



پایه دوازدهم ریاضی

آزمون های شبیه ساز امتحانات نهایی ماز



شبیه ساز امتحان نهایی



دفترچه سؤال

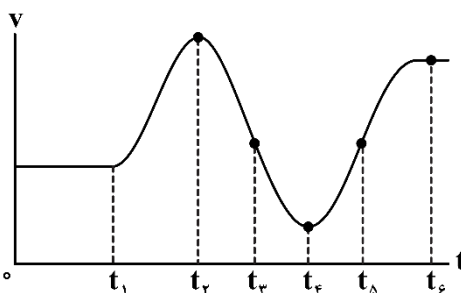
شنبه ۳ مردادماه ۱۴۰۵

جامع کل کتاب

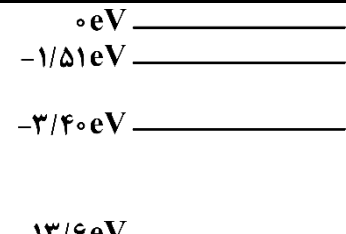
بودجه آزمون

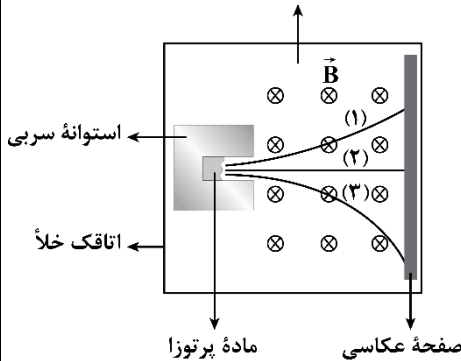
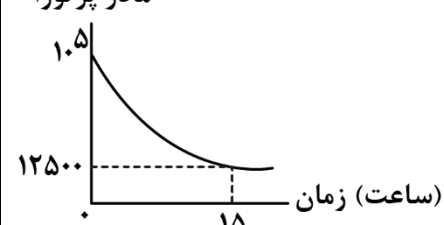
ردیف	درس	تعداد صفحه	زمان پاسخگویی
۱	فیزیک ۳	۴	۱۲۰ دقیقه

برای شباهت حداکثری به امتحانات نهایی، صفحه آرای، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون های تشریحی ماز، کاملاً یکسان با استاندارد امتحانات نهایی در نظر گرفته می شود.

سؤالات آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع:		نام و نام خانوادگی:	
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی				گروه آموزشی ماز			
ردیف	سؤالات (پاسخ برگ دارد)						نمره
۱	درستی یا نادرستی جمله های زیر را با کلمه های "درست" و "نادرست" در پاسخ برگ مشخص کنید. الف) شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان، برابر سرعت متوسط متحرک است. ب) نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. پ) عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است. ت) نظریه نسبیت عام، مربوط به مطالعه پدیده ها در تندی های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور است.						۱
۲	کلمه درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید. الف) عقربه تندی سنج خودرو (سرعت - تندی) لحظه ای را نشان می دهد. ب) جهت تکانه همان جهت (سرعت - شتاب) است. پ) وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، طول موج عبوری (کاهش - افزایش) می یابد. ت) اندازه گیری های دقیق نشان می دهد که جرم هسته از مجموع جرم پروتون ها و نوترون های تشکیل دهنده اش اندکی (بیشتر - کمتر) است.						۱
۳	در جمله های زیر، جاهای خالی را با کلمه های مناسب پر کنید. الف) اگر متحرکی روی خط راست حرکت کند و بردارهای سرعت و شتاب در خلاف جهت یکدیگر باشند، حرکت متحرک، است. ب) نیروی گرانشی میان دو ذره با دو ذره نسبت مستقیم دارد. پ) بازتاب وقتی رخ می دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. ت) آزمایش نشان می دهد که طیف خطی گسیل شده از گازهای مختلف و همچنین رنگ نور گسیل شده، به بستگی دارد.						۱
۴	شکل زیر، نمودار سرعت - زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. الف) جهت حرکت دوچرخه سوار را در بازه زمانی صفر تا t_6 تعیین کنید. ب) جهت شتاب دوچرخه سوار در هر یک از لحظه های t_3 و t_5 در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x؟ 						۰/۷۵
۵	متحرکی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x = +5m$ سرعت متحرک $+8 \frac{m}{s}$ و در مکان $x = -31m$ سرعت متحرک $-36 \frac{km}{h}$ است. الف) شتاب حرکت متحرک چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ب) پس از چند ثانیه متحرک از مکان $x = +5m$ به مکان $x = -31m$ می رسد؟						۱
صفحه ۱ از ۴							

سؤالات آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع:		نام و نام خانوادگی:	
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی				گروه آموزشی ماز			
ردیف		سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)					
نمره							
۶	نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور x با شتاب ثابت در حرکت است، مطابق شکل مقابل است. معادله مکان - زمان این متحرک را در SI بنویسید.						۰/۷۵
۷	گلوله A را در شرایط خلأ از ارتفاع h و بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. ۲ ثانیه بعد گلوله B را از ارتفاع $\frac{h}{4}$ و بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. اگر دو گلوله همزمان به سطح زمین برسند، مدت زمان سقوط گلوله A چند ثانیه است؟						۰/۷۵
۸	شخصی درون آسانسور روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در هر یک از حالت‌های زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می‌دهد، با وزن شخص مقایسه کنید. الف) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می‌کند، متوقف شود. ب) آسانسور با سرعت ثابت، به طرف پایین حرکت کند.						۰/۵
۹	مطابق شکل زیر، جسمی به جرم 5 kg به فنری با ثابت $200 \frac{N}{m}$ بسته شده است. اگر فنر را با نیروی $\vec{F}$ بکشیم، جسم روی سطح افقی با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ شروع به حرکت می‌کند. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح تماس برابر 0.2 باشد، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)						۱
۱۰	چتربازی به جرم 60 kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند و ناگهان نیروی مقاومت هوا به 1080 N افزایش می‌یابد. شتاب چترباز در این لحظه چند متر بر مربع ثانیه و جهت آن به کدام سمت است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)						۱
۱۱	پره یک بالگرد در هر دقیقه، 3000 دور می‌چرخد. اگر طول پره برابر 2 m باشد، تندی نوک پره چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi = 3$)						۰/۷۵
۱۲	نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی محور x مطابق شکل زیر، حول نقطه تعادل (O) بین دو نقطه M و N نوسان می‌کند. جرم وزنه متصل به فنر 200 g و ثابت فنر $125 \frac{N}{m}$ است و نوسانگر در لحظه $t = 0$ از نقطه M حرکت خود را از حال سکون آغاز می‌کند. الف) معادله حرکت این نوسانگر را در SI بنویسید. ب) بزرگی شتاب نوسانگر در نقطه P چند متر بر مربع ثانیه است؟						۱/۵
صفحه ۲ از ۴							

سؤالات آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع:		نام و نام خانوادگی:	
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی				گروه آموزشی ماز			
ردیف		سؤالات (پاسخ‌برگ دارد)					
نمره							
۱۳	الف) چرا وقتی آب را به درون ظرفی با دیواره‌های قائم مثل لیوان یا پارچ می‌ریزید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد، یعنی صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنوید؟ ب) تندی صوت در چند محیط مختلف در جدول مقابل، نشان داده شده است. دو نتیجه‌گیری از این جدول بنویسید.	محیط		تندی ($\frac{m}{s}$)		۰/۵	
		هوا ($20^{\circ}C$)		۳۴۳		۰/۵	
		آب ($0^{\circ}C$)		۱۴۰۲			
		آب ($20^{\circ}C$)		۱۴۸۲			
۱۴	الف) تراز شدت صوت در این نقطه چند دسی‌بل است؟ ($I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$) ب) اگر تندی صوت در هوا برابر $320 \frac{m}{s}$ باشد، فاصله بین یک تراکم و انبساط متوالی این موج صوتی چند متر است؟	بسامد صوتی $500 Hz$ و شدت صوت آن در یک نقطه از محیط برابر $\frac{W}{m^2} \cdot 10^{-8}$ است.					
۱۵	طول موج نوری در هوا $611 nm$ و در زجاجیه چشم برابر $470 nm$ است. ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1$)	۰/۷۵					
۱۶	در شکل زیر، ریسمان‌های A و B ، طول و چگالی خطی جرمی یکسانی دارند. اگر این ریسمان‌ها در بسامد تشدیدي یکسانی نوسان کنند، نیروی کشش ریسمان A چند برابر نیروی کشش ریسمان B است؟ 	۱/۲۵					
۱۷	الف) یک مورد از نارسایی‌های مدل اتمی بور را بنویسید. ب) انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، چه نام دارد؟	۰/۲۵ ۰/۲۵					
۱۸	هرگاه بر سطح فلزی، نوری با طول موج $400 nm$ بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌های گسیل شده برابر $5 eV$ است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکترن‌ها از سطح این فلز، چند هرتز است؟ ($hc = 1200 eV \cdot nm$ و $h = 4 \times 10^{-15} eV \cdot s$)	۱					
۱۹	شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. الف) کمترین طول موج فوتون گسیلی در گذار بین این ترازها تقریباً چند نانومتر است؟ ($hc = 1240 eV \cdot nm$) ب) اگر الکترون از تراز انرژی $1/51 eV$ به تراز انرژی $3/4 eV$ جهش کند، فوتون گسیل شده در کدام محدوده از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟ 	۱					
صفحه ۳ از ۴							

سؤالات آزمون شبهه ساز نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع:		نام و نام خانوادگی:	
آزمون شبهه ساز امتحان نهایی				گروه آموزشی ماز			
ردیف		سؤالات (پاسخ برگ دارد)					
نمره							
۲۰	الف) شکل زیر، طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوایی طبیعی α، β و γ را که درون میدان مغناطیسی یکنواخت منحرف می‌شوند، مشاهده کرد. با توجه به مسیر حرکت پرتوها، نوع پرتوهای (۱) و (۳) را مشخص کنید. ب) معادله واپاشی زیر را کامل کنید: ${}^{11}_{6}\text{C} \rightarrow {}^{11}_{3}\text{B} + \dots$ میدان مغناطیسی (عمود بر صفحه کاغذ به طرف داخل صفحه) 						
۲۱	شکل مقابل نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوای یک نمونه را بر حسب زمان نشان می‌دهد. پس از گذشت چند ساعت، ۷۵ درصد این نمونه واپاشیده می‌شود؟ تعداد هسته‌های مادر پرتوزا 						
۲۰	موفق باشید.						
	صفحه ۴ از ۴						



پایه دوازدهم ریاضی

آزمون‌های شبیه‌ساز امتحانات نهایی ماز



شبیه‌ساز امتحان نهایی



شنبه ۳ مردادماه ۱۴۰۵

پاسخبرگ فیزیک (۳)

برای شباهت حداکثری به امتحانات نهایی، صفحه‌آرایی، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون‌های تشریحی ماز، کاملاً یکسان با استاندارد امتحانات نهایی در نظر گرفته می‌شود.

آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک ۳	تعداد صفحه: ۵	رشته: ریاضی فیزیک	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	پایه دوازدهم	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی		گروه آموزشی ماز	

ردیف	پاسخ برگ	نمره
۱	الف) (ب) پ) (ت)	۱
۲	الف) (ب) پ) (ت)	۱
۳	الف) (ب) پ) (ت)	۱
۴	الف) (ب)	۰/۷۵
۵	الف) (ب)	۱

آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک ۳	تعداد صفحه: ۵	رشته: ریاضی فیزیک	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	پایه دوازدهم	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی		گروه آموزشی ماز	

ردیف	پاسخ برگ	نمره
۶		۰/۷۵
۷		۰/۷۵
۸	(الف) (ب)	۰/۵
۹		۱
۱۰		۱

آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک ۳	تعداد صفحه: ۵	رشته: ریاضی فیزیک	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	پایه دوازدهم	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی		گروه آموزشی ماز	

ردیف	پاسخ برگ	نمره
۱۱		۰/۷۵
۱۲	الف) ب)	۱/۵
۱۳	الف) ب)	۱
۱۴	الف) ب)	۱/۷۵

آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک ۳	تعداد صفحه: ۵	رشته: ریاضی فیزیک	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	پایه دوازدهم	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی		گروه آموزشی ماز	

ردیف	پاسخ برگ	نمره
۱۵		۰/۷۵
۱۶		۱/۲۵
۱۷	الف) ب)	۰/۵
۱۸		۱

آزمون شبیه ساز نهایی درس: فیزیک ۳	تعداد صفحه: ۵	رشته: ریاضی فیزیک	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	پایه دوازدهم	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳
آزمون شبیه ساز امتحان نهایی		گروه آموزشی ماز	

ردیف	پاسخ برگ	نمره
۱۹	الف) ب)	۱
۲۰	الف) ب)	۰/۷۵
۲۱		۱
	موفق باشید.	۲۰



پایه دوازدهم ریاضی

آزمون‌های شبیه‌ساز امتحانات نهایی ماز



شبیه‌ساز امتحان نهایی



دفترچه پاسخ

شنبه ۳ مردادماه ۱۴۰۵

جامع کل کتاب

بودجه آزمون

ویراستاران

طراحان

درس

مرورید شاه‌حسینی - حنا خلعتبری
نرجس تیمناک

زهره آقامحمدی - محمدرضا شجاعی

فیزیک ۳

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

مصَحَّح شو:



پاسخ دقیق سؤال این جا میاد و اسمش روشه: «مصَحَّح شو»، می خواد شما رو به یه مصحح حرفه‌ای و دقیق تبدیل کنه که بدونین موقع ارزیابی جواب‌هاتون باید حواستون به چی باشه تا توی آزمون‌های بعدی دقیق‌تر عمل کنین. اگه جواب یه سؤال رو بشه به شکل‌های مختلف بیان کرد، اون هم، این جا بهتون گفتیم.

بررسی دقیق‌تر:



اگه پاسخ کوتاه به سؤال کافی نباشه تا بینین چطوری باید به جواب برسین، توی این بخش با بررسی دقیق‌تر جواب، سؤال رو براتون توضیح دادیم.

نقشه نهایی:



امتحان نهایی قوانین و قواعد خاص خودش رو داره؛ شما باید بدونین تیپ‌های رایج سؤال‌های امتحان نهایی چیه و باید چطوری بهش جواب بدین. این کادر، مشاوره حرفه‌ای ماست به شما تا فوت و فن‌های امتحان نهایی رو یاد بگیرین.

۲۰ شو:



توی «۲۰ شو»، مبحث هر سؤال رو براتون مرور یا جمع‌بندی کردیم؛ «۲۰ شو» و درسنامه‌هاش دقیقاً فاصله بین نمره خوب و نمره ۲۰ رو براتون پر می‌کنه.

نکته طلایی:



با وجود «۲۰ شو»، که کلی درسنامه مفصل داره، باز هم اگه نکته مهم و مفیدی بود، توی این کادر براتون آوردیم.

تیم اجرایی و تولید آزمون

محدثه عربگری

زهره صفری

محدثه شیخ‌علی

یگانه پوراابراهیم

مرضیه بنیانی

ساره محمدعلی‌نسب

سرپرست آزمون: ارمغان قریب

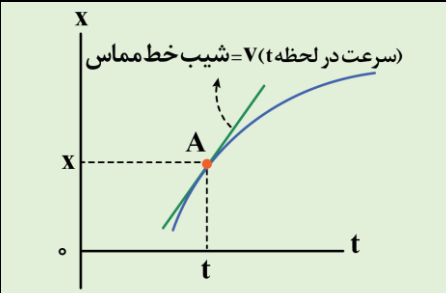
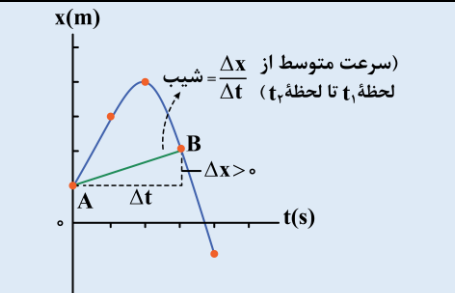
یک تیم با بیش از ۵۰۰ نفر در حال کار هستن تا آزمون‌های ماز با حداکثر کیفیت حاضر بشن و به شما کمک کنن و مسیر موفقیت رو براتون ساده‌تر کنن. همیشه از نظرات و کامنت‌های خوب‌تون انرژی می‌گیریم. مرسی که همراهمون هستین.

دکتر رسول خنجری

برای دیدن پاسخ نامه ویدئویی آزمون شبیه ساز نهایی QR Code
را اسکن کنید یا روی لینک زیر ضربه بزنید.

پاسخنامه ویدئویی آزمون شبیه ساز نهایی



راهنمای تصحیح آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		رشته: ریاضی فیزیک
دوره دوم متوسطه - دوازدهم	تاریخ آزمون: ۱۴۰۵/۰۵/۰۳	ساعت شروع:
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی	گروه آموزشی ماز	مدت زمان: ۱۲۰ دقیقه
ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
	مصحح شو الف) نادرست (۰/۲۵) (ص ۷ و ۹) ب) درست (۰/۲۵) (ص ۳۶) ت) نادرست (۰/۲۵) (ص ۱۱۶) پ) درست (۰/۲۵) (ص ۱۰۰) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۴ دقیقه است. بررسی دقیق‌تر الف) متن کتاب درسی  سرعت در هر لحظه دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.  سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان برابر شیب پاره‌خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودار مکان - زمان را به یکدیگر وصل می‌کند.	
	ب) متن کتاب درسی وقتی جسمی مانند یک توپ را از بالای ساختمانی رها می‌کنیم، علاوه بر وزن جسم، نیروی دیگری از طرف هوا به جسم در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود. به‌طور کلی وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره می‌گویند و معمولاً آن را با $\vec{F}_D$ نشان می‌دهند. نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و ... بستگی دارد. هرچه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. همان‌طور که می‌دانیم اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می‌گویند. پ) متن کتاب درسی وقتی باریکه نور سفید خورشید به وجهی از یک منشور می‌تابد، در عبور از منشور به رنگ‌های مختلفی تجزیه می‌شود. دلیل این پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی به‌جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد؛ یعنی وقتی باریکه نوری شامل پرتوهایی با طول‌موج‌های مختلف باشد، این پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوند. به این پخش‌شدگی نور، پاشندگی نور می‌گویند. عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول‌موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است. مثلاً اگر دو باریکه نور آبی و قرمز با زاویه تابش یکسانی از هوا وارد شیشه شوند باریکه آبی بیشتر از باریکه قرمز خم می‌شود. ت) متن کتاب درسی تا دهه‌های پایانی قرن نوزدهم، بیشتر حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریه الکترومغناطیس ماکسول که امروزه با نام فیزیک کلاسیک از آن‌ها یاد می‌شود به صورت‌بندی نهایی خود رسیده بود و به نظر می‌رسید که در توصیف گستره وسیعی از پدیده‌های فیزیکی کاملاً موفق‌اند. با این حال در آن سال‌ها، پدیده‌هایی مشاهده و آزمایش‌هایی انجام شد که تبیین کامل و درست آن‌ها با نظریه‌های فیزیک کلاسیک ممکن نبود و سبب تغییرات بنیادی در دیدگاه فیزیک‌دانان نسبت به توضیح رفتار برخی از پدیده‌های فیزیکی شد. به‌طوری که در سه دهه آغازین قرن بیستم، نتایج این تلاش‌ها به نظریه نسبیت خاص (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریه نسبیت عام (مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش) و نظریه کوانتومی (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آن‌ها) منجر شد که امروزه به آن فیزیک جدید می‌گویند.	

	نقشه نهایی سؤالات صحیح / غلط جزء پرتکرارترین بخش‌های آزمون تشریحی برای دانش‌آموزان هستند. با دقت و آرامش زیاد، این سؤالات را تحلیل کنید و به کوچک‌ترین کلمات و فعل‌های این پرسش‌ها بسیار دقت کنید.	
	مصحح شو الف) تندی (۰/۲۵) (ص ۹) ب) سرعت (۰/۲۵) (ص ۴۷) پ) افزایش (۰/۲۵) (ص ۹۵) ت) کمتر (۰/۲۵) (ص ۱۴۱) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۴ دقیقه است. بررسی دقیق‌تر الف) متن کتاب درسی عقربه تندی‌سنج، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما گزارش نمی‌کند. ب) متن کتاب درسی حاصل ضرب جرم جسم (m) در سرعت آن ($\vec{v}$)، تکانه جسم نامیده می‌شود و آن را با $\vec{p}$ نشان می‌دهیم. $\vec{p} = m\vec{v}$ تکانه کمیتی برداری است زیرا سرعت، یک کمیت برداری و جرم، یک کمیت نرده‌ای است. <u>جهت تکانه همان جهت سرعت است</u>. یکای SI تکانه $\frac{kg \cdot m}{s}$ است. پ) نیروی کشش در تمام طول طناب‌های متوالی یکسان است؛ طبق رابطه تندی انتشار موج عرضی در طناب ($v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$)، هرچه طناب ضخیم‌تر باشد (A بزرگ‌تر باشد)، تندی انتشار موج در آن کمتر است. وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی‌کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می‌شود. اما تندی در قسمت نازک طناب بیش‌تر است و بنا به رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ درمی‌یابیم <u>طول موج عبوری بیش‌تر از طول موج فرودی می‌شود</u>. ت) متن کتاب درسی برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، انرژی بستگی هسته‌ای نامیده می‌شود. شکل زیر اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داده است که <u>جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی کمتر است</u>. اگر این اختلاف جرم را که به آن کاستی جرم هسته گفته می‌شود، مطابق رابطه معروف اینشتین ($E = mc^2$)، در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم انرژی بستگی هسته‌ای به دست می‌آید. توجه کنید که هر چند اختلاف جرم هسته با مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده آن بسیار ناچیز است، چون در c^2 که عدد بسیار بزرگی است ضرب می‌شود، این کاستی جرم اندک، معادل انرژی قابل ملاحظه‌ای است. نقشه نهایی سؤالات جابجایی، جزء دسته سؤالات رایج و مهم در امتحانات تشریحی هستند که هم می‌توانند بسیار ساده و هم بسیار مبهم باشند. راه حل مهم برای پاسخ دادن به این سؤالات این است که تسلط زیادی روی متن کتاب درسی داشته باشید و بدانید که تنها دانستن تعاریف کتاب درسی باعث نمی‌شود که بتوانید به تمامی این‌گونه سؤالات پاسخ صحیح دهید. چون گاهی ممکن است یک سؤال جابجایی از بخش‌های کمتر توجه شده، مانند توضیح شکل‌ها، متن مثال‌ها و فعالیت‌ها و ... طراحی شود. پس تسلط خود را بر تمام مطالب کتاب درسی بیافزایید.	۲



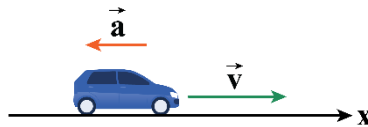
- الف) کندشونده (۰/۲۵) (فعالیت ۱-۲ ص ۱۶) (ب) حاصل ضرب جرم (۰/۲۵) (ص ۵۴)
 پ) پخشنده یا نامنظم (یکی از این کلمات نوشته شود) (۰/۲۵) (ص ۹۴)
 ت) نوع گاز (۰/۲۵) (ص ۱۲۲)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۴ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

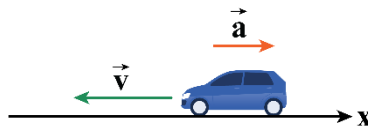
الف) در حرکت کندشونده، تندی متحرک در حال کاهش است، بنابراین با فرض این که متحرک در جهت محور X حرکت کند، طبق تعریف بردار شتاب متوسط، داریم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \xrightarrow{v_2 < v_1} a_{av} < 0$$



$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \xrightarrow{v_2 < |v_1|} a_{av} > 0$$

اگر متحرک در خلاف جهت محور X حرکت کند:



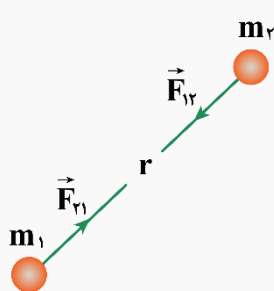
یعنی در هر دو صورت، بردار شتاب خلاف جهت بردار سرعت است.

ب) متن کتاب درسی

نیوتون نشان داد هر جسمی در عالم، اجسام دیگر را به خود جذب می‌کند و این الهام‌بخش او برای قانون گرانش عمومی بوده است که بیان می‌دارد:

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

اگر مطابق شکل زیر، جرم دو ذره m_1 و m_2 و فاصله آن‌ها از یکدیگر r باشد، اندازه نیروی گرانشی میان دو ذره یعنی F از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

در این رابطه، G ثابت گرانش عمومی نام دارد و برابر است با:

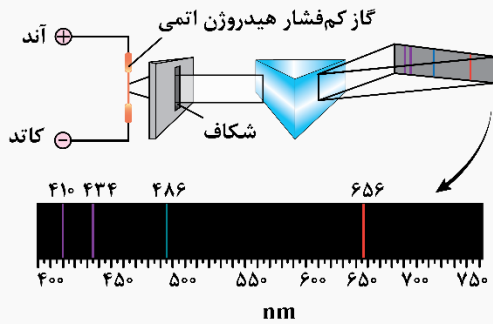
$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$$

ب) متن کتاب درسی

در مواردی که سطح بازتابنده نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را بازتاب آینه‌ای یا منظم می‌گویند.

نوع دیگر بازتابش، بازتاب پخشنده یا نامنظم است. این بازتاب وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. پرتوهای نور به طور کاتوره‌ای از پستی و بلندی‌های سطح بازتابیده و در تمام جهات پراکنده می‌شوند. به دلیل این بازتاب است که شما این صفحه کاغذ، دیوار، دستتان، دوست خود، و ... را می‌بینید. در بازتاب آینه‌ای از یک آینه تخت، بازتابش یک دسته پرتوی موازی را فقط در یک جهت می‌توانید ببینید، ولی در بازتاب پخشنده، بازتابش این دسته پرتو را می‌توانید در جهات مختلف مشاهده کنید.

ت) متن کتاب درسی



برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیوم، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجادشده و همچنین رنگ نور گسیل‌شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.

نقشه نهایی

برخی از سؤالات جاخالی، سؤالات گزینه‌ای نیستند و دانش‌آموز باید عبارت یا واژه درست را بدون داشتن گزینه پیشنهادی جایگزین کند. در واقع این‌گونه سؤالات از سؤالات گزینه‌ای کمی مشکل‌تر هستند. همان نکات ذکرشده برای پاسخ به سؤالات گزینه‌ای را رعایت کنید و با دقت و آرامش سؤال را تحلیل کرده و سپس پاسخ دهید.

مصحح شو

الف) در جهت محور X (۰/۲۵)

ب) در لحظه t_3 در خلاف جهت محور X (۰/۲۵) و در لحظه t_5 در جهت محور X (ص ۱۱ و ۱۲)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۳ دقیقه است.

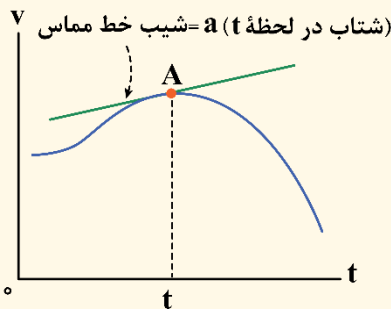
۲۰ شو

برخی از اطلاعاتی که می‌توان از نمودار سرعت - زمان به‌دست آورد، به‌صورت زیر است:

۱- **تعیین جهت حرکت:** در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار بالای محور t است، علامت سرعت مثبت است و متحرک در جهت مثبت محور حرکت می‌کند و در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار زیر محور t است، علامت سرعت منفی است و متحرک در خلاف جهت محور حرکت می‌کند.

۲- **تعیین نوع حرکت:** اگر در یک بازه زمانی، تند (اندازه سرعت) متحرک در حال افزایش باشد، حرکت تندشونده و اگر تند (اندازه سرعت) متحرک در حال کاهش باشد، حرکت کندشونده است. در نمودار سرعت - زمان، اگر در یک بازه زمانی نمودار از محور t دور شود، حرکت تندشونده و اگر نمودار به محور t نزدیک شود، حرکت کندشونده است.

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



بررسی دقیق‌تر

الف) در بازه زمانی صفر تا t_2 ، سرعت دوچرخه‌سوار همواره مثبت است، پس دوچرخه‌سوار در جهت محور X حرکت می‌کند.
ب) همان‌طور که گفتیم در نمودار سرعت - زمان، شیب خط مماس بر نمودار برابر شتاب متحرک است. در لحظه t_3 ، شیب خط مماس بر نمودار، منفی است، بنابراین شتاب در این لحظه، منفی (در خلاف جهت محور X) است. در لحظه t_5 ، شیب خط مماس بر نمودار، مثبت است، بنابراین شتاب در این لحظه، مثبت (در جهت محور X) است.

نقشه نهایی

سؤالات مربوط به نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان از سؤالات بسیار متداول در امتحانات نهایی هستند. با مطالعه نکاتی که در «۲۰ شو» در مورد نمودار سرعت - زمان گفتیم و بررسی سؤالات مشابه که در «مسیر تمرینی» گفته شده است، توانایی خود را در پاسخ به این‌گونه سؤالات افزایش دهید.

