فصل اول

سیستم واحدهای اندازه‌گیری

چکیدهٔ فصل

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

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

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

- ضرورت اندازه‌گیری
- تعریف کمیّت و شناخت آن
- چگونگی اندازه‌گیری کمیّت‌ها با استفاده از واحد استاندارد
- تفاوت واحد و کمیّت
- انواع کمیّت‌ها
- انواع سیستم‌های واحدهای اندازه‌گیری
- جدول صفحهٔ (۴) کتاب درسی
- انواع واحدها
- نحوهٔ ساخت واحدهای مضرب با استفاده از پیشوندها
- روش نردبانی جهت تبدیل واحدها با استفاده از جداول
- تعریف سال نوری و نحوهٔ محاسبهٔ مقدار آن

برنامهٔ زمان‌بندی تدریس فصل اول

هفته	موضوعات	صفحه
۱	مفهوم اندازه‌گیری ــ کمیّت و انواع آن ــ چگونگی اندازه‌گیری کمیّت‌ها	۱ــ۲
۲	انواع سیستم‌ها ــ تهیهٔ جدول واحدها ــ انواع واحدها، جدول پیشوندهای واحدهای مضرب	۳ــ۵
۳	تبدیل واحد به روش نردبانی ــ استفاده از جداول تبدیل واحد ــ چگونگی انجام عملیات ریاضی بر روی واحدها	۵ــ۸
۴	رفع اشکال ــ حل خودآزمایی، آزمون ــ تدریس (سال نوری و محاسبهٔ مقدار آن)	۸

هفتهٔ اول

	برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ اول	دقیقه
۱	آشنایی با هنرجویان ــ معرفی کتاب، روش تدریس و نحوهٔ ارزش‌یابی	۳۰
۲	تدریس	۹۵
۳	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰

در این هفته، مفاهیم موردنظر به ترتیب عناوین زیر تدریس می‌شود :

ــ ضرورت اندازه‌گیری

ــ تعریف کمیّت

ــ انواع کمیت و معرفی انواع کمیت‌های مختلف مورد نیاز در صنایع شیمیایی

ــ چگونگی اندازه‌گیری کمیت‌ها با استفاده از واحد استاندارد

ــ تفاوت کمیت 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، نحوهٔ ارزش‌یابی و... دقایقی اختصاص داده شود، از جمله[1] :

کتاب «عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی» یکی از شاخص‌ترین کتاب‌های تخصصی این رشته است که در سال سوم هنرستان تدریس می‌شود. پیش‌نیاز 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 دستگاه‌های مربوطه می‌پردازد. 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» درنظر گرفته شده و تدریس مفاهیم مذکور به کمک چندین آزمایش انجام شده است. اکثر فصول این دو کتاب دارای عناوین یکسان‌اند 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 هفتهٔ قبل به عمل می‌آید. پرسش‌های شفاهی به‌صورت «بحث در کلاس» انجام می‌شود که بسیار سودمند خواهد بود. تکالیف یا فعالیت‌های معین شده، بررسی می‌شود و در صورت اجرای مرتب و کامل آنها، امتیازی منظور می‌گردد که در نمرهٔ مستمر مؤثر خواهد بود. سپس تدریس، براساس برنامهٔ زمان‌بندی شدهٔ سالانه، انجام می‌شود.

بعد از پایان هر سه فصل، یک آزمون بیست نمره‌ای برگزار می‌شود که برای جبران عقب ماندگی‌ها و رفع اشکالات احتمالی از درس، فرصت مناسبی است.

۱ــ این سخنان خطاب به هنرجویان ایراد می‌شود.

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.[1]

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.

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

۱ــ هدف از اندازه‌گیری چیست؟

۲ــ چه مشخصه‌هایی اندازه‌گیری می‌شوند؟

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

ــ خرید پارچه ــ خرید میوه ــ 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، «کمیّت» می‌گویند.

جهت ارائهٔ تعریف جامعی از «کمیّت»، سؤال دیگری روی تابلو نوشته شود :

روش اندازه‌گیری کمیّت‌ها چگونه است؟

برای مثال، ابعاد این کلاس (طول و عرض و ارتفاع) چگونه اندازه‌گیری می‌شوند؟ هنرجویان به خوبی می‌توانند به این سؤال پاسخ دهند. نتیجهٔ جمع‌آوری نظرات آنان به استفاده از نواری مدرّج 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 مورداستفاده برای اندازه‌گیری کمیت‌ها «واحد» می‌گویند.

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

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

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

انواع کمیت

۱ــ کمیت‌های اصلی یا مستقل : کمیت‌هایی است که با ابزارهای مخصوصی قابل اندازه‌گیری هستند، مانند : طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی و مقدار ماده.

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

۲ــ 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 هنرجویان برای فراگیری جدول صفحهٔ ۴ کتاب، آمادگی لازم را پیدا کنند. کمیت‌های فرعی مانند (هنرجویان می‌توانند در نوشتن روابط فیزیکی مشارکت داشته باشند) : سطح ($A = L^2$)[1]، حجم ($V = L^3$)، چگالی یعنی جرم واحد حجم ($\rho = \frac{m}{V}$)

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

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

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

فشار : نیروی عمود وارد بر واحد سطح $P = F/A$

کار (یا انرژی) : حاصل‌ضرب 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 ویژهٔ حرارتی است.

