

گروه آموزشی عصر

ASR\_Group@outlook.com

@ASRschool2



# فیزیک و اندازه گیری

مدرس: مسعود رهنمون

سال تحصیلی: ۹۶-۹۵

## فیزیک علم پایه :



علم، که روزگاری فلسفه ی طبیعی خوانده می شد، مطالعه ی موجودات زنده  
شمرزنده، علوم زیستی و علوم فیزیکی را در بر می گیرد. علوم زیستی  
شامل زیست شناسی، جانورشناسی و گیاه شناسی است و علوم فیزیکی،  
اخترشناسی، شیمی و فیزیک را در بر می گیرد.

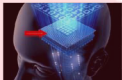


فیزیک فقط بخشی از علوم فیزیکی نیست. فیزیک علم پایه است و طبیعت  
و موضوع هایی بنیادی چون حرکت، نیروها، انرژی، ماده، گرما، صوت، نور و

ساختار اتم ها را بررسی می کند. علم شیمی نشان می دهد که اتم ها چگونه با هم ترکیب می شوند. چگونه  
اتم ها برای تشکیل مولکول ها به هم می پیوندند، چگونه مولکول ها به یکدیگر می پیوندند و مواد اطراف ما را به  
وجود می آورند. زیست شناسی پیچیده تر و شامل ماده زنده است. بنابراین، بنیاد زیست شناسی بر شیمی و  
پنجان 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:

علم و فناوری با یکدیگر تفاوت دارند. علم به گردآوری معلومات و  
سازمان دهی آن ها می پردازد. فناوری این دانش را برای اهداف عملی  
در اختیار انسان 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 سوزاندن آن ها برای تولید انرژی یک نوع فناوری است. تولید انرژی از سوخت های فسیلی در موارد بی  
شماری به سود جامعه ی ما بوده است. اما ضرر آن به مخاطره افتادن محیط زیست بر اثر سوزاندن سوخت های  
فسیلی است. مضر دانستن فناوری برای مشکلاتی چون آلودگی، تهی شدن منابع، و حتی رشد بیش از حد جمعیت  
معلولانه نیست و مانند این است که زخم ناشی از گلوله را از تلنگ بدانی. 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 شاخصی کارآمد برای علم است. برای فهمیدن آن که چه قدر درباره ی مطلبی می دانید اغلب باید دید چه قدر می توانند آن را خوب اندازه بگیرند. این مطلب را آرد کتون، فیزیک دان معروف در قرن نوزدهم، به خوبی بیان کرده است: «المطلب 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 نباشید آن را با اعداد بیان کنید دانش شما ناچیز و غیرقابل قبول است. که گرچه شاید آغاز معرفت باشد، ولی هر چه هست مشکل بتوان گفت که تفکر شما تا مرحله ی علم پیش رفته است.» 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: برای بررسی و مطالعه ی پدیده های فیزیکی به طور گشی، از یک دسته کمیت های

فیزیکی استفاده می 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 شود.

همان طور که دیدیم زمان، طول و جرم از جمله کمیت های اصلی در SI هستند 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

استفاده کنیم و به طور غیر مستقیم کمیت مورد نظر را اندازه بگیریم. به کمیت هایی که روشی مستقیم برای اندازه

گیری آن ها وجود ندارد، کمیت های فرعی گفته می شود

برای مثال در علوم دوره ی راهنمایی دیدیم اگر بخواهیم سرعت متوسط دوچرخه سواری را حساب کنیم

باید فاصله ی طی شده را بر زمانی که این مسافت طی می شود تقسیم کنیم مقدار سرعت متوسط دوچرخه سواری را به دست می آوریم



آوریم به این ترتیب یکای سرعته متوسط از تقسیم دو یکای اصلی به دست می آید و در 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 شدیم. 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 مربع 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:

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

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 (دسیتر) و سانتی متر مکعب، یکاهای کوچک تر از متر مکعب اند که به صورت زیر با یکدیگر رابطه دارند:

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

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 قبیل 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، سرعته، 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، سه کمیت های اصلی و فرعی رده بندی می شوند. از سوی دیگر کمیت های فیزیکی به دو نوع نرده ای و برداری نیز تقسیم می شوند که در ادامه با این تقسیم بندی پیش 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:

$$2 \text{ لیتر} + 1 \text{ لیتر} = 3 \text{ لیتر}$$

**کمیت های برداری:** فرض کنید از دانش آموزی پرسیده شود که فاصله ی خانه تا مدرسه اش چقدر است؟ و او بگوید «۵۲۱ متر». آیا با این پاسخ می توان با پیمودن یک مسیر دلخواه به مسافت ۵۲۱ متر 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 ۵۲۱ متر است. بنابراین 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 فیزیک کمیت هایی وجود دارد که لزوم بر مقدار یا اندازه، دارای جهت نیز هستند و جمع آن ها نیز از قاعده های معمولی بیرومی می کنند. به این کمیت ها، کمیت های برداری گفته می شود. 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 شکل (ب) یکسان باشند، دو بردار را مساوی می نامند و می توان نوشت  $\vec{A} = \vec{B}$



