کار، انرژی، توان

مدرس: مسعود رهنمون

سال تحصیلی ۹۶-۹۵

گروه آموزشی عصر

ASR_Group @ outlook.com

@ASRschool2

انرژی جنبشی(انرژی حرکتی):انرژی است که جسم به علت حرکت خود دارد پس می توان گفت انرژی اجسام ساکن صفر است

به عنوان مثال می توان تیر رها شده از کمان، اتومبیل در حال حرکت و..... را مثال زد

انرژی جنبشی وابسته به جرم وتندی اجسام متحرک بوده ومستقل از جهت حرکت جسم است و از رابطه مقابل به دست می آید

$$K=\frac{1}{2}mV^2$$

که درآن V (تندی) سرعت با واحد $\frac{m}{s}$ و m جرم با واحد kg و K انرژی جنبشی با واحد $\frac{kgm^2}{s^2}$ که آن را J می نامیم

نکته: در مسائل مربوط به انرژی جنبشی جرم جسم هر گاه بر حسب گرم بیان شود آن را به کیلوگرم باید تبدیل کرد برای این کار جرم مربوطه را به عدد ۱۰۰۰ تقسیم می کنیم

$$(g \xrightarrow{\div 1000} kg)$$

به عنوان مثال

$$3500g = 3/5kg$$ ،

نکته : هرگاه در مسائل انرژی جنبشی سرعت جسم بر حسب $\frac{km}{h}$ بیان شود باید آن را به $\frac{m}{s}$ تبدیل کرد، برای این کار عدد مربوطه به سرعت را بر ۳/۶ تقسیم می کنیم

به عنوان مثال: $36km/h=\frac{36}{3/6}=10m/s$ ، $72km/h=\frac{72}{3/6}=20m/s$ و ...

از مقایسه انرژی جنبشی دو جسم متحرک (یا یک متحرک در دو وضعیت مختلف) می توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l} V_A \longrightarrow (m_A) \quad K_A=\frac{1}{2}m_AV_A^2 \\ V_B \longrightarrow (m_B) \quad K_B=\frac{1}{2}m_BV_B^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{K_B}{K_A}=\frac{m_B}{m_A}\times\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^2$$

- جرم جسمی ۵۰ kg و سرعت آن $20\,m/s$ است انرژی جنبشی آن را حساب کنید.

- اتومبیلی با جرم یک تن و با سرعت ۷۲ km/h حرکت می کند. انرژی جنبشی جسم چند مگا ژول است؟

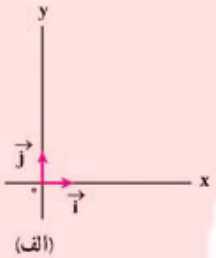
- اتومبیلی به جرم ۱ تن با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه در حال حرکت است. انرژی جنبشی اتومبیل چند کیلوژول است؟

- جرم جسم A چهار برابر جرم جسم B و انرژی جنبشی آنها با هم برابر است. سرعت جسم A چند برابر سرعت جسم B است؟

- انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با سرعت V در حرکت است، چند برابر انرژی جنبشی جسم دیگری به جرم 2m است که با سرعت $\frac{V}{2}$ در حال حرکت است؟

یادداشت ریاضی

نمایش یک بردار برحسب بردارهای یکه و مؤلفه‌های یک بردار روی محور مختصات

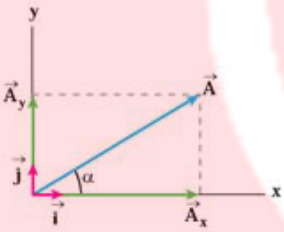


در درس ریاضی خود خوانده‌اید که با انتخاب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به ترتیب روی محورهای x و y (شکل الف) می‌توان یک بردار را بر حسب بردارهای یکّه نمایش داد. بردار یکّه در راستای هر محور، برداری است به طول واحد و در جهت همان محور.

$|\vec{i}|=|\vec{j}|=$ واحد ۱

اگر اندازهٔ جبری مؤلفه‌های بردار $\vec{A}$ روی محور x و y به ترتیب برابر A_x و A_y باشد، این بردار به‌صورت زیر نشان داده می‌شود :

$$\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}$$



بنابراین، برای تعیین مؤلفه‌های یک بردار روی دو محور x و y به روش زیر عمل می‌کنیم. مطابق شکل ب از انتهای بردار $\vec{A}$ خط‌هایی موازی هر یک از دو محور y و x رسم می‌کنیم تا محورها را قطع کنند. به این ترتیب بردارهای $\vec{A_x}$ و $\vec{A_y}$ به‌دست می‌آیند که همان مؤلفه‌های بردار $\vec{A}$ در راستای دو محور است.

با توجه به اینکه زاویهٔ $\vec{A}$ با محور x برابر α است، اندازهٔ جبری مؤلفه‌های $\vec{A}$ روی دو محور با توجه به رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود :

$$\cos\alpha=\frac{A_x}{A} \quad \text{و} \quad \sin\alpha=\frac{A_y}{A}$$

بنابراین

$$A_x=A\cos\alpha \quad \text{و} \quad A_y=A\sin\alpha$$

حال می توان نوشت:

$$A\cos\alpha\,\vec{i}+A\sin\alpha\,\vec{j}=\vec{A}$$

بزرگی بردار $\vec{A}$ را می‌توان با استفاده از مثلث قائم‌الزاویهٔ شکل ب به‌دست آورد :

$$A^2=A_x^2+A_y^2$$

و در نتیجه :

$$A=\sqrt{A_x^2+A_y^2}$$

جهت بردار $\vec{A}$ را با تعیین زاویهٔ این بردار با سوی مثبت محور x به‌دست می‌آوریم. اگر در شکل ب تانژانت زاویهٔ α را حساب کنیم، نتیجه می‌شود :

$$\tan\alpha=\frac{A_y}{A_x}$$

توجه کنید این رابطه، دو پاسخ برای α به‌دست می‌دهد. پاسخ درست را باید با توجه به علامت اندازهٔ جبری مؤلفه‌های $\vec{A}$ در راستای دو محور تعیین کرد.

سینوس و کسینوس و تانژانت و کتانژانت زوایای مهم:

	۰°	۳۰°	۴۵°	۶۰°	۹۰°	۱۸۰°	۲۷۰°	۳۶۰°
Sin x	۰	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۱	۰	−۱	۰
Cos x	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$	۰	−۱	۰	۱
tan x	۰	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۱	$\sqrt{۳}$	تعریف نشده	۰	تعریف نشده	۰
Cot x	تعریف نشده	$\sqrt{۳}$	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۰	تعریف نشده	۰	تعریف نشده

کار:

کار انرژی منتقل شده از سیستمی به سیستم دیگر است بدون دخالت دما. کار زمانی انجام می شود که در اثر نیرویی، جسمی جابجا شود. کار یک کمیت نرده ای است و واحد آن ژول است و از رابطه ی زیر بدست می آید:

$= Fd\cos$

در فرمول کار ، W کار و F بزرگی نیرو و d جابجایی و α زاویه ی بین نیرو و جابجایی است.

نکته : کار نیروهای عمود بر مسیر حرکت برابر صفر است.

مثال ۱: شخصی مطابق شکل نیروی ۵۰ نیوتن را تحت زاویه ی ۳۰ درجه نسبت به افق به جارو برقی وارد می کند. اگر جارو ۳متر جابجا شود، کار شخص بر روی جارو چند ژول است؟

$$W = Fd\cos\alpha \Rightarrow W = 50 \times 3 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 75\sqrt{3}J$$

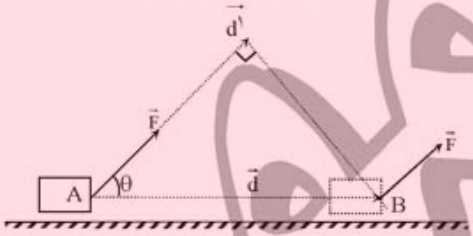
یکای کار در SI، ژول است. ژول عبارت است از کار نیروی یک نیوتن هنگامی‌که به اندازه‌ی یک متر در جهت نیرو جابجا شود.

$$1J = 1N \times 1m$$

رابطه‌ی اخیر رامی‌توان به دو صورت دیگر نوشت:

۱) $W = (F\cos\theta)d$

یعنی کار حاصل‌ضرب جابجایی در تصویر نیرو در جهت جابجایی است.



۲) $W = F(d\cos\theta)$

یعنی کار حاصل‌ضرب نیرو در تصویر جابجایی در جهت نیرو است.

نکته‌ی ۱. از رابطه‌ی $W = Fd\cos\theta$ پیداست که اگر:

$$\begin{cases} \theta < 90^\circ \rightarrow W > 0 \\ \theta > 90^\circ \rightarrow W < 0 \\ \theta = 90^\circ \rightarrow W = 0 \end{cases}$$

کار مثبت، کار منفی، کار صفر: کار کمیتی نرده ای است و بنابراین می تواند مثبت، منفی و یا صفر باشد. بدین ترتیب که، اگر زاویه بین راستای نیرو و جابه جایی، تند)کوچک تر از ۹۰ درجه(باشد، کار آن نیرو مثبت و اگر برابر ۹۰ درجه باشد کار صفر و اگر این زاویه بازبزرگ تر از ۹۰ درجه(باشد، کار آن نیرو منفی خواهد بود

در سه حالت کلی زیر اندازه کار برابر صفر است:

۱. اساساً نیرویی بر جسم وارد نشود.

۲ . جسم جابه جا نشود.

۳. زاویه بین نیرو و جابه جایی۹۰ درجه باشد.)کار نیروهایی که برمسیر جابه جایی عمودند، صفر است

نکته‌ی ۲. معلوم می‌شود که اگر بردار نیرو بر بردار جابجایی عمود باشد، کار نیرو صفر است.

نکته‌ی ۳. در نمودار (نیرو - جابجایی)، مساحت سطح زیر نمودار برابر کار نیروی وارد بر جسم، است.

$S = W$

مثال حل شده:

۱- با صرف یک ژول کار، جرم۱kg را چند متر می توان بالا برد؟

حل:

$$W = F.d$$

نیروی لازم برای بالا کشیدن جسم حداقل باید برابر وزن جسم باشد و $F = mg$

$$۱ = ۱ \times ۹/۸ \times d \longrightarrow d = \frac{۱}{۹/۸} = ۰/۱۰۲m = ۱۰۲cm$$

پرسش: کار چه نوع کمیتی است؟ پاسخ: نرده ای

۲- در طول مدتی که وزنه بردار وزنه را بالای سر خود نگه می دارد:

الف(کار نیروی دست او بر روی وزنه چقدر است ؟

ب(آیا او در این مدت انرژی مصرف می کرد؟ توضیح دهید

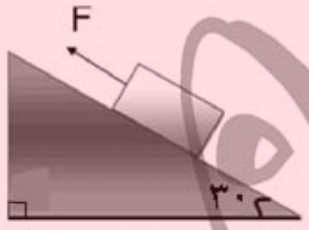
پاسخ: الف(در این حالت وزنه بردار برای نگهداشتن وزنه، نیرویی برابر با وزن آن به آن وارد می کند. ولی چون جابه جایی صفر است، کار او برابر است با $W = Fd = mg \times ۰ = ۰J$:

ب(وزنه بردار دراین مدت انرژی مصرف می کند و انرژی مصرف شده او در نهایت به صورت گرما به محیط بیرون داده می شود.

مثال حل نشده:

۱- نیروی افقی ۲۴ N به جسمی به جرم ۴ کیلوگرم بر روی سطح افقی بدون اصطکاک وارد می شود و آنرا به اندازه ی ۳ متر جابجا می کند.کاری که این نیرو بر روی جسم انجام می دهد، چقدر است؟

۲- در شکل روبرو نیروی $F = ۵۰۰N$ وزنه ی M به جرم ۵۰ کیلوگرم را روی سطح شیبدار به زاویه ی ۳۰ درجه به طول ۱۰ متر بالا می برد. کار انجام شده توسط نیروی F چند ژول است. اصطکاک ناچیز است.



۳- شخصی سورتمه ای به جرم ۳۰Kg را با نیروی۶۰N که با افق زاویه ی ۴۵ درجه می سازد، می کشد. وقتی که سورتمه ۱۵ متر درراستای سطح افقی بدون اصطکاک حرکت می کند،کاری که هر یک از نیروهای مؤثر برسورتمه انجام می دهند، چقدر است؟

۴- به جسمی به جرم ۳۰ کیلوگرم مطابق شکل دو نیروی خارجی اثر می کند .کار تک تک نیرو های وارد بر جسم را در جابجایی ۱۰ متر حساب کنید.

محاسبه ی کار کل(کار نیروی برایند):

a. روش اول: در این روش، ابتدا کار تک تک نیروهای وارد بر جسم را بدست می آوریم و سپس آنها را به صورت جبری جمع می کنیم.

$$\sum W = W_1 + W_2 + \cdots \quad (1)$$

b. روش دوم: در این روش، ابتدا برایند نیروهای وارد بر جسم را بدست می آوریم، سپس کار برایند نیروها را ازرابطه ی زیر بدست می آوریم.

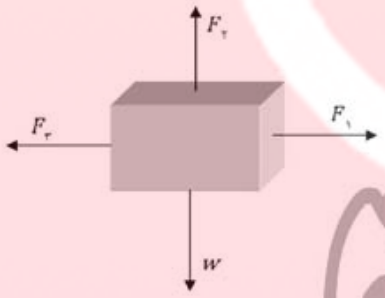
$$\sum W = (\sum F)d \quad (2)$$

نکته : در فرمول ۲از نوشتن $\cos\alpha$ صرف نظر می کنیم، زیرا همواره بردار برایند نیروها، همجهت با بردار جابجایی است.

c. روش سوم : استفاده از قضیه ی کار – انرژی که بعداً به توضیح آن می پردازیم.

نکته : از روش اول زمانی استفاده می کنیم که محاسبه ی برایند نیروها کار پیچیده ای باشد.

نکته : از روش دوم زمانی استفاده می کنیم که تک تک نیروها را نداشته باشیم ولی برایند آنها را داشته باشیم، یا اینکه محاسبه ی برایند نیروها ساده تر از محاسبه ی تک تک کارها باشد.



مثال حل شده

با توجه به شکل مقابل، برایند کار انجام شده روی جسم را پس از ۴ متر جابجایی بدست آورید.

$$m = 10Kg\ ,\ F_1 = 50N\ ,\ F_2 = 70N \qquad F_3 = 10N$$

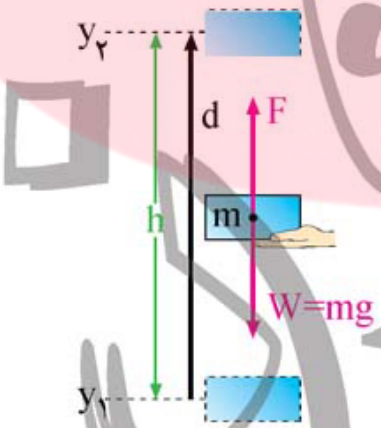
پاسخ: در این مسئله می توانیم از روش دوم استفاده کنیم، زیرا محاسبه ی برایند نیروها ساده است.

$$\sum F_x = F_1 - F_3 = 50 - 10 = 40N$$
$$\sum F_y = w - F_2 = 100 - 70 = 30N$$
$$\sum F = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} = 50N$$
$$\sum W = (\sum F)d = 50 \times 4 = 200J$$

جسمی به جرم m =2kg را مطابق شکل با نیروی ثابت و رو به بالای $\vec{F}$ با حرکت یکنواخت ۱/۲m بالا می بریم. با فرض این که g =۱۰N/kg است،

الف(کار هریک از نیروهای وارد شده به جسم را به طور جداگانه حساب کنید

ب(کار برایند نیروهای وارد بر جسم را به دست آورید.



.حل: با توجه به این که جسم به طور یکنواخت رو به بالا حرکت می کند، باید برایند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. به عبارت دیگر باید بزرگی نیروی رو به بالای F با بزرگی وزن جسم که به طرف پایین بر آن وارد می شود یکسان باشد.

یعنی، F=W . از آنجا که وزن جسم ۲۰N = (۲kg) (۱۰N/kg) =mg=Wاست،

داریم۲۰N= F .