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

گرانروی یا ویسکوزیته : مقاومت سیّال در برابر جاری شدن

برای سیالات، دو نوع گرانروی تعریف می‌شود :

۱ــ گرانروی دینامیک یا مطلق که از نظر ابعادی به‌صورت روبه‌رو است : $\mu \rightarrow \frac{m}{L.t}$

۲ــ گرانروی سینماتیک که براساس گرانروی دینامیک به‌صورت زیر بیان می‌شود : $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

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

۱ــ سطح و حجم دو کمیت مورد استفاده در علم هندسه‌اند، که برای هر شکل با رابطهٔ 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، «معادلهٔ ابعادی» می‌گویند.

دانستنی (۱)

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

جدول ۱ــ۱ــ 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
μ	Dynamic Viscosity	گرانروی دینامیک	ρ	Density	چگالی
γ	Kinematic Viscosity	گرانروی سینماتیک	V	Velosity	سرعت
			a	acceleration	شتاب

هفتهٔ دوم

	برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ 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 می‌تواند به‌ترتیب عناوین زیر باشد :

ــ ضرورت مطرح شدن «سیستم واحدهای اندازه‌گیری»؛

ــ انواع سیستم واحدهای اندازه‌گیری؛

ــ جدول صفحهٔ (۴) کتاب؛

ــ انواع واحدها؛

ــ جدول پیشوندها برای ساختن واحدهای مضرب.

راهنمای تدریس

با بیان خلاصه‌ای از مطالب هفتهٔ گذشته، به‌صورت پرسش و پاسخ، تدریس فصل اول ادامه می‌یابد.

در هفتهٔ گذشته، انواع کمیت‌ها معرفی شدند و روش اندازه‌گیری آنها توسط واحدهای مختلف بیان شد. هر کمیت می‌تواند با واحدهای مختلف اندازه‌گیری یا محاسبه شود، اما برای محاسبهٔ مقدار یک کمیت برحسب واحد دلخواه از یک رابطهٔ فیزیکی، نیاز به‌هماهنگی واحدهای پارامترهای مختلف موجود در آن رابطه نیاز است. یک مثال ساده، این مطلب را روشن می‌کند :

یکی از واحدهای نیرو نیوتن است[۱]، رابطهٔ فیزیکی محاسبهٔ نیرو به صورت زیر است :

$$F=ma$$

این رابطه دارای دو پارامتر جرم و شتاب است و فقط در صورتی‌که جرم برحسب کیلوگرم و شتاب برحسب متر بر مجذور ثانیه باشد، واحد نیرو نیوتن به‌دست می‌آید.

براین اساس، واحدهای اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف در مجموعه‌هایی به نام «سیستم واحدهای اندازه‌گیری» به صورت هماهنگ با هم، تعریف می‌شوند که انواع رایج آن، به‌صورت زیرند :

۱ــ هنرجویان در سال‌های قبل نام این واحد نیرو را، شنیده‌اند.

سیستم واحدهای اندازه‌گیری
- ۱ــ متریک
  - ۱ــ سیستم SI [۱] (MKS) [۲]
  - ۲ــ سیستم CGS [۳]
- ۲ــ انگلیسی (آمریکایی) : FPS [۴]

توصیه می‌شود نحوهٔ نام‌گذاری این سیستم‌ها برای هنرجویان ذکر شود.

جهت نام‌گذاری این سیستم‌ها، از اولِ 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 صفحهٔ (۴) کتاب درسی تهیه کنند.

فعالیت

از هنرجویان خواسته شود جدول را روی برگه‌ای رسم کنند[۵]. بهتر است یک ستون دیگر، تحت عنوان «نماد علمی یا رابطهٔ فیزیکی یا معادلهٔ ابعادی» برای کمیت‌ها، به جدول صفحهٔ (۴) کتاب اضافه شود.

