به نام پروردگار مهربان

جمع‌بندی

رشتهٔ تجربی | دهم • یازدهم • دوازدهم

فیزیک

مرور و جمع‌بندی کنکور در ۲۴ ساعت

• مهندس یاشار انگوتی • مهندس حسن محمدی
• مدیر گروه فیزیک و ناظر محتوایی: نصراله افاضل

مهروماه

پایهٔ دهم

فیزیک و اندازه‌گیری

۱ فیزیک دانش بنیادی

دانشمندان فیزیک با انجام آزمایش‌های مختلف، برای توصیف پدیده‌های فیزیکی از قانون، مدل و نظریه استفاده می‌کنند.

مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان معتبر نیستند و ممکن است با انجام آزمایش‌های جدید، تغییر کنند. (مانند اصلاح نظریهٔ اتمی که بارها توسط دانشمندان مختلف انجام شد.)

ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطهٔ قوت دانش فیزیک است.

قانون

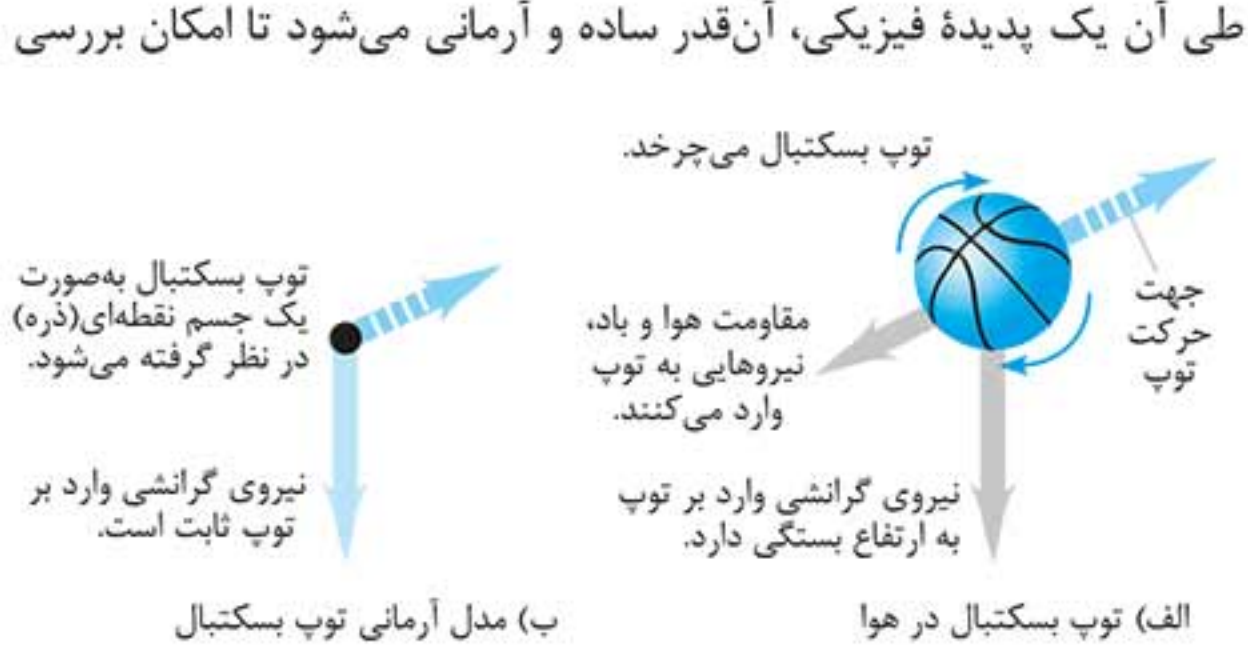
رابطهٔ بین برخی از کمیت‌های فیزیکی را توصیف می‌کند و در دامنهٔ وسیعی از پدیده‌های گوناگون کاربرد دارد. (مانند قوانین نیوتون)

اصل

برای توصیف دامنهٔ محدودتری از پدیده‌های فیزیکی که عمومیت کم‌تری دارند، از اصل استفاده می‌شود. (مانند اصل پاسکال که فقط برای شاره‌های ساکن معتبر است.)

۲ مدل‌سازی در فیزیک

مدل‌سازی فرایندی است که طی آن یک پدیدهٔ فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.



الف) توپ بسکتبال در هوا ب) مدل آرمانی توپ بسکتبال

به عنوان مثال برای مدل‌سازی حرکت توپ بسکتبال در فضا، آن را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم و از چرخش توپ، تغییر نیروی گرانشی با تغییر ارتفاع و مقاومت هوا صرف‌نظر می‌کنیم و در نهایت جهت حرکت و نیروی وزن را بررسی می‌کنیم.

نکته:

هنگام مدل‌سازی، باید از اثرهای جزئی صرف‌نظر کنیم و نباید اثرهای مهم و تأثیرگذار را نادیده بگیریم. مثلاً در مدل‌سازی حرکت توپ نمی‌توانیم نیروی وزن را حذف کنیم، چرا که در این صورت پرتاب توپ به سمت بالا، با هیچ بازگشتی همراه نخواهد بود!

۳ تقسیم‌بندی کمیت‌ها

۱ **کمیت نرده‌ای:** فقط با یک عدد و یکای مناسب بیان می‌شود.

۲ **کمیت برداری:** علاوه بر یک عدد و یکای مناسب، جهت آن نیز باید گفته شود.

نکته:

کمیت‌های بردار مکان، جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو، تکانه، میدان الکتریکی و مغناطیسی همگی برداری‌اند و کمیت‌هایی مانند مسافت، تندی، انواع انرژی‌ها، کار، شار مغناطیسی، جریان، فشار و ... همگی نرده‌ای‌اند.

تذکر جریان و فشار دوکمیتی هستند که جهت دارند ولی چون از قوانین جمع برداری پیروی نمی‌کنند، نرده‌ای‌اند.

۴ کمیت‌ها و یکاهای اصلی

هفت کمیت زیر، کمیت‌های اصلی و یکاهای آن‌ها نیز یکاهای اصلی‌اند.

هر کمیتی به غیر از این هفت کمیت کمیت‌های فرعی‌اند و توسط رابطه‌ها و تعریف‌های فیزیکی به این هفت کمیت وابسته‌اند و یکای آن‌ها برحسب یکاهای اصلی تعریف می‌شود و نیازی به تعریف یکای مستقل برای کمیت‌های فرعی نیست.

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کِلوین	K
مقدار ماده	مُول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کَندِلا (شمع)	cd

یکای نجومی (AU) برابر با میانگین فاصلهٔ زمین تا خورشید و واحد طول می‌باشد. همچنین سال نوری نیز مسافتی است که نور در یک سال در خلأ طی می‌کند و واحد طول است.

تست کدام کمیت‌ها همگی فرعی و نرده‌ای هستند؟ (ریاضی ۹۷)

۱) نیرو ـ جرم ـ گرمای ویژه
۲) انرژی جنبشی ـ شار مغناطیسی ـ شتاب
۳) فشار ـ جرم ـ میدان مغناطیسی
۴) انرژی جنبشی ـ شار مغناطیسی ـ فشار

پاسخ **گزینهٔ «۴»**

◂ **یکای ژول، معادل کدام‌یک از یکاهای زیر است؟**

۱) $\frac{kg\cdot m}{s}$ ۲) $\frac{kg\cdot m^2}{s}$ ۳) $\frac{kg\cdot m}{s^2}$ ۴) $\frac{kg\cdot m^2}{s^2}$

پاسخ **گزینهٔ «۴»** ژول یکای انرژی است، به کمک هر کدام از فرمول‌های انرژی که می‌دانیم، می‌توانیم یکای ژول را برحسب یکاهای اصلی به‌دست آوریم:

$$\text{انرژی جنبشی} = K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow J = kg(\frac{m}{s})^2 \Rightarrow J = \frac{kg\cdot m^2}{s^2}$$

(J: K، kg: m، بدون یکا: ۱/۲، m/s: v)

تبدیل زنجیری

برای تبدیل یکاها به روش تبدیل زنجیری، اندازهٔ کمیت‌ها را در یک ضریب تبدیل مناسب (نسبتی از یکاها که برابر عدد یک است) ضرب می‌کنیم. مثال زیر یک نمونه از تبدیل زنجیری است:

$$v = 72\frac{km}{h} = 72\frac{km}{h}\times\underbrace{(\frac{1h}{3600s})\times(\frac{1000m}{1km})}_{\text{ضریب تبدیل}} = 20\,m/s$$

آهنگ

تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم. مثلاً اگر آهنگ خروج آب از شلنگی، $100\,cm^3/s$ باشد، به این معنا است که در هر ثانیه، $100\,cm^3$ آب از شلنگ خارج می‌شود.

تست از شلنگی آب با آهنگ $20\,cm^3/s$ خارج می‌شود. آهنگ خروج آب چند لیتر بر دقیقه است؟

۱) ۰/۰۱۲ ۲) ۰/۱۲ ۳) ۱/۲ ۴) ۱۲

پاسخ **گزینهٔ «۳»**

$$20\frac{cm^3}{s} = 20\frac{cm^3}{s}\times(\frac{1L}{1000cm^3})\times(\frac{60s}{1min}) = \frac{20\times60}{1000}\frac{L}{min} = 1/2\,L/min$$

سازگاری یکاها

در هر رابطه و فرمول فیزیک، یکای نهایی کمیت‌ها در دو طرف رابطه باید یکسان باشد. به عنوان مثال، امکان ندارد که کمیتی برحسب ژول با کمیتی برحسب متر برابر باشد. یعنی در فیزیک دو تا سیب با دو تا گلابی برابر نیست!

پاسخ **گزینهٔ«۱»** حجم مخلوط را V در نظر می‌گیریم:

$$V_1=\frac{1}{3}V\ ,\ V_2=\frac{2}{3}V$$

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2}{V}=\frac{\rho_1\times\frac{1}{3}V+\rho_2\times\frac{2}{3}V}{V}=\frac{\rho_1+2\rho_2}{3}$$

◂ **چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیهٔ V_A و V_B برابر ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر چگالی مایع A برابر $600\,g/L$ و چگالی مایع B $800\,g/L$ باشد، V_A چند برابر V_B است؟** (ریاضی خارج ۹۲)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) $\frac{1}{4}$

پاسخ **گزینهٔ«۳»** واحد چگالی‌ها را یکسان می‌کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}}=0/75\,g/cm^3\ ,\ \rho_A=600\,g/L=0/6\,g/cm^3\ ,\ \rho_B=800\,g/L=0/8\,g/cm^3$$

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}}=\frac{\rho_AV_A+\rho_BV_B}{V_A+V_B}\Rightarrow 0/75=\frac{0/6\times V_A+0/8V_B}{V_A+V_B}\Rightarrow\frac{V_A}{V_B}=\frac{1}{3}$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. جرم و زمان از ..... و کیلوگرم و ثانیه از ..... می‌باشند. (ریاضی خارج ۸۶)

۱) یکاهای فرعی ـ یکاهای اصلی ۲) یکاهای اصلی ـ کمیت‌های فرعی
۳) کمیت‌های اصلی ـ یکاهای اصلی ۴) کمیت‌های اصلی ـ کمیت‌های فرعی

۲. آهنگ خروج آب از یک شلنگ، ۳۰۰ لیتر بر دقیقه است. اگر با این شیر بخواهیم استخری به قاعدهٔ $5m\times4m$ را پر کنیم، آهنگ افزایش ارتفاع آب استخر بر حسب mm/s کدام است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۵ ۴) ۰/۵

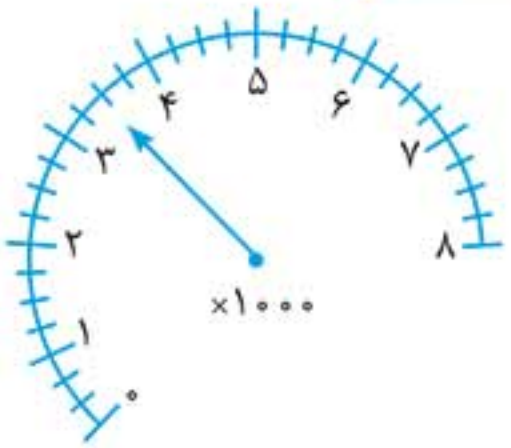
۳. طول یک جسم با خط‌کشی که بر حسب میلی‌متر مدرج شده، اندازه‌گیری شده است. این طول را بر حسب سانتی‌متر چگونه می‌توان نوشت؟ (ریاضی ۸۵)

۱) ۷/۰ ۲) ۷/۵۲ ۳) ۷۵/۰۲۰ ۴) ۷۵/۲

۴. شکل مقابل یک کولیس رقمی را نشان می‌دهد. بزرگی خطای اندازه‌گیری با این کولیس چند میکرومتر است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

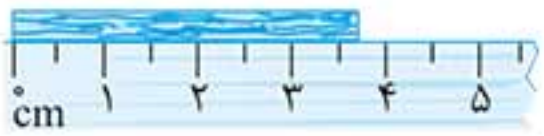
۱) ۳ ۲) ۲
۳) ۱/۵ ۴) ۱

۵. شکل مقابل نمایشگر دور موتور یک خودرو را برحسب دور بر دقیقه (rpm) نمایش می‌دهد. دقت و خطا به ترتیب از راست به چپ بر حسب rpm کدام است؟



۱) $\pm200,200$ ۲) $\pm100,200$
۳) $\pm250,250$ ۴) $\pm125,250$

۶. نتیجهٔ اندازه‌گیری توسط خط‌کش مقابل به همراه خطای آن بر حسب سانتی‌متر کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $۳/۷ \pm ۰/۲۵$ ۲) $۳/۷۵ \pm ۰/۲۵$
۳) $۳/۷ \pm ۰/۳$ ۴) $۳/۷۵ \pm ۰/۳$

۷. جرم جسمی $۱/۴۰ \times ۱۰^{۴}\ kg$ اندازه‌گیری شده است. تعداد ارقام با معنی در این اندازه‌گیری کدام است؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

۸. قدیمی‌ترین سنگ نوشتهٔ حقوق بشر به حدود ۲۵۵۰ سال پیش باز می‌گردد. مرتبهٔ بزرگی سن این سنگ نوشته بر حسب ثانیه چقدر است؟ (هر سال را $۳ \times ۱۰^{۷}\ s$ در نظر بگیرید.)

