اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

کمیت: هر چیزی که بتوان آن را اندازه‌گیری کرد و با یک عدد بیان شود، کمیت است.

مانند: طول، دما، گرما، مهربانی، خوشحالی و ... کمیت نیستند.

یکا: مقدار معین و قرار دادی از یک کمیت را یکا یا واحد آن کمیت می‌گویند، که به عنوان مقیاس اندازه‌گیری انتخاب می‌شود.

مانند: ثانیه، متر، کیلوگرم، ژول و ....

اندازه‌گیری: مقایسه مقدار یک کمیت را با یکای آن کمیت اندازه‌گیری می‌گویند.

مثلا وقتی می‌گوییم طول یک خودکار $13cm$ است، یعنی طول خودکار ۱۴ برابر یکای طول است.

* اساس تجربه و آزمایش، اندازه‌گیری است و برای بیان نتایج اندازه‌گیری از یک عدد و یکای مناسب استفاده می‌شود.

ویژگی های یکاها

برای اندازه‌گیری قابل اطمینان به یکاهای نیاز داریم که دارای این ویژگی ها باشند:

۱) تغییرناپذیری (ثابت بودن)

۲) در دسترس بودن و دارای قابلیت باز تولید در مکان‌های مختلف

دستگاه بین المللی یکاها

به مجموع یکاهای قابل استفاده و پذیرفته شده، دستگاه یکاها گفته می‌شود. دستگاه یکاه‌هایی که دانشمندان از آن استفاده می‌کنند را دستگاه متریک می‌نامند. این دستگاه از سال ۱۹۶۰ دستگاه بین المللی (SI) نامیده شده است.

کمیت‌های اصلی

کمیت‌هایی هستند که یکای آنها به طور مستقل تعریف می‌شود. مجمع اوزان ومقیاس‌ها (در فرانسه) هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب کرده است. هفت کمیت اصلی و یکاهای آنها در SI عبارتند از:

کمیت اصلی	طول	جرم	زمان	دما	مقدار ماده	جریان الکتریکی	شدت روشنایی
یکای SI	متر	کیلوگرم	ثانیه	کلوین	مول	آمپر	کندلا یا شمع
نماد یکا	m	kg	s	K	mol	A	cd

کمیت‌های فرعی

کمیت‌هایی هستند که یکای آنها بر حسب یکای کمیت‌های اصلی بیان می‌شود. مثلا تندی یک کمیت فرعی است، چون یکای آن ترکیبی از دو یکای اصلی (متر و ثانیه) است. چند نمونه:

۱) مساحت: عبارت است از حاصلضرب طول در عرض. کمیتی فرعی که یکای آن متر مربع می‌باشد: (m^2)

۲) حجم: عبارت است از حاصلضرب طول در عرض در ارتفاع؛ کمیتی فرعی که یکای آن متر مکعب می‌باشد: (m^3)

۳) تندی: عبارت است از تقسیم مسافت بر مدت زمان؛ و یکای آن متر بر ثانیه می‌باشد: $\left(\frac{m}{s}\right)$

۴) شتاب: عبارت است از تقسیم تغییر سرعت بر مدت زمان؛ و یکای آن متر بر مجذور ثانیه می‌باشد: $\left(\frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2}\right)$

کمیت‌های نرده‌ای و برداری

کمیت نرده‌ای (عددی یا اسکالر): کمیتی که برای بیان آن فقط از یک عدد و یکا استفاده می‌شود. مثال: دما، جرم، زمان، مسافت، تندی و ....

کمیت برداری: کمیتی که برای بیان آن، علاوه بر یک عدد و یکا، باید به جهت نیز اشاره کرد. مانند: جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو و ....

* برای نوشتن کمیت‌های برداری از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می‌شود. مانند: شتاب $\vec{a}$ و نیرو $\vec{F}$.

* اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نباید (مثلا به صورت $\vec{a}$ و $\vec{F}$) فقط اندازه آن کمیت برداری بیان شده است.

سازگاری یکاها در دو طرف تساوی

هنگام جایگذاری یکاها در روابط فیزیکی باید به سازگار بودن یکاها در دو طرف رابطه دقت شود. مثلا در رابطه $F=ma$ اگر شتاب بر حسب $\frac{m}{s^2}$ و جرم بر حسب kg باشد، نیرو بر حسب $\frac{kg.m}{s^2}$ که همان نیوتن (N) است، به دست می‌آید. اما اگر مثلا جرم بر حسب گرم (g) باشد، ابتدا باید گرم را به کیلوگرم تبدیل کنیم و سپس در معادله قرار دهیم.

عوامل موثر بر دقت اندازه‌گیری

۱) تعداد دفعات اندازه‌گیری: برای کاهش خطا، معمولا اندازه‌گیری را چند بار تکرار کرده و میانگین اعداد را به عنوان نتیجه گزارش می‌کنند. اگر در میان اعداد، یک یا دو عدد پرت وجود داشته باشد، باید قبل از محاسبه‌ی میانگین آنها را حذف کنیم.

۲) مهارت شخص آزمایشگر: یکی از مهارت‌ها، نحوه خواندن نتیجه اندازه‌گیری است. برای یک گزارش را مشاهده کنیم. مثلا در شکل مقابل، ناظر A مقداری کمتر از مقدار واقعی و ناظر C مقداری بیشتر از مقدار واقعی را اندازه می‌گیرد. فقط ناظر B که دقیقا در راستای قائم نگاه می‌کند، مقدار درست را می‌خواند.

۳) دقت وسیله اندازه‌گیری: هرچه دقت وسیله اندازه‌گیری بیشتر باشد (یعنی آن وسیله بتواند اندازه‌های کوچک‌تری را بسنجد) دقت اندازه‌گیری نیز بیشتر خواهد بود. مثلا دقت خط‌کش میلی‌متری بیشتر از دقت خط‌کش سانتی‌متری است.

دقت وسیله اندازه‌گیری، کمترین مقداری است که دستگاه می‌تواند اندازه بگیرد (کمینه درجه‌بندی). در دستگاه‌های دیجیتال (رقمی)، دقت اندازه‌گیری عبارت است از یک واحد از آخرین رقمی که نشان می‌دهد.

تبدیل یکا (تبدیل واحد):

پنتا	ترا	گیگا	مگا	کیلو	هکتو	دکا
$P=10^{15}$	$T=10^{12}$	$G=10^{9}$	$M=10^{6}$	$k=10^{3}$	$h=10^{2}$	$da=10^{1}$
$f=10^{-15}$	$P=10^{-12}$	$n=10^{-9}$	$\mu=10^{-6}$	$m=10^{-3}$	$c=10^{-2}$	$d=10^{-1}$
فمتو	پیکو	نانو	میکرو	میلی	سانتی	دسی

«نماد علمی»

۱) صحیح یا غلط بودن تبدیل واحدهای زیر را بررسی کنید.

۱) $1/6 \times 10^{-6}\ Mg = 1/6 \times 10^{3}\ \mu g$

۲) $0/24\ cm^2 = 2/4\ mm^2$

۳) $54\ \frac{km}{h} = 900\ \frac{m}{min}$

۴) $1\ \frac{g}{L} = 10^{3}\ \frac{kg}{m^3}$

۲) چه تعداد از تبدیل واحدهای زیر به صورت نماد گذاری علمی، به درستی انجام شده است؟

الف) $۰/۰۰۲۶۳\,ns = ۲۶/۳ \times ۱۰^{-۱۸}\,Ms$

ب) $۷۹/۵ \times ۱۰^{-۳}\,km = ۷/۹۵ \times ۱۰^{۳}\,pm$

پ) $۳/۶\,cm^{۳} = ۳/۶ \times ۱۰^{۱}\,mm^{۳}$

ت) $۱۵۹\,\mu s^{۲} = ۱/۵۹ \times ۱۰^{-۳۴}\,Ts^{۲}$

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

.....

۳) فاصله‌ی بین دو نقطه برابر با ۱۲۵ Tm است. این فاصله بر اساس نمادگذاری علمی و بر حسب میکرومتر کدام است؟

۱) $۱۲/۵ \times ۱۰^{۱۵}$ ۲) $۱/۲۵ \times ۱۰^{۱۴}$

۳) $۱/۲۵ \times ۱۰^{۱۸}$ ۴) $۱/۲۵ \times ۱۰^{۲۰}$

تیپ‌های مختلف سؤالات اندازه‌گیری

۱) آهنگ

.....