	رد پای اشتباه  در نمودارهای داده شده حتماً دقت کنید که نمودار سرعت - زمان است یا مکان - زمان، مثلاً اگر به اشتباه نکات مربوط به نمودار مکان - زمان را برای این سؤال در نظر می‌گرفتید، به پاسخ‌های نادرست می‌رسیدید. مسیر تمرینی  سؤال ۱ مرداد ۱۴۰۳ تجربی / سؤال ۲ مرداد ۱۴۰۳ ریاضی / سؤال ۱ دی ماه ۱۴۰۲ تجربی	
۱	مصحح شو  (الف) $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \quad (0/25) \Rightarrow (-10)^2 - 8^2 = 2a \times (-36)$ $\Rightarrow a = -0.5 \frac{m}{s^2} \quad (0/25)$ $v = at + v_0 \quad (0/25) \Rightarrow -10 = -0.5t + 8 \Rightarrow t = 36s \quad (0/25)$ (ب) (ص ۱۵ تا ۱۸) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.  راهنمای مصحح  در قسمت (ب) اگر دانش آموز زمان را از هر یک از روابط دیگری مانند $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$، $\Delta x = \frac{v + v_0}{2} \cdot t$ و $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ محاسبه کند، نمره کامل منظور گردد. بررسی دقیق‌تر  (الف) با استفاده از معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت، داریم: $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \quad \begin{matrix} v = -36 \frac{km}{h} = -10 \frac{m}{s} \\ v_0 = 8 \frac{m}{s}, \Delta x = -31 - 8 = -39m \end{matrix} \rightarrow (-10)^2 - 8^2 = 2a \times (-36)$ $\Rightarrow 100 - 64 = 2a \times (-36) \Rightarrow 36 = 2a \times (-36) \Rightarrow a = -\frac{1}{2} = -0.5 \frac{m}{s^2}$ (ب) در این قسمت، زمان را می‌توان از هر یک از معادلات حرکت با شتاب ثابت مانند مکان - زمان $(\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t)$، سرعت - زمان $(v = at + v_0)$، تعریف شتاب $(a = \frac{\Delta v}{\Delta t})$ و یا مستقل از شتاب $(\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v + v_0}{2})$ به دست آورد. مسیر تمرینی  سؤال ۳ مرداد ۱۴۰۳ ریاضی / تمرین ۲۰ صفحه ۲۸ کتاب درسی	۵
۰/۷۵	مصحح شو  $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \quad (0/25) \Rightarrow 0 = \frac{1}{2}a \times 4 - 4 \Rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2} \quad (0/25)$ $x = t^2 - 4 \quad (0/25)$ (ص ۱۵ تا ۱۸) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۵ دقیقه است. 	۶

بررسی دقیق‌تر

ابتدا به کمک اطلاعات داده شده روی نمودار، شتاب متحرک را محاسبه می‌کنیم.
با توجه به این که در لحظه $t = 0$ ، شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان که برابر سرعت است، صفر است، سرعت اولیه متحرک برابر صفر است ($v_0 = 0$). با استفاده از معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت، داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \xrightarrow[v_0=0, x_0=-4m]{t=2s, x=0} 0 = \frac{1}{2}a \times 2^2 + 0 - 4$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}a \times 4 = 4 \Rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

اکنون معادله مکان - زمان را می‌نویسیم:

$$x = \frac{1}{2} \times 2t^2 - 4 \Rightarrow x = t^2 - 4$$

مسیر تمرینی

سؤال ۳ مرداد ۱۴۰۳ تجربی / تمرین ۱۹ صفحه ۲۸ کتاب درسی

مصحح شو

$$\begin{cases} h = \frac{1}{2}gt^2 & (0/25) \\ \frac{h}{4} = \frac{1}{2}g(t-2)^2 & (0/25) \end{cases}$$

$$4 = \left(\frac{t}{t-2}\right)^2 \Rightarrow t = 4s \quad (0/25)$$

از تقسیم این دو رابطه، داریم:

(ص ۲۱ تا ۲۴)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

با انتخاب جهت مثبت به طرف پایین، معادله مکان - زمان را برای سقوط هر گلوله می‌نویسیم:

۰/۷۵ $y = \frac{1}{2}gt^2 + y_0 \Rightarrow \Delta y = \frac{1}{2}gt^2$

$$\Delta y = h \Rightarrow h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

مسافت طی شده توسط گلوله A تا رسیدن به زمین برابر h است:

مسافت طی شده توسط گلوله B تا رسیدن به زمین برابر $\frac{h}{4}$ است. از طرفی چون گلوله B، ۲ ثانیه پس از گلوله A رها

$$t_B = t_A - 2 \xrightarrow{t_A=t} t_B = t - 2$$

شده است، مدت زمان رسیدن آن تا زمین برابر است با:

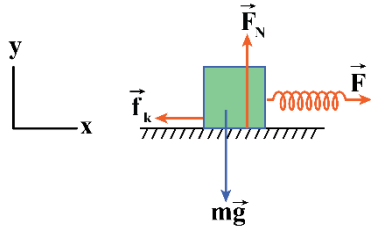
در نتیجه برای گلوله B، داریم:

$$\begin{cases} \Delta y = \frac{h}{4} \\ t_B = t - 2 \end{cases} \Rightarrow \frac{h}{4} = \frac{1}{2}g(t-2)^2 \quad (2)$$

از تقسیم دو رابطه (۱) و (۲) به هم، می‌توان نوشت:

	$\frac{h}{\frac{h}{4}} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{\frac{1}{2}g(t-2)^2} \Rightarrow 4 = \frac{t^2}{(t-2)^2} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} 2 = \frac{t}{t-2} \Rightarrow 2t-4 = t \Rightarrow t=4s$	
	مسیر تمرینی تمرین ۱۴ صفحه ۲۸ کتاب درسی	
۰/۵	مصحح شو الف) کمتر از وزن شخص (۰/۲۵) ب) برابر با وزن شخص (۰/۲۵) (ص ۳۷ تا ۳۹) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۴ دقیقه است. ۲۰ شو برای شخصی که داخل آسانسور روی ترازوی فنری ایستاده است، عددی که ترازو نشان می‌دهد (F_N)، وزن ظاهری شخص نامیده می‌شود. با استفاده از قانون دوم نیوتون در سه حالت بررسی می‌کنیم: ۱- اگر آسانسور ساکن باشد یا با سرعت ثابت حرکت کند (جهت حرکت مهم نیست): $F_N - mg = ma \xrightarrow{a=0} F_N = mg$ ۲- اگر جهت شتاب آسانسور به سمت بالا باشد ($a > 0$): $F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = m(g+a) \Rightarrow F_N > mg$ این در حالتی است که آسانسور تندشونده به سمت بالا یا کندشونده به سمت پایین حرکت کند. در هر دوی این موارد، جهت شتاب آسانسور به سمت بالا است. ۳- اگر جهت شتاب آسانسور به سمت پایین باشد ($a < 0$): $F_N - mg = ma \xrightarrow{a<0} F_N = m(g- a) \Rightarrow F_N < mg$ این در حالتی است که آسانسور کندشونده به سمت بالا یا تندشونده به سمت پایین حرکت کند. در هر دوی این موارد، جهت شتاب آسانسور به سمت پایین است. بررسی دقیق‌تر الف) در این حالت حرکت آسانسور کندشونده به سمت بالا است، بنابراین شتاب در خلاف جهت حرکت یعنی به سمت پایین است، بنابراین طبق نکته (۳) در ۲۰ شو، عددی که ترازو نشان می‌دهد، کمتر از وزن شخص است. ب) طبق نکته (۱) در ۲۰ شو، در این حالت عددی که ترازو نشان می‌دهد، با وزن شخص برابر است. مسیر تمرینی ب) پرسش ۶-۲ صفحه ۳۷ کتاب درسی	۸
۱	مصحح شو $F_{net} = ma \Rightarrow F_e - f_k = ma \quad (0/25) \Rightarrow kx - \mu_k mg = ma \quad (0/25)$ $\Rightarrow 200x - 0/2 \times 50 = 5 \times 2 \quad (0/25) \Rightarrow x = 0/1m = 10cm \quad (0/25)$ (ص ۴۲ و ۴۳) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۸ دقیقه است.	۹

بررسی دقیق‌تر



ابتدا همه نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. سپس قانون دوم نیوتون را در دو راستای افقی و عمودی می‌نویسیم:

$$\begin{cases} y: F_{\text{net},y} = ma \xrightarrow{a=0} F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg \\ x: F_{\text{net},x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{F=F_e=kx, f_k=\mu_k F_N=\mu_k mg} \end{cases}$$

$$kx - \mu_k mg = ma \xrightarrow{k=200 \frac{N}{m}, \mu_k=0.2, m=5kg, g=10 \frac{N}{kg}, a=2 \frac{m}{s^2}}$$

$$200 \cdot x - 0.2 \times 50 = 5 \times 2 \Rightarrow 200 \cdot x - 10 = 10 \Rightarrow 200 \cdot x = 20 \Rightarrow x = 0.1m \xrightarrow{1m=100cm} x = 10cm$$

مسیر تمرینی

سؤال ۶ خرداد ۱۴۰۴ ریاضی / سؤال ۶ مرداد ۱۴۰۳ تجربی

مصحح شو

با انتخاب جهت مثبت به طرف بالا و با استفاده از قانون دوم نیوتون، داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow f_D - mg = ma \quad (0/25) \Rightarrow 1080 - 600 = 60a \quad (0/25) \Rightarrow a = 8 \frac{m}{s^2} \quad (0/25)$$

جهت شتاب به سمت بالا است. (۰/۲۵) (ص ۳۶ و ۳۷)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

ابتدا همه نیروهای وارد بر چتر باز را رسم می‌کنیم، سپس با انتخاب دلخواه جهت مثبت به طرف بالا، قانون دوم نیوتون را می‌نویسیم:

$$\begin{aligned} F_{\text{net}} = ma &\Rightarrow f_D - mg = ma \\ \frac{f_D=1080N, m=60kg}{g=10 \frac{N}{kg}} &\rightarrow 1080 - 600 = 60a \\ \Rightarrow 480 &= 60a \Rightarrow a = 8 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

چون مقدار a مثبت به دست آمد، پس جهت شتاب به سمت بالا است.

نکته

توجه کنید که انتخاب جهت مثبت برای حل مسئله اختیاری است و تأثیری در نتیجه نهایی ندارد، یعنی اگر جهت مثبت را به سمت پایین هم در نظر بگیرید، جهت شتاب به سمت بالا خواهد بود:

$$\begin{aligned} F_{\text{net}} = ma &\Rightarrow mg - f_D = ma \\ \Rightarrow 600 - 1080 &= 60a \Rightarrow -480 = 60a \Rightarrow a = -8 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

یعنی شتاب منفی و جهت آن به سمت بالا است.

	مسیر تمرینی مثال ۴-۲ صفحه ۳۶ و ۳۷ کتاب درسی / سؤال ۵ دی ماه ۱۴۰۲ تجربی	
	مصحح شو $T = \frac{t}{n} = \frac{60}{3000} = 0.02 \text{ s} \quad (0/25)$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (0/25) \Rightarrow v = \frac{2 \times 3 \times 2}{0.02} = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0/25)$ (ص ۴۹ و ۵۰) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۵ دقیقه است. بررسی دقیق تر ابتدا دوره حرکت پره را محاسبه می کنیم: $T = \frac{t}{n} \xrightarrow[n=3000]{t=1 \text{ min}=60 \text{ s}} T = \frac{60}{3000} = 0.02 \text{ s}$ تندی نوک پره از رابطه $v = \frac{2\pi r}{T}$ به دست می آید که در آن r شعاع پره است: $v = \frac{2\pi r}{T} \xrightarrow[T=0.02 \text{ s}]{\pi=3, r=2 \text{ m}} v = \frac{2 \times 3 \times 2}{0.02} = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ مسیر تمرینی مثال ۲-۱۴ صفحه ۵۰ / تمرین ۱۹ صفحه ۵۹ کتاب درسی / سؤال ۹ مرداد ۱۴۰۴ ریاضی	۱۱
	مصحح شو (الف) $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (0/25) \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{125}{0.2}} = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (0/25)$ $x = A \cos \omega t \quad (0/25) \Rightarrow x = 0.1 \cos 25t \quad (0/25)$ $ a = \omega^2 x \quad (0/25) \Rightarrow a = 625 \times 0.08 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (0/25)$ (ب) (ص ۶۳ تا ۶۵) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۸ دقیقه است. بررسی دقیق تر (الف) ابتدا بسامد زاویه ای نوسانگر را محاسبه می کنیم: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow[m=20 \cdot g=0.2 \text{ kg}]{k=125 \frac{\text{N}}{\text{m}}} \omega = \sqrt{\frac{125}{0.2}} = \sqrt{625} = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ می دانیم که دامنه نوسان برابر بیشترین فاصله نوسانگر از نقطه تعادل است که با توجه به شکل داده شده این فاصله برابر ۱۰ cm است، بنابراین $A = 0.1 \text{ m}$ است. طبق رابطه معادله حرکت نوسانگر، داریم: $x = A \cos \omega t \xrightarrow[\omega=25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}]{A=0.1 \text{ m}} x = 0.1 \cos 25t$	۱۲

ب) با توجه به این‌که نیروی خالص وارد بر نوسانگر همان نیروی کشش فنر است، طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \xrightarrow{F_{\text{net}} = F_e = -kx} -kx = ma \Rightarrow a = \frac{-k}{m} x \xrightarrow{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}} a = -\omega^2 x$$

$$\omega = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \xrightarrow{x = -8 \text{ cm} = -0.08 \text{ m}} a = -(25)^2 \times (-0.08) = 625 \times 0.08 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

بنابراین اندازه شتاب نوسانگر $|a| = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است (توجه کنید که در نقطه P، مکان نوسانگر، منفی ($x < 0$) و شتاب نوسانگر، مثبت است).

مسیر تمرینی

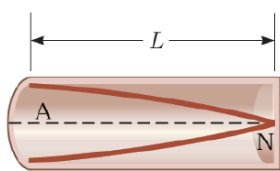
سؤال ۹ دی‌ماه ۱۴۰۲ تجربی

مصحح شو

الف) با ریختن آب، ستون هوای داخل ظرف کم‌تر می‌شود. (۰/۲۵) هرچه ستون هوای داخل ظرف کم‌تر شود، طول موج‌های تشدید کوتاه‌تر می‌گردند و بنابراین بسامدهای تشدید بیشتری می‌شوند. (۰/۲۵) (ص ۱۰۸)
ب) ۱- تندی صوت در آب (مایعات) بیشتر از تندی صوت در هوا (گازها) است. (۰/۲۵)
۲- با افزایش دما، تندی صوت افزایش می‌یابد. (۰/۲۵) (ص ۷۹)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۵ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر



الف) با ریختن آب، ستون هوای داخل ظرف کم‌تر می‌شود. همان‌طور که در شکل مقابل دیده می‌شود، هرچه ستون هوای داخل ظرف کم‌تر شود، طول موج‌های تشدید کوتاه‌تر می‌گردند و بنابراین بسامدهای تشدید بیشتری می‌شوند. به عبارتی، بسامدهای تشدید با طول ستون هوا رابطه معکوس دارند. صدای حاصل از پر شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه با یکی از بسامدهای تشدید هوای درون ظرف منطبق می‌شود و بنابراین مدام صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنویم.

ب) تندی انتشار صوت مانند سایر امواج به ویژگی‌های فیزیکی محیط انتشار آن مثل جنس محیط، دمای آن و ... بستگی دارد. ویژگی‌های خود موج مثل دامنه و بسامد از ویژگی‌های چشمه صوت بوده و تأثیری بر تندی انتشار صوت ندارند.
۱- هرچه محیط تراکم‌ناپذیرتر باشد، تندی صوت در آن بیشتر است. اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که عموماً صوت در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها حرکت می‌کند، گرچه استثناهایی نیز وجود دارد. (تندی انتشار صوت در هیدروژن $^{\circ}\text{C}$ بیشتر از متیل الکل 25°C است).
۲- تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد. مثلاً با افزایش دمای هوا، تندی انتشار صوت در آن افزایش می‌یابد.

مسیر تمرینی

قسمت ب) پرسش ۴-۶ ص ۱۰۸ کتاب درسی

مصحح شو
(الف)

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (0/25) \Rightarrow \beta = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow \beta = 10 \log 10^4 = 40 \text{ dB} \quad (0/25)$$

(ب)

$$v = \lambda f \quad (0/25) \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{320}{500} \Rightarrow \lambda = 0.64 \text{ m} \quad (0/25)$$

$$\underbrace{\text{فاصله تراکم و انبساط متوالی}}_{(0/25)} = \frac{\lambda}{2} = \frac{0.64}{2} = 0.32 \text{ m} \quad (0/25)$$

(ص ۷۸ تا ۸۱)

۱/۷۵

۱۴

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

(الف) با استفاده از رابطه تراز شدت صوت، داریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \frac{I = 10^{-8} \frac{W}{m^2}}{I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}} \rightarrow \beta = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} = 10 \log 10^4 = 10 \times 4 \times \log 10$$

$$\frac{\log 10 = 1}{\log 10 = 1} \rightarrow \beta = 40 \text{ dB}$$

(ب) با توجه به رابطه تندی موج ($v = \lambda f$)، طول موج را محاسبه می‌کنیم، سپس با توجه به این که فاصله یک تراکم و انبساط متوالی برابر نصف طول موج است، فاصله خواسته شده را به دست می‌آوریم.

مسیر تمرینی

سؤال ۱۱ دی ماه ۱۴۰۲ تجربی

مصحح شو

ضریب شکست یک محیط شفاف با طول موج نور رابطه عکس دارد، بنابراین داریم:

$$\frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{زجاجیه}}} = \frac{\lambda_{\text{هوا}}}{\lambda_{\text{زجاجیه}}} \quad (0/25) \Rightarrow \frac{n_{\text{زجاجیه}}}{1} = \frac{611}{470} \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow n_{\text{زجاجیه}} = 1.3 \quad (0/25)$$

(ص ۹۷)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۶ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

طبق رابطه ضریب شکست یک محیط شفاف، داریم:

$$n = \frac{c}{v} \quad \frac{c \text{ ثابت است}}{n_1} \rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad \frac{v = \lambda f}{f \text{ ثابت است}} \rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

نکته: توجه کنید که در رابطه مقایسه‌ای، یکای λ ها را یکسان قرار دادیم و نیازی به تبدیل یکا در SI نیست.

۰/۷۵

۱۵

	مسیر تمرینی  تمرین ۱۰ صفحه ۱۱۲ کتاب درسی	
	مصحح شو  $\begin{cases} f_{2A} = f_{3B} & (0/25) \\ f_n = \frac{nv}{2L} & (0/25) \end{cases} \Rightarrow \frac{v_A}{L} = \frac{3v_B}{2L}$ $\Rightarrow v_A = \frac{3}{2} v_B \quad (0/25) \Rightarrow \sqrt{\frac{F_A}{\mu}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{F_B}{\mu}} \quad (0/25) \Rightarrow F_A = \frac{9}{4} F_B \quad (0/25)$ (ص ۱۰۶ و ۱۰۷) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۵ دقیقه است. بررسی دقیق تر  ۱/۲۵ از شکل، مشخص است که ریسمان A، در مُد $n=2$ و ریسمان B، در مُد $n=3$ نوسان می کنند. باتوجه به این که این دو بسامد تشدید باهم برابرند، طبق رابطه بسامدهای تشدید تار دو انتها بسته، داریم: $f_{2A} = f_{3B} \xrightarrow{f_n = \frac{nv}{2L}} \frac{2v_A}{2L_A} = \frac{3v_B}{2L_B} \xrightarrow{L_A=L_B} v_A = \frac{3}{2} v_B$ از طرفی طبق رابطه تندی موج عرضی در ریسمان کشیده شده، $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$، می توان نوشت: $\sqrt{\frac{F_A}{\mu_A}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{F_B}{\mu_B}} \xrightarrow{\mu_A=\mu_B} \sqrt{F_A} = \frac{3}{2} \sqrt{F_B} \xrightarrow{\text{به توان دو می رسانیم}} F_A = \frac{9}{4} F_B$ مسیر تمرینی  تمرین ۳۶ صفحه ۱۱۴ کتاب درسی	۱۶
۰/۵	مصحح شو  الف) ۱- این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود. ۲- این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خطهای طیف گسیلی را توضیح دهد. (اشاره به یکی از موارد (۰/۲۵)) (ص ۱۳۱) ب) انرژی بستگی هسته ای (۰/۲۵) (ص ۱۴۱) سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۴ دقیقه است. بررسی دقیق تر  الف) متن کتاب درسی  مدل بور به رغم موفقیت هایی که داشت، نارسایی هایی نیز دارد که به دو مورد از آن ها اشاره می کنیم. <u>این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود</u>، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می کند به حساب نیامده است. همچنین <u>این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خطهای طیف گسیلی را توضیح دهد</u>. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است. ب) متن کتاب درسی  برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته، انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، انرژی بستگی هسته ای نامیده می شود.	۱۷

مصحح شو

$$K_{\max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0 \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow 0/5 = \frac{1200}{400} - W_0 \Rightarrow W_0 = 2/5 \text{ eV} \quad (0/25)$$

$$W_0 = hf_0 \quad (0/25) \Rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2/5}{4 \times 10^{-15}} = 6/25 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (0/25)$$

(ص ۱۱۷ و ۱۱۸)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق تر

طبق معادله فوتوالکتریک، داریم:

$$K_{\max} = hf - W_0 \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0 \xrightarrow{K_{\max} = 0/5 \text{ eV}, \lambda = 400 \text{ nm}} 0/5 = \frac{1200}{400} - W_0$$

$$\Rightarrow 0/5 = 3 - W_0 \Rightarrow W_0 = 2/5 \text{ eV}$$

از طرفی بسامد آستانه فوتوالکتریکها از رابطه زیر به دست می آید:

$$f_0 = \frac{W_0}{h} \xrightarrow{W_0 = 2/5 \text{ eV}, h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}} f_0 = \frac{2/5}{4 \times 10^{-15}} \Rightarrow f_0 = 6/25 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

مسیر تمرینی

تمرین ۹ صفحه ۱۳۵ کتاب درسی

مصحح شو

(الف)

$$E_{\infty} - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (0/25) \Rightarrow 0 - (-13/6) = \frac{1240}{\lambda} \quad (0/25) \Rightarrow \lambda = 91/2 \text{ nm} \quad (0/25) \quad (\text{ص ۱۲۷ و ۱۲۸})$$

(ب) مرئی (۰/۲۵) (ص ۱۲۲)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق تر

(الف) کمترین طول موج فوتون گسیلی (پرانرژی ترین فوتون) مربوط به گذار از تراز $n = \infty$ به تراز $n = 1$ است، بنابراین طبق رابطه گسیل فوتون از اتم هیدروژن، داریم:

$$E_U - E_L = hf \xrightarrow{E_U = E_{\infty}, f = \frac{c}{\lambda}} E_{\infty} - E_1 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\xrightarrow{E_{\infty} = 0, E_1 = -13/6 \text{ eV}, hc = 1240 \text{ eV.nm}} 0 - (-13/6) = \frac{1240}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1240}{13/6} = 91/17 \approx 91/2 \text{ nm}$$

(ب) تراز انرژی $E = -1/51 \text{ eV}$ مربوط به تراز $n = 3$ و تراز انرژی $E = -3/4 \text{ eV}$ مربوط به تراز $n = 2$ است. وقتی الکترون از ترازهای بالاتر به تراز $n = 2$ گذار کند، فوتون گسیل شده مربوط به سری بالمر است. از طرفی در گذار از ترازهای $n = 3, 4, 5, 6$ به تراز $n' = 2$ فوتونهای گسیل شده در محدوده نور مرئی قرار دارند.

نکته

در سری بالمر در گذار از ترازهای $n = 7, \dots, \infty$ به تراز $n' = 2$ ، فوتون گسیل شده در محدوده فرابنفش امواج الکترومغناطیسی قرار دارد.

مسیر تمرینی

تمرین ۴-۵ صفحه ۱۲۸ کتاب درسی / سؤال ۱۷ خرداد ۱۴۰۴ ریاضی

مصحح شو

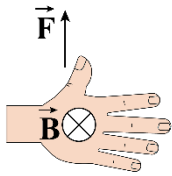
الف) پرتو (۱)، آلفا (۰/۲۵) و پرتو (۳)، بتا (۰/۲۵) است. (ص ۱۴۲)



سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۶ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

الف) پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند، یعنی بار الکتریکی ندارند و در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شوند، بنابراین پرتوی (۲) که بدون انحراف عبور کرده است، پرتوی گاما (۷) است. پرتوهای آلفا دارای بار مثبت هستند، بنابراین طبق قاعده دست راست، درون میدان مغناطیسی درون سو به سمت بالا منحرف می‌شوند. پس پرتوی (۱) پرتوی آلفا (α) است. پرتوهای بتا دارای بار منفی هستند، پس در جهت عکس ذرات آلفا به آن‌ها نیرو وارد می‌شود و در نتیجه به سمت پایین منحرف می‌شوند، بنابراین پرتوی (۳) پرتوی بتا (β) است.



توجه: دقت کنید که انحراف پرتوهای β نسبت به پرتوهای α بیشتر است، زیرا جرم ذرات β بسیار کمتر از جرم ذرات α است.

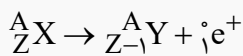
ب) متن کتاب درسی

واپاشی بتای مثبت (β^+):

در نوعی از فرایند واپاشی β، ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد، ولی به جای بار -e حامل بار +e است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با β^+ یا e^+ نشان می‌دهند. فرایند واپاشی β^+ با رابطه زیر بیان می‌شود:

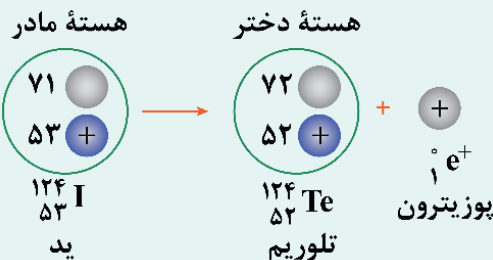
X: هسته مادر

Y: هسته دختر



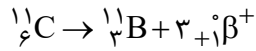
نکات

۱- در این واپاشی، عدد جرمی هسته تغییر نمی‌کند و عدد اتمی یک واحد کاهش می‌یابد. شکل زیر مثالی از واپاشی β^+ ، برای ${}_{53}^{124}\text{I}$ را نشان می‌دهد که به‌طور طبیعی رخ می‌دهد.



۲- واپاشی β^+ وقتی رخ می‌دهد که پروتونی در یک هستهٔ مادر ناپایدار، به نوترون و پوزیترون تبدیل شود. پوزیترون به صورت ذرهٔ β^+ گسیل می‌شود.

چون در اینجا عدد اتمی ۳ واحد کاهش یافته و عدد جرمی ثابت مانده است، پس سه ذرهٔ β^+ خارج شده است و داریم:



مسیر تمرینی

الف) قسمت پ سؤال ۱۵ دی‌ماه ۱۴۰۲ تجربی

مصحح شو

$$N = \frac{N_0}{2^n} \quad (0/25) \Rightarrow 12500 = \frac{10^5}{2^n} \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \quad (0/25) \Rightarrow 3 = \frac{15}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 5h \quad (0/25)$$

$$N' = 0/25 N_0 = \frac{1}{4} N_0 = \frac{N_0}{2^{n'}} \Rightarrow n' = 2 \Rightarrow \frac{t'}{T_{1/2}} = 2 \Rightarrow t' = 10h \quad (0/25)$$

(ص ۱۴۶ و ۱۴۷)

سبز بودی یا قرمز: حداکثر زمان برای پاسخ به این سؤال حدود ۷ دقیقه است.

بررسی دقیق‌تر

با توجه به اطلاعات روی نمودار داریم:

$$\begin{cases} N_0 = 10^5 \\ N = 12500 \end{cases} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{12500}{10^5} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3} \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow 3 = \frac{15}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 5h$$

وقتی ۷۵ درصد نمونه واپاشیده می‌شود، ۲۵ درصد آن یعنی $\frac{1}{4}$ تعداد اولیه باقی می‌ماند، بنابراین داریم:

$$N' = \frac{N_0}{2^{n'}} \Rightarrow \frac{N'}{N_0} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{N'}{N_0} = \frac{1}{2^2} \Rightarrow n' = 2 \Rightarrow \frac{t'}{T_{1/2}} = 2$$

$$\Rightarrow t' = 5 \times 2 = 10h$$

مسیر تمرینی

سؤال ۱۸ دی‌ماه ۱۴۰۲ تجربی / سؤال ۲۲ قسمت پ مرداد ۱۴۰۴ ریاضی / سؤال ۱۸ خرداد ۱۴۰۴ تجربی

۲۰

موفق باشید.



دوپیند فوری شب امتحان



فیزیک دوازدهم ریاضی



SanjeshCloud

www.SanjeshCloud.ir

فهرست

- فصل ۱: حرکت بر خط راست ۳
- فصل ۲: دینامیک و حرکت دایره‌ای ۸
- فصل ۳: نوسان و موج ۱۷
- فصل ۴: برهم کنش‌های موج ۳۱
- فصل ۵: آشنایی با فیزیک اتمی ۴۲
- فصل ۶: آشنایی با فیزیک هسته‌ای ۵۱



فصل اول: حرکت بر خط راست

شناخت حرکت

برای بررسی حرکت جسم به شناخت تعدادی کمیت نیاز داریم.

(۱) بردار مکان

بردار مکان، برداری است که مبدأ محور مختصات را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند.

(۲) بردار جابه‌جایی

برداری که مکان اولیه را به مکان نهایی وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی یا تغییر مکان نامیده می‌شود و آن را با $\vec{d}$ نشان می‌دهیم. در حالت یک‌بُعدی که در بیشتر مسائل فصل با آن سروکار داریم، می‌توان رابطه جابه‌جایی را به صورت زیر نوشت:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

(۳) مسافت طی شده

طول مسیر حرکت را مسافت پیموده شده یا به اختصار مسافت می‌نامند و آن را با ℓ نشان می‌دهند.

نکته طلایی

- ۱- مسافت، کمیتی نرده‌ای است، در حالی که جابه‌جایی کمیتی برداری است.
- ۲- مسافت طی شده همواره بزرگ‌تر یا مساوی بزرگی جابه‌جایی است. در حالتی که متحرک روی مسیر مستقیم حرکت کند و همچنین تغییر جهت ندهد، بزرگی بردار جابه‌جایی با مسافت طی شده برابر است. بنابراین در حالت کلی داریم:

$$\ell \geq |\vec{d}|$$

(۴) تندی متوسط

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$$

(۵) سرعت متوسط در حرکت بر خط راست

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

نکته طلایی

- ۱- بردار سرعت متوسط، همواره با بردار جابه‌جایی هم‌جهت است.
- ۲- تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

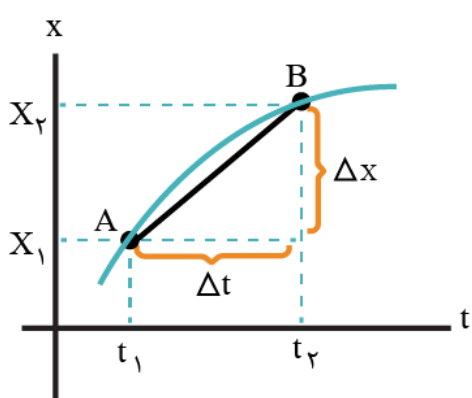


۶) تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

تندی متحرک در هر لحظه از زمان را تندی لحظه‌ای می‌نامند. اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای ($\vec{v}$) آن را که کمیتی برداری است بیان کرده‌ایم.

نکته طلایی

- ۱- تندی لحظه‌ای، همان بزرگی سرعت لحظه‌ای است.
- ۲- عقربه تندی‌سنج، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهد.



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

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

نکته طلایی

- ۱- در لحظه تغییر جهت حرکت (نقاط بیشینه و کمینه نمودار مکان - زمان)، سرعت متحرک برابر صفر است. همچنین علامت سرعت (علامت شیب خط مماس بر نمودار) در این لحظه عوض می‌شود.
- ۲- تندی متحرک در هر لحظه، همان اندازه سرعت لحظه‌ای (اندازه شیب مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه) است.

حرکت شتابدار

هرگاه بردار سرعت متحرکی تغییر کند، حرکت آن شتابدار است. با توجه به اینکه بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است، تغییر سرعت متحرک در نقاط مختلف از مسیر حرکت می‌تواند به یکی از سه دلیل زیر باشد:

- ۱- تغییر در اندازه بردار سرعت (تندی) متحرک
- ۲- تغییر جهت بردار سرعت متحرک
- ۳- تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک



نکته طلایی

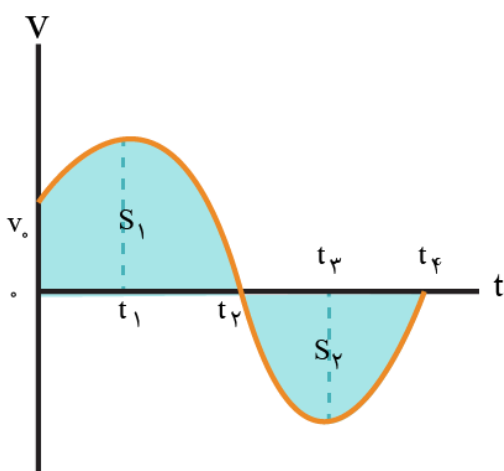
اگر متحرک در یک راستا مانند محور x حرکت کند، رابطه شتاب متوسط را می‌توان به صورت زیر به کار برد:

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهنده جهت آن‌هاست توجه کنیم. شتاب متوسط $(\vec{a}_{av})$ ، کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار تغییر سرعت $(\Delta \vec{v})$ است.