الف)ابتدا کار نیروی ثابت F را پیدا می کنیم. چون جابه جایی جسم در جهت است)۰ = Θ(، کار انجام شده توسط این نیرو برابر است با:

F نیروی W=Fd cosΘ = (۲۰N) (۱/۲m) (cos ۰o) =۲۴J

توجه کنید ۱=$\cos 0^o$. از آنجا که نیروی وزن بر خلاف جهت جابه جایی جسم است ($\Theta = 180^o$)، کار انجام شده توسط نیروی وزن برابر است با: W= Fd cosΘ = (۲۰N) (۱/۲m) (cos ۱۸۰o) = -۲۴J

ب) با توجه به شکل دو نیرو بر جسم وارد شده است، نیروی F رو به بالا و نیروی وزن W رو به پایین. چون بزرگی این دونیرو یکسان است، برایند آن ها صفر خواهد شد.بنابراین کار برایند این دو نیرو نیز صفر می شود(چرا؟).

کار وانرژی جنبشی:

انرژی جنبشی جسمی به جرم m و سرعت v با رابطه $K=\frac{1}{2}mv^2$ داده می شود. سرعت توپی که در امتداد قائم به هوا پرتاب شده باشد، رفته رفته کاهش می یابد و درنتیجه انرژی جنبشی توپ نیز کم می شود. حال فرض کنیدتوپ را ازحال سکون از یک بلندی رها کنیم، سرعت و درنتیجه انرژی جنبشی توپ به تدریج افزایش می یابد. اکنون توپی را درنظر بگیرید که به دیواری برخورد کند و برگردد، دراین برخورد ابتدا سرعت و انرژی جنبشی آن کاهش و سپس افزایش می یابد . روزانه شاهد تغییر انرژی جنبشی اجسام درمحیط اطراف خود هستیم.

مثال ها در مورد تغییر انرژی جنبشی‌می تواند بسیار متنوع باشد. از جمله:

۱ــ در هنگام تصادف دو خودرو انرژی جنبشی خودروها تغییر می کند. هر قدر تغییر سرعت بیش تر باشد آسیب وارد شده به خودرو نیز بیش تر است.

۲ــ وقتی تیری به ساقه ی درخت می خورد یا هنگام برخورد تبر با ساقه ی درخت تغییر انرژی جنبشی برای تیریا تبر رخ می دهد.

۳ ــ خودرویی که از حال سکون به راه می افتد.

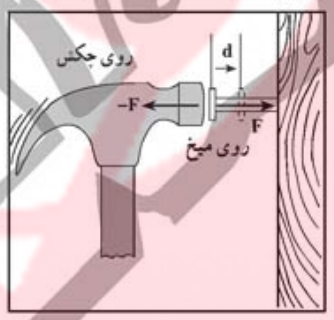
۴ــ سنگی که رو به بالا پرتاب می شود و یا از یک بلندی رها می شود.

۵ ــ خودرویی که در حال حرکت است ترمز می کند.

۶ ــ .....

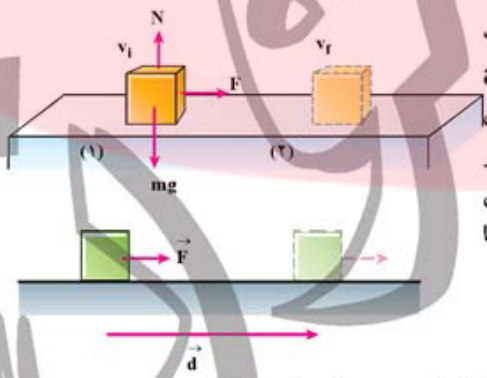
توضیح دهید هنگام برخورد چکش با میخ چه اتفاقی رخ می دهد؟

(ب)



(الف)

پاسخ:چکش به میخ برخورد می کند. هنگام فرو رفتن میخ در تخته نیروی مقاوم تخته باعث توقف میخو چکش می شود. این نیرو کار انجام می دهد، کار انجام شده باعث توقف یا تغییر انرژی جنبشی چکش می شود.



در مثال های بالا هریک از نیروهای وارد بر جسم کار انجام می دهند و این کارها سبب تغییر انرژی جنبشی جسم می شود. برای توضیح این موضوع مثال زیر را در نظر می گیریم، جسمی به جرم m مطابق شکل روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. این جسم تحت تاثیر نیروی ثابت F به اندازه d روی سطح جابه جا می‌شود. کارنیروی عمودی سطح و وزن در این جابه جایی‌مکان صفراست.کار نیروی F با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$W = Fd$$

حال می توان به کمک روابط موجود در فیزیک رابطه زیر را برای کار کل وانرژی جنبشی آن نوشت :

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

جمله اول طرف راست در این رابطه انرژی جنبشی جسم در نقطه(۲) و جمله دوم، انرژی جنبشی جسم درنقطه (۱) است.

. درنتیجه اگراین دو انرژی جنبشی را به ترتیب با K_f و K_iنشان دهیم، رابطه فوق را می توان به صورت زیرنوشت:

$$W = K_f - K_i$$

یعنی »کار نیروی برآیند وارد بر جسم در یک جابه جایی معین، با تغییرات انرژی جنبشی آن جسم برابر است.« این رابطه کاملاً کلی و حتی در مسیر غیر خط راست نیز برقرار است.دراین مثال خاص دیدیم که فقط کار یک نیرو غیر صفر بود . در مثال های دیگر اگر کاربیش از یک نیرو غیر صفر باشد، سمت چپ رابطه $W = K_f - K_i$ ، مجموع آن کارها خواهد بود. رابطه $W = K_f - K_i$ قضیه کار و انرژی نامیده می شو د.

برطبق این قضیه، مجموع کارهای نیروهای وارد برهر جسم در یک جابه جایی برابر با تغییر انرژی جنبشی جسم در آن جابه جایی است. اگر مجموع کارها مثبت باشد، $K_f > K_i$ است و انرژی جنبشی جسم افزایش می یابد و اگرمجموع کارها منفی باشد، $K_f < K_i$ است و انرژی جنبشی جسم کاهش می یابد و به همین ترتیب اگر مجموع کارها صفر باشد در این حالت انرژی جنبشی جسم تغییر نکرده وخواهیم داشت $K_f = K_i$

مثال حل شده :

اتومبیلی به جرم ۱۴۰۰ کیلوگرم با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه درحال حرکت است. سپس سرعت خود را به ۳۰ متر بر ثانیــه مــی رســاند برایند کار انجام شده روی آن را حساب کنید.

پاسخ:در این مسئله بهترین راه استفاده از قضیه ی کار انرژی است.

$$\sum W = \frac{۱}{۲}m\left(v^۲ - v_۰^۲\right) = \frac{۱}{۲}\times ۱۴۰۰ \times \left(۳۰۰ - ۱۰۰\right) = ۵۶۰۰۰۰J$$

مثال حل شده :

چتربازی از ارتفا ع ۸۰۰متری از حال سکون رها می شود. جرم چترباز به همراه چترش ۸۰kgاست. اگر او با سرعت ۵m/sبه زمین برسد، به کمک قضیه کار و انرژی کار نیروی مقاومت هوا در مسیر سقوط را به دست آورید. (شتاب گرانش را ۱۰ $m/s^۲$فرض کنید) .

پاسخ: دراین مثال، بر چترباز دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می شود. با استفاده ازقضیه‌کار و انرژی داریم:

$$W_{وزن} + W_{مقاومت\ هوا} = K_f - K_i$$

$$۸۰\times ۱۰\times ۸۰۰\times ۱ + W_{مقاومت\ هوا} = \frac{۱}{۲}\times ۸۰\times ۵^۲ - ۰$$

$$mgh\cos ۰^\circ + W_{مقاومت\ هوا} = \frac{۱}{۲}mv_f^۲ - \frac{۱}{۲}mv_i^۲$$

$$۶۴۰۰۰۰ + W_{مقاومت\ هوا} = ۱۰۰۰ \Rightarrow W_{مقاومت\ هوا} = -۶۳۹۰۰۰J$$

مثال حل شده سنگی به جرم۵/۰kg از ارتفاع ۲۰m بالای زمین بدون سرعت اولیه رها می شود.:

الف(سرعت آن در لحظه ی رسیدن به زمین

ب(انرژی جنبشی سنگ در لحظه ی رسیدن به زمین

پ(کار نیروی گرانشی زمین بر روی سنگ

ت(کار انجام شده توسط نیروی گرانشی زمین را با تغییر انرژی جنبشی سنگ از آغاز حرکت تا رسیدن به‌زمین با هم مقایسه کنید.

الف)

$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲gy \longrightarrow v^۲ = ۲\times ۹/۸\times ۲۰ = ۳۹۲$$

$$v = \sqrt{۳۹۲} = ۱۹/۸\ m/s$$

ب)

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲}\times ۰/۵\times ۳۹۲ = ۹۸J$$

پ) کار انجام شده توسط نیروی گرانشی زمین

$$W = mgh\cos ۰ = ۰/۵\times ۹/۸\times ۲۰ = ۹۸J$$

ت) تغییر انرژی جنبشی جسم برابر است با: انرژی جنبشی در لحظه ی رهایی برابر صفر است.

$$K - K_۰ = ۹۸ - ۰ = ۹۸J$$

تغییر انرژی جنبشی جسم با کار نیروی گرانشی زمین یک اندازه است.

تذکر:

۱ــ توپی که در امتداد قائم رو به بالا پرتاب می شود، انرژی جنبشی آن کاهش می یابد علت آن کار نیروی‌گرانشی زمین بر روی توپ است. کار نیروی گرانشی زمین منفی است.

۲ــ اگر توپ از یک بلندی رها شود، انرژی جنبشی آن افزایش می یابد. علت آن کار نیروی گرانشی بر روی‌توپ است. در این حالت،کار نیروی گرانشی مثبت است و موجب افزایش انرژی جنبشی می شود.

۳ــ خودرویی که ترمز می کند، انرژی جنبشی آن کاهش می یابد و کار نیروی ترمز اصطکاک موجب تغییرانرژی جنبشی است.

۴ــ هنگامی که میخی به دیوار می کوبیم، در حین برخورد چکش به میخ انرژی جنبشی میخ ابتدا افزایش می یابد زیرا از حال سکون شروع به حرکت می کند در یک لحظه کوتاه. سپس کاهش می یابد. علت آن کاری است که نیروی‌مقاوم تخته روی دستگاه میخ و چکش انجام می دهد.

۵ ــ سنگی را از ارتفاع h_1 بالای زمین رها می کنیم. کاری که از طرف نیروی گرانشی زمین بر روی آن انجام‌می شود برابر است با:

$$W_1 = mgh_1$$

و انرژی جنبشی سنگ در انتهای مسیر $\frac{mv_2}{2}$ خواهد بود در این حالت تغییر انرژی جنبشی $\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv^2$

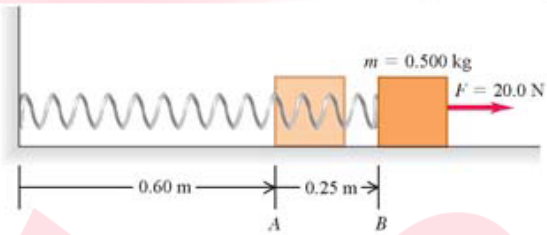
حال اگر سنگ را از ارتفاع $h_2 < h_1$ رها کنیم، کار انجام شده روی آن از طرف نیروی گرانشی زمین بیشتر وتغییر انرژی جنبشی آن نیز بیش تر خواهد بود.

۶ــ در زیر پای بازیگران سیرک تور پهن می کنند. بازیگر هنگام سقوط به تور برخورد می کند و وا می جهد. تغییر انرژی جنبشی بازیگر در این وضعیت خیلی کمتر از هنگامی است که بازیگر به سطح زمین برخورد می کند. امّاتور چگونه از آسیب رسیدن به شخص جلوگیری می کند. در برخورد شخص به تور تغییر انرژی جنبشی قبل و پس از برخورد قابل ملاحظه نیست این تغییر انرژی برابر کاری است که روی عضله های بازیگر انجام می شود. بنابراین کار انجام شده موجب آسیب به بدن شخص نمی شود.

کار وانرژی پتانسیل:

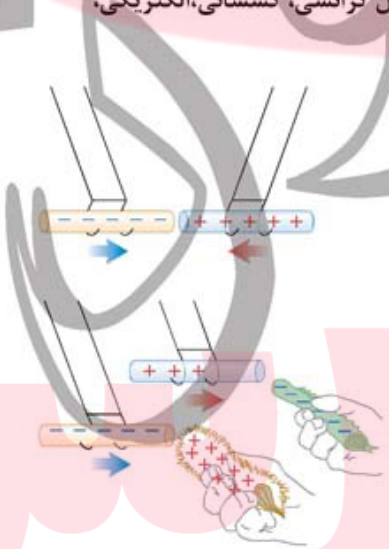
انرژی پتانسیل: گاهی اوقات جسم توانایی انجام کار را دارد اما کار انجام نمی دهد! چرا که شرایط انجام کار برایش فراهم نیست. در این حالت می گوییم که جسم دارای انرژی نهفته یا پتانسیل می باشد. چنین جسمی زمانی کار انجام خواهد داد که شرایط برایش مهیا شود.انرژی پتانسیل برخلاف انرژی جنبشی که به حرکت یک جسم وابسته است ویژگی یک سامانه (سیستم یا دستگاه است)تا ویژگی یک جسم تنها یعنی می توان گفت انرژی پتانسیل به مکان یک سیستم وابسته است ،

انواع انرژی پتانسیل: مهمترین انواع انرژی پتانسیل عبارتند از: انرژی‌پتانسیل گرانشی، کشسانی،الکتریکی، شیمیایی، مغناطیسی و.....



الف)انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه گلوله - فنر

ب)انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه شخص - زمین



ج) انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه دو جسم باردار

در حالت کلی انرژی پتانسیل خاصیتی از دستگاهی متشکل از دو یا چند جسم است. به طوری که نمی توان انرژی پتانسیل را به طور جداگانه به هریک از اجزای آن دستگاه نسبت داد، بلکه باید آن را به عنوان خاصیت مشترک تمامی اجزای دستگاه در نظر گرفت. این دستگاه در مورد انرژی پتانسیل گرانشی، جسم و کره زمین و در مورد انرژی پتانسیل کشسانی، فنر و جرم متصل به آن می باشدوقتی انرژی پتانسیل یک سامانه کاهش پیدا می کند به شکل های دیگری از انرژی تبدیل می شود به عنوان مثال در هنگام پرّش از یک ارتفاع انرژی پتانسیل شخص زمین به انرژی جنبشی تبدیل می شود.

پرسش:درباره‌هریک‌ازگزاره‌های زیربحث‌کنید:

الف) هرچه یک فنر فشرده تر باشد، انرژی پتانسیل آن بیشتر است.

ب) هرچه دو بار هم نام به هم نزدیک تر باشند، انرژی پتانسیل الکتریکی آنها بیشتر است.

ج) هرچه دو بار ناهم نام از یکدیگر دورتر باشند، انرژی پتانسیل‌الکتریکی آنها بیشتر است.

انرژی پتانسیل گرانشی:

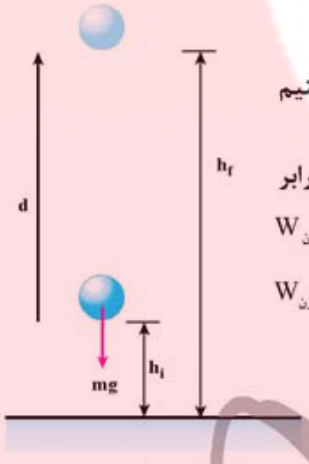
فرض کنید توپ کوچکی به جرم m را از ارتفاع h_i درراستای قائم و رو به بالا پرتاب می کنیم (شکل مقابل). سرعت توپ به تدریج کم می شود تا سرانجام در ارتفاع h_f برای لحظه ای متوقف می شود. کار نیروی وزن دراین جابه جایی برابر است با:

$$W_{وزن} = mgd\cos 180^\circ = mg(h_f - h_i)(-1) = -(mgh_f - mgh_i)$$

حال می توان نوشت:

$$W_{وزن} = -(U_f - U_i) = -\Delta U$$

به عبارت دیگر، کار نیروی وزن برابر با منفیِ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است .