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



برداری با طول ۳ واحد

الف:

ب:

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 و دستگاه بین المللی یگایا

در علم فیزیک هر چیزی 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 کله 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 ۵۰ فرسنگ است هیچ چیز متوجه نمی شود. دانشمندان معادیر مشخصی از کمیت های مختلف را به عنوان دیکا 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 هر یک، یکایی تعریف کنیم کاری بسیار مشکل و پیوده است. چرا بپوده؟ 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.

### یگایا دستگاه بین المللی

سرنام SI از عبارت Le Systeme International d' Unités

گرفته شده که در زبان فرانسه به معنی دستگاه بین المللی یگایا 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 SI در سال ۱۹۶۰ و اساساً به دنبال اصلاحاتی پدید آمد که رد یکی از دستگاه های متر — کیلو گرم — تالیه (MKS) صورت گرفت. یگایا 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 یگایا دستگاه متری را به کار می برند. شرکت های فعال در زمینه ی تجارت بین المللی نیز اکثرًا به کار می برند. یگایا رایج در برخی کشورها نیز براساس SI مشخص می شوند. اینج و پوند برحسب متر و کیلوگرم تعریف می شوند؛ و یگایا دیگر مانند یگایا الکترونیک هم مستقیماً از SI گرفته شده اند.

### ویژگی های اصلی SI

یگایا SI از بسیاری جهات و تماماً از یگایا دیگر برترند و بسیاری از کاربران بعد از کمی کار کردن با آن ساده گی آن را محسوس می کنند. یگایا اصلی شگفت یگاست و نام یگایا دیگر به اصطلاح فرعی را هم با استفاده از آن ها می سازند.

جدول ۱- یگایا اصلی SI

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

### استاندارد های طول - جرم - زمان

**طول:** یکای طول در SI معتر نام دارد که آن را با نماد  $m$  نمایش می دهند. بنابراین آخرین تعریف مجمع عمومی اوزان و قیاس ها در سال ۱۹۸۳ م. شد. یک متر برابر فاصله ای است که نور در یک ثانیه در خلأ طی می نماید.



این تعریف بسیار تخصصی که لازم نیست آن را از پرکتیوا برای اندازه گیری های بسیار دقیق طول به کار می رود. شکل زیر میله 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-ایریدیوم که در موزه ای نزدیک پاریس نگاه داری می شود.

در شکل زیر مرتبه بزرگی برخی طولها دیده میشود

$(10^{26})^m$  in Distance of the observable universe  
 $(10^{22})^m$  in Diameter of the sun  
 $(10^7)^m$  in Diameter of the earth  
 $(1.7)^m$  in Human dimensions  
 $(10^{-6})^m$  in Diameter of a red blood cell  
 $(10^{-10})^m$  in Radius of an atom  
 $(10^{-14})^m$  in Radius of an atomic nucleus

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 آوریم



ذرع و فرسنگ از جمله یگانهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع  $10^3 \text{cm}$  و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. حساب کنید قطر زمین تقریباً چند ذرع و چند فرسنگ است؟ قطر متوسط زمین را  $12740 \text{km}$  بگیرید



$$\text{ذرع} = \frac{12740 \times 10^3 \text{m}}{1.62 \text{m}} = 7.86 \times 10^6$$

$$\text{فرسنگ} = \frac{7.86 \times 10^6}{6000} = 1310$$



جرم: یکای جرم در SI کیلوگرم نام دارد که آن را با نماد kg نمایش می دهند. استاندارد جرم در SI جرم استوانه ای از جنس پلاتین - ایرید به استناد ۱۹۰۰ در صد پلاتین و ۱۰ درصد ایریدیم که در سازمان بین المللی اوزان و مقیاس هائز نزدیکی پاریس نگه داری می شود

قطعه ای از آلیاژ پلاتین ایریدیم



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

۱۰۰ من تبریز = ۱ خروار = ۱۰۰۰ من تبریز  
 ۱ مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم  
 ۱۰۰ سیر = ۶۴ مثقال  
 ۱۰۰۰ مثقال = ۶۴۰۰ سیر = ۶۴۰۰۰۰ گندم  
 ۱۰۰۰۰۰ گندم = ۱۰۰۰۰۰۰۰ مثقال = ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ سیر = ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ گندم

ابتدا باید همه ی یگانهای ذکر شده را بر حسب مثقال به دست آوریم. سپس هر کدام را در عدد ۶۴۰۰۰۰۰۰ ضرب نماییم

