فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری

۱- فصل اول فیزیک و اندازه‌گیری

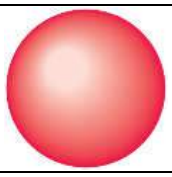
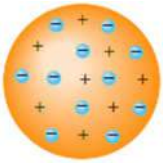
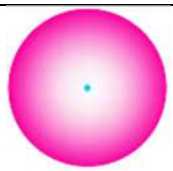
فیزیک یکی از بنیادی‌ترین دانش‌ها و شالوده تمامی مهندسی‌ها و فنّاوری‌هایی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در زندگی ما نقش دارند.

دانشمندان فیزیک برای توصیف و توضیح پدیده‌های مورد بررسی، اغلب از **قانون**، **مدل** و **نظریه‌ی فیزیکی** استفاده می‌کنند.

فیزیک علمی **تجربی** است، لازم است درستی این قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش مورد بررسی قرار گیرند.

مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند و ممکن است دستخوش تغییر شوند.

مثلاً در دهه‌های آغازین قرن گذشته، نظریه‌ی اتمی با توجه به مشاهده‌ها و کسب اطلاعات جدید در خصوص رفتار اتم‌ها، بارها اصلاح شد.

				
مدل توپ بیلیارد	مدل کیک کشمشی	مدل هسته‌ای	مدل سیاره‌ای	مدل ابر الکترونی
«دالتون»	«تامسون»	«رادرفورد»	«بور»	«شرودینگر»
۱۸۰۷ میلادی	۱۹۰۳ میلادی	۱۹۱۱ میلادی	۱۹۱۳ میلادی	۱۹۲۶ میلادی

ویژگی **آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی**، نقطه‌ی قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از جهان پیرامون داشته است.

دانشمندان برای بیان **قانون‌های فیزیکی**، اغلب از **گزاره‌های کلی** و **در عین حال مختصر** استفاده می‌کنند.

قانون‌های فیزیکی، رابطه بین **کمیت‌های فیزیکی** را توصیف می‌کنند و در دامنه وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبرند.

برای توصیف **دامنه محدودتری از پدیده‌های فیزیکی** که عمومیت کمتری دارند، اغلب از اصطلاح **اصل** استفاده می‌شود مانند اصل پاسکال که برای شاره‌های ساکن و محصور معتبر است.

سوال ۱-۱

کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

۱) اهمیت مطالعهٔ علم فیزیک به این دلیل است که این علم، شالودهٔ تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که در زندگی ما نقش دارد.

۲) نقطهٔ قوت دانش فیزیک، آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی است که باعث پیشرفت این علم شده است.

۳) فیزیک‌دانان پدیده‌های گوناگون طبیعت را مشاهده می‌کنند و می‌کوشند نظم خاصی میان آن‌ها بیابند.

۴) همهٔ موارد درست است.

سوال ۱-۲

آنچه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش ایفا کرده و می‌کند ..... می‌باشد.

۱) آزمایش‌های فیزیک

۲) مشاهدهٔ پدیده‌های فیزیکی

۳) تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیک‌دانان نسبت به پدیده‌های فیزیکی

۴) مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی

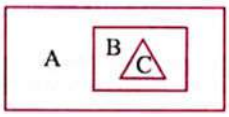
سوال ۱-۳

..... معمولاً رابطهٔ بین برخی از کمیت‌های فیزیکی را توصیف می‌کنند و در دامنهٔ وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبر هستند.

۱) قانون‌های فیزیکی ۲) اصل‌های فیزیکی ۳) آزمایش‌های فیزیکی ۴) مدل‌های فیزیکی

سوال ۱-٤

با توجه به طرح شکل مقابل، A، B و C به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۱) قانون ـ اصل ـ پدیده‌های فیزیکی

۲) اصل ـ قانون ـ پدیده‌های فیزیکی

۳) پدیده‌های فیزیکی ـ قانون ـ اصل

۴) پدیده‌های فیزیکی ـ اصل ـ قانون

سوال ۱-۵

کدام‌یک از موارد زیر بیشترین نقش را در پیشبرد و تکامل علم فیزیک داشته است؟

۱) مشاهده‌ی علمی پدیده‌ها ۲) آزمایش و تجربه و اندازه‌گیری ۳) ارائه‌ی مدل‌های فیزیکی ۴) اندیشه‌ورزی فعال و تفکر نقادانه

۱-۱- مدل‌سازی

مدل‌سازی در فیزیک فرآیندی است که طی آن یک پدیده‌ی فیزیکی، آنقدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

۱-۱-۱- نکته

هنگام مدل‌سازی یک پدیده‌ی فیزیکی، باید **اثرهای جزئی نادیده** و **اثرهای مهم و تعیین کننده** در نظر گرفته شود.

شکل ۱-۱ مدل‌سازی حرکت یک توپ بسکتبال در هوا.

پیچیدگی	فرض
توپ یک کره‌ی کامل نیست و درزها و برجستگی‌هایی دارد و توپ در حال حرکت به دور خود هم می‌چرخد.	با چشم‌پوشی از اندازه، شکل و چرخش توپ، آن را به شکل یک نقطه در نظر می‌گیریم.
باد و مقاومت هوا بر حرکت توپ اثر می‌گذارند.	فرض می‌کنیم توپ در خلأ حرکت می‌کند و باد و هوایی در کار نیست.
وزن توپ با تغییر ارتفاع (فاصله تا مرکز زمین) تغییر می‌کند.	فرض می‌کنیم وزن توپ با تغییر ارتفاع ثابت است.

سوال ۱-۶

هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی باید ..... را نادیده بگیریم و از ..... چشم‌پوشی نکنیم.

۱) اثرهای مهم‌تر ـ اثرهای جزئی‌تر ۲) اثرهای جزئی‌تر ـ اثرهای مهم‌تر ۳) اثرهای تعیین‌کننده ـ اثرهای جزئی‌تر ۴) اثرهای تعیین‌کننده ـ اثرهای مهم‌تر

سوال ۱-۷

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

۱) قانون فیزیکی ۲) اصل فیزیکی ۳) مدل‌سازی در فیزیک ۴) آزمایش‌های فیزیکی

۱-۲-اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

اساس تجربه و آزمایش، **اندازه‌گیری** است و برای بیان نتایج اندازه‌گیری، به‌طور معمول از **عدد** و **یکای**(واحد) مناسب آن استفاده می‌شود.

مفاهیم قابل اندازه‌گیری در علم فیزیک(طول، جرم، زمان، دما، جریان، سرعت، شتاب، نیرو و ...) را **کمیت فیزیکی** می‌نامند.

۱-۲-۱- کمیت اصلی

کمیت‌هایی که برای تعریف شدن نیاز به کمیت دیگری ندارند را **کمیت اصلی** می‌گویند.

کمیت	یکای اصلی *SI*	نماد
طول	متر $[m]$	x
جرم	کیلوگرم $[kg]$	$m \equiv mass$
مقدار ماده	مول $[mol]$	
زمان	ثانیه $[s]$	$t \equiv time$
دما	کلوین $[K]$	$T \equiv temperature$
شدت جریان	آمپر $[A]$	$I \equiv intensity$
شدت روشنایی	کندلا(شمع) $[cd]$	

۱-۲-۲- کمیت فرعی

کمیت‌هایی که بر حسب کمیت‌های اصلی تعریف می‌شوند را **کمیت فرعی** می‌نامند.

۱-۲-۲-۱- چند مثال از کمیت فرعی

کمیت فرعی	یکای *SI*	یکای فرعی	نماد
سرعت	$[\frac{m}{s}]$ $\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$	$[\frac{m}{s}]$	$v \equiv velocity$
نیرو	نیوتن $[N]$	$[kg \cdot \frac{m}{s^2}]$	$F \equiv force$
فشار	پاسکال $[Pa]$	$[\frac{kg}{m \cdot s^2}]$	$P \equiv pressure$
انرژی	ژول $[J]$	$[kg \cdot \frac{m^2}{s^2}]$	$E \equiv energy$
توان	وات $[W]$	$[kg \cdot \frac{m^2}{s^3}]$	$P \equiv power$
گرمای ویژه	$[\frac{J}{kg \cdot K}]$	$[\frac{m^2}{s^2 \cdot K}]$	Q

سوال ۱-۸

برای بیان نتایج اندازه‌گیری به‌طور معمول از ..... و ..... استفاده می‌شود.

۱) عدد ـ یکای مناسب ۲) مدل ـ آزمایش ۳) عدد ـ آزمایش ۴) آزمایش ـ یکای مناسب

سوال ۱-۹

در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت ..... گفته می‌شود.

۱) تجربه ۲) مشاهده ۳) کمیت فیزیکی ۴) یکا

سوال ۱-۱۰

برای انجام اندازه‌گیری‌های درست و قابل اطمینان به یکاهای اندازه‌گیری نیاز داریم که ..... و دارای ..... .

۱) تغییر نکنند - قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشند. ۲) متغیر باشند - قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشند.

۳) متغیر باشند - قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف نباشند. ۴) تغییر نکنند - قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف نباشند.

سوال ۱-۱۱

کمیت‌هایی که دارای یکای مستقل هستند، کمیت‌های ..... و کمیت‌هایی که دارای یکای مستقل نیستند، کمیت‌های ..... نامیده می‌شوند.

۱) اصلی ـ نرده‌ای ۲) اصلی ـ برداری ۳) اصلی ـ فرعی ۴) فرعی ـ نرده‌ای

سوال ۱-۱۲

از بین کمیت‌های جرم، مساحت، طول، توان، انرژی، زمان، نیرو و حجم چند کمیت، اصلی و چند کمیت، فرعی می‌باشند؟ (از راست به چپ)

۱) ۶ ، ۲ ۲) ۴ ، ۴ ۳) ۳ ، ۵ ۴) ۵ ، ۳

۱-۳- کمیت‌های نرده‌ای یا اسکالر

کمیت‌های اسکالر فقط دارای **اندازه** هستند را **کمیت‌های نرده‌ای** می‌گویند مانند جرم، حجم، چگالی و ...

۱-٤- کمیت‌های برداری

کمیت‌هایی که دارای **اندازه** و **جهت** هستند را کمیت‌های برداری می‌گویند، مانند جابجایی، سرعت، شتاب، تکانه، نیرو، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی

کمیت‌های برداری با قرار دادن $(\rightarrow)$ در بالای نماد لاتین کمیت فیزیکی مشخص می‌شوند.

۱-۵- تبدیل واحد

اغلب در حل مسئله‌های فیزیک، لازم است یکای کمیتی تغییر داده شود.

برای مثال، ممکن است لازم باشد کیلوگرم $[kg]$ به گرم $[g]$ یا $[\frac{m}{s}]$ به $[\frac{km}{h}]$ تبدیل شود.

۱-۵-۱- تبدیل واحد به روش زنجیره‌ای

برای تبدیل واحد از **روش زنجیره‌ای** استفاده می‌شود.

در این روش اندازه‌ی کمیت در یک ضریب تبدیل(نسبتی از یکاها که برابر یک است) ضرب می‌شود.

سوال ۱-۱۳

ارتباط بین چند یکای قدیمی ایرانی برای اندازه‌گیری جرم به‌صورت زیر است. اگر هر مثقال تقریباً معادل ۵ گرم باشد، ۱۲۸ تن معادل چند خروار است؟

۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال ؛ ۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز

سوال ۱-۱٤

هر ذرع ۱۰۴cm است. اگر فاصلهٔ دو شهر $۲/۰۸\times۱۰^{۲}$ کیلومتر باشد، فاصلهٔ بین این دو شهر چند ذرع است؟

۱) ۲×۱۰^{۷} ۲) ۲×۱۰^{۶} ۳) ۲×۱۰^{۵} ۴) ۲×۱۰^{۴}

۱-۵-۲- نکته

در فیزیک تغییر هر کمیت نسبت به زمان را آهنگ تغییر آن کمیت می‌گویند.

اگر ξ یک کمیت فیزیکی باشد، آهنگ تغییرات آن به صورت زیر بیان می‌شود.

تغییرات کمیت ξ	$\Delta\xi$
تغییرات کمیت زمان	Δt
آهنگ تغییرات کمیت ξ	$\frac{\Delta\xi}{\Delta t}$

۱-۶- پیشوندهای بزرگ یکاها

در بعضی موارد با اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک سروکار داریم به همین خاطر از نمادگذاری‌های کوتاهی استفاده می‌کنیم تا محاسبات از لحاظ نوشتاری ساده‌تر شوند. برای ساده‌سازی باید پیشوندهایی را که قبل از واحدهای فیزیکی بیان می‌شوند به‌خاطر بسپاریم.

ضریب	پیشوند	علامت
10^{24}	یوتا	Y
10^{21}	زتا	Z
10^{18}	اگزا	E
10^{15}	پتا	P
10^{12}	ترا	T
10^{9}	گیگا	G
10^{6}	مگا	M
10^{3}	کیلو	k
10^{2}	هکتو	h
10^{1}	دکا	da

جدول ۱-۱ پیشوندهای بزرگ که معرف اعداد بسیار بزرگ هستند (پیشوندهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند پررنگ‌تر نشان داده شده‌اند).

ضریب	پیشوند	علامت
10^{-1}	دسی	d
10^{-2}	سانتی	C
10^{-3}	میلی	M
10^{-6}	میکرو	μ
10^{-9}	نانو	n
10^{-12}	پیکو	p
10^{-15}	فمتو	f
10^{-18}	اتو	a
10^{-21}	زپتو	z
10^{-24}	یوکتو	y

جدول ۱-۲ پیشوندهای کوچک که معرف اعداد بسیار کوچک هستند (پیشوندهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند پررنگ‌تر نشان داده شده‌اند).

سوال ۱-۱۵

گیاه خاصی در مدت ۷ روز به اندازهٔ ۵/۰۴ سانتی‌متر رشد می‌کند. آهنگ رشد این گیاه چند mm/s است؟

۱) $\frac{۱}{۱۲}\times ۱۰^{-۳}$ ۲) ۱۲×۱۰^{-۳} ۳) $\frac{۱}{۱۲}$ ۴) ۱۲

سوال ۱-۱۶

$75[\mu m]$ چند متر است؟

$$75[cm] = 75\,\cancel{[cm]} \times \left(\frac{10^{-2}[m]}{1\,\cancel{[cm]}}\right) = \frac{75}{10^{2}}[m] = 0.75[m]$$

سوال ۱-۱۷

$1[\frac{km}{h}]$ چند متر بر ثانیه است؟

$$1[\frac{km}{h}] = 1\frac{\cancel{[km]}}{[h]} \times \left(\frac{10^{3}[m]}{1\,\cancel{[km]}}\right) = 1000\frac{[m]}{\cancel{[h]}} \times \left(\frac{\cancel{[h]}}{3600[s]}\right) = \frac{1000}{3600}\frac{[m]}{[s]} = \frac{10}{36}[\frac{m}{s}]$$

۱-۷-نمادگذاری علمی

در فیزیک معمولاً اعداد را به صورت ضریبی از $10^{\pm n}$ می‌نویسند، ضریب $10^{\pm n}$ باید در محدوده‌ی $1 \le x < 10$ باشد. یعنی اعداد به صورت $y = x \times 10^{\pm n}$ نوشته خواهند شد.

علامت $(-)$ برای اعداد در محدوده‌ی $0 \le y < 1$ و علامت $(+)$ برای اعداد در محدوده‌ی $y > 1$ استفاده می‌شود.

سوال ۱-۱۸

اعداد زیر را به صورت نماد علمی بنویسید.

$0.00065 = 6.5 \times 10^{-4}$

$290000000 = 2.9 \times 10^{+8}$

سوال ۱-۱۹

اعداد زیر را با استفاده از نمادگذاری علمی بنویسید.

آ) $۱۳۴/۵ \times ۱۰^{-۳}$ ب) ۹۶۰۰ پ) ۰/۰۰۰۱۲

سوال ۱-۲۰

در ابتدای بهار، یک دست‌فروش چاغاله بادام را سیری ۱۰۰۰ تومان می‌فروشد، ولی ترازوی وی برحسب گرم است. اگر هر مثقال تقریباً ۵ گرم باشد، با توجه به ارتباط بین یکاهای قدیمی، اگر شخصی به او ۵۰۰۰ تومان بدهد، تقریباً چند گرم چاغاله بادام باید به این شخص بدهد؟

(۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال)

۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

سوال ۱-۲۱

هر مترمکعب (m^3) چند لیتر(lit) است؟

سوال ۱-۲۲

هر سانتی‌متر مکعب (cm^3) چند مترمکعب (m^3) و چند لیتر(lit) است؟

سوال ۱-۲۳

از یک شیلنگ آتش‌نشانی‌آب با آهنگ $۳۷۶\,cm^3/s$ خارج می‌شود. این آهنگ برحسب یکای L/min $\left(\frac{\text{لیتر}}{\text{دقیقه}}\right)$ به‌صورت کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟

۱) $۳/۷۶ \times ۱۰^۴$ ۲) $۳/۷۶ \times ۱۰^۵$ ۳) $۲/۲۵۶ \times ۱۰^۳$ ۴) $۲/۲۵۶ \times ۱۰^۱$

سوال ۱-۲۴

قطر هستهٔ اتم اورانیوم $۱/۷۵ \times ۱۰^{-۱۴}\,m$ است. قطر این هسته به‌ترتیب از راست به چپ چند فمتومتر (fm) و چند زپتومتر (zm) می‌باشد؟

($۱fm = ۱۰^{-۱۵}m$, $۱zm = ۱۰^{-۲۱}m$)

۱) $۱/۷۵ \times ۱۰^{-۱}$ ، $۱/۷۵ \times ۱۰^۷$ ۲) $۱/۷۵ \times ۱۰^{-۲}$ ، $۱/۷۵ \times ۱۰^۷$ ۳) $۱/۷۵ \times ۱۰^{-۷}$ ، $۱/۷۵ \times ۱۰^۲$ ۴) $۱/۷۵ \times ۱۰^۱$ ، $۱/۷۵ \times ۱۰^۷$

۱-۷-۱- سازگاری یکاها

سوال ۱-۲۵

اگر عبارت $(A \times B) + C$ از نظر فیزیک درست باشد، کدام گزینه در مورد یکای کمیت‌های A ، B و C درست است؟

۱) یکای A و B و C یکسان هستند.
۲) یکای A و B یکسان هستند.
۳) یکای $(A \times B)$ با یکای C یکسان است.
۴) یکای B و C یکسان هستند.

سوال ۱-۲۶

در رابطهٔ $A = BC^2$ اگر A برحسب ژول (kgm^2/s^2) و B برحسب کیلوگرم باشد، یکای C چیست؟

سوال ۱-۲۷

$25\,g.mm/\mu s^2$ چند نیوتون است؟ $(1N = 1kg\,m/s^2)$

۱) $2/5 \times 10^{7}$
۲) $2/5 \times 10^{-7}$
۳) $2/5 \times 10^{4}$
۴) $2/5 \times 10^{-4}$

سوال ۱-۲۸

حاصل عبارت $4 \times 10^{-3}\,dm^2 + 4cm^2 + 3 \times 10^{6}\,\mu m^2$ کدام گزینه است؟

۱) $803mm^2$
۲) $443mm^2$
۳) $8/3cm^2$
۴) $44/3cm^2$

۱-۸-خطا و دقت

در هر نوع اندازه‌گیری همواره خطا و عدم قطعیت وجود دارد ولی با انتخاب روش‌های بهتر یا وسیله‌ی دقیق‌تر می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد ولی نمی‌توان میزان خطا را به صفر رساند.

۱-۸-۱- عامل‌های موثر در افزایش دقت اندازه‌گیری

دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری، **مهارت شخص آزمایشگر**، **تعداد دفعات اندازه‌گیری**

۱-۹-دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری

کمترین مقداری را که هر وسیله می‌تواند اندازه‌گیری کند را دقت اندازه‌گیری می‌نامند.

۱-۹-۱- خطا در وسایل درجه‌بندی شده

خطای اندازه‌گیری وسیله‌های درجه‌بندی شده $\pm\frac{1}{2}$ **کمینه تقسیم‌بندی مقیاس(دقت)** آن وسیله است.

۱-۹-۲- خطا در وسایل دیجیتالی

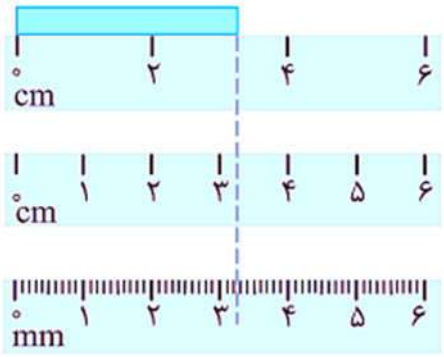
خطای اندازه‌گیری وسیله‌های دیجیتالی برابراست با یک واحد از آخرین رقمی که نمایش می‌دهد.

۱-۹-۳- نکته

نتیجه اندازه‌گیری با یک عدد و یکای(واحد) آن بیان می‌شود، **به تعداد رقم‌های آن عدد رقم‌های با معنا** گویند و **اولین رقم سمت راست را رقم غیر قطعی می‌گویند**، زیرا این رقم در اندازه‌گیری **مشکوک** است و **حدس** زده می‌شود.

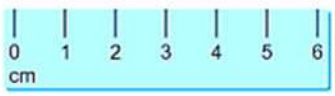
سوال ۱-۲۹

طول جسم مقابل را با خط‌کش‌های مورد نظر گزارش کنید.



سوال ۱-۳۰

خطای اندازه‌گیری هر یک از وسایل زیر چه قدر است؟



سوال ۱-۳۱

اوسین بولت دوندهٔ جامائیکایی مسافت صد متر را در زمان ۹/۵۸ ثانیه دویده است. اگر این اندازه‌گیری به وسیلهٔ یک ساعت دیجیتال اندازه‌گیری شده باشد، کدام گزینه مقدار خطای این اندازه‌گیری برحسب ثانیه است؟

۱) پنج هزارم ۲) یک هزارم ۳) یک صدم ۴) پنج صدم

سوال ۱-۳۲

با توجه به شکل‌های آ، ب، پ و ت خطای اندازه‌گیری وسیله‌ها به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟

آ)

ب)

پ)

ت)

۱) $2^{\circ}C$ ، $0/8^{\circ}C$ ، $0/5mm$ ، $0/5cm$

۲) $2^{\circ}C$ ، $0/1^{\circ}C$ ، $1mm$ ، $0/5cm$

۳) $1^{\circ}C$ ، $0/1^{\circ}C$ ، $0/5mm$ ، $0/5cm$

۴) $1^{\circ}C$ ، $0/1^{\circ}C$ ، $1mm$ ، $1cm$

سوال ۱-۳۳

افزایش دقت اندازه‌گیری به کدام عامل بستگی دارد؟

۱) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری ۲) مهارت شخص آزمایشگر ۳) تعداد دفعات اندازه‌گیری ۴) هر سه گزینه درست است.

سوال ۱-۳۴

در یک اندازه‌گیری عدد $34/27mm \pm 0/05mm$ گزارش شده است. اگر این وسیله از نوع رقمی(دیجیتالی) نباشد، گزینهٔ درست کدام است؟

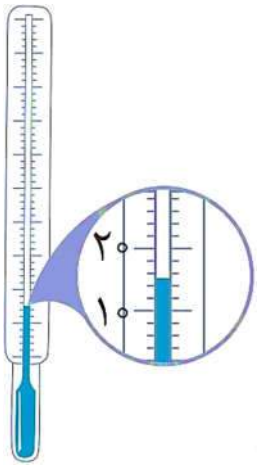
۱) خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری $0/05mm$ و رقم غیرقطعی ۰/۲۷ است.

۲) خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری $0/05mm$ و رقم غیرقطعی ۴ است.

۳) رقم غیرقطعی ۷ و کمینهٔ تقسیم‌بندی وسیلهٔ اندازه‌گیری $0/1mm$ است.

۴) کمینهٔ تقسیم‌بندی وسیلهٔ اندازه‌گیری $0/1mm$ و خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری $0/5mm$ است.

۱-۱۰- گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری و رقم‌های با معنا



سطح جیوه در دماسنج بین عددهای $14^\circ C$ و $14^\circ C$ است و حدس می‌زنیم حدود $15^\circ C$ باشد.

کمینه تقسیم‌بندی دماسنج(دقت) $2^\circ C$ است، بنابراین خطای اندازه‌گیری $\pm 1^\circ C$ است.

$$15^\circ C \pm 1^\circ C$$

۱-۱۰-۱- نکته

اگر دقت خط‌کش $1\,mm$ باشد، باید یک رقم حدسی بین تقسیم‌بندی‌های خط‌کش بیان شود.

یعنی اگر طول جسمی بین $14\,mm$ و $15\,mm$ باشد، طول جسم باید به صورت زیر گزارش شود:

اگر طول جسم بین $14\,mm$ و $15\,mm$	$\begin{cases} \text{دقت وسیله} = \dfrac{1\,mm}{2} = 0.5\,mm \\ \text{طول جسم} = 14.2\,mm \pm 0.5\,mm \end{cases}$
اگر طول جسم دقیقاً $14\,mm$ باشد	طول جسم $= 14.0\,mm \pm 0.5\,mm$

سوال ۱-۳۵

کمینهٔ تقسیم‌بندی (دقت) خط‌کشی سانتی‌متر است. گزارش‌های اندازه‌گیری درست و نادرست را مشخص کنید.

آ) ۴۲cm ب) ۴۲/۰cm پ) ۸/۱۲cm

ت) ۸/۱cm ث) ۷/۲۰cm

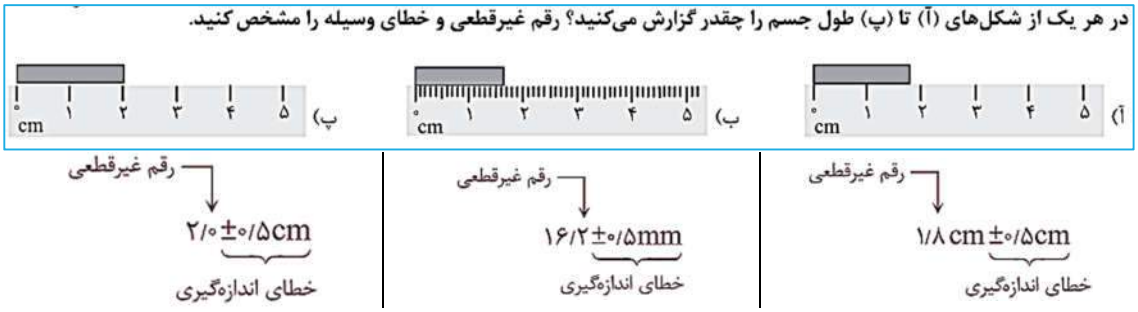
سوال ۱-۳۶

اعداد گزارش شده، توسط دستگاه‌های مدرج شده، اندازه‌گیری شده‌اند. در هر حالت تعداد رقم‌های بامعنا، رقم غیرقطعی و کمینهٔ تقسیم‌بندی وسیله (دقت) را مشخص کنید.

	عدد	تعداد رقم‌های بامعنا	رقم غیرقطعی	کمینهٔ تقسیم‌بندی
آ	۱۲/۱ ± ۲			
ب	۱۰ ± ۰/۵			

سوال ۱-۳۷

در هر یک از شکل‌های (آ) تا (پ) طول جسم را چقدر گزارش می‌کنید؟ رقم غیرقطعی و خطای وسیله را مشخص کنید.



۱-۱۰-۲- نکته

تعداد رقم‌های اعشاری خطا باید با تعداد رقم‌های اعشاری عدد گزارش شده یکسان باشد.

اگر مرتبه‌ی خطا و عدد گزارش شده یکسان باشد.	$2.6\,mm \pm 0.5\,mm$
اگر مرتبه‌ی خطا و عدد گزارش شده یکسان نباشد، خطا رو به بالا گرد می‌شود.	$52.4\,mm \pm 0.25\,mm$ $\Rightarrow 52.4\,mm \pm 0.3\,mm$

سوال ۱-۳۸

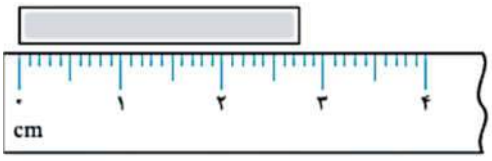
سوال ۱-۳۹

طول کاغذی را با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری کرده‌ایم. کدام گزینه درست بیان شده است؟

۱) ۳۲/۵cm ۲) ۳۲cm ۳) ۳۲/۵۴cm ۴) ۳۲/۵۴۸cm

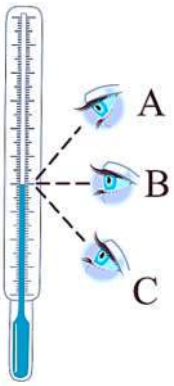
سوال ۱-۴۰

با توجه به شکل روبه‌رو، کدام گزینه طول جسم را درست‌تر گزارش کرده است؟



۱) ۲/۷۴ cm ±۰/۰۱ cm
۲) ۲/۷۴ cm ±۰/۰۵ cm
۳) ۲/۷ cm ±۰/۱ cm
۴) ۲/۷ cm ±۰/۵ cm

۱-۱۱- مهارت شخص آزمایشگر

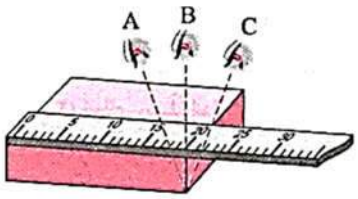


مهارت شخص آزمایشگر در نحوه‌ی خواندن نتیجه اندازه‌گیری باعث کاهش خطا و افزایش دقت آزمایش می‌شود.

در خواندن عدد روی وسایل اندازه‌گیری درجه‌بندی شده مانند **کولیس**، **ریزسنج** و دیگر وسایل باید به صورت **عمود** به آن نگاه کرد تا خطای آزمایشگر کمتر شود.

A، B و C به ترتیب دما را ۴۵°C، ۴۴°C و ۴۳°C می‌خوانند و شما می‌دانید شخص B که خط دیدش عمود بر ستون مایع دماسنج است، دقیق‌تر اندازه‌گیری کرده است.

سوال ۱-۴۱



سه دانش‌آموز آزمایشگر A، B و C مطابق شکل می‌خواهند طول مکعب نشان داده شده در شکل مقابل را بخوانند. کدام گزینه در مورد این سه آزمایشگر درست است؟

۱) خواندن نتیجهٔ اندازه‌گیری از منظر دانش‌آموزهای A و C خطا را افزایش می‌دهد ولی دقت منظر دانش‌آموز B بیش‌تر است.

۲) دقت هر سه دانش‌آموز یکسان است.

۳) دقت A از C و B بیش‌تر است.

۴) خواندن نتیجهٔ اندازه‌گیری از منظر B خطا را افزایش می‌دهد، ولی دقت منظرهای A و C بیشتر است.

۱-۱۲- تعداد دفعات اندازه‌گیری

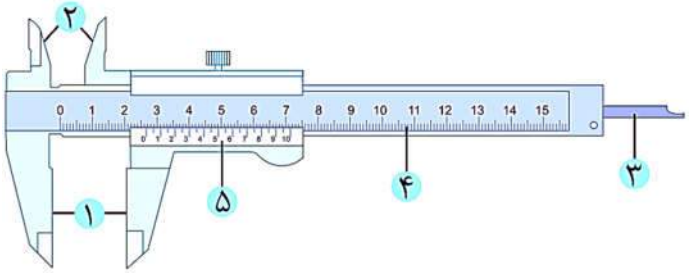
برای اطمینان از نحوه‌ی اندازه‌گیری باید تعداد دفعات اندازه‌گیری افزایش داده شود.

اگر اعداد تفاوت کمی داشته باشند، میانگین آنها گزارش می‌شود ولی اگر تعدادی از آنها با بقیه تفاوت چشم‌گیری داشته باشند این اعداد را حذف و از بقیه اعداد میانگین می‌گیرند.

۱-۱۳- کولیس

کولیس ابزاری دقیق برای اندازه‌گیری قطر داخلی، خارجی و عمق اجسام است.

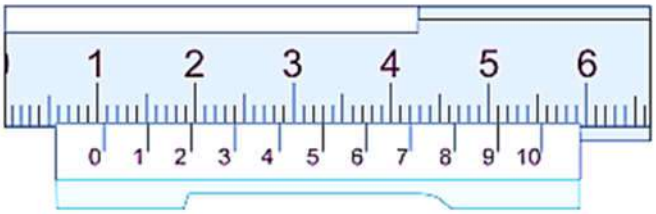
معمولاً دقت اندازه‌گیری کولیس‌ها $0.1mm$، $0.01mm$ و $0.02mm$ است.



قسمت‌های اصلی کولیس:

فک ثابت، فک متحرک، خط‌کش و ورنیه

۱-۱۳-۱- نحوه‌ی خواندن اعداد در کولیس

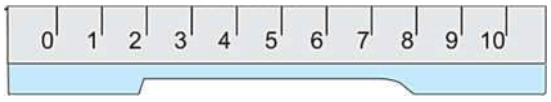


$$10mm+(7\times 0.1mm)=10.7mm$$
$$\Rightarrow 10.7mm\pm 0.05mm$$

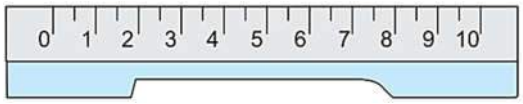
۱-۱۳-۲- تشخیص دقت کولیس

$$\text{دقت کولیس}=\frac{\text{دقت خط کش کولیس}}{\text{تعداد قسمت های روی ورنیه کولیس}}$$

اگر دقت خط‌کش کولیس $1mm$ باشد:



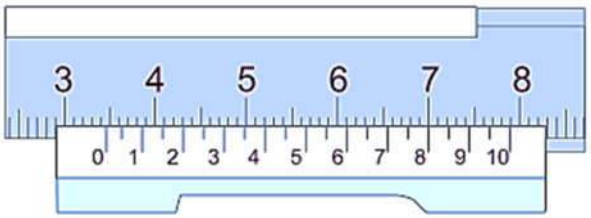
$$\text{دقت کولیس}=\frac{1mm}{10}=0.1mm$$



$$\text{دقت کولیس}=\frac{1mm}{20}=0.05mm$$

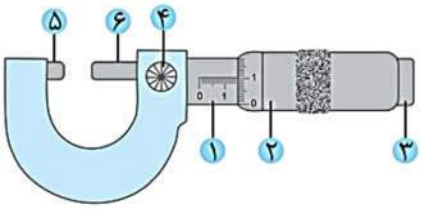
سوال ۱-۴۲

کولیس چه عددی را گزارش می‌کند؟



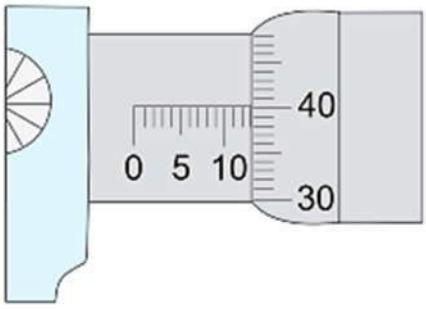
۱-۱۴- ریزسنج

ریزسنج یکی دیگر از ابزارهای اندازه‌گیری دقیق است که معمولاً نسبت به کولیس دقت بیشتری دارد. قسمت‌های مختلف یک ریزسنج مطابق شکل زیر است.



۱ استوانهٔ مدرج ثابت
۲ استوانهٔ مدرج چرخان
۳ پیچ هرزگرد
۴ قفل
۵ فک ثابت (سندان)
۶ فک متحرک (زبانه)

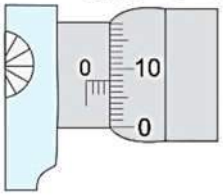
۱-۱۴-۱- نحوه خواندن ریزسنج

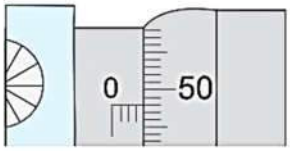


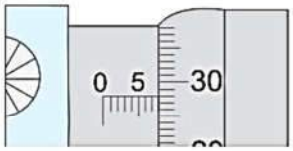
$$13\,mm + (40 \times 0.01\,mm) = 13.4\,mm$$
$$\Rightarrow 13.400mm \pm 0.005\,mm$$

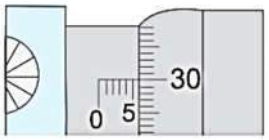
سوال ۱-۴۳

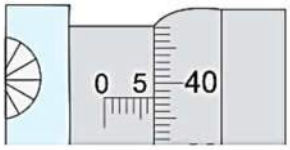
ریزسنج‌های زیر با دقت ۰/۰۱mm چه اعدادی را نشان می‌دهند؟

آ)


ب)


پ)


ت)


ث)


۱-۱۵- چگالی

میزان تراکم ذرات یک ماده را با کمیت **چگالی** نشان داده می‌شود.

