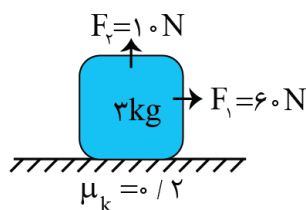
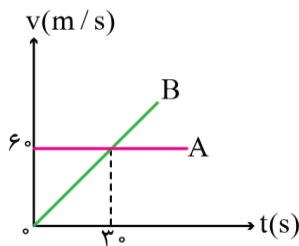
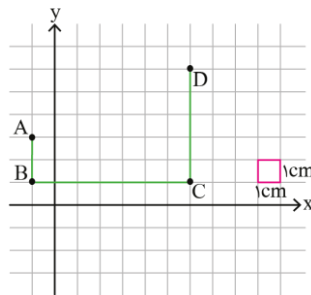
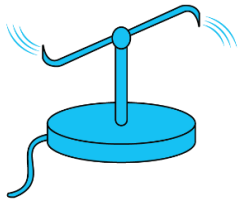
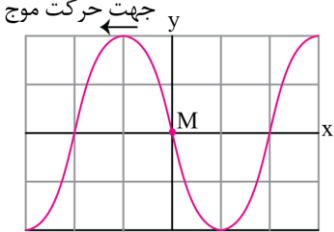
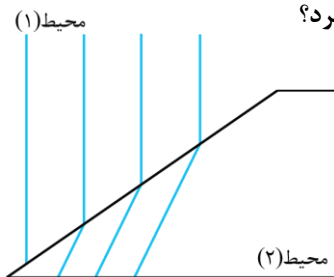




| ردیف | سوالات | نمره |
|------|--|------|
| ۱ | عبارت صحیح را از پرانتز مربوط برای جای خالی انتخاب کنید. اگر متحرکی روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند (بردار تندی متوسط - تندی متوسط) با (بردار سرعت متوسط - اندازه سرعت متوسط) برابر می شود. | ۰/۵ |
| ۲ | از داخل پرانتز کلمه مناسب را انتخاب کنید. الف) شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان برابر شتاب (متوسط - لحظه ای) است. ب) سطح محصور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان برابر تغییر (مکان - سرعت) است. | ۰/۵ |
| ۳ | متحرکی مطابق شکل حرکت نموده و از نقطه A به B و سپس C و در نهایت به D رفته، اگر مدت زمان حرکت ۲۰s باشد، مقادیر زیر را بر حسب واحد SI بیابید: الف) مسافت طی شده ب) اندازه جابه جایی ج) تندی متوسط د) اندازه سرعت متوسط | ۱ |
| ۴ | نمودار سرعت زمان دو متحرک A و B مطابق شکل است. الف) شتاب هر متحرک را به دست آورید. ب) جابه جایی هر دو متحرک در SI را در بازه زمانی ۰ تا ۳۰s (در SI) حساب کنید. | ۰/۷۵ |
| ۵ | باتوجه به شکل روبه رو، به پرسش های زیر پاسخ دهید: الف) برای این که نخ پایینی پاره شود، چگونه باید نیروی وارد بر نخ پایین را زیاد کنیم؟ ب) این آزمایش بیانگر چه خاصیتی است؟ | ۰/۵ |
| ۶ | در شکل زیر جسم در حال حرکت در راستای افقی است: $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$ الف) نیروی عمودی سطح را بر حسب نیوتن محاسبه نمایید. ب) شتاب حرکت را بر حسب $\frac{m}{s^2}$ به دست آورید. | ۰/۷۵ |



| ردیف | سوالات | نمره |
|------|--|------|
| ۷ | باتوجه به شکل، چرا وقتی آب از فواره خارج می‌شود، فواره می‌چرخد؟ پاسخ خود را بر مبنای کدام قانون ذکر کردید؟  | ۰/۵ |
| ۸ | فنری به طول ۲۰ cm و ثابت $40 \frac{N}{cm}$ را از سقف یک آسانسور آویزان کرده و جسمی به جرم ۲ kg را به انتهای فنر وصل می‌کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ | ۰/۷۵ |
| ۹ | جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب پر کنید: (الف) نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به جسم و تندی آن بستگی دارد. (ب) نیروی گرانشی بین دو ذره با مربع فاصله بین آن‌ها از یکدیگر نسبت دارد. (پ) در هر حرکتی، بردار تکانه همواره بر مسیر حرکت است. (ت) هنگامی که از سطح زمین به طرف بالا برویم، شتاب گرانشی زمین می‌یابد. | ۱ |
| ۱۰ | (الف) مفهوم تندی حدی چیست؟ (ب) شخصی به جرم ۶۰ کیلوگرم از یک بلندی روی یک تشک سقوط می‌کند. اگر تندی او هنگام رسیدن به تشک $5 \frac{m}{s}$ باشد و پس از ۰/۲ ثانیه متوقف شود، اندازه نیروی متوسطی که تشک بر او وارد می‌کند، چقدر است؟ | ۱ |
| ۱۱ | معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = (0/050) \cos 20\pi t$ است. (الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟ (ب) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟ (پ) زمانی که انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل است، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟ | ۱/۵ |
| ۱۲ | توان یک منبع صوتی ۲۰ وات است: $(\pi = 3)$ و $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ (الف) شدت صوت در فاصله ۵ متری منبع، چند وات بر متر مربع است؟ (ب) تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ | ۱ |
| ۱۳ | یک وزنه ۲۰ N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم. فنر ۲۰ cm کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه ۵/۰ N متصل است روی میز افقی بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$ | ۱/۲۵ |
| ۱۴ | در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. (الف) تندی موج‌های سطح آب، در آب کم‌عمق (بیش‌تر - کم‌تر) از آب عمیق است. (ب) حساسیت دستگاه شنوایی انسان، برای بسامدهای مختلف، (یکسان - متفاوت) است. (پ) نوسان‌هایی که منشأ یک نیروی خارجی دارند، نوسان‌های (طبیعی - واداشته) نام دارند. (ت) موج‌های مکانیکی برای انتشار به محیط مادی نیاز (دارند - ندارند). | ۱ |

| ردیف | سوالات | نمره | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|------|---------------|--|---|---------|--|----|-------|--|----|-------|--|---|--------|--|---|--------|--|---|
| ۱۵ | <p>شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. بسامدی را که ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>چشمه</th><th>ناظر (شنونده)</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>•</td><td>• (الف)</td><td></td></tr> <tr> <td>•→</td><td>• (ب)</td><td></td></tr> <tr> <td>←•</td><td>• (پ)</td><td></td></tr> <tr> <td>•</td><td>•→ (ت)</td><td></td></tr> <tr> <td>•</td><td>←• (ث)</td><td></td></tr> </tbody> </table> | چشمه | ناظر (شنونده) | | • | • (الف) | | •→ | • (ب) | | ←• | • (پ) | | • | •→ (ت) | | • | ←• (ث) | | ۱ |
| چشمه | ناظر (شنونده) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • | • (الف) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| •→ | • (ب) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ←• | • (پ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • | •→ (ت) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • | ←• (ث) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۶ | <p>شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت می‌کند.</p>  <p>الف) با رسم این موج در زمان $\frac{T}{4}$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنه موج و طول موج را نشان دهید.</p> <p>ب) اگر طول موج ۵/۰ cm و تندی موج $10 \frac{cm}{s}$ باشد، بسامد موج را به دست آورید.</p> <p>پ) با توجه به قسمت ب، تعیین کنید موج در مدت $\frac{T}{4}$ چه مسافتی را پیموده است؟</p> | ۰/۷۵ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۷ | <p>مطابق شکل زیر، جبهه‌های موجی بر مرز بین محیط‌های ۱ و ۲ فرود می‌آید.</p> <p>الف) در کدام محیط تندی جبهه‌های موج بیش‌تر است؟ چرا؟</p> <p>ب) چگونه می‌توان با استفاده از این شکل، نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟</p>  | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۸ | <p>یک اتم هیدروژن در حالت $n=6$ قرار دارد.</p> <p>الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن اگر این اتم به حالت پایه برود، چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل می‌شود؟</p> <p>ب) فرض کنید که فقط گذارهای $\Delta n=1$ مجاز باشند، در این صورت چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل می‌شود؟</p> | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۹ | <p>گستره طول موج‌های رشته پاشن ($n'=3$) در طیف اتمی هیدروژن چند میکرومتر است؟ ($R \cong \frac{1}{98} nm^{-1}$)</p> | ۰/۷۵ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


