها و ذره‌های ریزی که اتم‌ها را می‌سازند، است.

۷ - گزینه ۲ اگر $W_۰$ کم شود، انرژی فوتون تابیده شده به فلز، می‌تواند از تابع کار فلز بیشتر شده و می‌تواند پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ دهد.

$$K_{\max} = hf - W_۰ \Rightarrow K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - W_۰$$

۸ - گزینه ۴ ــ ۱: خلأ / ۲: پنجرهٔ کوارتزی / ۳: گالوانومتر

۹ - گزینه ۲ اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک خود باتوجه به کارهای قبلی پلانک در زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، توانست فوتوالکتریک را توجیه کند.

۱۰ - گزینه ۴ بررسی تک تک گزینه‌ها:

گزینهٔ «۱»: نادرست، با استفاده از لامپ رشته‌ای نور زرد فوتوالکترون‌ها گسیل نشده‌اند. (فوتوالکتریک انجام نشده است.) بنابراین با پرتوی فروسرخ که انرژی کم‌تری از نور زرد دارد هم فوتوالکترون‌ها گسیل نمی‌شود و فاصلهٔ ورقه‌ها ثابت می‌ماند.

گزینهٔ «۲»: نادرست، پرتوی X از پرتوی فرابنفش پرانرژی‌تر است. بنابراین با استفاده از آن فوتوالکتریک رخ می‌دهد و مانند شکل ۱ فاصلهٔ ورقه‌ها کاهش می‌یابد.

گزینهٔ «۳»: نادرست، پرتوی گاما هم مثل پرتوی X از پرتوی فرابنفش پرانرژی‌تر است و در نتیجه منجر به رخ دادن پدیدهٔ فوتوالکتریک خواهد شد.

گزینهٔ «۴»: درست، انرژی فوتون نور آبی از انرژی فوتون نور زرد بیش‌تر و از انرژی فوتون فرابنفش کم‌تر است. بنابراین اگر انرژی فوتون نور آبی از حداقل انرژی لازم برای رخ دادن پدیدهٔ فوتوالکتریک بیش‌تر باشد مثل شکل الف فوتوالکتریک رخ می‌دهد و اگر انرژی آن از حداقل انرژی لازم برای رخ دادن پدیدهٔ فوتوالکتریک کم‌تر باشد، فوتوالکتریک رخ نخواهد داد.

۱۱ - گزینه ۳ گزینهٔ ۳ نادرست است. زیرا اگر طول موج از طول موج آستانه کمتر باشد انرژی بیشتری دارد، پس پدیدهٔ فوتوالکتریک حتما رخ می‌دهد.

۱۲ - گزینه ۱ اگر فوتوالکتریک با نوری با بسامد f رخ ندهد، با افزایش شدت نور با همان بسامد باز هم پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

۱۳ - گزینه ۲ بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینهٔ ۱: مکانیک نیوتونی، فیزیک کلاسیک است.

گزینهٔ ۳: نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول، فیزیک کلاسیک است.

گزینهٔ ۴: ترمودینامیک، فیزیک کلاسیک است.

۱۴ - گزینه ۳می‌دانیم رابطهٔ انرژی جنبشی بیشینه به صورت $K_{max}=hf-W_{\circ}$ یا $K_{max}=h\frac{c}{\lambda}-W_{\circ}$ است که درمی‌یابیم انرژی جنبشی بیشینه به بسامد و طول موج نور تابشی و همچنین تابع کار که وابسته به جنس الکترود فلزی است، بستگی دارد.

۱۵ - گزینه ۳می‌دانیم انرژی یک فوتون طبق رابطهٔ $E=hf$ فقط به بسامد آن وابسته است و بسامد یک موج نیز مستقل از شرایط محیط انتشار آن موج در محیط است.