۴) با یک شلنگ، یک بطری ۵/۱ لیتری در مدت زمان ۱۰ ثانیه پر می‌شود. آهنگ خروج آب از شلنگ بر حسب یکای میلی‌متر مکعب بر دقیقه $\left(\frac{mm^3}{min}\right)$ کدام است؟

۱) 9×10^{4} ۲) 9×6^{6}

۳) 9×10^{2} ۴) 9×10^{8}

۵) وقتی شیر آبی را باز می‌کنیم، در مدت زمان ۵ دقیقه، ۲۰ ظرف که حجم هر کدام ۱۲۰L است، به طور کامل پر می‌شوند. آهنگ متوسط خروج آب از شیر چند $\frac{mm^3}{\mu s}$ است؟

۱) ۰/۸ ۲) ۸ ۳) ۸۰۰ ۴) 8×10^{3}

.....

۲)تبدیل واحدهای خاص:

۶) اگر هر ذرع معادل ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ معادل ۶۰۰۰ ذرع باشد، ۳۱۲ نانومتر، معادل با چند فرسنگ است؟

۱) 5×10^{-9} ۲) 5×10^{-6} ۳) 5×10^{-1} ۴) 5×10^{-2}

۷) فرلانگ (furlong)، راد (rod) و چین (chain) از واحدهای قدیمی اندازه‌گیری طول در انگلستان هستند و ذرع و فرسنگ از واحدهای قدیمی اندازه‌گیری طول در ایران می‌باشند. طولی معادل با ۴furlong / ۹۵ معادل با چند فرسنگ است؟

(۶۰۰۰ذرع = ۱فرسنگ، ۶۷cm = ۱ذرع، ۵m = ۱rod، ۴rod = ۱chain = ۱۰furlong = ۱)

۱) ۳ ۲) ۱/۵ ۳) ۴/۵ ۴) ۶

.....

۳) سؤالات مجهول دار:

۸) اگر یکای واحد کمیت فشار در SI بر حسب یکاهای اصلی به صورت $10^{x}\ (dag).(mm)^{\alpha}\ (\mu)^{\beta}$ تعریف شده باشد، در این صورت مقدار x کدام است؟

۱) ۱۳ ۲) -۱۳ ۳) ۹ ۴) -۹

۴) سؤالات مربوط به حجم

۹) مکعب‌های کوچک یکسانی که می‌خواهیم با آن‌ها جعبه‌های بزرگی را پر کنیم . ابعاد مکعب‌های کوچک $۴\,cm \times ۶۰\,mm \times ۲\,dm$ است. با چه تعداد از این مکعب‌ها می‌توان جعبه‌ی بزرگی به ابعاد ۰/۴ هکتومتر × ۰/۶ دکامتر × ۴×۱۰^{-۵} مگامتر را پر کرد؟

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

.....

۱۰) حجم هر گالن معادل ۴/۵ لیتر است . اگر در آکواریوم مکعب مستطیل شکل زیر، ۲۰۰۰ گالن آب بریزیم، ارتفاع آب در آکواریم چند متر می‌شود؟

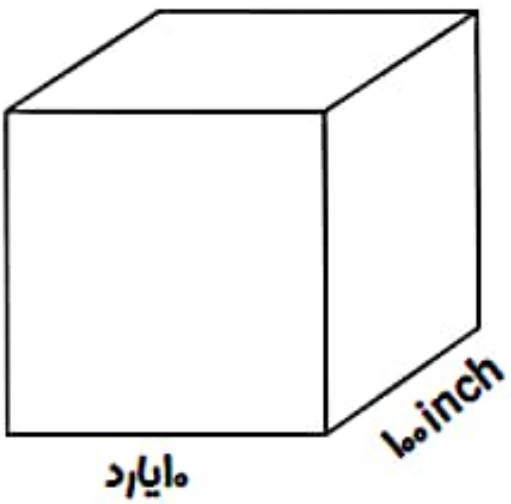
($۱۲\,inch$ = فوت ۱، فوت ۳ = یاردا و $۱\,inch = ۲/۵\,cm$)

۱) ۰/۴

۲) ۲/۵

۳) ۴

۴) ۲۵



۵) تست پلاس:

۱۱) اسلاگ (slug) یکای واحد جرم و فوت (ft) یکای واحد طول در سیستم انگلیسی است.

با توجه به تساوی زیر، کدام پیشوند SI به جای ■ قرار گیرد تا تساوی برقرار شود؟

$(1slug = 14/6\,kg, 1ft = 0/3\,m)$

$$5\times10^{6}\ slug\ \frac{ft}{s^{2}} = 21/9\times10^{16}\ mg\ \frac{cm}{■\,s^{2}}$$

۱) d ۲) da ۳) m ۴) M

.....

۱۲) رابطه‌ی میان چهار کمیت a، b، c و d به صورت $a=\frac{b^{2}c}{d^{2}}$ است. اگر یکای کمیت‌های b، c و d به ترتیب kN، MPa و GJ باشد، کمیت a کدام است؟

۱) $10^{-3}\ Pa^{2}$ ۲) $10^{-5}\ J$ ۳) $10^{3}\ Pa^{2}$ ۴) $10^{-3}\ J^{2}$

اندازه‌گیری

فصل ۲

بخش ۲: فشار

فشار جامدات:

به نسبت اندازه نیروی عمود بر واحد سطح فشار میگویند.

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

$$\frac{N}{m^2}=pa$$ یکای فشار برحسب پاسکال

Fهمان نیروی عمودبر سطح می باشد.

Aمنظور مساحت سطح تماس جسم مورد نظر و سطح مورد نظر می باشد مثلا وقتی میگوییم فشاری که یک شخص به زمین وارد میکند، منظور سطح تماس کف پای شخص با زمین است.

زمانی که در سوال جرم جسم را بر حسب kg دادند از رابطه $\frac{mg}{A}$ و زمانی که نیروی وارد شونده از جسم را بر حسب N دادند از رابطه $\frac{F}{A}$ استفاده میکنیم.

مثال

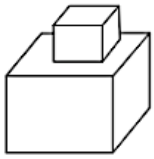
مثال آموزشی

شخصی به جرم ۸۰ kg روی سطح افقی ایستاده است. اگر مساحت کف کفش های شخص ۱۵۰ cm^2 باشد. فشاری که این شخص به زمین وارد میکند چند پاسکال است؟

تست

تست آموزشی

مطابق شکل روبه‌رو طول هر ضلع مکعب بالایی $10cm$ و جرم آن $2kg$ و طول هر ضلع مکعب پایینی $20cm$ و جرم آن $4kg$ است. فشاری که مکعب بالایی به پایینی وارد می‌کند و فشاری که مکعب پایینی به سطح افقی وارد می‌کند، به‌ترتیب از راست به چپ چند پاسکال است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$



۱) ۱۵ و ۲۰
۲) ۱۰ و ۲۰
۳) ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰
۴) ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰

نکته

کپسول آموزشی

رابطه مستقیم و عکس! مستقیم و عکس

در کل فیزیک و فرمول های موجود، همیشه یک مولفه ای مثل (فشار) برابر است با مجموعه ای از مولفه های دیگر (که در فشار برابر با می باشد.)

هر آنچه که با مولفه اول رابطه مستقیم داشته باشد بالای خط کسری وهر آنچه که رابطه عکس داشته باشد پایین خط کسری نوشته می شود

$$A=\frac{\text{رابطه مستقیم}}{\text{رابطه عکس}}$$

در سال های گذشته سوالات کنکورو طراح های آزمون های آزمایشی سوالاتی را مطرح کردند که از این رابطه می توان سوالات را به آسانی حل کرد، در این سوالات میتوان از دو روش ذهنی و تناسب استفاده کرد.

