فیزیک

دوره‌ی اول متوسطه

برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه

هفتم، هشتم، نهم

و

داوطلبان کنکور سراسری

غلامعلی محمودزاده

فهرست

عنوان	صفحه
فصل اول: اندازه‌گیری	
اهمیت اندازه‌گیری ـ اندازه‌گیری	۸
ماده ـ جرم	۱۰
چگالی	۱۴
کمیت برداری	۱۸
کمیت‌های اصلی و فرعی	۱۹
دقت اندازه‌گیری	۲۰
تمرین	۲۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۲۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۲۸
فصل دوم: انرژی نیاز همیشه	
نیرو	۳۶
کار	۳۷
انرژی ـ تبدیل‌های انرژی	۴۱
انرژی جنبشی	۴۲
انرژی پتانسیل	۴۳
انرژی پتانسیل گرانشی	۴۴
انرژی پتانسیل کشسانی	۴۵
پایستگی انرژی	۴۹
مصرف انرژی در بدن انسان	۵۲
آهنگ مصرف انرژی	۵۴
بازده	۵۶
تمرین	۶۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۶۱
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۶۹
فصل سوم: منبع‌های انرژی	
منبع‌های تجدیدناپذیر	۸۴
منبع‌های تجدیدپذیر	۸۷
سلول فوتوالکتریک	۸۸
بهینه‌سازی مصرف انرژی	۹۲
تمرین	۹۳
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۹۴
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۹۸
فصل چهارم: گرما و بهینه‌سازی مصرف انرژی	
گرما ـ دما	۱۰۲
مدرج کردن دماسنج	۱۰۳
انرژی درونی	۱۰۹
تعادل گرمایی ـ دمای تعادل	۱۱۰
انتقال گرما	۱۱۱
اهمیت عایق‌بندی گرمایی	۱۱۳
فناوری و کاربرد	۱۱۴
تمرین	۱۱۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۱۷
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۲۱

فصل پنجم: الکتریسته

روش‌های باردار کردن ۱۲۸
نام‌گذاری بارهای الکتریکی ـ ساختار اتم ۱۲۹
بارالکتریکی از کجا می‌آید ـ بارالکتریکی کمتی ناپیوسته است ۱۳۰
پایستگی بارالکتریکی ۱۳۱
نارسانا و رساناهای الکتریکی ۱۳۲
باردار کردن القایی ۱۳۳
اختلاف پتانسیل الکتریکی ۱۳۷
حامل‌های بارالکتریکی ۱۴۱
مولد الکتریکی ۱۴۲
جریان الکتریکی ۱۴۴
مقاومت الکتریکی ۱۴۶
قانون اهم ۱۴۷
تمرین ۱۵۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۵۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۵۸

فصل ششم: مغناطیس

آهنربا ۱۶۴
تک‌قطبی مغناطیسی؟ ۱۶۵
دوقطبی مغناطیسی ـ روش‌های ساخت آهنربا ۱۶۶
تعیین جهت نیروی الکترومغناطیسی ۱۶۸
اساس کار موتورالکتریکی ـ ایجاد جریان الکتریکی ـ دینام ۱۶۹
مولد جریان متناوب ـ ژنراتور ۱۷۰
تمرین ۱۷۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۷۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۷۹

فصل هفتم: نور و ویژگی‌های آن

نور و بازتاب
جسم شفاف، نیم‌شفاف و کدر ۱۸۶
چشمه‌ی نور نقطه‌ای و گسترده ـ پرتوی نور ـ باریکه‌ی نور ۱۸۷
سایه و نیم‌سایه ۱۸۹
بزرگی زاویه‌ای ۱۹۴
قانون‌های بازتاب ـ بازتاب آینه‌ای ۱۹۶
ویژگی‌های تصویر ۱۹۸
تصویر در آینه تخت ۱۹۹
میدان دید ۲۰۱
دوران آینه‌ی تخت ۲۰۳
آینه‌های متقاطع ۲۰۴
آینه‌های کروی ۲۰۵
رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌های کروی ۲۰۷
رسم تصویر در آینه‌های کروی ۲۰۹
فرمول آینه‌ها ۲۱۴
نقطه‌های مزدوج ۲۲۱
شکست نور
شکست نور ۲۲۲
زاویه‌ی انحراف ۲۲۳
ضریب شکست ۲۲۵
عمق واقعی و ظاهری ۲۲۸
تار نوری ـ تیغه‌ی شیشه‌ای ۲۳۱
منشور ۲۳۲
عدسی‌های کروی ۲۳۵
رسم پرتوهای شکست در عدسی‌ها ۲۳۷
رسم تصویر در عدسی‌ها ۲۳۸
فرمول عدسی‌ها ـ فرمول بِسِل ۲۴۱
ساختمان چشم ۲۴۷
میکروسکوپ ۲۴۸
دوربین نجومی ۲۴۹
تمرین ۲۵۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۵۴
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۶۳

فصل هشتم: حرکت‌شناسی

مکان ـ توصیف حرکت ـ نسبی بودن حرکت ۲۷۹
جابه‌جایی ۲۸۰
تندی و سرعت ۲۸۱
تندی متوسط ۲۸۲
تندی لحظه‌ای ۲۸۳
سرعت متوسط ـ حرکت بر روی خط راست ۲۸۴
سرعت لحظه‌ای ۲۸۷

جابه‌جایی در حرکت با سرعت ثابت ۲۹۰
تمرین ۲۹۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۹۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۹۸

فصل نهم: نیروشناسی

نیرو ۳۰۶
نیرو چگونه به وجود می‌آید ـ نیرو تا چند مدت وجود دارد ۳۰۷
اندازه‌گیری نیرو ـ نیروی کشسانی فنر ۳۰۸
قانون‌های نیوتون درباره‌ی حرکت ـ قانون اول نیوتون ۳۱۲
قانون دوم نیوتون ـ جرم ۳۱۵
قانون سوم نیوتون ۳۱۷
قانون نیرو ۳۲۰
نیروی عمودی تکیه‌گاه ۳۲۲
نیروی اصطکاک ۳۲۶
تمرین ۳۳۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۳۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۴۰

فصل دهم: فشار

فشار ۳۵۲
اختلاف فشار میان دو نقطه درون مایع ساکن ۳۵۴
اصل پاسکال ۳۵۶
بالابر روغنی ـ منگنه‌ی روغنی ـ ترمز روغنی ۳۵۷
فشار گازها ۳۵۷
فشار هوا ۳۵۸
فشارسنج ساده ۳۶۰
فشار پیمانه‌ای ۳۶۱
قانون ارشمیدس ۳۶۸
تمرین ۳۷۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۷۱
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۷۹

فصل یازدهم: ماشین‌های ساده

ماشین‌های ساده ـ قانون کار ۳۹۰
بازده ـ گشتاور نیرو ۳۹۱
اهرم‌ها ۳۹۲
قرقره‌ها ۳۹۳
چرخ دنده ـ سطح شیبدار ۳۹۵
چرخ و محور ۳۹۷
تمرین ۳۹۸
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۰۰
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۰۵

به نام خدا

مقدمه‌ی مؤلف

در دوره‌ی اول متوسطه یعنی در کلاس‌های ۷ و ۸ و ۹، کتاب علوم تدریس می‌شود که شامل دانش‌های زیست و زمین‌شناسی، فیزیک و شیمی است. مبحث‌های فیزیکی این سه کتاب به طور یک‌جا در کتاب حاضر آورده شده است. هر مبحث، با شرح لازم بیان شده و در قسمت بهتر بدانید، کامل شده است. درباره‌ی کتاب و استفاده از آن، به موردهای زیر توجه کنید:

۱- هر عنوان درسی با بیانی ساده، تشریح شده و به دنبال آن با طرح پرسش و مثال‌های متعدد و متنوع و پاسخ به این مثال‌ها، در روشن شدن مطلب درسی، تلاش شده است. در پاسخ‌ها و در جای لازم، نکته‌های درسی گنجانده شده‌اند.