حاصل بر حسب گرم باشد. برای مثال داریم:

$$\text{گرم} = 1000000000 \times \frac{1000000000}{6400000000} = 156250000 \text{ گرم}$$





## زمان

مفهوم زمان با ایده‌ی تغییرات مداوم و تکراری که در دنیای فیزیکی صورت می‌گیرد، ارتباط دارد. تغییر او تکرار را آشکارا می‌بینیم. بدن هر انسانی به پیری می‌گراید، در همین حال نسل‌های جدیدی به دنیا می‌آیند و آن‌ها هم پیر می‌شوند. خورشید هر روز صبح طلوع می‌کند، فصل‌ها تغییر می‌کنند و تکرار می‌شوند. قلب ما با آهنگی نسبتاً ثابت می‌تپد و ما به ساعتی روان شناختی و داخلی مجهز هستیم که با استفاده از آن می‌توانیم به تند و کند بودن ضربان قلب پی ببریم. گالیه منوجه شد که آهنگ رفت و برگشت آونگ‌هایی که در حال تاب خوردن هستند ثابت است. او با شعاری ضربان نبض خود این نکته را به اثبات رساند. ساعت آونگی، برای مدت زمانی، یکی از پایدارترین روش‌های اندازه‌گیری زمان محسوب می‌شد. تا چندی پیش، از چرخش (یا حرکت وضعی) زمین به عنوان مبنای برای اندازه‌گیری زمان استفاده می‌شد و هم چنین پایدارترین ساعت‌های آونگی در اندازه‌گیری زمان با پایداری چرخش زمین قابل مقایسه اند. قبل از اختراع ساعت قابل حمل اتمل ساعت مچی تعیین وقت بسیار دقیق نبود و برنامه‌های کاری با الفلاقی مانند سبیده دم، وسط روز، ظهر و از این قبیل تنظیم می‌شد.



برای تعیین این مدت‌ها برای اندازه‌گیری و مقایسه  
در طول زمان به یک واحد برای اندازه‌گیری نیاز داریم.

زمان: یکی از زمان در SI ثانیه نام دارد که آن را با نماد  $s$  نمایش می‌دهند. برای تعیین یکای زمان و نیز ساخت وسیله‌ی اندازه‌گیری زمان همواره از پدیده‌های تکرار شونده استفاده می‌شود. حرکت زمین برای انسان ساعتهای طبیعی بوده است. وقتی زمین به دور خورشید می‌چرخد، سال‌ها را می‌شمارد و وقتی به دور خود می‌چرخد (حرکت وضعی)، روزها را شمارش می‌کند. برای مدت طولانی حرکت وضعی زمین مبنایی برای تعیین یکای زمان بود. مطابق این مبنای هر شبانه روز یعنی مدتی که زمین یک بار به دور محور می‌چرخد به ۲۴ قسمت تقسیم شده 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،  $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$  برابر مدتی که طول می‌کشد تا زمین یک بار به دور محور خود بچرخد، تعریف شد.

## گروه آموزشی عصر

ASR\_Group @ outlook.com

@ASRschool2

### 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 یک ضریب است.  
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	$\frac{1}{10} = 10^{-1}$	d	دکا	۱۰	da
سانتی	$\frac{1}{100} = 10^{-2}$	c	هکتو	۱۰۰	h
میلی	$\frac{1}{1000} = 10^{-3}$	m	کیلو	۱۰۰۰	k
میکرو	$\frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	$\mu$	مگا	$10^6$	M
نانو	$\frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	n	گیگا	$10^9$	G
پیکو	$\frac{1}{10^{12}} = 10^{-12}$	p	ترا	$10^{12}$	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 معیار فرضی جلوی عدد می گذاریم و یک معیار در جایی که می خواهیم به تعداد ارقامی که بین دو معیار قرار دارد ، به عدد ده توان مثبت می دهیم.

$$30000 = 3 \times 10^4$$

$$30000 = 3 / 0.0001 = 3 \times 10^4$$

$$2500 = 2/5 \times 10^3$$

$$2500 = 2/500 = 2/5 \times 10^3$$

مثال حل شده:





اعداد زیر را به شیوه ی نماد علمی بنویسید:

الف  $650000 = 6.5 \times 10^7$

ب)  $841000000 = 8.41 \times 10^7$

- 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  $10$  توان منفی می دهیم.