✓ **زمانی که یک جسم را دردو حالت و یا دو جسم را با یکدیگر مقایسه کنند میتوان از روش زیر در کل فیزیک استفاده کرد.**

روش ذهنی:

مثال: جسمی بر روی سطح افق قرارد دارد و فشاری را به سطح افق وارد میکند، اگر جرم جسم را ۲ برابر و سطح تماس جسم را نصف کنیم، فشار چه تغییری میکند؟

میخواید یه سوال کنکور از فیزیک یازدهم حل کنیم؟؟؟

۹۸ - ۹۷ اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۹

روش تناسب:

در این روش با استفاده رابطه بالا میتوان برای دو حالت مورد سوال به راحتی یک تناسب نوشت. البته این راه حل بیشتر برای نوشتن تشریحی مورد استفاده قرار میگیرد.

برای مثال در رابطه فشار و یا انرژی جنبشی ، تناسب به شکل زیر نوشته میشود :

۹۶ - ۹۵ مکعبی به ضلع $۶۰\ cm$ پر از آب است. اگر همه‌ی آب این مکعب را درون استوانه‌ای که مساحت قاعده‌ی آن $۰/۳۶$ متر مربع است بریزیم، فشاری که این آب در کف استوانه ایجاد می‌کند، چند برابر فشاری است که در کف مکعب ایجاد می‌کند؟

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

تست

تست کنکور

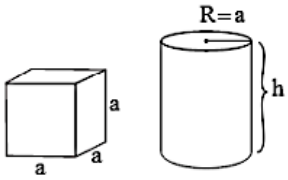
۹۳ - ۹۲ دو استوانه‌ی توپُروهم وزن A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی B ، دو برابر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی A باشد، فشار حاصل از استوانه‌ی A چند برابر فشار حاصل از استوانه‌ی B است؟

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

تست

تست کنکور

۹۷ - ۹۶ در شکل زیر استوانه و مکعب هم‌جنس و هم‌حجم و هر دو توپُر هستند و روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع استوانه برابر هر ضلع مکعب باشد، فشار حاصل از استوانه بر سطح افقی چند برابر فشار حاصل از مکعب روی سطح افقی است؟



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

تست

تست کنکور

دو استوانه ۱ و ۲ روی سطح افقی کنار یکدیگر قرار دارند، اگر قطر قاعده ی استوانه ۱ دو برابر قطر قاعده ی استوانه ۲ باشد و جرم استوانه ۲ سه برابر جرم استوانه ۱ باشد ، فشار حاصل از استوانه ۱ چند برابر فشار حاصل از استوانه ۲ می باشد؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴

نکته

کپسول آموزشی

وقتی یک جسم متوازی السطوح (یعنی از بالا تا پایین به یک شکل بالا رفته باشد) مانند مکعب و استوانه ، از یک ماده همگن و توپر ساخته شده باشد. و روی یک سطح افقی قرار بگیرد. فشار ناشی از آن از رابطه زیر به دست می آید:

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

تست

تست کنکور

۹۸ - ۹۷ مکعب فلزی توپری به ابعاد $۲cm \times ۴cm \times ۵cm$ و چگالی $۸g/cm^۳$ از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰N/kg)$

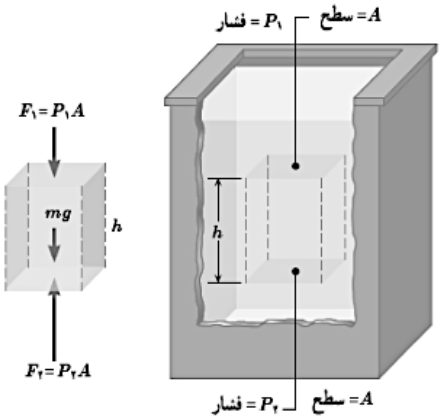
۱) $۱,۶ \times ۱۰^۲$ ۲) ۴×۱۰^۲ ۳) $۱,۶ \times ۱۰^۳$ ۴) ۴×۱۰^۳

فشار در مایع های ساکن:

هرگاه درون ظرفی مایعی بریزیم، بدون در نظر داشتن شکل ظرف، فشار مایع در هر نقطع از ظرف از رابطه زیر به دست می آید:

$$P = \rho gh$$

اثبات فرمول بالا:



در شکل رو به رو مایع ساکنی را نشان داده ایم. در این شکل قسمت فرضی مکعب شکل را از مایع جدا کرده و نیروهای وارد بر آن را رسم کرده ایم. از آنجا که مایع ساکن است. نیروی خالص وارد بر آن صفر می شود:

$$F_1 + mg - F_2 = 0 \rightarrow F_1 + mg = F_2$$

$$PA_1 + mg = PA_2 \rightarrow P_1 + \rho gh = P_2$$

فشار بالای مکعب فرضی در صورت انتخاب یک نقطه برای محاسبه فشار در آن نقطه ، فشار هوا در نظر گرفته میشود که در ادامه توضیح خواهیم داد

$$P = \rho gh$$

مثال

مثال آموزشی

قطر داخلی استوانه‌ی بلندی $۲cm$ است. اگر آن را به طور قائم نگه‌داشته و $۱۵۷cm^۳$ آب در آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال می‌شود؟ ($P_{آب} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$, $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)

۱) ۱۵۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۲۵۰۰ ۴) ۵۰۰۰

نکته

کپسول آموزشی

$P \nearrow = \rho gh \nearrow$

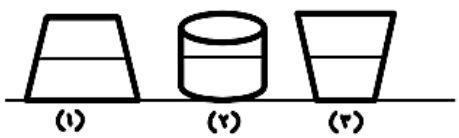
فشار در مایعات فقط به ارتفاع و چگالی جسم بستگی دارد و به شکل ظرف بستگی ندارد

فشار با ارتفاع و چگالی رابطه مستقیم دارد، یعنی با افزایش ارتفاع فشار نیز بیشتر میشود.

مثال

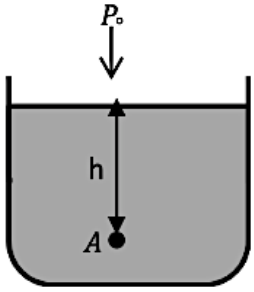
مثال آموزشی

درون سه ظرف مقابل تا ارتفاع یکسان آب ریخته ایم، کدام گزینه صحیح است؟



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

فشار در مایعات با حضور فشار هوا:



در سطح آزاد مایعات هوا وجود دارد، و این هوا به سطح مایع فشار وارد میکند. پس وقتی میخواهم فشار یک نقطه در مایع را محاسبه کنیم، فشار هوا را نیز در رابطه جمع میکنیم.

ببین هر نقطه‌ای که میخوای فشارش رو محاسبه کنی، یک ترازو به جاش قرار بده و هرچی که باهاش سرش بود رو جمع کن!

$$P_A = \rho g h + P_0$$

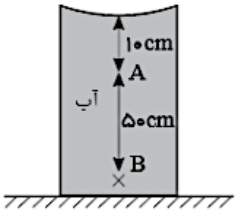
فشار هوا برابر با $10^5\,pa$ یا $1\,atm$ است

مثال

مثال آموزشی

۸۸ - ۸۹ در شکل مقابل، فشار در نقطه‌ی B چند برابر فشار در نقطه‌ی A است؟

$(P_0 = ۹/۹ \times ۱۰^۴ pa, \rho_{آب} = ۱ \frac{g}{cm^۳}, g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$



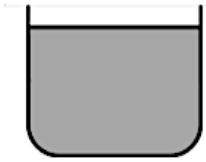
مثال

مثال آموزشی

در چه عمقی از آب فشار چهار برابر فشار سطح آب می‌شود؟

$(P_0 = ۱۰^۵ Pa\ ,\ g \simeq ۱۰ \frac{N}{kg}\ ,\ \rho_{آب} = ۱ \frac{g}{cm^۳})$

اختلاف فشار دو نقطه:



مثال

مثال آموزشی

اختلاف فشار دو نقطه درون آب به عمق های $20cm$ و $60cm$ چند پاسکال است؟

مثال

مثال آموزشی

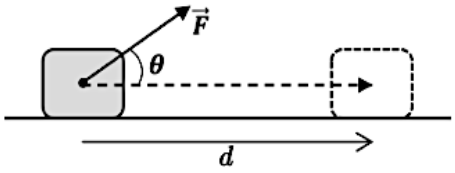
اختلاف فشار خون در سر و پای شخصی به قد ۱/۸ متر چند پاسکال است؟ (چگالی خون $۱۰۶۰ kg/m^۳$ است.)