۲- در دنباله‌ی بعضی از عنوان‌های درسی و تحت عنوان «بهتر است بدانید»، در تکمیل درس مطالبی آورده شده که در بسیاری از مدارس برتر و نیز تیزهوشان تدریس می‌شوند. شما در فراگیری آن‌ها کوشش کنید و به یاد داشته باشید که برای موفقیت در آزمون‌ها و کنکورها، شما را توانمند و موفق می‌کند.

۳- در پایان هر فصل تحت عنوان «تمرین»، سه نوع پرسش با نام‌های زیر گنجانده شده است:

الف) جاهای خالی را با واژه‌ی مناسب پر کنید.

ب) درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

پ) پرسش‌های چهارگزینه‌ای (تستی)

در قسمت الف و بعد از هر پرسش، دو یا سه گزینه درون پرانتز پیشنهاد شده است. شما باید با انتخاب واژه‌های داده شده، آن پرسش را کامل کنید. اگر در این انتخاب دچار تردید شوید، با مراجعه به متن درس، اشکال علمی خود را برطرف کنید.

در قسمت ب، جمله‌ای بیان شده و شما باید تعیین کنید که هر جمله درست یا نادرست است. اگر در این قسمت هم دچار تردید شدید، به درس مربوط به آن مراجعه کنید.

درنهایت، در پرسش‌های چهارگزینه‌ای، باید گزینه‌ی درست را انتخاب کنید، گاهی با تفکر و گاهی با حل مسأله.

در این قسمت تا به پرسش پاسخ نداده‌اید و گزینه‌ای را انتخاب نکرده‌اید، به پاسخ آن مراجعه نکنید. چنان‌چه پاسخ شما نادرست بود، باید اشکال علمی خود را تعیین و به رفع آن بپردازید.

پیشنهاد می‌شود که در قسمت پ، گزینه‌ی درست را علامت نزنید تا در فرصت‌های بعدی و بعد از مدتی برای تثبیت یادگرفته‌ها، مجدداً به حل آن‌ها بپردازید.

مطمئن باشید که قدرت ذهنی و توانایی و استعداد انسان نامحدود است و از درک و فهم چیزی باز نمی‌ماند. تلاش دوباره و تمرین بیش‌تر همواره در این مورد، کارساز است. به خود اطمینان داشته و به یاد داشته باشید که «شما می‌توانید». نه نفوذ علم کم‌تر از قدرت نفوذ قطره‌های آب است و نه یادگیری سخت‌تر از صخره‌ایست که قطره‌های آب بر آن می‌چکد.

در پایان موفقیت شما را آرزومندم و از آقای یحیی دهقانی مدیر عامل شرکت آموزشی فرهنگی مبتکران، آقای خدایار مبین مدیر واحد حروف‌چینی و گرافیک، خانم ملیحه محمدی آندرس برای تایپ و صفحه‌آرایی، خانم نرگس سربندی برای رسم شکل‌ها، خانم میناهرمزی به خاطر طراحی جلد، خانم کبری مرادی و همکاران ایشان در واحد چاپ و خانم ریحانه فراهانی‌نیک برای بازخوانی و ویرایش کتاب، که زحمت زیادی متحمّل شدند، تشکر می‌کنم.

با سپاس بیکران از رحمت‌های بی‌پایان خداوندی

غلامعلی محمودزاده

تابستان ۱۳۹۴

فصل اول

اندازه گیری

اندازه‌گیری

اهمیت اندازه‌گیری

در زندگی، بسته به کار و شغل روزانه‌ی هر کس با اندازه‌گیری کمیت یا کمیت‌های مختلفی سروکار دارد. اندازه‌گیری یک کمیت ممکن است با وسیله‌های مختلفی انجام شود؛ مثلاً اندازه‌گیری طول ممکن است با وجب، قدم، خط‌کش، نوار متری، کیلومترشمار اتومبیل، کولیس ورنیه، ریزسنج یا به کمک یک رابطه و اندازه‌گیری کمیت‌های دیگری انجام شود که به تدریج با پیشرفت درس در سال‌های مختلف دوره‌ی اول و دوم متوسطه با برخی از آن‌ها آشنا می‌شوید.

اندازه‌گیری به کمک وجب یا قدم و مشابه آن‌ها نه دقیق است و نه نتیجه‌ی اندازه‌گیری یک طول توسط افراد مختلف، یکسان می‌شود؛ مثلاً اگر طول یک زمین با قدم اندازه‌گیری شود، چون طول قدم‌های دو فرد یکسان نیست، نتیجه‌ی اندازه‌گیری آن‌ها نیز یکسان نخواهد بود، یا «اینچ» طول بند انگشت انسان است. آیا طول بند انگشت همه یکسان است؟

از طرف دیگر، اندازه‌گیری در دادوستد، تبادل اطلاعات و ارتباط انسان‌ها در یک جامعه یا جامعه‌های مختلف و به منظور انجام کارهای مختلفی انجام می‌شود. آیا بهتر نیست همه از زبان واحدی استفاده کنیم؟

یعنی واحدی برای هر کمیت تعیین کنیم که همه از آن استفاده کنیم؛ مثلاً برای طول، همه از واحد «متر» استفاده کنیم. به همین منظور، برای کمیت‌های مختلف، واحد (یکا) تعریف و انتخاب شده که به مجموعه‌ی آن‌ها «دستگاه بین‌المللی یکاها» گفته می‌شود که به اختصار به آن «SI» می‌گوییم.

اندازه‌گیری

همان‌گونه که گفته شد برای هر کمیت یکایی انتخاب می‌کنیم. علاوه بر آن برای اندازه‌گیری هر کمیت به ابزاری نیاز داریم که به آن «وسیله‌ی اندازه‌گیری» گفته می‌شود؛ مثلاً برای اندازه‌گیری طول کتاب یا یک صفحه‌ی کاغذ، از خط‌کش استفاده می‌کنیم که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است. اگر با این اندازه‌گیری طول صفحه‌ی کاغذ را ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آورده باشید، عدد ۳۰ نشان می‌دهد که طول صفحه، ۳۰ برابر طول یک سانتی‌متر است.

برای هر اندازه‌گیری به دو عامل نیاز داریم «یکا و وسیله‌ی اندازه‌گیری». به کمک وسیله‌ی اندازه‌گیری تعیین می‌کنیم که مقدار کمیت چند برابر یکای آن است. بنابر آن‌چه گفته شد، اندازه‌گیری را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

«اندازه‌گیری مقایسه‌ی مقدار یک کمیت با یکای آن کمیت است. نتیجه‌ی این مقایسه عددی است که به آن بزرگی کمیت می‌گوییم و نشان می‌دهد که اندازه‌ی آن کمیت چند برابر یکای آن است.»

توجه کنید: اندازه‌ی یک کمیت شامل دو قسمت است: یکی عددی است که اندازه یا بزرگی کمیت را نشان می‌دهد و دیگری یکای آن است؛ مثلاً طول صفحه‌ی کاغذ « ۳۰cm » است.