نسبت جرم به حجم یک ماده را چگالی گویند و با ρ نمایش داده می‌شود.

$$\rho = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{m}{V}$$

برای بدست آوردن واحد چگالی باید به صورت زیر عمل کنیم

فرض می‌شود که واحد چگالی $[?]$ باشد

$$[?] = \frac{[kg]}{[m^3]}$$

۱-۱۵-۱-۱-نکته

رابطه‌ی تبدیل واحد $\frac{[g]}{[cm]^3}$ به $\frac{[kg]}{[m]^3}$:

$$\frac{[g]}{[cm]^3} = \frac{[g]}{[cm]^3}\left(\frac{1[kg]}{1000[g]}\right)\left(\frac{1[cm]^3}{10^{-6}[m]^3}\right) = 1000\frac{[kg]}{[m]^3}$$

هر $1000\frac{[kg]}{[m]^3}$ برابر است با $1\frac{[g]}{[cm]^3}$

۱-۱۵-۱-۲-نکته

رابطه‌ی تبدیل $[Lit]$ به $[m]^3$ چیست؟

$$1000[Lit] = 1[m]^3$$

۱-۱۵-۱-۳-نکته

رابطه‌ی تبدیل واحد $\frac{[g]}{[Lit]}$ به $\frac{[kg]}{[m]^3}$:

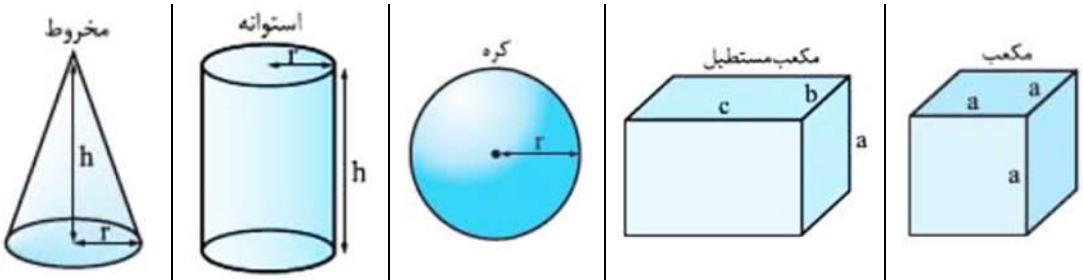
$$\frac{[g]}{[Lit]} = \frac{[g]}{[Lit]}\left(\frac{1[kg]}{1000[g]}\right)\left(\frac{1000[Lit]}{1[m]^3}\right) = 1000\frac{[kg]}{[m]^3}$$

سوال ۱-٤٤

چگالی آهن $7800\ kg/m^3$ است. حجم $273\ g$ آهن چند سانتی‌متر مکعب است؟

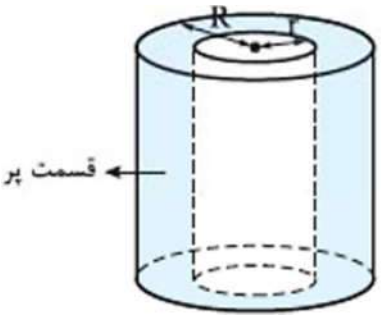
۱) $17/5$ ۲) 35 ۳) 175 ۴) 3500

۱-۱۶- نحوه‌ی محاسبه‌ی حجم اشکال هندسی

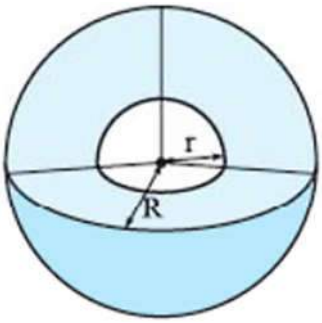


$V=\frac{1}{3}\pi r^2 h$	$V=\pi r^2 h$	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$	$V=abc$	$V=a^3$

۱-۱۶-۱-۱-نکته: حجم استوانه و کره‌ی حفره‌دار



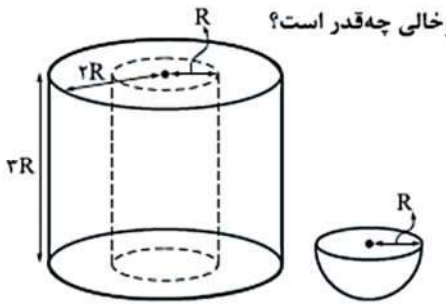
$$V=\pi(R^2-r^2)h$$



$$V=\frac{4}{3}\pi(R^3-r^3)$$

سوال ۱-۴۵

در شکل زیر هر دو جسم از فولاد ساخته شده‌اند. نسبت جرم نیم‌کره به جرم استوانه‌ی توخالی چه‌قدر است؟



۱) $\frac{۲۰}{۲۷}$

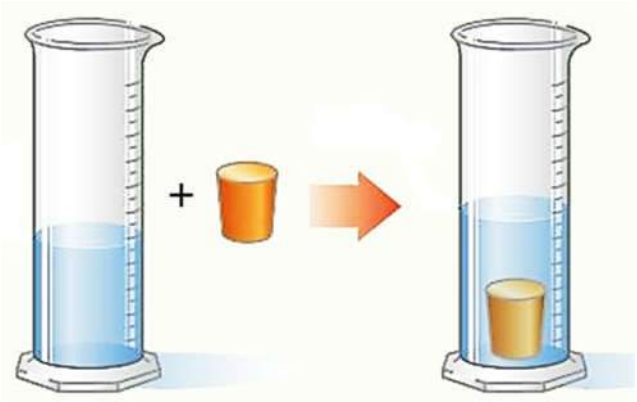
۲) $\frac{۲}{۹}$

۳) $\frac{۲}{۲۷}$

۴) $\frac{۲۰}{۹}$

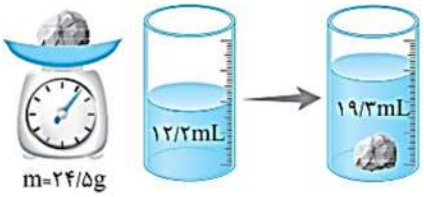
۱-۱۶-۲- نکته

برای اندازه‌گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند، از استوانه‌ی مدرج استفاده می‌شود.



سوال ۱-۴۶

با توجه به اعداد ترازو و استوانهٔ مدرج، چگالی قطعه سنگ را برحسب g/cm^3 و g/L به‌دست آورید.

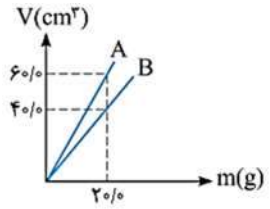


سوال ۱-۴۷

نمودار حجم برحسب جرم دو مایع مطابق شکل است:

آ) چگالی هر مایع را برحسب g/cm^3 حساب کنید.

ب) اگر حجمی برابر $۱۸۰/۰ cm^3$ از هر یک از دو مایع را با هم مخلوط کنیم، چگالی مخلوط چند g/cm^3 می‌شود؟ (از تغییر حجم صرف‌نظر کنید.)



۱-۱۶-۳- نکته: چگالی مواد مخلوط مانند آلیاژها

اگر چند ماده که دارای جرم‌های m_1، m_2، m_3 و ... با حجم‌های V_1، V_2، V_3 و ... با یکدیگر مخلوط شوند، چگالی ماده تشکیل شده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود

$$\rho_x = \frac{\text{مجموع جرم کل مواد}}{\text{مجموع حجم کل مواد}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots}{V_1 + V_2 + V_3 + \cdots}$$

سوال ۱-۴۸

کره‌ای توپر با شعاع R را ذوب کرده و با استفاده از مصالح آن یک استوانه با شعاع داخلی R' و شعاع خارجی R می‌سازیم. اگر ارتفاع استوانهٔ ساخته شده برابر $2R$ باشد نسبت $\frac{R'}{R}$ کدام است؟ (سراسری ریاضی ۸۱ خارج از کشور)

۱) $\sqrt{3}$ ۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ۳) $\sqrt{2}$ ۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

سوال ۱-۴۹

درون استوانهٔ مدرجی آب وجود دارد. گلولهٔ توپری به جرم ۴۲ گرم را داخل آب می‌اندازیم. سطح آب از درجهٔ $50cm^3$ به $54cm^3$ می‌رسد. چگالی گلوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (سراسری ریاضی ۹۲)

۱) ۳/۵ ۲) ۱۰/۵ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

سوال ۱-۵۰

یک قطعه فلز به جرم ۹۰ گرم را درون آب در داخل استوانه‌ای می‌اندازیم. قطعه فلز کاملاً در آب فرو می‌رود و سطح آب درون استوانه به اندازهٔ $1/2cm$ بالا می‌آید، اگر سطح مقطع داخلی استوانه $10cm^2$ باشد چگالی فلز چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (سراسری ریاضی ۸۲)

۱) ۵/۵ ۲) ۶ ۳) ۷/۵ ۴) ۸

سوال ۱-۵۱

یک قطعه فلز را که چگالی آن $2/7g/cm^3$ می‌باشد، کاملاً در ظرفی پر از الکل به چگالی $0/8g/cm^3$ وارد می‌کنیم و به اندازهٔ ۱۶۰ گرم الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۵۴۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۴۳۲ ۴) ۲۰۰

سوال ۱-۵۲

جرم یک گلولهٔ آهنی ۳۹۰۰ گرم و چگالی آن $7800 kg/m^3$ است. اگر گلولهٔ آهنی را به آرامی در ظرف پر از الکل فرو بریم و چگالی الکل ۸۰۰ گرم بر لیتر باشد، چند گرم الکل از ظرف خارج می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۰ خارج از کشور)

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۹۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۴۰۰۰

سوال ۱-۵۳

شعاع ظاهری یک کرهٔ فلزی ۵cm و جرم آن ۱۰۸۰ گرم و چگالی آن $2/7 g/cm^3$ است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد از حجم کره را تشکیل می‌دهد؟ ($\pi = 3$) (سراسری ریاضی ۹۴ خارج از کشور)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

سوال ۱-۵۴

درون یک قطعه طلا به حجم ظاهری $12cm^3$ و جرم ۱۹۹/۵ گرم، حفره‌ای وجود دارد. اگر چگالی طلا $19000 kg/m^3$ باشد، حجم حفرهٔ خالی چند سانتی‌متر مکعب است؟ (سراسری ریاضی ۸۷)

۱) ۰/۷۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۳/۴

سوال ۱-۵۵

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؟ (سراسری ریاضی ۹۱ خارج از کشور)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۶۰

سوال ۱-۵۶

جرم دو کرهٔ همگن توپر A و B با هم برابر است. اگر شعاع کرهٔ A برابر ۳cm و شعاع کرهٔ B برابر ۶cm باشد، چگالی کرهٔ A چند برابر چگالی کرهٔ B می‌باشد؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) $2\sqrt{2}$ (سراسری ریاضی ۸۹ خارج از کشور)

سوال ۱-۵۷

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؟ (سراسری ریاضی ۸۹)

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

سوال ۱-۵۸

چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیهٔ V_A و V_B برابر ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر $\rho_A = ۶۰۰ g/L$ و $\rho_B = ۸۰۰ g/L$ باشد، نسبت $\frac{V_A}{V_B}$ کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۲ خارج از کشور)

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

سوال ۱-۵۹

مخلوطی از ۲ نوع مایع با چگالی‌های $\rho_۱$ و $\rho_۲$ درست شده است. اگر $\frac{۱}{۳}$ حجم آن از مایعی با چگالی $\rho_۱$ بوده و $\frac{۲}{۳}$ باقی‌مانده از مایعی با چگالی $\rho_۲$ باشد، چگالی مخلوط برابر با کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۱)

۱) $\frac{۳\rho_۱\rho_۲}{\rho_۲ + ۲\rho_۱}$ ۲) $\frac{\rho_۲ + ۲\rho_۱}{۳}$ ۳) $\frac{\rho_۱ + ۲\rho_۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳\rho_۱\rho_۲}{\rho_۱ + ۲\rho_۲}$

سوال ۱-۶۰

جواهر فروشی در ساختن یک قطعه جواهر به جای طلای خالص، مقداری نقره نیز به‌کار 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 به‌ترتیب $۱۰ g/cm^۳$ و $۱۹ g/cm^۳$ فرض شود.) (سراسری ریاضی ۹۵ خارج از کشور)

۱) ۸ ۲) ۳۰ ۳) ۳۴ ۴) ۳۸

سوال ۱-۶۱

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

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

فصل دوم

کار، انرژی و توان

۲- فصل دوم کار، انرژی و توان

۲-۱-انرژی

انرژی این امکان را فراهم می‌کند تا تمامی فعالیت‌های روزمره‌ی خود را انجام دهید.

به زبان ساده‌تر **توانایی انجام کار را انرژی می‌نامند** و واحد آن ژول $[j]$ است.

۲-۲-انرژی جنبشی

به انرژی اجسام در حال حرکت **انرژی جنبشی** گویند. انرژی جنشی کمیتی نرده‌ای و واحد آن ژول $[j]$ است. انرژی جنبشی را می‌توان از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه کرد

$$\begin{cases} K \propto m \\ K \propto v^2 \end{cases} \Rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$[j] = ([kg])\left([\frac{m}{s}]\right)^2$$

$$[j] = [kg][\frac{m^2}{s^2}] = [\frac{kg \cdot m^2}{s^2}]$$

سوال ۲-۱

اگر جسمی به جرم $5[kg]$ با سرعت $20[\frac{m}{s}]$ حرکت کند، انرژی جنبشی آن چند میکروژول است؟

روش حل مساله:

- مرحله‌ی اول: صورت مساله را با دقت بخوانید.
- مرحله‌ی دوم: اطلاعات مساله را یادداشت کنید.
- مرحله‌ی سوم: دقت کنید مساله‌ی از شما محاسبه‌ی چه چیزی را خواسته است.
- مرحله‌ی چهارم: فرمول مناسب را برای حل مساله پیدا کنید.

اطلاعات مساله:

۱- تنها اطلاعاتی که در مساله داده شده است سرعت و جرم جسم است پس

۲- $v = 20[\frac{m}{s}]$

۳- انرژی جنبشی را بر حسب میکروژول از ما خواسته پس ابتدا باید انرژی جنبشی برحسب ژول محاسبه شود، سپس ژول را به میکروژول تبدیل کنید.

٤- انرژی جنبشی با استفاده از فرمول $K = \frac{1}{2}mv^2$ بدست می‌آید.

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{v=20[\frac{m}{s}],m=5[kg]} K=\frac{1}{2}\times 5\times \underbrace{(20)^2}_{400}=\frac{1}{2}\times 5\times \overbrace{400}^{200}=5\times 200=1000[j]$$

$$\Rightarrow 1000[j]=?[\mu j]$$

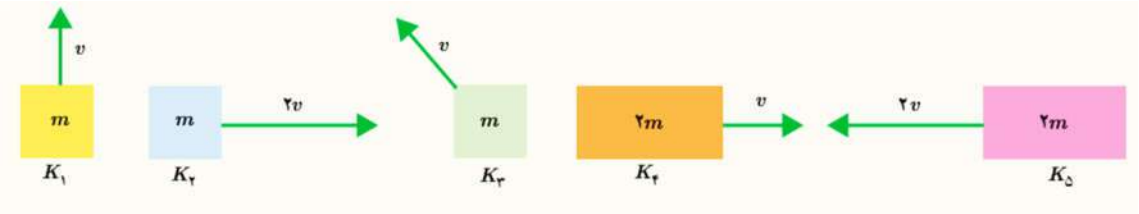
$\Rightarrow$ بـــا اســـتفاده از روش زنجـــیره ای

$$\Rightarrow 1000[j]\times\left(\frac{[\mu j]}{10^{-6}[j]}\right)=\frac{1000}{10^{-6}}[\mu j]=\frac{10^{+3}}{10^{-6}}[\mu j]=10^{+3}\times 10^{+6}[\mu j]=10^{+9}[\mu j]$$

$$\Rightarrow 1000[j]=10^{+9}[\mu j]$$

سوال ۲-۲

انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.



$\begin{cases} m_1=m \\ v_1=v \end{cases}$	$K_1=\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}mv^2$
$\begin{cases} m_2=m \\ v_2=2v \end{cases}$	$K_2=\frac{1}{2}m_2v_2^2=\frac{1}{2}m\underbrace{(2v)^2}_{4v^2}=4\underbrace{\left(\frac{1}{2}mv^2\right)}_{K_1}\Rightarrow K_2=4K_1$
$\begin{cases} m_3=m \\ v_3=v \end{cases}$	$K_3=\frac{1}{2}m_3v_3^2=\frac{1}{2}mv^2\Rightarrow K_1=K_3$
$\begin{cases} m_4=2m \\ v_4=v \end{cases}$	$K_4=\frac{1}{2}m_4v_4^2=\frac{1}{2}(2m)v^2\Rightarrow K_4=2\underbrace{\left(\frac{1}{2}mv^2\right)}_{K_1}\Rightarrow K_4=2K_1$
$\begin{cases} m_5=2m \\ v_5=2v \end{cases}$	$K_5=\frac{1}{2}m_5v_5^2=\frac{1}{2}(2m)\underbrace{(2v)^2}_{4v^2}\Rightarrow K_5=8\underbrace{\left(\frac{1}{2}mv^2\right)}_{K_1}\Rightarrow K_5=8K_1$

$$(K_1=K_3)<K_4<K_2<K_5$$

سوال ۲-۳

انرژی جنبشی دو جسم با جرم‌های m_1 و m_2 که به ترتیب با سرعت‌های v_1 و v_2 را با یکدیگر مقایسه کنید.

$$\frac{K_2}{K_1}=\frac{\frac{1}{2}m_2v_2^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2}=\left(\frac{m_2v_2^2}{m_1v_1^2}\right)=\left(\frac{m_2}{m_1}\right)\left(\frac{v_2^2}{v_1^2}\right)=\left(\frac{m_2}{m_1}\right)\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\Rightarrow\frac{K_2}{K_1}=\left(\frac{m_2}{m_1}\right)\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

سوال ۲-٤

انرژی جنبشی کامیونی به جرم ۱۰۰۰۰kg که با تندی ۷۲km/h حرکت می‌کند چند مگاژول است؟

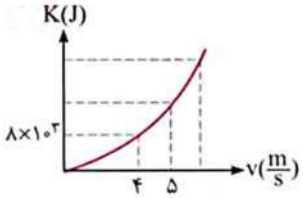
۱) ۲۰۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲

سوال ۲-۵

اگر در اثر ضربه، ۱۵ ژول انرژی به یک توپ واقع بر روی یک سطح افقی منتقل شود و جرم توپ ۰/۵kg باشد، تندی آن چند متر بر ثانیه می‌شود؟

۱) $\sqrt{۱۵}$ ۲) $\sqrt{۱۰}$ ۳) $\sqrt{۵}$ ۴) $۲\sqrt{۱۵}$

سوال ۲-٦



نمودار انرژی جنبشی برحسب تندی برای اتومبیلی مطابق شکل مقابل است. جرم اتومبیل چند کیلوگرم و انرژی جنبشی آن هنگامی که تندی ۵m/s است، کدام گزینه می‌باشد؟

۱) ۲۰۰۰kg و ۱۲۵۰۰J ۲) ۱۰۰۰kg و ۱۲۵۰۰J

۳) ۲۰۰۰kg و ۱۲۵۰۰۰J ۴) ۱۰۰۰kg و ۱۲۵۰۰۰J

سوال ۲-۷

انرژی جنبشی گلوله‌ای ۴J و تندی آن ۴m/s است. تندی آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن ۵J شود؟ *(سراسری تجربی ۸۴)*

۱) ۵ ۲) ۸ ۳) $۲\sqrt{۵}$ ۴) $۵\sqrt{۲}$

سوال ۲-۸

انرژی جنبشی گلوله‌ای ۹ ژول است و تندی آن ۶m/s می‌باشد، تندی آن را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی آن ۵J شود؟

۱) $۲\sqrt{۵}$ ۲) $۵\sqrt{۲}$ ۳) ۸ ۴) ۴

سوال ۲-۹

انرژی جنبشی دوچرخه‌سواری ۱۰ کیلوژول است. اگر او تندی خود را ۵m/s افزایش دهد، انرژی جنبشی او به ۹۰ کیلوژول می‌رسد. تندی اولیهٔ دوچرخه‌سوار چند متر بر ثانیه بوده است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۸ ۴) ۳/۲

سوال ۲-۱۰

اگر تندی متحرکی به جرم m به اندازهٔ $5\,m/s$ افزایش پیدا کند، افزایش انرژی جنبشی آن $\frac{5}{4}$ انرژی جنبشی اولیه می‌شود. تندی اولیهٔ متحرک چند متر بر ثانیه بوده است؟ (سراسری تجربی ۹۵ خارج از کشور)

۱) ۶/۲۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

سوال ۲-۱۱

جسمی به جرم $4\,kg$ با تندی $10\,m/s$ در حرکت است. اگر با تغییر تندی جسم، انرژی جنبشی آن ۹ برابر شود، حاصل‌ضرب جرم در تندی آن در SI چقدر افزایش می‌یابد؟ (سراسری ریاضی ۹۱ خارج از کشور)

۱) ۱۲ ۲) ۸۰ ۳) ۲۲۰ ۴) ۳۶۰

سوال ۲-۱۲

اگر انرژی جنبشی گلوله‌ای ۳۶ درصد کاهش یابد، تندی آن چند درصد کاهش می‌یابد؟

۱) ۱۸ ۲) ۲۰ ۳) ۳۶ ۴) ۴۰

سوال ۲-۱۳

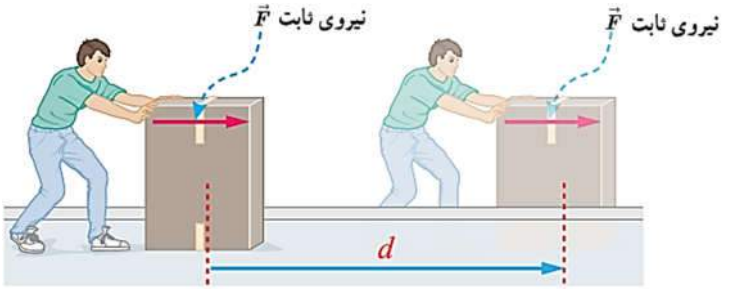
جسمی در مسیر مستقیم با تندی v در حال حرکت است. اگر تندی این جسم $5\,m/s$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴۴ درصد افزایش می‌یابد. v چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی ۹۳ خارج از کشور)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۲-۳- کار انجام‌شده توسط نیروی ثابت

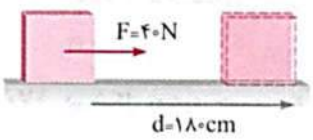
۲-۳-۱- تعریف کار

اگر به جسمی نیروی $\vec{F}$ وارد شود و این جسم به اندازه‌ی d در جهت نیروی اعمال‌شده جابجا گردد کار انجام‌شده روی جسم به صورت زیر تعریف خواهد شد.



$$\underbrace{W_{\vec{F}}}_{\text{کار انجام شده}} = \left(\underbrace{|\vec{F}|}_{\text{اندازه نیروی وارد شده به جسم}}\right)\left(\underbrace{|\vec{d}|}_{\text{جابجایی جسم در اثر نیروی وارد شده به جسم}}\right)$$

سوال ۲-۱۴



برای کشیدن جعبه‌ای روی سطح افقی ۴۰ نیوتون نیرو لازم است. کار لازم برای ۱۸۰ سانتی‌متر جابه‌جایی جسم چند ژول است؟

۱) ۷۲ ۲) ۵۰ ۳) ۳۲۰ ۴) ۵۰۰

سوال ۲-۱۵

پدری به کمک پسر خود کُمدی را روی سطح زمین در مسیری مستقیم به اندازهٔ ۲/۵ متر جابه‌جا می‌کند. اگر نیروی افقی پدر و پسر به‌ترتیب ۸۰ و ۵۰ نیوتون باشد نسبت کار پدر به کار پسر در این جابه‌جایی چند متر است؟

۱) ۱۶ ۲) $\frac{۵}{۸}$ ۳) ۱/۶ ۴) ۱۶۰

سوال ۲-۱۶

جسمی تحت اثر نیروی ثابت و افقی۲۰۰ نیوتونی روی سطح افقی با تندی ثابت ۴ m/s روی خط راست در حال حرکت است. کار این نیرو در هر دقیقه چند کیلوژول است؟

۱) ۰/۸ ۲) ۳ ۳) ۴۸ ۴) ۴۸

سوال ۲-۱۷

موتورسواری از حال سکون در مسیری مستقیم و بدون اصطکاک با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند و پس از ۱۰s تندی آن به ۷۲km/h می‌رسد. اگر جرم موتورسوار و موتورش ۲۲۰kg باشد، کار نیروی موتور در جابه‌جایی ۲۰ متر چند ژول است؟

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۲۱۶۸۰ ۳) ۴۴۰ ۴) ۸۸۰۰

سوال ۲-۱۸

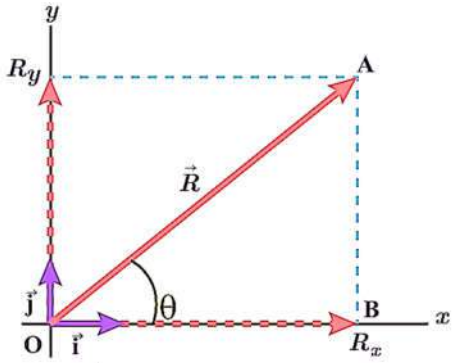
شخصی جعبه‌ای به جرم ۲۰kg را به‌طور یکنواخت در راستای قائم ۱۲۰ سانتی‌متر بالا می‌برد. کار نیروی شخص در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (g = ۱۰N/kg)

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۲۴۰ ۳) ۲۴ ۴) ۲۴۰۰۰

۲-۳-۲- اگر زاویه‌ی بین نیروی وارد شده به جسم و جابجایی، θ باشد

۲-۳-۲-۱- تجزیه‌ی برداری

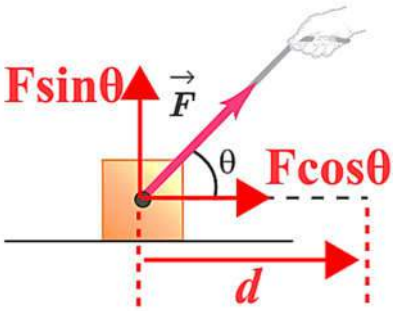
اگر زاویه‌ی بین بردار $\vec{R}$ و جهت مثبت محور xها θ باشد آنگاه تصویر بردار $\vec{R}$ روی محورهای مختصات به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند.



$\vec{R}_x \equiv x$ تصویر بردار روی محور $\Rightarrow$	$\vec{R}_x = \left(\underbrace{\lvert\vec{R}_x\rvert}_{\text{اندازه تصویر بردار روی محور } x}\right)\left(\underbrace{\hat{i}}_{\text{جهت بردار در راستای محور } x}\right) = R_x\hat{i}$
$\vec{R}_y \equiv y$ تصویر بردار روی محور $\Rightarrow$	$\vec{R}_y = \left(\underbrace{\lvert\vec{R}_y\rvert}_{\text{اندازه تصویر بردار روی محور } y}\right)\left(\underbrace{\hat{j}}_{\text{جهت بردار در راستای محور } y}\right) = R_y\hat{j}$
$\vec{R} = \vec{R}_x\hat{i} + \vec{R}_y\hat{j}$	$\lvert\vec{R}\rvert = R = \sqrt{\lvert\vec{R}_x\rvert^2 + \lvert\vec{R}_y\rvert^2} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ $tan\theta = \dfrac{\lvert\vec{R}_y\rvert}{\lvert\vec{R}_x\rvert} = \dfrac{R_y}{R_x}$
$\vec{R} = (R\cos\theta)\hat{i} + (R\sin\theta)\hat{j}$	$\Leftarrow \begin{cases} \sin\theta = \dfrac{AB}{OA} = \dfrac{R_y}{R} \Rightarrow \sin\theta = \dfrac{R_y}{R} \Rightarrow R_y = R\sin\theta \\ \cos\theta = \dfrac{OB}{OA} = \dfrac{R_x}{R} \Rightarrow \cos\theta = \dfrac{R_x}{R} \Rightarrow R_x = R\cos\theta \end{cases}$

سوال ۲-۱۹

اگر جسمی را مطابق شکل با نیروی $\vec{F}$ بکشیم، مولفه‌ی افقی نیرو(تصویر $\vec{F}$ روی محور xها) و مولفه‌ی قائم(تصویر $\vec{F}$ روی محور yها) به‌صورت زیر نوشته می‌شود



شکل ۲-۱

$$\vec{F}=\vec{F}_x+\vec{F}_y=F_x\hat{i}+F_y\hat{j}=\underbrace{\left(|\vec{F}|\cos\theta\right)}_{F_x}\hat{i}+\underbrace{\left(|\vec{F}|\sin\theta\right)}_{F_y}\hat{j}$$

$$\Rightarrow \vec{F}=\left(F\cos\theta\right)\hat{i}+\left(F\sin\theta\right)\hat{j}$$

۲-۳-۳- محاسبه کار در حالت کلی

مطابق شکل ۲-۱ مؤلفه‌ای از نیرو بر روی جسم کار انجام می‌دهد که با جابجایی هم‌راستا باشد.

$$W_{\vec{F}}=\underbrace{\left(|\vec{F}|\cos\theta\right)}_{F_x}d=Fd\cos\theta$$

۲-۳-۳-۱- نکته:

کاری که نیروی $\vec{F}$ روی جسم انجام می‌دهد، تنها ناشی از مؤلفه‌ی افقی $\left(F_x=|\vec{F}|\cos\theta\right)$ است زیرا در راستای جابجایی است.

$$\theta=0\Rightarrow\cos 0^\circ=1$$
$$\Rightarrow W_{\vec{F}}=Fd\cos\theta$$
$$\Rightarrow W_{\vec{F}}=Fd\left(\underbrace{\cos 0}_{1}\right)=Fd$$

۲-۳-۳-۲- نکته:

مؤلفه‌ی قائم نیرو $\left(F_x=|\vec{F}|\sin\theta\right)$ چون بر راستای جابجایی عمود است بر روی جسم کار انجام نمی‌دهد.

$$\theta=\frac{\pi}{2}\Rightarrow\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)=0$$
$$\Rightarrow W_{\vec{F}}=Fd\cos\theta$$
$$\Rightarrow W_{\vec{F}}=Fd\left(\underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}_{0}\right)\Rightarrow W_{\vec{F}}=0$$

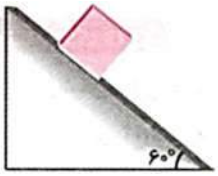
سوال ۲-۲۰

سوال ۲-۲۱

جسمی به جرم ۳kg روی سطح افقی به حال سکون قرار دارد. نیروی $\vec{F}=15\vec{i}+20\vec{j}$ در SI به جسم وارد می‌شود و جسم بر روی محور x، ۱۰ متر جابه‌جا می‌شود. کار نیروی F در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)

۱) ۲۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۹۰

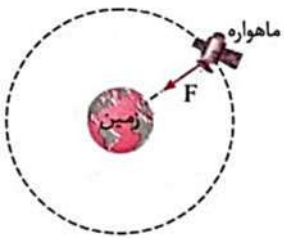
سوال ۲-۲۲



در شکل مقابل جسم در حال پایین آمدن روی سطح شیبدار است. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم ۴ نیوتون باشد، کار نیروی اصطکاک وقتی جسم ۱۰ متر روی سطح پایین بیاید چند ژول است؟

۱) صفر ۲) ۲۰-
۳) ۴۰- ۴) $-20\sqrt{3}$

سوال ۲-۲۳



مطابق شکل، ماهواره‌ای روی یک مسیر دایره‌ای شکل به دور زمین می‌چرخد. در حرکت ماهواره همواره نیروی F از طرف زمین به ماهواره وارد می‌شود. این نیرو در راستای شعاع و به سمت مرکز است. کار این نیرو .....

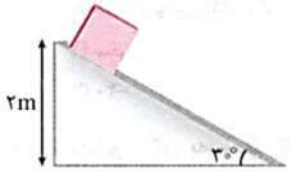
۱) مثبت است ۲) منفی است
۳) صفر است ۴) می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد

سوال ۲-۲۴

زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی برابر ۳۰° است. اگر با ثابت ماندن نیرو و جابه‌جایی، زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی به ۶۰° برسد، کار انجام شده چند برابر می‌شود؟

۱) ۲ ۲) $\sqrt{3}$ ۳) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ۴) $\frac{1}{2}$

سوال ۲-۲۵



در شکل مقابل، جسمی به جرم $M = 3\,kg$ بدون سرعت اولیه از نقطهٔ A رها می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی در مسیر، ۲ نیوتون باشد، کار نیروی جاذبه تا رسیدن جسم به سطح افقی چند ژول است؟ $(g = 10 m/s^2)$

۱) ۵۴ ۲) $۵۴\sqrt{۳}$

۳) ۶۰ ۴) $۶۰\sqrt{۳}$

سوال ۲-۲۶

جسمی به جرم یک کیلوگرم در شرایط خلأ رها می‌شود و بعد از ۴ ثانیه به زمین می‌رسد. اگر در ثانیهٔ سوم ۲۵ متر سقوط کند، کار نیروی وزن در ثانیهٔ سوم سقوط چند ژول است؟ $(g = 10 m/s^2)$ *(سراسری ریاضی ۹۲ با اندکی تغییر)*

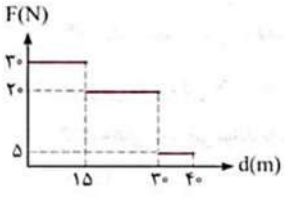
۱) ۱۵۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۴۵۰

سوال ۲-۲۷

وزنهٔ ۸۰۰ گرمی به نخ سبکی به طول یک متر بسته شده و از نقطه‌ای آویزان است که به این مجموعه آونگ می‌گوییم. نخ را از راستای قائم به اندازهٔ ۶۰ درجه منحرف کرده و رها می‌کنیم تا در مسیر دایره‌ای در صفحهٔ قائم حرکت کند. از لحظهٔ رها شدن وزنه تا لحظه‌ای که نخ به راستای قائم می‌رسد، کار نیروی جاذبهٔ زمین چند ژول است؟ $(g = 10 m/s^2)$

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

سوال ۲-۲۸



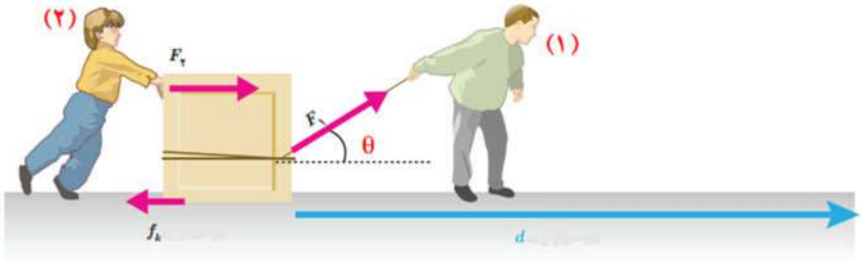
نمودار تغییرات نیرو برحسب جابه‌جایی جسمی که از حال سکون شروع به حرکت کرده است، مطابق شکل مقابل است. کار انجام شده بر روی جسم توسط نیرو در ۴۰ متر جابه‌جایی اول چند ژول است؟

۱) ۴۵۰ ۲) ۳۰۰

۳) ۸۰۰ ۴) ۱۲۰۰

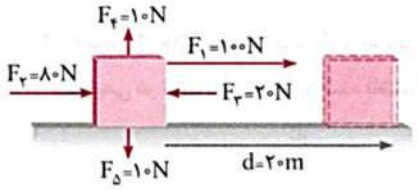
۲-۳-٤- کار کل

اگر به جسمی چند نیروی بطور همزمان وارد شود، کار کل برابر است با مجموع کار انجام شده‌ی توسط هر یک از نیروها.



$$W_1 = F_1 d\cos\theta$$
$$W_2 = F_2 d$$
$$W_3 = f_k d\underbrace{\left(\underbrace{\cos\theta}_{\theta=\pi}\right)}_{-1} = -f_k d$$
$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 = F_1 d\cos\theta + F_2 d - f_k d = \left(F_1\cos\theta + F_2 - f_k\right)d$$
$$\Rightarrow W_t = \left(F_1\cos\theta + F_2 - f_k\right)d$$

سوال ۲-۲۹



در شکل مقابل کار کل نیروهای وارد بر جسم چند کیلوژول است؟

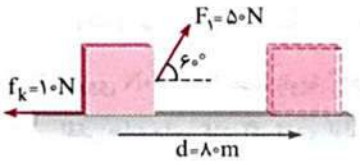
۱) ۳۲۰۰

۲) ۳۲۰

۳) ۳۲

۴) ۳/۲

سوال ۲-۳۰



در شکل مقابل کل کاری که روی جسم انجام می‌شود چند ژول است؟

۱) ۱۸۰۰

۲) ۲۰۰۰

۳) ۱۲۰۰

۴) ۸۰۰

سوال ۲-۳۱

کار نیروی $\vec{F} = ۱۰\vec{i} + ۷/۵\vec{j}$ در جابه‌جایی $\vec{d} = ۶\vec{i} + ۸\vec{j}$ در سیستم SI چند ژول است؟

۱) ۸۵ ۲) ۱۲۰ ۳) ۱۲۵ ۴) ۲۴۰

سوال ۲-۳۲

کار نیروی $\vec{F} = ۵\vec{i} + ۲\vec{j}$ در جابه‌جایی $\vec{d} = ۳\vec{i} + ۴\vec{j}$ در SI چند ژول است؟

۱) $\sqrt{۲۸۹}$ ۲) ۲۳ ۳) ۱۱ ۴) ۱۲

سوال ۲-۳۳

در دستگاه اندازه‌گیری SI، دو نیروی $\vec{F}_۱ = ۶\vec{i} - ۴\vec{j}$ و $\vec{F}_۲ = -۲\vec{i} + ۳\vec{j}$ به‌طور هم‌زمان به جسمی اثر کرده و جسم طی بردار $\vec{d} = ۵\vec{i} - ۸\vec{j}$ جابه‌جا می‌شود. کار انجام شده توسط برایند نیروهای وارد بر جسم طی این جابه‌جایی چند ژول است؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۸ ۳) ۲۸ ۴) ۳۹

۲-٤-قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی

۲-٤-۱-۱- نکته:

اگر نیرو خارجی وارده شده به جسم با جابجایی هم‌جهت باشد، این نیرو باعث افزایش انرژی جنبشی جسم می‌شود.

$$\xrightarrow{\vec{F}_{ext}} \quad , \quad \xrightarrow{\vec{d}}$$
$$|\vec{v}_2| > |\vec{v}_1|$$

اگر نیرو خارجی وارده شده به جسم در خلاف جهت جابجایی جسم باشد، این نیرو باعث کاهش انرژی جنبشی جسم می‌شود.

$$\xleftarrow{\vec{F}_{ext}} \quad , \quad \xrightarrow{\vec{d}}$$
$$|\vec{v}_2| < |\vec{v}_1|$$

بین کار کل انجام شده روی یک جسم (W_T) و تغییرات انرژی جنبشی (ΔK) رابطه‌ای وجود دارد که به آن قضیه کار و انرژی جنبشی می‌گویند.

$$\begin{cases} W_T = F_T d = \underbrace{ma}_{F_T} d \\ V_2^2 - V_1^2 = 2ad \Rightarrow d = \dfrac{V_2^2 - V_1^2}{2a} \end{cases} \Rightarrow W_T = \left(m \not{a}\right)\left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \not{a}}\right) = m\left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2}\right) = \frac{1}{2}m\left(V_2^2 - V_1^2\right)$$

$$W_T = \frac{1}{2}m\left(V_2^2 - V_1^2\right)$$

$$W_T = K_2 - K_1 = \Delta K$$

انرژی جنبشی جسم افزایش می‌یابد.	$W_T > 0 \Rightarrow \underbrace{\Delta K}_{(K_2-K_1)} > 0 \Rightarrow K_2 > K_1$
انرژی جنبشی جسم کاهش می‌یابد.	$W_T < 0 \Rightarrow \underbrace{\Delta K}_{(K_2-K_1)} < 0 \Rightarrow K_2 < K_1$
انرژی جنبشی جسم تغییر نمی‌کند.	$W_T = 0 \Rightarrow \underbrace{\Delta K}_{(K_2-K_1)} = 0 \Rightarrow K_2 = K_1$

سوال ۲-۳۴

تندی اتومبیلی به جرم یک تُن تحت تأثیر نیروی ثابتی در مدت معینی از $36km/h$ به $72km/h$ می‌رسد. کار نیروی خالص در این مدت چند مگاژول است؟

۱) ۰/۰۱۵ ۲) ۰/۱۵ ۳) ۰/۰۵ ۴) ۰/۰۲۵

سوال ۲-۳۵

اتومبیلی به جرم $800kg$ که با تندی $20m/s$ در جاده افقی در حرکت است ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی متوقف می‌گردد. کار برایند نیروهای وارد بر اتومبیل در مدت ترمز کردن چند ژول است؟

۱) -8×10^{3} ۲) $-1/6\times10^{5}$ ۳) 8×10^{3} ۴) $1/6\times10^{5}$

سوال ۲-۳۶

جسمی با تندی $10m/s$ در جهت مثبت محور xها حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن $200J$ است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور x به $20m/s$ می‌رسد. کار برایند نیروهای وارد بر جسم در این مدت چند ژول است؟

۱) −۵۰۰ ۲) −۶۰۰ ۳) +۶۰۰ ۴) +۵۰۰

سوال ۲-۳۷

برای آن‌که تندی خودرویی از حال سکون به v برسد باید کار کل W_{t_1} روی آن انجام شود، هم‌چنین برای آن‌که تندی خودرو از v به $3v$ برسد، باید کار کل W_{t_2} روی آن انجام شود. نسبت $\frac{W_{t_2}}{W_{t_1}}$ چقدر است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۸

سوال ۲-۳۸

ورزشکاری سعی می‌کند توپی به جرم ۱۵۰ گرم را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به همین منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی $F=80N$ تا لحظهٔ پرتاب توپ و در جهت جابه‌جایی افقی $(d=1/5m)$ بر توپ وارد می‌کند. تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چند متر بر ثانیه است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود.)