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

۱ــ SI: System International

۲ــ MKS: meter ــ Kilogram ــ Second

۳ــ CGS: Centimeter ــ Gram ــ Second

۴ــ FPS: Foot ــ Pound ــ Second

۵ــ 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 ۲ــ۱

ردیف	کمیّت	نماد، رابطهٔ فیزیکی، معادلهٔ ابعادی	SI		CGS		FPS	
			نام واحد	نام واحد	نام واحد	نماد واحد	نام واحد	نماد واحد
۱	طول	L	متر	m	سانتی‌متر	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	سانتی‌گراد، کلوین	$^{\circ}C$ و K	سانتی‌گراد، کلوین	$^{\circ}c$ و k	فارنهایت، رانکین	$^{\circ}F$ و $^{\circ}R$
۵	مقدار ماده	n	مول، کیلوگرم مول	mole, kgmole	مول، گرم مول	mole ،grmole	مول، پوند مول	mole, lbmole
۶	سطح	$A=L^{۲}$	متر مربع	$m^{۲}$	سانتی‌متر مربع	$cm^{۲}$	فوت مربع	$ft^{۲}$
۷	حجم	$V=L^{۳}$	متر مکعب	$m^{۳}$	سانتی‌متر مکعب	$cm^{۳}$	فوت مکعب	$ft^{۳}$
۸	چگالی	$\rho = \frac{m}{V}$	کیلوگرم بر مترمکعب	$kg/m^{۳}$	گرم بر سانتی‌متر مکعب	$gr/cm^{۳}$	پوند جرم بر فوت مکعب	$Lbm/ft^{۳}$
۹	سرعت	$V = L/t$	متر بر ثانیه	m/s	سانتی متر برثانیه	cm/s	فوت بر ثانیه	ft/s
۱۰	شتاب	$a = L/t^{۲}$	متر بر مجذور ثانیه	$m/s^{۲}$	سانتی‌متر بر مجذور ثانیه	$cm/s^{۲}$	فوت بر مجذور ثانیه	$ft/s^{۲}$
۱۱	شتاب جاذبهٔ زمین	g		$۹/۸\ m/s^{۲}$		$۹۸۰\ cm/s^{۲}$		$۳۲/۱۷۴\ ft/s^{۲}$
۱۲	نیرو	$F=ma$	نیوتن	$kg.m/s^{۲} = N$	دین	$gr.cm/s^{۲} = dyne$	پوند نیرو	$(lbm)(۳۲/۱۷۴\ ft/s^{۲}) = L$
۱۳	فشار	$P = F/A$	پاسکال	$N/m^{۲} = Pa$	دین بر سانتی‌متر مربع	$dyne/cm^{۲}$	پی‌اِس‌آی	$lbf/in^{۲} = Psi$
۱۴	کار (یا انرژی)	$W=F.L$	ژول	$N.m=J$	ارگ	$Dyne.Cm=erg$	پوند نیرو در فوت	lbf.ft
۱۵	انرژی حرارتی	$Q=mc\Delta T$	کالری	Cal	کالری	Cal	بی‌تی‌یو	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	بی‌تی‌یو 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	$\nu = \mu/\rho = L^{۲}/t$	متر مربع بر ثانیه	$m^{۲}/s$	استوکس	$cm^{۲}/s = st.$	فوت مربع بر ثانیه	$ft^{۲}/s$

راهنمای تدریس جدول (۱ــ۲)

واحدهای ۵ ردیف اول، که مربوط به کمیت‌های اصلی هستند، توسط خود هنرآموز محترم نوشته و نام هریک بیان شود و برای نوشتن واحدهای بقیهٔ کمیت‌ها، از هنرجویان کمک گرفته شود، مثلاً به هنرجویان آموزش داده شود که برای نوشتن واحدهای چگالی در سیستم‌های مختلف، براساس رابطهٔ فیزیکی مربوط ($\rho = \frac{m}{V}$)، به واحدهای جرم و حجم مراجعه شود. به این ترتیب جدول (۱ــ۲) 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 $kg.m/s^2$ ، 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 جلسهٔ بعدی یادگیری ۱۲ ردیف اول تعیین شود و بقیهٔ جدول به جلسه‌ای دیگر موکول گردد.

توضیحاتی در مورد جدول (۱ــ۲) :

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 (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[1] 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، (۱ــ۲)، سه نوع واحد معرفی می‌شود به این صورت :

۱ــ در کل جدول، واحدهای مربوط به ۵ ردیف اول، که متعلق به کمیت‌های اصلی هستند، به نام «واحدهای اصلی یا پایه[2]» معروف‌اند.

۲ــ در ۵ ردیف اول، واحدهای دو سیستم CGS و FPS نسبت به واحدهای سیستم SI، «مضرب» خوانده می‌شوند[3].

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

مثال : Kg و g و lbm 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[4]. علاوه بر این، واحدهایی چون میلی‌گرم، میکروگرم، مَن[5]، تُن[6] مضربی از واحدهای

۱ــ British Thermal Unit

۲ــ واحدهای طول، جرم، زمان، دما و مقدار ماده در سه سیستم (نسبت به کل جدول)

۳ــ واحدهای سیستم SI، نسبت به CGS و FPS اصلی هستند. (در مقایسه واحدهای اصلی با یکدیگر)

۴ــ این نحوهٔ مقایسه در تست‌های کنکور بسیار مشاهده شده است.

۵ــ هرمَن معادل سه کیلوگرم است.

۶ــ هر تن معادل هزار کیلوگرم است.

گرم و کیلوگرم به حساب می‌آیند.

۳ــ واحدهای کمیت‌های فرعی[1] را «واحدهای مشتق شده» می‌نامند. چنانچه در جدول دیده می‌شود این واحدها به دو صورت معرفی شده‌اند :

الف) واحدهایی که به‌صورت 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[2]، مانند سانتی‌متر، کیلومتر و . . .

نکتهٔ 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 سانتی‌پویز مضرب نیست، زیرا متر واحد اصلی و پویز، 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

تهیهٔ جدول واحدها، برای نصب در کلاس درسی

هنرجویان به صورت داوطلب، در گروه‌هایی تقسیم‌بندی شوند و جهت تهیهٔ جدول واحدها در ابعاد بزرگ اقدام کنند. برای این فعالیت می‌توان امتیازی درنظر گرفت و آن را در نمرهٔ 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.