توپ از ارتفاع h_i پرتاب می شود و به ارتفاع h_f می رسد.

اگرچه رابطه $W_{وزن} = -(U_f - U_i) = -\Delta U$ را برای جسمی که در امتداد قائم و رو به بالا پرتاب می شود به دست آوردیم ولی برای هر جابه جایی دلخواهی برقرار است.

در رابطه به دست آمده برای انرژی پتانسیل گرانشی، علامت مثبت برای نقاط بالای سطح زمین و علامت منفی برای نقاط واقع در زیر سطح زمین می باشد. بدیهی است که انرژی پتانسیل گرانشی جسمی که بر روی‌سطح زمین قرار دارد، نسبت به زمین برابر صفر است.

نکته: انرژی پتانسیل گرانشی نیز مانند انرژی جنبشی یک کمیت نسبی است. یعنی جسمی که نسبت به یک سطح دلخواه دارای انرژی پتانسیل گرانشی معینی است، در همان حال می تواند نسبت به سطحی‌دیگر دارای انرژی پتانسیل متفاوت (مثبت یا منفی و یا صفر) باشد.سطحطسطح افقی

سطح افقی که از آن برای سنجش ارتفاع استفاده به عمل می آوریم مبنای انرژی پتانسیل گرانشی است، انتخاب آن اختیاری است

انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ارتفاع h از مبنا، برابر است با: $U = mgh$

لذا می‌توان به‌صورت ساده نوشت: $W_{وزن} = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$

$$-W_{mg} = U_2 - U_1$$

مثال: نیروی۵۰ نیوتونی تحت زاویه 37° بالای افق در یک مسیر افقی ۴۰ متری بر جسمی وارد می شود.

کار این نیرو چقدر است؟

اجسامی که در بالای مبنای انرژی پتانسیل گرانشی قرار دارند ، انرژی پتانسیل مثبت دارند واجسامی که پایین تر از سطح مبنا قرار دارند انرژی پتانسیل گرانشی منفی دارند واجسامی که روی این سطح قرار دارند انرژی پتانسیل گرانشی صفر دارند

$h = 0 \Rightarrow U = 0$ $\quad h < 0 \Rightarrow U < 0$ $\quad h > 0 \Rightarrow U > 0$

نکته : کار نیروی وزن، از رابطه ی $U = mgh$ بدست می آید. اگر جابجایی جسم رو به بالا باشد، ارتفاع افزایش یافته‌علامت کار نیروی وزن منفی وانرژی پتانسیل گرانشی افزایش می یابد

اگر جابجایی جسم رو به پایین باشد، ارتفاع کاهش یافته علامت کار نیروی وزن مثبت وانرژی پتانسیل گرانشی کاهش می یابد

مثال :

یک میله ی آهنی همگن به طول ۴ متر و جرم ۵۰۰ کیلوگرم را که روی زمین افتاده ا ست ، می خواهیم به صورت عمودی بلندکنیم و روی زمین قرار دهیم. چقدر کار باید بر روی آن انجام دهیم؟

پاسخ: چون میله همگن است می توانیم تمام جرم آن را در مرکزش متمرکز فرض کنیم. پس مرکز جرم آن ۲ متر بالا رفته است.

$= mgh = ۰.۵۵ \times ۱۵ \times ۲ = ۱۵۵۵۵$

مثال حل شده: جسمی به جرمm را مانند شکل با دستمان از ارتفاعh_i به ارتفاعh_f می بریم و دوباره به حالت سکون می رسانیم. با چشم پوشی از مقاومت هوا کار نیروی دست دراین جابه جایی را پیدا کنید.

پاسخ: با استفاده ازقضیه کار و انرژی جنبشی داریم: $W_{وزن} + W_{دست} = \Delta K$

چون جسم در ابتدا وانتهای مسیر ساکن است ، تغییرات انرژی جنبشی آن صفر است یعنی داریم : $(\Delta K = 0)$

بنابراین می توان نوشت: $W_{وزن} + W_{دست} = 0 \Rightarrow W_{دست} = -W_{وزن}$

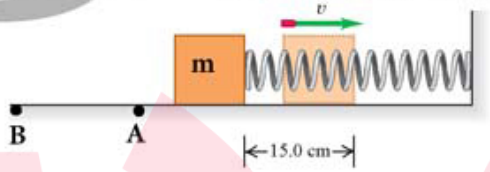
حال می توان کار نیروی وزن را به کمک تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی به دست آورد:

$$W_{وزن} = -\Delta U = -(mgh_f - mgh_i)$$

به این ترتیب، کار نیروی دست برابر است با: $W_{دست} = -(-\Delta U) = +(mgh_2 - mgh_1)$

انرژی پتانسیل کشسانی:

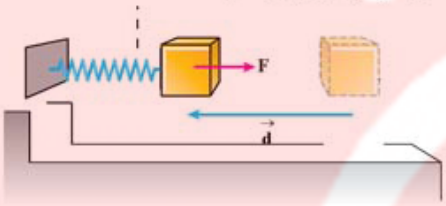
جسم m به فنری مطابق شکل زیرتکیه دارد و روی‌سطح افقی قرار داده شده است.حال فنر را کمی متراکم و رها می کنیم، جسم روی سطح پرتاب می شود و بالاخره در نقطه ی A متوقف می شود. حال فنر را مقدار بیشتری متراکم و رها می کنیم. این بار مسافتی که جرم m قبل‌از توقف طی می کند، نسبت به حالت قبل چه تغییری می کند؟



پاسخ روشن است که مسافتی که جرم m قبل از توقف‌طی می کند، در حالت دوّم بیشتر خواهد بود. برای تراکم فنر کار انجام می دهیم و در دستگاه جرم و فنرانرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می شود. وقتی آن را رها می کنیم انرژی پتانسیل کشسانی به انرژی جنبشی تبدیل می شود در اثر حرکت روی سطح، نیروی اصطکاک برآن اثر می کند و کار نیروی اصطکاک موجب توقف جسم می شود. تغییرات انرژی جنبشی‌جسم برابر کار نیروی اصطکاک است. هرقدر میزان تراکم فنر بیشتر باشد، مسافتی که جرم m قبل از توقف طی می کند بیشتر و در نتیجه انرژی پتانسیل‌کشسانی بیشتر خواهد بود

مثا ل حل شده:

در شکل مقابل با پرتاب جسم به سمت فنر چه روی می دهد پاسخ خود را توضیح دهید.



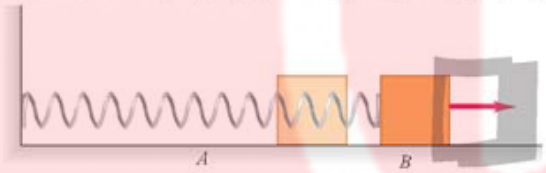
مدت تماس جسم با فنر، فنر نیرویی در خلاف جهت جابه جایی جسم به آن وارد می کند.

وقتی جسمی را به سوی فنری پرتاب می کنیم پس از برخورد، فنر فشرده می شود و انرژی پتانسیل آن افزایش می یابد. در مدت تماس جسم با فنر، فنر نیرویی در خلاف جهت جابه جایی به جسم وارد می کندیعنی کار نیروی فنر دراین جابه جایی، منفی و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی مثبت است. در مورد تغییر انرژی پتانسیل کشسانینیزمشابه تغییر انرژی پتانسیل گرانشی می توانیم بگوییم:

$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}}$$

مثال حل شده:

درشکل مقابل جسم با انرژی جنبشی ۲۰J با فنر برخورد و آن را فشرده می کند. اگر بدانیم در لحظه توقف جسم، انرژی پتانسیل کشسانی ۱۵ژول است،



الف) کارنیروی کشسانی فنر در این جابه جایی چقدر است ؟

ب) با استفاده ازقضیه کار و انرژی، کارنیروی اصطکاک دراین جابه جایی را به دست آورید.

پاسخ:

الف) $W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}} = -(U_f - U_i)$ **= انرژی پتانسیل اولیه فنر، صفر و در پایان ۱۵ ژول است.**

$$W_{\text{فنر}} = -(۱۵ - ۰) = -۱۵\,J$$

ب) بنابر قضیه کار و انرژی:

$$W_{\text{فنر}} + W_{\text{اصطکاک}} + W_{\text{وزن}} + W_{\text{عمودی سطح}} = K_f - K_i \qquad -۱۵ + W_{\text{اصطکاک}} + ۰ + ۰ = ۰ - ۲۰ \Rightarrow W_{\text{اصطکاک}} = -۵J$$

پایستگی انرژی مکانیکی:

جسمی را در راستای قائم رو به بالا پرتاب می کنیم. در قسمتی ازمسیر انرژی جنبشی جسم از K_i به K_fو انرژی پتانسیل گرانشی آن از U_iبه U_fتغییر می کند. با توجه به رابطه کار و انرژی پتانسیل گرانشی می توانیم بنویسیم:

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(U_f - U_i)$$

اگر از مقاومت هوا برای این جسم چشم پوشی کنیم تنها نیروی وارد بر آن وزن است و بنابر قضیه کار و انرژی داریم:

$$W_{\text{وزن}} = \Delta K = K_f - K_i$$

با مقایسه این دو رابطه می توانیم بنویسیم:

$$-(U_f - U_i) = K_f - K_i$$

$$U_i + K_i = U_f + K_f \qquad \text{ویا}$$

یعنی مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی جسم در نقطه های مختلف ازمسیرحرکت با هم برابر است.

مجموع انرژی های پتانسیل و جنبشی هر جسم را انرژی مکانیکی آن می نامیم و با E نشان می دهیم.

$$E_i = E_f$$

به عبارت دیگر، با چشم پوشی ازنیروی مقاومت هوا انرژی مکانیکی جسم ثابت باقی می ماند که به این نتیجه پایستگی انرژی مکانیکی گفته می شود

$$W_{\text{دست}} = -(-\Delta U) = +(mgh_f - mgh_i)$$

مثال : توپی از ارتفاع ۱۵ متری با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه رو به پایین پرتاب می شود . با چشم پوشی از اتلاف انرژی سرعت آن را هنگام رسیدن به سطح زمین حساب کنید.

پاسخ: با توجه به اینکه اتلاف انرژی در مسئله نداریم، پس انرژی مکانیکی پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \Rightarrow \frac{1}{2}\times 100 + 10\times 15 = \frac{1}{2}\times v_2^2 + 0 \Rightarrow v_2 = 20\frac{m}{s}$$

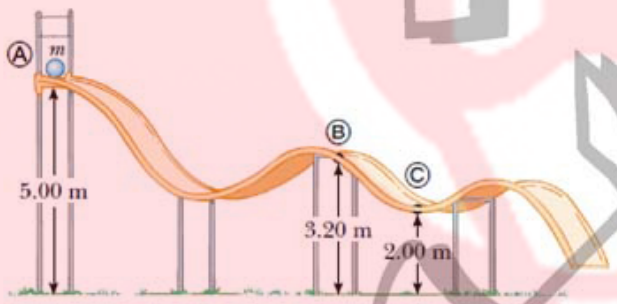
مثال : گلوله ای را از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین با سرعت اولیه ی v_0 در را ستای قائم رو به بالا پرتاب می کنیم. در ارتفاع ۶۵ متری زمین سرعت گلوله به صفر می رسد. v_0 چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 = U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}v^2 = gh \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2\times 10\times 45} = 30\,{}^{m}/_{s}$$

مثال :

جسمی مطابق شکل از حال سکون، بر روی یک سطح بدون اصطکاک رها می شود. سرعت آن را در نقطه های **B** و **C** حساب کنید.



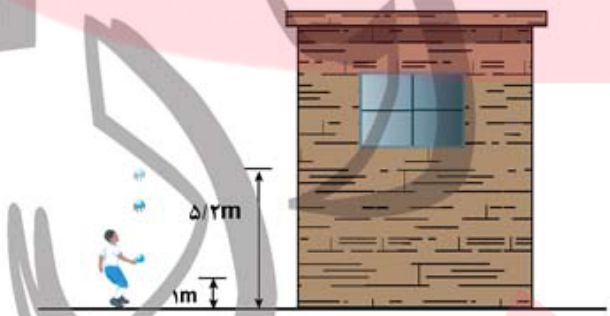
پاسخ: از آنجا که اصطکاک در مسئله وجود ندارد، پس انرژی مکانیکی در تمام نقاط با هم برابر است.

$$E_A = E_B \Rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B \Rightarrow 0 + gh_A = \frac{1}{2}v^2 + gh_B \Rightarrow 50 = \frac{1}{2}v^2 + 32 \Rightarrow v = 6\frac{m}{s}$$

$$E_A = E_C \Rightarrow K_A + U_A = K_C + U_C \Rightarrow 0 + gh_A = \frac{1}{2}v^2 + gh_C \Rightarrow 50 = \frac{1}{2}v^2 + 20 \Rightarrow v = \sqrt{60}\frac{m}{s}$$

مثال:

مطابق شکل پسربچه ای یک سنگریزه را از ارتفاع یک متری سطح زمین در راستای قائم رو به بالا پرتاب می کند. با چشم پوشی از مقاومت هوا سرعت عبور سنگ ریزه از لبه پنجره ای را حساب کنید که تا زمین ۵/۲ متر فاصله دارد. $g = 10\,m/s^2$



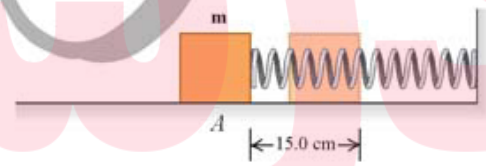
پاسخ: با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی $E_f = E_i$

$$mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2 = mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2$$

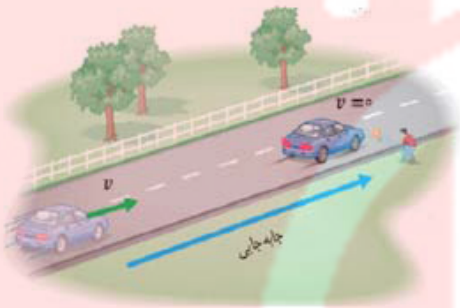
در طرفین تساوی m را می توانیم حذف کنیم و با جایگزینی عددها مقدار v_f به دست می آید.

$$10\times 5/2 + \frac{1}{2}v_f^2 = 10\times 1 + \frac{1}{2}(10)^2 \qquad v_f = 4\,m/s$$

مثال: مطابق شکل جسمی به جرم m به فنر متصل است و روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. جسم را تا نقطه A می کشیم و سپس رها می کنیم. با توجه به اینکه به مجموع انرژی جنبشی جسم و انرژی پتانسیل کشسانی فنر انرژی مکانیکی مجموعه جسم ــ فنر می گوییم، با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی چگونگی حرکت جسم را توصیف کنید.



کار وانرژی درونی:



انرژی درونی مجموع انرژی های تشکیل دهنده یک جسم است که می توان آن را مطابق شکل در مورد توقف یک خودرو در حال حرکت بررسی کرد. این گونه که هرگاه راننده خودرو با دیدن مانعی ترمز کند بر اثر مقاومت هایی مانند اصطکاک و..... انرژی جنبشی اتوموبیل به گرما تبدیل می شود واین عمل باعث افزایش دمای اتوموبیل وسطح جاده و افزایش انرژی درونی آنها می شود . در نتیجه می توان گفت که در اثر کار نیروهای مقاومت هوا واصطکاک انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک اتوموبیل وسطح جاده تبدیل شده استدر این حالت چون نمی توان از انرژی استفاده به عمل آورد اصطلاحا می گوییم که انرژی تلف گردیده است

انرژی تلف شده:

اگر در مسئله، اصطکاک نیز وجود داشته باشد، در این صورت، انرژی مکانیکی پایسته نمی ماند. هرچند حتی در این حالت نیز انرژی کل جسم ثابت است، اما همواره قسمتی از انرژی های جنبشی و پتانسیل آن به صورت گرماتلف شده و از دسترس خارج می گردد

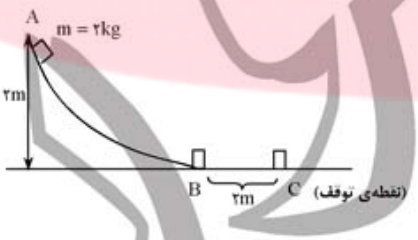
قانون پایستگی انرژی(حالت کلی): تجربه نشان داده است که انرژی به خودی خود به وجود نمی آید و نابود نیز نمی شود. انرژی تنها می تواند از صورتی به صورت دیگر تبدیل و یا از جسمی به جسم دیگر منتقل شود. به عبارت دیگر انرژی جنبشی بعلاوه انرژی پتانسیل بعلاوه انرژی درونی به علاوه انواع دیگر انرژی، ثابت باقی می ماند. به زبان ریاضی:

$$W_f = E_2 - E_1$$

در این رابطه W_f کار نیروی اصطکاک یا سایر نیروهای تلف کننده انرژی است که اندازه آن (در این کتاب) همواره مقداری منفی است. W_f همچنین با گرمای ایجاد شده در اثر اصطکاک برابر است.