◀ نمودار سرعت - زمان

محاسبه جابه‌جایی و مسافت طی شده: مهم‌ترین نکته نمودار سرعت - زمان این است که مساحت محصور بین نمودار و محور t در یک بازه زمانی، برابر جابه‌جایی متحرک در آن بازه زمانی است.



$$\Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = S_1 - S_2$$

چون مسافت طی شده برابر با حاصل جمع قدرمطلق جابه‌جایی‌هاست، مسافت طی شده در بازه زمانی صفر تا t_4 برابر است با:

$$\ell = S_1 + S_2$$

◀ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

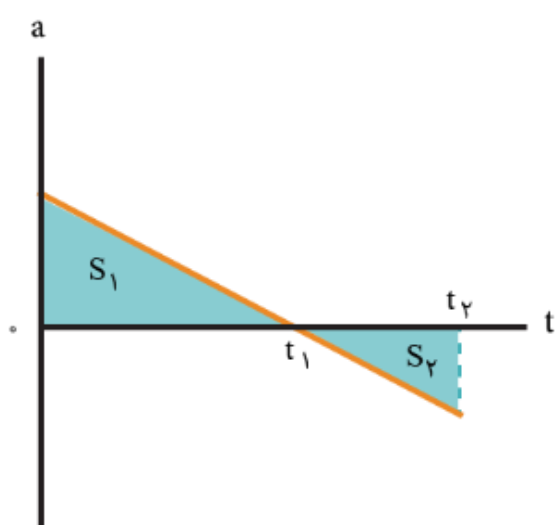
شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب پاره‌خطی است که نمودار سرعت - زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند.

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

◀ نمودار شتاب - زمان در حرکت بر خط راست چه اطلاعاتی به ما می‌دهد

اگر شتاب متحرکی را که بر خط راست حرکت می‌کند، بر حسب زمان رسم کنیم، نمودار شتاب - زمان متحرک به دست می‌آید.

مساحت محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور t در یک بازه زمانی، برابر تغییرات سرعت در آن بازه زمانی (Δv) است.



$$\Delta v = S_1 - S_2 \text{ در بازه زمانی صفر تا } t_2$$



◀ حرکت با سرعت ثابت

در این حرکت، اندازه و جهت سرعت متحرک در طول مسیر ثابت است. بنابراین سرعت متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه، برابر سرعت لحظه‌ای آن است. معادله مکان - زمان حرکت با سرعت ثابت به صورت زیر است:



$$v = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \Delta t \Rightarrow x - x_0 = v(t - t_0)$$

————— $t_0 = 0 \rightarrow x = vt + x_0$ (معادله مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت)

🚀 نکته طلایی

چون در حرکت با سرعت ثابت، جهت و اندازه سرعت (تندی) ثابت است و متحرک روی مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت می‌کند، در این حرکت، همواره مسافت طی شده با اندازه جابه‌جایی برابر است.

◀ حرکت با شتاب ثابت

هرگاه شتاب متحرکی در لحظه‌های مختلف یکسان باشد، حرکت جسم را حرکت با شتاب ثابت می‌نامیم. حرکت با شتاب ثابت نوع خاصی از حرکت است و در زندگی روزمره، با حرکت اجسامی که شتاب آن‌ها ثابت یا تقریباً ثابت است زیاد سر و کار داریم.

جسمی که روی سطح هموار یک سراشیبی در حال لغزیدن است.

جسمی که در حال سقوط بوده و اثر مقاومت هوا بر آن ناچیز است.

خودرویی که پس از سبز شدن چراغ، شروع به حرکت می‌کند.

هواپیمایی که روی باند پرواز حرکت می‌کند تا به شرایط لازم برای برخاستن برسد.

چند مثال برای حرکت با شتاب ثابت

چند مثال برای حرکت با شتاب تقریباً ثابت

۱- معادله سرعت - زمان

$$v = at + v_0$$

۲- معادله مستقل از شتاب

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_0 + v}{2} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \Delta t$$

به معادله فوق، معادله مستقل از شتاب می‌گویند. توجه کنید که از این رابطه فقط زمانی می‌توان استفاده کرد که حرکت با شتاب ثابت و روی خط راست باشد.



۳- معادله مکان - زمان

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

نکته طلابی

۱- توجه کنید که رابطه $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$ را برای محاسبه جابه‌جایی از لحظه صفر تا t و

رابطه $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ را برای محاسبه مکان جسم در لحظه t به کار می‌بریم.

۲- همان‌طور که دیده می‌شود، در این نوع حرکت، مکان متحرک تابعی درجه دوم از زمان (یعنی به شکل سهمی) است.

۴- معادله سرعت - جابه‌جایی (معادله مستقل از زمان)

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x$$

◀ سقوط آزاد

جسمی که تحت تأثیر جاذبه گرانشی، در نزدیکی سطح زمین سقوط می‌کند و اثر مقاومت هوا را بتوان برای آن نادیده گرفت، آشناترین مثال برای حرکت با شتاب ثابت است. این حرکت آرمانی، **سقوط آزاد** نامیده می‌شود.

◀ سقوط آزاد بدون سرعت اولیه

با فرض اینکه که جهت رو به بالا را مثبت بگیریم، معادلات سقوط آزاد به‌صورت زیر است:

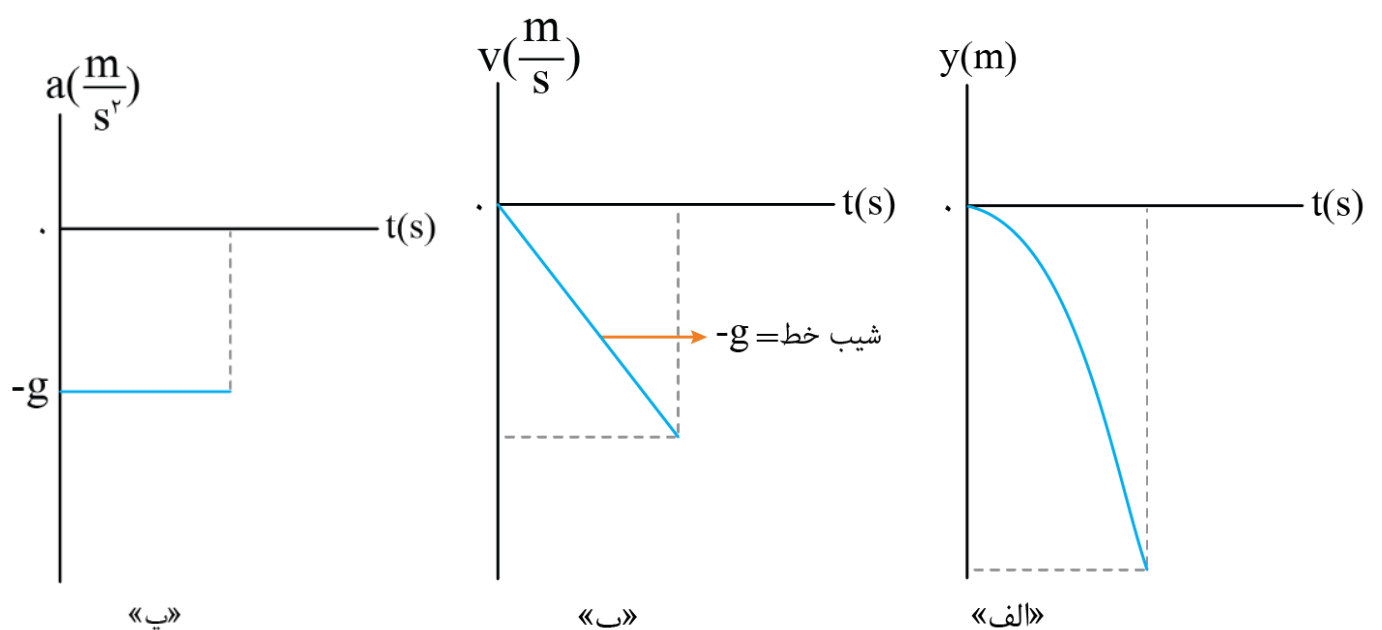
$$v = -gt$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0$$

$$v^2 = -2g(y - y_0)$$

اگر در $t = 0$ جسم در مبدأ مکان باشد ($y_0 = 0$) معادله‌ها را به شکل ساده‌تری نیز می‌توان نوشت.

◀ نمودارهای سقوط آزاد





فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای

قوانین نیوتون

تعریف نیرو

نیرو حاصل برهم‌کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

نکته طلایی

- ۱- کمیت نیرو که معمولاً با نماد $\vec{F}$ نمایش داده می‌شود را به کمک نیروسنج اندازه می‌گیریم. یکای نیرو در SI، نیوتون (N) است.
- ۲- اثر نیرو بر یک جسم به شکل‌های مختلف مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازه سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن جسم، خود را نشان می‌دهد.

نیروی خالص

در دنیای واقعی بر بیشتر اجسام بیش از یک نیرو وارد می‌شود. نیروی خالصی که بر یک جسم وارد می‌شود، جمع برداری تمام نیروهای است که بر آن جسم وارد می‌شوند.

نکته طلایی

اگر به جسمی به‌طور همزمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، به عبارت دیگر برابند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

قانون اول نیوتون

یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالصی (غیرصفر) به آن وارد شود.

لختی (اینرسی)

اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود، جسم ساکن می‌ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. به این خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است حفظ کنند، لختی می‌گویند.

قانون دوم نیوتون

هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، سرعت آن تغییر می‌کند و جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد. رابطه قانون دوم نیوتون

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{net}}}{m} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$$

به‌صورت مقابل است:



نکته طلایی

تعریف یک نیوتون: مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر با یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد.

$$N \equiv \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$$

قانون سوم نیوتون

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند.

نکته طلایی

- نیروهای کنش و واکنش هم‌نوع‌اند؛ مثلاً هر دو الکتریکی‌اند، یا هر دو مغناطیسی‌اند و یا هر دو گرانشی‌اند.
- نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند. مثلاً وقتی با پا به توپ ضربه می‌زنید، پایتان به توپ و متقابلاً توپ به پایتان نیرو وارد می‌کند. در نتیجه اثر یکدیگر را خنثی نمی‌کنند و قابل برابندگیری نیستند.
- ممکن است نیروهای کنش و واکنش منجر به اثرات متفاوتی شود؛ مثلاً هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای چوب، چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و سبب فرو رفتن میخ در چوب می‌شود و در واکنش، نیروی وارد از میخ به چکش، حرکت چکش را کند کرده و آن را متوقف می‌کند.

معرفی نیروهای خاص (وزن - مقاومت شاره - عمودی سطح)

نیروی وزن: به‌طور کلی، وزن (W) یک جسم در یک سیاره، نیروی گرانشی است که توسط سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن یک جسم بنا بر قانون دوم نیوتون، از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

نکته طلایی

- جهت نیروی وزن و در نتیجه جهت شتاب گرانشی همواره به طرف مرکز سیاره (مرکز زمین) است.
- جرم یک جسم در مکان‌های مختلف ثابت است، اما وزن جسم به مقدار شتاب گرانشی (g) در آن مکان بستگی دارد. مثلاً با افزایش ارتفاع از سطح زمین، شتاب گرانشی کاهش می‌یابد و وزن جسم نیز کمتر می‌شود.
- طبق قانون سوم نیوتون، همزمان با اینکه زمین به جسم نیروی گرانشی ($\vec{W}$) وارد می‌کند، جسم نیز به زمین (مرکز زمین) نیروی گرانشی ($\vec{W}'$) وارد می‌کند. این دو نیرو، کنش و واکنش هستند.



نیروی مقاومت شاره

وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن **نیروی مقاومت شاره** می‌گویند و آن را با $\vec{F}_D$ نشان می‌دهند.

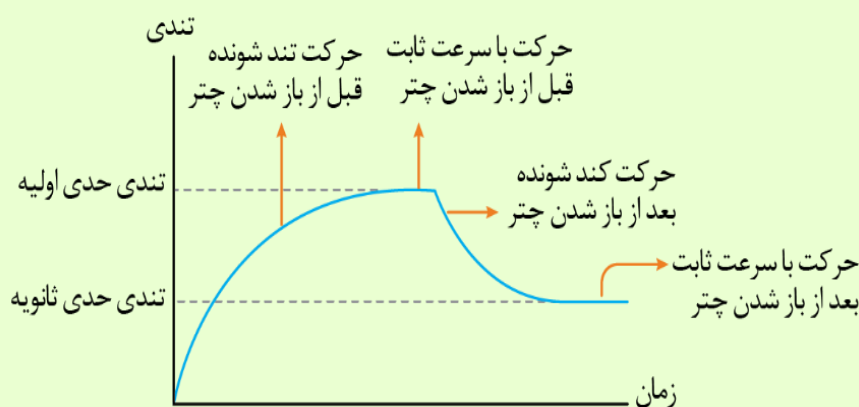
جمع‌بندی سریع

- ۱- اگر جسم در هوا حرکت کند، به نیروی مقاومت شاره، نیروی مقاومت هوا گفته می‌شود.
- ۲- نیروی مقاومت شاره به بزرگی (سطح مقطع) جسم و تندی آن بستگی دارد. هر چه سطح مقطع و یا تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.

نکته طلایی

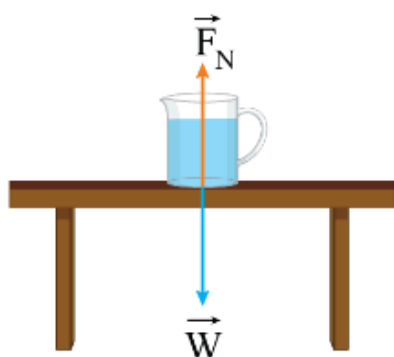
سقوط چترباز در حضور نیروی مقاومت هوا

- ۱- قبل از باز شدن چتر، ابتدا حرکت تندشونده بوده و سپس با سرعت ثابت (سرعت حدی اولیه) ادامه می‌یابد و پس از باز شدن چتر، حرکت کندشونده شده و سپس با سرعت ثابت (سرعت حدی ثانویه) ادامه می‌یابد و نمودار سرعت - زمان چترباز به صورت زیر است:



- ۲- هنگامی که چترباز به تندی حدی می‌رسد، شتاب حرکت صفر است و حرکت با سرعت ثابت انجام می‌شود، بنابراین برآیند نیروهای وارد بر چترباز در این حالت صفر است (نیروها متوازن هستند) و می‌توان نتیجه گرفت که نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا در این حالت هم‌اندازه‌اند.

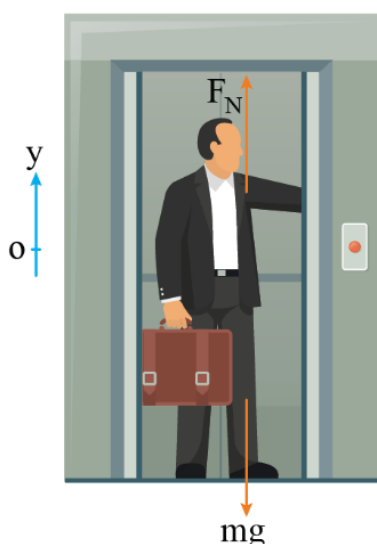
نیروی عمودی سطح



به نیرویی که عمود بر سطح تماس است، نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه) می‌گویند و آن را با نماد $\vec{F}_N$ نشان می‌دهند.

نیروی عمودی سطح برای جسم درون آسانسور چگونه محاسبه می‌شود؟

برای شخصی که داخل آسانسور روی ترازوی فنری ایستاده است، عددی را که ترازو نشان می‌دهد (F_N) با استفاده از قانون دوم نیوتون در چهار حالت بررسی می‌کنیم:



۱- اگر آسانسور ساکن باشد یا با سرعت ثابت حرکت کند:

$$F_N - mg = ma = 0 \Rightarrow F_N = mg$$

۲- اگر جهت شتاب آسانسور به سمت بالا باشد ($a > 0$):

$$F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = mg + ma$$

این در حالتی است که آسانسور تندشونده به سمت بالا یا کندشونده به سمت پایین حرکت کند. در هر دوی این موارد جهت شتاب آسانسور به سمت بالا است.

۳- اگر جهت شتاب آسانسور به سمت پایین باشد ($a < 0$):

$$F_N - mg = ma \xrightarrow{a < 0} F_N = m(g - |a|)$$

این در حالتی است که آسانسور کندشونده به سمت بالا یا تندشونده به سمت پایین حرکت کند. در هر دوی این موارد، جهت شتاب آسانسور به سمت پایین است.

۴- کابل آسانسور پاره شود و آسانسور در حال سقوط باشد:

در این حالت، شتاب آسانسور برابر g و رو به پایین است و طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_N - W = mg \xrightarrow[\substack{W=mg \\ a=-g}]{} F_N - mg = -mg \Rightarrow F_N = 0$$

در این حالت شخص احساس بی‌وزنی دارد و ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

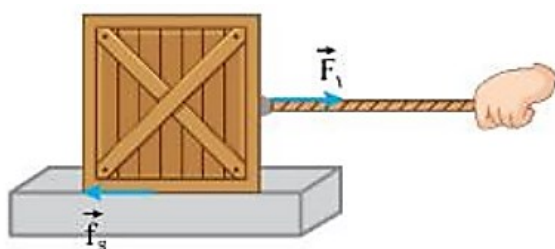
◀ معرفی نیروهای خاص (اصطکاک - کشش فتر - کشش طناب)

نیروی اصطکاک ایستایی

در شرایطی که به دلیل وجود نیروی اصطکاک ایستایی، جسم نمی‌تواند حرکت کند، همواره می‌توانیم با نوشتن شرط تعادل نیروها، اصطکاک ایستایی را به دست آوریم:

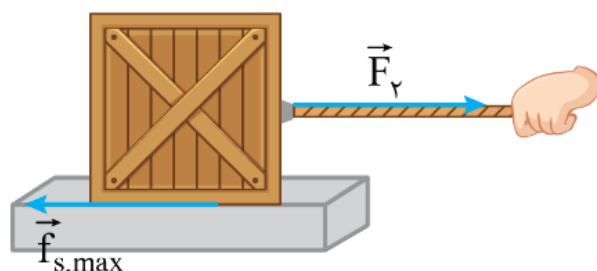
(۱) وقتی جسمی روی یک سطح افقی ساکن است و نیرویی در راستای افقی بر آن اثر نمی‌کند، نیروی اصطکاک ایستایی برابر صفر است.

(۲) با اعمال نیروی افقی به این جسم، اگر جسم همچنان ساکن بماند، با قانون دوم نیوتون می‌توان نشان داد که نیروی اصطکاک ایستایی همواره برابر با نیروی افقی است.



$$F_{\text{net}_x} = 0 \Rightarrow f_s = F_l$$

(۳) اگر نیروی افقی را آن قدر افزایش دهیم که جسم در آستانه حرکت قرار گیرد، به نیروی اصطکاک در این حالت، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه می‌گوییم و آن را با نماد $f_{s,\text{max}}$ نشان می‌دهیم. در این حالت نیز نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیروی افقی است که می‌خواهد جسم را حرکت دهد.





$$F_{\text{net}_x} = 0 \Rightarrow f_{s,\text{max}} = F_T$$

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,\text{max}}$) با اندازه نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است و از رابطه مقابل به دست می‌آید: $f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N$

نکته طلایی

- ۱- ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s) به جنس سطح تماس دو جسم و میزان زبری و نرمی و ... آن‌ها بستگی دارد.
- ۲- ضریب اصطکاک ایستایی و نیروی اصطکاک ایستایی تقریباً از مساحت سطح تماس بین دو جسم مستقل هستند؛ یعنی وابستگی محسوسی به مساحت سطح تماس ندارند.

نیروی اصطکاک جنبشی

وقتی جسمی روی یک سطح می‌لغزد از طرف سطح بر جسم نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود که موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم است. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) با اندازه نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

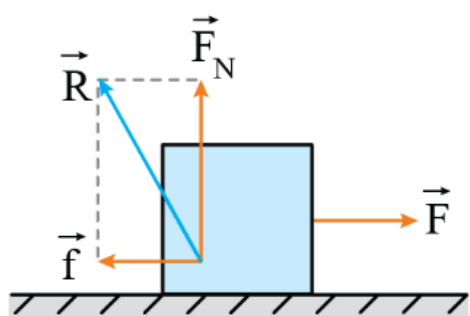
$$f_k = \mu_k F_N$$

نکته طلایی

- ۱- ضریب اصطکاک جنبشی (μ_k) نیز مانند μ_s به عواملی مانند جنس سطح تماس دو جسم و میزان زبری و نرمی آن‌ها و ... بستگی دارد.
- ۲- ضریب اصطکاک جنبشی و نیروی اصطکاک جنبشی تقریباً از مساحت سطح تماس بین دو جسم مستقل هستند؛ یعنی وابستگی محسوسی به مساحت سطح تماس ندارند.
- ۳- معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، کمتر از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح است:

$$\mu_k < \mu_s \xrightarrow{\text{در حالت کلی}} \mu_k \leq \mu_s$$

نیرویی که یک سطح به جسم وارد می‌کند



نیروهای اصطکاک و عمودی سطح از طرف سطح بر جسم وارد می‌شوند. اگر در مسئله‌ای نیروی سطح بر جسم خواسته شد، برآیند دو نیروی عمود بر هم اصطکاک و عمودی سطح را محاسبه می‌کنیم.

$$\vec{R} = \vec{F}_N + \vec{f} \xrightarrow{\vec{f}, \vec{F}_N \text{ بر هم عمودند}} R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$$

نیروی کشسانی فنر

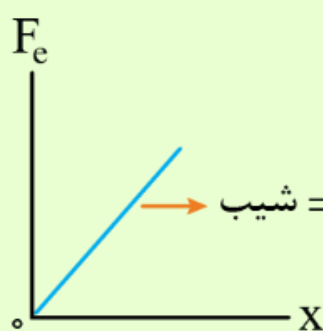
اندازه نیروی کشسانی فنر با مقدار تغییر طول آن رابطه مستقیم دارد. این رابطه که به قانون هوک معروف است به صورت زیر است:

$$F_e = kx$$



نکته طلایی

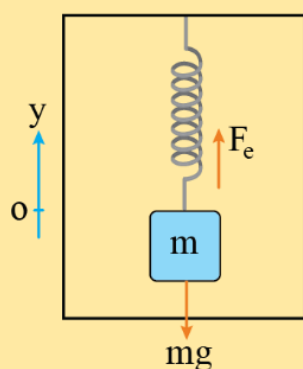
- ۱- ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.
- ۲- نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول آن به شکل $F_e = kx$ شیب k شیب مقابل است. شیب نمودار برابر ثابت فنر (k) است. هر چه شیب نمودار بیشتر باشد، ثابت فنر بیشتر و فنر سفت‌تر است.
- ۳- اگر ℓ طول اولیه فنر، ℓ طول ثانویه فنر و X اندازه تغییر طول فنر باشد، آن‌گاه $X = |\ell - \ell_0|$ می‌شود.



جمع‌بندی سریع

مسأله آسانسور

ابتدا با انتخاب جهت مثبت به طرف بالا و رسم نیروهای وارد بر جسم، قانون دوم نیوتون را می‌نویسیم:



$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_e - mg = ma \xrightarrow{F_e = kx} kx = mg + ma \quad (*)$$

اگر شتاب آسانسور به سمت بالا باشد ($a > 0$)، داریم:

$$kx = mg + ma$$

این در حالتی است که حرکت آسانسور تندشونده به سمت بالا یا کندشونده به سمت پایین باشد.

اگر شتاب آسانسور به سمت پایین باشد ($a < 0$)، داریم:

$$kx = mg - m|a|$$

این حالتی است که حرکت آسانسور تندشونده به سمت پایین یا کندشونده به سمت بالا باشد. در رابطه (*) توجه کنید که تغییر طول فنر مجموع دو تغییر طول است، یکی به دلیل نیروی وزن جسم و دیگری به دلیل حرکت شتابدار آسانسور است.

$$k(x_1 + x_2) = mg + ma$$

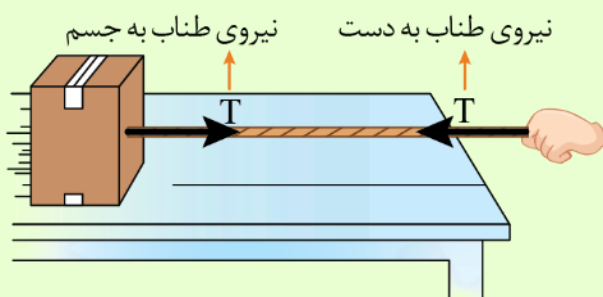
x_1 تغییر طول فنر به دلیل وزن جسم ($kx_1 = mg$) و x_2 تغییر طول فنر به دلیل حرکت شتابدار آسانسور ($kx_2 = ma$) است.

نیروی کشش طناب

هنگامی که به کمک طناب، جسمی را می‌کشیم، طناب تحت کشش قرار می‌گیرد و جسم را با نیرویی که جهت آن به سمت بیرون جسم و در راستای خود طناب است، می‌کشد. به این نیرو، نیروی کشش طناب می‌گویند و با نماد T نمایش می‌دهند.



نکته طلابي



نیروی کشش طناب، فرمول فیزیکی ندارد و در مسائل، به کمک قوانین نیوتون به دست می‌آید.

تکانه و قانون دوم نیوتون

حاصل ضرب جرم جسم (m) در سرعت آن ($\vec{v}$)، تکانه جسم نامیده می‌شود و آن را با نماد $\vec{p}$ نشان می‌دهیم:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

نکته طلابي

- ۱- تکانه کمیتی برداری است. زیرا جرم، یک کمیت نرده‌ای و سرعت، یک کمیت برداری است و تکانه که برابر با حاصل ضرب آن‌ها است نیز برداری می‌شود.
- ۲- بردار تکانه در همان جهت بردار سرعت است ($\vec{v}$ و $\vec{p}$ هم‌جهت‌اند).
- ۳- بزرگی تکانه برابر با حاصل ضرب جرم جسم (m) در تندی آن (v) است.

$$p = mv$$

- ۴- برای جسمی با جرم ثابت m ، اگر سرعت جسم تغییر کند، تغییر تکانه آن از رابطه $\Delta \vec{p} = m\Delta \vec{v}$ به دست می‌آید.
- ۵- بردار تغییر تکانه با بردار تغییر سرعت و نیز با بردار شتاب متوسط هم‌جهت است.

- ۶- با توجه به این‌که یکای جرم و سرعت در SI به ترتیب kg و $\frac{m}{s}$ است، یکای تکانه در SI برابر $\frac{kg \cdot m}{s}$ است.

انرژی جنبشی یک جسم بر حسب تکانه آن

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 \times \frac{m}{m} \Rightarrow K = \frac{m^2v^2}{2m} = \frac{(mv)^2}{2m} \xrightarrow{p=mv} K = \frac{p^2}{2m}$$

قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه

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

نکته طلابي

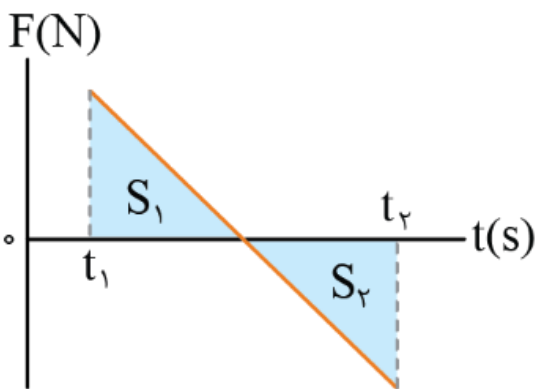
بردار نیروی خالص متوسط و بردار تغییر تکانه هم‌جهت هستند.



◀ مساحت بین نمودار نیرو - زمان و محور زمان

مساحت بین نمودار نیرو - زمان و محور زمان برابر با تغییر تکانه جسم ($\Delta \vec{p}$) است:

$$S_1 - S_2 = F_{av} \Delta t = \Delta p$$



◀ حرکت دایره‌ای یکنواخت

ذره‌ای را در نظر می‌گیریم که روی یک مسیر دایره‌ای با تندی ثابت حرکت می‌کند به این نوع حرکت، حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌گویند. با اینکه تندی جسم در این حرکت ثابت است، حرکت ذره شتاب‌دار است، چون جهت سرعت تغییر می‌کند. توجه کنید که همواره بردار سرعت ذره ($\vec{v}$) مماس بر مسیر حرکت دایره‌ای است.

دوره

در حرکت دایره‌ای یکنواخت، مدت زمان لازم برای پیمودن یک دور محیط دایره را دوره تناوب (دوره) می‌نامیم. از آنجا که در این حرکت ذره محیط دایره ($2\pi r$) را با تندی v در زمان T طی می‌کند، داریم:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (\text{دوره})$$

یکای دوره ثانیه، (s) است.

◀ شتاب مرکزگرا و قانون دوم نیوتون

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (\text{اندازه شتاب مرکزگرا})$$

$$F_{net} = m \frac{v^2}{r} \quad (\text{قانون دوم نیوتون در حرکت دایره‌ای یکنواخت})$$

◀ نیروی گرانشی

قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

G : ثابت گرانش عمومی ($\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$) که مقدار آن برابر با 6.67×10^{-11} است.