۱ــ این کمیت‌ها در ردیف‌های پنجم به بعد جدول (۱ــ۲)، قرار دارند.

۲ــ تعدادی از پیشوندها در جدول (۱ــ۲) صفحهٔ (۵) کتاب درسی مشاهده می‌شوند. در دانستنی (۲)، جدولی کامل‌تر جهت اطلاع هنرآموزان محترم در اختیار آنان قرار می‌گیرد.

دانستنی (۲) [۱]

پیشوندهای متداول در سیستم SI : یکی از مزایای سیستم SI این است که می‌توان واحدهای آن را با استفاده از پیشوندهای مناسب، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نیز بیان کرد. جدول (۱ــ۳) مجموعه‌ای از این پیشوندها را نشان می‌دهد. لازم است متذکر شویم این پیشوندها به صورت توان‌هایی از پایهٔ ۱۰ هستند[۲].

جدول ۱ــ۳ــ پیشوندهای متداول

نماد	پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب
a	آتو	$۱۰^{-۱۸}$	E	اگزا	$۱۰^{+۱۸}$
f	فمتو	$۱۰^{-۱۵}$	P	پنتا	$۱۰^{+۱۵}$
p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	T	ترا	$۱۰^{+۱۲}$
n	نانو	$۱۰^{-۹}$	G	گیگا	$۱۰^{+۹}$
μ	میکرو	$۱۰^{-۶}$	M	مگا	$۱۰^{+۶}$
m	میلی	$۱۰^{-۳}$	K	کیلو	$۱۰^{+۳}$
c	سانتی	$۱۰^{-۲}$	H	هکتو	$۱۰^{+۲}$
d	دسی	$۱۰^{-۱}$	D	دکا	$۱۰^{+۱}$

ــ توصیه می‌شود هیچ‌گاه از دو پیشوند پشت سر هم استفاده نشود، مثلاً میکرونانومتر صحیح نیست.

به مثال زیر توجه شود :

رابطهٔ (۱) $۱nm = ۱۰^{-۹}m$

(رابطهٔ (۲) $۱m = ۱۰^{+۹}nm$

برای بیان رابطهٔ متر و نانومتر[۳] فرقی نمی‌کند که از کدام مورد، (۱) یا (۲) استفاده شود.

۱ــ دانستنی (۲) از کتاب «اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی» اثر دیویدهیمل‌بلا و ترجمهٔ دکتر مرتضی‌سهرابی

۲ــ همان‌طور که مشاهده می‌شود توان پیشوندهای بزرگ‌تر کردن واحدها مثبت است و در مقابل توان پیشوندهای کوچک‌تر کردن واحدها، منفی است.

۳ــ منظور مسائل تبدیل واحد است. نمونه‌ای از این مسائل در بخش «سؤالات پیشنهادی» مطرح شده است.

هفتهٔ سوم

	برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ 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 ادامهٔ فصل اول، می‌تواند به ترتیب عناوین زیر صورت گیرد :

ــ تبدیل واحدها به روش نردبانی

ــ نحوهٔ استفاده از جداول تبدیل واحد

ــ چگونگی انجام عملیات ریاضی بر روی واحدها

روش تدریس

در این جلسه، نحوهٔ تبدیل واحدهای مختلف به یکدیگر به روش «نردبانی[1]» آموزش داده می‌شود.

مثال : تبدیل واحد روبه‌رو را انجام دهید :

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

جهت تدریس و آموزش این روش، بهترین راه، حل یک مثال است. می‌توان از مثال خود کتاب درسی استفاده کرد و قدم به قدم روش را توضیح داد، به این صورت :

$$۳۶\ mg = ?\ g$$

نکتهٔ ۱ : فقط واحدهای مربوط به یک کمیت را می‌توان به هم تبدیل کرد.

یک خط افقی به نشانهٔ یک خط کسری رسم می‌شود :

معلومات مسئله بصورت کسر روی خط مذکور، قرار داده می‌شود؛ یعنی صورت بالای خط و مخرج زیر خط و یک خط عمود بر آن، به نشانهٔ «ضربدر» کشیده می‌شود؛ همهٔ قوانین کسرها در مورد کسر ($\frac{۳۶mg}{۱}$) صادق است. مثلاً ضرب صورت‌ها یا ضرب مخرج‌ها یا ساده کردن صورت و مخرج را می‌توان اجرا کرد. حال باید دید واحد موردنظر چیست؟ آن نیز، به صورت کسر در خانهٔ بعدی نوشته می‌شود. مثلاً در این مثال، g در صورت قرار می‌گیرد و واحدی که باید تبدیل شود بنابر معلومات مسئله در جایی نوشته می‌شود که حذف گردد مثلاً mg در مخرج می‌آید، مانند روبه‌رو :

۳۶mg	

۳۶ mg	g
	mg

۱ــ حل چنین مسائلی با استفاده از تناسب‌های چند مرحله‌ای بسیار پیچیده و وقت‌گیر و پرخطاست.