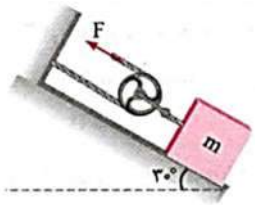
۱) ۲۰
۲) $\sqrt{20}$
۳) ۴۰
۴) $\sqrt{40}$

سوال ۲-۳۹

گلوله‌ای به جرم ۲kg با تندی اولیهٔ ۲۰m/s تحت زاویهٔ α رو به بالا پرتاب می‌شود. این گلوله با تندی ۱۰m/s از نقطهٔ اوج می‌گذرد. کار برایند نیروهای وارد بر گلوله از لحظهٔ پرتاب تا زمان رسیدن به نقطهٔ اوج چند ژول می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۲ خارج از کشور)

۱) −۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۵۰ ۴) −۳۰۰

سوال ۲-۴۰

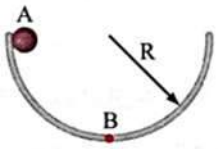


مطابق شکل مقابل جسمی به جرم m با تندی ثابت به اندازهٔ ۲۰ متر در امتداد سطح شیبدار بدون اصطکاک بالا می‌رود، کار نیروی F چند ژول است؟ $(\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}\ ,\ g = 9/8\,N/kg\ ,\ m = 50\,kg)$

۱) ۹۸۰ ۲) ۲۴۵۰

۳) ۴۹۰۰ ۴) ۹۸۰۰

سوال ۲-۴۱



جسمی درون یک سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل از نقطهٔ A رها می‌شود و بعد از چند حرکت رفت و برگشت لغزشی روی سطح، در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی جاذبهٔ زمین کدام است؟

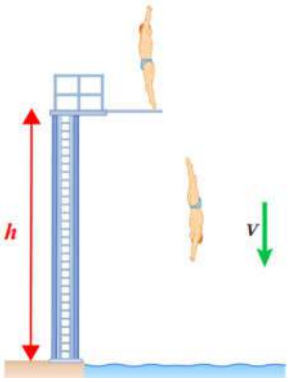
۱) −۲ ۲) −۱

۳) ۱ ۴) ۲

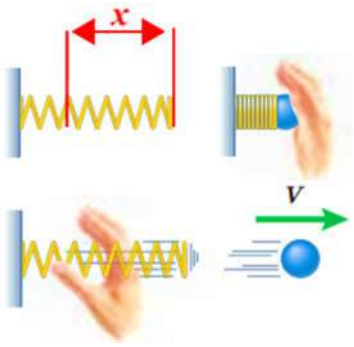
۲-۵-انرژی پتانسیل

انرژی پتانسیل، به انرژی ذخیره‌شده در یک جسم که قابلیت آزاد شدن داشته باشد، گفته می‌شود.

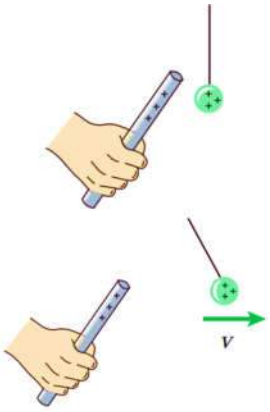
انرژی پتانسیل همان انرژی پیکربندی(انرژی‌ای که صرف ساخت یک سیستم فیزیکی می‌شود) است.



انرژی پتانسیل گرانشی



انرژی پتانسیل کشسانی



انرژی پتانسیل الکتریکی

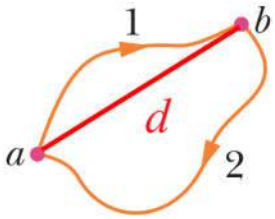
همواره تغییرات انرژی پتانسیل برابر منفی کاری است که انجام داده می‌شود تا یک سیستم به‌وجود آید.

انرژی پتانسیل را با U نشان داده می‌شود و بر حسب ژول محاسبه می‌شود.

$$\Delta U = -W_{configuration}$$

۲-۵-۱-۱- نکته:

انرژی پتانسیل یک تابع حالت است، یعنی انرژی پتانسیل به مسیر بستگی ندارد و فقط به نقاط ابتدا و انتها وابسته است.

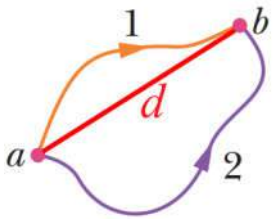


$W_T = 0$: ***چون جابجایی برابر صفر است***

$$\left(W_{a\to b}\right)_{path1} + \left(W_{b\to a}\right)_{path2} = 0$$

$$\Rightarrow \left(W_{a\to b}\right)_{path1} = -\left(W_{b\to a}\right)_{path2}$$

$$\Rightarrow \left(W_{a\to b}\right)_{path1} = \left(W_{a\to b}\right)_{path2}$$



$$\left(W_{a\to b}\right)_{path1} = \left(W_{a\to b}\right)_{path2}$$

$$\Delta U = -W_{configuration}$$

$$\left(\Delta U_{a\to b}\right)_{path1} = \left(\Delta U_{a\to b}\right)_{path2}$$

$\Rightarrow$ ***پتانسیل به مسیر بستگی ندارد***

۲-۵-۱-۲- نکته:

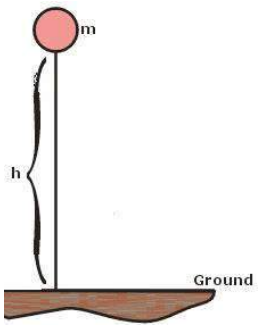
کار کل در یک مسیر بسته برابر صفر می‌شود چون نقطه‌ی ابتدایی و انتهایی مسیر حرکت بر روی یکدیگر منطبق شده‌اند درنتیجه جابجایی برابر صفر است.

۲-۵-۲- انرژی پتانسیل گرانشی

اگر جسمی به جرم m از ارتفاع h سطح زمین رها شود، انرژی پتانسیل گرانشی جسم به صورت زیر بیان می‌شود.

$$U = mg \times \underbrace{h}_{\text{ارتفاع جسم از سطح زمین}}$$

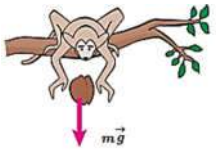
$$U_G = mgh$$



۲-۵-۲-۱- نکته:

انرژی پتانسیل، انرژی اجسام به‌واسطه ارتفاعشان از سطح زمین است.

۲-۵-۳- تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی

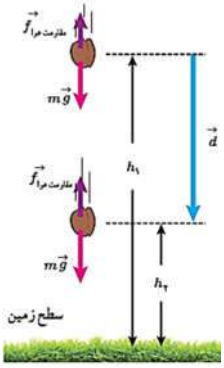


$$\begin{cases} W_G = F_G d = mgd = mg(h_1 - h_2) = -mg(h_2 - h_1) = -mg\Delta h \\ U_y = mgy \\ \begin{cases} U_{y=h_1} = mgh_1 \\ U_{y=h_2} = mgh_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = mg(h_2 - h_1) = mg\,\Delta h \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta U_G = -W_G$$

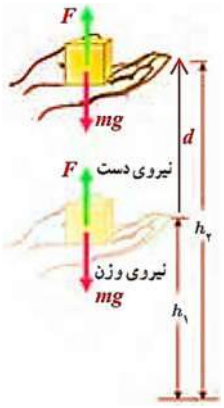
$$1: \Delta U_G > 0 \Rightarrow mg\Delta h > 0 \Rightarrow \Delta h > 0 \Rightarrow (h_2 - h_1) > 0 \Rightarrow h_2 > h_1$$

$$2: \Delta U_G < 0 \Rightarrow mg\Delta h < 0 \Rightarrow \Delta < 0 \Rightarrow (h_2 - h_1) < 0 \Rightarrow h_2 < h_1$$



سوال ۲-۴۲

جسم سکنی به جرم m با نیروی دست F از ارتفاع h_1 به h_2 انتقال داده می‌شود، اگر از مقاومت هوا چشم‌پوشی شود کار نیروی دست در این جابجایی چقدر است؟



برای افزایش انرژی پتانسیل گرانشی باید نیرویی مانند F روی سیستم کار انجام دهد تا جسم را از ارتفاع h_1 به h_2 منتقل کند.

$$\downarrow_{mg} \ , \uparrow^{d} \Rightarrow W_{mg} = mgd \underbrace{\cos \overset{180^\circ}{\overbrace{\theta}}}_{-1} = -mgd = -mg\left(h_2 - h_1\right)$$

$$\uparrow^{F} \ , \uparrow^{d} \Rightarrow W_F = mgd \underbrace{\cos \overset{0}{\overbrace{\theta}}}_{1} = mgd = mg\left(h_2 - h_1\right)$$

کار نیرویی که در جهت جابجایی است، مثبت در نظر گرفته می‌شود.

نکته: نیروی دست باعث افزایش انرژی پتانسیل شده است پس

$$U_1 = mgh_1 \quad , \quad U_2 = mgh_2$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = mg\left(h_2 - h_1\right)$$

$$\begin{cases} \Delta U = W_F \\ \Delta U = -W_{mg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow W_T = W_F - W_{mg} = mgd - mgd = 0$$

سوال ۲-۴۳

اتومبیلی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم توسط جرثقیلی به آرامی و با تندی ثابت از ارتفاع ۲ متری به سطح زمین منتقل می شود. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی اتومبیل در این عمل چند کیلو ژول است؟ $(g = 9/8 N/kg)$

۱) صفر ۲) ۲ ۳) -۱۹/۶ ۴) -۲۰

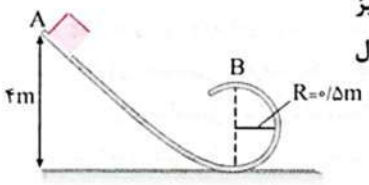
سوال ۲-۴۴

جسمی به جرم ۴kg از سطح زمین با تندی ۳۰m/s در راستای قائم رو به بالا پرتاب شده است. اگر اندازهٔ تندی جسم در لحظهٔ برگشت به نقطهٔ پرتاب برابر ۲۰m/s باشد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در این مسیر چند ژول است؟ $(g = 10 N/kg)$

۱) صفر ۲) -۶۰۰ ۳) -۳۰۰ ۴) ۶۰۰

سوال ۲-۴۵

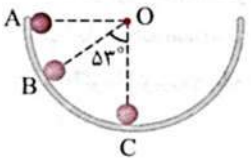
سوال ۲-۴۶



در شکل مقابل جسمی به جرم ۰/۵kg را از نقطهٔ A رها می‌کنیم تا در یک سطح قائم مسیر دایره‌ای را نیز طی کرده و به نقطهٔ B برسد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم در این جابه‌جایی از A تا B چند ژول است؟ $(g = ۱۰N/kg)$

۱) -۱۵
۲) -۲۵
۳) -۳۵
۴) -۴۰

سوال ۲-۴۷



مطابق شکل جسمی به جرم ۲۰۰ گرم درون نیم کرهٔ صیقلی به قطر ۶۰cm از نقطهٔ A به پایین می‌لغزد. تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم از B تا C چند ژول است؟ $(g = ۱۰N/kg$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

۱) -۰/۲۴
۲) -۰/۱۸
۳) -۱/۲
۴) -۱/۸

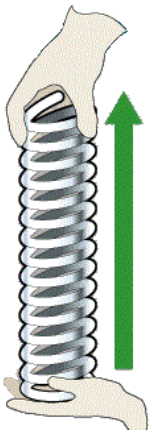
سوال ۲-۴۸

وزنه‌ای به جرم ۱kg روی سطح شیبداری که زاویهٔ شیب آن ۳۰ درجه است به طرف بالای سطح شیبدار حرکت می‌کند، نیروی اصطکاک جسم با سطح شیبدار ۳N است. تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم وقتی روی سطح شیبدار یک متر بالا می‌رود چند ژول است؟ $(g = ۱۰N/kg)$

۱) +۵
۲) -۵
۳) +۸
۴) -۸

۲-٦-انرژی پتانسیل کشسانی

انرژی ذخیره‌شده در فنر را انرژی پتانسیل کشسانی می‌گویند.

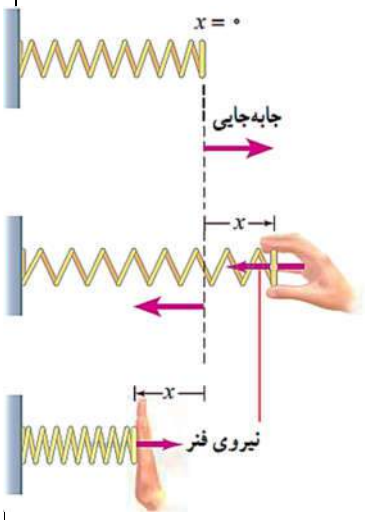


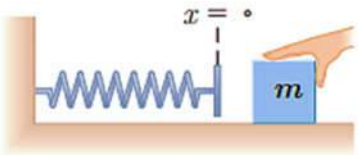
فنر در حال تعادل

$$F = -kx$$

$$U_{\text{فنر}} = \frac{1}{2}kx^2$$

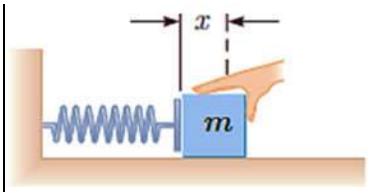
$$\text{کار نیروی فنر} = W_{\text{فنر}} = -\Delta U$$



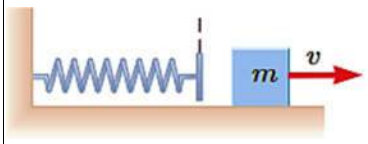


$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\xrightarrow{x=0} U = 0$$



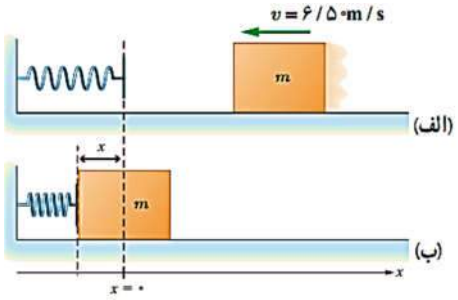
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$



$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\xrightarrow{x=0} U = 0 \; but \; K = \frac{1}{2}mv^2$$

سوال ۲-۴۹



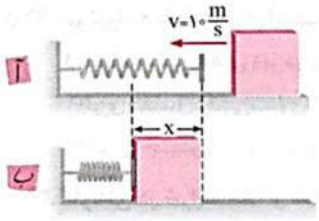
جسمی به جرم $۴/۲۰ \times ۱۰^{۲} g$ مطابق شکل روبه‌رو با تندی $۶/۵۰ m/s$ به فنری برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند.

الف) انرژی جنبشی جسم در موقعیت شکل الف چقدر است؟

ب) اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در سامانهٔ جسم–فنر $۵/۶۰ J$ باشد، کار نیروی فنر چقدر است؟

پ) با استفاده از قضیهٔ کار– انرژی جنبشی، کار نیروی اصطکاک را وقتی جسم از موقعیت شکل (الف) به موقعیت شکل (ب) می‌رود حساب کنید.

سوال ۲-۵۰



جسمی به جرم $۲kg$ روی سطح افقی دارای اصطکاک با تندی $۱۰ m/s$ مطابق شکل به فنری برخورد کرده و آن را کاملاً فشرده می‌سازد. بیش‌ترین انرژی پتانسیل کشسانی فنر $۸۰J$ می‌شود. کار نیروی فنر و کار نیروی اصطکاک به‌ترتیب از راست به چپ چند ژول است؟

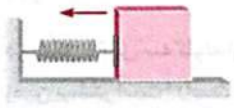
۱) ۸۰ و ۲۰

۲) ۸۰- و ۲۰-

۳) ۸۰- و ۲۰

۴) ۸۰ و ۲۰-

سوال ۲-۵۱



مطابق شکل جسمی به جرم $۴kg$ در مسیری افقی با سرعت $v_۱$ به فنری برخورد کرده و آن را کاملاً فشرده می‌سازد. اگر در این جابه‌جایی مقدار کار نیروی اصطکاک ۱۰۰ ژول باشد و کار نیروی فنر $۷۰۰J$- باشد، $v_۱$ چند متر بر ثانیه است؟

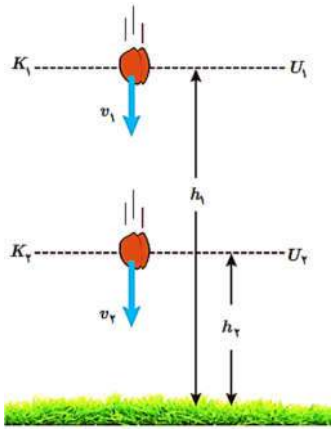
۱) $۱۰\sqrt{۳}$

۲) ۱۰

۳) ۲۰

۴) $۲۰\sqrt{۳}$

۲-۷-انرژی مکانیکی



$$\begin{cases} W_{وزن} = -\Delta U = -(U_2 - U_1) \quad (1) \\ W_t = \Delta K = (K_2 - K_1) \quad (2) \end{cases}$$

$$(1)=(2) \Rightarrow W_t = W_{وزن} \Rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

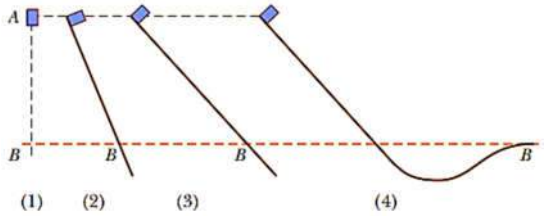
$$\Rightarrow (K_2 - K_1) = -(U_2 - U_1)$$

$$\Rightarrow \underbrace{(K_2 + U_2)}_{E_2} = \underbrace{(K_1 + U_1)}_{E_1}$$

$$\Rightarrow E_2 = E_1$$

سوال ۲-۵۲

مطابق شکل جسمی از حالت سکون در شرایط مختلف رها می‌شود، انرژی جنبشی و سرعت جسم در هر یک از موقعیت‌های زیر بررسی کنید.



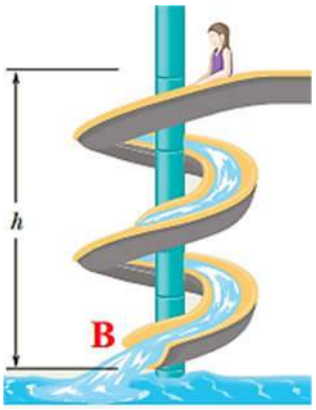
سوال ۲-۵۳

وزنه‌ای به جرم ۵۰۰g تحت زاویه 37° نسبت به افق از سطح زمین پرتاب می‌شود. اگر تندی اولیهٔ پرتاب ۱۰m/s باشد، انرژی مکانیکی وزنه در بالاترین نقطه از مسیر چند ژول است؟ ($\cos 37^\circ = 0/8$ ، $g = 10N/kg$ ، مقاومت هوا ناچیز و مبدأ پتانسیل گرانشی سطح زمین است.) (سراسری ریاضی ۸۵ خارج از کشور)

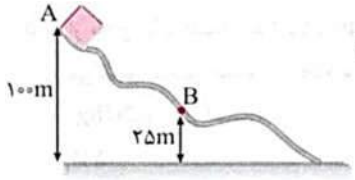
۱) ۱۶ ۲) ۲۵ ۳) ۳۲ ۴) ۵۰

سوال ۲-٥٤

الف) سرعت سر خوردن شخص را در نقطه B بدست آورید. ب) کار نیروی وزن شخص را محاسبه کنید.



سوال ۲-٥٥



در شکل روبه‌رو جسم m از نقطهٔ A روی سطحِ بدون اصطکاک رها می‌شود. انرژی مکانیکی جسم در نقطهٔ B چند برابر انرژی مکانیکی آن در نقطهٔ A خواهد بود؟

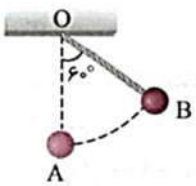
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۳) ۱ ۴) ۴

سوال ۲-٥٦

جسمی از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین با تندی اولیهٔ $۲۰m/s$ رو به پایین پرتاب می‌شود. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل گرانشی جسم، نصف می‌شود، انرژی مکانیکی جسم چند برابر می‌شود؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌شود.)

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

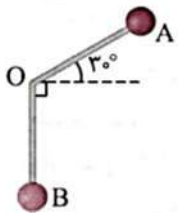
سوال ۲-٥٧



وزنه‌ای به جرم ۵۰۰ گرم از نخ سبکی به طول یک متر آویزان است. وزنه را از نقطهٔ تعادل جابه‌جا می‌کنیم تا جایی که راستای نخ با راستای قائم زاویهٔ ۶۰ درجه بسازد. اگر در این حالت وزنه را رها کنیم، بیشترین انرژی جنبشی آن در طول مسیر چند ژول خواهد بود؟ (مقاومت هوا ناچیز است و $g = ۱۰N/kg$)

۱) ۱ ۲) ۲/۵ ۳) ۳ ۴) ۴

سوال ۲-۵۸

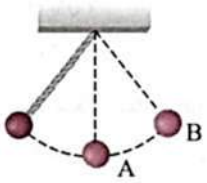


وزنهٔ m به جرم ۲۰۰ گرم به وسیلهٔ میلهٔ سبک و بدون اصطکاک می‌تواند حول نقطهٔ O بچرخد. طول میله برابر ۵۰cm می‌باشد. هرگاه وزنهٔ m از وضعیت A رها شود تندی آن هنگام عبور از وضعیت B چند متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰N/kg$)

۱) $\sqrt{۱۵}$ ۲) $\sqrt{۱۴}$

۳) $\sqrt{۲۰}$ ۴) $\sqrt{۱۸}$

سوال ۲-۵۹

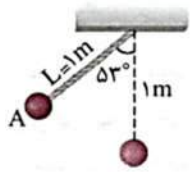


آونگی به طول ۱/۶ متر در حال نوسان است. وقتی گلولهٔ آونگ از پایین‌ترین نقطهٔ مسیر می‌گذرد. تندی آن ۴m/s است. زاویهٔ راستای نخ با خط قائم وقتی گلوله به بالاترین نقطهٔ مسیر می‌رسد چند درجه است؟

۱) ۴۵ ۲) ۳۰ (سراسری ریاضی ۸۷ خارج از کشور)

۳) ۶۰ ۴) ۹۰

سوال ۲-۶۰

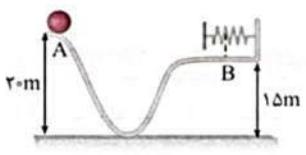


در شکل روبه‌رو گلولهٔ آونگ از نقطهٔ A رها می‌شود و با تندی v از پایین‌ترین نقطهٔ مسیر می‌گذرد. هنگامی که تندی گلوله به $\frac{\sqrt{۲}}{۲}v$ می‌رسد، زاویهٔ نخ با راستای قائم چند درجه می‌باشد؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، $g = ۱۰N/kg$ و $\cos ۵۳^\circ = ۰/۶$) (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۶۰ ۲) ۴۵

۳) ۳۷ ۴) ۳۰

سوال ۲-۶۱

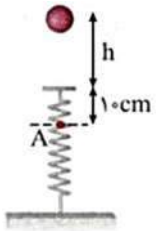


در شکل مقابل گلوله‌ای به جرم ۲kg از نقطهٔ A رها شده و در مسیری بدون اصطکاک در نقطهٔ B فنری را کاملاً فشرده می‌سازد. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۰۰

۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

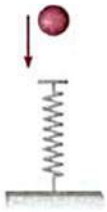
سوال ۲-۶۲



مطابق شکل گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم از ارتفاع h، بالای یک فنر که ثابت آن $۴۴۰\,N/m$ است، رها می‌شود و پس از برخورد به فنر و فشرده کردن آن تا نقطهٔ A پایین می‌آید. اگر گلوله از ارتفاع $2h$ از بالای فنر رها شود، تندی‌اش در همان نقطهٔ A چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ ($g = ۱۰\,m/s^۲$ و از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.) (سراسری ریاضی ۹۴ خارج از کشور - ویژهٔ علاقمندان)

۱) $۲\sqrt{۲}$
۲) $۲\sqrt{۵}$
۳) ۲
۴) ۲۰

سوال ۲-۶۳



مطابق شکل مقابل، جسمی به جرم ۲۵۰ گرم از بالای یک فنر که ثابت آن $۲/۵\,N/cm$ است، رها می‌شود و پس از برخورد به فنر، حداکثر آن را $12cm$ فشرده می‌کند. کار نیروی وزن جسم از لحظهٔ رها شدن تا لحظه‌ای که فنر حداکثر فشردگی را دارد چند ژول است؟ (مقاومت هوا ناچیز و $g = ۱۰\,m/s^۲$ است.) سراسری ریاضی ۹۵

۱) ۰/۳
۲) ۱/۲
۳) ۱/۸
۴) ۳/۶

۲-۸- کار انرژی درونی

خودرویی را در نظر بگیرید که با تندی v روی سطح جاده‌ای افقی در حرکت است. ناگهان راننده مانعی را می‌بیند و ترمز می‌کند طوری‌که چرخهای خودرو قفل می‌شوند و روی آسفالت‌جاده کشیده و ساییده می‌شوند. در این فرآیند **نیروی اصطکاک که برخلاف جهت جابجایی خودرو به آن وارد می‌شود، روی خودرو کار منفی انجام می‌دهد.**

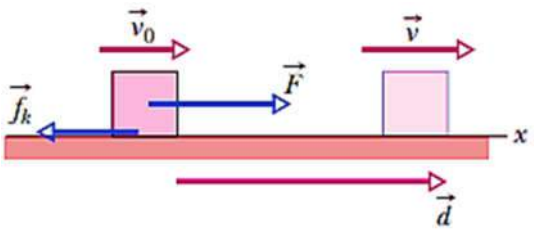
۲-۸-۱- انرژی درونی

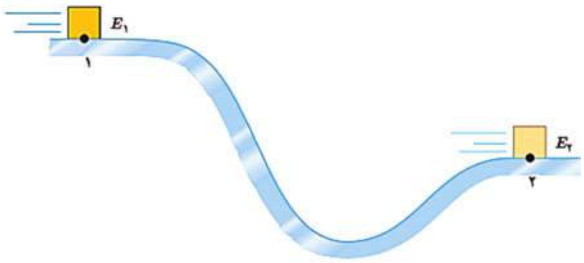
انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است.

انرژی درونی یک جسم، هم به **تعداد ذرات جسم و انرژی هر ذره** بستگی دارد.

در اثر **کار نیروی اصطکاک**، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک‌های آن و سطح جاده تبدیل شده است و اصطلاحاً می‌گویند انرژی جسم تلف شده است.

مطابق شکل زیر اگر در طول مسیر نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، به جسم وارد شوند و روی جسم کار منفی انجام دهند، بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم، سطح مسیر و هوا تبدیل می‌کنند.





با حضور **نیروهای اتلافی، انرژی مکانیکی جسم یا سامانه پایسته نمی‌ماند** و تغییر می‌کند.

$$E_2 - E_1 = W_f$$

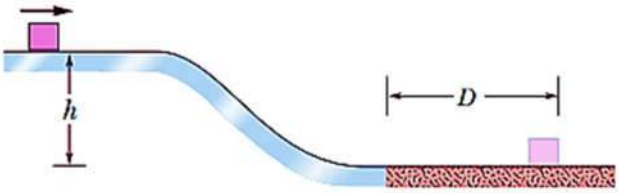
تغییرات انرژی مکانیکی با کار نیروهای اتلافی برابر است.

۲-۸-۲- قانون پایستگی انرژی

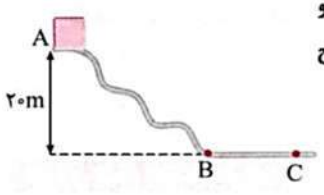
در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می ماند. انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.

سوال ۲-٦٤

جسمی به جرم $5kg$ مطابق شکل از ارتفاع h با سرعت اولیه $20\frac{m}{s}$ روی یک سطح صیقلی به طرف پایین حرکت می‌کند. اگر در فاصله D ضریب اصطکاک سطح برابر 0.2 باشد، فاصله‌ی D چقدر است؟



سوال ۲-٦٥



جسمی به جرم ۴۰۰g از نقطهٔ A که ارتفاع آن از سطح زمین ۲۰ متر است، بدون تندی اولیه روی سطح شیبدار و ناصاف شکل مقابل شروع به حرکت می‌کند و روی سطح پایین می‌آید و با تندی ۵m/s از نقطهٔ C واقع بر سطح زمین می‌گذرد. کار نیروی اتلافی، در هنگام لغزش آن از A تا C چند ژول است؟ ($g = ۱۰N/kg$)

۱) -۵۰ ۲) -۹۰

۳) -۷۵ ۴) -۱۲۰

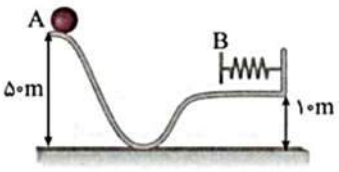
سوال ۲-٦٦

جسمی به جرم ۲kg را از پایین سطح شیبداری که با افق زاویهٔ 30° می‌سازد، با تندی اولیهٔ ۵m/s مماس با سطح به طرف بالا پرتاب می‌کنیم، جسم روی سطح شیبدار به اندازهٔ ۲m بالا می‌رود و سپس به نقطهٔ پرتاب برمی‌گردد. کار نیروی اصطکاک در مسیر رفت و برگشت چند ژول است؟ ($g = ۱۰N/kg$)

(سراسری ریاضی ۸۶ خارج از کشور)

۱) صفر ۲) -۵ ۳) -۱۰ ۴) -۲۰

سوال ۲-٦٧



جسمی به جرم ۴kg مطابق شکل، از نقطهٔ A بدون تندی اولیه رها می‌شود و در نقطهٔ B فنری را به‌طور کامل فشرده می‌سازد. اگر در مسیر AB، ۲۰ درصد انرژی اولیهٔ جسم تلف شود حداکثر انرژی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟ (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین درنظر بگیرید و $g = ۱۰N/kg$)

۱) ۲۱۰ ۲) ۱۲

۳) ۱۲۰۰ ۴) ۲۱۰۰۰

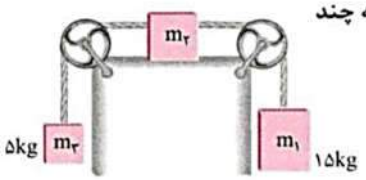
سوال ۲-۶۸

جسمی از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین رها می‌شود. اگر ۱۰ درصد انرژی جسم هنگام پایین آمدن به علت مقاومت هوا تلف شود، سرعت جسم هنگام برخورد با زمین چند متر بر ثانیه است؟ ($g = 10 N/kg$ و مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین درنظر بگیرید.)

۱) $\sqrt{150}$ ۲) ۲۰ ۳) $\sqrt{360}$ ۴) ۱۵

سوال ۲-۶۹

در شکل مقابل جرم نخ‌ها و قرقره‌ها ناچیز است، با صرف‌نظر کردن از کلیهٔ اصطکاک‌ها، اگر دستگاه از حال سکون شروع به حرکت کند، پس از اینکه m_1 به اندازهٔ ۰/۵ متر پایین بیاید، انرژی جنبشی مجموعه چند ژول می‌شود؟ ($g = 10 N/kg$)

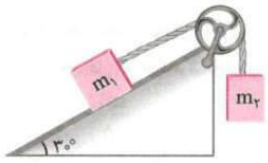


۱) ۲۵ ۲) ۵۰

۳) ۷۵ ۴) باید جرم m_2 مشخص باشد.

سوال ۲-۷۰

در شکل مقابل هر یک از وزنه‌ها یک کیلوگرم و سطح شیبدار بدون اصطکاک است. دستگاه از حال سکون شروع به حرکت کرده و m_2 پایین می‌آید. پس از اینکه هر یک از وزنه‌ها ۱/۶ متر جابه‌جا شدند، انرژی جنبشی مجموعه چند ژول خواهد شد؟ ($g = 10 N/kg$, $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$)



۱) ۴ ۲) ۸

۳) ۱۶ ۴) ۳۲

۲-۹- توان

مدت زمانی که طول می‌کشد تا کار معینی انجام شود را آهنگ انجام کار گویند.

آهنگ انجام کار با کمیتی به نام **توان** توصیف می‌شود.

تـوان متوسـط : $\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$

۲-۹-۱- واحد توان

$$[?] = \frac{[J]}{[s]} = \underbrace{[W]}_{\text{وات}}$$

$$[W] = \frac{[J]}{[s]} = \frac{[N]\cdot[m]}{[s]} = [N]\cdot[\frac{m}{s}]$$

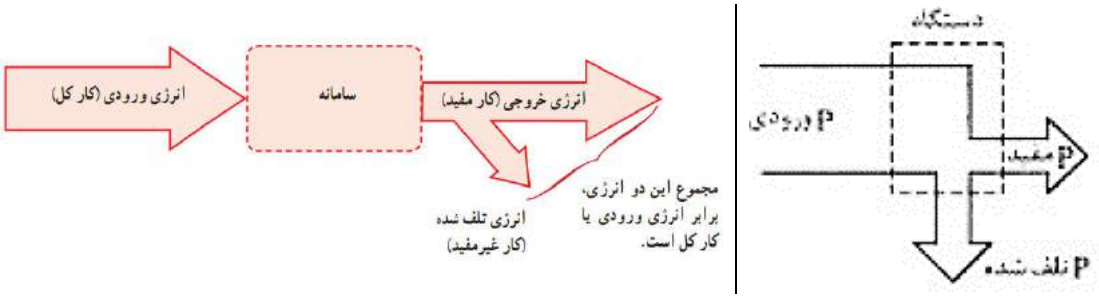
۲-۹-۱-۱- نکته

اگر یک متحرک با سرعت v در یک مسیر مستقیم حرکت کند، توان نیروی ثابت F که بر این متحرک وارد می‌شود برابر است با

$$\begin{cases} W = Fd\cos\theta \\ d = vt \end{cases} \Rightarrow P = \frac{Fd\cos\theta}{t} = Fv\cos\theta$$

۲-۱۰- بازده

بازده نسبت کار مفید انجام شده (توان مفید) به کل کار (توان کل) یک سیستم است.



$$\eta = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{کل}}} \times 100 \quad \text{یا} \quad \eta = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \times 100$$

$$W_{\text{کل}} = W_{\text{مفید}} + W_{\text{تلف شده}} \Rightarrow W_{\text{مفید}} = W_{\text{کل}} - W_{\text{تلف شده}}$$

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{مفید}} + P_{\text{تلف شده}} \Rightarrow P_{\text{مفید}} = P_{\text{کل}} - P_{\text{تلف شده}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{کل}} - W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ = \left(۱ - \frac{W_{\text{تلف}}}{W_{\text{کل}}}\right) \times ۱۰۰ = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{تلف}} + W_{\text{مفید}}} \times ۱۰۰$$

$$\eta = \frac{P_{\text{کل}} - P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ = \left(۱ - \frac{P_{\text{تلف}}}{P_{\text{کل}}}\right) \times ۱۰۰ = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{تلف}} + P_{\text{مفید}}} \times ۱۰۰$$

سوال ۲-۷۱

اتومبیلی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم در یک جادهٔ افقی روی خط راست از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از ۱۰s تندی آن به ۷۲km/h می‌رسد. توان متوسط اتومبیل چند kW است؟ (اصطکاک ناچیز می‌باشد.)

