دفترچه سؤال

تسلط بر کل کتاب

شنبه
۱۴۰۴/۰۳/۰۳

سال تحصیلی ۱۴۰۳–۱۴۰۴

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

ماز

گروه آزمایشی ریاضی فیزیک ــ پایهٔ دوازدهم
آزمون جامع شبیه‌ساز امتحانات نهایی ماز ــ شب امتحان

درس	تعداد صفحه	زمان پاسخگویی
فیزیک	۳	۱۲۰ دقیقه

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

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.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفادهٔ غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

بودجه‌بندی این آزمون	فیزیک ۳
	کل کتاب

استراتژی و هدف گذاری در آزمون شبیه‌ساز نهایی ماز

- تبدیل به یک دانش‌آموز حرفه‌ای در امتحان تشریحی و ۲۰ گرفتن
- تسلط بر نحوهٔ تشریحی‌نوشتن در حد یک مصحِّح آموزش و پرورش
- تمام اشتباهات احتمالی در امتحان نهایی رو قبل از امتحان نهایی تجربه کنید

زودبیست

دوپینگ فوری برای شب امتحان

اگه قصد دارید خیلی زود به نمرهٔ ۲۰ برسید، دورهٔ «زود۲۰» برای شماست!

- ۱۱ مرحله آزمون شبیه‌ساز و پیش‌بینی نهایی برای ۱۱ درس امتحان نهایی
- تصحیح فوری آزمون شب امتحان به سبک آموزش و پرورش
- جزوهٔ دوپینگ فوری شب امتحان + راهنمای کامل تشریحی‌نویسی ویژهٔ هر درس

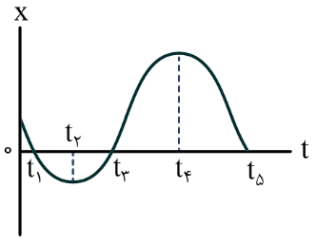
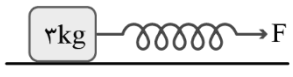
هدیه ویژه: بستهٔ کتاب‌های ۲۰ شو در اپلیکیشن دیجی‌ماز

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۳**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
دوره دوم متوسطه – دوازدهم	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	نام و نام خانوادگی:	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**

آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی — **گروه آموزشی ماز**

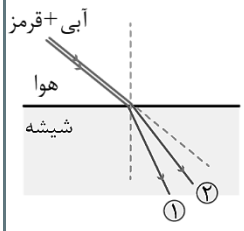
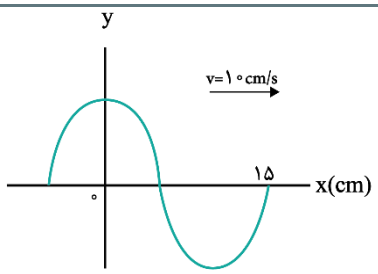
ردیف	سؤالات (پاسخبرگ دارد) ـ استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.	نمره
۱	درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمه‌های "درست" و "نادرست" در پاسخبرگ مشخص کنید. الف) در حرکت روی خط راست، همواره اندازهٔ بردار جابه‌جایی با مسافت طی شده برابر است. ب) سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان برابر شیب پاره‌خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودار سرعت ـ زمان را به یکدیگر وصل می‌کند. ج) بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. د) اگر تندی متحرکی که روی محور x در حرکت است، در حال افزایش باشد، الزاماً بردار شتاب متوسط آن مثبت است.	۱
۲	از روی نمودار مکان ـ زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه‌ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است؟	۰.۵
۳	شکل مقابل، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است. گزینهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخبرگ بنویسید. الف) شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_4 (مثبت ـ منفی) است. ب) جابه‌جایی متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا t_5 (مثبت ـ منفی) است. ج) در لحظهٔ (t_3 - t_2) جهت بردار مکان متحرک عوض می‌شود. 	۰.۷۵
۴	معادلهٔ حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به‌صورت $x = 2t^2 - 8t + 4$ است. الف) معادلهٔ سرعت ـ زمان جسم را بنویسید. ب) سرعت متوسط جسم در بازهٔ زمانی صفر تا ۵s، چند متر بر ثانیه است؟	۱.۷۵
۵	کلمهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و به پاسخبرگ منتقل کنید. الف) با یک نیروی خالص معین، هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد، شتاب آن (بیش‌تر ـ کم‌تر) است. ب) آزمایش نشان می‌دهد که اندازهٔ نیروی (اصطکاک ایستایی ـ اصطکاک جنبشی)، با اندازهٔ نیروی عمودی سطح متناسب است. ج) مساحت سطح زیر نمودار نیرو ـ زمان، برابر با (تکانهٔ ـ تغییر تکانهٔ) جسم است. د) شتاب گرانشی در سطح زمین با مجذور شعاع کرهٔ زمین رابطهٔ (مستقیم ـ عکس) دارد. هـ) حرکت دایره‌ای یکنواخت، حرکتی (با سرعت ثابت ـ شتابدار) است.	۱.۲۵
۶	الف) یک نیوتون را تعریف کنید. ب) در فیلمی علمی ـ تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می‌افتد. کدام‌یک از رویدادهای زیر رخ می‌دهد؟ ۱) حرکت کشتی فضایی کند می‌شود و می‌ایستد. ۲) کشتی فضایی با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.	۰.۷۵
۷	مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۳kg توسط فنری با ثابت $400\ \frac{N}{m}$، روی سطح افقی با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر تغییر طول فنر برابر ۱۰cm باشد، اندازهٔ نیرویی که از طرف سطح تماس به جسم وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(g = 10\ \frac{N}{kg})$ 	۱.۵

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

به نام خدا

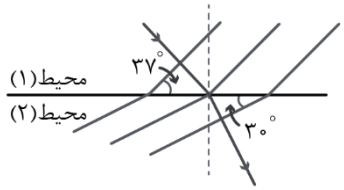
آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۳**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
دوره دوم متوسطه – دوازدهم	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	نام و نام خانوادگی:	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی		**گروه آموزشی ماز**	

ردیف	سؤالات (پاسخبرگ دارد) ـ استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.	نمره
۸	شخصی به جرم ۶۰kg، روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. اگر آسانسور در حالی که به سمت بالا حرکت می‌کند سرعت خود را با شتاب $۱/۲\frac{m}{s^۲}$ کاهش دهد، ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ $(g=۹/۸\frac{N}{kg})$	۰.۷۵
۹	جاهای خالی را با کلمات داده شده پر کنید. (یک کلمه اضافه است.) بیش‌تر ـ کاهش ـ کم‌تر ـ افزایش الف‌ـ اگر تاب را با بسامدهایی بیش‌تر از بسامد طبیعی آن هل دهیم، دامنهٔ نوسان ..... از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی‌اش هل می‌دهیم. ب‌ـ اگر چشمهٔ صوت به ناظر ساکن نزدیک شود، بسامد صوتی که ناظر دریافت می‌کند، ..... از بسامد چشمهٔ صوت است. ج‌ـ در آزمایش یانگ، با افزایش طول موج نور به کار رفته در آزمایش، پهنای هر نوار تاریک یا روشن ایجاد شده در نقش تداخلی ..... می‌یابد.	۰.۷۵
۱۰	آزمایشی طراحی کنید که بتوان به کمک یک آونگ ساده، شتاب گرانشی محل آزمایش را اندازه‌گیری کرد.	۰.۷۵
۱۱	شکل مقابل، باریکهٔ نوری متشکل از دو پرتو قرمز و آبی را نشان می‌دهد، که از هوا بر سطح تیغهٔ تختی از شیشه می‌تابد. الف‌ـ پرتو (۲)، قرمز است یا آبی؟ ب‌ـ ضریب شکست شیشه برای پرتو (۱) کم‌تر است یا پرتو (۲)؟ 	۰/۵
۱۲	جسمی به جرم ۵۰ گرم به فنری افقی با ثابت $۲\frac{N}{cm}$ متصل است. فنر را به اندازهٔ ۸cm کشیده و سپس رها می‌کنیم و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک، شروع به نوسان هماهنگ ساده می‌کند. الف‌ـ بسامد زاویه‌ای این نوسانگر چند رادیان بر ثانیه است؟ $(\pi^۲=۱۰)$ ب‌ـ معادلهٔ حرکت این نوسانگر را در SI بنویسید.	۱
۱۳	شکل مقابل، تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. الف‌ـ بسامد موج چند هرتز است؟ ب‌ـ مسافتی که موج در مدت ۵ ثانیه طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟ 	۱.۲۵
۱۴	تاری که بین دو تکیه‌گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان در می‌آید. شکل زیر جابه‌جایی تار در $t=۰$ را نشان می‌دهد. الف‌ـ جابه‌جایی تار را در $t=\frac{۱}{۲f}$ رسم کنید. ب‌ـ اگر فاصله بین تکیه‌گاه‌ها ۸۰cm و تندی موج عرضی در تار ۲۰۰m/s باشد، بسامد نوسان تار چند هرتز است؟	۱

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۳**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
دوره دوم متوسطه – دوازدهم	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	نام و نام خانوادگی:	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی		**گروه آموزشی ماز**	

ردیف	سؤالات (پاسخبرگ دارد) ـ استفاده از ماشین حساب ساده مجاز است.	نمره
۱۵	دانش‌آموزی بین دو صخرهٔ قائم ایستاده است و فاصلهٔ او از صخرهٔ نزدیک‌تر ۲۰۰m است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را ۱s و صدای پژواک دوم را ۱/۵s بعد از پژواک اول می‌شنود. فاصلهٔ بین دو صخره چند متر است؟	۰.۷۵
۱۶	جبههٔ موجی مطابق شکل مقابل، از محیط شفاف (۱) وارد محیط شفاف (۲) شده و در مرز جدایی دو محیط شکسته می‌شود. تندی موج در محیط (۱)، چند برابر تندی موج در محیط (۲) است؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$) 	۰.۷۵
۱۷	در جدول زیر برای هر گزاره از ستون (۱) گزینهٔ مناسب را از ستون (۲) انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. (در ستون (۲) یک مورد اضافه است.) ستون (۱): الف ـ مدل اتم هسته‌ای؛ ب ـ هستهٔ برانگیخته به حالت پایه می‌رسد؛ ج ـ یکی از کاربردهای این واپاشی، در آشکارسازهای دود است؛ د ـ نوترون درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل می‌شود. ستون (۲): ۱) واپاشی β؛ ۲) واپاشی α؛ ۳) مدل اتمی رادرفورد؛ ۴) مدل اتمی بور؛ ۵) واپاشی γ	۱
۱۸	اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود $300 \frac{W}{m^2}$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ (طول موج متوسط فوتون‌ها را ۶۰۰nm فرض کنید و $hc = 2\times10^{-25} J\cdot m$)	۱
۱۹	الکترونی در دومین حالت برانگیختهٔ اتم هیدروژن قرار دارد. انرژی بلندترین طول موجی که امکان گسیل آن وجود دارد، تقریباً چند الکترون‌ولت است؟ ($hc = 1240 eV.nm$, $R = 0/01 (nm)^{-1}$)	۱
۲۰	ایزوتوپ $^{61}_{25}X$ را به روش شیمیایی از کدام‌یک از ایزوتوپ‌های $^{59}_{25}X$ و $^{61}_{26}X$ می‌توان جدا کرد؟ توضیح دهید.	۱
۲۱	پس از گذشت ۱۵ روز ۸۷/۵ درصد (معادل $\frac{7}{8}$) تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، واپاشیده می‌شود. نیمه‌عمر این ماده چند روز است؟	۱
	موفق باشید.	۲۰

شبیه‌ساز امتحانات نهایی
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

شنبه
۱۴۰۴/۰۳/۰۳

تسلط بر کل کتاب

سال تحصیلی ۱۴۰۳–۱۴۰۴

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

گروه آزمایشی ریاضی فیزیک ــ پایهٔ دوازدهم

آزمون‌های شبیه‌ساز امتحانات نهایی ماز ــ شب امتحان

پاسخبرگ فیزیک

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

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.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفادهٔ غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکات مهم برای گرفتن نمرهٔ کامل!

۱ خوش‌خط و خوانا بنویسید:

دقت کنید که نوشته‌هایتان خوانا و مرتب باشند. این کار نه تنها به فهم بهتر مطالب توسط مصحّح کمک می‌کند، بلکه نظم و دقت شما را نیز نشان می‌دهد.

۲ استفاده از کلمات و جملات مشابه کتاب درسی:

تلاش کنید پاسخ‌هایتان را با عبارات و اصطلاحات موجود در کتاب درسی هماهنگ کنید. این کار باعث می‌شود مصحِّح ببیند که به متن درسی تسلط دارید و مستقیما از منابع درسی استفاده کرده‌اید.

۳ از نوشتن مطلب اضافی خودداری کنید:

به هیچ وجه از حاشیه‌پردازی و نوشتن مطالب اضافی که در سؤال مطرح نشده است، خودداری کنید. فقط به پاسخ مستقیم سؤال بپردازید و از اضافه کردن اطلاعات غیرضروری پرهیز کنید.

۴ نوشتن فرمول‌ها و مراحل کامل حل سؤال:

در مسائل محاسباتی، تنها جواب نهایی کافی نیست؛ شما باید مراحل کامل حل سؤال را به طور واضح و دقیق بنویسید. فرمول‌ها، مراحل محاسبه و دلایل انتخاب راه‌حل‌ها را حتماً ذکر کنید تا نشان دهید که روش حل مسئله را به خوبی متوجه شده‌اید.

۵ نوشتن یکاها و جواب نهایی:

در دروسی که نیاز به محاسبات دارند، فراموش نکنید که علاوه بر نوشتن جواب نهایی، یکاهای مربوط به هر کمیت را هم درج کنید. یکای صحیح می‌تواند نشان دهد که شما به جزئیات دقت کرده‌اید و درک صحیحی از مفهوم سؤال دارید.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۴**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	**دوره دوم متوسطه – دوازدهم**	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**

ردیف	پاسخبرگ	نمره
	پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش‌خط و مرتب وارد کنید.	
۱	الف) ..... ب) ..... ج) ..... د)	۱
۲	.....	۰.۵
۳	الف) ..... ب) ..... ج)	۰.۷۵
۴	الف) ب)	۱.۷۵
۵	الف) ..... ب) ..... ج) ..... د) ..... هـ)	۱.۲۵
۶	الف) ..... ب)	۰.۷۵
۷		۱.۵

شبیه‌ساز امتحانات نهایی
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۴**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	**دوره دوم متوسطه – دوازدهم**	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**

ردیف	پاسخبرگ	نمره
	پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش‌خط و مرتب وارد کنید.	
۸		۰.۷۵
۹	الف) ..... ب) ..... ج)	۰.۷۵
۱۰	....	۰.۷۵
۱۱	الف) ..... ب)	۰.۵
۱۲	الف) ب)	۱
۱۳	الف) ب)	۱.۲۵

شبیه‌ساز امتحانات نهایی
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۴**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	**دوره دوم متوسطه – دوازدهم**	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**

ردیف	پاسخبرگ	نمره
	پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش‌خط و مرتب وارد کنید.	
۱۴	الف) ب)	۱
۱۵		۰.۷۵
۱۶		۰.۷۵
۱۷	الف) ..... ب) ..... ج) ..... د)	۱
۱۸		۱
۱۹		۱

شبیه‌ساز امتحانات نهایی
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

به نام خدا

آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**	تعداد صفحه: **۴**	رشته: **ریاضی و فیزیک**	ساعت شروع:
نام و نام خانوادگی:	**دوره دوم متوسطه – دوازدهم**	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**

ردیف	پاسخبرگ	نمره
	پاسخ‌های خود را در محل‌های تعیین شده به صورت دقیق، خوش‌خط و مرتب وارد کنید.	
۲۰	....	۱
۲۱		۱
	موفق باشید.	۲۰

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

دفترچه پاسخ

تسلط بر کل کتاب

شنبه
۱۴۰۴/۰۳/۰۳

سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

ماز

گروه آزمایشی ریاضی فیزیک ــ پایهٔ دوازدهم
آزمون جامع شبیه‌ساز امتحانات نهایی ماز ــ شب امتحان

درس	مسئول درس	ویراستاری
فیزیک	زهره آقامحمدی	نرجس تیمناک ــ مروارید شاه‌حسینی

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

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.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفادهٔ غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

راهنمای پاسخنامه برای بچه‌های مازی!

