

معرفی فوتون و پدیده فوتوالکتریک	۱۳۸
معادله فوتوالکتریک و تابع کار	۱۳۹ +
طیف پیوسته و طیف خطی	۱۴۰ +
مدل های اتمی	۱۴۱ +
لیزر	۱۴۲

آشنایی با فیزیک اتمی

آزمون تشخیصی مفاهیم کلیدی

۱۳۸ یک چشمه نور با توان 60 W فوتون هایی با طول موج 500 nm گسیل می کند. چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمه نور گسیل می شود؟ ($hc = 2 \times 10^{-25} \text{ J.m}$)

۱۳۹ در پدیده فوتوالکتریک، تابع کار یک فلز برابر 5 eV است.

الف) بسامد آستانه و طول موج آستانه این فلز را در SI به دست آورید.

ب) اگر طول موج نور به کار رفته برابر 200 nm باشد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترئون ها را برحسب الکترون ولت به دست آورید.

$$(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

۱۴۰ شکل مقابل نمودار K_{max} بر حسب f مربوط به اثر فوتوالکتریک برای یک فلز را نشان می دهد. الف) تابع کار فلز چند الکترون ولت است؟

ب) اگر K_{max} برای فوتوالکترئون ها 2 eV باشد، طول موج نور فرودی چند نانومتر است؟

$$K_{\text{max}} \quad f (\times 10^{15} \text{ Hz}) \quad (h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

۱۴۱ بلندترین و کوتاه ترین طول موج در رشته براکت هیدروژن اتمی چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

۱۴۲ طول موج دومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته بالمر چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

۱۴۳ یک مورد از علل ناکامی مدل اتمی تامسون و مدل اتمی رادرفورد و همچنین یک مورد از ضعف های مدل اتمی بور را بنویسید.

۱۴۴ الکترونی در سومین حالت برانگیخته اتم هیدروژن قرار دارد.

الف) انرژی الکترون در این حالت چند الکترون ولت است؟

ب) وقتی الکترون از این حالت به حالت پایه جهش می کند، طول موج فوتون گسیل شده چند نانومتر است؟ ($E_R = -13.6 \text{ eV}, hc = 1240 \text{ eV.nm}$)

۱۴۵ الف) اساس کار لیزر چیست؟

ب) منظور از ترازهای شبه پایدار چیست؟

پاسخ

۱۳۸ 15×10^{19} فوتون

۱۳۹ الف) $2.4 \times 10^{-7} \text{ m}$ ، $1.25 \times 10^{15} \text{ Hz}$ ب) 1 eV

۱۴۰ الف) 6 eV ب) 120 nm

۱۴۱ بلندترین طول موج: 444 nm ، کوتاه ترین طول موج: 160 nm

۱۴۲ 523 nm

۱۴۳ مدل تامسون، بسامدهای تابش گسیل شده از اتم که این مدل پیش بینی می کرد، با تجربه سازگار نبود.

مدل رادرفورد قادر به توجیه پایداری اتم نبود.

مدل بور، برای اتم هایی با بیش از یک الکترون به کار نمی رود.

۱۴۴ الف) -0.85 eV ب) 97 nm

۱۴۵ الف) گسیل القایی

ب) ترازهایی که در آن الکترون ها مدت زمان طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می مانند و باعث ایجاد وارونی جمعیت می شوند.

۱۳۸ معرفی فوتون و پدیده فوتوالکتریک

تا پایان قرن نوزدهم، فیزیک کلاسیک که شامل حوزه‌هایی چون مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک، الکترومغناطیس و ... بود، تمام پدیده‌های فیزیکی تا آن روز را توصیف و توجیه می‌کرد؛ اما در آن سال‌ها پدیده‌هایی مشاهده و آزمایش شد که توسط فیزیک کلاسیک قابل توجیه نبود؛ یعنی نتایج این آزمایش و پدیده‌ها آن چیزی نبود که فیزیک کلاسیک پیش‌بینی می‌کرد. تلاش برای توجیه این پدیده‌ها، منجر به نظریه‌های زیر شد که به آنها فیزیک جدید می‌گویند:

۱- نظریه نسبیت خاص: مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد (در حد تندی نور)

۲- نظریه نسبیت عام: مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش

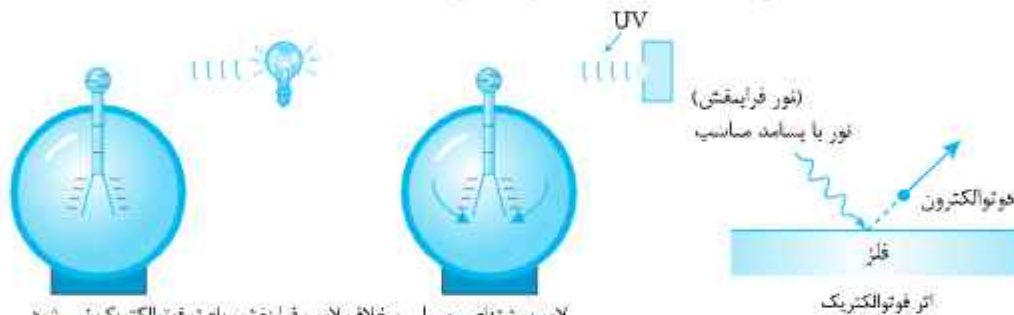
۳- نظریه کوانتومی: مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آنها

پدیده‌هایی مانند اثر فوتوالکتریک، طیف خطی و مدل اتمی نیز با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نبودند که در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.

• اثر فوتوالکتریک و فوتون

اگر نور فرابنفش را به کلاهک برق‌نما (الکتروسکوپ) بتایانیم، مشاهده می‌کنیم که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد؛ یعنی در اثر تابیدن نور فرابنفش به کلاهک، تعدادی از الکترون‌های سطح فلز (کلاهک) کنده می‌شوند. به جدا شدن الکترون از سطح فلز در اثر تاباندن نور فرابنفش، اثر فوتوالکتریک و به الکترون‌های جدا شده از سطح فلز، فوتوالکترئون می‌گویند.

تا اینجا فیزیک کلاسیک با این پدیده مشکلی نداشت و در واقع برهم‌کنش نور با الکترون‌های سطح فلز، باعث کنده شدن الکترون از سطح فلز می‌شد. مشکل از آنجا آغاز شد که با تاباندن نور معمولی به کلاهک، در ورقه‌ها هیچ انحرافی مشاهده نشد.



لامپ رشته‌ای معمولی، برخلاف لامپ فرابنفش، باعث فوتوالکتریک نمی‌شود.

