



فیزیک هسته‌ای

فیزیک هسته‌ای شاخه‌ای از فیزیک است که با ساختار، برهم‌کنش‌ها، و واپاشی هسته‌های اتمی سر و کار دارد. بعضی از مطالعات مربوط به هسته‌ها، که خواص اجزای سازنده‌ی هسته در آن‌ها بررسی می‌شود، در مرز مشترک بین فیزیک هسته‌ای و فیزیک ذرات بنیادی قرار می‌گیرند. مطالعات دیگری که موضوع‌شان الکترون‌های اتمی اطراف هسته است، در مرز بین شاخه‌های فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای قرار دارند.

فیزیک هسته‌ای را هم، مانند شاخه‌های دیگر فیزیک، به دو زیرشاخه‌ی فیزیک هسته‌ای تجربی و فیزیک هسته‌ای نظری تقسیم می‌کنند. سرو کار اولی با اندازه‌گیری خواص هسته‌ها است، در حالی که در دومی محاسباتی انجام می‌شوند که مقصودشان توضیح یا تعمیم نتایج تجربی است. همانند شاخه‌های دیگر فیزیک، هدف نظریه این است که نتایج اندازه‌گیری‌هایی را که تاکنون انجام نشده‌اند پیش‌بینی کند.

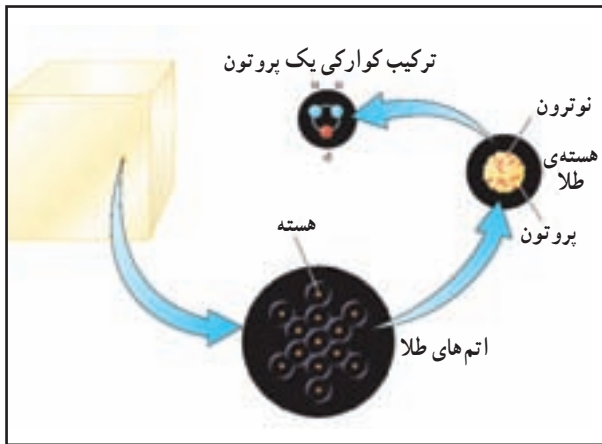
راه دیگر تقسیم‌بندی فیزیک هسته‌ای به زیرشاخه‌ها این است که بین پرتوزایی (واپاشی خودبه‌خودی هسته‌ها)، ساختار هسته‌ای (توصیف هسته برحسب اجزای سازنده‌ی آن)، و برهم‌کنش‌های هسته‌ای (پراکندگی و واکنش پرتابه‌های گوناگون) تمایز بگذاریم.

راه سوم تقسیم‌بندی فیزیک هسته‌ای به زیرشاخه‌ها براساس انرژی پرتابه‌هایی استوار است که آن‌ها را برای بررسی هسته‌ها به کار می‌بریم. فیزیک هسته‌ای انرژی کم با پرتابه‌هایی سرو کار دارد که انرژی‌شان حداکثر به حدود 10^6 MeV به ازای هر نوکلئون می‌رسد؛ فیزیک هسته‌ای انرژی میانه با پرتابه‌هایی سرو کار دارد که انرژی‌شان بین 10^6 تا 10^{10} MeV به ازای هر نوکلئون است؛ و سرو کار فیزیک هسته‌ای انرژی زیاد یا نسبیتهای انرژی‌های بالاتر از 10^{10} MeV به ازای هر نوکلئون است، ولی مرز جدایی این زیرشاخه‌ها کاملاً مشخص شده نیست.

سرانجام این که می‌توان بین فیزیک هسته‌ای محض و فیزیک هسته‌ای کاربردی تمایز گذاشت. تفاوت عمده‌ی این دو زیرشاخه در هدف‌های مطالعاتی‌شان است، یعنی این که هدف را شناخت هسته‌ها بگیریم یا این که بخواهیم اطلاعاتی فراهم آوریم تا فیزیک هسته‌ای را در شاخه‌های دیگر فیزیک یا در کاربردهای عملی عرصه‌هایی مانند پزشکی، تولید برق، اختر فیزیک، آزمون‌های نایرانگر، اکتشاف ژئوفیزیکی، و غیره مورد بهره‌برداری قرار دهیم.

مطالعه‌ی فیزیک هسته‌ای در سال ۱۸۹۶ با کشف پرتوزایی اورانیوم توسط هانری بکرل و کشف متعاقب پرتوزایی عناصر سنگین دیگر آغاز شد، ولی در سال ۱۹۱۱ بود که معلوم شد هر اتم شامل یک هسته و تعدادی الکترون است و پرتوزایی هم پدیده‌ای مربوط به هسته است. ارنست رادرفورد، هانس گایگر، و ارنست مارسدن، براساس مشاهدات پراکندگی (یا انحراف) ذرات آلفایی که از عناصر پرتوزا گسیل می‌شدند، هسته‌ی اتمی را کشف کردند. آن‌ها انحرافات بسیار بزرگی را که در پراکندگی‌های آلفا مشاهده می‌کردند، فقط با فرض هسته‌ی باردار سنگین در مرکز اتم می‌توانستند توضیح دهند. رادرفورد در سال ۱۹۱۹ متوجه شد که ذرات آلفای گسیل‌شده از اجسام پرتوزا می‌توانند واکنش‌هایی را در هسته‌ها پدید آورند، یعنی هسته‌های عنصری شیمیایی را به هسته‌های عنصری دیگر تبدیل کنند.