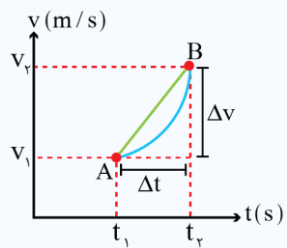
| ردیف | سوالات | نمره |
|------|---|------|
| ۲۰ | <p>شکل زیر فرایند ایجاد باریکه‌ی لیزر را به طور طرح‌وار در ۴ مرحله نشان می‌دهد.</p> <p>الف) منظور از عبارت «اتم‌ها در وضعیت معمول» چیست؟</p> <p>ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تامین می‌شود؟</p> <p>پ) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟ و چه تاثیری در نور لیزر دارد؟</p> <p>ت) انرژی فوتون ورودی چه قدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟</p> <p>ث) فوتون‌هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون‌ها به تراز پایین‌تر ایجاد می‌شوند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟</p> | ۲/۲۵ |
| ۲۱ | <p>در اتم هیدروژن: $(a_0 = 5/29 \times 10^{-11} \text{ m})$</p> <p>الف) شعاع مدار سوم را محاسبه کنید.</p> <p>ب) انرژی مدار دوم چند الکترون - ولت است؟</p> <p>ج) الکترونی از مدار $n=4$ به حالت پایه، گذار می‌کند. انرژی، فرکانس و طول موج فوتون گسیل شده را در واحد SI محاسبه نمایید.</p> <p>$(h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} , e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ c} , C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$</p> | ۱/۲۵ |
| ۲۰ | موفق باشید. | ۲۰ |

| ردیف | پاسخبرگ | نمره |
|---|--|------|
| شما می‌توانید این پاسخبرگ را پرینت بگیرید و پاسخ‌های خود را در آن بنویسید، و سپس عکس یا فایل اسکن شده پاسخبرگ را در سایت آپلود کنید. در صورت عدم پرینت پاسخبرگ، می‌توانید پاسخ سوالات را در یک برگه A۴ سفید به صورت خوش‌خط و منظم بنویسید و سپس در سایت آپلود کنید. | | |
| ۱ | | ۰/۵ |
| ۲ | (الف) (ب) | ۰/۵ |
| ۳ | (الف) (ب) (ج) (د) | ۱ |
| ۴ | (الف) (ب) | ۰/۲۵ |
| ۵ | (الف) (ب) | ۰/۵ |
| ۶ | (الف) (ب) | ۰/۲۵ |
| ۷ | | ۰/۵ |
| ۸ | | ۰/۲۵ |
| ۹ | (الف) (ب) (پ) (ت) | ۱ |
| ۱۰ | (الف) (ب) | ۱ |

| ردیف | پاسخبرگ | نمره |
|------|--|------|
| ۱۱ | (الف) (ب) (پ) | ۱/۵ |
| ۱۲ | (الف) (ب) | ۱ |
| ۱۳ | | ۱/۲۵ |
| ۱۴ | (الف) (ب) (پ) (ت) | ۱ |
| ۱۵ | | ۱ |
| ۱۶ | (الف) (ب) (پ) | ۰/۷۵ |

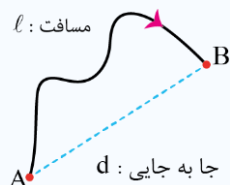


| ردیف | پاسخبرگ | نمره |
|------|-------------|------|
| ۱۷ | (الف) | ۱ |
| | (ب) | |
| ۱۸ | (الف) | ۱ |
| | (ب) | |
| ۱۹ | | ۰/۷۵ |
| ۲۰ | (الف) | ۲/۲۵ |
| | (ب) | |
| | (پ) | |
| | (ت) | |
| | (ث) | |
| ۲۱ | (الف) | ۱/۲۵ |
| | (ب) | |
| | (ج) | |
| | موفق باشید. | ۲۰ |

| ردیف | پاسخنامه | نمره | | | | | | |
|---|--|--|----------------------|-----------------------|---|---|-----------------|-----|
| ۱ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>اولین سوال آزمون نهایی رو معمولا سوالات جای خالی یا درست و نادرست تشکیل میدن. اگر میخواین نمره کاملی بگیرید حتما حتما به حفظیات و مفاهیم دقت بیشتری کنید، چون هم حفظی هستن و هم ممکنه مفهوم و برداشتی از یه مبحث خاص رو مد نظر قرار داده باشن.</p> <p>نکته:</p> <p>(۱) اندازه جابه جایی همواره کوچکتر یا مساوی مسافت طی شده است. هنگامی این دو کمیت هم اندازه هستند که متحرک روی مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت کند.</p> <p>(۲) اندازه سرعت متوسط همواره کوچکتر یا مساوی تندی متوسط است. هنگامی این دو کمیت هم اندازه هستند که متحرک روی مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت کند.</p> <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>تندی متوسط (۰/۲۵) - اندازه سرعت متوسط (۰/۲۵)</p> | ۰/۵ | | | | | | |
| ۲ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>پیرو سوال قبلی اومدیم یه سوال دیگه رو بررسی کردیم که این بار انتخاب گزینه مناسب هست که یکی از سوالات رایج امتحان نهایی هست.</p> <p>سرعت لحظه ای:</p> <p>شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه را سرعت لحظه ای می گوئیم که یک کمیت برداری است.</p> <div><p>با توجه به نمودار مکان - زمان داریم</p>$v_{(t=c)} = \text{شیب خط مماس}$</div> <p>شتاب متوسط (\bar{a}_{av}):</p> <p>به نسبت تغییرات سرعت در واحد زمان، شتاب متوسط می گویند. که کمیتی است برداری و یکای اندازه گیری آن در SI، $\frac{m}{s^2}$ است. بنابراین با توجه به شکل و تعریف گفته شده داریم:</p> <div>$\bar{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \text{شیب خط AB}$</div> <table><tr><td>۱- سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند. $V_{av} = V$</td><td rowspan="3">در حرکت با سرعت ثابت</td></tr><tr><td>۲- شتاب حرکت صفر است.</td></tr><tr><td>۳- اندازه جابه جایی و مسافت با هم برابرند ($d = L$). در نتیجه در این حرکت اندازه سرعت لحظه ای برابر تندی است.</td></tr><tr><td>۴- مساحت بین نمودار سرعت - زمان (یا در نظر گرفتن علامت) با محور زمان در هر بازه زمانی برابر با جابه جایی است.</td><td>در هر نوع حرکتی</td></tr></table> <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>(الف) لحظه ای (۰/۲۵) (ب) مکان (۰/۲۵)</p> | ۱- سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند. $V_{av} = V$ | در حرکت با سرعت ثابت | ۲- شتاب حرکت صفر است. | ۳- اندازه جابه جایی و مسافت با هم برابرند ($ d = L$). در نتیجه در این حرکت اندازه سرعت لحظه ای برابر تندی است. | ۴- مساحت بین نمودار سرعت - زمان (یا در نظر گرفتن علامت) با محور زمان در هر بازه زمانی برابر با جابه جایی است. | در هر نوع حرکتی | ۰/۵ |
| ۱- سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند. $V_{av} = V$ | در حرکت با سرعت ثابت | | | | | | | |
| ۲- شتاب حرکت صفر است. | | | | | | | | |
| ۳- اندازه جابه جایی و مسافت با هم برابرند ($ d = L$). در نتیجه در این حرکت اندازه سرعت لحظه ای برابر تندی است. | | | | | | | | |
| ۴- مساحت بین نمودار سرعت - زمان (یا در نظر گرفتن علامت) با محور زمان در هر بازه زمانی برابر با جابه جایی است. | در هر نوع حرکتی | | | | | | | |
| ۳ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>نمودار مکان - زمان سوال همیشگی امتحان نهایی هست! اونقدر مهمه که احتمال اومدنش در کنکور هم به شدت زیاده و واجبه که تمام ویژگی هاش رو کامل بدونید. نمودار مکان - زمان در امتحان نهایی ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ تکرار شده و قطعا ما منتظرش هستیم که در امتحان نهایی امسال هم بیاد.</p> | ۱ | | | | | | |

درسنامه:

(۱) در شکل زیر، متحرک از مسیر نشان داده شده از A به B می‌رود. در این صورت طول مسیر واقعی برابر مسافت طی شده است و طول پاره خطی که A را به B وصل می‌کند برابر اندازه جابه‌جایی متحرک است.



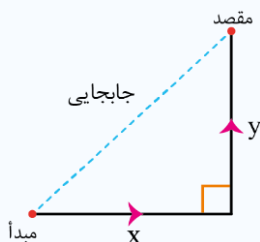
(۲) با تقسیم مسافت طی شده بر زمان حرکت، تندی متوسط حرکت به دست می‌آید.

$$S_{av} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} = \frac{l}{\Delta t}$$

(۳) با تقسیم جابه‌جایی بر زمان حرکت، سرعت متوسط به دست می‌آید.

$$\vec{v}_{av} = \frac{\text{بردار جابه‌جایی}}{\text{زمان}} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

(۴) مسافت و تندی متوسط کمیت‌هایی نرده‌ای هستند، در حالی که جابه‌جایی و سرعت متوسط کمیت‌هایی برداری می‌باشند. هنگامی که متحرک دو حرکت عمود بر هم انجام می‌دهد، جابه‌جایی با کمک رابطه فیثاغورس محاسبه می‌شود.



$$\text{مسافت} = x + y$$

$$\text{اندازه جابه‌جایی} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

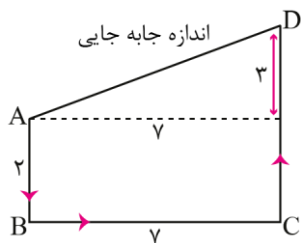
| نوع کمیت | فرمول و یکا در SI | |
|-------------------------------------|--|------------|
| نرده‌ای (فقط اندازه داره) | $\frac{m}{s} \leftarrow S_{av} = \frac{l}{\Delta t} \rightarrow \frac{m}{s}$ | تندی متوسط |
| برداری (هم‌اندازه داره و هم جهت) | $\frac{m}{s} \leftarrow \vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \rightarrow \frac{m}{s}$ | سرعت متوسط |