• آزمایش اثر فوتوالکتریک

برای بررسی اثر فوتوالکتریک از آزمایش ساده‌ای مطابق شکل استفاده می‌کنیم در این دستگاه صفحه فلزی T و جمع‌کننده فلزی C درون یک محفظه شیشه‌ای خلأ قرار دارند و از بیرون به یک آمپرسنج حساس (گالوانومتر) وصل شده‌اند. اگر نور یا پسماند به قدر کافی بالا (مثلاً فرابنفش)، به صفحه فلزی T تابیده شود، فوتوالکترئون‌هایی را آزاد می‌کند. این فوتوالکترئون‌ها به جمع‌کننده C می‌رسند و گالوانومتر عبور جریان را نشان می‌دهد. حال اگر آزمایش را با نور معمولی (پسماند پایین) انجام دهیم، گالوانومتر هیچ جریانی را نشان نمی‌دهد و هر چقدر هم که شدت نور فرودی را زیاد کنیم، باز هم گالوانومتر جریانی را نشان نمی‌دهد. به عبارتی اگر پسماند نور فرودی از حد معینی کمتر باشد، دیگر فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

بنابر دیدگاه فیزیک کلاسیک، نور، موجی الکترومغناطیسی است. هنگام برهم‌کنش نور فرودی با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ را به الکترون‌های سطح فلز وارد می‌کند و آنها را به نوسان وامی‌دارد؛ وقتی دامنه نوسان برخی از الکترون‌های سطح فلز به قدر کافی بزرگ شود، انرژی جنبشی لازم برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند.

به عبارت دقیق‌تر، طبق نظریه الکترومغناطیسی ماکسول (فیزیک کلاسیک)، شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). بنابر این برای کنده شدن الکترون‌ها از سطح فلز، کافی است شدت نور فرودی را افزایش دهیم. در حالی که نتیجه آزمایش بالا برخلاف این دیدگاه است.

• توجیه اثر فوتوالکتریک

اینشتین در سال ۱۹۰۵، با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینه تابش گرمایی در نظریه فوتوالکتریک خود، نور یا پسماند f را به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی فوتون نامیده می‌شود و انرژی آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = hf \quad (\text{انرژی فوتون})$$

در این رابطه، E (انرژی فوتون) برحسب ژول، f (پسماند فوتون) برحسب هرتز و h ثابت پلانک است. ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

طبق رابطه $\lambda = \frac{c}{f}$ ، رابطه انرژی فوتون برحسب طول موج فوتون به صورت زیر است:

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

کلمه در فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای، یکای ژول برای انرژی فوتون‌ها و ذرات بسیار ریز مثل الکترون‌ها، یکای بسیار بزرگی است و به جای آن از یکای الکترون‌ولت (eV) استفاده می‌شود. یک الکترون‌ولت برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک الکترون است، هنگامی که بین دو نقطه یا اختلاف پتانسیل یک ولت حرکت می‌کند.

$$1\text{eV} = |\Delta U| = |q\Delta V| = (-1.6 \times 10^{-19})(1\text{V}) = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$$

(رابطه ژول و الکترون‌ولت) $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$

سوال ثابت پلانک ($h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}$) را برحسب eV.s به دست آورید.

$$h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J.s} = \dots\text{eV.s}$$

پاسخ با استفاده از تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$h = 6.63 \times 10^{-34}\cancel{\text{J}} \times \frac{1\text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\cancel{\text{J}}} = 4.14 \times 10^{-15}\text{eV.s}$$

مثال [صفحه ۱۱۹ کتاب درسی] یک چشمه نور مرئی با توان 100W ، فوتون‌هایی را با طول موج $\lambda = 550\text{nm}$ گسیل می‌کند.

الف) انرژی هر فوتون را برحسب الکترون‌ولت محاسبه کنید.

ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمه نور گسیل می‌شود؟ ($h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}$, $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

پاسخ الف) با داشتن طول موج فوتون، انرژی آن را برحسب ژول به دست می‌آوریم و سپس ژول را به الکترون‌ولت تبدیل می‌کنیم.

$$E_{\text{فوتون}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{550 \times 10^{-9}} = 0.361 \times 10^{-17}\text{J}$$

$$E_{\text{فوتون}} = 0.361 \times 10^{-17}\text{J} \times \frac{1\text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\text{J}} = 0.225 \times 10^2\text{eV} \approx 2.25\text{eV}$$

ب) ابتدا انرژی‌ای که توسط چشمه در هر ثانیه گسیل (تابش) می‌شود را به دست می‌آوریم و آن را برحسب الکترون‌ولت می‌نویسیم:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt = 100 \times 1 = 100\text{J} \Rightarrow E = 100\text{J} \times \frac{1\text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\text{J}} = 6.25 \times 10^{20}\text{eV}$$

حالا برای محاسبه تعداد فوتون گسیل شده در هر ثانیه، انرژی تابش شده را به انرژی هر فوتون تقسیم می‌کنیم:

$$n = \frac{E}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{6.25 \times 10^{20}\text{eV}}{2.25} = 2.77 \times 10^{20}$$

با توجه به اینکه یکای h برحسب J.s یا eV.s و یکای c برحسب m/s می‌تونه باشه، یکای عبارت hc برحسب J.m یا eV.m فواید بزرگ.

در برخی سؤال‌ها، مقدار عبارت hc برحسب eV.nm داده میشه. خواستون باشه که آنگاه hc برحسب eV.nm بزرگ، در عبارت رابطه $E = \frac{hc}{\lambda}$

E هم برحسب eV و λ برحسب nm باشه و آنگاه hc برحسب J.nm بزرگ، هم برحسب J و λ برحسب nm باشه. یعنی سازگاری یکایا باید همواره رعایت بشه.

سوال یک چشمه نور فوتون‌هایی با طول موج 400nm گسیل می‌کند.

الف) انرژی هر فوتون چند الکترون‌ولت است؟

ب) انرژی هر فوتون چند ژول است؟ ($hc = 1240\text{eV.nm}$)

پاسخ الف)

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{1240\text{eV.nm}}{400\text{nm}} = 3.1\text{eV}$$

ب) کافی است انرژی هر فوتون را از الکترون‌ولت به ژول تبدیل کنیم:

$$E = 3.1\text{eV} \times \frac{1.6 \times 10^{-19}\text{J}}{1\text{eV}} = 4.96 \times 10^{-19}\text{J}$$

تمرین صفحه ۱۳۴ کتاب درسی | توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیوم تنون 5.0 mW است. اگر توان ورودی این لیزر 50.0 W باشد. الف) بازده لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول موج باریکه نور خروجی 633 nm باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود. ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)

پاسخ الف) با توجه به تعریف بازده می‌توانیم بنویسیم:

$$Ra = \frac{P_0 \text{ (توان خروجی)}}{P_1 \text{ (توان ورودی)}} = \frac{P_0 = 5 \text{ mW} = 5 \times 10^{-3} \text{ W}}{50} \rightarrow Ra = \frac{5 \times 10^{-3}}{50} = 10^{-2} = 1\%$$