در سال ۱۹۳۲، [با پیدایش شتاب‌دهنده‌های ذرات، فیزیک هسته‌ای به صورت شاخه‌ی شناخته‌شده‌ای از فیزیک درآمد. تا سال ۱۹۳۲]، برهم‌کنش‌های هسته‌ای را تنها به کمک ذرات آلفای گسیل‌شده از اجسام پرتوزا می‌توانستند بررسی کنند. جان کوکرافت و ارنست والتون در سال ۱۹۳۲، با استفاده از پروتون‌هایی که در ولتاژهای



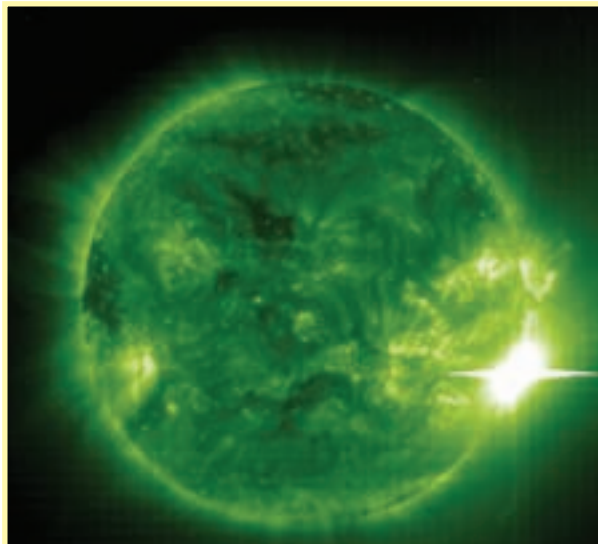
زیاد شتاب دار می‌شدند، توانستند تبدیل هسته‌ای القایی را پدید آورند. تقریباً در همان زمان، ارنست لارنس سیکلوترونی ساخت که ذرات را تا انرژی‌های خیلی بیشتری شتاب می‌داد. بدین‌سان، دامنه‌ی انرژی برای مطالعات تبدیل و برهم‌کنش‌های هسته‌ای گسترش یافت. در همین سال ۱۹۳۲ بود که جیمز چادویک ذره‌ی جدیدی، به نام نوترون، را کشف کرد که یکی از اجزای بدون بار سازنده‌ی هسته‌ی اتمی است.

دانستنی



فیزیک تابش

فیزیک تابش را دقیقاً می‌توان چنین تعریف کرد: بررسی خواص تابش‌های یوننده‌ی مربوط به فیزیک اتمی و هسته‌ای و مطالعه‌ی برهم‌کنش این تابش‌ها با ماده. تابش‌هایی که مستقیماً یوننده‌اند عبارت‌اند از: الکترون‌ها، پروتون‌ها، ذرات آلفا و بتا، و تمام ذرات بنیادی باردار دیگر و پاد ذره‌هاشان. پرتوهای ایکس، پرتوهای گاما، و نوترون‌ها، علاوه بر ذرات بنیادی بدون بار دیگر، به‌طور غیرمستقیم یوننده‌اند. میانگین انرژی لازم برای هر فرایند یونش در هوا، که نمونه‌ای از گازهاست، برابر 33.7 eV است.



مقدار میانگین انرژی یونش برای بیش‌تر جامدات به تقریب با ضریب 10^6 کم‌تر از گازهاست. به این ترتیب، حوزه‌ی فیزیک تابش به رویدادهای تابش اولیه‌ای محدود می‌شود که انرژی‌شان بیش‌تر از چند الکترون‌ولت است.

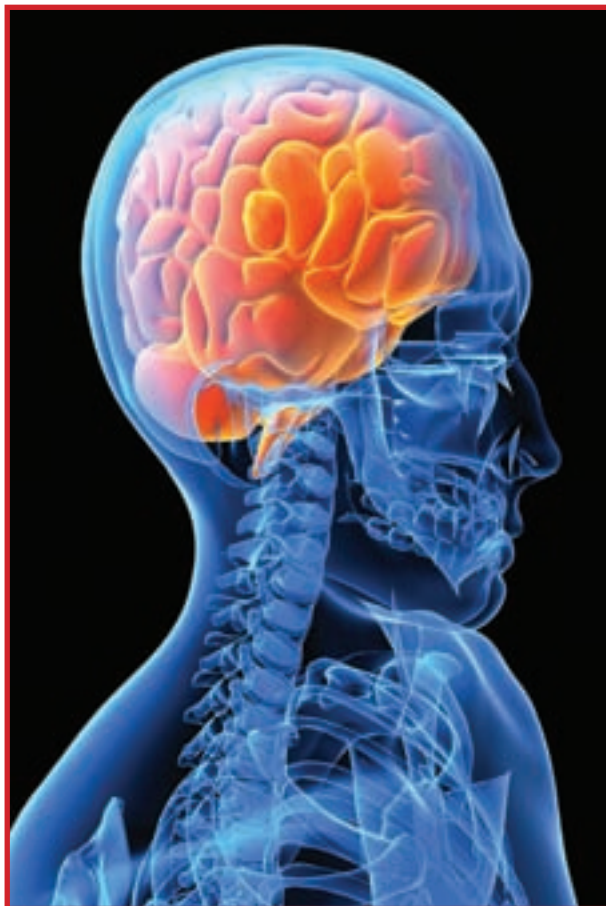
افزون بر این، به لحاظ تاریخی، فیزیک تابش بسیاری از جنبه‌های بهداشتی و مباحث ایمنی مربوط به چشمه‌های پرتوزا و تجهیزاتی مانند ماشین‌های پرتو ایکس، شتابدهنده‌های ذرات، و راکتورهای هسته‌ای را که مولد تابش یوننده‌اند، در برمی‌گیرد.