مثال حل شده:

جسمی از ارتفاع ۲ متری سطح زمین ، از نقطه A رها می شود وپس از رسیدن به سطح افقی وطی مسافت ۲متر می ایستد . کا رنیروی اصطکاک در مسیر ABC را به دست آورید



$$E_C - E_A = W_{f_{ABC}}$$
$$(K_C + U_C) - (K_A + U_A) = W_{f_{ABC}}$$
$$(۰ + ۰) - (۰ + mgh) = W_{f_{ABC}} \Rightarrow -(۲ \times ۱۰ \times ۲) = W_{f_{ABC}}$$
$$W_{f_{ABC}} = -۴۰ J$$

از بالونی که در ارتفاع ۴۵ متری سطح زمین و با تندی m/s۴/۲ در پرواز است، بسته ای به جرم ۲۵kgرها می شود و با تندیm/s۲۳/۶به زمینبرخورد می کند. کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته را از لحظهرها شدن تا هنگام رسیدن به زمین حساب کنید .

ابتدا انرژی مکانیکی بسته را در لحظه رها شدن و هنگام برخورد به زمین حساب می کنیم. اگر مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین فرض می کنیم، داریم:

$$E_۱ = K_۱ + U_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱$$
$$= \frac{۱}{۲}(۲۵/۰kg)(۴/۲۰m/s)^۲ + (۲۵/۰kg)(۹/۸۱m/s^۲)(۴۵/۰m) = ۱/۱۳\times۱۰^۴ J$$

$$E = K_2 + U_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}(25/0\,\text{kg})(23/6\,\text{m/s})^2 + 0 = 6/96\times10^3\,\text{J}$$

کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته برابر است با:

$$W_f = E_2 - E_1 = 6/96\times10^2\,\text{J} - 1/13\times10^4\,\text{J} = -4/3\times10^3\,\text{J}$$

مثال: کودکی به جرم۲۰ kg از یک سرسره که ۲/۵متر ارتفاع دارد، سر می خورد. کودک با سرعت۲ m/s به انتهای‌سرسره می رسد. چند ژول انرژی به شکل گرما هدر رفته است؟

مثال: جسمی بدون سرعت اولیه از ارتفاع ۴ متری سقوط می کند. اگر ۲۰٪ انرژی جسم برای جبران مقاومت هوا تلف‌شود، سرعت جسم در لحظه رسیدن به زمین، چقدر است؟

مثال: گلوله ای به جرم ۱۰ gr با سرعت ۱۰۰ m s به تنه درختی برخورد کرده و از طرف دیگر آن خارج می شود. اگر در حین عبور گلوله از درخت، ۹۶٪ انرژی اولیه آن به صورت گرما تلف شود، سرعت گلوله‌پس از خروج از تنه درخت را حساب کنید.

توان:

کار می‌تواند کُند ویا تند انجام شود. مثلاً یک جسم را می توان در۶ثانیه یا ۱۰ثانیه به یک ارتفاع معین رساند. در هر دو مورد کار انجام شده توسط بالابر یکسان است. ولی در مورد اول کار سریعتر انجام شده است. برای در نظرگرفتن سرعت انجام کار کمیت مناسبی را به نام توان تعریف می کنیم. فرض کنید نیروی Fکار Wرا در مدت Δt انجام داده است. توان متوسط انجام کار به وسیله نیروی(F $(P$ از تقسیم کردن کار به زمان انجام آن به دست می آید:

$$\overline{P} = \frac{W}{\Delta t}$$

یکای توان درSI ژول بر ثانیهJ/sاست. این یکا به احترام جیمز وات، که سرعت انجام کارموتورهای بخار را به میزان قابل توجهی ببهود بخشید. وات)W(نامیده می شود. برطبق این تعریف، هر اندازه کار معینی در زمان کمتری انجام شود ویا در زمان معینی کار بیشتری انجام گیرد، توان انجام آن کار بیشتراست.

تذکر:یکای رایج دیگر برای توان خودرو اسب بخار (hp)است و هر اسب بخار، ۷۴۶وات است.

پرسش :معمولاً جاده های کوهستانی با شیب تند، پیچ و خم‌زیادی دارند. چرا این جاده ها را مستقیم نمی سازند؟
پاسخ: خودروها توان مصرفی محدودی دارند.به طور مثال وقتی توان خودرویی ۶۰ اسب بخار باشد،نمی تواند با بیش از این توان حرکت کند. طول مسیر مارپیچ همواره از مسیر مستقیم بیش تر است. در نتیجه در سرعت معین هر قدر نیروی موتور کمتر باشد، توان مصرفی آن کم تر است. $P=F.v$)چون شیب جاده مارپیچ کم تر از جاده مستقیم است،نیروی لازم برای بالارفتن کم تر می شود.

مثال حل شده:

جرم اتاقک بالابری به همراه سرنشینان آن ۵۰۰ kgاست. اگر این بالابر در مدت ۱۰s از طبقه همکف به طبقه دوم در ارتفاع ۶ متری برود توان متوسط انجام کار به وسیله موتور بالابر چقدر است $g = 10\,m/s^2$ است.

پاسخ: با استفاده از قضیه‌کار و انرژی می توانیم بنویسیم:

$$W_{وزن} + W_{موتور} = \Delta K$$
$$-mg(h_f - h_i) + W_{موتور} = 0$$
$$W_{موتور} = mg(h_f - h_i)$$
$$W_{موتور} = 500\times10\times6 = 30000\,J$$

با توجه به تعریف توان متوسط داریم:

$$\overline{P} = \frac{W_{موتور}}{\Delta t} = \frac{30000}{10} = 3000\,W$$

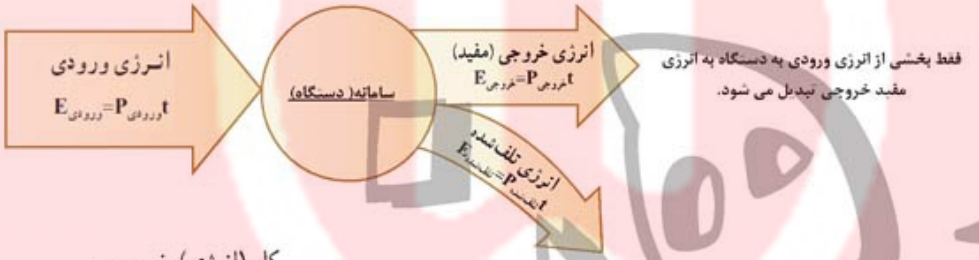
مثال: شخصی به جرم ۸۰ کیلوگرم، ۱۰۰ پله را در مدت زمان ۲ دقیقه بالا می رود. اگر ارتفاع هرپله ۳۰ سانتی متر باشد، توان متوسط او چقدر است؟

مثال: شخصی به وزن ۵۷۰ N از پلکانی به ارتفاع ۴m در مدت ۶s بالا می رود. توان متوسطی که این شخص صرف می کند، چقدر است؟

بازده:

هر دستگاه تنها بخشی از انرژی ورودی (انرژی مصرفی دستگاه) را به انرژی مورد نظر ما تبدیل می کند. مثلاً هدف از روشن کردن پنکه به حرکت درآوردن هواست و برای این منظور پنکه بخشی از انرژی الکتریکی ورودی را به کار مکانیکی (انرژی حرکتی) تبدیل می کند و بخش دیگر به صورت انرژیهای ناخواسته ای مانند انرژی گرمایی و صدا درمی آید. یا با روشن کردن لامپ می خواهیم نور به ما برسد. لامپ رشته ای بخش کمی از انرژی الکتریکی را به نور (حدود ۰۲ درصد) و بقیه آن را به انرژی درونی لامپ و محیط تبدیل می کند. شکل زیرطرح واره ای‌ست که این نوع تبدیل انرژی هارا در دستگاه نشان می دهد

همان طورکه طرح واره زیر نشان می دهد همواره فقط بخشی از انرژی ورودی قابل استفاده است که به آن انرژی مفید نیز می‌گویند. نسبت انرژی مفید به انرژی ورودی را بازده می نامیم.



$$\text{بازده} = \frac{\text{کار (انرژی) خروجی}}{\text{کار (انرژی) ورودی}} \times ۱۰۰$$

روشن است که مقدار این کسر همواره کوچک تر از ۱است. معمولاً بازده را به شکل درصد بیان می کنیم

$$\text{بازده برحسب درصد} = \text{بازده} \times ۱۰۰ \%$$

این کمیت تعیین می کند که چه درصدی از انرژی ورودی به کار یا انرژی خروجی موردنظر تبدیل شده است.

$$\text{بازده} = \frac{\text{انرژی مفید یا کار انجام شده به وسیله دستگاه}}{\text{انرژی یا کار داده شده به دستگاه}}$$

رابطه بازده را به صورت روبه رو نیز می توان نوشت:

$$Ra = \frac{P_۲}{P_۱}$$

در این رابطه $P_۱$ توان ورودی یا توان اسمی است)که بر روی دستگاه نوشته می شود(و$P_۲$ توان خروجی مفیدی است که از دستگاه گرفته می شود و اندازه آن از رابطه $p_۲ = \frac{W}{t}$ قابل محاسبه است.

بازده عددی بدون واحد و مقدار آن همواره بین صفر و یک است. اگر بخواهیم بازده را به صورت درصد بیان کنیم رابطه های فوق را به صورت زیر می نویسیم:

$$Ra = \frac{W}{U_۱} \times ۱۰۰ = \frac{P_۲}{P_۱} \times ۱۰۰$$

پرسش: وسیله هایی مانند اتومبیل، جاروبرقی، اسباب بازی کوکی، آسانسور و ..... کار انجام می دهند. هر کدام از این وسیله انرژی مورد نیاز را جهت انجام کار چگونه تأمین می کنند؟

پاسخ: اتومبیل انرژی لازم را از گرمای حاصل از سوخت بنزین گازوییل و گاز... جاروبرقی و آسانسوراز برق شهر، اسباب بازی کوکی از انرژی پتانسیل کشسانی فنر و ..... دریافت می کنند.

پرسش: آیا انرژی دریافتی به وسیله ی این ابزار با کار آن ها برابر است؟ چرا؟

پاسخ: خیر از آن جایی که مقداری از این انرژی دریافتی به علت اصطکاک تلف و یا صرف حرکت دادن اجزای وسیله می شود، کار یا انرژی مفید خروجی وسیله با انرژی ورودی آن برابر نیست. در نتیجه فقط کسری از انرژی ورودی قابل استفاده است.

پرسش: نسبت انرژی مفید خروجی به انرژی یا کار(ورودی) به دستگاه معرف چه خصوصیتی از دستگاهاست؟

پاسخ : میزان مفیدبودن یا کارآیی دستگاه را مشخص می کند و به آن بازده می گویند.

پرسش : بازده تضمین کننده چه چیزی است؟

پاسخ تعیین می کند چه درصدی از انرژی ورودی به کار یا انرژی خروجی تبدیل می شود

مسائل حل شده:

۱ــ از آبشاری در هر دقیقه $۲m^۳$ آب از ارتفاع $۵m$ فرو می ریزد. این آبشار مولد ژنراتور(الکتریکی کوچکرا به کار می اندازد. اگر بازده دستگاه ۸۰ درصد باشد، توان مولد را به دست آورید.

هر لیتر آب تقریباً جرمی برابر $۱kg$ دارد زیرا: $\rho = \frac{m}{V}$ ، $\frac{m}{۱۰^{-۳}} = ۱۰۰۰ \Rightarrow m = ۱kg$ (یک لیتر حجمی برابر $۱۰^{-۳}m^۳$ دارد.)

$$P_۱ = \frac{mgh}{t_۱} = \frac{۲\times۱۰۰۰\times۹/۸\times۵}{۶۰} = ۱۶۳۴ \text{ وات}$$

این انرژی ورودی به دستگاه است. باید دانست که بازده دستگاه نشان می دهد که چند درصد انرژی ورودیبه کار یا (انرژی مفید خروجی) تبدل می شود.

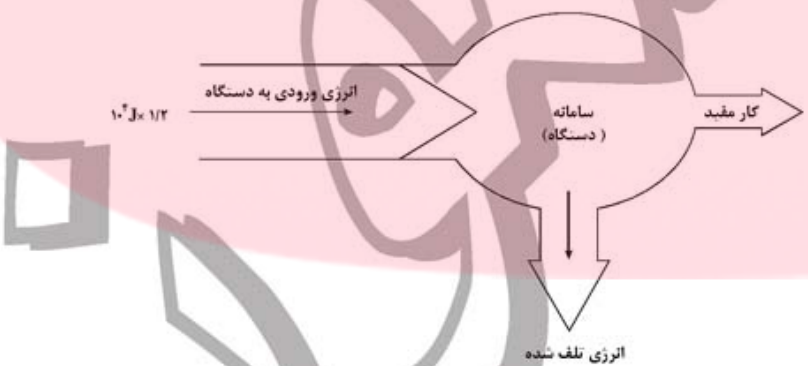
$$P_۲ = ۱۶۳۴\times۰/۸ = ۱۳۰۷/۲$$

۲ــ توان اسمی یک تلمبه الکتریکی ۲۰۰ وات است. این تلمبه در هر دقیقه ۵۰ لیتر آب از چاهی به عمق۲۰mبالا می کشد. بازده دستگاه را به دست آورید.

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار (انرژی) خروجی}}{\text{کار (انرژی) ورودی}} = \frac{mgh}{P_۱t} = \frac{۵۰\times۹/۸\times۲۰}{۲۰\times۶۰} = \frac{۹۸۰۰}{۱۲}$$

$$\text{بازده} = ٪۸۱/۶$$

۳-در شکل زیر طرح واره شارش انرژی در یک ماشین گرمایی فرضی داده شده است، اگر کار مفید دستگاه $\frac{۱}{۵}$ انرژی تلف شده باشد، بازده ی دستگاه، انرژی مفید و انرژی تلف شده در دستگاه را به دست آورید.(انرژی ورودیبه دستگاه در یک بازده معین ۱۲×۱۰^۴J است).



بنابر قانون بایستگی انرژی، کل انرژی ورودی برابر است با کار مفید به اضافه انرژی تلف شده، اگر کار مفید $W_۱$ انرژی تلف شده $W_۲$ و انرژی ورودی E باشد آن گاه

$$E = W_۱ + W_۲$$

$$W_۲ = ۵W_۱ + W_۱ = ۶W_۱$$

$$۱/۲\times۱۰^۴ = ۶W_۱ \Rightarrow W_۱ = ۲\times۱۰^۳ J$$

$$W_۲ = ۵\times۲\times۱۰^۳ = ۱۰^۴$$

$$\text{بازده } e = \frac{W_۱}{E} = \frac{۲\times۱۰^۳}{۱/۲\times۱۰^۴} = ۰/۱۶۷ \simeq ۱۶/۷٪$$

گروه آموزشی عصر

ASR_Group @ outlook.com

@ASRschool2

فیزیک واندازه گیری

مدرس:مسعود رهنمون

سال تحصیلی:۹۶-۹۵

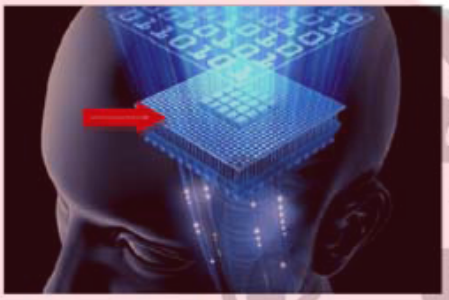
مای درس

فیزیک علم پایه :

علم، که روزگاری فلســـفه ی طبیعی خوانده می شد، مطالعه ی موجودات زنده غیرزنده، علوم زیســـتی و علوم فیزیکی را در بر می گیرد. علوم زیســـتی شـــامل زیســـت شناسی، جانورشناسی و گیاه شناسی اســـت و علوم فیزیکی، اخترشناسی، شیمی و فیزیک را در بر می گیرد.