۱) $۱۰^{۱۰}$ ۲) $۱۰^{۱۲}$ ۳) $۱۰^{۱۴}$ ۴) $۱۰^{۱۶}$

۹. تخمین مرتبهٔ بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ فوتبال به شعاع $۱۱/۵\ cm$ جای داد، کدام است؟ (مرتبهٔ بزرگی شعاع نوترون را $۱۰^{-۱۵}\ m$ در نظر بگیرید.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $۱۰^{۳۹}$ ۲) $۱۰^{۴۲}$ ۳) $۱۰^{۴۵}$ ۴) $۱۰^{۴۸}$

۱۰. با فرض اینکه فشار در تمام نقاط سطح کرهٔ زمین، $۱۰^{۵}\ Pa$ است، تخمین مرتبهٔ بزرگی جرم هوای اطراف زمین بر حسب کیلوگرم کدام است؟ (شعاع زمین $۶۴۰۰\ km$ است.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $۱۰^{۱۶}$ ۲) $۱۰^{۱۹}$ ۳) $۱۰^{۲۲}$ ۴) $۱۰^{۲۵}$

۱۱. چگالی جسم A، ۱/۵ برابر چگالی جسم B است. اگر جرم ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم B برابر ۲۰۰ گرم باشد، جرم ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم A چند گرم است؟ (ریاضی خارج ۹۱)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۶۰

۱۲. جرم یک گلولهٔ آهنی ۳۹۰۰ گرم و چگالی آن $۷۸۰۰\ kg/m^{۳}$ است. اگر گلولهٔ آهنی را به آرامی در ظرف پر از الکل فرو ببریم و چگالی الکل ۸۰۰ گرم بر لیتر باشد، چند گرم الکل از ظرف خارج می‌شود؟ (ریاضی خارج ۹۰)

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۹۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۴۰۰۰

۱۳. دو استوانهٔ همگن A و B دارای جرم و ارتفاع مساوی‌اند. استوانهٔ A توپر و استوانهٔ B توخالی است. اگر شعاع خارجی این دو استوانه با هم برابر و شعاع داخلی استوانهٔ B نصف شعاع خارجی آن باشد، چگالی استوانهٔ A چند برابر چگالی استوانهٔ B است؟ (ریاضی ۸۹)

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۴}$

۱۴. در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $۵cm^{۳}$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب شده چند گرم است؟ $(\rho_{\text{یخ}} = ۰/۹\ g/cm^{۳}\ ,\ \rho_{\text{آب}} = ۱\ g/cm^{۳})$ (ریاضی خارج ۸۸)

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

۱۵. جواهر فروشی در ساختن یک قطعه جواهر به جای طلای خالص، مقداری نقره نیز به کار برده است. اگر حجم قطعهٔ ساخته شده ۵ سانتی‌متر مکعب و چگالی آن $۱۳/۶\ g/cm^{۳}$ باشد، جرم نقرهٔ به‌کار رفته چند گرم است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب $۱۰\ g/cm^{۳}$ و $۱۹\ g/cm^{۳}$ فرض شود.) (ریاضی خارج ۹۵)

۱) ۸ ۲) ۳۰ ۳) ۳۴ ۴) ۳۸

پاسخ‌نامه تشریحی

۱. گزینهٔ «۳»

۲. گزینهٔ «۲»

آهنگ خروج آب از شلنگ برابر با آهنگ تغییر حجم آب درون استخر است. آهنگ خروج آب را بر حسب m^3/s محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t}=۳۰۰\frac{L}{min}\times(\frac{۱min}{۶۰s})\times(\frac{۱m^3}{۱۰۰۰L})=۵\times۱۰^{-۳}\ m^3/s$$

تغییر حجم آب درون استخر برابر با $A\Delta h$ می‌باشد.

$$\Delta V=A\Delta h\xrightarrow{\text{طرفین را تقسیم بر }\Delta t\text{ می‌کنیم}}\frac{\Delta V}{\Delta t}=A\frac{\Delta h}{\Delta t}\Rightarrow ۵\times۱۰^{-۳}=۲۰\times\frac{\Delta h}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow\frac{\Delta h}{\Delta t}=۰/۲۵\times۱۰^{-۳}\ m/s\xrightarrow{\times۱۰۰۰}\frac{\Delta h}{\Delta t}=۰/۲۵\ mm/s$$

۳. گزینهٔ «۲»

چون خط‌کش مدرج است، باید یک رقم حدسی هم داشته باشیم که ارزش و جایگاه این عدد یک دهم میلی‌متر (یک صدم سانتی‌متر) است. بنابراین، گزینه‌ای قابل قبول است که دقیقاً تا یک صدم سانتی‌متر رقم داشته باشد و فقط گزینهٔ «۲» این ویژگی را دارد.

۴. گزینهٔ «۴»

بزرگی خطا در وسایل رقمی برابر با یک واحد از آخرین رقم گزارش شده است:

$$\text{خطا}=\pm\frac{۱}{۱۰۰۰}mm=\pm۱۰^{-۶}m=\pm۱\mu m\Rightarrow\text{بزرگی خطا}=۱\mu m$$

۵. گزینهٔ «۴»

بین هر دو عدد به چهار قسمت تقسیم شده است، در نتیجه دقت برابر است با:

$$\text{دقت}=\frac{۱}{۴}\times۱۰۰۰rpm=۲۵۰\ rpm$$

$$\text{خطای وسیلهٔ مدرج}=\pm\frac{\text{دقت}}{۲}=\pm\frac{۲۵۰}{۲}=\pm۱۲۵\ rpm$$

۶. گزینهٔ «۳»

دقت برابر با کمینهٔ درجه‌بندی است:

$$\text{دقت}=\frac{۱}{۲}cm=۰/۵\ cm$$

$$\text{خطا}=\pm\frac{\text{دقت}}{۲}=\pm\frac{۰/۵}{۲}=\pm۰/۲۵\ cm\xrightarrow[\text{شود}]{\text{باید گرد}}\text{خطا}=\pm۰/۳\ cm$$

چون وسیله مدرج است، باید یک رقم حدسی هم داشته باشیم. حدس من $۳/۷\ cm$ است:

$$\text{نتیجهٔ گزارش}=\underset{\text{عدد خوانده شده}}{۳/۷\ cm}\pm\underset{\text{خطا}}{۰/۳\ cm}$$

(۷ رقم حدسی)

۷. گزینهٔ «۱»

گفتیم که وقتی عددی به‌صورت $a\times۱۰^n$ گزارش می‌شود، تعداد ارقام با معنای آن برابر با تعداد ارقام با معنای a است، بنابراین:

$$m=\underset{\text{سه رقم با معنا}}{۱/۴۰}\times۱۰^۴kg$$

فیزیک و اندازه‌گیری

- **قانون**: رابطهٔ بین برخی کمیت‌ها در دامنهٔ وسیعی از پدیده‌هاست.
- **اصل**: رابطهٔ بین برخی کمیت‌ها در دامنهٔ محدودی از پدیده‌هاست.

مدل‌سازی

- **تعریف**: ساده‌سازی پدیده‌های فیزیکی برای تحلیل راحت‌تر رامدل‌سازی می‌گویند.
- **نکته**: در مدل‌سازی فقط باید از اثرات جزئی صرف‌نظر کرد.

کمیت‌ها و یکاها

دسته‌بندی کمیت‌ها

دسته‌بندی (۱)		دسته‌بندی (۲)	
نرده‌ای	برداری	اصلی	فرعی

- کمیت نرده‌ای، فقط با یک عدد و یکای مناسب بیان می‌شود. ولی کمیت برداری، علاوه بر عدد و یکای مناسب، به جهت هم نیاز دارد.
- کمیت‌های طول، جرم، زمان، دما، مقدار ماده، جریان الکتریکی و شدت روشنایی کمیت اصلی‌اند.کمیت‌های فرعی به کمک فرمول‌های فیزیکی بر حسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند.

آهنگ

- تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، آهنگ آن کمیت می‌گویند.

سازگاری یکاها

- در هر فرمول و رابطه‌ای، یکای نهایی دو طرف فرمول باید یکسان باشد.

پیشوندها

ترا	گیگا	مگا	کیلو	هکتو	دکا	دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو
T	G	M	k	h	da	d	c	m	μ	n	P
10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

نمادگذاری علمی

- در نمادگذاری علمی هر عدد را به‌صورت $a\times10^{n}$ که $1\le a<10$ می‌نویسیم.

خطا و دقت

نوع وسیله	دقت اندازه‌گیری	خطا	نحوهٔ خواندن وسیله	رقم غیرقطعی و مشکوک	رقم حدسی
مدرج	کمینهٔ درجه‌بندی وسیله	$\pm\frac{\text{دقت}}{2}$	تا کوچکترین درجه‌بندی را می‌نویسیم و در آخر یک رقم هم حدس می‌زنیم	آخرین رقم سمت راست	آخرین رقم سمت راست
رقمی	یک واحد از آخرین رقم نمایش داده شده	دقت $\pm$	هر عددی که نمایشگر نشان می‌دهد را می‌نویسیم	آخرین رقم سمت راست	رقم حدسی ندارد

نحوهٔ گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری: (دقت) $\pm$ (عدد خوانده شده)

- **نکته**: قبل از میانگین‌گیری، نتایج پرت را حذف می‌کنیم.

عوامل مؤثر بر دقت

۱) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری | ۲) مهارت شخص آزمایش‌کننده | ۳) افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری و میانگین گرفتن از آن‌ها

تخمین مرتبهٔ بزرگی

ابتدا اعداد را قبل از قراردادن در فرمول به‌صورت نماد علمی می‌نویسیم و سپس از قاعدهٔ مقابل استفاده می‌کنیم.

- $1\le x<5 \leftarrow x\sim1$
- $5\le x<10 \leftarrow x\sim10$

مثال: $5/5\times10^{2}\sim10\times10^{2}\sim10^{3}$

چگالی

$$\rho=\frac{m}{V}$$

- در محاسبهٔ چگالی یک ماده، باید حجم واقعی خود ماده را در فرمول قرار دهیم، مثلاً اگر جسمی حفره داشته باشد، حجم واقعی ماده برابر با تفاضل حجم جسم و حجم حفره است.

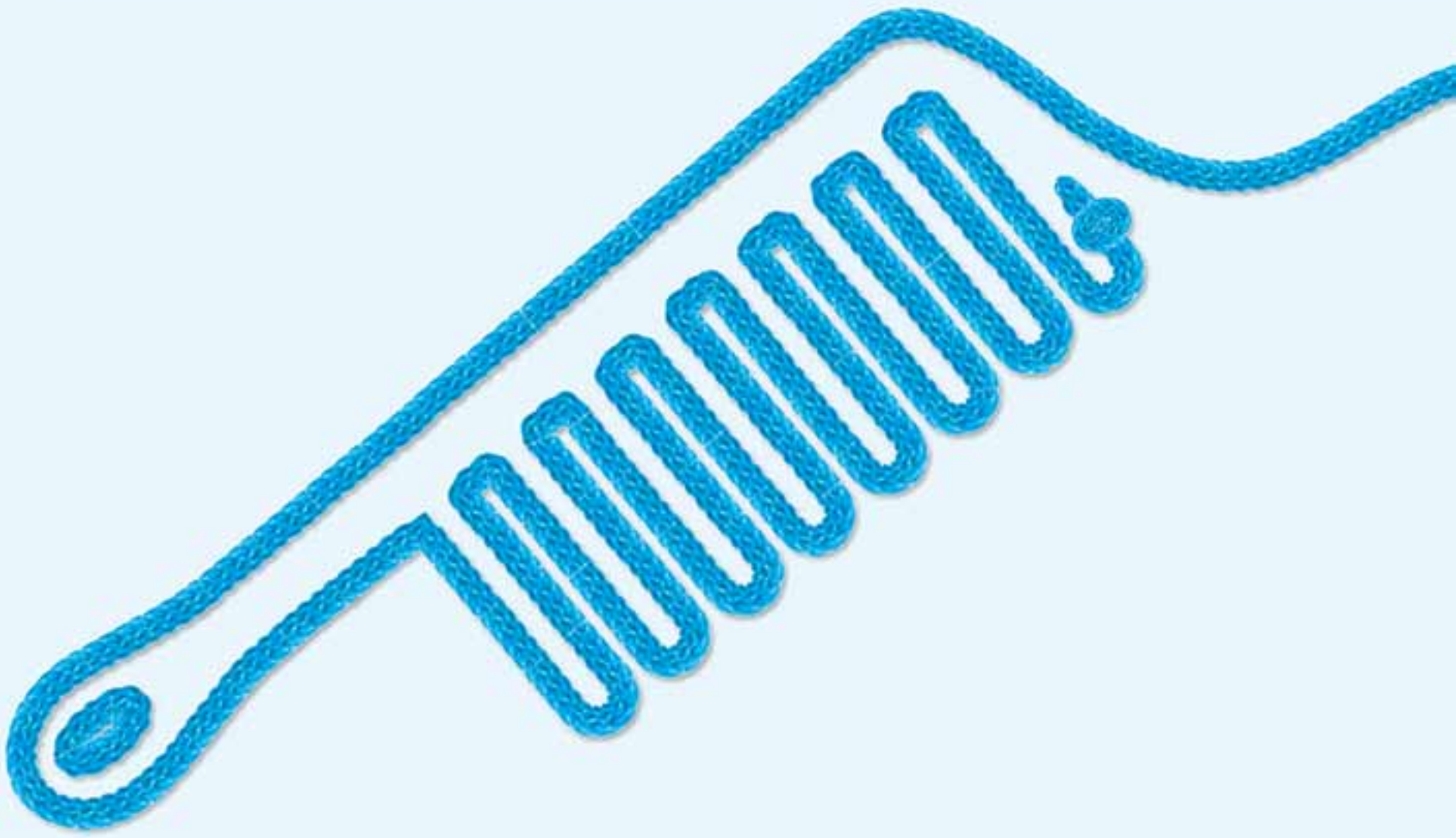
چگالی مخلوط

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}}=\frac{m_1+m_2+\cdots}{V_1+V_2+\cdots}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2+\cdots}{V_1+V_2+\cdots}=\frac{m_1+m_2+\cdots}{\frac{m_1}{\rho_1}+\frac{m_2}{\rho_2}+\cdots}$$

فصل ۵

الکتریسیتهٔ ساکن

- مفاهیم اولیهٔ بار الکتریکی
- نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار
- میدان الکتریکی
- انرژی پتانسیل الکتریکی
- پتانسیل الکتریکی
- توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا
- خازن



تذکر در این فرمول، بارها باید با علامتشان جایگذاری شوند.