فيزيک بدن

بسياري از اشخاص، دنياي علمي را به دو بخش علوم زيستي و علوم فزيكي تقسيم مي کنند. در حقيقت، تا حدود سال ۱۶۰۰ اين شناخت وجود نداشت که اين دو زمينه ي گسترده عناصر مشترکي هم دارند. بيش از ۲۰۰ سال بعد، هنگامي که در سال ۱۸۲۷ کتاب فلسفه ي طبيعي: عمومي و پزشکی به تأليف نيل آرنات در لندن انتشار يافت، نخستين کتاب فزيکي بود که فزيک بدن را به تفصيل بررسي مي کرد.

رشته ي فزيک پزشکی، که فزيک بدن را به عنوان بخشي از قلمرو علمي اش در برمي گيرد، در نيمه ي دوم قرن بيستم به سرعت رشد کرد. با اين همه، از ميان بيش از ۴,۰۰۰ عضو «انجمن متخصصان فزيک پزشکی امريکا» در سال ۱۹۹۵ تنها شمار معدودي بودند که عمدتاً در عرصه ي فزيک بدن کار مي کردند. اکثر اعضاي اين انجمن در زمينه ي ابزار دقيق مورد استفاده در پزشکی – از قبيل تابش درماني، پرتوشناسي تشخيصي، برش نگاري رايانه اي، فراصوت، پزشکی هسته اي، تصويرگيري تشديد مغناطيسي – کار مي کنند.



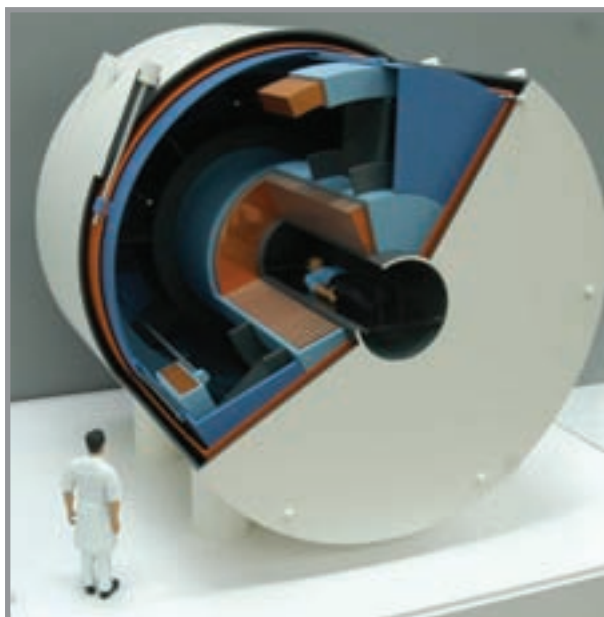
در عملکرد بدن انسان با اصول فزيکي فراواني روبه رو مي شويم. برخي از اين اصول، مثل جنبه هاي مکانیکی راه رفتن، واضح به نظر مي رسند. با اين حال، حتى عمل راه رفتن هم به مقدار زيادي فزيک پنهان، مثل اطلاعات ورودی حسی و سازوکارهاي واکنشي برای حفظ تعادل، نياز دارد. پاره اي از کاربردهاي فزيک در بدن فوق العاده ظريف اند و کارکرد بسياري از آنها هنوز هم درک نشده است. از همين قبيل است سازوکارهاي فزيکي در شنيدن صداهايي آن چنان ضعيف که حرکت سازوکار آشکارسازي آن در گوش از مرتبه ي ابعاد هسته ي اتم است.



فيزيک پزشکی

موضوع مورد بحث فیزیک پزشکی، به طور چشم گیری هم با فیزیک همپوشانی دارد و هم با پزشکی. این رشته، عمدتاً شاخه‌ای کاربردی از فیزیک است و چندین زیربخش کاملاً متمایز دارد. برای مثال، در ایالات متحده آمریکا اکثر متخصصین فیزیک پزشکی در زمینه‌ی فیزیک تابش تومورشناسی کار می‌کنند که در آن برای معالجه‌ی بیماران سرطانی از تابش استفاده می‌شود. بزرگ‌ترین گروه بعدی را آن دسته از متخصصین فیزیک پزشکی تشکیل می‌دهند که در زمینه‌ی تصویرگیری تشخیصی و پزشکی هسته‌ای کار می‌کنند. این متخصصان، از تابش برای تشخیص بیماری و از نوکلیدهای پرتوزا نیز برای هدف‌های پزشکی بهره می‌گیرند. حفاظت بیماران، کارگران، و عموم مردم در برابر تابش، زیر بخش با اهمیت دیگری از فیزیک پزشکی است که فیزیک بهداشت نامیده می‌شود. متخصصان فیزیک پزشکی در زمینه‌ی استفاده از تابش‌های نایوننده از قبیل تابش‌های فراصوت، فرابنفش، بسامد رادیویی، و تابش لیزری نیز درگیر هستند. آن‌ها در کاربرد علوم رایانه و الکترونیک در مسائل مربوط به پزشکی نیز نقش برجسته‌ای دارند.