فصل ۳ کار و انرژی

بخش ۱: کار و انرژی جنبشی

تعریف کار:

با انجام کار، انرژی از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. اگر بر جسمی نیروی ۱N وارد شود و آن جسم در جهت نیرو به اندازه ۱m جابه‌جا شود، آنگاه ۱J کار انجام شده است. کار یک کمیت نرده‌ای است و از رابطه زیر به دست می آید:



$$\text{کار} = \text{جابجایی} \times \text{مولفه نیرو در جهت جابجایی} \longrightarrow W = F_x \times d = F\cos\theta \times d$$

$$\Rightarrow \boxed{W = Fd\cos\theta}$$

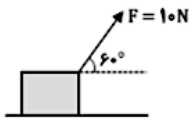
W: کار انجام‌شده بر روی جسم (ژول J) F: نیرو (نیوتن N) d: جابه‌جایی (متر m) θ: زاویه بین F و d

★ در سه صورت کار انجام شده بر روی جسم برابر با صفر می‌شود (یعنی کاری انجام نمی‌گیرد): ❶ اگر نیرویی به جسم وارد نشود: $(F = 0)$. ❷ جابه‌جایی اتفاق نیفتد: $(d = 0)$. ❸ نیرو بر جابه‌جایی عمود باشد: $(\theta = 90)$.

مثال

مثال کنکوری

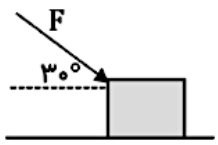
مطابق شکل، جسمی به جرم ۵۰۰ g در راستای افقی به اندازه ۲۰ cm جابه‌جا شده است. کار نیروی F را به دست آورید.



مثال

مثال کنکوری

شخصی جعبه‌ای به جرم ۵ kg را مانند شکل مقابل با نیروی ثابت ۱۶ N هل می‌دهد. اگر نیروی اصطکاک بین جسم و زمین $f = 2\,\text{N}$ باشد، کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم را در ۳m جابه‌جایی افقی محاسبه کنید.

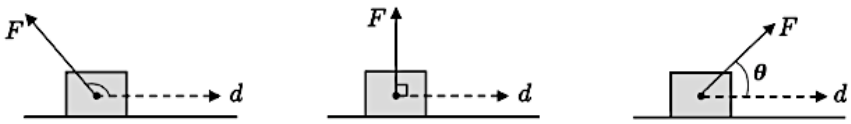


کپسول آموزشی

نکته

بررسی علامت کار:

علامت کار می‌تواند مثبت یا منفی نیز باشد:



$۹۰ < \theta \leq ۱۸۰$	$\theta = ۹۰$	$۰ \leq \theta < ۹۰$
$\cos\theta < ۰$	$\cos\theta = ۰$	$\cos\theta > ۰$
$W < ۰$	$W = ۰$	$W > ۰$

کار در حرکت قائم یکنواخت:

فرض کنید می‌خواهیم جسمی را به صورت یکنواخت (یعنی با تندی ثابت) به بالای سر خود ببریم. اگر نیرویی که بر جسم وارد می‌کنیم کمتر از وزن آن باشد، جسم اصلا بالا نمی‌رود؛ و اگر نیرو بیشتر از وزن جسم باشد، جسم به طور غیریکنواخت بالا می‌رود (در این حالت حرکت جسم یکنواخت نیست، بلکه حرکت شتابدار است و سرعت جسم لحظه به لحظه بیشتر می‌شود).

در نتیجه: اگر بخواهیم جسمی را به طور **یکنواخت** (با تندی ثابت) بالا ببریم، باید نیرویی برابر با وزن جسم در جهت رو به بالا بر آن وارد کنیم.

مثال

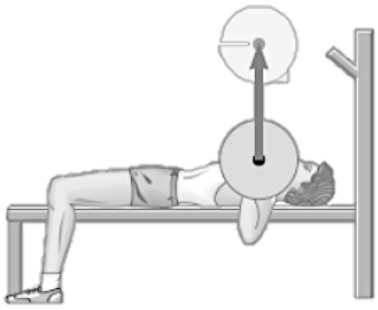
مثال آموزشی

الف) ورزشکاری وزنه‌ای به جرم $۷۰\ \text{kg}$ را در راستای قائم به طور یکنواخت تا ارتفاع $۵۰\ \text{cm}$ بالای سر خود می‌برد. کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید.

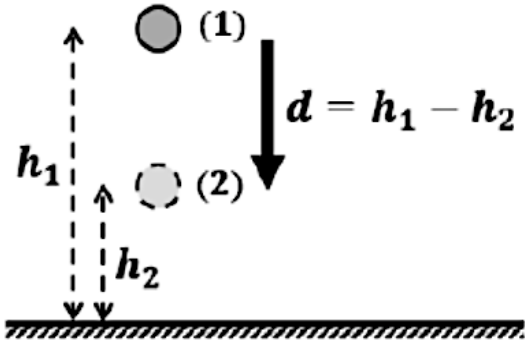
ب) سوال قسمت الف را برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیرو وزنه را $۵۰\ \text{cm}$ به آرامی پایین می آورد.

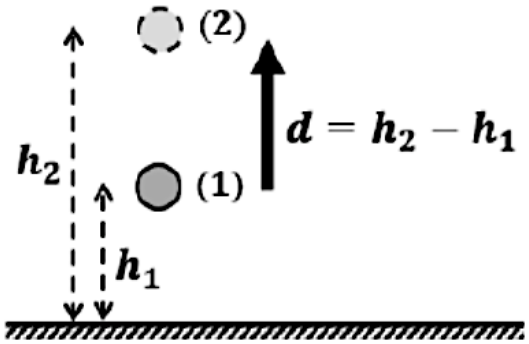
ج) در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد؟

د) اگر وزنه‌بردار وزنه را ۳s بالای سر خود نگه دارد، در این مدت چقدر کار انجام داده است؟ $(g = ۹/۸۰\ \text{N/kg})$



کار نیروی وزن:



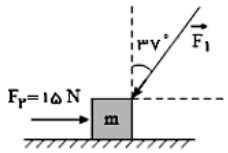


محاسبه کار کل:

اگر به جسمی چند نیرو وارد شود، برای محاسبه کار کل، ابتدا کار هر نیرو را محاسبه می‌کنیم و سپس آنها را با در نظر گرفتن علامت جمع می‌کنیم: $(W_t = W_1 + W_2 + \dots)$

مثال

در شکل زیر جسمی به جرم m روی سطح افقی بدون اصطکاک تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر کار برایند نیروهای وارد بر جسم پس از ۲۰ متر جابه‌جایی روی سطح افقی برابر با ۳۶۰ ژول باشد، اندازهٔ $\vec{F}_1$ چند نیوتون است؟ $(\cos 37^\circ = 0/8)$



۱) ۵۵
۲) ۵
۳) $\frac{165}{4}$
۴) $\frac{15}{4}$

مثال آموزشی

انرژی جنبشی:

انرژی وابسته به حرکت جسم را انرژی جنبشی (انرژی حرکتی) می‌گویند: $\boxed{K=\frac{۱}{۲}mv^{۲}}$

m: جرم برحسب کیلوگرم kg . v: تندی برحسب متربرثانیه $\mathrm{m/s}$. K: انرژی جنبشی برحسب ژول J .

★ انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای است. بنابراین به جهت و مسیر حرکت بستگی ندارد. همچنین، انرژی جنبشی کمیتی همواره مثبت است (زیرا $m\ ,\ v^{۲}\geq ۰$).

★ هر جسمی که تندتر حرکت کند، لزومی ندارد که حتما انرژی جنبشی بیشتری هم داشته باشد. چون انرژی جنبشی هم به جرم و هم به تندی بستگی دارد. ا .