پاسخ تشریحی:

الف) مسافت طی شده:

$$AB + BC + CD \Rightarrow 2 + 7 + 5 = 14 \text{ cm} = 14 \times 10^{-2} \text{ m} \quad (0/25)$$

ب) اندازه جابه‌جایی:



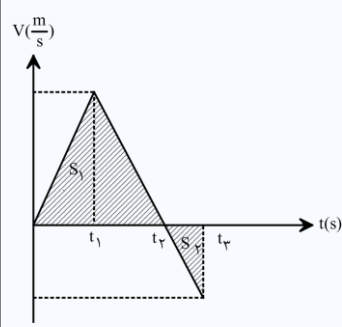
$$\text{اندازه جابه‌جایی} = \sqrt{7^2 + 3^2} = \sqrt{58} \text{ cm} = \sqrt{58} \times 10^{-2} \text{ m} \quad (0/25)$$

ج) تندی متوسط:

$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{14 \times 10^{-2}}{20} = 7 \times 10^{-3} \frac{m}{s} \quad (0/25)$$

د) اندازه سرعت متوسط:

$$V_{av} = \frac{\text{اندازه جابه‌جایی}}{\text{مدت زمان}} = \frac{\sqrt{58} \times 10^{-2}}{20} = 5\sqrt{58} \times 10^{-4} \frac{m}{s} \quad (0/25)$$

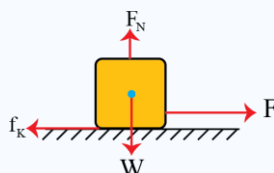
| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|--|------|
| ۴ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>یه سوال دیگه هم از نمودار قراره در امتحان نهایی بیاد! ممکنه سرعت - زمان باشه یا شتاب - زمان. ما اینجا براتون سوال سرعت - زمان رو قرار دادیم و قراره با هم نکاتش رو بررسی کنیم.</p> <p>درسنامه:</p> <p>با توجه به نمودار سرعت - زمان رسم شده داریم:</p> <ol style="list-style-type: none"> ۱- شیب در نمودار سرعت - زمان بیانگر شتاب است. ۲- در لحظه‌هایی که نمودار محور t را قطع می‌کند، متحرک تغییر جهت داده است. (t_p) ۳- مساحت محصور بین نمودار V-t و محور t برابر جابه‌جایی (Δx) است و از نظر اندازه برابر با مسافت (ℓ) است. <p>با توجه به نمودار رسم شده داریم:</p> $\ell = S_1 + S_2 \quad (\text{مسافت}) \quad \Delta x = S_1 - S_2 \quad (\text{جابه‌جایی})$  <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>(الف)</p> <p>A: $a = \dots$</p> <p>B: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$</p> <p>$a_B = \frac{60 - 0}{30 - 0} = 2 \frac{m}{s^2}$ (۰/۲۵)</p> <p>(ب)</p> <p>A: $\Delta x = vt = 60 \times 30 = 1800 \text{ m}$ (۰/۲۵)</p> <p>B: $\Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) t = 30 \times 30 = 900 \text{ m}$ (۰/۲۵)</p> <p>تذکر: البته با محاسبه مساحت زیر نمودار نیز می‌توانستیم جابه‌جایی را در هر دو حرکت به‌دست آوریم. (صفحه‌های ۱۸ و ۱۱)</p> | ۰/۲۵ |
| ۵ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>سوالات پرسش و پاسخی که برگرفته از آزمایشات و متن کتاب درسی هست رو همیشه در امتحانات نهایی داریم، پس دقت ویژه‌ای هم به این مباحث داشته باشیم.</p> <p>قانون اول نیوتون:</p> <p>«یک جسم حالت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که تحت تأثیر نیرویی، مجبور به تغییر آن حالت شود.»</p> <p>در این حالت گفته می‌شود نیروهای وارد بر جسم متوازن است.</p> <p>از قانون اول نیوتون نتیجه می‌شود که اگر به جسمی نیرو وارد نشود، چنان‌چه جسم ساکن باشد، ساکن می‌ماند و اگر در حرکت باشد، به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.</p> <p>لختی (اینرسی):</p> <p>از قانون اول نیوتون، نتیجه می‌شود که اجسام تمایل دارند وضعیت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ کنند. به این تمایل اجسام لختی گفته می‌شود. به قانون اول نیوتون، قانون لختی نیز می‌گویند.</p> <p>اکنون به بررسی تست ۹۸ خارج از کشور ریاضی می‌پردازیم:</p> <p>اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت، متوازن باشند (برایندشان صفر باشد):</p> <ol style="list-style-type: none"> ۱) سرعت جسم ثابت می‌ماند. ۲) حرکت جسم با شتاب ثابت تندشونده خواهد بود. ۳) مسیر حرکت جسم ممکن است دایره‌ای یا سهمی باشد. ۴) سرعت جسم در مسیر مستقیم کاهش می‌یابد تا متوقف شود. | ۰/۵ |

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

| | | |
|----------|--|-------------|
| | <p>پاسخ: گزینه ۱</p> <p>طبق قانون اول نیوتون، اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد (متوازن باشند) و جسم متحرک باشد، سرعت ثابت می ماند. بنابراین گزینه ۱ صحیح است.</p> <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>الف) برای این که نخ پایینی پاره شود باید نخ را سریع بکشیم. (۰/۲۵)</p> <p>ب) لختی (۰/۲۵)</p> | |
| <p>۴</p> | <p>مشاوره نامه</p> <p>یکی از سوالاتی که به طور معمول همیشه در نهایی و کنکور مطرح میشن، نیروهای وارد به جسم هستند، اینجاست که پای اصطکاک هم میاد وسط! پس سعی کنید اینچور تیپ سوالات رو هم تمرین کنید.</p> <p>نیروی اصطکاک:</p> <p>نیروی اصطکاک برای جلوگیری از لغزش دو سطح در تماس در راستای مماس بر سطح تماس و به سمتی که از لغزش دو سطح روی یکدیگر جلوگیری کند ایجاد می شود. نیروی اصطکاک به دو شکل زیر ایجاد می شود:</p> <p>الف) دو سطح در تماس روی هم نمی لغزند و نسبت به هم ساکن هستند و بین دو سطح نیروی اصطکاک وجود دارد. در حالی که اگر نیروی اصطکاک وجود نداشت، دو سطح روی هم می لغزیدند. به نیروی اصطکاک در این شرایط نیروی اصطکاک ایستایی می گوئیم. نیروی اصطکاک ایستایی را با f_s نشان می دهیم.</p> <p>ب) دو سطح در تماس روی هم می لغزند و بین دو سطح نیروی اصطکاک وجود دارد. به نیروی اصطکاک در این شرایط نیروی اصطکاک جنبشی (لغزشی) می گوئیم. نیروی اصطکاک جنبشی را با f_k نشان می دهیم.</p> <p>نیروی اصطکاک ایستایی:</p> <p>نیروی اصطکاک ایستایی با کمک قانون دوم نیوتون و با فرض ساکن بودن دو سطح روی هم به دست می آید.</p> <p>جسمی را در نظر بگیرید که مطابق شکل زیر روی یک سطح افقی قرار دارد و به آن نیروی F در راستای افقی وارد می شود و ساکن است.</p> <div data-bbox="686 1120 909 1299"> </div> <p>به دلیل تعادل جسم و طبق قانون دوم نیوتون داریم:</p> $F_{\text{net},x} = 0 \Rightarrow f_s = F$ <p>یعنی نیروی اصطکاک ایستایی به اندازه نیروی محرک وارد بر جسم در راستای سطح است. اگر نیروی F تغییر کند و جسم باز هم ساکن باشد به معنی این است که نیروی اصطکاک ایستایی نیز تغییر کرده است و باز هم به اندازه نیروی محرک وارد بر جسم در راستای سطح ایجاد شده است. می توان نتیجه گرفت نیروی اصطکاک ایستایی به اندازه لازم و کافی برای جلوگیری از لغزش دو سطح روی هم ایجاد می شود.</p> <p>بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی (نیروی اصطکاک در آستانه حرکت) بدیهی است که اگر نیروی F به اندازه کافی بزرگ باشد جسم روی سطح می لغزد. یعنی نیروی اصطکاک ایستایی به هر اندازه ای نمی تواند ایجاد شود. بیشترین نیروی اصطکاک ایستایی بین دو سطح در تماس را $f_{s,\text{max}}$ می نامیم و به آن نیروی اصطکاک در آستانه حرکت گفته می شود.</p> <p>آزمایش های تجربی نشان می دهد که بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی بین دو سطح در تماس متناسب با نیروی عمود بر سطح بین دو سطح در تماس است.</p> $f_{s,\text{max}} \propto F_N \Rightarrow \frac{f_{s,\text{max}}}{F_N} = \text{ثابت} = \mu_s \Rightarrow f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N$ <p>در رابطه $f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N$، μ_s ضریب ثابتی است که به جنس و ویژگی های ساختمانی دو سطح در تماس بستگی دارد و به طور تجربی محاسبه می شود، به μ_s ضریب اصطکاک ایستایی می گویند.</p> | <p>۰/۲۵</p> |

نیروی اصطکاک جنبشی (لغزشی):

جسمی را در نظر بگیرید که مطابق شکل زیر روی یک سطح افقی قرار دارد و به آن نیروی F در راستای افقی وارد می‌شود و جسم روی سطح در حال حرکت است.