متخصصان فیزیک پزشکی در حالی که بیش ترشان در زمینه‌های تومورشناسی تابشی و پرتوشناسی تشخیصی با پزشکان همکاری دارند، تقریباً در تمامی عرصه‌های پزشکی نیز تا حدودی مشارکت داده می‌شوند که برای نمونه، بررسی‌های زیست‌الکتریکی مغز و قلب (نوار مغز و نوار قلب)، به کارگیری گرما برای درمان سرطان (تب درمانی) و استفاده از لیزرها به منظور جراحی لیزری را می‌توان نام برد. علاوه بر این، این متخصصان با دیگر گروه‌های پشتیبانی بیمارستان مانند گروه مهندسی پزشکی نیز همکاری تنگاتنگ دارند.





فیزیک بهداشت

فیزیک بهداشت یا بهداشت پرتوشناختی، تخصصی است که هدف آن حفاظت افراد و گروه‌هایی از مردم در مقابل اثرات زیان‌بار تابش یوننده از یک سو، و فراهم آوردن زمینه‌های کاربرد و حتی ترویج کاربرد آن در جهت فایده‌رسانی به انسان‌ها از سوی دیگر است.

به مدت پنجاه سال پس از کشف پرتوهای ایکس (در سال ۱۸۹۵ توسط ویلهلم کُنراد رونتگن) و پرتوزایی (در سال ۱۸۹۶ توسط آنتوان هانری بکرل)، روش‌های استفاده از تابش به شکلی بود که از نظر متخصصین فیزیک بهداشت نوین نامعقول تلقی می‌شود. پزشکانی که بیمارانی را به منظور تشخیص یا درمان در معرض تابش قرار می‌دادند، غالباً اقدامات احتیاطی بسیار ابتدایی را هم برای حفاظت خودشان در نظر نمی‌گرفتند. پژوهشگران چشمه‌های رادیوم را در جیب‌هایشان حمل می‌کردند. آخر چیزی که دیده نمی‌شود، لمس نمی‌شود، و قابلیت شنیداری و چشایی ندارد، چه زبانی می‌تواند داشته باشد؟ به رغم گزارش‌هایی که در توصیف اثرات زیان‌بار پرتوگیری تابشی زیاد انتشار می‌یافت، تلاش‌های حفاظتی به کندی شکل می‌گرفتند و بیش‌تر فعالیت‌ها در رابطه با عملیات پزشکی بود.

حرفه‌ی فیزیک بهداشت در سال ۱۹۴۲ و هنگامی تولد یافت که نخستین گروه‌های آن زیر نظر رابرت استون، رئیس بخش بهداشت دایره‌ی مهندسی مانهاتان، تشکیل شدند. طرح مانهاتان در سازمانی که بمب اتمی را تولید می‌کرد به اجرا درمی‌آمد، و این گروه‌ها را به دلایل زیر «فیزیک بهداشت» نامیدند: یکی این که نیاز به مخفی‌کاری داشتند، و دیگر این که فیزیکدانان زیادی در بخش بهداشت آن کار می‌کردند. با افزایش کاربردهای تابش‌های یوننده در دوره‌ی پس از جنگ، لزوم خدمات حفاظتی در برابر این تابش به سرعت رشد کرد. در سال ۱۹۵۵ انجمن فیزیک بهداشت (HPS) تشکیل شد. این انجمن طی سال‌ها به طور پیوسته تا سطح فعلی خود، که در حدود ۶,۵۰۰ عضو دارد، رشد یافته است. سازمان‌های حرفه‌ای از قبیل «شورای ملی حفاظت و اندازه‌گیری تابش»، «کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تابش» و «کمیسیون بین‌المللی یکاهای پرتوشناختی»، استانداردهای اختیاری حفاظت در برابر تابش را تأمین می‌کنند.





ژئوفیزیک

ژئوفیزیک شاخه‌ای از فیزیک است که اصول و روش‌های فیزیکی را برای بررسی مسائل و فرایندهای سیاره‌ی زمین، از هسته‌ی درونی تا حول و حوش بیرونی آن در فضا، مورد استفاده قرار می‌دهد. در ژئوفیزیک کاربردی یا بررسی‌های ژئوفیزیکی، از ابزارهای فیزیکی برای اکتشاف کانی‌ها و نفت بهره‌گیری می‌شود؛ در حالی که در ژئوفیزیک پژوهشی یا تجربی، پوسته‌ی جامد زمین، سیال‌های درون آن، سیاره‌های مجاور در منظومه‌ی شمسی، و میدان‌های مغناطیسی آن مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

شاخه‌های ژئوفیزیک: به خاطر تنوع موضوعات مورد علاقه در ژئوفیزیک، بعضی وقت‌ها چنین به نظر می‌رسد که تنها چیزی که ژئوفیزیکدان‌ها را به یکدیگر می‌پیوندد، استفاده‌ی مشترک‌شان از ریاضی و فیزیک است. بنابراین، در حالی که می‌توانیم هم اقیانوس‌شناس و هم متخصص فیزیک فضا را ژئوفیزیکدان بنامیم، خیلی روشن است که این دو دانش‌پیشه از مهارت‌های خود برای مطالعه‌ی محیط‌های بسیار متفاوتی استفاده می‌کنند. مضمون این «وحدت در گونه‌گونی‌ها» بیش‌تر موقعی آشکار خواهد شد که جنبه‌های تلفیقی ژئوفیزیک را مورد بحث قرار دهیم.