بیان عدد بدون یکا، بی‌معناست، همان‌گونه که بیان یکا بدون بزرگی بی‌معنا است.

توجه کنید: یکا جزیی از مقدار کمیت است و در آن ضرب می‌شود؛ بنابراین نباید نمای یکا (مثلاً m یا kg یا ...) را مانند توان در بالای مقدار آن (مثلاً به صورت ۴۲^{m}) یا به صورت زیرنویس (مثلاً به‌صورت ۴۲_{m}) نوشت، درستِ آن به صورت ۴۲m است.

یکای طول: یکای اندازه‌گیری طول در SI، متر «m» است. برای اندازه‌گیری طول‌های کوچک از سانتی‌متر « cm » و طول‌های بزرگ‌تر از کیلومتر « km » استفاده می‌کنیم. سانتی و کیلو پیشوندهایی هستند که از آن‌ها بیش‌تر استفاده می‌کنیم. پیشوندها، ضریب‌هایی هستند که در SI تعیین شده‌اند. تعدادی از این پیشوندها در جدول زیر آورده شده‌اند. هر پیشوند دارای یک علامت و یک عدد است. وقتی یک پیشوند در کنار یکا قرار می‌گیرد، مقدار آن را کوچک یا بزرگ می‌کند؛ مثلاً پیشوند کیلو با علامت « k » نشان داده می‌شود و معنای آن ۱۰۰۰ است، وقتی می‌گوییم کیلومتر (km) یعنی هزار متر، یا کیلوگرم (kg) یعنی هزار گرم، یا سانتی‌متر (cm) یعنی $\frac{۱}{۱۰۰}$ متر. پیشوندها در SI، توان‌های مثبت یا منفی دهاند ($۱۰^{-۳}$، $۱۰^{۶}$، ...).

نام پیشوند	معنای پیشوند	نماد پیشوند
دسی	$\frac{۱}{۱۰}=۱۰^{-۱}$	d
سانتی	$\frac{۱}{۱۰۰}=۱۰^{-۲}$	c
میلی	$\frac{۱}{۱۰۰۰}=۱۰^{-۳}$	m
میکرو	$\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}=۱۰^{-۶}$	μ
نانو	$۱۰^{-۹}$	n
پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	p
فمتو	$۱۰^{-۱۵}$	f
آتو	$۱۰^{-۱۸}$	a
زپتو	$۱۰^{-۲۱}$	z
یوکتو	$۱۰^{-۲۴}$	y

نام پیشوند	معنای پیشوند	نماد پیشوند
دکا	۱۰	da
هکتو	۱۰۰	h
کیلو	۱۰۰۰	k
مگا	$۱۰^{۶}$	M
گیگا یا جیگا	$۱۰^{۹}$	G
ترا	$۱۰^{۱۲}$	T
پتا	$۱۰^{۱۵}$	P
اگزا	$۱۰^{۱۸}$	E
زتا	$۱۰^{۲۱}$	Z
یوتا	$۱۰^{۲۴}$	Y

مثال: شعاع یک ذره برابر $۴/۳\mu m$ است. شعاع این ذره چند میلی‌متر و چند کیلومتر است؟

حل: میکرو با نماد «μ» به معنای ملیونم است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$۴/۳\mu m = ۴/۳\times۱۰^{-۶} m$$

میلی با نماد m به معنای هزارم است؛ بنابراین یک میلی‌متر برابر $۱۰^{-۳} m$ و درنتیجه یک متر برابر $۱۰^{۳} mm$ است، خواهیم داشت:

$$۴/۳\mu m = ۴/۳\times۱۰^{-۶} m = ۴/۳\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{۳} mm = ۴/۳\times۱۰^{-۳} mm$$

کیلو با نماد k به معنای هزار است و یک کیلومتر برابر ۱۰۰۰ متر می‌شود؛ درنتیجه یک متر برابر $۱۰^{-۳}$ کیلومتر است، می‌توان نوشت:

$$۴/۳\mu m = ۴/۳\times۱۰^{-۶} m = ۴/۳\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۳} km = ۴/۳\times۱۰^{-۹} km$$

پرسش: یک بار دیگر مثال قبل و حل آن را با دقت مطالعه کنید. اکنون تعیین کنید که اگر جرم ذره‌ای برابر $۵۰۰mg$ باشد، جرم آن: الف) چند کیلوگرم و ب) چند نانوگرم است؟

ماده ـ جرم

ماده دارای سه ویژگی است که عبارت‌اند از: «جرم، حجم، بار الکتریکی»؛ یعنی همهٔ مواد، جرم دارند، حجم دارند و دارای بار الکتریکی‌اند. بار الکتریکی را در بخش‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

جرم: «**به مقدار ماده‌ی سازنده‌ی جسم، «جرم» گفته می‌شود و نماد آن m (یا M) است**». جرم یک جسم ثابت است و با تغییر مکان جسم، تغییر نمی‌کند، مگر آن‌که قسمتی از جسم جدا شود یا قسمتی از همان جنس به آن اضافه شود. یکای اندازه‌گیری جرم در SI، کیلوگرم با نماد «kg» است. برای جرم‌های کوچک از گرم «g» استفاده می‌کنیم که $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ کیلوگرم است و برای جرم‌های بزرگ‌تر، یکای تُن «ton» را به کار می‌بریم که برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

$$۱g = \frac{۱}{۱۰۰۰} kg = ۱۰^{-۳} kg \quad \text{و} \quad ۱ton = ۱۰۰۰kg = ۱۰^{۳} kg$$

وسیله‌ی اندازه‌گیری جرم، ترازوی دوکفه‌ای است.

مثال: جرم یک ذره $۲\mu g$ است. جرم این ذره: الف) چند نانوکیلوگرم و ب) چند تن است؟

حل: الف)

$$m = ۲\mu g = ۲\times۱۰^{-۶} g \quad \text{و} \quad ۱g = ۱۰^{-۳} kg \Rightarrow m = ۲\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۳} kg = ۲\times۱۰^{-۹} kg$$

پیشوند نانو به معنای $۱۰^{-۹}$ است؛ درنتیجه خواهیم داشت:

$$m = ۲\times۱۰^{-۹} kg = ۲nkg$$

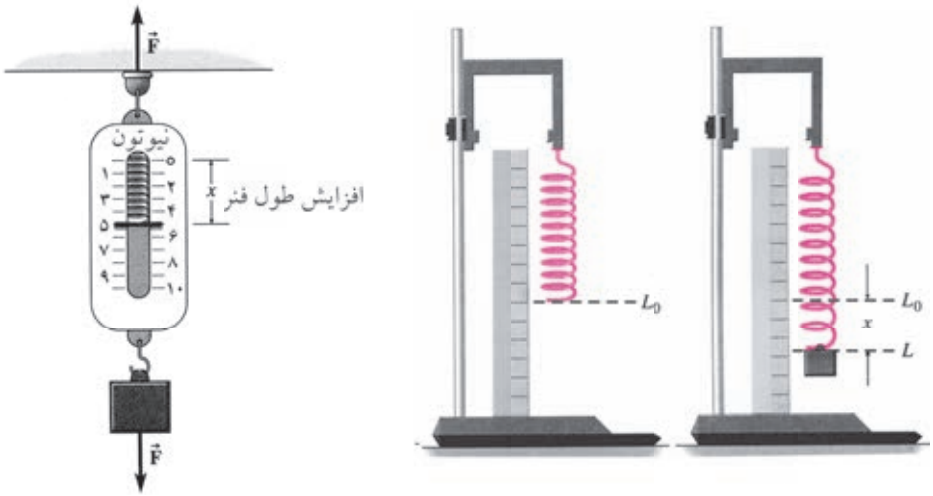
ب)

$$۱ton = ۱۰^{۳} kg \Rightarrow ۱kg = ۱۰^{-۳} ton$$

$$m = ۲\times۱۰^{-۹} kg = ۲\times۱۰^{-۹}\times۱۰^{-۳} ton \Rightarrow m = ۲\times۱۰^{-۱۲} ton$$