ب) انرژی هر فوتون خروجی را به دست می‌آوریم:

$$E_{\text{فوتون}} = hf \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{633 \text{ nm}} = 1.96 \text{ eV}$$

$$E_{\text{فوتون}} = 1.96 \text{ eV} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 3.14 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = P_0 t \Rightarrow E = 5 \times 10^{-3} \times 1 = 5 \times 10^{-3} \text{ J}$$

انرژی کل فوتون‌های خروجی در هر ثانیه برابر است با:

$$n = \frac{E}{E_{\text{فوتون}}} \Rightarrow n = \frac{5 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-19}} = 1.59 \times 10^{16}$$

اکنون شمار فوتون‌های خروجی را به دست می‌آوریم:



(دکتر رمان مطالبه، شادقیه)

مفاهیم آموزشی

۱۳۹ + معادله فوتوالکتریک و تابع کار

همان‌طور که در قسمت قبل گفتیم، اینشتین در نظریه فوتوالکتریک خود، نور را به صورت بسته‌های انرژی در نظر گرفت که هر بسته انرژی فوتون نامیده شد، در ادامه نظریه او، هر فوتون **صرفاً** با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند؛ اگر فوتون بسامد و انرژی کافی ($E = hf$) را برای کندن الکترون از فلز داشته باشد، الکترون به طور آبی از فلز جدا می‌شود؛ در این حالت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز شده و مابقی انرژی آن به انرژی جنبشی الکترون کنده شده تبدیل می‌شود، بنابراین داریم:

انرژی جنبشی
فوتوالکتریک جدا شده
انرژی فوتون

$$hf = W + K \quad (\text{بایستگی انرژی در اثر فوتوالکتریک})$$

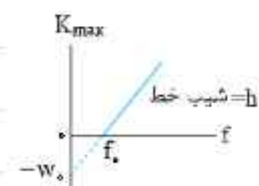
کار (انرژی) لازم برای خارج کردن الکترون از سطح فلز

واضح است که ابتدا سست‌ترین الکترون‌ها از فلز کنده می‌شوند و پدیده فوتوالکتریک ابتدا برای آنها رخ می‌دهد. در این حالت، کمترین کار ممکن برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح فلز مورد نیاز است که آن را با W نشان می‌دهیم. همچنین انرژی جنبشی فوتوالکتریک خارج شده در این حالت، بیشترین مقدار خواهد بود؛ بنابراین معادله فوتوالکتریک را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$hf = W + K_{\max} \Rightarrow K_{\max} = hf - W \quad (\text{معادله فوتوالکتریک})$$

در این رابطه W **تابع کار فلز** نام دارد که حداقل کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معین است و به جنس فلز بستگی دارد. یعنی هر فلز، تابع کار ویژه خود را دارد.

معادله فوتوالکتریک مشابه معادله خط $y = ax + b$ است، بنابراین نمودار $K_{\max}$ بر حسب f به صورت زیر است که در آن شیب خط برابر h و عرض از مبدأ خط برابر $-W$ است:



محل برخورد نمودار با محور افقی برابر f_0 است که آن را **بسامد آستانه** می‌گویند. برای بسامدهای کمتر از بسامد آستانه، انرژی جنبشی ($K_{\max}$) منفی است و مفهوم آن این است که برای بسامدهای کمتر از بسامد آستانه، پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد؛ بنابراین بسامد آستانه، **کمترین بسامد فوتونی** است که با آن پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد و مقدار آن به تابع کار فلز بستگی دارد، یعنی اندازه بسامد آستانه برای هر فلز متفاوت است.

$$f_0 = \frac{W}{h} \quad (\text{بسامد آستانه فوتوالکتریک})$$

کلمه به کلمه ۱- طول موج متناظر با بسامد آستانه که به آن طول موج آستانه فوتوالکتریک‌ها می‌گوییم، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W} \quad (\text{طول موج آستانه فوتوالکتریک})$$

تمرین‌های امتحانی

مفاهیم کلیدی

تادرست درست

☐
☐
☐
☐
☐
☐

☐
☐
☐
☐
☐
☐

الف) درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را یا واژه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کنید.

۳۱. اجسام فقط در دماهای بالا از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند.

۳۲. تابش گرمایی برای همه اجسام یک طیف پیوسته است.

۳۳. با استفاده از طیف خطی، می‌توان به نوع و ساختار اتم‌های گاز دست یافت.

۳۴. طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی در رشته لیمان، در ناحیه فروسرخ است.

۳۵. طیف گسیلی حاصل از گازهای کم‌فشار و رقیق، طیفی خطی است.

ب) در جمله‌های زیر عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

۳۶. در گازهای کم‌فشار و رقیق که به یک ولتاژ (بالا - پایین) وصل می‌شوند، طیف گسیلی گسسته است.

۳۷. تشکیل طیف پیوسته در (جامدها - گازها)، ناشی از برهم‌کنش‌های قوی بین اتم‌های سازنده آنها است.

* ۳۸. در دماهای معمولی، بیشترین تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه (فروسرخ - نور مرئی) قرار دارد.

ج) جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب تکمیل کنید.

۳۹. همه اجسام در هر دمای از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن می‌گویند.

۴۰. طیف گسسته ایجاد شده در گازهای کم‌فشار و رقیق را طیف می‌نامند.

۴۱. طیف گسیل شده برای گاز هیدروژن اتمی در رشته براکت در ناحیه است.

۴۲. در رشته‌های طیف هیدروژن اتمی، بلندترین طول موج مربوط به رشته است.

د) به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

۴۳. پدیده تابش گرمایی چیست؟

۴۴. شکل ظاهری طیف‌های پیوسته و خطی در ناحیه مرئی چگونه است؟

۴۵. طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته (خطی) است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.

[نهایی - تیرم شهریور ۹۹]

[نهایی - هج ۹۹ / ۲ بار تکرار]

[نهایی - هج ۹۹]

۴۶. الف) طیف خطی به چه نوع طیفی می‌گوییم؟

ب) طول موج‌های رشته پاشن در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی است؟

۴۷. هر یک از گزاره‌های ستون A، تنها به یک رشته از طیف گسیلی اتم هیدروژن، در ستون B مرتبط است. آنها را به هم وصل کنید. (در ستون B یک مورد اضافه است.)