مثال حل شده ۱

$0.000095 = 9.5 \times 10^{-5}$

$0.000095 = 0.000095 = 9.5 \times 10^{-4}$

$0.00395 = 3.95 \times 10^{-3}$

$0.00395 = 0.00395 = 3.95 \times 10^{-4}$



تمرین ۱:



اعداد زیر را به شیوه ی نماد علمی بنویسید

الف)  $0.000000055 = 5.5 \times 10^{-8}$

ب)  $0.75 = 7.5 \times 10^{-1}$

- تبدیل اعداد با توان ده مثبت به عدد معمولی:

برای این کار ، اگر عدد اعشاری نباشد ، به تعداد توان  $10$  جلوی عدد صفر می گذاریم. اما اگر عدد اعشاری باشد، ابتدا به تعداد اعداد 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:



$35 \times 10^4 = 35000$

$3.5 \times 10^4 = 35 \times 10^3 = 35000$

$0.0035 \times 10^4 = 3.5$

تمرین ۲:



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

الف)  $8.99 \times 10^2 = \dots$

ب)  $0.00000007 \times 10^8 = \dots$

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:

$$۳۳۵ \times ۱۰^{-۴} = \dots$$

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

$$۰.۰۰۰۳۳۵$$

مثال دوم:

$$۰.۲ \times ۱۰^{-۴} = \dots$$

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

$$۱۱) ۲/۲۵ \times ۱۰^{-۴} = \dots$$

$$۱۲) ۰/۱۲ \times ۱۰^{-۴} = \dots$$

### تبدیل یکانها:

اغلب لازم می شود که یکانی را که بیان کننده ی کمیتی فیزیکی است، به یکانی دیگر تبدیل کنیم. این کار را با روشی

به نام تبدیل زنجیره ای انجام می دهیم. در این روش، اندازه ه ی اولیه را در یک ضریب تبدیل ضرب می کنیم. برای مثال،

چون ۱ min (یک دقیقه) و ۶۰ s (شصت ثانیه) باز های زمانی یکسانی هستند، داریم:

$$\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1 = \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

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، هر گاه که ضرب تبدیلی را سوازشده باشیم می توانیم از آن بهره بگیریم. مثلاً برای

تبدیل ۵ min به کمیتی با یکان ثانیه، داریم:

$$5 \text{ min} = 5 \text{ min} (1) = 5 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 300 \text{ s}$$

اگر تبدیل یکانها را درست انجام دهید یکانهای ناخواسته به گونه ی مثال بالا حذف خواهند شد. برای آن که مطمئن

شوید که یکانها را درست تبدیل کرد هاید باید در تمام مرحله های محاسبه یکانها را بنویسید. در پایان ببینید آیا جواب

شما منطقی است. آیا نتیجه ی  $5 \text{ min} = 300 \text{ s}$  منطقی است؟ جواب مثبت است. ثانیه یکانی کوچک تری از دقیقه است.

بنابراین در یک بازه ی زمانی تعداد بیش تری ثانیه وجود دارد تا دقیقه.

نکته ۱: هر لیتر یک دسی متر مکعب است.

مثال:



$$100 \text{ mm}^3 = \dots \text{ m}^3$$

$$10^3 \times \left(\frac{10^{-3}}{1}\right)^3 = 10^3 \times 10^{-9} = 10^{-6}$$

$$\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\text{mm}^3 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\text{mm}^3 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\text{lit} \rightarrow \text{m}^3$$

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

نکته ۳: هر تن برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

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

مثال:



لوله یک ماشین آتش نشانی در هر دقیقه ۳۰۰ لیتر آب روی آتش می ریزد. این عدد را بر حسب  $\text{m}^3/\text{s}$  بیان کنید. هر لیتر برابر  $1000 \text{ cm}^3$  است.

حل: ابتدا لیتر را بر حسب  $\text{m}^3$  به دست می آوریم:

به این ترتیب  $3000 \text{ lit/min}$  برابر است با:

$$1 \text{ lit} = 1000 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \times \left(\frac{3000}{10^6}\right) = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$3000 \text{ lit/min} = 3000 \times \frac{10^{-6} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 5 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

شخصی در یک برهیز (وزنم) غذایی  $1/8 \text{ kg}$  در هفته جرم خود را از دست می دهد (با اصطلاحاً وزن کم می کند). آهنگ از دست دادن جرم را بر حسب گرم بر ساعت بیان کنید.



حل: با توجه به اینکه هر هفته  $198 \text{ h}$  و هر کیلوگرم  $10^3 \text{ گرم}$  است، داریم:

$$\frac{1/8 \text{ کیلوگرم}}{198 \text{ h}} = \frac{10^{-3} \text{ گرم}}{198 \text{ h}} = 10^{-5} \text{ گرم/ساعت}$$

سازگاری یگانه:

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 یگانه در دو طرف رابطه توجه کنیم. اگر بخواهیم حاصل دو طرف رابطه بر حسب یگانه های SI بیان شود باید یگای کمیت های داده شده را نیز به یگانه های SI تبدیل کنیم. برای مثال، اگر جرم جسمی  $335 \text{ g}$  و شتاب آن  $1/75 \text{ m/s}^2$  باشد، برای سازگاری یگانه در دو طرف معادله، باید یگای جرم جسم را به کیلوگرم تبدیل کنیم. در این صورت مقدار حاصل را می توان بر حسب یگای نیوتون بیان کرد.

$$F = ma = (0.335 \text{ kg})(1/75 \text{ m/s}^2) = 0.00447 \text{ N}$$

یگای هر طرف معادله با هم سازگار است.