وزن: وقتی یک جسم را رها می‌کنیم، سقوط کرده و روی زمین می‌افتد. این به معنای آن است که زمین به جسم نیرویی رو به پایین وارد کرده و آن را به سوی خود می‌کشد. زمین، همه‌ی جسم‌ها را به سوی خود می‌کشد؛ یعنی به آن‌ها نیرویی ربایشی (جاذبه‌ای) وارد می‌کند. همین نیرو باعث سقوط جسم‌هایی که رها شده‌اند، می‌شود. به این نیرو، «نیروی جاذبه‌ای» و نیز «نیروی گرانشی» می‌گوییم. بنا به تعریف، **«به نیروی گرانشی که زمین به یک جسم وارد می‌کند، وزن جسم می‌گوییم و آن را با نماد « W » نشان می‌دهیم».**

یکای اندازه‌گیری نیرو در SI ، نیوتون با نماد «N» است. وزن از جنس نیروست و درنتیجه یکای اندازه‌گیری وزن، نیوتون «N» است. وسیله‌ی اندازه‌گیری وزن، نیروسنج است. داخل نیروسنج فنری قرار دارد، وقتی فنر را می‌کشیم، افزایش طول پیدا می‌کند. هرچه نیروی وارد بر آن بزرگ‌تر باشد، مقدار افزایش طول فنر، یعنی کشیدگی فنر، بیش‌تر می‌شود. مقدار افزایش (و نیز کاهش) طول فنر متناسب با بزرگی نیروی وارد به آن است. از همین‌جا، نیروسنج وسیله‌ای مناسب برای اندازه‌گیری نیروست. روی بدنه‌ی نیروسنج برحسب نیوتون درجه‌بندی شده است.



رابطه‌ی وزن با جرم: تجربه‌ی روزانه نشان می‌دهد که هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد، وزن آن بیش‌تر، یعنی سنگین‌تر است؛ مثلاً جسم ۱۰ کیلوگرمی، سنگین‌تر از جسم ۲/۵ کیلوگرمی است. این تجربه‌ها نشان می‌دهد که بین وزن و جرم جسم، رابطه‌ای برقرار است. این رابطه به صورت زیر است:

$$\text{وزن} = \text{جرم} \times \text{(شدت گرانش زمین)} \Rightarrow W = mg$$

در رابطه‌ی بالا، g به گرانش (جاذبه) زمین بستگی دارد و مقدار آن در سطح زمین و در مکان‌های مختلف ثابت نیست و از مکانی به مکان دیگر، کمی تغییر می‌کند. بزرگی آن به طور متوسط حدود ۹/۸ است که معمولاً آن را برابر ۱۰ می‌گیریم. در رابطه‌ی بالا، جرم برحسب کیلوگرم « kg »، وزن برحسب نیوتون « N » و درنتیجه شدت گرانش یعنی g برحسب نیوتون بر کیلوگرم « N / kg » می‌شود.

$$g = ۹/۸ \frac{N}{kg} \simeq ۱۰ \frac{N}{kg}$$

مثال: **جرم یک شیر ماده ۲۵۰kg است. وزن این شیر چند نیوتون است؟** $\left(g \simeq ۱۰ \frac{N}{kg}\right)$

حل:

$$m = ۲۵۰kg \ , \ g \simeq ۱۰ \frac{N}{kg} \ , \ W = ?$$

$$W = mg \Rightarrow W = ۲۵۰ \times ۱۰ = ۲۵۰۰N$$

پرسش: جرم شما چند کیلوگرم است؟ وزن شما چند نیوتون است؟ $(g \simeq ۱۰ \frac{N}{kg})$

بعداً در بررسی حرکت خواهیم دید که یکای دیگر g، متر بر مجذور ثانیه «$\frac{m}{s^۲}$» است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$۱ \frac{N}{kg} = ۱ \frac{m}{s^۲}$$

ترازوی فنری: ترازوی فنری مانند نیروسنج عمل می‌کند، اما صفحه‌ی آن، جرم جسم را برحسب کیلوگرم نشان می‌دهد؛ یعنی اگر وزن جسمی که روی کفه‌ی آن قرار دارد، ۴۹N باشد، روی صفحه ۵kg نشان داده می‌شود؛ یعنی وزن آن تقسیم بر ۹/۸ (مقدار g).

$$\text{جرم} = \frac{\text{وزن}}{۹/۸} \Rightarrow \text{جرم} = \frac{۴۹}{۹/۸} = ۵kg$$

یا به کمک نمادها:

$$m = \frac{W}{g} \Rightarrow m = \frac{۴۹}{۹/۸} = ۵kg$$

توجه کنید:

۱) وقتی جسمی مثلاً یک کتاب یا یک قطعه سنگ را کف دست خود نگه می‌دارید، سنگینی‌ای را که احساس می‌کنید ناشی از وزن جسمی است که در دست دارید. توجه به این نکته مهم است که جرم جسم، سنگینی ندارد.

۲) جرم یک جسم ثابت است و تغییر مکان آن، جرم را تغییر نمی‌دهد، اما وزن جسم به گرانش زمین (یعنی g) بستگی دارد و از مکانی به مکان دیگر، تغییر می‌کند.

مثال: شدت گرانش زمین در استوا $۹/۷۸ \frac{N}{kg}$ و در قطب زمین $۹/۸۳ \frac{N}{kg}$ است. وزن جسمی به جرم ۱۰kg را در استوا و نیز در قطب محاسبه کنید.

حل: در استوا:

$$m = ۱۰kg \ , \ g_۱ = ۹/۷۸ \frac{N}{kg} \ , \ W_۱ = ?$$

$$W = mg \Rightarrow W_۱ = ۱۰ \times ۹/۷۸ = ۹۷/۸N$$

در قطب:

$$m = ۱۰kg \ , \ g_۲ = ۹/۸۳ \ , \ W_۲ = ?$$

$$W_۲ = ۱۰ \times ۹/۸۳ = ۹۸/۳N$$

پرسش: جرم جسمی در زمین ۵۰kg است. اگر شدت میدان گرانش در کره‌ی ماه برابر $۱/۶ \frac{N}{kg}$ باشد: الف) جرم آن در ماه چند کیلوگرم است؟ و ب) وزن آن در ماه چند نیوتون است؟

حجم

هر جسم، مقداری از فضا را اشغال می‌کند که فضای اشغال شده برابر حجم جسم است. به همین دلیل در مکانی که یک جسم قرار دارد، نمی‌توان جسم دیگر را قرار داد. وقتی یک جسم جامد را درون مایع یا گازی قرار می‌دهیم، آن جسم مقداری از مایع یا گاز را جابه‌جا می‌کند که حجم مایع یا گاز جابه‌جا شده برابر حجم آن است.

حجم را با نماد «V» نشان می‌دهیم و یکای آن در SI، مترمکعب با نماد « m^3 » است. یک مترمکعب برابر حجم مکعبی است که طول هر ضلع آن، یک متر باشد.