● ژئوفیزیک کاربردی

- لرزه‌شناسی
- ژئودزی (یا زمین‌پیمایی)
- آتش‌فشان‌شناسی
- آب‌شناسی
- علوم اقیانوسی
- علوم جوی
- سیاره‌شناسی
- فیزیک فضا – سیاره



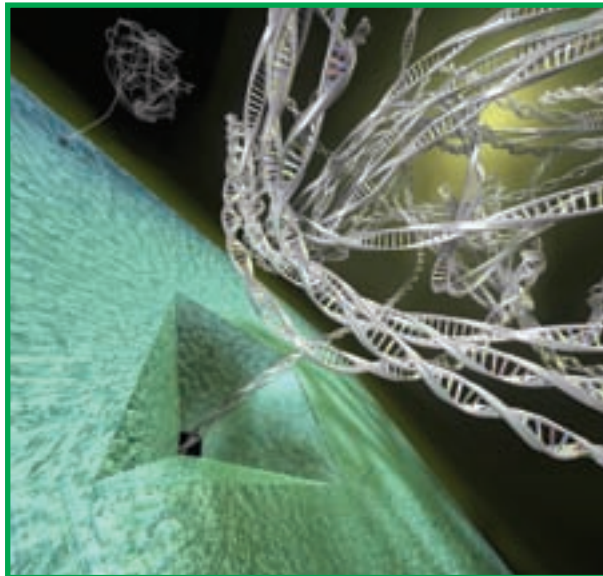


زیست فیزیک

حیات، یکی از مهم‌ترین پدیده‌های طبیعت است. اما، به سبب پیچیدگی حیات، هیچ شاخه‌ای از علم به تنهایی نتوانسته است درک کاملی از فرایندهای مرتبط با موجودات زنده به دست دهد. علم زیست فیزیک، محصول تلاش‌هایی است که برای وحدت شاخه‌های مختلف علم و به منظور پی بردن به رازهای حیات به عمل می‌آیند.

در سال ۱۹۴۵، اروین شرودینگر کتابی نوشت با این عنوان: «حیات چیست؟» این کتاب با اهمیتی بود که برای پاسخ‌گویی به پرسشی که در عنوان آن آمده است، نه تنها بر ضرورت علم فیزیک بلکه بر ضرورت علم زیست‌شیمی نیز تأکید می‌ورزید. از آن زمان تا به امروز، زیست فیزیک را زمینه‌ی میان رشته‌ای گسترده‌ای شناخته‌ایم که رشته‌هایی چون زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و ریاضی را در برمی‌گیرد. از این رو، آن را باید رشته‌ای بسیار غنی از علم نوین دانست که فرصت‌های گران‌بهایی را برای پژوهش‌های بنیادی و کاربردی عرضه می‌دارد.

هنگامی که زیست فیزیک را شاخه‌ی مستقلی از علم در نظر گرفتند، روش‌های جداگانه‌ی تحقیق که با مدل‌ها، نظریه‌ها و فنون خاصی برای فهم زیست‌شناسی و علوم زیستی به کار می‌روند، جای خود را به رهیافت فراگیرتری دادند. این امر به برنامه‌ریزی درسی جدیدی برای تربیت زیست‌فیزیکدانان در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری و دوره‌های بالاتر انجامید. افزون بر آن، در اواسط دهه‌ی ۱۹۵۰ بود که انجمن زیست فیزیک ایالات متحد آمریکا تشکیل شد. دیری نپایید که به دنبال آن، مجله‌ها، جمعیت‌ها، و همایش‌های تخصصی فراوانی برای پی‌گیری مطالعات روزافزون در رشته‌ی زیست فیزیک به فعالیت پرداختند.



۱-۴- اندازه‌گیری

راهنمای تدریس: در ابتدا از دانش‌آموزان بخواهید تا نقش اندازه‌گیری را در زندگی روزمره‌ی خود مطرح کرده و هم‌چنین به ضرورت و اهمیت آن بپردازند.

انطلاق با فناوری سرعاً در حال تغییر عنصر حاضر، بالا می‌رود. برای آموختن فیزیک باید با گسب مهارت ریاضی لازم بتوانید نتایج و مفهومی‌ها را با جملات دقیق بیان کنید.

امروزه در جهان، فیزیکدانان علاوه بر فعالیت در رشته‌های گوناگون فیزیک از قبیل فیزیک ماده چگال، اختر فیزیک، فیزیک هسته‌ای، فیزیک اتمی و مولکولی و لیزر، فیزیک ذرات بنیادی، فیزیک پلاسما، فیزیک بنیادی و... در زمینه‌ها و نخل‌های متفاوت دیگری نیز به کار مشغولند که تعدادی از آن‌ها را در ادامه بر می‌توانیم.

فیزیک پزشکی: ساخت ابزار پزشکی، فیزیک تدریس، فیزیک برای معلولان.