حال رابطهٔ این دو واحد یعنی واحد جدید و قدیم در جلوی آنها نوشته می‌شود. این رابطه یا جزو محفوظات ماست یا از جداول تبدیل واحد[1] خوانده می‌شود :

با علم به این که ۱ g=۱۰۰۰ mg، پس :

۳۶ mg	۱ g
	۱۰۰۰ mg

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

$$\frac{۳۶\,\text{mg}}{}\ \Big|\ \frac{۱\,\text{g}}{۱۰۰۰\,\text{mg}} = \frac{۳۶\times ۱}{۱۰۰۰} = ۰/۰۳۶\,\text{g} \leftarrow$$

در این مثال، در حقیقت جهت تبدیل ۳۶ mg به g، آن را در یک ضریب تبدیل (واحد قدیم / واحد جدید)[2]، ضرب می‌کنند.

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

در مثال مذکور، $\frac{۱\,\text{g}}{۱۰۰۰\,\text{mg}} = ۱$ است، زیرا ۱۰۰۰mg = ۱g است.

در این قسمت، مثال‌های کتاب یکی‌یکی حل می‌شوند[3] و همراه با آنها، توضیحات لازم ارائه می‌گردد. بعد از حل دو مثال، معمولاً هنرجویان روش را می‌آموزند و می‌توانند در حل بقیهٔ مثال‌ها همکاری کنند. برای جلب توجه و نظر آنان، توصیه می‌شود به‌هنگام حل کردن، با صدا زدن نام آنها، از چگونگی ادامهٔ مسیر سؤال شود.

مثال :

$$۱\frac{\text{cm}}{\text{s}^۲} = ?\frac{\text{km}}{(\text{year})^۲}$$

۱ cm	۱ m	۱km	$۶۰^۲$ s	$۶۰^۲$ min	$۲۴^۲$ hr	$۳۶۵^۲$ Day
$s^۲$	$۱۰^۲$ cm	$۱۰^۳$ m	$۱^۲$ min	$۱^۲$ hr	$۱^۲$ Day	$۱^۲(\text{year})^۲$

$$= \frac{۶۰^۲\times ۶۰^۲\times ۲۴^۲\times ۳۶۵^۲}{۱۰^۲\times ۱۰^۳} = ۹/۹۵\times ۱۰^۹\ \frac{\text{km}}{(\text{year})^۲}$$

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

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

مثال : شتاب جاذبهٔ زمین در سیستم CGS برابر $۹۸۰\ \text{cm/s}^۲$ 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؟

۱ــ جداول موجود در صفحهٔ (۶) کتاب درسی.

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

۳ــ همهٔ مثال‌ها، غیر از مثال (۶ــ ب) که در جلسهٔ آینده تدریس می‌شود.

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

$$۹۸۰\frac{cm}{s^۲}=?\frac{ft}{s^۲}$$

در این مثال، ضرایب تبدیل از جدول (۱ــ۳) صفحهٔ (۶) کتاب به دست می‌آید و مسیر تبدیل این گونه است :

$$cm \longrightarrow m \longrightarrow ft$$

$$\frac{۹۸۰cm}{s^۲}\times\frac{۱m}{۱۰۰cm}\times\frac{۱ft}{۰/۳۰۴۸m}=۳۲/۱۵۲ft/s^۲$$

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

$$۱m = ۳/۲۸۰۸ft \text{ یا } ۱ft = ۰/۳۰۴۸m$$

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

$$\frac{۸km}{۲hr}=۴km/hr$$

$$۴m\times۳m=۱۲m^۲$$

هنرجویان اکنون می‌توانند خودآزمایی فصل را حل کنند و برای جلسهٔ بعد تحویل دهند.

فعالیت (تحقیق)

غیر از پیشوندهایی که در جدول (۱ــ۲) کتاب آمده است چه پیشوندهای دیگری می‌توان داشت؟ همه را در یک جدول تنظیم کنید.

فعالیت (آزمون)

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

ــ قبل از حل خودآزمایی توسط هنرجویان، دفاتر تمرین آنها بررسی گردد و به نحوهٔ حل کردن تمرین‌ها، از جمله مرتب و کامل‌بودن امتیاز مثبت دهند و به هنرجویانی که در این خصوص فعالیتی نداشته‌اند امتیاز منفی داده شود.

ضمناً از هنرجویانی که راجع به موضوعات تعیین شده در هفته‌های گذشته، تحقیق و فعالیتی انجام داده‌اند، قدردانی به عمل آید و برای آنها امتیازی منظور گردد.

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

هفتهٔ چهارم

	برنامهٔ زمان‌بندی هفتهٔ چهارم	دقیقه
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 می‌شوند، عبارت‌اند از :

ـ تعریف سال نوری

ـ محاسبهٔ مقدار سال نوری

خودآزمایی فصل ۱

۱ـ ویسکوزیتهٔ آب در دمای اتاق، تقریباً ۱centi.poise است. این ویسکوزیته را به واحدهای زیر تبدیل کنید :

الف) g/cm.s

ب) lbm/ft.s

پاسخ :

الف) با علم به این‌که : ۱poise = ۱g/cm.s ، تبدیل واحد به صورت زیر انجام می‌شود :

$$\frac{۱\,\cancel{cp}}{}\left|\frac{۰/۰۱\,\cancel{Poise}}{۱\,\cancel{cp}}\right|\frac{۱\,\frac{g}{cm.s}}{۱\,\cancel{Poise}} = ۰/۰۱\ g/cm.s$$

