

## سیستم واحدهای اندازه‌گیری

### چکیده فصل

در این فصل، هنجریان با ضرورت اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف و نحوه انجام این کار آشنا می‌شوند و با یادگیری انواع واحدهای اندازه‌گیری در سیستم‌های سه‌گانه رایج، توانایی تبدیل واحدها را به روش جدید نردبانی، کسب می‌کنند.

دانسته‌های قبلی: هنجریان در سال‌های قبل، با برخی از این واحدها و با نحوه تبدیل آنها به روش مرسوم تناسب به طور پراکنده آشنا شده‌اند.

اهداف فصل: در پایان این فصل از هنجریان انتظار می‌رود که مفاهیم زیر را آموخته باشند:

- ضرورت اندازه‌گیری
- تعریف کمیت و شناخت آن
- چگونگی اندازه‌گیری کمیت‌ها با استفاده از واحد استاندارد
- تفاوت واحد و کمیت
- انواع کمیت‌ها
- انواع سیستم‌های واحدهای اندازه‌گیری
- جدول صفحه (۴) کتاب درسی
- انواع واحدها
- نحوه ساخت واحدهای مضرب با استفاده از پیشوندها
- روش نردبانی جهت تبدیل واحدها با استفاده از جداول
- تعریف سال نوری و نحوه محاسبه مقدار آن

### برنامه زمان‌بندی تدریس فصل اول

صفحه	موضوعات	هفته
۲-۱	مفهوم اندازه‌گیری - کمیت و انواع آن - چگونگی اندازه‌گیری کمیت‌ها	۱
۵-۳	انواع سیستم‌ها - تهیه جدول واحدها - انواع واحدها، جدول پیشوندهای واحدهای مضرب	۲
۸-۵	تبدیل واحد به روش نردبانی - استفاده از جداول تبدیل واحد - چگونگی انجام عملیات ریاضی بر روی واحدها	۳
۸	رفع اشکال - حل خودآزمایی، آزمون - تدریس (سال نوری و محاسبه مقدار آن)	۴

برنامه زمان بندی هفته اول			دقیقه
۱	آشنایی با هنرجویان – معرفی کتاب، روش تدریس و نحوه ارزش یابی	۳۰	
۲	تدریس	۹۵	
۳	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰	

در این هفته، مفاهیم مورد نظر به ترتیب عناوین زیر تدریس می شود :

– ضرورت اندازه گیری

– تعریف کمیّت

– انواع کمیّت و معرفی انواع کمیّت های مختلف مورد نیاز در صنایع شیمیایی

– چگونگی اندازه گیری کمیّت ها با استفاده از واحد استاندارد

– تفاوت کمیّت و واحد

### راهنمای تدریس : معرفی کتاب عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی

ابتدا لازم است جهت آشنا شدن هنرآموز با هنرجویان و آشنایی مقدماتی با کتاب درسی، روش تدریس، نحوه ارزش یابی و...

دقایقی اختصاص داده شود، از جمله<sup>۱</sup> :

کتاب «عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی» یکی از شاخص ترین کتاب های تخصصی این رشته است که در سال سوم هنرستان تدریس می شود. پیش نیاز اصلی این درس «شناخت صنایع» است که سال گذشته ارائه شد.

این کتاب شامل یازده فصل است که به بیان مفاهیم مورد نیاز صنایع شیمیایی و عملکرد دستگاه های مربوطه می پردازد. این مطالب از آن جهت که پایه و اساس عملیات مختلف واحدهای صنایع شیمیایی هستند از اهمیت بالایی برخوردارند. لازم است یادآوری شود جهت تکمیل فرآیند یاددهی و یادگیری مفاهیم موجود در این کتاب، کتاب دیگری تحت عنوان «کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی» در نظر گرفته شده و تدریس مفاهیم مذکور به کمک چندین آزمایش انجام شده است. اکثر فصول این دو کتاب دارای عناوین یکسان اند و در صورت یکی بودن مدرس، آموزش آنها بازده بسیار بالایی خواهد داشت.

مدت زمان این درس، سه ساعت آموزشی در هفته است. در هر جلسه بعد از رفع اشکال و حل خودآزمایی، آزمون شفاهی یا کتبی از مطالب هفته قبل به عمل می آید. پرسش های شفاهی به صورت «بحث در کلاس» انجام می شود که بسیار سودمند خواهد بود. تکالیف یا فعالیت های معین شده، بررسی می شود و در صورت اجرای مرتب و کامل آنها، امتیازی منظور می گردد که در نمره مستمر مؤثر خواهد بود. سپس تدریس، براساس برنامه زمان بندی شده سالانه، انجام می شود.

بعد از پایان هر سه فصل، یک آزمون بیست نمره ای برگزار می شود که برای جبران عقب ماندگی ها و رفع اشکالات احتمالی از

درس، فرصت مناسبی است.

۱- این سخنان خطاب به هنرجویان ایراد می شود.

امتحان نوبت اول تا آخر فصل هفتم برگزار می‌شود و سعی بر این است که قبل از تعطیلات نوروز، فصل دهم تمام شده باشد. بعد از تعطیلات سال نو فصل یازده تدریس می‌شود و در پایان، جهت آمادگی شرکت در امتحان نهایی، نمونه سؤالاتی از سال‌های قبل حل می‌شود و سپس یک آزمون از کل کتاب برگزار می‌گردد.<sup>۱</sup>

## راهنمای تدریس

این فصل از جمله مهم‌ترین فصول این کتاب است که جهت محاسبات، در تمام علوم کاربرد دارد، به همین دلیل توصیه می‌شود با تأنی و حوصله و دقت تدریس شود.

– برای جلب توجه هنرجویان، دو سؤال روی تابلو نوشته شود :

۱– هدف از اندازه‌گیری چیست؟

۲– چه مشخصه‌هایی اندازه‌گیری می‌شوند؟

با بیان چند مثال، این سؤالات پاسخ داده می‌شود، از جمله :

– خرید پارچه – خرید میوه – مزد کارگر

پولی که به‌هنگام خرید پارچه یا میوه به فروشنده پرداخت می‌شود یا در ازای کار کارگر به او داده می‌شود جز با اندازه‌گیری طول پارچه، جرم میوه و زمان کارکرد کارگر، قابل محاسبه نیست. در حقیقت اندازه‌گیری مقدار مشخصه‌هایی از هر پدیده، یکی از راه‌های شناسایی آن پدیده است. در این مثال‌ها، طول و جرم و زمان مشخصه‌هایی هستند که قابل اندازه‌گیری هستند به این گونه مشخصه‌ها، «کمیت» می‌گویند.

جهت ارائه تعریف جامعی از «کمیت»، سؤال دیگری روی تابلو نوشته شود :

روش اندازه‌گیری کمیت‌ها چگونه است؟

برای مثال، ابعاد این کلاس (طول و عرض و ارتفاع) چگونه اندازه‌گیری می‌شوند؟ هنرجویان به خوبی می‌توانند به این سؤال پاسخ دهند. نتیجه جمع‌آوری نظرات آنان به استفاده از نواری مدرج به نام «متر» ختم می‌شود.

چگونگی روش اندازه‌گیری کمیت‌ها را به این صورت می‌توان بیان نمود :

برای اندازه‌گیری کمیت‌ها، به یک کمیت استاندارد نیاز است تا کمیت مورد نظر با آن مقایسه گردد و مشخص شود که این کمیت چند برابر یا چه کسری از آن است. به کمیت استاندارد مورد استفاده برای اندازه‌گیری کمیت‌ها «واحد» می‌گویند.