فیزیک فقط بخشـــی از علوم فیزیکی نیســـت. فیزیک علم پایه است و طبیعت و موضوع هایـــی بنیادی چون حرکت، نیروها، انـــرژی، ماده، گرما، صوت، نور و ساختار اتم ها را بررسی می کند. علم شـــیمی نشـــان می دهد که اتم ها چگونه با هم ترکیب می شـــوند، چگونه اتم ها برای تشـــکیل مولکول ها به هم می پیوندند، چگونه مولکول ها به یکدیگر می پیوندند و مواد اطراف ما را به وجود می آورند. زیســـت شناسی پیچیده تر و شـــامل ماده زنده است. بنابراین، بنیاد زیست شناسی بر شیمی و بنیان شیمی بر فیزیک قرار دارد. مفاهیم فیزیک برای دست یافتن به این علوم پیچیده تر ضروری است. بنابراین، فیزیک بنیادی ترین علم است و شناخت علم با درک فیزیک آغاز می شود.

علم وفن آوری:

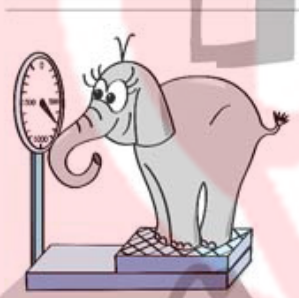


علـــم و فناوری با یکدیگر تفـــاوت دارند. علم به گردآوری معلومات و ســـازمان دهی آن ها می پردازد. فناوری این دانش را برای اهداف عملی در اختیار انســـان قرار می دهد و ابزارهای لازم را برای اکتشاف بیشتر در اختیار دانشمندان می گذارد.

فناوری شمشیر دولبه ای است که می تواند هم مفید باشد و هم مضر. برای مثال استخراج سوخت های فسیلی از زمین و ســـوزاندن آن ها برای تولید انرژی یک نوع فناوری اســـت. تولید انرژی از سوخت های فسیلی در موارد بی شماری به سود جامعه ی ما بوده است.اما ضرر آن به مخاطره افتادن محیط زیســـت بر اثر ســـوزاندن سوخت های فسیلی است. مقصر دانستن فناوری برای مشکلاتی چون آلودگی، تهی شدن منابع، و حتی رشد بیش از حد جمعیت معقولانه نیست و مانند این است که زخم ناشی از گلوله را از تفنگ بدانیم. انسان از فناوری استفاده می کند و مسئولیت چگونگی بهره گیری از آن نیز بر عهده ی اوست.

اهمیت اندازه گیری در علم :

اندازه گیری شـــاخصی کارامد برای علم است. برای فهمیدن آن که چه قدر درباره ی مطلبی می دانید اغلب باید دید چه قـــدر می توانید آن را خوب اندازه بگیریـــد. این مطلب را لُرد کلوین، فیزیک دان معروف در قرن نوزدهم، به خوبی بیان کرده اســـت: «اغلب می گویم وقتی بتوانید چیزی را اندازه بگیرید و آن را با اعداد بیان کنید، چیزی درباره ی آن می دانید. اگر نتوانید آن را اندازه بگیرید و وقتی قادر نباشـــید آن را با اعداد بیان کنید دانش شـــما ناچیز و غیرقابل قبول اســـت، که گرچه شـــاید آغاز معرفت باشد، ولی هر چه هست مشـــکل بتوان گفت که تفکر شما تا مرحله ی علم پیش رفته اســـت.» اندازه گیری های علمی چیز جدیدی نیست و به دوران باستان برمی گردد، مثلاً در قرن سوم پیش از میلاد، اندازه ی زمین، ماه، خورشید و نیز فاصله ی بین آن ها تقریباً دقیق اندازه گیری شده بود.



کمیت های فیزیکی: بـــرای بررســـی و مطالعه ی پدیده های فیزیکـــی به طور کمّی، از یک دســـته کمیت های فیزیکی استفاده‌می کنیم، به طوری که علم فیزیک مبتنی بر اندازه گیری این کمیت هاست.

کمیت های اصلی: به کمیت هایی که به طور مستقیم قابل اندازه گیری باشند، کمیت های اصلی گفته می شـــود.

همان طور که دیدیم زمان، طول و جرم از جمله کمیت های اصلی در SIهســـتند که می توان آن ها را به طور مستقیم اندازه گرفت

کمیت های فرعی: برای اندازه گیری تعداد بسیار زیادی از کمیت ها در فیزیک باید از رابطه هایی که بین کمیت ها وجود دارد اســـتفاده کنیم و به طور غیر مســـتقیم کمیت موردنظر را اندازه بگیریم. به کمیت هایی که روشـــی مستقیم برای اندازه گیری آن ها وجود ندارد، کمیت های فرعی گفته می شـــود

بـــرای مثال درعلـــوم دوره ی راهنمایـــی دیدیم اگر بخواهیم ســـرعت متوسط دوچرخه سواری را حساب کنیم باید فاصله ی طی شـــده را بر زمانی که این مســـافت طی می شـــود تقســـیم کنیم مقدار سرعت متوسط دوچرخه سوار را به دست می آوریم

آوریم.به این ترتیب یکای سرعت متوسط از تقسیم دو یکای اصلی به دست می آید ودر SI یکای آن متر بر ثانیه m/s است. مساحت و حجم از کمیت های فرعی دیگری هستند که پیش از این با چگونگی اندازه گیری یا محاسبه ی آن ها آشنا شده اید. همان طور که به یاد دارید برای محاسبه ی مساحت سطح یک جسم که شکل هندسی منظم دارد، می توانیم از رابطه ی مربوط به مساحت آن سطح استفاده کنیم. مثلاً مساحت مستطیلی به ضلع های a و b برابر $A=ab$ و مساحت یک قرص دایره ای به شعاع R برابر $A=\pi R^2$ است. اما شکل سطح هرچه باشد، واحد مساحت در SI متر مربع است که به صورت m^2 نوشته می شود. سانتی متر مربع cm^2 واحد دیگری برای مساحت است که به صورت زیر با متر مربع رابطه دارد:

$$1m^2=100cm\times100cm=10^4cm^2$$

همچنین به یاد دارید که حجم یک مکعب مستطیل به ابعاد a و b و c برابر $v=abc$ است. یکای حجم در SI متر مکعب است که به صورت m^3 نوشته می شود. یکاهای دسی متر مکعب)لیتر(و سانتی متر مکعب، یکاهای کوچک تر از متر مکعب اند که به صورت زیر با یکدیگر رابطه دارند:

$$1m^3=10^3\ lit=10^6cm^3$$

مثال:

مطابق شکل قطعه ای سنگ به شکل نامنظم در اختیار داریم. آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان حجم این قطعه سنگ را اندازه گرفت.

کمیت های نرده ای و برداری: در بخش قبل دیدیم که برخی از کمیت های فیزیکی مانند جرم، زمان و طول را که در SI کمیت های اصلی نامیده می شوند می توان به طور مستقیم اندازه گرفت. همچنین تعداد بسیاری دیگر از کمیت ها مانند حجم، سرعت، نیرو، انرژی، توان و ... را که در SI کمیت های فرعی نامیده می شوند تنها به طور غیرمستقیم قابل اندازه گیری هستند. به این ترتیب کمیت های فیزیکی با توجه به چگونگی اندازه گیری آن ها، که می تواند مستقیم یا غیرمستقیم باشد، به کمیت های اصلی و فرعی رده بندی می شوند. از سوی دیگر کمیت های فیزیکی به دو نوعِ نرده ای و برداری نیز تقسیم می شوندکه در ادامه با این تقسیم بندی بیش تر آشنا خواهیم شد.

کمیت های نرده ای: کمیت هایی مانند جرم یک جسم، تعداد صفحه های یک کتاب، حجم یک استخر، مساحت حیاط مدرسه ی شما، زمان اذان مغرب در روز معینی از سال در یک محل خاص، طول قد شما و نظایر آن که تنها با یک عدد و یکای مشخص می شوند، کمیت های نرده ای)عددی(نامیده می شوند.

جمع، تفریق، تقسیم و دیگر محاسبه های ریاضی کمیت های نرده ای، از قاعده های متداول در ریاضی پیروی می کنند. به طور مثال اگر یک لیتر آب را در ظرفی که دو لیتر آب دارد بریزیم، سه لیتر آب در ظرف خواهیم داشت:

۳ لیتر = ۲ لیتر + ۱ لیتر

کمیت های برداری: فرض کنید از دانش آموزی پرسیده شود که فاصله ی خانه تا مدرسه اش چقدر است؟ و او بگوید «۰۵۲۱ متر». آیا با این پاسخ می توان با پیمودن یک مسیر دلخواه به مسافت ۰۵۲۱متر از خانه ی او به مدرسه اش رسید؟ آشکار است که پاسخ منفی است، زیرا نقطه های زیادی هستند که فاصله ی آن ها از خانه ی او ۰۵۲۱متر است‌بنابراین موقعیت مدرسه نسبت به خانه را نمی توان تنها با یک عدد بیان کرد. بلکه باید جهتی را هم، مثلاً

جنوب غربی، بر آن عدد اضافه کرد. در فیزیـــک کمیت هایی وجود دارد که افزون بر مقدار یا اندازه، دارای جهت نیز هســـتند و جمع آن ها نیز از قاعده های معینی پیروی می کند. به این کمیت ها، کمیت های برداری گفته می شـــود. جابه جایی، سرعت، شتاب و نیرو از جمله کمیت های برداری هستند که در فصل های بعدی با آن ها بیش تر آشنا خواهیم شد

برای نشان دادن هر بردار دلخواهی مانند بردار $\vec{A}$ ، از خط جهت داری استفاده می کنیم که طول آن خط، اندازه ی بردار و جهت آن، جهت بردار را نشان می دهد(شکل الف) در صورتی که اندازه و جهت دو بردار مطابق شـــکل(ب)یکســـان باشـــد، دو بردار را مســـاوی می نامند و می توان نوشت $\vec{A} = \vec{B}$

دو بردار مســـاوی $\vec{A}$ و $\vec{B}$ که جهت یکسان و بزرگی برابری دارند.

ب:

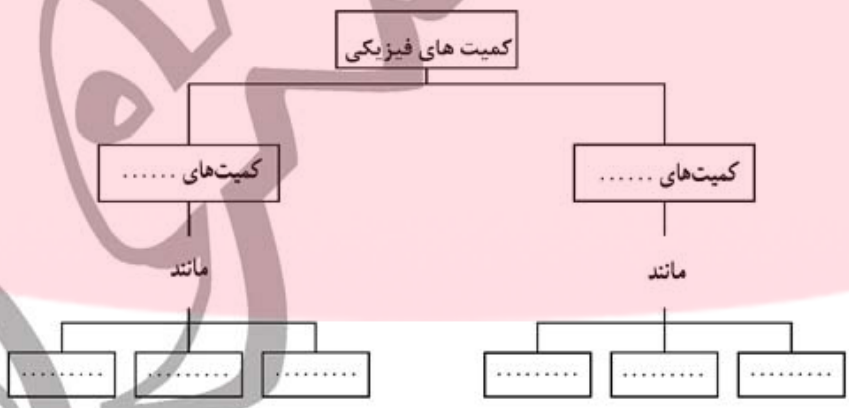
بردار $\vec{A}$ با طول ۳ واحد

الف:

مثال:

با استفاده از کلمه های زیر، نقشه ی مفهومی داده شده را کامل کنید.

اصلی ، فرعی ، زمان ، انرژی ، طول ، سرعت ، جرم ، نیرو



اندازه گیری ودستگاه بین المللی یکاها

در علم فیزیک هرچیزی قابل اندازه گیری است. اندازه گیری در واقع مقایسه ی یک کمیت با یک مقدار مرجع و استاندارد است. مثلاً وقتی مقداری برنج را در کفه ی ترازو می گذاریم، در طرف دیگر چند سنگ کیلو می گذاریم و دو طرف را با هم مقایسه می کنیم تا برابر شوند. سیستم SI یک سیستم مرجع استاندارد بین المللی برای اندازه گیری است. نیازهای امروز بشر باعث می شود تا نتایج اندازه گیری در تمام دنیا قابل فهم باشد. به عنوان مثال اگر به یک توریست فرانسوی بگوییم فاصله ی دو شهر از هم ۰۵ فرسنگ است هیچ چیز متوجه نمی شود. دانشمندان مقادیر مشخصی از کمیت های مختلف را به عنوان یکا تعریف می کنند و مورد پذیرش بین المللی قرار می گیرد. حال مسئله ی دیگری پیش می آید و آن اینکه هزاران کمیت فیزیکی وجود دارد که اگر بخواهیم برای هریک، یکایی تعریف کنیم کاری بسیار مشکل و بیهوده است. چرا بیهوده؟ زیرا بسیاری از کمیت ها به هم وابسته اند. در نتیجه کمیت های مستقل از هم را کمیت اصلی می نامیم و کمیت های وابسته به کمیت های اصلی را کمیت فرعی می نامیم.

یکاهای دستگاه بین المللی

سرنام SI از عبارت Le Système International d' Unités

گرفته شده که در زبان فرانسه به معنی دستگاه بین المللی یکاها است، و گاهی آن را دستگاه متری نوین هم می گویند. بین المللی شدن دستگاه متری از پیمان نامه ای درباره ی متر حاصل شده است که در سال ۱۸۷۵ به امضای هفده کشور عضو رسید. دستگاه بین المللی SIدر سال ۱۹۶۰ و اساساً به دنبال اصلاحاتی پدید آمد که رد یکی از دستگاه های متر ــ کیلو گرم ــ ثانیه (MKS)صورت گرفت. یکاهای اندازه گیری مورد قبول عموم،برقراری ارتباط و تجارت را در سطح فراملی آسان می کنند. دانشمندانی که نیاز به برقراری ارتباط در سطح بین المللی دارند، جز در مواردی خاص،همیشه یکاهای دستگاه متری را به کار می برند. شرکت های فعال در زمینه ی تجارت بین المللی نیز SIرا به کار می برند. یکاهای رایج در برخی کشورها نیز براساس ISمشخص می شوند. اینچ و پوند برحسب متر و کیلوگرم تعریف می شوند؛ و یکاهای دیگر مانند یکاهای الکتریکی هم مستقیماً ازSI گرفته شده اند.

ویژگی های اصلی SI

یکاهای SIاز بسیاری جهات واقعاً از یکاهای دیگر برترند،و بسیاری از کاربران بعد از کمی کارکردن با آن سادگی اش را تحسین می کنند. یکاهای اصلی SIهفت یکا هستند و تمام یکاهای دیگر به اصطلاح فرعی را هم با استفاده از آن ها می سازند.