۱) ۹ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۶

سوال ۲-۷۲

توان یک موتور الکتریکی ۵۰۰ W و بازده آن ۴۰ درصد است. در مدت ۴۵ ثانیه چند کیلوگرم آب را با تندی ثابت، توسط این موتور می‌توان تا ارتفاع ۱۰m بالا برد؟ ($g = 10 m/s^2$)

۱) ۹۰ ۲) ۳۵ ۳) ۱۷۵ ۴) ۲۰

سوال ۲-۷۳

در یک ماشین با کارایی (بازده) ۸۰ درصد نسبت توان تلف شده به توان مفید چقدر است؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{4}{5}$ ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) ۴

سوال ۲-۷۴

مصرف بنزین خودرویی که با تندی ۹۰km/h حرکت می‌کند در هر ۱۰۰km، ۶ لیتر و انرژی شیمیایی در هر لیتر بنزین $3/5 \times 10^7 J$ می‌باشد. ۸۰ درصد انرژی ناشی از سوختن بنزین به علت اصطکاک و دستگاه تهویه مصرف می‌شود. توان مفید این خودرو تقریباً چند اسب بخار است؟

۱) ۱۰۵۰۰ ۲) ۷۰ ۳) ۱۰/۵ ۴) ۱۴

فصل سوم

ویژگی های فیزیک

مواد

۳- فصل سوم ویژگی‌های فیزیکی مواد

۳-۱- بررسی ماده

۳-۱-۱- ماده

به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می‌گوییم.

۳-۱-۲- اجزای سازنده ماده

ماده از ذره‌های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده است.

ابعاد ذرات سازنده‌ی ماده معمولا از مرتبه‌ی آنگستروم است $(1A^\circ = 10^{-10})$.

۳-۱-۳- بسپارها(پلیمرها)

درشت مولکول‌هایی که ابعاد مولکول‌های آن‌ها تا $1000A^\circ$ است.

اجزای سازنده‌ی مواد همواره در حال حرکت هستند و به هم نیرو وارد می‌کنند و حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره‌ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

۳-۲- حالت‌های ماده

مواد به چهار حالت دسته‌بندی می‌شوند: **جامد، مایع، گاز، پلاسما**

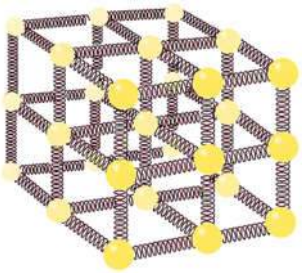
۳-۲-۱- جامدات

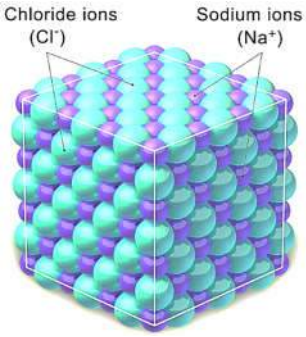
جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد.

اتم های جسم جامد در مکان‌های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، نوسان‌های بسیار کوچکی دارند.

نیروهایی که اتم‌های جسم جامد را در یک مکان نگه می‌دارد عمدتاً **نیروی‌های الکتریکی** هستند.

برای مدلسازی جامدات می‌توان از مدل فنر استفاده کرد و فرض کرد که اتم‌ها با فنرهایی به هم متصل هستند.





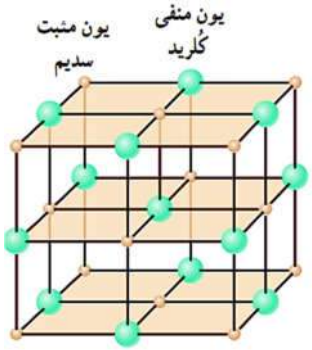
اگر این اتم‌ها نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیک‌تر یا از هم دورتر شوند، نیروی کشسانی بین فنرها آنها را به وضع تعادل بر می‌گرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه اش را حفظ می‌کند.

با گرم کردن جسم جامد، اندازه نیروهای بین اتم‌ها کم، دامنه‌ی نوسان‌های اتم ها بیشتر و جسم جامد منبسط می‌شود.

۳-۲-۱-۱- انواع مواد جامد

الف) جامد بلورین

جسم جامدی که دارای یک الگوی سه بعدی منظم و ساخته شده از تکرار این شکل‌های منظم باشد را جامد بلورین می‌گویند. مانند: فلزها، نمک‌ها، یخ و بیشتر مواد معدنی.

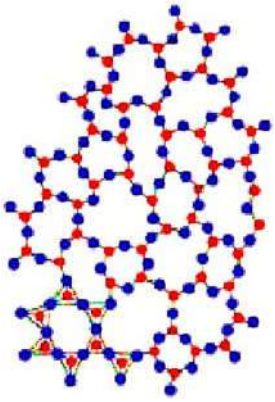


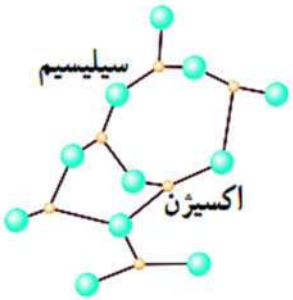
جامدهای بلورین زمانی به وجود می‌آیند که مایع را به آهستگی سرد کنیم تا در این فرآیند، ذرات فرصت کافی برای این که خود را در طرح‌های منظم، مرتب کنند داشته باشند.

ب) جامدات آمورف

جامدی که دارای یک الگوی منظم و تکرار شونده نباشد مانند شیشه.

این جامدات هنگامی تشکیل می‌شوند که مایع به سرعت سرد شود و مولکول‌ها فرصت کافی جهت منظم شدن را نداشته باشند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند.





۳-۲-۲- مایع

نیروی بین مولکولی در مایعات کمتر از جامدات است به همین دلیل مولکول‌های مواد مایع، نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به هم قرار گرفته‌اند.

مایعات می‌تواند جاری شود و به شکل ظرفی که در آن است، درآیند.

فاصله ذرات سازنده‌ی مایع و جامد تقریبا یکسان و در حدود آنگسترم است.

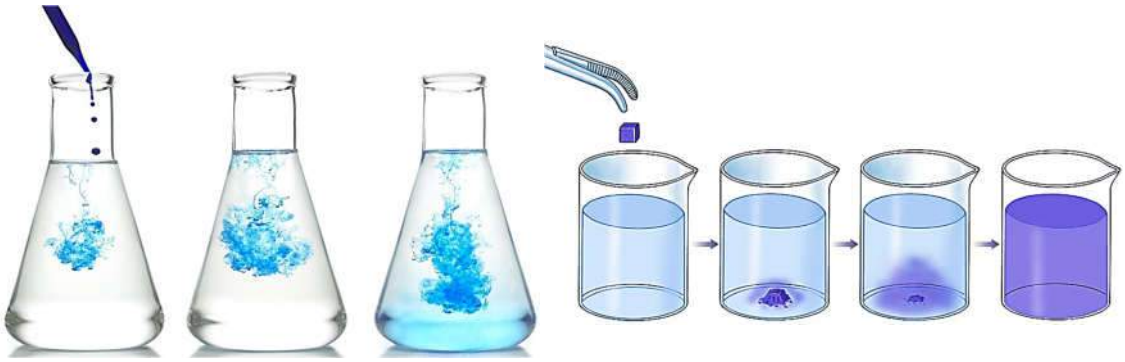
به دلیل نیروهای بین مولکولی مایع، نمی‌توان مولکول‌های مایع را به هم نزدیک کرد، بنابراین مایع تراکم پذیر نیست.

۳-۲-۲-۱- پدیده پخش

اگر مقداری نمک و آب را در ظرفی بریزیم، پس از مدتی آب شور می‌شود.

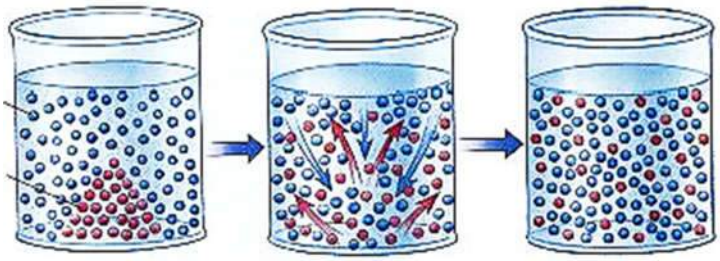
اگر چند قطره جوهر در آب بریزیم، پس از مدتی رنگ آب تغییر می‌کند

این دو مثال نشان می‌دهد که مولکول‌های نمک و جوهر در آب پخش می‌شوند.



۳-۲-۲-۲- دلیل پدیده‌ی پخش

پدیده پخش به علت حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب و برخورد آن‌ها با ذرات سازنده‌ی ماده‌ی دیگر به وجود می‌آید.



سوال ۳-۱

مساحت تقریبی دریاچهٔ خزر $۴۰۰\times۱۰^{۳}\,km^{۲}$ است. تقریباً چند لیتر نفت خام وارد دریاچه شود تا کل سطح دریاچه پوشانده شود؟ (اندازهٔ مولکول نفت حدود $۱۰\,\text{Å}$ است.)

۱) ۴۰ ۲) ۴×۱۰^{۲} ۳) ۴×۱۰^{۵} ۴) ۴×۱۰^{۷}

۳-۲-۳- گاز

گاز ماده‌ای است که **شکل مشخصی** ندارد.

مولکول‌های گاز آزادانه و با تندی زیاد به اطراف حرکت می‌کنند و دائماً با یکدیگر و دیواره ظرفی که در آن قرار دارند، برخورد می‌کنند.

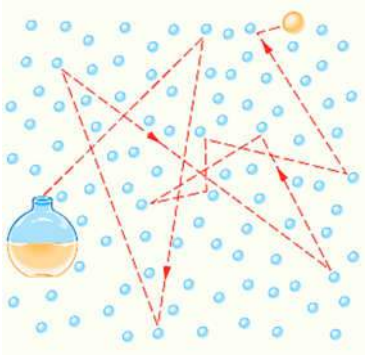
فاصله‌ی بین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازه‌ی آن‌ها خیلی بیشتر است.

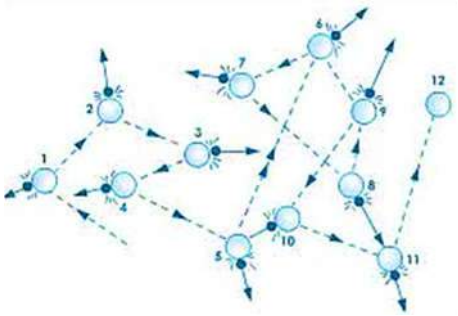
اندازه‌ی مولکول‌های هوا بین **۱ تا ۳ آنگستروم** است، ولی فاصله‌ی میانگین بین آن‌ها در شرایط معمولی در حدود **۳۵ آنگستروم** است.

به دلیل فاصله بسیار زیاد بین مولکول‌های گازها، گازها به راحتی می‌توان گازها را متراکم کرد.

۳-۲-۳-۱- حرکت براوانی

حرکت نامنظم و کاتوره‌ای(درهم و برهم) **ذرات تشکیل دهنده‌ی گازها** را حرکت براوانی می‌نامند.





۳-۲-۳-۲- دلیل حرکت براوانی

برخورد ذرات گاز با هم‌دیگر و یا برخورد ذرات گاز با ذرات گازی از نوع دیگر (مثلا برخورد ذرات دود با ذرات هوا) باعث **تغییر جهت** و **نامنظم شدن حرکت مولکول‌های گازها** می‌شود.

سوال ۳-۲

ظرفی شیشه‌ای محتوی ذرات دود درنظر بگیرید که نوری به آن تابیده و با میکروسکوپ درون ظرف را مشاهده می‌کنید. با توجه به این آزمایش کدام گزینه نادرست است؟

۱) این آزمایش برای تحقیق و مشاهدهٔ حرکت براونی است.

۲) در این آزمایش به حرکت نامنظم و کاتوره‌ای ذرات دود، حرکت براونی گفته می‌شود.

۳) با توجه به این آزمایش، حرکت زیگزاگی و نامنظم ذره‌های دود گواهی بر این است که مولکول‌های هوا به‌صورت کاتوره‌ای و نامنظم حرکت می‌کنند.

۴) ذرات دود برخوردهای بسیار زیادی با یکدیگر دارند و مولکول‌های هوا مسیر حرکت آن‌ها را تغییر نمی‌دهند.

سوال ۳-۳

کدام‌یک از جمله‌های زیر نادرست است؟

۱) پدیدهٔ پخش هم در مایع‌ها و هم در گازها رخ می‌دهد.

۲) فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک انگستروم است.

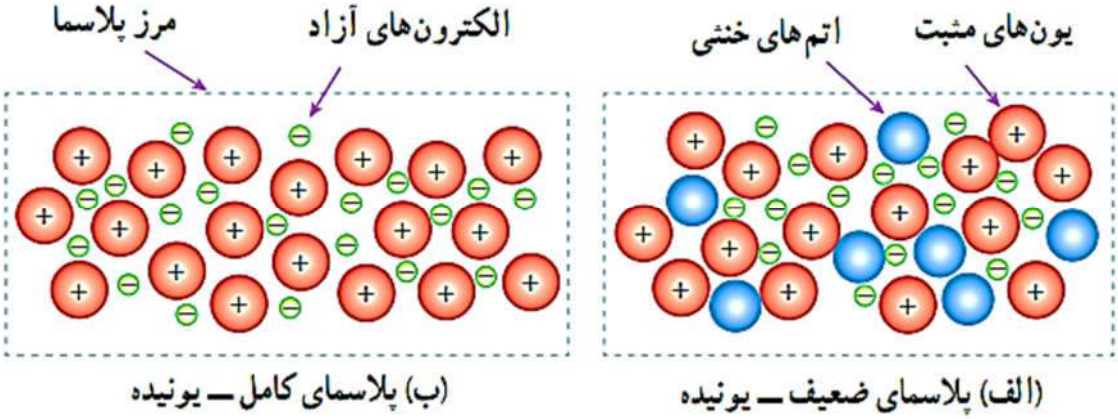
۳) دلیل پخش مولکول‌های شکر و جوهر در آب به حرکت مولکول‌های آب مربوط می‌شود.

۴) پدیدهٔ پخش در جامدها رخ داده و تندی پخش در جامدات بیشتر از مایع‌ها است.

۳-۲-٤- پلاسما

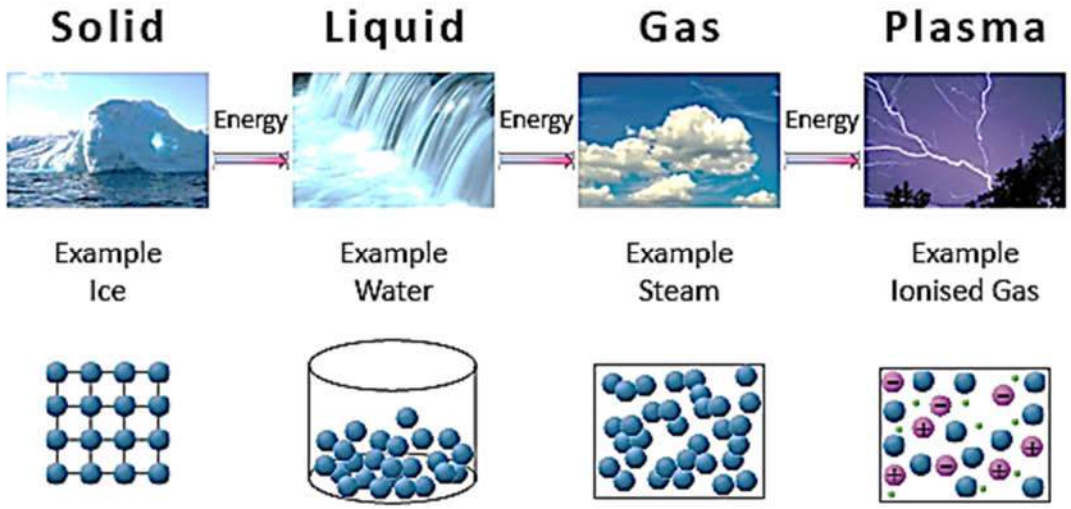
وقتی گازی تا دماهای خیلی زیاد (چندین هزار درجه سلسیوس به بالا) گرم شود، یک یا چند الکترون از هر اتم آزاد می‌شود. ماده‌ی حاصل، مجموعه‌ای از الکترون‌های آزاد، یون‌ها و اتم‌های خنثی خواهد بود.

این حالت یونیده و شبه خنثای ماده، که حاوی مقادیر مساوی از بارهای مثبت و منفی است، پلاسما نامیده می‌شود.



ماده داخل لوله تابان لامپ مهتابی، پلاسماست.

خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستارهای، برخی از لایه‌های بالایی جو زمین، آذرخش، شفق‌های قطبی و شعله‌های آتش از جنس پلاسما هستند.



پلاسما، بر خلاف گاز، رسانای بسیار خوب الکتریسیته و گرماست. بین ذرات پلاسما نیروی الکتریکی وجود دارد.

پلاسما در نمایشگرهای صفحه تخت، ابزارهای جوش، برش و سوراخکاری، چشمه‌های نور و مبدل‌های انرژی، سوزنهای پلاسمایی کاربرد دارد.

۳-۳- علم نانو

شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می‌کند.

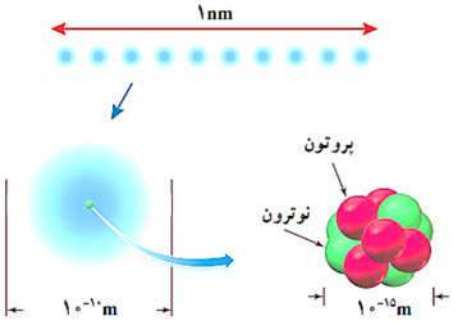
برای مثال نقطه‌ی ذوب طلا در همه کتاب‌های مرجع $1064^{\circ}C$ نوشته شده است، اما اگر قطعه‌ای طلا با ابعاد حدود نانومتر داشته باشیم، نقطه ذوب آن $427^{\circ}C$ خواهد بود.

۳-۳-۱- ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

پیشوند نانو از واژه‌ای یونانی به معنی کوتوله گرفته شده و به معنای **یک میلیاردم** است.

پس یک نانومتر $(1nm)$ برابر یک میلیاردم متر یا 10^{-9} متر است.

ویژگی‌های فیزیکی از قبیل نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام و رنگ در مقیاس نانو تغییر می‌کند.



طول ۱۰ کربن که کنار هم قرار گرفته‌اند، حدود یک نانومتر است.

سوال ۳-٤

در مکعبی به ضلع ۱ cm، حداکثر چند اتم کربن می‌توان جای داد؟

پاسخ: طبق توضیحات بالا هر اتم کربن، قطری برابر $\frac{۱}{۱۰}$ نانومتر دارد. ابتدا تعداد اتمی که می‌توان در هر ضلع مکعب قرار داد را محاسبه کرده و سپس به توان ۳ (حجم مکعب) می‌رسانیم:

$$\text{تعداد اتم در هر ضلع مکعب}: x = \frac{۱cm}{۰/۱nm} = \frac{۱\times۱۰^{-۲}}{۰/۱\times۱۰^{-۹}} = ۱۰^{۸} \Rightarrow x^{۳} = ۱۰^{۲۴}$$

۳-۳-۲- نانو ذره

به ماده‌ای که همه‌ی ابعاد آن در مقیاس نانو باشد، نانو ذره می‌گویند.

۳-۳-۳- نانو لایه

ماده‌ای که صرفا یک بعد آن در مقیاس نانو محدود شده باشد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی نانو لایه‌ها نیز همچون نانو ذره‌ها، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.

۳-۳-۳-۱- نکته

آلومینیوم یک رسانای خوب و اکسیدپذیر است و در مجاورت هوا به آلومینیوم اکسید تبدیل می‌شود که رسانای الکتریکی نیست. وقتی آلومینیوم اکسید به صورت لایه‌ی نازک (در حد نانو) روی یک قوطی آلومینیومی نوشابه ایجاد می‌شود، دارای خاصیت رسانش الکتریکی می‌شود که خود دلیلی بر تغییر ویژگی‌های فیزیکی در حالت نانو است.

۳-٤- نیروهای بین مولکولی

۳-٤-۱- نیروی هم‌چسبی

نیروهای **جاذبه‌ای** که بین **مولکول‌های یک ماده** (جامد یا مایع) است را نیروی هم‌چسبی گویند.

۳-٤-۲- دلیل تراکم‌ناپذیری مایع‌ها

در شرایط عادی مولکول‌های مایع به هم نیروی جاذبه وارد می‌کنند، ولی اگر بخواهیم فاصله‌ی بین مولکول‌های مایع را از هم کم کنیم، نیروی دافعه‌ی بزرگی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که باعث تراکم ناپذیری می‌شود. همین طور وقتی مولکول‌های مایع را کمی از هم دور کنیم، **نیروی جاذبه ایی بین آن‌ها ظاهر می‌شود.**

این جاذبه در قطره‌ی آب آویزان از شاخه درخت دیده می‌شود.

نیروهای بین مولکولی کوتاه‌برد هستند یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، **نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملا صفر** خواهند شد.

کوتاه‌برد بودن نیروهای بین مولکولی سبب می‌گردد که وقتی یک جسم شکننده مانند شیشه بشکند و مولکول‌های آن از هم دور شوند، نتوان با نزدیک کردن تکه‌های شکسته، آن‌ها را به هم چسباند و باید شیشه را گرم کرد تا در محل تماس دو قطعه، مولکول‌ها جاری شده و به هم نزدیک شوند و نیروهای بین مولکولی باعث شوند تا دو قطعه مجدداً بهم بچسبند.

سوال ۳-۵

چند مورد از موارد زیر درست است؟

آ) در شرایط عادی مولکول‌های مایع به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند، این نیروی جاذبهٔ بین مولکولی را نیروی دگرچسبی می‌نامند.

ب) علت تراکم‌ناپذیری مایعات این است که وقتی فاصلهٔ بین مولکول‌های مایع را کم می‌کنیم نیروی دافعهٔ بسیار بزرگی بین آن‌ها ظاهر می‌شود.

پ) نیروهای بین مولکولی کوتاه‌بُرد هستند.

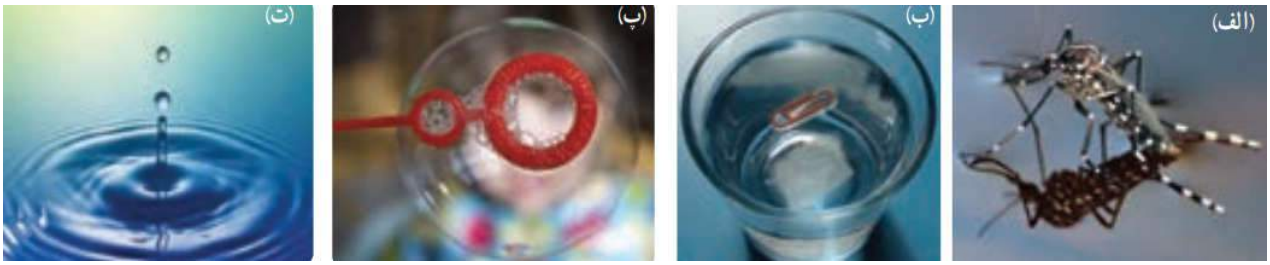
ت) قطره‌های شبنمی که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های آب است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۳-۵- کشش سطحی

نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های سطحی مایع را کشش سطحی می‌گویند.

پدیده‌های مانند نشستن یا راه رفتن برخی حشره‌ها روی سطح آب، شناور ماندن گیره‌ی فلزی کاغذی روی سطح آب و تشکیل حباب‌های آب و صابون به علت **کشش سطحی** است.



علت کروی شدن قطره‌های آب در سقوط آزاد، نیروی کشش سطحی و تمایل به کمینه شدن مساحت قطره است.

مثال: یک تیغ فلزی یا سوزن را روی آب شناور کنید. یک قطره مایع ظرفشویی را به آرامی کنار سوزن بریزید. چه اتفاقی می‌افتد؟ (فعالیت کتاب درسی)

پاسخ: مایع ظرفشویی باعث کاهش کشش سطحی می‌شود و سوزن یا تیغ در آب فرو رفته و به دلیل چگالی زیاد ته‌نشین می‌شوند.

عوامل مؤثر در کشش سطحی: چند عامل در میزان کشش سطحی مؤثر می‌باشند که عبارتند از:

۱) **ناخالصی:** موادی مانند صابون و مایع ظرفشویی باعث کاهش کشش سطحی می‌شوند.

۲) **دمای مایع:** افزایش دما، کشش سطحی را کاهش می‌دهد.

۳) **جنس مایع:** در شرایط یکسان مایعی مانند روغن در مقایسه با آب کشش سطحی بیش‌تری دارد.

۳-۵-۱-۱- نکته

۱) دو انتهای نخی را به یکدیگر گره بزنید و مطابق شکل روی آب قرار دهید. اگر یک قطره مایع ظرفشویی در وسط حلقهٔ نامنظم بریزید، نخ به‌صورت دایره‌ای منظم قرار می‌گیرد. زیرا کشش سطحی مایع بین نخ‌ها کاهش می‌یابد و کشش سطحی آب خارج فضای نخ، باعث کشیده شدن نخ به سمت بیرون می‌شود.

۳-۵-۱-۲- نکته

۲) تکه مقوایی ترجیحاً روغنی را مطابق شکل مانند قایق برش دهید و روی ظرفی حاوی آب شناور کنید. اگر یک قطره مایع ظرفشویی در قسمت انتهایی و برش خورده بریزید قایق به سمت جلو حرکت می‌کند، زیرا کشش سطحی در پشت قایق کاهش یافته و کشش سطحی بیش‌تر، در جلوی قایق باعث جذب قایق رو به جلو می‌شود.

۳-۵-۲- ترشوندگی(دگرچسبی)

هنگامی که دو ماده‌ی مختلف در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، نیروی جاذبه‌ای بین مولکول‌های دو ماده ظاهر می‌شوند که به این نیرو، نیروی **دگرچسبی** می‌گویند.

۳-۵-۳- تفاوت و شباهت دگرچسبی و هم‌چسبی

هم چسبی و دگرچسبی هر دو نیروی‌های **بین مولکولی** هستند و تفاوت آن‌ها این است که هم‌چسبی جاذبه‌ی بین مولکول‌های **مشابه** و دگرچسبی جاذبه‌ی بیم مولکول‌های **نامشابه** است.

گرما و بالا رفتن دما می‌تواند نیروهای بین مولکولی را **ضعیف** کند.

وقتی دمای روغن پایین باشد، به صورت قطره‌های بزرگ و وقتی دمای روغن بالا باشد، به صورت قطره‌های کوچک تر از یک قطره چکان خارج می‌شود.

شکل ۳-۱

۳-۵-۴- تماس مایع با جامد

هرگاه مایعی با جامدی در تماس باشند، دو حالت اتفاق می‌افتد

- ✓ نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع باشد که در این حالت سطح جامد تر یا خیس می‌شود. مثلاً آب سطح شیشه‌ی تمیز را خیس می‌کند که به علت **خاصیت ترشوندگی** است.
- ✓ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد باشد، در این صورت مایع سطح شیشه را تر نمی‌کند. مانند قطره‌های جیوه بر سطح شیشه، هر چه قطره بزرگ‌تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت‌تر می‌کند.

نیروی دگرچسبی مولکول آب با سطح شیشهٔ چرب‌شده کاهش می‌یابد و کمتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب خواهد شد. به همین دلیل آب شیشهٔ چرب شده را تر نمی‌کند.

۳-۶- اثر مویینگی

اثر مویینگی حاصل وجود نیروی هم‌چسبی و دگرچسبی بین ماده و سطح است.

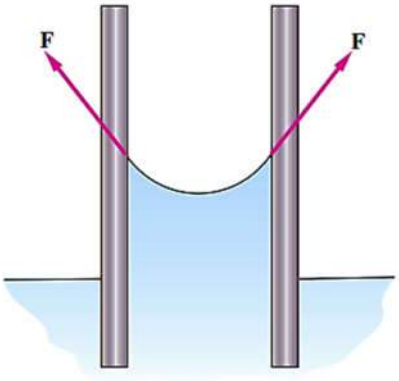
۳-۶-۱- لوله‌ی مویین

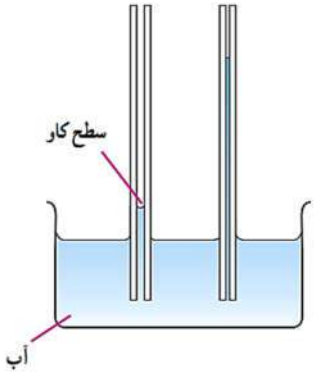
لوله‌ای که قطر دهانه‌ی آن حدود یک دهم میلی‌متر $\mathbf{0.1[mm]}$ باشد.

واژه‌ی مویین به معنای(مو مانند) است.

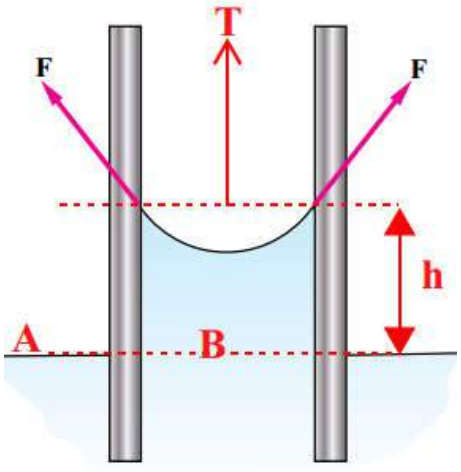
۳-۶-۲- لوله‌ی مویین درون آب

اگر لوله‌ی مویین را درون ظرف آب فرو ببریم، آب در لوله بالا می‌رود و سطح آب در بالای لوله به صورت فرو رفته است.





آب تا چه ارتفاعی در لوله مویین بالا می‌رود؟



$$P_A = P_B$$

$$\cancel{P_0} = \cancel{P_0} + \rho gh - \frac{T}{S} \Rightarrow \rho gh = \frac{T}{S} \Rightarrow T = \rho ghS$$

$$T = \underbrace{2F}_{\gamma(2\pi r)} \cos\theta = \gamma(2\pi r)\cos\theta$$

$$\gamma(2\pi r)\cos\theta = \rho ghS$$

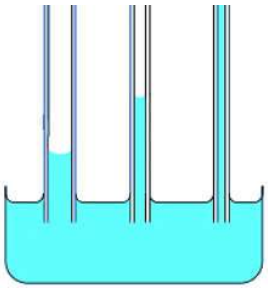
$$\Rightarrow \gamma(2\pi r)\cos\theta = \rho gh(\pi r^2)$$

$$\Rightarrow 2\gamma\cos\theta = \rho ghr$$

$$\Rightarrow h = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho gr}$$

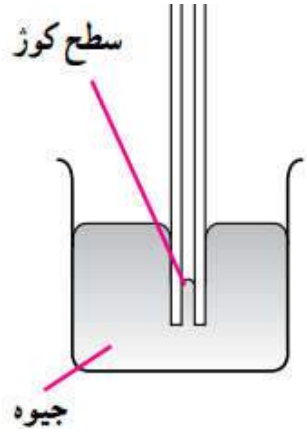
۳-۶-۲-۱- نکته:

هر چه قطر لوله‌ی مویین **کمتر(لوله باریک‌تر)** باشد، آب تا **ارتفاع** بیشتری درون لوله بالا می‌رود.

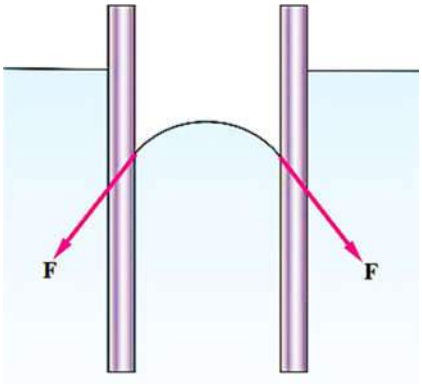


۳-۶-۳- لوله‌ی مویین درون جیوه

اگر لوله‌ی مویین را درون **ظرف جیوه** فرو ببریم:



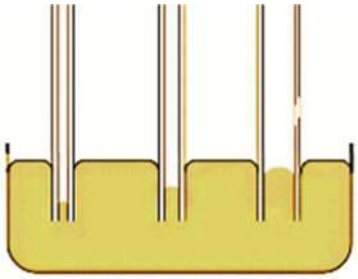
جیوه درون لوله از سطح ظرف آن **پایین‌تر** قرار می‌گیرد.



سطح جیوه در بالای لوله برآمده است.

۳-۶-۳-۱- نکته:

هرچه قطر لوله مویین کم‌تر شود، سطح جیوه پایین‌تر می‌رود.



۳-۶-۳-۲- نکته:

اثر مویینگی در طبیعت سبب **بالا رفتن آب در آوندهای چوبی گیاه و نم کشیدن دیوار ساختمان از کف** می‌شود.

۳-٦-٤- علت بالا و پایین رفتن مایع در لوله‌ی مویین

۳-٦-٤-۱- آب

علت بالا و پایین رفتن مایع در لوله مویین **تفاوت بزرگی نیروی هم‌چسبی و دگرچسبی، مایع و سطح لوله مویین** است. در آب **نیروی دگرچسبی بین سطح لوله و آب بیشتر از هم‌چسبی مولکول‌های آب است** درنتیجه آب سطح لوله را **خیس** می‌کند و بالا می‌رود، بالای آن **فرورفتگی** ایجاد می‌شود.

۳-٦-٤-۲- جیوه

وقتی مایع درون ظرف جیوه باشد، **نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و لوله بیشتر** است، **پس مایع پایین می‌آید** و بالای آن **برآمده** می‌شود.

در کناره‌های لوله‌ی مویین نیروی دگرچسبی داریم که این نیرو کمتر از نیروی هم‌چسبی مرکز مایع است و باعث می‌شود که ارتفاع مایع در کناره‌های لوله پایین‌تر باشد.

۳-٦-٤-۳- نکته:

ارتفاع آب درون لوله‌ی مویین به مقدار فرورفتگی لوله در آب بستگی ندارد

اگر ارتفاع لوله‌ی خارج از آب از مقداری که آب می‌تواند بالا بیاید، **کمتر** باشد، در این حالت آب تا **دهانه لوله** بالا می‌آید و هرگز از لوله‌ی مویین سرریز نمی‌شود.

۳-٦-٥- عوامل موثر در تفاوت ارتفاع مایع درون و بیرون لوله‌ی مویین

نوع مایع، جنس لوله(شیشه، شیشه روغن اندود و ...)، قطر لوله

۳-٦-٥-۱- نکته

اگر **سطح شیشه روغن اندود** شود، رفتار آب شبیه رفتار جیوه می‌شود.

سطح آب در لوله مویین روغن اندود از سطح آب درون ظرف پایین‌تر است.

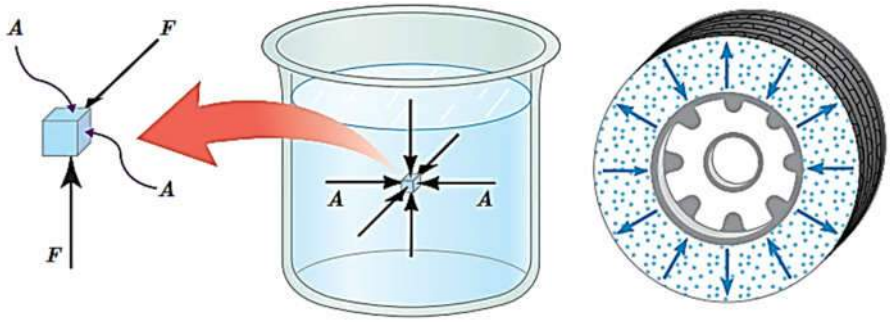
سوال ۳-٦

لوله‌هایی که قطر دهانهٔ آن‌ها حدود ..... باشد، معمولاً لولهٔ مویین نامیده می‌شوند.

۱) یک سانتی‌متر ۲) بیشتر از یک سانتی‌متر ۳) یک دهم میلی‌متر ۴) بیشتر از ۵ میلی‌متر

۳-۷- فشار و مفاهیم اولیه

در یک شاره(مایع-گاز) مولکول‌های شاره بر سطوحی که با آن‌ها در تماس هستند نیرویی وارد می‌کنند که ناشی از برخورد مولکول‌های شاره با سطح است. این نیرو بر سطح عمود است.



شکل ۳-۲

نیروهایی که مولکول‌های شاره بر سطح تماس وارد می‌کنند باعث اعمال فشاری به سطح می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌شود.

نسبت بزرگی نیروی عمودی وارد بر سطح F به مساحت آن سطح A را فشار گویند و با P نمایش می‌دهند.

$$P = \frac{F}{A}$$

یکای فشار در SI پاسکال Pa است.

$$1[Pa] = 1[\frac{N}{m^2}] = \frac{[kg \cdot \frac{m}{s^2}]}{[m^2]} = [\frac{kg}{m \cdot s^2}]$$

فشار یک کمیت عددی(اسکالر) است.

سوال ۳-۷

اگر روی سطح افقی قرار بگیرید، نیرویی به‌اندازهٔ وزن خود به‌صورت عمودی به زمین وارد می‌کنید. سطح تماس پاهای شخص با زمین حدود $300\,cm^2$ است. اگر جرم شخص $80 \times 10^1\,kg$ باشد، فشار وارد بر زمین چند پاسکال است؟ $(g = 10\,N/kg)$

سوال ۳-۸

مکعبی به ابعاد $8\,cm \times 5\,cm \times 2\,cm$ روی سطح افقی به گونه‌ای قرار گرفته که کم‌ترین فشار را به سطح افقی وارد کند. اگر مکعب از ماده‌ای به چگالی $8000 \times 10^3\,kg/m^3$ ساخته شده باشد، اندازهٔ این فشار چند پاسکال است؟ $(g = 10\,N/kg)$

سوال ۳-۹

درون یک مکعب توخالی شیشه‌ای به ضلع ۴۰cm یک دوربین فیلمبرداری قرار داده و درون دریاچه‌ای پایین می‌بریم. اگر فشار ناشی از آب در محل مکعب حدود $۲/۰\times۱۰^{۵}$ Pa باشد، بر هر وجه این مکعب چه نیرویی از طرف آب وارد می‌شود؟

سوال ۳-۱۰

فشار هوای داخل لاستیک اتومبیلی $۲/۴\times۱۰^{۵}$ Pa است. اگر مساحت سطح داخلی لاستیک $۴۰۰۰cm^{۲}$ باشد، نیروی وارد بر سطح داخلی لاستیک چند نیوتون است؟

۳-۷-۱-۱- نکته

اگر تعداد زیادی میخ را از تخته‌ای عبور دهید تا نوک تیز آن‌ها از سمت دیگر بیرون آید به‌راحتی می‌توانید روی آن راه بروید و یا دراز بکشید بدون این‌که احساس درد کنید. زیرا با افزایش تعداد میخ‌ها در حقیقت سطح تماس نیز افزایش می‌یابد و باعث می‌شود در هنگام راه رفتن روی آن‌ها حتی با پای برهنه احساس درد نکنید.