نکته طلایی

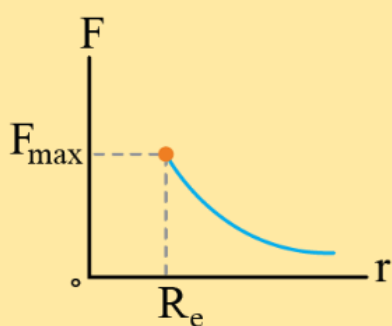
- نیروی گرانشی بین دو ذره از نوع جاذبه است و در امتداد خط واصل دو ذره وارد می‌شود.
 - طبق قانون سوم نیوتون، دو نیروی $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{21}$ یک جفت نیروی کنش و واکنش هستند. یعنی نیروی گرانشی که جسم m_1 به جسم m_2 وارد می‌کند، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت نیروی گرانشی است که جسم m_2 به جسم m_1 وارد می‌کند.
- $$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

جمع‌بندی سریع

نیروی گرانشی وارد بر ماهواره:

ماهواره در اثر نیروی گرانش بین زمین و ماهواره، روی مدار تقریباً دایره‌ای به دور زمین می‌چرخد. طبق قانون گرانش عمومی این نیرو برابر است با:

$$F = G \frac{M_e m}{r^2}$$

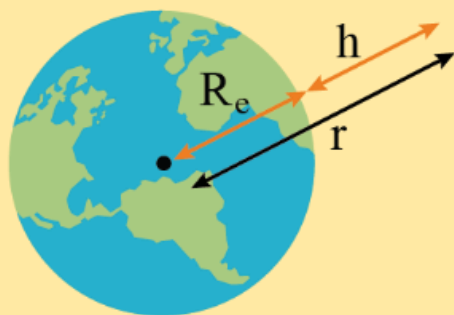


که در آن r فاصله ماهواره تا مرکز کره زمین است. بیشترین نیروی گرانشی بر ماهواره در سطح زمین به آن وارد می‌شود. هرچه فاصله ماهواره بیشتر شود، نیروی گرانشی با وارون مربع فاصله کاهش می‌یابد و نمودار آن به شکل زیر خواهد بود:

و در نتیجه برای مقایسه نیروی گرانشی در دو فاصله r_1 و r_2 از مرکز زمین داریم:

$$\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

توجه کنید که با توجه به این رابطه، می‌توان شتاب گرانشی در ارتفاع h از سطح زمین و شتاب گرانشی در سطح زمین را با هم مقایسه کرد:



$$F = W = mg \Rightarrow \frac{g_h}{g_0} = \left(\frac{R_e}{h + R_e}\right)^2$$

که در آن g_h شتاب گرانشی در ارتفاع h از سطح زمین و g_0 شتاب گرانشی در سطح زمین است.

نکته طلایی

مربع دوره گردش ماهواره‌ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین است.

$$F = m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$G \frac{M_e m}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} \rightarrow 4\pi^2 r^3 = G M_e T^2 \rightarrow T^2 \propto r^3$$



فصل سوم: نوسان و موج

◀ حرکت دوره‌ای و نوسان هماهنگ ساده

نوسان دوره‌ای

نوسان‌هایی را که هر چرخه آن در دوره‌های دیگر تکرار شود، نوسان دوره‌ای می‌نامند.

دوره تناوب

مدت زمان یک چرخه، دوره تناوب حرکت نامیده می‌شود و آن را با نماد T نشان می‌دهند که یکای آن در SI، ثانیه (s) است.

بسامد

تعداد نوسان‌های انجام شده (تعداد چرخه) در هر ثانیه، بسامد (فرکانس) نامیده می‌شود و آن را با نماد f نشان می‌دهند.

🚀 نکته طلایی

۱- با توجه به تعریف دوره، بسامد عکس دوره است:

$$f = \frac{1}{T}$$

۲- اگر نوسانگری در مدت زمان t ، تعداد n نوسان کامل انجام دهد، دوره و بسامد آن از روش زیر به دست می‌آید:

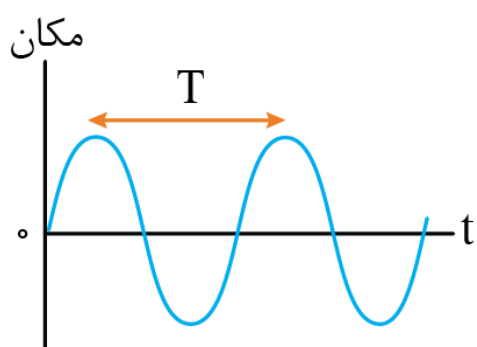
$$T = \frac{t}{n}, f = \frac{n}{t}$$

۳- کمیت دیگری که در حرکت نوسانی کاربرد زیادی دارد، بسامد زاویه‌ای است. این کمیت با بسامد رابطه مستقیم و با دوره رابطه عکس دارد و به صورت مقابل تعریف می‌شود:

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

یکای بسامد زاویه‌ای در SI برابر رادیان بر ثانیه ($\frac{\text{rad}}{\text{s}}$) است.

◀ حرکت هماهنگ ساده



به نوسان‌های دوره‌ای که نمودار مکان - زمان آن‌ها مانند شکل مقابل، سینوسی است، حرکت هماهنگ ساده (SHM) گفته می‌شود.



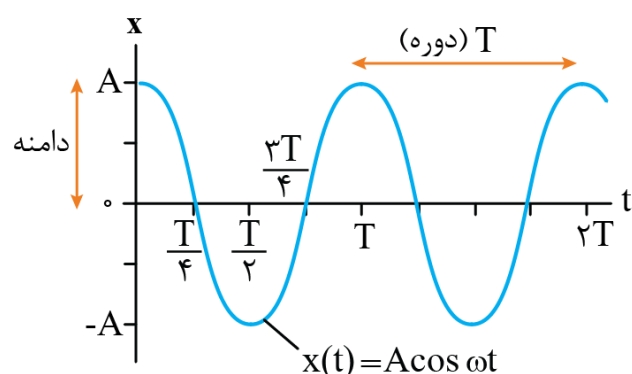
نکته طلایی

حرکت جسم متصل به فنر روی سطح بدون اصطکاک (سامانه جرم - فنر) و حرکت کم دامنه گلوله آونگ در شرایط خلأ (آونگ ساده) مشهورترین نمونه‌های حرکت هماهنگ ساده هستند.

معادله حرکت هماهنگ ساده

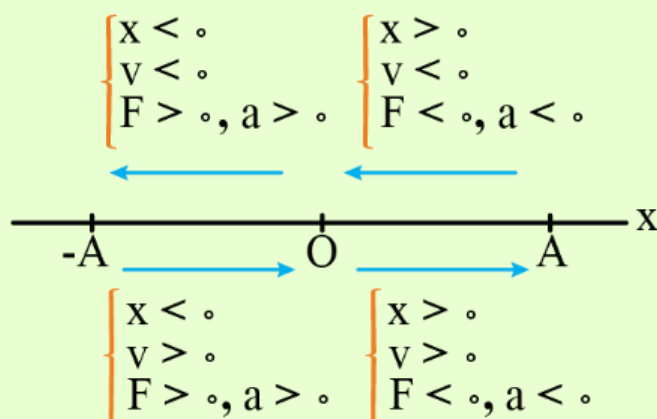
$$x(t) = A \cos \omega t$$

نمودار حرکت هماهنگ ساده به صورت شکل زیر است:



نکته طلایی

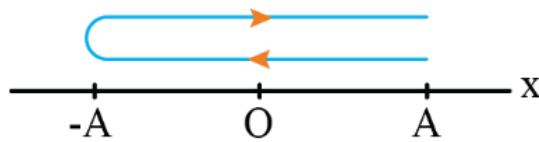
- ۱- بیشینه فاصله جسم از نقطه تعادل، دامنه نوسان نام دارد.
- ۲- دامنه، فاصله بین دو انتهای مسیر نیست. در واقع دامنه برابر نصف طول پاره خط نوسان (فاصله $+A$ تا $-A$) است.
- ۳- به نقاط $x = \pm A$ نقاط بازگشت می‌گویند. در نقاط بازگشت، سرعت نوسانگر برابر با صفر است و جهت حرکت آن عوض می‌شود. به همین دلیل به این نقاط، نقاط بازگشت می‌گویند.
- ۴- به نقطه $x = 0$ ، نقطه تعادل می‌گویند، زیرا در این نقطه تغییر طول فنر صفر است و نیرویی به جسم وارد نمی‌شود. در نقطه تعادل ($x = 0$) اندازه سرعت نوسانگر بیشینه است.
- ۵- هنگامی که نوسانگر به نقطه تعادل نزدیک می‌شود، حرکت آن تندشونده و هنگامی که از نقطه تعادل دور می‌شود (به نقاط بازگشت نزدیک می‌شود)، حرکت آن کندشونده است.
- ۶- حرکت هماهنگ ساده، یک حرکت شتابدار با شتاب متغیر است، چون نیروی خالص وارد بر نوسانگر همان نیروی کشش فنر ($F_e = -kx$) است که نیروی ثابتی نیست و به مکان نوسانگر (x) بستگی دارد.
- ۷- جهت نیروی کشش فنر و در نتیجه جهت شتاب نوسانگر، همواره به سمت نقطه تعادل ($x = 0$) است؛ در نتیجه علامت نیرو و شتاب همواره مخالف علامت مکان است.
- ۸- در نقطه تعادل ($x = 0$)، نیرو و در نتیجه شتاب برابر صفر هستند و در نقاط بازگشت ($x = \pm A$) نیرو و شتاب هر دو بیشینه‌اند.
- ۹- علامت‌های مکان، سرعت، نیرو و شتاب در یک دوره، در شکل زیر نشان داده شده‌اند:





◀ محاسبه مسافت طی شده در حرکت هماهنگ ساده

۱- نوسانگر در هر دوره تناوب (یک نوسان کامل) همواره مسافتی برابر $4A$ (۲ برابر طول پاره خط نوسان) را طی می کند:



$$\Delta t = T \Leftrightarrow \ell = 4A$$

۲- نوسانگر در نصف دوره تناوب ($\Delta t = \frac{T}{2}$) همواره مسافتی برابر $2A$ را طی می کند.

◀ چه عواملی بر دوره تناوب سامانه جرم - فنر، مؤثر است؟

آزمایش های متعدد با جرم - فنر نشان می دهد:

(۱) افزایش جرم در سامانه جرم - فنر (با فنر یکسان) به کند شدن نوسان ها، یعنی افزایش دوره تناوب می انجامد.

(۲) افزایش ثابت فنر در سامانه جرم - فنر (با جرم یکسان) به تند شدن نوسان ها، یعنی کاهش دوره تناوب می انجامد.

دوره تناوب سامانه جرم - فنر با وزنه ای به جرم m و فنری با ثابت k برابر است با:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

با توجه به این رابطه می توان رابطه ای برای بسامد و بسامد زاویه ای نیز پیدا کرد:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

شتاب در حرکت هماهنگ ساده

$$a = -\omega^2 x$$

تندی بیشینه

سرعت نوسانگر در نقطه تعادل بیشینه است و مقدار سرعت بیشینه (تندی بیشینه)، از رابطه زیر به دست می آید:

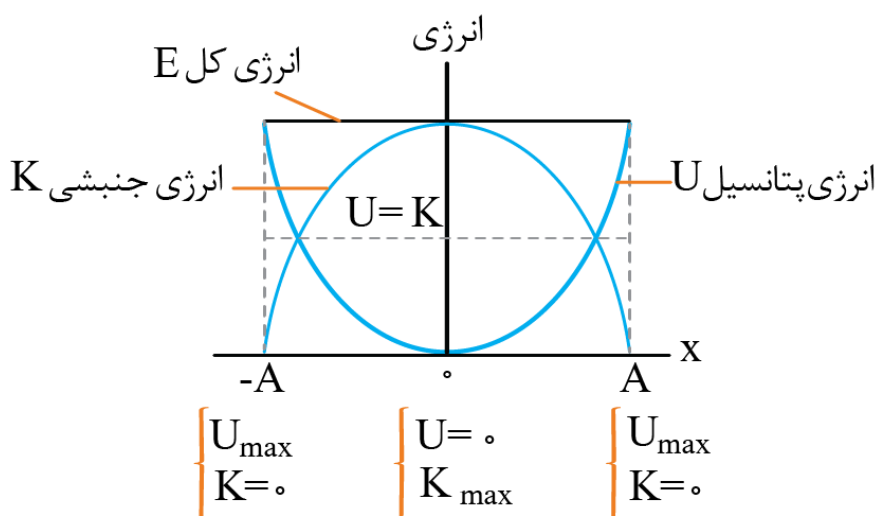
$$v_{\max} = A\omega$$



انرژی در حرکت هماهنگ ساده

انرژی ای است که درون فنر ذخیره می شود.	پتانسیل
در نقاط بازگشت ($x = \pm A$) بیشینه است.	
در نقطه تعادل ($x = 0$) صفر است.	
هرچه از نقطه تعادل دورتر باشیم، انرژی پتانسیل بیشتر است.	
انرژی ای است که به دلیل تندی حرکت نوسانگر وجود دارد.	انرژی جنبشی
در نقاط بازگشت ($x = \pm A$) صفر است.	
در نقطه تعادل ($x = 0$) بیشینه است.	
هرچه به نقطه تعادل نزدیک تر باشیم، انرژی جنبشی بیشتر است.	
به مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی نوسانگر، انرژی مکانیکی می گوئیم.	انرژی مکانیک
به دلیل نبود اتلاف انرژی، انرژی مکانیکی همواره ثابت است.	
از رابطه: $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = 2\pi^2mA^2f^2$ محاسبه می شود.	

◀ نمودارهای انرژی در حرکت هماهنگ ساده



◀ آونگ ساده و تشدید

دوره تناوب آونگ ساده به طول L از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$



نکته طلایی

- ۱- دوره تناوب آونگ ساده، به جرم و دامنه آن بستگی ندارد.
- ۲- برای مقایسه دوره تناوب، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \times \sqrt{\frac{g_1}{g_2}}$$

- ۳- با توجه به روابط $f = \frac{1}{T}$ و $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، با داشتن دوره تناوب آونگ ساده می توانیم بسامد و بسامد زاویه ای آن را نیز محاسبه کنیم.

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

◀ بسامد طبیعی

وقتی نوسانگری مانند جرم - فنر یا آونگ ساده، با انحراف از وضع تعادل با بسامدی معین شروع به نوسان می کند، به این بسامد، بسامد طبیعی گفته می شود که با f_0 نشان می دهند.

بسامد طبیعی سامانه جرم - فنر برابر $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ و بسامد طبیعی آونگ ساده برابر

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \text{ است.}$$

◀ نوسان واداشته

نوسانگرها می توانند با اعمال یک نیروی خارجی، با بسامدهای دیگری نیز به نوسان درآیند. به چنین نوسانی، نوسان واداشته گفته می شود و بسامد این نوسان را با f_d نشان می دهند. بنابراین اگر یک نوسانگر را رها کنیم که آزادانه و بدون تأثیر نیروی خارجی نوسان کند، با بسامد طبیعی خود، نوسان آزاد انجام می دهد و اگر آن را با یک نیروی خارجی با بسامد f_d به نوسان درآوریم، نوسان واداشته خواهد کرد.

◀ تشدید (رزونانس)

اگر بسامد نوسانهای واداشته (f_d) با بسامد طبیعی (f_0) برابر شود ($f_d = f_0$). دامنه نوسانها می تواند افزایش زیادی داشته باشد. در چنین وضعیتی اصطلاحاً گفته می شود که برای نوسانگر تشدید (رزونانس) رخ داده است.

نکته طلایی

- ۱- اگر نوسانگر را با بسامدهایی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی به نوسان درآوریم ($f_d \neq f_0$)، دامنه نوسان کوچکتر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی اش به نوسان درآوریم.
- ۲- مثالی از یک نوسان واداشته، تاب خوردن کودکی است که به طور دوره ای هل داده می شود. نوسان تاب بی آن که در ادامه حرکت هل داده شود، مثالی از یک نوسان آزاد است، به طوری که نوسانهای تاب، میرا و سرانجام متوقف می شود. ولی وقتی شخصی تاب را هل می دهد، او انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می کند و مانع میرا شدن نوسان تاب می شود.



◀ موج

هرگاه در ناحیه‌ای از محیط کشسان، ارتعاشی به وجود آید، موجب پدید آمدن ارتعاش‌های پی‌درپی دیگری می‌شود که از محل شروع ارتعاش دور و دورترند، و به این ترتیب موج مکانیکی به وجود می‌آید. نوع دیگری از امواج نیز وجود دارند که برای انتشار خود نیازی به محیط مادی کشسان ندارند که به آن‌ها امواج الکترومغناطیسی می‌گوییم.



◀ انواع موج از نظر شکل انتشار آن‌ها

موج‌ها از نظر راستای انتشار و راستای نوسان به دو دسته موج عرضی و موج طولی تقسیم می‌شوند:

۱) **موج عرضی:** اگر راستای نوسان ذرات محیط بر جهت انتشار موج عمود باشد، موج را عرضی می‌نامند.

۲) **موج طولی:** اگر راستای نوسان ذره‌های محیط انتشار موج، در جهت انتشار موج باشد، موج را طولی می‌نامند.



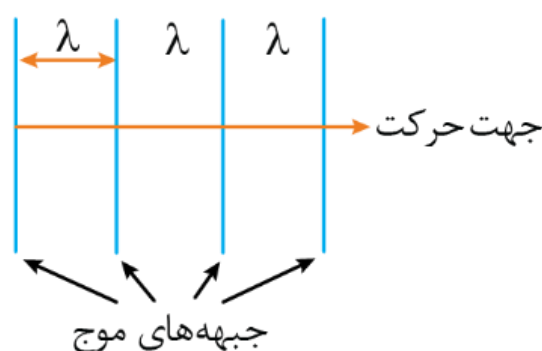
نکته طلایی

به موج‌های طولی و عرضی، موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود، زیرا هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.

◀ مشخصه‌های موج

۱- **طول موج:** یک موج مکانیکی عرضی در هنگام انتشار در یک محیط، برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌هایی ایجاد می‌کند. فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، طول موج نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند. طول موج (λ) برابر با مسافتی است که موج در مدت یک دوره تناوب نوسان چشمه طی می‌کند.

در واقع به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب، یک جبهه موج می‌گویند. به برآمدگی‌ها، قله (ستیغ) و به فرورفتگی‌ها دره (پاستیغ) گفته می‌شود.



۲- دامنه (A): بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل، دامنه موج نامیده می‌شود که همان فاصله قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

۳- دوره تناوب (T): مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان انجام می‌دهد دوره تناوب موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمه موج یک نوسان انجام می‌دهد.

۴- بسامد (f): تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می‌شود که برابر با بسامد چشمه موج نیز هست. به یاد داشته باشید که با توجه به حرکت نوسانی چشمه موج، می‌توان همه مفاهیم قسمت نوسان را برای آن در نظر گرفت. مثلاً اینجا هم رابطه $f = \frac{1}{T}$ بین بسامد و دوره تناوب موج برقرار است.

۵- تندی انتشار موج (v): اگر جبهه موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطه $v = \frac{L}{\Delta t}$ به دست می‌آید. از آنجا که طول موج λ در دوره T طی می‌شود، داریم:

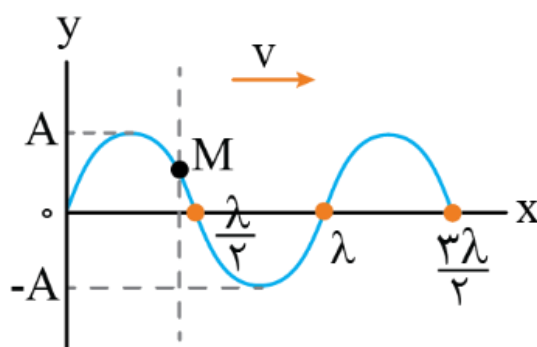
$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

نکته طلایی

- ۱- تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد.
- ۲- تندی انتشار موج سطحی روی آب‌های کم‌عمق، به عمق آب که یکی از ویژگی‌های محیط انتشار موج است، بستگی دارد. با افزایش عمق، تندی موج افزایش می‌یابد و بالعکس.
- ۳- بسامد، دوره و دامنه، به چشمه موج بستگی دارند و با تغییر محیط، ثابت می‌مانند.

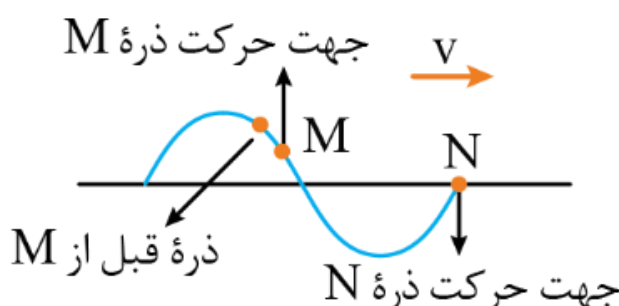
◀ نقش موج

هرگاه از موج در حال انتشار، در یک لحظه عکس بگیریم، به شکل موج در آن لحظه، نقش موج در آن لحظه می‌گویند.





هر ذره از محیط، حرکت ذره قبل خود را تکرار می‌کند. مثلاً در اینجا چون موج به سمت راست حرکت می‌کند، ذرات سمت چپ، ذره قبل آن هستند.



◀ تندی انتشار موج عرضی در یک ریسمان یا فنر

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

نکته طلایی

اگر جرم (m) و طول تار (L) داده شود، می‌توان تندی انتشار موج عرضی را بدون محاسبه μ ، به دست آورد:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{m}{L}} v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

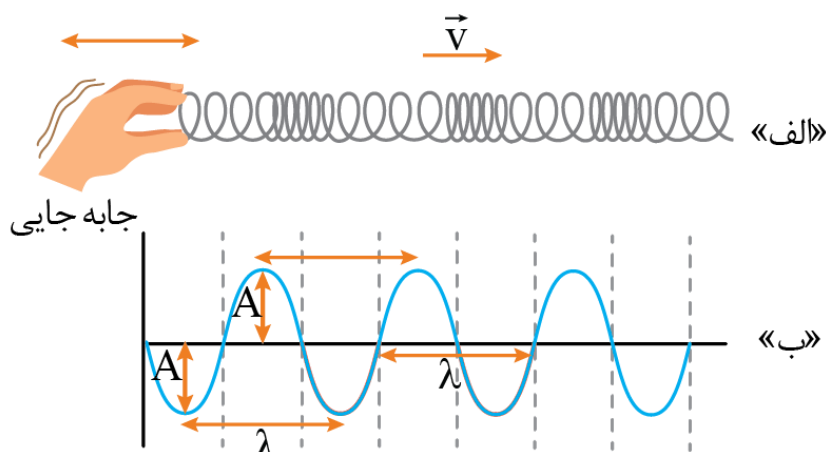
◀ انتقال انرژی در موج عرضی مکانیکی

هر موجی حامل انرژی است. وقتی در یک ریسمان یا فنر کشیده موجی عرضی را ایجاد می‌کنیم، در واقع انرژی را برای ایجاد موج در ریسمان فراهم کرده‌ایم. با انتشار موج، این انرژی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در ریسمان انتقال می‌یابد.

نکته طلایی

- ۱- انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل لازم را چشمه موج تأمین می‌کند.
- ۲- ثابت می‌شود که مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همه انواع امواج مکانیکی، با مربع دامنه (A^2) و نیز مربع بسامد (f^2) موج متناسب است.

◀ انتشار موج طولی در یک فنر بلند کشیده





نکته طلایی

- ۱- در یک لحظه از زمان، در مکان‌هایی که بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد، جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل برابر صفر است.
- ۲- در وسط فاصله بین یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاور هم، اندازه جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است.
- ۳- درحالی‌که طول موج برای امواج عرضی برابر با فاصله دو قله یا دو دره متوالی است در مورد امواج طولی، طول موج برابر با فاصله بین دو تراکم بیشینه (برای فنر، جمع‌شدگی بیشینه) یا دو انبساط بیشینه (بازشدگی بیشینه) متوالی است.
- ۴- دامنه موج طولی، برابر با بیشینه جابه‌جایی از مکان تعادل است.
- ۵- هر جزء فنر در مدت یک دوره (T)، یک نوسان کامل انجام می‌دهد و در این مدت موج به اندازه یک طول موج پیشروی می‌کند.

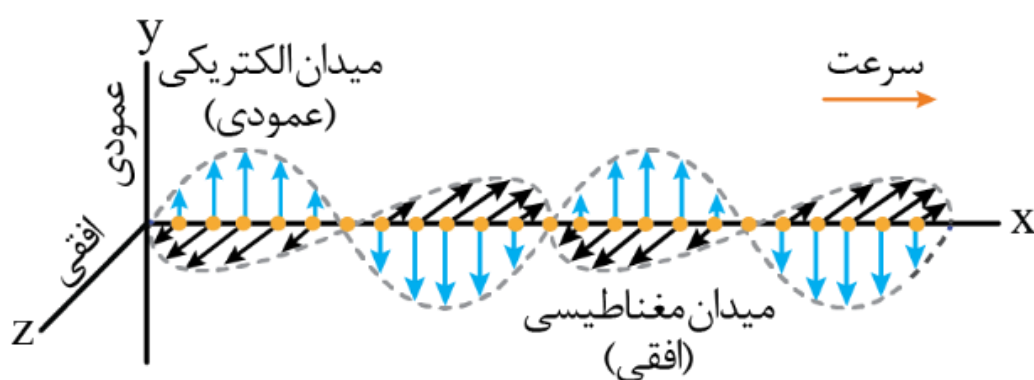
۶- تندی انتشار موج طولی نیز برابر $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ است.

- ۷- برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است. بنابراین طول موج طولی از طول موج عرضی در یک محیط بیشتر است.

موج الکترومغناطیسی

اساس شکل‌گیری موج الکترومغناطیسی، دو قانون زیر است:

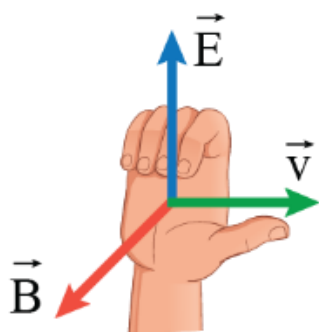
- (۱) ایجاد میدان الکتریکی به علت تغییر میدان مغناطیسی همان القای الکترومغناطیسی است که توسط مایکل فاراده به‌طور تجربی کشف شد.
- (۲) پدیده معکوس قانون القای فاراده، یعنی تولید میدان مغناطیسی بر اثر تغییر میدان الکتریکی که توسط جیمز کلارک ماکسول پیش‌بینی شد.



با توجه به این شکل، سه ویژگی بارز را می‌توان در امواج الکترومغناطیسی دید:

- (۱) میدان الکتریکی $\vec{E}$ همواره عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ است.
- (۲) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی $\vec{E}$ و $\vec{B}$ همواره بر جهت حرکت عمودند و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است. برای تعیین جهت انتشار موج می‌توان از قاعده دست راست کمک گرفت.

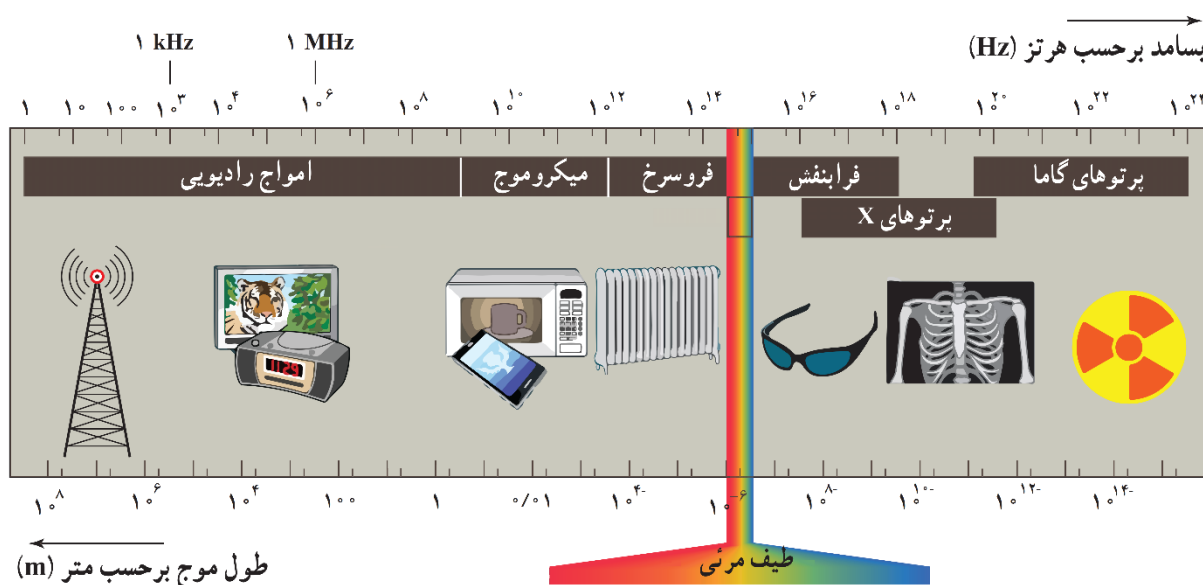
اگر چهار انگشت دست راست را طوری در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار دهیم، به‌طوری‌که میدان مغناطیسی $\vec{B}$ از کف دستان خارج شود (خم شدن چهار انگشت در جهت میدان مغناطیسی باشد)، انگشت شست جهت انتشار موج (جهت انتقال انرژی) را نشان می‌دهد.



قاعدهٔ دست راست برای یافتن
جهت انتشار موج الکترومغناطیسی

۳) میدان‌ها با بسامد و طول موج یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند (یعنی همزمان با هم بیشینه و کمینه می‌شوند و با هم تغییر جهت می‌دهند).

◀ طیف امواج الکترومغناطیسی



🚀 نکتهٔ طلابی

- ۱- تمام این امواج به‌رغم تفاوت فراوان در روش‌های تولید و کاربردهای آن‌ها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی نور در خلأ حرکت می‌کنند و هیچ گسستگی‌ای در این طیف وجود ندارد.
- ۲- تندی این امواج در محیط‌های دیگر یکسان نیست مثلاً تندی نور قرمز و نور بنفش در محیط شفافی مانند شیشه برابر نیست.
- ۳- طول موج نور مرئی از 400 nm (بنفش) تا 700 nm (قرمز) است.
- ۴- طول موج امواج رادیویی از حدود یک متر تا 3×10^8 متر است.

◀ امواج صوتی

صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار، تارهای صوتی حنجرهٔ انسان، دیافراژن و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحهٔ مرتعش (دیافراگم) یک بلندگو، تولید می‌شود، که به این‌ها اصطلاحاً چشمهٔ صوت می‌گویند.



نکته طلایی

- ۱- وقتی یک چشمه صوت مرتعش می‌شود، معمولاً صوت ایجاد شده در تمام جهت‌ها منتشر می‌شود و جبهه‌های موج، کره‌هایی به مرکز چشمه صوت‌اند.
- ۲- صوت (که مثالی از یک موج مکانیکی است)، فقط در محیط‌های مادی مانند گاز، مایع یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود.
- ۳- امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی خود، مثل یک موج طولی ایجاد شده در یک فنر کشیده شده، از مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند.
- ۴- با انتشار صوت، هر مولکول هوا، با موج حرکت نمی‌کند، بلکه در مکان ثابتی، در راستای انتشار موج به جلو و عقب نوسان می‌کند.

تندی انتشار صوت در محیط‌های مختلف

- ۱- هرچه محیط تراکم‌ناپذیرتر باشد، تندی صوت در آن بیشتر است. اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که عموماً صوت در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها حرکت می‌کند، گرچه استثناهایی نیز وجود دارد. (تندی انتشار صوت در هیدروژن 0°C بیشتر از متیل الکل 25°C است).
- ۲- تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد. مثلاً با افزایش دمای هوا، تندی صوت در آن افزایش می‌یابد.
- ۳- رابطه $v = \lambda f$ برای امواج صوتی نیز مانند سایر امواج برقرار است. بنابراین اگر طول موج و بسامد صوت را در یک محیط بدانیم، می‌توانیم تندی انتشار صوت در آن محیط را محاسبه کنیم.