* نتیجه: انرژی یک فوتون در تمام محیط‌ها دارای مقدار ثابتی است

$$\begin{cases} E=hf \quad (۱) \\ \lambda=\frac{v}{f}\rightarrow f=\frac{v}{\lambda}\xrightarrow{v=\frac{c}{n}} f=\frac{c}{n\lambda} \quad (۲) \end{cases}$$

$$(۱),(۲)\Rightarrow E=\frac{hc}{n\lambda}=۶/۶\times ۱۰^{-۳۴}\times\frac{۳\times ۱۰^{۸}}{\frac{۵}{۴}\times ۴۴۰\times ۱۰^{-۹}}=\frac{۶/۶\times ۳}{\frac{۵}{۴}\times ۴۴۰}\times ۱۰^{-۱۷}$$

$$\rightarrow E=\frac{۱۹/۸}{۵۵۰}\times ۱۰^{-۱۷}=۰/۰۳۶\times ۱۰^{-۱۷}=۳/۶\times ۱۰^{-۱۹}J\rightarrow E=۳/۶\times ۱۰^{-۱۹}J$$

۱۶ - گزینه ۱با توجه به رابطهٔ انرژی هر فوتون $\left(E=hf=\frac{hc}{\lambda}\right)$ داریم:

$$E_{۳}=E_{۱}+E_{۲}\rightarrow\frac{hc}{\lambda_{۳}}=\frac{hc}{\lambda_{۱}}+\frac{hc}{\lambda_{۲}}\Rightarrow\frac{\cancel{hc}}{\lambda_{۳}}=\cancel{hc}\left(\frac{۱}{\lambda_{۱}}+\frac{۱}{\lambda_{۲}}\right)$$

$$\rightarrow\frac{۱}{\lambda_{۳}}=\frac{۱}{\lambda_{۱}}+\frac{۱}{\lambda_{۲}}\rightarrow\lambda_{۳}=\frac{\lambda_{۱}\lambda_{۲}}{\lambda_{۱}+\lambda_{۲}}\rightarrow\lambda_{۳}=\frac{۳۰۰\times ۶۰۰}{۳۰۰+۶۰۰}=\frac{۱۸۰۰۰۰}{۹۰۰}$$

$$\rightarrow\lambda_{۳}=۲۰۰\,nm$$

۱۷ - گزینه ۴

$$E=\frac{hc}{\lambda}\Rightarrow\frac{E_B}{E_A}=\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\Rightarrow ۵=\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\Rightarrow\lambda_A=۵\lambda_B\,,\ \lambda_A-\lambda_B=۸۰۰nm$$

$$\Rightarrow ۵\lambda_B-\lambda_B=۸۰۰nm\Rightarrow\begin{cases}\lambda_A=۱۰۰۰nm\\ \lambda_B=۲۰۰nm\end{cases}\xrightarrow[c=۳\times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}]{f=\frac{c}{\lambda}}\begin{cases}f_A=\frac{۳\times ۱۰^{۸}}{۱۰۰۰\times ۱۰^{-۹}}=۳\times ۱۰^{۱۴}Hz\\ f_B=\frac{۳\times ۱۰^{۸}}{۲۰۰\times ۱۰^{-۹}}=۱۵\times ۱۰^{۱۴}Hz\end{cases}$$

$$\Rightarrow f_A-f_B=-۱۲\times ۱۰^{۱۴}Hz=-۱/۲\times ۱۰^{۱۵}Hz$$

۱۸ - گزینه ۱انرژی امواج الکترومغناطیسی از طریق فرمول زیر به دست می‌آید.

$$E=nhf\xrightarrow{f=\frac{c}{\lambda}}E=\frac{nhc}{\lambda}$$

در نتیجه λ را می‌توان بدست آورد.