یکاهای کوچک‌تر آن، لیتر با نماد « lit »، سانتی‌مترمکعب « cm^3 » و میلی‌مترمکعب « mm^3 » است. رابطه‌ی این یکاها با مترمکعب به صورت زیر است:

$$۱m^3 = ۱۰^3 lit \Leftrightarrow ۱lit = ۱۰^{-3} m^3 = \frac{۱}{۱۰۰۰} m^3$$

$$۱m^3 = ۱۰^6 cm^3 \Leftrightarrow ۱cm^3 = ۱۰^{-6} m^3 = \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰} m^3$$

$$۱m^3 = ۱۰^9 mm^3 \Leftrightarrow ۱mm^3 = ۱۰^{-9} m^3$$

$$۱lit = ۱۰۰۰ cm^3 \Leftrightarrow ۱cm^3 = ۱۰^{-3} lit = \frac{۱}{۱۰۰۰} lit$$

بنابراین، برای تبدیل مترمکعب به لیتر باید مقدار آن را در ۱۰۰۰ ضرب کرد. به طور وارون برای تبدیل لیتر به مترمکعب باید مقدار آن را بر ۱۰۰۰ تقسیم کنیم.

مثال: درون یک ظرف مقدار ۵ لیتر آب قرار دارد. حجم این مایع چند مترمکعب است؟

حل: باید حجم آب برحسب لیتر را به ۱۰۰۰ تقسیم کنیم.

$$V = ۵lit = ۵ \times ۱۰^{-3} m^3 = ۰/۰۰۵ m^3$$

به همین طریق برای تبدیل لیتر به سانتی‌مترمکعب باید مقدار آن را در ۱۰۰۰ ضرب کرد و به طور وارون برای تبدیل سانتی‌مترمکعب به لیتر، باید مقدار آن را بر ۱۰۰۰ تقسیم کنیم.

مثال: حجم مایع درون یک ظرف ۵۰۰ سانتی‌مترمکعب است. حجم این مایع چند لیتر است؟

حل:

$$V = ۵۰۰ cm^3 = \frac{۵۰۰}{۱۰۰۰} lit = ۰/۵ lit$$

توجه کنید: به سانتی‌مترمکعب « cm^3 »، سی‌سی با نماد « cc » نیز گفته می‌شود. به سانتی‌مترمکعب و سی‌سی، میلی‌لیتر (یک هزارم لیتر) هم می‌گوییم.

توجه کنید: حجم یک مقدار مایع را در صورتی که خیلی زیاد نباشد، به کمک استوانه‌ی مدرج اندازه می‌گیریم. برای این کار، مایع را درون استوانه‌ی مدرج ریخته و درجه‌ای را که بر سطح مایع در پایین‌ترین نقطه منطبق است، می‌خوانیم. البته باید راستای دید مانند شکل روبه‌رو، عمود بر استوانه در محل سطح آزاد مایع باشد.

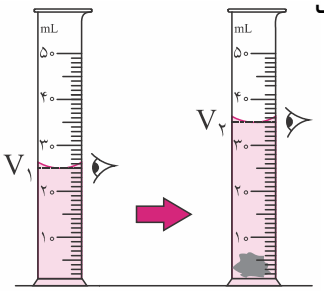
حجم جسم جامد: الف) اگر جسم دارای شکل هندسی منظمی باشد، به کمک دستور حجم آن شکل، می‌توان حجم آن را محاسبه کرد.

مثال: حجم مکعبی به ضلع $4cm$ چند سانتی‌مترمکعب است؟

حل: حجم مکعب برابر طول یک ضلع به توان ۳ است؛ یعنی اگر طول ضلع مکعب را سه بار در خودش ضرب کنیم، حجم آن به‌دست می‌آید؛ بنابراین خواهیم داشت:

(طول ضلع) × (طول ضلع) × (طول ضلع) = حجم مکعب

حجم مکعب $= 4\times4\times4 = 16\times4 = 64\,cm^3$



ب) اگر جسم شکل هندسی نداشته و کوچک باشد و در آب حل نشود و فرو رود، مانند شکل‌های روبه‌رو عمل می‌کنیم. حجم جسم از تفریق کردن حجم آب در دو مرحله به‌دست می‌آید.

حجم جسم $= V_2 - V_1$

پرسش: در هر یک از دو حالت زیر، حجم جسم را چگونه به‌دست می‌آورید؟

الف) جسم در آب فرو نرود.

ب) جسم در آب حل شود.

مثال: برای تعیین حجم جسم کوچکی که شکل مشخصی ندارد، آن را درون استوانه‌ی مدرج محتوی آب می‌اندازیم. اگر سطح آب قبل از ورود جسم بر درجه‌ی $47cc$ و بعد از ورود جسم بر درجه‌ی $63cc$ منطبق باشد، حجم جسم چند سی‌سی است؟

حل: حجم جسم از تفریق حجم آب در دو مرحله به‌دست می‌آید.

$V = 63 - 47 = 16cc$

چگالی

آیا فکر کرده‌اید که چرا یک کشتی بزرگ، مثلاً یک کشتی اقیانوس‌پیما، پُر از مسافر و بار روی آب می‌ماند؟ چرا با آن همه وزن و با وجود آن که بدنه و قسمت‌های زیادی از آن فلزی است، در آب فرو نمی‌رود؟

اگر برایتان امکان دارد، یک ورقه‌ی قلع تهیه کنید و آن را روی سطح آب قرار دهید. خواهید دید که در آب فرو می‌رود. اکنون آن را به شکل کاسه درآورید و روی آب بگذارید، آیا در آب فرو می‌رود؟ در حالی که جرم و وزن آن تغییر نکرده است، در آب فرو نمی‌رود. تغییر شکل ورقه، چه چیزی مربوط به آن را تغییر داده است؟

برای پاسخ به پرسش‌های بالا و مشابه آن‌ها، کمیتی به نام چگالی را تعریف می‌کنیم.

چگالی برابر نسبت جرم جسم (m) به حجم آن (V) است و بنا به تعریف، «**چگالی برابر جرم واحد حجم از هر جسم است**».

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم جسم}}{\text{حجم جسم}}$$

چگالی را با حرف یونانی «ρ» (رُو) نشان می‌دهیم؛ بنابراین رابطه‌ی چگالی که در بالا نوشته شده، با نمادها به صورت زیر خواهد شد:

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

یکای جرم در SI، برحسب کیلوگرم «kg» و حجم برحسب مترمکعب «m^3» است؛ بنابراین چگالی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب «kg/m^3» خواهد بود.

اگر جرم برحسب گرم «g» و حجم برحسب سانتی‌مترمکعب «cm^3» باشد، چگالی برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب، «g/cm^3» می‌شود. رابطه‌ی این دو یکا در زیر آورده شده است.

$$1\frac{g}{cm^3}=1\times\frac{\frac{kg}{10^3}}{\frac{m^3}{10^6}}\Rightarrow 1\frac{g}{cm^3}=1000\frac{kg}{m^3}$$

یعنی، گرم بر سانتی‌مترمکعب، یکای بزرگ‌تر است.