مصحّح شو:

پاسخ دقیق سؤال این‌جا میاد و اسمش روشه: «مصحّح شو»، می‌خواد شما رو به یه مصحّح 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، این‌جا بهتون گفتیم.

بررسی دقیق‌تر:

اگه پاسخ کوتاه به سؤال کافی نباشه تا ببینین چطوری باید به جواب برسین، توی این بخش با بررسی دقیق‌ترِ 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، مشاورهٔ حرفه‌ای ماست به شما تا فوت و فن‌های امتحان نهایی رو یاد بگیرین.

۲۰ شو:

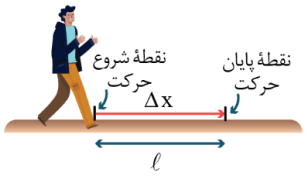
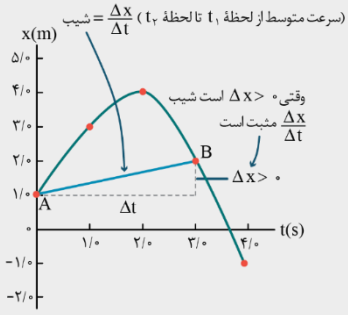
توی «۲۰ شو»، مبحث هر سؤال رو براتون مرور یا جمع‌بندی کردیم؛ «۲۰ شو» و درسنامه‌هاش دقیقاً فاصلهٔ بین نمرهٔ خوب و نمرهٔ ۲۰ رو براتون پر می‌کنه.

نکتهٔ طلایی:

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

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

راهنمای تصحیح آزمون شبیه‌ساز نهایی درس: **فیزیک ۳**		رشته: **ریاضی و فیزیک**
دوره دوم متوسطه ــ دوازدهم	تاریخ آزمون: **۱۴۰۴/۰۳/۰۳**	ساعت شروع:	مدت زمان: **۱۲۰ دقیقه**
آزمون شبیه‌ساز امتحان نهایی	**گروه آموزشی ماز**		

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱	مصحّح شو: الف) نادرست (۰/۲۵) (ص ۲) ب) نادرست (۰/۲۵) (ص ۷) ج) درست (۰/۲۵) (ص ۱۰) د) نادرست (۰/۲۵) (ص ۱۰ و ۱۱) **نقشهٔ نهایی:** سؤالات صحیح/ غلط جزء پرتکرارترین و شاید سخت‌ترین 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. بررسی دقیق‌تر: الف) در حرکت روی خط راست، اگر در یک بازهٔ زمانی، متحرک تغییر جهت ندهد، اندازهٔ بردار جابه‌جایی با مسافت طی شده برابر است: $\lvert\Delta x\rvert = \ell$  **ب) متن کتاب درسی:** سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان برابر با شیب پاره‌خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودار مکان - زمان را به یکدیگر وصل می‌کند.  **د) متن کتاب درسی:** اگر متحرک در یک راستا حرکت کند، رابطهٔ شتاب متوسط را می‌توان به‌صورت زیر بکار برد. ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهندهٔ جهت آن‌هاست، توجه کنیم: $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ (شتاب متوسط در حرکت بر خط راست) اکنون فرض کنید که متحرک در خلاف محور جهت x ها حرکت می‌کند و تندی آن در حال افزایش است. در این صورت v_1 و v_2 هر دو منفی هستند و اندازهٔ v_2 از اندازهٔ v_1 بزرگ‌تر است. در این صورت شتاب متوسط برابر است با: $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \xrightarrow[|v_2|>|v_1|]{v_2<v_1<0} a_{av} < 0$ یعنی بردار شتاب متوسط، خلاف جهت محور x هاست. توجه کنید که وقتی متحرکی روی خط راست حرکت می‌کند و تندی آن در حال افزایش است، بردار شتاب متوسط در جهت سرعت جسم است و بسته به جهت حرکت جسم، بردار شتاب در این حالت می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	۱
۲	مصحّح شو: از آن‌جا که شیب نمودار مکان - زمان برای هر بازهٔ زمانی دلخواه برابر سرعت متوسط متحرک است (۰/۲۵)، اگر نمودار مکان - زمان به‌صورت خط راست با شیب ثابت باشد (۰/۲۵)، سرعت لحظه‌ای همواره با سرعت متوسط برابر است.(پرسش (۱-۴) ص ۹)	۰.۵
۳	مصحّح شو: الف) مثبت (۰/۲۵) (ص ۱۱) ب) منفی (۰/۲۵) (ص ۷) ج) t_3 (۰/۲۵) (ص ۴)	۰.۷۵

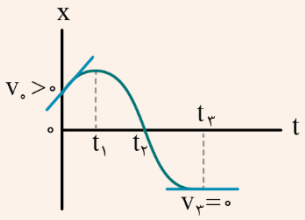
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

تعیین علامت شتاب متوسط در یک بازهٔ زمانی در نمودار مکان – زمان:

می‌دانیم که شیب خط مماس بر نمودار مکان – زمان در هر لحظه برابر با سرعت متحرک در آن لحظه است. برای تعیین علامت شتاب متوسط در یک بازهٔ زمانی، ابتدا خط مماس بر نمودار مکان – زمان را در ابتدا و انتهای بازهٔ موردنظر رسم می‌کنیم سپس با توجه به علامت سرعت (علامت شیب خط مماس) در ابتدا و انتهای بازه با استفاده از رابطهٔ شتاب متوسط، علامت شتاب متوسط را تعیین می‌کنیم.

مثلاً در شکل مقابل، شتاب متوسط در بازهٔ زمانی صفر تا $t_۳$، منفی است:

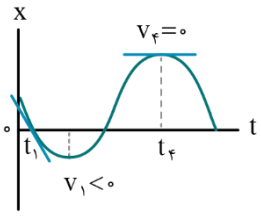


$$a_{av} = \frac{v_۳ - v_۰}{t_۳ - t_۰} = \frac{v_۳ - v_۰}{t_۳} \xrightarrow{v_۳ = ۰}$$

$$a_{av} = -\frac{v_۰}{t_۳} \xrightarrow{v_۰ > ۰} a_{av} < ۰$$

بررسی دقیق‌تر:

الف) با توجه به توضیحاتی که در ۲۰ شو داده شد، شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۴$ مثبت است:



$$a_{av} = \frac{v_۴ - v_۱}{\Delta t} \xrightarrow{v_۴ = ۰} a_{av} = \frac{۰ - v_۱}{\Delta t} \xrightarrow{v_۱ < ۰} a_{av} > ۰$$

ب)

$$\Delta x = x_۵ - x_۰ \xrightarrow{x_۵ = ۰} \Delta x = ۰ - x_۰ = -x_۰ \xrightarrow{x_۰ > ۰} \Delta x < ۰$$

یعنی جابه‌جایی در بازهٔ زمانی صفر تا $t_۵$ منفی است.

ج) در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۳$، بردار مکان متحرک منفی و در بازهٔ زمانی $t_۳$ تا $t_۵$ بردار مکان متحرک، مثبت است. پس در لحظهٔ $t_۳$ جهت بردار مکان متحرک عوض می‌شود.

توجه کنید در لحظه‌ای که متحرک از مبدأ مختصات عبور می‌کند ($x = ۰$)، جهت بردار مکان متحرک عوض می‌شود.

مصحّح شو:

الف)

$$\frac{۱}{۲}a = ۲ \Rightarrow a = ۴\frac{m}{s^۲} \quad (۰/۲۵)$$

$$v_۰ = -۸\frac{m}{s} \quad (۰/۲۵)$$

$$v = at + v_۰ \Rightarrow v = ۴t - ۸ \quad (۰/۲۵)$$

ب)

$$\Delta x = ۲(۵)^۲ - ۸(۵) \quad (۰/۲۵) \Rightarrow \Delta x = ۱۰m \quad (۰/۲۵)$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow v_{av} = \frac{۱۰}{۵} = ۲\frac{m}{s} \quad (۰/۲۵)$$

(ص ۱۵ تا ۲۱)

۱.۷۵ — ۴

راهنمای تصحیح:

اگر دانش‌آموز از هر روش صحیح دیگری سرعت متوسط را محاسبه کند، نمرهٔ کامل منظور گردد.

بررسی دقیق‌تر:

الف) با مقایسهٔ معادلهٔ مکان ـ زمان داده شده با معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت با شتاب ثابت داریم:

$$\begin{cases} x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t + x_۰ \\ x = ۲t^۲ - ۸t + ۴ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{۱}{۲}a = ۲ \Rightarrow a = ۴\frac{m}{s^۲} \\ v_۰ = -۸\frac{m}{s} \\ x_۰ = ۴m \end{cases}$$

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

توجه کنید که چون معادلهٔ مکان - زمان داده شده، معادلهٔ درجهٔ ۲ است، پس حرکت متحرک با شتاب ثابت است. سپس معادلهٔ سرعت - زمان حرکت با شتاب ثابت را می‌نویسیم و مقادیر a و v_0 را در آن جایگذاری می‌کنیم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 4t - 8$$

ب) برای محاسبهٔ سرعت متوسط در بازهٔ زمانی صفر تا ۵s، می‌توانیم به روش‌های زیر عمل کنیم:

روش اول: جابه‌جایی متحرک را در بازهٔ زمانی صفر تا ۵s محاسبه کنیم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x - x_0 = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$$

که در آن Δx، جابه‌جایی متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا t است:

$$\Delta x = 2t^2 - 8t \xrightarrow{t=5s} \Delta x = 2(5)^2 - 8(5) = 50 - 40 = 10m$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2\frac{m}{s}$$

روش دوم: ابتدا سرعت متحرک را در لحظهٔ ۵s محاسبه می‌کنیم:

$$v = 4t - 8 \xrightarrow{t=5s} v = 20 - 8 = 12\frac{m}{s}$$

می‌دانیم که در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی، برابر میانگین سرعت در ابتدا و انتهای آن بازهٔ زمانی است:

$$v_{av} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{12 + (-8)}{2} = 2\frac{m}{s}$$

روش سوم: از معادلهٔ سرعت - جابه‌جایی، جابه‌جایی متحرک را محاسبه کنیم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 12^2 - (-8)^2 = 2 \times 4\Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{80}{8} = 10m \Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2\frac{m}{s}$$

۵ — ۱.۲۵

مصحّح شو:

الف) کم‌تر (۰/۲۵) (ص ۳۲)

ب) اصطکاک جنبشی (۰/۲۵) (ص ۴۲)

ج) تغییر تکانهٔ (۰/۲۵) (ص ۴۸)

د) عکس (۰/۲۵) (ص ۵۶)

هـ) شتابدار (۰/۲۵) (ص ۵۱)

نقشهٔ نهایی:

سؤالات جاخالی، جزء دسته سؤالات رایج و مهم در امتحانات تشریحی هستند که هم می‌توانند بسیار ساده و هم بسیار مبهم باشند. راه‌حل 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 جاخالی 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.

بررسی دقیق‌تر:

الف) متن کتاب درسی:

با یک نیروی خالص معین، هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد، شتاب آن کم‌تر است. یعنی شتاب با جرم، نسبت وارون دارد.

این نکته با استفاده از قانون دوم نیوتون به راحتی قابل توضیح است:

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

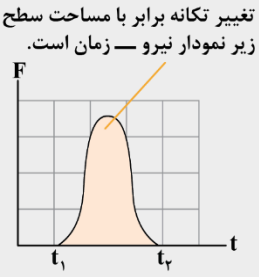
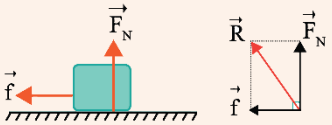
ب) متن کتاب درسی:

آزمایش نشان می‌دهد که اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) است.

$$f_k = \mu_k F_N$$

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

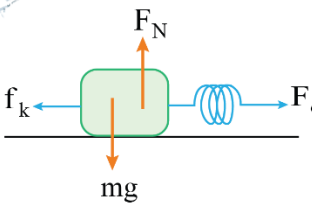
شبیه‌ساز امتحانات نهایی

	توجه کنید که نیروی اصطکاک ایستایی (f_s) فرمول ندارد و از قانون دوم نیوتون محاسبه می‌شود. ولی بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی مانند نیروی اصطکاک جنبشی با اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است. $f_{s,max} = \mu_s F_N$ **ج) متن کتاب درسی:** تغییر تکانهٔ یک جسم (یعنی $\Delta\vec{p} = \vec{F}_{av}\Delta t$) را می‌توان از سطح زیر نمودار نیرو - زمان به‌دست آورد.  **د) متن کتاب درسی:** شتاب گرانشی در سطح زمین از رابطهٔ $g = G\frac{M_e}{R_e^2}$ به‌دست می‌آید که با مجذور شعاع کرهٔ زمین (R_e^2) نسبت وارون دارد. **هـ) متن کتاب درسی:** در حرکت دایره‌ای یکنواخت، اندازهٔ سرعت ثابت است اما جهت آن دائما تغییر می‌کند. به همین دلیل حرکت دایره‌ای، حرکتی شتابدار است.	
۶	مصحّح شو: الف) یک نیوتون، برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد. (۰/۵) (ص ۳۳) ب) ۲ (۰/۲۵) (پرسش (۲-۲) ص ۳۱) بررسی دقیق‌تر: ب) چون کشتی فضایی در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، نیروی مقاومت هوا که بخواهد در خلاف جهت حرکت بر کشتی فضایی وارد شود، وجود ندارد. همچنین نیروی گرانشی وارد بر کشتی فضایی نیز صفر است، پس این کشتی فضایی با خاموش شدن موتورش، با همان سرعت لحظهٔ خاموش شدن، به حرکت خود ادامه می‌دهد چون نیرویی به آن وارد نمی‌شود.	۰.۷۵
۷	مصحّح شو: $f_k = F_e \quad (۰/۲۵) \Rightarrow f_k = kx \quad (۰/۲۵) \Rightarrow f_k = ۴۰۰\times ۰/۱ = ۴۰N \quad (۰/۲۵)$ $F_N = mg = ۳۰N \quad (۰/۲۵)$ $R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow R = \sqrt{۳۰^2 + ۴۰^2} = ۵۰N \quad (۰/۲۵)$ (ص ۴۰ تا ۴۲) **نیروی سطح:** از طرف سطح تماس، دو نیروی اصطکاک و نیروی عموی سطح بر جسم وارد می‌شوند که همواره برهم عمودند. در نتیجه نیرویی که از طرف سطح تماس به جسم وارد می‌شود، برایند این دو نیرو است و بزرگی آن از رابطهٔ فیثاغورس محاسبه می‌شود:  $R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$ که در آن f می‌تواند نیروی اصطکاک ایستایی (f_s)، بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی $(f_{s,max})$ یا نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) باشد. توجه کنید که نیرویی که از طرف جسم به سطح تماس وارد می‌شوند، هم‌اندازه با R ولی در جهت مخالف آن است. بررسی دقیق‌تر: ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. سپس قانون دوم نیوتون را در دو راستای افقی و عمودی می‌نویسیم.	۱.۵

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

توجه کنید که چون جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، نیروهای وارد بر جسم، متوازن هستند:



$$F_{net}=ma=0 \Rightarrow \begin{cases} F_N=mg=3\times10=30N \\ F_e-f_k=0 \Rightarrow F_e=f_k \end{cases}$$

اندازهٔ نیروی کشش فنر برابر $F_e=kx$ است:

$$F_e=kx \xrightarrow[x=10cm=0/1m]{k=400\frac{N}{m}} F_e=400\times0/1=40N \Rightarrow f_k=40N$$

در نتیجه اندازهٔ نیرویی که از طرف سطح تماس به جسم وارد می‌شود، برابر است با:

$$R=\sqrt{F_N^2+f_k^2}=\sqrt{30^2+40^2}=50N$$

مصحّح شو:

$$F_N=m(g-a) \quad (0/25) \Rightarrow F_N=60\times(9/8-1/2) \quad (0/25)$$
$$\Rightarrow F_N=516N \quad (0/25)$$

(مشابه مثال (۲-۶) ص ۳۸)

یادگیری بیشتر:

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 سه حالت بررسی می‌کنیم:

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

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

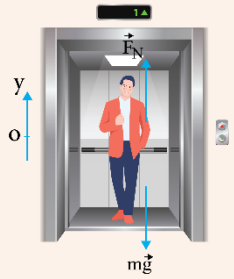
۲- اگر جهت شتاب آسانسور به سمت بالا باشد $(a>0)$:

$$F_N-mg=ma \Rightarrow F_N=m(g+a)$$

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.