$$\lambda=\frac{nhc}{E}$$

با جایگذاری داریم:

$$\lambda_{۱}=\frac{\overset{۲۰}{\cancel{۱۰۰}}\times ۴\times ۱۰^{-۱۵}\times ۳\times ۱۰^{۸}}{\cancel{۵}}=۲۴\times ۱۰^{-۶}m=۲۴\mu m$$

$$\lambda_{۲}=\frac{۱۰\times ۴\times ۱۰^{-۱۵}\times ۳\times ۱۰^{۸}}{۱}=۱۲\times ۱۰^{-۶}m=۱۲\mu m$$

$$\lambda_{۱}-\lambda_{۲}=۲۴-۱۲=۱۲\mu m$$

۱۹ - گزینه ۳توان خروجی لیزر از روی انرژی فوتون‌های خارج شده در هر ثانیه محاسبه می‌شود. سپس با داشتن توان خروجی و ورودی، بازده لیزر به دست می‌آید.

$$E=nh\frac{c}{\lambda}\quad\Rightarrow\quad E=۱۰^{۱۵}\times ۶\times ۱۰^{-۳۴}\frac{۳\times ۱۰^{۸}}{۶۰۰\times ۱۰^{-۹}}=۳\times ۱۰^{-۴}J$$ انرژی خروجی

$P_{۲}=Et=۳\times ۱۰^{-۴}\times ۱=۳\times ۱۰^{-۴}W$: توان خروجی

$$\text{بازده}=\frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}}=\frac{۳\times ۱۰^{-۴}}{۳۰}=۱۰^{-۵}\Rightarrow ۱۰^{-۵}\times ۱۰۰=۰/۰۰۱$$ درصد

۲۰ - گزینه ۱

$$E=hf=\frac{hc}{\lambda}$$

$$E_B=۱۰E_A\xrightarrow{E\propto\frac{۱}{\lambda}}\begin{cases}\lambda_B=\frac{۱}{۱۰}\lambda_A\\ \lambda_A=۱۰\lambda_B\end{cases}$$

از طرفی هم سؤال گفته اختلاف طول موج‌ها $۴۵۰nm$ است. پس :

$$\xrightarrow{\lambda_A>\lambda_B}\lambda_A-\lambda_B=۴۵۰nm$$

$$۱۰\lambda_B - \lambda_B = ۴۵۰ \rightarrow \lambda_B = ۵۰nm \Rightarrow f = \frac{C}{\lambda} \rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۰ \times ۱۰^{-۹}} \rightarrow f = ۶ \times ۱۰^{۱۵} Hz$$

۲۱ - گزینه ۱ابتدا انرژی هر فوتون را برحسب طول موج آن می‌نویسیم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \begin{cases} E_۱ = \frac{hc}{\lambda_۱} = ۲ \\ E_۲ = \frac{hc}{\lambda_۲} = ۳ \end{cases}$$

انرژی فوتون با طول موج $\lambda_۱ + \lambda_۲$ برابر است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda_۱ + \lambda_۲} \Rightarrow \frac{۱}{E} = \frac{\lambda_۱}{hc} + \frac{\lambda_۲}{hc} = \frac{۱}{E_۱} + \frac{۱}{E_۲} = \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۳} \Rightarrow E = \frac{۶}{۵} eV = ۱٫۲eV$$

۲۲ - گزینه ۴ابتدا انرژی خروجی (انرژی نور مرئی) لامپ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}} \rightarrow \frac{۱۰}{۱۰۰} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{۱۰۰} \rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۱۰w$$
$$E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} \times t = ۱۰ \times ۱ = ۱۰J$$

انرژی خروجی نور با طول موج $\lambda = ۵۴۰nm$ برابر است با:

$$E_\lambda = E \times ۰٫۰۱ = ۱۰ \times ۰٫۰۱ = ۰٫۱J$$

باید شدت تابشی نور لامپ در نقطه‌ای که شخص قرار دارد با شدت تابشی که به مردمک چشم ناظر می‌رسد، برابر باشد:

$$I_{\text{مردمک}} = I_{\text{در نقطه}} \Rightarrow \frac{E_{\text{مردمک}}}{A_{\text{مردمک}} \times t} = \frac{E\lambda}{۴\pi r^۲ t}$$
$$\Rightarrow \frac{E_{\text{مردمک}}}{\pi(۱۰^{-۳})^۲} = \frac{۰٫۱}{۴\pi(۱۰۰^۲)} \Rightarrow E_{\text{مردمک}} = \frac{۱۰^{-۵}}{۴} \times ۱۰^{-۶} = \frac{۱۰^{-۱۱}}{۴} j$$