یکای دیگر چگالی، گرم بر لیتر $(\frac{g}{lit})$ است.

$$1\frac{g}{lit}=1\times\frac{\frac{kg}{10^3}}{\frac{m^3}{10^3}}\Rightarrow 1\frac{g}{lit}=1\frac{kg}{m^3}$$

$$1\frac{g}{cm^3}=1000\frac{kg}{m^3}=1000\frac{g}{lit}$$

مثال: جرم جسمی $0/5kg$ و حجم آن $125cm^3$ است. چگالی آن در SI چه‌قدر است؟

حل:

$$m=0/5kg\ ,\ V=125cm^3\ ,\ \rho=?\frac{kg}{m^3}$$

ابتدا حجم جسم را برحسب مترمکعب به‌دست می‌آوریم:

$$V=125cm^3=125\times10^{-6}m^3\Rightarrow V=1/25\times10^{-4}m^3$$

اکنون چگالی را برحسب یکای SI محاسبه می‌کنیم:

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\rho=\frac{0/5}{1/25\times10^{-4}}=0/4\times10^4\Rightarrow\rho=4000\frac{kg}{m^3}$$

مثال: جسمی به جرم $12kg$ را روی آب قرار می‌دهیم. اگر حجم جسم $2\times10^4cm^3$ باشد، جسم در آب فرو می‌رود یا روی سطح آب شناور می‌ماند؟ (چگالی آب $1g/cm^3$ است.)

حل: ابتدا چگالی جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$m=12kg=12\times10^3g\ ,\ V=2\times10^4cm^3\ ,\ \rho=?$$

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\rho=\frac{12\times10^3}{2\times10^4}=0/6\frac{g}{cm^3}$$

چون چگالی جسم از چگالی آب کوچک‌تر است، جسم روی سطح آب شناور می‌ماند.

مثال: مکعبی به جرم $840kg$ و چگالی $15000kg/m^3$ داریم. اگر طول ضلع مکعب $40cm$ باشد، این مکعب توپر است یا درون آن حفره‌ای وجود دارد؟ اگر مکعب توپر نباشد، حجم حفره‌ی درون آن چند لیتر است؟

حل: ابتدا حجم مکعب را محاسبه می‌کنیم.

$$V=l^3\Rightarrow V=(\frac{40}{100})^3=64\times10^{-3}m^3$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که جرم این مکعب با فرض توپر بودن چه‌قدر باید باشد.

$$V=64\times10^{-3}\ ,\ \rho=15000\frac{kg}{m^3}\ ,\ m=?$$

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow ۱۵۰۰۰=\frac{m}{۶۴\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow m=۱۵۰۰۰\times۶۴\times۱۰^{-۳}\Rightarrow m=۹۶۰kg$$

یعنی، اگر مکعب توپر باشد، جرم آن $۹۶۰kg$ می‌شود. چون جرم مکعب موجود $۸۴۰kg$ و کوچک‌تر از $۹۶۰kg$ است، مکعب توپر نیست و درون آن حفره‌ای وجود دارد که از بیرون دیده نمی‌شود.

اگر بتوان حفره‌ی درون مکعب را با ماده‌ای از جنس آن پر کرد، باید جرمی برابر m' درون حفره قرار دهیم. m' برابر است با:

$$m'=۹۶۰-۸۴۰=۱۲۰kg$$

حجم این مقدار ماده با چگالی $۱۵۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ برابر حجم حفره‌ی درون مکعب است.

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow ۱۵۰۰۰=\frac{۱۲۰}{V'}\Rightarrow V'=\frac{۱۲۰}{۱۵۰۰۰}\Rightarrow V'=۸\times۱۰^{-۳}m^۳$$

هر مترمکعب برابر ۱۰۰۰ لیتر است؛ درنتیجه حجم حفره برحسب لیتر برابر است با:

$$V'=۸\times۱۰^{-۳}\times۱۰۰۰\Rightarrow V'=۸lit$$

توجه کنید: وقتی دمای یک جسم تغییر می‌کند، جرم آن تغییر نکرده و ثابت می‌ماند، اما حجم آن تغییر می‌کند؛ درنتیجه چگالی جسم نیز تغییر خواهد کرد. با افزایش دما، معمولاً حجم جسم افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد، زیرا چگالی با حجم نسبت وارون دارد.

در جدول زیر، چگالی بعضی از جسم‌ها در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس (به جز آن‌ها که مشخص شده) آورده شده است.

جامد	چگالی برحسب $kg/m^۳$	مایع	چگالی برحسب $kg/m^۳$	گاز	چگالی برحسب $kg/m^۳$
یخ	۹۲۰	آب	۱۰۰۰	دی‌اکسیدکربن	۲
آلومینیوم	۲۷۰۰	آب دریا	۱۰۳۰	اکسیژن	۱/۴۳
چوب	۲۵۰–۱۰۰۰	اتیل الکل	۸۱۰۰	هوا	۱/۲۹
روی	۶۹۰۰	بنزن	۹۰۰	هلیوم	۰/۱۸
آهن	۷۸۰۰	گلیسرین	۱۲۶۰	هیدروژن	۰/۰۹
مس	۸۹۳۰	نفت	۸۰۰–۹۵۰	خورشید به‌طور متوسط	۱۴۰۰
نقره	۱۰۵۰۰	الکل اتانول	۷۹۰۰		
سرب	۱۱۳۰۰	جیوه	۱۳۶۰۰		
طلا	۱۹۳۰۰	هوای مایع $-۱۹۴^\circ C$	۹۲۰		
پلاتین	۲۱۴۰۰	نیتروژن مایع $-۱۹۶^\circ C$	۸۱۰		
اسمیوم	۲۳۰۰۰	هلیوم مایع $-۳۶۹^\circ C$	۱۲۵		
هسته‌ی اتم اورانیوم	۳×۱۰^{۱۷}	خون	۱۰۶۰		

پرسش: با مقایسه‌ی چگالی یخ ($\rho_{یخ}=۹۲۰kg/m^۳$) با چگالی آب ($\rho_{آب}=۱۰۰۰kg/m^۳$)، توضیح دهید وقتی یک مقدار آب یخ می‌زند، کدام کمیت مربوط به آن تغییر می‌کند؟

چگالی مخلوط: وقتی چند جسم با جرم‌های $m_۱$، $m_۲$، $m_۳$ و ... و به ترتیب با حجم‌های $V_۱$، $V_۲$، $V_۳$ و ... را که با هم میل ترکیبی ندارند، مخلوط کنیم و در مخلوط شدن، کاهش حجمی رخ ندهد، جرم (M) و حجم مخلوط (V) از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$M = m_۱ + m_۲ + m_۳ + \cdots \quad \text{و} \quad V = V_۱ + V_۲ + V_۳ + \cdots$$

چنان‌چه چگالی جسم‌ها به ترتیب $\rho_۱$، $\rho_۲$، $\rho_۳$ و ... باشد، چگالی مخلوط (ρ) از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow \rho = \frac{m_۱ + m_۲ + m_۳ + \ldots}{V_۱ + V_۲ + V_۳ + \ldots}$$

چون $m = \rho V$ است، رابطه‌ی بالا را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\rho = \frac{\rho_۱ V_۱ + \rho_۲ V_۲ + \rho_۳ V_۳ + \ldots}{V_۱ + V_۲ + V_۳ + \ldots}$$

مثال: مایعی به جرم $۷۲۰g$ با چگالی $۱۲۰۰ kg/m^۳$ در ظرفی قرار دارد. مایع دیگری به حجم $۴۰۰cm^۳$ و چگالی $۰/۸ g/cm^۳$ را با مایع اول مخلوط می‌کنیم. اگر دو مایع با هم ترکیب نشوند و کاهش حجمی نیز رخ ندهد، چگالی مخلوط چند $g/cm^۳$ می‌شود؟

حل: حجم مایع اول را به‌دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{۱۲۰۰}{۱۰۰۰} = \frac{۷۲۰}{V_۱} \Rightarrow V_۱ = ۶۰۰cm^۳$$

اکنون چگالی مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$\rho = \frac{\rho_۱ V_۱ + \rho_۲ V_۲}{V_۱ + V_۲} \Rightarrow \rho = \frac{۱/۲ \times ۶۰۰ + ۰/۸ \times ۴۰۰}{۶۰۰ + ۴۰۰} \Rightarrow \rho = \frac{۷/۲ + ۳/۲}{۱۰} \Rightarrow \rho = ۱/۰۴ \frac{g}{cm^۳}$$

بهتر است بدانید:

کمیت: کمیت به چیزی می‌گوییم که بتوان مقدار (اندازه) آن را با یک عدد بیان کرد و مقدار آن قابل افزایش و کاهش باشد؛ مانند طول، جرم، زمان، سرعت، توان و ...