۰.۷۵ — ۸

بررسی دقیق‌تر:

چون آسانسور در حالی که به سمت بالا حرکت می‌کند، حرکت خود را کند می‌کند، جهت شتاب آسانسور به سمت پایین است.

بنابراین داریم:

$$F_N-mg=ma \xrightarrow{a<0} F_N=m(g-|a|)$$
$$\xrightarrow[g=9/8\frac{N}{kg},\ |a|=1/2\frac{m}{s^2}]{m=60kg} F_N=60\times(9/8-1/2)=516N$$

مصحّح شو:

الف) کم‌تر (۰/۲۵) (ص ۶۸)　　ب) بیش‌تر (۰/۲۵) (ص ۸۲)　　ج) افزایش (۰/۲۵) (ص ۱۰۵)

نقشهٔ نهایی:

سؤالاتی مانند این سؤال، بیش‌تر مشابه سؤالات جاخالی گزینه‌ای هستند ولی برای یافتن پاسخ صحیح، شاید به فکر کردن و تحلیل بیش‌تری نیاز داشته باشند. بنابراین همان نکات ذکر شده برای پاسخ به سؤالات جاخالی را در این‌گونه سؤالات، رعایت کنید.

۰.۷۵ — ۹

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

بررسی دقیق‌تر:

الف) متن کتاب درسی:

وقتی شخصی تاب را هُل می‌دهد، او انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می‌کند و مانع میرا شدن نوسان تاب می‌شود. اگر دامنهٔ نوسان‌های تاب بزرگ‌تر و بزرگ‌تر شود حاکی از آن است که بسامد نوسان‌های واداشته با بسامد طبیعی تاب برابر شده است. در چنین وضعیتی $(f_d = f_.)$ اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر تشدید (رزونانس) رخ داده است. اگر تاب را با بسامدهایی بیش‌تر یا کم‌تر از بسامد طبیعی آن هُل دهیم، دامنهٔ نوسان کوچک‌تر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی‌اش هل می‌دهیم.

ب) متن کتاب درسی:

فرض کنید یک ماشین آتش‌نشانی به جلو حرکت می‌کند، در این صورت فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی ماشین کم‌تر از پشت آن، خواهد بود. بنابراین اگر ناظر ساکنی را روبه‌روی ماشین در نظر بگیریم، این ناظر طول موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود، اندازه می‌گیرد، که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. در حالی که ناظر ساکن عقب ماشین، طول موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می‌گیرد، که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.

ج) متن کتاب درسی:

در آزمایش یانگ، در نقش تداخلی ایجاد شده روی پرده، پهنای هر نوار تاریک یا روشن (که مساوی فرض می‌شوند)، متناسب با طول موج نور بکار رفته در آزمایش است. در نتیجه با افزایش طول موج نور، پهنای نوارهای روشن و تاریک افزایش می‌یابد.

---

۱۰ — ۰.۷۵

مصحّح شو:

ابتدا طول آونگ را اندازه می‌گیریم (۰/۲۵) سپس آونگ را از یک نقطه آویزان کرده و به نوسان درمی‌آوریم. مدت زمان چند نوسان کامل را اندازه می‌گیریم. از تقسیم زمان نوسان‌ها به تعداد نوسان‌های کامل، دورهٔ تناوب آونگ را به‌دست می‌آوریم. (۰/۲۵)

$$\text{دورهٔ تناوب} \leftarrow T = \frac{\text{زمان چند نوسان}\ t}{\text{تعداد نوسان‌ها}\ n}$$

با استفاده از رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ مقدار g(شتاب گرانشی محل آزمایش) را محاسبه می‌کنیم (۰/۲۵)(ص ۶۷)

نقشهٔ نهایی:

سؤالات طراحی آزمایش از سؤالات رایج در امتحانات تشریحی هستند. برای پاسخ دادن به این سؤالات، متن آزمایش‌های کتاب درسی و فعالیت‌هایی را که به صورت طراحی آزمایش هستند، با دقت بررسی و مطالعه کنید.

---

۱۱ — ۰.۵

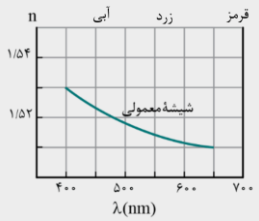
مصحّح شو:

الف) قرمز (۰/۲۵) ب) پرتو (۲) (۰/۲۵) (ص ۸۷)

بررسی دقیق‌تر:

متن کتاب درسی:

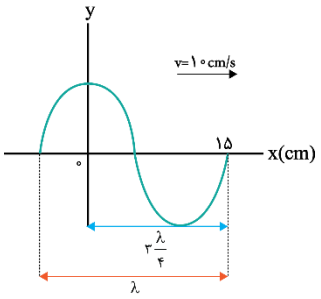
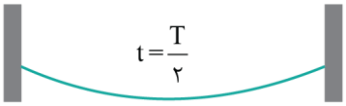
عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیش‌تر است. نمودار زیر، وابستگی ضریب شکست به طول موج نور را برای شیشهٔ معمولی نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، اگر مثلاً دو باریکهٔ نور قرمز و آبی با زاویهٔ تابش یکسانی از هوا وارد شیشه شوند، باریکهٔ آبی بیش‌تر از باریکهٔ قرمز خم می‌شود.



با توجه به توضیحات داده شده، پرتو (۱) آبی و پرتو (۲) قرمز است و ضریب شکست شیشه برای پرتو (۲) یعنی پرتو قرمز کم‌تر است.

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

۱۲	مصحّح شو: الف) $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \omega=\sqrt{\frac{۲۰۰}{۰/۰۵}}$ $\Rightarrow \omega=۲۰\pi\frac{rad}{s}$ (۰/۲۵) ب) $x=A\cos(\omega t)$ (۰/۲۵) $\Rightarrow x=۰/۰۸\cos(۲۰\pi t)$ (۰/۲۵) (ص ۶۳ تا ۶۵) بررسی دقیق‌تر: الف) با توجه به رابطهٔ بسامد زاویه‌ای نوسانگر جرم و فنر، داریم: $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow[m=۵\cdot g=۰/۰۵kg]{k=۲\frac{N}{cm}=۲۰۰\frac{N}{m}} \omega=\sqrt{\frac{۲۰۰}{۰/۰۵}}=\sqrt{۴۰۰۰} \xrightarrow{\pi^۲=۱۰} \omega=\sqrt{۴۰۰\pi^۲}=۲۰\pi\frac{rad}{s}$ ب) چون فنر را به اندازهٔ ۸cm از نقطهٔ تعادل کشیده و سپس رها می‌کنیم، دامنهٔ نوسان برابر ۸cm است. همچنین در نوشتن معادلهٔ حرکت نوسانگر در SI، توجه کنید که دامنه باید برحسب متر قرار داده شود: $x=A\cos\omega t \xrightarrow[\omega=۲۰\pi\frac{rad}{s}]{A=۸cm=۰/۰۸m} x=۰/۰۸\cos(۲۰\pi t)$	۱
۱۳	مصحّح شو: الف) $\lambda=۲۰cm$ (۰/۲۵) $f=\frac{v}{\lambda}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow f=\frac{۱۰}{۲۰}=۰/۵Hz$ (۰/۲۵) ب) $\Delta x=v\Delta t$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \Delta x=۱۰\times۵=۵۰cm$ (۰/۲۵) (مشابه تمرین ۱۳ ص ۸۶) بررسی دقیق‌تر: الف) ابتدا با توجه به اعداد داده شده روی محور، طول موجِ موج را محاسبه می‌کنیم:  $\frac{۳\lambda}{۴}=۱۵ \Rightarrow \lambda=۲۰cm$ سپس با استفاده از رابطهٔ تندی موج، بسامد موج را محاسبه می‌کنیم: $v=\lambda f \Rightarrow f=\frac{v}{\lambda} \xrightarrow[\lambda=۲۰cm]{v=۱۰\frac{cm}{s}} f=\frac{۱۰}{۲۰}=۰/۵Hz$ ب) چون تندی موج ثابت است، با استفاده از رابطهٔ تندی، داریم: $v=\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x=v\Delta t=۱۰\times۵=۵۰cm$	۱/۲۵
۱۴	مصحّح شو: الف)  (۰/۲۵)	۱

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

ب)

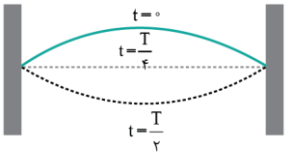
$$\frac{\lambda}{۲}=۸۰cm\rightarrow\lambda=۱/۶m(۰/۲۵)$$

$$f=\frac{v}{\lambda}(۰/۲۵)\rightarrow f=\frac{۲۰۰}{۱/۶}=۱۲۵HZ(۰/۲۵)$$

(مشابه تمرین ۲۲ س ۱۱۳)

بررسی دقیق‌تر:

الف) چون دورهٔ تناوب برابر با عکس بسامد است $(T=\frac{۱}{f})$، بنابراین $t=\frac{۱}{۲f}$ معادل با $\frac{T}{۲}$ است. به عبارتی در زمان $t=\frac{۱}{۲f}$، نصف دوره گذشته است:



ب) با توجه به اینکه فاصلهٔ بین دو گره متوالی برابر $\frac{\lambda}{۲}$ است، پس داریم:

$$L=\frac{\lambda}{۲}=۸۰cm\rightarrow\lambda=۱۶۰cm=۱/۶m$$

پس با استفاده از رابطهٔ $v=\lambda f$، بسامد نوسان تار را محاسبه می‌کنیم.

---

۱۵ — ۰.۷۵

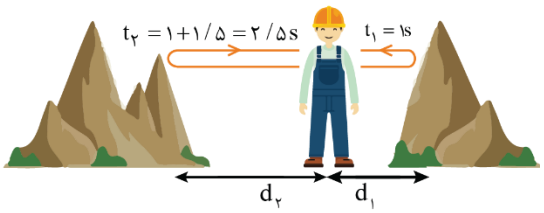
مصحّح شو:

$$v=\frac{d}{\Delta t}\Rightarrow\frac{۲d_۱}{\Delta t_۱}=\frac{۲d_۲}{\Delta t_۲}(۰/۲۵)\Rightarrow\frac{۲۰۰}{۱}=\frac{d_۲}{۲/۵}\Rightarrow d_۲=۵۰۰m\quad(۰/۲۵)$$

$$d=d_۱+d_۲=۷۰۰m\quad(۰/۲۵)\qquad\text{(مشابه تمرین ۱ ص ۱۱۱)}$$

بررسی دقیق‌تر:

وقتی دانش‌آموز فریاد می‌زند، دو صدا می‌شنود. یکی پژواک صدا از صخرهٔ نزدیک‌تر و دیگری پژواک صدا از صخرهٔ دورتر. مسافتی که صوت در پژواک از صخرهٔ نزدیک‌تر طی می‌کند، برابر $۲d_۱$ و مسافتی که صوت در پژواک از صخرهٔ دورتر طی می‌کند، برابر $۲d_۲$ است. بنابراین با توجه به اینکه تندی صوت در هوا ثابت است، داریم:



$$\begin{cases}v_{صوت}=\frac{\ell_۱}{\Delta t_۱}=\frac{۲d_۱}{\Delta t_۱}\\ v_{صوت}=\frac{\ell_۲}{\Delta t_۲}=\frac{۲d_۲}{\Delta t_۲}\end{cases}\Rightarrow\frac{۲d_۱}{\Delta t_۱}=\frac{۲d_۲}{\Delta t_۲}\Rightarrow\frac{d_۱}{\Delta t_۱}=\frac{d_۲}{\Delta t_۲}$$

$$\xrightarrow[\Delta t_۲=۱+۱/۵=۲/۵s]{d_۱=۲۰۰m\ ,\ \Delta t_۱=۱s}\frac{۲۰۰}{۱}=\frac{d_۲}{۲/۵}\Rightarrow d_۲=۵۰۰m$$

فاصلهٔ بین دو صخره برابر مجموع $d_۱$ و $d_۲$ است. بنابراین داریم:

(فاصلهٔ دو صخره) $d=d_۱+d_۲=۲۰۰+۵۰۰=۷۰۰m$

---

۱۶ — ۰.۷۵

مصحّح شو:

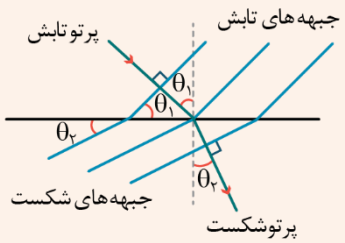
$$\frac{\sin\theta_۱}{\sin\theta_۲}=\frac{v_۱}{v_۲}(۰/۲۵)\Rightarrow\frac{\sin۳۷^\circ}{\sin۳۰^\circ}=\frac{v_۱}{v_۲}(۰/۲۵)\Rightarrow\frac{v_۱}{v_۲}=\frac{۶}{۵}=۱/۲\quad(۰/۲۵)$$

(ص ۹۶)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شبیه‌ساز امتحانات نهایی

یادگیری بیشتر:



زاویهٔ بین جبهه‌های موج تابیده شده با مرز جدایی دو محیط، برابر با زاویهٔ بین پرتو تابش و خط عمود بر مرز جدایی دو محیط (زاویهٔ تابش) است. همچنین زاویهٔ بین جبهه‌های موج شکست یافته و مرز جدایی دو محیط، برابر با زاویهٔ بین پرتو شکست و خط عمود بر مرز جدایی دو محیط (زاویهٔ شکست) است:

بررسی دقیق‌تر:

با توجه به شکل و توضیحات داده شده در ۲۰ شو، زاویهٔ تابش (θ_1) و زاویهٔ شکست (θ_2)، برابرند با:

$$\theta_1 = ۳۷^\circ \ , \ \theta_2 = ۳۰^\circ$$

با استفاده از قانون شکست عمومی، می‌توان نوشت:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin ۳۷^\circ}{\sin ۳۰^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{۰/۶}{۰/۵} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{۶}{۵} = ۱/۲$$

---

۱۷ — ۱

مصحّح شو:

الف) مدل اتمی رادرفورد (۰/۲۵) (ص ۱۲۶)

ب) واپاشی γ (۰/۲۵) (ص ۱۴۵)

ج) واپاشی α (۰/۲۵) (ص ۱۴۳)

د) واپاشی β (۰/۲۵) (ص ۱۴۴)

بررسی دقیق‌تر:

الف) متن کتاب درسی:

بنابر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($\simeq ۱۰^{-۱۵}\,m$ شعاع) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. در حالت طبیعی، اتم از نظر الکتریکی خنثی است، زیرا بار مثبت هسته، درست مساوی مجموع بار منفی الکترون‌هایی است که هسته را در بر گرفته‌اند. مدل اتمی رادرفورد را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.

ب) متن کتاب درسی:

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، A و Z تغییر نمی‌کنند، بلکه هستهٔ برانگیخته که با علامت $(*)$ مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد.