کمیت‌ها را می‌توان با واحدهای مختلف اندازه‌گیری کرد و نتیجه را به صورت «یک عدد به همراه واحد» بیان کرد. مثلاً طول یک قالی «۴ متر» است. واضح است در صورت تعویض واحد اندازه‌گیری، مقدار نیز تغییر می‌کند. برای مثال :  $4\text{ m} = 400\text{ cm}$ .

با این توضیحات، تعریف جامعی برای «کمیت» می‌توان بیان کرد :

«کمیت عبارت است از هر مشخصه قابل اندازه‌گیری، قابل مقایسه و قابل تغییر از یک جسم.»

## انواع کمیت

۱– کمیت‌های اصلی یا مستقل : کمیت‌هایی است که با ابزارهای مخصوصی قابل اندازه‌گیری هستند، مانند :

طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی و مقدار ماده.

---

۱– آزمون‌های اعلام شده، بنابر صلاحدید هنرآموز محترم، براساس وضعیت درسی هنرجویان انجام می‌شود. توصیه می‌شود آزمون سه فصل اول، به دلیل اهمیت آن برگزار گردد.

۲- کمیت‌های فرعی یا وابسته : کمیت‌هایی است که ابزار به خصوصی برای اندازه‌گیری آنها وجود ندارد تا بتوان به‌طور مستقل عمل کرد. این کمیت‌ها با استفاده از روابط فیزیکی و کمیت‌های اصلی محاسبه می‌شوند.

توصیه می‌شود که در همین قسمت، انواع کمیت‌های فرعی با ذکر روابط فیزیکی و یادآوری تعریف مختصری از آنها بیان شوند تا هنجاریان برای فراگیری جدول صفحه ۴ کتاب، آمادگی لازم را پیدا کنند. کمیت‌های فرعی مانند (هنرجویان می‌توانند در نوشتن روابط فیزیکی مشارکت داشته باشند): سطح ( $A = L^2$ )، حجم ( $V = L^3$ )، چگالی یعنی جرم واحد حجم ( $\rho = \frac{m}{V}$ )

$$\text{سرعت : مسافت پیموده شده در واحد زمان } v = \frac{L}{t}$$

$$\text{شتاب : مشتق سرعت است } a = \frac{L}{t^2}$$

نیرو : حاصل ضرب جرم در شتاب  $F = ma$  (اختصاصاً نیروی وزن با  $W$  نشان داده می‌شود، که همان نیروی جاذبه زمین است در این حالت شتاب، شتاب جاذبه زمین است که با  $g$  شناخته می‌شود و رابطه فیزیکی آن عبارت است از:  $W = mg$ )

$$\text{فشار : نیروی عمود وارد بر واحد سطح } P = F/A$$

$$\text{کار (یا انرژی) : حاصل ضرب نیرو در جابه‌جایی } W = F.L$$

یادآوری می‌شود انرژی به شکل‌های مختلف وجود دارد، از جمله :

انرژی جنبشی  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ، انرژی پتانسیل  $E_p = mgh$  و انرژی حرارتی  $Q = mc\Delta T$ . در این رابطه  $c$  نماد گرمای ویژه حرارتی است.

$$\text{توان : کار (یا انرژی) انجام شده در واحد زمان } P = w/t$$

گرانروی یا ویسکوزیته : مقاومت سیال در برابر جاری شدن

برای سیالات، دو نوع گرانروی تعریف می‌شود :

$$\mu \rightarrow \frac{m}{L.t}$$

۱- گرانروی دینامیک یا مطلق که از نظر ابعادی به‌صورت روبه‌رو است :

۲- گرانروی سینماتیک که براساس گرانروی دینامیک به‌صورت زیر بیان می‌شود :

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

و واحدهای آن در سیستم‌های مختلف از ابعاد  $(\frac{L^2}{t})$  به‌دست می‌آیند.

۱- سطح و حجم دو کمیت مورد استفاده در علم هندسه‌اند، که برای هر شکل با رابطه فیزیکی خاصی محاسبه می‌شوند. در این جا شکل مهم نیست آن‌چه اهمیت دارد واحد است به این صورت که بدون توجه به شکل هندسی، واحد سطح از توان دوم طول و واحد حجم از توان سوم طول به دست می‌آید، مثلاً مترمربع و مترمکعب ( $m^2$ ,  $m^3$ ) و به این‌گونه روابط، که برای بیان واحدها استفاده می‌شوند، «معادله ابعادی» می‌گویند.

## دانستنی (۱)

نماد علمی کمیت‌ها، معمولاً براساس حرف اول نام لاتین آنهاست، به صورت زیر :

جدول ۱-۱- نماد علمی کمیت‌ها

نماد	نام لاتین کمیت	کمیت	نماد	نام لاتین کمیت	کمیت
F	Force	نیرو	L	Length	طول
W	Weight	وزن	m	mass	جرم
P	Pressure	فشار	t	time	زمان
W	Work	کار	T	Temperature	دما
$E_k$	Kinetic Energy	انرژی جنبشی	I	Induced Current	شدت جریان الکتریکی
$E_p$	Potential Energy	انرژی پتانسیل	n	Amount of substance	مقدار ماده
Q	Thermal Energy	انرژی حرارتی	A	Area	مساحت
P	Power	توان	V	Volume	حجم
$\mu$	Dynamic Viscosity	گرانروی دینامیک	$\rho$	Density	چگالی
$\gamma$	Kinematic Viscosity	گرانروی سینماتیک	V	Velocity	سرعت
			a	acceleration	شتاب

برنامه زمان بندی هفته دوم			دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵	
۲	رفع اشکال	۱۵	
۳	پرسش	۲۰	
۴	تدریس	۸۵	
۵	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰	

تدریس این هفته می تواند به ترتیب عناوین زیر باشد :

– ضرورت مطرح شدن «سیستم واحدهای اندازه گیری»؛

– انواع سیستم واحدهای اندازه گیری؛

– جدول صفحه (۴) کتاب؛

– انواع واحدها؛

– جدول پیشوندها برای ساختن واحدهای مضرب.

### راهنمای تدریس

با بیان خلاصه ای از مطالب هفته گذشته، به صورت پرسش و پاسخ، تدریس فصل اول ادامه می یابد.

در هفته گذشته، انواع کمیت ها معرفی شدند و روش اندازه گیری آنها توسط واحدهای مختلف بیان شد. هر کمیت می تواند با واحدهای مختلف اندازه گیری یا محاسبه شود، اما برای محاسبه مقدار یک کمیت برحسب واحد دلخواه از یک رابطه فیزیکی، نیاز به هماهنگی واحدهای پارامترهای مختلف موجود در آن رابطه نیاز است. یک مثال ساده، این مطلب را روشن می کند :

یکی از واحدهای نیرو نیوتن است<sup>۱</sup>، رابطه، فیزیکی محاسبه نیرو به صورت زیر است :

$$F=ma$$

این رابطه دارای دو پارامتر جرم و شتاب است و فقط در صورتی که جرم برحسب کیلوگرم و شتاب برحسب متر بر مجذور ثانیه باشد، واحد نیرو نیوتن به دست می آید.