- تبدیل یکه‌های زیر را انجام دهید:



a  $20 \text{ cm}^3 = \dots \text{ mm}^3$

b  $600 \text{ nA} = \dots \text{ PA}$

c  $7000 \text{ m}^2 = \dots \text{ هکتار}$

d  $0.02 \text{ lit} = \dots \text{ cm}^3$

e  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \dots \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

f  $20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

g  $0.001 \text{ m}^3 = \dots \text{ mm}^3$

h  $2.7 \times 10^{-6} \text{ km}^3 = \dots \text{ km}^3$

i  $0.004 \text{ A} = \dots \mu\text{A}$

f  $2 \times 10^4 \text{ AC} = \dots \mu\text{C}$

k  $2 \times 10^4 = \dots \text{ cm}^3$

l  $2 \times 10^4 \mu\text{m}^3 = \dots \text{ lit (dm}^3)$

m  $0 \frac{\text{kg}}{\text{g}} = \dots \frac{\text{kg}}{\text{g}}$

n  $100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$



۱- رکورد رسمی جهانی سرعت روی زمین ۱۲۲۸ کیلومتر بر ساعت است که در ۲۲ مه‌ماه سال ۱۹۹۶ توسط 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  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$  و  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$  است داریم:

$$1228 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \left( 1228 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{\text{m}}{\text{h}} \right) \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) = 341.11 \text{ m/s}$$

پادآوری این نکته مفید است که سرعت قدم زدن حدود  $1 \text{ m/s}$  است و در مقایسه، سرعت  $341 \text{ m/s}$  به واقع سریع است

۲- پکای مساحت که اغلب برای اندازه گیری مساحت زمین به کار می رود هکتار است که به صورت متر مربع  $10^4$  تعریف شده است. مساحت کره ی زمین تقریباً چند هکتار است؟ شعاع زمین را  $6370 \text{ km}$  در نظر بگیرید

مساحت کره ی زمین برحسب مترمربع  $\text{m}^2$  برابر است

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times \pi \times (6370 \times 10^3 \text{ m})^2 = 5.14 \times 10^{14} \text{ m}^2$$

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

$$A = \frac{5.14 \times 10^{14} \text{ m}^2}{10^4 \text{ m}^2} = 5.14 \times 10^{10} \text{ هکتار}$$

۳- اگر در هر قدم  $1/6 \text{ m}$  جلو بروید، برای پیمودن  $1 \text{ km}$  چند قدم باید بردارید؟

- کافی است برای به دست آوردن تعداد قدم  $1/6 \text{ km}$  را بر طول هر قدم تقسیم کنیم بنابر این:



$$N = \frac{1000 \text{ m}}{0.16 \text{ m}} = 6250 \text{ قدم}$$

### 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 به دست 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  $b = 2.4$  و  $a = 3.6$  cm

اندازه گیری شده باشد مساحت مستطیل با توجه به رابطه  $A = ab$  برابر  $8.64$  cm<sup>2</sup> 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

$8.6$  cm<sup>2</sup> است. به عبارت دیگر وقتی مساحت  $A$  را برابر  $8.64$  cm<sup>2</sup> 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 عدد ۱/۱۱ سانتی متر خیر. زیرا این خط کش نمی تواند ۰/۱ میلی متر را

اندازه گیری کند.

با انتخاب وسیله های دقیق و روش اندازه گیری صحیح می توان مقدار خطا را کم کرده و دقت وسیله اندازه گیری را

افزایش داد دقت اندازه گیری به حساسیت وسیله، مهارت شخص اندازه گیر و تعداد دفعات اندازه گیری شده بستگی دارد

برای کاهش خطا در اندازه گیری هر کمیت، معمولاً آن اندازه گیری را چند بار تکرار کرده و در صورت تفاوت اعداد به

دست آمده میانگین اعداد را در نظر می گیرند و از اعدادی که اختلاف زیاد با سایر اندازه گیری ها دارند صرف نظر می کنند

تذکره:

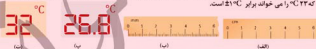
خطای اندازه گیری توسط خط کش و سایر وسیله های درجه بندی شده،  $\frac{1}{2}$  کمینه تقسیم بندی مقیاس آن وسیله است و

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 متر مدرج شده، برابر  $\pm 0.5$  cm شکل الف، خط کشی که تا میلی متر درجه بندی شده برابر  $\pm 0.5$  mm

شکل ب خطای دماسنج رقمی در شکل ب، که  $0.1^\circ\text{C}$  را می خواند برابر  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  و خطای دماسنج رقمی شکل ت،

که  $0.2^\circ\text{C}$  را می خواند برابر  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  است.