تغییر انرژی جنبشی:

اگر مقدار اولیه انرژی جنبشی $K_{۱}$ و مقدار ثانویه آن $K_{۲}$ باشد، تغییر انرژی جنبشی (کاهش / افزایش) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta K=K_{۲}-K_{۱}$$

مثال

مثال کنکور

جرم خودرویی به همراه راننده‌اش $۸۰۰kg$ است. چنان‌چه تندی این خودرو از $۱۵\frac{m}{s}$ به $۱۰\frac{m}{s}$ کاهش یابد، تغییر انرژی جنبشی مجموعه برحسب کیلوژول کدام است؟

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) -۵۰ ۴) -۱۰۰

رابطه مقایسه ای انرژی جنبشی:

برای مقایسه انرژی جنبشی دو جسم و یا مقایسه انرژی جنبشی یک جسم در دو حالت مختلف، از رابطه نسبت انرژی‌ها استفاده می‌شود:

$$\frac{K_{۲}}{K_{۱}}=\frac{\frac{۱}{۲}m_{۲}v_{۲}^{۲}}{\frac{۱}{۲}m_{۱}v_{۱}^{۲}}\quad\longrightarrow\quad\frac{K_{۲}}{K_{۱}}=\frac{m_{۲}}{m_{۱}}\times\left(\frac{v_{۲}}{v_{۱}}\right)^{۲}$$

★ در رابطه $K=\frac{۱}{۲}mv^{۲}$ یکاها باید SI باشند، اما در رابطه نسبت دو انرژی جنبشی $\frac{K_{۲}}{K_{۱}}$ فقط کافی است یکاها یکسان باشند.

مثال

مثال کنکور

اگر انرژی جنبشی جسمی ۳۶ درصد کاهش یابد، تندی آن چند درصد کاهش یافته است؟ (جرم جسم ثابت است.)

مثال

مثال آموزشی

جسمی به جرم ۶ کیلوگرم در حال سکون قرار دارد. اگر به این جسم نیرویی به اندازه ۶ نیوتن وارد شود. تندی آن پس از ۸ متر جابجایی به ۴ می رسد.

الف) کار نیروی ۶ نیوتونی چقدر است؟

ب) انرژی جنبشی جسم در پایان جابجایی چقدر است؟

قضیه کار و انرژی جنبشی:

قضیه کار و انرژی جنبشی: کار کل انجام شده بر روی جسم در یک جابجایی معین، برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم در همان جابجایی (این قضیه برای هر مسیر مستقیم یا خمیده‌ای برقرار است):

$$W_t = \Delta K$$

حالت۱. اگر نیروی خالص وارد بر جسم با جابه‌جایی هم‌جهت باشد: روی جسم کار انجام می‌شود (کار مثبت). یعنی در طول حرکت به جسم انرژی داده شده و سرعت آن افزایش می‌یابد:

$$\theta = ۰ \longrightarrow W_t = Fd\cos ۰ > ۰ \longrightarrow \Delta K > ۰ \longrightarrow K_۲ > K_۱ \longrightarrow v_۲ > v_۱$$

حالت۲. اگر نیروی خالص وارد بر جسم در خلاف جهت جابه‌جایی باشد: جسم کار انجام می‌دهد (کار منفی). یعنی در طول حرکت از جسم انرژی گرفته شده و سرعت آن کاهش می‌یابد:

$$\theta = ۱۸۰ \longrightarrow W_t = Fd\cos ۱۸۰ < ۰ \longrightarrow \Delta K < ۰ \longrightarrow K_۲ < K_۱ \longrightarrow v_۲ < v_۱$$

مثال

مثال آموزشی

جسمی به جرم ۲ کیلوگرم با تندی ۶ در حال حرکت است و پس از ۴ متر جابجایی متوقف میشود و مقدار نیروی اصطکاک آن ۹ نیوتون است.

الف) کار نیروی اصطکاک ۹ نیوتونی چقدر است؟

ب) تغییر انرژی جنبشی در این جابجایی چقدر است؟

مثال

مثال آموزشی

جرم یک خودرو به همراه راننده‌اش ۱۰۰۰ کیلوگرم است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی آن $۴۰۰kJ$ است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر با $۱۰\frac{m}{s}$ باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

فصل ۳ کار و انرژی

بخش ۲ : انرژی پتانسیل و انرژی مکانیکی

انرژی پتانسیل:

به نوعی از انرژی که به دلیل شکل یا موقعیت اجسام نسبت به یکدیگر در آنها ذخیره می‌شود، انرژی پتانسیل (U) می‌گویند. شکل‌های مختلف انرژی پتانسیل (انرژی ذخیره‌ای) عبارتند از:

۱. **انرژی پتانسیل گرانشی** : اگر جسمی را از سطح زمین بالا ببریم، انرژی پتانسیل گرانشی در سیستم ذخیره می‌شود.

۲. **انرژی پتانسیل کشسانی** : با کشیدن و یا فشردن فنر یا کش، در آن انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود.

۳. **انرژی پتانسیل الکتریکی** : با نزدیک‌کردن دو بار الکتریکی هم‌نام به یکدیگر، انرژی پتانسیل الکتریکی در آنها ذخیره می‌شود.

★ یک جسم به تنهایی نمی‌تواند انرژی پتانسیل داشته باشد. زیرا انرژی پتانسیل از ویژگی‌های یک سامانه (سیستم) است و به موقعیت (مکان) جسم نسبت به اجسام دیگر بستگی دارد. مثلاً: انرژی پتانسیل گرانشی جسم به ارتفاع آن از سطح زمین وابسته است. در واقع باید بگوییم: «انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم ـ زمین». البته گاهی برای سادگی به جای «انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم ـ زمین»، فقط از عبارت «انرژی پتانسیل گرانشی جسم» استفاده می‌شود.

انرژی پتانسیل گرانشی:

تعریف: انرژی ذخیره شده در اجسام به دلیل داشتن ارتفاع از سطح زمین را انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه جسم ـ زمین می‌گویند. انرژی پتانسیل گرانشی متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد برابر است با:

$$\boxed{U = mgh}$$

U: انرژی پتانسیل گرانشی (J) $\quad m$: جرم (kg) $\quad g$: شتاب جاذبه گرانشی $(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}})$ $\quad h$: ارتفاع (m)

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی :

اگر جسم از ارتفاع h_1 به h_2 نسبت به مبدأ جابه‌جا شود، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی عبارت است از:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = mgh_2 - mgh_1 = mg(h_2 - h_1) \quad \longrightarrow \quad \boxed{\Delta U = mg\Delta h}$$

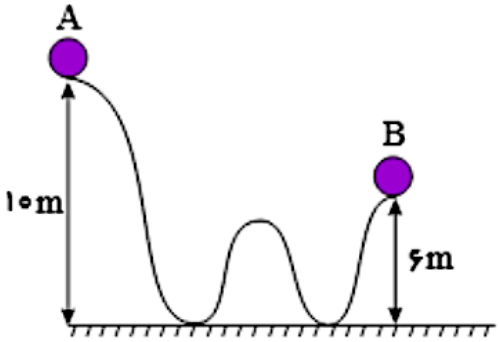
انتخاب مبدأ :

اگر فردی از شما بپرسد که «ارتفاع شما چند متر است؟» ، ابتدا از او می‌پرسید «ارتفاع از کجا؟! ارتفاع از سطح دریا؟ ارتفاع از کف زمین؟ ارتفاع از سقف؟ ...» . بنابراین در اندازه‌گیری ارتفاع، قبل از هر چیزی باید نقطه مبدأ را انتخاب کنیم. کمیتی که در فیزیک اهمیت دارد، تغییر ارتفاع بین دو نقطه است، نه مقدار آن در یک نقطه خاص. بنابراین می‌توانیم مبدأ ارتفاع $(h = 0)$ را هر جای دلخواه انتخاب کنیم. چون تغییرات ارتفاع (Δh) به مبدأ بستگی ندارد.

مثال

مثال آموزشی

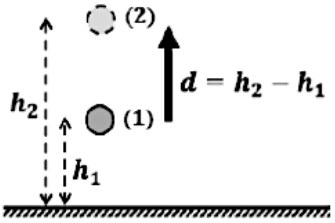
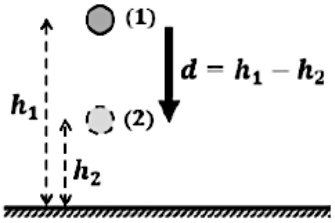
در شکل مقابل گلوله ای به جرم ۴ کیلوگرم رها میشود. انرژی پتانسیل در دو نقطه و تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنید



کار نیروی وزن و ارتباط آن با نیروی پتانسیل گرانشی:

قبلا کار نیروی وزن را از رابطه $(W_{mg} = Fd\cos\theta = mgd\cos\theta)$ به دست آوردیم. اکنون می‌خواهیم ارتباط بین کار نیروی وزن (W_{mg}) و انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) را به دست آوریم.