براین اساس، واحدهای اندازه گیری کمیت های مختلف در مجموعه هایی به نام «سیستم واحدهای اندازه گیری» به صورت هماهنگ با هم، تعریف می شوند که انواع رایج آن، به صورت زیرند :

۱- هنجریان در سال های قبل نام این واحد نیرو را، شنیده اند.

$$\left. \begin{array}{l} \text{سیستم SI}^1 \text{ (MKS)} \\ \text{سیستم CGS}^2 \\ \text{انگلیسی (آمریکایی): FPS}^4 \end{array} \right\} \text{۱- متریک}$$

توصیه می‌شود نحوه نام‌گذاری این سیستم‌ها برای هنرجویان ذکر شود. جهت نام‌گذاری این سیستم‌ها، از اول نام واحدهای سه کمیت اصلی طول و جرم و زمان، به ترتیب از چپ به راست، استفاده شده است.

### فعالیت

از هنرجویان خواسته شود اطلاعاتی را که تاکنون کسب کرده‌اند، با همکاری جمعی به صورت جدولی، نظیر جدول صفحه (۴) کتاب درسی تهیه کنند.

### فعالیت

از هنرجویان خواسته شود جدول را روی برگه‌ای رسم کنند<sup>۵</sup>. بهتر است یک ستون دیگر، تحت عنوان «نماد علمی یا رابطه فیزیکی یا معادله ابعادی» برای کمیت‌ها، به جدول صفحه (۴) کتاب اضافه شود.

<sup>۱</sup> SI: System International

سیستم بین‌المللی (واحدهای این سیستم مورد قبول همه جوامع علمی و مهندسی است)

<sup>۲</sup> MKS: meter – Kilogram – Second

<sup>۳</sup> CGS: Centimeter – Gram – Second

<sup>۴</sup> FPS: Foot – Pound – Second

<sup>۵</sup> تجربه نشان داده که بهترین روش جهت یادگیری جدول مذکور، رسم آن است که با توجه به میزان سرعت یادگیری هنرجویان بهتر است تکرار شود.

جدول ۱-۲

ردیف	کمیت	نماد، رابطه فیزیکی، معادله ابعادی	SI		CGS		FPS	
			نام واحد	نام واحد	نام واحد	نماد واحد	نام واحد	نماد واحد
۱	طول	L	متر	m	سانتی متر	cm	فوت	ft
۲	جرم	m	کیلوگرم	Kg	گرم	g	پوند جرم	lbm
۳	زمان	t	ثانیه	s	ثانیه	s	ثانیه	s
۴	دما	T	سانتی گراد، کلوین	°C و K	سانتی گراد، کلوین	°C و k	فارنهایت، رانکین	°F و °R
۵	مقدار ماده	n	مول، کیلوگرم مول	, mole kgmole	مول، گرم مول	mole, grmole	مول، پوند مول	mole, lbmole
۶	سطح	A=L <sup>۲</sup>	متر مربع	m <sup>۲</sup>	سانتی متر مربع	cm <sup>۲</sup>	فوت مربع	ft <sup>۲</sup>
۷	حجم	V=L <sup>۳</sup>	متر مکعب	m <sup>۳</sup>	سانتی متر مکعب	cm <sup>۳</sup>	فوت مکعب	ft <sup>۳</sup>
۸	چگالی	$\rho = \frac{m}{V}$	کیلوگرم بر متر مکعب	kg/m <sup>۳</sup>	گرم بر سانتی متر مکعب	gr/cm <sup>۳</sup>	پوند جرم بر فوت مکعب	Lbm/ft <sup>۳</sup>
۹	سرعت	V = L/t	متر بر ثانیه	m/s	سانتی متر بر ثانیه	cm/s	فوت بر ثانیه	ft/s
۱۰	شتاب	a = L/t <sup>۲</sup>	متر بر مجذور ثانیه	m/s <sup>۲</sup>	سانتی متر بر مجذور ثانیه	cm/s <sup>۲</sup>	فوت بر مجذور ثانیه	ft/s <sup>۲</sup>
۱۱	شتاب جاذبه زمین	g		۹ / ۸ m/s <sup>۲</sup>		۹۸۰ cm/s <sup>۲</sup>		۳۲ / ۱۷۴ ft/s <sup>۲</sup>
۱۲	نیرو	F=ma	نیوتن	kg.m/s <sup>۲</sup> = N	دین	gr.cm/s <sup>۲</sup> = dyne	پوند نیرو	(lbm)(۳۲ / ۱۷۴ ft/s <sup>۲</sup> ) = L
۱۳	فشار	P = F/A	پاسکال	N/m <sup>۲</sup> = Pa	دین بر سانتی متر مربع	dyne/cm <sup>۲</sup>	پی اس آی	lbf/in <sup>۲</sup> = Psi
۱۴	کار (یا انرژی)	W=F.L	ژول	N.m=J	ارگ	Dyne.Cm=erg	پوند نیرو فوت	lbf.ft
۱۵	انرژی حرارتی	Q=mcΔT	کالری	Cal	کالری	Cal	بی تی یو	BTU
۱۶	توان مکانیکی	P = w/t	وات	J/s = Watt	ارگ بر ثانیه	erg/s	پوند نیرو فوت بر ثانیه	lbf.ft/s
۱۷	توان حرارتی	P = Q/t	کالری بر ثانیه	Cal/s	کالری بر ثانیه	Cal/s	بی تی یو بر ثانیه	BTU/s
۱۸	گرانروی دینامیک	$\mu = m/t.l$	کیلوگرم بر متر ثانیه یا پاسکال ثانیه	$\frac{kg}{m.s} = Pa.s$	پویز	gr/cm.s = Poise	پوند جرم بر فوت ثانیه	lbm/ft.s
۱۹	گرانروی سینماتیک	$v = \mu/\rho = L^۲/t$	متر مربع بر ثانیه	m <sup>۲</sup> /s	استوکس	cm <sup>۲</sup> /s = st.	فوت مربع بر ثانیه	ft <sup>۲</sup> /s



## راهنمای تدریس جدول (۲-۱)

واحدهای ۵ ردیف اول، که مربوط به کمیت‌های اصلی هستند، توسط خود هنرآموز محترم نوشته و نام هریک بیان شود و برای نوشتن واحدهای بقیه کمیت‌ها، از هنرجویان کمک گرفته شود، مثلاً به هنرجویان آموزش داده شود که برای نوشتن واحدهای چگالی در سیستم‌های مختلف، براساس رابطه فیزیکی مربوط ( $\rho = \frac{m}{V}$ )، به واحدهای جرم و حجم مراجعه شود. به این ترتیب جدول (۲-۱) کامل می‌گردد.

بسیاری از واحدهای کمیت‌های فرعی با اسامی خاص شناخته شده‌اند و نام برخی از فیزیک‌دانان به آنها اختصاص یافته است. برای مثال، به واحد  $\text{kg.m/s}^2$ ، جهت تجلیل و نیز سهولت، عنوان نیوتن با نماد N داده شده است. هنرآموزان محترم توجه داشته باشند که تدریس و یاددهی جدول مذکور می‌تواند در یک جلسه انجام شود ولی توصیه می‌گردد یادگیری هنرجویان و پرسش از آن، در دو هفته صورت گیرد. مثلاً برای جلسه بعدی یادگیری ۱۲ ردیف اول تعیین شود و بقیه جدول به جلسه‌ای دیگر موکول گردد.