[نهایی - تیرم دی ۱۳۰۰]

B	A
۱. لیمان ($n' = 1$)	الف) بلندترین طول موج این رشته متناظر با ($n = 4$) است.
۲. پاشن ($n' = 3$)	ب) خط‌های طیف گسیلی این رشته در ناحیه فرابنفش است.
۳. براکت ($n' = 4$)	ج) دومین خط طیفی این رشته متناظر با ($n = 6$) است.
۴. پفوند ($n' = 5$)	

۴۸. در اتم هیدروژن، بلندترین طول موج رشته پاشن چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

[نهایی - شهریور ۹۹ / ۳ بار تکرار]

* ۴۹. در اتم هیدروژن، بلندترین طول موج در رشته بالمر ($n' = 2$) چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

[نهایی - فروردین ۹۸ / ۳ بار تکرار]

* ۵۰. کوتاه‌ترین طول موج رشته پاشن ($n' = 3$) در اتم هیدروژن را به دست آورید. ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

* ۵۱. کوتاه‌ترین طول موج در رشته براکت ($n' = 4$) هیدروژن اتمی را به دست آورید. این خط در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

[نهایی - شهریور ۱۳۰۰ / ۳ بار تکرار]

۵۲. گستره طول موج‌های سری بالمر ($n' = 2$) اتم هیدروژن چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

۵۳. بیشترین و کمترین بسامد گسیل شده مربوط به هیدروژن اتمی در رشته براکت چند هرتز است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ و $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

۵۴. الف) طول موج سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته بالمر ($n' = 2$) چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

ب) بسامد مربوط به این خط چند هرتز است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

* ۵۵. طول موج سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته پاشن ($n' = 3$) را به دست آورید و تعیین کنید این خط در کدام گستره طول موج‌های

[نهایی - تیرم فروردین ۱۳۰۱ / ۳ بار تکرار]

الکترومغناطیسی واقع است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

سؤال تمرین	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰	۴۱	۴۲	۴۳	۴۴	۴۵	۴۶	۴۷	۴۸	۴۹	۵۰	۵۱	۵۲	۵۳	۵۴	۵۵
کدمفاهیم کلیدی	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰

۱۴۱ مدل‌های اتمی

تا قبل از سال ۱۹۰۴ میلادی، مدل اتمی رایج مدل دالتون بود. طبق این مدل، اتم‌ها را به صورت ذرات بسیار ریز کروی شکل بدون بار الکتریکی در نظر می‌گرفتند؛ اما با کشف الکترون توسط تامسون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم ($\frac{e}{m}$) آن، مدل اتمی جدیدی توسط تامسون ارائه شد. این مدل با نام مدل کیک کشمش نیز شناخته می‌شود.

طبق این مدل، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند، در جاهای مختلف آن (همچون کشمش‌ها درون کیک) پراکنده شده‌اند.



مدل اتمی تامسون

طبق این مدل وقتی الکترون‌ها با پسامدهای معینی حول وضع تعادل شان نوسان می‌کنند، این نوسان‌ها سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. علت ناکامی این مدل اتمی چه بود؟

پسامدهای تابش گسیل شده از اتم که این مدل پیش‌بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.

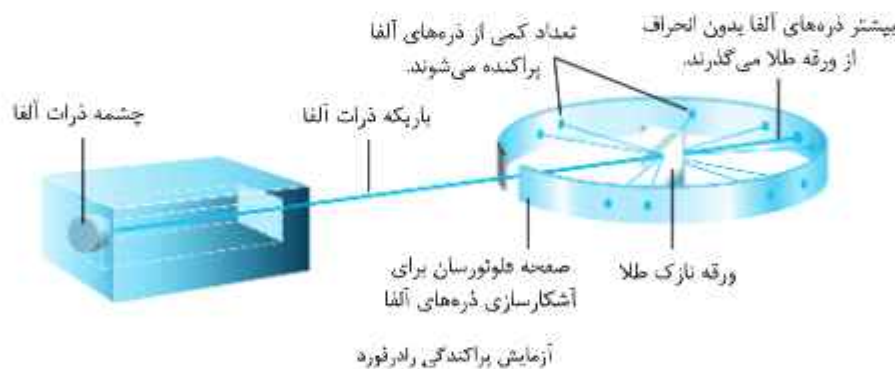
چه مدلی جایگزین مدل اتمی تامسون شد؟

مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم که توسط رادرفورد ارائه شد.

رادرفورد باریکه‌ای از ذره‌های دارای بار مثبت (از جنس هسته اتم هلیوم که به آن ذره آلفا می‌گوییم) را بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فروتاباند.

او انتظار داشت که تمامی ذره‌های آلفا با انحراف بسیار اندکی از ورقه طلا بگذرند؛ در حالی که مشاهده کرد:

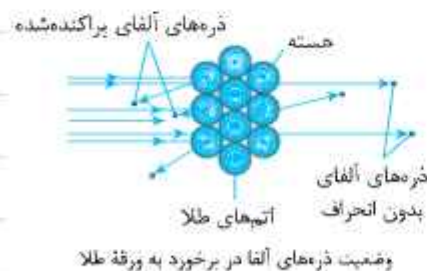
- ۱- بیشتر این ذره‌ها بدون انحراف یا با انحرافی اندک از ورقه طلا می‌گذشتند و با برخورد به صفحه فلونورسان پشت آن، جرقه‌های نورانی تولید می‌کردند.
 - ۲- تعداد کمی از ذره‌های آلفا نیز هنگام خروج از ورقه نازک طلا، در زاویه‌های بزرگی منحرف و پراکنده می‌شدند و حتی تعدادی از آنها به عقب برمی‌گشتند.
- رادرفورد استدلال کرد که ذره‌های بدون انحراف از قسمت‌های تهی ورقه طلا گذشته‌اند و ذره‌های با انحراف شدید از مرکزهایی چگال و با بار مثبت منحرف شده‌اند.



آزمایش پراکندگی رادرفورد

رادرفورد چه نتایجی از این آزمایش گرفت؟

با توجه به اینکه بیشتر ذره‌های آلفا بدون انحراف از ورقه طلا گذشتند و تعداد کمی از آنها به طور قابل ملاحظه‌ای با زاویه‌های بزرگ منحرف شدند و حتی به عقب برگشتند، رادرفورد نتیجه گرفت که اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک (به شعاع 10^{-15} m) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است.



وضعیت ذره‌های آلفا در برخورد به ورقه طلا

نیروی ریپاش الکتریکی که از طرف هسته به الکترون وارد می‌شود.



مدل اتم هسته‌ای رادرفورد نمی‌توانست پایداری اتم را توجیه کند؛ زیرا:

- ۱- اگر فرض کنیم الکترون‌ها نسبت به هسته ساکن‌اند، آنگاه تحت تأثیر نیروی ریپاش الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کرده و در نتیجه اتم پایدار نخواهد بود.