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  $\pm 0.5$  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  $0.1^\circ\text{C}$  و دقت آن  $0.1^\circ\text{C}$  است



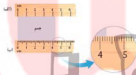
خطای اندازه گیری در ابزارهای رقمی، برابر مثبت و منفی دقت آن ابزار است. به این ترتیب

نتیجه اندازه گیری دما توسط دماسنج شکل مقابل را باید به صورت زیر گزارش کنیم:

$$(22.5 \pm 0.1)^\circ\text{C}$$

رقم های با معنا و گزارش نتیجه اندازه گیری:

رقم هایی را که بعد از اندازه گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می کنید رقم های با معنا می گویند. رقم آخر، که غیر قطعی و مشکوک است و آن را حدس می زنیم نیز جزو رقم های با معنا 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  $\pm 0.5$  سانتی متر است. به نظر شما خط کش الف چه طولی را نشان می دهد؟  $4.2/2$  یا  $4.3/2$  سانتی متر؟ از آنجا که خط کش الف برحسب میلی متر مدرج نشده است، لذا عددهای ۲ و ۳ قطعی نیستند و آنها را حدس می زنیم. در این حالت نتیجه اندازه گیری شامل دو رقم با معناست و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، اندازه گیری به صورت زیر ثبت و گزارش می شود:

$$4.2/2 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm} \quad \text{یا} \quad 4.3/2 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$$

رقم حدسی و غیرقطعی      خطای رسیدن اندازه گیری      رقم با معنا

خط کش ب، چه طولی را نشان می دهد؟  $4.2/7$  یا  $4.3/8$  میلی متر؟ از آنجا که خط کش شکل ب، برحسب میلی متر مدرج شده است، لذا عددهای ۷ و ۸ قطعی نیستند و آنها را حدس می زنیم. در این حالت اندازه گیری با سه رقم با معنا بیان شده است و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، اندازه گیری به صورت زیر ثبت و گزارش میشود:

$$4.2/7 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm} \quad \text{یا} \quad 4.3/8 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$$

رقم حدسی و غیرقطعی      خطای رسیدن اندازه گیری      رقم با معنا

### اعداد معنی دار و بی معنی

اعداد ۱ سانتی متر و ۱۰ سانتی متر و ۱۰۰ سانتی 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 نا میلی متر را اندازه گیری می کند و عدد سوم تا  $0.1$  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 باز از خط کش معمولی استفاده می کنید و عدد  $3/17$  سانتی متر را بدست می آورید و باز دیگر از ریزسنج استفاده می کنید و عدد  $5/56$  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 را که برابر



است با ۲.۱ کیلوگرم در سرعت آن که برابر است با  $22.4 \times 10^3$  ضرب کتم می:

$$2.1 \times 224 \times 10^3 = 4704 \times 10^3 = 4.7 \times 10^7$$

۲- اگر دو عدد را بخواهیم با هم جمع یا از هم تفریق کنیم باید در نظر داشت که هنگام جمع یا تفریق یگا ها باید یکسان باشند، ابتدا آنها را به صورت تعداد علمی می نویسیم، به طوریکه توان ۱۰ در 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  $418.245 + 14.5$  باید به صورت  $432.745$  بیان شود. اگر نتیجه به صورت  $432.745$  بیان شود نادرست است.

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

مثال	قاعده
تعداد ده‌های غیر صفر $788.9$ چهار رقم با معنا دارد.	
تعداد صفرهایی که بین اعداد غیر صفر قرار دارند با معنا هستند. $4.08$ سه رقم با معنا دارد.	
صفرهایی که در طرف چپ اعداد قرار دارند با معنا نیستند. $0.00907$ سه رقم با معنا دارد.	

### تفاوت دقت و صحت:

دقت همواره به معنای صحت و درستی نیست. برای مثال، یک ساعت دیجیتال معمولی که  $01:00:25$  را نشان می دهد بسیار دقیق است (زمان را تا ثانیه اعلام می کند) ولی اگر این ساعت چند دقیقه آهسته 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 ناکبه شمار نداشته باشد دقت آن کم است .