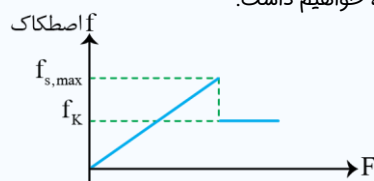


آزمایش‌های تجربی نشان می‌دهد که نیروی اصطکاک جنبشی بین دو سطح در تماس اندازه ثابتی دارد که متناسب با نیروی عمود بر سطح بین دو سطح در تماس است.

$$f_K \propto F_N \Rightarrow \frac{f_K}{f_N} = \text{ثابت} = \mu_K \Rightarrow f_K = \mu_K F_N$$

در رابطه $f_K = \mu_K F_N$ ، μ_K ضریب ثابتی است که به جنس دو سطح در تماس بستگی دارد و به‌طور تجربی محاسبه می‌شود. به μ_K ضریب اصطکاک جنبشی (لغزشی) می‌گویند.

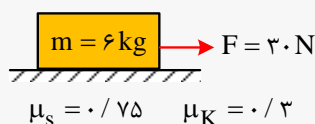
اگر نمودار نیروی اصطکاک را بر حسب نیروی F (نیروی وارده برای به حرکت درآوردن جسم) رسم کنیم، خواهیم داشت:



f_s با تغییر F از صفر تا $f_{s,max}$ افزایش می‌یابد و پس از حرکت نیروی اصطکاک برابر مقدار ثابت f_K می‌شود.

به تست بعدی دقت کنید تا درک بهتری از مطلب به‌دست بیاورید:

در شکل زیر نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود چند نیوتن است؟



پاسخ:

$$F_N = mg = 6 \times 10 = 60 \text{ N}$$

ابتدا $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم تا وضعیت حرکت یا عدم حرکت جسم تعیین شود:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0.75 \times 60 = 45 \text{ N}$$

مقدار F از $f_{s,max}$ کمتر است. بنابراین جسم ساکن می‌باشد و اصطکاک از نوع ایستایی بوده و هم‌اندازه F می‌باشد. به عبارتی:

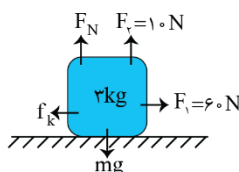
$$f_s = 30 \text{ N}$$

در نهایت:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{60^2 + 30^2} = 30\sqrt{5} \text{ (N)}$$

پاسخ تشریحی:

(الف)



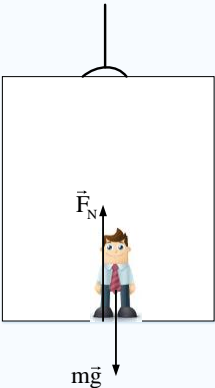
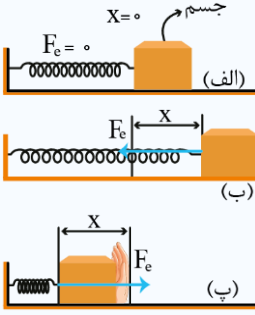
(ب)

$$F_N = mg - F_1 = 3 \times 10 - 10 = 20 \text{ N (0.75)}$$

$$F_1 - f_k = ma \Rightarrow F_1 - \mu_K \times F_N = ma \text{ (0.75)} \Rightarrow 60 - 0.7 \times 20 = 3 \times a \Rightarrow 56 = 3a$$

$$\Rightarrow a = \frac{56}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ (0.75)}$$

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

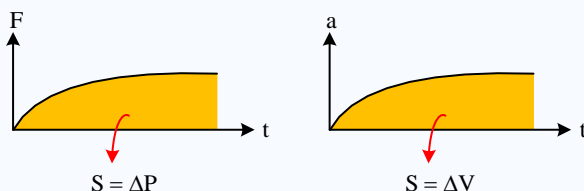
| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------|------------|-------------------|-------------------------------|-----------|------------------|------|
| ۷ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>قوانین نیوتون بخاطر توجهی که در کنکور سراسری بهش شده، میتونه این بار شانس طرح شدن در امتحانات نهایی رو داشته باشه ولی دقیقا به شکلی که در این سوال براتون بررسی کردیم .</p> <p>نکته:</p> <p>طبق قانون سوم نیوتون هر علمی، عکس‌العملی دارد هم‌اندازه و هم‌راستا و در خلاف جهت هم. به عبارتی داریم:</p> $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \text{ (عکس‌العمل) و } \vec{F}_{12} = \vec{F}_{21} $ <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>آب به هنگام خروج از فواره نیرویی خلاف جهت حرکتش به فواره وارد کرده و فواره شروع به چرخش می‌کند. (۰/۲۵) قانون سوم نیوتون (۰/۲۵)</p> | ۰/۵ | | | | | | | | | |
| ۸ | <p>مشاوره نامه</p> <p>در فصل دوم دو نکته مهم وجود داره، یکی فنر و یکی هم آسانسور اگر قراره در امتحان نهایی و کنکور به نتیجه عالی بدست بیاری، روی این دو موضوع باید مسلط باشی. هم راحت هستن و هم با تمرین میتونید خودتون رو از بابت این جور سوالات راحت کنید.</p> <p>بررسی حرکت‌های مختلف آسانسور:</p> <p>مطابق شکل فرض کنید شخصی به جرم m درون یک آسانسور قرار دارد، حالت‌های مختلفی که برای حرکت آسانسور وجود دارد، در ادامه بررسی می‌کنیم:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1"> <tr> <td>حرکت آسانسور:</td><td>نیروی عمودی سطح:</td><td>نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد:</td></tr> <tr> <td>سرعت ثابت</td><td>$F_N = mg$</td><td>$F_N = F'_N = mg$</td></tr> <tr> <td>وقتی کابل آسانسور پاره می‌شود</td><td>$F_N = 0$</td><td>$F_N = F'_N = 0$</td></tr> </table> <p>نیروی کشسانی فنر:</p> <p>اگر به یک فنر نیرویی وارد کنیم تا از طول عادی کشیده یا فشرده شود، در فنر نیرویی ایجاد می‌شود که می‌خواهد فنر را به حالت عادی برگرداند؛ که به آن نیروی کشسانی فنر می‌گوییم. (مطابق شکل روبه‌رو)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>نیروی کشسانی فنر از قانون هوک پیروی می‌کند و با اندازه تغییر طول آن (x) رابطه مستقیم دارد و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:</p> $F_e = kx$ | حرکت آسانسور: | نیروی عمودی سطح: | نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد: | سرعت ثابت | $F_N = mg$ | $F_N = F'_N = mg$ | وقتی کابل آسانسور پاره می‌شود | $F_N = 0$ | $F_N = F'_N = 0$ | ۰/۲۵ |
| حرکت آسانسور: | نیروی عمودی سطح: | نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد: | | | | | | | | | |
| سرعت ثابت | $F_N = mg$ | $F_N = F'_N = mg$ | | | | | | | | | |
| وقتی کابل آسانسور پاره می‌شود | $F_N = 0$ | $F_N = F'_N = 0$ | | | | | | | | | |

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|--|------|
| | <p>نکته:</p> <p>در این رابطه x اندازه تغییر طول فنر بر حسب متر، F_e اندازه نیروی کشسانی فنر بر حسب نیوتون و k ثابت فنر بر حسب $\frac{N}{m}$ است.</p> <p>پاسخ تشریحی: (صفحه ۴۴)</p> $F_e - mg = ma$ $kx = m(g + a) \quad (۰/۲۵)$ $۴۰x = ۲ \times ۱۲$ $x = \frac{۲۴}{۴۰} = ۰/۶ \text{ cm} \quad (۰/۲۵)$ $x = \ell - \ell_0$ $\ell_0 = ۲۰/۶ \text{ cm} \quad (۰/۲۵)$ | |
| ۹ | <p>مشاوره نامه</p> <p>انتظار همچنین سوالی رو حتما داشته باشید که با جاهای خالی مجبور شین کل فصل رو مرور کنید تا بتونید به سوالاتش جواب بدین. هر کدام از موارد شانس شدن دارن پس حواستون بهشون باشه.</p> <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>الف) بزرگی (صفحه ۳۶) (۰/۲۵) ب) وارون (صفحه ۵۴) (۰/۲۵) پ) مماس (صفحه ۴۷) (۰/۲۵) ت) کاهش (صفحه ۵۶) (۰/۲۵)</p> | ۱ |
| ۱۰ | <p>مشاوره نامه</p> <p>یکی از سوالات محتمل برای امتحان نهایی، سوالات پرسش و پاسخ مثل همین تندی حدی هستن که نشون میده باید مفاهیم رو دقیق یادگرفته باشید.</p> <p>بعد از اون اومدیم به مسئله هم از این مفهوم قرار دادیم.</p> <p>به نظر سوال خوبی برای طرح شدن در امتحان نهایی شما هست !</p> <p>درسنامه</p> <p>در یک پرش آزاد نمودار سرعت بر حسب زمان برای چتر باز به صورت زیر است که در هر مرحله رابطه بین نیروی مقاومت هوا و وزن چتر و چتر باز به صورت زیر است. (f_D نیروی مقاومت هوا و mg وزن چتر و چتر باز است.)</p> <p>A : $f_D < mg$ B : $f_D = mg$ C : $f_D > mg$ D : $f_D = mg$</p> <p>بدیهی است که بعد از پرش حرکتش تندشونده است تا به تندی حدی خود برسد و بعد از باز کردن چتر، حرکتش کندشونده شده تا به تندی حدی دوم برسد.</p> <p>تکانه:</p> <p>یک کمیت برداری است و برابر با حاصل ضرب جرم در سرعت است. تکانه قدرت جسم برای ضربه زدن را بیان می کند.</p> <p>هر چقدر تکانه یک جسم بیش تر باشد متوقف کردن آن جسم سخت تر است.</p> $\vec{P} = m\vec{v}$ | ۱ |

مقایسه رابطه تکانه و قانون دوم نیوتون:

از مقایسه دو رابطه می‌توان نتیجه گرفت که هر رابطه‌ای که در فصل حرکت بین سرعت و شتاب برقرار باشد همان رابطه بین تکانه و نیرو در فصل دینامیک نیز برقرار است.

| دینامیک | حرکت |
|---|---|
| $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ | $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ |



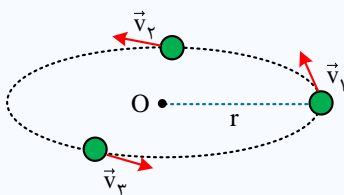
ΔP تغییرات اندازه حرکت است و برابر با سطح زیر نمودار نیرو - زمان است.

$$\Delta \vec{P} = \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

قانون دوم نیوتون به بیان اندازه حرکت:

نیرو برابر با تغییرات اندازه حرکت در واحد زمان است.

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$



پاسخ تشریحی:

الف) برای جسمی که در هوا سقوط می‌کند، اگر نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن جسم برابر شود، جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی به حرکت خود ادامه می‌دهد. (صفحه ۳۶) (۰/۵)
ب)

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (۰/۲۵)$$

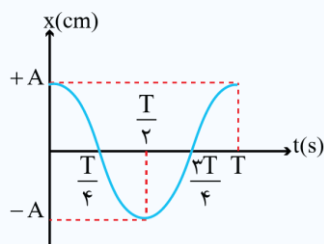
$$F_{av} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$F_{av} = \left| \frac{6 \cdot (0 - 5)}{0.2} \right| = |-1500| = 1500 \text{ N} \quad (۰/۲۵)$$

مشاوره نامه

حرکت هماهنگ ساده رو با بخش معادله مکان-زمان و انرژی شروع می‌کنیم چون حدس می‌زنیم که قرار از این به بعد یکی از سوالات اصلی امتحان نهایی رو به خودش اختصاص بده. هر نکته‌ای لازمه بدونی از نمودار گرفته تا مفاهیم در این درسنامه براتون قرار دادیم.

معادله مکان-زمان در حرکت هماهنگ ساده:



$$x = A \cos(\omega t)$$

بسامد زاویه‌ای $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$



| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

توجه:

۱) بسامد زاویه‌ای نوسانگر است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

- بیشینه تندی یک نوسانگر هماهنگ ساده که با دامنه A و بسامد زاویه‌ای ω نوسان می‌کند، برابر است با:

$$V_{\max} = A\omega$$

- در حرکت هماهنگ ساده انرژی جنبشی جسم نوسان‌کننده برابر است با:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

که در آن m جرم جسم و v تندی آن است.

انرژی جنبشی جسم نوسان‌کننده به‌هنگام عبور از نقطه تعادل، بیشینه و به‌هنگام قرار گرفتن در نقاط بازگشت برابر صفر است.
- در حرکت هماهنگ ساده سامانه جرم - فنر، انرژی پتانسیل ذخیره شده در آن از نوع کشسانی است. هرچه نوسانگر از وضع تعادلش دورتر شود، انرژی پتانسیل آن بیشتر می‌شود. انرژی پتانسیل سامانه نوسان‌کننده به‌هنگام عبور از نقطه تعادل، صفر و به‌هنگام قرار گرفتن در نقاط بازگشت بیشینه است.

- در حرکت هماهنگ ساده چون از نیروهای تلف‌کننده انرژی چشم‌پوشی می‌کنیم انرژی مکانیکی آن ثابت است:

$$E = K + U = \text{ثابت} \quad \text{و} \quad E = \frac{1}{2}KA^2$$

بدیهی است، در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل و جنبشی باهم برابرند، سهم هریک از کل انرژی مکانیکی، نصف انرژی مکانیکی است، یعنی در این لحظه، داریم:

$$\begin{cases} U = K = \frac{1}{2}E \\ v = \pm \frac{\sqrt{2}}{2}v_{\max} \\ x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2}A \end{cases}$$

تذکر: بدیهی است که در مرکز نوسان، انرژی پتانسیل صفر و انرژی جنبشی بیشینه است. یعنی:

$$\begin{cases} x = 0 \Rightarrow U = 0 \\ K_{\max} = E = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \end{cases}$$

و در نقاط بازگشتی، یعنی $x = \pm A$ ، انرژی جنبشی صفر است و داریم:

$$\begin{cases} x = \pm A \Rightarrow K = 0 \\ U_{\max} = E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 \end{cases}$$

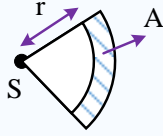
پاسخ تشریحی:

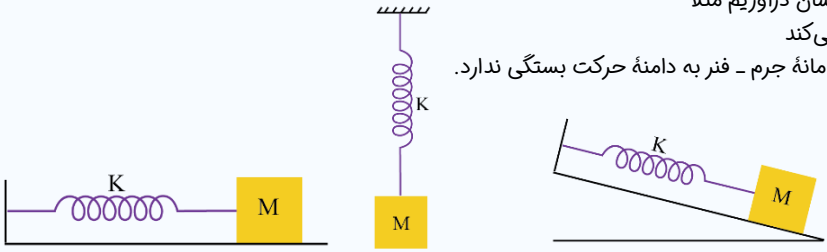


$$\text{الف) } \omega = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(\text{rad})}{2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 0.1 \text{ s } (0.1 \text{ s})$$

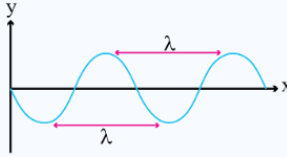
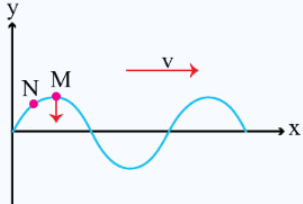
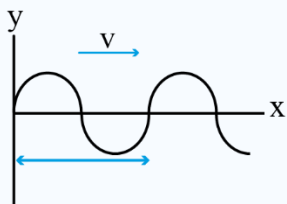
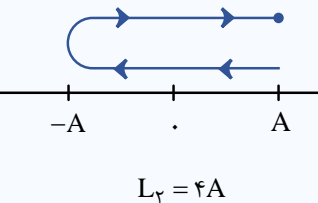
$$t = \frac{T}{4} = \frac{0.1 \text{ s}}{4} = 0.025 \text{ s } (0.025 \text{ s})$$

$$\text{ب) } t_2 = \frac{T}{2} = \frac{0.1 \text{ s}}{2} = 0.05 \text{ s } (0.05 \text{ s})$$

$$\text{پ) } E = K + U \Rightarrow E = 2K \quad (0.1 \text{ s}) \Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2 \cdot \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A \quad (0.1 \text{ s})$$