تعداد فوتون‌های رسیده به مردمک هر چشم شخص برابر است با:

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow \frac{۱۰^{-۱۱}}{۴} = n \times \frac{۶ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۴۰ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow n = ۷٫۵ \times ۱۰^{۶}$$

۲۳ - گزینه ۲می‌دانیم که می‌توان تعداد فوتون‌های گسیلی در مدت زمان t را برای لامپی با توان P به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$P \cdot t = nhf \rightarrow n = \frac{P \cdot t}{h \cdot f}$$

حال اگر توان لامپ‌ها ثابت یا یکسان باشد، در مدت زمان یکسان t، تعداد فوتون‌های گسیلی با بسامد نور گسیلی نسبت عکس دارد. یعنی:

$$n = \frac{P \cdot t}{hf} \xrightarrow[t: \text{یکسان}]{P: \text{یکسان}} \frac{n_۲}{n_۱} = \frac{f_۱}{f_۲}$$

در اینجا که لامپ با نور گسیلی آبی، با لامپی که دارای نور گسیلی نارنجی است، جایگزین شده. با توجه به اینکه بسامد نور نارنجی کمتر از آبی است، تعداد فوتون‌های گسیلی آن نسبت به نور آبی افزایش می‌یابد: یعنی $n_۲ > n_۱ \leftarrow f_۲ < f_۱$

از طرفی چون انرژی هر فوتون وابسته به بسامد نور گسیلی است:

$$\begin{cases} f_۲ < f_۱ \\ E_۲ < E_۱ \end{cases}$$

۲۴ - گزینه ۲ نکتهٔ اول این‌که عنوان شده الکترون‌ها از سطح فلز جدا شده‌اند. پس فوتون‌های نور بنفش این توانایی را داشته‌اند.

در چنین شرایطی افزایش شدت نور یعنی افزایش تعداد فوتون‌های نور بنفشِ تابیده بر سطح فلز. آهنگ تعداد فوتون‌ها برابر می‌شود با تعداد فوتوالکترون‌های کنده شده از سطح فلز در واحد زمان. گفتیم تعداد فوتون‌های تابشی به سطح فلز با افزایش شدت نور بنفش افزایش می‌یابد، بنابراین بدیهی است تعداد فوتوالکترون‌های بیشتری از سطح فلز جدا شوند، یعنی آهنگ جدا شدن فوتوالکترون‌ها از سطح فلز افزایش یابد. ولی فقط تعداد فوتون‌ها افزایش یافته نه انرژی هر یک، پس انرژی فوتوالکترون‌ها تغییر نمی‌کند.

۲۵ - گزینه ۳می‌دانیم که با افزایش توانِ منبع گسیل‌کنندهٔ فوتون‌های تابیده شده به سطح فلز، تعداد فوتون‌های برخورد کرده به سطح فلز (طبق رابطهٔ $E = Pt = n(hf)$ و در نتیجه تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح فلز) افزایش می‌یابد.

۲۶ - گزینه ۲فقط مورد (ب) درست است. رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به دو عامل بستگی دارد: اول جنس فلز و دوم بسامد نور. اگر با ثابت ماندن بسامد از فلزی با تابع کار کم‌تر استفاده بشود، می‌تواند پدیده فوتوالکتریک رخ بدهد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

الف) طبق نظریه ماکسول شدت امواج با مجذور دامنه امواج الکتومغناطیس رابطه دارد $(E \propto I^۲)$: پس اگر دامنه امواج n برابر بشود، شدت امواج $n^۲$ می‌شوند.

ج) افزایش شدت نور در انرژی هر فوتون اثری ندارد.

د) اگر بسامد نوری دو برابر بشود، انرژی جنبشی هر فوتوالکترون‌ها کم‌تر از دو برابر می‌شوند.

$$K = h(f - f_۰) \rightarrow K = h(۲f - f_۰)$$

۲۷ - گزینه ۱هیچ کدام از عبارت‌ها الزاماً صحیح نیست.