پاسخنامه

اکنون انرژی هر فوتون را به دست می آوریم:

$$E_{\text{فوتون}} = \frac{hc}{\lambda} \quad \lambda = 570 \text{ nm} = 570 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$E_{\text{فوتون}} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{570 \times 10^{-9}} = \frac{19.8}{570} \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$n = \frac{E_t}{E_{\text{فوتون}}} \Rightarrow n = \frac{19800}{\frac{19.8}{570} \times 10^{-17}} = 57 \times 10^{21}$$

(۲۲) از معادله فوتوالکتریک استفاده می کنیم:

$$K_{\text{max}} = hf - W_e$$

$$\Rightarrow K_{\text{max}} = 4.15 \times 10^{-15} \times 2 \times 10^{15} - 5.4 = 8.3 - 5.4 = 2.9 \text{ eV}$$

$$hf_e = W_e \Rightarrow 4 \times 10^{-15} \times f_e = 5.4 \quad (\text{الف})$$

$$\Rightarrow f_e = \frac{5.4}{4 \times 10^{-15}} = 1.35 \times 10^{15} = 1.35 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$K_{\text{max}} = hf - W_e$$

$$\Rightarrow K_{\text{max}} = 4 \times 10^{-15} \times 2 \times 10^{15} - 5.4 = 3 \text{ eV}$$

$$W_e = hf_e \xrightarrow{f_e = \frac{c}{\lambda_e}} W_e = \frac{hc}{\lambda_e} \quad (\text{الف})$$

$$W_e = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{310 \text{ nm}} = 4 \text{ eV}$$

(ب) از معادله فوتوالکتریک استفاده می کنیم:

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

$$2.2 = \frac{1240}{\lambda} - 4 \Rightarrow 6.2 = \frac{1240}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{1240}{6.2} = 200 \text{ nm}$$

(الف) (۲۵)

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

$$\Rightarrow K_{\text{max}} = \frac{1200 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{300 \text{ nm}} - 2 \text{ eV} \Rightarrow K_{\text{max}} = 4 - 2 = 2 \text{ eV}$$

(ب) با افزایش شدت نور، فقط تعداد فوتون های فرودی افزایش می یابد و انرژی فوتون فرودی و در نتیجه بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک ها تغییری نمی کند.

(الف) (۲۶) حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز همان تابع کار است. ($W_e = 2.4 \text{ eV}$)

$$f_e = \frac{W_e}{h} \xrightarrow{f_e = \frac{c}{\lambda_e}} \lambda_e = \frac{hc}{W_e} \Rightarrow \lambda_e = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{2.4 \text{ eV}} = 516 \text{ nm}$$

(ب) خیر، زیرا طول موج فوتون فرودی بلندتر از طول موج آستانه است.

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

$$\Rightarrow K_{\text{max}} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{400 \text{ nm}} - 2.4 \text{ eV} = 3.1 - 2.4 = 0.7 \text{ eV}$$

(۱) نادرست؛ نسبت خاصی به مطالعه پدیده ها در تندی های بسیار بالا (در حد تندی نور) می بردارد.

(۲) درست (۱۳۸)

(۳) درست (۱۳۸)

(۴) نادرست؛ تابع کار فلز فقط به جنس فلز بستگی دارد.

(۵) درست (۱۳۸)

(۶) کاهش می یابد (۱۳۸)

(۷) مستقیم (۱۳۸)

(۸) کمتر (۱۳۸)

(۹) پسماند (۱۳۸)

(۱۰) فوتوالکتریک (۱۳۸)

(۱۱) تابع کار فلز (۱۳۸)

(۱۲) ثابت پلانک (h) (۱۳۸)

(۱۳) منفی تابع کار فلز ($-W_e$) (۱۳۸)

(۱۴) نسبت عام به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش می بردارد و توسط اینشتین بیان شده است.

(۱۵) اگر نوری یا پسماند مناسب (مثل نور فرابنفش) به سطح فلزی بناید، به طوری که از سطح فلز الکترون هایی جدا شوند، به این پدیده اثر فوتوالکتریک می گوئیم.

(۱۶) بنابر نظر اینشتین وقتی نوری تکدام بر سطح فلزی می تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون های فلز برهم کنش می کند. اگر فوتون در حین برهم کنش انرژی کافی (پسماند مناسب) داشته باشد، الکترون به طور آتی از سطح فلز خارج می شود.

(۱۷) چون پسماند نور فرودی از پسماند آستانه بزرگتر است، اثر فوتوالکتریک رخ می دهد. افزایش شدت نور فرودی باعث افزایش تعداد فوتوالکتریک ها می شود، یعنی جریانی که گالوانومتر نشان می دهد، افزایش می یابد.

(۱۸) انرژی (انرژی فوتون)

(۱۹) (۱۳۸)

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \lambda = 398 \text{ nm} = 398 \times 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow E = \frac{19.8 \times 10^{-17} \text{ J} \cdot \text{m}}{398 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.95 \times 10^{-17} \text{ J} = 5 \times 10^{-17} \text{ J}$$

(۲۰) ابتدا انرژی یک فوتون را محاسبه می کنیم:

$$E_{\text{فوتون}} = \frac{hc}{\lambda} \quad \lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{2 \times 10^{-25} \text{ J} \cdot \text{m}}{600 \times 10^{-9} \text{ m}} = \frac{1}{3} \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_t = Pt \Rightarrow E_t = 100 \times 1 = 100 \text{ J}$$

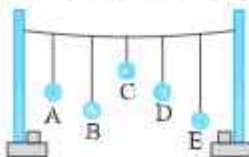
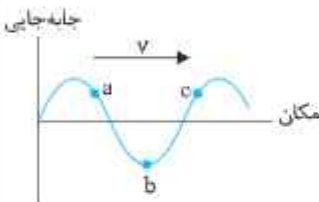
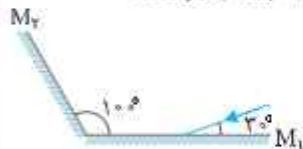
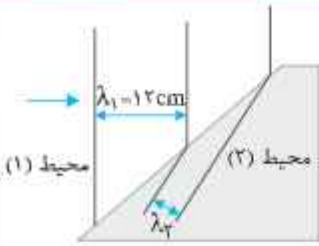
$$n = \frac{E_t}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{100}{\frac{1}{3} \times 10^{-18}} = 3 \times 10^{20}$$

(۲۱) طبق تعریف، شدت تابش متوسط برابر توان متوسط انرژی ای است که به طور عمود به واحد سطح می رسد، بنابراین:

$$I = \frac{P}{A} \quad I = 220 \text{ W/m}^2 \Rightarrow 220 = \frac{P}{1} \Rightarrow P = 220 \text{ W}$$