- جهت شارش بار از جسم با بار منفی به جسم با بار مثبت است (اگر بارها همنام باشند، با در نظر گرفتن علامت، بار از جسمی که بار کم‌تری دارد، به جسمی که بار بیشتری دارد، منتقل می‌شود).

تماس دو کرهٔ رسانا به یکدیگر

با اتصال دو کرهٔ فلزی مشابه با بارهای q_1 و q_2 به یکدیگر و سپس جدا کردن آن‌ها، بار نهایی هر دو کره (q'_1 و q'_2) با هم برابر شده و مقدار آن برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

- اگر کره‌ها هم‌اندازه نباشند، کرهٔ بزرگ‌تر بار بیشتری می‌یابد.

تست دو کرهٔ فلزی یکسان که روی دو پایهٔ عایق قرار دارند، دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +12\,\mu C$ و $q_2 = -2\,\mu C$ می‌باشند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟ (ریاضی خارج ۸۹)

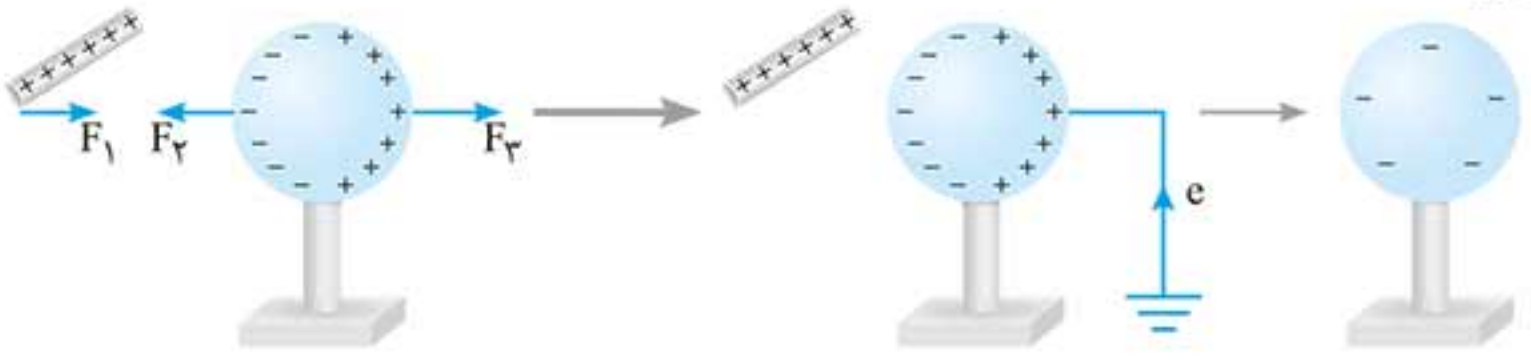
۱) ۷ ۲) ۱۰ ۳) ۸ ۴) ۵

پاسخ گزینهٔ «۴»

$$q_1 = 12\,\mu C \ , \ q_2 = -2\,\mu C \ , \ q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{12 - 2}{2} = 5\,\mu C$$

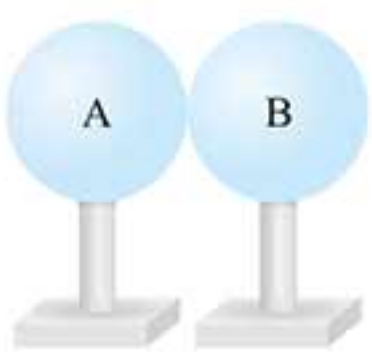
القا

جابه‌جا شدن بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعهٔ الکتریکی است و برای اجسام رسانا به کار می‌رود.



- علامت بار ایجاد شده در رسانا مخالف بار جسم القاکننده است.
- جسم القاکننده و القاشونده همواره یکدیگر را جذب می‌کنند (نیروی جاذبهٔ F_2 از نیروی دافعهٔ F_3 بیشتر است).

تست در شکل مقابل، اندازهٔ بار میله، q است و کره‌های رسانای **A** و **B** در ابتدا بار الکتریکی ندارند و در تماس با یکدیگر هستند. اگر دو کره را از یکدیگر جدا کنیم، سپس میله را نیز از آن‌ها دور کنیم، اندازهٔ بار کره‌های **A** و **B** به ترتیب q_A و q_B می‌شود. کدام گزینه درست است؟

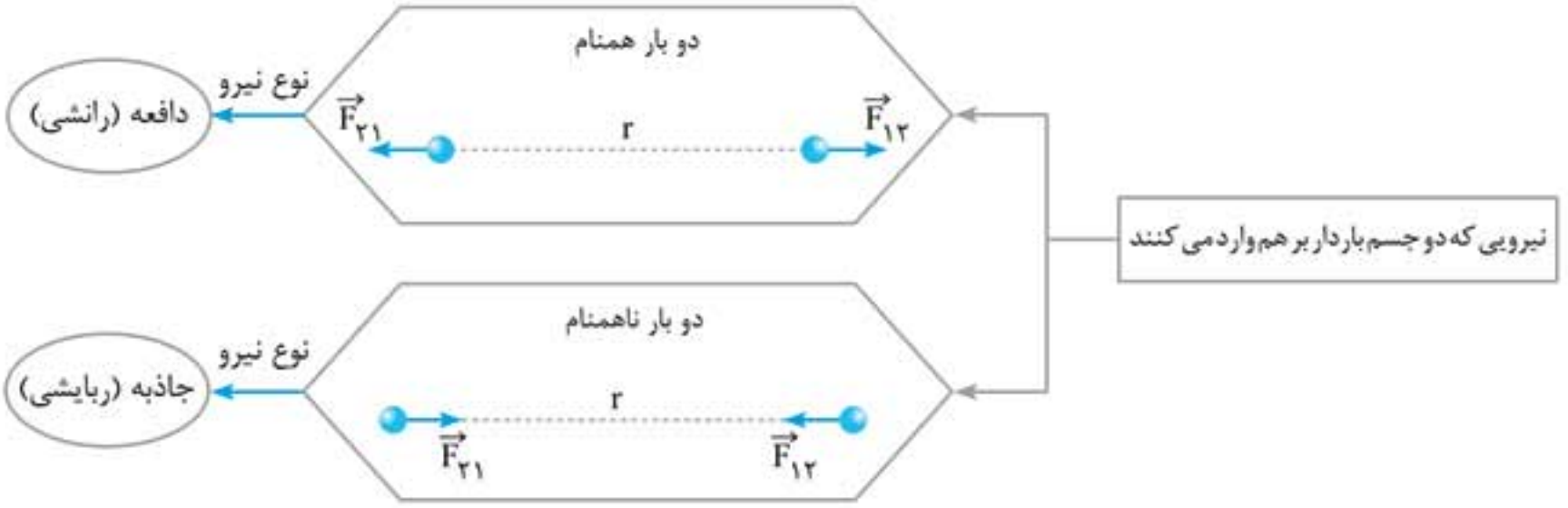


۱) $q_A = q_B$ ۲) $q_A = -q_B$ ۳) $|q_A| > |q_B|$ ۴) $|q_A| < |q_B|$

پاسخ **گزینهٔ«۲»** ۱ میله دارای بار منفی است، بنابراین کرهٔ A بار مثبت و کرهٔ B بار منفی می‌یابد.

۲ چون دو کره هم‌اندازه و با یکدیگر در تماس بوده‌اند، هر مقدار که B بار منفی دریافت کرده است، کرهٔ A همان مقدار بار منفی از دست داده است ($|q_A^+| = |q_B^-|$).

۳ نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار

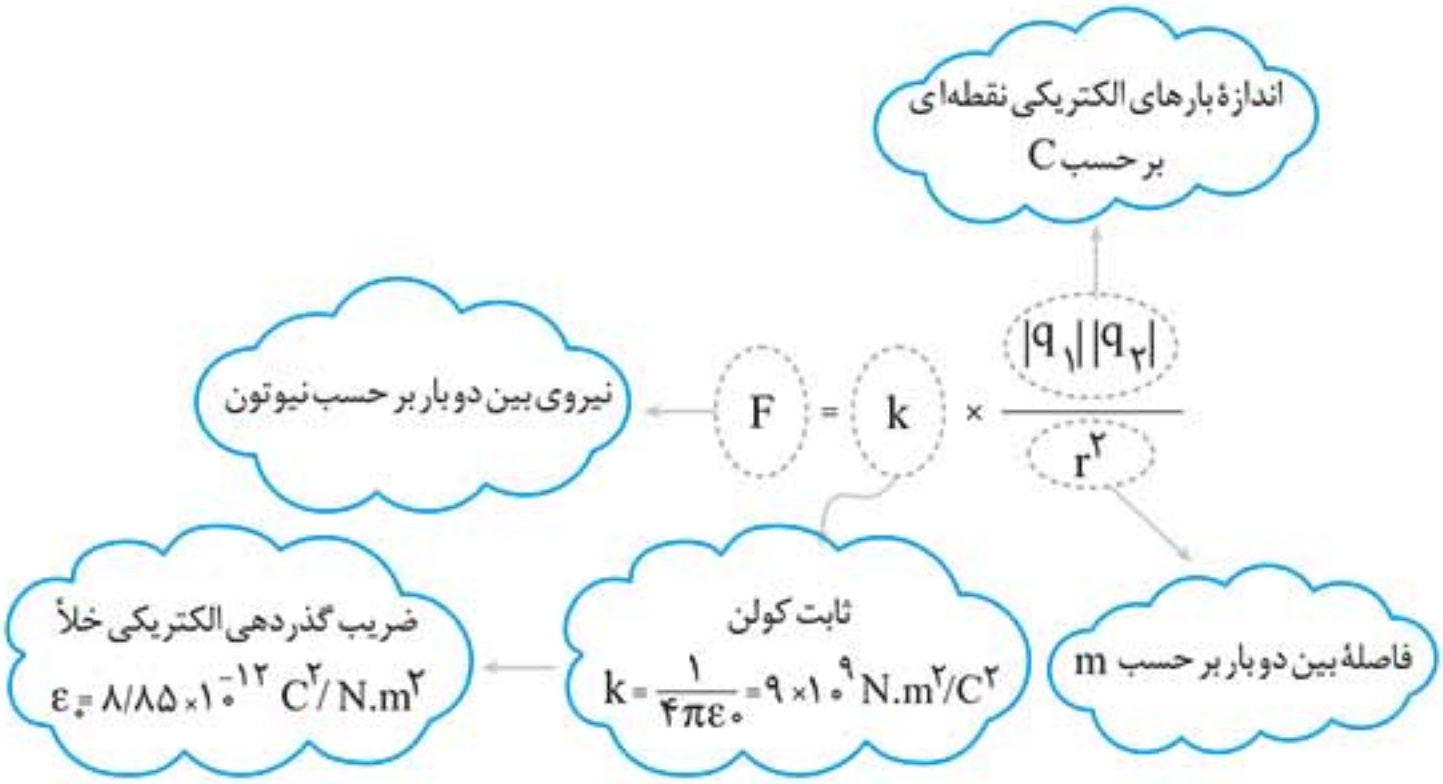


نکته: نیروی الکتریکی وارد بر هر یک از دو بار حتماً در راستای خط واصل دو بار است و طبق قانون سوم نیوتون **هم‌اندازه** و **در خلاف جهت** هم هستند.

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

قانون کولن

اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



الکتریسیته ساکن

مفاهیم اولیه بار الکتریکی

بار بنیادی
اندازه بار الکتریکی الکترون یا پروتون:
$e = 1/60 \times 10^{-19} C$

اصل پایستگی بار
بار به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

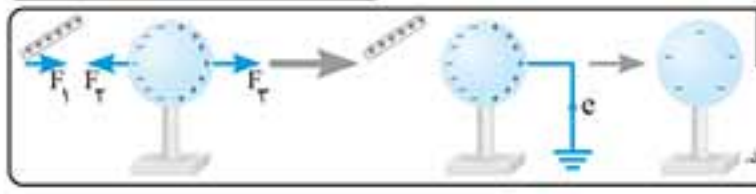
اصل کوانتیده بودن بار
بار الکتریکی مضرب درستی از بار بنیادی است.
$q = \pm ne$
از دست دادن الکترون
گرفتن الکترون

روش‌های باردارکردن

مالش
• با مالش دو جسم به یکدیگر، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. • الکترون از ماده بالاتر جدول سری الکتریسیته مالشی به ماده پایین‌تر منتقل می‌شود (بار جسم بالاتر: مثبت / بار جسم پایین‌تر: منفی)

تماس
تماس یک جسم باردار به یک جسم بدون بار سبب مبادله الکترون بین آن‌ها می‌شود
تماس دوکره رسانای مشابه
$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$

القا
جابجایی بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی را القا گویند
• جسم القاکننده و القاشونده همواره یکدیگر را جذب می‌کنند.

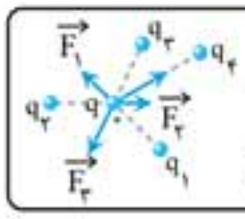


نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار

قانون کولن
$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$

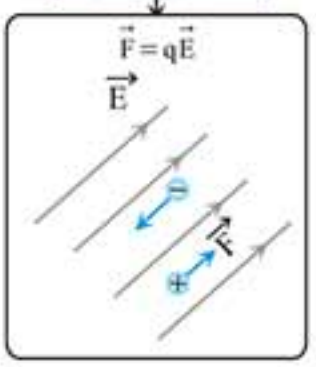
•دو بار نقطه‌ای در راستای خط واصل دو بار بر یکدیگر نیروهای هم‌اندازه و در خلاف جهت وارد می‌کنند.
•نیروی بین دو بار همنام از نوع دافعه و بین دو بار ناهم‌نام از نوع جاذبه است.