این کمیت‌ها را در دو حالت بررسی می‌کنیم: ❶ وقتی جسم به طرف بالا پرتاب شود. ❷ وقتی جسم به طرف پایین سقوط کند:

وضعیت	۱. بالا رفتن جسم	۲. پایین آمدن جسم
شکل		
محاسبه کمیت‌ها	$W_{mg} = Fd\cos 180^\circ = -mgd < 0$ $\Delta U = mg(h_2 - h_1) = +mgd > 0$	$W_{mg} = Fd\cos 0^\circ = +mgd > 0$ $\Delta U = mg(h_2 - h_1) = -mgd < 0$

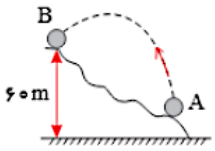
★ در هر دو حالت، علامت ΔU با علامت W_{mg} مخالف است. پس کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم ـ زمین:

$$\boxed{W_{وزن} = -\Delta U}$$

مثال

مثال آموزشی

مطابق شکل، جسمی به جرم $۳kg$ را از نقطهٔ A پرتاب می‌کنیم تا به نقطهٔ B برسد. اگر قدر مطلق کار نیروی وزن در این جابجایی $۴۵۰J$ باشد، تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم و زمین در این جابجایی چند ژول و ارتفاع نقطهٔ A از سطح زمین برحسب متر به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $۴۵, -۴۵۰$

۲) $۱۵, +۴۵۰$

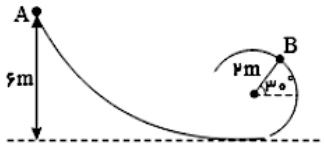
۳) $۱۵, -۴۵۰$

۴) $۴۵, +۴۵۰$

مثال

مثال آموزشی

در شکل زیر، جسمی به جرم $۴\ kg$ را از نقطهٔ A روی سطح پرتاپ می‌کنیم. کار نیروی وزن بر روی جسم در جابه‌جایی از نقطهٔ A تا نقطهٔ B چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) -۱۲۰

۲) -۸۰

۳) ۱۲۰

۴) ۸۰

فصل ۴ دما و گرما

بخش ۱: دما و دماسنجی

تعریف ها:

تعریف دما :

از دیدگاه ماکروسکوپیک: دما کمیتی است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند.

از دیدگاه میکروسکوپیک: دما متناسب است با میانگین انرژی جنبشی ذرات سازنده جسم. (یعنی مجموع انرژی جنبشی همه ذرات تقسیم بر تعداد ذره).

انرژی درونی :

به مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل همه ذرات تشکیل‌دهنده جسم، انرژی درونی می‌گوییم. هرچه تعداد ذرات تشکیل دهنده جسم و انرژی هر ذره بیشتر باشد، انرژی درونی جسم هم بیشتر است. با توجه به تعریف دما، هرچه دمای جسم بالاتر باشد، میانگین انرژی جنبشی ذرات آن بیشتر بوده و در نتیجه انرژی درونی آن بیشتر است.

کمیت دماسنجی :

برای تعیین دمای جسم باید از مشخصه‌ای استفاده کرد که در اثر تغییر دما تغییر کند. به این مشخصه «کمیت دماسنجی» می‌گویند.

دماسنج :

وسیله‌ای که با استفاده از تغییرات کمیت دماسنجی، تغییرات دما را نشان می‌دهد. اساس کار دماسنج، **تغییر کمیت دماسنجی** است. مثلا در دماسنج جیوه‌ای، اساس کار، تغییر ارتفاع جیوه است.

کمیت دماسنجی در چند نمونه دماسنج :

۱. **دماسنج مایعی (جیوه‌ای و الکلی):** در این نوع دماسنج‌ها با تغییر دمای مایع درون لوله، ارتفاع مایع در لوله تغییر می‌کند. یعنی تغییر ارتفاع مایع نشان‌دهنده تغییر دمای مایع است. پس در این دماسنج‌ها تغییر ارتفاع می‌تواند یک کمیت دماسنجی باشد.

۲. **تب‌سنج کودکان:** با تغییر دمای این نوع دماسنج، رنگ آن تغییر می‌کند. پس تغییر رنگ می‌تواند یک کمیت دماسنجی باشد.

۳. **دماسنج گازی:** با تغییر دمای گازی که درون یک حباب شیشه‌ای محبوس قرار دارد، فشار گاز هم تغییر می‌کند. پس در اینجا تغییر فشار می‌تواند یک کمیت دماسنجی باشد.

۴. **ترموستات (دماپا):** در این دماسنج بر اثر تغییر دما، طول میله فلزی تغییر می‌کند. پس کمیت دماسنجی، طول میله است.

۵. **دماسنج الکتریکی:** در این دماسنج براثر تغییر دما، مقاومت الکتریکی تغییر می‌کند. مقاومت الکتریکی کمیت دماسنجی است.

مقیاس های دما:

درجه سلسیوس (سانتی‌گراد) :

نقطه انجماد و جوش آب را به ترتیب $\theta = ۰^\circ C$ و $\theta = ۱۰۰^\circ C$ درنظر می‌گیریم (در فشار $۱\ atm$) و بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی (۱۰۰ درجه) تقسیم می‌کنیم. هر قسمت ۱ درجه سانتی‌گراد نامیده می‌شود.

کلوین :

یکای دما در SI کلوین (K) است. صفر کلوین کمترین دمای ممکن است که در آن دما، ذرات جسم هیچ جنب و جوشی ندارند.
اگر T دما برحسب کلوین (K) و θ دما برحسب درجه سلسیوس ($^\circ C$) باشد، رابطه مقیاس کلوین و سلسیوس به صورت زیر است:

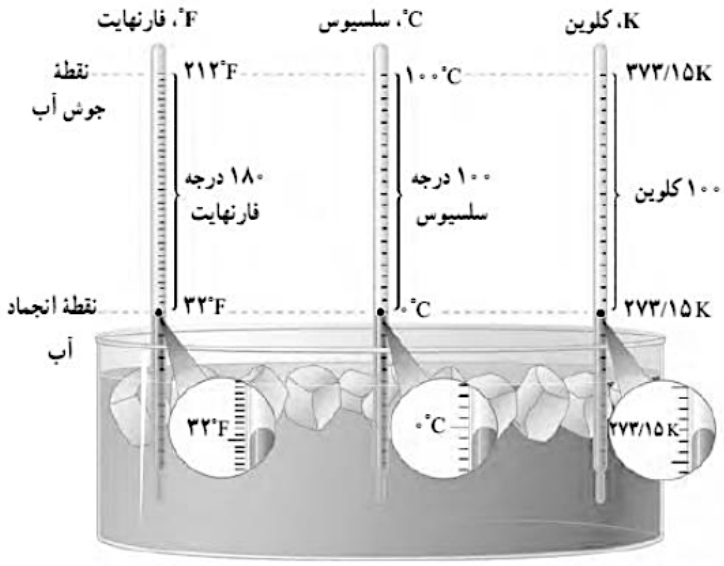
$$T = \theta + ۲۷۳/۱۵$$

درجه فارنهایت :

مقیاس فارنهایت در صنعت و هواشناسی کاربرد دارد. رابطه مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت به صورت زیر است:

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲$$

F: دما برحسب فارنهایت ($^\circ F$)



شکل ۴ـ۴ مقایسهٔ یکاهای فارنهایت، سلسیوس و کلوین

$$\Delta T = \Delta\theta$$

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

تست

تست آموزشی

۹۸ - ۹۷ دمای ۱۲۲ درجهٔ فارنهایت معادل با چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟

۱) ۳۳۲ و ۵۰
۲) ۳۲۳ و ۵۰
۳) ۳۳۲ و ۵۹
۴) ۳۲۳ و ۵۹

نکته

کپسول آموزشی

رابطه دماسنج ها با دماسنج نامشخص:

اگر دما سنجی دما های θ_1 و θ_2به ترتیب x_1 و x_2 و دمای θرا x نشان دهد، آنگاه رابطه زیر برقرار است:

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

تست

تست آموزشی

دماسنجی، دمای $10^\circ C$ را ۲۰ درجه و دمای $30^\circ C$ را ۳۰ درجه نشان می‌دهد. دمای جوش آب در فشار $1atm$ در این دماسنج برابر کدام عدد است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۷۵ ۳) ۶۵ ۴) ۴۰

انواع دماسنج:

دماسنج مایعی (جیوه‌ای یا الکلی) :

با تغییر دما، مایع داخل مخزن، درون لوله بالا و پایین می‌رود. پس کمیت دماسنجی در این دماسنج‌ها، ارتفاع مایع درون لوله است. ساده‌ترین و رایج‌ترین این دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی هستند. برای اندازه‌گیری دمای جسم به کمک این نوع دماسنج لازم است که جسم موردنظر مدتی در تماس کامل با مخزن دماسنج باشد.