### تخمین مرتبه بزرگی:

نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد زیادی دارد، تخمین مرتبه بزرگی نامیده می شود. عبارت مرتبه بزرگی، اغلب برای ارجاع به توان های ۱۰ به کار می رود، زیرا نتیجه نیز به صورت توانی از ۱۰ بیان 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 تعداد گذاری علمی نوشته می شوند و آنگاه از قاعده زیر استفاده می کنیم:

$$\text{اگر } 5 < x < 10 \text{ باشد در این صورت: } x = 10^1 \quad \text{اگر } 1 < x < 5 \text{ باشد در این صورت: } x = 10^0$$

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

$$1.0 \times 10^4 = 1.0 \times 10^4 = 10^4$$

این عدد کوچکتر از ۵ است و بصورت  $10^4$  گرد می شود.

$$1.5 \times 10^4 = 1.5 \times 10^4 = 10^4$$

این عدد بزرگتر از ۵ است و بصورت  $10^4$  گرد می شود.

$$1.6 \times 10^4 = 1.6 \times 10^4 = 10^4$$

این عدد کوچکتر از ۵ است و بصورت  $10^4$  گرد می شود.



## سوال:

تخمین بزنید که قلب یک نفر در طول عمرش چند لیتر خون را به سرخراگ آنورت پمپ می کند. قلب در هر ضربان به طور میانگین  $70 \text{ ml}$  خون به سرخراگ آنورت پمپ می کند.

قلب یک شخصی سالم در هر  $0.8$  - یک بار خون را به سرخراگ آنورت پمپ می کند که با توجه به تخمین مرتبه بزرگی، مقدار آن را بر حسب توانی از  $10^x$  به صورت  $10^x$  گرد می کنیم.

طول عمر میانگین انسان ها حدود ۷۵ سال (۷۵ year) است که به صورت  $10^x \text{ year}$  گرد می کنیم.

هر لیتر  $10^3 \text{ cm}^3$  برابر با  $10^3 \text{ cm}^3$  است.

هر سال تقریباً برابر  $365 \times 24$  ثانیه است. با توجه به تخمین مرتبه بزرگی و برحسب توانی از  $10^x$  یک سال به صورت  $10^x$  ثانیه گرد می شود

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

$$N = (10^x \text{ year}) \left( \frac{10^y \text{ s}}{\text{year}} \right) \left( \frac{10^z \text{ beat}}{\text{s}} \right) = 10^a \text{ beat}$$

با توجه به فرض مسئله، مقدار خونی که در هر ضربان به سرخراگ آنورت پمپ می شود را به صورت  $10^b \text{ cm}^3$  گرد می کنیم. بنابراین، حجم خون پمپ شده (V) به سرخراگ آنورت برابر است با:

$$V = (10^a \text{ beat}) \left( \frac{10^b \text{ cm}^3}{\text{beat}} \right) \left( \frac{10^c \text{ L}}{10^d \text{ cm}^3} \right) = 10^e \text{ L}$$

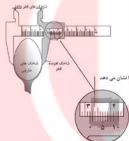
## اندازه گیری با کولیس

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 منحرف 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 ۹۱۰ میلی متر است. به عبارت دیگر، ۹۰ میلی متر روی ورنیه به ده قسمت مساوی تقسیم شده است. به علت وجود این درجه بندی است که اندازه گیری تا  $1/10$  میلی متر یا  $0.1$  سانتی

متر ممکن 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 کولیس را نشان می دهد که برای اندازه گیری پهنای یک فاشق 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.



خط کس ۰.۱ میلی متر را نشان می دهد  
 چهارمین درجه ورنه دقیقاً در مقابل یکی از درجات خط کس  
 قرار دارد این درجه طرف ۰.۱ میلی متر یا ۰.۰۴ میلی متر  
 است بنابراین پهنای فاصله بر اثر است با  
 $0.1 \text{ mm} - 0.04 \text{ mm} = 0.06 \text{ mm}$

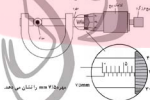
گفتنی است کولیس های دیگری وجود دارند که در آن ها ۱۹ میلی متر از طول ورنه به ۲۰ قسمت مساوی و یا ۲۳/۵ میلی متر به ۲۵ قسمت مساوی و تقسیم شده است دقت اندازه گیری کولیس از تقسیم کردن یک درجه خط کس به تعداد تقسیمات ورنه آن به دست می آید.

$$\text{کوچک ترین درجه خط کس} = \frac{\text{دقت کولیس}}{\text{تعداد تقسیمات ورنه}}$$