### توضیحاتی در مورد جدول (۲-۱):

در ردیف (۱۳)؛ واحد رایج طول در سیستم FPS، فوت است. واحد دیگری به نام (اینچ) برای طول در این سیستم کاربرد دارد که معادل « $\frac{1}{12}$  فوت» است. براساس این واحد، مساحت می‌تواند برحسب اینچ مربع ( $\text{in}^2$ )، بیان شود که در واحد معروف فشار (Psi) مشاهده می‌شود.

در ردیف (۱۴) منظور از انرژی، انرژی مکانیکی است.

در ردیف (۱۵) واحد انرژی حرارتی در سیستم FPS، BTU<sup>۱</sup> است که یا به صورت سرواژه خوانده می‌شود یا با برگردان به فارسی آن را واحد حرارتی انگلیسی می‌گویند.

## روش تدریس «انواع واحدها»

با ارجاع هنرجویان به جدول واحدها، (۲-۱)، سه نوع واحد معرفی می‌شود به این صورت:

۱- در کل جدول، واحدهای مربوط به ۵ ردیف اول، که متعلق به کمیت‌های اصلی هستند، به نام «واحدهای اصلی یا پایه<sup>۲</sup>» معروف‌اند.

۲- در ۵ ردیف اول، واحدهای دو سیستم CGS و FPS نسبت به واحدهای سیستم SI، «مضرب» خوانده می‌شوند<sup>۳</sup>.

تعریف واحد مضرب: واحدی که چند برابر یک واحد اصلی یا کسری از آن باشد، مضرب آن واحد خوانده می‌شود.

مثال: Kg و g واحدهای جرم هستند که نسبت به کل جدول، اصلی محسوب می‌شوند ولی نسبت به خودشان، kg اصلی است و g و lbm مضربی از kg هستند<sup>۴</sup>. علاوه بر این، واحدهایی چون میلی‌گرم، میکروگرم، مَن<sup>۵</sup>، تَن<sup>۶</sup> مضربی از واحدهای

<sup>۱</sup> - British Thermal Unit

<sup>۲</sup> - واحدهای طول، جرم، زمان، دما و مقدار ماده در سه سیستم (نسبت به کل جدول)

<sup>۳</sup> - واحدهای سیستم SI، نسبت به CGS و FPS اصلی هستند. (در مقایسه واحدهای اصلی با یکدیگر)

<sup>۴</sup> - این نحوه مقایسه در تست‌های کنکور بسیار مشاهده شده است.

<sup>۵</sup> - هر مَن معادل سه کیلوگرم است.

<sup>۶</sup> - هر تَن معادل هزار کیلوگرم است.

گرم و کیلوگرم به حساب می‌آیند.

۳- واحدهای کمیت‌های فرعی<sup>۱</sup> را «واحدهای مشتق شده» می‌نامند. چنانچه در جدول دیده می‌شود این واحدها به دو صورت معرفی شده‌اند:

الف) واحدهایی که به صورت ضرب و تقسیم‌هایی از واحدهای پایه یا مضرب هستند، مانند واحدهای مربوط به کمیت‌های سطح، حجم، چگالی، سرعت و شتاب. به این گونه واحدهای مشتق شده، «مرکب» هم می‌گویند.  
ب) واحدهایی که به صورت معادله تعریف شده‌اند، مانند پوند نیرو، نیوتن، دین، ...  
روش ساخت واحدهای مضرب: واحدهای مضرب به دو روش ساخته می‌شوند:  
الف) با استفاده از پیشوندها<sup>۲</sup>، مانند سانتی‌متر، کیلومتر و ...

نکته مهم: جهت تشخیص واحدهای مضرب، هنرجویان باید توجه داشته باشند که پیشوندهای مذکور قبل از واحدهای اصلی قرار می‌گیرند. با ذکر یک مثال، این مطلب روشن خواهد شد:

سانتی‌متر مضرب است اما سانتی‌پوز مضرب نیست، زیرا متر واحد اصلی و پوز، یک واحد مشتق شده است.  
ب) یا با اسامی جدیدی مطرح می‌شوند. در این حالت نسبت آنها با واحد اصلی، اعداد ده دهی نیست، مثلاً واحدهای زمان، مانند دقیقه، ساعت، روز، ... واحدهای مضرب برای ثانیه هستند.

## فعالیت

### تهیه جدول واحدها، برای نصب در کلاس درسی

هنرجویان به صورت داوطلب، در گروه‌هایی تقسیم‌بندی شوند و جهت تهیه جدول واحدها در ابعاد بزرگ اقدام کنند. برای این فعالیت می‌توان امتیازی در نظر گرفت و آن را در نمره مستمرشان تأثیر داد. دو مورد از بهترین‌ها انتخاب گردد و در کلاس درسی و کارگاه نصب شوند.  
هدف از این فعالیت، یادگیری بهتر هنرجویان است.

۱- این کمیت‌ها در ردیف‌های پنجم به بعد جدول (۲-۱)، قرار دارند.

۲- تعدادی از پیشوندها در جدول (۲-۱) صفحه (۵) کتاب درسی مشاهده می‌شوند. در دانستنی (۲)، جدولی کامل‌تر جهت اطلاع هنرآموزان محترم در اختیار آنان قرار

می‌گیرد.

## دانشتني (۲) <sup>۱</sup>

پيشوندهاي متداول در سيستم SI : يكي از مزايای سيستم SI اين است كه مي توان واحدهاي آن را با استفاده از پيشوندهاي مناسب، بزرگ تر يا كوچك تر نيز بيان كرد. جدول (۱-۳) مجموعه اي از اين پيشوندها را نشان مي دهد. لازم است متذكر شويم اين پيشوندها به صورت توان هايي از پايه  $10^0$  هستند <sup>۲</sup>.

جدول ۱-۳- پيشوندهاي متداول

نماد	پيشوند	مضرب	نماد	پيشوند	مضرب
a	آتو	$10^{-18}$	E	اگزا	$10^{+18}$
f	فمتو	$10^{-15}$	P	پتا	$10^{+15}$
p	پيكو	$10^{-12}$	T	ترا	$10^{+12}$
n	نانو	$10^{-9}$	G	گيگا	$10^{+9}$
$\mu$	ميكرو	$10^{-6}$	M	مگا	$10^{+6}$
m	ميلي	$10^{-3}$	K	كيلو	$10^{+3}$
c	سائتي	$10^{-2}$	H	هكتو	$10^{+2}$
d	دسي	$10^{-1}$	D	دكا	$10^{+1}$

– توصيه مي شود هيچ گاه از دو پيشوند پشت سر هم استفاده نشود، مثلاً ميكرونانونتر صحيح نيست.

به مثال زير توجه شود :

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$1 \text{ m} = 10^{+9} \text{ nm} \quad \text{رابطه (۲)}$$

برای بيان رابطه متر و نانومتر <sup>۳</sup> فرقي نمي كند كه از کدام مورد، (۱) يا (۲) استفاده شود.

۱- دانشتني (۲) از كتاب «اصول بنياني و مباني محاسبات در مهندسي شيمي» اثر ديويدهيل بلا و ترجمه دكتر مرتضي سهرابي

۲- همان طور كه مشاهده مي شود توان پيشوندهاي بزرگ تر كردن واحدها مثبت است و در مقابل توان پيشوندهاي كوچك تر كردن واحدها، منفي است.

۳- منظور مسائل تبديل واحد است. نمونه اي از اين مسائل در بخش «سوالات پيشنهادي» مطرح شده است.