شدت صوت

شدت یک موج صوتی (I) در یک سطح، برابر با آهنگ متوسط انرژی‌ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می‌رسد یا از آن عبور می‌کند.

$$I = \frac{P_{av}}{A}$$

نکته طلایی

- ۱- با توجه به رابطه توان متوسط $(P_{av} = \frac{E}{t})$ ، رابطه شدت صوت را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$I = \frac{E}{At}$$

شدت صوت (I) در فاصله r از چشمه برابر است با:

$$I = \frac{P_{av}}{4\pi r^2}$$



◀ تراز شدت صوت

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0}$$

جمع‌بندی سریع



۱- شدت مرجع (I_0) نزدیک به حد پایین گستره شنیداری انسان است. یعنی شدت صوت آهسته‌ترین صدایی که انسان در بسامدهای معمولی می‌تواند بشنود (به زحمت شنیده می‌شود) برابر $I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است.

۲- تراز شدت صوت آستانه شنوایی انسان، برابر صفر دسی‌بل است. به عبارت دیگر اگر شدت یک صوت برابر با شدت مرجع باشد ($I = I_0$)، تراز شدت صوت آن صفر دسی‌بل است.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{I=I_0} I = 10 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

◀ تغییرات تراز شدت صوت

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

◀ ارتفاع و بلندی صوت

وقتی دیاپازونی را با ضربه‌ای به ارتعاش وا می‌داریم، دیاپازون نوسان‌هایی انجام می‌دهد که به دلیل میرایی کم، به حرکت هماهنگ ساده نزدیک است. به صوت حاصل از چشمه‌های صوتی که نوسان آن‌ها به دلیل میرایی کم، به حرکت هماهنگ ساده نزدیک باشد، تَن موسیقی یا به اختصار تَن گفته می‌شود. با شنیدن هر تَن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز ساخت:

۱- **ارتفاع:** بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند (زیر و بم بودن صدا).

۲- **بلندی:** شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند (بلند بودن صدا).

نکته طلایی

۱- هرچه بسامد (ارتفاع) بیشتر باشد صدا زیرتر و هرچه بسامد (ارتفاع) کمتر باشد، صدا بم‌تر است.

۲- اگر چند دیاپازون مختلف به‌طور یکسان (با ضربه‌های یکسان) نواخته شوند، بسامد آن‌ها را می‌توان از کمترین تا بیشترین مقدار تشخیص داد.

۳- اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، بسامد صدایی که می‌شنویم تغییر نمی‌کند (چون بسامد دیاپازون ثابت است)؛ اما صداهایی با بلندی متفاوت را حس می‌کنیم که این به شدت ضربه‌ها بستگی دارد.

۴- ارتفاع و بلندی هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شوند. بسامد و شدت صوت را می‌توان اندازه گرفت ولی ارتفاع و بلندی را احساس می‌کنیم و قابل اندازه‌گیری نیستند.

۵- دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهد، با اینکه گوش انسان قادر به شنیدن تَن‌های صدای 20 Hz تا 20000 Hz است. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گستره 2000 Hz تا 5000 Hz است.



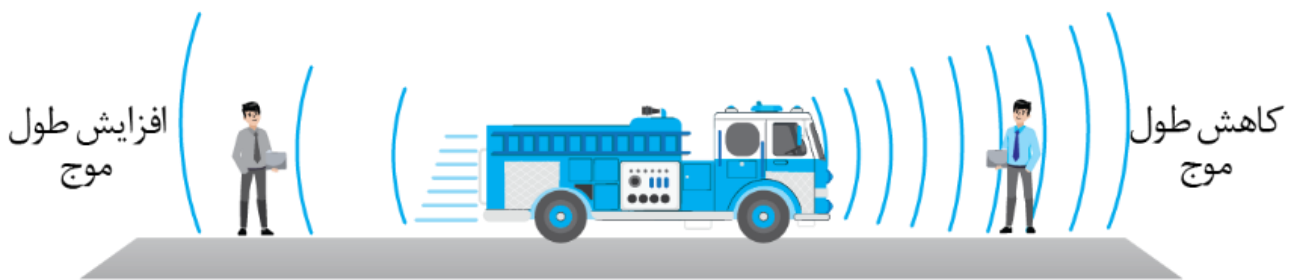
◀ اثر دوپلر

- ۱- اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی مانند میکروموج‌ها، موج‌های رادیویی و نور مرئی نیز برقرار است.
- ۲- علت رخ دادن اثر دوپلر می‌تواند حرکت چشمه صوت، حرکت شنونده و یا حرکت هر دوی آن‌ها باشد.

الف) چشمه صوت متحرک و ناظر (شنونده) ساکن است

فرض کنید ماشین آتش‌نشانی (چشمه صوت) به جلو حرکت کند، در این صورت فاصله جبهه‌های موج در جلوی ماشین کمتر از پشت آن است. بنابراین ناظر ساکن در جلوی ماشین طول موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیت ساکن ماشین، اندازه می‌گیرد و این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

در حالی که ناظر ساکن در عقب ماشین طول موج بلندتری را نسبت به وضعیت ساکن ماشین اندازه می‌گیرد و این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.



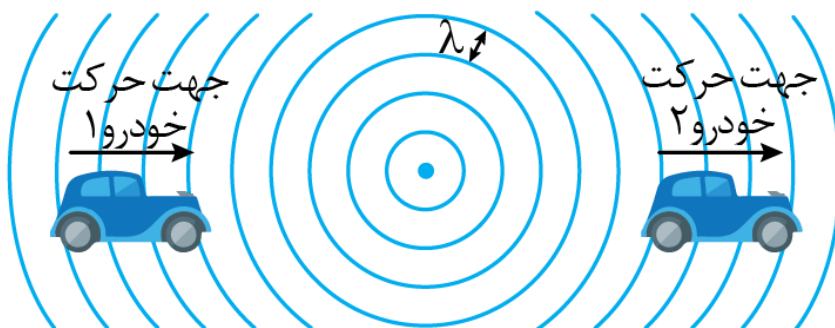
ب) چشمه ساکن و ناظر (شنونده) متحرک باشد

در این حالت تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است، بنابراین طول موج ثابت است.

اگر ناظر به طرف چشمه حرکت کند (خودرو ۱)، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود.

اگر ناظر از چشمه دور شود (خودرو ۲)، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج کمتری مواجه می‌شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود، یعنی می‌توان گفت:

$$f_1 > f_s > f_2$$





نکته طلابی

- ۱- حرکت ناظر تأثیری در طول موج موج صوتی ندارد. فقط وقتی چشمه حرکت می‌کند، طول موج امواج دریافتی تغییر می‌کند.
- ۲- اگر چشمه صوت و ناظر به هم نزدیک شوند، بسامدی که ناظر دریافت می‌کند از بسامد چشمه بیشتر است.
- ۳- اگر چشمه صوت و ناظر از هم دور شوند، بسامدی که ناظر دریافت می‌کند از بسامد چشمه کمتر است.

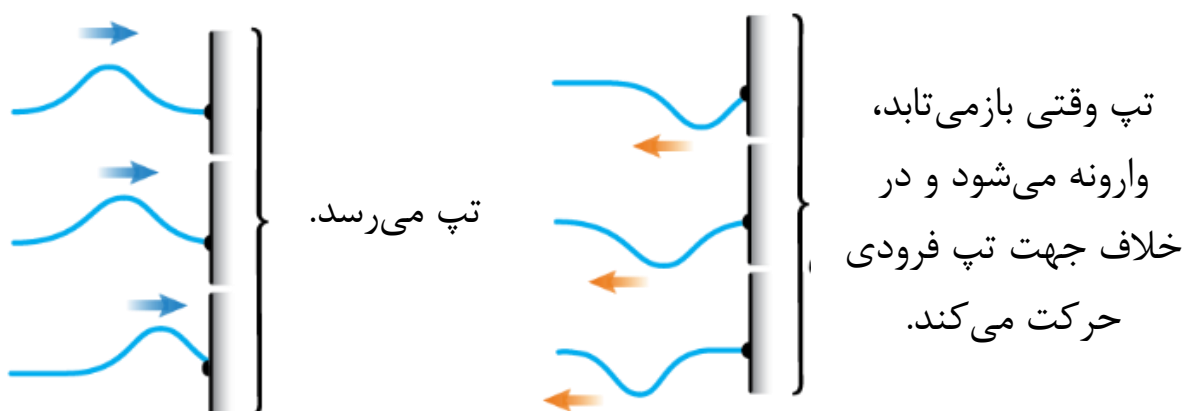
◀ اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی

وقتی چشمه نور از ناظر (آشکارساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می‌یابد که به آن اصطلاحاً انتقال به سرخ می‌گویند و وقتی چشمه نور به ناظر نزدیک می‌شود، طول موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً انتقال به آبی می‌گویند.



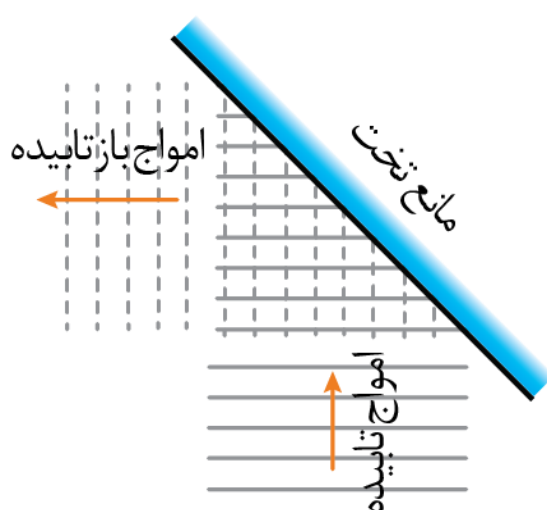
فصل چهارم: برهم کنش های موج

◀ بازتاب امواج مکانیکی در یک بعد



◀ بازتاب امواج مکانیکی در دو بُعد

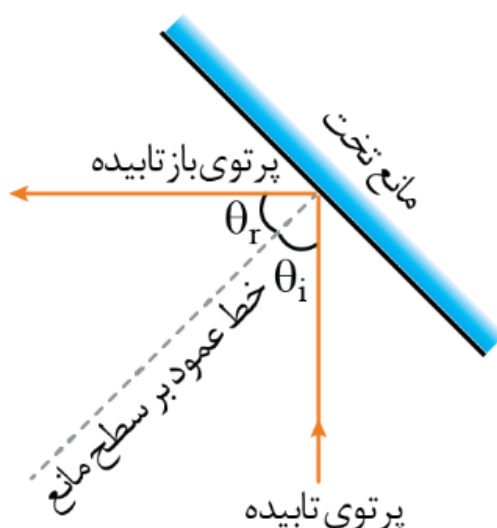
به خاطر داریم که وقتی تیغه تختی را بر سطح آب تشت موج به نوسان در می آوریم، امواج تختی بر سطح آب تشکیل می شد. اگر بر سر راه این امواج، مانعی قرار دهیم، امواج پس از برخورد به مانع باز می تابند. به چنین بازتابی، بازتاب در دو بعد می گویند. ساده ترین مانع، مانع تخت است. در این حالت امواج بازتابیده نیز تخت هستند.



◀ قانون بازتاب عمومی

زاویه تابش: زاویه بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی) را زاویه تابش می نامند و با θ_i نشان می دهند.

زاویه بازتابش: زاویه بین خط عمود بر سطح مانع و پرتو بازتابیده را زاویه بازتابش می نامند و با θ_r نشان می دهند.



قانون بازتاب عمومی

۱- همواره زاویه تابش و بازتابش با هم برابرند:

۲- پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود بر مانع، همواره در یک صفحه قرار دارند.
این قانون برای هر نوع مانع، هر وضعیت مانع و همه انواع دیگر موج، مانند امواج دایره‌ای یا کروی نیز برقرار است.

◀ بازتاب امواج مکانیکی در سه بُعد

نمونه دیگری از بازتاب امواج مکانیکی، بازتاب امواج صوتی است که می‌تواند از سطح سخت مانند دیوار بازتابش کند.
بازتاب امواج صوتی، مثالی از بازتاب امواج در سه بُعد است و مانند سایر امواج، بازتاب صوت نیز از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند.

🚀 نکته طلایی

- ۱- یکی از کاربردهای بازتاب صوت از سطوح خمیده، میکروفون سهموی است که از آن برای ثبت صداهای ضعیف استفاده می‌شود.
- ۲- یکی دیگر از کاربردهای بازتاب امواج از سطوح خمیده، دستگاه لیتوتریپسی است که از آن برای شکستن سنگ کلیه با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود.

◀ پژواک

اگر در برابر دیواره یا صخره بلندی که چند متر از شما فاصله دارد، بایستید و یک بار دست بزنید، پس از مدت زمان کوتاهی، بازتاب صدای دست زدن خود را خواهید شنید.
اگر صوت بازتابیده با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می‌شنود، به چنین بازتابی پژواک می‌گویند.

🚀 نکته طلایی

اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از $\frac{1}{10}$ s باشد، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد.



◀ مکان‌یابی پژواکی

مکان‌یابی پژواکی روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن جسم را تعیین می‌کند. مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آن‌ها به کار می‌رود.

نکته طلایی

- ۱- بعضی از جانوران مانند خفاش‌ها و دلفین‌ها و وال‌ها، با استفاده از گسیل امواج فراصوتی و دریافت پژواک این امواج می‌توانند اشیایی را که در مسیر آن‌ها قرار دارند، شناسایی کنند. البته اگر جانور یا شیء بازتابنده یا هر دو متحرک باشند، تغییر بسامد ناشی از اثر دوپلر در موج بازتابیده توسط جانور درک می‌شود و بدین ترتیب می‌تواند سرعت خود یا شیء متحرک را تعیین کند.
- ۲- برای تشخیص جسم توسط جانور، اندازه جسم باید در حدود طول موج به کار رفته یا بزرگ‌تر از آن باشد.
- ۳- دستگاه سونار کشتی‌ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب، سونوگرافی، اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ‌ها همگی بر اساس مکان‌یابی پژواکی با کمک امواج مکانیکی (صوتی یا فراصوت) کار می‌کنند.
- ۴- مکان‌یابی پژواکی می‌تواند با امواج الکترومغناطیس هم انجام شود. رادار دوپلری وسیله‌ای است که مکان‌یابی پژواکی با امواج الکترومغناطیسی به همراه اثر دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آن‌ها به کار می‌رود (مانند تعیین تندی خودروها).

◀ بازتاب امواج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توانند از یک سطح، بازتابیده شوند. بازتاب امواج الکترومغناطیسی یک بازتاب سه بُعدی است و از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند. مانند امواج مکانیکی، امواج الکترومغناطیسی هم می‌توانند علاوه بر سطوح صاف، از سطوح خمیده نیز بازتاب شوند.

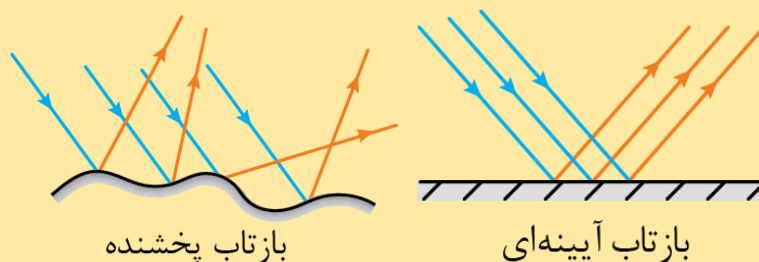
امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش، در یک نقطه کانونی می‌شوند. از این سازوکار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است. بنابراین نور مرئی نیز از همان قانون بازتاب عمومی امواج پیروی می‌کند.



جمع بندی سریع

۱- در بازتاب آینه‌ای از یک آینه تخت، بازتابش یک دسته پرتو موازی را فقط در یک جهت می‌توانید ببینید، ولی در بازتاب پخشنده، بازتابش این دسته پرتو را می‌توانید در جهت‌های مخالف مشاهده کنید.



۲- در بازتاب پخشنده نیز، در هر بازتاب، زاویه‌های تابش و بازتابش با هم برابرند و پرتوی تابش، پرتوی بازتابش و خط عمود بر سطح بازتابنده در یک صفحه واقع‌اند.

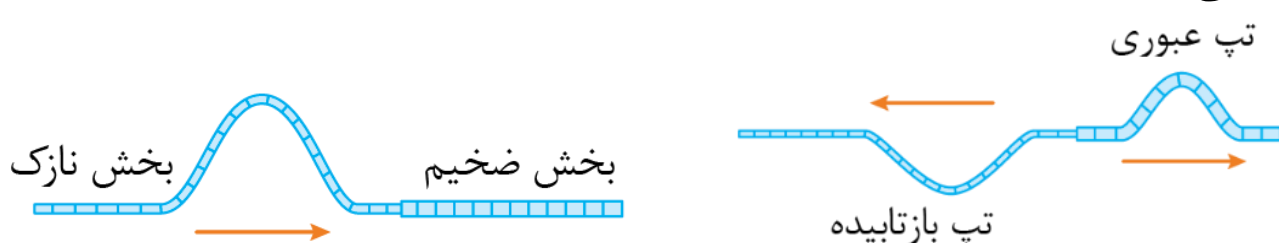
۳- به دلیل بازتاب پخشنده است که می‌توانید صفحه کاغذ، دیوار، دستتان، دوست خود و ... را ببینید.

۴- توجه کنید که منظور از سطح ناهموار آن است که ابعاد ناهمواری‌های سطح در حدود طول موج نور یا بیشتر باشد، مثلاً یک کاغذ در ظاهر بسیار هموار به نظر می‌رسد اما از دید میکروسکوپی این سطح از اجزای متمایز و کوچکی تشکیل شده است که بسیار بزرگ‌تر از $1\mu\text{m}$ هستند. با توجه به اینکه طول موج نور مرئی در حدود $5\mu\text{m}$ است، چنین سطحی برای نور ناهموار محسوب می‌شود. در مقابل، ناهمواری‌های یک آینه یا یک سطح فلزی صیقلی، بسیار کوچک‌تر از $1\mu\text{m}$ است و بنابراین برای نور مرئی سطوح هموار محسوب می‌شوند.

شکست

شکست موج در یک بُعد

عبور یک تپ در طول طنابی را در نظر بگیرید که از دو بخش، یکی نازک و دیگری ضخیم، تشکیل شده است. مطابق شکل، بخشی از این تپ باز می‌تابد و بخش دیگری عبور می‌کند.



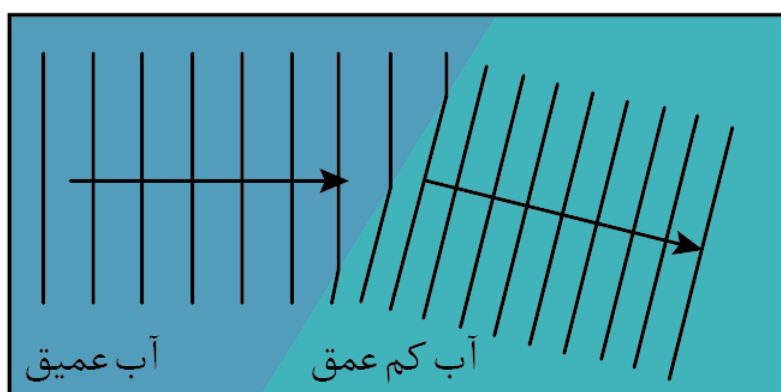
در این شکل:

- ۱- بسامد ثابت است.
- ۲- تندی انتشار موج در بخش نازک بیشتر از بخش ضخیم است.
- ۳- طول موج در بخش نازک بیشتر از بخش ضخیم است.
- ۴- دامنه موج فرودی از دامنه موج بازتابیده و عبوری بیشتر است.



◀ شکست موج در دو و سه بُعد

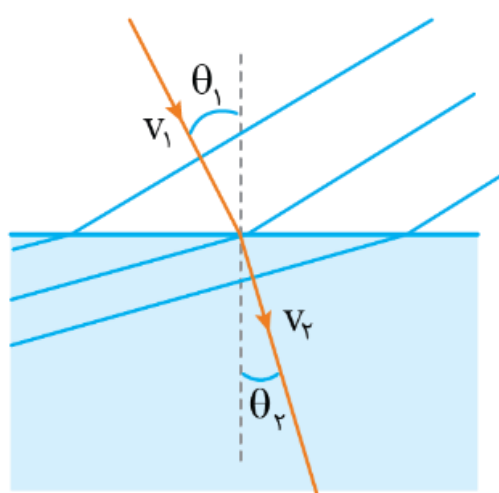
شکست امواج سطحی آب مثالی از شکست موج در دو بعد است



🚀 نکته طلایی

- ۱- در عبور موج از ناحیه عمیق به ناحیه کم عمق، بسامد تغییر نمی کند ولی طول موج و تندی موج هر دو کاهش می یابند.
- ۲- با عبور موج از ناحیه عمیق به ناحیه کم عمق، فاصله جبهه های موج کمتر می شود، زیرا طول موج کاهش یافته است.

◀ قانون شکست عمومی



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

🚀 نکته طلایی

- ۱- طبق قانون شکست عمومی، اگر موج از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر برود $(v_2 < v_1)$ ، $\theta_2 < \theta_1$ می شود و پرتو شکست به خط عمود بر مرز جدایی، نزدیک تر می شود.
- ۲- اگر موج از محیطی با تندی کمتر به محیطی با تندی بیشتر برود $(v_2 > v_1)$ ، $\theta_2 > \theta_1$ می شود و پرتو شکست از خط عمود بر مرز جدایی، دورتر می شود.
- ۳- قانون شکست عمومی، هم برای امواج مکانیکی (مانند صوت) و هم برای امواج الکترومغناطیسی (مانند نور مرئی) برقرار است.

◀ ضریب شکست

نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در یک محیط شفاف را ضریب شکست آن محیط می نامند.

$$n = \frac{c}{v}$$



نکته طلایی

- ۱- چون تندی نور در خلأ بیشترین تندی ممکن است، ضریب شکست، همواره بزرگ‌تر یا مساوی ۱ است که ۱ مربوط به خلأ است ($n \geq 1$).
- ۲- ضریب شکست با تندی رابطه عکس دارد، یعنی هرچه تندی نور در یک محیط کمتر باشد، ضریب شکست آن محیط برای نور بیشتر است.
- ۳- ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد و عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است.

قانون شکست اسنل

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

نکته طلایی

سراب

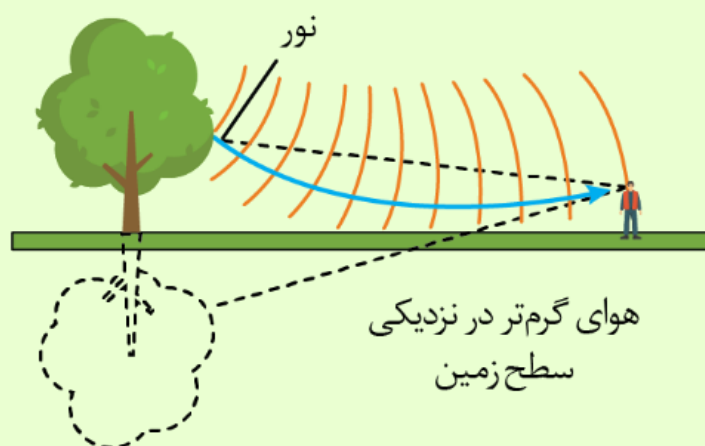
- ۱- سراب را نه تنها می‌توان دید، بلکه می‌توان از آن عکس هم گرفت.
- ۲- در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتاً داغ است. از طرفی چون چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد، در نتیجه باعث کاهش ضریب شکست هوا نیز می‌شود. دلیل پدیده سراب همین تغییر ضریب شکست لایه‌های هوا در نزدیکی سطح زمین است.

سراب چگونه تشکیل می‌شود؟



نکته طلایی

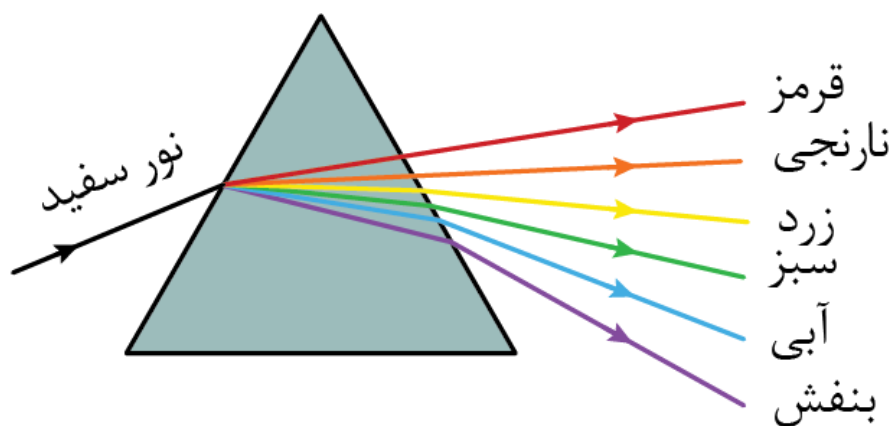
- ۱- از شکل (ب) مشخص است که هرچه جبهه‌های نور به سمت زمین نزدیک‌تر می‌شوند، تندی و در نتیجه طول موجشان افزایش می‌یابد (فاصله جبهه‌های موج بیشتر می‌شود).
- ۲- ناظری که پرتوهای نور به چشمش می‌رسد، گمان می‌برد که این پرتوها از یک تصویر آمده‌اند.





◀ پاشندگی نور

ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد. یعنی وقتی باریکه نوری شامل پرتوهایی با طول موجهای مختلف باشد، این پرتوها هنگام گذر از مرز دو محیط در زاویههای مختلفی شکسته می شوند. به این پخش شدگی نور، **پاشندگی نور** می گویند.

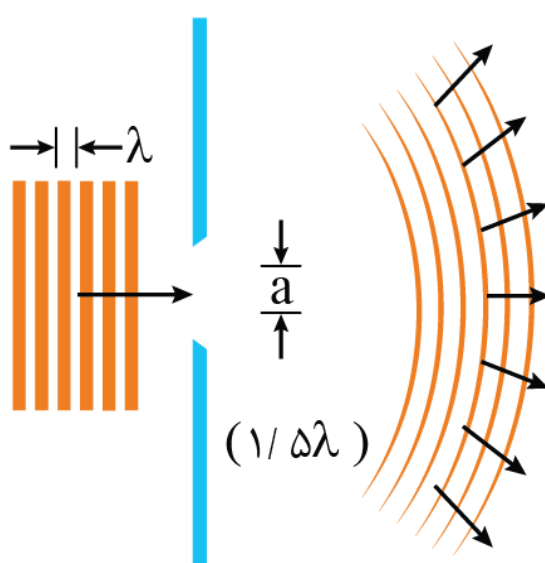


🚀 نکته طلایی

- ۱- در طیف مرئی نور، ضریب شکست منشور برای نور بنفش بیشترین مقدار و برای نور قرمز کمترین مقدار را دارد.
- ۲- برای طیف مرئی نور، در داخل منشور، نور بنفش کمترین تندی و نور قرمز بیشترین تندی را دارد.

◀ پراش موج

به پدیده‌ای که موج در عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبه طول موج، به اطراف گسترده می شود، **پراش** می گویند. پراش فقط به وضعیت عبور موج از یک شکاف باریک (یا روزنه) محدود نمی شود بلکه هنگام عبور موج از لبه‌های مانعی که ابعاد آن در حدود طول موج باشد نیز رخ می دهد. پراش برای همه انواع موج اتفاق می افتد.



هرچه پهنای شکاف در مقایسه با طول موج نور فرودی کوچک تر باشد، پراش بارزتر است.



◀ تداخل امواج

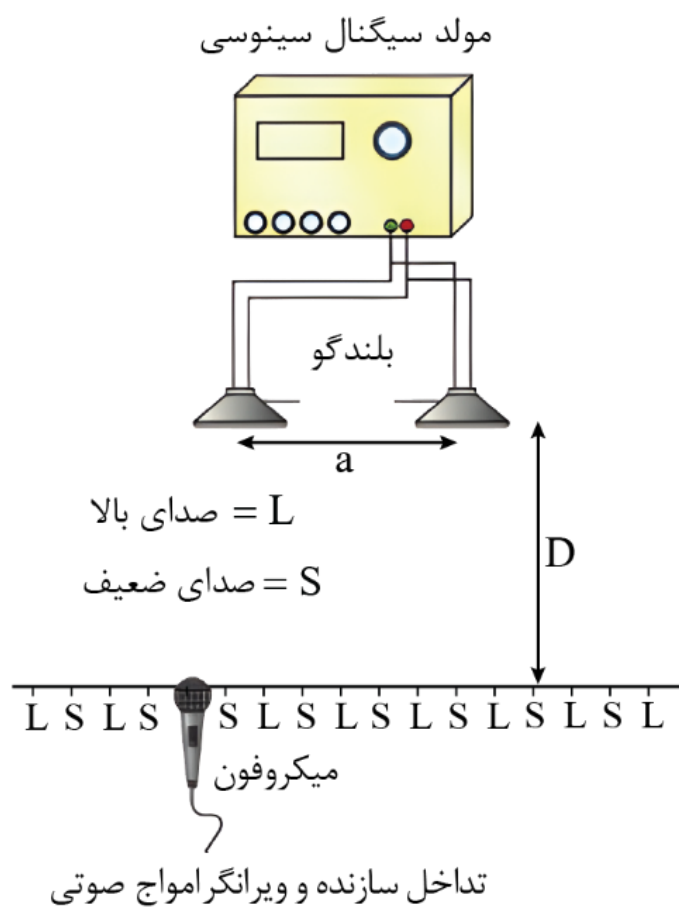
وقتی دو تپ به هم می‌رسند و با یکدیگر همپوشانی می‌کنند، بنا بر اصل برهم‌نهی، تپ برآیند با مجموع دو تپ برابر است. توجه کنید چه برای تپ‌ها و چه برای موج‌هایی که همپوشانی می‌کنند، آن‌ها به هیچ وجه شکل و حرکت یکدیگر را تغییر نمی‌دهند و بنابراین پس از همپوشانی، بدون هرگونه تغییر شکلی به حرکت خود ادامه می‌دهند. به ترکیب موج‌ها با یکدیگر، **تداخل** می‌گویند. به بیان دیگر تداخل، ترکیب دو یا چند موج است که هم‌زمان از یک منطقه عبور می‌کنند. اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی تپ بزرگ‌تری را ایجاد کنند، به آن **تداخل سازنده** می‌گویند، درحالی‌که اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کنند، به آن **تداخل ویرانگر** می‌گویند.

◀ تداخل امواج سطحی آب:

برای مشاهده تداخل امواج سطحی بر سطح آب، دو گوی کوچک را با بسامد یکسان، به‌طور هم‌زمان بر سطح آب به نوسان در می‌آوریم. در برخی نواحی روی سطح آب دامنه موج برآیند بیشینه و در برخی ناحیه‌ها، کمینه است. چنین نقش متناوب یک‌درمیانی از بیشینه‌ها و کمینه‌ها را نقش تداخلی امواج سطحی آب می‌نامیم.

◀ تداخل امواج صوتی

در این آزمایش دو بلندگو که به یک مولد سیگنال الکتریکی متصل‌اند امواج سینوسی هم‌بسامدی را در فضا منتشر می‌کنند. با حرکت دادن میکروفون در امتداد خط فرضی نشان داده شده در شکل که در فاصله مناسبی از بلندگوها قرار دارد در می‌یابیم که بلندی صدا به‌طور متناوب کم و زیاد می‌شود.