بر هم نهی نیروهای الکتروستاتیکی
نیروی برایند وارد بر بار q در اینجا برابر است با:
$\vec{F}_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

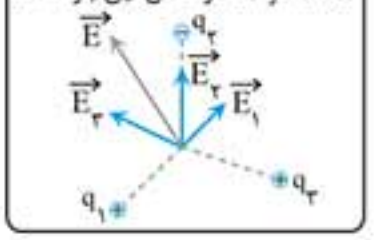


میدان الکتریکی

نیروی وارد بر بار q در میدان خارجی E
$\vec{F} = q\vec{E}$



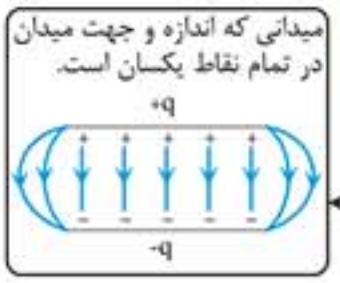
برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی
میدان الکتریکی $\vec{E}$ در محل بار آزمون جمع برداری میدان‌های E_1، E_2 و E_3 در محل این بار است.



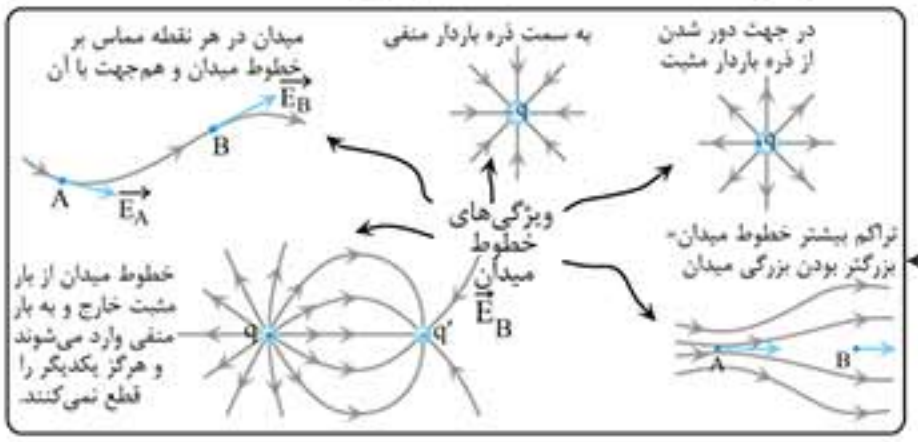
نقطه صفر شدن میدان با حضور دو بار
۱) دو بار هم‌نام: بین دو بار و نزدیک بار کوچکتر
۲) دو بار ناهم‌نام: خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک بار کوچکتر
• در این نقاط هر باری قراردهیم نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر می‌شود.

خاصیتی در اطراف بار الکتریکی که به سبب آن به بارهای اطرافش نیرو وارد می‌کند.
$E = k\frac{|q|}{r^2}$

میدان یکنواخت
میدانی که اندازه و جهت میدان در تمام نقاط یکسان است.



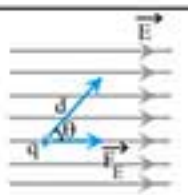
ویژگی‌های خطوط میدان $\vec{E}$



انرژی پتانسیل الکتریکی

اختلاف پتانسیل الکتریکی
$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$
• جابجایی در جهت خطوط میدان: کاهش پتانسیل نقاط
• جابجایی خلاف جهت خطوط میدان: افزایش پتانسیل نقاط
• جابجایی عمود بر خطوط میدان: عدم تغییر پتانسیل نقاط

انرژی پتانسیل الکتریکی
$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$



• درجابجایی‌های عمود بر خطوط میدان انرژی پتانسیل بار ثابت می‌ماند.
• جابجایی بار در جهتی که تمایل دارد: کاهش انرژی پتانسیل
• جابجایی در خلاف جهتی که تمایل دارد: افزایش انرژی پتانسیل

توزیع بار الکتریکی

• در اجسام رسانا: بار به سرعت در سطح خارجی جسم رسانا توزیع می‌شود و میدان درون رسانا صفر می‌شود.
• در اجسام نارسانا: بار در محل داده شده به جسم باقی می‌ماند.

خازن

میدان الکتریکی یکنواخت خازن
$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_0 A}$

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن
$C = \frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}$

• ظرفیت یک خازن همواره مقداری ثابت است و فقط به ساختار درونی آن بستگی دارد.
$C = \frac{Q}{V}$

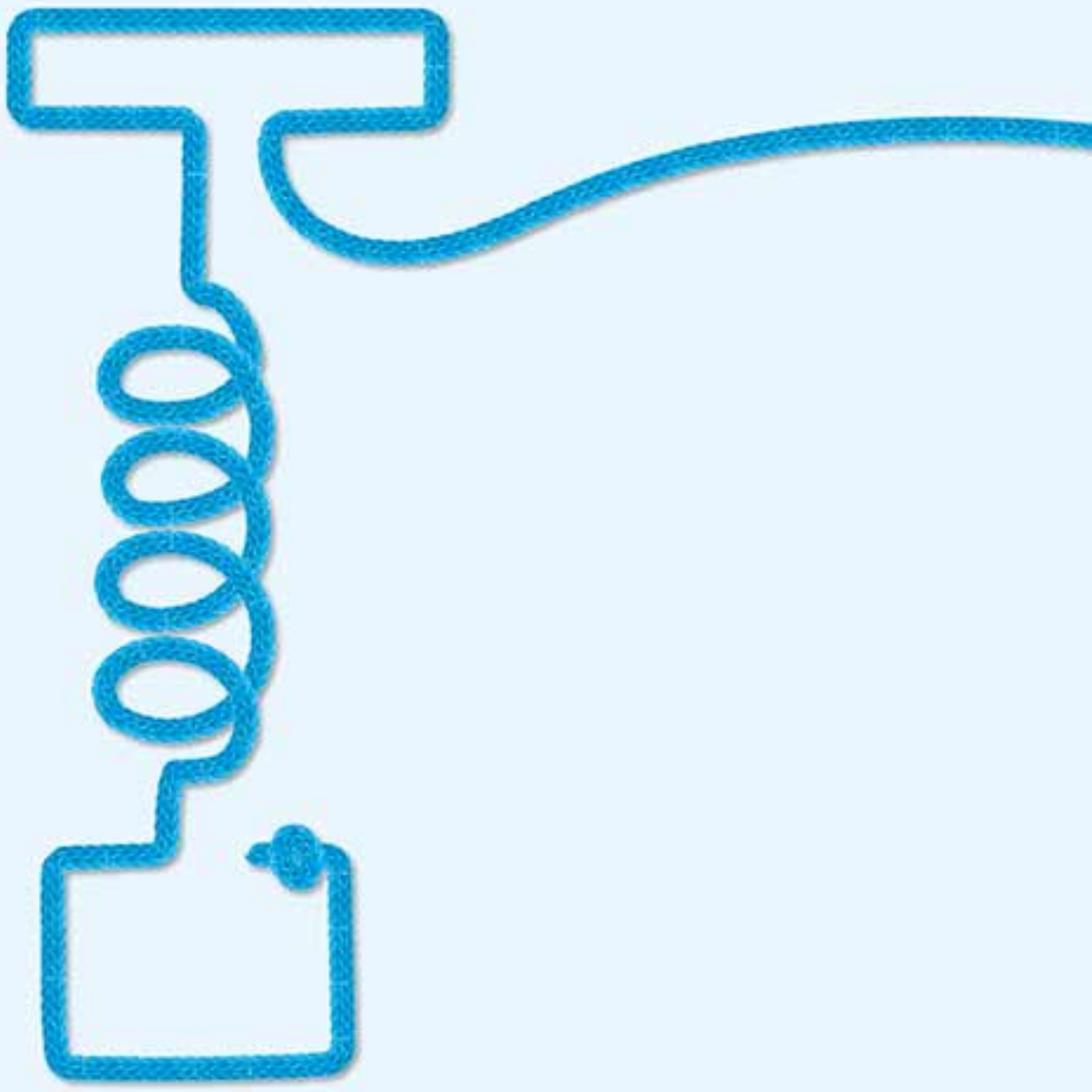
تغییر در خازن
۱) برای خازنی که به باتری وصل است، V همواره ثابت است.
۲) برای خازنی که پرشده و جدا از مولد است، Q همواره ثابت است.

انرژی خازن
$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

فصل ۹

دینامیک

- قوانین حرکت نیوتون
- معرفی برخی نیروهای خاص
- تکانه و قانون دوم نیوتون



۳ معرفی برخی از نیروهای خاص

نیروی وزن (W)

وزن یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود.

$$W = mg$$

(W: نیروی وزن (N)، m: جرم (kg)، g: شتاب گرانشی (m/s^2))

نکته:

۱) جهت وزن و شتاب گرانشی همواره به سمت مرکز زمین است.

۲) جرم یک جسم در مکان‌های مختلف همواره ثابت است، ولی وزن آن در شرایط مختلف می‌تواند تغییر کند.

تست وزن جسم A در سطح زمین با وزن جسم B در سطح ماه برابر است. جرم جسم A چند برابر جرم جسم B است؟ $(g_{زمین} = ۱۰\,N/kg\ ,\ g_{ماه} = ۱/۶\,N/kg)$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $\frac{۴}{۲۵}$ ۲) $\frac{۲۵}{۴}$ ۳) $\frac{۲}{۵}$ ۴) $\frac{۵}{۲}$

پاسخ گزینهٔ «۱»

$$W_A = W_B \Rightarrow m_A\, g_{زمین} = m_B\, g_{ماه} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{g_{ماه}}{g_{زمین}} = \frac{۱/۶}{۱۰} = \frac{۴}{۲۵}$$

نیروی مقاومت شاره (f_D)

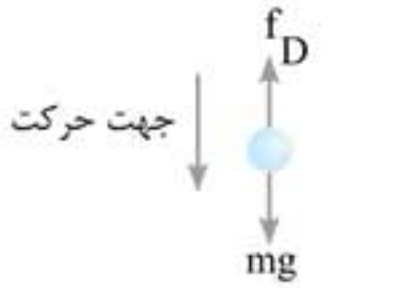
وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی **مقاومت شاره** می‌گویند و آن را با f_D نشان می‌دهند.

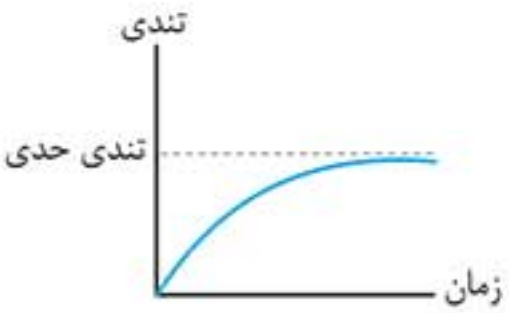
اگر جسم در هوا حرکت کند به این نیرو، **نیروی مقاومت هوا** می‌گویند.

نکته: نیروی مقاومت شاره به **بزرگی جسم**، **تندی آن** و ... بستگی دارد و هر چه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بزرگ‌تر خواهد شد.

تندی حدی

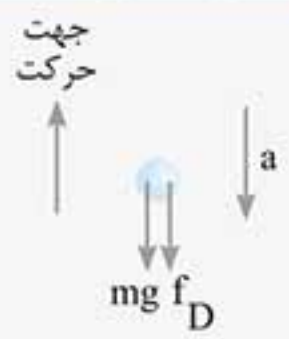
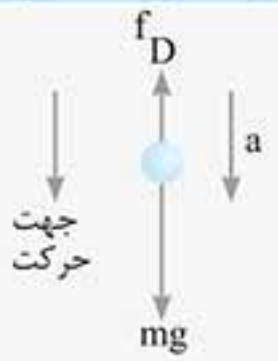
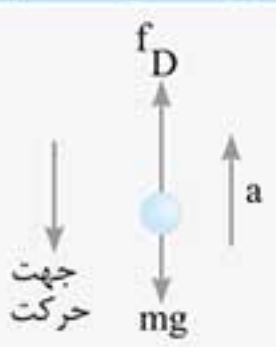
مطابق شکل مقابل جسمی را در نظر بگیرید که در هوا سقوط می‌کند. به علت نیروی وزن، رفته‌رفته تندی جسم بیشتر می‌شود و به همین دلیل نیروی مقاومت شاره بزرگ‌تر می‌شود تا جایی که در یک تندی خاص، نیروی مقاومت شاره (مقاومت هوا) با نیروی وزن برابر می‌شود، در این وضعیت شتاب جسم صفر شده و تندی آن ثابت باقی می‌ماند که به این تندیِ خاص، **تندی حدی** می‌گویند. در شکل مقابل نمودار تندی جسمی که در هوا از حال سکون از یک ارتفاع بلند سقوط می‌کند را مشاهده می‌کنید.



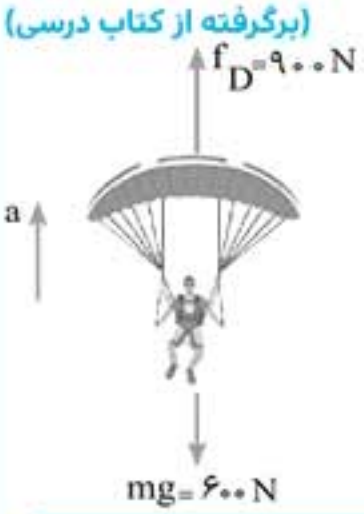


- تندی حدی $\Leftrightarrow f_D = mg$
- اگر بنابه دلایلی (مثلاً پرتاب جسم)، تندی جسم از تندی حدی آن بیشتر باشد، نیروی مقاومت هوا از نیروی وزن بزرگ‌تر است $(f_D > mg)$.