رایانه: طراحی رایانه‌ها، طراحی سیستم، طراحی با کمک رایانه، رایانه‌ها آموختن ماشین، کنترل ریزپردازنده‌ها.

سازمان‌های دولتی: صنایع دفاع، انرژی و منابع آن، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، بخش صدور پروانه‌ها و مجوزها، سیاست‌گذاری‌های علمی، مؤسسه استاندارد.

آموزشی: دبیرستان‌ها، آموزشگاه‌ها، دانشگاه‌ها.

هواشناسی: ایتوس-سناسی، پیش‌بینی هوا.

علم مواد: مایورزی، مواد جدید، لایه‌های نازک.

ژئوفیزیک: زمین‌شناسی، نفت، جستجوی معدن، پالایش مواد معدنی، ژئوفیزیک.

انرژی‌های نو: انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی موج، ژئوترمال یا زمین گرمایی، مخازن آب، نایزهای توری، ماهواره‌ها، مخازن آب سرد.

فیزیک محیط زیست: حفاظت در برابر ریزش، کنترل سرو صدا، کنترل آلودگی، حفظ محیط زیست.

مهندسی: مهندسی نسبی، مهندسی سازه، کنترل، مهندسی وی، مهندسی مکانیک.

صنعت: هوا - فضا، صنایع نسبی، الکترونیک، صنایع غذایی، نفت، نوسان‌ها، اورسازها.

و...

۱-۴- اندازه‌گیری

آیا تاکنون به این نکته توجه کرده‌اید که در دهن خود برای حرکت یا هر چیز صفت‌ها و ویژگی‌های فالتید. به یک سوزی، به آب روانی، به گل زمینی، به آسمان رنگانی، به مادر مهربانی، به وسیکی، به سنگ سنگینی، به قیل وزگی چنه و به مورچه تحقیقی چنه و... نسبت می‌دهید. برخی از این ویژگی‌ها به طور دقیق فائق اندازه‌گیری‌اند و برخی دیگر نه. برای مثال سگی و سنگینی، بلندی و کوتاهی را

فعالیت ۱ - ۲

هدف: آشنا کردن دانش‌آموزان با نقش اندازه‌گیری در حرفه‌های مختلف. همان‌طور که در فعالیت نیز آمده است، از دانش‌آموزان هر گروه بخواهید که به‌طور جداگانه این فعالیت را انجام داده و سپس افراد هر گروه پس از مقایسه‌ی جداول خود، تنها یک جدول را به کلاس درس ارائه دهند. توصیه می‌شود به دانش‌آموزان اختیار کامل دهید تا برحسب علاقه‌ی خود حرفه‌های مختلفی را انتخاب کنند.

بصورتی کاملاً تعریف شده و مورد توافق همگان می‌توان اندازه گرفت. ولی برای اندازه‌گیری زیملی با مهره‌های و بسیاری از ویژگی‌ها دیگر چنین روش‌هایی وجود ندارد.

در زندگی روزانه، هر یک از اندازه‌گیری‌های انجام می‌دهیم - زمان را اندازه می‌گیریم، فاصله بین دو نقطه یا طول یک جسم یا ارتفاع و با وسیله یک نقطه از سطح زمین و... را اندازه‌گیری می‌کنیم. این اندازه‌گیری‌ها و اندازه‌گیری‌های دیگری که می‌توانیم بشماریم، ممکن است نظریات‌های زیادی با یکدیگر داشته باشند ولی برای همه آن‌ها می‌توانیم جنبه‌های مشترکی بیابیم. برای روشن شدن این جنبه‌های مشترک، فعالیت زیر را انجام دهید.

فعالیت ۳-۱

فعالیت‌های روزانه چند نفر از مردم اطراف خود (از نسک، حیاط، انضامی خانواده، مطبخ، آشپزخانه و...) را به دقت در نظر بگیرید. جدولی همانند جدول زیر را تنظیم و پس از تکمیل آن را پر کنید. آنگاه جدول خود را با جدول افراد گروه خود مقایسه کنید و اگر در جدول انضامی گروه شما ستون‌های دیگری وجود دارد به جدول خود اضافه کنید.

چیزی را اندازه می‌گیریم و وسایل اندازه‌گیری نظیر چیست آمده اطلاعات دیگر	نسک	مطبخ	۱۰-۸	اطلاعات دیگر
نسک	مقیاس خطی	مقیاس خطی	۳۰ سانتی‌متر	
مطبخ				
حیاط				

اکنون نسخه بحث گروه خود را به کلاس گزارش کنید.

جایگاه اندازه‌گیری در فیزیک: بیش از این دانستیم که کدام اول در روش بررسی هر موضوع در فیزیک، انجام آزمایش است. در هر آزمایش با چند نوع اندازه‌گیری سروکار داریم. با مرور کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه، نمونه‌هایی از اندازه‌گیری‌ها را بیابید و آن‌ها را نیز در جدولی که در فعالیت قبلی تهیه کرده‌اید، درج کنید. با مرور این جدول آیا می‌توانید ویژگی‌های بیابید که مانند زیملی کلی قابل اندازه‌گیری نباشد؟

جایگاه اندازه‌گیری در فیزیک :

ادامه‌ی راهنمای تدریس: در بخش‌های قبلی تا حدودی

به این موضوع پرداخته شده است. در این جا می‌توانید با توجه به نتیجه‌ی فعالیت ۱-۲ و هم چنین بحث‌های قبلی به جمع‌بندی این موضوع بپردازید.