★ دقت و حساسیت دماسنج جیوه‌ای (الکلی) به سه عامل بستگی دارد:

۱. **ضخامت دیواره:** هرچه ضخامت شیشه دیواره مخزن نازک‌تر باشد، نسبت به تغییر دما سریع‌تر واکنش نشان می‌دهد.

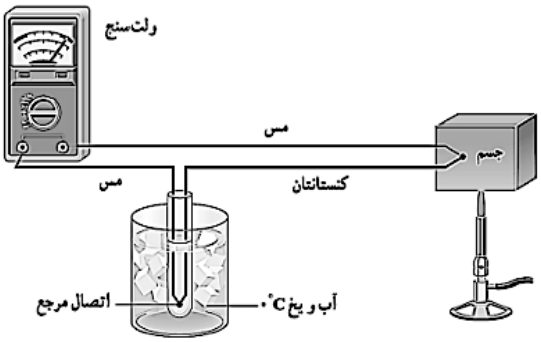
۲. **قطر لوله:** هرچه قطر لوله کمتر باشد، با کمترین تغییر دما، تغییر ارتفاع قابل ملاحظه خواهد بود.

۳. **حجم مایع داخل مخزن:** هرچه حجم مخزن بیشتر باشد، در اثر تغییر دما، مایع بیشتری وارد لوله شده و تغییر دما بهتر دیده می‌شود.

★ این دماسنج‌ها تا زمانی کار می‌کنند که مایع داخل آن منجمد یا تبخیر نشود؛ مثلا با دماسنج الکلی (با الکل خالص) نمی‌توانیم دمای آب جوش را اندازه بگیریم؛ زیرا نقطه جوش الکل $78^\circ C$ است.

دماسنج ترموکوپل :

دو سیم رسانای غیرهمجنس مانند مس و کنستانتان از طرفی در دمای ذوب یخ نگه داشته شده، و از طرف دیگر در مکانی به هم متصل‌اند که می‌خواهیم دمای آن را به دست آوریم. این مجموعه با سیم‌های مسی رابط به یک ولت‌سنج بسته می‌شود. با تغییر دمای محل مورد اندازه‌گیری، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، تغییر می‌کند. اگر آزمایش را چندین بار و برای دماهای متفاوت تکرار کنیم، می‌توانیم ولتاژهای مربوط به هر دمایی را مشخص کنیم.



★ **اتصال آزمون :** محل اتصال دو سیم غیرهم‌جنس در مکان جسمی که دمایش مجهول است. در این محل، جرم سیم‌ها کم است و بنابراین خیلی سریع با دمای جسم به تعادل می‌رسد.

★ **اتصال مرجع :** دمای اتصال مرجع، دمای یخ در حال ذوب $0^{\circ}C$ است.

★ **مبنای کار ترموکوپل :** با افزایش اختلاف دمای اتصال آزمون و مرجع، در دو سر مدار ولتاژ تغییر می‌کند و درمدار جریانی از منبع سرد به منبع گرم برقرار می‌شود.

★ **کمیت دماسنجی در ترموکوپل :** ترموکوپل یک مدار الکتریکی است که در آن ولتاژ متناسب با میزان تغییرات دما، تغییر می‌کند و یک ولت‌سنج حساس، این تغییر ولتاژ را به صورت تغییر دما نشان می‌دهد. بنابراین کمیت دماسنجی در ترموکوپل، ولتاژ (اختلاف پتانسیل الکتریکی) است.

★ **گستره دماسنجی ترموکوپل :** بستگی به جنس سیم‌ها دارد. مثلا گستره دماسنجی ترموکوپلی با سیم‌هایی از جنس آلومل و کرومل، از $-270^{\circ}C$ تا $1372^{\circ}C$ است.

★ **مزیت‌های ترموکوپل :** سرعت عمل بالا (به‌علت کوچک بودن محل اتصال) - قابلیت استفاده در مدارهای الکترونیکی - دقت بالا - گستردگی اندازه‌گیری دما.

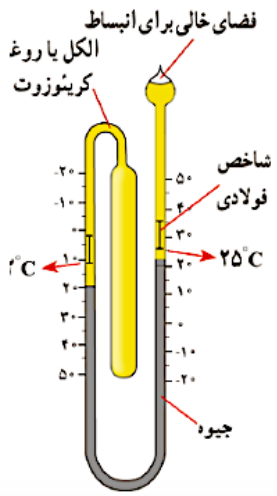
دماسنج بیشینه ـ کمینه :

از این دماسنج در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری و هواشناسی استفاده می‌شود. زیرا دمای بیشینه و کمینه محیط را ثبت می‌کند.

۱. در هنگام افزایش دما: الکل منبسط می‌شود و جیوه در شاخه سمت راست بالا می‌رود.

۲. در هنگام کاهش دما: الکل منقبض می‌شود و جیوه در شاخه سمت چپ بالا می‌رود.

۳. شاخص‌های فلزی به علت داشتن فنرهای کوچک، پایین نمی‌روند و به این ترتیب شاخص سمت راست دمای بیشینه و شاخص سمت چپ دمای کمینه را ثبت می‌کند.



دماسنج‌های معیار :

سه نوع دماسنج به عنوان دماسنج معیار استفاده می‌شوند:

۱. **دماسنج گازی:** بر اساس قانون گازهای کامل عمل می‌کنند.

۲. **دماسنج مقاومت پلاتینی:** بر اساس تغییر مقاومت الکتریکی در اثر تغییر دما عمل می‌کنند.

۳. **تَف‌سنج (پیرومتر):** بر اساس تابش گرمایی عمل می‌کند.

★ ترموکوپل تا قبل از ۱۹۹۰ دماسنج معیار بود، اما به علت دقت کمتر نسبت به دماسنج‌های فوق، دیگر به عنوان دماسنج معیار شناخته نمی‌شود.

تست آموزشی

تست

«ترموکوپل» چیست؟

۱ وسیله‌ای برای سنجش رسانایی حرارتی اجسام است.

۲ دماسنجی است که در آن تغییر دما باعث تغییر 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 داخل ساختمان است.

مثال آموزشی

مثال

«ترموکوپل» چیست؟

۱ وسیله‌ای برای سنجش رسانایی حرارتی اجسام است.

۲ دماسنجی است که در آن تغییر دما باعث تغییر 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 داخل ساختمان است.

مثال آموزشی

مثال

«ترموکوپل» چیست؟

۱ وسیله‌ای برای سنجش رسانایی حرارتی اجسام است.

۲ دماسنجی است که در آن تغییر دما باعث تغییر 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 داخل ساختمان است.

دما و گرما

فصل ۴

بخش ۲ : انبساط‌گرمایی

مفهوم انبساط گرمایی

دیدگاه میکروسکوپی انبساط گرمایی :

۱. **در جامدات:** طبق مدل جرم و فنر، با افزایش دما، انرژی جنبشی و دامنه نوسان اتم‌ها زیاد می‌شود. در نتیجه فاصله متوسط اتم‌ها از هم بیشتر شده و ابعاد جسم منبسط می‌شود.

۲. **در شاره‌ها:** در اثر افزایش دما، جنبش ذرات و حرکت کاتوره‌ای بین آنها بیشتر شده و باعث دور شدن ذرات از یکدیگر و افزایش حجم می‌شود.

جنبه‌های مفید و مضر انبساط گرمایی :

جنبه‌های مفید: اساس کار بیشتر دماسنج‌ها و ترموستات‌ها، انبساط گرمایی است.