د) متن کتاب درسی:

واپاشی β، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌هاست و ذرات گسیل شده در این واپاشی را ذرات β می‌نامند. این ذرات الکترون‌اند و به همین دلیل، این واپاشی را β^- نامیدند. الکترون گسیل شده در این واپاشی، در هستهٔ مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست، این الکترون وقتی به وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود. فرایند واپاشی β^- را با رابطهٔ زیر بیان می‌کنند:

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+۱}Y + {}^{۰}_{-۱}e^{-}$$

---

۱۸ — ۱

مصحّح شو:

$$I = \frac{E}{At} \ (۰/۲۵) \Rightarrow I = \frac{nhc}{\lambda At} \ (۰/۲۵)$$

$$\Rightarrow n = \frac{۳۰۰\times۶۰۰\times۱۰^{-۹}\times۱\times۱}{۲\times۱۰^{-۲۵}} \ (۰/۲۵) \Rightarrow n = ۹\times۱۰^{۲۰} \ (۰/۲۵)$$

(مشابه تمرین ۴ ص ۱۳۴)

بررسی دقیق‌تر:

شدت تابشی (I) برابر است با:

$$I = \frac{P_{av}}{A} \xrightarrow{P_{av}=\frac{E}{t}} I = \frac{E}{At}$$

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

که در آن E انرژی فوتون‌های تابش شده است، بنابراین:

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

در نتیجه شدت تابشی برابر است با:

$$I = \frac{nhc}{\lambda At} \Rightarrow n = \frac{I\lambda At}{hc} \xrightarrow[A=1m^2\ ,\ t=1s\ ,\ hc=2\times10^{-25}J\cdot m]{I=300\frac{W}{m^2}\ ,\ \lambda=600nm=600\times10^{-9}m}$$

$$n = \frac{300\times600\times10^{-9}\times1\times1}{2\times10^{-25}} = \frac{180\times10^{-5}}{2\times10^{-25}} = 9\times10^{20}$$

توجه کنید که در این رابطه واحدها باید برحسب واحدهای SI قرار داده شوند.

---

۱۹ — ۱

مصحّح شو:

$$E = \frac{hc}{\lambda}\ (0/25) \Rightarrow E = hcR(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})\ (0/25)$$

$$\Rightarrow E = 1240\times0/01(\frac{1}{4} - \frac{1}{9})\ (0/25) \Rightarrow E \simeq 1/7eV\ (0/25)$$

(ص ۱۲۳ و ۱۲۷)

راهنمای مصحّح:

اگر دانش‌آموز ابتدا طول موج را محاسبه کرده و سپس انرژی فوتون را محاسبه کند، نمرهٔ کامل منظور گردد.

بررسی دقیق‌تر:

در دومین حالت برانگیخته، تراز الکترون برابر $n = 3$ است. بلندترین طول موج گسیلی وقتی رخ می‌دهد که الکترون از این تراز به تراز $n' = 2$، گذار کند.

بنابراین طبق رابطهٔ ریدبرگ، داریم:

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

از طرفی انرژی هر فوتون برابر $E = hf$ است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$E = hf \xrightarrow{f=\frac{c}{\lambda}} E = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow{\text{از رابطه ریدبرگ}} E = hcR(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$$

$$\xrightarrow[n'=2\ ,\ n=3]{hc=1240eV.nm\ ,\ R=0/01(nm)^{-1}} E = 1240\times0/01(\frac{1}{4} - \frac{1}{9})$$

$$E = 12/4(\frac{5}{36}) \simeq 1/7eV$$

---

۲۰ — ۱

مصحّح شو:

از ایزوتوپ ${}^{61}_{26}X$ (۰/۲۵)

${}^{61}_{25}X$ و ${}^{59}_{25}X$ ایزوتوپ‌های یک عنصر هستند، چون عدد اتمی برابر دارند. (۰/۲۵)

در حالی که ${}^{61}_{25}X$ و ${}^{61}_{26}X$ ایزوتوپ‌های یک عنصر نیستند (۰/۲۵) و به روش شیمیایی می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد. (۰/۲۵)

(تمرین ۴ ص ۱۵۵)

بررسی دقیق‌تر:

متن کتاب درسی:

ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن تعیین می‌کنند. خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمی Z) تعیین می‌کند. به همین سبب هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون‌های متفاوت دارند، خواص شیمیایی یکسانی دارند و در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم‌مکان هستند و بنابراین ایزوتوپ (هم‌مکان) نامیده می‌شوند.

شبیه‌ساز امتحانات نهایی
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

	$^{61}_{25}X$ و $^{59}_{25}X$ هر دو عدد اتمی برابر $(Z=25)$ را دارند (ایزوتوپ‌های منگنز هستند)، پس خواص شیمیایی یکسانی دارند و به روش شیمیایی قابل جداسازی نیستند. ولی $^{61}_{26}X$ (که از ایزوتوپ‌های آهن است) عدد اتمی $Z=26$ را دارد و به روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{61}_{25}X$ قابل جدا کردن است.	
۲۱	مصحّح شو: $N=\frac{N_0}{2^n}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \frac{1}{8}N_0=\frac{N_0}{2^n}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow n=3$ (۰/۲۵) $\Rightarrow T_{\frac{1}{2}}=\frac{15}{3}=5$ روز (۰/۲۵) (ص ۱۴۶ و ۱۴۷) بررسی دقیق‌تر: اگر تعداد هسته‌های مادر اولیه در یک نمونهٔ پرتوزا N_0 باشد، پس از گذشت زمان t، تعداد هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید: $N=\frac{N_0}{2^n}$ ، $n=\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ چون $\frac{7}{8}$ تعداد هسته‌های پرتوزا واپاشیده شده است، تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده برابر است با: $N=N_0-\frac{7}{8}N_0=\frac{1}{8}N_0$ $\Rightarrow \frac{1}{8}N_0=\frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 2^n=8 \Rightarrow n=3$ $n=\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \xrightarrow{t=15\text{ روز}} T_{\frac{1}{2}}=\frac{15}{3}=5$ روز	۱
	موفق باشید.	۲۰

دوپینگ فوری شب امتحان

خلاصه کامل و جامع

برای مرور سریع

پایه دوازدهم (ریاضی فیزیک)

فیزیک

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

فصل اول

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 رابطهٔ جابه‌جایی را به صورت زیر نوشت: $\Delta x = x_2 - x_1$

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

نکات:

۱ـ مسافت، کمیتی نرده‌ای است، در حالی که جابه‌جایی کمیتی برداری است.

۲ـ مسافت طی شده همواره بزرگ‌تر یا مساوی بزرگی جابه‌جایی است. در حالتی که متحرک روی مسیر مستقیم حرکت کند و همچنین تغییر ج هت 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:

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

نکات:

۱ـ بردار سرعت متوسط، همواره با بردار جابه‌جایی هم‌جهت است.

۲ـ تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

۶) تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای:

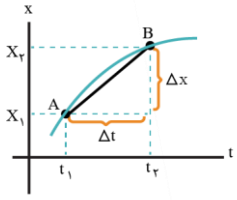
تندی متحرک در هر لحظه از زمان را تندی لحظه‌ای می‌نامند. اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای $(\vec{v})$ آن را که کمیتی برداری است بیان کرده‌ایم.

نکات:

۱ـ تندی لحظه‌ای، همان بزرگی سرعت لحظه‌ای است.

۲ـ عقربهٔ 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 لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.

نکات:

۱ـ در لحظهٔ تغییر جهت حرکت (نقاط بیشینه و کمینهٔ نمودار مکان - زمان)، سرعت متحرک برابر صفر است. همچنین علامت سرعت (علامت شیب خط مماس بر نمودار) در این لحظه عوض می‌شود.

۲ـ تندی متحرک در هر لحظه، همان اندازهٔ سرعت لحظه‌ای (اندازهٔ 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 اندازهٔ بردار سرعت (تندی) متحرک

۲- تغییر جهت بردار سرعت متحرک

۳- تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکته:

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

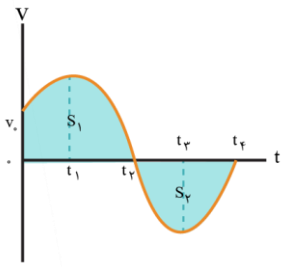
$$a_{av}=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهندهٔ جهت آن‌هاست توجه کنیم.

شتاب متوسط $(\vec{a}_{av})$، کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار تغییر سرعت $(\Delta\vec{v})$ است.

نمودار سرعت - زمان:

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



جابه‌جایی در بازهٔ زمانی صفر تا t_4: $\Delta x_{کل}=\Delta x_1+\Delta x_2=S_1-S_2$

چون مسافت طی شده برابر با حاصل‌جمع قدرمطلق جابه‌جایی‌هاست، مسافت طی شده در بازهٔ 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.

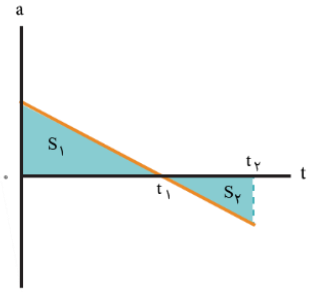
شتاب در هر لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است.

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 به‌دست می‌آید.

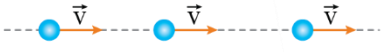
مساحت محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور t در یک بازهٔ زمانی، برابر تغییرات سرعت در آن بازهٔ زمانی (Δv) است.

در بازهٔ زمانی صفر تا t_2: $\Delta v=S_1-S_2$



حرکت با سرعت ثابت:

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



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

$$\xrightarrow{t_0=0} x=vt+x_0 \quad \text{(معادلهٔ مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت)}$$

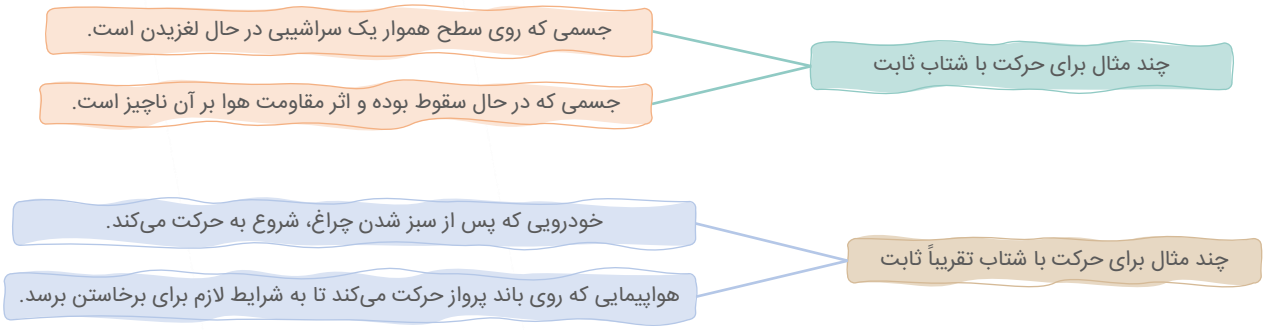
نکته

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

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

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.



۱- معادلهٔ سرعت - زمان:

$$v = at + v_0$$

۲- معادلهٔ مستقل از شتاب:

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

به معادلهٔ فوق، معادلهٔ 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- معادلهٔ مکان - زمان:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$$

نکات:

۱- توجه کنید که رابطهٔ $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$ را برای محاسبهٔ جابه‌جایی از لحظهٔ صفر تا t و رابطهٔ $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ را برای محاسبهٔ مکان جسم در لحظهٔ t به کار می‌بریم.

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

۴- معادلهٔ سرعت - جابه‌جایی (معادلهٔ مستقل از زمان):

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

سقوط آزاد

جسمی که تحت تأثیر جاذبهٔ 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 به صورت زیر است:

$$v = -gt$$

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

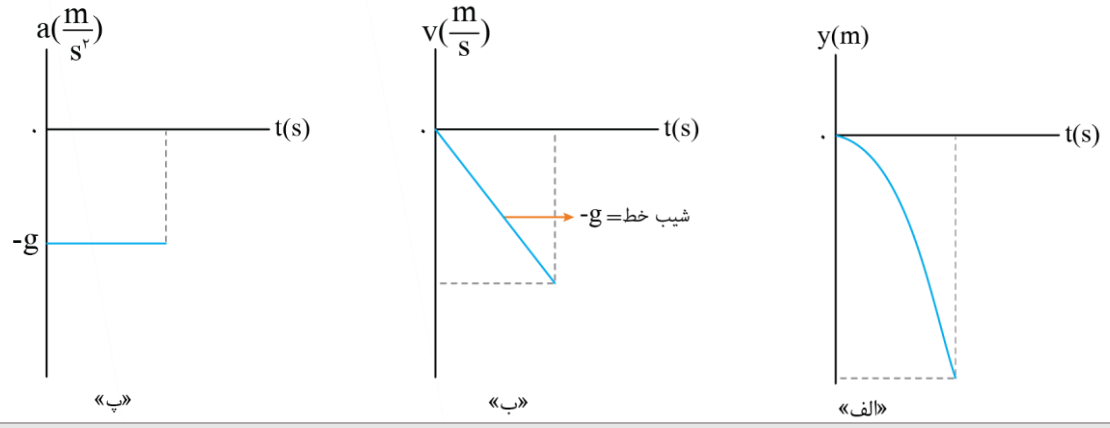
$$v^2 = -2g(y - y_0)$$

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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نمودارهای سقوط آزاد:



فصل دوم

قوانین نیوتون

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

نکات:

۱ـ کمیت نیرو که معمولاً با نماد $\vec{F}$ نمایش داده می‌شود را به کمک نیروسنج اندازه می‌گیریم. یکای نیرو در SI، نیوتون (N) است.

۲ـ اثر نیرو بر یک جسم به شکل‌های مختلف مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازهٔ 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 نیروهایی است که بر آن جسم وارد می‌شوند.

نکته:

اگر به جسمی به طور همزمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، به عبارت دیگر برایند 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.

لَختی (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، لَختی 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.

رابطهٔ قانون دوم نیوتون به صورت زیر است:

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

نکته

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

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

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.

نکات:

۱ـ نیروهای کنش و واکنش هم‌نوع‌اند؛ مثلاً هر دو الکتریکی‌اند، یا هر دو مغناطیسی‌اند و یا هر دو گرانشی‌اند.

۲ـ 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 برایندگیری نیستند.

۳ـ 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 فرورفتن میخ در چوب می‌شود و در واکنش، نیروی وارد از میخ به چکش، حرکت چکش را کُند کرده و آن را متوقف می‌کند.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

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

نیروی وزن

به طور 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 رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

نکات

۱ـ جهت نیروی وزن و در نتیجه جهت شتاب گرانشی همواره به طرف مرکز سیاره (مرکز زمین) است.

۲ـ 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.

۳ـ 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.

نکات:

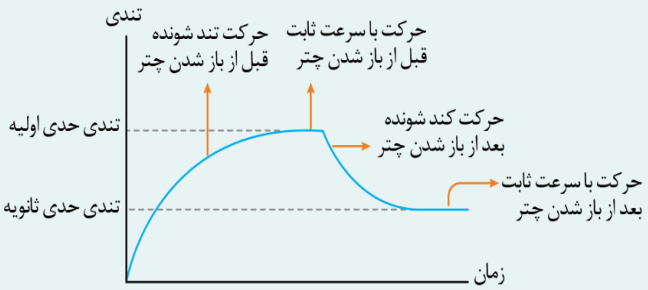
۱ـ اگر جسم در هوا حرکت کند، به نیروی مقاومت شاره، نیروی مقاومت هوا گفته می‌شود.

۲ـ 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.

سقوط چترباز در حضور نیروی مقاومت هوا

نکات

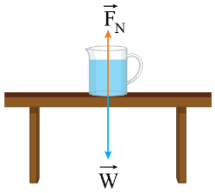
۱ـ قبل از باز شدن چتر، ابتدا حرکت تندشونده بوده و سپس با سرعت ثابت (سرعت حدی اولیه) ادامه می‌یابد و پس از باز شدن چتر، حرکت کندشونده شده و با سرعت ثابت (سرعت حدی ثانویه) ادامه می‌یابد و نمودار سرعت - زمان چترباز به صورت زیر است:



۲ـ 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 $(a > 0)$:

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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

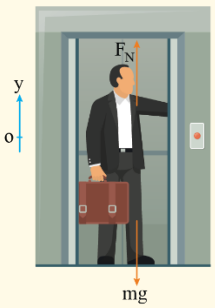
این در حالتی است که آسانسور تندشونده به سمت بالا یا کندشونده به سمت پایین حرکت کند. در هر دوی این موارد جهت شتاب آسانسور به سمت بالا است.