جدول ۱ــ یکای اصلی SI

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
جریان الکتریکی	آمپر	A
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
شدت درخشش	شمع	cd

استاندارد های طول - جرم - زمان

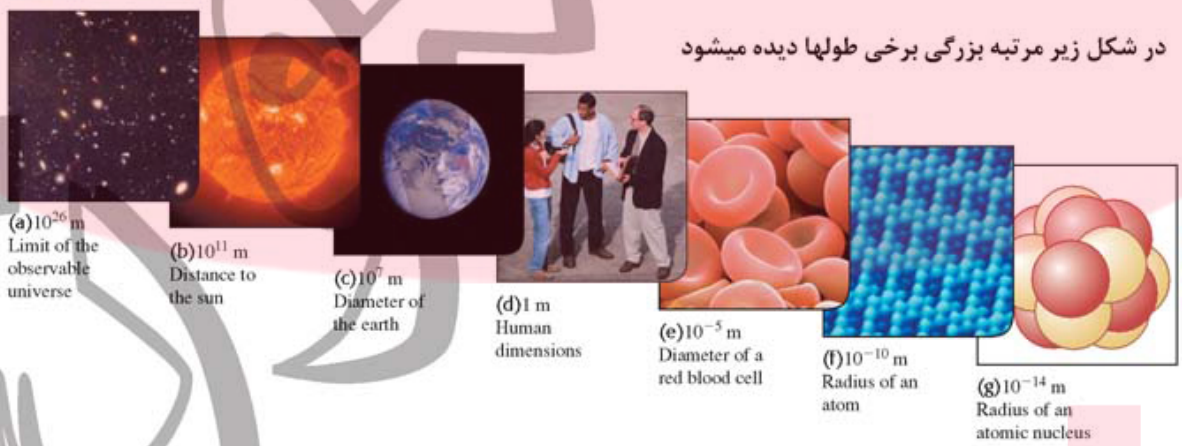
طول: یکای طول در SI متر نام دارد که آن را با نماد m نمایش می دهند. بنابر آخرین تعریف مجمع عمومی اوزان ومقیاس ها در سال ۲۶۳۱)هـ. ش(، یک متر برابر فاصله ای است که نور در بازه ی زمانی $\frac{1}{299792458}$ ثانیه، در خلأ می پیماید.

این تعریف بسیار تخصصی که لازم نیست آن را از بر کنید! برای اندازه گیری های بسیار دقیق طول به کار می رود. شکل زیرمیله ی استاندارد طول را نشان می دهد.

وقتی طول هایی را اندازه می گیریم که از یک متر خیلی بزرگ تر یا خیلی کوچک ترند، معمولاً یکاهایی را به کار می بریم که ده ها بار از متر بزرگ تر یا کوچک ترند. برای مثال، ضخامت یک ورقه ی کاغذ، اگر بر حسب میلی متر بیان شود بسیار مناسب تر است تا بر حسب متر

میله ی استاندارد طول از جنس
پلاتین ـ ایریدیم که در موزه ای نزدیک
پاریس نگه داری می شود.

در شکل زیر مرتبه بزرگی برخی طولها دیده میشود



در اندازه گیری طولهایی که خیلی بزرگ یا کوچک نیستند از خط کشهایی که بر حسب سانتی متر یا میلی متر درجه بندی شده اند استفاده به عمل می اوریم

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع $cm۱۰^۴$و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع اســـت.

حساب کنید قطر زمین تقریباً چند ذرع و چند فرسنگ است؟ قطر متوسط زمین را $km۱۲۸۰۰$ بگیرید

$$\text{قطر زمین بر حسب ذرع} = \frac{۱۲۸۰۰\times۱۰^۳\,m}{۱/۰۴\,m} \simeq ۱۲۳\times۱۰^۵ \quad \text{ذرع}$$

$$\text{قطر زمین بر حسب فرسنگ} = \frac{۱۲۳\times۱۰^۵}{۶۰۰۰} = ۲۰۵۰ \quad \text{فرسنگ}$$

جـــرم: یکای جرم در SI کیلوگرم نام دارد که آن را با نماد kg نمایش می دهند. اســـتاندارد جرم در SI ،جرم استوانه ای از جنس پلاتین- ایرید یم است‌با ۹۰درصد پلاتیـــن و ۱۰ درصـــد ایریدیم که در سازمان بین المللی اوزان و مقیاس هادر نزدیکی پاریس نگه داری می شـــود

قطعـــه ای از آلیاژ پلاتین ایریدیـــم

خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی است که برای اندازه گیری جرم به کار می رفته است. این یکاها به صورت زیر با یکدیگر مرتبط اند

۱من تبریز=۴۰ سیر=۶۴۰ مثقال ۱ مثقال=۲۴ نخود=۹۶ گندم ۱ خروار= ۱۰۰من تبریز

بـا توجـه به این که هـر مثقال معادل ۴/۸۶ گرم اسـت، هر کـــدام از این یکاها را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

ابتدا باید همه ی یکاهای ذکر شده را برحسب مثقال به دست آوریم، ســـپس هر کدام را در عدد۴/۸۶ ضرب نماییم

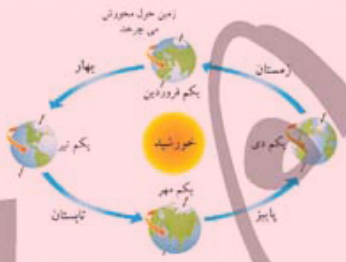
حاصل برحسب گرم باشد. برای مثال داریم: ۶۴۰= ۱من تبریز مثقال ۶۴۰×۴/۸۶=گرم ۳۱۱۰/۴=گرم

$$۱\ \text{گندم} = \frac{۱\ \text{مثقال}}{۹۶} = \frac{۴/۸۶\ \text{گرم}}{۹۶} \simeq ۰/۰۵\ \text{گرم}$$

گروه آموزشی عصر
ASR_Group @ outlook.com
@ASRschool2

زمان

مفهـــوم زمان با ایده ی تغییرات مداوم و مکرری که در دنیای فیزیکی صورت می گیرد، ارتباط دارد. تغییر)و تغییر مکرر(را آشکارا می بینیم. بدن هر انسانی به پیری می گراید، در عین حال نسل های جدیدی به دنیا می آیند و آن ها هم پیر می شوند. خورشید هر روز صبح طلوع می کند، فصل ها تغییر می کنند و تکرار می شوند. قلب ما با آهنگی نسبتاً ثابت می تپد و ما به ساعتی روان شناختی و داخلی مجهز هستیم که با استفاده از آن می توانیم به تند و کند بودن ضربان قلب پی ببریم. گالیله متوجه شـــد که آهنگ رفت و برگشـــت آونگ هایی که در حال تاب خوردن هستند ثابت است. او با شمارش ضربان نبض خود این نکته را به اثبات رساند. ساعت آونگی، برای مدت زمانی، یکی از پایدارترین روش های اندازه گیری زمان محسوب می شد. تا چندی پیش، از چرخش (یا حرکت وضعی) زمین به عنوان مبنا برای اندازه گیری زمان اســـتفاده می شـــد و هم چنین پایدارترین ســـاعت های آونگی در اندازه گیری زمان با پایداری چرخش زمین قابل مقایسه اند. قبل از اختراع ساعت قابل حمل)مثل ساعت مچی(تعیین وقت بسیار دقیق نبود و برنامه های کاری با الفاظی مانند سپیده دم، وسط روز، ظهر و از این قبیل تنظیم می شد



با چرخش همزمان زمین به‌دور خودش وخورشید،روزها و فصل ها پدید می آید. شروع هرفصل در نیمکره شمالی در این شکل نشان داده شده است.

زمـان: یکای زمان در SI ثانیه نام دارد که آن را با نماد s نمایش می دهند. برای تعیین یکای زمان و نیز ساخت وسیله ی اندازه گیری زمان همواره از پدیده های تکرار شونده استفاده می شود. حرکت زمین برای انســـان ســـاعتی طبیعی بوده اســـت. وقتی زمین به دور خورشـــید می چرخد، سال ها را می شمارد و وقتی به دور خود می چرخـــد)حرکت وضعی(، روزها را شـــمارش می کند. برای مدت طولانی حرکت وضعی زمین مبنایی برای تعیین یکای زمان بود. مطابق این مبنا، هر شـــبانه روز یعنی مدتی که زمین یک بار به دور محورش می چرخد به ۲۴قســـمت تقسیم شـــده و هر قسمت یک ساعت نام گرفته است. هر ساعت به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه به ۶۰ قسمت به نام ثانیه تقسیم شده است.

به این ترتیب یکای زمان، $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ برابر مدتی که طول می کشد تا زمین یک بار به دور محور خود بچرخد، تعریف شد

پیشوندهای SI:

همان طور که دیدید و گفته شد ، برای راحتی محاسبه ی اعداد بسیار بزرگ و کوچک از نمادگذاری علمی استفاده می کنیم . برای راحتی خواندن و بیان کردن اعداد بسیار بزرگ و کوچک از پیشوندهای SI استفاده می کنیم. هر پیشوند یک‌ضریب‌است.

پیشوندهای کوچکتر از ۱: ضریب این پیشوندها که برای اعداد کوچک به کار می رود ، کوچکتر از ۱ است.

پیشوند	ضریب تبدیل	نماد	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد
دسی	$\frac{۱}{۱۰}=۱۰^{-۱}$	d	دکا	۱۰	da
سانتی	$\frac{۱}{۱۰۰}=۱۰^{-۲}$	c	هکتو	۱۰۰	h
میلی	$\frac{۱}{۱۰۰۰}=۱۰^{-۳}$	m	کیلو	۱۰۰۰	k
میکرو	$\frac{۱}{۱۰^{۶}}=۱۰^{-۶}$	μ	مگا	$۱۰^{۶}$	M
نانو	$\frac{۱}{۱۰^{۹}}=۱۰^{-۹}$	n	گیگا	$۱۰^{۹}$	G
پیکو	$\frac{۱}{۱۰^{۱۲}}=۱۰^{-۱۲}$	p	ترا	$۱۰^{۱۲}$	T

نماد گذاری علمی :

در فیزیک گاهی پس از اندازه گیری با اعداد بسیار بزرگ و گاهی با اعداد بسیار کوچک برخورد می کنیم . برای راحتی انجام محاسبات با این اعداد ، از روش نماد گذاری علمی استفاده می کنیم.

تبدیل اعداد بزرگ به اعداد کوچک با توانهای مثبت ده :

ابتدا یک ممیز فرضی جلوی عدد می گذاریم و یک ممیز در جایی که می خواهیم. به تعداد ارقامی که بین دو ممیز قرار دارد ، به عدد ده توان مثبت می دهیم.

مثال حل شده:

$۳۰۰۰۰۰ = ۳ \times ۱۰^{?}$

$۳۰۰۰۰۰ = ۳/۰۰۰۰۰ = ۳ \times ۱۰^{۵}$

$۲۵۰۰ = ۲/۵ \times ۱۰^{?}$

$۲۵۰۰ = ۲/۵۰۰ = ۲/۵ \times ۱۰^{۳}$

اعداد زیر را به شیوه ی نماد علمی بنویسید:

۶۵۰۰۰۰ الف $= ۶/۵ \times ۱۰^{?}$

ب)۸۳۴۰۰۰۰۰۰۰ $= ۸۳/۴ \times ۱۰^{?}$

-تبدیل اعداد کوچک به اعداد بزرگ با توانهای منفی ده:

دو ممیز در جایی که می خواهیم قرار می دهیم و به تعداد ارقام بین دو ممیز، به ۱۰ توان منفی می دهیم.

مثال حل شده :

$۰/۰۰۰۰۴۵ = ۴/۵ \times ۱۰^{?}$

$۰/۰۰۰۰۴۵ = ۰/۰۰۰۰۴/۵ = ۴/۵ \times ۱۰^{-۵}$

$۰/۰۰۳۴۵ = ۳/۴۵ \times ۱۰^{?}$

$۰/۰۰۳۴۵ = ۰/۰۰۳/۴۵ = ۳/۴۵ \times ۱۰^{-۳}$

تمرین :

اعداد زیر را به شیوه ی نماد علمی بنویسید

الف)۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۵ $= ۵/۵ \times ۱۰^{?}$

ب)۰/۲۵ $= ۲۵ \times ۱۰^{?}$

- تبدیل اعداد با توان ده مثبت به عدد معمولی:

برای این کار ، اگر عدد اعشاری نباشد ، به تعداد توان ۱۰ جلوی عدد صفر می گذاریم. اما اگر عدد اعشاری باشد، ابتدا به تعداد عـداد بعد از ممیز از توان کم می کنیم و اگر از توان چیزی باقی ماند ، به تعداد آن در جلوی عدد حاصل صفر می گذاریم.

مثال حل شده:

$۳۵ \times ۱۰^{۳} = ۳۵۰۰۰$

$۳/۵ \times ۱۰^{۳} = ۳۵ \times ۱۰^{۲} = ۳۵۰۰$

$۰/۰۰۳۵ \times ۱۰^{۳} = ۳/۵$

تمرین :

اعداد زیر را از نماد علمی خارج و به صورت عدد معمولی بنویسید

الف)۸/۹۹ $\times ۱۰^{۱} = \cdots$

ب)۰/۰۰۰۰۰۶۷ $\times ۱۰^{۵} = \cdots$

تبدیل اعداد با توان ده منفی به عدد معمولی:

برای اینکار ، یکان عددی را که به صورت نماد علمی نوشته شده را باید به تعداد توان بعد از ممیز قرار دهیم

مثال- حل شده:

$۴۳/۵ \times ۱۰^{-۶} = \cdots$

در این عدد، عدد ۳ یکان است و باید، ششمین عدد بعد از اعشار باشد.

$۰/۰۰۰۰۴۳۵$

مثال دوم:

$۰/۲ \times ۱۰^{-۲} = \cdots$

در این عدد، یکان صفر قبل از ممیز است که باید دومین عدد بعد از ممیز باشد.

$۰/۰۰۲$

تمرین :

اعداد زیر را از نماد علمی خارج و به صورت عدد معمولی بنویسید

الف) $۲/۲۵ \times ۱۰^{-۵} = \cdots$

ب) $۰/۶۲ \times ۱۰^{-۴} = \cdots$

تبدیل یکاها:

اغلب لازم می شود که یکایی را که بیان کننده ی کمیتی فیزیکی است، به یکای دیگر تبدیل کنیم. این کار را با روشی به نام تبدیل زنجیره ای انجام می دهیم. در این روش، انداز ه ی اولیه را در یک ضریب تبدیل ضرب می کنیم. برای مثال، چون ۱ min (یک دقیقه) و ۶۰ s (شصت ثانیه) باز ه‌های زمانی یکسانی هستند، داریم:

$$\frac{۱\,\text{min}}{۶۰\,\text{s}} = ۱ \quad , \quad \frac{۶۰\,\text{s}}{۱\,\text{min}} = ۱$$

بنابراین هر دو کسر بالا را که برابر واحد هستند می توان به عنوان ضرایب تبدیل به کار برد.از آن جا که ضرب کردن هر کمیت در واحد،تغییری در آن کمیت به وجود نمی آورد، هرگاه که ضریب تبدیلی را سودمند بیابیم می توانیم از آن بهره بگیریم. مثلاً برای تبدیل ۵ min به کمیتی با یکای ثانیه، داریم:

$$۵\,\text{min} = ۵\,\text{min} \times (۱) = (۵)\text{min} \left(\frac{۶۰\,\text{s}}{۱\,\text{min}}\right) = ۳۰۰\,\text{s}$$

اگر تبد یل یکاها را درست انجام دهید یکاهای ناخواسته به گونه ی مثال بالا حذف خواهند شد. برای آن که مطمئن شوید که یکاها را درست تبدیل کرد هاید باید در تمام مرحله های محاسبه یکاها را بنویسید. در پایان ببینید آیا جواب شما منطقی است. آیا نتیجه ی ۵ min = ۳۰۰ s منطقی است؟ جواب مثبت است، ثانیه یکای کوچک تری از دقیقه است، بنابراین در یک باز هی زمانی تعداد بیش تری ثانیه وجود دارد تا دقیقه.

نکته ۱ : هر لیتر یک دسی متر مکعب است.

مثال :

$$۱۰۰mm^۳ = \ldots\ldots\ldots m^۳$$

$$۱۰^۲ \times \left(\frac{۱۰^{-۳}}{۱}\right)^۳ = ۱۰^۲ \times ۱۰^{-۹} = ۱۰^{-۷}$$

نکته ۲: تبدیل یکا های زیر را به دلیل اهمیتی که دارند حفظ کنید:

$$cm^۲ \xrightarrow{\times ۱۰^{-۴}} m^۲$$

$$cm^۳ \xrightarrow{\times ۱۰^{-۶}} m^۳$$

$$mm^۲ \xrightarrow{\times ۱۰^{-۶}} m^۲$$

$$mm^۳ \xrightarrow{\times ۱۰^{-۹}} m^۳$$

$$lit \xrightarrow{\times ۱۰^{-۳}} m^۳$$

نکته۳ : هر تن برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

نکته ۴: هر سال نوری مسافتی است که نور در مدت یک سال می پیماید.