$$E_t = Pt = 220 \times 60 = 13200 \text{ J} \quad (\text{انرژی کل})$$

سؤالات امتحان نهایی: فیزیک ۳		آزمون شماره (۵)		پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه	ساعت شروع: ۸ صبح	
نام و نام خانوادگی:		رشته ریاضی فیزیک		تعداد صفحه: ۳	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	
دانش آموزان روزانه، بزرگسال و داوطلبان آزاد سراسر کشور در نوبت خردادماه سال ۱۴۰۰		مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی				
ردیف	سؤالات (پاسخنامه دارد).					نمره
۱	در هر یک از جمله های زیر، عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخنامه بنویسید. الف) در حرکت بر خط راست (با تغییر - بدون تغییر) جهت، اندازه بردار جابه جایی برابر مسافت پیموده شده است. ب) در حرکت با (سرعت - شتاب) ثابت روی خط راست، تغییرات سرعت نسبت به زمان به صورت یک تابع خطی است. پ) سرعت (لحظه ای - متوسط) در هر لحظه دلخواه، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است. ت) در حرکت بر خط راست، بردار شتاب متوسط با بردار تغییر (مکان - سرعت) هم جهت است.					۱
۲	شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند، یا توجه به آن درستی یا نادرستی هر یک از جمله های زیر را با واژه «درست» یا «نادرست» در پاسخنامه مشخص کنید. الف) در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، متحرک در جهت محور x حرکت می کند. ب) در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، متحرک در لحظه t_2 تغییر جهت می دهد. پ) سرعت متوسط متحرک، در کل زمان حرکت، صفر است. ت) در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، بردار شتاب در خلاف جهت محور x است. ث) در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، حرکت متحرک کندشونده است.					۱/۲۵
۳	شکل روبه رو، نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که با شتاب ثابت 2 m/s^2 در امتداد محور x شروع به حرکت می کند. الف) مکان متحرک در لحظه $t = 0\text{ s}$ چند متر است؟ ب) سرعت متحرک در لحظه $t = 5\text{ s}$ چند متر بر ثانیه است؟					۱ ۰/۵
۴	جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمه های مناسب پر کنید و در پاسخنامه بنویسید. الف) نیروهای کشی و واکنش هم نوع هستند و همواره به جسم وارد می شوند. ب) هر چه تندی حرکت یک جسم درون شاره باشد، اندازه نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. پ) نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم، بستگی ت) معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح است. ث) با ۳ برابر کردن فاصله میان دو ذره، اندازه نیروی گرانشی بین آنها برابر می شود.					۱/۲۵
۵	الف) خودرویی در یک جاده مستقیم حرکت می کند. اگر سرنشینان خودرو کمربند ایمنی را نبسته باشند و راننده ناگهان ترمز کند، چرا سرنشینان خودرو به طرف جلو پرتاب (متمایل) می شوند؟ ب) فتری به طول 12 cm را از یک نقطه آویزان می کنیم و به سر دیگر آن وزنه 0.3 kg می کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول آن به 12 cm می رسد. ثابت فتر چند نیوتون بر متر است؟ ($g = 10\text{ N/kg}$)					۰/۵ ۰/۷۵
۶	مطابق شکل، شخصی یک چهارچرخه را با طناب $1/8$ متری روی سطح افقی زمین به گونه ای می کشد که چهارچرخه با تندی 2 m/s روی دایره ای حرکت کند. اگر حرکت یکنواخت و نیروی کشش طناب 120 N باشد، با صرف نظر کردن از اصطکاک، الف) دوره چهارچرخه چند ثانیه است؟ ($\pi = 3$) ب) جرم چهارچرخه چقدر است؟					۰/۷۵ ۰/۷۵
«ادامه سؤالات در صفحه دوم»						

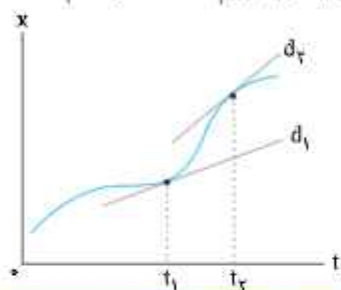
ردیف	سؤالات پاسخنامه دارد.	نمره
۷	به سؤال های زیر پاسخ کوتاه دهید. الف) در حرکت هماهنگ ساده سامانه جرم - فنر، کدام انرژی در نقاط بازگشتی به پیشینه مقدار خود می رسد؟ ب) کدام امواج در طیف امواج الکترومغناطیسی، بیشترین طول موج را دارند؟ پ) برای امواج مکانیکی، در یک محیط جامد تندی انتشار امواج عرضی بیشتر است یا تندی انتشار امواج طولی؟	۰/۷۵
۸	دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده 0.5m و دوره آن $1/8$ است. معادله مکان - زمان این نوسانگر را بنویسید.	۱
۹	در شکل مقابل، چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. آونگ (A) را به نوسان درمی آوریم. کدام آونگ با دامنه بزرگ تری به نوسان درمی آید؟ توضیح دهید.	۰/۷۵
		
۱۰	تراز شدت صوت یک خیابان بی سرو صدا 4dB است. شدت صوت این خیابان، چند وات بر متر مربع است؟ $(I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2)$	۰/۷۵
۱۱	شکل روبه رو یک موج سینوسی را در لحظه ای از زمان نشان می دهد که با تندی v در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده ای حرکت می کند. سه جزء a ، b و c از این ریسمان روی شکل نشان داده شده اند. الف) در این لحظه، کدام جزء به طرف پایین می رود؟ ب) کاهش نیروی کشش وارد بر این ریسمان، چه اثری بر تندی انتشار موج عرضی دارد؟	۰/۲۵ ۰/۲۵
		
۱۲	در هر یک از برش های زیر، گزینه درست را انتخاب کنید و در پاسخ نامه بنویسید. الف) شکل مقابل دو آینه تخت M_1 و M_2 را نشان می دهد. بر تویی به آینه M_1 می تابد. زاویه بازتاب از آینه M_2 چقدر است؟ ۱) 50° ۲) 30° ۳) 40° ب) آزمایش یانگ با نور تکفام سبز انجام شده است. این آزمایش با کدام نور تکفام به جای نور تکفام سبز انجام شود تا پهنای نوارهای روشن و تاریک روی پرده کاهش یابد؟ ۱) قرمز ۲) آبی ۳) زرد	۰/۵
		
۱۳	مفاهیم فیزیکی روبه رو را تعریف کنید: الف) پژواک ب) پراش	۱
۱۴	شکل مقابل جبهه های موجی را نشان می دهد که بر مرز محیط (۱) و (۲) فرود آمده اند. اگر تندی موج عبوری در محیط (۲) 4 برابر تندی موج فرویدی در محیط (۱) باشد، الف) طول موج λ_2 چند سانتی متر است؟ ب) بسامد موج عبوری در مقایسه با بسامد موج فرویدی چه تغییری می کند؟	۰/۷۵ ۰/۲۵
		
۱۵	برو نوری با زاویه تابش 30° از یک محیط شفاف وارد هوا ($n = 1$) می شود. اگر زاویه شکست 60° باشد، ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟ $(\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, \sin 30^\circ = \frac{1}{2})$	۰/۷۵
	«ادامه سؤالات در صفحه سوم»	

فلش کارت

۹۰+ تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای و تعیین آن به کمک نمودار مکان-زمان

سرعت متوسط به کمک نمودار مکان - زمان شیب پاره خطی است که نمودار را در دو نقطه قطع می‌کند، ولی سرعت لحظه‌ای شیب خطی است که نمودار را در یک لحظه قطع می‌کند.