### 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 جا شود. کلاهک پیچ روی سطح خارجی مهره حرکت می کند.

پیچ هرگز گرد به طور هرز می گردد و صدایی را سبب می شود، اما زیاده متحرک دیگر جابه جا نمی شود. پیچ هرزگرد کلاهک را بر روی مهره جا به جا می کند. اگر کلاهک یک دور بچرخد، زیاده متحرک نیم میلی متر جا به جا می شود درواقع فاصله بین دو دندانچه پیچ نیم میلی متر است. محیط کبه ی کلاهک به ۰.۵ قسمت مساوی تقسیم شده است؛ بنابراین هر درجه موجود بر روی کلاهک یک صدم میلی متر است.  $(\frac{0.5}{10} = 0.05 \text{ mm})$



خط ساد - درجه ای که مهره نشان می دهد + درجه ای که کلاهک نشان می دهد  
 خط ساد = ۲.۵ mm + ۰.۴ mm

شکل بالا ریزسنجی را نشان می دهد که قطر مدادی را اندازه می گیرد. درجه بندی روی مهره  $0.5 \text{ mm}$  و درجه ای از کلاهک که در جلوی خط راست روی مهره است  $0.4 \text{ mm}$  - را نشان می دهد؛ بنابراین قطر مداد برابر است با:

$$0.5 \text{ mm} + 0.4 \text{ mm} = 0.9 \text{ mm}$$

### چگالی:

جرم واحد حجم هر ماده ای را چگالی آن جسم می نامیم. چگالی را با حرف یونانی  $\rho$  (رو) نشان می دهیم و یک کمیت ترده ای است 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؟

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 1 \frac{g}{cm^3} = \frac{m}{1} \Rightarrow m = 1 kg$$

مثال ۲- حل شده

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

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} = \frac{m_A V_B}{m_B V_A} = \frac{3m_B V_B}{m_B V_B} = 3$$

### چگالی آلیاژ

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

$$\rho_{آلیاژ} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \quad (۲)$$

$$\rho_{آلیاژ} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}}$$

$$\rho_{آلیاژ} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad (۱)$$

چگالی هر ماده یکی از ویژگی های مهم آن به شمار می رود که کاربردهای گوناگونی دارد. مثلاً شلیخ خودرو، محلول گلیکول است که به آن گسی مود ضدخوردگی اضافه می شود. میزان خلالت 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 اندازه گیری چگالی خون که در حالت عادی بین  $1020 \text{ kg/m}^3$  و  $1060 \text{ kg/m}^3$  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.

چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	نام ماده	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	نام ماده	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	نام ماده
۲۰۱۱	کلر ( $\text{Cl}_2$ )	۱۲۵۱۰	جود	۱۱۶۵۰	آریم
۲۳۸۵	برن (Cu, Zn)	۱۱۶۰	گلیسرین	۱۱۲۴۰	طلا
۲۳۲۵	گوگرد دی اکسید ( $\text{SO}_2$ )	۱۰۵۰	خون	۱۱۲۴۰	سرب
۱۸۸۲	کربن دی اکسید ( $\text{CO}_2$ )	۱۰۲۰	آب دریا	۱۰۲۱۰	قره

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	فرمول
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 $h$	$V = \pi r^2 h$
خبره به شعاع $r$ و ارتفاع $h$	$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$
پرسه گوی	$V = \frac{4}{3}\pi (r_1^3 - r_2^3)$
پرسه استوانه‌ای	$V = \pi h (r_1^2 - r_2^2)$



جرم یک مجسمه ی نقره ۲۲۰ گرم است. حجم این مجسمه چقدر

است؟

پاسخ: با توجه به تعریف چگالی داریم

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

$$\rho = 10500 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 220 \text{ g} = 0.22 \text{ kg}$$

$$10500 \text{ kg/m}^3 = \frac{0.22 \text{ kg}}{V} \Rightarrow V = \frac{0.22 \text{ kg}}{10500 \text{ kg/m}^3} = 2.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$



جرم مجسمه‌ای برزی (آلبازی از مس، قلع، روی و ...)  $40 \text{ kg}$  و حجم آن  $0.003 \text{ m}^3$  است.

اگر چگالی برنز  $8000 \text{ kg/m}^3$  باشد، حجم فضای خالی درون مجسمه چقدر است؟

پاسخ:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{40}{8000} = 0.005 \text{ m}^3$$

حجم مقدار برنز استفاده شده برابر است با

در نتیجه، حجم فضای خالی چنین می‌شود:

$$V_{\text{فضای خالی}} = 0.005 - 0.003 = 0.002 \text{ m}^3$$

جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟

پاسخ: با توجه به این که هر یک متر مکعب معادل هزار لیتر ( $10^3$ ) است داریم

$$1 \text{ lit} = 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ یا } 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

بنابراین با توجه به تعریف چگالی می‌توان نوشت

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

$$\Rightarrow m = 1000 \text{ kg/m}^3 (10^{-3} \text{ m}^3) = 1 \text{ kg}$$

به عبارت دیگر جرم هر لیتر آب برابر  $1 \text{ kg}$  است.