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:

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

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

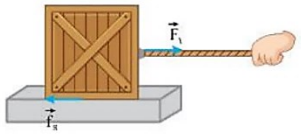
معرفی نیروهای خاص(اصطکاک - کشش فنر - کشش طناب)

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 به‌دست آوریم:

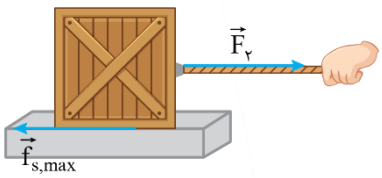
۱) وقتی جسمی روی یک سطح افقی ساکن است و نیرویی در راستای افقی بر آن اثر نمی‌کند، نیروی اصطکاک ایستایی برابر صفر است.

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.



$$F_{net_x} = 0 \Rightarrow f_s = F_1$$

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



$$F_{net_x} = 0 \Rightarrow f_{s,max} = F_2$$

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه $(f_{s,max})$ با اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

نکات:

۱ـ ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s) به جنس سطح تماس دو جسم و میزان زبری و نرمی و ... آن‌ها بستگی دارد.

۲ـ 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 اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$f_k = \mu_k F_N$$

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکات

۱ـ 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.

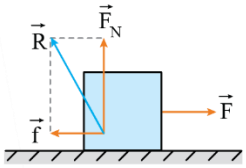
۲ـ ضریب اصطکاک جنبشی و نیروی اصطکاک جنبشی تقریباً از مساحت سطح تماس بین دو جسم مستقل هستند؛ یعنی وابستگی محسوسی به مساحت سطح تماس ندارند.

۳ـ 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، برایند دو نیروی عمود بر هم اصطکاک و عمودی سطح را محاسبه می‌کنیم.



$$\vec{R} = \vec{F}_N + \vec{f} \xrightarrow{\vec{f} \perp \vec{F}_N} R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$$

نیروی کشسانی فنر

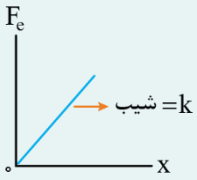
اندازهٔ نیروی کشسانی فنر با مقدار تغییر طول آن رابطهٔ مستقیم دارد. این رابطه که به قانون هوک معروف است به صورت زیر است:

$$F_e = kx$$

نکات:

۱ـ ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

۲ـ نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول آن به شکل زیر است. شیب نمودار برابر ثابت فنر (k) است.

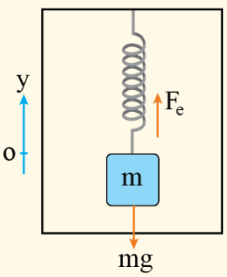


هر چه شیب نمودار بیشتر باشد، ثابت فنر بیشتر و فنر سفت‌تر است.

۳ـ اگر ℓ_0 طول اولیهٔ فنر، ℓ طول ثانویهٔ فنر و x اندازهٔ تغییر طول فنر باشد، آن‌گاه $x = |\ell - \ell_0|$ می‌شود.

مسألهٔ آسانسور

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



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

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 رابطهٔ (*) 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.

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

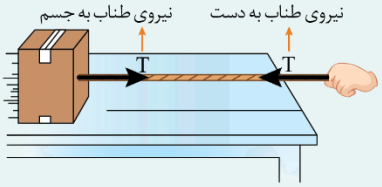
x_1 تغییر طول فنر به دلیل وزن جسم $(kx_1 = mg)$ و x_2 تغییر طول فنر به دلیل حرکت شتابدار آسانسور $(kx_2 = ma)$ است.

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.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکته



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

تکانه و قانون دوم نیوتون

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

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

نکات

۱ـ تکانه کمیتی برداری است. زیرا جرم، یک کمیت نرده‌ای و سرعت، یک کمیت برداری است و تکانه که برابر با حاصل‌ضرب آن‌ها است نیز برداری می‌شود.

۲ـ بردار تکانه در همان جهت بردار سرعت است ($\vec{p}$ و $\vec{v}$ هم‌جهت‌اند.)

۳ـ بزرگی تکانه برابر با حاصل‌ضرب جرم جسم (m) در تندی آن (v) است.

$$p = mv$$

۴ـ برای جسمی با جرم ثابت m، اگر سرعت جسم تغییر کند، تغییر تکانهٔ آن از رابطهٔ $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$ به‌دست می‌آید.

۵ـ بردار تغییر تکانه با بردار تغییر سرعت و نیز با بردار شتاب متوسط هم‌جهت است.

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

انرژی جنبشی یک جسم بر حسب تکانهٔ 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 برحسب تکانه

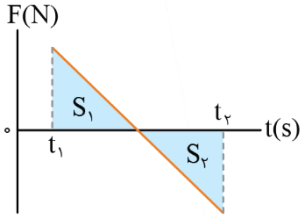
$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

نکته

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 تکانهٔ 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 دورهٔ 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.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

شتاب مرکزگرا و قانون دوم نیوتون:

(اندازهٔ شتاب مرکزگرا) $a_c = \frac{v^2}{r}$

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

نیروی گرانشی

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

G: ثابت گرانش عمومی $(\frac{N.m^2}{kg^2})$ که مقدار آن برابر با $6/67\times10^{-11}$ است.

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

نکات:

۱ـ نیروی گرانشی بین دو ذره از نوع جاذبه است و در امتداد خط واصل دو ذره وارد می‌شود.

۲ـ 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.

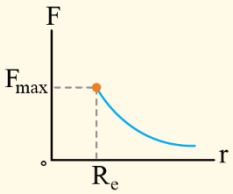
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

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:

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

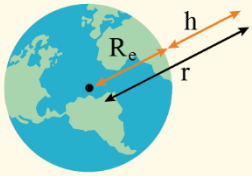
که در آن r فاصلهٔ ماهواره تا مرکز کرهٔ زمین است. بیشترین نیروی گرانشی بر ماهواره در سطح زمین به آن وارد می‌شود. هرچه فاصلهٔ ماهواره بیشتر شود، نیروی گرانشی با وارون مربع فاصله کاهش می‌یابد و نمودار آن به شکل زیر خواهد بود:



و در نتیجه برای مقایسهٔ نیروی گرانشی در دو فاصلهٔ r_1 و r_2 از مرکز زمین داریم:

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

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:



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

که در آن g_h شتاب گرانشی در ارتفاع h از سطح زمین و $g_\circ$ شتاب گرانشی در سطح زمین است.

نکته

مربع دورهٔ گردش ماهواره‌ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصلهٔ ماهواره از مرکز زمین است.

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

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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

فصل سوم

حرکت دوره‌ای و نوسان هماهنگ ساده

نوسان دوره‌ای

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

دورهٔ تناوب

مدت زمان یک چرخه، دورهٔ 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.

نکات

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

$$f = \frac{۱}{T}$$

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

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

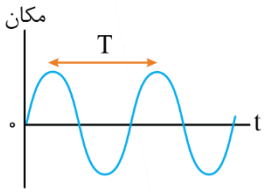
۳ـ کمیت دیگری که در حرکت نوسانی کاربرد زیادی دارد، بسامد زاویه‌ای است. این کمیت با بسامد رابطهٔ مستقیم و با دوره رابطهٔ عکس دارد و به صورت مقابل تعریف می‌شود:

$$\omega = ۲\pi f = \frac{۲\pi}{T}$$

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

حرکت هماهنگ ساده

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



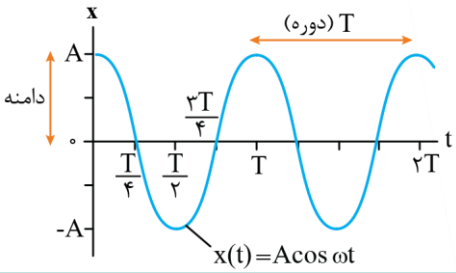
نکته

حرکت جسم متصل به فنر روی سطح بدون اصطکاک (سامانهٔ جرم - فنر) و حرکت کم‌دامنهٔ گلولهٔ آونگ در شرایط خلأ (آونگ ساده) مشهورترین نمونه‌های حرکت هماهنگ ساده هستند.

معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده

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

نمودار حرکت هماهنگ ساده به صورت شکل زیر است:



نکات:

۱ـ بیشینهٔ فاصلهٔ جسم از نقطهٔ تعادل، دامنهٔ نوسان نام دارد.

۲ـ دامنه، فاصلهٔ بین دو انتهای مسیر نیست. در واقع دامنه برابر نصف طول پاره‌خط نوسان (فاصلهٔ $+A$ تا $-A$) است.

۳ـ 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.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴ـ به نقطهٔ $x = ۰$، نقطهٔ تعادل می‌گویند، زیرا در این نقطه تغییر طول فنر صفر است و نیرویی به جسم وارد نمی‌شود. در نقطهٔ تعادل $(x = ۰)$ اندازهٔ سرعت نوسانگر بیشینه است.

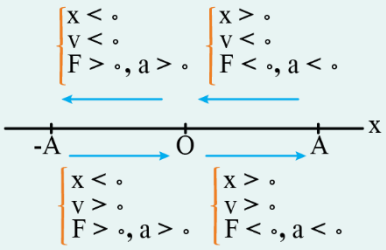
۵ـ هنگامی که نوسانگر به نقطهٔ تعادل نزدیک می‌شود، حرکت آن تندشونده و هنگامی که از نقطهٔ تعادل دور می‌شود (به نقاط بازگشت نزدیک می‌شود)، حرکت آن کندشونده است.

۶ـ 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.

۷ـ جهت نیروی کشش فنر و در نتیجه جهت شتاب نوسانگر، همواره به سمت نقطهٔ تعادل $(x = ۰)$ است؛ در نتیجه علامت نیرو و شتاب همواره مخالف علامت مکان است.

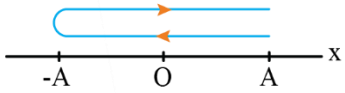
۸ـ در نقطهٔ تعادل $(x = ۰)$، نیرو و در نتیجه شتاب برابر صفر هستند و در نقاط بازگشت $(x = \pm A)$ نیرو و شتاب هر دو بیشینه‌اند.

۹ـ علامت‌های مکان، سرعت، نیرو و شتاب در یک دوره، در شکل زیر نشان داده شده‌اند:



محاسبهٔ مسافت طی شده در حرکت هماهنگ ساده

۱- نوسانگر در هر دورهٔ تناوب (یک نوسان کامل) همواره مسافتی برابر $۴A$ (۲ برابر طول پاره‌خط نوسان) را طی می‌کند:



$$\Delta t = T \Leftrightarrow \ell = ۴A$$

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

چه عواملی بر دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم - فنر، مؤثر است؟

آزمایش‌های متعدد با جرم - فنر نشان می‌دهد:

۱) افزایش جرم در سامانهٔ جرم - فنر (با فنر یکسان) به کند شدن نوسان‌ها، یعنی افزایش دورهٔ تناوب می‌انجامد.

۲) افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم - فنر (با جرم یکسان) به تند شدن نوسان‌ها، یعنی کاهش دورهٔ تناوب می‌انجامد.

دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم - فنر با وزنه‌ای به جرم m و فنری با ثابت k برابر است با:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

با توجه به این رابطه می‌توان رابطه‌ای برای بسامد و بسامد زاویه‌ای نیز پیدا کرد:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad f = \frac{۱}{T} \Rightarrow f = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

شتاب در حرکت هماهنگ ساده

$$a = -\omega^۲ x$$

تندی بیشینه:

سرعت نوسانگر در نقطهٔ تعادل بیشینه است و مقدار سرعت بیشینه (تندی بیشینه)، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

انرژی در حرکت هماهنگ ساده:

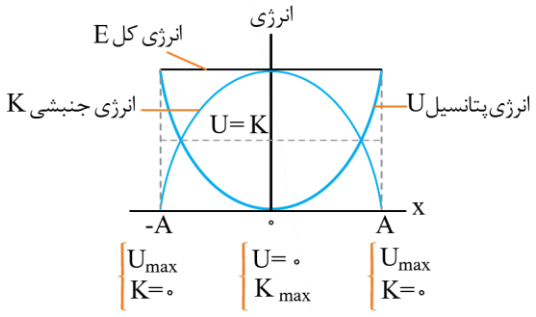
انرژی‌ای است که درون فنر ذخیره می‌شود

انرژی پتانسیل
- انرژی‌ای است که درون فنر ذخیره می‌شود.
- در نقاط بازگشت $(x = \pm A)$ بیشینه است.
- در نقطهٔ تعادل $(x = 0)$ صفر است.
- هرچه از نقطهٔ تعادل دورتر باشیم، انرژی پتانسیل بیشتر است.

انرژی جنبشی
- انرژی‌ای است که به دلیل تندی حرکت نوسانگر وجود دارد.
- در نقاط بازگشت $(x = \pm A)$ صفر است.
- در نقطهٔ تعادل $(x = 0)$ بیشینه است.
- هرچه به نقطهٔ تعادل نزدیک‌تر باشیم، انرژی جنبشی بیشتر است.

انرژی مکانیکی
- به مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی نوسانگر، انرژی مکانیکی می‌گوییم.
- به دلیل نبود اتلاف انرژی مکانیکی همواره ثابت است.
- از رابطهٔ $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = 2\pi^2 mA^2 f^2$ محاسبه می‌شود.

نمودارهای انرژی در حرکت هماهنگ ساده



آونگ ساده و تشدید

دورهٔ تناوب آونگ ساده به طول L از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

نکات:

۱ـ دورهٔ تناوب آونگ ساده، به جرم و دامنهٔ آن بستگی ندارد.

۲ـ برای مقایسهٔ دورهٔ تناوب، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

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

۳ـ با توجه به روابط $f = \frac{1}{T}$ و $\omega = \frac{2\pi}{T}$، با داشتن دورهٔ تناوب آونگ ساده می‌توانیم بسامد و بسامد زاویه‌ای آن را نیز محاسبه کنیم.

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

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

بسامد طبیعی

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

بسامد طبیعی سامانهٔ جرم - فنر برابر $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ و بسامد طبیعی آونگ ساده برابر $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ است.

نوسان واداشته

نوسانگرها می‌توانند با اعمال یک نیروی خارجی، با بسامدهای دیگری نیز به نوسان درآیند. به چنین نوسانی، نوسان واداشته گفته می‌شود و بسامد این نوسان را با f_d نشان می‌دهند. بنابراین اگر یک نوسانگر را رها کنیم که آزادانه و بدون تأثیر نیروی خارجی نوسان کند، با بسامد طبیعی خود، نوسان آزاد انجام می‌دهد 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 $(f_d = f_0)$، دامنهٔ نوسان‌ها می‌تواند افزایش زیادی داشته باشد. در چنین وضعیتی اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر تشدید (رزونانس) رخ داده است.

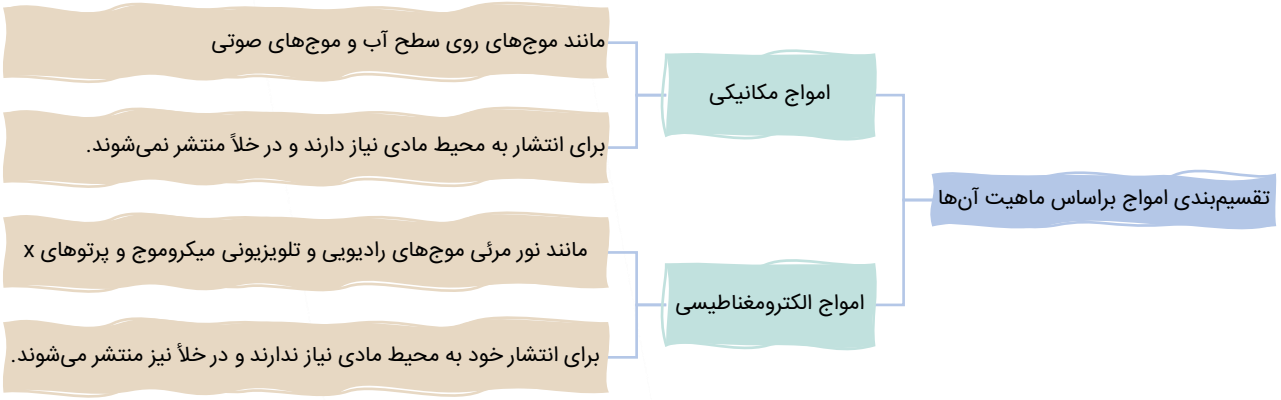
نکات

۱ـ اگر نوسانگر را با بسامدهایی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی به نوسان درآوریم $(f_d \neq f_0)$، دامنهٔ نوسان کوچک‌تر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی‌اش به نوسان درآوریم.