بررسی تک تک عبارت‌ها:

الف) نادرست، فوتوالکتریک با پرتوی فرابنفش انجام شده و با پرتوی نارنجی انجام نمی‌شود؛ نور آبی انرژی بیش‌تری از نور نارنجی دارد. بنابراین اگر انرژی آن از حداقل انرژی لازم برای فوتوالکتریک بیش‌تر باشد فوتوالکترون‌ها گسیل می‌شوند ولی اگر انرژی پرتوی آبی از حداقل انرژی لازم بیش‌تر نباشد فوتوالکتریک رخ نخواهد داد بنابراین در مورد رخ دادن فوتوالکتریک با نور

آبی نظر قطعی نمی‌توان داد و عبارت «الف» الزاماً صحیح نیست.

ب) نادرست، با استفاده از پرتوی X فوتوالکترون‌ها حتماً گسیل می‌شوند زیرا انرژی پرتوی X از انرژی فرابنفش بیش‌تر است. ولی اگر بار اولیه الکتروسکوپ $+$ باشد استفاده از پرتوی X و گسیل فوتوالکترون‌ها باعث افزایش فاصلهٔ صفحات خواهد شد.

ج) نادرست، با نور قرمز که قطعاً فوتوالکترون گسیل نمی‌شود زیرا انرژی آن از نور نارنجی کم‌تر است ولی در مورد نور آبی همان‌طور که در مورد «الف» بررسی کردیم تحلیل قطعی ممکن نیست، بنابراین الزاماً استفاده از نورهای آبی و قرمز نتایج متفاوتی دربرنخواهد داشت.

د) نادرست، استفاده از پرتوی X باعث گسیل الکترون‌ها می‌شود و اگر بار اولیه الکتروسکوپ منفی باشد فاصلهٔ صفحات کم خواهد شد در حالی که نزدیک کردن میله با بار منفی باعث تجمع بارهای همنام میله (منفی) در روی ورقه‌ها و افزایش فاصله صفحات می‌شود.

۲۸ - گزینه ۴ در پدیدهٔ فوتوالکتریک، زمانی که فوتوالکترون‌ها گسیل می‌شوند، افزایش شدت نور پرتو فرودی سبب افزایش تعداد فوتوالکترون‌های گسیل شده و کاهش طول موج (افزایش بسامد) پرتو نور فرودی سبب افزایش انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیلی می‌شود.

۲۹ - گزینه ۳ پدیده‌ی فوتوالکتریک زمانی رخ می‌دهد که بسامد نور تابیده شده بزرگ‌تر از بسامد قطع یا به عبارت دیگر طول موج نور تابیده شده کوچک‌تر از طول موج قطع باشد.

شرط پدیده‌ی فوتوالکتریک: $hf \geq W_{\circ}$

$\Rightarrow$ به عبارت دیگر $\begin{cases} f \geq f_{\circ} \\ \lambda \leq \lambda_{\circ} \end{cases}$

تغییر زمان تابش یا شدت نور بدون تغییر بسامد تأثیری در انجام پدیده‌ی فوتوالکتریک ندارد.

پس اگر بسامد نور را افزایش دهیم (طول موج آن را کاهش دهیم) یا اگر از فلزی با تابع کار کم‌تر استفاده کنیم، ممکن است پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ دهد.

۳۰ - گزینه ۲ طبق رابطهٔ $K_{\max} = hf - W_{\circ}$، به‌دلیل ثابت بودن $W_{\circ}$ با افزایش f، $K_{\max}$ نیز افزایش می‌یابد، ولی نه به همان نسبت.

بقیهٔ گزینه‌ها، عبارت‌های صحیحی هستند.