برنامه زمان بندی هفته سوم			دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (حضور و غیاب، احوالپرسی)	۵	
۲	رفع اشکال	۱۰	
۳	پرسش	۲۰	
۴	تدریس	۹۰	
۵	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰	

تدریس ادامه فصل اول، می تواند به ترتیب عناوین زیر صورت گیرد :

- تبدیل واحدها به روش نردبانی
- نحوه استفاده از جداول تبدیل واحد
- چگونگی انجام عملیات ریاضی بر روی واحدها

### روش تدریس

در این جلسه، نحوه تبدیل واحدهای مختلف به یکدیگر به روش «نردبانی»<sup>۱</sup> آموزش داده می شود.

مثال : تبدیل واحد روبهرو را انجام دهید :

$$۱۵ \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} = ? \frac{\text{g}}{\text{cm.min}}$$

جهت تدریس و آموزش این روش، بهترین راه، حل یک مثال است. می توان از مثال خود کتاب درسی استفاده کرد و قدم به قدم

روش را توضیح داد، به این صورت :

$$۳۶ \text{ mg} = ? \text{ g}$$

نکته ۱ : فقط واحدهای مربوط به یک کمیت را می توان به هم تبدیل کرد.

یک خط افقی به نشانه یک خط کسری رسم می شود :

۳۶mg	
۳۶ mg	g
	mg

معلومات مسئله بصورت کسر روی خط مذکور، قرار داده می شود؛ یعنی صورت بالای

خط و مخرج زیر خط و یک خط عمود بر آن، به نشانه «ضربدر» کشیده می شود؛ همه قوانین کسرها در مورد کسر ( $\frac{۳۶\text{mg}}{۱}$ ) صادق است. مثلاً ضرب صورتها یا ضرب مخرجها یا ساده

کردن صورت و مخرج را می توان اجرا کرد. حال باید دید واحد موردنظر چیست؟ آن نیز، به

صورت کسر در خانه بعدی نوشته می شود. مثلاً در این مثال، g در صورت قرار می گیرد و

واحدی که باید تبدیل شود بنابر معلومات مسئله در جایی نوشته می شود که حذف گردد مثلاً mg

در مخرج می آید، مانند روبهرو :

۱- حل چنین مسائلی با استفاده از تناسبهای چند مرحله ای بسیار پیچیده و وقت گیر و برخطاست.

حال رابطه این دو واحد یعنی واحد جدید و قدیم در جلوی آنها نوشته می‌شود. این رابطه یا جزو محفوظات ماست یا از جداول تبدیل واحد<sup>۱</sup> خوانده می‌شود :

با علم به این که  $1\text{ g} = 1000\text{ mg}$ ، پس :

۳۶ mg	۱ g
	۱۰۰۰ mg

حال واحد قدیم (mg) حذف می‌شود و واحد جدید (g) باقی می‌ماند و محاسبه انجام می‌شود :

$$\frac{36\cancel{\text{mg}}}{1000\cancel{\text{mg}}} \times \frac{1\text{g}}{1} = \frac{36 \times 1}{1000} = 0.036\text{g} \leftarrow$$

در این مثال، در حقیقت جهت تبدیل ۳۶ mg به g، آن را در یک ضریب تبدیل (واحد قدیم / واحد جدید)<sup>۲</sup>، ضرب می‌کنند.

**ضرایب تبدیل :** کسرهایی هستند که توسط آنها واحدهای قدیمی حذف و واحدهای موردنظر جایگزین می‌شوند. مقدار کسرهایی ضریب تبدیل برابر یک است و تنها جهت تبدیل واحد استفاده می‌شوند.

در مثال مذکور،  $\frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} = 1$  است، زیرا  $1\text{g} = 1000\text{mg}$  است.

در این قسمت، مثال‌های کتاب یکی یکی حل می‌شوند<sup>۳</sup> و همراه با آنها، توضیحات لازم ارائه می‌گردد. بعد از حل دو مثال، معمولاً هنرجویان روش را می‌آموزند و می‌توانند در حل بقیه مثال‌ها همکاری کنند. برای جلب توجه و نظر آنان، توصیه می‌شود به هنگام حل کردن، با صدا زدن نام آنها، از چگونگی ادامه مسیر سؤال شود.

**مثال :**

$$1 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = ? \frac{\text{km}}{(\text{year})^2}$$

<del>۱ cm</del>	<del>۱ m</del>	۱ km	<del>۶۰<sup>۲</sup> s<sup>۲</sup></del>	<del>۶۰<sup>۲</sup> min<sup>۲</sup></del>	<del>۲۴<sup>۲</sup> hr<sup>۲</sup></del>	<del>۳۶۵<sup>۲</sup> Day<sup>۲</sup></del>
<del>s<sup>۲</sup></del>	۱۰ <sup>۲</sup> cm	۱۰ <sup>۳</sup> m	۱ <sup>۲</sup> min <sup>۲</sup>	۱ <sup>۲</sup> hr <sup>۲</sup>	۱ <sup>۲</sup> Day <sup>۲</sup>	۱ <sup>۲</sup> (year) <sup>۲</sup>

$$= \frac{60^2 \times 60^2 \times 24^2 \times 365^2}{10^2 \times 10^3} = 9.95 \times 10^9 \frac{\text{km}}{(\text{year})^2}$$

**نکته ۲ :** وقتی یک کمیت به توان می‌رسد واحدهای آن کمیت نیز، به همان توان می‌رسند.

**نکته ۳ :** واحدهای موجود در یک کسر، جداگانه ولی در یک نردبان به واحدهای دلخواه تبدیل می‌شوند.

**مثال :** شتاب جاذبه زمین در سیستم CGS برابر  $980\text{ cm/s}^2$  است. این شتاب در سیستم FPS چقدر است؟

**حل :** در این مثال، علاوه بر تبدیل واحد، مفهوم دیگری مورد سؤال است و آن این‌که، واحد شتاب در سیستم FPS چیست؟

۱- جداول موجود در صفحه (۶) کتاب درسی.

۲- اگر واحد قدیم، که باید حذف شود، در مخرج نردبان باشد ضریب تبدیل به شکل (واحد جدید/ واحد قدیم) در نردبان قرار می‌گیرد.

۳- همه مثال‌ها، غیر از مثال (۶-ب) که در جلسه آینده تدریس می‌شود.

در جواب، کافی است هنجویان معادل cm و s را در سیستم FPS بدانند، پس مسئله لازم است به شکل زیر عنوان شود :

$$98 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = ? \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

در این مثال، ضرایب تبدیل از جدول (۱-۳) صفحه (۶) کتاب به دست می‌آید و مسیر تبدیل این گونه است :

$$\text{cm} \rightarrow \text{m} \rightarrow \text{ft}$$

$98 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$	$1 \text{ m}$	$1 \text{ ft}$	$= 32/152 \text{ ft/s}^2$
$\text{s}^2$	$100 \text{ cm}$	$0.3048 \text{ m}$	

نکته ۴ : به هنجویان توضیح داده شود که در نوشتن مقادیر ضرایب تبدیل، از جمله مثال (۵)، تفاوتی ندارد که نوشته شود :

$$1 \text{ m} = 3/28.8 \text{ ft} \text{ یا } 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

چگونگی اعمال ریاضی بر روی واحدها : عملیات جمع و تفریق، فقط بر روی واحدهای یکسان از یک کمیت، می‌تواند انجام شود<sup>۱</sup>. مثلاً نمی‌توان ۴ cm را با ۵ mm جمع کرد. ولی در ضرب و تقسیم این محدودیت وجود ندارد، مثلاً :

$$\frac{8 \text{ km}}{2 \text{ hr}} = 4 \text{ km/hr}$$

$$4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$$

هنجویان اکنون می‌توانند خودآزمایی فصل را حل کنند و برای جلسه بعد تحویل دهند.