۳-۷-۱-۲- یکاهای فرعی فشار

یکای فرعی فشار، سانتی‌متر جیوه $[cmHg]$ ، تور $[torr]$، بار $[bar]$ و اتمسفر $[atm]$ است.

	Pa	atm	bar	$torr$	$cmHg$
$Pa=$	1				
$atm=$	1.01×10^{5}	1			76
$bar=$	1×10^{5}		1		
$torr=$	133.32			1	0.1
$cmHg=$	1360				1

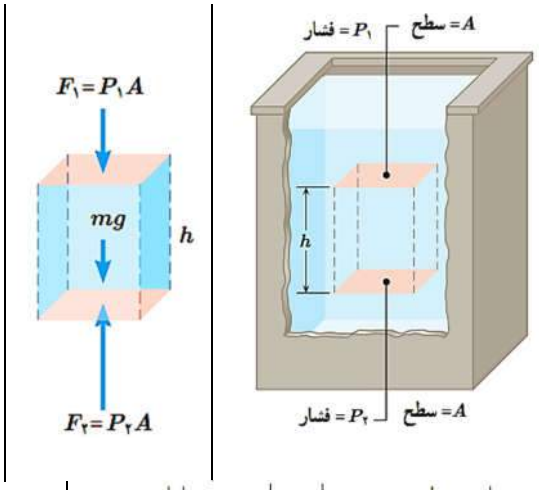
$$1[atm]=1.01\times10^{5}[Pa]=760[torr]$$

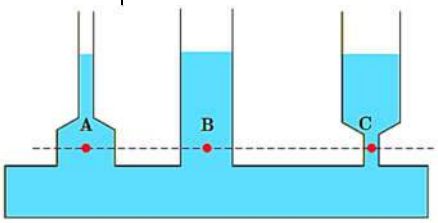
$$[mmHg]=133.322[Pa]$$

$$1[torr]\approx1[mmHg]$$

۳-۸- محاسبه‌ی فشار در شاره‌ها

$$F_2 = F_1 + mg$$
$$P_2A = P_1A + mg$$
$$\xrightarrow{\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho V} P_2A = P_1A + \rho Vg$$
$$\xrightarrow{V=Ah} P_2\cancel{A} = P_1\cancel{A} + \rho\underbrace{\left(\cancel{A}h\right)}_{V}g$$
$$\Rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh \Rightarrow \underbrace{P_2 - P_1}_{\Delta P} = \rho gh$$
$$\Rightarrow \Delta P = \rho gh$$





در یک شاره‌ی ساکن(مایع ساکن) فشار در نقاط هم تراز(هم عمق) برابر است.

۳-۸-۱- فشار در هر نقطه از شاره به عوامل زیر بستگی دارد

عمق آن نقطه از مایع، چگالی مایع(جنس مایع)، شتاب گرانش در محل(g)

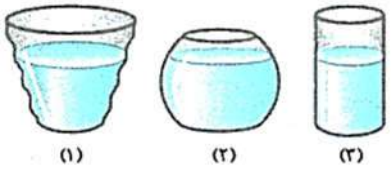
سوال ۳-۱۱

درون یک گلدان شیشه‌ای بلند تا ارتفاع ۴۰cm آب ریخته شده است. فشار ناشی از آب در کف گلدان چند پاسکال است؟

$(g = ۱۰/۰ N/kg \ , \ \rho_{آب} = ۱/۰ g/cm^۳)$

سوال ۳-۱۲

درون سه گلدان مطابق شکل تا ارتفاع یکسان آب ریخته‌ایم. اگر فشار در کف ظرف‌ها را P_1 ، P_2 و P_3 بنامیم، کدام گزینه صحیح است؟

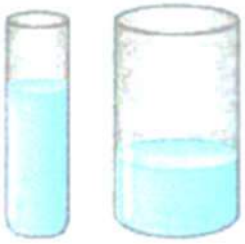


۱) $P_3 > P_2 > P_1$
۲) $P_3 < P_2 < P_1$
۳) $P_2 > P_3 > P_1$
۴) $P_1 = P_2 = P_3$

سوال ۳-۱۳

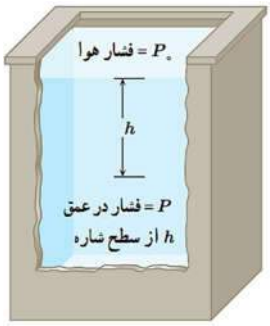
درون دو ظرف استوانه‌ای شکل با مساحت‌های قاعدهٔ A و 2A، آب با جرم یکسان ریخته شده است. فشار ناشی از مایع در کف ظرف کوچک چند برابر کف ظرف بزرگ است؟

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



۳-۹- فشار کل در عمق h

فشار در عمق یک مایع برابر جمع فشار هوای محیط و فشار ناشی از مایع است.



$$P_h = P_0 + \rho gh$$

سوال ۳-۱۴

چگالی هوا در دمای $۲۰/۰\,^{\circ}C$ حدود $۱/۱\,kg/m^3$ است. اگر دو فشارسنج را در پایین و بالای یک ساختمان به ارتفاع $۶۰/۰\,m$ (۲۰ طبقه) قرار دهیم، اختلاف عددی که این فشارسنج‌ها نشان می‌دهند، چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰/۰\,N/kg)$

سوال ۳-۱۵

دو فشارسنج در بالا و پایین برجی نصب شده‌اند. فشار در پایین و بالای برج به‌ترتیب $۹۵/۰\,kPa$ و $۹۵/۵\,kPa$ می‌باشد. اگر چگالی هوا $۱\,kg/m^3$ باشد، ارتفاع برج چند متر است؟ $(g = ۱۰/۰\,N/kg)$

۱) ۲۵ ۲) ۴۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۵۰

سوال ۳-۱۶

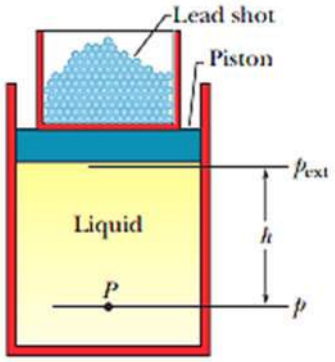
در عمق چند متری آب، فشار کل سه اتمسفر می‌باشد؟ (فشار هوا یک اتمسفر است.) $(g = ۱۰/۰\,N/kg\ ,\ \rho_{آب} = ۱/۰\,g/cm^3)$

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

۳-۹-۱- نکته: فشار مایعات در زیر پیستون شامل وزنه‌ی

مطابق شکل اگر درون سیلندری مایعی با چگالی ρ زیر یک پیستون به مساحت A باشد و وزنه‌ای به جرم m روی پیستون قرار داده شود، فشار در نقطه‌ی M برابر است با

$$P_M = P_0 + \frac{mg}{A} + \rho gh$$



سوال ۳-۱۷

درون سیلندری با سطح مقطع $400\,cm^2$ تا ارتفاع $20/0\,cm$ روغن با چگالی $0/9\,g/cm^3$ ریخته شده است. روی روغن پیستونی به جرم $1/0\,kg$ و روی پیستون وزنه‌ای به جرم $9/0\,kg$ قرار داده شده است. اگر فشار هوا $100/0\,kPa$ باشد، فشار در کف ظرف چند کیلوپاسکال است؟ $(g = 10/0\,N/kg)$

۱) ۴/۳ ۲) ۴۳۰/۰ ۳) ۱۰/۴ ۴) ۱۰۴/۳

۳-۹-۲- نکته: فشار در مایعات متحرک

اگر مایع درون ظرفی با شتاب a در راستای قائم جابجا شود، در این‌صورت فشار مایع در عمق h از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

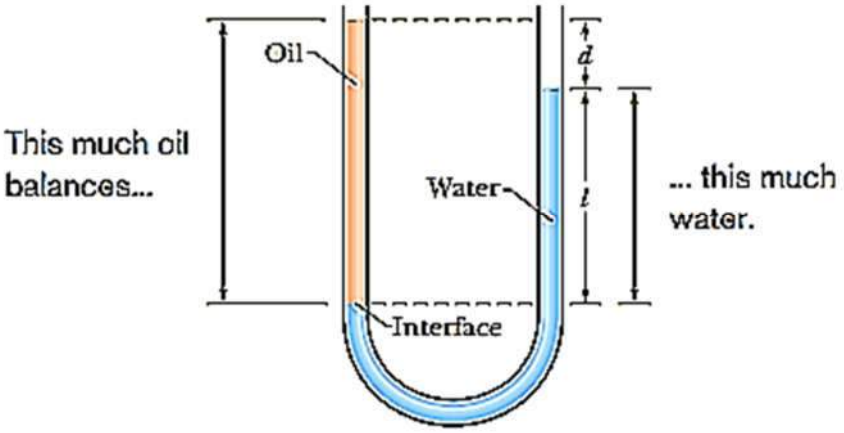
$$g' = g \pm (\pm a)$$
$$P = \rho g' h$$

سوال ۳-۱۸

درون ظرفی، آب با چگالی $1/0\times10^3\,kg/m^3$ قرار دارد و ظرف را با شتاب ثابت $2\,m/s^2$ و حرکت کندشونده به سمت پایین حرکت می‌دهیم. فشار ناشی از آب در عمق $20\,cm$ چند پاسکال است؟ $(g = 10\,N/kg)$

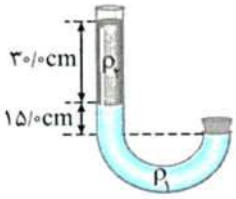
۱) 8×10^3 ۲) $1/2\times10^3$ ۳) $1/6\times10^3$ ۴) $2/4\times10^3$

۳-۱۰- تعادل مایعات مخلوط‌نشدنی در لوله‌های U شکل



$$P_x = P_W$$
$$\Rightarrow \rho_x h_x \cancel{g} = \rho_w h_w \cancel{g}$$
$$\Rightarrow \rho_x h_x = \rho_w h_w$$
$$\begin{cases} h_x = l + d \\ h_w = l \end{cases} \Rightarrow \rho_x (l+d) = \rho_w l$$
$$\Rightarrow \rho_x = \rho_w \frac{l}{(l+d)}$$

سوال ۳-۱۹

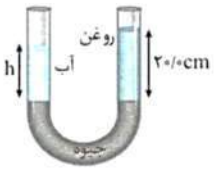


انتهای لوله‌ای را بسته و مطابق شکل دو مایع مخلوط‌نشدنی را درون لوله می‌ریزیم. فشار ناشی از مایع‌ها، زیر درپوش چند پاسکال است؟

$(g = ۱۰/۰ N/kg \ , \ \rho_۲ = ۲/۰۰ g/cm^۳ \ , \ \rho_۱ = ۴/۰۰ g/cm^۳)$

۱) $۶/۰۰ \times ۱۰^۳$
۲) ۶/۰۰
۳) $۱۲/۰۰ \times ۱۰^۳$
۴) ۱۲/۰۰

سوال ۳-۲۰



درون لولهٔ U شکلی مقداری جیوه وجود دارد. در یکی از شاخه‌ها تا ارتفاع ۲۰/۰ cm روغن با چگالی $۰/۹ g/cm^۳$ می‌ریزیم. در شاخهٔ دیگر تا چه ارتفاعی آب با چگالی $۱/۰ \times ۱۰^۳ kg/m^۳$ اضافه کنیم تا سطح جیوه در دو لوله یکسان شود؟

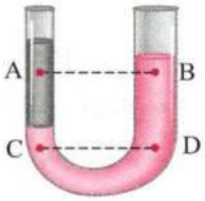
۱) ۹cm
۲) ۱۸cm
۳) ۲۰cm
۴) ۲۲cm

سوال ۳-۲۱

درون لولهٔ U شکل یکنواختی مقداری جیوه با چگالی $13/6\,g/cm^3$ ریخته شده است. اگر در یکی از شاخه‌ها به ارتفاع $54/4\,cm$ آب ریخته شود، سطح جیوه در شاخهٔ دیگر نسبت به حالت قبل چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ ($\rho_{آب} = 1/0\,g/cm^3$)

۱) ۲/۰ ۲) ۴/۰ ۳) ۸/۰ ۴) ۲۷/۲

سوال ۳-۲۲



در شکل روبه‌رو، در درون لوله دو مایع مخلوط‌نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط داده شده در درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟ (سراسری تجربی ۹۵)

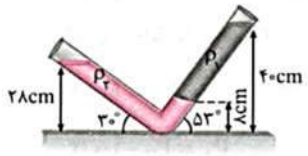
۱) $P_C < P_D \;,\; P_A = P_B$

۲) $P_C < P_D \;,\; P_A < P_B$

۳) $P_C = P_D \;,\; P_A = P_B$

۴) $P_C = P_D \;,\; P_A > P_B$

سوال ۳-۲۳



در شکل مقابل، دو مایع مخلوط‌نشدنی در حال تعادل‌اند. اگر $\rho_1 = 4\,g/cm^3$ باشد، ρ_2 چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟

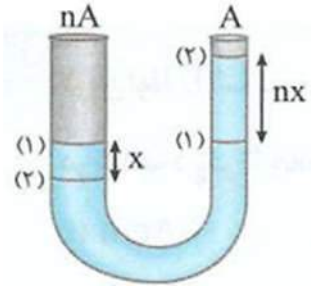
۱) ۶/۴

۲) ۲

۳) ۸

۴) $2\sqrt{3}$

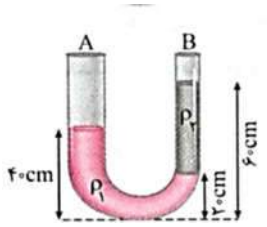
۳-۱۰-۱- نکته



اگر سطح مقطع دو طرف لوله‌ی U شکل یکسان نباشند و مساحت یکی از شاخه‌ها n برابر دیگری باشد و ارتفاع مایع در لوله‌ی بزرگتر به اندازه‌ی x جابجا شود، ارتفاع در لوله‌ی بزرگتر به اندازه‌ی nx جابجا می‌شود.

سوال ۳-۲۴

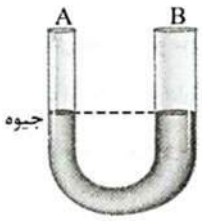
سوال ۳-۲۵



در شکل روبه‌رو، قطر مقطع در سمت A دو برابر قطر مقطع در سمت B است. نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ کدام است؟

۱) $\frac{5}{3}$
۲) $\frac{3}{5}$
۳) ۲
۴) $\frac{1}{2}$

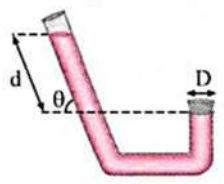
سوال ۳-۲۶



مطابق شکل، جیوه در یک لولهٔ U شکل ریخته شده است. اگر سطح مقطع شاخهٔ B، ۴ برابر سطح مقطع شاخهٔ A باشد، در صورتی که تا ارتفاع ۶۸cm آب در شاخهٔ سمت چپ بریزیم، در شاخهٔ B جیوه نسبت به محل قبلی خودش چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳/۶\rho_{آب}$)

۱) ۱
۲) ۲/۵
۳) ۴
۴) ۵

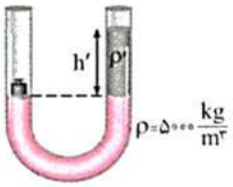
سوال ۳-۲۷



مطابق شکل مقابل، در یک ظرف مایعی به چگالی ρ ریخته شده است. اگر انتهای بستهٔ ظرف دایره‌ای به قطر D باشد، نیروی وارد بر انتهای بستهٔ ظرف از طرف مایع کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}\rho g\pi D^2 d\sin\theta$
۲) $4\rho g\pi DL^2\sin\theta$
۳) $\rho g\pi Dd\sin\theta$
۴) $2\rho g\pi D^2 d$

سوال ۳-۲۸



در شکل روبه‌رو دو مایع مخلوط‌نشدنی، در یک لولهٔ U شکل توسط یک وزنهٔ ۱۵۰ گرمی که بر روی یک پیستون بدون اصطکاک و با جرم ناچیز قرار دارد، به حالت تعادل رسیده‌اند. اگر وزنه را برداریم، پیستون نسبت به حالت اولیهٔ خود، چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود تا دوباره حالت تعادل برقرار شود؟ (سطح مقطع پیستون $5\,cm^2$ است.)

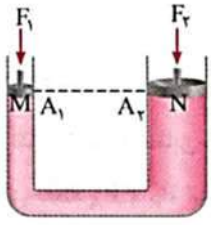
۱) ۳

۲) ۶

۳) ۴/۵

۴) ۷/۵

سوال ۳-۲۹



در شکل مقابل، به دو پیستون که روی یک مایع قرار دارند، نیروهای F_1 و F_2 وارد می‌شود و فشار P_1 و P_2 را روی سطح هم‌تراز A_1 و A_2 ایجاد می‌کنند. اگر پیستون‌ها تحت تأثیر این نیروها حرکت نکنند، نتیجه می‌گیریم که: *(سراسری ریاضی ۸۷ خارج از کشور)*

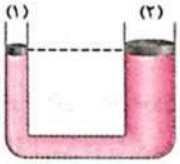
۱) $F_1 = F_2$

۲) $F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)F_2$

۳) $P_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)P_2$

۴) $F_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)F_2$

سوال ۳-۳۰



در شکل زیر، ارتفاع مایع در هر دو ظرف یکسان است و پیستون‌های (۱) و (۲) بدون اصطکاک‌اند. اگر روی هر پیستون وزنه‌ای به جرم m قرار دهیم، بعد از برقراری تعادل: *(سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)*

۱) ارتفاع مایع در هر دو لوله یکسان می‌ماند.

۲) ارتفاع مایع در لولهٔ (۲) بیشتر خواهد شد.

۳) ارتفاع مایع در لولهٔ (۱) بیشتر خواهد شد.

۴) بسته به چگالی مایع گزینه‌های (۲) و (۳) ممکن است، درست باشند.

۳-۱۱- فشار هوا

هوا هم مانند هر شاره‌ی دیگر دارای فشار است.

فشار هوا را در سطح صفر(سطح دریاهای آزاد) با P_0 نمایش می‌دهند.

فشار هوا در سطح دریاهای آزاد و در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس معادل ۷۶ سانتی‌متری جیوه است.

$$1[atm] = 76[cmHg]$$

پاسکال فشار هوا را به کمک انجام **آزمایش توریچلی** اندازه گرفت.

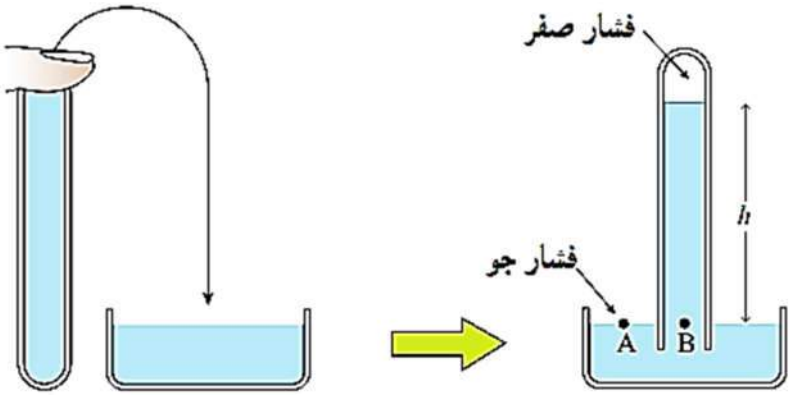
به افتخار توریچلی به هر $1mmHg$، یک تور $torr$ گفته می‌شود. از تور برای بیان فشارهای نسبتا کوچک استفاده می‌شود.

۳-۱۱-۱- فشارسنج جیوه‌ای یا جوسنج (بارومتر)

وسیله‌ی ساده که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود و به آن جوسنج نیز می‌گویند فشارسنج جیوه‌ای می‌گویند.

فشار سنج جیوه‌ای توسط توریچلی، فیزیکدان ایتالیایی اختراع شد.

لوله‌ی شیشه‌ای بلندی (به طول $80\,cm$) و پر از جیوه درون ظرف محتوی جیوه به طور وارون قرار داده می‌شود.

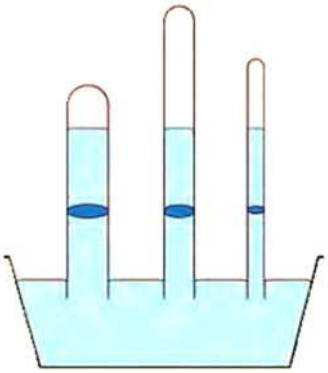


نقاط A و B در یک ارتفاع و برای یک مایع هستند پس

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = 0 + \rho gh \Rightarrow P_0 = \rho gh_{Hg}$$

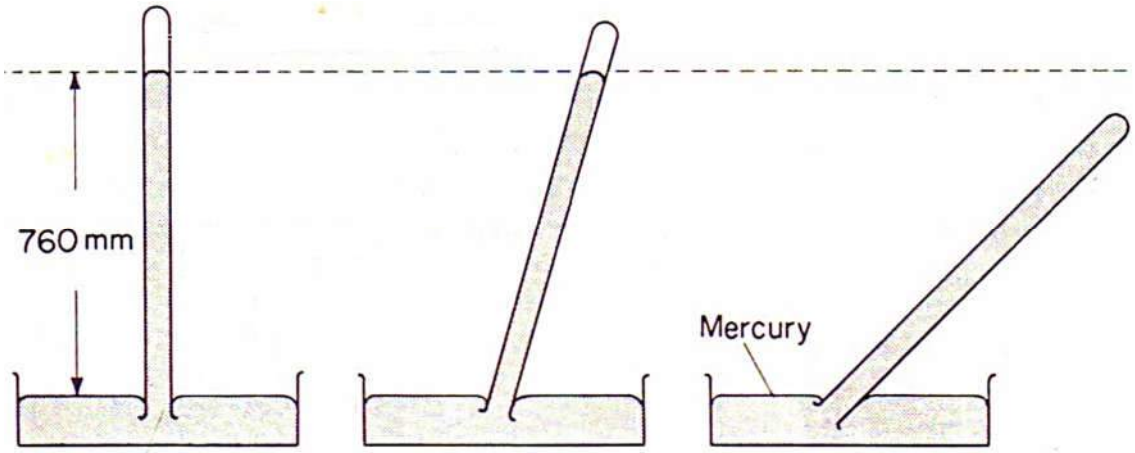
فشار هوای محیط برابر فشار ناشی از جیوه به ارتفاع h است، در سطح ت دریا برابر $76\,cmHg$ است.

۳-۱۱-۲- نکته



اگر قطر لوله آزمایش تغییر کند ارتفاع جیوه تغییر نخواهد کرد.

۳-۱۱-۳- نکته



$$P_A = P_B$$
$$P_0 = \rho gh + P'$$
$$h = L\sin\alpha$$

اگر طول لوله آزمایش در جو سنج جیوه‌ای کوتاه باشد به انتهای لوله فشار و نیرو وارد می‌شود.

$$\sin\alpha = \frac{h}{L} \Rightarrow h = L\sin\alpha$$
$$P_0 = \rho gh = \rho gL\sin\alpha$$

اگر لوله آزمایش را خم کنیم برای به دست آوردن فشار هوا باید ارتفاع عمودی محاسبه شود.

۳-۱۱-٤- تبدیل واحد $cmHg$ به Pa (پاسکال)

$$h_{Hg} = 1\,cmHg = 0.01\,mHg$$
$$P = \rho_{Hg} g h_{Hg} = \left(13.6\times10^3\right)(10)(0.01) = 1360\,Pa$$

سوال ۳-۳۱

در محیطی که فشار هوا $75\,cmHg$ است طول لوله آزمایش $55\,cm$ و سطح مقطع آن $5\,cm^2$ است. فشار و نیروی وارد بر ته لوله را محاسبه کنید.

$$P' = 75 - 55 = 20\,cmHg$$

$$\Rightarrow P' = \rho_{Hg} g\, h_{Hg} = \left(1.36\times10^4\right)\times\left(10\right)\times\left(0.2\right) = 27200\,Pa$$

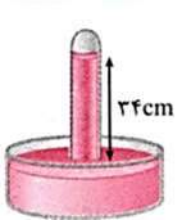
$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = PA = 27200\times5\times10^{-4} = 13.6\,N$$

سوال ۳-۳۲

در شکل مقابل، لولهٔ نازکی را درون ظرف محتوی جیوه قرار داده‌ایم، در این صورت فشار در انتهای لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(\sin 53^\circ = 0/8\ ,\ P_0 = 76\,cmHg)$

۱) ۵۶
۲) ۶۰
۳) ۷۴
۴) ۷۶

سوال ۳-۳۳



در شکل مقابل، فشار گاز جمع‌شده در انتهای لوله، ۷۲ سانتی‌متر جیوه است. چگالی آب $1\,g/cm^3$ و چگالی جیوه $13/6\,g/cm^3$ می‌باشد. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف $34\,cm$ باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ *(سراسری تجربی ۹۳)*

۱) ۷۶
۲) ۷۴/۵
۳) ۶۹/۵
۴) ۶۸

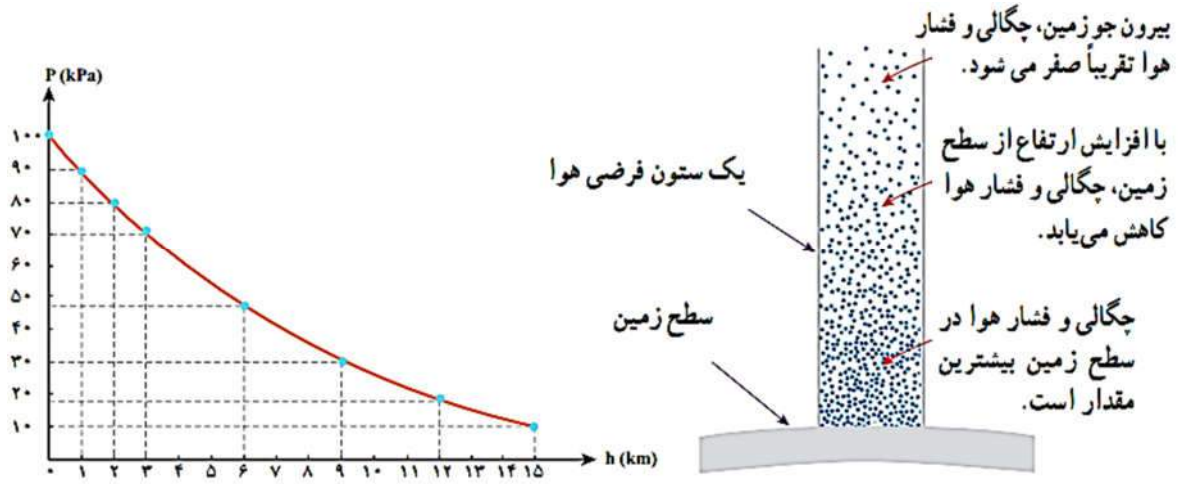
۳-۱۱-۵- تغییرات فشار هوا نسبت به ارتفاع

در مورد گازها نیز می‌توان از رابطه‌ی فشار شاره استفاده کرد.

فشار شاره‌ها به شکل ظرف بستگی ندارد و به همه‌ی جهت‌ها وارد می‌شود.

هر چه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، چگالی هوا کاهش می‌یابد. در واقع به دلیل وجود گرانش، لایه‌های پایینی هوا از لایه‌های بالایی آن متراکم‌تر هستند.

کاهش چگالی هوا سبب می‌گردد که ارتفاع جو اطراف زمین زیاد شود و فشار مطابق نمودار زیر تغییر می‌کند.



سوال ۳-۳۴

با توجه به نمودار قبل، چگالی متوسط هوا را در ارتفاع صفر تا ۳km و ۹km تا ۱۲km را محاسبه کنید. ($g = ۱۰/۰ N/kg$)

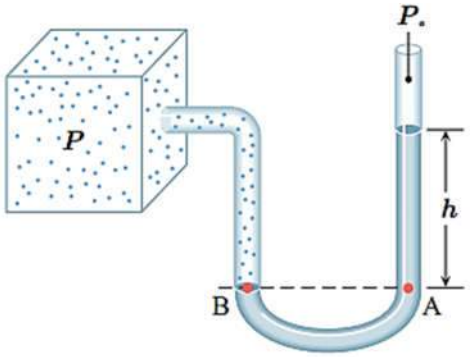
سوال ۳-۳۵

فشار هوا در پایین و بالای کوهی به‌ترتیب ۷۱۰/۰mmHg و ۶۰۰/۰mmHg می‌باشد. ارتفاع کوه چند متر است؟

۱) ۷۱۰۰/۰ ۲) ۶۰۰۰/۰ ۳) ۱۱۰/۰ ۴) ۱۱۰۰/۰

۳-۱۱-٦- فشارسنج (مانومتر)

مانومتر وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شاره‌ی محصور است.

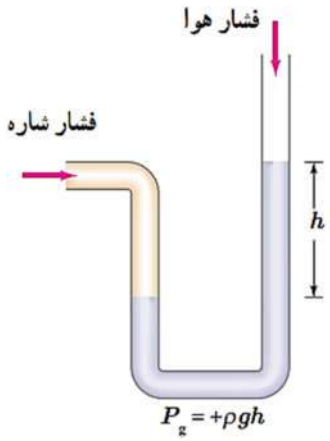


$$P_B = P_A$$

$$\underbrace{P_{\text{گاز}}}_{\text{فشار مطلق}} = \rho g h + P_0$$

$$\underbrace{P_{\text{گاز}} - P_0}_{\text{فشار پیمانه‌ای}} = \rho g h \Rightarrow P_g = \rho g h$$

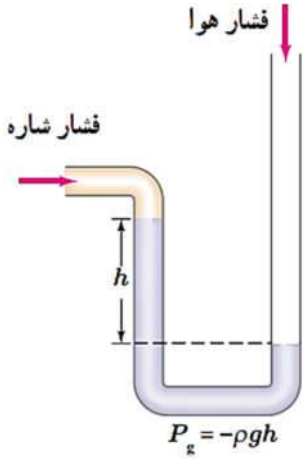
الف- فشار بیشتر از فشار هوا



$$P_A = P_B \Rightarrow P = \rho g h + P_0$$

اگر فشار شاره از فشار خلا بزرگ‌تر باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است.

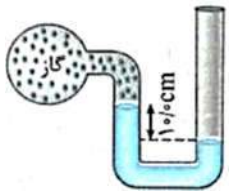
ب- فشار کمتر از فشار هوا



$$P_A = P_B \Rightarrow \begin{matrix} P + \rho g h = P_0 \\ P = P_0 - \rho g h \end{matrix}$$

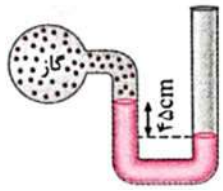
اگر فشار شاره از فشار خلا کوچک‌تر باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است.

سوال ۳-۳۶



مطابق شکل، مخزنی حاوی گاز را به مانومتر متصل می‌کنیم. اگر چگالی مایع داخل مانومتر $۱۴/۰ g/cm^۳$ باشد، اختلاف فشار گاز داخل مخزن و فشار هوا چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰/۰ N/kg)$

سوال ۳-۳۷

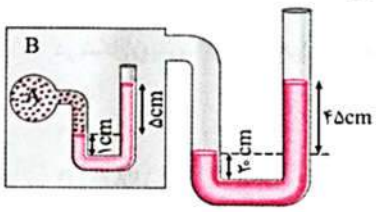


در شکل روبه‌رو، اگر فشار هوا $۱۰^۵$ پاسکال و چگالی جیوه $۱۳۶۰۰ kg/m^۳$ باشد، فشار گاز درون ظرف چند پاسکال است؟ *(سراسری ریاضی ۹۵ خارج از کشور)*

۱) ۳۸۸۰۰
۲) ۶۱۲۰۰
۳) ۱۳۸۸۰۰
۴) ۱۶۱۲۰۰

سوال ۳-۳۸

در شکل مقابل، اگر آب موجود در تمامی لوله‌ها در حال تعادل باشد، فشار گاز محبوس در مخزن A چند کیلوپاسکال است؟ $(g = ۱۰ N/kg \ , \ \rho_{آب} = ۱ g/cm^۳ \ , \ P_۰ = ۱۰^۵ Pa)$

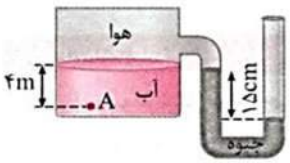


۱) ۱۰۴/۵
۲) ۱۰۵
۳) ۱۰۰/۵
۴) ۱۰۰

سوال ۳-۳۹

در شکل مقابل، فشار در نقطهٔ A چند کیلوپاسکال است؟ (سراسری تجربی ۹۴)

($P_0 = 10^5\ Pa$, $g = 10\ N/kg$, $\rho_{آب} = 1\ g/cm^3$ و $\rho_{جیوه} = 13/6\ g/cm^3$: فشار هوای بیرون)



۱) ۷۹/۶
۲) ۱۱۹/۶
۳) ۶۸/۴
۴) ۱۲۰/۴

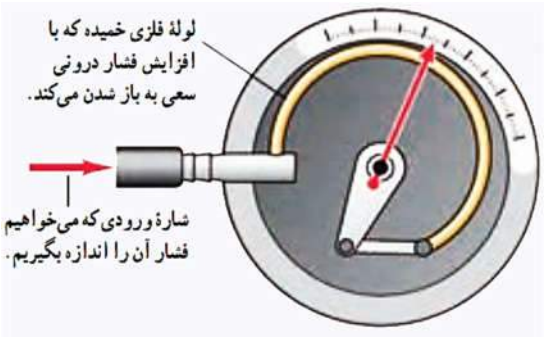
۳-۱۱-۷- فشارسنج بوردون

یک لوله خمیده‌ی قابل انعطاف دارد که یک سر این لوله بسته و سر دیگر آن به شاره‌ای که می‌خواهیم فشار آن را به دست آوریم، وصل می‌شود.

به انتهای سر بسته آن یک عقربه وصل می‌شود که فشار را روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد.

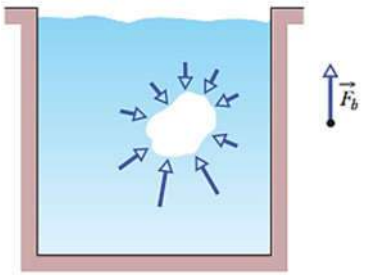
تغییر فشار درون یا بیرون لوله یا هر دو سبب تغییر در ابعاد و تکان دادن عقربه و عوض شدن عدد نشان داده شده روی صفحه‌ی مدرج می‌شود.

معمولا برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌ی نقلیه به کار می‌رود.

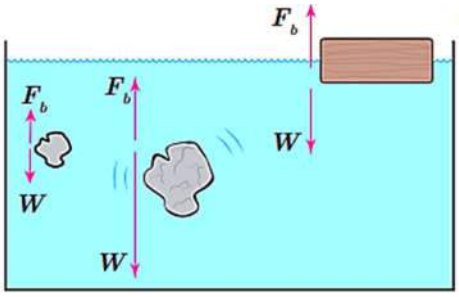


۳-۱۲- شناوری و اصل ارشمیدس

ارشمیدس دانشمند یونانی دوران باستان نخستین کسی بود که پی برد به جسم های درون یک شاره یا غوطه‌ور در آن همواره نیرویی جهت بالای خالصی به نام نیروی شناوری F_b از طرف شاره وارد می‌شود.



۳-۱۲-۱- نکته



الف- شناوری:

حالتی که جسم در سطح شاره قرار دارد و جسم در حال تعادل است. $(F_b = W)$

ب- غوطه‌وری:

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و جسم در حال تعادل است. $(F_b = W)$

ج- فرو رفتن(ته نشین شدن):

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و $(W > F_b)$ باشد یعنی جسم درون شاره فرو می‌رود.

د- بالا رفتن:

حالتی که جسم درون شاره قرار دارد و $(W < F_b)$ باشد یعنی جسم درون شاره حال بالا آمدن است.

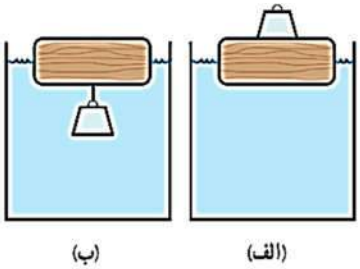
سوال ۳-۴۰

مطابق شکل، جسمی توسط یک نیروسنج داخل آب قرار گرفته و در تعادل است. اگر نیروسنج ۴ نیوتون را نشان دهد، کدام گزینه ممکن است وزن این جسم باشد؟

۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۶

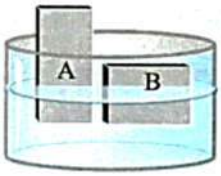
سوال ۳-۴۱

یک قطعهٔ چوبی را روی آب درون ظرفی قرار دهید. یک وزنهٔ آهنی را یک بار روی چوب قرار دهید (شکل الف) و بار دیگر از زیر چوب آویزان کنید (شکل ب). پیش‌بینی کنید در کدام تجربه، چوب بیشتر در آب فرو می‌رود؟



سوال ۳-۴۲

مطابق شکل دو جسم A و B روی سطح مایعی شناورند. چگالی آن‌ها را با هم مقایسه کنید.