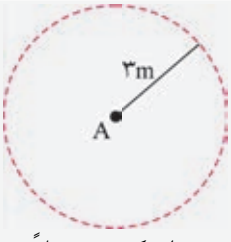
توجه کنید: به چیزهایی مانند خوبی، بدی، زیبایی، دوستی، محبّت که زیاد و کم دارند، اما زیادی یا کمی آن‌ها با عدد بیان نمی‌شوند، کیفیت گفته می‌شود.

کمیت عددی: به کمیت‌هایی مانند طول، جرم، کار و انرژی و ... که مقدار دارند، اما جهت ندارند، کمیت نرده‌ای گفته می‌شود. جمع، تفریق، ضرب و تقسیم کمیت‌های نرده‌ای با محاسبه‌های ساده‌ی جبری انجام می‌شود.

مثال: درون یک کیسه مقدار ۵۰ کیلوگرم شکر موجود است. اگر ۱۲ کیلوگرم از آن به مصرف برسد، درون آن چند کیلوگرم شکر باقی می‌ماند؟

حل: جرم شکر باقی‌مانده (m) برابر است با:

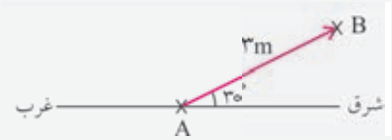
$$m = ۵۰ - ۱۲ = ۳۸ \text{ کیلوگرم}$$



کمیت برداری: به کمیت‌هایی مانند سرعت، نیرو، جابه‌جایی و ... که علاوه بر اندازه (مقدار) جهت نیز دارند و جمع، تفریق و ضرب آن‌ها از محاسبه‌های خاصی که به آن‌ها محاسبه‌های برداری می‌گوییم، پیروی می‌کنند (تقسیم بردارها در ریاضی تعریف نشده است). برای معرفی یک کمیت برداری باید برای اندازه‌ی آن، عددی بیان شود و جهت آن را نیز مشخص کنیم.

وقتی می‌گوییم اتومبیلی با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه از این مکان عبور کرد، باید جهت (سمت) حرکتش را نیز بیان کنیم؛ مثلاً به طرف شمال‌شرقی یا وقتی می‌گوییم علی از نقطه‌ی A در شکل روبه‌رو ۳ متر دور می‌شود، مکان جدید او را نمی‌توان مشخص کرد. مکان جدید علی روی دایره‌ای است به مرکز A و شعاع ۳ متر. بیش از این اطلاع دیگری از مکان جدید علی نداریم.

جابه‌جایی نیز کمیتی برداری است و باید جهت آن را مشخص کنیم. در مثال قبل، اگر گفته شود که علی از نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۳ متر در جهتی که با راستای غربی ـ شرقی زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌سازد، دور (جابه‌جا) شده، مکان جدید او را می‌توان مشخص کرد.



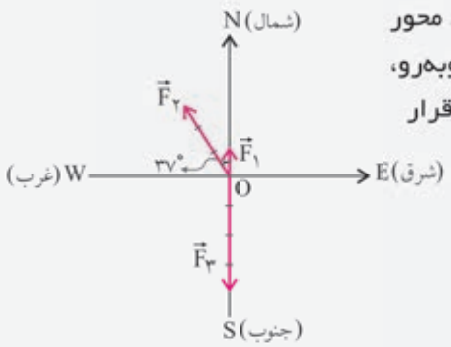
در شکل روبه‌رو، نقطه‌ی B مکان جدید علی است.

هر کمیت برداری را با پاره‌خط جهت‌داری نشان می‌دهیم که طول پاره‌خط را متناسب با اندازه‌ی آن و جهت کمیت را با پیکانی در انتهای آن مشخص می‌کنیم. به این پاره‌خط جهت‌دار در درس ریاضی، بردار گفته می‌شود.

کمیت برداری را با یک حرف که بالای آن علامت پیکان گذاشته می‌شود، نشان می‌دهیم؛ مثلاً نیرو با نماد $\vec{F}$، سرعت با $\vec{v}$، وزن با $\vec{W}$ و جابه‌جایی با $\vec{d}$ و ... نشان داده می‌شوند. گاهی یک بردار با دو حرف که بالای آن علامت پیکان است، نشان داده می‌شود؛ مثلاً $\overrightarrow{AB}$ در این صورت حرف اول سمت چپ (در این‌جا، A)، ابتدا و حرف دیگر، انتهای بردار را مشخص می‌کنند.

مثال: **نیروهای $\vec{F}_1$ به بزرگی (اندازه) ۲ نیوتون به سمت شمال، $\vec{F}_2$ به بزرگی ۵N تحت زاویه‌ی ۳۷ درجه به سمت شمال غربی و نیروی $\vec{F}_3$ به بزرگی ۷ نیوتون به سمت جنوب به یک جسم وارد می‌شوند. نیروهای وارد بر این جسم را با انتخاب یک مقیاس، در یک شکل نشان دهید.**

حل: **یک سانتی‌متر طول را معرف ۲ نیوتون انتخاب می‌کنیم (مقیاس). محور افقی دستگاه مختصات را، غربی ـ شرقی و محور قائم آن را مطابق شکل روبه‌رو، جنوبی ـ شمالی می‌گیریم و نیروهای وارد به جسم را که در مبدأ مختصات قرار داده‌ایم، نشان می‌دهیم.**



یکا: همان‌گونه که دیدید، اندازه‌ی (مقدار ـ بزرگی) هر کمیت شامل دو قسمت است؛ یکی عدد و دیگری **واحد یا یکا** (مانند متر بر ثانیه برای سرعت، متر برای طول، کیلوگرم برای جرم، نیوتون برای نیرو) نام دارد.

در درس فیزیک برای هر کمیت، یکایی انتخاب و تعریف می‌کنیم. یکا به صورت زیر تعریف می‌شود:

«یکا برابر مقدار معینی از هر کمیت است.»

بنا به این تعریف، یکای هر کمیت از جنس همان کمیت است. یکای طول، طول معین و مشخص، یکای جرم، جرم جسمی مشخص، یکای زمان، زمانی مشخص، یکای نیرو، نیرویی معین و مشخص و ... است که توسط دانشمندان انتخاب و تعیین می‌شوند؛ به عنوان مثال مدت یک شبانه‌روز را برابر ۲۴ ساعت گرفته‌اند و هر ساعت را به ۳۶۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرده و هر یک از این قسمت‌ها را «ثانیه» نامیده‌اند؛ بنابراین ثانیه که با نماد «s» نشان داده می‌شود، یکای زمان خواهد بود و می‌توان آن را به صورت زیر نشان داد.

$$\text{یک شبانه‌روز} = ۲۴ \text{ ساعت} = ۲۴ \times ۳۶۰۰ = ۸۶۴۰۰ \text{ ثانیه} = ۸۶۴۰۰\,s$$

$$۱\,s = \frac{۱}{۸۶۴۰۰} \text{ شبانه‌روز شمسی}$$

ویژگی‌های یکا: برای آن که ارتباط انسان‌ها با هم به نحو درستی انجام شود و در طی سال‌ها و قرن‌ها مشکلی ایجاد نشود، یکای کمیت‌ها، باید دارای ویژگی‌هایی باشند. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از:

۱- باید ثابت و تغییرناپذیر باشد.