ب) با استفاده از جداول تبدیل واحد جرم و طول که در آن $\begin{pmatrix}۱lbm = ۴۵۳/۶g\\ ۱m = ۳/۲۸۰۸ft\end{pmatrix}$ است تبدیل واحد انجام می‌شود :

$$\frac{۰/۰۱\,\cancel{g}}{\cancel{cm.s}}\left|\frac{۱lbm}{۴۵۳/۶\,\cancel{g}}\right|\frac{۱۰^{۲}\,\cancel{cm}}{۱\,\cancel{m}}\left|\frac{۱\,\cancel{m}}{۳/۲۸۰۸ft}\right. = ۰/۶۷\times۱۰^{-۳}\ lbm/ft.s$$

۲ــ تبدیلات زیر را به وسیلهٔ جدول[1] انجام دهید :

الف) $235\,g$ **را به** lbm

$$\frac{235\,g}{}\ \Big|\ \frac{1\,lbm}{453/6\,g} = 0/52\,lbm$$

ب) $57/5\ lbm/ft^3$ **را به** kg/m^3

$$\frac{57/5\,lbm}{ft^3}\ \Big|\ \frac{1\,kg}{2/2\,lbm}\ \Big|\ \frac{(3/2808)^3\,ft^3}{1^3\,m^3} = 922/96\,kg/m^3$$

ج) $60\ mile/min$ **را به** km/hr

$$\frac{60\,mile}{min}\ \Big|\ \frac{1/61\times10^3\,m}{1\,mile}\ \Big|\ \frac{1\,km}{10^3\,m}\ \Big|\ \frac{60\,min}{1\,hr} = 5796\ km/hr$$

د) $12500\ gal/hr$ **را به** m^3/s

$$\frac{12500\,gal}{hr}\ \Big|\ \frac{1\,m^3}{264/2\,gal}\ \Big|\ \frac{1\,hr}{3600\,s} = \frac{12500}{264/2\times3600} = 0/013\ m^3/s$$

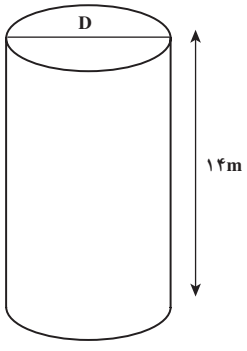
هـ) $200\,ft^3$ **را به لیتر**

$$\frac{200\,ft^3}{}\ \Big|\ \frac{28/32\,Lit}{1\,ft^3} = \left(\frac{200\times28/32}{1}\right) = 5664\,Lit$$

و) 100000 **نانو ثانیه را به ساعت**

$$\frac{100000\,ns}{}\ \Big|\ \frac{1\,s}{10^9\,ns}\ \Big|\ \frac{1\,hr}{3600\,s} = \frac{10^5}{10^9\times3600} = 2/78\times10^{-8}\,hr$$

۳ــ مخزنی به شکل استوانه به حجم $9000\ gal$[2] **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 می‌شود، پس باید $gal \longrightarrow m^3$ تبدیل شود :

$$V = \frac{9000\,gal}{}\ \Big|\ \frac{1\,m^3}{264/2\,gal} = 34/06\,m^3$$

۱ــ جداول تبدیل واحد طول و جرم و حجم در صفحهٔ (۶) کتاب درسی.

۲ــ واحد گالن به دو صورت بیان می‌شود؛ 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

$$r^2 = \frac{۳۴/۰۶ m^3}{۳/۱۴ \times ۱۴ m} = ۰/۷۷۴ m^2$$

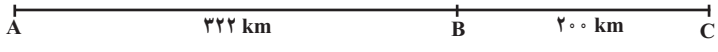
$$r = \sqrt{۰/۷۷۴ m^2} \simeq ۰/۸۸ m$$

$$D = ۲r = ۲ \times ۰/۸۸ m = ۱/۷۶ m \leftarrow$$

۴ــ فاصلهٔ بین دو شهر A تا B، ۲۰۰ مایل است. فاصلهٔ بین دو شهر B تا C، ۲۰۰ کیلومتر است. فاصلهٔ شهرهای A تا C چند کیلومتر است؟

پاسخ :

$$\frac{۲۰۰ \cancel{mile} \mid ۱/۶۱ \times ۱۰^۳ \cancel{m} \mid ۱ km}{\quad \mid ۱ \cancel{mile} \mid ۱۰^۳ \cancel{m}} = ۳۲۲ km$$



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

$$AC = AB + BC$$

$$AC = ۳۲۲ km + ۲۰۰ km = ۵۲۲ km \leftarrow$$

۵ــ سال نوری عبارت است از مسافتی که نور با سرعت $۳ \times ۱۰^۵ km/s$ در یک سال می‌پیماید. این سرعت را برحسب mile/hr و ft/min به دست آورید :