■ در جدول زیر، وضعیت نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا را برای جسمی که در هوا سقوط می‌کند در ۳ وضعیت مشاهده می‌کنید:

جسم رو به بالا حرکت می‌کند	جسم با تندی کم‌تر از تندی حدی رو به پایین حرکت می‌کند $(mg > f_D)$	جسم با تندی بیشتر از تندی حدی رو به پایین حرکت می‌کند $(mg < f_D)$
		
$F_{net} = mg + f_D$	$F_{net} = mg - f_D$	$F_{net} = f_D - mg$
$a = g + \frac{f_D}{m}$	$a = g - \frac{f_D}{m}$	$a = \frac{f_D}{m} - g$
حرکت کندشونده	حرکت تندشونده	حرکت کندشونده

تست چتربازی به جرم ۶۰kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به ۹۰۰N افزایش می‌یابد. شتاب چترباز را در این لحظه..... متر بر مجذور ثانیه رو به ..... است. $(g = 10 m/s^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) ۵، بالا
۲) ۵، پایین
۳) ۷/۵، بالا
۴) ۷/۵، پایین

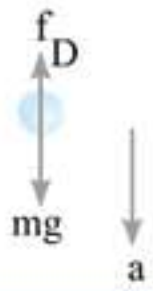
پاسخ **گزینهٔ«۱»** نیروهای وارد بر چترباز، مانند شکل مقابل‌اند. چون $f_D > mg$ است، نیروی خالص و شتاب چترباز روبه بالا است:

$$F_{net} = ma \Rightarrow f_D - mg = ma \Rightarrow ۹۰۰ - ۶۰۰ = ۶۰a$$
$$\Rightarrow a = ۵ m/s^2$$

◂ دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است $(m_۲ = ۲m_۱)$ از بالای برجی به ارتفاع h به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد، دو گوی با تندی‌های $v_۱$ و $v_۲$ به زمین می‌رسند و اگر مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، دو گوی با تندی‌های $v'_۱$ و $v'_۲$ به زمین می‌رسند. در کدام گزینه تندی‌ها به درستی مقایسه شده‌اند؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $v_۱ = v_۲$ ، $v'_۱ > v'_۲$
۲) $v_۱ = v_۲$ ، $v'_۱ < v'_۲$
۳) $v_۱ > v_۲$ ، $v'_۱ = v'_۲$
۴) $v_۱ < v_۲$ ، $v'_۱ = v'_۲$

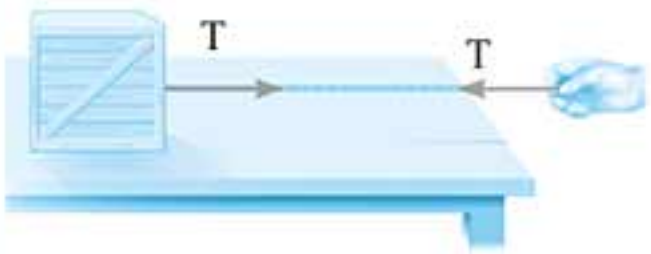
پاسخ **گزینهٔ«۲»** اگر مقاومت هوا ناچیز باشد، فقط نیروی وزن بر گوی‌ها اثر می‌کند و هر دو گوی با شتاب ثابت g سقوط می‌کنند و این یعنی هر دو گلوله با تندی یکسانی به زمین می‌رسند. $(v_۱ = v_۲)$ با وجود مقاومت هوا شرایط مانند شکل مقابل است:



$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - f_D = ma \Rightarrow a = g - \frac{f_D}{m}$$

طبق رابطهٔ به‌دست آمده برای شتاب مشخص است که هر گلوله‌ای که جرم بیشتر داشته باشد، شتاب بزرگ‌تری دارد و با تندی بیشتری به زمین می‌رسد: $m_۲ > m_۱ \Rightarrow a_۲ > a_۱ \Rightarrow v'_۲ > v'_۱$

نیروی کشش طناب (T)



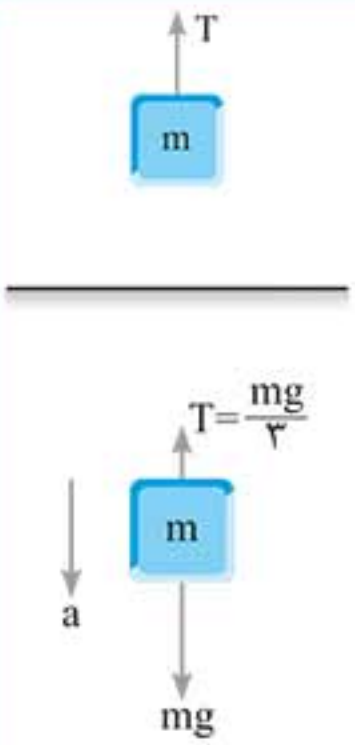
وقتی طناب متصل به جسمی را مطابق شکل می‌کشیم، طناب جسم را با نیرویی می‌کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. چون در این حالت طناب تحت کشش قرار دارد، به این نیرو، نیروی **کشش طناب** گفته می‌شود و آن را با T نشان می‌دهند.

نکته‌ها:

۱ اگر جرم نخ یا کابل ناچیز باشد، این نیرو در کل نخ یا کابل مقدار ثابتی خواهد داشت.

۲ جهت نیروی کشش در نخی که به دو نقطه محکم بسته شده است، همواره به سمت وسط نخ می‌باشد.

تست اگر در شکل روبه‌رو اندازهٔ نیروی کشش نخ $\frac{۱}{۳}$ وزن جسم باشد، شتاب حرکت جسم چند برابر شتاب گرانشی است؟ (تجربی خارج ۸۹)



۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$

۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

پاسخ **گزینهٔ «۳»** چون $mg > T$ می‌باشد، در نتیجه نیروی خالص (F_{net}) در جهت mg (نیروی بزرگ‌تر) و رو به پایین است. شتاب نیز در جهت نیروی خالص و رو به پایین است:

$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - T = ma$$

$$\Rightarrow mg - \frac{mg}{۳} = ma \Rightarrow a = \frac{۲}{۳}g$$

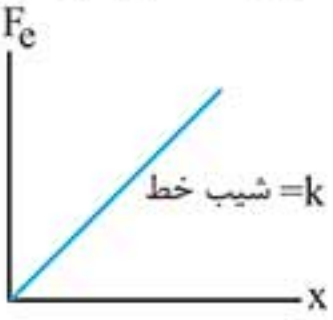
نیروی کشسانی فنر (F_e)

اگر فنر را به اندازهٔ x بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطهٔ تعادل به جسم وارد می‌کند که نیروی **کشسانی فنر** نام دارد و از رابطهٔ مقابل (قانون هوک) به دست می‌آید:

$F_e = kx$ → تغییر طول فنر (m)، ثابت فنر (N/m)

F_e: نیروی کشسانی فنر (N)

- نیروی کشسانی‌ای که فنر به جسم متصل به آن وارد می‌کند، همواره به سمت نقطهٔ تعادلش است و خاصیت بازدارندگی دارد.
- نمودار نیروی کشسانی فنر برحسب تغییر طول آن به شکل مقابل است. دقت کنید که شیب این خط برابر با ثابت فنر است و هر چقدر ثابت فنر بزرگ‌تر باشد، این شیب، بیشتر و فنر سخت‌تر است.



تست وقتی وزنهٔ ۴/۰ kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۴ cm می‌شود و وقتی وزنهٔ ۵ kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۵ cm می‌شود. ثابت فنر چند N/cm است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۵۰ ۴) ۱۰۰

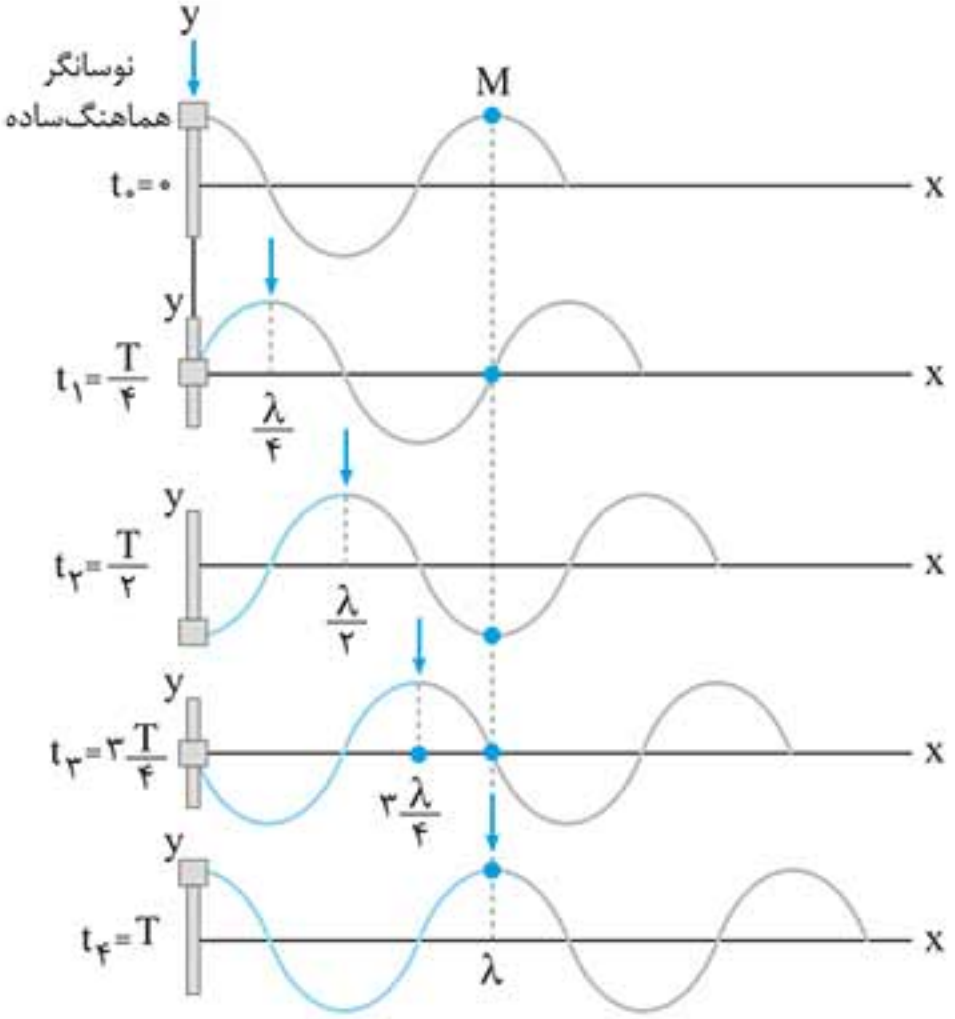
تست دو موج مکانیکی A و B در یک محیط کشسان منتشر می‌شوند. اگر بسامد موج A، ۴ برابر بسامد موج B باشد، طول موج و تندی انتشار موج A چند برابر طول موج و تندی انتشار موج B است؟ (به ترتیب از راست به چپ) (تجربی ۹۵)

۱) $۱ ، \frac{۱}{۴}$ ۲) $۲ ، \frac{۱}{۴}$ ۳) $۱ ، \frac{۱}{۲}$ ۴) $۲ ، \frac{۱}{۲}$

پاسخ **گزینهٔ «۱»** محیط انتشار هر دو موج یکسان است؛ در نتیجه تندی انتشار هر دو یکسان است: $\frac{v_A}{v_B} = ۱$

با استفاده از رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ داریم: v یکسان $: \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{f_B}{f_A} \xrightarrow{f_A = ۴ f_B} \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{۱}{۴}$

موج عرضی سینوسی



۱ طناب بلند کشیده‌ای را در نظر بگیرید که سر آزاد آن را با حرکت هماهنگ ساده، پی‌درپی به بالا و پایین حرکت می‌دهیم. مطابق شکل موج عرضی پیوسته‌ای در طناب ایجاد می‌شود که به آن موج سینوسی می‌گوییم.

۲ شکل طناب در هر لحظه از زمان انتشار موج را **شکل موج** یا **نقش موج** می‌گویند.

۳ مطابق شکل در مدت زمان T (دورهٔ تناوب)، دو اتفاق مهم می‌افتد:

الف) موج به اندازهٔ یک طول موج (λ) پیشروی می‌کند.

ب) هر ذره از محیط انتشار موج (طناب) یک نوسان کامل انجام می‌دهد. (به عنوان مثال به حرکت ذرهٔ M دقت کنید.)

۴ دو نقطه از محیط انتشار موج که فاصلهٔ آن‌ها مضرب صحیحی از طول موج است ($\Delta x = n\lambda$)، وضعیت نوسانی کاملاً مشابهی دارند.

۵ پیشروی موج (Δx) در مدت زمان Δt را از رابطهٔ $\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T}$ محاسبه می‌کنیم.

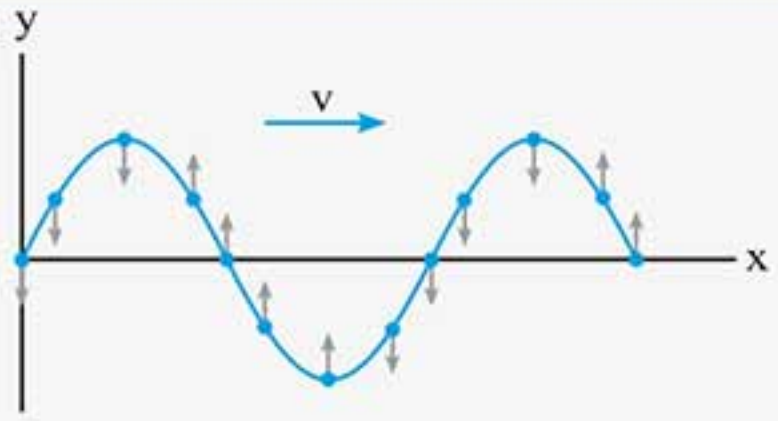
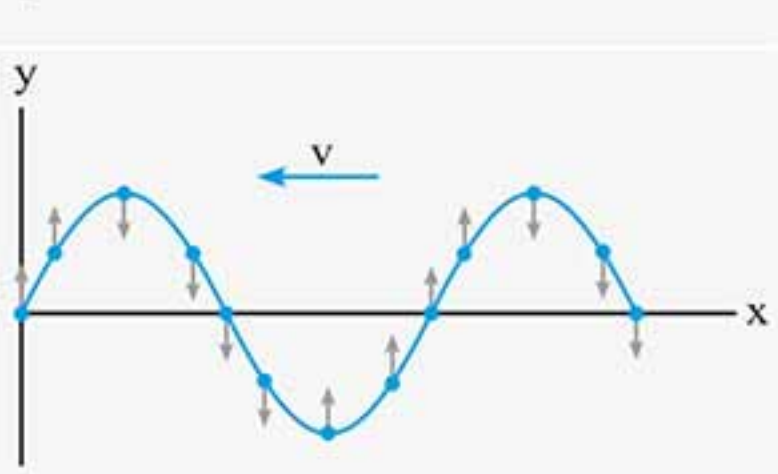
۶ از آن‌جایی که هر ذره از محیط انتشار موج در حال انجام حرکت هماهنگ ساده است، تندی آن متغیر است. هنگامی که هر ذره در وضعیت قله یا دره قرار می‌گیرد، تندی آن صفر شده و تغییر جهت می‌دهد. همچنین در لحظه‌ای که ذره در حال عبور از مرکز نوسان (نقطهٔ تعادل) است، تندی آن بیشینه می‌شود و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

بسامدزاویه‌ای (rad / s)