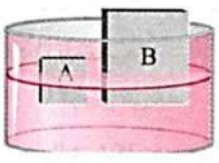


اگر چگالی جسم ρ' و چگالی مایع ρ باشد و جسم روی مایع شناور باشد:
حجم قسمتی از مایع که درون مایع قرار می‌گیرد (V') رابطه‌ی زیر مجاسبه می‌شود

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

سوال ۳-۴۳

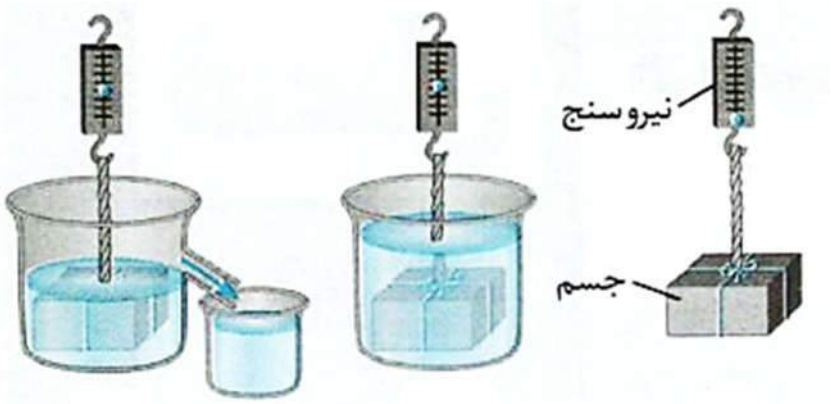
مطابق شکل دو جسم A و B روی سطح مایعی با چگالی ρ_W شناور هستند. کدام گزینه در مورد چگالی این دو جسم و چگالی مایع درست است؟



۱) $\rho_A > \rho_B > \rho_W$
۲) $\rho_A < \rho_B < \rho_W$
۳) $\rho_B < \rho_A < \rho_W$
۴) $\rho_B = \rho_A < \rho_W$

۳-۱۳- اصل ارشمیدس

وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی در جهت بالا بر آن وارد می‌کند که با وزن جابه جا شده توسط جسم برابر است.

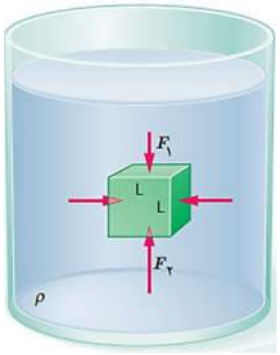


سوال ۳-٤٤

وزن گلوله‌ای در هوا برابر ۱۰/۰N و در آب برابر ۸/۴۰N است. نیروی شناوری وارد بر گلوله چند نیوتون و در کدام جهت است؟

۳-۱۳-۱- توجه:

جسمی مکعبی شکل به ضلع L را در نظر بگیرید که درون شاره‌ی ساکنی با چگالی ρ غوطه‌ور است.



F_1 و F_2 نیروهای وارد شده از طرف شاره به جسم در راستای قائم هستند.

(نیروی افقی F یکدیگر را خنثی می‌کنند)

$$F_1 = P_1 A$$

$$F_2 = P_2 A \ , \ P_2 = P_1 + \rho g L$$

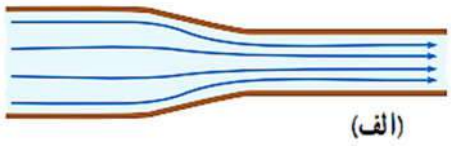
$$F_2 = P_2 A = \left(P_1 + \rho g L\right) A = P_1 A + \rho g L A = F_1 + \rho g V$$

$$\Rightarrow F_2 = F_1 + \rho g V$$

$$\Rightarrow F_2 - F_1 = \rho g V \Rightarrow F_b = \rho g V$$

۳-۱۴- شاره‌ی در حال حرکت و اصل برنولی

۳-۱۴-۱- شاره‌ی در حال حرکت به دو دسته تقسیم می‌شود.



شاره با جریان یکنواخت و لایه‌ای

شاره‌ی با جریان متلاطم و آشوبناک

برای سادگی تحلیل حرکت یک شاره فرض می‌شود که:

جریان بدون تلاطم (لایه‌ای یکنواخت) باشد

شاره تراکم‌ناپذیر باشد (چگالی آن ثابت باشد)

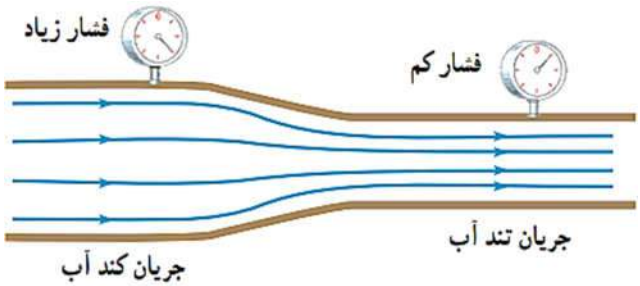
اتلاف انرژی روی ندهد (اصطکاک داخلی که به آن چسبندگی می‌گویند نداریم)

قانون پایستگی جرم برقرار باشد.

اگر سیستمی با شرایط بالا در نظر گرفته شود، مدلی آرمانی برای بررسی حرکت شاره خواهد بود.

۳-۱۴-۲- اصل برنولی

در شکل زیر آب با جریان لایه‌ای، در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت حرکت می‌کند. با کاهش سطح مقطع لوله، جریان آب تندتر می‌شود و فشار آن کاهش می‌یابد.

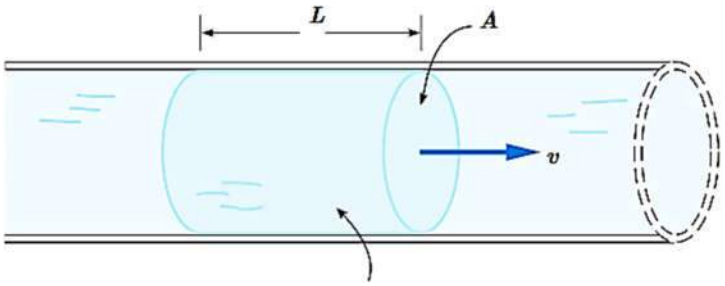


در هر مقطع دلخواه لوله، مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله وارد می‌شود با مقدار آبی که در همان زمان از آن مقطع می‌گذرد برابر است. در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است.

اصل برنولی در مسیر حرکت شاره با افزایش تندی شاره، فشار داخل شاره کاهش می‌یابد.

۳-۱٤-۳- آهنگ جریان شاره

حجم مایعی که در یکای زمان از سطح مقطع لوله می‌گذرد و یا نسبت حجم شاره‌ی جابه جا شده به زمان را آهنگ جریان شاره گویند.



حجم این بخش شاره برابر AL است.

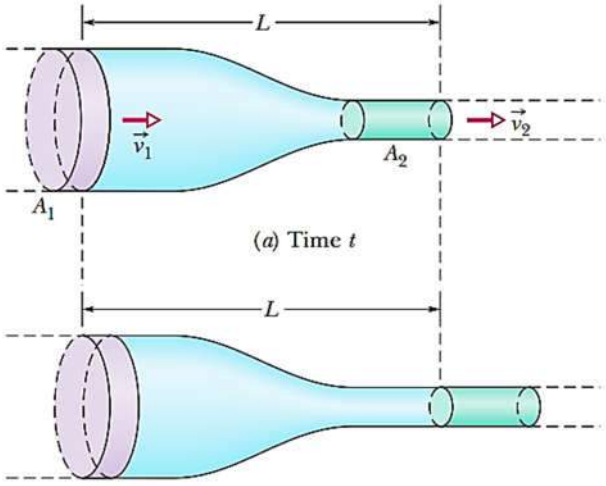
$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = Av$$

توجه کنید که نسبت مسافت به زمان $\left(\frac{L}{t}\right)$ در حرکت یکنواخت شاره برابر تندی شاره v است.

۳-۱٤-٤- معادله پیوستگی

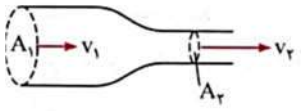
در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد از این رو خواهیم داشت

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



سوال ۳-۴۵

با توجه به شکل مقابل، اگر سطح مقطع $A_1 = 40\,cm^2$ و تندی خروج آب از این سطح مقطع $20\,cm/s$ و سطح مقطع $A_2 = 5\,cm^2$ باشد، تندی خروج آب از سطح مقطع A_2 چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۱۶
۲) ۱/۶
۳) ۱۶۰
۴) ۰/۱۶

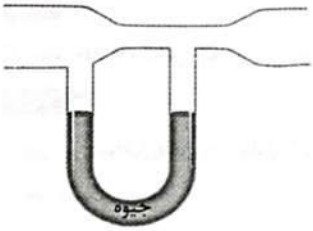
سوال ۳-۴۶

دو لوله با قطرهای $D_1 = 12/0\,cm$ و $D_2 = 4/0\,cm$ به یکدیگر متصل شده‌اند و جریان لایه‌ای آب در آن‌ها برقرار است. اگر تندی آب در لولهٔ بزرگ $2/0\,m/s$ باشد، تندی آب در لولهٔ کوچک چند m/s است؟

۱) $\frac{2}{3}$
۲) ۶/۰
۳) $\frac{2}{9}$
۴) ۱۸

سوال ۳-۴۷

مطابق شکل، یک لولهٔ U شکل به دو نقطهٔ یک لوله با سطح مقطع متفاوت متصل است. اگر هوا در داخل لولهٔ اصلی از چپ به راست جریان پیدا کند، جیوه درون لولهٔ U شکل چگونه می‌ایستد؟



۱) در شاخهٔ سمت راست بالاتر از شاخهٔ سمت چپ می‌ایستد.
۲) در شاخهٔ سمت راست پایین‌تر از شاخهٔ سمت چپ می‌ایستد.
۳) جیوه در دو شاخه هم‌سطح می‌ایستد.
۴) جیوه در هر دو شاخه پایین‌تر از حالت اولیه می‌رود ولی هم‌سطح می‌ایستد.

۳-۱۴-۵- کاربرد اصل برنولی در بررسی پدیده‌ها و ساخت وسیله‌ها

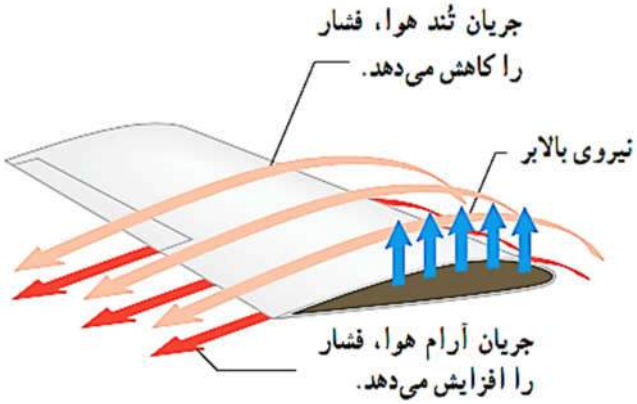
حرکت ورق کاغذ وقتی در مقابل دهان خود بر سطح بالایی کاغذ به سرعت بدمیم.

پف کردن پوشش برزنتی روی اتاقک عقب کامیون هنگام حرکت.

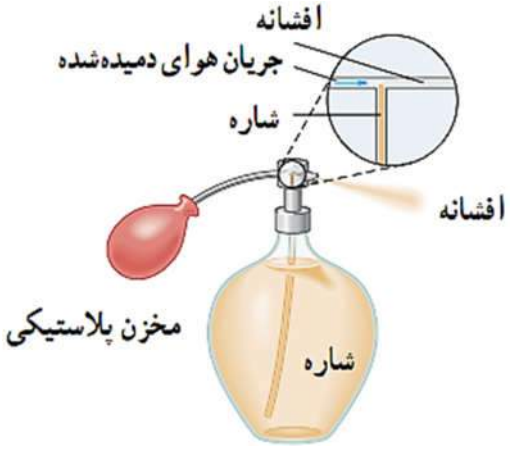
افشانه‌ی عطر

طراحی بال هواپیما

طراحی بال هواپیما به گونه‌ای است که وقتی هوا از بالای بال می‌گذرد، چون مسیر طولانی‌تری را طی می‌کند، سرعت جریان هوا در بالای بال بیشتر است و بنا به اصل برنولی باید فشار در بالای بال کم‌تر باشد. در این صورت فشار پایین بال از فشار بالای بال بیشتر است و سبب ایجاد نیروی بالابر لازم برای بالا بردن هواپیما می‌شود.



در افشانه‌ی عطر با فشردن مخزن پلاستیکی، یک جریان هوای سریع از مقابل دهانه‌ی بالایی لوله‌ی درون عطر می‌گذرد که سبب کاهش فشار در هوای بالای لوله شده و فشار درون شیشه‌ی عطر آن را به بالا می‌راند و عطر در هوا پاشیده می‌شود.



فصل چهارم

دما و گرما

٤- دما

٤-١- تعریف دما

دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

(ما با استفاده از کمیت دما، میزان احساس خود را از گرمی و سردی اجسام یا محیط اطرافمان درک می‌کنیم).

٤-٢- کمیت دماسنجی

هر کمیتی که با توجه به گرما و سرما تغییر کند، کمیت دماسنجی گفته می‌شود. مثلاً در یک دماسنج معمولی هر قدر هوای محیط گرم‌تر شود، طول ستون دمای مایع بیشتر می‌شود. در اینجا به طول ستون مایع کمیت دماسنجی گفته می‌شود.

٤-٣- مقیاس‌های دما

یکا یا واحد متداول و رایج دما، درجه‌ی سلسیوس است. این یکا را به صورت $^\circ C$ و دما را معمولاً با θ نمایش می‌دهند.

این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ثابت است: یکی دمایی که در آن آب خالص در فشار $1\,atm$ شروع به یخ زدن می‌کند و دیگری دمایی که آب خالص در فشار $1\,atm$ در حال جوشیدن است به نقطه اول، عدد صفر و به نقطه دوم عدد 100 را اختصاص می‌دهند و فاصله بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و هر قسمت را یک درجه می‌نامند.

سوال ٤-١

چند جمله از جمله‌های زیر درست است؟

آ) دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

ب) برای اندازه‌گیری دما لازم است یک مقیاس دمایی داشته باشیم.

پ) به هر مشخصهٔ قابل اندازه‌گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر کند، کمیت دماسنجی نامیده می‌شود.

ت) تغییر کمیت دماسنجی اساس کار دماسنج‌ها است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

سوال ٤-٢

می‌دانیم که در دماسنج جیوه‌ای و الکلی داخل لوله باید خالی از هوا باشد. فرض کنید در هنگام ساخت یک دماسنج الکلی نتوانسته‌ایم فضای بالای الکل را کاملاً از هوا خالی کنیم، چنانچه این دماسنج دمای جسمی را $30^\circ C$ نشان دهد، دمای حقیقی این جسم چقدر است؟

۱) برابر $30^\circ C$ ۲) کم‌تر از $30^\circ C$

۳) بیش‌تر از $30^\circ C$ ۴) بسته به شرایط گزینه‌های (۲) و (۳) ممکن است درست باشد.

سوال ٤-٣

در کنار دریا یک دماسنج جیوه‌ای را درون ظرفی حاوی یخ در حال ذوب قرار می‌دهیم. سپس آن را در بخار آب جوش می‌گذاریم. مشاهده می‌کنیم طول ستون جیوه در لوله ۴ سانتی‌متر افزایش می‌یابد. فاصلهٔ دو درجهٔ متوالی در این دماسنج چند میلی‌متر است؟

۱) ۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۴

٤-٣-١- یکای دما در SI

یکای دما در SI کلوین $[K]$ است. دمای کلوین با T نشان داده می‌شود.

رابطه کلوین و سلسیوس به صورت $T = \theta + 273.15$ است.

پایین‌ترین حد دما $-273.15^{\circ}C$ است.

نکته:

$$\begin{cases} T_1 = \theta_1 + 273 \\ T_2 = \theta_2 + 273 \end{cases} \Rightarrow T_2 - T_1 = (\theta_2 + 273) - (\theta_1 + 273) = \theta_2 - \theta_1 \Rightarrow \Delta T = \Delta\theta$$

سوال ٤-٤

دمای جسمی برحسب کلوین ۴ برابر عددی است که برحسب درجهٔ سلسیوس خوانده می‌شود. دمای این جسم به‌ترتیب از راست به چپ چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟

۱) ۳۶۴،۹۱ ۲) ۹۱،۳۶۴ ۳) ۲۷۷/۶،۵۴/۶ ۴) ۵۴/۶،۲۷۷/۶

سوال ٤-٥

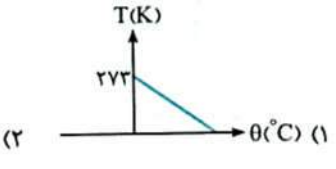
اگر دمای جسمی را برحسب درجهٔ سلسیوس دو برابر کنیم به‌شرط آن‌که $\theta > 0$ باشد، دمای جسم برحسب کلوین .....

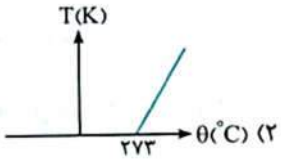
۱) دو برابر می‌شود. ۲) تغییر نمی‌کند.

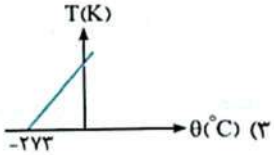
۳) افزایش می‌یابد اما کم‌تر از دو برابر می‌شود. ۴) افزایش می‌یابد و بیش‌تر از دو برابر می‌شود.

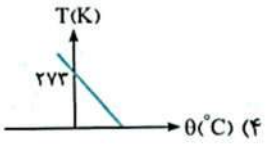
سوال ٤-٦

کدام نمودار رابطهٔ T برحسب θ را به‌درستی نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

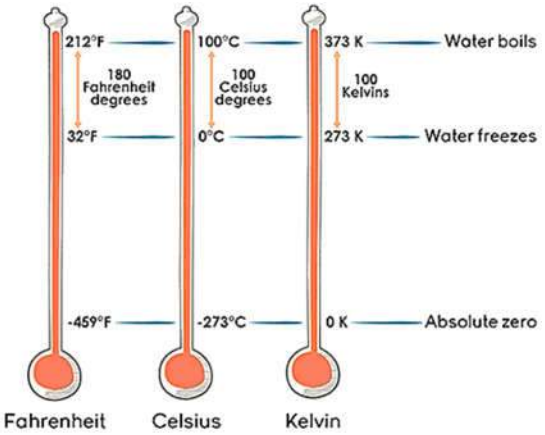
٤-٣-١-١- مقیاس فارنهایت

این مقیاس هنوز هم در صنعت و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

براساس مقیاس فارنهایت دمای انجماد آب، $32^\circ F$ و دمای به جوش آمدن آب $212^\circ F$ است.

اختلاف بین دمای انجماد و جوشیدن آب در مقیاس فارنهایت ۱۸۰ درجه است.

$$212^\circ F - 32^\circ F = 180^\circ F$$



با یک تناسب بین درجه‌بندی فارنهایت و سلسیوس رابطه‌ی زیر به دست می‌آید

$$\frac{\theta - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} \Rightarrow F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 1^\circ C = 1.8^\circ F$$

سوال ٤-٧

دمای بدن یک انسان سالم تقریباً ۳۷°C است. این دما را برحسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

سوال ٤-٨

رابطهٔ بین تغییر دما در مقیاس سلسیوس (Δθ) و مقیاس فارنهایت (ΔF) کدام است؟

۱) $\Delta F = \Delta\theta$

۲) $\Delta F = \frac{۹}{۵}\Delta\theta + ۳۲$

۳) $\Delta F = \frac{۹}{۵}\Delta\theta$

۴) $\Delta F = \frac{۹}{۵}\Delta\theta - ۳۲$

٤-٣-١-٢- رابطه‌ی دماسنج‌ها با دماسنج نامشخص

اگر دماسنجی، دماهای θ_1 و θ_2 را به ترتیب x_1 و x_2 نشان دهد همچنین دمای θ را x نشان دهد، آنگاه رابطه‌ی خطی زیر برقرار است

$$\frac{\theta-\theta_1}{x-x_1}=\frac{\theta_2-\theta_1}{x_2-x_1}$$

سوال ٤-٩

دماسنجی دماهای صفر درجهٔ سلسیوس و $40^\circ C$ را به‌ترتیب ۵ و ۸۵ نشان می‌دهد. این دماسنج دمای آب در حال جوش ($100^\circ C$) را چه عددی نشان می‌دهد؟

سوال ٤-١٠

فرض کنید در یک دماسنج، نقاط ذوب یخ و جوش آب را در شرایط متعارفی ۴۰ و ۲۲۰ انتخاب کرده باشند. اگر دمای این دماسنج را با θ_F و دمای دماسنج سانتی‌گراد را با θ_C نشان دهیم، کدام رابطهٔ زیر درست است؟ (سراسری ریاضی)

۱) $\theta_F=\frac{9}{5}\theta_C+40$ ۲) $\frac{\theta_F-32}{180}=\frac{\theta_C}{100}$ ۳) $\theta_F=\frac{9}{5}\theta_C+32$ ۴) $\theta_F=2/2\theta_C+40$

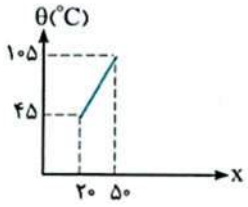
٤-٣-١-٣- نکته

رابطه‌ی دماسنجی بین دو دماسنج، رابطه‌ای خطی است یعنی می‌توان آن را به صورت یک معادله‌ی خط بیان کرد.

$$\theta=a\,x+b$$

سوال ٤-١١

نمودار تغییرات دما برحسب درجهٔ سلسیوس و دماسنج نامشخصی به‌صورت خط مقابل است. اگر این دماسنج را داخل آب $30/0^\circ C$ قرار دهیم، چه عددی را نشان می‌دهد؟



۱) ۱۲/۵ ۲) ۲۴/۵

۳) ۵۵ ۴) ۶۵

٤-٤-دماسنج‌های معیار

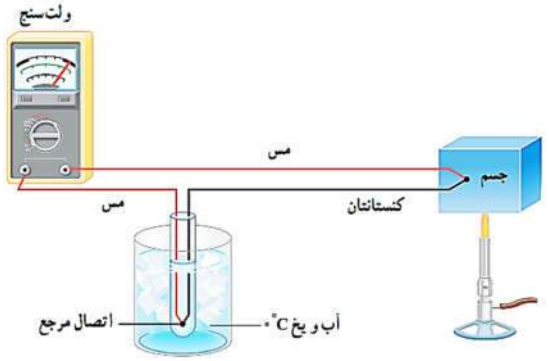
نام دماسنج	نحوه کار کردن دماسنج	آیا دماسنج معیار است؟
دماسنج گازی	براساس قانون گازهای کامل	بله
دماسنج تف‌سنج (پیرومتر)	براساس تابش گرمایی	بله
دماسنج مقاومت پلاتینی	براساس تغییر مقاومت الکتریکی	بله
دماسنج ترموکوپل	براساس تغییرات ولتاژ	خیر

٤-٤-١- دماسنج ترموکوپل

دقت این دماسنج از دماسنج‌های الکی و جیوه‌ای بیشتر است اما نسبت به سایر دماسنج‌های معیار نام برده شده از دقت کمتری برخوردار است. ولی این دماسنج همچنان کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه‌ها دارد. در دماسنج ترموکوپل کمیت دماسنجی ولتاژ است.

٤-٤-١-١- ساختمان دماسنج ترموکوپل

دماسنج ترموکوپل از دو سیم فلزی غیر هم‌جنس تشکیل شده که از طرفی در دمای $(0^\circ C)$ نگه داشته شده و از طرف دیگر در جایی قرار دارد که می‌خواهیم دمای آن را اندازه‌گیری کنیم. به علت اختلاف دما یک اختلاف پتانسیل بین دو فلز برقرار می‌شود که با اندازه‌گیری این ولتاژ، می‌توان دمای مورد نظر را اندازه‌گیری کرد. کافی است آزمایش در دماهای مختلف انجام شود و دما در هر ولتاژی مشخص شود.



گستره دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

مزیت ترموکوپل این است که به دلیل جرم کوچک محل اتصال، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به حالت تعادل گرمایی می رسد و به علاوه می‌تواند در مدارهای الکترونیکی به کار رود.

سوال ٤-١٢

«ترموکوپل» چیست؟ (سراسری تجربی ۸۹ خارج از کشور)

۱) وسیله‌ای برای سنجش رسانایی حرارتی اجسام است.

۲) دماسنجی است که در آن اختلاف دما باعث ایجاد شدت جریان الکتریکی می‌شود.

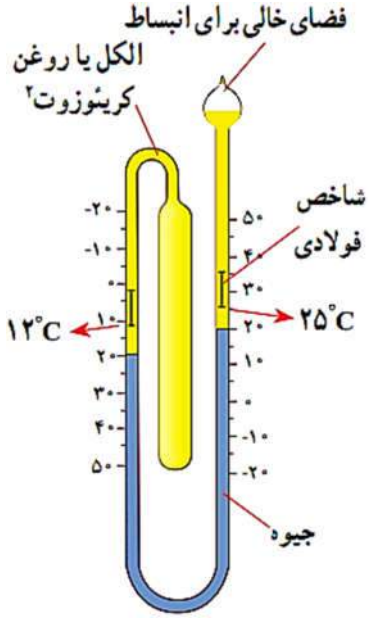
۳) دماسنجی است که در آن تغییر دما باعث تغییر حجم گاز یا مایع می‌شود.

۴) وسیله‌ای برای ثابت نگه داشتن دمای داخلی ساختمان است.

٤-٤-٢- دماسنج بیشینه و کمینه

این دماسنج در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری و هواشناسی و ... کاربرد دارد.

به کمک این دماسنج کمینه دما و بیشینه دمای محیط در مدت معین مثلاً یک شبانه روز را اندازه‌گیری می‌کنند.



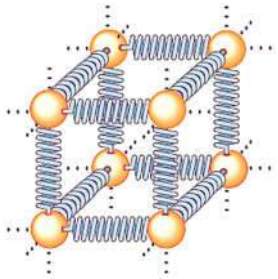
٤-٥-انبساط گرمایی

بیشتر اجسام در اثر افزایش دما، منبسط می‌شوند و با کاهش دما نیز از حجم شان کم می‌شود.

توجیه انبساط گرمایی، مبتنی بر دیدگاه میکروسکوپی است.

تحلیل‌های پیشرفته‌تر نشان می‌دهد که نیروی بین اتمی درجامدها شبیه نیروی فنر است.

هر اتم در اطراف محل تعادل خود ارتعاش می‌کند و با افزایش دما و گرفتن انرژی، بر دامنه نوسان اتم‌ها اضافه شده و فاصله‌ی متوسط آنها از یک‌دیگر افزایش می‌یابد و به طور ظاهری می‌بینیم که جسم (از نظر طول و سطح و حجم افزایش پیدا می‌کند) منبسط می‌شود.



با انبساط جسم جامد، شکل آن عوض نمی‌شود و همه ابعاد آن به تناسب افزایش می‌یابد

٤-٥-١- انبساط طولی

اگر میله‌ای با طول اولیه L_1 گرم شود و دمای آن به اندازه‌ی ΔT تغییر کند، طول میله به اندازه ΔL تغییر خواهد کرد.

$$L_2 = L_1(1+\alpha\Delta T) \Rightarrow L_2 = L_1 + L_1\alpha\Delta T \Rightarrow \underbrace{L_2 - L_1}_{\Delta L} = L_1\alpha\Delta T \Rightarrow \Delta L = L_1\alpha\Delta T$$

L_1: طول جسم در دمای θ_1 L_2: طول جسم در دمای θ_2 α: ضریب انبساط طولی

سوال ٤-١٣

دمای میله‌ای از جنس آلومینیم را از $100^\circ C$ به $50^\circ C$ می‌رسانیم. اگر طول اولیهٔ میله برابر $6/0m$ باشد، تغییر طول میله چه مقدار و چگونه است؟ $(\alpha = 25\times10^{-6}\frac{1}{K})$

سوال ٤-١٤

برای اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی مس، میله‌ای به طول $40/00cm$ از جنس مس را از دمای $20/0^\circ C$ به $100/0^\circ C$ می‌رسانیم و طول میله به $40/05cm$ می‌رسد. ضریب انبساط طولی مس چقدر است؟

سوال ٤-١٥

درون صفحهٔ دایره‌ای به شعاع $R_1 = ۲۰/۰\,cm$ از جنس فولاد، حفره‌ای به شعاع $R_2 = ۱۵/۰\,cm$ ایجاد کرده‌ایم. اگر دمای صفحه را $۱۰۰/۰^\circ C$ افزایش دهیم؛ $(\alpha = ۱/۰ \times ۱۰^{-۵}\,\frac{۱}{K})$

آ) شعاع حفره و شعاع صفحه چند سانتی‌متر می‌شود؟

ب) پهنای اولیهٔ $۵/۰\,cm$، پس از افزایش دما چقدر می‌شود؟

سوال ٤-١٦

ریل‌های ۱۰ متری راه‌آهنی را در یک روز زمستانی به دمای $-۱۰^\circ C$ به دنبال هم کار می‌گذارند. اگر دما در تابستان تا $۴۰^\circ C$ بالا رود، از ابتدا (در دمای $-۱۰^\circ C$) حداقل چند میلی‌متر باید فاصلهٔ بین ریل‌ها خالی بماند تا در اثر انبساط حرارتی به هم فشار نیاورند؟ $(\alpha_{\text{آهن}} = ۱۲ \times ۱۰^{-۶}\,K^{-۱})$

۱) ۳/۶۵ ۲) ۴/۸ ۳) ۵ ۴) ۶ (سراسری تجربی ۸۶)

٤-٥-١-١- نکته

مقایسه انبساط طولی برای دو میله که دارای ضرایب انبساط طولی α و α' هستند بصورت زیر است

$$\frac{\Delta L}{\Delta L'} = \left(\frac{L}{L'}\right)\left(\frac{\alpha}{\alpha'}\right)\left(\frac{\Delta T}{\Delta T'}\right)$$

سوال ٤-١٧

دمای دو میله با طول‌های اولیه L_A و L_B و ضریب انبساط طولی $\alpha_A = 3\alpha_B$ را به ترتیب 400 و 600 درجه سلسیوس افزایش می‌دهیم، اگر افزایش طول دو میله برابر شود، نسبت $\frac{L_A}{L_B}$ را به دست آورید.

$$\frac{\Delta L_A}{\Delta L_B} = \left(\frac{L_A}{L_B}\right)\left(\frac{\alpha_A}{\alpha_B}\right)\left(\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B}\right) \rightarrow 1 = \frac{L_A}{L_B} \times 3 \times \frac{400}{600} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{1}{2}$$

سوال ٤-١٨

طول دو میلهٔ فلزی A و B در دمای $۲۰^\circ C$ هریک برابر ۲ متر است. دمای دو میله را چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آن‌ها برابر $۰/۸\,mm$ شود؟ $\left(\alpha_A = ۱۲ \times ۱۰^{-۶}\,\frac{۱}{^\circ C}, \alpha_B = ۲۰ \times ۱۰^{-۶}\,\frac{۱}{^\circ C}\right)$ (سراسری تجربی ۹۳ خارج از کشور)

۱) ۳۰ ۲) ۵۰ ۳) ۷۰ ۴) ۱۰۰

سوال ٤-١٩

دو میلهٔ فلزی A و B در دمای $20^\circ C$ به‌ترتیب دارای طول‌های $50cm$ و $70cm$ می‌باشند. دمای دو میله را $30^\circ C$ افزایش می‌دهیم، باز هم اختلاف طول آن‌ها $20cm$ می‌شود. نسبت ضریب انبساط طولی میلهٔ A به ضریب انبساط طولی میلهٔ B کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)

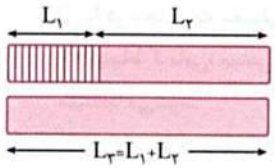
۱) $\frac{3}{7}$ ۲) $\frac{7}{3}$ ۳) $\frac{5}{7}$ ۴) $\frac{7}{5}$

سوال ٤-٢٠

طول یک میلهٔ آهنی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، یک میلی‌متر بیش‌تر از طول یک میلهٔ مسی در همین دما است. اگر دمای میله‌ها را به ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، طول میلهٔ مسی ۰/۵ میلی‌متر بیش‌تر از طول میلهٔ آهنی خواهد شد. طول اولیهٔ میلهٔ آهنی چند متر است؟ (ضریب انبساط طولی آهن و مس در SI به‌ترتیب $1/2\times10^{-5}$ و $1/8\times10^{-5}$ است.) (سراسری تجربی ۹۵)

۱) ۱/۱۰۲ ۲) ۲/۴۹۸ ۳) ۲/۵۰۳ ۴) ۴/۴۴۸

سوال ٤-٢١



در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، مجموع طول میله‌های به‌هم چسبیدهٔ L_1 و L_2 با طول میلهٔ L_3 برابر است و ضریب انبساط طولی میله‌ها نیز به‌ترتیب α_1، α_2 و α_3 است. اگر در هر دمای بالاتر از صفر نیز این تساوی طول برقرار باشد، کدام رابطه درست است؟ (سراسری ریاضی ۸۸ خارج از کشور)

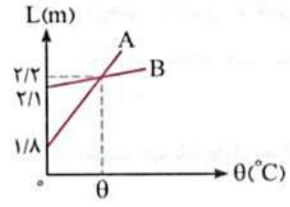
۱) $\alpha_3=\alpha_1+\alpha_2$

۲) $\alpha_3=\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$

۳) $\alpha_3=\frac{L_1\alpha_1+L_2\alpha_2}{L_3}$

۴) $\alpha_3=\frac{|L_1\alpha_1-L_2\alpha_2|}{L_3}$

سوال ٤-٢٢



نمودار مقابل، تغییرات طول دو میلهٔ A و B را برحسب دما نشان می‌دهد. نسبت ضریب انبساط طولی A به ضریب انبساط طولی B کدام است؟ (مشابه سراسری ریاضی ۸۳ خارج از کشور)

۱) $\frac{3}{14}$

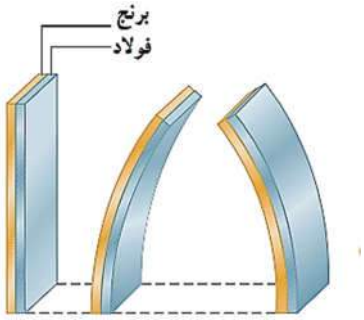
۲) $\frac{14}{3}$

۳) $\frac{1}{4}$

۴) ۴

٤-٦- دماسنج نواری دو فلزه، ترموستات یا دماپا

دو میله هم طول یکی از جنس برنج $\left(\alpha = 19\times10^{-6}\right)$ و دیگری از جنس فولاد $\left(\alpha = 13\times10^{-6}\right)$ که به هم جوش داده شده‌اند

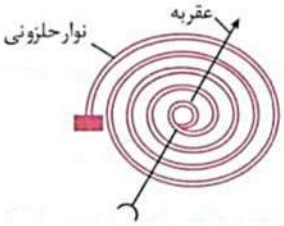


مطابق رابطه $\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$ به ازای افزایش دما $\Delta T > 0$ و α برنج از α فولاد بزرگتر است، مقدار افزایش طول برنج بیشتر از افزایش طول فولاد می‌شود.

همچنین اگر دما کاهش یابد، $\Delta T < 0$ نیز طبق رابطه $\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$ مقدار کاهش طول میله برنجی بیشتر از میله فولادی است. یعنی طول برنج کوتاه‌تر از طول فولاد می‌شود.

سوال ٤-٢٣

شکل مقابل، ساختمان داخلی یک دماسنج را نشان می‌دهد. اساس کار این دماسنج چیست؟



۱) تفاوت ضریب انبساط عقربه و نوار حلزونی باعث باز و بسته شدن نوار حلزونی می‌شود.

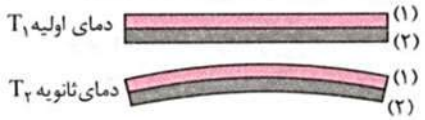
۲) تفاوت ضریب‌های انبساط فلزهای سازندهٔ نوار حلزونی باعث باز و بسته شدن نوار حلزونی می‌شود.

۳) نوار فلزی از یک فلز با ضریب انبساط بزرگ ساخته شده است.

۴) نوار فلزی از یک فلز با ضریب انبساط کوچک ساخته شده است.

سوال ٤-٢٤

مطابق شکل، دو فلز به هم چسبیده‌اند و در دمای T_1 قرار دارند و اگر دما را به T_2 برسانیم مطابق شکل روبه‌رو خواهند شد. اگر ضریب انبساط فلز (۱) و (۲) به‌ترتیب α_1 و α_2 باشد کدام گزینه درست است؟



۱) $T_2 > T_1$ و $\alpha_2 > \alpha_1$

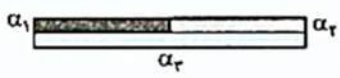
۲) $T_2 < T_1$ و $\alpha_2 > \alpha_1$

۳) $T_2 > T_1$ و $\alpha_2 = \alpha_1$

۴) $T_2 < T_1$ و $\alpha_2 = \alpha_1$

سوال ٤-٢٥

مطابق شکل سه میله با جنس‌های متفاوت را به هم جوش می‌دهیم. اگر $\alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_1$ باشد، در اثر افزایش دما شکل نهایی به‌چه صورت می‌شود؟



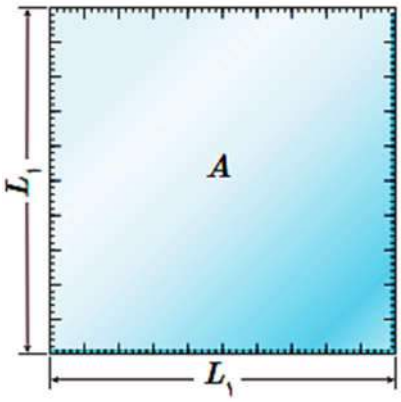
۱)

۲)

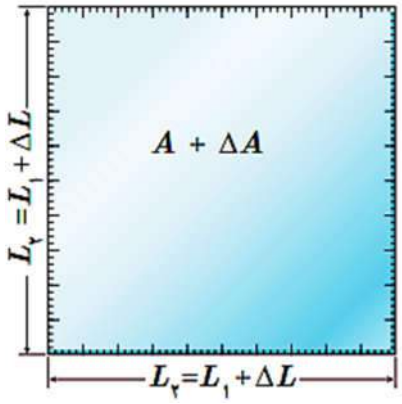
۳)

۴)

٤-٧-انبساط سطحی



$$A_1 = L_1 \times L_1 = L_1^2$$



$$L_2 = L_1(1+\alpha\Delta T) = (L_1 + L_1\alpha\Delta T)$$
$$A_2 = L_2 \times L_2 = (L_1 + L_1\alpha\Delta T)(L_1 + L_1\alpha\Delta T)$$

$$A_2 = L_2 \times L_2 = (L_1 + L_1\alpha\Delta T)(L_1 + L_1\alpha\Delta T)$$
$$A_2 = \left[L_1(1+\alpha\Delta T)\right]\left[L_1(1+\alpha\Delta T)\right] = L_1^2\left[1+\alpha\Delta T+\alpha\Delta T+(\alpha\Delta T)^2\right]$$
$$A_2 = L_1^2\left[1+2\alpha\Delta T+\underbrace{\left(\underbrace{\alpha^2}_{\text{خیلی کوچک}}\ \Delta T^2\right)}_{\text{خیلی کوچک}}\right] = L_1^2(1+2\alpha\Delta T) = L_1^2 + L_1^2 2\alpha\Delta T$$
$$A_2 = A_1 + A_1 2\alpha\Delta T$$
$$\Rightarrow A_2 - A_1 = A_1 2\alpha\Delta T \Rightarrow \Delta A = A_1 2\alpha\Delta T$$

2α ضریب انبساط سطحی جسم جامد است.