۲ـ مثالی از یک نوسان واداشته، تاب خوردن کودکی است که به‌طور دوره‌ای هل داده می‌شود. نوسان تاب بی‌آن‌که در ادامهٔ حرکت هل داده شود، مثالی از یک نوسان آزاد است، به طوری که نوسان‌های تاب، میرا و سرانجام متوقف می‌شود. ولی وقتی شخصی تاب را هل می‌دهد، او انرژی تلف‌شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می‌کند و مانع میرا شدن نوسان تاب می‌شود.

موج

هرگاه در ناحیه‌ای از محیط کشسان، ارتعاشی به‌وجود آید، موجب پدید آمدن ارتعاش‌های پی‌درپی دیگری می‌شود که از محل شروع ارتعاش دور و دورترند، و به این ترتیب موج مکانیکی به‌وجود 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 دستهٔ 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

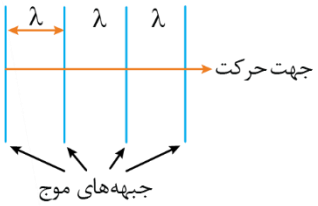
به موج‌های طولی و عرضی، موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود، زیرا هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

مشخصه‌های موج:

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

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



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

۳- دورهٔ تناوب (T): مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان انجام می‌دهد دورهٔ تناوب موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمهٔ موج یک نوسان انجام می‌دهد.

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

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

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

نکات

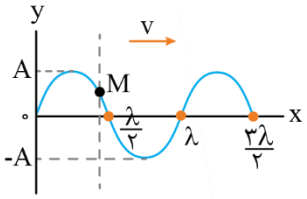
۱ـ تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد.

۲ـ 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.

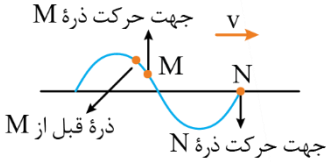
۳ـ بسامد، دوره و دامنه، به چشمهٔ موج بستگی دارند و با تغییر محیط، ثابت می‌مانند.

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



تندی انتشار موج عرضی در یک ریسمان یا فنر

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

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکته

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

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

انتقال انرژی در موج عرضی مکانیکی

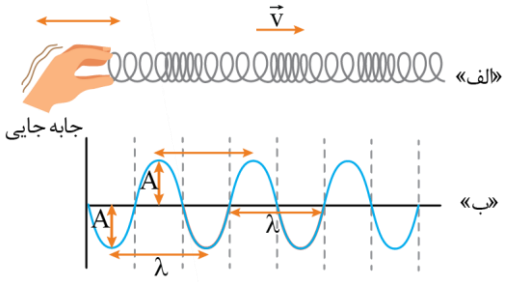
هر موجی حامل انرژی است. وقتی در یک ریسمان یا فنر کشیده موجی عرضی را ایجاد می‌کنیم، در واقع انرژی را برای ایجاد موج در ریسمان فراهم کرده‌ایم. با انتشار موج، این انرژی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در ریسمان انتقال می‌یابد.

نکات:

۱ـ انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل لازم را چشمهٔ موج تأمین می‌کند.

۲ـ ثابت می‌شود که مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی توان متوسط در یک موج سینوسی برای همهٔ 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



نکات

۱ـ 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.

۲ـ در وسط فاصلهٔ بین یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینهٔ مجاور هم، اندازهٔ جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است.

۳ـ در حالی که طول موج برای امواج عرضی برابر با فاصلهٔ دو قله یا دو درهٔ متوالی است در مورد امواج طولی، طول موج برابر با فاصلهٔ بین دو تراکم بیشینه (برای فنر، جمع‌شدگی بیشینه) یا دو انبساط بیشینه (برای فنر، بازشدگی بیشینه) متوالی است.

۴ـ دامنهٔ موج طولی، برابر با بیشینهٔ جابه‌جایی از مکان تعادل است.

۵ـ هر جزء فنر در مدت یک دوره (T)، یک نوسان کامل انجام می‌دهد و در این مدت موج به اندازهٔ یک طول موج پیشروی می‌کند.

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

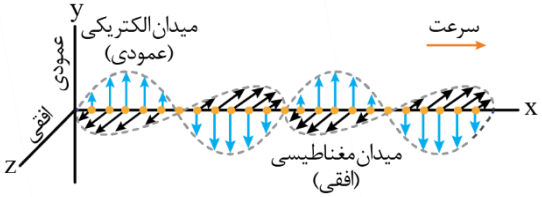
۷ـ برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است. بنابراین طول موجِ موج طولی از طول موجِ موج عرضی در یک محیط بیشتر است.

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 به طور تجربی کشف شد.

۲) پدیدهٔ معکوس قانون القای فاراده، یعنی تولید میدان مغناطیسی بر اثر تغییر میدان الکتریکی که توسط جیمز کلارک ماکسول پیش‌بینی شد.



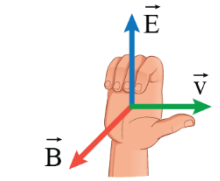
با توجه به این شکل، سه ویژگی بارز را می‌توان در امواج الکترومغناطیسی دید:

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 قاعدهٔ دست راست کمک گرفت.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

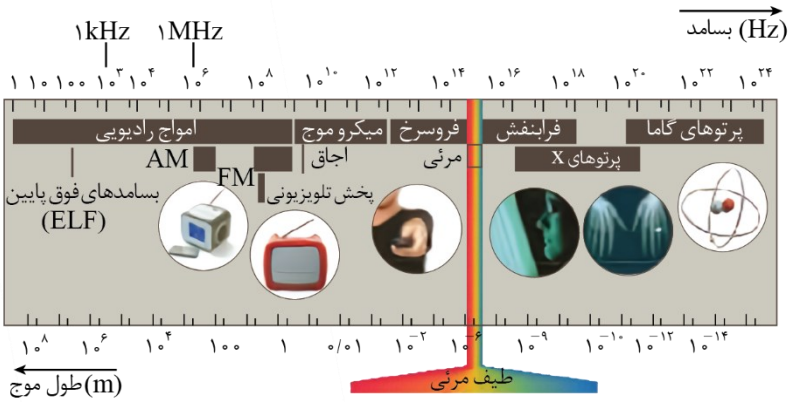
اگر چهار انگشت دست راست را طوری در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار دهیم، به طوری که میدان مغناطیسی $\vec{B}$ از کف دستمان خارج شود (خم شدن چهار انگشت در جهت میدان مغناطیسی باشد)، انگشت شست جهت انتشار موج (جهت انتقال انرژی) را نشان می‌دهد.



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



نکات

۱ـ 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.

۲ـ تندی این امواج در محیط‌های دیگر یکسان نیست مثلاً تندی نور قرمز و نور بنفش در محیط شفافی مانند شیشه برابر نیست.

۳ـ در محدودهٔ امواج رادیویی به ترتیب افزایش طول موج، باندهای AM ،FM و ELF قرار دارند.

۴ـ طول موج نور مرئی از ۴۰۰nm (بنفش) تا ۷۰۰nm (قرمز) است.

۵ـ طول موج امواج رادیویی از حدود یک متر تا ۳×۱۰^{۸} متر است.

امواج صوتی

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

نکات:

۱ـ وقتی یک چشمهٔ صوت مرتعش می‌شود، معمولاً صوت ایجاد شده در تمام جهت‌ها منتشر می‌شود و جبهه‌های موج، کره‌هایی به مرکز چشمهٔ صوت‌اند.

۲ـ صوت (که مثالی از یک موج مکانیکی است)، فقط در محیط‌های مادی مانند گاز، مایع یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود.

۳ـ امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی خود، مثل یک موج طولی ایجادشده در یک فنر کشیده‌شده، از مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند.

۴ـ 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

نکات

۱ـ 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 $۰^{\circ}C$ بیشتر از متیل الکل $۲۵^{\circ}C$ است.)

۲ـ تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد. مثلاً با افزایش دمای هوا، تندی صوت در آن افزایش می‌یابد.

۳ـ رابطهٔ $v=\lambda f$ 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.

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

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.

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

نکات

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

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

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

$$I = \frac{P_{av}}{۴\pi r^{۲}}$$

تراز شدت صوت

$$\beta = (۱۰dB)\log\frac{I}{I_{۰}}$$

نکات:

۱ـ شدت مرجع ($I_{۰}$) نزدیک به حد پایین گسترهٔ شنیداری انسان است. یعنی شدت صوت آهسته‌ترین صدایی که انسان در بسامدهای معمولی می‌تواند بشنود (به زحمت شنیده می‌شود) برابر $I_{۰} = ۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^{۲}}$ است.

۲ـ تراز شدت صوت آستانهٔ شنوایی انسان، برابر صفر دسی‌بل است. به عبارت دیگر اگر شدت یک صوت برابر با شدت مرجع باشد ($I = I_{۰}$)، تراز شدت صوت آن صفر دسی‌بل است.

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_{۰}} \xrightarrow{I=I_{۰}} I = ۱۰\log۱ = ۰dB$$

تغییرات تراز شدت صوت

$$\beta_{۲} - \beta_{۱} = ۱۰\log\frac{I_{۲}}{I_{۱}}$$

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، تُن موسیقی یا به اختصار تُن گفته می‌شود.

با شنیدن هر تُن، 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).

نکات:

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

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

۳ـ 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.

۴ـ 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.

۵ـ دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهد، با اینکه گوش انسان قادر به شنیدن تُن‌های صدای ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰Hz است. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰Hz است.

اثر دوپلر

نکات

۱ـ اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی مانند میکروموج‌ها، موج‌های رادیویی و نور مرئی نیز برقرار است.

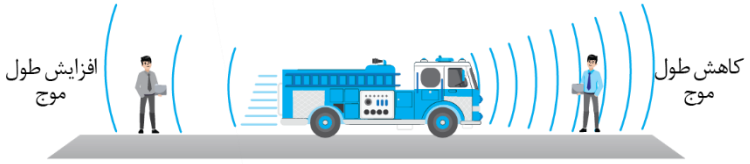
۲ـ علت رخ دادن اثر دوپلر می‌تواند حرکت چشمهٔ صوت، حرکت شنونده و یا حرکت هر دوی آن‌ها باشد.

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

الف) چشمهٔ صوت متحرک و ناظر (شنونده) ساکن است:

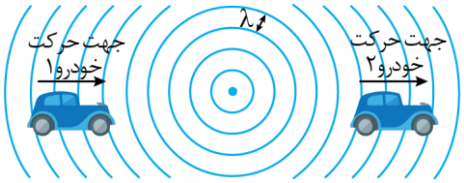
فرض کنید ماشین آتش‌نشانی (چشمهٔ صوت) به جلو حرکت کند، در این صورت فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی ماشین کمتر از پشت آن است. بنابراین ناظر ساکن در جلوی ماشین طول موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیت ساکن ماشین، اندازه می‌گیرد و این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.
در حالی که ناظر ساکن در عقب ماشین طول موج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



ب) چشمهٔ 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:

$$f_1 > f_s > f_2$$



نکات

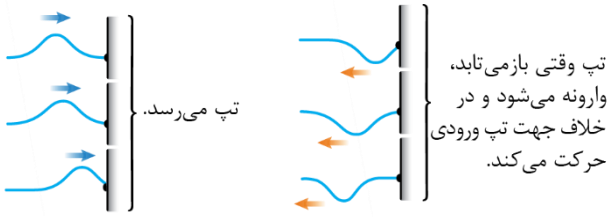
۱ـ حرکت ناظر تأثیری در طول موج صوتی ندارد. فقط وقتی چشمه حرکت می‌کند، طول موج امواج دریافتی تغییر می‌کند.
۲ـ اگر چشمهٔ صوت و ناظر به هم نزدیک شوند، بسامدی که ناظر دریافت می‌کند از بسامد چشمه بیشتر است.
۳ـ اگر چشمهٔ صوت و ناظر از هم دور شوند، بسامدی که ناظر دریافت می‌کند از بسامد چشمه کمتر است.

اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی:

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

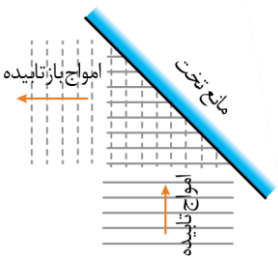
فصل چهارم

بازتاب امواج مکانیکی در یک بعد



بازتاب امواج مکانیکی در دو بُعد

به خاطر داریم که وقتی تیغهٔ تختی را بر سطح آب تشت موج به نوسان در می‌آوردیم، امواج تختی بر سطح آب تشکیل می‌شد. اگر بر سر راه این امواج، مانعی قرار دهیم، امواج پس از برخورد به مانع باز می‌تابند. به چنین بازتابی، بازتاب در دو بعد می‌گویند. ساده‌ترین مانع، مانع تخت است. در این حالت امواج بازتابیده نیز تخت هستند.

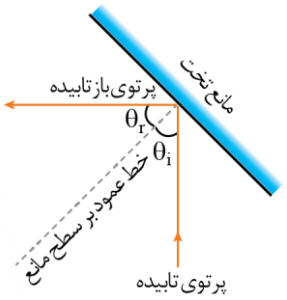


دوپینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

قانون بازتاب عمومی

زاویهٔ تابش: زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی) را زاویهٔ تابش می‌نامند و با θ_i نشان می‌دهند.

زاویهٔ بازتابش: زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتو بازتابیده را زاویهٔ بازتابش می‌نامند و با θ_r نشان می‌دهند.



قانون بازتاب عمومی:

۱- همواره زاویهٔ تابش و بازتابش با هم برابرند:

۲- پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود بر مانع، همواره در یک صفحه قرار دارند.

نکته

این قانون برای هر نوع مانع، هر وضعیت مانع و همهٔ انواع دیگر موج، مانند امواج دایره‌ای یا کروی نیز برقرار است.

بازتاب امواج مکانیکی در سه بُعد

نمونهٔ 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.

نکات

۱ـ یکی از کاربردهای بازتاب صوت از سطوح خمیده، میکروفون سهموی است که از آن برای ثبت صداهای ضعیف استفاده می‌شود.

۲ـ 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 صخرهٔ 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

اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از ۰/۱s 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.

نکات

۱ـ 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 بدین‌ترتیب می‌تواند سرعت خود یا شیء متحرک را تعیین کند.

۲ـ برای تشخیص جسم توسط جانور، اندازهٔ جسم باید در حدود طول موج به کار رفته یا بزرگ‌تر از آن باشد.

۳ـ 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.

۴ـ 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.

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.

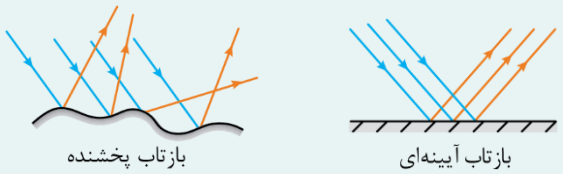
امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش، در یک نقطه کانونی می‌شوند. از این سازوکار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

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

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکات

۱ـ در بازتاب آینه‌ای از یک آینهٔ 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.



۲ـ 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.

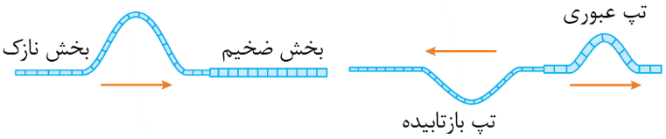
۳ـ به دلیل بازتاب پخشنده است که می‌توانید صفحهٔ کاغذ، دیوار، دستتان، دوست خود و ... را ببینید.

۴ـ توجه کنید که منظور از سطح ناهموار آن است که سطح، در مقایسه با طول موج نور ناهموار است، 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 $1\mu m$ هستند. با توجه به اینکه طول موج نور مرئی در حدود $0/5\mu m$ است، چنین سطحی برای نور ناهموار محسوب می‌شود. در مقابل، ناهمواری‌های یک آینه یا یک سطح فلزی صیقلی، بسیار کوچک‌تر از $1\mu m$ 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.