بسیار نسا به بیان منطقی است. در واقع همان گونه که در قسمت ارکان فیزیک گفته شد، فیزیک مجموعه‌ای است از اندازه‌گیری‌ها و رابطه بین نتیجه‌های آن‌ها که نظریه‌ها و قانون‌های فیزیک را می‌سازند. این که می‌گوئیم فیزیک علم اندازه‌گیری است، در حقیقت اهمیت موضوع اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

یکای واحد اندازه‌گیری: یکی از جنبه‌های مشترک بین همه اندازه‌گیری‌ها وجود یک یکای اندازه‌گیری است. با انجام هر یک از اندازه‌گیری‌هایی که در جدول اندازه‌گیری‌ها درج کرده‌اید، یک عدد بدست می‌آید. برای مثال ممکن است در آن جدول برای بلندای قامت یک فرد ۱۶۲ متر یا برای طول یک اشیاء ۸ قدم و یا برای فاصله بین دو شهر ۱۰۷۵۵۵ بدست آمده باشد. قبلاً می‌دانید که در هر مورد، عدد گزارش شده بیان می‌کند که مقدار کمیت مورد نظر چند برابر مقدار کمیتی است از همان جنس که به عنوان مقیاس انتخاب شده است. این مقیاس را یکا یا واحدها آن کمیت می‌نامند.

فعالیت ۳-۱

با انتخاب یک یکای طول امل کتابچه، طول یک نمک را اندازه بگیرید. طول نمک چند برابر طول کتاب است؟ این اندازه‌گیری را با یک‌های دیگری چون متر و وجب انجام دهید و نتیجه را در جدول زیر ثبت کنید.

یکای	طول نمک با هر یک از یک‌های دیگر که مورد نظر شماست
طول یک کتاب	
طول یک متر	
طول یک وجب	

چرا برای طول نمک اعداد متفاوتی بدست آورده‌اید؟ دلیل این اختلاف چیست؟ به نظر شما برای آن که همه اندازه‌گیری‌ها، طول یکسانی را برای نمک بدست دهد باید کرد؟

بنابراین نسا نیز در نتیجه‌ی این که برای آن که نتیجه همه اندازه‌گیری‌هایی که در روی یک کمیت انجام می‌شود یکسان باشد، باید از یکای یکسانی استفاده کنید.

دانشمندان برای آن که مقادیر حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف یک کمیت با هم مقایسه‌پذیر باشند، در نشست‌های بین‌المللی توافق کرده‌اند که برای هر کمیت، یکای معینی تعریف کنند.

یکای (واحد) اندازه‌گیری :

ادامه‌ی راهنمای تدریس: تا این جا دانش‌آموزان به

اهمیت یکای مناسب در هر نوع اندازه‌گیری آشنا شده‌اند. از آن جا که فیزیک علم اندازه‌گیری است، اهمیت اندازه‌گیری و شیوه‌های انجام آن در فیزیک بسیار بیش تر از حوزه‌های دیگر است.

فعالیت ۱ - ۳

هدف: توجه به اهمیت انتخاب یکای مناسب در اندازه گیری این فعالیت هر چند ساده است ولی به خوبی نشان خواهد داد که انتخاب یکای مناسب در هر نوع اندازه گیری چقدر اهمیت دارد.

فعالیت ۱ - ۴

هدف: انتخاب یکاهای بین المللی: در ادامه ی فعالیت ویژگی انتخاب یکای کمیت های بین المللی آمده است. انتظار می رود دانش آموزان پیش از خواندن آن، در این فعالیت بتوانند به آن ها اشاره کنند.

فعالیت ۴-۱

با بحث و تبادل نظر گروهی در کلاس خود سعی کنید نکته های را که باید در انتخاب یکاهای بین المللی مورد توجه قرار داد، مشخص کنید. نتیجه کار خود را با جلسه با نتیجه گروه های دیگر تکمیل کنید.

دانشندان با انجام چنین بررسی های نتیجه گرفته اند که « یکای هر کمیت باید به گونه ای انتخاب شود که در شرایط فیزیکی تعیین شده تغییر نکند و در دسترس باشد. یکی از مجموعه یکاهای مورد توافق بین المللی را به اختصار مجموعه یکاهای SI می نامند.»^۱

یکاهای اصلی در حال تازگی نیست که برای هر یک از کمیت های فیزیکی یکای تعریف شود. برای مثال، اگر واحد طول تعریف شده باشد، دیگر لازم نیست برای مساحت یکای مستقلی تعریف شود؛ بلکه می توانیم آن را تنها با اندازه گیری های طول و با استفاده از رابطه های هندسی محاسبه کنیم. برای نمونه مساحت مستطیل برابر است با حاصل ضرب طول ضلع بزرگ در طول ضلع کوچک. حتی با اندازه گیری این طول ها بر حسب متر، مساحت بر حسب متر در متر حتی متر مربع مشخص می شود. آن دسته از کمیت های را که یکاهای آن ها به طور مستقل تعریف نشده اند، کمیت های اصلی و یکاهای آن ها را یکاهای اصلی می نامند. سایر کمیت ها از قبیل مساحت، حجم و ... کمیت های فرعی نام دارند. یکای کمیت های فرعی را می توان بر حسب یکاهای اصلی تعیین کرد. طول، جرم و زمان از جمله کمیت های اصلی در SI هستند که در ادامه یکای هر یک را معرفی می کنیم.