### فعالیت (تحقیق)

غیر از پیشنهادهایی که در جدول (۱-۲) کتاب آمده است چه پیشنهادهای دیگری می‌توان داشت؟ همه را در یک جدول تنظیم کنید.

### فعالیت (آزمون)

به اطلاع هنجویان برسد که هفته بعد آزمون برگزار می‌شود. موضوع آزمون، شناخت و تشخیص انواع کمیت‌ها، سیستم‌ها و واحدها از یکدیگر است.

– قبل از حل خودآزمایی توسط هنجویان، دفاتر تمرین آنها بررسی گردد و به نحوه حل کردن تمرین‌ها، از جمله مرتب و کامل بودن امتیاز مثبت دهند و به هنجویانی که در این خصوص فعالیتی نداشته‌اند امتیاز منفی داده شود. ضمناً از هنجویانی که راجع به موضوعات تعیین شده در هفته‌های گذشته، تحقیق و فعالیتی انجام داده‌اند، قدردانی به عمل آید و برای آنها امتیازی منظور گردد.

۱- این مطلب در صفحه (۲) کتاب درسی، توضیح داده شده است و براساس آن در بخش خودآزمایی دو مسئله (۴) و (۶) مطرح شده است.

## هفته چهارم

برنامه زمان بندی هفته چهارم		
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی - حضور و غیاب)	۵
۲	رفع اشکال	۱۰
۳	حل خودآزمایی	۶۵
۴	آزمون	۲۰
۵	تدریس	۳۰
۶	استراحت میان تدریس (یک نوبت)	۵

عناوینی که در این هفته تدریس می شوند، عبارت اند از :

– تعریف سال نوری

– محاسبه مقدار سال نوری

### خودآزمایی فصل ۱

۱- ویسکوزیته آب در دمای اتاق، تقریباً ۱ centi.poise است. این ویسکوزیته را به واحدهای زیر تبدیل

کنید :

الف) g/cm.s

ب) lbm/ft.s

پاسخ :

الف) با علم به این که : ۱ poise = ۱ g/cm.s ، تبدیل واحد به صورت زیر انجام می شود :

$$\frac{1 \cancel{\text{cp}}}{1 \cancel{\text{Poise}}} = \frac{0.01 \cancel{\text{Poise}}}{1 \cancel{\text{Poise}}} = 0.01 \frac{\text{g}}{\text{cm.s}}$$

ب) با استفاده از جداول تبدیل واحد جرم و طول که در آن  $\left( \begin{matrix} 1 \text{ lbm} = 453.6 \text{ g} \\ 1 \text{ m} = 3.2808 \text{ ft} \end{matrix} \right)$  است تبدیل واحد انجام

می شود :

$$\frac{0.01 \cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm.s}}} = \frac{1 \text{ lbm}}{453.6 \cancel{\text{g}}} \times \frac{10^2 \cancel{\text{cm}}}{1 \cancel{\text{m}}} \times \frac{1 \cancel{\text{m}}}{3.2808 \text{ ft}} = 0.67 \times 10^{-3} \text{ lbm/ft.s}$$

۲- تبدیلات زیر را به وسیله جدول<sup>۱</sup> انجام دهید :

الف) ۲۳۵ g را به lbm

$$\frac{235 \cancel{g}}{453 \cancel{g}} \times \frac{1 \text{ lbm}}{1} = 0.52 \text{ lbm}$$

ب) ۵۷/۵ lbm/ft<sup>۳</sup> را به kg/m<sup>۳</sup>

$$\frac{57.5 \cancel{\text{lbm}}}{\cancel{\text{ft}^3}} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \cancel{\text{lbm}}} \times \frac{(3/28.08)^3 \cancel{\text{ft}^3}}{1 \text{ m}^3} = 922/96 \text{ kg/m}^3$$

ج) ۶۰ mile/min را به km/hr

$$\frac{60 \cancel{\text{mile}}}{\cancel{\text{min}}} \times \frac{1/61 \times 10^3 \cancel{m}}{1 \cancel{\text{mile}}} \times \frac{1 \text{ km}}{10^3 \cancel{m}} \times \frac{60 \cancel{\text{min}}}{1 \text{ hr}} = 5796 \text{ km/hr}$$

د) ۱۲۵۰۰ gal/hr را به m<sup>۳</sup>/s

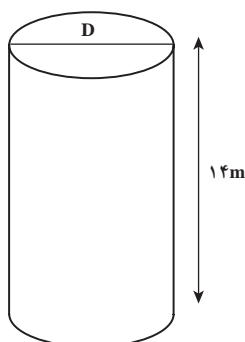
$$\frac{12500 \cancel{\text{gal}}}{\cancel{\text{hr}}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264/2 \cancel{\text{gal}}} \times \frac{1 \cancel{\text{hr}}}{3600 \cancel{s}} = \frac{12500}{264/2 \times 3600} = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$$

هـ) ۲۰۰ ft<sup>۳</sup> را به لیتر

$$\frac{200 \cancel{\text{ft}^3}}{1 \cancel{\text{ft}^3}} \times \frac{28/32 \text{ Lit}}{1 \cancel{\text{ft}^3}} = \left( \frac{200 \times 28/32}{1} \right) = 5664 \text{ Lit}$$

و) ۱۰۰۰۰۰۰ نانو ثانیه را به ساعت

$$\frac{1000000 \cancel{\text{ns}}}{10^9 \cancel{\text{ns}}} \times \frac{1 \cancel{s}}{3600 \cancel{s}} \times \frac{1 \text{ hr}}{10^9 \times 3600} = \frac{10^5}{10^9 \times 3600} = 2/78 \times 10^{-8} \text{ hr}$$



۳- مخزنی به شکل استوانه به حجم ۹۰۰۰ gal<sup>۲</sup> دارای ارتفاع ۱۴ متر است. قطر مخزن را پیدا کنید.

پاسخ: شکل مخزن رسم شود و روی آن معلومات و مجهولات مسئله نشان داده شود. مسئله در سیستم SI حل می شود، پس باید m<sup>۳</sup> → gal تبدیل شود:

$$V = \frac{9000 \cancel{\text{gal}}}{264/2 \cancel{\text{gal}}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1} = 34/06 \text{ m}^3$$

۱- جداول تبدیل واحد طول و جرم و حجم در صفحه (۶) کتاب درسی.