مثال [صفحه ۱۰ کتاب درسی] نمودار مکان - زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است و خط‌های d_1 و d_2 مماس بر نمودار در لحظه‌های t_1 و t_2 رسم شده‌اند. در کدام لحظه، سرعت متحرک بیشتر است؟



پاسخ از آنجا که سرعت لحظه‌ای برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است، پس همان‌طور که در شکل مشخص است، شیب خط مماس d_2 از شیب خط مماس d_1 بیشتر است؛ بنابراین سرعت متحرک در لحظه t_2 از سرعت متحرک در لحظه t_1 بزرگ‌تر است. هر دو شیب نیز مثبت هستند؛ بنابراین سرعت متحرک در هر دو لحظه در جهت محور x است.

۹۱+ نمودار سرعت-زمان

به کمک نمودار سرعت - زمان، می‌توانیم جهت حرکت و جهت سرعت را تعیین کنیم. همچنین می‌توانیم مقدار تغییر سرعت و شتاب متوسط متحرک را نیز به کمک این نمودار به دست آوریم.

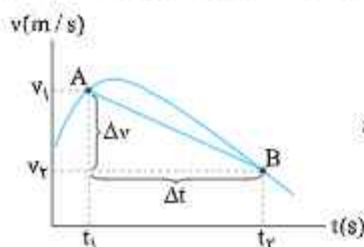
۹۲+ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای و تعیین آنها به کمک نمودار سرعت-زمان

شتاب متوسط: شتاب متوسط متحرکی که در لحظه‌های t_1 و t_2 ، به ترتیب دارای سرعت‌های $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

شتاب متوسط یک کمیت برداری است که جهت آن هم جهت یا بردار تغییر سرعت است. یکای شتاب متوسط، متر بر مربع ثانیه (m/s^2) است.

اگر بخواهیم شتاب متوسط متحرک را در بازه‌ی زمان t_1 تا t_2 به دست آوریم، کافی است شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند، محاسبه کنیم.



$$a_{av} = \text{شیب خط} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

فصل اول: حرکت بر خط راست

۸۶+ مسافت و جابه‌جایی

مسافت: دوندۀ ای را در نظر بگیرید که مطابق شکل، از نقطه (۱) به نقطه (۲) حرکت کرده است. به طول مسیری که دونده از نقطه شروع حرکت (۱) تا نقطه پایان (۲)، پیموده است، مسافت پیموده شده یا به اختصار مسافت می‌گوییم. مسافت را با حرف L نشان می‌دهیم و یکای آن در SI، متر است.

جابه‌جایی: به پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی می‌گوییم. بردار جابه‌جایی را با $\vec{d}$ نشان می‌دهیم و یکای آن در SI، متر است.



۸۷+ تندی متوسط و سرعت متوسط

هنگامی که متحرکی در مدت زمان Δt ، از نقطه (۱) به نقطه (۲) می‌رود، تندی متوسط (s_{av}) و بردار سرعت متوسط ($\vec{v}_{av}$) متحرک را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

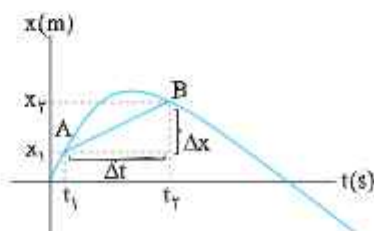
$$s_{av} = \frac{L}{\Delta t} \rightarrow \text{تندی متوسط (m/s)}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \rightarrow \text{برداری جابه‌جایی (m/s)}$$

۸۸ نمودار مکان-زمان

برای توصیف حرکت یک جسم، از نمودار مکان - زمان استفاده می‌کنیم. این نمودار، مکان جسم را در هر لحظه نشان می‌دهد و در آن، محور افقی، زمان و محور عمودی (قائم)، مکان است.

۸۹ تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان

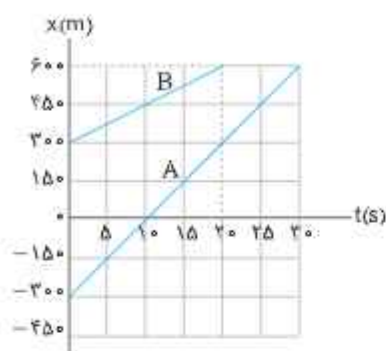


$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{شیب خط} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad v_{av} = \text{شیب خط} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه، برابر با شیب پاره خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودار مکان - زمان را به یکدیگر وصل می‌کند.

۹۵ بررسی حرکت دو جسمی

تمرین [صفحه ۲۷ کتاب درسی] شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که روی خط راست حرکت می‌کنند.



الف) معادله حرکت هر یک از آنها را بنویسید.

ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می‌رسند؟

پاسخ الف) متحرک A:

$$\begin{cases} t_1 = 0, x_1 = -300 \text{ m} \\ t_2 = 30 \text{ s}, x_2 = 600 \text{ m} \end{cases}, v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{600 - (-300)}{30 - 0} = 30 \text{ m/s}$$

معادله مکان - زمان متحرک A:

$$x_A = v_A t + x_{A0} \Rightarrow x_A = 30t - 300$$

متحرک B:

$$\begin{cases} t_1 = 0, x_1 = 300 \text{ m} \\ t_2 = 20 \text{ s}, x_2 = 600 \text{ m} \end{cases}, v_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{600 - 300}{20 - 0} = 15 \text{ m/s}$$

معادله مکان - زمان متحرک B:

$$x_B = v_B t + x_{B0} \Rightarrow x_B = 15t + 300$$

جهت حرکت و جهت بردار سرعت هر دو متحرک در جهت محور X است. ب) دو متحرک در یک جهت حرکت می‌کنند. مکان اولیه متحرک A عقبتر از مکان اولیه متحرک B است؛ اما چون $v_A > v_B$ است، متحرک A به متحرک B خواهد رسید. مکان هر دو متحرک در لحظه رسیدن به یکدیگر برابر است.

$$x_A = x_B \Rightarrow 30t - 300 = 15t + 300 \Rightarrow 15t = 600$$

$$\Rightarrow t = \frac{600}{15} = 40 \text{ s}$$

پس از ۴۰ ثانیه دو متحرک به یکدیگر می‌رسند. اگر $t = 40 \text{ s}$ را در یکی از دو معادله مکان - زمان متحرک‌ها قرار دهیم، مکان رسیدن دو متحرک به یکدیگر به دست می‌آید:

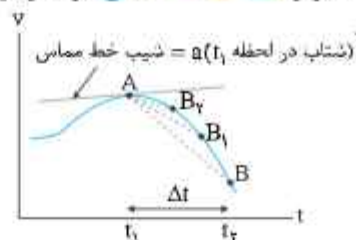
$$x_A = 30t - 300 \Rightarrow x_A = 30(40) - 300 = 900 \text{ m}$$

۹۶ معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت

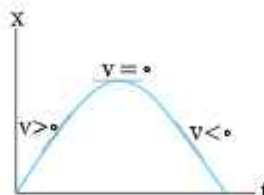
$v = at + v_0$ (معادله سرعت - زمان)

(معادله سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت) $v_{av} = \frac{v_0 + v}{2}$

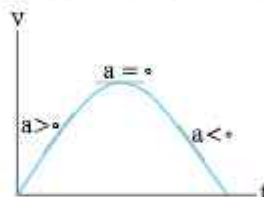
شتاب در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است.