ضریب انبساط سطحی تقریبا ۲ برابر ضریب انبساط طولی است.

سوال ٤-٢٦

مساحت جانبی یک مکعب فلزی ۰/۲۵ متر مربع و ضریب انبساط طولی آن $۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است. اگر دمای این مکعب۱۰۰ درجهٔ سلسیوس افزایش یابد، سطح جانبی آن تقریباً چند سانتی‌متر مربع افزایش می‌یابد؟ (سراسری تجربی ۸۸ خارج از کشور)

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰

سوال ٤-٢٧

دمای یک قرص فلزی را ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم، در نتیجه مساحت آن یک درصد افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی فلز در SI کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۲×۱۰^{-۵} ۲) ۴×۱۰^{-۵} ۳) ۲×۱۰^{-۶} ۴) ۴×۱۰^{-۶}

سوال ٤-٢٨

اگر با افزایش دما، طول یک ورقهٔ فلزی مستطیل شکل ۰/۴ درصد افزایش یابد، مساحت آن تقریباً چند درصد افزایش می‌یابد؟

۱) ۱/۶ ۲) ۰/۸ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۲

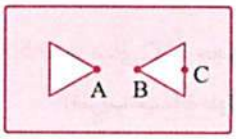
سوال ٤-٢٩

دمای یک میلهٔ مسی را $100^\circ C$ افزایش می‌دهیم، طول آن ۰/۱۷ درصد افزایش می‌یابد. اگر دمای یک ورقهٔ مسی را $100^\circ C$ افزایش دهیم، مساحت آن چند برابر می‌شود؟ *(سراسری ریاضی ۹۱ خارج از کشور)*

۱) ۱/۰۰۱۷ ۲) ۰/۰۰۳۴ ۳) ۰/۳۴۰۰ ۴) ۱/۰۰۳۴

سوال ٤-٣٠

مطابق شکل، در یک صفحهٔ فلزی دو حفرهٔ مثلثی شکل وجود دارد. اگر بر اثر تغییرات دما، اضلاع این صفحه افزایش پیدا کنند، فاصلهٔ AB و BC به ترتیب از راست به چپ چه تغییری می‌کنند؟



۱) افزایش ـ افزایش ۲) افزایش ـ کاهش
۳) کاهش ـ افزایش ۴) کاهش ـ کاهش

سوال ٤-٣١

در درون یک مکعب فلزی به ضلع ۲۰cm حفرهٔ خالی کروی به شعاع ۵cm وجود دارد. اگر در اثر افزایش دما ضلع مکعب به اندازهٔ ۰/۰۰۴ میلی‌متر افزایش یابد، شعاع حفره ..... می‌یابد. *(سراسری تجربی ۸۵)*

۱) ۰/۰۰۱ میلی‌متر کاهش ۲) ۰/۰۰۱ میلی‌متر افزایش
۳) ۰/۰۰۳ میلی‌متر کاهش ۴) ۰/۰۰۳ میلی‌متر افزایش

سوال ٤-٣٢

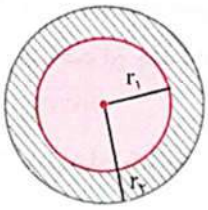
ضریب انبساط طولی یک حلقهٔ فلزی برابر $2\times10^{-5}\,K^{-1}$ است. اگر دمای این حلقه را به آرامی ۵۰ درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم، قطر حلقه چند درصد افزایش می‌یابد؟ *(سراسری تجربی ۹۳)*

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۲

سوال ٤-٣٣

سوال ٤-٣٤

دو ورقهٔ دایره‌ای مطابق شکل روی هم قرار گرفته‌اند. اگر $r_1 = 5\,cm$ و $r_2 = 6\,cm$ باشد نسبت $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ (ضریب انبساط طولی ورقهٔ (۲) نسبت به ضریب انبساط طولی ورقهٔ (۱)) چقدر باشد تا در هر تغییر دمایی، مساحت قسمت هاشور خورده ثابت بماند؟



۱) $\frac{۲۵}{۳۶}$

۲) $\frac{۳۶}{۲۵}$

۳) $\frac{۲۵}{۳۰}$

۴) $\frac{۳۰}{۲۵}$

٤-٨-انبساط حجمی

مشابه استدلالی که در مورد انبساط طولی، برای مقدار انبساط حجم اجسام جامد نیز می‌توان نوشت:

$$V_1 = L_1 A_1$$
$$V_2 = L_2 \times A_2 = \left(L_1 + L_1 \alpha \Delta T\right)\left(A_1 + A_1 2\alpha \Delta T\right)$$
$$V_2 = \left[L_1\left(1+\alpha \Delta T\right)\right]\left[A_1\left(1+2\alpha \Delta T\right)\right] = V_1\left[1+2\alpha \Delta T + \alpha \Delta T + 2\left(\alpha \Delta T\right)^2\right]$$
$$V_2 = V_1\left[1+3\alpha \Delta T + 2\underbrace{\left(\underbrace{\alpha^2}_{\text{خیلی کوچک}}\ \Delta T^2\right)}_{\text{خیلی کوچک}}\right] = V_1\left(1+3\alpha \Delta T\right) = V_1 + V_1 \underbrace{3\alpha}_{\beta} \Delta T$$
$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T$$
$$\Rightarrow V_2 - V_1 = V_1 \beta \Delta T \Rightarrow \Delta V = V_1 \beta \Delta T$$

ضریب انبساط حجمی ۳ برابر انبساط طولی است $\beta = 3\alpha$.

نکته: ضریب انبساط حجمی $\frac{3}{2}$ برابر سطحی است.

٤-٨-١-١- نکته

واحد ضریب انبساط خطی و سطحی و حجمی $\left(\frac{1}{^\circ C}\right)$ یا $\left(\frac{1}{^\circ K}\right)$ است

سوال ٤-٣٥

به یک میله آن‌قدر گرما می‌دهیم تا طول آن یک درصد افزایش یابد. حجم آن تقریباً چند درصد افزایش می‌یابد؟ *(سراسری ریاضی ۹۱)*

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

٤-٩-انبساط مایع‌ها

در مایع با افزایش دما حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها بیشتر می‌شود. این افزایش حرکت‌ها باعث دور شدن اتم‌ها و مولکول‌ها از هم می‌شود و حجم مایع افزایش می‌یابد

مایعات شکل معینی ندارند پس برای آن‌ها فقط انبساط حجمی در نظر گرفته می‌شود.

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که رابطه‌ی انبساط حجمی مایع‌ها و جامدها شبیه یکدیگر است

$$V_2 = V_1 + V_1\beta\,\Delta T$$
$$\Delta V = V_1\beta\,\Delta T$$

β ضریب انبساط حجمی مایع است.

مقایسه ضریب انبساط حجمی جامدها با ضریب انبساط حجمی مایعات نشان می‌دهد انبساط حجمی جامدها عموما از مایعات بسیار کمتر است و به همین دلیل در بسیاری از محاسبات می‌توان از مقدار افزایش حجم جامد در مقابل افزایش حجم ظرف صرف نظر کرد.

اما اگر انبساط ظرف در نظر گرفته شود خواهیم داشت.

$$V_2 = V_1 + V_1\beta'\,\Delta T$$
$$\Delta V = V_1\beta'\,\Delta T$$
$$\beta' = \underbrace{\beta}_{\text{ضریب انبساط مایع}} + \overbrace{3\alpha}^{\text{ضریب انبساط ظرف}}$$

سوال ٤-٣٦

ارلنی شیشه‌ای را که در دمای $20^\circ C$ گنجایشی برابر $200\,cm^3$ دارد، مطابق شکل با گلیسیرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسیرین $60^\circ C$ به برسد

الف- آیا گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

ب- اگر پاسخ قسمت (الف) مثبت است، حجم گلیسیرین سر ریز شده چقدر است؟

الف- افزایش حجم گلیسیرین و افزایش حجم ظرف شیشه‌ای را به طور جداگانه به دست می‌آوریم

افزایش حجم گلیسیرین: $\Delta V' = \beta V_1 \Delta T = \left(49\times10^{-5}\right)\left(200\right)\left(60-20\right) = 3.9cm^3$

افزایش حجم ظرف: $\Delta V'' = \beta V_1 \Delta T = \left(3\alpha\right)V_1\Delta T = \left(3\times9\times10^{-6}\right)\left(200\right)\left(60-20\right) = 0.2\,cm^3$

ب- افزایش حجم گلیسیرین بیشتر از افزایش حجم ظرف است بنابراین گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد بنابراین مقدار حجم گلیسیرین که از ظرف بیرون می‌ریزد برابر است با

$$\Delta V - \Delta V = \left(3.9-0.2\right) = 3.7cm^3$$

سوال ٤-٣٧

در دمای صفر درجهٔ سلسیوس حجم ظرف شیشه‌ای توسط یک لیتر جیوه کاملاً پر شده است. وقتی دمای مجموعه را به ۸۰ درجهٔ سلسیوس می‌رسانیم $12cm^3$ جیوه از ظرف خارج می‌شود. اگر ضریب انبساط حجمی جیوه $1/8\times10^{-4}K^{-1}$ باشد، ضریب انبساط طولی شیشه در SI چقدر است؟ *(سراسری ریاضی ۸۶)*

۱) $1/2\times10^{-4}$ ۲) 10^{-4} ۳) 10^{-5} ۴) 2×10^{-5}

سوال ٤-٣٨

در دمای صفر درجه، ظرف شیشه‌ای $360cm^3$ حجم دارد. چند سانتی‌متر مکعب جیوه داخل ظرف بریزیم تا با تغییر دما، حجم قسمت خالی ظرف تغییر نکند؟ (ضریب انبساط طولی شیشه $8\times10^{-6}\frac{1}{K}$ و ضریب انبساط حجمی جیوه $1/8\times10^{-4}\frac{1}{K}$ است.)

۱) ۲۴ ۲) ۳۶ ۳) ۴۸ ۴) این کار امکان‌پذیر نیست.

٤-١٠- چگالی و دما

به طور معمول افزایش دما باعث افزایش حجم می‌شود اما جرم ماده تغییر نمی‌کند.

رابطه‌ی $\rho = \frac{m}{V}$ نشان می‌دهد که با افزایش حجم مقدار ρ تغییر می‌کند.

رابطه‌ی چگالی ماده در دو دمای اولیه و ثانویه به صورت مقابل است

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1}$$

$$\rho_2 = \frac{m}{V_2} \rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} \xrightarrow{V_2 = V_1(1+\beta\Delta T)} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\cancel{V_1}}{\cancel{V_1}(1+\beta\Delta T)}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{1+\beta\Delta T}$$

٤-١٠-١-١- نکته

می‌توان نشان داد که با تقریب مناسبی، چگالی جسم بر حسب تغییرات دما از رابطه‌ی روبه رو به دست می‌آید

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{1+\beta\Delta T} \times \frac{1-\beta\Delta T}{1-\beta\Delta T} = \frac{1-\beta\Delta T}{1-(\beta\Delta T)^2} = \frac{1-\beta\Delta T}{1-\underbrace{\beta^2(\Delta T)^2}_{\ll 1}}$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1-\beta\Delta T}{1} \Rightarrow \rho_2 \simeq \rho_1(1-\beta\Delta T)$$

سوال ٤-٣٩

دمای یک میلهٔ فلزی به $0_{\text{۲}}$ می‌رسد. اگر طول آن ۰/۱ درصد افزایش یابد، چگالی آن تقریباً ..... (سراسری ریاضی ۹۰ خارج از کشور)

۱) ۰/۱ درصد کاهش می‌یابد.

۲) ۰/۳ درصد کاهش می‌یابد.

۳) ۰/۱ درصد افزایش می‌یابد.

۴) ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد.

٤-١٠-٢- انبساط غیر عادی آب

حجم بیشتر مایع‌ها با کم شدن دما کاهش می‌یابد در نتیجه چگالی آن‌ها افزایش می‌یابد.

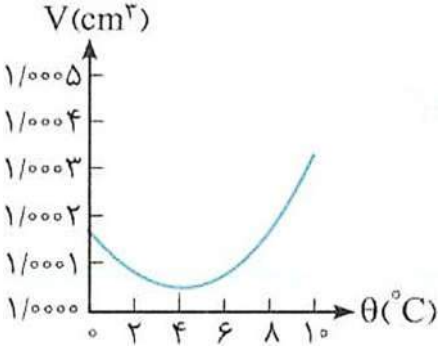
اما رفتار آب در محدوده دمایی $0^\circ C$ تا $4^\circ C$ متفاوت است

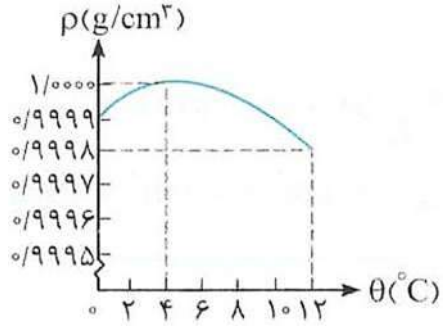
یعنی در این محدوده با افزایش دما حجم آب کاهش و چگالی افزایش می‌یابد.

علت این است که در این محدوده دمایی، هنوز **بقایای ساختار مولکولی یخ در آب وجود دارد و فاصله‌ی بین این مولکول‌ها هنوز در حال کم شدن است.**

لذا با کاهش حجم چگالی افزایش و با افزایش حجم چگالی کاهش پیدا می‌کند.

بنابراین آب در $4^\circ C$ کمترین حجم و بیشترین چگالی را دارا است.





سوال ٤-٤٠

چند جمله از جملات زیر دربارهٔ انبساط غیرعادی آب درست است؟

آ) از دمای صفر درجهٔ سلسیوس تا ۴ درجهٔ سلسیوس حجم آب کاهش می‌یابد.

ب) آب در دمای $4^\circ C$ کم‌ترین حجم و بیش‌ترین چگالی را دارد.

پ) از دمای $4^\circ C$ به بالا، حجم آب با افزایش دما کاهش می‌یابد.

ت) علت انبساط غیرعادی آب را باید با ساختار مولکول‌های آن در یخ توضیح داد.

ث) در محدودهٔ دماهای صفر درجهٔ سلسیوس تا ۴ درجهٔ سلسیوس بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و موجب رفتار غیرعادی آب می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۵

سوال ٤-٤١

برای اندازه‌گیری دمای بین صفر تا ده درجهٔ سلسیوس، کدام یک از دماسنج‌های زیر غیرقابل اعتماد خواهد بود؟

۱) دماسنج ترموکوپل ۲) دماسنجی با درجه‌بندی کلوین ۳) ستون مایع الکل ۴) ستون مایع آب

٤-١١- گرما

گرما یک نوع انرژی است که به علت اختلاف دمای بین دو جسم انتقال می‌یابد. بنابراین برای یکای گرما از همان یکای انرژی، یعنی ژول $[J]$ می‌توان استفاده کرد.

یکای دیگر گرما کالری $[cal]$ است که درموارد خاصی از آن استفاده می‌شود.

$$1cal = 4.1860J \approx 4.2J$$

٤-١١-١- تعادل گرمایی

هرگاه دو جسم با دماهای متفاوت را به یکدیگر تماس دهیم گرما از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل شده و این عمل آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا دو جسم به دمای یکسان(تعادل) برسند.

از دیدگاه میکروسکوپی، آنچه که اتفاق می‌افتد کاهش انرزی جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها، مولکول‌ها و سایر اجزای میکروسکوپی داخل جسم گرم و افزایش همین مقدار انرژی در داخل جسم سرد است تا آنکه دو جسم به تعادل گرمایی برسند.

٤-١١-٢- ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که به جسم داده می‌شود تا دمای آن یک کلوین $1^\circ C$ بالا رود. آن را با حرف C نمایش می‌دهند که به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد و یکای ظرفیت گرمایی $\frac{[J]}{[K]}$ است.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C\Delta T$$

٤-١١-٣- ظرفیت گرمایی ویژه

این کمیت به اندازه‌گیری گرما کمک می‌کند.

مقدار گرمایی است که به واحد جرم جسم داده می‌شود تا بدون تغییر حالت دمای آن یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\Delta T}$$

اگر گرمای ویژه c و جرم m و تغییرات دما را با ΔT نشان داده شود، مقدار گرمای مبادله شده Q بصورت زیر محاسبه می‌شود

$$Q = m\,c\,\Delta T$$

یکای گرمای ویژه $\frac{[J]}{[kg][^\circ C]}$ است.

معمولاً در حل مسایل به جای ΔT معادل آن یعنی $\Delta\theta$ بر حسب $1^\circ C$ را قرار می‌دهیم.

گرمای ویژه یک جسم به جنس ماده تشکیل دهنده آن بستگی دارد.

سوال ٤-٤٢

یک نیروگاه هسته‌ای روزانه $10^5\ m^3$ آب از رودخانه می‌گیرد و ۲۱۰۰ گیگاژول از گرمای اتلافی خود را به این آب می‌دهد. اگر دمای آب ورودی $25^\circ C$ باشد، دمای آب خروجی چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(c_{آب} = 4200\ J/kg.K \ , \ \rho_{آب} = 1000\ kg/m^3)$ (سراسری ریاضی ۹۰ خارج از کشور)

۱) ۵۰ ۲) ۲۵/۵ ۳) ۳۰ ۴) ۷۵

سوال ٤-٤٣

جسمی به جرم $2kg$، بدون تغییر حالت $40kJ$ گرما از دست می‌دهد. اگر دمای اولیهٔ جسم $50^\circ C$ باشد، دمای ثانویه‌اش چند درجهٔ سلسیوس می‌باشد؟ $(c = 400\ J/kg.K)$ (سراسری تجربی ۸۷)

۱) صفر ۲) ۲۵ ۳) -50 ۴) ۱۰۰

سوال ٤-٤٤

گرمای Q، دمای ۳ گرم از مادهٔ A را $5^\circ C$ و دمای ۲ گرم از مادهٔ B را $3^\circ C$ بالا می‌برد. گرمای ویژهٔ مادهٔ A چند برابر گرمای ویژهٔ مادهٔ B است؟ (سراسری تجربی ۹۴)

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۵ ۳) ۱/۵ ۴) ۲/۵

سوال ٤-٤٥

به دو جسم به یک اندازه گرما داده‌ایم و بدون تغییر حالت دمای آن‌ها به یک اندازه افزایش یافته است. در این‌صورت الزاماً: (سراسری ریاضی)

۱) دو جسم مشابه بوده‌اند. ۲) جرم و گرمای ویژهٔ آن‌ها یکسان است.

۳) گرمای ویژهٔ آن‌ها یکسان است. ۴) نسبت گرمای ویژهٔ آن‌ها به نسبت عکس جرم آن‌ها است.

سوال ٤-٤٦

به دو گلولهٔ مسی به‌ترتیب $1200J$ و $300J$ گرما می‌دهیم. دمای هر کدام از آن‌ها $30^\circ C$ افزایش می‌یابد. اگر گرمای ویژهٔ مس $400\ J/kg.K$ باشد، اختلاف جرم آن‌ها چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ۸۵ خارج از کشور)

۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۷۵ ۴) ۱۲۵

سوال ٤-٤٧

دو کره‌ی مسی همدما و هم قطر داریم که یکی توپر و دیگری توخالی است.

الف- اگر هر دو را در داخل یک ظرف بزرگ آب جوش انداخته شوند، افزایش حجم کدام یک بزرگتر است؟

ب- اگر به هر دو کره مقدار یکسانی گرما داده شود، حجم ثانویه‌ی کدام کره بزرگتر خواهد بود؟

پاسخ:

الف- چون هر دو کره داخل یک ظرف بزرگ آب جوش انداخته شده‌اند، هر دو به دمای نهایی یکسانی می‌رسند، بنابراین مطابق رابطه $\Delta V = V_1 \beta \Delta T$ تغییرات حجم دو کره یکسان خواهد بود.

ب- چون کره‌ی توپر جرم بیشتری دارد، به ازای یک مقدار گرمای معین، تغییرات دمای کمتری خواهد داشت

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow m_1 c_1 \Delta\theta_1 = m_2 c_2 \Delta\theta_2 \overset{m_1 > m_2}{\rightarrow} \Delta\theta_1 < \Delta\theta_2$$

یعنی به دمای کره‌ی توپر مقدار کمتری اضافه می‌شود. پس طبق رابطه $\Delta V = V_1 \beta \Delta T$ افزایش حجم کره‌ی توپر کمتر خواهد بود.

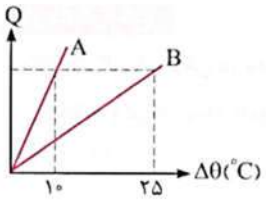
سوال ٤-٤٨

دو کرهٔ فلزی هم‌جنس A و B، اولی توپر و شعاع آن ۲۰cm است. دومی توخالی و شعاع خارجی آن ۲۰cm و شعاع حفرهٔ داخلی آن ۱۰cm است. اگر به دو کره به یک اندازه گرما بدهیم و تغییر دمای آن‌ها به ترتیب $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$ باشد، نسبت $\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$ کدام است؟ *(سراسری تجربی ۹۵ خارج از کشور)*

۱) ۱ ۲) $\frac{۸}{۷}$ ۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) ۲

سوال ٤-٤٩

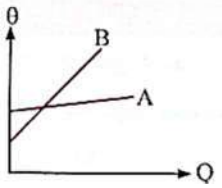
نمودار گرمای داده شده به دو جسم A و B با جرم‌های یکسان، برحسب تغییر دما به‌صورت مقابل می‌باشد. نسبت گرمای ویژهٔ جسم A به گرمای ویژهٔ جسم B کدام است؟



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

سوال ٤-٥٠

نمودار تغییرات دما برحسب گرمای داده شده به دو جسم A و B مطابق شکل است. کدام‌یک از گزینه‌ها الزاماً درست است؟



۱) گرمای ویژهٔ A از B بزرگ‌تر است.

۲) گرمای ویژهٔ B از A بزرگ‌تر است.

۳) ظرفیت گرمایی A از B بزرگ‌تر است.

۴) ظرفیت گرمایی B از A بزرگ‌تر است.

٤-١١-٤- مول و عدد آووگادرو

در موارد زیادی برای تعیین مقدار ماده از یکای مول mol استفاده می‌شود.

یک مول از هر ماده یعنی تعدادی به اندازه‌ی $N_a = 6.02\times10^{23}$ از اجزای سازنده‌ی آن ماده(اتم) است که به این مقدار، **عدد آووگادرو** گفته می‌شود.

به جرم یک مول از ماده جرم مولی گفته می‌شود و با M نشان داده می‌شود.

اگر m جرم یک نمونه از ماده باشد، تعداد مول‌ها برابر با $n = \frac{m}{M}$ می‌شود.

٤-١١-٥- گرمای ویژه مولی

به مقدارگرمایی که به یک مول از آن ماده داده می‌شود تا در شرایط فیزیکی تعیین شده (مثلا مقدار فشار محیط) دمای آن به اندازه‌ی یک درجه کلوین افزایش یابد، ظرفیت گرمایی مولی گفته می‌شود.

$$c_n = \frac{C}{n} = \frac{Q}{n\Delta T} \Rightarrow Q = n\,c_n\,\Delta T$$

$$c_n = \frac{C}{n} = \frac{C}{\left(\frac{m}{M}\right)} = \underbrace{\left(\frac{C}{m}\right)}_{\text{ظرفیت گرمایی ویژه}} \times M = c\,M$$

در این رابطه n مقدار ماده بر حسب مول و c_n **گرمای ویژه مولی** است که یکای آن در SI، $\frac{J}{mol.K}$ می‌باشد.

٤-١١-٥-١-قانون دولن و پتی

گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از فلزات، مقدار یکسانی $25\frac{J}{mol\cdot K}$ است و به جنس آنها بستگی ندارد.

سوال ٤-٥١

گرمای ویژهٔ مولی مس و آلومینیم را با توجه به اطلاعات زیر به‌دست آورید:

$M_{\text{مس}} = ۶۳/۵\,g/mol$ $c_{\text{مس}} = ۳۸۶\,J/kg.K$

$M_{\text{آلومینیم}} = ۲۷\,g/mol$ $c_{\text{آلومینیم}} = ۹۰۰\,J/kg.K$

سوال ٤-٥٢

چند کیلو ژول گرما به $۲/۸\,kg$ آهن داده شود تا دمای آن $۲۰/۰^{\circ}C$ افزایش یابد؟ $(M_{\text{آهن}} = 56\,g/mol)$

۱) ۱۲ ۲) ۲۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۲۵

٤-١٢- گرماسنج

منظور از گرماسنج یا کالریمتر یک ظرف فلزی و درپوش‌دار است که تا حد امکان عایق‌بندی گرمایی شده و آزمایش‌های گرماسنجی در آن انجام می‌شود.

در مسائل تعادل گرمایی معمولاً خود ظرف گرماسنج به عنوان یک جسم که در تبادل گرمایی شرکت می‌کند در نظر گرفته می‌شود.

سوال ٤-٥٣

درون گرماسنجی **100** گرم آب $15^\circ C$ موجود است، یک قطعه فلز به جرم **100** گرم و دمای $120^\circ C$ را داخل گرماسنج می‌اندازیم. پس از مدتی دماسنج کوچک دمای آب را $20^\circ C$ نشان می‌دهد.

اگر گرمای ویژه فلز $400\frac{J}{kg^\circ C}$ باشد. **ظرفیت گرمایی این گرماسنج** در *SI* چقدر است.

در این جا سه جسم در مبادله‌ی گرمایی شرکت می‌کنند که عبارتند از **گرماسنج، آب و فلز**

$$m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)+m_3c_3(\theta_e-\theta_3)=0$$
$$0.1\times4200\times(20-15)+m_2c_2(20-15)+0.1\times400\times(20-120)=0$$

$m_2c_2=C_2$ ظرفیت گرمایی

$$2100+C_2\times5-4000=0\Rightarrow C_2=\frac{1900}{5}=380\left[\frac{J}{^\circ C}\right]$$

سوال ٤-٥٤

اگر به ۱۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس ۱۶۸۰ ژول گرما بدهیم، حجم آب: ($c_{آب}=۴۲۰۰J/kg.^\circ C$) (سراسری تجربی ۸۷ خارج از کشور)

۱) کاهش می‌یابد.
۲) افزایش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.

٤-١٣- توان گرمایی

به مقدار **گرمای داده شده به جسم نسبت به زمان توان گرمایی** گفته می‌شود. واحد توان $\left[\frac{W}{s}\right]$ است.

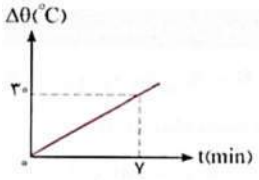
$$P=\frac{Q}{\Delta t}$$

سوال ٤-٥٥

درون ظرف عایقی $2kg$ آب $10^\circ C$ وجود دارد. اگر یک گرمکن برقی در مدت $100s$ درون آب قرار گیرد دمای آب را به $30^\circ C$ می‌رساند. توان متوسط گرمکن برقی چند وات است؟ ($c_{آب}=4200 J/kg.K$)

۱) ۱۶۸ ۲) ۱۶۸۰ ۳) ۴۸۰ ۴) ۸۴۰

سوال ٤-٥٦

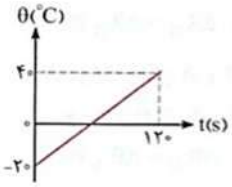


یک گرمکن درون ظرفی که محتوی $2kg$ آب است، قرار دارد. نمودار θ (دمای آب) برحسب t (زمان) مطابق شکل است. توان گرمکن چند وات است؟ (فرض کنید انرژی مصرفی فقط صرف گرم کردن ظرف شود و $c_{آب}=4200 J/kg.^\circ C$) (سراسری ریاضی)

۱) ۳۰۰ ۲) ۶۰۰

۳) ۱۲۰۰ ۴) ۳۶۰۰۰

سوال ٤-٥٧

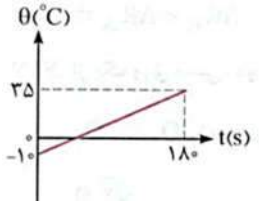


نمودار تغییرات دمای جسم جامدی به جرم ۱۰۰ گرم، برحسب زمان مطابق شکل است. اگر گرمای ویژهٔ جسم $400 J/kg.^\circ C$ باشد، جسم در هر ثانیه چند ژول گرما گرفته است؟ (سراسری ریاضی ۹۱)

۱) ۱۰ ۲) ۱۲

۳) ۲۰ ۴) ۲۴

سوال ٤-٥٨

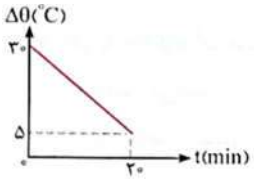


نمودار تغییرات دما برحسب زمان برای جسمی مطابق شکل است و در هر دقیقه $3kJ$ گرما به جسم داده می‌شود. جرم این جسم چند گرم است؟ ($c=500 J/kg.^\circ C$) (سراسری تجربی ۸۷ خارج از کشور)

۱) ۴۰ ۲) ۷۲

۳) ۴۰۰ ۴) ۷۲۰

سوال ٤-٥٩



از جسمی به جرم ۳۰۰ گرم که در یک وسیلهٔ سرمازا قرار گرفته است، با آهنگ ثابت ۳ وات گرما گرفته‌ایم. اگر نمودار تغییرات دما برحسب زمان به‌صورت شکل مقابل باشد، گرمای ویژهٔ این جسم چند $J/kg.K$ است؟ (سراسری تجربی ۹۰ خارج از کشور)

۱) ۰/۴۸ ۲) ۸ ۳) ۴۰۰ ۴) ۴۸۰

سوال ٤-٦٠ (بازده گرمکن)

یک گرمکن برقی در مدت ۲۴ ثانیه، دمای ۶۰ گرم مایعی را از ۳۰ درجهٔ سلسیوس به ۵۰ درجهٔ سلسیوس می‌رساند. اگر توان این گرمکن ۳۰۰ وات باشد و گرمای ویژهٔ مایع $1500 J/kg.K$ باشد، چند درصد گرمای تولیدی به مایع فوق رسیده است؟ (سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور)

۱) ۱۶ ۲) ۲۵ ۳) ۷۵ ۴) ۸۴

سوال ٤-٦١

یک گلولهٔ سربی به جرم ۲۰ گرم با سرعت $400 m/s$ به یک قطعه چوب برخورد می‌کند و درون آن متوقف می‌شود. اگر ۵۰ درصد انرژی جنبشی گلوله صرف گرم کردن خودش شود و گرمای ویژهٔ سرب $125 J/kg.K$ باشد، دمای گلوله چند کلوین افزایش می‌یابد؟ (سراسری تجربی ۹۱)

۱) ۳۲۰ ۲) ۹۱۳ ۳) ۶۴۰ ۴) ۵۹۳

سوال ٤-٦٢

از یک ورق مسی، دو صفحهٔ دایره‌ای شکل به مساحت‌های S_1 و $S_2 = 2S_1$ بریده و جدا کرده‌ایم. حال اگر به اولی گرمای Q_1 و به دومی گرمای $Q_2 = 2Q_1$ را بدهیم و بر اثر این گرما افزایش شعاع آن‌ها به ترتیب ΔR_1 و ΔR_2 باشد، $\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1}$ چقدر است؟ (سراسری تجربی ۹۲)

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

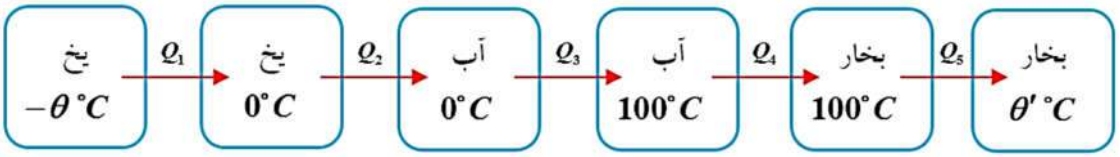
٤-١٤- حالت‌های ماده

مواد موجود در اطراف ما در سه حالت **جامد**، **مایع** و **گاز**(یا بخار) وجود دارند.

به حالت ماده، **فاز** گفته می‌شود و به تغییرات حالت ماده **گذار فاز** می‌گویند.

ذوب: تبدیل جامد به مایع	انجماد: تبدیل مایع به جامد
تبخیر: تبدیل مایع به بخار	میعان: تبدیل بخار به مایع
تصعید: تبدیل مستقیم جامد به بخار (مانند تصعید نفتالین)	چگالش: تبدیل مستقیم بخار به جامد (مانند برفک روی گیاهان در روزهای سرد)

٤-١٤-١- تبدیل یخ $-\theta\,^{\circ}C$ به بخار آب $\theta'\,^{\circ}C$



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = m\,c_{(ice)}\left(0-(-\theta)\right) = m\,c_{(ice)}\theta$$

دمای ذوب

اگر دمای جسم جامد به مقدار مشخصی برسد پس از این دما گرما دادن به جسم موجب افزایش دما نخواهد شد بلکه جسم در این دما که به آن **دمای ذوب یا دمای گذار جامد به مایع** می‌گویند، شروع به ذوب شدن می‌کند. مقدار گرمای لازم برای ذوب با رابطه زیر بدست می‌آید

$$\overbrace{Q_2}^{\text{تغییر دما صورت نمی گیرد}} = +m \underbrace{L_f}_{\text{گرمای نهان ذوب}}$$

منظور از L_f گرمای نهان ذوب است.

گرمای نهان ذوب یعنی مقدار گرمایی که جسمی به جرم یک کیلوگرم می‌گیرد تا در نقطه‌ی ذوب کاملاً از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. عمل ذوب شدن، فرایندی گرماگیر است یعنی $Q>0$.

دمای ذوب شدن به **جنس جسم و فشار** وارد بر آن بستگی دارد.

معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود. اما در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می‌انجامد که این در مورد یخ بسیار ناچیز است.

البته یخ در این مورد استثنا است یعنی افزایش فشار وارد بر یخ نقطه‌ی ذوب آن را کاهش می‌دهد.

حجم جامدهای بلورین هنگام ذوب افزایش می‌یابد زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد اشغال می‌کند در مقایسه با حجم همین مقدارماده در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظم است، کمتر است.

برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی‌شکل مثل شیشه و قیر نقطه‌ی ذوب کاملا مشخصی ندارند. یعنی در اثر دریافت گرما ابتدا به شکل خمیر در می‌آیند و در گستره‌ای از دما و به تدریج ذوب می‌شوند.

$$Q_3 = m\,c_{(water)}\left(100-(0)\right) = 100\left(m\,c_{(water)}\right)$$

دمای تبخیر و نقطه جوش

دمایی که در آن مایع با گرفتن گرما به بخار تبدیل می‌شود و در تمام مدت عمل تبخیر دما ثابت می‌ماند را «نقطه جوش» می‌گویند

گرمای نهان ویژه‌ی تبخیر: مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم مایع داده می‌شود تا در دمای ثابت (نقطه جوش) به بخار تبدیل شود.

$$\overbrace{Q_4}^{\text{تغییر دما صورت نمی گیرد}} = +m\underbrace{L_v}_{\text{گرمای نهان تبخیر}}$$

تبخیر سطحی

بخارشدن مولکول‌های سطح مایع در دمای محیط را «**تبخیر سطحی**» گویند

برای تبخیر سطحی، مولکول‌های سطحی از مولکول‌های زیرین گرما می‌گیرند و همین امر سبب کاهش دما می‌شود.این پدیده عاملی است که سبب ایجاد احساس خنکی هنگام ریختن الکل روی پوست می‌شود.

آهنگ تبخیر سطحی به عامل‌های مختلفی از جمله **دما**، **مساحت سطح مایع**، **وزش باد** و **فشار هوا** بستگی دارد.

افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش آن می‌شود.

ناخالصی‌های(مانند نمک در آب) سبب بالا رفتن نقطه‌ی جوش می‌شوند. به همین د کوهنوردان برای پختن تخم مرغ در مناطق مرتفع به آب، نمک اضافه می‌کنند.

نقطه جوش هر مایع به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد. گرمای نهان تبخیر هر مایع به جنس و دمای آن بستگی دارد.

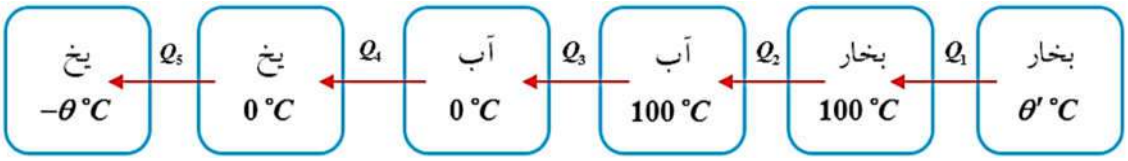
$$Q_5 = m\,c_{(steam)}\left(\theta' - 100\right)$$

نتیجه:

مقدار گرمایی که جسم از محیط اطراف خود گرفته است تا از یخ $-\theta\,^\circ C$ به بخار آب $\theta'\,^\circ C$ تبدیل شود.

$$Q_T = m\,c_{(ice)}\theta + m\,L_f + 100\left(m\,c_{(water)}\right) + m\,L_v + m\,c_{(steam)}\left(\theta' - 100\right)$$

٤-١٤-٢- تبدیل بخار آب $\theta'^{\circ}C$ به یخ $-\theta^{\circ}C$



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = m\,c_{(steam)}\left(100 - (\theta')\right)$$

میعان

فرآیند میعان، وارون فرآیند تبخیر است، یعنی مقدار گرما را از دست می‌دهد تا بخار به مایع تبدیل شود. به همین خاطر این مقدار گرما با علامت منفی نوشته می‌شود

$$\overbrace{Q_2}^{\text{تغییر دما صورت نمی گیرد}} = -m \underbrace{L_v}_{\text{گرمای نهان میعان}}$$

علامت منفی یعنی اینکه در فرآیند میعان، جسم گرما از دست می‌دهد.