پاسخ :

$$\frac{۳ \times ۱۰^۵ \cancel{km} \mid ۱۰^۳ \cancel{m} \mid ۶/۲۱۴ \times ۱۰^{-۴} mile \mid ۳۶۰۰ \cancel{s}}{\cancel{s} \mid ۱ \cancel{km} \mid ۱ \cancel{m} \mid ۱ hr} = \frac{۳ \times ۱۰^۵ \times ۱۰^۳ \times ۶/۲۱۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۳۶۰۰}{۱}$$

$$= ۶/۷ \times ۱۰^۸ mile/hr$$

$$\frac{۳ \times ۱۰^۵ \cancel{km} \mid ۱۰^۳ \cancel{m} \mid ۱ ft \mid ۶۰ \cancel{s}}{\cancel{s} \mid ۱ \cancel{km} \mid ۰/۳۰۴۸ \cancel{m} \mid ۱ min} = \frac{۳ \times ۱۰^۵ \times ۱۰^۳ \times ۶۰}{۰/۳۰۴۸}$$

$$= ۵/۹ \times ۱۰^{۱۰} ft/min \leftarrow$$

۶ــ 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 :

$$\frac{۳۰۰\,in \mid ۱\,ft}{\quad \mid ۱۲\,in} = ۲۵\,ft$$

$$۴۰۰\,ft + ۲۵\,ft = ۴۲۵\,ft$$

$$\frac{۴۲۵\,ft \mid ۱\,m}{\quad \mid ۳/۲۸۰۸\,ft} = ۱۲۹/۵۴\,m \leftarrow$$

نمونه‌ای از آزمون‌های فصل اول

زمان : ۲۰ دقیقه

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

الف) گرانروی ب) دما ج) توان حرارتی د) فشار

۲ــ واحد کمیت‌های زیر را در سیستم‌های نام‌برده، بنویسید. (۱)

الف) نیرو در CGS ب) مقدار ماده در FPS

ج) فشار در SI د) گرانروی در CGS

۳ــ واحدهای زیر مربوط به کدام کمیت‌اند؟ (۱)

الف) وات ب) Psi ج) ژول د) BTU

۴ــ واحدهای زیر مربوط به کدام سیستم‌اند؟ (۱)

الف) پویز ب) پوندنیرو ج) نیوتن د) اِرگ

۵ــ 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) $g.cm/s^2 = dyne$ ب) lbmole و mole

ج) $Pa = N/m^2$ د) $g/cm.s = Poise$

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[1] :

مثال : فاصلهٔ 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 $3\times10^5\ km/s$ در مدت یک سال می‌پیماید.

محاسبهٔ مقدار سال نوری، در حقیقت محاسبهٔ مقدار مسافتی است که نور با سرعت و زمان مشخص (ذکر شده در تعریف) طی می‌کند. به این منظور رابطهٔ فیزیکی سرعت، که این سه کمیت در آن وجود دارند، به صورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد :

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

اطلاعات داده شده، در فرمول جایگزین می‌گردد :

$$L=3\times10^5\ km/s\times1yr\ [2]\Rightarrow \text{هرسال نوری}=3\times10^5\ km.yr/s$$

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[3]، به صورت زیر :

$$\frac{3\times10^5\ km.yr}{s}\left|\frac{60\ s}{1\ min}\right|\frac{60\ min}{1\ hr}\left|\frac{24\ hr}{1\ Day}\right|\frac{365\ Day}{1yr}=9/4608\times10^{12}\ km$$

پس[4] :

$$\boxed{1\text{سال نوری}=9/4608\times10^{12}\ km}$$

طرح یک سؤال : سال نوری، چه نوع واحدی است؟ (مضرب، اصلی یا مشتق شده) نظرات و دلایل هنرجویان را بررسی کنید و پاسخ صحیح با ذکر دلیل اعلام گردد.

پاسخ : سال نوری، یک واحد مضرب است زیرا می‌توان آن را برحسب متر بیان کرد و متر نیز واحد اصلی است :

$$1\text{سال نوری}=9/4608\times10^{15}\ m$$

فعالیت

پیشنهاد می‌شود یک آزمون کلی از فصل اول، در هفتهٔ آینده برگزار شود.

۱ــ مثال (۶) صفحهٔ (۸) کتاب درسی عملیات دستگاهی

۲ــ (yr) مخفف (year) است.

۳ــ فرقی نمی‌کند که S ⟶ yr یا yr ⟶ S تبدیل شود. در کتاب درسی S ⟶ yr و در این راهنما، yr ⟶ S تبدیل شده است و نتیجه یکسان است.

۴ــ معمولاً هنرجویان تمایل به حفظ کردن این رابطه دارند، زیرا محاسبهٔ آن وقت‌گیر است.

نمونهٔ سؤالات پیشنهادی[1]

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

۱ــ جسمی به جرم ۳۰۰ گرم با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه در حال حرکت است. انرژی جنبشی آن را برحسب ژول و اِرگ حساب کنید.

۲ــ یک راکتور کروی شکل به قطر ۳ متر، چند لیتر حجم دارد؟

۳ــ یک قطعه فلز به جرم ۷۲ گرم و حجم ۹ سانتی‌متر مکعب داریم چگالی آن را برحسب kg/m^3 به‌دست آورید.

۴ــ $10\ kg/m.s$ را در سیستم FPS به دست آورید.