اگر v مثبت باشد، حرکت در جهت محور X و اگر $v < 0$ باشد، حرکت در خلاف جهت محور X است.



از روی علامت شتاب، به تنهایی نمی‌توانیم جهت حرکت را مشخص کنیم و باید به علامت سرعت توجه کنیم.



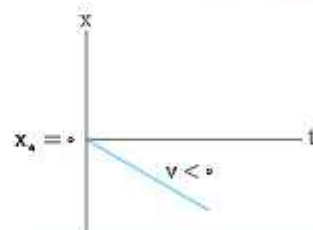
۹۳ معادله مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت

$x = vt + x_0$ مکان اولیه متحرک و v سرعت (تندی) آن است.

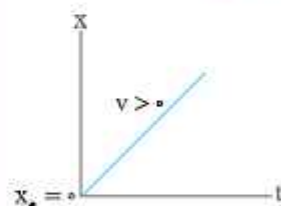
۹۴ نمودار مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت

• حالت‌های مختلف نمودار مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت

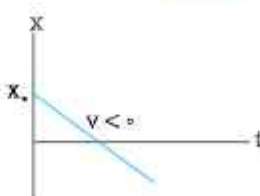
حالت دوم: $v < 0, x_0 = 0$



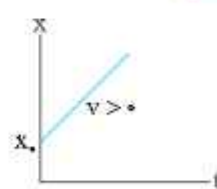
حالت اول: $v > 0, x_0 = 0$



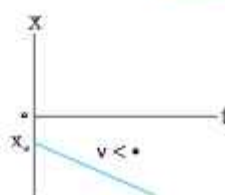
حالت چهارم: $v < 0, x_0 > 0$



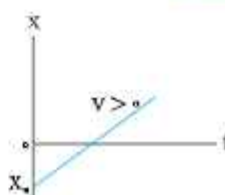
حالت سوم: $v > 0, x_0 > 0$



حالت ششم: $v < 0, x_0 < 0$



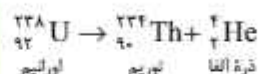
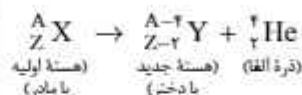
حالت پنجم: $v > 0, x_0 < 0$



۱۴۴ + واپاشی آلفا، بتا و گاما

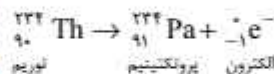
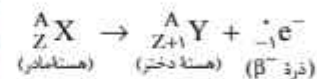


• واپاشی آلفا (α)

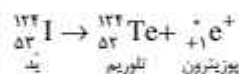
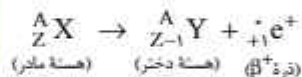


• واپاشی بتا (β)

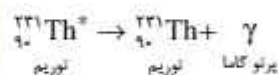
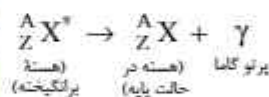
۱- واپاشی بتای منفی (β⁻)



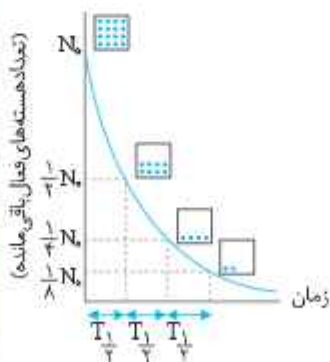
۲- واپاشی بتای مثبت (β⁺)



• واپاشی گاما (γ)



۱۴۵ + نیمه عمر



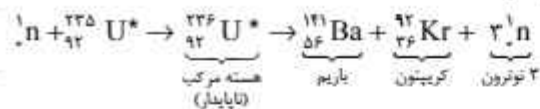
$$N = \frac{N_0}{2^n}$$

(تعداد هسته‌های باقی‌مانده)

در این رابطه n تعداد نیمه‌عمر سپری شده است و از رابطه $n = \frac{t}{T_{1/2}}$ به دست می‌آید.

۱۴۶ شکافت هسته‌ای

فرایند تقسیم شدن یک هسته سنگین به دو هسته با جرم کمتر، شکافت هسته‌ای نام دارد.



در سنگ معدن اورانیم، دو ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵ و اورانیم ۲۳۸ وجود دارد. اما فراوانی ایزوتوپ ۲۳۵ خیلی کمتر و حدود ۰.۷۲ درصد (زیر یک درصد) است؛ یعنی از هر ۱۴۰ اتم اورانیم موجود در سنگ معدن اورانیم، تنها یکی از آنها ایزوتوپ ۲۳۵ و مابقی ایزوتوپ ۲۳۸ است.

غنی‌سازی اورانیم: همان‌طور که گفتیم، در سنگ معدن اورانیم، درصد اورانیم ۲۳۵ برای انجام واکنش زنجیری خیلی کم است. برای استفاده از اورانیم به عنوان سوخت در نیروگاه‌های هسته‌ای یا در انفجارهای هسته‌ای، باید درصد فراوانی ایزوتوپ ۲۳۵ را افزایش دهیم. به فرایند افزایش درصد با غلظت ایزوتوپ ۲۳۵ در یک نمونه سنگ معدن اورانیم، **غنی‌سازی** می‌گویند. در نیروگاه‌های تولید برق، غنی‌سازی تا ۳ درصد کفایت می‌کند، اما در راکتورهای پژوهشی از سوخت ۲۰ درصد غنی‌سازی شده استفاده می‌شود.

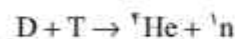
• راکتورهای شکافت هسته‌ای

راکتور هسته‌ای، جایی است که در آن واکنش زنجیره‌ای شکافت به شکل کنترل شده رخ می‌دهد، شامل **مواد کندساز**، **میله‌های کنترل**، **میله‌های سوخت** و **شاره‌ای مانند آب** برای انتقال گرما به خارج راکتور است. **مواد کندساز:** در راکتورها از آب معمولی (H₂O)، آب سنگین (D₂O) و **گرافیت (کربن)** به عنوان کندساز نوترون استفاده می‌شود.

میله‌های کنترل: میله‌های کنترل درون راکتور هسته‌ای، از مواد **جذب‌کننده نوترون** مانند **کادمیم** یا **بور** ساخته شده‌اند.

۱۴۷ گداخت (همجوشی) هسته‌ای

نوعی واکنش هسته‌ای است که در آن، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هسته سنگین‌تری به وجود می‌آورند.



یادداشت



۱۴۵

۱۴۶