مثال:

لولهٔ یک ماشین آتش‌نشانی در هر دقیقه ۳۰۰ لیتر آب روی آتش می‌ریزد. این عدد را بر حسب $m^۳/s$ بیان کنید. هر لیتر برابر $۱۰۰۰ cm^۳$ است.

حل: ابتدا لیتر را بر حسب $m^۳$ به دست می‌آوریم:

$$۱lit = ۱۰۰۰ cm^۳ = ۱۰۰۰ cm^۳ \times \left(\frac{۱m^۳}{۱۰^۶ cm^۳}\right) = ۱۰^{-۳} m^۳$$

به این ترتیب $۳۰۰۰ lit/min$ برابر است با:

$$۳۰۰ lit/min = ۳۰۰ \times \frac{۱۰^{-۳} m^۳}{۶۰s} = ۵ \times ۱۰^{-۳} \frac{m^۳}{s}$$

شخصی در یک پرهیز(رژیم) غذایی $۱/۸ kg$ در هفته جرم خود را از دست می‌دهد (یا اصطلاحاً وزن کم می‌کند). آهنگ از دست دادن جرم را بر حسب گرم بر ساعت بیان کنید.

حل: با توجه به اینکه هر هفته $۱۶۸ h$ و هر کیلوگرم $۱۰^۳$ گرم است، داریم:

$$۱/۸ \frac{\text{کیلوگرم}}{\text{هفته}} = ۱/۸ \times \frac{۱۰^۳ g}{۱۶۸ h} = ۱۰/۷ g/h$$

سازگاری یکاها:

هر کمیت فیزیکی را با نماد مشخصی نشان می دهیم. برای مثال اندازه شتاب را با a و جرم را با m نشان می دهیم. همچنین برای بیان ارتباط بین کمیت های فیزیکی، از روابط و معادله ها استفاده می کنیم. یکی از این رابطه های فیزیکی، قانون دوم نیوتون، $F = ma$، است هنگام استفاده از این رابطه و جایگذاری اندازه هر کمیت در آن، باید به سازگاری یکاها در دو طرف رابطه توجه کنیم. اگر بخواهیم حاصل دو طرف رابطه برحسب یکاهای SI بیان شود باید یکای کمیت های داده شده را نیز به یکاهای SI تبدیل کنیم. برای مثال، اگر جرم جسمی ۳۲۵g وشتاب آن $۱/۷۵ m/s^2$ باشد، برای سازگاری یکاها در دو طرف معادله، باید یکای جرم جسم را به کیلوگرم تبدیل کنیم. در این صورت مقدار حاصل را می توان‌برحسب یکای نیوتون بیان کرد.

$$F = ma = (۰/۳۲۵ kg)(۱/۷۵ m/s^۲) = ۰/۵۶۹ N$$

یکای دو طرف معادله با هم سازگار است.

- تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید:

a. $۲۰\ cm^۲ = \ldots\ldots mm^۲$

b. $۶۰۰\ nA = \ldots\ldots PA$

c. $۲۰۰۰\ m^2 = \ldots\ldots$ هکتار

d. $۰/۰۲\ lit = \ldots\ldots cm^۳$

e. $۴\ g/cm^3 = \ldots\ldots\ kg/m^3$

f. $۵۰\ kg/m^3 = \ldots\ldots\ g/cm^3$

g. $۵۰\mu m^۲ = \ldots\ldots mm^۲$

h. $۵/۲\times۱۰^{-۱}Km^۲ = \ldots\ldots hm^۲$

i. $۰/۵mA = \ldots\ldots\mu A$

j. $۲\times۱۰^{۴}nc = \ldots\ldots\mu c$

k. $۲\times۱۰^{-۵} = \ldots\ldots cm^۳$

l. $۳\times۱۰^{۱۰}\mu m^۳ = \ldots\ldots lit(dm^۳)$

m. $۵\frac{Kj}{g} = \ldots\ldots\frac{J}{Kg}$

n. $۱۰۰۰\frac{Kg}{m^۳} = \ldots\ldots\frac{g}{cm^۳}$

۱- رکورد رسمی جهانی سرعت روی زمین۱۲۲۸۰ کیلومتربرساعت است که در۴۲ مهرماه سال ۶۷۳۱توسط اندی گرین با اتومبیلی مجهز به موتور جت به دست آمد. این سرعت را برحسب متر بر ثانیه بیان کنید.

حل: با توجه به این که $۱km = ۱۰۰۰m$ و $۱h = ۳۶۰۰s$ است داریم:

$$۱۲۲۸/۰\ km/h = \left(۱۲۲۸/۰\times۱۰^۳\frac{m}{h}\right)\left(\frac{۱h}{۳۶۰۰s}\right) = ۳۴۱/۱۱\ m/s$$

یادآوری این نکته مفید است که سرعت قدم زدن حدود ۱ m/s است و در مقایسه، سرعت ۳۴۱ m/s به واقع سریع است

۲- یکای مساحت که اغلب برای اندازه گیری مساحت زمین به کار می رود هکتار است که به صورت متر مربع $۱۰^۴$ تعریف شده است . مساحت کره ی زمین تقریباً چند هکتار است؟ شعاع زمین را ۶۴۰۰کیلو متر در نظر بگیرید

مساحت کره ی زمین برحسب مترمربع $m^۲$ برابر است

$$A = ۴\pi R^۲ = ۴\times۳/۱۴\times(۶۴۰۰\times۱۰^۳\ m)^۲ = ۵۱۴۴۵۷۶\times۱۰^۸\ m^۲$$

به این ترتیب مساحت کره ی زمین برحسب هکتار برابر است با:

$$A = \frac{۵۱۴۴۵۷۶\times۱۰^۸\ m^۲}{۱۰^۴\ m^۲} = ۵۱۴۴۵۷۶\times۱۰^۴$$ هکتار

۳- اگر در هر قدم ۰/۶ m جلو بروید، برای پیمودن ۱ km چند قدم باید بردارید؟

-کافی است برای به دست آوردن تعداد قدم ها ۱ km را بر طول هر قدم تقسیم کنیم. بنابراین:

$$N = \frac{۱۰۰۰m}{۰/۶m} = ۱۶۶۶$$ قدم

خطا و دقت اندازه گیری

در اندازه گیری کمیت های مختلف مانند طول، جرم، زمان و غیره هیچ گاه نمی توان اندازه ی واقعی را به‌دست آورد

زیرا در هنگام اندازه گیری دچار خطاهایی می شویم. با انتخاب وسیله های دقیق و روش صحیح اندازه گیری می توان مقدار خطا را کاهش داد، اما اندازه ی آن به صفر نمی رسد.توجه به این نکته ضروری است که در نوشتن یا

بیان نتیجه های حاصل از اندازه گیری باید رقمهایی را که خارج از حدود دقت ابزار اندازه گیری است حذف کرد. اگر به کمک خط کشی که دقت آن تا میلی متر است طول و عرض مستطیلی را به ترتیب a=۳/۶ cm و b =۲/۴ cm اندازه گیری شده باشد مساحت مستطیل با توجه به رابطه ی A=ab برابر ۸/۶۴ cm^2 می شود. اما با توجه به این که دقت ابزار اندازه گیری ما، یعنی خط کش، تنها تا میلی متر بوده است لذا باید گفت مساحت مستطیل A =۸/۶ cm^2 است. به عبارت دیگر وقتی مساحت A را برابر ۸/۶۴ cm^2 گزارش می دهیم، نتیجه را با دقتی بیان کرده ایم که ابزار اندازه گیری ما فاقد آن دقت بوده است.

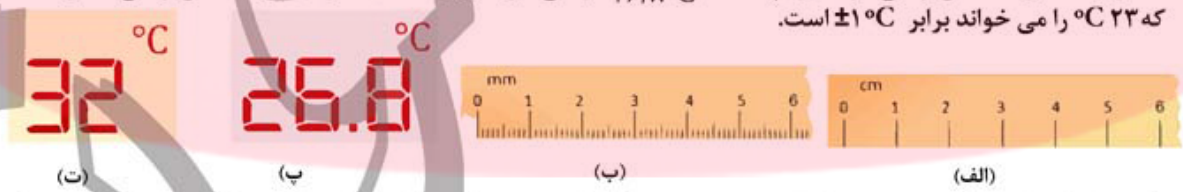
به کمترین مقداری که یک وسیله ی اندازه گیری می تواند اندازه گیری کند، دقت اندازه گیری آن وسیله گفته می شود. به عنوان مثال دقت اندازه گیری یک خط کش معمولی ۱ میلی متر است. یعنی عدد ۱/۱ سانتی متر می تواند حاصل اندازه گیری با این خط کش باشد، در صورتیکه عدد۱/۱۱ سانتی متر خیر. زیرا این خط کش نمی تواند ۰/۱ میلی متر را اندازه گیری کند.

با انتخاب وسیله های دقیق وروش اندازه گیری صحیح می توان مقدار خطا را کم کرده ودقت وسیله اندازه گیری را افزایش داد دقت اندازه گیری به حساسیت وسیله ، مهارت شخص اندازه گیر وتعداد دفعات اندازه گیری شده بستگی دارد

برای کاهش خطا در اندازه گیری هر کمیت، معمولا آن اندازه گیری را چند بار تکرار کرده ودر صورت تفاوت اعداد به دست آمده میانگین اعدادرا در نظر می گیرند و ازاعدادی که اختلاف زیاد با سایر اندازه گیری ها دارند صرفنظر می کنند

تذکر:

خطای اندازه گیری توسط خط کش و سایر وسیله های درجه بندی شده، $\frac{۱}{۲}\pm$ کمینه تقسیم بندی مقیاس آن وسیله است و برای وسیله های رقمی دیجیتال مثبت و منفی یک واحد از آخرین رقمی است که می خوانند. به این ترتیب، خطای اندازه گیری که تا سانتی مترمدرج شده، برابر۰/۵cm ± شکل الف، خط کشی که تا میلی متر درجه بندی شده برابر ۰/۵mm ± شکل ب خطای دماسنج رقمی در شکل پ، که ۲۶/۸°C را می خواندبرابر ۰/۱°C ± و خطای دماسنج رقمی شکل ت، که ۲۳ °C را می خواند برابر ۱°C± است.



(ت) (پ) (ب) (الف)

دقت ابزارهای اندازه گیری مدرج، برابر کمینه درجه بندی آن ابزار است. برای مثال، دقت خط کشی که کمینه درجه بندی آن مطابق شکل زیر تا میلی متر است برابر ۱mm و خطای آن ۰/۵ mm ± است.

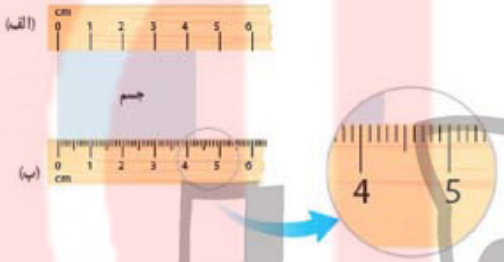
دقت اندازه گیری در ابزارهای رقمی (دیجیتال)، برابر یک واحد از آخرین رقمی است که آن ابزار می خواند. برای مثال، آخرین رقمی که دماسنج شکل زیر نشان می دهد ۰/۶°C ودقت آن ۰/۱°C است

خطای اندازه گیری در ابزارهای رقمی، برابر مثبت و منفی دقت آن ابزار است. به این ترتیب نتیجه اندازه گیری دما توسط دماسنج شکل مقابل را باید به صورت زیر گزارش کنیم:

$(۲۲/۶ \pm ۰/۱)^{\circ}C$

رقم های بامعنا و گزارش نتیجه ٔ اندازه گیری:

رقم هایی را که بعد از اندازه گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می کنید رقم های بامعنا می گویند. رقم آخر، که غیر قطعی و مشکوک است و آن را حدس می زنیم نیز جزو رقم های بامعنا محسوب می شود. برای مثال، فرض کنید می خواهید طول جسمی را با دو خط کش با درجه بندی و دقت متفاوت اندازه گیری کنید



خط کش شکل الف، برحسب سانتی متر مدرج شده است و خطای اندازه گیری آن ۰/۵ سانتی متر است. به نظر شما خط کش الف چه طولی را نشان می دهد؟ ۲/۴یا ۳/۴سانتی متر؟ از آنجا که خط کش الف برحسب میلی متر مدرج نشده است، لذا عددهای ۲ و ۳قطعی نیستند و آنها را حدس می زنیم. در این حالت نتیجه اندازه گیری شامل دو رقم بامعناست و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، اندازه گیری به صورت زیر ثبت و گزارش می شود:

$۴/۳\,cm \pm ۰/۵\,cm$ یا $۴/۲\,cm \pm ۰/۵\,cm$

رقم حدسی و غیرقطعی — خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری — دو رقم بامعنا

خط کش ب، چه طولی را نشان می دهد؟ ۴۲/۷یا ۴۲/۸میلی متر؟ از آنجا که خط کش شکل ب، برحسب میلی متر مدرج شده است، لذا عددهای ۷و ۸قطعی نیستند و آنها را حدس می زنیم. در این حالت اندازه گیری با سه رقم بامعنا بیان شده است و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، اندازه گیری به صورت زیر ثبت وگزارش میشود:

$۴۲/۸\,mm \pm ۰/۵\,mm$ $۴۲/۷\,mm \pm ۰/۵\,mm$

رقم حدسی و غیرقطعی — خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری — سه رقم با معنا

اعداد معنی دار و بی معنی

اعداد۱ سانتی متر و۱/۰ سانتی متر و ۰۰ /۱سانتی متر ظاهراً با هم برابرند. در صورتیکه عدد اول حاصل اندازه گیری با خط کشی است که دقت اندازه گیری آن سانتی متر است، یعنی میلی متر را اندازه گیری نمی کند. در صورتیکه عدد دوم حاصل اندازه گیری با خط کشی است که تا میلی متر را اندازه گیری می کند و عدد سوم تا ۰/۱ میلی متر. به عبارت دیگر عدد اول دارای یک عدد معنی دار و عدد دوم دو رقم معنی دار و عدد سوم سه رقم معنی دار.

اگر با اعداد فوق محاسباتی انجام دهیم، تعداد ارقام با معنی حاصل باید با کمترین تعداد ارقام با معنی اعداد فوق برابر باشد. در نظر بگیرید که می خواهید ضخامت یک شیشه را اندازه گیری کنید. یک بار از خط کش معمولی استفاده می کنید و عدد ۳/۷ سانتی متر را بدست می آورید و بار دیگر از ریزسنج استفاده می کنید و عدد ۳/۵۶ سانتی متر را بدست می آورید. عدد اول دارای دو رقم با معنی و عدد دوم دارای سه رقم با معنی می باشد. از آنجاییکه عدد اندازه گیری مشکوک است به آن رقم غیر قطعی گفته می شود

به عنوان مثال، در اندازه گیری فوق در عدد اول، عدد ۷ غیر قطعی و در عدد دوم، عدد ۵ غیر قطعی است

۱- هنگامی که دو عدد را در هم ضرب می کنیم یا بر هم تقسیم می کنیم، تعداد ارقام با معنی حاصل ضرب یا حاصل تقسیم باید برابر با کمترین تعداد ارقام با معنی اعداد اول باشد. به عنوان مثال می خواهیم جرم جسمی راکه برابر

است با ۲.۱ کیلوگرم در سرعت آن که برابر است با ۲۲.۴×۱۰^{۲} ضرب کنیم:

$$2.1 \times 2.24 \times 10^{3} = 4.704 \times 10^{3} = 4.7 \times 10^{3}$$

۲- اگر دو عدد را بخواهیم با هم جمع یا از هم تفریق کنیم (باید در نظر داشت که هنگام جمع یا تفریق یکا ها باید یکسان باشند)، ابتدا آنها را به صورت نماد علمی می نویسیم، به طوریکه توان۱۰در آنها یکسان باشد. سپس محاسبات را انجام داده و در نهایت دقت اندازه گیری در عدد حاصل باید با کمترین دقت برابر باشد. به عنوان مثال حاصل عبارت ۴/۸+۲۴۵/۴۱باید به صورت ۲۵۰/۲بیان شود. اگر نتیجه به صورت ۲۵۰/۲۱بیان شود نادرست است.