شبنم صبحگاهی بر روی گیاهان به علت میعان مولکول‌های بخار آب در هوا است که روی گیاهان را خیس می‌کند.

$$Q_3 = m\,c_{(water)}\left(0 - 100\right) = -100\left(m\,c_{(water)}\right)$$

انجماد

فرآیند انجماد وارون فرآیند ذوب است. یعنی اگر مایع به دمای معینی(دمای انجماد) برسد، با از دست دادن گرما دمایش کاهش نمی‌یابد بلکه شروع به منجمد شدن(به جامد تبدیل شدن) می‌کند.

گرمای انجماد هم اندازه‌ی گرمای ذوب است.

$$\overbrace{Q_4}^{\text{تغییر دما صورت نمی گیرد}} = -m \underbrace{L_f}_{\text{گرمای نهان انجماد}}$$

علامت منفی یعنی اینکه در فرآیند انجماد، جسم گرما از دست می‌دهد.

$$Q_5 = m\,c_{(ice)}\left((-\theta) - 0\right) = -\left(m\,c_{(ice)}\theta\right)$$

نتیجه:

مقدار گرمایی که جسم از محیط اطراف خود گرفته است تا از بخار آب $\theta'^{\circ}C$ به یخ $-\theta^{\circ}C$ تبدیل شود.

$$Q_T = m\,c_{(steam)}\left(100 - (\theta')\right) - m\,L_v - 100\left(m\,c_{(water)}\right) - m\,L_f - \left(m\,c_{(ice)}\theta\right)$$

٤-١٥- دمای تعادل

اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرارگیرند، پس از مدتی همدما می‌شوند، یعنی دمای آنها به مقدار یکسانی می‌رسد که اصطلاحاً دمای تعادل نامیده می‌شود.

مطابق قانون پایستگی انرژی، اگر اجسام گرم، انرژی از دست بدهند آنگاه اجسام سرد به همان اندازه انرژی می‌گیرند.

بنابر قرارداد، جمع جبری انرژی گرمایی مبادله شده بین اجسامی که در تعادل گرمایی با یکدیگر هستند، صفر است.

برای اجسامی که گرما می‌گیرند $Q>0$ و برای اجسامی که گرما از دست می‌دهند $Q<0$ در نظر گرفته می‌شود.

$$Q_1+Q_2+Q_3+\cdots=0$$
$$m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)+m_3c_3(\theta_e-\theta_3)+\cdots=0$$

دمای تعادل θ_e همواره بین دمای جسم سرد و گرم می باشد.

$$m_1c_1(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)+m_3c_3(\theta_e-\theta_3)+\cdots=0$$
$$m_1c_1\theta_e+m_2c_2\theta_e+m_3c_3\theta_e+\cdots=m_1c_1\theta_1+m_2c_2\theta_2+m_3c_3\theta_3+\cdots$$
$$(m_1c_1+m_2c_2+m_3c_3+\cdots)\theta_e=m_1c_1\theta_1+m_2c_2\theta_2+m_3c_3\theta_3+\cdots$$
$$\theta_e=\frac{m_1c_1\theta_1+m_2c_2\theta_2+m_3c_3\theta_3+\cdots}{m_1c_1+m_2c_2+m_3c_3+\cdots}$$

٤-١٥-١-١-نکته

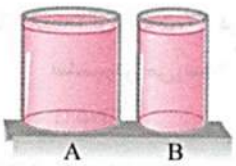
اگر اجسام هم جنس باشند یعنی $c_1=c_2=c_3=\cdots=c$

$$\theta_e=\frac{m_1\theta_1+m_2\theta_2+m_3\theta_3+\cdots}{m_1+m_2+m_3+\cdots}$$

سوال ٤-٦٣

(سراسری تجربی ٨٩)

در شکل زیر، دو ظرف A و B پر از آب $20^\circ C$ هستند. کدام کمیت در مورد آب درون هر دو ظرف یکسان است؟



۱) انرژی درونی

۲) ظرفیت گرمایی

۳) نیروی وارده به کف ظرف‌ها

۴) انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها

سوال ٤-٦٤

دو جسم در تماس با هم به تعادل گرمایی رسیده‌اند، کدام کمیت مربوط به آن‌ها با هم برابر است؟ (سراسری تجربی ۸۸)

۱) دما ۲) انرژی درونی ۳) گرمای ویژه ۴) انرژی درونی و دما

سوال ٤-٦٥

m_1 کیلوگرم آب با دمای $10^\circ C$ را با m_2 کیلوگرم آب با دمای $50^\circ C$ مخلوط می‌کنیم و دمای تعادل بدون اتلاف گرما $30^\circ C$ می‌شود. m_2 چند برابر m_1 است؟ (سراسری ریاضی ۸۸ خارج از کشور)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) $\frac{5}{3}$ ۴) $\frac{3}{5}$

سوال ٤-٦٦

چند لیتر آب ۵۰ درجه را با چند لیتر آب ۲۰ درجه مخلوط کنیم تا ۶۰ لیتر آب با دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس داشته باشیم؟ (به‌ترتیب از راست به چپ) (سراسری تجربی ۸۶ خارج از کشور)

۱) ۴۰، ۲۰ ۲) ۲۵، ۳۵ ۳) ۲۰، ۴۰ ۴) ۳۵، ۲۵

سوال ٤-٦٧

یک شمش آلومینیم به حجم $200cm^3$ و چگالی $2/7g/cm^3$ را که دمایش $100^\circ C$ است، درون $540cm^3$ آب $20^\circ C$ می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل حرارتی، دمای آب تقریباً به چند درجه سلسیوس می‌رسد؟ (از مبادلهٔ گرمای بین آب و ظرف صرف‌نظر می‌شود. چگالی آب $1g/cm^3$ و گرمای ویژهٔ آب و آلومینیم به‌ترتیب $4/2J/g.K$ و $0/9J/g.K$ است.) (سراسری تجربی ۸۹ خارج از کشور)

۱) ۲۸ ۲) ۳۴ ۳) ۴۶ ۴) ۵۳

سوال ٤-٦٨

اگر گرمای ویژهٔ آب و یخ به‌ترتیب $4200J/kg.K$ و $2100J/kg.K$ و هم‌چنین $L_F = 335000J/kg$ باشد، چند کیلوژول گرما لازم است تا ۲۰۰ گرم یخ (۵-) درجهٔ سلسیوس به آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل شود؟ (سراسری تجربی ۹۵)

۱) ۱۱/۳۲ ۲) ۱۱۱/۱ ۳) ۱۱۳/۲ ۴) ۱۱۱۱۰۰

سوال ٤-٦٩

از ۵۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس، در فشار یک اتمسفر، $100/8\,kJ$ گرما می‌گیریم. اگر گرمای نهان ذوب یخ $336\,kJ/kg$ باشد، چند درصد آب، منجمد می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۰)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۸۰

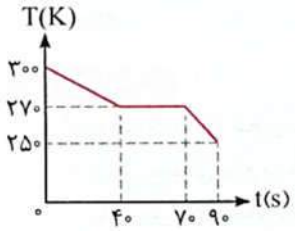
سوال ٤-٧٠

پس از این‌که $40/2\,kJ$ گرما از $180\,g$ آب صفر درجهٔ سلسیوس گرفته شود، چند گرم آب یخ نزده باقی می‌ماند؟ $(L_F = 335\,kJ/kg)$

۱) ۱۲۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۰ ۴) ۳۵ (سراسری تجربی ۹۲ خارج از کشور)

سوال ٤-٧١

از مایعی به جرم m با آهنگ ثابت گرما گرفته‌ایم. نمودار تغییرات دما برحسب زمان به‌صورت شکل مقابل است. اگر گرمای ویژهٔ حالت مایع c و گرمای ویژهٔ حالت جامد c' باشد، نسبت $\frac{c}{c'}$ کدام است؟



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

٤-١٥-٢- دمای تعادل مخلوط آب و یخ

اگر تکه‌ای یخ را درون مقداری آب بریزیم سه حالت ممکن است، اتفاق بیفتد.

هرگاه m_w کیلوگرم آب در دمای $\theta_1\ ^\circ C$ را با m_i کیلوگرم یخ در دمای $-\theta_2\ ^\circ C$ مخلوط کنیم، برای بررسی وضعیت تعادل به دو روش زیر عمل می‌کنیم:

گام اول

مقدار گرمایی را که آب از دست می‌دهد تا به آب صفر درجه تبدیل شود محاسبه می‌کنیم

$$Q_{(water)} = m_w c_w \left(0-\theta_1\right) = -m_w c_w \theta_1$$
$$\Rightarrow \left|Q_{(water)}\right| = \left|m_w c_w \theta_1\right|$$

گام دوم

مقدار گرمایی را که یخ نیاز دارد تا بطور کامل ذوب شود و به آب صفر درجه تبدیل شود را محاسبه می‌کنیم

$$Q_{(ice)} = m_i c_i \left(0-\left(-\theta_2\right)\right) + m_i L_f = m_i c_i \theta_2 + m_i L_f$$
$$\Rightarrow \left|Q_{(ice)}\right| = \left|m_i c_i \theta_2 + m_i L_f\right|$$

حالت اول	$\left\|Q_{(water)}\right\| > \left\|Q_{(ice)}\right\|$	**تمام یخ ذوب شده** و دمای تعادل $\theta_e > 0$ است
حالت دوم	$\left\|Q_{(water)}\right\| = \left\|Q_{(ice)}\right\|$	**تمام یخ ذوب شده** و دمای تعادل $\theta_e = 0$ است.
حالت سوم	$\left\|Q_{(water)}\right\| < \left\|Q_{(ice)}\right\|$	**تمام یخ ذوب نمی‌شود** و دمای تعادل $\theta_e = 0$ است.

حالت اول- اگر $\left|Q_{(water)}\right| > \left|Q_{(ice)}\right|$ باشد در اینصورت دمای تعادل $\theta_e > 0$ و برابر مقدار زیر است.

اگر تمام یخ ذوب شود، m_i کیلوگرم به وزن آب اضافه می‌شود

$$\left|Q_{(ice)}\right| = \left|m_i c_i \theta_2 + m_i L_f\right| \quad , \quad \left|Q_{(water)}\right| = \left|m_w c_w \theta_1\right|$$
$$\left|Q_{(water)} - Q_{(ice)}\right| = \left(m_w + m_i\right) c_w \theta_e \Rightarrow \theta_e = \frac{\left|Q_{(water)} - Q_{(ice)}\right|}{\left(m_w + m_i\right) c_w}$$

نکته بسیار مهم:

در حل اینگونه مسائل بهتر است از مقادیر ستون آبی رنگ در جدول زیر استفاده کنید تا محاسبات بسیار ساده‌تر شود

c_w	$4.2\frac{J}{gr\cdot^\circ C}$	$4200\frac{J}{kg\cdot^\circ C}$	$1\frac{cal}{gr\cdot^\circ C}$
c_i	$2.1\frac{J}{gr\cdot^\circ C}$	$2100\frac{J}{kg\cdot^\circ C}$	$0.5\frac{cal}{gr\cdot^\circ C}$
L_f	$336\frac{J}{gr}$	$336\times10^3\frac{J}{kg}$	$80\frac{cal}{gr}$

سوال ٤-٧٢

قطعه یخی به جرم m و دمای صفر درجهٔ سلسیوس را درون همان جرم آب $90^\circ C$ می‌اندازیم. اگر اتلاف انرژی ناچیز باشد، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس خواهد شد؟ $(L_F = 80 \times 4200 J/kg \ , \ c_{آب} = 4200 J/kg.K)$ (سراسری تجربی ۹۰)

۱) صفر ۲) ۲/۵ ۳) ۵ ۴) ۱۰

روش اول

$$\left.\begin{aligned} |Q_w| &= |mc_w(\theta_2-\theta_1)| = |m(4200)(0-90)| = m_w(4200)(90) \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i(4200)(80)| \end{aligned}\right\} \Rightarrow |Q_w| > |Q_i|$$

کل یخ ذوب می‌شود و دمای تعادل $\theta_e > 0$ است.

$$m_w = m_i = m$$

$$|Q_w - Q_i| = |m_w(4200)(90) - m_i(4200)(80)| = m(4200)(10)$$

$$\theta_e = \frac{|Q_w - Q_i|}{(m_w + m_i)c_w} = \frac{\cancel{m}\cancel{(4200)}(10)}{2\cancel{m}\cancel{(4200)}} = \frac{10}{2} = 5^\circ C$$

روش دوم

$$\left.\begin{aligned} |Q_w| &= |m_w(\theta_2-\theta_1)| = 90m_w \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i(80)| = 80m_i \end{aligned}\right\} \xrightarrow{m_w=m_i=m} |Q_w - Q_i| = 90m - 80m = 10m$$

$$\theta_e = \frac{|Q_w - Q_i|}{(m_w + m_i)c_w} = \frac{10m}{2m} = 5^\circ C$$

سوال ٤-٧٣

یک قطعه یخ $0^\circ C$ را در $220\,g$ آب $28^\circ C$ وارد می‌کنیم دمای تعادل $8^\circ C$ می‌شود اگر $L_f = 80\frac{cal}{gr}$ و $c_w = 1\frac{cal}{gr\cdot^\circ C}$ باشد، جرم یخ چند گرم است؟

$$(0^\circ C)_{ice} \xrightarrow{m_i L_f} (0^\circ C)_{water} \xrightarrow{m_i c_w(8-0)} \underbrace{\langle (8^\circ C)_{water} | (8^\circ C)_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w(8-28)} (28^\circ C)_{water}$$

$$m_i L_f + m_i c_w(\theta_e - 0) + m_w c_w(\theta_e - \theta_1) = 0$$

$$m_i L_f + m_i c_w \theta_e = m_w c_w(\theta_1 - \theta_e)$$

$$m_i \times 80 + m_i \times 8 = 0.22\underbrace{(28-8)}_{20} \Rightarrow 88m_i = 4.4 \Rightarrow m_i = \frac{4.4}{88} = 0.05\,kg = 50\,g$$

حالت دوم- اگر $|Q_{(water)}| = |Q_{(ice)}|$ باشد در اینصورت دمای تعادل $\theta_e = 0$.

سوال ٤-٧٤

یک قطعه یخ $0^\circ C$ را وارد مقداری آب $40^\circ C$ می‌کنیم تمام یخ ذوب می‌شود و $300\,g$ آب $0^\circ C$ بدست می‌آید. جرم آب اولیه چند گرم بوده است؟ ($c_w = 4200\frac{J}{kg\cdot^\circ C}$ و $L_f = 336\frac{kJ}{kg}$)

$$(0^\circ C)_{ice} \xrightarrow{m_i L_f} \underbrace{\langle (0^\circ C)_{water} | (0^\circ C)_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (40-0)} (40^\circ C)_{water}$$

$$m_i + m_w = 300 \Rightarrow m_i = 300 - m_w$$
$$m_i L_f + m_w c_w (\theta_e - \theta_1) = 0$$
$$m_i L_f = m_w c_w (\theta_1 - \theta_e)$$
$$(300 - m_w) L_f = m_w c_w (40) \Rightarrow (300 - m_w)\times 80 = 40 m_w \Rightarrow m_w = \frac{300\times 80}{120} = 200\,g$$

حالت سوم- اگر $|Q_{(water)}| < |Q_{(ice)}|$ باشد در اینصورت دمای تعادل $\theta_e = 0$.

سوال ٤-٧٥

اگر $50\,g$ یخ $0^\circ C$ را با $100\,g$ آب $24^\circ C$ مخلوط کنیم پس از تعادل، چند گرم یخ باقی می‌ماند؟

($L_f = 80\frac{cal}{gr}$ و $c_w = 1\frac{cal}{gr\cdot^\circ C}$)

$$\left.\begin{aligned} |Q_w| &= |m_w(\theta_2 - 0)| = 100\times 24 = 2400 \\ |Q_i| &= |m_i L_f| = |m_i(80)| = 80\times 50 = 4000 \end{aligned}\right\} \Rightarrow |Q_w| < |Q_i| \Rightarrow \theta_e = 0$$

مقداری از یخ ذوب می‌شود و قسمتی از یخ باقی‌می‌ماند.

$$(0^\circ C)_{ice} \xrightarrow{m_i' L_f} \underbrace{\langle (0^\circ C)_{water} | (0^\circ C)_{water} \rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (0-24)} (24^\circ C)_{water}$$

$$m_i' L_f + m_w c_w (0 - 24) = 0$$
$$\Rightarrow 80 m_i' = 100\times 1\times 24 \Rightarrow m_i' = 30\,g$$

$30\,g$ یخ ذوب می‌شود و $50\,g - 30\,g = 20\,g$ باقی می‌ماند.

٤-١٥-٢-١-نکته

بخار آب باعث ذوب شدن یخ شود

تذکر: بخار آب تا زمانیکه به آب صفر درجه سلسیوس تبدیل شود قابلیت ذوب کردن یخ را دارد.

$$\left(0^\circ C\right)_{ice} \xrightarrow{m_i L_f} \underbrace{\left\langle \left(0^\circ C\right)_{water} \middle| \left(0^\circ C\right)_{water} \right\rangle}_{\theta_e} \xleftarrow{m_w c_w (0-100)} \left(100^\circ C\right)_{water} \xleftarrow{-mL_v} \left(100^\circ C\right)_{steam}$$

$$m_i L_f - m_w L_v + m_w c_w \left(0-100\right) = 0$$

$$m_i L_f = m_w L_v + m_w c_w \times 100$$

٤-١٥-٢-٢-نکته

اگر مقداری یخ $-\theta^\circ C$ را درون آب صفر درجه بریزیم، یخ از آب گرما گرفته و باعث می‌شود که مقداری از آب منجمد شود

$$-\underbrace{m'}_{\text{جرمی از آب که یخ می زند}} L_f = m_i c_i \left(-\theta\right)$$

$$\Rightarrow m' L_f = m_i c_i \theta$$

سوال ٤-٧٦

درون گرماسنجی مقداری آب $0^\circ C$ موجود است یک قطعه یخ $-10^\circ C$ را وارد آن می‌کنیم $10\,g$ از آب یخ می‌زند و به جرم یخ افزوده می‌شود، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است.

$(c_i = 0.5\frac{cal}{g^\circ C}$ و $L_f = 80\frac{cal}{g})$

$$m' L_f = m_i c_i \theta \longrightarrow 10\times 80 = m_i \left(0.5\right)\left(10\right) \rightarrow m_i = \frac{80}{5} = 16\,g$$

سوال ٤-٧٧

چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را درون ۶ کیلوگرم آب ۴۰ درجهٔ سلسیوس بریزیم تا در نهایت آب با دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس حاصل شود؟ (اتلاف حرارت ناچیز بوده و گرمای ویژهٔ آب $۴۲۰۰ J/kg.K$ و گرمای نهان ذوب یخ $۳۳۶ kJ/kg$ است.) *(سراسری ریاضی ۸۷)*

۱) ۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

سوال ٤-٧٨

در ظرفی که عایق گرما است، یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب $۵۰^\circ C$ در ظرف بریزیم، پس از برقراری تعادل گرمایی، ۱۰۰ گرم یخ در ظرف باقی می‌ماند. جرم اولیهٔ یخ چند گرم بوده است؟ (فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد. $c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg.K$, $L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg$) *(سراسری ریاضی ۹۵)*

۱) ۳۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

سوال ٤-٧٩

در ظرفی ۲۰۰ گرم یخ $۵^\circ -$ درجهٔ سلسیوس وجود دارد. حداقل چند گرم آب ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم تا یخی در ظرف باقی نماند؟ (فقط بین آب و یخ گرما مبادله می‌شود و $c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg.K$, $c_{یخ} = ۲۱۰۰ J/kg.K$, $L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg$) *(سراسری ریاضی ۹۴ خارج از کشور)*

۱) ۵ ۲) ۱۶۰ ۳) ۱۶۵ ۴) ۲۰۰

سوال ٤-٨٠

درون ظرفی ۲۰۰ گرم یخ $۱۰^\circ C -$ قرار دارد. حداقل چند گرم آب با دمای $۲۰^\circ C$ به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام می‌شود و $c_{یخ} = \frac{۱}{۲} c_{آب} = ۲/۱ J/g.K$, $L_F = ۳۳۶ J/g$) *(سراسری ریاضی ۹۲)*

۱) ۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۱۲۰۰

سوال ٤-٨١

۸۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب ۶۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر فقط بین یخ و آب تبادل گرما صورت گیرد و $L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg$ ، $c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg.K$ باشد تا برقراری تعادل چند کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس ایجاد می‌شود؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۴ (سراسری تجربی ۹۱ خارج از کشور)

سوال ٤-٨٢

۱۰۰گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را داخل ۴۰۰گرم آب ۳۰ درجهٔ سلسیوس می‌اندازیم. اگر فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg.K \ , \ L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg)$ (سراسری تجربی ۹۴ خارج از کشور)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۲

سوال ٤-٨٣

درون m گرم آب با دمای اولیهٔ $۵۰^\circ C$، m گرم یخ با دمای $۰^\circ C$ می‌اندازیم. اگر از اتلاف گرما صرف‌نظر کنیم، در نهایت چه خواهیم داشت؟
$(c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg.K \ , \ L_F = ۳۳۶۰۰۰ J/kg)$

۱) آب $۰^\circ C$ ۲) آب و یخ $۰^\circ C$ ۳) آب $۵^\circ C$ ۴) آب $۱۰^\circ C$

سوال ٤-٨٤

مقدار ۲kg یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۱۰kg آب ۲۲ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. اگر گرمای ویژهٔ آب $۴۲۰۰ J/kg.K$ و گرمای نهان ویژهٔ ذوب یخ $۳۳۶۰۰۰ J/kg$ باشد پس از برقراری تعادل گرمایی کدام گزینه را خواهیم داشت؟

۱) مخلوط آب و یخ صفر درجهٔ سلسیوس ۲) آب صفر درجهٔ سلسیوس
۳) آب $۵^\circ C$ ۴) آب $۱۰^\circ C$

٤-١٦- راه‌های انتقال گرما

رسانش گرمایی، همرفت، تابش گرمایی

٤-١٦-١- رسانش گرمایی

در رسانش گرمایی هنگامی که دمای قسمتی از جسم افزایش می‌یابد. اتم‌ها انرژی دریافت می‌کنند و ارتعاش آنها شدیدتر می‌شود، این امر سبب انتقال گرما از قسمت گرم‌تر جسم به قسمت سردتر می‌شود.

در فلزات این الکترون‌های آزاد هستند که در رسانش گرمایی نقش اصلی را بازی کرده و در اثر تندی و حرکتی که دارند با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب انتقال گرما می‌شوند.

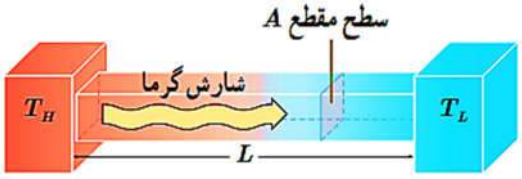
در اجسام عایق گرمایی این نبود الکترون آزاد است که سبب نارسایی گرمایی می‌شود.

٤-١٦-١-١-آهنگ انتقال گرما از طریق رسانش

فرض کنید که دو سر میله‌ای به طول L با سطح مقطع A در اختلاف دماهای T_H و T_L قرار می‌گیرند.

با استفاده از آزمایش می‌توان نشان داد که آهنگ انتقال گرما $\left(\frac{Q}{t}\right)$ از رابطه زیر قابل اندازه‌گیری است

$$H = \frac{Q}{t} = K\frac{A(T_H - T_L)}{L}$$



T_H دمای جسم گرم

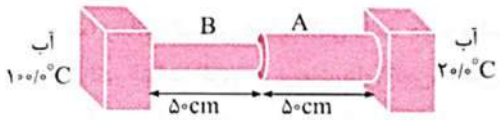
T_L دمای جسم سرد

K ضریب رسانندگی گرمایی

H آهنگ رسانش گرمایی یعنی مقدار گرمای شارش یافته در یکای زمان است.

سوال ٤-٨٥

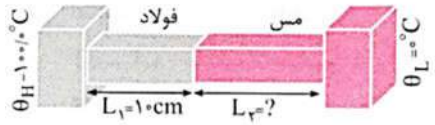
در شکل زیر دو میلهٔ آهنی با مقطع دایره به طول ۵۰cm مطابق شکل به هم متصل‌اند در صورتی که شعاع میلهٔ A، $\sqrt{۳}$ برابر شعاع میلهٔ B باشد، دمای محل اتصال دو میله تقریباً چند درجهٔ سلسیوس است؟ (از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود و فرض کنید در محل اتصال تمام گرما منتقل می‌شود.) *(سراسری ریاضی ۹۲ با اندکی تغییر)*



۱) ۸۰
۲) ۴۰
۳) ۵۰
۴) ۳۰

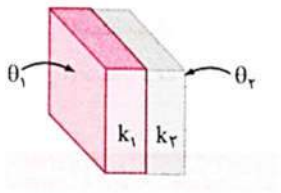
سوال ٤-٨٦

دو میلهٔ فولادی و مسی به طول‌های $L_۱$ و $L_۲$ بین دو منبع حرارتی قرار دارند. اگر رسانندگی فولاد و مس به‌ترتیب ۵۰ J/s.m.K و ۴۰۰J/s.m.K باشد و دمای سطح مشترک دو میله ۲۰°C باشد، طول $L_۲$ چند سانتی‌متر است؟ *(سراسری ریاضی ۹۰)*



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۴۰
۴) ۳۰

سوال ٤-٨٧

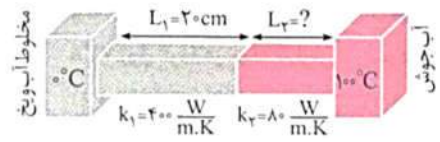


مطابق شکل روبه‌رو، دو ورقهٔ فلزی به رسانندگی $k_۱ = ۴۰۰\,W/m.K$ و $k_۲ = ۸۰\,W/m.K$ و هم ضخامت به هم چسبیده‌اند. دمای سطح خارجی ورقه‌ها $\theta_۱ = ۰^\circ C$ و $\theta_۲ = ۹۰^\circ C$ است. دریک شرایط پایدار، دمای محل اتصال دو ورقه چند درجهٔ سلسیوس است؟ *(سراسری ریاضی ۹۴)*

۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۲۵
۴) ۳۰

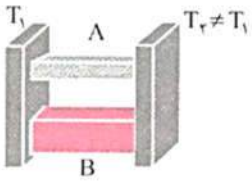
سوال ٤-٨٨

دو میلهٔ فلزی به طول‌های $L_۱$ و $L_۲$ که سطح مقطع مساوی دارند مطابق شکل روبه‌رو به یکدیگر چسبیده‌اند و از یک طرف مجاور ظرف محتوی مخلوط آب و یخ صفر درجهٔ سلسیوس و از طرف دیگر مجاور آب جوش ۱۰۰°C قرار دارند اگر دمای سطح مشترک دو میله ۲۵°C باشد. $L_۲$ چند سانتی‌متر است؟ *(سراسری ریاضی ۹۵ خارج از کشور)*



۱) ۲۰
۲) ۱۲
۳) ۱۰
۴) ۶

سوال ٤-٨٩



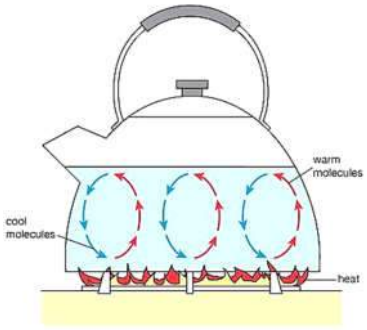
در شکل مقابل دو میلهٔ رسانا بین دو منبع گرما قرار دارند. اگر سطح مقطع میلهٔ A، $\frac{1}{3}$ سطح مقطع میلهٔ B و رسانندگی گرمایی میلهٔ A، ۶ برابر رسانندگی میلهٔ B باشد، آهنگ رسانش گرمایی در میلهٔ A چند برابر آهنگ رسانش گرمایی در میلهٔ B است؟ (سراسری ریاضی ۹۵)

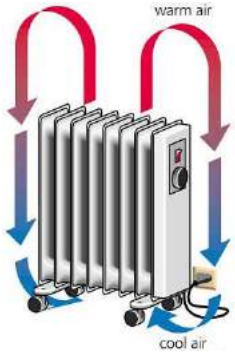
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{4}$

٤-١٦-٢- همرفت

مایعات و گازها معمولاً رساناهای خوبی نیستند.

انتقال گرما در مایع‌ها و گازها همراه با جابه‌جایی بخشی از ماده صورت می‌گیرد که به این روش انتقال گرما **همرفت** می‌گوییم.





در انتقال گرما از طریق همرفت در اثر **افزایش دما**، چگالی ماده **کاهش** می‌یابد، سبک می‌شود و به علت نیروی شناوری(بنا به اصل ارشمیدس) که در شاره‌ها عمل می‌کند، به سمت بالا می‌رود و شاره‌ی با چگالی بیشتر جایگزین آن می‌شود.

به عنوان مثال انتقال گرما از کوره‌ی حرارتی در مرکز ستاره‌ها به سطح آن‌ها، گرم شدن آب در کتری و از طریق همرفت انجام می‌شود. به این نمونه‌ها **همرفت طبیعی** می‌گوییم.

٤-١٦-٢-١-همرفت واداشته

در این مورد شاره به کمک یک تلمبه (مصنوعی یا طبیعی) وادار به چرخش می‌شود. مثل سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان‌ها یا سیستم خنک کننده موتور خودرو.

دستگاه گردش خون در جانوران خونگرم نمونه ای از انتقال گرما از طریق همرفت واداشته است.

٤-١٦-٢-٢-وارونگی هوا

در شب‌های سرد و بدون ابر زمستان، همرفت طبیعی در جو زمین متوقف می‌شود.

در این شب‌ها هوای نزدیکی زمین سردتر از لایه‌های بالایی است (که البته لایه‌های گرم بالایی قبلا بر اثر پدیده‌ی همرفت طبیعی در طول روز ایجاد شده بودند).

بنابراین هوای سرد نمی‌تواند بالا برود. به این پدیده وارونگی هوا می‌گوییم. در این حالت آلاینده‌های صنعتی و شهری واقع در هوای سرد مجاور زمین در این لایه حبس می‌شوند.

علت نام گذاری وارونگی هوا این است که روند طبیعی بالا رفتن هوای گرم و پایین آمدن هوای سرد به هم می‌خورد.

در اثر افزایش دما و گرم شدن هوا یا وزیدن باد روند همرفت طبیعی دوباره انجام می‌شود.

٤-١٦-٣- تابش گرمایی

همه‌ی اجسام در هر دمایی موج‌هایی گرمایی گسیل می‌کنند که این موج‌ها از نوع **موج‌های الکترومغناطیسی** هستند.

هر قدر دمای جسم بالاتر باشد، شدت تابش این نوع موج های الکترومغناطیسی نیز بیشتر می‌شود.

در دماهای متداول این تابش درمحدوده فروسرخ انجام می‌گیرد.

٤-١٦-٣-١-عوامل موثر بر تابش گرمایی

دما، مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ جسم

سطح صاف و درخشان و با رنگ‌های روشن، تابش گرمایی کمتری دارند در حالی که تابش گرمایی سطوح تیره و ناصاف بیشتر است.

برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از ابزاری موسوم به دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر به دست آمده از آن دمانگاشت می‌گوییم.

تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی مانند شکار تابش **فروسرخ** و **کلم اسکانک** کاربرد دارد.

از تابش گرمایی می‌توان به عناون مبنایی برای اندازه‌گیری دمای جسم استفاده کرد.

به روش های اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، تف‌سنجی و به ابزارهای اندازه‌گیری دما به این روش تف سنج می‌گویند.

٤-١٦-٣-٢-اثر گلخانه‌ای

سطوح زمین، بخشی از انرژی گرمایی که امواج فروسرخ هستند و از خورشید دریافت کرده است را تابش می‌کند.

در لایه‌ی پوش سپهر(استراتوسفر) از جو زمین گازهایی مانند کربن دی اکسید CO_2 موجودند که بخش عمده‌ی این تابش گرمایی را جذب کرده و دوباره آن‌ها به سمت زمین تابش می‌کنند. این پدیده را اثر گلخانه‌ای گویند که سبب می‌گردد به دمای میانگین سطح زمین در حدود $33\,^{\circ}C$ افزوده شود.

٤-١٧- قانون گازها

٤-١٧-١- قانون شارل[١]

طبق قانون شارل، در فشار ثابت، حجم یک گاز با دمای آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$V \propto T : (n \text{ and } P \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{V}{T} = const \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

٤-١٧-٢- قانون گیلوساک[٢]

طبق قانون گیلوساک، در حجم ثابت، فشار یک گاز با دمای آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$P \propto T : (n \text{ and } P \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{P}{T} = const \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

٤-١٧-٣- قانون بویل[٣]

طبق قانون بویل در دمای ثابت، همواره میان حجم و فشار رابطه‌ای وارونه وجود دارد.

$$V \propto \frac{1}{P} : (n \text{ and } T \text{ are constant}) \Rightarrow PV = const \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$$

٤-١٧-٤- قانون آووگادرو[٤]

طبق قانون آووگادرو، حجم گرفته شده توسط یک گاز آرمانی با تعداد مول‌های موجود در ظرف متناسب است.

$$V \propto n : (P \text{ and } T \text{ are constant}) \Rightarrow \frac{V}{n} = const \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

---

[١] Charles

[٢] Gay Lussac

[٣] Boyle

[٤] Avogadro

با استفاده از یک ضریب تناسب می‌توان رابطه‌ی بین فشار، حجم و تعداد مول گاز ایده‌آل بدست آورد.

$$\begin{cases} V \propto T \\ V \propto \frac{1}{P} \Rightarrow V \propto \frac{nT}{P} \\ V \propto n \end{cases}$$

$$V = R\frac{nT}{P} : (R \text{ is called proportionality constant}) : R = 8.314 \frac{[J]}{[mol][K]} = 0.0821 \frac{[Lit][atm]}{[mol][K]}$$

$$\Rightarrow PV = nRT$$

حجم یک مول گاز ایده‌آل در شرایط استاندارد *(STP: the standard temperature and pressure)* برابراست با:

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

$$n = 1\ mol$$

$$T = 273\ K$$

$$P = 1\ atm = 10^5\ Pascal$$

$$V = (1\ \cancel{[mol]})(0.0821\ \frac{[Lit]\ \cancel{[atm]}}{\cancel{[mol]}\ \cancel{[K]}})(273\ \cancel{[K]})(\frac{1}{1\ \cancel{[atm]}}) = 22.41\ [Lit] = 22.4\ Lit$$

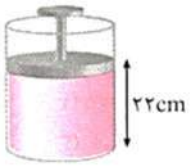
با توجه به محاسبات مذکور حجم **1** ***[mol]*** گاز ایده‌آل در فشار ***[atm]*** **1** و دمای **273** ***[K]*** برابر ***[Lit]*** **22.4** است. (در مبحث استوکیومتری شیمی سال سوم بسیار از این حجم استفاده می‌شود)

سوال ٤-٩٠

اگر در فشار ثابت دمای ۳ گرم هیدروژن را از $27^\circ C$ به $42^\circ C$ برسانیم حجم گاز چند درصد افزایش می‌یابد؟ (سراسری تجربی ۹۴ خارج از کشور)

۱) ۵۰ ۲) ۲۵ ۳) ۱۰ ۴) ۵

سوال ٤-٩١



مطابق شکل مقابل، زیر پیستون بدون اصطکاک، گاز کاملی با دمای $57^\circ C$ محبوس است. دمای گاز را به‌تدریج به $27^\circ C$ می‌رسانیم. در این صورت پیستون چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ (سراسری تجربی ۸۸)

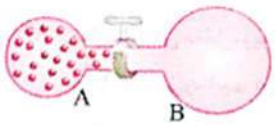
۱) ۰/۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۵

سوال ٤-٩٢

در صبح یک روز زمستانی که دمای هوا $-3^\circ C$ است، فشار هوای درون لاستیک اتومبیلی ۲/۷ اتمسفر می‌باشد. اگر این اتومبیل به منطقه‌ای برده شود که بعد از تعادل حرارتی فشار گاز درون لاستیک به ۳ اتمسفر برسد، دمای این منطقه چند درجهٔ سلسیوس است؟ (حجم تایر ثابت فرض شود.) (سراسری تجربی ۸۹ خارج از کشور)

۱) ۳ ۲) ۱۳ ۳) ۲۷ ۴) ۳۷

سوال ٤-٩٣



در شکل روبه‌رو، ظرف A به حجم ۲ لیتر حاوی گاز اکسیژن با دمای $47^\circ C$ و فشار ۴ اتمسفر و ظرف B به حجم ۵ لیتر، کاملاً خالی است. اگر شیر رابط را باز کنیم و دمای گاز در ظرف‌ها به $7^\circ C$ برسد، فشار گاز چند اتمسفر می‌شود؟ (سراسری ریاضی ۹۴)

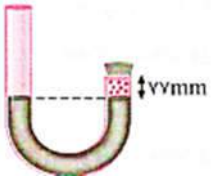
۱) ۰/۷۵ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۱ ۴) ۲

سوال ٤-٩٤

در شکل زیر داخل لولهٔ U شکل به سطح مقطع $1cm^2$، مقداری جیوه در دو طرف لوله، در یک سطح قرار دارد. ارتفاع هوای موجود در طرف بستهٔ لوله ۷۷mm است. چند سانتی‌متر مکعب جیوه درون لوله بریزیم تا ارتفاع هوای موجود در طرف بستهٔ لوله به ۵۰mm برسد؟

($\rho_{جیوه} = 13500 kg/m^3$ ، $g = 10 m/s^2$ ، $P_0 = 10^5 Pa$ و دمای هوا ثابت است.)

(سراسری تجربی ۹۵ خارج از کشور)



۱) ۳۰

۲) ۴۰

۳) ۴۲/۷

۴) ۴۵/۴