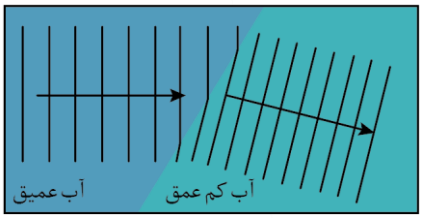
۲- تندی انتشار موج در بخش نازک بیشتر از بخش ضخیم است.

۳- طول موج در بخش نازک بیشتر از بخش ضخیم است.

۴- دامنهٔ موج فرودی از دامنهٔ 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

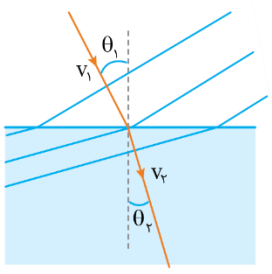


نکات

۱ـ در عبور موج از ناحیهٔ عمیق به ناحیهٔ کم‌عمق، بسامد تغییر نمی‌کند ولی طول موج و تندی موج هر دو کاهش می‌یابند.

۲ـ با عبور موج از ناحیهٔ عمیق به ناحیهٔ کم‌عمق، فاصلهٔ جبهه‌های موج کمتر می‌شود، زیرا طول موج کاهش یافته است.

قانون شکست عمومی



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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکات

۱ـ طبق قانون شکست عمومی، اگر موج از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر برود $(v_۲ < v_۱)$، $\theta_۲ < \theta_۱$ می‌شود و پرتو شکست به خط عمود بر مرز جدایی، نزدیک‌تر می‌شود.

۲ـ اگر موج از محیطی با تندی کمتر به محیطی با تندی بیشتر برود $(v_۲ > v_۱)$، $\theta_۲ > \theta_۱$ می‌شود و پرتو شکست از خط عمود بر مرز جدایی، دورتر می‌شود.

۳ـ 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 می‌نامند.

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

نکات

۱- چون تندی نور در خلأ بیشترین تندی ممکن است، ضریب شکست، همواره بزرگ‌تر یا مساوی ۱ است که ۱ مربوط به خلأ است $(n \geq ۱)$.

۲- ضریب شکست با تندی رابطهٔ عکس دارد، یعنی هرچه تندی نور در یک محیط کمتر باشد، ضریب شکست آن محیط برای نور بیشتر است.

۳- ضریب شکست هر محیطی به‌جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد و عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است.

قانون شکست اسنل

$$n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲$$

سراب

نکات

۱ـ سراب را نه تنها می‌توان دید، بلکه می‌توان از آن عکس هم گرفت.

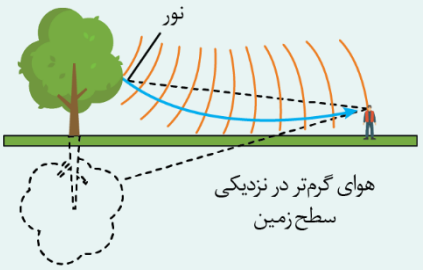
۲ـ در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتاً داغ است. از طرفی چون چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد، در نتیجه باعث کاهش ضریب شکست هوا نیز می‌شود. دلیل پدیدهٔ سراب همین تغییر ضریب شکست لایه‌های هوا در نزدیکی سطح زمین است.

سراب چگونه تشکیل می‌شود؟

نکات

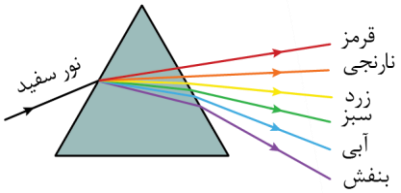
۱ـ از شکل (ب) مشخص است که هرچه جبهه‌های نور به سمت زمین نزدیک‌تر می‌شوند، تندی و در نتیجه طول موجشان افزایش می‌یابد (فاصلهٔ جبهه‌های موج بیشتر می‌شود).

۲ـ ناظری که پرتوهای نور به چشمش می‌رسد، گمان می‌برد که این پرتوها از یک تصویر آمده‌اند.



پاشندگی نور

ضریب شکست هر محیطی به‌جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد. یعنی وقتی باریکهٔ نوری شامل پرتوهایی با طول موج‌های مختلف باشد، این پرتوها هنگام گذر از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوند. به این پخش‌شدگی نور، **پاشندگی نور** می‌گویند.



نکات

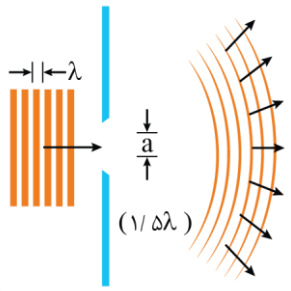
۱ـ در طیف مرئی نور، ضریب شکست منشور برای نور بنفش بیشترین مقدار و برای نور قرمز کمترین مقدار را دارد.

۲ـ برای طیف مرئی نور، در داخل منشور، نور بنفش کمترین تندی و نور قرمز بیشترین تندی را دارد.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

پراش موج

به پدیده‌ای که موج در عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبهٔ طول موج، به اطراف گسترده می‌شود، **پراش** می‌گویند. پراش فقط به وضعیت عبور موج از یک شکاف باریک (یا روزنه) محدود نمی‌شود بلکه هنگام عبور موج از لبه‌های مانعی که ابعاد آن در حدود طول موجِ موج باشد نیز رخ می‌دهد. پراش برای همهٔ انواع موج اتفاق می‌افتد.



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

تداخل امواج

وقتی دو تپ به هم می‌رسند و با یکدیگر همپوشانی می‌کنند، بنا بر اصل برهم‌نهی، تپ برایند 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، در حالی که اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کنند، به آن **تداخل ویرانگر** می‌گویند.

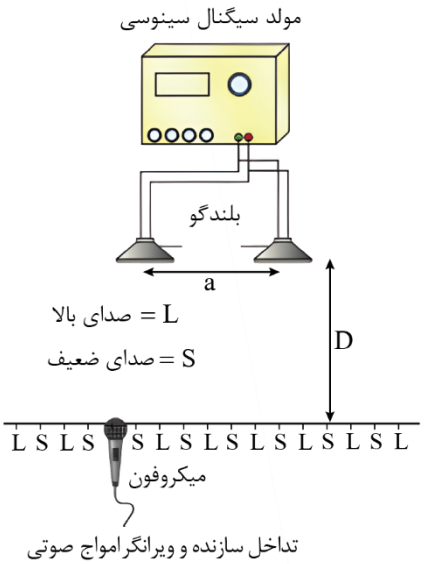
تداخل امواج سطحی آب:

برای مشاهدهٔ تداخل امواج سطحی بر سطح آب، دو گوی کوچک را با بسامد یکسان، به طور هم‌زمان بر سطح آب به نوسان در می‌آوریم.

در برخی نواحی روی سطح آب دامنهٔ موج برایند 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 فاصلهٔ مناسبی از بلندگوها قرار دارد در می‌یابیم که بلندی صدا به‌طور متناوب کم و زیاد می‌شود.

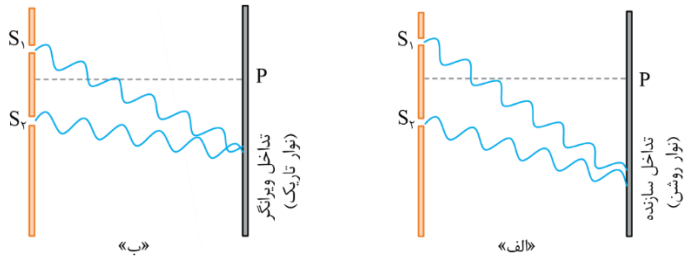


دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

تداخل امواج نوری:

نور حاصل از یک چشمهٔ 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 ناحیهٔ 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.



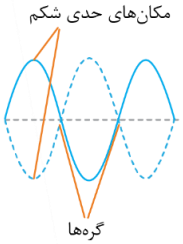
نکته:

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 برایند ایجاد می‌کنند که شکل آن از اصل برهم‌نهی حاصل می‌شود.

مشخصهٔ بارز این موج برایند 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 دامنهٔ موج برایند در آنجا بیشینه است. نقش موج برایند را در این حالت، **موج ایستاده** می‌گویند، زیرا نقش‌های این موج به چپ یا راست حرکت نمی‌کنند و محل شکم‌ها و گره‌ها تغییر نمی‌کند.

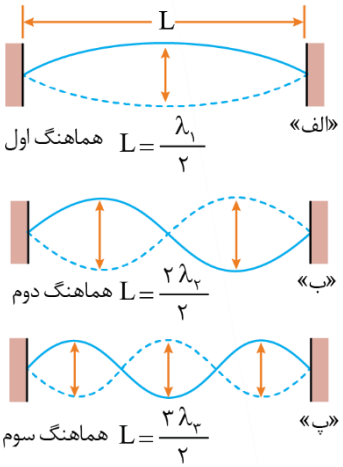


نکات

۱ـ فاصلهٔ گره‌های مجاور از هم برابر با نصف طول موج ($\frac{\lambda}{۲}$) و بنابراین فاصلهٔ گره‌ها از شکم‌های مجاور برابر با ربع طول موج ($\frac{\lambda}{۴}$) است.

۲ـ 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:



$$\lambda_n=\frac{۲L}{n}\ ,\ n=۱,۲,۳,\ldots$$ (طول‌موج‌های تشدیدی تار)

$$f_n=\frac{v}{\lambda_n}=\frac{nv}{۲L}\ ,\ n=۱,۲,۳,\ldots$$ (بسامدهای تشدیدی تار)

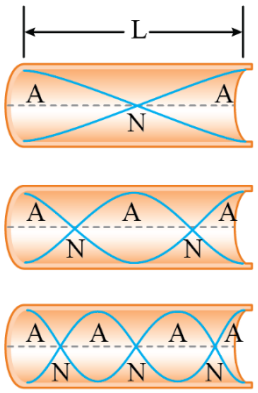
دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

مدهای نوسان را با بسامدهای تشدیدی 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... به‌دست می‌آید. به n **عدد هماهنگ** گفته می‌شود.

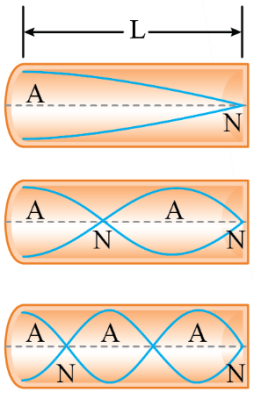
نکته:

n همان تعداد شکم‌ها است.

موج ایستاده و تشدید در لوله‌های صوتی:



سه مد نخستین یک لولهٔ صوتی با دو انتهای باز
(شکم‌ها با A و گره‌ها با N مشخص شده‌اند)



سه مد نخستین یک لولهٔ صوتی با یک انتهای باز
(شکم‌ها با A و گره‌ها با N مشخص شده‌اند)

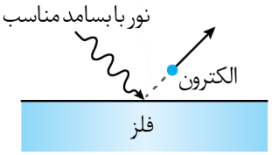
انتهای بستهٔ لوله مانند انتهای ثابت شدهٔ ریسمان است که در آنجا باید یک گره وجود داشته باشد، و در انتهای باز لوله نیز یک شکم وجود دارد.

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

فصل پنجم

فوتوالکتریک

آزمایش نشان می‌دهد که وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد، الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیدهٔ 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 زمینهٔ تابش گرمایی اجسام، فرض کرد که نور با بسامد f، به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی است. هر بستهٔ انرژی که بعدها **فوتون** نامیده شد، دارای انرژی زیر است:

$$E = hf$$

h: ثابت پلانک $(h = 6/63\times10^{-34}\,J.s)$

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.

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

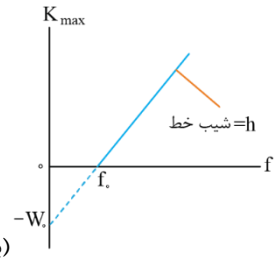
یعنی طبق پایستگی انرژی، داریم:

انرژی جنبشی فوتوالکترون + انرژی لازم برای جدا کردن الکترون = انرژی فوتون

$$K_{max} = hf - W_\circ$$ (معادلهٔ فوتوالکتریک)

$W_\circ$ را **تابع کار فلز** می‌نامند که به جنس فلز بستگی دارد و کمینهٔ کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معین است.

اگر نمودار K_{max} برحسب f را رسم کنیم، به صورت خط راستی خواهد بود که محور افقی را در $f = f_\circ$ قطع می‌کند. در این بسامد، که معمولاً **بسامد آستانه** نامیده می‌شود، الکترون بدون هیچ انرژیِ جنبشی‌ای در آستانهٔ ترک فلز است.



$$f_\circ = \frac{W_\circ}{h}$$ (بسامد آستانهٔ فوتوالکترون‌ها)

نکات:

۱ـ اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز (f) از بسامدی موسوم به بسامد آستانه ($f_\circ$) کمتر باشد، فوتون‌ها، حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز را نخواهند داشت و فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. پس اگر بسامد مناسب ($f \geq f_\circ$) باشد، منجر به وقوع پدیدهٔ فوتوالکتریک می‌شود.

۲ـ بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.

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

۴ـ برای نوری که بسامد مناسب داشته باشد ($f \geq f_\circ$) و منجر به وقوع پدیدهٔ فوتوالکتریک شود، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها ثابت می‌ماند.

۵ـ برای نوری که بسامد مناسب نداشته باشد ($f < f_\circ$) و منجر به وقوع پدیدهٔ فوتوالکتریک نشود، با افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) باز هم پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد و برهم‌کنش بین الکترون‌ها و فلز، فقط سبب گرم شدن فلز، افزایش انرژی درونی آن و افزایش دمای آن می‌شود.

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 محاسبهٔ تعداد فوتون‌های گسیل شده از یک چشمهٔ نور، باید انرژی تابش شده از چشمه را به انرژی یک فوتون تقسیم کنیم:

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

نکته

برای محاسبهٔ انرژی کل چشمه، کافی است توان مفید چشمهٔ 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

همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن **تابش گرمایی** می‌گویند.

طیف پیوسته

برای **یک جسم جامد**، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، امواج تابشی شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجاد شده را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار **طیف پیوسته** می‌نامند.

نکات

۱ـ در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ فروسرخ طیف قرار دارد.

۲ـ در دماهای بالا، تابش گسیلی از سطح اجسام، نور مرئی است.

۳ـ تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است.

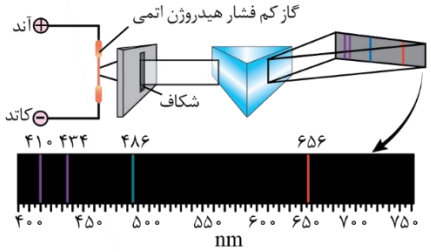
دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

طیف گسیلی خطی

گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آن‌ها از برهم‌کنش قوی موجود در جسم جامد آزادند، به جای طیف پیوسته، **طیفی گسسته** را گسیل می‌کنند که شامل **طول موج‌های معینی** است. این طیف گسسته را طیف گسیلی خطی یا به اختصار **طیف خطی** می‌نامند.

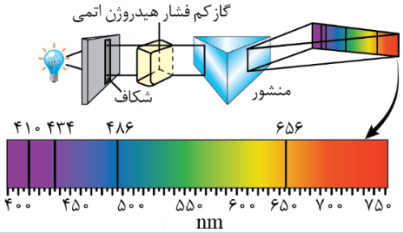
نکات

۱ـ طول موج‌های ایجاد شده در طیف خطی برای اتم‌های هر گاز منحصربه‌فرد هستند و سرنخ‌های مهمی در مورد نوع و ساختار اتم‌های آن گاز می‌دهند.
۲ـ طیف گسیلی خطی شامل یک زمینهٔ تاریک است و خط‌های رنگی معرف طول موج‌های گسیل شده‌اند.
۳ـ 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 طرحواره نشان می‌دهد که در آن باریکهٔ نور سفید قبل از عبور از منشور، از گاز کم‌فشار هیدروژن می‌گذرد.