جنبه‌های دردسرساز: انبساط در ساختن پل‌ها، ساختمان‌ها، خط آهن‌ها، خطوط انتقال نیرو و سوخت مشکل ایجاد می‌کند.

بررسی چند پدیده مرتبط با انبساط گرمایی :

❶ مایع داخل دماسنج‌های مایعی، با افزایش دما منبسط شده و از لوله دماسنج بالا می‌رود.

❷ برای باز کردن درب فلزی ظرف شیشه‌ای که محکم بسته شده است، می‌توانیم روی درب فلزی آب گرم بریزیم. در این صورت در اثر انبساط از شیشه کمی فاصله گرفته و به راحتی باز می‌شود. زیرا انبساط فلز بیشتر از شیشه است.

❸ برای جدا کردن دو لیوان شیشه‌ای در هم گیر کرده باشند، در لیوان داخلی آب سرد می‌ریزیم و لیوان خارجی را در آب گرم قرار می‌دهیم تا در اثر انقباض لیوان درونی و انبساط لیوان خارجی، لیوان‌ها از هم جدا شوند.

❹ جنس قفل و کلید یک درب بهتر است هم‌جنس باشند، زیرا اگر جنس آنها متفاوت باشد ممکن است به دلیل تفاوت در تغییر ابعاد در اثر تغییر دما، در هم گیر کنند.

❺ در فصل‌های گرم سال، بعضی از درب‌ها در چارچوب خود گیر می‌کنند. چون در اثر انبساط فاصله بین آنها کاهش یافته و در هم گیر می‌کنند.

❻ در پل‌های فلزی با تغییر دما، طول پل تغییر می‌کند. برای رفع مشکل انبساط، از تعدادی بست انبساطی انگشتی که از جنس فلز هستند استفاده می‌شود تا انبساط باعث تخریب پل نشود.

❼ ماده پرکننده دندان باید همان مشخصه‌های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد. زیرا در غیر این صورت دندان خواهد شکست. چون مواد مختلف نسبت به تغییر دمای مشخص، به طور یکسان منبسط نمی‌شود.

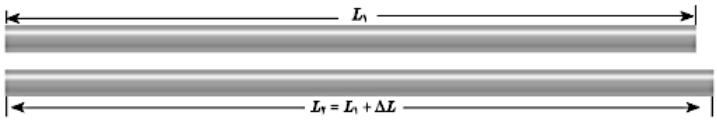
❽ خط آهن‌های قدیمی را با فاصله به یکدیگر متصل می‌کردند. زیرا اگر فاصله به اندازه کافی نبود، در اثر انبساط، ریل‌ها به یکدیگر نیرو وارد کرده و انحنا پیدا می‌کردند.

انواع انبساط ها:

انبساط طولی:

اگر میله ای به طول اولیه ی L_1 را به اندازه ی ΔT گرم کنیم ، به طول آن به اندازه ی ΔL افزوده شده و می توان نوشت :

$$L_2 = L_1(1 + \alpha\Delta T) \quad و \quad \Delta L = L_1\alpha\Delta T$$



مقدار افزایش طول میله سه عامل بستگی دارد:

۱)طول اولیه میله( ): هر چه طول اولیه بیشتر باشد تغییر طول نیز بیشتر خواهد شد

۲)مغدار تغییر دما ( ): هرچه تغییر دما بیشتر باشد مقدار تغییر طول میله بیشتر است.

۳) جنس میله: به α ضریب انبساط طولی میله گویند که به جنس میله بستگی دارد و یکای آن در SI ، بر کلوین($\frac{1}{K}$) یا بر درجه ی سلسیوس ($\frac{1}{^\circ C}$) است.

مثال

مثال کنکوری

۸۲ - ۸۳ طول میله‌ای در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس برابر $۸۰۰cm$ است. اگر طول آن در دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس به $۸۰۱cm$ برسد، ضریب انبساط طولی آن در SI کدام است؟

۱) $۲/۵ \times ۱۰^{-۴}$ ۲) $۲/۵ \times ۱۰^{-۵}$ ۳) ۴×۱۰^{-۴} ۴) ۴×۱۰^{-۵}

مثال

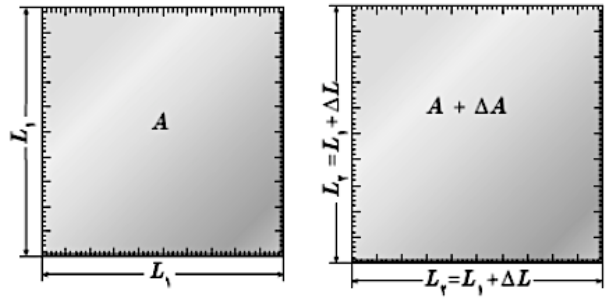
مثال کنکوری

۸۵ - ۸۶ ریل‌های ۱۰ متری راه آهنی را در یک روز زمستانی به دمای $-۱۰^\circ C$ به دنبال هم کار می‌گذراند. اگر دما در تابستان تا $۴۰^\circ C$ بالا رود، از ابتدا (در دمای $-۱۰^\circ C$) حداقل چند میلی‌متر باید فاصله‌ی 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

انبساط سطحی:

هر گاه صفحه ای را به طور یکنواخت گرم کنیم طول هر ضلع آن تغییر میابد، و مساحت آن افزایش می یابد.



$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \qquad A_2 = A_1(1 + 2\alpha\Delta T)$$

توجه: به 2α ضریب انبساط سطحی میگویند

مثال

مثال کنکوری

۸۸ - ۸۷ مساحت جانبی یک مکعب فلزی ۰٫۲۵ مترمربع وضریب انبساط خطی آن $10^{-5} \times 2 K^{-1}$ است. اگر دمای این مکعب ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد، سطح جانبی آن تقریبا چند سانتی متر مربع افزایش می یابد؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰

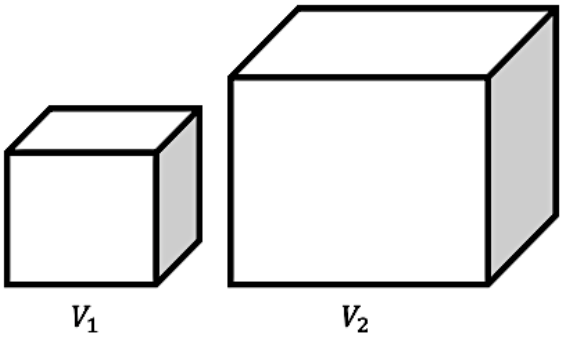
مثال

مثال کنکوری

فرض کنید که درون یک ورقه‌ی فولادی حفره‌ای دایره‌ای داریم. قطر این حفره برابر با $1cm$ است. دمای این ورقه را تا $150^\circ C$ بالا می‌بریم، افزایش مساحت حفره چقدر است؟ $(\alpha_{\text{فولاد}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \, , \, \pi \simeq 3)$

انبساط حجمی:

در اثر افزایش دما، حجم جسم جامد یا مایع تغییر میکند که از رابطه زیر به دست می آید:



$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \qquad V_2 = V_1(1 + 3\alpha\Delta T)$$

$$\beta_{\text{جامدات}} = 3\alpha$$

مثال

ظرف شیشه‌ای به گنجایش $250cm^3$ را پر از روغن زیتون کرده‌ایم و در انباری خانه‌ای با دمای $20^\circ C$ نگه‌داری می‌کنیم. اگر این دمای این ظرف به $70^\circ C$ برسد آیا روغن زیتون به بیرون می‌ریزد یا خیر؟ اگر جواب مثبت است حجم روغن زیتون بیرون ریخته شد. چقدر است؟ $(\beta_{\text{روغن زیتون}} = 0/70 \times 10^{-3}\frac{1}{K}\ ,\ \alpha_{\text{شیشه}} = 10 \times 10^{-6}\frac{1}{K})$

مثال کنکوری

مثال

در یک روز گرم تابستانی تانکر حامل سوخت با $30/000L$ بنزین بارگیری شده است. هوا در محل تحویل سوخت $20/0^\circ C$ سردتر از محلی است که در آن‌جا سوخت بار زده شده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟ $(\beta_{\text{بنزین}} = 12/5 \times 10^{-3}\frac{1}{K})$

مثال کنکوری