۲- واحد گالن به دو صورت بیان می شود؛ گالن آمریکایی (US.gallon)، که معادل ۳/۷۸۵ لیتر است و گالن انگلیسی (UK.gallon) که برابر ۴/۵۴۶ لیتر است.



$$V = \pi r^2 h \Rightarrow r^2 = \frac{V}{\pi h}$$

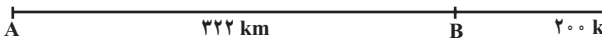
استوانه

$$r^2 = \frac{34 / 0.6 \text{ m}^3}{3 / 14 \times 14 \text{ m}} = 0.774 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{0.774 \text{ m}^2} \approx 0.88 \text{ m}$$

$$D = 2r = 2 \times 0.88 \text{ m} = 1.76 \text{ m} \leftarrow$$

۴- فاصله بین دو شهر A تا B، ۲۰۰ مایل است. فاصله بین دو شهر B تا C، ۲۰۰ کیلومتر است. فاصله شهرهای A تا C چند کیلومتر است؟  
پاسخ:

$$\frac{200 \text{ mile}}{1 \text{ mile}} \times \frac{1.61 \times 10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 322 \text{ km}$$


نکته: در جمع و تفریق، واحدها باید یکسان باشند.

$$AC = AB + BC$$

$$AC = 322 \text{ km} + 200 \text{ km} = 522 \text{ km} \leftarrow$$

۵- سال نوری عبارت است از مسافتی که نور با سرعت  $3 \times 10^8 \text{ km/s}$  در یک سال می‌پیماید. این سرعت را بر حسب  $\text{ft/min}$  و  $\text{mile/hr}$  به دست آورید.  
پاسخ:

$$\frac{3 \times 10^8 \text{ km}}{1 \text{ s}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{6 / 214 \times 10^{-4} \text{ mile}}{1 \text{ m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} = \frac{3 \times 10^8 \times 10^3 \times 6 / 214 \times 10^{-4} \times 3600}{1}$$

$$= 6 / 7 \times 10^8 \text{ mile/hr}$$

$$\frac{3 \times 10^8 \text{ km}}{1 \text{ s}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{3 \times 10^8 \times 10^3 \times 60}{0.3048}$$

$$= 5 / 9 \times 10^{11} \text{ ft/min} \leftarrow$$

۶- مجموع چهارصد فوت و سیصد اینچ چند متر است؟

پاسخ: یکی از راه‌های حل این مسئله این است که فوت و اینچ جداگانه به متر تبدیل گردند، سپس با هم جمع شوند. راه دیگر به صورت زیر است:

$$\frac{30 \cancel{\text{in}}}{1 \cancel{\text{in}}} \times \frac{1 \text{ft}}{12 \cancel{\text{in}}} = 2.5 \text{ft}$$

$$40 \text{ft} + 2.5 \text{ft} = 42.5 \text{ft}$$

$$\frac{42.5 \cancel{\text{ft}}}{1 \cancel{\text{ft}}} \times \frac{1 \text{m}}{3.2808 \cancel{\text{ft}}} = 12.95 \text{m} \leftarrow$$

## نمونه‌ای از آزمون‌های فصل اول

زمان : ۲۰ دقیقه

- ۱- نوع کمیت‌های زیر را مشخص کنید (اصلی یا فرعی) : (۱)
 

الف) گرانی	ب) دما	ج) توان حرارتی	د) فشار
------------	--------	----------------	---------
- ۲- واحد کمیت‌های زیر را در سیستم‌های نام‌برده، بنویسید. (۱)
 

الف) نیرو در CGS	ب) مقدار ماده در FPS
ج) فشار در SI	د) گرانی در CGS
- ۳- واحدهای زیر مربوط به کدام کمیت‌اند؟ (۱)
 

الف) وات	ب) Psi	ج) ژول	د) BTU
----------	--------	--------	--------
- ۴- واحدهای زیر مربوط به کدام سیستم‌اند؟ (۱)
 

الف) پویز	ب) پوندنیرو	ج) نیوتن	د) اِارگ
-----------	-------------	----------	----------
- ۵- نوع واحدهای زیر را مشخص کنید (اصلی، مضرب، مشتق شده) (۱)
 

الف) مگامتر	ب) کیلووات
ج) کیلوگرم بر مترمکعب	د) فوت

## پاسخ سؤالات آزمون

- سؤال (۱)؛ هر مورد (۰/۲۵)
- |           |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|
| الف) فرعی | ب) اصلی | ج) فرعی | د) فرعی |
|-----------|---------|---------|---------|
- سؤال (۲)؛ هر مورد (۰/۲۵)
- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| الف) $\text{g.cm/s}^2 = \text{dyne}$ | ب) mole و lbmole                  |
| ج) $\text{Pa} = \text{N/m}^2$        | د) $\text{g/cm.s} = \text{Poise}$ |
- سؤال (۳)؛ هر مورد (۰/۲۵)
- |           |         |                 |                 |
|-----------|---------|-----------------|-----------------|
| الف) توان | ب) فشار | ج) کار یا انرژی | د) انرژی حرارتی |
|-----------|---------|-----------------|-----------------|
- سؤال (۴)؛ هر مورد (۰/۲۵)
- |          |        |       |        |
|----------|--------|-------|--------|
| الف) CGS | ب) FPS | ج) SI | د) CGS |
|----------|--------|-------|--------|
- سؤال (۵)؛ هر مورد (۰/۲۵)
- |           |             |             |         |
|-----------|-------------|-------------|---------|
| الف) مضرب | ب) مشتق شده | ج) مشتق شده | د) اصلی |
|-----------|-------------|-------------|---------|

## روش تدریس مبحث «سال نوری»

معرفی «سال نوری» به عنوان یک واحد برای کمیت طول، در قالب یک مسئله مطرح شده است<sup>۱</sup>:

مثال: فاصله ماه تا زمین ۲۴۰۰۰۰ مایل است. این فاصله را به واحد «سال نوری» تبدیل کنید.

جهت تدریس، ابتدا «سال نوری» را تعریف کرده و راجع به کلمات کلیدی موجود در آن، توضیحاتی داده شود. سپس مقدار

آن محاسبه گردد تا در مسائل تبدیل واحد مورد استفاده قرار گیرد، به صورت زیر:

سال نوری: مسافتی است که نور با سرعت  $3 \times 10^5 \text{ km/s}$  در مدت یک سال می پیماید.

محاسبه مقدار سال نوری، در حقیقت محاسبه مقدار مسافتی است که نور با سرعت و زمان مشخص (ذکر شده در تعریف) طی

می کند. به این منظور رابطه فیزیکی سرعت، که این سه کمیت در آن وجود دارند، به صورت زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

$$V = \frac{L}{t} \Rightarrow L = V.t$$

اطلاعات داده شده، در فرمول جایگزین می گردد:

$$L = 3 \times 10^5 \text{ km/s} \times 1 \text{ yr} \Rightarrow \text{هرسال نوری} = 3 \times 10^5 \text{ km.yr/s}$$

محاسبه باید به طریقی انجام شود که فقط واحد طول بماند، یعنی (Km) و واحدهای (yr) و (s) با تبدیل واحد یکی به دیگری

حذف شوند<sup>۲</sup>، به صورت زیر:

$$\frac{3 \times 10^5 \text{ km.yr}}{\cancel{s}} \times \frac{\cancel{60 \text{ s}}}{1 \text{ min}} \times \frac{\cancel{60 \text{ min}}}{1 \text{ hr}} \times \frac{\cancel{24 \text{ hr}}}{1 \text{ Day}} \times \frac{365 \text{ Day}}{1 \text{ yr}} = 9.4608 \times 10^{12} \text{ km}$$

$$1 \text{ سال نوری} = 9.4608 \times 10^{12} \text{ km}$$

پس<sup>۳</sup>:

طرح یک سؤال: سال نوری، چه نوع واحدی است؟ (مضرب، اصلی یا مشتق شده) نظرات و دلایل هنجریان را بررسی کنید

و پاسخ صحیح با ذکر دلیل اعلام گردد.

پاسخ: سال نوری، یک واحد مضرب است زیرا می توان آن را بر حسب متر بیان کرد و متر نیز واحد اصلی است:

$$1 \text{ سال نوری} = 9.4608 \times 10^{15} \text{ m}$$

## فعالیت

پیشنهاد می شود یک آزمون کلی از فصل اول، در هفته آینده برگزار شود.