نکات

۱ـ در طیف جذبی خط‌های تاریک، طول موج‌هایی هستند که توسط اتم‌های گاز عنصر جذب شده‌اند.
۲ـ هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز 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.
۳ـ اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کنند که اگر دمای آن‌ها به اندازهٔ کافی بالا برود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آن‌ها را تابش می‌کنند.

خطوط فرانهوفر

در تابشی که از خورشید گسیل می‌شود و به زمین می‌رسد، بعضی از طول موج‌ها وجود ندارند. خط‌های تاریکی که در طیف خورشید دیده می‌شود، به افتخار کشف‌کنندهٔ آن، **خط‌های فرانهوفر** نامیده می‌شوند.

معادلهٔ ریدبرگ

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

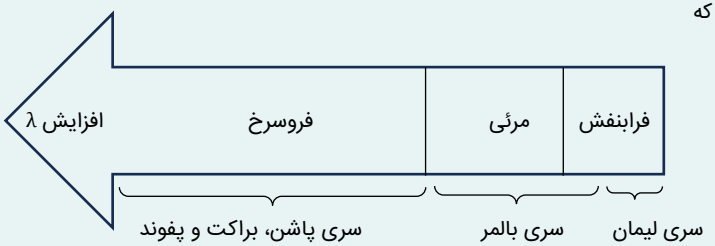
نکات

نام طیف	مقدار n'	رابطهٔ ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیهٔ 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

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱ـ با توجه به جدول مشخص است که



۲ـ بلندترین طول موج در هر رشته (کمترین بسامد و انرژی)، مربوط به گذار از تراز $n = n' + ۱$ به تراز n' است:

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}\right) \xrightarrow[\lambda_{max}]{n=n'+۱} \frac{۱}{\lambda_{max}} = R\left(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{(n'+۱)^{۲}}\right)$$

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

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}\right) \xrightarrow[\lambda_{min}]{n=\infty} \frac{۱}{\lambda_{min}} = \frac{R}{n'^{۲}} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{n'^{۲}}{R}$$

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 کشمشی هم می‌گویند، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند.

نکته

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.

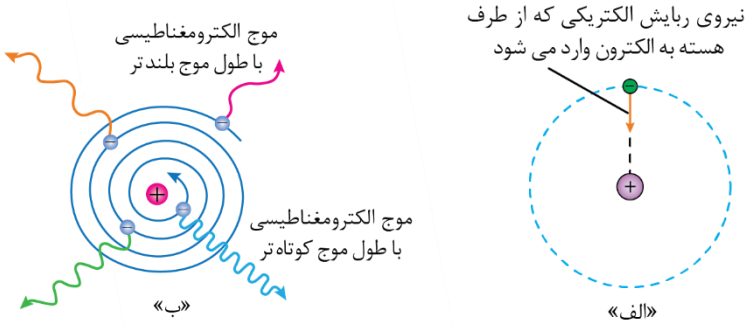
مدل اتمی رادرفورد

بنابر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($۱۰^{-۱۵}\,m$ ≃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 رفورد را مدل اتم هسته ای 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 گسستهٔ معینی مجاز هستند.

$r_n = a_۰ n^{۲}$ (شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن)

$E_n = \frac{-۱۳/۶eV}{n^{۲}}$ (ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

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

دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

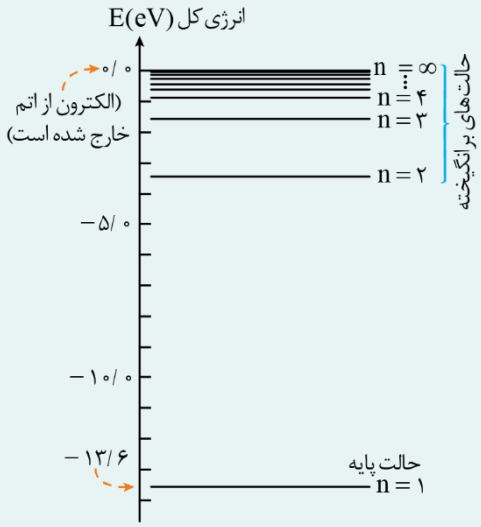
۳- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L، یک فوتون تابش می‌شود.

در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$E_U - E_L = hf$ (معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)

نکات

مقدارهای انرژی داده شده در معادلهٔ $E_n = \frac{-۱۳/۶}{n^۲} eV$، روی نمودار تراز انرژی برای اتم هیدروژن، به صورت زیر است:



با توجه به نمودار، داریم:

۱ـ بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ مربوط است و دارای انرژی ۰eV است.

۲ـ پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = ۱$ است که دارای انرژی $E_۱ = -۱۳/۶eV$ است و حالت پایه نام دارد تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند، متمایز باشد:

حالت پایه: $n = ۱$

اولین حالت برانگیخته: $n = ۲$

دومین حالت برانگیخته: $n = ۳$ و ...

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

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

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

۶ـ برای بالا بردن الکترون از حالت پایه $(n = ۱)$ به بالاترین حالت برانگیختهٔ ممکن $(n = \infty)$، مقدار $۱۳/۶eV$ انرژی باید صرف شود. صرف اندکی بیشتر از این مقدار انرژی، الکترون را از اتم جدا می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود.

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

۸ـ 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.

۹ـ می‌توان با استفاده از رابطهٔ $E_n = \frac{-E_R}{n^۲}$، اختلاف انرژی ترازها را به صورت زیر نوشت:

$$hf = E_U - E_L = -\frac{E_R}{n_U^۲} - \left(-\frac{E_R}{n_L^۲}\right) \Rightarrow hf = E_R\left(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲}\right)$$

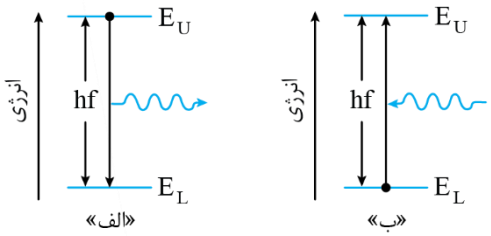
۱۰ـ یکی از موفقیت‌های مدل بور نتیجه‌گیری معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی گاز هیدروژن اتمی است.

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

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- ارائهٔ 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- محاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن و سایر اتم‌های هیدروژن‌گونه

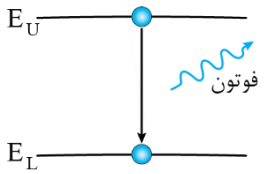
نارسایی‌های مدل بور:

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.

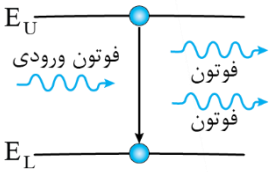
۲- این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

انواع گسیل فوتون از اتم

الف) گسیل خودبه‌خود: در این حالت الکترون که در حالت برانگیخته قرار دارد، به صورت 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.



نکات

۱ـ برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی دو تراز یعنی $E_U - E_L$ یکسان باشد.

۲ـ 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 باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کند، هم‌بسامد (هم‌انرژی)، هم‌جهت و هم‌فازند.

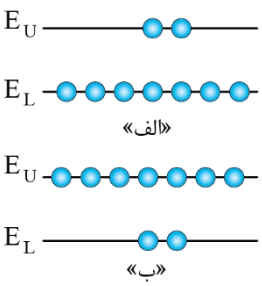
۳) در گسیل القایی، یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب، الکترون را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته می‌کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های مختلفی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

دوینگ فوری
SanjeshCloud

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 برانگیختهٔ معمولی ($10^{-8}\,s$) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌سازد.



الف) به طور 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 ساختار هسته

نکات

۱ـ هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند. پس حتماً به یاد داشته باشید که کلمهٔ نوکلئون به مجموعهٔ پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته اشاره دارد.

۲ـ بیشتر جرم اتم (تقریباً همهٔ 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:

$$\begin{matrix}\text{عدد جرمی}\rightarrow A\\ \text{عدد اتمی}\rightarrow Z\end{matrix}\ {}^{\text{نماد عنصر}\leftarrow}_{\text{عدد نوترونی}\leftarrow N}X$$

$$\underbrace{A}_{\substack{\text{تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها}\\ \text{(عدد جرمی)}}} = \underbrace{Z}_{\substack{\text{تعداد پروتون‌ها}\\ \text{(عدد اتمی)}}} + \underbrace{N}_{\substack{\text{تعداد نوترون‌ها}\\ \text{(عدد نوترونی)}}}$$

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.

نکات

۱ـ ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن (تعداد نوکلئون‌ها) تعیین می‌کند.

۲ـ 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.

۳ـ ایزوتوپ‌ها تعداد نوترون متفاوتی دارند، پس عدد جرمی آن‌ها متفاوت بوده و به همین دلیل خواص فیزیکی آن‌ها متفاوت است.

۴ـ 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:

۱- کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.

۲- 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.

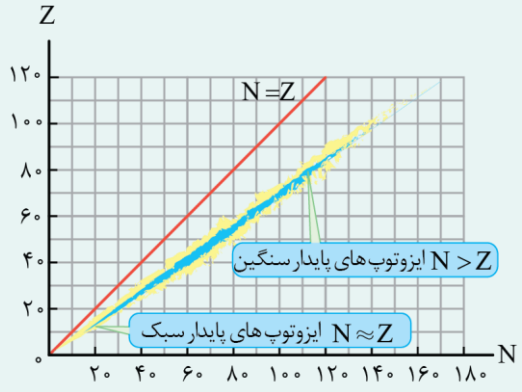
دوینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکات

۱ـ هستهٔ پایدار با بیشترین تعداد پروتون $(Z=۸۳)$ متعلق به بیسموت $(^{۲۰۹}_{۸۳}Bi)$ است:

۲ـ به‌جز توریم $(Z=۹۰)$ و اورانیم $(Z=۹۲)$ که در طبیعت یافت می‌شوند، سایر هسته‌های سنگین با عدد اتمی بزرگ‌تر از $Z=۸۳$، ناپایدارند. این دو عنصر تنها عنصرهایی هستند که واپاشی آن‌ها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومهٔ شمسی در چندین میلیارد سال پیش، فقط مقدار کمی از آن‌ها بر اثر واپاشی، به عنصرهای سبک‌تر تبدیل شده‌اند.

۳ـ 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 تشکیل‌دهندهٔ آن اندکی کمتر است. این اختلاف جرم را کاستی جرم هسته می‌گویند.

نکات

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

۲ـ هستهٔ برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه برمی‌گردد که انرژی این فوتون برابر با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه است. هستهٔ برانگیخته را با نماد $^{A}_{Z}X^{*}$ مشخص می‌کنند.

۳ـ اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ keV تا مرتبهٔ MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبهٔ eV است. بنابراین هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

پرتوزایی طبیعی

وقتی یک هستهٔ ناپایدار یا پرتوزا به‌طور طبیعی (یا اصطلاحاً خودبه‌خود) واپاشی می‌کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پرانرژی آزاد می‌شوند. این فرایند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می‌شود.

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

پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز $(\approx ۰/۰۱mm)$ متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را $(\approx ۰/۱mm)$ در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای $(\approx ۱۰۰mm)$ بگذرند.

واپاشی آلفا

در این نوع واپاشی که در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد، هستهٔ $^{A}_{Z}X$ با گسیل ذرهٔ آلفا به هسته‌ای سبک‌تر وامی‌پاشد.

طبق شواهد تجربی پرتوهای α، ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم $(^{۴}_{۲}He)$ هستند که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند. بنابراین معادلهٔ واپاشی α به صورت زیر است:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-۴}_{Z-۲}Y + {}^{۴}_{۲}He$$

واپاشی بتا

واپاشی β، نخستین مورد پرتوزایی بود که توسط هانری بکرل مشاهده شد. این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌هاست و ذرات گسیل‌شده در این واپاشی را ذرات β^{-} (الکترون) یا ذرات β^{+} (پوزیترون) می‌نامند.

الف) واپاشی بتای منفی (β^{-}): در این واپاشی، یک نوترون درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل می‌شود و معادلهٔ آن به صورت زیر است:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+۱}Y + {}^{۰}_{-۱}e^{-}$$

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

ب) واپاشی بتای مثبت (β^+):

در نوعی دیگر از فرایند واپاشی β، ذرهٔ 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 رابطهٔ زیر بیان می‌شود:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e^{+}$$

نکته

در این واپاشی، یکی از پروتون‌های درون هسته، به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و سپس این پوزیترون از هسته گسیل می‌شود.

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، A و Z تغییر نمی‌کنند؛ بلکه هستهٔ برانگیخته که با علامت $*$ مشخص شده است، با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسد. رابطهٔ واپاشی γ به صورت زیر است:

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

نیمه‌عمر

نیمه‌عمر مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسد. نیمه‌عمر را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند.

پس از گذشت زمان t، تعداد هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

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

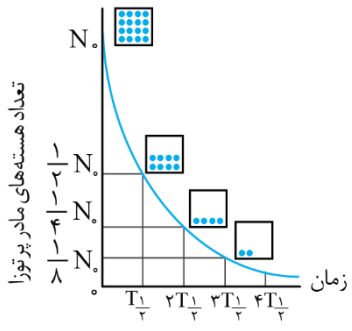
حواستان باشد که یکای t و $T_{\frac{1}{2}}$ یکسان باشند. (هر دو ثانیه یا روز یا ماه یا ...)

نکته

جدول زیر تعداد هسته‌ها را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد.

تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده	۱	۲	۳	۴	۵
هسته‌های مادر باقی‌مانده	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{8}$	$\frac{N_0}{16}$	$\frac{N_0}{32}$
درصد هسته‌های مادر باقی‌مانده	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۲۵	۳/۱۲۵
هسته‌های واپاشیده شده	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{3}{4}N_0$	$\frac{7}{8}N_0$	$\frac{15}{16}N_0$	$\frac{31}{32}N_0$
درصد هسته‌های واپاشیده شده	۵۰	۷۵	۸۷/۵	۹۳/۷۵	۹۶/۸۷۵

اگر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر موجود در نمونه را بر حسب زمان رسم کنیم، شکل زیر به‌دست می‌آید:



شکافت هسته‌ای

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

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow \underbrace{{}^{236}_{92}U^{*}}_{\text{هسته مرکب (ناپایدار)}} \rightarrow \underbrace{{}^{141}_{56}Ba}_{\text{باریم}} + \underbrace{{}^{92}_{36}Kr}_{\text{کریپتون}} + \underbrace{3\,{}^{1}_{0}n}_{\text{سه نوترون}}$$

دوبینگ فوری
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

واکنش زنجیری:

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

غنی‌سازی اورانیم:

به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ۲۳۵ در یک نمونه، **غنی‌سازی** گفته می‌شود.

راکتورهای شکافت هسته‌ای:

آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن) از جمله موادی هستند که به عنوان **کُندساز** نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند.

راکتورهای هسته‌ای افزون بر سوخت هسته‌ای و مادهٔ کُندساز دارای، میله‌های کنترل و شاره‌ای (معمولاً آب) هستند که گرما را به خارج راکتور انتقال می‌دهد. میله‌های کنترل معمولاً از مواد جذب‌کنندهٔ 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 هستهٔ سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هستهٔ سنگین‌تری به‌وجود می‌آورند. برای مثال، واکنش گداخت زیر را در نظر بگیرید:

$$D + T \rightarrow {}^{4}He + {}^{1}n$$

در این واکنش با همجوشی هسته‌های دو ایزوتوپ هیدروژن یعنی دوتریم و تریتیم، هستهٔ هلیم 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 رابطهٔ $E = mc^2$، سبب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می‌شود.

مشکلات در ساخت راکتور گداخت به این علت پیش می‌آید که دو هستهٔ کم‌جرم باید به قدر کافی به هم نزدیک شوند تا نیروی کوتاه‌بُرد هسته‌ای بتواند آن‌ها را کنار هم نگه دارد و واکنش گداخت انجام شود. ولی، هر هسته، بار مثبت دارد و هستهٔ دیگر را دفع می‌کند، برای آن‌که 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 - تریتیم، به دمایی حدود ده‌ها میلیون درجهٔ سلسیوس نیاز است. دمایی از این مرتبه در ستارگان و خورشید وجود دارد.

دوینگ فوری

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir