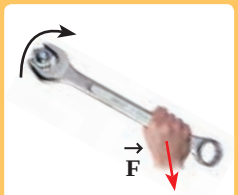
فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری

علم فیزیک و اهمیت اندازه‌گیری

کمیت‌های اصلی و فرعی

آشنایی با وسایل اندازه‌گیری و مفاهیم مرتبط با آنها

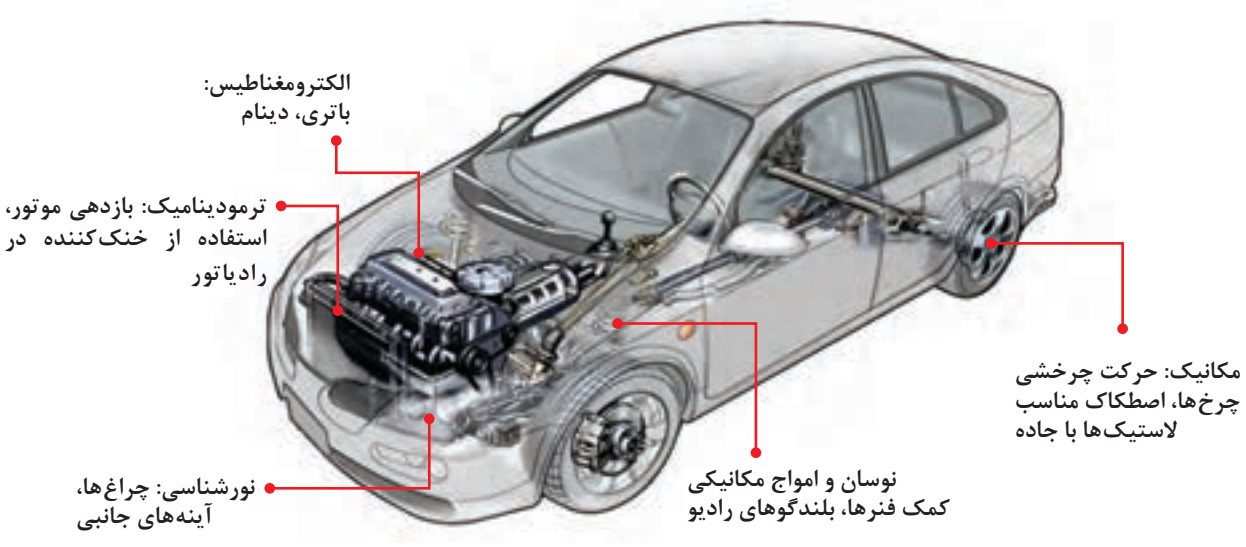


کمیت‌های برداری و نرده‌ای

۱ـ۱ فیزیک چیست؟

بسیاری از افراد تصور می‌کنند علم فیزیک، علمی پیچیده و دشوار است و با زندگی واقعی آنها هیچ ارتباطی ندارد. البته شاید این تصور ناشی از آن باشد که بسیاری از دانشمندان مشهور این حوزه، با استفاده از ابزارهای پیچیده، در خصوص مفاهیمی همچون ساختار جهان و یا ذرات بسیار کوچک درون اتم‌ها مطالعه و پدیده‌های مورد مشاهده خود را اندازه‌گیری می‌کنند.

اما باید قبول کرد که همهٔ پدیده‌های پیرامون شما را می‌توان با استفاده از علم فیزیک مورد بررسی قرار داد. اگر به معنای لغوی این علم دقت کنیم، واژهٔ فیزیک برگرفته از واژهٔ یونانی Physis به‌معنای طبیعت است. همان‌گونه که از معنای این واژه نیز مشخص است، هدف اصلی علم فیزیک این است که با استفاده از تعداد اندکی مفاهیم پایه، معادلات و فرضیات، طبیعت پیرامون بشر را توصیف نماید. در واقع با استفاده از اصول و قوانین موجود در علم فیزیک، می‌توان در مورد گسترهٔ وسیعی از پدیده‌ها، به پیش‌بینی‌های دقیق پرداخت و از آنها در ساخت ابزار و وسایلی که لازمه زندگی انسان‌هاست، استفاده نمود. برای مثال شما با مشاهدهٔ شکل ۱ـ۱ متوجه خواهید شد که چگونه حوزه‌های مختلف این علم در ساخت یک خودرو تأثیرگذار بوده است.



شکل ۱ـ۱ در ساخت یک خودرو، حوزه‌های مختلفی از علم فیزیک کاربرد دارند.

ما در زندگی روزمرهٔ خود با انواعی از قوانین و اصول فیزیکی مواجه‌ایم و به همین دلیل است که بسیاری از افراد در مورد این علم بیش از آنچه که تصور می‌کنند، اطلاعات دارند. برای مثال هنگامی که شما بستنی را در فریزر یخچال می‌گذارید، به‌خوبی از این قانون فیزیک مطلع هستید که اگر بستنی را به مدت طولانی در فضای اتاق نگه دارید، ذوب خواهد شد!

شکل ۱ـ۲ ناوچه دماوند (جماران ۲)

طرّاحان کشتی‌ها، ناوچه‌های جنگی (شکل ۱ـ۲) و قایق‌ها نیز، به استفاده از قوانین فیزیک در مورد شاره‌ها (فصل ۳ همین کتاب) نیاز دارند. آنها می‌کوشند تا با استفاده از اصول و قوانین این حوزه، کشتی‌ها و قایق‌ها را به‌گونه‌ای بسازند که به‌راحتی بر روی آب شناور شوند و بتوانند به بهترین و سریع‌ترین شکل ممکن بر روی آب حرکت کنند.

در واقع شاخه‌های مختلف علم فیزیک، بازخوانی و کشف برخی از حقایق و قوانین است، که خداوند حکیم برای بندگانش در طبیعت خلق کرده است.

۱ــ ۱ــ ۱ اهمیت اندازه‌گیری در علم فیزیک: فیزیک‌دان‌ها برای بررسی فرضیات خود در مورد این موضوع که تغییرات یک متغیر در یک حالت ویژه، چگونه متغیر دیگری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، دست به انجام آزمایش می‌زنند و برای آنکه فرایند آزمایش و نتایج آن از لحاظ علمی قابل قبول باشد، لازم است در حین اجرای این آزمایش‌ها دست به اندازه‌گیری‌های عددی بزنند.

الف) اندازه‌گیری قطر یک قطعه توسط ریزسنج (میکرومتر)

ب) اندازه‌گیری فشار هوای درون لاستیک خودرو

ج) دستگاه اسیدسنج خاک

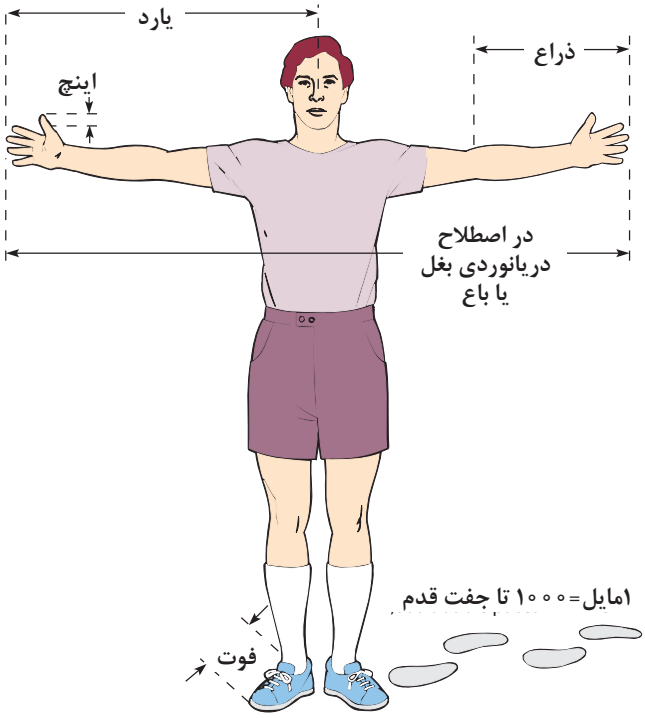
شکل ۱ــ۳ کاربرد اندازه‌گیری در صنعت، زندگی روزمره و کشاورزی

اندازه‌گیری‌های عددی با اعدادی که شما در کلاس‌های ریاضی با آنها روبه‌رو می‌شوید، متفاوت هستند. در ریاضیات، از عددی مانند ۷ می‌توان به‌تنهایی یا در درون یک معادله به‌راحتی استفاده نمود ولی در علم فیزیک، اندازه‌گیری چیزی فراتر از یک عدد است. برای مثال همان‌طور که در شکل آغازین فصل آمده است، اگر شما بگویید که نتیجهٔ یک اندازه‌گیری ۱۰۰ است، این گفته باعث به‌وجود آمدن سؤالات بسیاری در ذهن شنونده خواهد شد. چه کمّیت فیزیکی (طول، جرم، زمان و ...) را اندازه‌گیری کرده‌اید؟ اگر پاسخ شما کمّیت طول است در این صورت یکای اندازه‌گیری شما چه بوده است؟ (متر، فوت، اینچ و...).

همهٔ ما می‌دانیم که نیازهای آدمی از طریق ارتباط با محیط و دادوستد با یکدیگر برآورده می‌شود. ارتباط با محیط و جامعه از راه حواس صورت می‌گیرد، از جمله هنگامی که اجسام را می‌بینیم، آنها را لمس می‌کنیم و از بو و مزه آنها آگاه می‌شویم و همچنین صداهای اطراف را می‌شنویم. به بیان دیگر اطلاعاتی که ما از پیرامون خود به‌دست می‌آوریم، در اثر مقایسهٔ اجسام با یکدیگر حاصل می‌شود. رنگ اجسام، زبری، نرمی، کوتاهی، بلندی، دوری، نزدیکی، سردی، گرمی، شیرینی، تلخی و بسیاری از اطلاعات دیگر از راه مقایسهٔ آنها با هم یا مقایسهٔ آنها با مجموعه‌ای از اجسام و استانداردهای مشخص و معین صورت می‌گیرد.

به‌طورکلی مقایسه‌ای را که نتیجهٔ آن به‌دست آوردن عدد باشد، اندازه‌گیری می‌نامند. اندازه‌گیری در حیات انسان نقش مهمی دارد. اندازه‌گیری اساس کارهای صنعتی، علمی و پژوهشی است. در کشاورزی دانستن زمان کاشت، مقدار بذر، سطح زیر کشت و دوره‌های آبیاری اهمیت دارد. هر قدر که هر یک از این کمّیت‌ها مشخص‌تر و دقیق‌تر باشند، بهره‌وری بیشتر خواهد شد. در کارهای مهندسی و فنی نیز با اندازه‌گیری قطر پیچ و مهره‌ها، فشار هوای درون لاستیک اتومبیل، نیروی کشش قطارها و... سر وکار داریم و در کارهای علمی و پژوهشی به اندازه‌گیری دنیای بی‌نهایت کوچک درون اتم و سلول تا دنیای بی‌نهایت بزرگ جهان می‌پردازیم (شکل ۱ــ۳).

در گذشته انسان‌ها کمّیت‌هایی را که به‌طور مستقیم با آنها سر وکار داشتند (مانند طول)، با مقایسهٔ مستقیم آنها با اعضای بدن خود مانند دست، پا و ... اندازه‌گیری می‌کردند، در واقع اعضای بدن آنها نقش استاندارد و وسیله اندازه‌گیری را ایفا می‌نمود (شکل ۱ـ۴).



شکل ۱ـ۴ نمونه‌هایی از یکاهای قدیمی طول

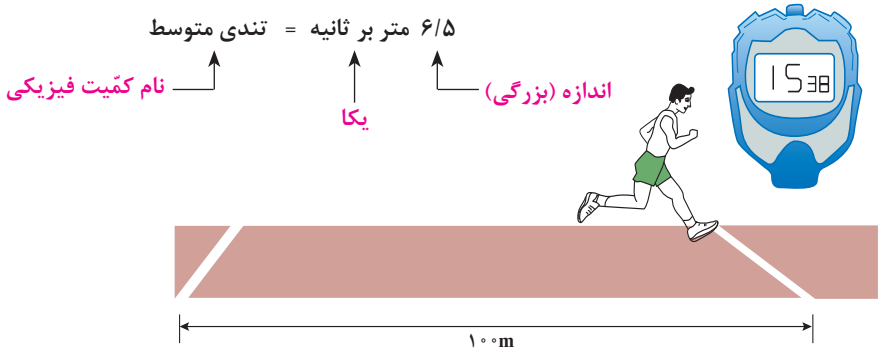
فکر کنید

با تشکیل گروه‌هایی از هم‌کلاسی‌های خود، در مورد مشکلات اندازه‌گیری توسط اعضای بدن در زمان قدیم بحث و تبادل نظر کنید و در نهایت، نتیجه را در قالب یک گزارش یک صفحه‌ای به دبیر خود ارائه دهید.

۱ـ۲ کمّیت‌های فیزیکی و یکاها

همان‌گونه که در بخش ۱ـ۱ـ۱ آموختیم، فیزیک علمی تجربی است. تجربه‌ها (آزمایش‌ها) نیازمند اندازه‌گیری هستند و عموماً برای توصیف نتایج اندازه‌گیری‌ها از اعداد استفاده می‌کنیم. در نتیجه کمّیت‌های فیزیکی، ویژگی‌های فیزیکی مربوط به یک پدیده، جسم و یا ماده هستند که از طریق اندازه‌گیری و آزمایش می‌توان به آنها عدد نسبت داد. برای مثال، دو کمیت فیزیکی که از ویژگی‌های فیزیکی شما به‌حساب می‌آیند، وزن و ارتفاع (قد) شما هستند. در این میان برخی از کمّیت‌های فیزیکی هستند که از طریق نحوه محاسبه آنها توسط دیگر کمّیت‌های قابل اندازه‌گیری تعریف می‌شوند. برای مثال، همان‌گونه که از علوم تجربی پایه نهم به یاد دارید، تندی متوسط از تقسیم کمیت فیزیکی مسافت پیموده شده به زمان صرف شده به‌دست می‌آید و آن را مسافت پیموده شده در واحد زمان تعریف می‌کنند.

باید توجه داشت که هر کمّیت فیزیکی متشکل از دو بخش، یعنی اندازه و یکای مربوط به آن کمیت است. به‌عنوان مثال در شکل ۱ـ۵ هنگامی که گفته می‌شود تندی متوسط دونده ۶/۵ متر بر ثانیه است، داریم:



شکل ۱ـ۵ محاسبه تندی متوسط دونده

نکته

یکای هر کمّیت، مقدار معین و ثابتی از همان کمّیت است.

در اندازه‌گیری هر کمّیت، اندازهٔ آن را با اندازهٔ یکای همان کمّیت مقایسه می‌کنند، تا مشخص شود که اندازه و بزرگی آن چند برابر یکایش است.

نتیجه این مقایسه عددی است که اندازهٔ (مقدار یا بزرگی) آن کمّیت نام دارد. برای مثال یکی از یکاهای مرسوم اندازه‌گیریِ جرم، کیلوگرم است. در تمام دنیا برای تعریف یک کیلوگرم، استانداردی را تعریف نموده‌اند (شکل ۱ـ۶). در نتیجه تمامی اندازه‌گیری‌هایی که با مقایسهٔ جرم جسم با جرم این استاندارد صورت می‌پذیرد بر حسب یکای کیلوگرم گزارش می‌شوند. هنگامی که گفته می‌شود جرم یک هنرجو ۶۰ کیلوگرم است، یعنی جرم آن ۶۰ برابر جرم استاندارد تعیین شده برای یکای کیلوگرم است.

شکل ۱ـ۶ استاندارد کیلوگرم فلزی از جنس پلاتین ـ ایریدیوم می‌باشد که به‌صورت قراردادی جرم آن را معادل ۱ کیلوگرم تعریف کرده‌اند.

فکر کنید

با تشکیل گروه‌هایی سه نفره از هم‌کلاسی‌های خود و مشورت با یکدیگر به این سؤال پاسخ دهید که استاندارد تعیین شده برای اندازه‌گیری یک کمّیت، چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟

اکنون، پس از آشنایی با تعریف دقیق کمّیت‌ها در فیزیک، اگر به دورهٔ اول متوسطه بازگردید، متوجه خواهید شد که در درس علوم تجربی با کمّیت‌های مختلفی چون طول، جرم، زمان، چگالی، سرعت و ... آشنا شده‌اید. همان‌گونه که می‌دانید، در پیرامون ما کمّیت‌های قابل اندازه‌گیری بسیاری وجود دارد که اگر بخواهیم تمامی آنها را جمع‌آوری کنیم به رقمی بیش از ۱۰۰ کمّیت فیزیکی خواهیم رسید و در نتیجه برای

تعیین و اندازه‌گیری هر یک از آنها نیز باید بیش از ۱۰۰ یکای ویژه تعیین کنیم، که عملاً کاری سخت و شاید امکان‌ناپذیر باشد. ولی همان‌طور که در ابتدای بحث آمد، برخی از کمّیت‌های فیزیکی هستند که وابسته به کمّیت‌های فیزیکی دیگرند (به‌عنوان مثال چگالی که از تقسیم کمّیت فیزیکی جرم به حجم به‌دست می‌آید). فیزیک‌دان‌ها بر اساس این واقعیت، کمّیت‌های فیزیکی را به دو دسته کلی کمیت‌های اصلی و فرعی تقسیم کرده‌اند که در ادامه با آنها آشنا خواهید شد.

بیشتر بدانید

نماد علمی کمّیت‌ها، معمولاً بر اساس حرف اول نام لاتین آنهاست. به‌عنوان مثال برخی از کمّیت‌های فیزیکی که در این کتاب با آنها آشنا خواهید شد در جدول زیر آمده است:

نماد	نام لاتین کمّیت	کمّیت	نماد	نام لاتین کمّیت	کمّیت
V	Volume	حجم	L	Length	طول
ρ	Density	چگالی	m	mass	جرم
v	Velocity	سرعت	t	time	زمان
a	acceleration	شتاب	T	Temperature	دما
F	Force	نیرو	I	Current Intensity	شدت جریان الکتریکی
W	Weight	وزن	R	Resistance	مقاومت الکتریکی
P	Pressure	فشار	V	Voltage	اختلاف پتانسیل الکتریکی
Q	Thermal Energy	انرژی حرارتی	A	Area	مساحت

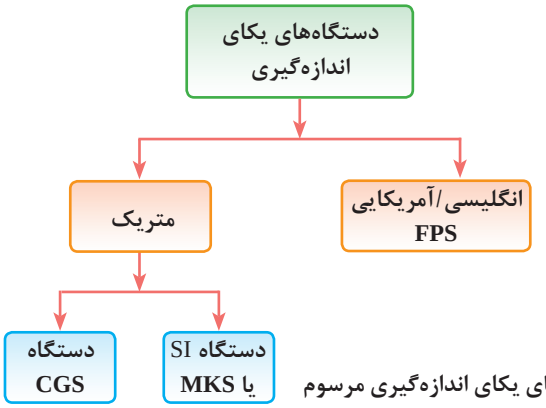
۱ـ۲ـ ۱ کمّیت‌ها و یکاهای اصلی: کمّیت‌های اصلی مجموعه‌ای از کمّیت‌های مستقل فیزیکی هستند که دیگر کمّیت‌ها به کمک آنها به‌دست می‌آیند. با توجه به این تقسیم‌بندی، فیزیک‌دان‌ها، هفت کمّیت فیزیکی را در قالب کمّیت‌های اصلی در نظر گرفته‌اند و یکای مرتبط با آنها را یکاهای اصلی نامیده‌اند.

شما در کتاب‌های علوم تجربی دوره اول متوسطه با برخی از آنها همچون طول، جرم، زمان، دما آشنا شده‌اید. باید در نظر داشت که نکته مهم در تعیین کمّیت‌های اصلی انتخاب یک استاندارد مناسب برای اندازه‌گیری این کمّیت‌ها است، زیرا در دنیای علم و ارتباطات یکی از ملزومات اصلی برای برقراری رابطه میان افراد و دادوستدهای معنی دار، وجود یک قرارداد و استاندارد مناسب میان افراد است که حوزهٔ اندازه‌گیری در علم نیز نیازمند این قراردادهای استاندارد و جهان شمول است.

فکر کنید

با گروه‌هایی از هم‌کلاسی‌های خود، راجع به اهمیت تعیین یکا و استاندارد در علم اندازه‌گیری بحث کنید و با در نظر گرفتن محیط زندگی، آموزشگاه، کارگاه‌ها و ... به چند مورد از مشکلات ناشی از نداشتن یکا و استاندارد یکسان در اندازه‌گیری اشاره نمایید.

به این منظور و هم‌زمان با پیشرفت روزافزون مطالعات در علم، نیاز به داشتن یک دستگاه بین‌المللی یکاها شدت گرفت؛ دستگاهی متشکل از یکاهای کمّیت‌های فیزیکی که بتوان به آنها در همهٔ جهان استناد نمود. در نتیجهٔ این نیاز، دو دستگاه رایج را برای بیان یکاهای اندازه‌گیری معرفی نمودند، که در شکل ۱ـ۷ آمده است.



شکل ۱ـ۷ دستگاه‌های یکای اندازه‌گیری مرسوم

بیشتر بدانید

برای نام‌گذاری این دستگاه‌ها، ابتدای نام یکاهای سه کمّیت اصلی طول، جرم و زمان درون آن دستگاه به ترتیب از چپ به راست استفاده شده است. به‌عنوان مثال در دستگاه انگلیسی آمریکایی، جهت نام‌گذاری از حرف ابتدای نام یکاهای اندازه‌گیری طول، جرم و زمان در این دستگاه استفاده نموده است:
FPS: Foot/Pound/ Second

و یا در دستگاه‌های دیگر داریم:

MKS: Meter/Kilogram/Second
CGS: Centimeter/Gram/Second

از میان دستگاه‌های معرفی شده و بر اساس دو ویژگی مهم و اساسی، دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)[1] مورد اقبال و پذیرش همگانی قرار گرفت. اولین ویژگی این دستگاه این است که اندازهٔ کمّیت‌های فیزیکی در آن را می‌توان بر اساس توان‌هایی بر پایهٔ ۱۰ اندازه‌گیری کرد و ارائه داد. دیگر اینکه در این دستگاه، مجموعه‌ای سازماندهی شده از پیشوندها برای نمایش اندازه کمّیت‌های مختلف فیزیکی فراهم گردیده است که در بخش ۱ـ۲ـ۳ به آن اشاره می‌کنیم.[2]

دستگاه بین‌المللی یکاها در سال ۱۹۶۰ در یازدهمین کنفرانس بین‌المللی اوزان و اندازه‌ها تصویب گردید و نام اختصاری آن در تمام جهان «SI» نامیده شد. در این دستگاه، که بر اساس ۷ کمّیت اصلی پایه‌ریزی گردیده، برای هر یک از این ۷ کمّیت یک یکا و یک استاندارد (همانند شکل ۱ـ۶) تعریف شده است. در جدول ۱ـ۱ با یکای برخی از مهم‌ترین کمّیت‌های اصلی مورد بحث در این کتاب در دستگاه بین‌المللی یکاها آشنا خواهید شد.

جدول ۱ـ۱ یکاهای کمّیت‌های اصلی در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)

نام کمّیت و نماد	یکای آن در SI	نماد یکا
طول (L)	متر	m
جرم (m)	کیلوگرم	kg
زمان (t)	ثانیه	s
دما (T)	کلوین	K
شدت جریان الکتریکی (I)	آمپر	A

۱ـ System International

۲ـ در کتاب ریاضی پایه دهم با دستگاه انگلیسی/ آمریکایی بیشتر آشنا خواهید شد.

بیشتر بدانید

در سال ۱۹۹۸ میلادی کاوشگری با نام Mars Climate Orbiter، با مأموریت تحقیق بر روی آب و هوا و تعیین مقدار دی اکسید موجود در جو مریخ و همچنین بررسی وجود آب در این سیاره به فضا فرستاده شد اما این کاوشگر هنگامی که می‌خواست در مدار خود قرار بگیرد، در اتمسفر مریخ بسیار پایین آمد و سقوط کرد.

علت این حادثه نقص فنی کاوشگر نبود. بلکه تفاوت در دستگاه‌های اندازه‌گیری سازندگان این وسیله، باعث این سقوط گردید. در واقع یکی از پیمانکاران که در ساخت این کاوشگر همکاری کرده بود از دستگاه اندازه‌گیری **انگلیسی/آمریکایی** استفاده می‌کرده است ولی کاوشگر بر مبنای دستگاه اندازه‌گیری **متریک** ساخته و برنامه‌ریزی شده بود و این تفاوت در دستگاه‌های اندازه‌گیری باعث گردید کاوشگر در تشخیص فشار هوا اشتباه کند.

تجربه کنید

با مراجعه به لوح فشرده و مشاهده فیلم مربوط به دقیق‌ترین ساعت اختراع‌شده در جهان (NIST-F2) گزارشی را در رابطه با ویژگی‌های منحصربه‌فرد این ساعت و کاربردهای آن تهیه کرده و در کلاس ارائه دهید.

۱ـ۲ـ۲ کمّیت‌ها و یکاهای فرعی: همان‌طور که در ابتدای بحث اشاره شد، تعیین یکا برای تمامی کمّیت‌ها در علم، کار سخت و امکان‌ناپذیری است اما با در نظرگرفتن این واقعیت که برخی از کمّیت‌های فیزیکی را می‌توان توسط کمّیت‌های دیگر به دست آورد، باعث گردید تا یکاهای فرعی معرفی شوند.

درنتیجه یکاهای فرعی، یکاهای مربوط به کمیت‌های فرعی هستند. این کمّیت‌ها را می‌توان بر اساس اندازه‌گیری کمّیت‌های دیگر و به‌خصوص کمّیت‌های اصلی به‌دست آورد.

برای مثال کمّیت سرعت از تقسیم دو کمّیت اصلی جابه‌جایی (طول) به زمان به‌دست می‌آید، یا کمّیت شتاب از تقسیم یک کمّیت فرعی سرعت به یک کمّیت اصلی زمان حاصل می‌شود. برای آشنایی بیشتر با کمّیت‌های فرعی به مثالی که در ادامه آورده شده است، توجه کنید.

مثال

در دستگاه بین‌المللی یکاها یکای نیرو را به‌دست آورید.

پاسخ: نیرو یک کمّیت فرعی است زیرا به کمّیت‌های دیگری وابسته است. در علوم تجربی سال نهم آموختید:

$$F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

حال اگر بخواهیم یکای نیرو را به عنوان یک کمّیت فرعی در دستگاه بین‌المللی یکاها به‌دست آوریم می‌بایست با توجه به محل قرارگیری هر یک از کمّیت‌ها در رابطه بالا، یکای آنها را در محل خود قرار دهیم، یعنی:

$$\text{یکای نیرو } (F) = \text{kg} \times \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

نکته

توجه داشته باشید که در این کتاب تغییرات یک کمّیت را با علامت Δ نشان می‌دهیم. در نتیجه در رابطه صفحهٔ قبل Δv به معنی تغییرات سرعت و Δt به معنی تغییرات زمانی است.

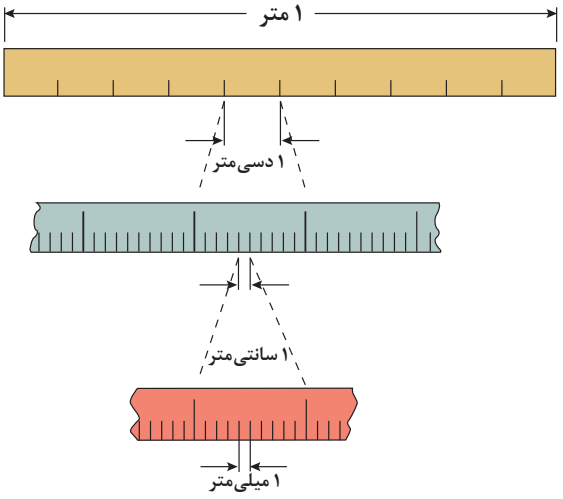
البته باید در نظر داشت که برای برخی از کمّیت‌های فرعی نیز در علم فیزیک به‌منظور قدردانی از کسانی که برای کشف یا تشریح آن کمّیت تلاش نموده‌اند، یکاهای معادل با یکای آنها، با در نظر گرفتن اسم آن شخص تعریف می‌کنند. به‌عنوان مثال در فیزیک، $kg\frac{m}{s^2}$ را با حرف N نشان می‌دهند و آن را نیوتن می‌خوانند.

۱ـ۲ـ۳ تبدیل یکاها و پیشوندها: در بخش پیش اشاره گردید که یکی از فواید استفاده از دستگاه بین‌المللی یکاها این است که می‌توان در آن، اندازه‌گیری‌ها را بر اساس توانی از ۱۰ نمایش داد. به همین منظور برای توضیح اینکه چه توانی از ۱۰ را باید برای آن اندازه‌گیری در نظر گرفت، می‌توان از پیشوندها استفاده نمود.

پیشوندهای عددی عباراتی هستند که با خود اعداد بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک را به‌همراه می‌آورند، به‌عنوان نمونه کیلو یعنی هزار و میلی یعنی یک هزارم. این پیشوندها می‌توانند همراه کمّیت‌های فیزیکی مانند گرم یا متر و ... بیایند (شکل ۱ـ۸). پیشوندها به‌خصوص در زمانی‌که اندازه‌گیری‌ها خیلی کوچک و یا خیلی بزرگ باشند قابل استفاده‌اند، در جدول ۱ـ۲ برخی از پرکاربردترین پیشوندها و معنی آنها آورده شده است.

جدول ۱ـ۲ پیشوندهای مورد استفاده در دستگاه SI

پیشوندهای کوچک‌کننده			پیشوندهای بزرگ‌کننده		
نماد	پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب
a	آتو	10^{-18}	E	اگزا	10^{+18}
f	فمتو	10^{-15}	P	پنتا	10^{+15}
p	پیکو	10^{-12}	T	ترا	10^{+12}
n	نانو	10^{-9}	G	گیگا	10^{+9}
μ	میکرو	10^{-6}	M	مگا	10^{+6}
m	میلی	10^{-3}	k	کیلو	10^{+3}
c	سانتی	10^{-2}	H	هکتو	10^{+2}
d	دسی	10^{-1}	da	دکا	10^{+1}



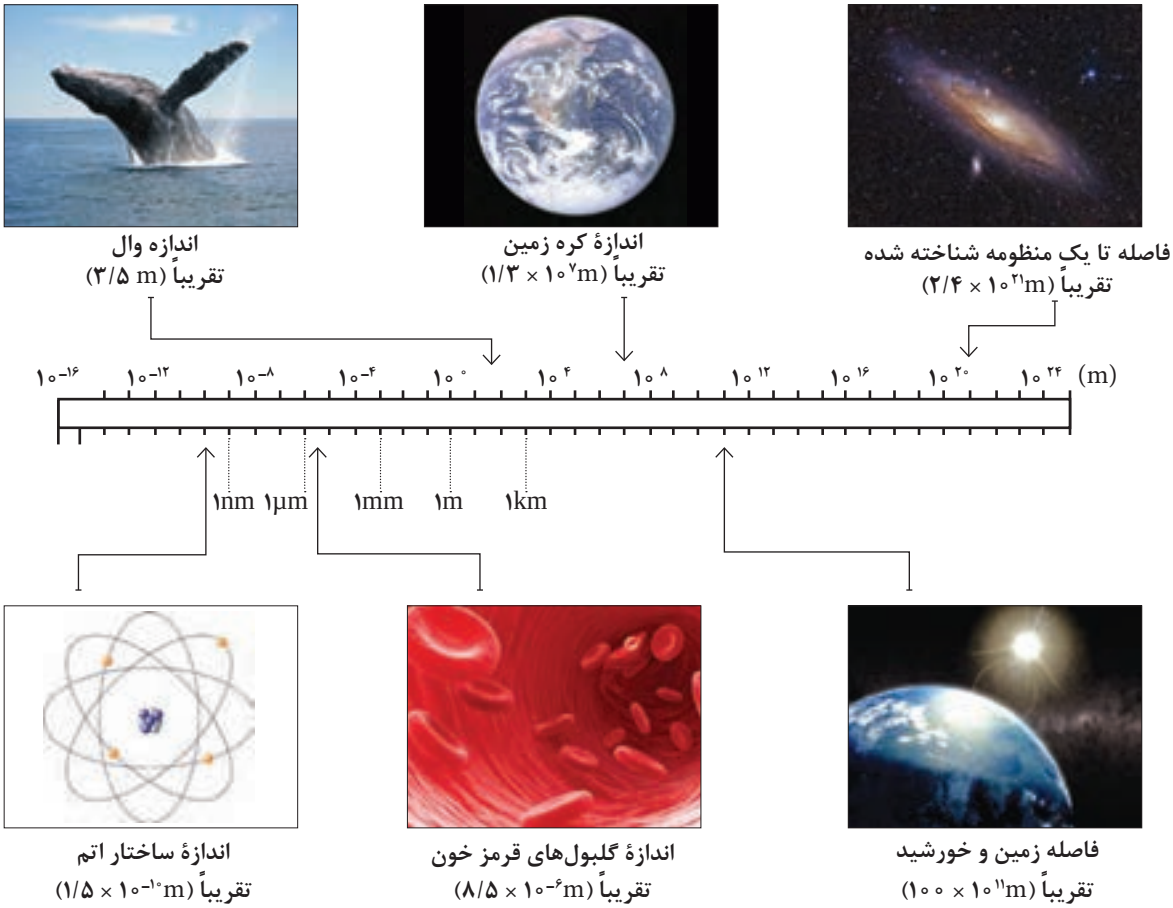
شکل ۱ـ۸ پیشوندهای کوچک‌کننده یکای متر

بیشتر بدانید

علم و فناوری نانو (نانو تکنولوژی) توانایی به‌دست گرفتن کنترل ماده را در ابعاد نانومتری (مولکولی) و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های این بعد در مواد، ابزارها و سیستم‌های نوین را دارد.

این حوزهٔ نوظهور از علم، باعث پیشرفت‌های بسیاری در حوزهٔ پزشکی، داروسازی، صنعت و ... گردیده است که کشور ایران نیز سهم بسیار مهمی در پیشرفت آن داشته است.

در شکل ۱ـ۹ مجموعه‌ای از طول‌های متفاوت، از خیلی کوچک تا خیلی بزرگ که در اطراف ما وجود دارد، نمایش داده شده است. با در نظر گرفتن این گسترهٔ طول‌ها، به اهمّیت استفاده از دستگاه بین المللی یکاها و پیشوندهای آن پی می‌بریم.



شکل ۱ـ۹ گستره طولی جهان پیرامون ما

حال که با مفهوم و معنای پیشوندها در دستگاه بین‌المللی یکاها آشنا شدیم، یادآور می‌شویم که در فیزیک و در برخی مسائل، ما ناچار به تغییر پیشوند یکای اندازه‌گیری‌های انجام شده هستیم، برای این منظور باید از ضرایب تبدیل استفاده نماییم. ضرایب تبدیل، کسرهایی هستند که توسط آنها پیشوندهای قبلی حذف و پیشوندهای موردنظر جایگزین می‌شوند. برای آشنایی با شیوهٔ ساخت و کاربرد این ضرایب به مثال زیر دقت کنید.

نکته

مقدار کسرهای ضریب تبدیل برابر یک است و تنها برای تبدیل یکا استفاده می‌شوند.

مثال

تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

الف) $۱۰^{-۶}\text{g} = ?\text{mg}$

پاسخ: برای یافتن ضریب تبدیل مورد نیاز، با رجوع به جدول ۱ـ۲ درمی‌یابیم که ۱ میلی‌گرم (۱mg) معادل ($۱۰^{-۳}$g) است. در نتیجه خواهیم داشت:

$$۱\text{mg} = ۱۰^{-۳}\text{g} \Rightarrow \frac{۱\text{mg}}{۱۰^{-۳}\text{g}} = ۱ \quad \text{یا} \quad \frac{۱۰^{-۳}\text{g}}{۱\text{mg}} = ۱$$

حال با توجه به اینکه در تبدیل یکای خواسته شده، باید یکای گرم (g) حذف و به‌جای آن یکای میلی‌گرم (mg) قرار گیرد، کافی است ضریب تبدیل مناسب آن را در مقدار عددی سؤال ضرب کنیم:

$$۱۰^{-۶}\text{g} = ?\text{mg} \Rightarrow ۱۰^{-۶}\text{g} \times \frac{۱\text{mg}}{۱۰^{-۳}\text{g}} = ۱۰^{-۳}\text{mg}$$

ب) $۲۵\text{mm} = ?\mu\text{m}$

پاسخ: در این مثال ابتدا می‌بایست، پیشوند یکای میلی (m) برداشته شود و به‌جای آن پیشوند میکرو (μ) قرار گیرد. در نتیجه با دو ضریب تبدیل مختلف روبه‌رو هستیم:

$$۲۵\text{mm} = ?\mu\text{m} \Rightarrow ۲۵\text{mm} \times \frac{۱۰^{-۳}\text{m}}{۱\text{mm}} \times \frac{۱\mu\text{m}}{۱۰^{-۶}\text{m}} = ۲۵ \times ۱۰^{+۳}\mu\text{m}$$

ضریب تبدیل میلی — ضریب تبدیل میکرو

نکته

۱ـ تنها یکاهای مربوط به یک کمّیت را می‌توان به یکدیگر تبدیل نمود. یعنی هیچ‌گاه نمی‌توان یکای زمان را به‌جرم تبدیل نمود.

۲ـ در تبدیل پیشوند یکاهای توان‌دار، مانند (مساحت ($m^۲$) یا حجم ($m^۳$) و ...) ضرایب تبدیل نیز باید به همان توان برسند و در عدد اصلی ضرب شوند.

۳ـ در تبدیل پیشوند یکاهای کسری باید برای تبدیل هریک از پیشوندهای صورت و یا مخرج از ضریب تبدیل جداگانه‌ای استفاده نماییم.

مثال

تبدیل یکاهای خواسته شده را انجام دهید.

الف) $۳۰\,cm^{۳} = ?\,nm^{۳}$

پاسخ:

$$۳۰\,cm^{۳} \times \left(\frac{۱۰^{-۲}\,m}{۱\,cm}\right)^{۳} \times \left(\frac{۱\,nm}{۱۰^{-۹}\,m}\right)^{۳} = ۳۰ \times ۱۰^{+۲۱}\,nm^{۳}$$

ب) $۷۲\,\frac{km}{h} = ?\,\frac{m}{s}$

پاسخ:

$$۷۲\,\frac{km}{h} \times \frac{۱۰^{+۳}\,m}{۱\,km} \times \frac{۱\,h}{۳۶۰۰\,s} = ۲۰\,\frac{m}{s}$$

نکته

برای تبدیل یکای اندازه‌گیری می‌توان از قاعده زیر نیز استفاده نمود، البته باید در نظر داشت که اصلی‌ترین راه تبدیل یکاها در فیزیک، استفاده از ضرایب تبدیل است. این قاعده را با حل یک مثال توضیح می‌دهیم:

$$۲۵\,mm = ?\,\mu m \Rightarrow ۲۵\,mm = x\,\mu m \Rightarrow x = \frac{۲۵ \times ۱۰^{-۳}\,m}{۱۰^{-۶}\,m} = ۲۵ \times ۱۰^{+۳}$$

$$\Rightarrow ۲۵mm = ۲۵ \times ۱۰^{+۳}\mu m$$

تمرین کنید

همان‌گونه که در بخش معرفی دستگاه‌های اندازه‌گیری گفته شد، یکی از دستگاه‌های اندازه‌گیری کمّیت‌ها در فیزیک دستگاه انگلیسی / آمریکایی است. در این دستگاه یکای طول فوت، یکای جرم پوند و یکای زمان ثانیه است[۱]. با در نظر گرفتن ضرایب تبدیل زیر، تبدیل یکاهای خواسته شده را انجام دهید.

$۱\,ft \cong ۰/۳۰۵\,m$ و $۱\,lb \cong ۰/۴۵۴\,kg = ۴۵۴\,g$

$$۱۲\,\frac{lb}{ft^{۳}} \cong ?\,\frac{kg}{m^{۳}} \qquad ۵۰\,g \cong ?\,ft \qquad lb \cong ?\,cm$$

تحقیق کنید

با بررسی و جست‌وجو در کتاب‌های تخصصیِ رشتهٔ خود و به کمک دبیر، یکاهای رایج در رشتهٔ خود را شناسایی کنید و رابطهٔ تبدیل آنها را بر حسب یکاهای SI به‌دست آورده و به کلاس ارائه دهید.

۱ـ۲ـ۴ نمادگذاری علمی: همان‌گونه که اشاره شد، در فیزیک کمّیت‌های بسیار زیادی برای اندازه‌گیری وجود دارد و با اندازه‌گیری هر یک از این کمّیت‌ها با اعداد کوچک و بزرگ متفاوتی روبه‌رو می‌شویم. برای مثال فاصلهٔ میان ماه تا زمین در حدود ۳۸۴،۴۰۰،۰۰۰ متر است و یا اندازهٔ یک باکتری، کوچک‌تر از ۰/۰۰۰۰۰۲متر است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید به خاطر سپردن این اعداد کمی مشکل و حتی مقایسهٔ آنها با یکدیگر از لحاظ بزرگی و کوچکی بسیار سخت است. برای حل این مشکل می‌توان تمام اندازه‌گیری‌های گزارش شده در فیزیک را به‌صورت نمادگذاری علمی و بر اساس توانی بر پایه ۱۰ ارائه نمود. به این منظور کافی است از قاعده زیر پیروی کنیم :

$$[x = m \times ۱۰^{n} \quad (۱ \leq m < ۱۰)]$$

۱ـ lb معادل یکای پوند و ft معادل یکای فوت می‌باشد.

که n یک عدد صحیح مثبت (به ازای تعداد اعشارهایی که به سمت چپ می‌رود) یا منفی (به تعداد اعشارهایی که به سمت راست می‌رود) است. با این شرایط می‌توان گفت که در گزارش یک عدد به‌صورت نماد علمی لازم است تنها یک عدد صحیح در سمت چپ اعشار قرار گیرد.

حال برای تبدیل فاصله میان ماه تا زمین می‌بایست به تعداد ۸ اعشار به سمت چپ برویم تا به یک عدد صحیح (۳) میان ۱ تا ۱۰ برسیم پس خواهیم داشت:

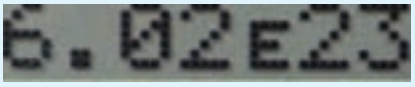
$$۳/۸۴۴\times۱۰^{۸}m$$

یا در نوشتن اندازهٔ یک باکتری کوچک بر اساس نمادگذاری علمی باید به تعداد ۶ اعشار به سمت راست برویم تا به یک عدد صحیح (۲) میان ۱ تا ۱۰ برسیم، پس خواهیم داشت:

$$۲\times۱۰^{-۶}m$$

بیشتر بدانید

نمایش اعداد توان‌دار، به‌خصوص در صفحات دیجیتالی کوچک همانند ماشین‌حساب‌های مهندسی، همیشه امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل در این‌گونه ابزارها، نمادگذاری علمی را در قالب mEn نمایش می‌دهند که به معنای $m\times۱۰^{n}$ می‌باشد، برای مثال می‌دانیم که یک مول از هر ذره (اتم، مولکول یا یون) به تعداد عدد آووگادرو از آن ذره است، این عدد ($۶/۰۲۲۰۵\times۱۰^{۲۳}$) به‌صورت نمادگذاری علمی در یک ماشین حساب مهندسی به این شکل نمایش داده می‌شود:



۱ـ۳ اندازه‌گیری کمّیت‌ها

شکل ۱ـ۱۰ این حادثه، نتیجه یک خطای بسیار کوچک در تخمین مسافت توقف در پایان یک سفر طولانی است.

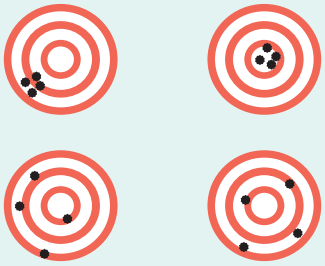
دانشمندان حوزه‌های مختلف علم (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و...) برای اثبات فرضیه‌های خود دست به انجام آزمایش می‌زنند و لازمهٔ انجام بسیاری از آزمایش‌ها در علم، اندازه‌گیری می‌باشد. هرچه اندازه‌گیری‌های صورت گرفته دقیق‌تر باشند، نتایج حاصل از آن آزمایش‌ها نیز قابل اعتمادتر خواهند بود. در واقع هیچ‌گاه نمی‌توان ادعا نمود که مقدار دقیق یک کمّیت را اندازه‌گیری کرده‌ایم زیرا همواره عواملی همچون خطای ناشی از محدودیت وسایل اندازه‌گیری، خطای فرد آزمایشگر، خطای وسایل اندازه‌گیری به‌دلیل کالیبره نبودن و... بر نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها تأثیرگذار هستند (شکل ۱ـ۱۰).

در این راستا و در علم اندازه‌گیری ما با دو عبارت دقت[۱] و صحّت[۲] برخورد خواهیم کرد. به بیان ساده، دقت به‌معنای نزدیک بودن مقادیر اندازه‌گیری به همدیگر است، خواه این مقادیر واقعیت را نشان بدهد یا خیر و صحّت به معنای نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری شده به مقدار واقعی است. البته همان‌طور که در بالا اشاره گردید، در علم فیزیک مقدار واقعی یک کمّیت، قابل اندازه‌گیری نیست ولی می‌توان مقدار استاندارد یا مرجعی را که برآمده از نتایج آزمایشگاه‌ها و مؤسسات استاندارد مرجع است، به‌منزلهٔ مقدار واقعی آن کمّیت در نظر گرفت. برای درک بهتر تفاوت میان دقت و صحّت به مثالی که در ادامه آمده است، توجه کنید.

۱ـ Precision

۲ـ Accuracy

فکر کنید

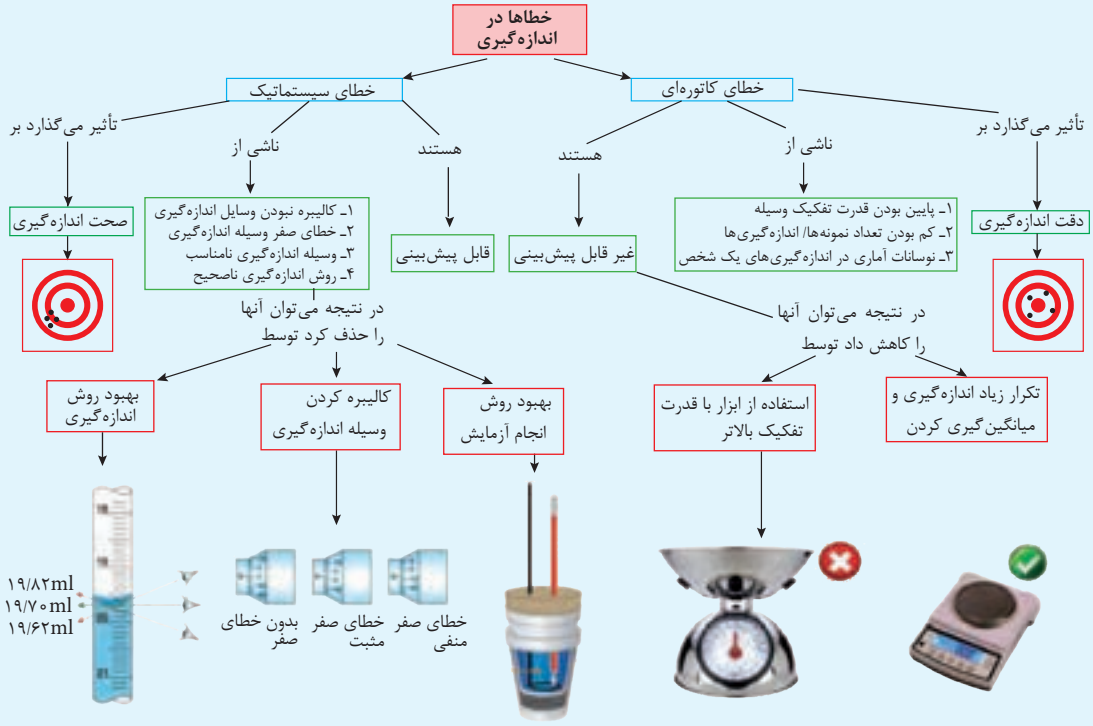


چهار نفر توسط تفنگ‌های بادی به سیبل‌هایی مطابق شکل‌های زیر شلیک کرده‌اند، اگر مبنای شلیک، برخورد گلوله به وسط سیبل باشد، چه توضیحی در رابطه با میزان دقت و صحّت هر یک از این افراد وجود دارد؟

روشن است که «دقت» و «صحّت» را برای هر اندازه‌گیری، باید به‌طور همزمان در نظر بگیریم. اگر دریابیم که نتیجه یک اندازه‌گیری صحّت بسیار پایینی دارد، تلاش برای به دست آوردن دقت بالا چیزی جز اتلاف وقت و انرژی نیست و برعکس، نتیجه اندازه‌گیری نمی‌تواند صحّت بالایی داشته باشد هنگامی که دقت آن اندازه‌گیری پایین باشد.

بیشتر بدانید

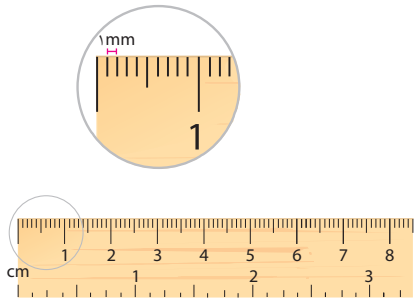
انواع خطا در اندازه‌گیری: هنگامی که یک آزمایشگر در محل آزمایشگاه به بررسی فرضیه خود از طریق انجام آزمایش و اندازه‌گیری کمیت‌ها می‌پردازد، عواملی وجود دارد که مانع از رسیدن او به مقدار واقعی آن کمیت می‌شود که این عوامل را در اصطلاح **عوامل خطازا** می‌نامند. در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان عوامل خطازا را به دو دسته کلی خطا یعنی **خطاهای کاتوره‌ای**[1] و **خطاهای سیستماتیک**[2] نسبت داد. با رجوع به نقشهٔ مفهومی زیر می‌توانید با تعریف هر یک از این خطاها، انواع مختلف آنها و نحوه تأثیر آنها بر دقت و صحت یک اندازه‌گیری آشنا شوید.



جلوگیری از خروج گرما در گرماسنج

۱ـ Random Error

۲ـ Systematic Error



یکی از روش‌های کاهش خطادر اندازه‌گیری، استفاده از وسایل اندازه‌گیری با قدرت تفکیک بالا است. منظور از قدرت تفکیک یا رزولوشن[1] یک وسیله اندازه‌گیری، کوچک‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله است. به‌عنوان مثال کوچک‌ترین درجه‌بندی یک خط‌کش معمولی، ۱ میلی‌متر است در نتیجه قدرت تفکیک آن ۱mm خواهد بود.

نکته

کوچک‌ترین تقسیم‌بندی یک وسیله اندازه‌گیری را قدرت تفکیک یا رزولوشن[1] آن وسیله می‌نامیم.

کاربرد در صنعت و فناوری

در صنعت و به‌خصوص در حوزه قطعه‌سازی همواره به‌دنبال استفاده از دقیق‌ترین ابزارها برای اندازه‌گیری و تراش قطعات هستیم. یکی از دستگاه‌های تراش که از دقت بالایی نیز برخوردار هستند، دستگاه تراش CNC است. این دستگاه‌ها با استفاده از رایانه و امکانات حافظه‌ای خود اطلاعات وارد شده را پردازش می‌کنند و این اطلاعات توسط ریزپردازنده‌ها (میکروپروسسورها) به علائم کنترل برای ماشین‌های افزار (دستگاه‌های ویژه کارهای مختلف صنعتی) تبدیل می‌شود. همچنین از این تکنولوژی در ساخت دستگاه‌های برش پارچه، کارتن، چوب و ... نیز استفاده می‌کنند که با بالا بردن دقت، محصول نهایی از کیفیت ظاهری به تناسب بالاتری برخوردار خواهد بود.

۱ـ۳ـ۱ وسایل اندازه‌گیری: در فیزیک و در هر علمی برای اندازه‌گیری کمّیت‌های مخصوص آن علم از وسایل اندازه‌گیری متناسب با آن کمّیت‌ها استفاده می‌کنیم. در کتاب‌های علوم تجربی دوره اول متوسطه با برخی از مهم‌ترین وسایل اندازه‌گیری کمّیت‌هایی نظیر طول (خط‌کش، متر، ...)، جرم (ترازو) و... آشنا شده‌اید.

در برخی محیط‌های صنعتی که دقت اندازه‌گیری از اهمیت بالایی برخوردار است، برای اندازه‌گیری‌ها سعی می‌شود از ابزاری با قدرت تفکیک بالاتر استفاده کنند. برای مثال در تراشکاری‌ها، برای اندازه‌گیری طول قطعهٔ مورد نظر معمولاً از وسایلی مانند کولیس و ریزسنج استفاده می‌شود. زیرا این وسایل از قدرت تفکیک بالاتری برخوردارند و می‌توانند مقادیر کوچک‌تری از طول را اندازه‌گیری کنند. به این منظور در این بخش به بررسی ساختمان این وسایل و نحوهٔ استفاده از آنها می‌پردازیم.

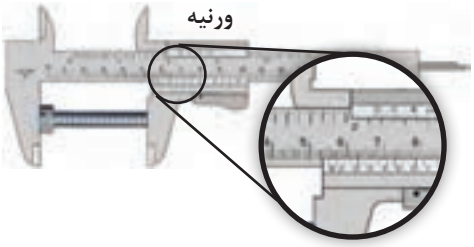
تجربه کنید

با مراجعه به یک طلافروشی و یا یک مغازهٔ فروشِ ادویه‌های غذایی در مورد وسایل و یکاهای اندازه‌گیری به‌کاررفته در این اصناف برای سنجش جرم و قدرت تفکیک این وسایل، گزارشی تهیه و به کلاس ارائه دهید.

۱ـ Resolution

همان‌طور که در شکل ۱ـ۱۱ مشاهده می‌کنید، کولیس از یک خط‌کش معمولی ساخته شده که قدرت تفکیک این خط‌کش ۱ میلی‌متر (mm) است و بر روی این خط‌کش قطعه‌ای به نام ورنیه قرار گرفته است.

وظیفه ورنیه افزایش قدرت تفکیک خط‌کش است و با توجه به تعداد تقسیم‌بندی‌های روی ورنیه، قدرت تفکیک کولیس‌های مرسوم ۰/۱ میلی‌متر، ۰/۰۵ میلی‌متر و ۰/۰۲ میلی‌متر است.



شکل ۱ـ۱۱ ساختمان کولیس

تجربه کنید

به نظر شما چگونه می‌توان ضخامت یک ورقهٔ کاغذ A۴ را با استفاده از یک خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری کنیم؟ این کار را انجام داده و نتیجه آن را به کلاس خود گزارش دهید.

آزمایش کنید

یکی دیگر از وسایل اندازه‌گیری دقیق طول در محیط‌ها و آزمایشگاه‌های صنعتی «ریزسنج» یا «میکرومتر» است. به کمک دبیر خود و با دیدن **فیلم آموزشیِ** شیوهٔ کاربرد کولیس و ریزسنج، آزمایش زیر را برای آشنایی بیشتر با این دو وسیله انجام دهید.

عنوان آزمایش: اندازه‌گیری ضخامت یک ورقهٔ کاغذ A۴

وسایل اندازه‌گیری: کولیس، ریزسنج، ورقهٔ کاغذ A۴

روش آزمایش: ابتدا به کمک یک کولیس و به کمک فک‌های اندازه‌گیری بیرونی، ضخامت یک ورقه کاغذ A۴ را ۳ بار اندازه‌گیری کنید و سپس میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده را به‌عنوان مقدار صحیح ضخامت کاغذ یادداشت کنید. سپس همین کار را با استفاده از ریزسنج انجام دهید. پس از اتمام اندازه‌گیری‌ها به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ با توجه به عددهای به‌دست آمده در هر مرحله، قدرت تفکیک کولیس و ریزسنج در آزمایشگاه مدرسه شما چه اندازه است؟

۲ـ به نظر شما و با توجه به اعداد به‌دست آمده در هر مرحله، دقت اندازه‌گیری با کدام وسیله، بیشتر است؟

بیشتر بدانید

وسایل اندازه‌گیری ثابت، آن دسته از وسایل اندازه‌گیری هستند که توسط آنها، تنها می‌توان فقط یک بُعد و یا یک مقدار خاص را اندازه‌گیری نمود، مانند شابلون‌ها، شعاع سنج، فیلر، شابلون میله و ...

شابلون زاویه
(اندازه‌گیری زاویه قطعات)

شابلون فیلر
(اندازه‌گیری شکاف‌ها و شیارها)

شابلون میله
(اندازه‌گیری قطر میله‌ها)

۱ـ۴ کمّیت‌های برداری و نرده‌ای

در ریاضیات، هنگامی که می‌گویید من ۵ کتاب، ۶ سیب و ۱ دوچرخه دارم، اعداد ۵، ۶ و ۱ بیانگر تعداد اشیایی است که شما داشته‌اید. در فیزیک نیز با کمّیت‌های بسیاری روبه‌رو هستیم که با بیان اندازه و یکای مناسب، به‌طور کامل مشخص می‌شوند. برای مثال، هنگامی که گفته می‌شود مساحت این کلاس ۱۲مترمربع و یا دمای هوای اتاق ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، شما با بیان یک عدد به‌عنوان اندازه و یک یکای متناسب با آن کمّیت، منظور خود را به‌طور کامل رسانده‌اید. این دسته از کمّیت‌ها در فیزیک را کمّیت‌های اسکالر، نرده‌ای و یا عددی می‌نامیم.

نکته

کمّیت نرده‌ای

کمّیتی است که برای مشخص شدن، تنها به تعیین اندازه و یکای مناسب نیاز دارد و از روش‌های جمع و تفریق جبری (ریاضی) پیروی می‌کند.

اما برای تعیین همهٔ کمّیت‌های فیزیکی بیان اندازه و یکای مناسب کافی نیست. قبل از ورود به بحث و آشنایی با نوع دیگر کمّیت‌ها به مثال زیر دقت کنید.

تصور کنید شما در کلاس ایستاده‌اید و چشمان خود را بسته‌اید. آنگاه از دوست خود می‌خواهید مکان قرارگیری میز کار را برای شما مشخص کند. اگر او به شما بگوید: کافی است ۴ متر جابه‌جا شوید، به نظر شما یافتن مکان میز، کار ساده‌ای خواهد بود؟ به احتمال زیاد پاسخ شما به این سؤال خیر است. به بیان دیگر برای آنکه مکان میز کار خود را بیابید؛ دوست شما باید علاوه بر تعیین مقدار و یکای مناسب برای کمّیت جابه‌جایی، جهت حرکت شما را نیز تعیین می‌کرد. برای مثال می‌گفت: ۴ متر به طرف جلو یا ۴ متر به‌طرف راست و ... جابه‌جا شوید.

همان‌طور که از مثال بالا می‌توان نتیجه گرفت برای تعیین برخی از کمّیت‌های فیزیکی علاوه بر تعیین اندازه و یکای مناسب، تعیین جهت نیز الزامی است، این دسته از کمّیت‌ها را کمّیت‌های برداری می‌نامیم (شکل ۱ـ۱۲).

شکل ۱ـ۱۲ سرمای هوا در یک روز زمستانی، هم به دمای هوا ($-2^{\circ}C$) به‌عنوان یک کمّیت نرده‌ای و همچنین سرعت باد ($20\ \frac{km}{h}$ به‌طرف شرق) به‌عنوان یک کمّیت برداری بستگی دارد.

شما در درس علوم تجربی پایهٔ نهم با مفهوم تندی و سرعت آشنا شده‌اید. با این توضیحات درخواهید یافت که «تندی» کمّیتی نرده‌ای است، زیرا تنها با بیان یک اندازه و یکای مناسب تعریف می‌شود ولی «سرعت» کمّیتی برداری است، زیرا برای تعیین آن علاوه بر مشخص کردن تندی حرکت، باید جهت حرکت را نیز مشخص کنیم.

برای مثال هنگامی که گفته می‌شود یک اتومبیل با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در یک بزرگراه از طرف شمال به جنوب در حال حرکت است، شما با بیان ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، اندازه و یکای سرعت را مشخص کرده‌اید و با بیان از شمال به جنوب جهت حرکت آن را نیز تعیین نموده‌اید.

فکر کنید

همهٔ شما در بزرگراه‌ها با تابلوهایی به شکل روبه‌رو که محدودهٔ سرعت را در آن بزرگراه تعیین نموده‌اند، آشنا شده‌اید. به‌نظر شما منظور از نصب این تابلوها اعلام تندی یا سرعت مجاز برای حرکت انواع خودروها است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

نکته

کمّیت برداری

کمّیتی است که علاوه بر تعیین اندازه و یکای مناسب، به تعیین جهت نیز نیاز دارد و از روش‌های جمع و ضرب برداری پیروی می‌کند.

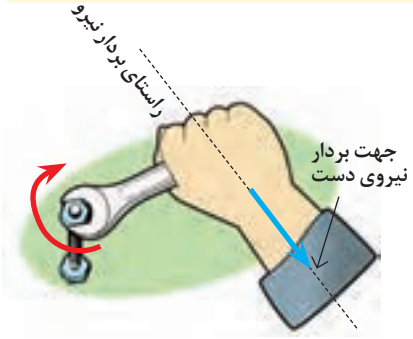
تجربه کنید

با تشکیل گروه‌هایی از هم‌کلاسی‌های خود، تمامی کمّیت‌هایی که در کتاب‌های علوم تجربی دوره اول متوسطه خوانده‌اید را شناسایی کرده و در جدول زیر وارد نمایید. سپس با توجه به ویژگی‌های هر یک از این کمّیت‌ها، تعیین کنید که هر کدام جزو کدام دسته از کمّیت‌های تعیین شده در این فصل‌اند.

نام کمّیت	کمّیت اصلی	کمّیت فرعی	کمّیت نرده‌ای	کمّیت برداری

۱ـ۴ـ۱ نمایش کمّیت‌های برداری: با توجه به اینکه کمّیت‌های برداری با کمّیت‌های نرده‌ای تفاوت دارند، نمایش آنها نیز از روش‌های ویژه پیروی می‌کند. برای نمایش ریاضی کمّیت‌های برداری، لازم است نماد آن کمّیت را نوشته و در بالای آن علامت بردار بگذاریم.

برای مثال نیرو یکی از کمّیت‌های برداری در فیزیک است (چرا؟) که آن‌را به‌صورت $\vec{F}$ نشان می‌دهند. همچنین برای نشان دادن مقدار (یا اندازه) یک کمّیت برداری، از علامت قدر مطلق استفاده می‌شود. یعنی اندازه یک بردار نیرو را به این‌صورت $|\vec{F}|$ یا بدون علامت بردار F نشان می‌دهند.



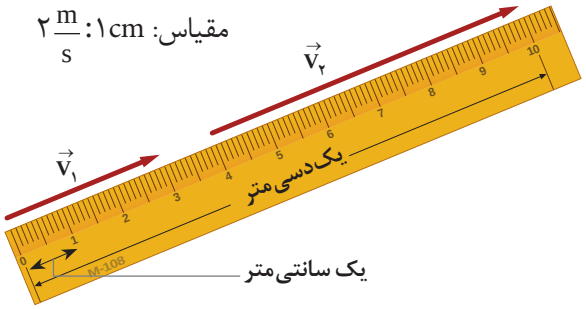
شکل ۱ـ۱۳ راستا و جهت یک بردار

همان‌گونه که اشاره گردید، کمّیت‌های برداری، کمّیت‌هایی جهت‌دار هستند. در نتیجه آنها را با پاره‌خط‌های جهت‌دار (پیکان) نمایش می‌دهیم. می‌دانیم که هر پیکان دارای اندازه (طول پیکان) و جهت (جهت نمایش داده شده توسط نوک پیکان) و راستای مشخصی است (شکل ۱ـ۱۳).

در نتیجه طول هر پیکان باید بیانگر مقیاسی از اندازه آن کمّیت برداری و جهت و راستای آن بیانگر جهت و راستای آن کمّیت برداری باشد. برای فهم بهتر این موضوع به مثالی که در ادامه آمده است، توجه کنید.

مثال

می‌دانیم، سرعت کمّیتی برداری است. در نتیجه برای نمایش آن از پاره‌خط‌های جهت‌دار استفاده می‌شود. بر این اساس اگر بخواهیم دو بردار هم‌جهت سرعت با اندازه‌های $v_1 = ۶\frac{m}{s}$ و $v_2 = ۱۲\frac{m}{s}$ را نشان دهیم، خواهیم داشت:



در مسائل برای بیان جهت یک بردار قواعد بسیاری وجود دارد. یکی از ساده‌ترین قواعد تعیین جهت به‌صورت زیر است:

- نیروی ۴ نیوتن از چپ به راست به جسمی وارد می‌شود.
- بالنی به سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت به طرف بالا در حرکت است.

همچنین از دیگر راه‌های نمایش جهت یک بردار، استفاده از جهت‌های اصلی شمال، جنوب، غرب و شرق است. ولی اگر برداری دقیقاً در راستای یکی از این جهات قرار نگیرد، چگونه باید جهت آن بردار را مشخص نمود؟ برای پاسخ به این سؤال به مثال زیر توجه کنید.

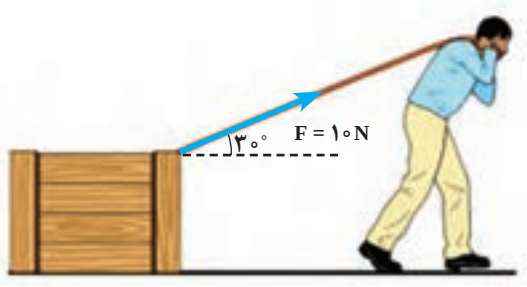
مثال

جهت بردارهای خواسته شده را مشخص کنید.

الف) بردار نیرو

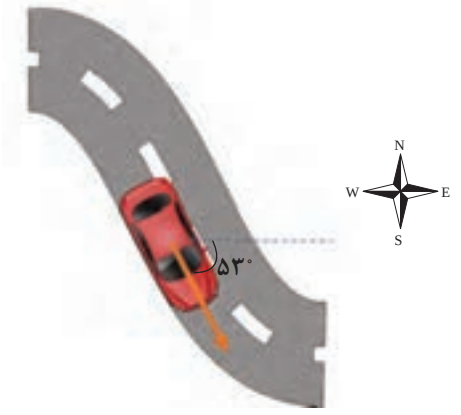
پاسخ:

با توجه به شکل، شخص بردار نیرویی به اندازه ۱۰ نیوتن و تحت زاویه ۳۰ درجه بالای افق به جعبه وارد می‌کند.



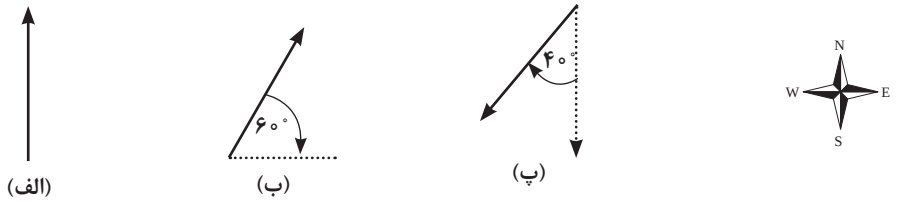
ب) بردار سرعت

در شکل زیر، خودرویی با سرعت $۶۰\frac{km}{h}$ در جهت ۵۳° جنوب شرق در حال حرکت است.



تمرین کنید

جهت هر یک از پیکان‌های ترسیم‌شده را با استفاده از قواعد گفته شده مشخص کنید.



نکته

با توجه به قواعدی که در بالا به آن اشاره گردید، می‌توان نتیجه گرفت که برای رسم یک کمّیت برداری، باید مراحل زیر انجام شود:

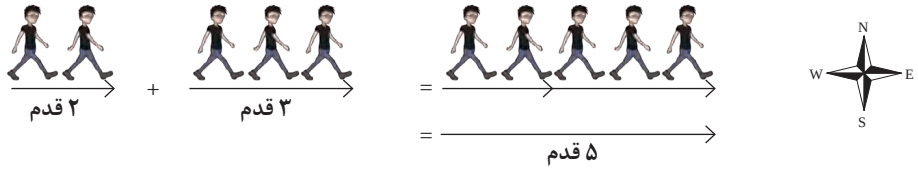
۱ـ مقیاسی را برای رسم آن کمّیت برداری در نظر بگیرید.

۲ـ طول بردار معرف آن کمّیت را با مقایسهٔ اندازه آن کمّیت با مقیاس در نظر گرفته شده، تعیین کنید.

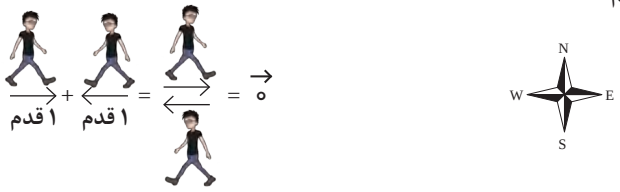
۳ـ بر اساس جهت داده شده و با توجه به قواعد رسم بردارها، بردار آن کمّیت را رسم کنید.

۱ـ۴ـ۲ قواعد جمع برداری: همان‌گونه که قبلاً گفته شد، بر خلاف کمّیت‌های نرده‌ای مانند دما، انرژی، مسافت و ... که برای جمع و تفریق از قواعد جبری پیروی می‌کنند، برای تعیین کمّیت‌های برداری، علاوه بر اندازه و یکای مناسب، تعیین جهت نیز الزامی است. این کمّیت‌ها باید برای جمع و تفریق با یکدیگر از دستورهایی پیروی کنند که در آن جهت کمّیت برداری نیز لحاظ شده باشد.

برای مثال می‌دانیم جابه‌جایی کمّیتی برداری است. فرض کنید شما بر روی یک مسیر مستقیم، دو قدم به طرف شرق برداشته‌اید و سپس سه قدم دیگر در همان جهت برمی‌دارید، در آن صورت اگر از شما بپرسند که از نقطه شروع تا پایان حرکت چند قدم برداشته‌اید خواهید گفت پنج قدم به طرف شرق. اگر بخواهیم جابه‌جایی‌های شما را با بردار نمایش دهیم، خواهیم داشت:



حال شرایط دیگری را در نظر بگیرید. اگر شما یک قدم به طرف شرق برداشته و سپس یک قدم به طرف غرب بردارید، جابه‌جایی شما صفر خواهد بود در حالی‌که شما به اندازه دو قدم مسافت پیموده‌اید، در نتیجه خواهیم داشت:



با این مثال، بردار برایند را این‌گونه تعریف می‌نماییم:

بردار برایند چند بردار، برداری است که اثر آن به تنهایی مشابه حالتی است که تمامی آن بردارها همراه با هم اثر کنند. اگر بردار برایند دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ را با بردار $\vec{R}$ نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

تجربه کنید

یک مسابقهٔ طناب‌کشی میان دو گروه از هم‌کلاسی‌های خود ترتیب دهید و پس از پایان بازی و معلوم شدن گروه برنده، دربارهٔ بزرگی بردار برایند نیروهای گروه برنده و بازنده، با یکدیگر مشورت کرده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تمرین کنید

تصور کنید که بر روی یک مسیر مستقیم، ابتدا ۱۰ متر به طرف راست حرکت کرده‌اید و سپس از همان نقطه، ۲ متر به طرف چپ حرکت می‌کنید، در پایان شما چند متر جابه‌جا شده‌اید و در این حرکت چقدر مسافت پیموده‌اید؟

حال که با مفهوم جمعِ برداری آشنا شده‌اید، می‌توان قواعد جمع کمّیت‌های برداری را با جزئیات بیشتری و برای موقعیت‌های پیچیده‌تری (مثلاً حرکت در راستاهای متفاوت) شرح داد. برای این منظور به شرح دو روش جمع هندسی بردارها که عبارت‌اند از جمع برداری به روش چندضلعی و به روش متوازی‌الاضلاع می‌پردازیم.

الف) جمع کمّیت‌های برداری به روش چندضلعی: یکی از روش‌های استاندارد جمع کمّیت‌های برداری روش چندضلعی است. این روش مخصوص زمانی است که با بیش از دو کمّیت برداری روبه‌رو می‌شویم. البته از این روش برای جمع دو بردار نیز می‌توان استفاده کرد که در این صورت آن را «روش مثلثی» می‌نامیم. برای جمع چند بردار به روش چندضلعی مراحل زیر را طی خواهیم کرد:

۱ برداری هم‌سنگ[1] با بردار اول رسم می‌کنیم.

۲ از انتهای بردار اول برداری هم‌سنگ با بردار دوم را رسم می‌کنیم و این عمل را تا آخرین بردار ادامه می‌دهیم.

۳ در این‌صورت بردار برایند این بردارها از لحاظ هندسی، برداری است که از ابتدای بردار اول شروع می‌شود و به انتهای بردار آخر ختم می‌گردد.

۴ اگر در ترسیم بردارها، روش‌اشاره شده در مورد تعیین مقیاس را اجرا کنیم، در آن صورت با اندازه‌گیری طول بردارِ برایند می‌توان اندازهٔ آن کمّیت برداری را به‌دست آورد.

برای درک بهتر این روش به مثال زیر دقت کنید.

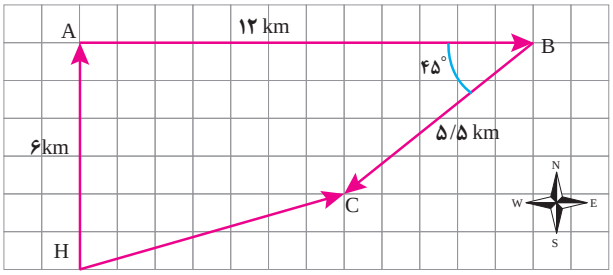
مثال

تصور کنید که می‌خواهید از منزل خود برای خرید به یک فروشگاه بروید. برای این منظور شما ابتدا به اندازهٔ ۶ کیلومتر به طرف شمال حرکت کرده‌اید و سپس به اندازه ۱۲ کیلومتر به‌طرف شرق و در نهایت به اندازه ۵/۵ کیلومتر در جهت ۴۵ درجه جنوب غرب حرکت کرده و به فروشگاه می‌رسید. در این‌صورت مسافت پیموده شده در کل حرکت و جابه‌جایی کل انجام شده توسط شما به صورت زیر محاسبه می‌شود:

● **مسافت طی شده:** همان‌طور که می‌دانید، مسافت، کمّیتی نرده‌ای است و از قواعد جمع جبری (ریاضی) پیروی می‌کند، در نتیجه برای محاسبهٔ مسافت طی شده تنها باید تمامی مسافت‌های طی شده را بدون در نظر گرفتن جهت با یکدیگر جمع کنیم:

$$d = ۶ + ۱۲ + ۵/۵ = ۲۳/۵\,\text{km}$$

۱ـ برداری هم‌اندازه، هم‌راستا و هم جهت با یک بردار را هم‌سنگ آن بردار می‌نامیم.



● **جابه‌جایی کل انجام شده:** همان‌طور که می‌دانید، جابه‌جایی کل، جمع برداری جابه‌جایی‌های انجام شده است. در این‌صورت با استفاده از دستور جمع برداری به روش چندضلعی، خواهیم داشت:

بردار HC بردار برایندِ سه بردار جابه‌جایی HA، AB و BC است. در نتیجه طول آن برابر با جابه‌جایی کل انجام شده توسط شما است. برای رسم این بردارها هر دوخانه کاغذ شطرنجی را معادل ۲ کیلومتر جابه‌جایی در نظر گرفته‌ایم (مقیاس انتخابی در این شکل تقریبی است) در نتیجه با اندازه‌گیری طول بردار برایند و مقایسه آن با مقیاس انتخابی خواهیم داشت:

$$\frac{۱\text{cm}\ (\text{طول دوخانه})}{۳/۶\text{cm}} = \frac{۲\text{km}}{x} \rightarrow x = \frac{۲\text{km} \times ۳/۶\text{cm}}{۱\text{cm}} = ۷/۲\text{km}$$

تمرین کنید

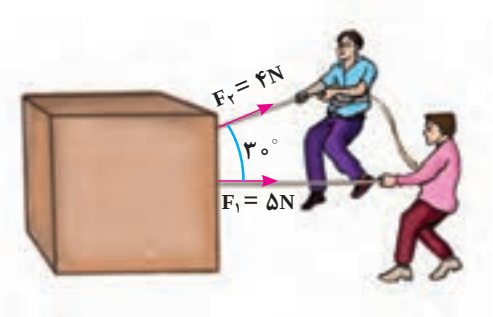
تصور کنید برای جابه‌جایی میان دو نقطه، ابتدا به اندازه ۳ کیلومتر به طرف شرق و در ادامه، به اندازه ۴ کیلومتر به‌طرف شمال حرکت کرده‌اید. با استفاده از کاغذ شطرنجی و تعیین یک مقیاس مناسب، اندازه جابه‌جایی کل صورت گرفته و جهت آن را با استفاده از روش چندضلعی و به کمک خط‌کش و نقاله، به‌دست آورید.

فکر کنید

به نظر شما با یادآوری روش فیثاغورس در ریاضیات چگونه می‌توانیم اندازه بردار جابه‌جایی برایند در تمرین بالا را بدون استفاده از خط‌کش و مقیاس به‌دست آوریم؟

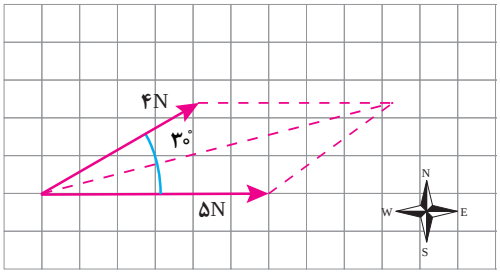
ب) روش جمع هندسی دو بردار به شیوهٔ متوازی‌الاضلاع: از این روش معمولاً برای جمع دو بردار استفاده می‌شود و در صورتی که با بیش از دو بردار مواجه گردیم، بهتر است از روش قبل استفاده کنیم. برای آشنایی بهتر با این روش به مثالی که در ادامه آمده است، توجه کنید.

مثال



تصور کنید شما و دوستتان برای جابه‌جا کردن یک جعبه توسط دو ریسمان، مطابق شکل نیروهای ۴ و ۵ نیوتن را به جعبه وارد نموده‌اید، در آن صورت همان‌طور که خواهید دید جعبه نه در جهت نیروی ۴ نیوتن حرکت می‌کند و نه در جهت نیروی ۵ نیوتن. بلکه این جعبه در راستای نیروی برایند این دو نیرو جابه‌جا خواهد شد! برای محاسبهٔ اندازه و جهت این نیروی برایند به روش

متوازی‌الاضلاع به صورت زیر عمل خواهیم کرد:

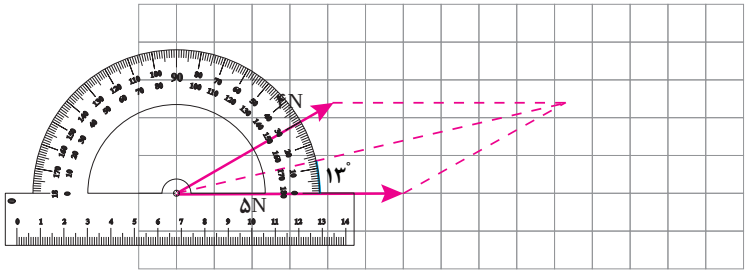


۱ـ ابتدا هم‌سنگ دو بردار را از یک نقطه رسم می‌کنیم و خط‌چین‌ها را نیز رسم می‌کنیم تا یک متوازی‌الاضلاع تشکیل شود. در آن صورت برداری برایند برداری است که از ابتدای دو بردار شروع و به محل برخورد نقطه‌چین‌ها ختم می‌شود.

۲ـ همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، برای رسم هر بردار از این مقیاس که هر ۱/۲ سانتی‌متر معادل ۲نیوتن باشد، استفاده کرده‌ایم. در نتیجه با توجه به اینکه طول بردار برایند به‌دست آمده در این شکل تقریباً معادل ۴/۸ سانتی‌متر شده است، در آن صورت اندازهٔ این نیرو تقریباً معادل ۸ نیوتن خواهد بود.

$$\frac{۱/۲\text{cm}}{۲\text{N}} = \frac{۴/۸\text{cm}}{x} \rightarrow x = ۸\text{N}$$

۳ـ برای محاسبه جهت نیروی برایند نیز کافی‌است به کمک نقاله، زاویه آن را با راستای افق (یعنی بردار ۵ نیوتنی) رسم تصویر با قرار دادن نقاله اندازه بگیریم، که در این‌صورت تقریباً معادل ۱۳ درجه بالای افق، یعنی در جهت شمال شرق خواهد بود.



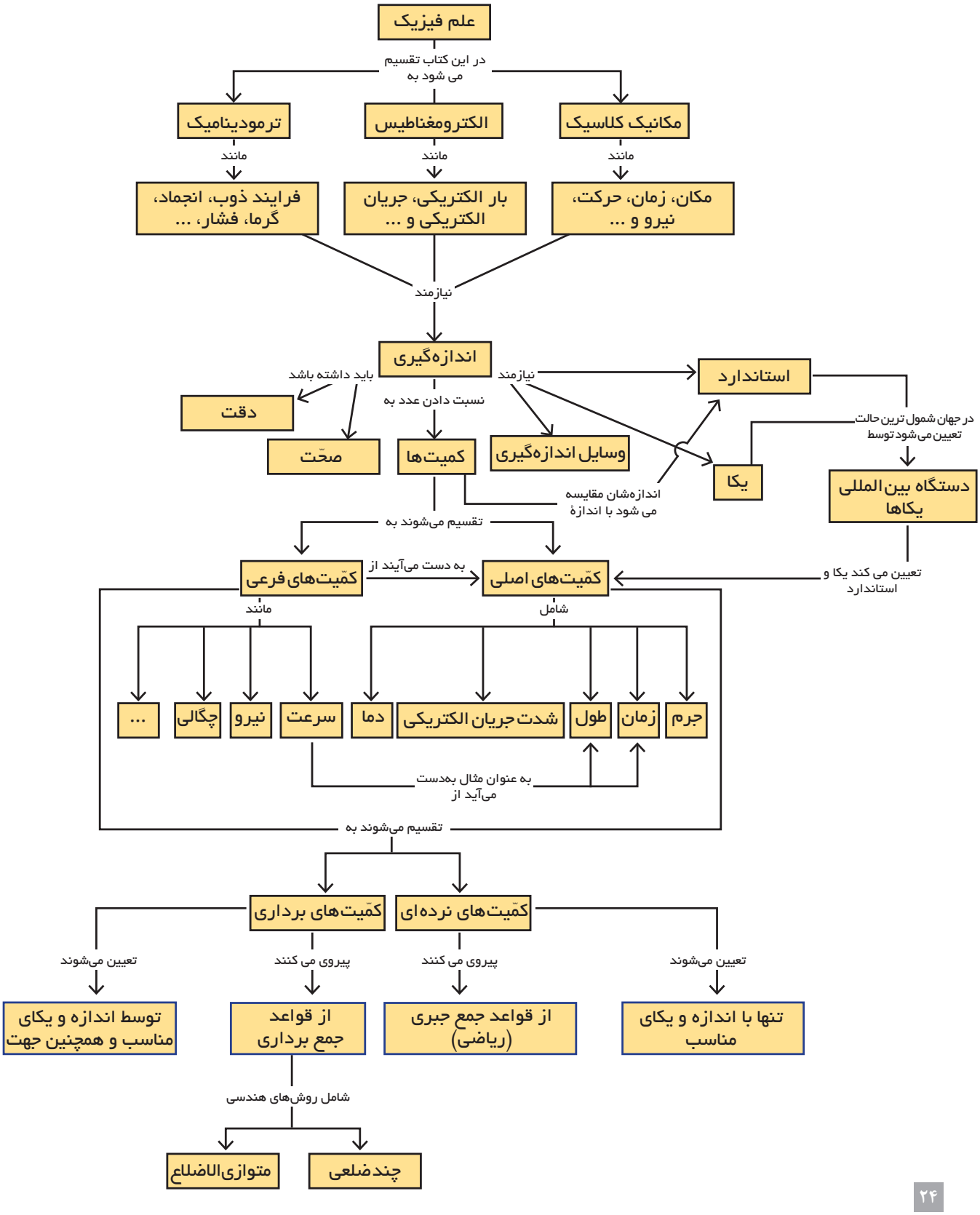
تمرین کنید

با استفاده از قواعد جمع هندسی برداری نشان دهید بردار برایند حاصل از هر دو روش متوازی‌الاضلاع و چندضلعی با یکدیگر برابر می‌باشد و این دو روش معادل یکدیگرند.

فکر کنید

همان‌گونه که در درس ریاضی پایهٔ هشتم خوانده‌اید، منظور از بردار $-\vec{a}$ برداری قرینهٔ بردار $\vec{a}$ است، یعنی برداری هم راستا، هم اندازه ولی در خلاف جهت بردار $\vec{a}$. در این‌صورت هنگامی که گفته می‌شود، حاصل عبارت $\vec{a}-\vec{b}$ یعنی تفاضل بردار $\vec{b}$ از $\vec{a}$ را به‌دست آورید به لحاظ ریاضی به چه معنی است؟

با توجه به پاسخ خود به سؤال بالا و روش‌های هندسی جمع بردارها، چه راهی را برای تفاضل هندسی دو بردار پیشنهاد می‌دهید؟


علم فیزیک
در این کتاب تقسیم می شود به
مکانیک کلاسیک
الکترومغناطیس
ترمودینامیک
مانند
مکان، زمان، حرکت، نیرو و ...
بار الکتریکی، جریان الکتریکی و ...
فرایند ذوب، انجماد، گرما، فشار، ...
نیازمند
اندازه‌گیری
باید داشته باشد
دقت
صحّت
نسبت دادن عدد به
کمیت‌ها
نیازمند
استاندارد
وسایل اندازه‌گیری
یکا
در جهان شمول ترین حالت تعیین می‌شود توسط
دستگاه بین‌المللی یکاها
اندازه‌شان مقایسه می شود با اندازهٔ
تقسیم می‌شوند به
کمّیت‌های فرعی
به دست می‌آیند از
کمّیت‌های اصلی
تعیین می کند یکا و استاندارد
مانند
شامل
...
چگالی
نیرو
سرعت
دما
شدت جریان الکتریکی
طول
زمان
جرم
به عنوان مثال به‌دست می‌آید از
تقسیم می‌شوند به
کمّیت‌های برداری
کمّیت‌های نرده‌ای
تعیین می‌شوند
پیروی می کنند
پیروی می کنند
تعیین می‌شوند
توسط اندازه و یکای مناسب و همچنین جهت
از قواعد جمع برداری
از قواعد جمع جبری (ریاضی)
تنها با اندازه و یکای مناسب
شامل روش‌های هندسی
متوازی‌الاضلاع
چندضلعی

چندپرسش

۱ـ یکای حجم در SI چیست؟ تصور کنید شخصی ادعا می‌کند که می‌توان حجم یک استوانه به ارتفاع h و شعاع r را از رابطهٔ $\pi r^{۳}h$ محاسبه کند. با توجه به پاسخ خود در قسمت اول، توضیح دهید که چرا این رابطه نمی‌تواند درست باشد؟

۲ـ با توجه به پاسخ پرسش ۱، آیا می‌توان این‌گونه ادعا کرد اگر هر رابطه‌ای از لحاظ یکا با کمّیت مورد محاسبه همخوانی داشته باشد، رابطهٔ درستی است؟ پاسخ خود را توضیح دهید و برای آن دلیل بیاورید.

۳ـ به نظر شما منظور از نصب تابلوهای مشابه شکل روبه‌رو در کنار جاده‌های بیرون از شهر چیست؟ این موضوع چه ارتباطی با کمّیت‌های برداری دارد؟

۴ـ اعداد زیر را برحسب اندازه از بزرگ‌ترین تا کوچک‌ترین مقدار منظم کنید:

$۰/۰۳۲kg$ و $۱۵g$ و $۲/۷\times۱۰^{۵}mg$ و $۴/۱\times۱۰^{-۸}Gg$ و $۲/۷\times۱۰^{۸}\mu g$

۵ـ سه هنرجو چگالی یک تکه فلز را سه بار اندازه‌گیری نموده‌اند. چگالی واقعی این قطعه $۱۱/۳۴\frac{g}{cm^{۳}}$ است. با در نظر گرفتن اندازه‌های به‌دست آمده برای هر هنرجو، نتایج حاصل شده برای کدام هنرجو دقیق و برای کدام هنرجو صحیح و برای کدام هنرجو هم صحیح و هم دقیق است؟

۱ـ افشین : $۱۱/۳۲\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۳۵\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۳۳\frac{g}{cm^{۳}}$

۲ـ آرش: $۱۱/۴۳\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۴۴\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۴۲\frac{g}{cm^{۳}}$

۳ـ سروش: $۱۱/۰۴\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۳۴\frac{g}{cm^{۳}}$، $۱۱/۵۵\frac{g}{cm^{۳}}$

۶ـ به نظر شما می‌توان دو بردار با طول‌های متفاوت یافت که جمع برداری آنها صفر شود؟ در مورد سه بردار چطور؟ (پاسخ خود را با رسم شکل توضیح دهید)

۷ـ به نظر شما اگر $\vec{C}=\vec{A}+\vec{B}$ باشد، تحت چه شرایطی برابر با $C=A+B$ خواهد بود؟

چندمسئله

۱ـ تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.

$۲۵۰\frac{ft}{s}=?\frac{m}{s}$ $\qquad$ $۱۰inch=?\ cm$ $\qquad$ $۷/۲\frac{g}{cm^{۳}}=?\frac{kg}{m^{۳}}$

۲ـ گالن از یکاهای مرسوم حجم به‌حساب می‌آید که معادل ۳/۷۸ لیتر است. بر این اساس، تبدیل خواسته شده زیر را انجام دهید.

$$۱۰۰\frac{gal}{h}=?\frac{lit}{s}$$

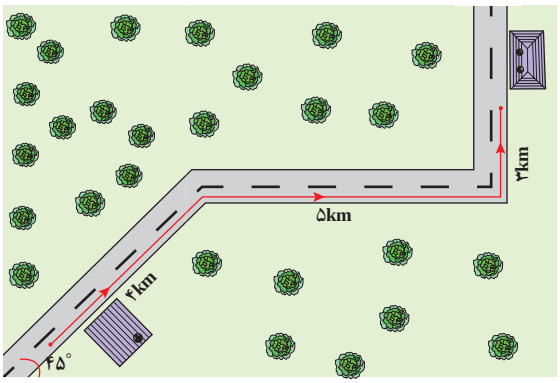
۳ـ یک قوطی رنگ با حجم $۷/۵\times۱۰^{-۳}m^۳$ دیواری به مساحت سطح $۲۵m^۲$ را می‌پوشاند. ضخامت رنگ بر روی دیوار بر حسب سانتی‌متر چقدر خواهد بود؟

۴ـ ویتامین D یکی از ویتامین‌های ضروری بدن است که برای جذب کلسیم، رشد استخوان‌ها و کارکرد بهتر و مؤثرتر سیستم ایمنی بدن و ... به آن نیاز داریم. میزان استاندارد مصرف ویتامین D در هر روز برابر ۱۵mg است[۱]. اگر بخواهیم این میزان از ویتامین D را تنها از طریق مصرف یک قرص مولتی‌ویتامین که حاوی ۲۰۰ IU[۲] ویتامین D است، به‌دست آوریم، به‌نظر شما چند عدد از این قرص را باید در طول روز مصرف کنیم؟ (۱IU = ۰/۰۲۵mg)

۵ـ با استفاده از قواعد هندسی جمع دو بردار نشان دهید جمع برداری از خاصیت جابه‌جایی (همانند جمع‌جبری) پیروی می‌کند:

$$\vec{A}+\vec{B}=\vec{B}+\vec{A}$$

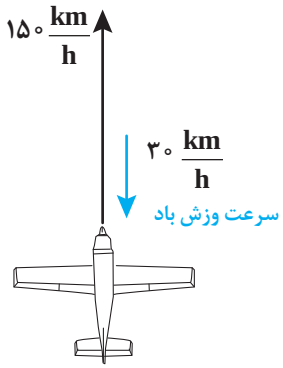
۶ـ شخصی فاصله میان محل زندگی و محل کار خود را به‌صورت زیر می‌پیماید. اگر کل این جابه‌جایی در مدت ۲۵دقیقه انجام گرفته باشد،

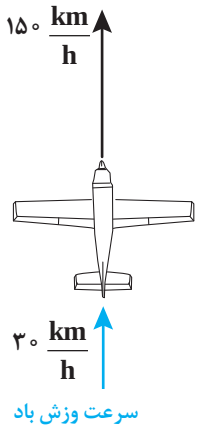


الف) اندازه جابه‌جایی این شخص را با رسم برداری و تعیین مقیاس بر روی کاغذ شطرنجی به‌دست آورید.

ب) اندازه سرعت شخص چند $\frac{km}{h}$ بوده است؟

۷ـ یکی از کاربردهای عملی قواعد جمع برداری را می‌توان در پرواز و هدایت هواپیماها مشاهده نمود. خلبان‌ها می‌بایست در طول پرواز تحت هر شرایط اندازه و جهت بردار سرعت هواپیما را در جهت مقصد حفظ نمایند که این موضوع با استفاده از قواعد جمع برداری و البته به کمک سیستم ناوبری الکترونیکی هواپیما صورت می‌پذیرد. حال بر اساس شکل‌های روبه‌رو و با استفاده از قواعد برداری نشان دهید چه تغییری در وضعیت حرکت هواپیما در اثر وزیدن باد رخ می‌دهد و خلبان باید چه تغییری در وضعیت حرکت خود بدهد؟





۱ـ پیشنهاد می‌شود در رابطه با منابع طبیعی ویتامین D در مواد غذایی که در طول روز مصرف می‌کنید، تحقیق انجام دهید.

۲ـ International Unit

پروژهٔ پایانی

همان‌طور که در ابتدای بحث اشاره شد، برخی از یکاهای اندازه‌گیری طول در قدیم بر اساس طول بخش‌هایی از بدن انتخاب شده‌اند. برای مثال طول بند انگشت شست معادل ۱ اینچ و یا اندازهٔ کف پا معادل یک فوت حساب می‌شود. با در نظر گرفتن این معادل‌ها، مطلوب است:

الف) رابطهٔ تبدیل میان یارد و اینچ را بر حسب اندازهٔ بند انگشت شست دست و فاصلهٔ نوک بینی تا نوک انگشت میانی خود به‌دست آورید.

ب) رابطهٔ میان فوت و اینچ را به شیوهٔ بالا محاسبه کنید.

ج) رابطهٔ میان یارد و فوت را به شیوهٔ بالا محاسبه کنید.

د) اکنون روابط به‌دست آمده در سه قسمت نخست خود را با هم‌کلاسی‌های خود در میان بگذارید و همچنین مقدار دقیق این تبدیلات را مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای خواهید گرفت؟ به نظر شما چرا داشتن یک استاندارد مناسب برای اندازه‌گیری هر کمّیتی اهمیت دارد؟

یادداشت