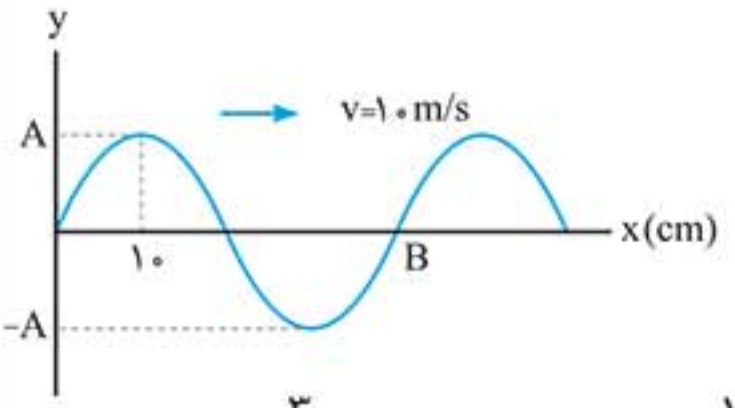
تندی بیشینهٔ هر ذره (m / s) ← $v_{max} = A\omega \xrightarrow{\omega = ۲\pi f} v_{max} = A(۲\pi f)$

دامنهٔ موج (m)

تعیین جهت حرکت ذرات محیط انتشار موج

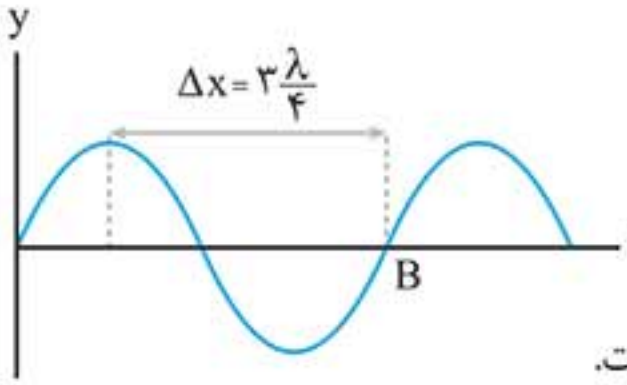
جهت حرکت موج	توضیحات	جهت حرکت ذرات محیط
در جهت محور x	آشفتگی‌ها از سمت چپ به راست حرکت می‌کنند و هر ذره از طناب با گذشت زمان، وضعیتی مشابه با نقاط سمت چپش را خواهد داشت.	
در خلاف جهت محور x	آشفتگی‌ها از سمت راست به چپ حرکت می‌کنند و هر ذره از طناب با گذشت زمان، وضعیتی مشابه با نقاط سمت راستش را خواهد داشت.	

تست شکل مقابل نقش موجی را در یک طناب در لحظهٔ $t=0$ نشان می‌دهد. پس از چند ثانیه ذرهٔ B برای اولین بار در موقعیت $y=+A$ قرار می‌گیرد؟ (تجربی خارج ۸۶)



۱) $\frac{۱}{۲۵}$ ۲) $\frac{۱}{۵۰}$ ۳) $\frac{۱}{۱۰۰}$ ۴) $\frac{۳}{۱۰۰}$

پاسخ گزینهٔ «۴»



با توجه به نمودار $\Rightarrow \frac{\lambda}{۴}=۱۰ \Rightarrow \lambda=۴۰\,cm=۰/۴\,m$

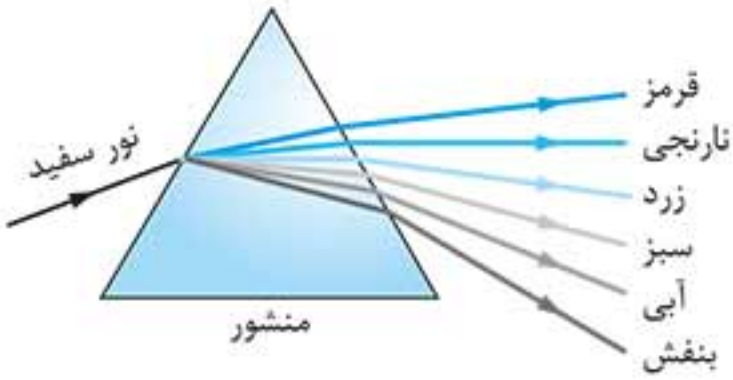
$$\lambda = v\cdot T \xrightarrow[v=۱۰m/s]{\lambda=۰/۴m} \frac{۲}{۵}=۱۰T \Rightarrow T=\frac{۱}{۲۵}s$$

وقتی قله به B برسد، B در موقعیت $y=+A$ قرار خواهد گرفت.

می‌دانیم که موج به سمت راست حرکت می‌کند و قله از سمت چپ به B می‌رسد، در نتیجه موج باید $\Delta x=\frac{۳\lambda}{۴}$ حرکت کند:

$$\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \frac{\frac{۳\lambda}{۴}}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \Delta t=\frac{۳}{۴}T \xrightarrow{T=\frac{۱}{۲۵}s} \Delta t=\frac{۳}{۱۰۰}s$$

پاشندگی نور



ضریب شکست هر محیطی به جز خلاء به طول موج نور بستگی دارد و عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر (بسامد بیشتر)، بیشتر است.

برای طیف نور مرئی در یک محیط معین (غیر از خلأ)، نور قرمز کم‌ترین ضریب شکست (کم‌ترین انحراف) و نور بنفش بیشترین ضریب شکست (بیشترین انحراف) را دارد.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. نوسانگری در مدت یک دقیقه، ۳۰ مرتبه پاره‌خط نوسان را به طور کامل طی می‌کند. بسامد زاویه‌ای این حرکت چند رادیان بر ثانیه است؟

۱) $\frac{\pi}{۴}$ ۲) $\frac{\pi}{۲}$ ۳) π ۴) ۲π

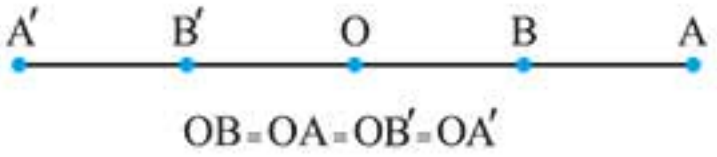
۲. در حرکت نوسانی هماهنگ ساده، در کدام‌یک از موارد زیر، مکان نوسان‌کننده الزاماً منفی است؟ (ریاضی ۹۵)

۱) سرعت مثبت باشد. ۲) شتاب مثبت باشد. ۳) سرعت منفی باشد. ۴) شتاب منفی باشد.

۳. جسمی به جرم $۲\,kg$ حرکت هماهنگ ساده با دامنهٔ $۵\,cm$ انجام می‌دهد. اگر تندی بیشینهٔ جسم $۰/۲۵\,m/s$ باشد، بیشینهٔ نیروی وارد بر آن چند نیوتون است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

۴. در شکل مقابل، اگر متحرکی بین دو نقطهٔ A و A' حرکت هماهنگ ساده انجام دهد و فاصلهٔ OB را در مدت $\frac{۱}{۳۰۰}\,s$ طی کند، بسامد نوسان چند هرتز است؟ (ریاضی خارج ۹۵)



۱) ۲۵ ۲) ۳۷/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۷۵

۵. نوسانگری در لحظهٔ $t_۱$ در مکان $\frac{+A}{\sqrt{۲}}$ و در لحظهٔ $t_۲$ $(t_۲ > t_۱)$ در مکان $\frac{+A}{۲}$ قرار دارد. اندازهٔ بیشترین سرعت متوسط نوسانگر در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ کدام است؟ (A دامنهٔ نوسان و T دورهٔ حرکت است.) (ریاضی ۸۴)

۱) $۱۲(\sqrt{۲}+۱)\frac{A}{T}$ ۲) $\frac{۱۲(\sqrt{۲}-۱)}{۷}\frac{A}{T}$ ۳) $\frac{۱۲(\sqrt{۲}+۱)}{۷}\frac{A}{T}$ ۴) $۱۲(\sqrt{۲}-۱)\frac{A}{T}$

۶. دامنهٔ نوسانگر وزنه ـ فنری برابر $۴\,cm$ است. اگر جرم وزنه $۲۰\,g$ و ثابت فنر $۳۲\,N/m$ باشد، بیشینه تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی خارج ۸۷)

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۸ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۶

پاسخ‌نامه تشریحی

۱. گزینهٔ «۲»

نوسانگر در هر تناوب ۲ مرتبه پاره‌خط نوسان را طی می‌کند یعنی پس از ۳۰ مرتبه طی کردن پاره‌خط نوسان، ۱۵ نوسان کامل انجام داده است $(n=۱۵)$.

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}\xrightarrow{T=\frac{t}{n}}\omega=\frac{۲\pi}{\frac{t}{n}}=\frac{n\times ۲\pi}{t}=\frac{۱۵\times ۲\pi}{۶۰}=\frac{\pi}{۲}\,rad/s$$

۲. گزینهٔ «۲»

در حرکت هماهنگ ساده، همیشه علامت a و x قرینهٔ یکدیگرند در نتیجه وقتی شتاب مثبت باشد، مکان نوسانگر حتماً منفی است.

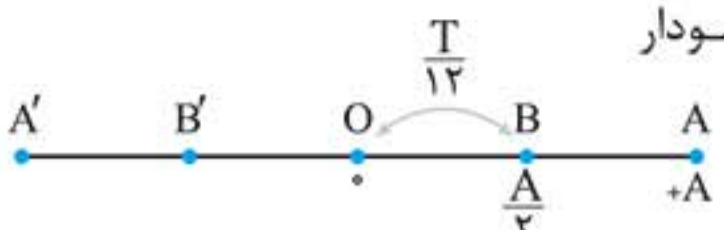
۳. گزینهٔ «۱»

$$v_{max}=A\omega\xrightarrow[A=۵\,cm=۵\times ۱۰^{-۲}\,m]{v_{max}=۰/۲۵\,m/s}۰/۲۵=۵\times ۱۰^{-۲}\times\omega\Rightarrow\omega=۵\,rad/s$$

$$F_{max}=mA\omega^{۲}\xrightarrow[\omega=۵\,rad/s]{m=۲\,kg\ ,\ A=۵\times ۱۰^{-۲}\,m}F_{max}=۲\times ۵\times ۱۰^{-۲}\times ۵^{۲}=۲/۵\,N$$

۴. گزینهٔ «۱»

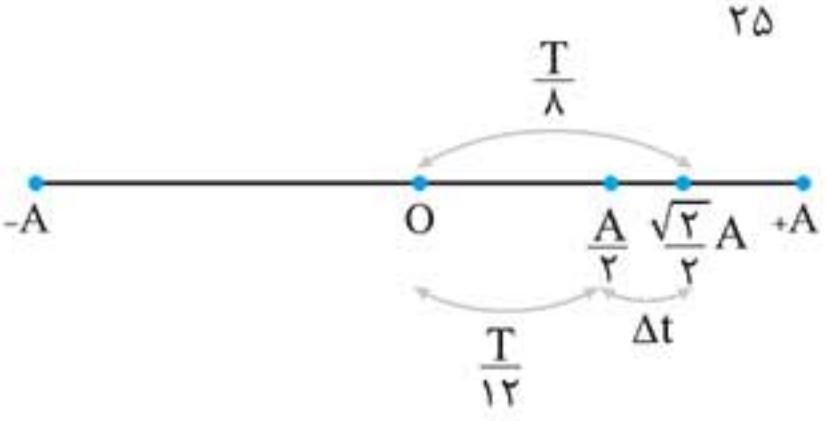
مکان نقطهٔ B برابر با $\frac{A}{۲}$ (نصف دامنه) است. با توجه به نمودار جابه‌جایی نوسانگر بین نقاط خاص (حالت سوم) داریم:



$$\frac{T}{۱۲}=\frac{۱}{۳۰۰}\Rightarrow T=\frac{۱}{۲۵}\,s\ ,\quad f=\frac{۱}{T}=\frac{۱}{\frac{۱}{۲۵}}=۲۵\,Hz$$

۵. گزینهٔ «۴»

بیشترین اندازهٔ سرعت متوسط وقتی رخ می‌دهد که نوسانگر مطابق شکل فاصلهٔ بین این دو نقطه را در کمترین زمان ممکن (Δt) طی کند:



$$\Delta t=\frac{T}{۸}-\frac{T}{۱۲}=\frac{T}{۲۴}$$

$$|\Delta x|=|x_{۲}-x_{۱}|=\frac{\sqrt{۲}}{۲}A-\frac{A}{۲}=\frac{A}{۲}(\sqrt{۲}-۱)$$

سرعت متوسط را از رابطهٔ $v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ محاسبه می‌کنیم:

$$v_{av}=\frac{\frac{A}{۲}(\sqrt{۲}-۱)}{\frac{T}{۲۴}}=۱۲(\sqrt{۲}-۱)\frac{A}{T}$$

۶. گزینهٔ «۴»

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\xrightarrow[m=۲\times ۱۰^{-۲}\,kg]{k=۳۲\,N/m}\omega=\sqrt{\frac{۳۲}{۲\times ۱۰^{-۲}}}=\sqrt{۱۶۰۰}\Rightarrow\omega=۴۰\,rad/s$$

حالا با استفاده از $v_{max}=A\omega$، تندی بیشینه را محاسبه می‌کنیم:

$$v_{max}=A\omega\xrightarrow[\omega=۴۰\,rad/s]{A=۴\,cm=۴\times ۱۰^{-۲}\,m}v_{max}=۴\times ۱۰^{-۲}\times ۴۰=۱/۶\,m/s$$

برهم‌کنش‌های موج

بازتاب موج

قانون بازتاب عمومی

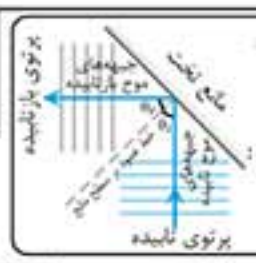
پرتو موج

پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج

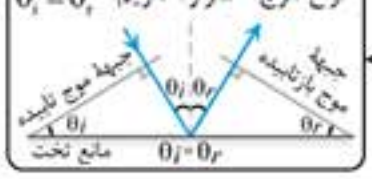
نمودار پرتویی

زاویهٔ تابش (θ_1): زاویه خط عمود و پرتو تابیده

زاویهٔ بازتابش (θ_2): زاویه خط عمود و پرتو بازتابیده



برای هر وضعیت مانع و همه انواع موج، همواره داریم: $\theta_1 = \theta_2$



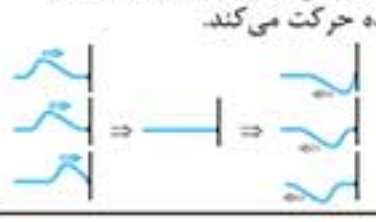
مکانیکی

پژواک: صوتی که پس از بازتاب با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای که صدای مستقیم را شنیده، میرسد را پژواک گویند.