۱- مثال (۶) صفحه (۸) کتاب درسی عملیات دستگاهی

۲- (yr) مخفف (year) است.

۳- فرقی نمی کند که  $S \rightarrow yr$  یا  $yr \rightarrow S$  تبدیل شود. در کتاب درسی  $yr \rightarrow S$  و در این راهنما،  $S \rightarrow yr$  تبدیل شده است و نتیجه یکسان است.

۴- معمولاً هنجریان تمایل به حفظ کردن این رابطه دارند، زیرا محاسبه آن وقت گیر است.

## نمونه سؤالات پیشنهادی<sup>۱</sup>

این نمونه سؤالات را می‌توان برای هنرجویان به جای تکلیف مطرح کرد :

۱- جسمی به جرم  $300^\circ$  گرم با سرعت  $3^\circ$  متر بر ثانیه در حال حرکت است. انرژی جنبشی آن را برحسب ژول و اِرج حساب کنید.

۲- یک راکتور کروی شکل به قطر  $3^\circ$  متر، چند لیتر حجم دارد؟

۳- یک قطعه فلز به جرم  $72^\circ$  گرم و حجم  $9^\circ$  سانتی متر مکعب داریم چگالی آن را برحسب  $\text{kg/m}^3$  به دست آورید.

۴-  $10^\circ \text{kg/m.s}$  را در سیستم FPS به دست آورید.

۵- یک نیوتن چند دین است؟

۶- یک نیوتن چند پوند نیرو است؟

۷-  $4^\circ$  مگامتر چند نانومتر است؟

۸-  $10^\circ$  میکرو وات چند کیلو وات است؟

## پاسخ سؤالات پیشنهادی

سؤال (۱) :

$$m = 300^\circ \text{g}, V = 3^\circ \text{m/s}$$

$$E_K = ? J = ? \text{erg}$$

$$E_K = \frac{1}{2} m V^2$$

ژول، واحد انرژی در سیستم SI است. برای محاسبه انرژی برحسب این واحد، باید واحدهای جرم و سرعت را در سیستم SI انتخاب کرد و همین‌طور در مورد ارگ، که واحد انرژی در CGS است، باید واحدهای جرم و سرعت در سیستم CGS باشند.

$$E_K = \frac{1}{2} \left| \frac{300^\circ \cancel{\text{g}}}{1^\circ} \right| \left| \frac{3^\circ \cancel{\text{m}}}{1^\circ} \right| \left| \frac{1 \text{kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \right| = 135 \text{J} \leftarrow$$

$$E_K = \frac{1}{2} \left| \frac{300^\circ \text{g}}{1^\circ} \right| \left| \frac{3^\circ \cancel{\text{m}}}{1^\circ} \right| \left| \frac{10^2 \text{cm}^2}{1^\circ \cancel{\text{m}^2}} \right| = 135 \times 10^7 \text{erg} \leftarrow$$

سؤال (۲) : حجم کره با فرمول روبه‌رو به دست می‌آید :

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{D}{2} \right)^3 = \pi \frac{D^3}{6}$$

۱- سؤالات مطروحه همگی از نوع «فردانشی و مفهومی» هستند. این سؤالات، بنا بر صلاحدید هنرآموزان محترم، می‌توانند مطرح و حل شوند.

$$V = \frac{3/14}{\cancel{6}} \left| \frac{3^3 \cancel{m^3}}{1} \right| \left| \frac{10^3 \text{ Lit}}{\cancel{1m^3}} \right| = 14/13 \times 10^3 \text{ I}$$

سؤال (۳):

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

$$\rho = \frac{72 \cancel{g}}{9 \cancel{cm^3}} \left| \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{g}} \right| \left| \frac{(10^3)^3 \cancel{cm^3}}{1^3 m^3} \right| = \frac{72 \times 10^6}{9 \times 10^3} = 8000 \text{ kg/m}^3$$

سؤال (۴): برای حل این مسئله؛  $\text{Kg} \rightarrow \text{lbm}$  و  $m \rightarrow \text{ft}$  تبدیل می‌شود، با استفاده از جداول صفحه (۶)

کتاب درسی:

$$\frac{10 \cancel{kg}}{m.s} \left| \frac{2/2 \text{ lbm}}{1 \cancel{kg}} \right| \left| \frac{0/3048 \cancel{m}}{1 \text{ ft}} \right| = \frac{10 \times 2 / 2 \times 0 / 3048}{1} = 6/7 \text{ lbm/ft.s}$$

سؤال (۵): برای حل این گونه مسائل، ابتدا فرمول هر واحد را نوشته تا مشخص شود هدف، به دست آوردن چه واحدهایی است. گفتنی است، اصولاً تا زمانی که واحدها از نوع کمیت‌های طول و جرم و زمان نباشند تبدیل واحد امکان ندارد.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2, \quad 1 \text{ dyne} = 1 \text{ g.cm/s}^2$$

$$\frac{1 \cancel{kg} . \cancel{m}}{s^2} \left| \frac{10^3 \text{ g}}{1 \cancel{kg}} \right| \left| \frac{10^2 \cancel{cm}}{1 \cancel{m}} \right| = 10^3 \times 10^2 = 10^5 \text{ g.cm/s}^2$$

$$\Rightarrow 1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne} \leftarrow$$

سؤال (۶): این یک نمونه سؤال فرادانشی است که هنرآموز محترم، به صلاحدید خود و در صورت بالا بودن سطح کلاس، می‌تواند آن را مطرح کند (با استفاده از جداول تبدیل واحد صفحه (۶) کتاب):

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2, \quad 1 \text{ lbf} = 1 (\text{lbm})(32/174 \text{ ft/s}^2)$$

$$\frac{1 \cancel{kg} . \cancel{m}}{s^2} \left| \frac{2/2 \text{ lbm}}{1 \cancel{kg}} \right| \left| \frac{1 \text{ ft}}{0/3048 \cancel{m}} \right|$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود در تعریف lbf مقدار شتاب  $32/174$  است، پس برای به دست آوردن فرمول lbf، صورت و مخرج را در  $32/174$  ضرب می‌کنیم و بعد از  $32/174$  موجود در صورت برای ساختن فرمول استفاده می‌شود و  $32/174$  موجود در مخرج در ضریب منظور می‌شود، سپس به صورت زیر ادامه می‌یابد:

$$\left| \frac{32/174}{32/174} \right| = \frac{2/2}{0/3048 \times 32/174} \left[ (\text{lbm})(32/174 \text{ ft/s}^2) \right]$$

$$\Rightarrow 1 \text{ N} = 0.224 \text{ lbf} \leftarrow$$

سؤال (٧) :

$$\frac{4 \cancel{\text{Mm}}}{1 \cancel{\text{Mm}}} \times \frac{10^6 \cancel{\text{m}}}{1 \cancel{\text{m}}} = 4 \times 10^6 \times 10^9 = 4 \times 10^{15} \text{ nm} \leftarrow$$

سؤال (٨) :

$$\frac{10^0 \cancel{\mu\text{W}}}{10^6 \cancel{\mu\text{W}}} \times \frac{1 \cancel{\text{W}}}{10^3 \cancel{\text{W}}} = \frac{10^0}{10^6 \times 10^3} = 10^{-9} \text{ kW}$$

$$\Rightarrow 10^0 \mu\text{W} = 10^{-9} \text{ kW} \leftarrow$$