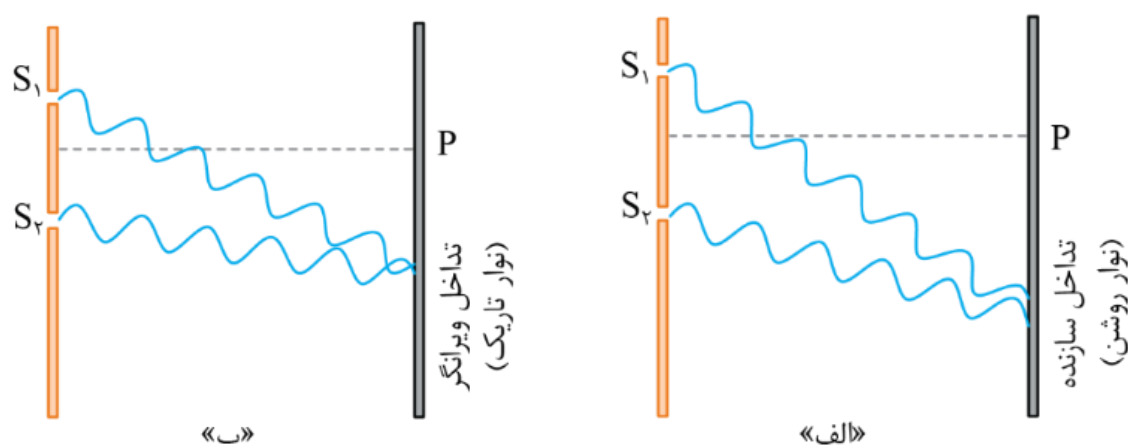


◀ تداخل امواج نوری

نور حاصل از یک چشمه تکفام بر تک‌شکافی می‌تابد. سپس نور خروجی بر اثر پراش، گسترده می‌شود و دو شکاف S_1 و S_2 را روشن می‌کند. موج‌های حاصل از پراش نور توسط این دو شکاف با یکدیگر تداخل می‌کنند و نقش حاصل از این تداخل را می‌توان روی پرده‌ای که در ناحیه سمت راست دو شکاف قرار دارد مشاهده کرد. روی پرده، نقطه‌های با تداخل سازنده، نوارها یا فریزهای روشن را تشکیل می‌دهند و نقطه‌های با تداخل ویرانگر نوارها یا فریزهای تاریک را تشکیل می‌دهند که می‌توان آن‌ها را بین



نوارهای روشن مجاور مشاهده کرد. نقش نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل‌های سازنده و ویرانگرند، نقش تداخلی خوانده می‌شود.



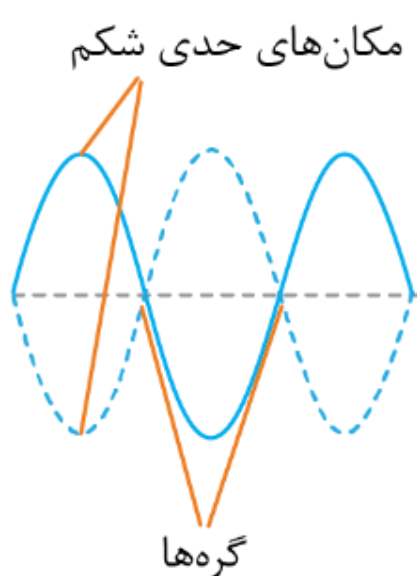
نکته طلایی

در این نقش پهنای هر نوار تاریک یا روشن (که مساوی فرض می‌شوند) متناسب با طول موج نور به کار رفته در آزمایش است.

◀ موج ایستاده و تشدید در ریسمان کشیده

ریسمانی را تصور کنید که در یک انتها ثابت شده موج است و انتهای دیگر آن به نوسان درمی‌آید. وقتی موج بازتابیده از انتهای ثابت با موج تابیده ترکیب شوند موجی برآیند ایجاد می‌کنند که شکل آن از اصل برهم‌نهی حاصل می‌شود.

مشخصه بارز این موج برآیند آن است که مکان‌هایی در طول ریسمان، موسوم به گره، وجود دارد که در آن‌ها ریسمان هرگز حرکت نمی‌کند. وسط گره‌های مجاور را شکم می‌گویند که دامنه موج برآیند در آنجا بیشینه است. نقش موج برآیند را در این حالت، **موج ایستاده** می‌گویند، زیرا نقش‌های این موج به چپ یا راست حرکت نمی‌کنند و محل شکم‌ها و گره‌ها تغییر نمی‌کند.

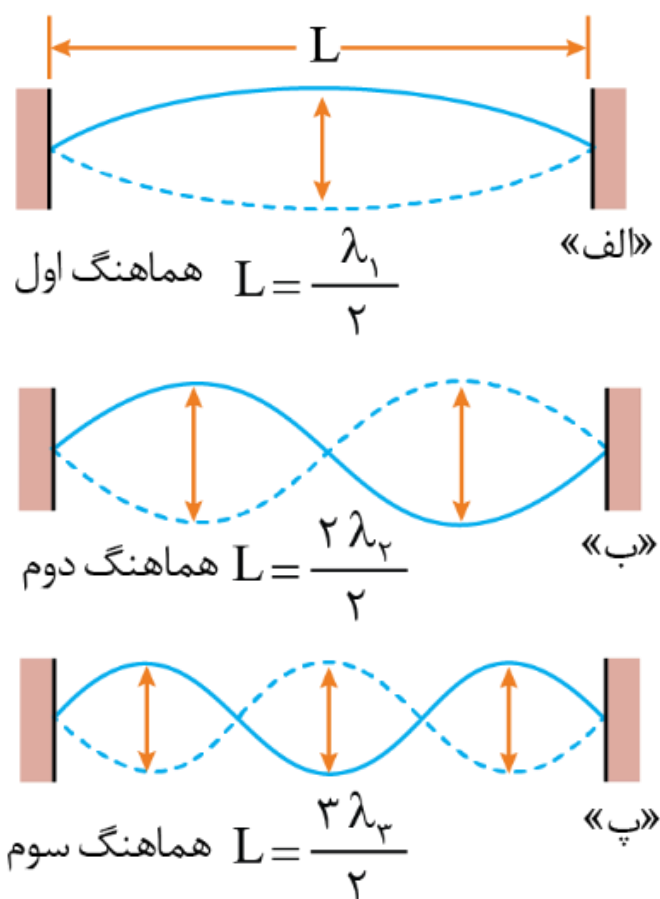




نکته طلایی

- ۱- فاصله گره‌های مجاور از هم برابر با نصف طول موج $(\frac{\lambda}{2})$ و بنابراین فاصله گره‌ها از شکم‌های مجاور برابر با ربع طول موج $(\frac{\lambda}{4})$ است.
- ۲- در گره‌ها، تداخل ویرانگر است و دو موج کاملاً ناهم‌فاز (در فاز مخالف) اند. در شکم‌ها، تداخل سازنده است و دو موج هم‌فازند.

◀ بسامدهای تشدید تار



$$\lambda_n = \frac{2L}{n}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{طول موج‌های تشدید تار})$$

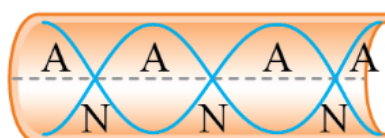
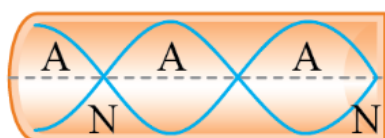
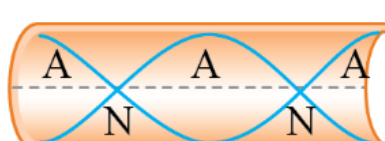
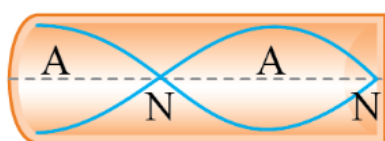
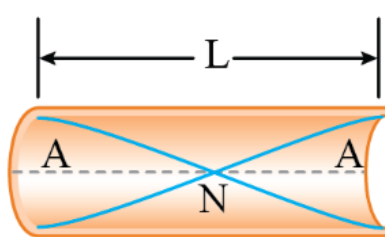
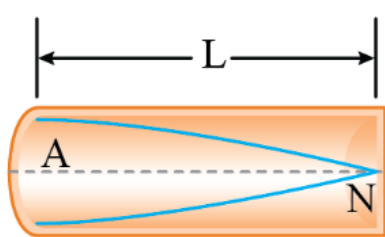
$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{بسامدهای تشدید تار})$$

مدهای نوسان را با بسامدهای تشدید مشخص می‌کنند. پایین‌ترین بسامد را که مربوط به $n = 1$ است، بسامد اصلی و مد مربوط به آن را مد اصلی یا هماهنگ اول می‌گویند. بسامد هماهنگ دوم به ازای $n = 2$ ، بسامد هماهنگ سوم به ازای $n = 3$ و... به دست می‌آید. به n عدد هماهنگ گفته می‌شود.

n همان تعداد شکم‌ها است.



◀ موج ایستاده و تشدید در لوله‌های صوتی



سه مد نخستین یک لوله صوتی با

یک انتهای باز

(شکم‌ها با A و گره‌ها با N

مشخص شده‌اند)

سه مد نخستین یک لوله صوتی با

دو انتهای باز

(شکم‌ها با A و گره‌ها با N

مشخص شده‌اند)

انتهای بسته لوله مانند انتهای ثابت شده ریسمان است که در آنجا باید یک گره وجود داشته باشد، و در انتهای باز لوله نیز یک شکم وجود دارد. همچنین فاصله گره‌های

مجاور از هم برابر $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله گره‌ها از شکم‌های مجاور برابر $\frac{\lambda}{4}$ است.



فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی

◀ فوتوالکتریک

آزمایش نشان می‌دهد که وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد، الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیده فیزیکی را اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.



◀ چرا دیدگاه کلاسیکی نمی‌تواند اثر فوتوالکتریک را توجیه کند.

- ۱- بنا به دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد.
- ۲- بنا بر دیدگاه کلاسیکی با افزایش شدت نور فرودی باید انرژی جنبشی الکترون‌های جدا شده افزایش یابد. که در عمل چنین نیست.

◀ نظر اینشتین در مورد فوتوالکتریک

اینشتین با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینه تابش گرمایی اجسام، فرض کرد که نور با بسامد f ، به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی است. هر بسته انرژی که بعدها فوتون نامیده شد، دارای انرژی زیر است:

$$E = hf$$

h : ثابت پلانک ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

◀ بنابر نظر اینشتین

- ۱- وقتی نوری تکفام (تک‌بسامد) بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند.
 - ۲- اگر فوتون انرژی کافی برای فرایند خارج کردن الکترون از فلز را داشته باشد، الکترون به‌طور آنی گسیل می‌شود.
- در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده که فوتوالکترون نام دارد، تبدیل می‌شود. یعنی طبق پایستگی انرژی، داریم:

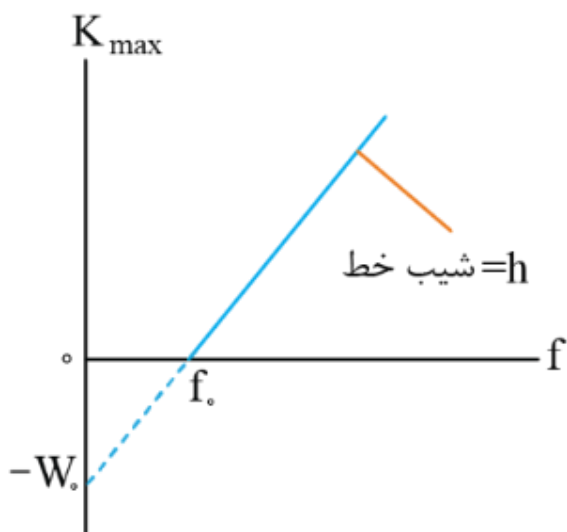
$$\text{انرژی جنبشی فوتوالکترون} + \text{انرژی لازم برای جدا کردن الکترون} = \text{انرژی فوتون}$$



$$K_{\max} = hf - W_0 \quad (\text{معادله فوتوالکتریک})$$

W_0 را تابع کار فلز می نامند که به جنس فلز بستگی دارد و کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معین است.

اگر نمودار $K_{\max}$ بر حسب f را رسم کنیم، به صورت خط راستی خواهد بود که محور افقی را در $f = f_0$ قطع می کند. در این بسامد، که معمولاً **بسامد آستانه** نامیده می شود، الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی ای در آستانه ترک فلز است.



$$f_0 = \frac{W_0}{h} \quad (\text{بسامد آستانه فوتوالکترون ها})$$

نکته طلایی

۱- اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز (f) از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (f_0) کمتر باشد، فوتون ها، حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز را نخواهند داشت و فوتوالکتریک رخ نمی دهد. پس اگر بسامد، مناسب ($f \geq f_0$) باشد، منجر به وقوع پدیده فوتوالکتریک می شود.

۲- بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.

۳- طول موج متناظر با بسامد آستانه، طول موج آستانه (λ_0) نام دارد. برای رخ دادن اثر فوتوالکتریک، طول موج نور تابیده شده (λ) باید کمتر از λ_0 باشد. ($\lambda \leq \lambda_0$)

۴- برای نوری که بسامد مناسب داشته باشد ($f \geq f_0$) و منجر به وقوع پدیده فوتوالکتریک شود، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون ها می شود، درحالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون ها ثابت می ماند.

۵- برای نوری که بسامد مناسب نداشته باشد ($f < f_0$) و منجر به وقوع پدیده فوتوالکتریک نشود، با افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) باز هم پدیده فوتوالکتریک رخ نمی دهد و برهم کنش بین الکترون ها و فلز، فقط سبب گرم شدن فلز، افزایش انرژی درونی آن و افزایش دمای آن می شود.

اگر به جای بسامد، طول موج فوتون را داشته باشیم، انرژی فوتون برابر است با:

$$E = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = \frac{hc}{\lambda}$$

برای محاسبه تعداد فوتون های گسیل شده از یک چشمه نور، باید انرژی تابش شده از چشمه را به انرژی یک فوتون تقسیم کنیم:

$$n = \frac{E_{\text{چشمه}}}{E_{\text{فوتون}}}$$



نکته طلابی

برای محاسبه انرژی کل چشمه، کافی است توان مفید چشمه نور را در زمان تابش ضرب کنیم.

$$P_{\text{چشمه}} = \frac{E_{\text{چشمه}}}{t} \Rightarrow E_{\text{چشمه}} = P_{\text{چشمه}} t$$

طیف خطی

تابش گرمایی

همه اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی می گویند.

طیف پیوسته

برای یک جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، امواج تابشی شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجاد شده را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار طیف پیوسته می نامند.

جمع بندی سریع

- ۱- در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه فروسرخ طیف قرار دارد.
- ۲- در دماهای بالا، تابش گسیلی از سطح اجسام، نور مرئی است.
- ۳- تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است.

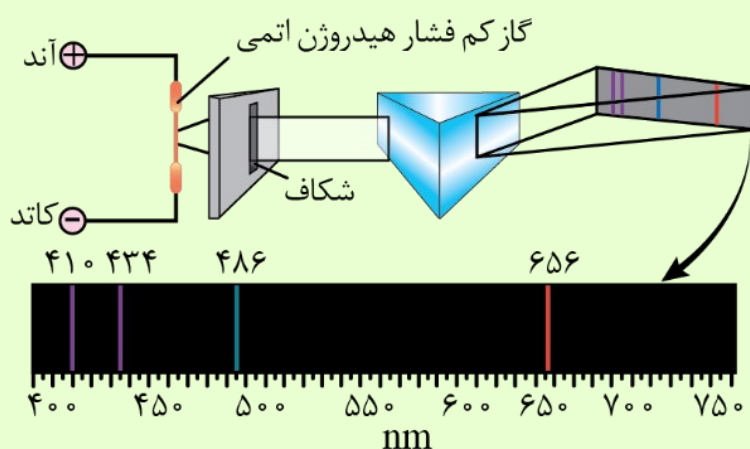
طیف گسیلی خطی

گازهای کم فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آن‌ها از برهم کنش قوی موجود در جسم جامد آزادند، به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می کنند که شامل طول موج‌های معینی است. این طیف گسسته را طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می نامند.



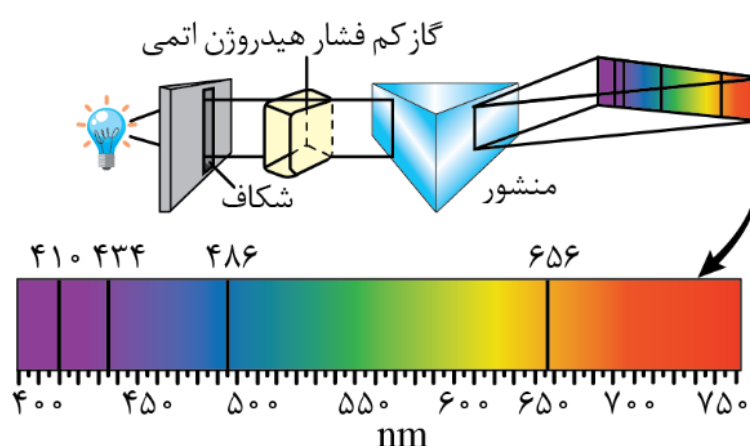
نکته طلایی

- ۱- طول موج‌های ایجاد شده در طیف خطی برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرنخ‌های مهمی در مورد نوع و ساختار اتم‌های آن گاز می‌دهند.
- ۲- طیف گسیلی خطی شامل یک زمینه تاریک است و خط‌های رنگی معرف طول موج‌های گسیل شده‌اند.
- ۳- آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجاد شده و رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.



طیف جذبی خطی

هرگاه نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن خط‌های تاریکی ظاهر می‌شود. به این طیف، **طیف جذبی خطی** می‌گویند. شکل زیر اسباب آزمایشی را به صورت طرح‌وار نشان می‌دهد که در آن باریکه نور سفید قبل از عبور از منشور، از گاز کم‌فشار هیدروژن می‌گذرد.



نکته طلایی

- ۱- در طیف جذبی، خط‌های تاریک، طول موج‌هایی هستند که توسط اتم‌های گاز عنصر جذب شده‌اند.
- ۲- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های هر عنصر طول موج‌های معینی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی مانند یکدیگر نیست.
- ۳- اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کنند که اگر دمای آن‌ها به اندازه کافی بالا برود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آن‌ها را تابش می‌کنند.



خطوط فرانهوفر

در تابشی که از خورشید گسیل می شود و به زمین می رسد، بعضی از طول موج ها وجود ندارند. خط های تاریکی که در طیف خورشید دیده می شود، به افتخار کشف کننده آن، خط های فرانهوفر نامیده می شوند.

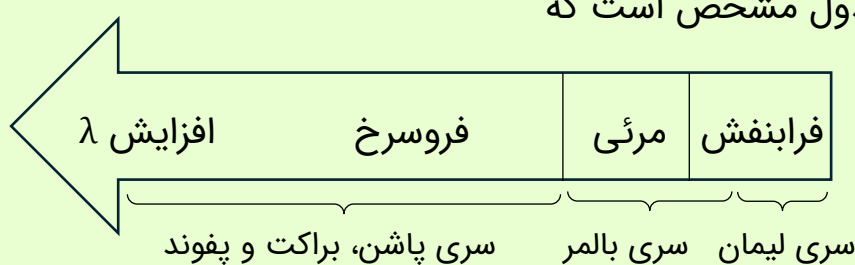
معادله ریدبرگ

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

نکته طلایی

نام طیف	مقدار n'	رابطه ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

۱- با توجه به جدول مشخص است که



۲- بلندترین طول موج در هر رشته (کمترین بسامد و انرژی)، مربوط به گذار از تراز $n = n' + 1$ به تراز n' است:

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

۳- کوتاه ترین طول موج در هر رشته (بیشترین بسامد و انرژی)، مربوط به گذار از تراز $n = \infty$ به تراز n' است:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{R}{n'^2} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{n'^2}{R}$$



◀ مدل‌های اتمی و لیزر

مدل اتمی تامسون

بنابر مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به‌طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمش می‌گویند، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند.

🚀 نکته طلایی

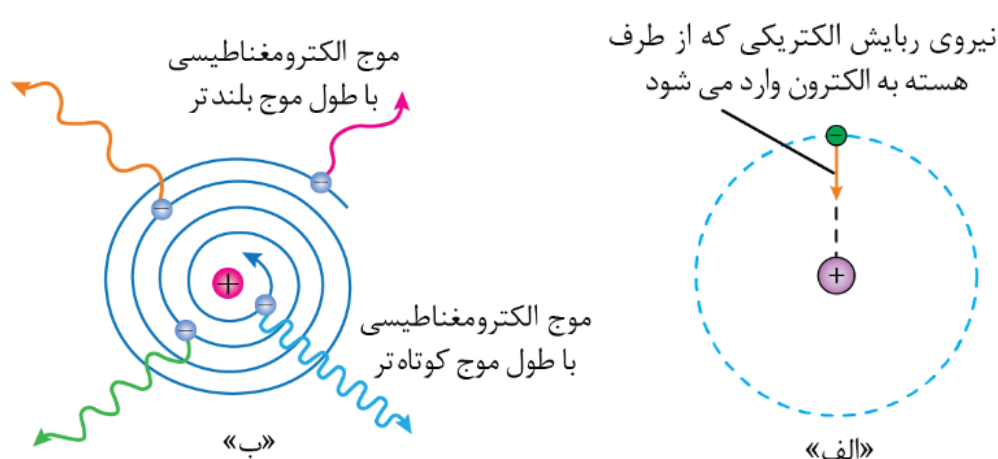
در مدل اتمی تامسون وقتی الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند، این نوسان‌ها سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد با نتایج تجربی سازگار نبود.

◀ مدل اتمی رادرفورد

بنابر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک ($m \approx 10^{-15}$ شعاع) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. در حالت طبیعی تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است و اتم از نظر الکتریکی خنثی است. مدل اتمی را در رادرفورد را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند. ناتوانی مدل اتم هسته‌ای رادرفورد در تبیین پایداری اتم:

الف) اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی، روی هسته سقوط می‌کند.

ب) اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می‌کند و سرانجام روی هسته فرو می‌افتد.



◀ مدل اتمی بور

۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند.

$r_n = a \cdot n^2$ (شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن)

$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$ (ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

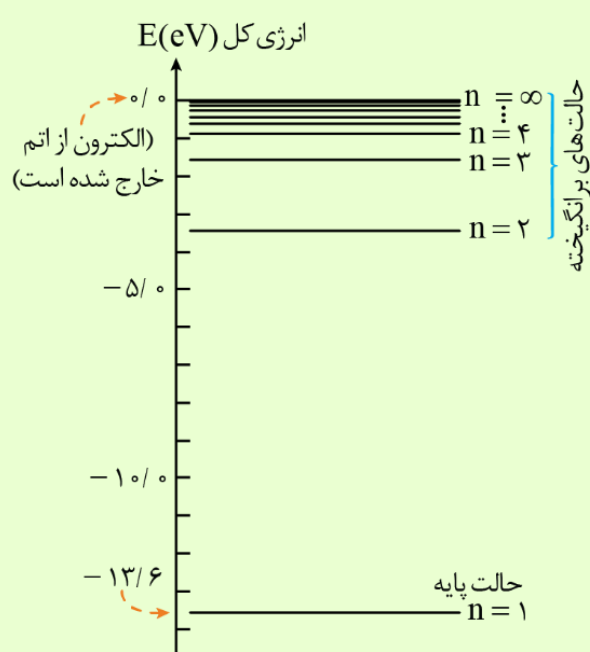


۲- وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در **مدار مانا** یا **حالت مانا** قرار دارد.

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:

$$E_U - E_L = hf \quad (\text{معادله گسیل فوتون از اتم})$$

نکته طلایی



مقدارهای انرژی داده شده در معادله

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} \text{ eV}$$

روى نمودار تراز انرژی

برای اتم هیدروژن، به صورت زیر است:

با توجه به نمودار، داریم:

۱- بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ مربوط است و دارای انرژی 0 eV است.

۲- پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است که دارای انرژی $E_1 = -13.6 \text{ eV}$ است و حالت پایه نام دارد تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند، متمایز باشد:

حالت پایه: $n = 1$

اولین حالت برانگیخته: $n = 2$

دومین حالت برانگیخته: $n = 3$ و ...

۳- با افزایش n (عدد کوانتومی یا همان شماره مدار)، انرژی ترازها افزایش می‌یابد، بنابراین الکترون‌ها با جذب انرژی به مدارهای بالاتر و با از دست دادن انرژی به مدارهای پایین‌تر می‌روند.

۴- با افزایش n ، اختلاف انرژی ترازهای متوالی کاهش می‌یابد.

۵- در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد.

۶- برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n = 1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n = \infty$)، مقدار 13.6 eV انرژی باید صرف شود. صرف اندکی بیشتر از این مقدار انرژی،

الکترون را از اتم جدا می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود.

۷- انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، **انرژی یونش** الکترون نام دارد و پیش‌بینی مدل بور با مقدار تجربی توافق خوبی دارد.

۸- چون ترازهای انرژی گسسته هستند، فوتون تابش شده فقط مقادیر خاصی از انرژی را می‌تواند داشته باشد. بنابراین فقط طول موج‌های خاصی از اتم گسیل می‌شوند و طیف اتم‌ها گسسته می‌شود.

۹- می‌توان با استفاده از رابطه $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ ، اختلاف انرژی ترازها را به صورت زیر نوشت:

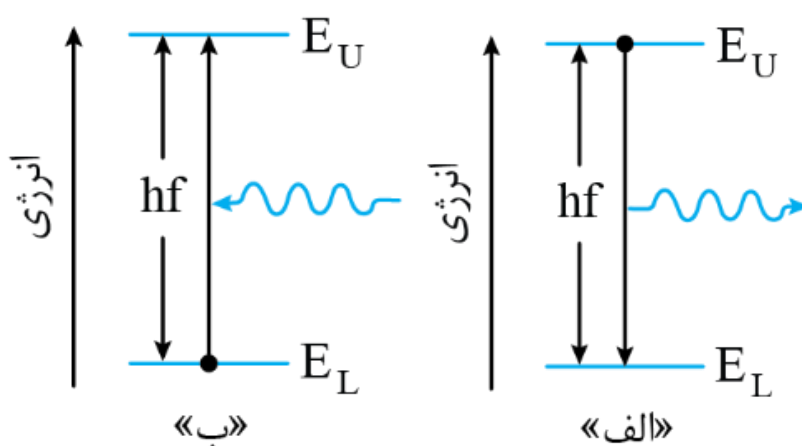
$$hf = E_U - E_L = -\frac{E_R}{n_U^2} - \left(-\frac{E_R}{n_L^2} \right) \Rightarrow hf = E_R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

۱۰- یکی از موفقیت‌های مدل بور نتیجه‌گیری معادله ریدبرگ برای طیف خطی گاز هیدروژن اتمی است.



◀ فرایند جذب فوتون طبق مدل اتمی بور

بر اساس مدل بور، می‌دانیم که خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی، وقتی به وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند (شکل الف). همچنین الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس، گذار کنند، یعنی در فرایند جذب فوتون، از ترازهای پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند (شکل ب). در این حالت اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد، جذب می‌کند.



◀ موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور

موفقیت‌های مدل بور

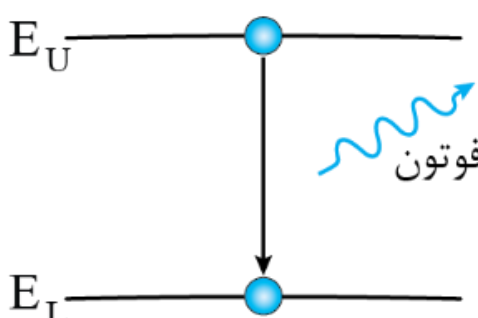
- ۱- ارائه تصویری از چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته
- ۲- تبیین پایداری اتم
- ۳- توجیه طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و سایر اتم‌های هیدروژن‌گونه
- ۴- محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن و سایر اتم‌های هیدروژن‌گونه

نارسایی‌های مدل بور

- ۱- این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور نیروی الکتریکی که یک الکترون به الکترون دیگر وارد می‌کند، به حساب نیامده است.
- ۲- این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

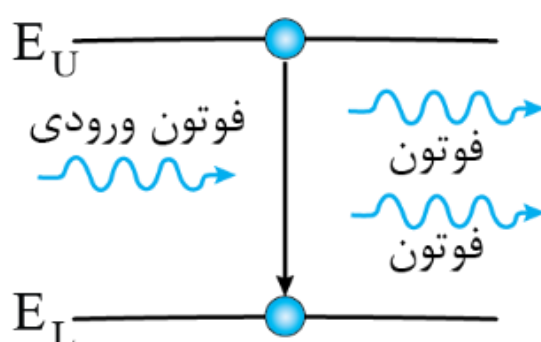
◀ انواع گسیل فوتون از اتم

الف) گسیل خودبه‌خود: در این حالت الکترون که در حالت برانگیخته قرار دارد، به‌صورت خودبه‌خود به تراز پایین‌تر آمده و یک فوتون در جهت کاتوره‌ای تابش می‌کند.





(ب) گسیل القایی: در گسیل القایی که برای نخستین بار توسط اینشتین مطرح شد، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین برود.



نکته طلایی

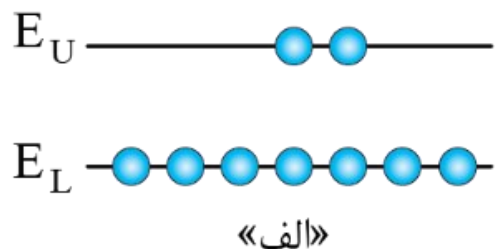
- ۱- برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی دو تراز یعنی $E_U - E_L$ یکسان باشد.
- ۲- گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد:
 - الف) یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب، این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند.
 - ب) فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.
 - پ) فوتون گسیل شده با فوتون ورودی هم‌گام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب، فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می‌کند، هم‌بسامد (هم‌انرژی)، هم‌جهت و هم‌فازند.
- ۳- در گسیل القایی، یک چشمه انرژی خارجی مناسب، الکترون را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته می‌کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های مختلفی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

وارونی جمعیت در یک محیط لیزری

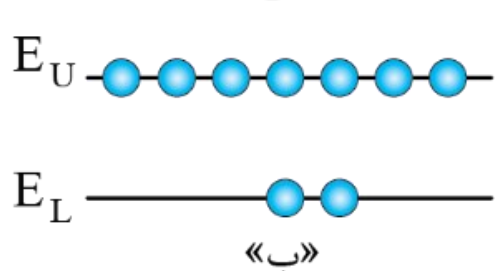
وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین‌تر، بسیار بیشتر است.

وقتی انرژی کافی به اتم‌ها داده می‌شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به وارونی جمعیت معروف است. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3} s) نسبت به حالت برانگیخته معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌سازد.

الف) به‌طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند.



ب) در وضعیتی که وارونی جمعیت به وجود آید بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتری (در مقایسه با تراز پایین‌تر) قرار دارند.





فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای

آشنایی با ساختار هسته

نکته طلایی

۱- هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند. پس حتماً به یاد داشته باشید که کلمه نوکلئون به مجموعه پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته اشاره دارد.

۲- بیشتر جرم اتم (تقریباً همه آن) را هسته تشکیل داده است، ولی بیشتر حجم اتم فضای خالی است و حجم هسته در مقایسه با حجم اتم بسیار کم است.

برای یک عنصر با نماد شیمیایی X ، نماد هسته به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\begin{array}{c} \text{نماد عنصر} \leftarrow A \quad \text{عدد جرمی} \\ \text{عدد نوترونی} \leftarrow Z \quad \text{عدد اتمی} \\ \hline A = Z + N \\ \hline \underbrace{\hspace{2cm}} \quad \underbrace{\hspace{2cm}} \quad \underbrace{\hspace{2cm}} \\ \text{تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها} \quad \text{تعداد پروتون‌ها} \quad \text{تعداد نوترون‌ها} \\ \text{(عدد جرمی)} \quad \text{(عدد اتمی)} \quad \text{(عدد نوترونی)} \end{array}$$

ایزوتوپ

هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند، خواص شیمیایی یکسانی دارند، در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر، هم‌مکان هستند و بنابراین ایزوتوپ (هم‌مکان) نامیده می‌شوند.

جمع‌بندی سریع

- ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن (تعداد نوکلئون‌ها) تعیین می‌کند.
- خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمی (Z)) تعیین می‌کند، به همین دلیل ایزوتوپ‌ها که عدد اتمی یکسانی دارند، خواص شیمیایی یکسانی نیز دارند.
- ایزوتوپ‌ها تعداد نوترون متفاوتی دارند، پس عدد جرمی آن‌ها متفاوت بوده و به همین دلیل خواص فیزیکی آن‌ها متفاوت است.
- چون خواص فیزیکی ایزوتوپ‌ها متفاوت است، می‌توان آن‌ها را با روش‌های فیزیکی از هم جدا کرد، ولی با روش‌های شیمیایی نمی‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

نیروی هسته‌ای

به نیروی جاذبه‌ای که بین نوکلئون‌های هسته وجود دارد و آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارد، نیروی هسته‌ای گفته می‌شود.

ویژگی‌های نیروی هسته‌ای عبارت است از:

- کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.
- مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون و یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. یعنی از منظر نیروی هسته‌ای، تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و دلیل نام‌گذاری آن‌ها با نام عام نوکلئون نیز همین است.



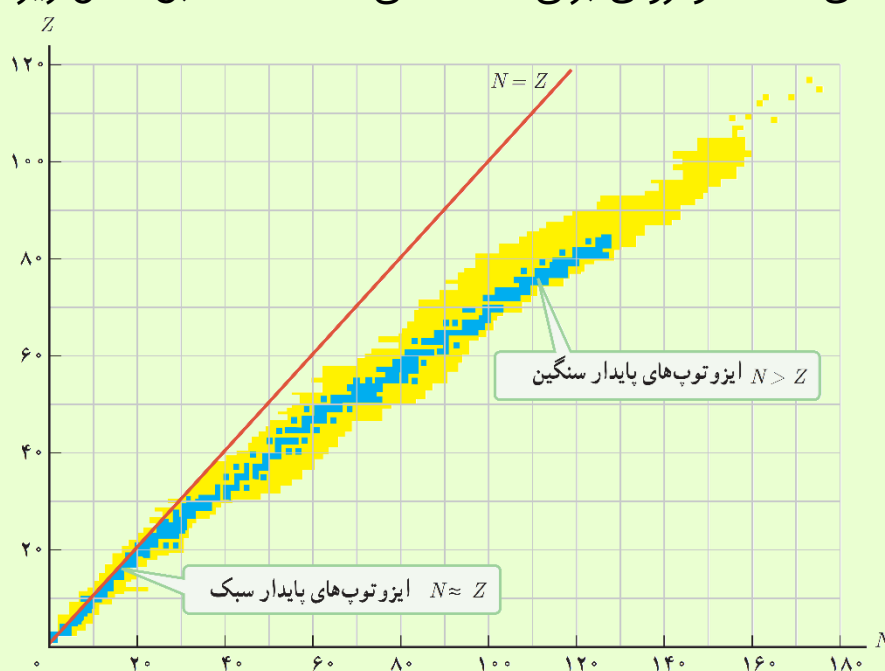
پایداری هسته

وقتی پروتون‌های درون هسته افزایش می‌یابد، اگر هسته بخواهد پایدار بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد.

نکته طلایی

۱- هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = 83$) متعلق به بیسموت (${}_{83}^{209}\text{Bi}$) است.
۲- به جز توریم ($Z = 90$) و اورانیم ($Z = 92$) که در طبیعت یافت می‌شوند، سایر هسته‌های سنگین با عدد اتمی بزرگ‌تر از $Z = 83$ ، ناپایدارند. این دو عنصر تنها عنصرهایی هستند که واپاشی آن‌ها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومه شمسی در چندین میلیارد سال پیش، فقط مقدار کمی از آن‌ها بر اثر واپاشی، به عنصرهای سبک‌تر تبدیل شده‌اند.

۳- نمودار عدد اتمی - عدد نوترونی برای هسته‌های مختلف مطابق شکل زیر است:



انرژی بستگی هسته‌ای و کاستی جرم هسته

انرژی بستگی هسته‌ای: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلون‌های یک هسته را انرژی بستگی هسته‌ای می‌نامند.

کاستی جرم هسته: اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده آن اندکی کمتر است. این اختلاف جرم را کاستی جرم هسته می‌گویند.

نکته طلایی

۱- نوکلئون‌ها نیز مانند الکترون‌ها، می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و هسته برانگیخته شود.

۲- هسته برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه برمی‌گردد که انرژی این فوتون برابر با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه است. هسته برانگیخته را با نماد ${}_Z^AX^*$ مشخص می‌کنند.

۳- اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبه keV تا مرتبه MeV است، درحالی‌که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبه eV است. بنابراین هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.



◀ پرتوزایی طبیعی

وقتی یک هسته ناپایدار یا پرتوزا به طور طبیعی (یا اصطلاحاً خودبه خود) واپاشی می کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون های پرنرژی آزاد می شوند. این فرایند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می شود.

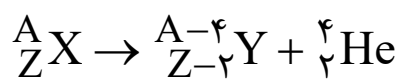
در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می شود: پرتوهای آلفا (α)، پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ).

پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.1 \text{ mm}$) متوقف می شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه ای ($\approx 10 \text{ mm}$) بگذرند.

◀ واپاشی آلفا

در این نوع واپاشی که در هسته های سنگین صورت می گیرد، هسته ${}^A_ZX$ با گسیل ذره آلفا به هسته ای سبک تر و امی پاشد.

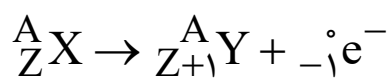
طبق شواهد تجربی پرتوهای α ، ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) هستند که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده اند. بنابراین معادله واپاشی α به صورت زیر است:



◀ واپاشی بتا

واپاشی β ، نخستین مورد پرتوزایی بود که توسط هانری بکرل مشاهده شد. این واپاشی، متداول ترین نوع واپاشی در هسته هاست و ذرات گسیل شده در این واپاشی را ذرات β^- (الکترون) یا ذرات β^+ (پوزیترون) می نامند.

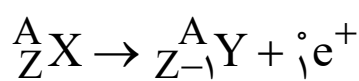
الف) واپاشی بتای منفی (β^-): در این واپاشی، یک نوترون درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل می شود و معادله آن به صورت زیر است:



ب) واپاشی بتای مثبت (β^+):

در نوعی دیگر از فرایند واپاشی β ، ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد، ولی به جای بار $-e$ حامل بار $+e$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می گویند و با β^+ یا e^+ نشان می دهند.

فرایند واپاشی β^+ با رابطه زیر بیان می شود:



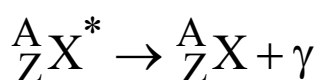
نکته طلایی

در این واپاشی، یکی از پروتون های درون هسته، به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود و سپس این پوزیترون از هسته گسیل می شود.



◀ واپاشی گاما

اغلب هسته‌ها پس از واپاشی α یا β در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پرانرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند. در این فرایند، Z و A تغییر نمی‌کنند؛ بلکه هسته برانگیخته که با علامت * مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد. رابطه واپاشی γ به صورت زیر است:



◀ نیمه‌عمر

نیمه‌عمر مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسد. نیمه‌عمر را با $T_{1/2}$ نشان می‌دهند. پس از گذشت زمان t ، تعداد هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده از رابطه مقابل به دست می‌آید:

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

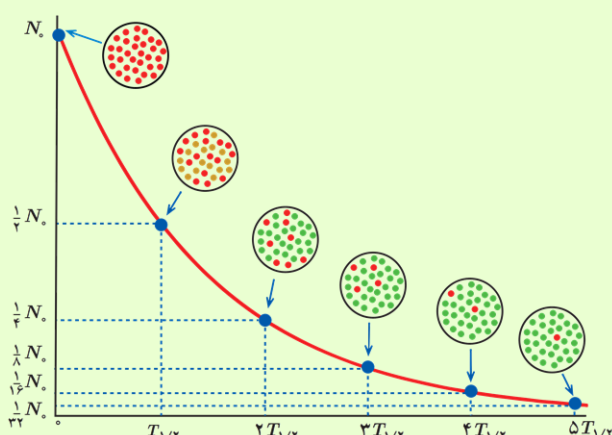
که در آن $n = \frac{t}{T_{1/2}}$ است.

حواستان باشد که یکای t و $T_{1/2}$ یکسان باشند. (هر دو ثانیه یا روز یا ماه یا ...)

🚀 نکته طلایی

جدول زیر تعداد هسته‌ها را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد.

۵	۴	۳	۲	۱	تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده
$\frac{N_0}{32}$	$\frac{N_0}{16}$	$\frac{N_0}{8}$	$\frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{2}$	هسته‌های مادر باقی‌مانده
۳/۱۲۵	۶/۲۵	۱۲/۵	۲۵	۵۰	درصد هسته‌های مادر باقی‌مانده
$\frac{31}{32} N_0$	$\frac{15}{16} N_0$	$\frac{7}{8} N_0$	$\frac{3}{4} N_0$	$\frac{N_0}{2}$	هسته‌های واپاشیده شده
۹۶/۱۲۵	۹۳/۷۵	۸۷/۵	۷۵	۵۰	درصد هسته‌های واپاشیده شده

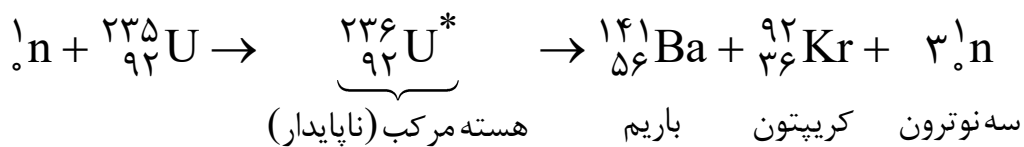


اگر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر موجود در نمونه را برحسب زمان رسم کنیم، شکل مقابل به دست می‌آید:



◀ شکافت هسته‌ای

فرایند تقسیم شدن یک هسته سنگین به دو هسته با جرم کمتر، شکافت هسته‌ای نامیده می‌شود.



◀ واکنش زنجیری

همان‌طور که دیدیم فرایند شکافت ${}_{92}^{235}\text{U}$ با جذب یک نوترون گند آغاز می‌شود. اگر محصولات شکافت، باریوم ${}_{56}^{141}\text{Ba}$ و کریپتون ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ باشند، در این فرایند ۳ نوترون به وجود می‌آید. چون نوترون‌ها بار الکتریکی ندارند، هسته‌های دیگر آن‌ها را دفع نمی‌کنند. نوترون‌ها پس از گند شدن، توسط هسته‌های دیگر جذب می‌شوند و باعث شکافت در ۳ هسته اورانیم دیگر می‌شوند و ۹ نوترون آزاد می‌کنند. اگر هر یک از این نوترون‌ها نیز موفق به شکافت یک هسته اورانیم شود، ۲۷ نوترون آزاد می‌شود و به همین ترتیب تا آخر. این رشته واکنش را، واکنش زنجیری می‌نامند.

🚀 نکته طلایی

در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، جرم محصولات شکافت، کمتر از جرم هسته مرکب است. این اختلاف جرم بنا به رابطه $E = mc^2$ ، سبب آزاد شدن انرژی گرمایی زیادی می‌شود.

غنی‌سازی اورانیم

به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ${}_{92}^{235}\text{U}$ در یک نمونه، غنی‌سازی گفته می‌شود.

راکتورهای شکافت هسته‌ای

راکتور هسته‌ای، جایی است که در آن واکنش زنجیره‌ای شکافت به شکل کنترل شده رخ می‌دهد. آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن) از جمله موادی هستند که به‌عنوان **گندساز** نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند.

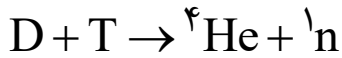
راکتورهای هسته‌ای افزون بر سوخت هسته‌ای و ماده گندساز دارای، میله‌های کنترل و شاره‌ای (معمولاً آب) هستند که گرما را به خارج راکتور انتقال می‌دهد. میله‌های کنترل معمولاً از مواد جذب‌کننده نوترون، مانند کادمیم یا بور (Boron)، ساخته می‌شوند.

◀ گداخت (همجوشی) هسته‌ای

یک نوع دیگر واکنش هسته‌ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است، گداخت یا همجوشی هسته‌ای نام دارد. در فرایند گداخت هسته‌ای، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هسته سنگین‌تری به‌وجود می‌آورند.



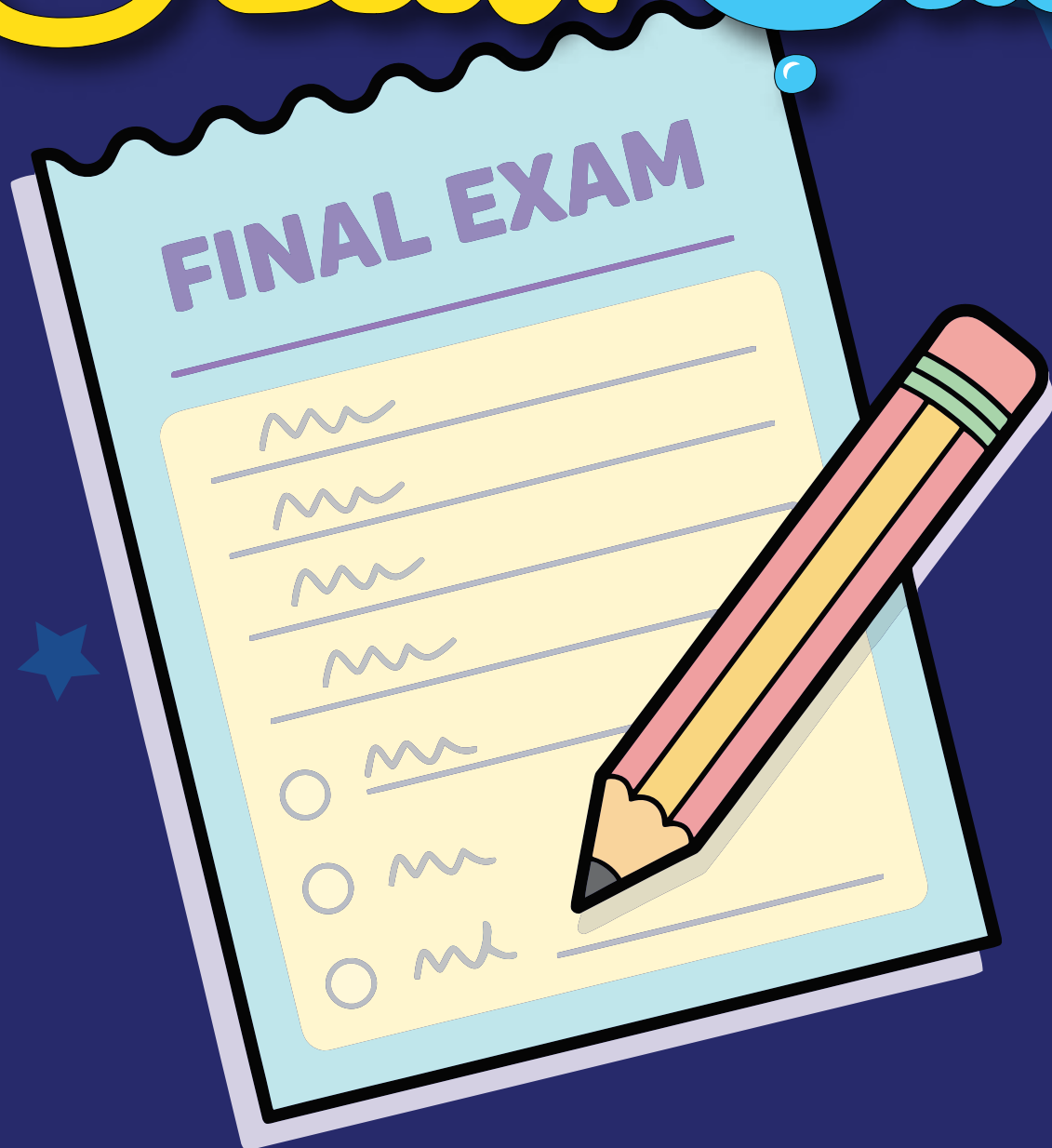
برای مثال، واکنش گداخت زیر را در نظر بگیرید:



در این واکنش با همجوشی هسته‌های دو ایزوتوپ هیدروژن یعنی دوتریم و تریتم، هسته هلیوم و یک نوترون پرانرژی تولید می‌شود. در واکنش گداخت، مجموع جرم محصولات فرایند، کمتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است. در اینجا نیز این اختلاف جرم با توجه به رابطه $E = mc^2$ ، سبب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می‌شود. مشکلات در ساخت راکتور گداخت به این علت پیش می‌آید که دو هسته کم‌جرم باید به قدر کافی به هم نزدیک شوند تا نیروی کوتاه‌برد هسته‌ای بتواند آن‌ها را کنار هم نگه دارد و واکنش گداخت انجام شود. ولی، هر هسته، بار مثبت دارد و هسته دیگر را دفع می‌کند، برای آن که هسته‌ها با وجود این نیروی رانشی بسیار قوی، بتوانند به هم گداخته شوند، باید دما بسیار بالا باشد تا هسته‌ها با انرژی جنبشی زیادی به یکدیگر برخورد کنند. به همین دلیل، برای انجام این واکنش باید مقدار زیادی انرژی صرف کرد. به‌طور مثال، برای شروع واکنش دوتریم - تریتم، به دمایی حدود ده‌ها میلیون درجه سلسیوس نیاز است. دمایی از این مرتبه در ستارگان و خورشید وجود دارد.



تشریحی نویسی شب امتحان



فیزیک دوازدهم ریاضی



SanjeshCloud

www.SanjeshCloud.ir



تشریحی نویسی

نکات مهم امتحانات تشریحی درس فیزیک یازدهم و دوازدهم

یکی از درس‌های نهایی دوازدهم (تجربی و ریاضی) و یازدهم ریاضی، درس فیزیک هستش. درسته که درس فیزیک جزء سخت‌ترین دروس برای گرفتن نمره بیسته، ولی شما می‌تونین با یک برنامه‌ریزی خوب، یادگیری قسمت‌های تشریحی و تمرین و تکرار در حل مسائل، حتی نمره ۲۰ رو به راحتی بگیرین و معدل نهایی‌تون رو افزایش بدین.

سؤال‌هایی که در درس فیزیک طراحی می‌شن شامل بخش‌های زیر هستن:

الف) سؤال‌ات صحیح / غلط:

سؤال‌ات صحیح / غلط جزء رایج‌ترین بخش‌های آزمون نهایی هستن. برای تحلیل و پاسخ درست این سؤال‌ات باید به کوچک‌ترین کلمات و فعل‌های این پرسش‌ها بسیار دقت کنید.

ب) سؤال‌ات جاخالی، جاخالی گزینه‌ای، جعبه کلمات یا سؤال‌اتی که به صورت ستونی هستن و شما باید هر عبارت از یک ستون رو به عبارت ستون دیگر مرتبط کنید:

این سؤال‌ات ممکنه فقط جمله‌ای با جای خالی باشه که شما خودتون باید فکر کنین و کلمه یا کلمات مناسب رو بذارین، یا ممکنه جای خالی داده بشه و دو گزینه داخل پرانتز داده بشه که شما باید گزینه درست رو انتخاب کنید (گاهی ممکنه چند گزینه‌ای هم باشه) و یا اینکه جعبه کلمات در ابتدای سؤال بیاد و شما کلمه درست مربوط به جای خالی هر عبارت را انتخاب کنین.

پ) تعریف‌ها، فعالیت‌ها، پاسخ‌دهی‌ها:

بعضی وقتا ممکنه تعریف یک پدیده، کمیت، یکا و ... از شما خواسته بشه. یا اینکه یکی از فعالیت‌ها و پاسخ‌دهی‌های کتاب رو مطرح کنن (البته اونایی که تو کتاب گفته تحقیق کنید، تو امتحان‌های نهایی نمیان). در پاسخ دادن به این سؤال‌ات دقت کنید توضیح‌های کامل و کوتاه بدین و از توضیح بیش از حد و اضافی که لازم نیست، خودداری کنید.

ت) طراحی آزمایش:

از این سؤال‌ات طراحی آزمایش هم حتماً ی‌دونه تو امتحان نهایی دارین. برای پاسخ به این سؤال‌ات، متن آزمایش‌های کتاب درسی و فعالیت‌هایی رو که به صورت طراحی آزمایش هستن، با دقت بخونین و موقع پاسخ دادن، بخش‌های مهم روند انجام آزمایش، فرمولی که می‌شه ازش استفاده کرد و نتیجه نهایی رو بنویسین.

ث) مسأله‌ها:

حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد سؤال‌ات نهایی فیزیک، حل مسأله هستن. در حل مسأله‌ها دقت کنید که اول صورت مسأله را با آرامش بخونین. دور اعداد مربوط به کمیت‌های داده شده، خط بکشین و مشخص کنین که این عدد داده شده مثلاً جرم جسم هست یا ... بعدش به یکای کمیت دقت کنید که ممکنه لازم بشه به یکای دیگری تبدیل کنین و در فرمول قرار بدین. در یک مسأله ممکنه ثابت‌هایی که برای حل مسأله نیاز دارین هم بهتون بدن. به یکاهای اونا هم دقت کنین. بعد از تحلیل مسأله، فرمول‌هایی رو که می‌تونین برای حل مسأله ازش استفاده کنین بنویسین (خود فرمول سؤال حتماً بارم داره) بعد اعداد رو با یکای مناسب جایگذاری کنین (اینم یه قسمتی از بارم رو به خودش اختصاص میده) و در نهایت جواب آخر رو به همراه یکا به دست بیارین (اینم بخش نهایی بارم) توجه کنید که برای یک سؤال ممکنه چند راه‌حل یا فرمول وجود داشته باشه. اگر صورت سؤال تأکیدی بر راه‌حل خاصی نداره، هر کدوم رو بنویسین درسته.



توجه:

۱- در حل مسائل فصل اول، از روش مشتق‌گیری اصلاً نباید استفاده کنید، چون حتی اگر جوابتون درست هم بیاد، نمره نمیدن.

۲- برای نوشتن جواب مسأله‌ها، از روش‌های کتاب درسی استفاده کنید و از روش‌های سریع تستی استفاده نکنین. در امتحان نهایی نوشتن راه‌حل‌ها نمره داره. اگر کمیتی رو می‌خوان به دست بیارین از اول روابط و فرمول‌های لازم رو بنویسین و به جواب نهایی برسین.

نکات مهم:

۱- بارم هر فصل رو بدونین.

۲- پاسخ‌هاتون کامل و لازم باشه. نوشتن توضیحات اضافه یا مطالبی که لازم نیست، باعث نمی‌شه شما نمره بیشتری بگیرین.

۳- مرتب‌نویسی:

پاسخ‌ها رو با دقت در محل مشخص شده برای هر سؤال بنویسین و سعی کنین قلم‌خوردگی نداشته باشین و اصلاً از لاک غلط‌گیر استفاده نکنین.

۴- زمان رو مدیریت کنین و برای هر سؤال زمان مناسب در نظر بگیرین.

۵- در نهایت پاسخ‌ها رو مرور کنین تا اگر چیزی از قلم افتاده، اضافه کنین یا سؤالی رو اگر ندیدین بتونین بهش پاسخ بدین.

بارم‌بندی فصل‌های فیزیک دوازدهم ریاضی:

عنوان درس	بارم‌بندی
فصل اول: حرکت بر خط راست	۳/۷۵ نمره
فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای	۴ نمره
فصل سوم: نوسان و موج	۳/۷۵ نمره
فصل چهارم: برهم‌کنش‌های موج	۳/۲۵ نمره
فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی	۲/۷۵ نمره
فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای	۲/۵ نمره

با آرزوی موفقیت

گروه ریاضی و فیزیک ماز



امتحانات نهایی آموزش و پرورش

فرورد ماه ۱۴۰۳

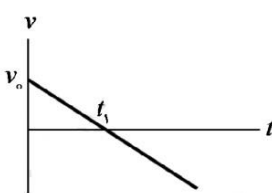
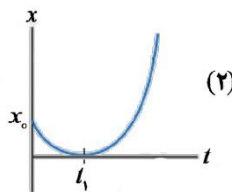
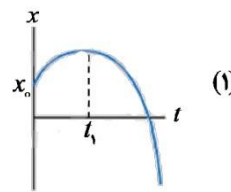
فرورد ماه ۱۴۰۴

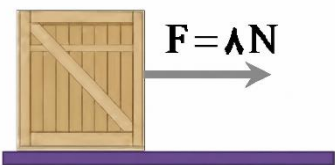
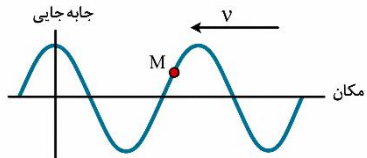


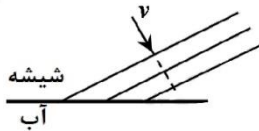
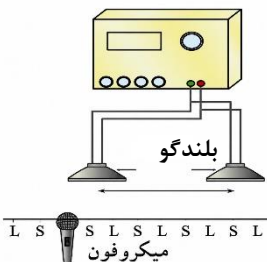
خرداد ماه ۱۴۰۳



SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

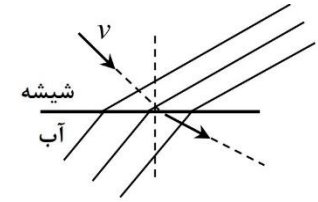
سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی و فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:	
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳				پرویش			
ردیف		سوالات (پاسخ‌نامه دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.					
۱		در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. (الف) شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه، (سرعت - شتاب) متحرک در آن لحظه را نشان می‌دهد. (ب) هنگام عبور متحرک از مبدأ محور x ، بردار (مکان - جابه‌جایی) متحرک تغییر جهت می‌دهد. (ج) در یک بازه زمانی معین، تندی متوسط متحرک <u>نمی‌تواند</u> (بزرگ‌تر - کوچک‌تر) از اندازه سرعت متوسط آن باشد. (د) بردار شتاب متوسط در هر بازه زمانی، همواره در جهت (سرعت - تغییر سرعت) است.					
۲		شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان یک متحرک را نشان می‌دهد. کدام‌یک از شکل‌های (۱) یا (۲) می‌تواند نشان‌دهنده نمودار مکان - زمان این متحرک باشد؟   					
۳		یک خودروی پلیس در کنار جاده ایستاده است. موتورسواری با سرعت ثابت 108 km/h از کنار آن می‌گذرد. در همین لحظه، خودروی پلیس با شتاب ثابت 4 m/s^2 در همان جهت شروع به حرکت می‌کند. (الف) پس از چه مدت پلیس به موتورسوار می‌رسد؟ (0.75) (ب) نمودار سرعت - زمان هر دو متحرک را تا لحظه‌ای که سرعت آن‌ها یکسان می‌شود، در یک دستگاه مختصات رسم کنید. (0.75)					
۴		سنگی از بالای یک پل آزادانه سقوط می‌کند و با تندی 40 m/s^2 به سطح آب برخورد می‌کند. (الف) سرعت متوسط سنگ را در حین سقوط به دست آورید. (0.5) (ب) ارتفاع پل نسبت به سطح آب چقدر است؟ (0.5)  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$					
۵		درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با عبارت‌های (درست) یا (نادرست) در پاسخ‌برگ مشخص کنید. (الف) وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، جسم با شتاب ثابت حرکت می‌کند. (ب) در تصادفات، کیسه هوا با افزایش مدت زمان برخورد، نیروی متوسط وارد بر سرنشین را کاهش می‌دهد. (ج) در یک دیسک گردان با دوره ثابت، هرچه از مرکز دیسک دورتر شویم، تندی حرکت کمتر می‌شود.					
۶		آزمایشی را شرح دهید که بتوان ثابت یک فنر را به کمک وسایل زیر اندازه گرفت: فنر، خط‌کش، وزنه با جرم معین، گیره و پایه.					