- حداقل تأخیر زمانی برای تمیز صوت اولیه و پژواک ۰/۱ ثانیه است.

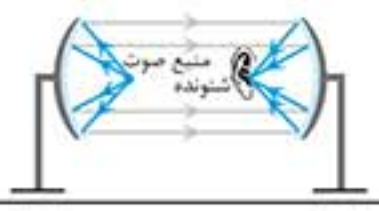
مکان‌یابی پژواکی
تعیین مکان یک جسم براساس امواج صوتی بازتابیده از آن
کاربرد:
خفاش، دلفین، وال عنبر، سونوگرافی
دستگاه سونار در کشتی

یک‌بعدی: تپ به انتهای یک ریسمان با انتهای ثابت می‌رسد وارونه باز می‌تابد و در جهت مخالف تپ تابیده حرکت می‌کند.



دوبعدی: امواج آب پس از برخورد به مانع تخت باز می‌تابند.

سه‌بعدی: بازتاب امواج صوتی از یک سطح کاو و شنیدن واضح صدا در کانون سطح کاو مقابل

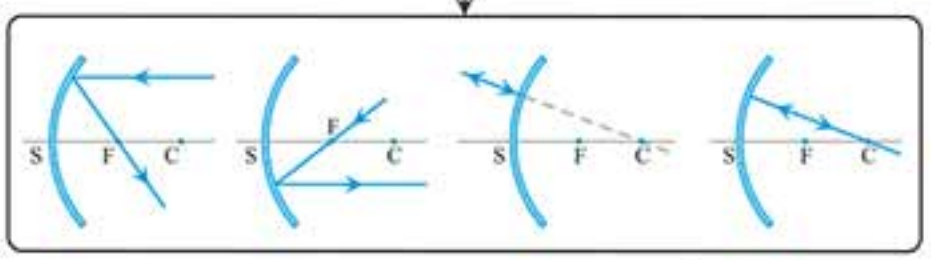


الکترومغناطیسی

- **بازتاب آینه‌ای (منظم):** بازتاب منظم(سطح هموار)

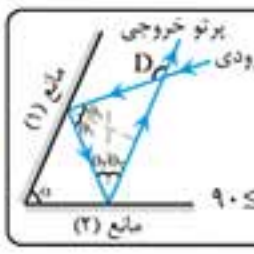
- **بازتاب بخشنده (نامنظم):** بازتاب نامنظم (سطح ناهموار)

- **بازتاب از مانع یا آینه کروی**



- **بازتاب از دو مانع یا آینه تخت متقاطع**

زاویه انحراف پرتو ورودی و خروجی



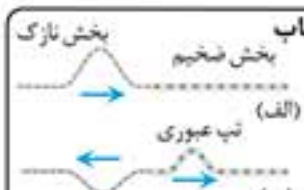
$0 < \alpha \leq 90 \rightarrow D = 2\alpha$

$90 \leq \alpha < 180 \rightarrow D = 2(180 - \alpha)$

تغییر محیط انتشار تپ

یک‌بعدی: با رسیدن موج به مرز جدایی دو محیط، بخشی از آن باز می‌تابد و بخشی عبور می‌کند.

سرعت انتشار موج عرضی در طناب



$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$

مقایسه طول موج در دو محیط

$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{f=\text{ثابت}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$

دوبعدی و سه‌بعدی:

۱) با تغییر محیط موج، تندی انتشار آن تغییر کرده و مسیر حرکت موج منحرف می‌شود.

۲) حالت خاص: اگر پرتوی موج عمود بر سطح جدایی دو محیط بتابد، بدون انحراف وارد محیط دوم می‌شود.

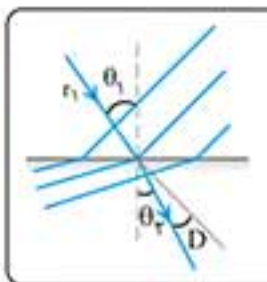
- **امواج سطحی آب**

در قسمت کم‌عمق، تندی کمتر و جبهه‌ها به هم نزدیک‌ترند

$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$

شکست موج

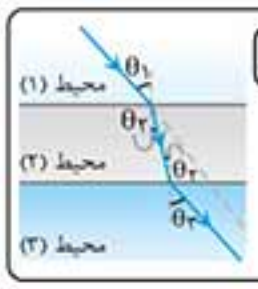
قانون شکست عمومی



$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$

زاویه انحراف: $D = |\theta_2 - \theta_1|$

عبور نور از محیط‌های متوالی موازی



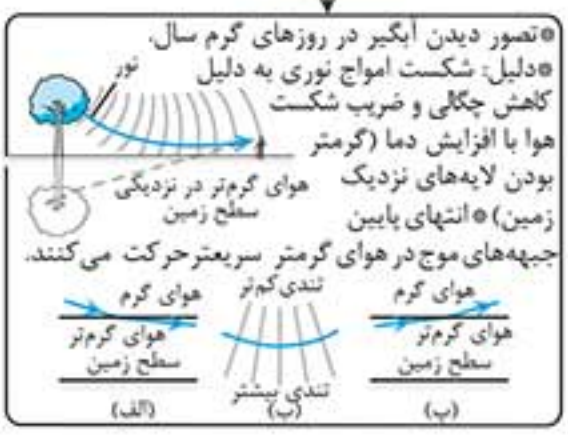
$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 = n_3 \sin\theta_3 = \cdots$

- اگر محیط اول و آخر یکسان باشد، پرتوی ورودی و خروجی موازی خواهند بود.

الکترومغناطیسی

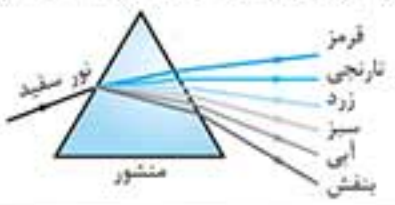
سراب

- تصور دیدن آبگیر در روزهای گرم سال،
- دلیل: شکست امواج نوری به دلیل کاهش چگالی و ضریب شکست هوا با افزایش دما (گرمتر بودن لایه‌های نزدیک زمین)
- انتهای پایین جبهه‌های موج در هوای گرمتر سریعتر حرکت می‌کنند.

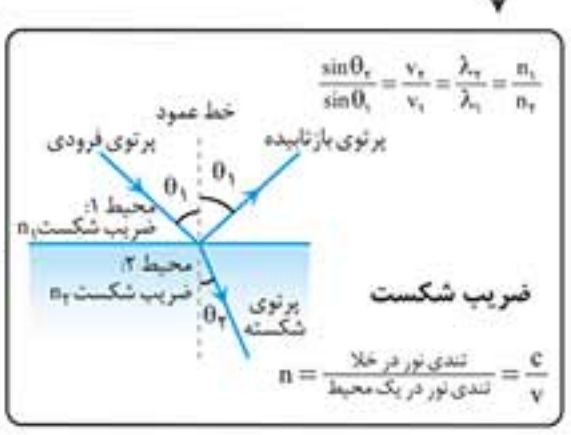


پاشندگی نور

- پرتو هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوندکه به این پدیده پاشندگی نور گویند.
- ضریب شکست هر محیطی به جز خلا به طول موج نور بستگی دارد. • ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاهتر بیشتر است(بیشتر شکسته می‌شوند.)



ضریب شکست



$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$

$n = \frac{\text{تندی نور در خلا}}{\text{تندی نور در یک محیط}} = \frac{c}{v}$

ریاضی‌نامه

فرم کلی فرمول‌های مقایسه‌ای

کمیتی را در نظر بگیرید که از ضرب و تقسیم چند متغیر مختلف به دست می‌آید. برای به‌دست آوردن مقدار ثانویهٔ کمیت به مقدار اولیهٔ آن به این صورت عمل می‌کنیم که متغیرهای صورت کسر به صورت ثانویه به اولیه و متغیرهای مخرج کسر به صورت اولیه به ثانویه باشند، همچنین فراموش نکنید که توان هر متغیر را باید اثر دهیم.

تذکر: اعداد ثابت در فرمول‌های مقایسه‌ای بی‌تأثیر هستند.

چند مثال فیزیکی:

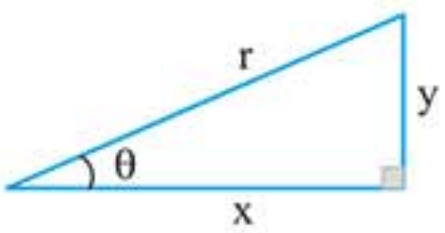
تندی انتشار موج عرضی در تار: $v=\frac{۲}{d}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}} \xrightarrow[\text{d و ρ در مخرج و F در صورت}]{\text{۲ و π ثابت}} \frac{v_۲}{v_۱}=\frac{d_۱}{d_۲}\sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}\times\frac{\rho_۱}{\rho_۲}}$

میدان الکتریکی: $E=\frac{kq}{r^۲} \xrightarrow[\text{q در صورت و r در مخرج}]{\text{k ثابت}} \frac{E_۲}{E_۱}=\frac{q_۲}{q_۱}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

معادلهٔ حالت: $PV=nRT \xrightarrow{\text{R ثابت}} \frac{P_۲}{P_۱}\times\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{n_۲}{n_۱}\times\frac{T_۲}{T_۱}$

روابط مثلثاتی

با توجه به مثلث قائم‌الزاویهٔ مقابل، روابط مثلثاتی زاویهٔ θ به شکل زیر تعریف می‌شود:



$$\sin\theta=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}=\frac{y}{r} \quad , \quad \cos\theta=\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}=\frac{x}{r}$$

$$\tan\theta=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}=\frac{y}{x} \quad , \quad \cot\theta=\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}}=\frac{x}{y}$$

$$\sin^۲\theta+\cos^۲\theta=۱ \xrightarrow{\text{نتایج}} \sin^۲\theta=۱-\cos^۲\theta \quad \text{یا} \quad \cos^۲\theta=۱-\sin^۲\theta$$

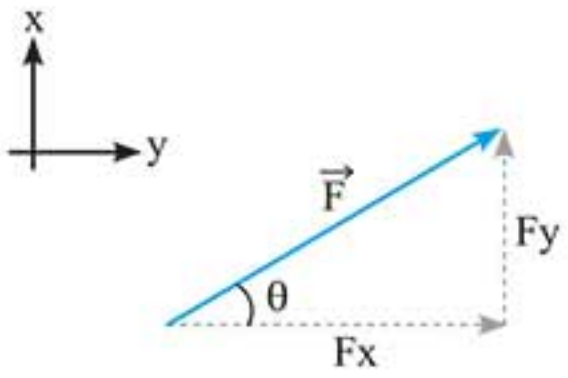
$$\sin(۹۰+\theta)=\cos\theta\,,\ \cos(۹۰+\theta)=-\sin\theta\,,\ \sin(۱۸۰+\theta)=-\sin\theta\,,\ \cos(۱۸۰+\theta)=-\cos\theta$$

نکته:

الف) با افزایش زاویهٔ θ از صفر تا ۹۰°، توابع $\sin\theta$ و $\tan\theta$، افزایش و توابع $\cos\theta$ و $\cot\theta$، کاهش می‌یابند.

ب) اگر تابعی به صورت $A\cos\omega t$ یا $A\sin\omega t$ باشد، بیشینهٔ این تابع مستقل از ω و برابر با $|A|$ و کمینهٔ آن برابر $-|A|$ است. به عنوان مثال اگر جریان متناوب گذرنده از این یک القاگر به‌صورت $I=۲\sin(۱۰۰\pi t)$ باشد، بیشینهٔ جریان گذرنده از القاگر برابر با ۲ آمپر است.

بـردار



برداری مانند شکل مقابل را در نظر بگیرید، برای نمایش این بردار به صورت $\vec{i}$ و $\vec{j}$ داریم:

$$\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}$$

$$F_x=F\cos\theta \ , \ F_y=F\sin\theta \ , \ \tan\theta=\frac{F_y}{F_x}$$

نکته‌ها:

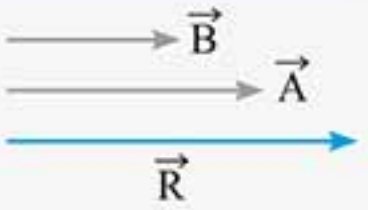
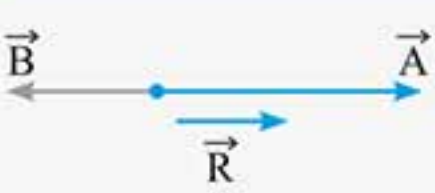
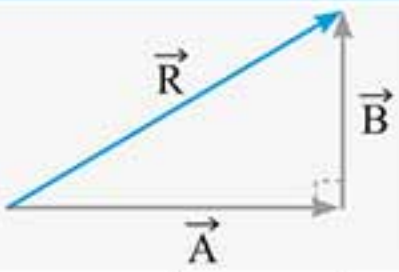
۱ اندازهٔ $\vec{F}$ را به کمک قضیهٔ فیثاغورس از رابطهٔ $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$ محاسبه می‌کنیم.

۲ دو بردار $\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}$ و $\vec{B}=B_x\vec{i}+B_y\vec{j}$ را در نظر بگیرید. جمع (برایند) و تفریق این دو بردار را به صورت زیر می‌توان نوشت:

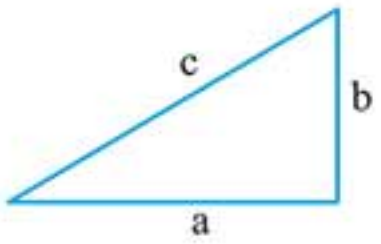
$$\vec{A}+\vec{B}=(A_x+B_x)\vec{i}+(A_y+B_y)\vec{j}$$

$$\vec{A}-\vec{B}=(A_x-B_x)\vec{i}+(A_y-B_y)\vec{j}$$

۳ در جدول زیر، اندازهٔ بردار برایند بین دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ را در سه حالت خاص و مهم مشاهده می‌کنید (بردار برایند را با $\vec{R}$ نشان داده‌ایم):

وضعیت دو بردار	هم‌جهت	خلاف جهت	عمود بر هم
شکل			
اندازهٔ برایند	$R=A+B$	$R=A-B$	$R=\sqrt{A^2+B^2}$

قضیهٔ فیثاغورس



طبق این قضیه، طـول وتـر در مثلـث قـائم‌الزاویـه از رابطـهٔ $c=\sqrt{a^2+b^2}$ به دست می‌آید.