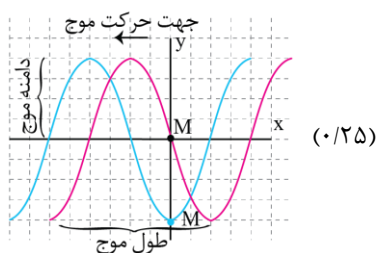
| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|--|------|
| | $v = \frac{\sqrt{2}}{2} \omega A \xrightarrow{A=0.05\text{ m}} v = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(20 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \times 0.05 \text{ m} \Rightarrow v = 0.5 \pi \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0.25)$ | |
| ۱۲ | <p>مشاوره نام:</p> <p>سوالات صوت همیشه همه جا هستن، چه در کنکور و چه در نهایی!</p> <p>نکته</p> <p>- شدت صوت یک کمیت فیزیکی است و برابر با متوسط مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان به طور عمود بر سطح می‌گذرد:</p> $I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{E}}{t.A}$  <p>به دلایلی شدت صوت معیار مناسبی برای سنجش بلندی صدا نیست و معمولاً از لگاریتم این کمیت استفاده می‌شود و کمیتی به نام تراز شدت صوت تعریف می‌شود که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:</p> $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ <p>در رابطه بالا β تراز شدت صوت، I شدت صوت و I_0 شدت صوت مبنا است. شدت صوت مبنا برابر $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است و در سؤالات در صورت نیاز به شما داده خواهد شد، واحد تراز شدت صوت «بل» نام دارد، اما چون «بل» واحد بزرگی است معمولاً به جای آن از واحد دسی‌بل (dB) استفاده می‌کنیم. برای این کار کافی است مقدار تراز شدت صوت برحسب «بل» را در ۱۰ ضرب کنید.</p> <p>مثال:</p> <p>شدت صوت یک هواپیما برابر $0.1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است، تراز شدت صوت آن چند دسی‌بل است؟ ($I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)</p> $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{0.1}{10^{-12}} = 110 \text{ dB}$ <p>برای مقایسه دو تراز شدت صوت می‌توانیم از رابطه زیر کمک بگیریم:</p> $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \Delta \beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ <p>مثال:</p> <p>اگر شدت صوتی ۱۰ برابر شود، تراز شدت صوت آن چگونه تغییر می‌کند؟</p> $\Delta \beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log 10 = 10 \text{ dB}$ <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>(الف)</p> $I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{30}{4 \times 3 \times 25} = 0.1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (0.25)$ <p>(ب)</p> $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{0.1}{10^{-12}} = 10 \log 10^{11} = 110 \text{ dB} \quad (0.25)$ <p>(0.25)</p> | |

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|--|------|
| ۱۳ | <p>مشاوره نامه</p> <p>سامانه جرم - فنر و آونگ که هر دو بخش مهمی از فصل سوم کتاب درسی رو به خودشون اختصاص میدن و شانس بسیار بالایی وجود داره که یکیشون در امتحان نهایی خودش رو نشون بده. ما براتون سامانه جرم - فنر رو کامل بررسی کردیم.</p> <p>درسنامه</p> <p>آزمایش‌ها نشان می‌دهد که هرگاه یک وزنه را به انتهای فنری متصل کرده و سامانه را به نوسان درآوریم، سامانه با دوره مشخصی نوسان می‌کند که این دوره به دو عامل بستگی دارد. (۱) دوره با جذر جرم فنر نسبت مستقیم دارد. (۲) دوره با جذر ثابت فنر نسبت وارون دارد.</p> <p>رابطه دوره سامانه جرم - فنر به صورت روبه‌رو است:</p> $T \propto \sqrt{m}$ $T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ <p>m جرم متصل به فنر بر حسب (kg) k ثابت فنر بر حسب $(\frac{N}{m})$</p> <p>و بسامد زاویه‌ای سامانه جرم - فنر خواهد شد:</p> $\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ <p>ω و T برای سامانه جرم - فنر به جز m و k به هیچ چیز وابسته نیستند.</p> <p>نکته مهم این است که روابط بیان شده برای دوره و بسامد زاویه‌ای سامانه جرم - فنر در هر حالتی صادق است یعنی در تمام شکل‌های زیر دوره و بسامد زاویه‌ای برای فنر و جرم معین مقدار یکسانی است. و اگر یک سامانه جرم - فنر را در هر مکانی به نوسان درآوریم مثلاً در یک ماهواره و یا در کره ماه، دوره آن تغییر نمی‌کند از طرفی دوره تناوب، بسامد و بسامد زاویه‌ای سامانه جرم - فنر به دامنه حرکت بستگی ندارد.</p>  <p>پاسخ تشریحی:</p>  $mg = 20 \text{ N}, \quad x = 0.2 \text{ m}$ $F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{20 \text{ N}}{0.2 \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}} (0.5)$ $mg = \Delta N \Rightarrow m = \frac{\Delta N}{10 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)} = 0.5 \text{ kg} (0.25)$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.5}{100}} = 0.44 \text{ s} (0.5)$  | ۱/۲۵ |
| ۱۴ | <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>الف) کم‌تر (صفحه ۹۵) (۰/۲۵)</p> <p>ب) متفاوت (صفحه ۸۱) (۰/۲۵)</p> <p>پ) واداشته (صفحه ۶۸) (۰/۲۵)</p> <p>ت) دارند (صفحه ۶۹) (۰/۲۵)</p> | ۱ |

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|---|------|
| ۱۵ | <p>مشاوره نامه:</p> <p>یکی از سوالات ابتکاری که در تمرین‌های آخر فصلتون اومده به نظر میرسه شانس بسیار زیادی هم برای نهایی و هم کنکور داره.</p> <p>پاسخ تشریحی:</p> <p>اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب)، تجمع جبهه‌های موج در جلوی آن بیش‌تر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن روبه‌روی آن طول موج کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.</p> <p>چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. الف $f > f_0$</p> <p>با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم.</p> <p>چشمه از ناظر دور می‌شود. الف $f < f_0$</p> <p>در حالت (ت) ناظر از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود.</p> <p>ناظر از چشمه دور می‌شود. الف $f < f_0$</p> <p>در حالت (ث) ناظر به سمت چشمه حرکت می‌کند و با جبهه‌های موج بیش‌تری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است.</p> <p>ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. الف $f > f_0$</p> | ۱ |
| ۱۶ | <p>مشاوره نامه</p> <p>یه سوال خوب و مفهومی از موج عرضی که حتی اگر در نهایی هم مطرح نشه ولی درک شما رو از این نوع موج‌ها به شدت افزایش میده و حسابی بهتون کمک می‌کنه!</p> <p>طول موج:</p> <p>به پیش‌روی موج در مدت یک دوره تناوب، طول موج گفته می‌شود و آن را با نماد λ نشان می‌دهیم:</p> $\lambda = vT = \frac{v}{f}$ <p>فاصله هر دو قله موج متوالی یا هر دو دره متوالی برابر یک طول موج است:</p>  <p>– هنگامی که موجی در یک محیط انتشار می‌یابد، هر جزء محیط، حرکت جزء قبلی خود را تقلید می‌کند و به همین دلیل است که انرژی از یک نقطه از محیط به نقطه دیگر انتقال می‌یابد. بعنوان مثال در شکل زیر که نقش یک موج عرضی در لحظه t است، جهت حرکت ذره M مشابه جهت حرکت ذره قبل از خود یعنی N است و به عبارت دیگر رو به پایین است:</p>  <p>مقدار مسافتی که موج در مدت یک دوره می‌پیماید برابر طول موج است و $(L_1 = \lambda)$ و مقدار مسافتی که ذرات نوسان‌کننده محیط می‌پیمایند برابر $L_2 = 4A$ است.</p>   | ۰/۷۵ |

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

پاسخ تشریحی:
(الف)



ب) $\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 5/0 \text{ cm} = \frac{10 \text{ cm}}{f} \Rightarrow f = 2 \text{ Hz} (0/25)$

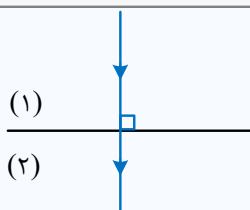
پ) $L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow L = \frac{5 \text{ cm}}{4} = 1/25 \text{ cm} (0/25)$

مشاوره نامه

یکی از سوالات امتحان نهایی مطمئناً سوالات مربوط به شکست امواج هست و این درسنامه‌ای که براتون قرار دادیم قراره بدون شک در امتحان نهایی ارزش استفاده کنه.

درسنامه

در مورد شکست نور و عبور آن از یک محیط به محیط دیگر به نکات زیر توجه کنید:
(۱) بسامد نور با عبور از یک محیط به محیط دیگر تغییر نمی‌کند.



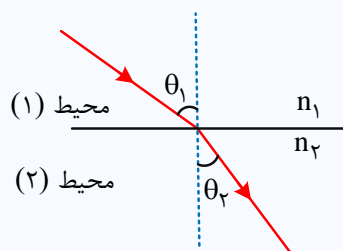
(۲) تندی حرکت نور با تغییر محیط عوض می‌شود به گونه‌ای که هر چه ضریب شکست محیط بیشتر باشد (محیط غلیظتر باشد)، تندی حرکت نور کمتر خواهد بود.

$$v \propto \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

(۳) با توجه به این که با تغییر محیط، سرعت نور تغییر می‌کند، طول موج هم عوض می‌شود و با ضریب شکست محیط رابطه عکس دارد:

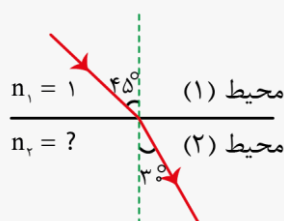
$$\begin{cases} f \text{ ثابت} \\ v \propto \frac{1}{n} \end{cases} \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

(۴) هنگام عبور نور از یک محیط به محیط دیگر، رابطه زیر بین زاویه‌های تابش و شکست برقرار است.