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی و فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷	
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:	
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳				پرورش			
ردیف		سوالات (پاسخ‌نامه دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.					
نمره							
۷	 شکل روبه‌رو جسمی به جرم 3 kg را نشان می‌دهد که روی یک سطح افقی با ضرایب اصطکاک ایستایی و جنبشی $0/4$ و $0/3$ در حال سکون قرار دارد. به جسم نیروی افقی 8 N وارد می‌شود. الف) نیروی اصطکاک وارد بر جسم را با محاسبه تعیین کنید. ($0/75$) ب) اگر نیروی افقی وارد بر جسم حذف شود، اندازه نیروی سطح بر جسم کاهش می‌یابد یا افزایش؟ ($0/25$)						۱
۸	ارتفاع یک ماهواره از سطح زمین ۵ برابر شعاع زمین است، وزن آن در این ارتفاع چند برابر وزنش در سطح زمین است؟						۰.۷۵
۹	 شکل مقابل یک سطل به جرم 5 kg را نشان می‌دهد که توسط یک طناب با نیروی کشش 60 N در راستای قائم به طرف بالا کشیده می‌شود. اگر نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت سطل $2/5\text{ N}$ باشد، شتاب حرکت آن را حساب کنید. ($g = 10\text{ N/kg}$)						۰.۷۵
۱۰	به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید.						
	الف) یک آونگ ساده از زمین به کره ماه برده می‌شود. دوره تناوب آن بیشتر می‌شود یا کمتر؟ (g زمین $< g$ ماه)						۱
	ب) اگر بسامد نیروی واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابر باشد، چه پدیده‌ای رخ می‌دهد؟						
	ج) کدام نوع از امواج می‌توانند در خلأ منتشر شوند؟						
	د) شخصی از یک چشمه صوتی ساکن دور می‌شود. بسامد صوتی که دریافت می‌کند، چگونه تغییر می‌کند؟						
۱۱	نمودار مکان - زمان یک نوسانگر جرم - فنر مطابق شکل روبه‌رو است.						
	الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید. (۱)						۱.۲۵
	ب) انرژی مکانیکی آن را در دو لحظه t_1 و t_2 مقایسه کنید. ($0/25$)						
۱۲	تراز شدت صوت در کتابخانه 30 dB و در خیابان شلوغ 70 dB است. شدت صوت در خیابان شلوغ چند برابر شدت صوت در کتابخانه است؟ ($I_0 = 10^{-12}\text{ W/m}^2$)						۰.۷۵
۱۳	 شکل مقابل نقش یک موج در حال پیشروی را در یک سیم نشان می‌دهد. الف) این موج طولی است یا عرضی؟ ب) در این لحظه، نقطه M بر روی سیم، در حال بالا رفتن است یا پایین آمدن؟ ج) نیروی کشش این سیم را کاهش می‌دهیم، تندی پیشروی موج چگونه تغییر می‌کند؟						۰.۷۵

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی و فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷															
تعداد صفحه: ۴		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:															
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش																	
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳				پرورش																	
ردیف		سؤالات (پاسخنامه دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.																			
۱۴		فاصله بین شما و یک دیوار بلند ۱۳/۲m است. اگر تندی انتشار صوت در هوا ۳۳۰ m/s باشد، آیا قادر به شنیدن پژواک صدای خود خواهید بود؟ چرا؟																			
۱۵		 مطابق شکل، موج نوری فرودی از شیشه وارد آب می شود. ($n = \frac{3}{4}$ شیشه و $n = \frac{4}{3}$ آب) الف) با انتقال شکل به پاسخ برگ، ادامه جبهه های موج پس از ورود به آب را به طور کیفی رسم کنید. (۰.۵) ب) تندی انتشار نور در آب، چند برابر تندی انتشار آن در شیشه است؟ (۰.۵)																			
۱۶		 الف) شکل مقابل، یک مولد سیگنال های صوتی را نشان می دهد. چرا میکروفون در نقاط L و S صداهای با شدت های متفاوت ثبت می کند؟ (۰.۵) ب) سه بسامد تشدید متوالی یک تار با دو انتهای بسته عبارت اند از: ۳۰۰Hz، Hz و ۴۲۰Hz. اگر تندی انتشار صوت در تار برابر ۲۴۰ m/s باشد، طول تار را به دست آورید. (۱)																			
۱۷		جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمه های مناسب پر کنید. (۱) الف) طول موج های گسیلی اتم هیدروژن در رشته لیمان، در ناحیه طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارند. ب) طبق مدل اتمی، اتم پایدار نیست و الکترون در نهایت روی هسته سقوط می کند. ج) طیف گسیلی و طیف هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست. د) وقتی تعداد الکترون ها در ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشد، الکترون ها در محیط لیزری رخ داده است.																			
۱۸		پرتوی فرابنفشی با طول موج ۲۵۰nm بر سطح تیغه ای از جنس آهن با تابع کار ۴/۵eV تابیده می شود. بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های جدا شده از سطح آهن را حساب کنید. (hc=۱۲۴۰eV.nm) (۰/۷۵)																			
۱۹		در گذار الکترون از تراز چهارم به تراز دوم در اتم هیدروژن، انرژی فوتون گسیل شده چند الکترون ولت و بسامد آن چند هرتز است؟ (h=۴×۱۰ ^{-۱۵} eV.s)																			
۲۰		هر یک از موارد ستون اول به کدام مورد در ستون دوم مرتبط است؟ (دو مورد در ستون دوم اضافی است.) <table><tr><th>ستون اول</th><th>ستون دوم</th></tr><tr><td>الف) هسته های با تعداد نوترون های متفاوت و تعداد پروتون های یکسان</td><td>a) نوکلئون</td></tr><tr><td>ب) نیروی هسته ای</td><td>b) واپاشی آلفا</td></tr><tr><td>ج) عدد اتمی هسته دختر، یک واحد افزایش می یابد</td><td>c) واپاشی بتای مثبت</td></tr><tr><td>د) کاربرد در آشکارسازهای دود</td><td>d) ایزوتوپ</td></tr><tr><td></td><td>e) کوتاه برد</td></tr><tr><td></td><td>f) واپاشی بتای منفی</td></tr></table>						ستون اول	ستون دوم	الف) هسته های با تعداد نوترون های متفاوت و تعداد پروتون های یکسان	a) نوکلئون	ب) نیروی هسته ای	b) واپاشی آلفا	ج) عدد اتمی هسته دختر، یک واحد افزایش می یابد	c) واپاشی بتای مثبت	د) کاربرد در آشکارسازهای دود	d) ایزوتوپ		e) کوتاه برد		f) واپاشی بتای منفی
ستون اول	ستون دوم																				
الف) هسته های با تعداد نوترون های متفاوت و تعداد پروتون های یکسان	a) نوکلئون																				
ب) نیروی هسته ای	b) واپاشی آلفا																				
ج) عدد اتمی هسته دختر، یک واحد افزایش می یابد	c) واپاشی بتای مثبت																				
د) کاربرد در آشکارسازهای دود	d) ایزوتوپ																				
	e) کوتاه برد																				
	f) واپاشی بتای منفی																				

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک ۳	پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی و فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷
تعداد صفحه: ۴	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران	نام و نام خانوادگی:
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی (داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳			
مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
ردیف	سوالات (پاسخ نامه دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.		
نمره			
۲۱	الف) نیمه عمر یک ماده رادیواکتیو ۶ روز است. پس از ۳۰ روز، چه کسری از هسته های فعال اولیه باقی می ماند؟ (۱) ب) یک ماده کندساز نوترون ها در واکنش شکافت هسته ای را نام ببرید. (۰.۲۵) ج) چه نوع واکنش هسته ای در سطح خورشید اتفاق می افتد؟ (۰.۲۵)		
۱.۵			

راهنمای نمره‌گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک ۳					پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی و فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷
تعداد صفحه: ۳		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران			
دانش‌آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، اینترگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳							
ردیف	راهنمای تصحیح						
۱	الف) سرعت	ب) مکان	ج) کوچکتر	د) تغییر سرعت	هر مورد (۰/۲۵) ص ۹ و ۶ و ۴ و ۱۱		
۲	نمودار (۱) (۰/۲۵)	ص ۲۰					
۳	الف) (۰/۵) $v_1 t = \frac{1}{2} a_1 t^2$	ب) رسم نمودار (۱) (۰/۲۵)	رسم نمودار (۲) (۰/۲۵) تعیین زمان برابری سرعت‌ها (۰/۲۵)				
	$30t = \frac{1}{2} (4)t^2$						
	$t = 15s$ (۰/۲۵)					ص ۲۸	
۴	الف) (۰/۲۵) $v_{av} = \frac{-40}{2} = -20 \text{ m/s}$	ب) (۰/۲۵) $h = \Delta y = 80 \text{ m}$	$v_{av} = \frac{v + v_0}{2}$ (۰/۲۵) $v^2 = -2g\Delta y$ (۰/۲۵)				
۵	الف) نادرست	ب) درست	ج) نادرست	هر مورد (۰/۲۵) ص ۵۱ و ۳۱ و ۵۰			
۶	وزنه با جرم معین را به یک فنر در راستای قائم، آویزان می‌کنیم (۰/۲۵). به کمک خط‌کش تغییر طول فنر را اندازه می‌گیریم (۰/۲۵). سپس با رابطه $k = \frac{mg}{\Delta L}$ ثابت فنر را محاسبه می‌کنیم (۰/۲۵).						
۷	الف) (۰/۲۵) $f_s = 8 \text{ N}$	ب) کاهش (۰/۲۵)	$f_{s, \max} = \mu_s mg$ (۰/۲۵) $f_{s, \max} = 0.4 \times 30 = 12 \text{ N}$ (۰/۲۵) ص ۳۸ و ۴۱ و ۴۶				
۸	$\frac{W_2}{W_1} = \frac{1}{36}$ (۰/۲۵)	$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{R_e}{6R_e}\right)^2$ (۰/۲۵)	$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ (۰/۲۵)	ص ۶۰			
۹	الف) (۰/۲۵) $a = 1/5 \text{ m/s}^2$	ب) تشدید	ج) الکترومغناطیسی (گاما، ایکس، فرابنفش یا ...)	$T - mg - f_D = ma$ (۰/۲۵) $60 - 50 - 2/5 = 5a$ (۰/۲۵) ص ۳۷ و ۴۵			
۱۰	الف) افزایش می‌یابد	ب) تشدید	ج) الکترومغناطیسی (گاما، ایکس، فرابنفش یا ...)	هر مورد (۰/۲۵) ص ۶۷ و ۶۸ و ۷۵ و ۸۳			
۱۱	الف) (۰/۲۵) $\omega = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \text{ rad/s}$	ب) برابرند (۰/۲۵)	ج) الکترومغناطیسی (گاما، ایکس، فرابنفش یا ...)	$T = 0.4 \text{ s}$ (۰/۲۵) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (۰/۲۵) $x = 0.04 \cos 5\pi t$ (۰/۲۵) ص ۶۴ و ۶۶			
ادامه پاسخ‌ها در صفحه دوم							

راهنمای نمره گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی و فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷
تعداد صفحه: ۳	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، اینترگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی		مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش		
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳				
ردیف	راهنمای تصحیح			نمره
۱۲	$\frac{I_2}{I_1} = 10^4$ (۰/۲۵)	$40 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ (۰/۲۵)	$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ (۰/۲۵)	۰/۷۵ ص ۸۱
۱۳	الف) عرضی	ب) بالا رفتن	ج) کمتر می شود	هر مورد (۰/۲۵) ص ۷۳ و ۷۶
۱۴	خیر	$\Delta t < 0.1 \text{ s}$ (۰/۲۵)	$\Delta t = 0.08 \text{ s}$ (۰/۲۵)	$2 \times 13/2 = 33 \Delta t$ $2d = v \Delta t$ (۰/۲۵) ص ۹۳
۱۵	الف) 	ب) $\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$ (۰/۲۵) $\frac{v_2}{v_1} = \frac{9}{8}$ (۰/۲۵)	تغییر مسیر جبهه ها (۰/۲۵) افزایش فاصله بین جبهه ها (طول موج) (۰/۲۵)	ص ۹۶ و ۹۸ و ۱۱۱
۱۶	الف) به خاطر تداخل سازنده (۰/۲۵) و ویرانگر (۰/۲۵) در امواج صوتی	ب) $f_1 = 60 \text{ Hz}$ (۰/۲۵)	$420 - 300 = 2f_1$ (۰/۲۵)	ص ۱۰۴ و ۱۰۷ و ۱۱۴
۱۷	الف) فرابنفش	ب) رادرفورد (اتم هسته ای)	ج) جذبی	د) وارونی جمعیت
۱۸	$K_{\max} = \frac{1240}{250} - 4/5$ (۰/۲۵)	$K_{\max} = 4/96 - 4/5 = 0.46 \text{ eV}$	$K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0$ (۰/۲۵)	ص ۱۱۸ و ۱۳۴
۱۹	$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ (۰/۲۵)	$\Delta E = E_f - E_r = -13/6 (\frac{1}{16} - \frac{1}{4}) = 2/55 \text{ eV}$ (۰/۲۵)	$\Delta E = hf$ (۰/۲۵)	ص ۱۲۷
۲۰	الف) د) ایزوتوپ	ب) e) کوتاه برد	ج) f) واپاشی بتای منفی	د) b) واپاشی آلفا
				هر مورد (۰/۲۵) ص ۱۳۹ و ۱۴۰ و ۱۴۳ و ۱۴۴

راهنمای نمره‌گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک ۳		پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی و فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷
تعداد صفحه: ۳	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		
دانش‌آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی		مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش		
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۳				
ردیف	راهنمای تصحیح			نمره
۲۱	(الف) $n = \frac{t}{T} \quad (۰/۲۵)$ $n = \frac{۳۰}{۶} = ۵ \quad (۰/۲۵)$ $N = \frac{N_0}{۲^n} = \frac{N_0}{۲^۵} \quad (۰/۲۵)$ $N = \frac{۱}{۳۲} N_0 \quad (۰/۲۵)$ (ب) یکی از موارد: آب معمولی یا آب سنگین یا گرافیت (۰/۲۵) (ج) گداخت یا همجوشی هسته‌ای (۰/۲۵)			۱/۵
				۲۰
جمع بارم				

همکاران گرامی، خداقوت، تمام موارد درخور اهمیت جهت نمره‌گذاری در راهنمای تصحیح نوشته شده است،

خواهشمند است جهت رعایت عدالت آموزشی، فقط در مسائل به راه‌حل‌های درست دیگر نمره مناسب دهید.

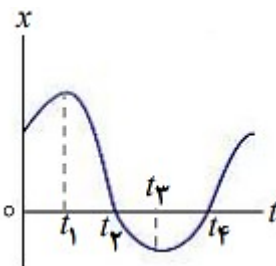
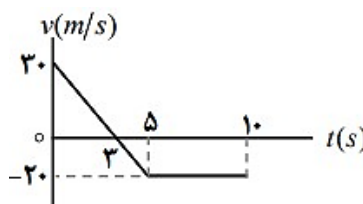
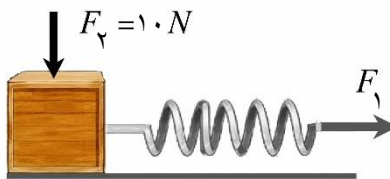
با سپاس از مساعدت همکاران بزرگوار

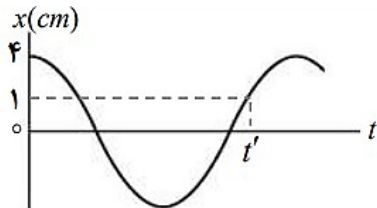
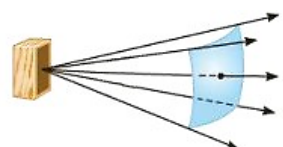


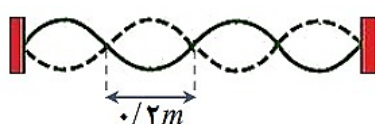
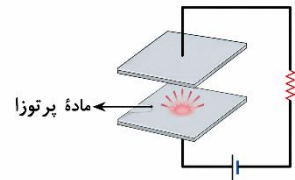
فردا د ماه ۱۴



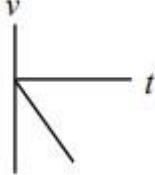
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴	
تعداد صفحه: ۵		مدت آزمون: ۱۰۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:	
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴							
ردیف		سؤالات (پاسخ برگ دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.					
۱		در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید. الف) در نیم دور حرکت ماه به دور زمین، مسافت طی شده (بزرگ‌تر از - برابر با) اندازه جابه‌جایی است. ب) شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه قطع می‌کند، برابر (شتاب - سرعت) متوسط است. پ) در حرکت تندشونده روی خط راست، بردارهای سرعت و شتاب (در جهت - خلاف جهت) یکدیگرند.					
۲		شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند. الف) سرعت متحرک در لحظه t_3 چقدر است؟ ب) یک لحظه را مشخص کنید که بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد. پ) در بازه زمانی صفر تا t_1 بردار شتاب متحرک در جهت محور x است یا خلاف آن؟ 					
۳		نمودار سرعت - زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. الف) تندی متوسط متحرک در کل زمان حرکت چند متر بر ثانیه است؟ ب) اگر متحرک در لحظه $t = 5s$ در ۲۰ متری مبدأ محور باشد، معادله مکان - زمان متحرک را در بازه زمانی ۵s تا ۱۰s بنویسید. 					
۴		گلوله‌ای را در شرایط خلأ از ارتفاع ۳۱/۲۵ متری سطح زمین رها می‌کنیم. الف) گلوله پس از چند ثانیه به زمین می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) ب) نمودار سرعت - زمان آن را به‌طور کیفی رسم کنید.					
۵		درستی و نادرستی جمله‌های زیر را با واژه "درست" یا "نادرست" مشخص کنید و در پاسخ برگ بنویسید. الف) به تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است، لختی می‌گویند. ب) هر چه تندی جسم در یک شاره بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. پ) با پاره شدن کابل آسانسور و سقوط آزاد آن، شتاب آسانسور بیشتر از g می‌شود. ت) نیروی عمودی سطح و نیروی وزن وارد بر جسم، کنش و واکنش یکدیگر هستند.					
۶		مطابق شکل روبه‌رو جسمی به جرم ۴kg توسط فنری با سرعت ثابت روی سطح افقی کشیده می‌شود. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح ۰/۳ و ثابت فنر ۱۰N/cm باشد، طول فنر چند سانتی‌متر افزایش می‌یابد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) 					

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴	
تعداد صفحه: ۵		مدت آزمون: ۱۰۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:	
دانش‌آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴							
ردیف		سوالات (پاسخ‌برگ دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.					
نمره							
۷	۰/۵ ۰/۲۵	الف) نقش کیسه هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید. ب) اگر انرژی جنبشی جسمی ۹ برابر شود، بزرگی تکانه جسم چند برابر می‌شود؟					
۸	۰/۷۵ ۰/۲۵	ماهوره‌ای در فاصله ۱۶۰۰ km از سطح زمین با تندی ۶ km/s به دور زمین می‌چرخد. الف) دوره گردش ماهواره چند ثانیه است؟ ($\pi = 3$, $R_e = 6400 \text{ km}$) ب) نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره، چه نیرویی است؟					
۹	۱/۲۵	الف) نوسان‌های یک ساعت آونگ‌دار در یک مکان مشخص، با کاهش دما، تندتر می‌شود یا کندتر؟ ب) برای اینکه انتقال به آبی در پدیده دوپلر رخ دهد، ناظر باید به چشمه نور نزدیک شود یا از آن دور شود؟ پ) اگر طول طنابی را نصف کنیم، با ثابت ماندن نیروی کشش طناب، تندی انتشار موج عرضی چگونه تغییر می‌کند؟ ت) مسافتی که موج در مدت $\frac{T}{4}$ طی می‌کند، چند برابر طول موج است؟ ث) پرتوهای ایکس، امواج طولی هستند یا عرضی؟					
۱۰	۱/۲۵	 شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان نوسانگر جرم - فنری را نشان می‌دهد. اگر جرم وزنه ۲۰۰ g و اندازه شتاب نوسانگر در لحظه t' برابر 4 m/s^2 باشد، انرژی پتانسیل نوسانگر در نقاط بازگشتی چند ژول است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود)					
۱۱	۰/۵ ۰/۷۵	 الف) در شکل روبه‌رو شدت صوت حاصل از چشمه، برابر 10^{-4} W/m^2 است. اگر مساحت سطح 3 m^2 باشد، آهنگ متوسط انتقال انرژی از این سطح چند وات است؟ ب) عقرب ماسه‌ای، امواج طولی و عرضی حاصل از حرکت طعمه‌اش را به ترتیب با تندی‌های 120 m/s و 40 m/s دریافت می‌کند. اگر اختلاف زمانی رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای عقرب برابر 5 ms باشد، فاصله طعمه تا عقرب چند متر است؟					
۱۲	۱	هر یک از موارد ستون اول به یک مورد از ستون دوم مرتبط است. آن‌ها را مشخص کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. (دو مورد در ستون دوم اضافی است)					
		ستون اول		ستون دوم			
		الف) پراکنده شدن پرتوهای بازتابیده به‌طور کاتوره‌ای در تمام جهتها ب) گسترده شدن موج هنگام عبور از یک روزنه با پهنایی از مرتبه طول موج پ) استفاده از این روش در دستگاه سونار کشتی‌ها ت) تجزیه نور سفید به رنگ‌های مختلف		(۱) پراش (۲) پاشندگی (۳) بازتاب پخشنده (۴) بازتاب منظم (۵) تداخل (۶) مکان‌یابی پژواکی			

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم		رشته: ریاضی فیزیک		تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴	
تعداد صفحه: ۵		مدت آزمون: ۱۰۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		نام و نام خانوادگی:	
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی				مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴				پرورش			
ردیف		سوالات (پاسخ برگ دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.					
۱۳		الف) آزمایشی را شرح دهید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گیری کرد. (وسایل آزمایش: تیغه متوازی السطوح - لیزر مدادی - نقاله - کاغذ) ب) اگر آزمایش یانگ را به جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم، پهنای هر نوار روشن چه تغییری می کند؟ چرا؟					
۱۴		شکل روبه رو نقش موج ایستاده ای را در یک تار نشان می دهد. اگر تندی موج عرضی در این تار 240 m/s باشد، بسامد این موج چند هرتز است؟ 					
۱۵		با استفاده از عبارت های داخل جعبه، جمله های زیر را کامل کنید و در پاسخ برگ بنویسید. (دو مورد اضافی است) پیوسته - رادرفورد - شبه پایدار - خطی - تامسون - جذبی الف) طیف حاصل از اتم های برانگیخته گازهای رقیق و کم فشار، به صورت است. ب) طبق مدل اتمی، الکترون ها در نقاط مختلف اتم پراکنده هستند. پ) در ترازهای، الکترون ها مدت زمان طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می ماند. ت) خط های تاریک در طیف خورشید، معرف طول موج های توسط اتم های گازهای جو خورشید است.					
۱۶		نوری با بسامد $1.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$ به سطح فلزی می تابد. اگر بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های گسیل شده 0.8 eV باشد، بسامد آستانه فلز چند هرتز است؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)					
۱۷		شکل روبه رو تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد. با محاسبه نشان دهید کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با طول موج 102.5 nm منجر شود؟ ($hc = 1240 \text{ eV.nm}$) 0 eV _____ $-1/51 \text{ eV}$ _____ $-3/4 \text{ eV}$ _____ $-13/6 \text{ eV}$ _____					
۱۸		بخش اصلی مدار یک آشکارساز دود، مطابق شکل روبه رو است. معادله واپاشی ذره گسیل شده توسط ماده پرتوزا را بنویسید. 					
۱۹		الف) یک ماده جذب کننده نوترون در میله های کنترل را بنویسید. ب) به فرایند افزایش غلظت ایزوتوپ اورانیوم ^{235}U در یک نمونه، چه می گویند؟ پ) چرا از دیدگاه نیروی هسته ای تفاوتی بین نوترون و پروتون وجود ندارد؟ ت) انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته چه نام دارد؟					

سؤالات آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)	پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
تعداد صفحه: ۵	مدت آزمون: ۱۰۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران	نام و نام خانوادگی:
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، اینترگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی (داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴			
مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش			
ردیف	سوالات (پاسخ برگ دارد) - استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.		
۲۰	پس از گذشت ۲۰ روز، تعداد هسته های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{32}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر ماده چند روز است؟		
۲۰	موفق باشید		
	جمع بارم		

راهنمای نمره‌گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
تعداد صفحه: ۳		مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه		ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران
دانش‌آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی		مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش		
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴				
ردیف	راهنمای نمره‌گذاری			
۱	الف) بزرگ‌تر از	ب) شتاب	پ) در جهت	هر مورد (۰/۲۵) ص ۳ و ۱۱ و ۱۶
۲	الف) صفر	ب) t_2 یا t_4	پ) خلاف جهت	هر مورد (۰/۲۵) ص ۱۰ و ۸ و ۱۲
۳	الف) $L = S = \frac{3 \times 30}{2} + \left \frac{(5+7) \times (-20)}{2} \right = 165 \text{ m}$ (۰/۵)	$s_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ (۰/۲۵) $s_{av} = \frac{165}{10} = 16.5 \text{ m/s}$ (۰/۲۵)		
۱/۵	ب) $x = -20t - 20$ (۰/۲۵) یا $x = -20t + 20$ (۰/۲۵)	$x = vt + x_0$ (۰/۲۵) ص ۳ و ۱۳		
۴	الف) $\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2$ (۰/۲۵) $-31/25 = -\frac{1}{2} \times 10 \times t^2$ $t = 2/5 \text{ s}$ (۰/۲۵)	ب)		
۵	الف) درست	ب) درست	پ) نادرست	ت) نادرست
۱	الف) درست	ب) درست	پ) نادرست	ت) نادرست
۶	$F_N = F_g + mg = 10 + 40 = 50 \text{ N}$ (۰/۲۵) $f_k = \mu_k F_N$ (۰/۲۵) $f_k = 0.3 \times 50 = 15 \text{ N}$ (۰/۲۵) $F_g = f_k$ (۰/۲۵) $kx = 15 \Rightarrow x = \frac{15}{10} = 1.5 \text{ cm}$ (۰/۲۵)	ص ۳۸، ۴۲، ۴۳		
۷	الف) طبق رابطه $F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ (۰/۲۵) کیسه هوا مدت زمان حرکت کندشونده تا توقف را افزایش می‌دهد و باعث کاهش مقدار نیرو (۰/۲۵) و در نتیجه کاهش آسیب‌ها می‌شود.	ب) ۳ برابر (۰/۲۵) (نیاز به نوشتن فرمول و محاسبات نیست)		
۸	الف) $r = R_e + h = 6400 + 1600 = 8000 \text{ km}$ (۰/۲۵) $T = \frac{2\pi r}{v}$ (۰/۲۵) $T = \frac{2 \times 3 \times 8 \times 10^3}{6} = 8 \times 10^3 \text{ s}$ (۰/۲۵)	ب) نیروی گرانشی (۰/۲۵)		
۱	الف) تندتر	ب) نزدیک شود	پ) ثابت می‌ماند	هر مورد (۰/۲۵) ص ۷۱، ۷۳، ۷۵، ۷۶، ۸۳، ۸۵، ۸۶
۹	ت) $\frac{1}{4}$	ث) عرضی		

راهنمای نمره گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
تعداد صفحه: ۳	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، ایثارگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی		مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش		
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴				
ردیف	راهنمای نمره گذاری			نمره
۱۰	$a = \left -\omega^2 x \right \quad (۰/۲۵) \quad \omega^2 = 400 \quad (۰/۲۵) \quad 4 = \omega^2 \times 0.01$ $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \quad (۰/۲۵) \quad E = \frac{1}{2} \times 0.02 \times 400 \times 16 \times 10^{-4} = 64 \times 10^{-3} \text{ J} \quad (۰/۲۵)$ $U_{\max} = E = 64 \times 10^{-3} \text{ J} \quad (۰/۲۵)$			۱/۲۵
۱۱	(الف) $I = \frac{P_{\text{av}}}{A} \quad (۰/۲۵) \quad P_{\text{av}} = 3 \times 10^{-4} \text{ W} \quad (۰/۲۵)$ (ب) $\Delta x = \left(\frac{v_L v_T}{v_L - v_T} \right) \Delta t \quad (۰/۲۵) \quad \Delta x = \left(\frac{120 \times 40}{120 - 40} \right) \times 5 \times 10^{-3} \quad (۰/۲۵) \quad \Delta x = 0.3 \text{ m} \quad (۰/۲۵)$			۱/۲۵
۱۲	(الف) بازتاب پخشنده (۳) (ب) پراش (۱) هر مورد (۰/۲۵) (پ) مکان یابی پژواکی (۶) (ت) پاشندگی (۲) ص ۹۴ و ۱۰۲ و ۹۲ و ۱۰۰			۱
۱۳	(الف) تیغه متوازی السطوح را روی کاغذ بر سطح افقی قرار می دهیم و نور لیزر مدادی را به صورت مایل به آن می تابانیم و مسیر عبور نور از تیغه را روی کاغذ رسم می کنیم (۰/۲۵) و با استفاده از نقاله، زاویه تابش و زاویه شکست را اندازه گیری می کنیم (۰/۲۵) و به کمک رابطه $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ و دانستن $n_1 = 1$، ضریب شکست تیغه را محاسبه می کنیم. (۰/۲۵) (ب) افزایش می یابند (۰/۲۵)، چون پهنای نوارها با طول موج متناسب است. (۰/۲۵) ص ۹۹ و ۱۱۳			۱/۲۵
۱۴	$L = 4 \times 0.2 = 0.8 \text{ m} \quad (۰/۲۵)$ $f = \frac{nv}{2L} \quad (۰/۲۵) \quad f = \frac{4 \times 240}{2 \times 0.8} \quad (۰/۲۵) \quad f = 600 \text{ Hz} \quad (۰/۲۵)$ ص ۱۰۶ و ۱۰۷			۱
۱۵	(الف) خطی (ب) تامسون (پ) شبه پایدار (ت) جذبی هر مورد (۰/۲۵) ص ۱۲۱ و ۱۲۵ و ۱۳۱ و ۱۲۹			۱
۱۶	$K_{\max} = hf - W_0 \quad (۰/۲۵) \quad 0.8 = 4 \times 10^{-15} \times 1/5 \times 10^{15} - W_0 \quad W_0 = 5/2 \text{ eV} \quad (۰/۲۵)$ $f_0 = \frac{W_0}{h} \quad (۰/۲۵) \quad f_0 = \frac{5/2}{4 \times 10^{-15}} = 1/3 \times 10^{15} \text{ Hz} \quad (۰/۲۵)$ ص ۱۱۸ و ۱۱۹			۱
۱۷	$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \quad (۰/۲۵) \quad \Delta E = \frac{1240}{102/5} = 12/09 \text{ eV} \quad (۰/۲۵)$ پس گذار از تراز با انرژی $1/51 \text{ eV}$ به تراز با انرژی $13/6 \text{ eV}$ انجام می شود. (از $n = 3$ به $n = 1$) (۰/۲۵) ص ۱۲۸			۰/۲۵
۱۸	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-4}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He} \quad \text{یا} \quad {}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He} \quad (۰/۲۵) \quad (۰/۲۵)$ ص ۱۴۳			۰/۵

راهنمای نمره گذاری آزمون نهایی درس: فیزیک (۳)		پایه: دوازدهم	رشته: ریاضی فیزیک	تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
تعداد صفحه: ۳	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	ساعت شروع: ۷:۳۰ به وقت تهران		
دانش آموزان روزانه، بزرگسالان، آموزش از راه دور، اینترگران، داوطلبان آزاد و متقاضیان ایجاد و یا ترمیم سابقه تحصیلی		مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش		
(داخل و خارج از کشور) - خرداد ۱۴۰۴				
ردیف	راهنمای نمره گذاری			نمره
۱۹	الف) یکی از موارد: کادمیم، بور، نقره، ایندیم پ) زیرا نیروی هسته ای مستقل از بار است. ب) غنی سازی ت) انرژی بستگی هسته ای			هر مورد (۰/۲۵) ص ۱۵۱ و ۱۵۰ و ۱۴۰ و ۱۴۱
۲۰	$N = \frac{N_0}{2^n}$ (۰/۲۵) $\frac{1}{32} N_0 = \frac{N_0}{2^n}$ $n = 5$ (۰/۲۵) $n = \frac{t}{T}$ (۰/۲۵) $5 = \frac{20}{T} \Rightarrow T = 4$ روز (۰/۲۵)			ص ۱۴۷
۲۰	موفق باشید			جمع بارم

همکاران گرامی، خدایوت، تمام موارد درخور اهمیت جهت نمره گذاری در راهنمای تصحیح نوشته شده است،

خواهشمند است جهت رعایت عدالت آموزشی، فقط در مسائل به راه حل های درست دیگر نمره مناسب دهید.

با سپاس از مساعدت همکاران بزرگوار