نکته‌ها:

۱ دو سری عدد معروف فیثاغورسی داریم:

الف) ۳ و ۴ ← ۵ ب) ۵ و ۱۲ ← ۱۳

$$(5,12)=\sqrt{5^2+12^2}=13 \quad \text{و} \quad (3,4)=\sqrt{3^2+4^2}=5$$

آزمون جامع

(تجربی ۹۷)

۱. برای اندازه‌گیری طول یک جسم با یک خط‌کش میلی‌متری با پنج مرتبهٔ اندازه‌گیری، نتایج زیر به‌دست آمده است. نتیجهٔ این اندازه‌گیری برحسب میلی‌متر چگونه گزارش می‌شود؟

مرتبهٔ اول	مرتبهٔ دوم	مرتبهٔ سوم	مرتبهٔ چهارم	مرتبهٔ پنجم
۴۲/۸mm	۴۰/۱mm	۴۹/۴mm	۴۱/۰mm	۴۰/۵mm

۱) ۴۲/۸ ۲) ۳۲/۹ ۳) ۴۰/۵ ۴) ۴۱/۱

۲. ارتفاع یک مخروط توپر به چگالی ρ_1 برابر طول ضلع یک مکعب توپر به چگالی ρ_2 است و شعاع قاعدهٔ آن، نصف طول ضلع مکعب است. اگر جرم این دو با هم برابر باشد، $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ کدام است؟ $(\pi = 3)$

۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۴ ۴) ۲

۳. گلوله‌ای به جرم ۲۰۰g با سرعت اولیهٔ $30\,m/s$ در راستای قائم، روبه‌بالا پرتاب می‌شود. مقاومت هوا باعث می‌شود، ۱۰J از انرژی گلوله تا رسیدن به اوج تلف شود. اگر مقاومت هوا وجود نمی‌داشت، گلوله چند متر بالاتر می‌رفت؟ $(g = 10\,m/s^2)$

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

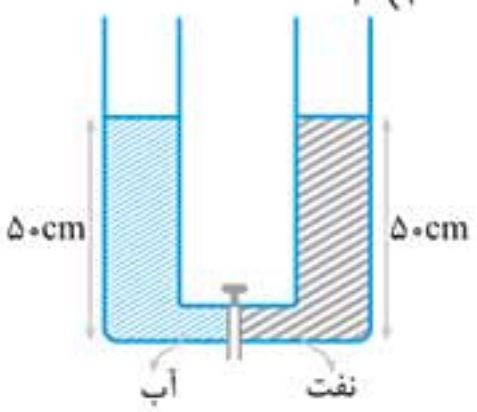
۴. جسمی به جرم ۲kg را از پایین سطح شیب‌داری که با افق زاویهٔ ۳۰° می‌سازد با تندی اولیهٔ $4\,m/s$ مماس بر سطح روبه‌بالا پرتاب می‌کنیم. اگر بیشترین جابه‌جایی جسم روی سطح یک متر باشد، نیروی اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح چند نیوتون است؟ $(g = 10\,m/s^2)$ و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۵. دو استوانهٔ توپر و هم‌وزنِ A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعدهٔ استوانهٔ B دو برابر شعاع قاعدهٔ استوانه A باشد، فشار حاصل از استوانهٔ A چند برابر فشار حاصل از استوانهٔ B است؟

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۶. در شکل مقابل، قطر قاعدهٔ دو استوانه برابر است. اگر شیر ارتباط بین دو ظرف را باز کنیم، سطح آب چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ $(\rho_{آب} = 1000\,kg/m^3 ،\ \rho_{نفت} = 800\,kg/m^3)$



۱) ۱۰ ۲) ۵
۳) ۴ ۴) ۲/۵

۷. یک تیرآهن در اثر افزایش دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس، ۰/۰۶ درصد به طولش اضافه می‌شود. ضریب انبساط طولی این تیرآهن در SI، کدام است؟

۱) $1/2\times10^{-5}$ ۲) $1/6\times10^{-5}$ ۳) 6×10^{-5} ۴) 8×10^{-5}

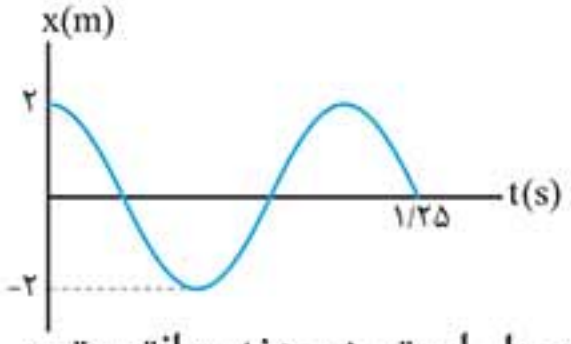
۸. تبدیل بخار به مایع، جامد به بخار و مایع به بخار را به‌ترتیب چه می‌نامند؟

۱) تصعید، چگالش و تبخیر ۲) میعان، چگالش و تصعید
۳) تصعید، تبخیر و میعان ۴) میعان، تصعید و تبخیر

۲۴. در لحظه‌ای که سرعت یک نوسانگر ساده به صفر می‌رسد، شتاب آن به $۸۰\,m/s^۲$ می‌رسد و در لحظه‌ای که نیروی وارد بر آن صفر می‌شود، تندی آن $۲\,m/s$ می‌شود. معادلهٔ مکان - زمان این نوسانگر در SI کدام است؟

۱) $x = ۰/۰۵\cos ۴۰t$ ۲) $x = ۰/۰۴\cos ۵۰t$ ۳) $x = ۰/۰۵\cos ۸۰t$ ۴) $x = ۰/۰۴\cos ۸۰t$

۲۵. نمودار مکان ـ زمان نوسانگری به جرم ۱۰۰g مطابق شکل مقابل است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی‌ژول است؟



۱) $۰/۰۲\pi^۲$ ۲) $۰/۰۴\pi^۲$
۳) $۰/۰۶\pi^۲$ ۴) $۰/۰۸\pi^۲$

۲۶. در فاصلهٔ ۲۰ متری از یک منبع صوت، تراز شدت صوت ۸۰ دسی‌بل است. در چند سانتی‌متری منبع، تراز شدت صوت ۱۲۰ دسی‌بل است؟ (از جذب انرژی صوتی توسط محیط صرف‌نظر کنید.)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۲۰۰

۲۷. پرتو نوری با زاویهٔ تابش ۳۰ درجه به یک آینهٔ تخت می‌تابد و بعد از بازتاب از آن به آینهٔ تخت دیگر برخورد می‌کند. اگر دو آینه با هم زاویهٔ ۴۵ درجه بسازند، زاویهٔ بازتاب از آینهٔ دوم چند درجه است؟

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۰

۲۸. موج تختی از محیط A وارد محیط B می‌شود. اگر فاصلهٔ جبهه‌های موج در محیط B بیشتر از محیط A باشد، کدام گزینه درست است؟

۱) تندی موج در محیط B بیشتر است.
۲) تندی موج در محیط A بیشتر است.
۳) پرتوی موج، در محیط A از خط عمود دورتر است.
۴) پرتوی موج، در محیط B به خط عمود نزدیک‌تر است.

۲۹. در اتم هیدروژن، الکترون از مدار n به n' می‌رود و نوری با بسامد $۵۶۲/۵\,THz$ تابش می‌کند. n و n' به ترتیب کدام‌اند؟ $(c = ۳\times ۱۰^۸\,m/s ,\ R \simeq ۰/۰۱(nm)^{-۱})$

۱) ۲ و ۱ ۲) ۳ و ۱ ۳) ۴ و ۲ ۴) ۵ و ۳

۳۰. در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ $(e = ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C)$

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازهٔ $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ افزایش می‌یابد.
۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازهٔ $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ کاهش می‌یابد.
۳) هنگام گسیل α بار هسته به اندازهٔ $۳/۲\times ۱۰^{-۱۹}C$ کاهش می‌یابد.
۴) هنگام گسیل گاما، پوزیترون و الکترون، بار هسته ثابت می‌ماند.

پاسخ‌نامه آزمون جامع

۱. گزینهٔ «۴»

کافی است میانگین اعداد به‌دست آمده به‌جز نتیجهٔ مرتبهٔ سوم را حساب کنیم. (زیرا نتیجهٔ مرتبهٔ سوم اختلاف زیادی با بقیهٔ نتیجه‌گیری‌ها دارد.)

$$\frac{۴۲/۸+۴۰/۱+۴۱/۰+۴۰/۵}{۴} = ۴۱/۱\,mm$$

۲. گزینهٔ «۳»

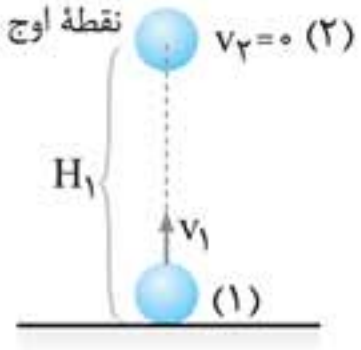
حجم مکعب به ضلع a برابر $a^۳$ و حجم مخروط بـه ارتفـاع h و شـعاع قاعـدهٔ R برابـر $\frac{۱}{۳}\pi R^۲h$ اسـت.
(اندیس ۱ برای مخروط و اندیس ۲ برای مکعب به کار برده می‌شود):

$$m_۱ = m_۲ \xrightarrow{m=\rho V} \rho_۱V_۱ = \rho_۲V_۲ \Rightarrow \rho_۱ \times \frac{۱}{۳}\pi R^۲h = \rho_۲ \times a^۳$$

$$\xrightarrow[R=\frac{a}{۲}]{h=a} \rho_۱ \times \frac{۱}{۳}\pi(\frac{a}{۲})^۲ \times a = \rho_۲ \times a^۳ \Rightarrow \frac{\rho_۱}{\rho_۲} = ۴$$

۳. گزینهٔ «۱»

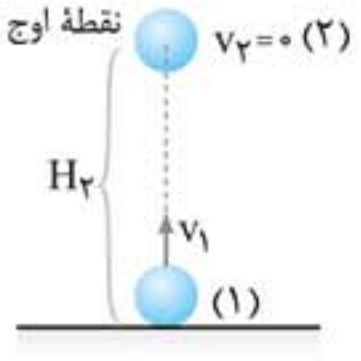
طبق اصل پایستگی انرژی برای حالت اول که مقاومت هوا وجود دارد، می‌توان نوشت:



$$E_۱ - E_f = E_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ - ۱۰ = mgH_۱$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲} \times \frac{۲}{۱۰} \times ۳۰^۲ - ۱۰ = \frac{۲}{۱۰} \times ۱۰ \times H_۱ \Rightarrow H_۱ = ۴۰m$$

طبق پایستگی انرژی در حالت دوم که مقاومت هوا وجود ندارد، می‌توان نوشت:



$$E_۱ = E_۲$$

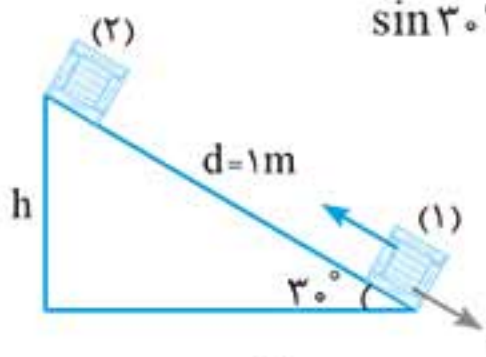
$$\frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = mgH_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲} \times ۳۰^۲ = ۱۰ \times H_۲$$

$$\Rightarrow H_۲ = ۴۵m$$

بنابراین در نبود مقاومت هوا، ارتفاع اوج $H_۲ - H_۱ = ۵m$ بالاتر از هنگامی است که مقاومت هوا وجود دارد.

۴. گزینهٔ «۳»

تغییر ارتفاع جسم را محاسبه می‌کنیم: $\sin ۳۰^\circ = \frac{h}{d} \xrightarrow{d=۱m} \frac{۱}{۲} = \frac{h}{۱} \Rightarrow h = ۰/۵\,m$



سطح زمین (نقطهٔ ۱) را به‌عنوان مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی در نظر گرفتـه و انرژی مکانیکی در نقاط (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$E_۱ = U_۱ + K_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۴^۲ = ۱۶\,J$$

$$E_۲ = U_۲ + K_۲ = mgh = ۲ \times ۱۰ \times ۰/۵ = ۱۰\,J$$

با استفاده از رابطهٔ $W_f = E_۲ - E_۱$ کار نیروی اصطکاک را محاسبه می‌کنیم:

$$W_f = E_۲ - E_۱ = ۱۰ - ۱۶ = -۶\,J$$

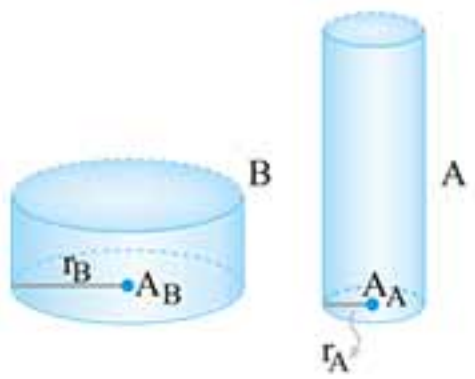
چون نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت حرکت است و با جابه‌جایی (d) زاویهٔ ۱۸۰° می‌سازد، طبق تعریف کار داریم:

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow W_f = f_k.d\cos ۱۸۰^\circ$$

$$\xrightarrow[d=۱m,\cos ۱۸۰^\circ=-۱]{W_f=-۶J} -۶ = f_k \times ۱ \times (-۱) \Rightarrow f_k = ۶\,N$$

۵. گزینهٔ «۴»

حجم استوانه از رابطهٔ $V = \pi r^۲h$ به‌دست می‌آید.



ابتدا نسبت مساحت‌های قاعدهٔ استوانه‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{A_A}{A_B} = \frac{\pi r_A^۲}{\pi r_B^۲} = (\frac{r_A}{r_B})^۲ \xrightarrow{r_B=۲r_A} \frac{A_A}{A_B} = \frac{۱}{۴}$$