تذکر: روش شناسایی ارقام با معنا یا بدون معنا را می توان در جدول زیر یافت:

قاعده	مثال
تمام عددهای غیر صفر بامعنا هستند.	۷۸۸/۶ چهار رقم بامعنا دارد.
تمام صفرهایی که بین اعداد غیرصفر قرار دارند بامعنا هستند.	۴۰۸ سه رقم بامعنا دارد.
صفرهایی که در طرف چپ اعداد قرار دارند، بامعنا نیستند.	۰/۰۰۰۹۰۷ سه رقم بامعنا دارد.

تفاوت دقت و صحت:

دقت همواره به معنای صحت و درستی نیست. برای مثال، یک ساعت دیجیتال معمولی که ۷ ۳۵:۱ : ۰ ۱را نشان می دهد بسیار دقیق است (زمان را تا ثانیه اعلام می کند)، ولی اگر این ساعت چند دقیقه‌آهسته کار کند دیگر مقداری که نشان می دهد درست نیست. از سوی دیگر، یک ساعت قدیمی دیواری ممکن است زمان درست را نشان دهد دهد، ولی اگر این ساعت عقربه ثانیه شمار نداشته باشد دقت آن کم است. .

تخمین مرتبه بزرگی:

نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد زیادی دارد، تخمینِ مرتبه بزرگی نامیده می شود. عبارت مرتبه بزرگی، اغلب برای ارجاع به توان های ۱۰به کار می رود، زیرا نتیجه نیز به صورت توانی از ۱۰بیان می شود. لازم است توجه شود که در حل مسئله ها به روش تخمین مرتبه بزرگی، برخی اوقات ممکن است مرتبه بزرگی پاسخ، با پاسخ واقعی مسئله، یک یا دو مرتبه بزرگی متفاوت باشد. در تخمین مرتبه بزرگی، ابتدا همه اعداد به صورت نماد گذاری علمی نوشته می شوند و آنگاه از قاعده زیر استفاده می کنیم:

اگر $۱ \le x < ۵$ باشد در این‌صورت : $x \sim ۱۰^{۰}$ اگر $۵ \le x < ۱۰$ باشد در این‌صورت : $x \sim ۱۰^{۱}$

برای گرد کردن اعداد در فرایند تخمین مرتبه بزرگی، با توجه به قاعده ای که گفته شد مطابق مثال های زیر عمل می کنیم:

$۱۳۶ = ۱/۳۶ \times ۱۰^{۲} \sim ۱۰^{۲}$

این عدد کوچک‌تر از ۵ است و به‌صورت $۱۰^{۰}$ گرد می‌شود.

$۹۲۱۳۷ = ۹/۲۱۳۷ \times ۱۰^{۴} \sim ۱۰^{۵}$

این عدد بزرگ‌تر از ۵ است و به‌صورت $۱۰^{۱}$ گرد می‌شود.

$۰/۰۰۰۴۹۹ = ۴/۹۹ \times ۱۰^{-۴} \sim ۱۰^{-۴}$

این عدد کوچک‌تر از ۵ است و به‌صورت $۱۰^{۰}$ گرد می‌شود.

مثال:

تخمین بزنید که قلب یک نفر در طول عمرش چند لیتر خون را به سرخرگ آئورت پمپ می کند. قلب در هر ضربان به طور میانگین $70\ mc^3$ خون به سرخرگ آئورت پمپ می کند.

قلب یک شخص سالم در هر $0/8\ s$ یک بار خون را به سرخرگ آئورت پمپ می کند که با توجه به تخمین مرتبه بزرگی، مقدار آن را بر حسب توانی از ۱۰ به صورت $10^0\ s$ گرد می کنیم.

طول عمر میانگین انسان ها حدود ۷۵ سال (raey ۷۵) است که به صورت $10^2\ raey$ گرد می کنیم .

هر لیتر (L) برابر با $10^3\ cm^3$ است .

هر سال تقریباً برابر $3*10^7$ ثانیه است. با توجه به تخمین مرتبه بزرگی و برحسب توانی از ۱۰ یک سال به صورت 10^0 ثانیه گرد می شود

به این ترتیب، تعداد ضربان قلب (N) یک انسان در طول عمرش را می توان به صورت زیر تخمین زد:

$$N \sim (10^2\,\text{year})\left(\frac{10^7\,\text{s}}{1\,\text{year}}\right)\left(\frac{10^0\,\text{beat}}{1\,\text{s}}\right)=10^9\,\text{beat}$$

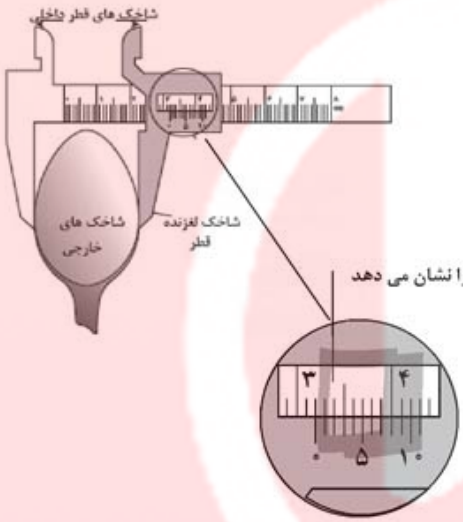
با توجه به فرض مسئله، مقدار خونی که در هر ضربان به سرخرگ آئورت پمپ می شود را به صورت $10^2 cm^3$ گرد می کنیم.بنابراین، حجم خون پمپ شده (V) به سرخرگ آئورت برابر است با:

$$V \sim (10^9\,\text{beat})\left(\frac{10^2\,\text{cm}^3}{\text{beat}}\right)\left(\frac{1\,\text{L}}{10^3\,\text{cm}^3}\right)=10^8\,\text{L}$$

اندازه گیری با کولیس

قطر داخلی و خارجی یک لوله را نمی توان با دقت و به آسانی با یک خط کش مدرج اندازه گرفت. برای اندازه گیری دقیق تر آن ها از کولیس استفاده می شود.کولیس از ترکیب یک خط کش مدرج و یک ورنیه متحرک درست شده است. منظور از ورنیه، درجه بندی خاص است که روی شاخک لغزنده قرار دارد و اندازه گیری را تا دهم میلی متر ممکن می سازد. ورنیه ده قسمت دارد که هر قسمت ۹/۰ میلی متر است. به عبارت دیگر،۹ میلی متر روی ورنیه به ده قسمت مساوی تقسیم شده است. به علت وجود این درجه بندی است که اندازه گیری تا۱/۰ میلی متر یا ۱۰/۰ سانتی مترممکن می شود. برخی از انواع کولیس ها برای اندازه گیری عمق، یک تیغه باریک دارند که به ورنیه متصل است و با آن حرکت می کند. اگر صفر ورنیه به صفر خط کش منطبق باشد انتهای تیغه بر انتهای خط کش منطبق می شود. در صنعت برای اندازه گیری قطر لوله، سیلندر و پیستون و طول وسایل مختلف از انواع کولیس ها استفاده می شود.

شکل زیر کولیسی را نشان می دهد که برای اندازه گیری پهنای یک قاشق به کار گرفته شده است. در برخی از کولیس ها در زیر ورنیه پیچ یا شاسی خاصی که کار ضامن را انجام می دهد وجود دارد و با استفاده از آن ورنیه را بر روی خط کش ثابت می کنند.



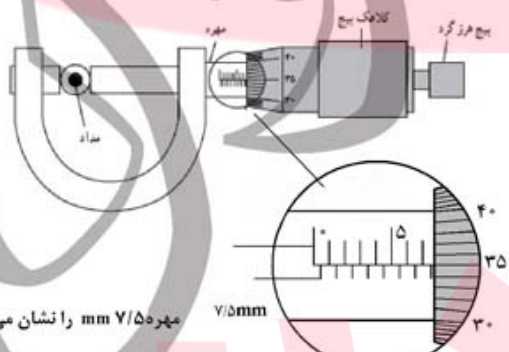
گفتنی است کولیس های دیگری وجود دارند که در آن ها ۱۹ میلی متر از طول ورنیه به ۲۰ قسمت مساوی و یا۵/۴۲ میلی متر به ۲۵ قسمت مساوی و تقسیم شده است دقت اندازه گیری کولیس از تقسیم کردن یک درجه خط کش به تعداد تقسیمات ورنیه آن به دست می آید.

$$\text{دقت کولیس} = \frac{\text{کوچک‌ترین درجه خط کش}}{\text{تعداد تقسیمات ورنیه}}$$

اندازه گیری با ریزسنج

ضخامت ورقه ها و قطر سیم های نازک را با ریزسنج تعیین می کنند. ریزسنج اساساً از یک مهره و یک پیچ درست شده است. در این وسیله مهره استوانه ای است توخالی که سطح خارجی آن مدرج است و پیچ در داخل کلاهکی قرار دارد که می تواند در داخل مهره جابه جا شود. کلاهک پیچ روی‌سطح خارجی مهره حرکت می کند

. پیچ هرزگرد به طور هرز می گردد و صدایی را سبب می شود، اما زبانه متحرک دیگر جابه جا نمی شود. پیچ هرزگرد کلاهک را بر روی مهره جا به جا می کند. اگر کلاهک یک دور بچرخد، زبانه متحرک نیم میلی متر جا به جا می شود درواقع فاصله بین دو دندانه پیچ نیم میلی متر است(. محیط لبه ی کلاهک به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم شده است؛ بنابراین هر درجه موجود بر روی کلاهک یک صدم میلی متر است. $(\frac{۰/۵}{۵۰}=۰/۰۱\text{mm})$



شکل‌بالا ریز سنجی را نشان می دهد که قطر مدادی را اندازه می گیرد. درجه بندی روی مهره ۷/۵mm و درجه ای از کلاهک که در جلوی خط راست روی مهره است ۰/۳۵ mm را نشان می دهد؛ بنابراین قطر مداد برابر است با:

$$۷/۵\text{mm} + ۰/۳۵\text{mm} = ۷/۸۵\text{mm}$$

چگالی:

جرم واحد حجم هر ماده ای را چگالی آن جسم می نامیم. چگالی را با حرف یونانی ρ (رو) نشان می دهیم و یک کمیت نرده ای ا ت و واحد آن در سیستم SI عبارت است از $\frac{Kg}{m^3}$ (کیلوگرم بر متر مکعب).

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

در فرمول ۱، m نشانگر جرم و V نشانگر حجم است.

مثال ۱- حل شده

چگالی آب برابر است با ۱ گرم بر سانتی متر مکعب. جرم هر لیتر آب چند کیلوگرم است؟

پاسخ:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۱۰^{۳} = \frac{m}{۱۰^{-۳}} \Rightarrow m = ۱Kg$$

مثال ۲- حل شده

اگر حجم مایع A، ۲ برابر مایع B و جرم آن ۳ برابر مایع B باشد، چگالی مایع A چند برابر مایع B است؟

پاسخ:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} = \frac{m_A V_B}{m_B V_A} = \frac{۳m_B V_B}{m_B ۲V_B} = \frac{۳}{۲}$$

چگالی آلیاژ

آلیاژ ترکیب فیزیکی از دو ماده است. این دو ماده با یکدیگر پیوند شیمیایی برقرار نکرده اند.

$$\rho_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_۱ + m_۲}{V + V} \quad (۲)$$

$$\rho_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_۱ + m_۲}{\frac{m_۱}{\rho_۱} + \frac{m_۲}{\rho_۲}} \quad (۳)$$

$$\rho_{\text{آلیاژ}} = \frac{\rho_۱ V_۱ + \rho_۲ V_۲}{V_۱ + V_۲} \quad (۴)$$

چگالی هر ماده یکی از ویژگی های مهم آن به شمار می رود که کاربردهای گوناگونی دارد. مثلاً ضدیخ خودرو، محلول گلیکول است که به آن کمی مواد ضدخوردگی اضافه می شود. میزان غلظت گلیکول در محلول ضدیخ، که دمای انجماد محلول را تعیین می کند، با اندازه گیری چگالی این محلول به دست می آید. در پزشکی با آزمایش چگالی خون که در حالت عادی بین ۱/۰۴ g/cm^3 و ۱/۰۶ g/cm^3 است می توان به افزایش یا کاهش گلبول های سرخ خون پی برد. زیرا افزایش گلبول های سرخ خون باعث افزایش چگالی آن می شود. با اندازه گیری چگالی آلیاژی از طلا و مس می توان درصد جرم طلا و مس به کار رفته در آن را به دست آورد

جامدها	چگالی (kg/m^3)	مایع‌ها	چگالی (kg/m^3)	گازها*	چگالی (kg/m^3)
ایریدیم	۲۲۶۵۰	جیوه	۱۳۵۹۰	کلر (Cl_2)	۲/۹۹۴
طلا	۱۹۳۲۰	گلیسیرین	۱۲۶۰	بوتان (C_4H_{10})	۲/۴۸۹
سرب	۱۱۳۴۰	خون	۱۰۵۰	گوگرد دی‌اکسید (SO_2)	۲/۲۷۹
نقره	۱۰۴۹۰	آب دریا	۱۰۳۰	کربن دی‌اکسید (CO_2)	۱/۸۴۲

برای محاسبه چگالی اجسام ابتدا بایستی جرم و حجم آنها را جداگانه حساب کرد. در جدول زیر، روابط ریاضی برای محاسبه حجم برخی از اجسام که شکل هندسی منظم دارند را آورده ایم:

شکل	حجم
مکعب(به ضلع a):	$V = a^3$
مکعب مستطیل(به ابعاد a و b و c):	$V = abc$
کره(به شعاع r):	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$
استوانه(به شعاع r و ارتفاع h):	$V = \pi r^2 h$
مخروط(به شعاع r و ارتفاع h):	$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$
پوسته کروی (به شعاع داخلی r_1 و شعاع خارجی r_2):	$V = \frac{4}{3}\pi(r_2^3 - r_1^3)$
پوسته استوانه‌ای (به شعاع داخلی r_1 و شعاع خارجی r_2 و ارتفاع h):	$V = \pi h(r_2^2 - r_1^2)$

جرم یک مجسمه ی نقره ۴۲۰گرم است. حجم این مجسمه چقدر است؟

پاسخ : با توجه به تعریف چگالی داریم

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

$$\rho = ۱۰۵۰۰\ kg/m^3 \qquad m = ۴۲۰\ g = ۰/۴۲kg$$

$$۱۰۵۰۰kg/m^3 = \frac{۰/۴۲kg}{V} \Rightarrow V = \frac{۰/۴۲kg}{۱۰۵۰۰kg/m^3} = ۴\times۱۰^{-۵}m^3$$

جرم مجسمه‌ای برنزی (آلیاژی از مس، قلع، روی و ...) ۴۰ kg و حجم آن ۰/۰۰۵۰ m^3 است. اگر چگالی برنز $۸۰۰۰ kg/m^3$ باشد، حجم فضای خالی درون مجسمه چقدر است؟

پاسخ :

حجم مقدار برنز استفاده شده برابر است با

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{۴۰}{۸۰۰۰} = ۰/۰۰۵\ m^3$$

در نتیجه، حجم فضای خالی چنین می‌شود :

$$\text{حجم فضای خالی} = \text{حجم مجسمه} - \text{حجم برنز} = ۰/۰۵۰ - ۰/۰۰۵ = ۰/۰۴۵ m^3$$

جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟

پاسخ : با توجه به این که هر یک متر مکعب معادل هزار لیتر (۱۰^3) است، داریم

$$۱lit = ۱۰^{-3}m^3 \quad \text{یا} \quad ۱m^3 = ۱۰۰۰lit$$

بنابراین با توجه به تعریف چگالی می توان نوشت

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

$$\Rightarrow m = (۱۰۰۰\ kg/m^3)(۱۰^{-3}m^3) = ۱kg$$

به عبارت دیگر جرم هر لیتر آب برابر ۱kg است.