$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

مثال:



در شکل مقابل، سرعت نور در محیط (۲) چند متر بر ثانیه است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

پاسخ: با توجه به این که $n_1 = 1$ است، سرعت نور در محیط (۱) برابر $v_1 = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است. در ادامه به راحتی و با کمک رابطه زیر، تندی نور در محیط (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}}} = \frac{v_2}{3 \times 10^8} \Rightarrow v_2 = \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

پاسخ تشریحی:

الف) در محیط (۱)، (۰/۲۵) چون هرچه تندی جبهه‌های موج در محیطی کمتر باشد، فاصله بین جبهه‌های موج در آن محیط کمتر است و در نتیجه طول موج کمتر خواهد بود. از آنجایی که فاصله بین جبهه‌های موج در محیط ۱ بیش‌تر است، پس موج منتشر شده در این محیط، طول موج بیش‌تری دارد و تندی جبهه‌های آن بیش‌تر است. (۰/۲۵)

ب) بسامد (f) موج منتشر شده با عبور از مرز بین دو محیط تغییر نمی‌کند. بنابراین، رابطه بین طول موج و تندی انتشار جبهه‌های موج در دو محیط به صورت زیر است.

$$v_1 = \lambda_1 f \text{ (موج فرودی) و } v_2 = \lambda_2 f \text{ (موج عبوری) (۰/۲۵)}$$

در نهایت نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

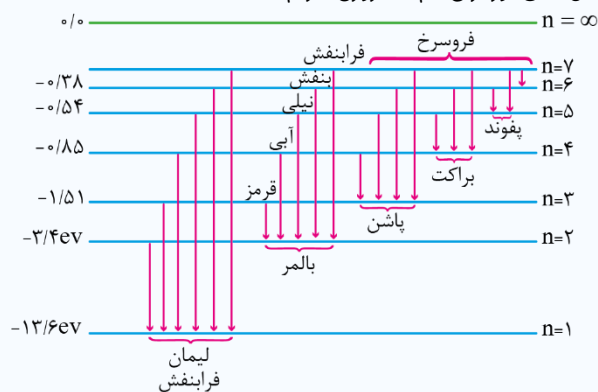
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2 f}{\lambda_1 f} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\text{فاصله بین دو جبهه موج عبوری}}{\text{فاصله بین دو جبهه موج فرودی}} \text{ (۰/۲۵)}$$

مشاوره‌نامه:

اتم هیدروژن به شدت مهمه و شک نکنید اسمش رو در آزمونتون خواهید دید. پس حسابی بررسیش کنید.

نکته

با توجه به شکل زیر در گذارهای الکترون در مدل اتمی بور برای اتم هیدروژن داریم:



الکترونی که در تراز n اتم هیدروژن قرار دارد با انتقال به ترازهای پایین‌تر امکان گسیل فوتون $\frac{n(n-1)}{2}$ برای انرژی‌های متفاوت را دارد.

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

پاسخ تشریحی:

الف) با فرض این که تمام گذارها ممکن باشد، برای این که الکترونی از تراز $n = 6$ به $n = 1$ برود، باید تمامی گذارهای بین ترازهای میانی را هم به حساب آورد:

$$n_1 = 6 \begin{cases} n_2 = 5 \\ n_2 = 4 \\ n_2 = 3 \\ n_2 = 2 \\ n_2 = 1 \end{cases} \quad n_1 = 5 \begin{cases} n_2 = 4 \\ n_2 = 3 \\ n_2 = 2 \\ n_2 = 1 \end{cases} \quad n_1 = 4 \begin{cases} n_2 = 3 \\ n_2 = 2 \\ n_2 = 1 \end{cases} \quad (0/5)$$

$$n_1 = 3 \begin{cases} n_2 = 2 \\ n_2 = 1 \end{cases} \quad n_1 = 2 \Rightarrow n_2 = 1$$

در مجموع ۱۵ حالت گذار مختلف با ۱۵ نوع فوتون با انرژی مختلف داریم و یا انتخاب ۲ حالت مانا از بین ۶ حالت مانا:

$$\binom{6}{2} = \frac{6 \times 5}{2} = 15 \text{ حالت } (0/25)$$

ب) اگر فقط گذارهای $\Delta n = 1$ مجاز باشد، آن وقت الکترون پس از هر گذار یک تراز انرژی پایین می آید و در این حالت فقط ۵ گذار داریم. (0/25)

0/25

۱۹

مشاوره نامه

استفاده از معادله ریذبرگ در امتحان نهایی یا کنکور تون به طورایی قابل پیش بینی و حتمیه! پس ارزش غافل نشین و حتی شده شب قبل امتحان هم به مروری ارزش داشته باشین.

معادله ریذبرگ

ریذبرگ با بررسی بیشتر طیف اتم هیدروژن، رابطه نهایی زیر را برای طول موجهای مختلف اتم هیدروژن به دست آورد:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

R یک ثابت فیزیکی به نام ثابت ریذبرگ برای اتم هیدروژن است.

در جدول زیر سریهای مربوط به طول موجهای اتم هیدروژن نوشته شده است. هر سری به نام یک دانشمند نام گذاری شده است.

| نام رشته | مقدار n' | رابطه ریذبرگ مربوط | مقدارهای n | گستره طول موج |
|----------|------------|--|----------------------|----------------|
| لیمان | $n' = 1$ | $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 2, 3, 4, \dots$ | فرابنفش |
| بالمر | $n' = 2$ | $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 3, 4, 5, \dots$ | فرابنفش و مرئی |
| پاشن | $n' = 3$ | $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 4, 5, 6, \dots$ | فروسرخ |
| براکت | $n' = 4$ | $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 5, 6, 7, \dots$ | فروسرخ |
| پفوند | $n' = 5$ | $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | $n = 6, 7, 8, \dots$ | فروسرخ |

نکته:

اختلاف بلندترین و کوتاهترین طول موج در هر رشته را گستره طول موجهای آن رشته می نامند.

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

پاسخ تشریحی:

۱- بلندترین طول موج رشته پاشن مربوط به گذار $n = 4$ به $n' = 3$ است:

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{7R}{144} \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{144}{7R} \quad (0/25)$$

۲- کوتاهترین طول موج رشته پاشن مربوط به گذار $n = \infty$ به $n' = 3$ است:

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{R}{9} \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{9}{R} \quad (0/25)$$

۳- گستره طول موج یعنی اختلاف بلندترین و کوتاهترین طول موج را حساب می‌کنیم:

$$\lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \frac{144}{7R} - \frac{9}{R} = \frac{11}{7R} \quad R = \frac{1}{9 \times 10^8} \text{ nm}^{-1} \rightarrow \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \frac{11}{7} \times 9 \times 10^8 = 1414 \text{ nm}$$

$$\rightarrow \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = 1414 \mu\text{m} \quad (0/25)$$

مشاوره نامه

یکی از سوالاتی که ممکنه از فصل آخر کتاب درسی مطرح بشه و شکل و متن کتاب رو مورد هدف قرار بده مبحث لیزر، برای همین ما هم با به سوال کامل و درسنامه کامل‌تر! همه چیز رو برات جمع‌بندی کردیم.

لیزر:

لیزر یکی از مهم‌ترین اختراعات قرن بیستم است، که کاربردهای زیادی در صنعت و پزشکی دارد. از جمله مهم‌ترین این کاربردها عبارتند از:

(۱) استفاده در چاپگرها (پرینتر لیزری) در کپی اطلاعات روی CD و DVD و خواندن اطلاعات

(۲) شبکه‌های کابل نوری

(۳) اندازه‌گیری دقیق طول

(۴) در جوشکاری و برشکاری فلزات

(۵) در پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی

چگونگی ایجاد لیزر

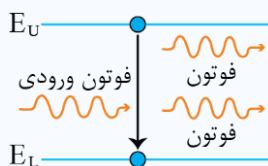
همان طور که می‌دانید هنگامی که الکترون از تراز انرژی بالاتر (E_U) به تراز انرژی پایین‌تر می‌آید، فوتون گسیل می‌کند. به طور کلی انتقال الکترون

به دو صورت می‌تواند باعث گسیل فوتون شود:

الف) گسیل خودبه خودی: هنگامی که الکترون به صورت خودبه‌خودی از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر می‌آید، گسیل خودبه‌خودی صورت می‌گیرد. در گسیل خودبه‌خودی فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.



ب) گسیل القایی: اگر به الکترونی که در حالت برانگیخته قرار دارد فوتونی با انرژی مناسب بتابد، الکترون تحریک شده و به مدار انرژی پایین‌تر می‌رود و فوتونی گسیل می‌کند که به این پدیده گسیل القایی می‌گویند. برای روی دادن گسیل القایی باید انرژی فوتون ورودی دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد.



در گسیل القایی سه ویژگی اصلی وجود دارد:

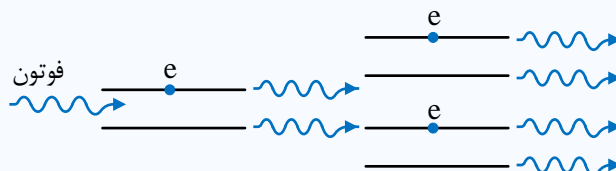
(۱) یک فوتون جذب و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب تعداد فوتون‌ها افزایش یافته و نور تقویت می‌شود.