۲- در تعیین آن باید دقت کافی شود تا پاسخ‌گوی آزمایش‌های بسیار دقیق امروزی باشد.

۳- همواره در دسترس انسان باشد تا اگر از بین رفت، دقیقاً بتوان دوباره مشابه آن را ساخت.

پرسش: یکی از یکاهای قدیمی «بغل» نام دارد. بغل برابر فاصله‌ی نوک انگشتان دست باز شده‌ی انسان تا نوک بینی او است. یکی دیگر از یکاهای طول «اینچ» است. آیا این یکاها، ثابت‌اند؟ از دقت کافی برخوردارند؟ در دسترس هستند؟ با دوستان خود بحث کرده و پاسخ دهید.

تعیین یکا با مشخصه‌های بالا، کاری بسیار دشوار و گاهی غیرممکن است. شما سعی کنید نیرویی را با مشخصه‌های بالا، نشان دهید تا آن را به عنوان یکای نیرو انتخاب کنیم. آیا موفق شدید؟

از طرف دیگر تعداد کمیت‌ها زیاد است و این موضوع کار را صد برابر (شاید هم بیش‌تر) دشوار می‌کند. چاره چیست؟

کمیت‌های اصلی و فرعی: خوشبختانه کمیت‌ها با یک‌دیگر ارتباط دارند و این موضوع کار را آسان‌تر می‌کند. به این ترتیب که تعداد کمی از کمیت‌ها را انتخاب کرده و یکای آن‌ها را تعیین می‌کنیم. به این کمیت‌ها، کمیت اصلی گفته می‌شود؛ بنابراین می‌توان کمیت اصلی را به صورت زیر تعریف کرد:

«کمیتی که یکای آن به صورت مستقل انتخاب می‌شود را کمیت اصلی می‌نامیم.»

به کمیت‌های دیگر، کمیت فرعی می‌گوییم که تعریف آن‌ها در زیر آمده است:

«به کمیتی فرعی گفته می‌شود که یکای آن به کمک یکای کمیت‌های اصلی تعریف می‌شود.»

مثلاً، طول به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده و یکای آن متر است. مساحت مربع با رابطه‌ی «$A = l^۲$» با طول بستگی دارد. یکای مساحت را به کمک همین رابطه تعریف می‌کنیم که چنین است: «یکای مساحت، مترمربع نام دارد و آن مساحت مربعی است به ضلع یک متر».

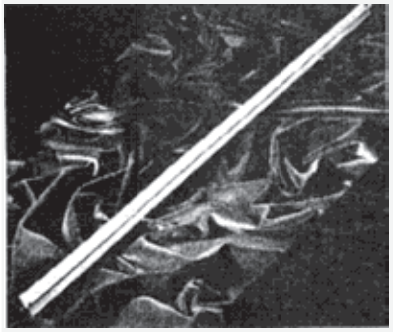
دستگاه بین‌المللی یکاها (SI): دستگاه بین‌المللی یکاها به اختصار دستگاه SI نام دارد. در این دستگاه هفت کمیت زیر به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب شده‌اند:

«طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، شدت نور، مقدار ماده».

یکاهای این کمیت‌ها در SI به ترتیب عبارت‌اند از:

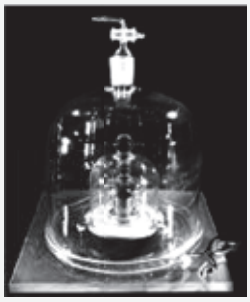
«متر (m)، کیلوگرم (kg)، ثانیه (s)، کلوین (K)، آمپر (A)، کاندلا (cd)، مول (mol)».

در این بخش سه یکای طول، جرم و زمان را که بیش‌تر با آن‌ها سروکار داریم، معرفی می‌کنیم که با پیشرفت درس به تدریج و به جای خود، با آن‌ها بیش‌تر آشنا خواهید شد.



متر: فاصله‌ی دو علامت روی میله‌ای است که در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس در موزه‌ی سِور فرانسه نگهداری می‌شود. این میله آلیاژی است از دو عنصر با نام‌های «پلاتین و ایریدیوم». متر را با نماد « m » نشان می‌دهیم.

کیلوگرم: کیلوگرم که نماد آن «kg» است، جرم استوانه‌ای است از دو عنصر «پلاتین و ایریدیوم» که آن هم در موزه‌ی سِور فرانسه نگهداری می‌شود. در اصل، جرم این استوانه برابر جرم یک لیتر آب مقطر در دمای $4^\circ C$ است.



ثانیه: همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، یکای زمان ثانیه است و یک ثانیه برابر $\frac{1}{86400}$ شبانه‌روز شمسی است. بیان تعریف ثانیه در SI بالاتر از سطح این کتاب است.

برای اندازه‌گیری زمان از یکاهای متداول دیگری نیز استفاده می‌شود که شما با آن‌ها آشنایی دارید و عبارت‌اند از: دقیقه «min»، ساعت «h»، شبانه‌روز «day»، سال «year» و ...». رابطه‌های این یکاها با یک‌دیگر و با ثانیه در زیر یادآوری شده است.

$$1\,min = 60\,s$$

$$1\,h = 60\,min = 3600\,s$$

$$1\,day = 24\,h = 1440\,min = 86400\,s$$

$$1\,year = 365\,days = 8760\,h = 5/256\times10^{5}\,min \simeq 3/15\times10^{7}\,s \simeq \pi\times10^{7}\,s$$

دقت در اندازه‌گیری

اگر یک نفر کمیتی مثلاً جرم یک جسم را یک بار با یک ترازو و بار دیگر با ترازوی دیگری اندازه‌گیری کند، آیا در هر دو نوبت به یک نتیجه می‌رسد؟ اگر دو نفر همین اندازه‌گیری را با یک ترازو انجام دهند، آیا نتیجه‌ی اندازه‌گیری آن‌ها یکسان خواهد بود؟

پاسخ پرسش‌های بالا ممکن است آری یا خیر باشد، زیرا پاسخ اندازه‌گیری، به دقت وسیله‌ها و نیز به دقت دو شخص بستگی دارد.

دقت شخص با چند بار اندازه‌گیری و محاسبه‌ی میانگین تا حد قابل قبولی افزایش می‌یابد. دقت وسیله برابر کم‌ترین مقداری است که آن وسیله می‌تواند اندازه بگیرد؛ مثلاً ممکن است یک ترازو تا گرم و ترازوی دیگر تا دهم گرم مدرج شده باشد. در این صورت دقت اولی «گرم» و دقت دومی «دهم گرم» است. توجه به این مسأله مهم است که ما حق نداریم نتیجه‌ی اندازه‌گیری را با دقتی بیش‌تر از دقت وسیله بیان کنیم؛ یعنی اگر دقت ترازویی گرم است، نتیجه‌ی اندازه‌گیری جرم یک جسم می‌تواند مثلاً ۴۶۷ گرم باشد، اما نتیجه‌ی ۴۶۷/۵ گرم قابل قبول نیست، زیرا این ترازو نمی‌تواند دهم گرم را اندازه بگیرد.