۳۱ - گزینه ۲با توجه به مفهوم توان و بازده ابتدا انرژی گسیل شده از لامپ را درهر ثانیه به دست می آوریم:

$$P = \frac{E_{\text{کل}}}{t} \Rightarrow ۱۰۰ = \frac{E_{\text{کل}}}{۱} \Rightarrow E_{\text{کل}} = ۱۰۰J$$

$$Ra = \frac{E_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۷۸ = \frac{E_{\text{مفید}}}{۱۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow E_{\text{مفید}} = ۷۸J$$

انرژی گسیل شده از لامپ از جنس امواج الکترومغناطیس است، بنابراین می توان گفت:

$$E_{\text{مفید}} = nhf = n\frac{hc}{\lambda} \Rightarrow ۷۸ = n \times \frac{۶/۵ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۰۰ \times ۱۰^{-۹}}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۷۸ \times ۵۰۰ \times ۱۰^{-۹}}{۶/۵ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}} \Rightarrow n = ۲ \times ۱۰^{۲۰}$$

۳۲ - گزینه ۴پلهٔ اول: از رابطهٔ $P = \frac{E}{t}$ می‌توان انرژی حاصل از لامپ روشنایی را به‌دست آورد:

$$P = \frac{E}{t} \xrightarrow[t=۱s]{P=۳۸/۴W} ۳۸/۴ = \frac{E}{۱} \Rightarrow E = ۳۸/۴J$$

پلهٔ دوم: هر الکترون ولت برابر با $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ ژول است. انرژی حاصل را به الکترون ولت تبدیل می‌کنیم:

$$E = ۳۸/۴J \xrightarrow{۱eV = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}J} E = \frac{۳۸/۴}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۲۴ \times ۱۰^{۱۹}eV$$

پلهٔ سوم: با توجه به رابطهٔ پلانک می‌توان تعداد فوتون‌ها را به‌دست آورد:

$$E = nhf = n\frac{hc}{\lambda} \xrightarrow[\lambda = ۴۵۰nm = ۴۵۰ \times ۱۰^{-۹}m]{\substack{h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵}eV \cdot s \\ c = ۳ \times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}}} ۲۴ \times ۱۰^{۱۹} = n \times \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۴۵۰ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow n = \frac{۲۴ \times ۱۰^{۱۹} \times ۴۵۰ \times ۱۰^{-۹}}{۱۲ \times ۱۰^{-۷}} \Rightarrow n = ۹ \times ۱۰^{۱۹}$$

این تعداد فوتون برابر با کل فوتون‌های تابش شده است و سهمی از آن که به مردمک چشم می‌رسد، متناسب با نسبت مساحت مردمک به مساحت کرهٔ پخش شده برای نور است (توجه کنید که ناظر دو مردمک دارد). داریم:

$$\frac{n_{\text{مردمک}}}{n_{\text{کل}}} = \frac{A_{\text{مردمک}}}{A_{\text{کل}}} \Rightarrow \frac{n_{\text{مردمک}}}{۹ \times ۱۰^{۱۹}} = \frac{۲\pi\frac{D^{۲}}{۴}}{۴\pi R^{۲}} \Rightarrow n_{\text{مردمک}} = ۹ \times ۱۰^{۱۹} \times \frac{۲ \times ۴ \times ۱۰^{-۶}}{۱۶ \times ۹ \times ۱۰^{۶}} = ۵ \times ۱۰^{۶}$$

پاسخنامه کلیدی

۱ - ۱	۶ - ۲	۱۱ - ۳	۱۶ - ۱	۲۱ - ۱	۲۶ - ۲	۳۱ - ۲
۲ - ۱	۷ - ۲	۱۲ - ۱	۱۷ - ۴	۲۲ - ۴	۲۷ - ۱	۳۲ - ۴
۳ - ۴	۸ - ۴	۱۳ - ۲	۱۸ - ۱	۲۳ - ۲	۲۸ - ۴	
۴ - ۳	۹ - ۲	۱۴ - ۳	۱۹ - ۳	۲۴ - ۲	۲۹ - ۳	
۵ - ۳	۱۰ - ۴	۱۵ - ۳	۲۰ - ۱	۲۵ - ۳	۳۰ - ۲	