۵ــ یک نیوتن چند دین است؟

۶ــ یک نیوتن چند پوند نیرو است؟

۷ــ ۴ مگامتر چند نانومتر است؟

۸ــ ۱۰ میکرو وات چند کیلو وات است؟

پاسخ سؤالات پیشنهادی

سؤال (۱) :

$$m = 300\,g\ ,\ V = 30\,m/s$$

$$E_K = ?J = ?erg$$

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

ژول، واحد انرژی در سیستم SI است. برای محاسبهٔ 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.

$$E_K = \frac{1}{2} \left| \begin{matrix} 300\,\cancel{g} \\ \end{matrix} \right| \left| \begin{matrix} 30^2\,m^2 \\ s^2 \end{matrix} \right| \left| \begin{matrix} 1\,kg \\ 10^3\,\cancel{g} \end{matrix} \right| = 135\,J \leftarrow$$

$$E_K = \frac{1}{2} \left| \begin{matrix} 300\,g \\ \end{matrix} \right| \left| \begin{matrix} 30^2\,\cancel{m^2} \\ s^2 \end{matrix} \right| \left| \begin{matrix} 100^2\,cm^2 \\ 1^2\,\cancel{m^2} \end{matrix} \right| = 135 \times 10^7\,erg \leftarrow$$

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

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

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

$$V=\frac{۳/۱۴}{۶}\left|\frac{۳^{۳}\,m^{۳}}{۱\,m^{۳}}\right|\frac{۱۰^{۳}\,Lit}{}=۱۴/۱۳\times۱۰^{۳}\,Lit$$

سؤال (۳) :

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

$$\rho=\frac{۷۲\,g}{۹\,cm^{۳}}\left|\frac{۱\,kg}{۱۰^{۳}\,g}\right|\frac{(۱۰۰)^{۳}\,cm^{۳}}{۱^{۳}\,m^{۳}}=\frac{۷۲\times۱۰^{۶}}{۹\times۱۰^{۳}}=۸۰۰۰\,kg/m^{۳}$$

سؤال (۴) : برای حل این مسئله؛ $Kg\rightarrow lbm$ و $m\rightarrow ft$ تبدیل می‌شود، با استفاده از جداول صفحهٔ (۶) کتاب درسی :

$$\frac{۱۰\,kg}{m.s}\left|\frac{۲/۲\,lbm}{۱\,kg}\right|\frac{۰/۳۰۴۸\,m}{۱\,ft}=\frac{۱۰\times۲/۲\times۰/۳۰۴۸}{۱}=۶/۷\,lbm/ft.s$$

سؤال (۵) : برای حل این‌گونه 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.

$$۱N=۱kg.m/s^{۲}\quad,\quad ۱dyne=۱g.cm/s^{۲}$$

$$\frac{۱\,kg.m}{s^{۲}}\left|\frac{۱۰^{۳}\,g}{۱\,kg}\right|\frac{۱۰^{۲}\,cm}{۱\,m}=۱۰^{۳}\times۱۰^{۲}=۱۰^{۵}\,g.cm/s^{۲}$$

$$\Rightarrow ۱N=۱۰^{۵}dyne\leftarrow$$

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 صفحهٔ (۶) کتاب) :

$$۱N=۱\,kg.m/s^{۲}\quad,\quad ۱lbf=۱(lbm)(۳۲/۱۷۴\,ft/s^{۲})$$

$$\frac{۱\,kg.m}{s^{۲}}\left|\frac{۲/۲\,lbm}{۱\,kg}\right|\frac{۱\,ft}{۰/۳۰۴۸\,m}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود در تعریف lbf مقدار شتاب ۳۲/۱۷۴ است، پس برای به دست آوردن فرمول lbf، صورت و مخرج را در ۳۲/۱۷۴ ضرب می‌کنیم و بعد از ۳۲/۱۷۴ موجود در صورت برای ساختن فرمول استفاده می‌شود و ۳۲/۱۷۴ موجود در مخرج در ضریب منظور می‌شود، سپس به صورت زیر ادامه می‌یابد :

$$\left|\frac{۳۲/۱۷۴}{۳۲/۱۷۴}=\frac{۲/۲}{۰/۳۰۴۸\times۳۲/۱۷۴}\right.\left[(lbm)(۳۲/۱۷۴\,ft/s^{۲})\right]$$

$\Rightarrow 1N = 0/22lbf \leftarrow$

سؤال (۷) :

$$\frac{4\,\cancel{Mm} \mid 10^{6}\,\cancel{m} \mid 10^{9}\,nm}{\qquad\quad \mid 1\,\cancel{Mm} \mid 1\,\cancel{m}} = 4\times10^{6}\times10^{9} = 4\times10^{15}\,nm \leftarrow$$

سؤال (۸) :

$$\frac{10\,\cancel{\mu w} \mid 1\,\cancel{w} \mid 1kw}{\qquad\quad \mid 10^{6}\,\cancel{\mu w} \mid 10^{3}\,\cancel{w}} = \frac{10}{10^{6}\times10^{3}} = 10^{-8}\,kw$$

$\Rightarrow 10\,\mu w = 10^{-8}\,kw \leftarrow$