نکته: در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد که به آن وارونی جمعیت گفته می‌شود. وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند. این زمان طولانی تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

(۲) فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

۳) فوتون گسیل شده با فوتون ورودی هم گام یا هم فاز است. اساس کار لیزرها گسیل القایی است. فرض کنید مطابق شکل زیر، به یک اتم برانگیخته فوتونی با انرژی مناسب بتابانیم، همان طور که گفتیم در این فرایند دو فوتون مشابه به وجود می آید. حال اگر هر یک از این فوتونها به دو اتم برانگیخته دیگر بتابند، ۴ فوتون مشابه ایجاد می شود و اگر این فرایند ادامه پیدا کند، مجموعه ای از فوتون هایی هم بسامد، هم فاز و هم جهت به وجود می آیند که باریکه لیزر را تشکیل می دهند.



به تست کنکور تجربی سال ۹۶ دقت کنید شاید همین در امتحان نهایی کمکتون کنه!

مثال:

کدام یک از موارد زیر از کاربردهای لیزر است؟

- (۱) عکاسی در هوای مه آلود و تاریک
(۲) استفاده در اجاق های مایکروویو
(۳) برش فلزات
(۴) ضد عفونی کردن تجهیزات پزشکی
- پاسخ: گزینه ۳
برش فلزات یکی از کاربردهای لیزر می باشد.

تعداد فوتون های گسیل شده از لیزر:

اگر توان خروجی یک لیزر برابر P باشد، برای به دست آوردن تعداد فوتون هایی که در مدت t ثانیه از این لیزر گسیل می شوند، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\left. \begin{array}{l} E = P \cdot t \\ E = nhf \end{array} \right\} \Rightarrow Pt = nhf \Rightarrow n = \frac{Pt}{hf}$$

P ← توان خروجی لیزر بر حسب وات (W)

h ← ثابت پلانک بر حسب ژول ثانیه (J.s)

n ← تعداد فوتون های گسیل شده از لیزر در مدت t ثانیه

t ← زمان بر حسب ثانیه (s)

f ← بسامد بر حسب هرتز (Hz)

به مثال زیر دقت کنید:

مثال:

اگر توان یک باریکه لیزری $6/6 \times 10^{-4}$ وات و طول موج آن $6/6$ میکرون باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لیزر گسیل می شود؟

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \text{ و ثابت پلانک } J.s = 6/6 \times 10^{-34} \text{ فرض شود.}$$

پاسخ:

$$\text{به کمک فرمول } n = \frac{Pt}{h \frac{c}{\lambda}} \text{، تعداد فوتون را محاسبه می کنیم:}$$

$$n = \frac{6/6 \times 10^{-4} \times 1}{6/6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{6/6 \times 10^{-6}}} = \frac{10^{-4}}{10^{-34} \times 5 \times 10^{14}} = 2 \times 10^{15}$$

| ردیف | پاسخنامه | نمره |
|------|----------|------|
|------|----------|------|

پاسخ تشریحی:

(الف) وقتی اتم‌ها (الکترون‌ها) در حالت پایه باشند و برانگیخته نشده‌اند به این حالت می‌گوییم اتم در وضعیت معمول است. (۰/۲۵)
 (ب) با تابش فوتون‌هایی که انرژی آن‌ها برابر اختلاف انرژی دو تراز E_L و E_U ($E_U - E_L = hf$) است، الکترون از تراز E_L به تراز E_U برانگیخته می‌شوند و این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا حالت پایه با این فرایند تخلیه و جمعیت تراز بالاتر خیلی زیاد شود و وارونی جمعیت پیش می‌آید.

انرژی توسط یک چشمه انرژی خارجی مناسب تامین می‌شود. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های الکتریکی ولتاژ بالا تامین شود. (۰/۵)

(پ) وارونی جمعیت در یک محیط لیزر مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه‌پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیش‌تر باشند. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌ماند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیش‌تری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند. (۰/۵)

(ت) اگر فوتونی با انرژی ورودی ($E_U - E_L = hf$) به اتم برانگیخته وارد شود، گسیل القایی رخ می‌دهد. (۰/۲۵)
 (ث) گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد.

اول این‌که یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند.
 دوم این‌که فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.
 سوم این‌که فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است.
 به این ترتیب فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند. (۰/۷۵)

مشاوره‌نامه:

حداکثر این‌که قطعاً با مدل اتمی بور در آزمون نهایی رو به رو بشیم، پس بیاین برای آخرین سوال با هم خوب بررسیش کنیم.

مدل بور:

بور مدل اتمی خود را بر مبنای سه اصل مطرح کرد:

اصل ۱: مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند. طبق مدل بور شعاع مدارها در اتم هیدروژن به کمک رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$r_n = a \cdot n^2$$

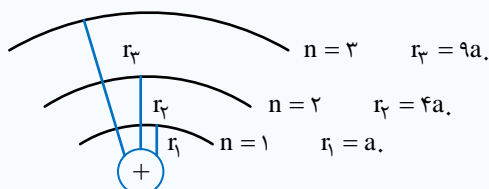
r_n ← شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن بر حسب متر (m)

a ← شعاع کوچک‌ترین مدار در اتم هیدروژن که به آن شعاع بور نیز می‌گویند. ($a = 5/29 \times 10^{-11} \text{ m}$)

n ← شماره مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

نکته:

با توجه به مدل بور شعاع لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به صورت شکل زیر است. همان‌طور که می‌بینید با افزایش n فاصله شعاع لایه‌ها افزایش می‌یابد. طبق مدل بور انرژی الکترون در مدارهای اتم هیدروژن به کمک رابطه زیر به دست می‌آید:



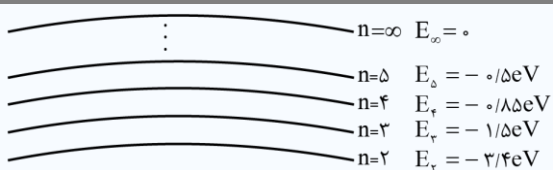
$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \quad (\text{ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن})$$

E_n ← انرژی الکترون در هر لایه از اتم هیدروژن بر حسب ژول یا الکترون‌ولت

E_R ← انرژی الکترون در اولین مدار اتم هیدروژن ($E_R = 13/6 \text{ eV}$)

n ← شماره مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

نکته:



با توجه به مدل بور انرژی الکترون در لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به صورت شکل روبه‌رو است. همان طور که می‌بینید با افزایش n فاصله انرژی لایه‌ها کاهش می‌یابد.

نکته: توصیه می‌کنیم برای سرعت در پاسخ‌گویی به سؤالات این قسمت، انرژی الکترون در پنج لایه اول را به خاطر بسپارید.

اصل ۲: وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

در اتم هیدروژن انرژی مورد نیاز برای انتقال الکترون از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیخته ($n=\infty$) برابر $13/6 \text{ eV}$ است. صرف این مقدار انرژی باعث جدا شدن الکترون از اتم می‌شود، به این انرژی در اصطلاح انرژی یونش می‌گویند. برای به دست آوردن انرژی یونش الکترون‌هایی که در لایه‌های مختلف اتم هیدروژن قرار می‌گیرند می‌توانیم به صورت روبه‌رو عمل کنیم:

$$\left. \begin{aligned} E_n &= \frac{-E_R}{n^2} \\ E_\infty &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta E = E_\infty - E_n = \frac{E_R}{n^2}$$

اصل ۳: الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می‌شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf$$

(معادله گسیل فوتون از اتم)

مثال:

الکترون در اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. انرژی لازم برای اینکه این الکترون از حالت پایه به اولین حالت برانگیخته جهش کند،

چند ژول است؟ ($E_R = 13/6 \text{ eV}$, $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

$$\Delta E = -E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) = -13/6 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right)$$

پاسخ: اولین حالت برانگیخته همان لایه $n=2$ می‌باشد. بنابراین:

$$= -13/6 \times -\frac{3}{4} = 10/2 \text{ eV} = 10/2 \times 1/6 \times 10^{-19} = 16/32 \times 10^{-19} \text{ J} = 1/632 \times 10^{-18} \text{ J}$$

پاسخ تشریحی:

$$r_n = a \cdot n^2 \Rightarrow r_2 = a \cdot 4 = 4a = 4 \times 5/29 \times 10^{-11} \text{ m} = 4/761 \times 10^{-10} \text{ (0/25)}$$

(الف)

$$E_n = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n^2} = \frac{-13/6 \text{ eV}}{4} = -3/4 \text{ eV (0/25)}$$

(ب)

$$E_2 = \frac{-13/6 \text{ eV}}{4^2} = -0/85 \text{ eV}$$

(ج)

حالت پایه برابر با $n=1$ است:

$$E_1 = \frac{-13/6 \text{ eV}}{(1)^2} = -13/6 \text{ eV}$$

$$E_{\text{فوتون}} = E_2 - E_1 = -0/85 - (-13/6) = 12/75 \text{ eV (0/25)}$$

$$E_{\text{فوتون}} = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{12/75 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6/63 \times 10^{-34}} \approx 3/1 \times 10^{15} \text{ Hz (0/25)}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3/1 \times 10^{15}} \approx 0/97 \times 10^{-7} \text{ m (0/25)}$$