یکای طول: یکای طول در SI، متر نام دارد. آن که آن را با نماد m نمایش می دهند. برای این طول (یک متر) نمونه استاندارد ساخته شده است که در حوزه سور در فرانسه نگهداری می شود. این نمونه میثاقی است از جنس آلیاژ پلاتین و ایریدیوم با دو علامت روی آن که فاصله بین آن ها در دمای صفر سلسیوس به طور دقیق برابر طول توافق شده بین المللی برای یک متر است. در مؤسسه های استاندارد همه کشورها نمونه های مشابه این نمونه استاندارد را تهیه و نگهداری می کنند.

یکای جرم: یکای جرم در SI، کیلوگرم نام دارد. آن که آن را با نماد kg نمایش می دهند. برای این یکا نیز یک نمونه استاندارد به صورت نمونه ای از جنس آلیاژ پلاتین و ایریدیوم در حوزه سور فرانسه نگهداری می شود و کشورهای دیگر نیز مشابه این نمونه استاندارد را تهیه می کنند.

یکای زمان: یکای زمان در SI، ثانیه نام دارد. آن که آن را با نماد s نمایش می دهند. طبق یک تعریف قدیمی تر، یک ثانیه برابر $\frac{1}{86400}$ یک شبانه روز است.

۱. SI حرف اول را از جای فرانسوی Systeme International به جای دستگاه بین المللی است.
۲. امروزه در کشورهای کمیته بین المللی وزنها و مقادیر برای تهیه عرف بسیار بطوری ارائه شده است که هرگز با عرف سابق متر و کیلوگرم در کشورهای بنابر متر و کیلوگرم با آن آنها توافق ندارند.

یکاهای اصلی، یکای کمیت های فرعی و نمادگذاری

علمی:

ادامه ی راهنمای تدریس: این قسمت ها را با توجه به سطح موضوع های مطرح شده در کتاب درسی آموزش دهید و در ادامه می توانید علاوه بر تمرین های کتاب، از تمرین ها و فعالیت های پیشنهادی که در ادامه آمده است استفاده کنید.

تمرین ۱-۱

(الف) $5\text{km} = 5000\text{m} = 500,000\text{cm}$

(ب) $3\text{s} = 30 \times 10^9\text{ns}$

(پ) $3\text{g} = 3 \times 10^6\mu\text{g}$

تمرین ۱-۲

(الف) $0.73 \times 10^4 = 7300$

(ب) $54000000 = 5.4 \times 10^7$

(پ) $0.173 \times 10^{-3} = 0.000173$

(ت) $0.0625 \times 10^{-4} = 6.25 \times 10^{-6}$

تمرین ۱-۳

$125\text{m} = 125 \times 10^6\mu\text{m} = 1.25 \times 10^8\mu\text{m}$

یکای کمیت‌های فرعی، پس از آن دسته که تباری به معرفی یک یکای مستقل برای مساحت است؛ زیرا مساحت معمولاً با اندازه‌گیری دو طول و به کمک یک رابطه هندسی محاسبه می‌شود. در نتیجه یکای آن در SI متر مربع (m²) است. به همین ترتیب می‌توانیم یکای هر کمیت فرعی دیگر را با استفاده از رابطه با رابطه‌های آن کمیت با کمیت‌های اصلی و با یکای کمیت‌های فرعی دیگری که یکای آن‌ها قبلاً معرفی شده است، تعریف کرد. از این پس با هر کمیت فرعی که مواجه شویم، یکای آن را نیز معرفی خواهیم کرد.

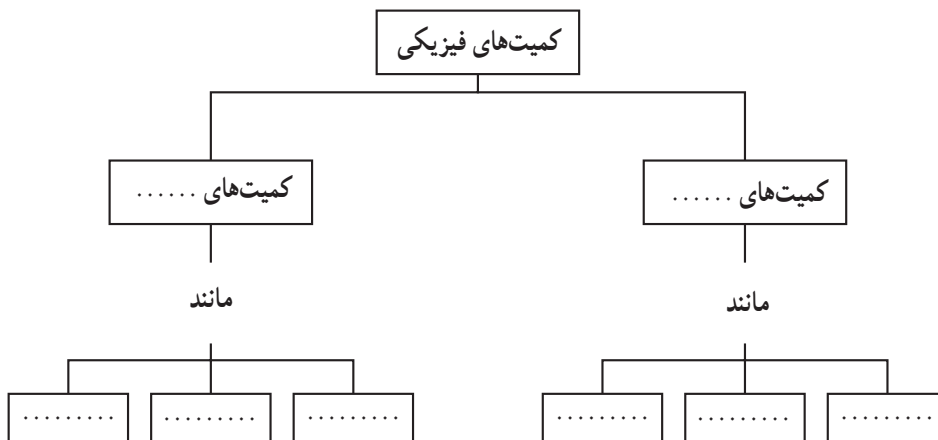
یکای مناسب برای کمیت‌های خیلی بزرگ یا خیلی کوچکند؛ دسته که برای اندازه‌گیری طول، یکای متر انتخاب شده است. در پیش‌تر موارد، طولی را که اندازه‌گیری می‌کنیم، با کوچکتر از متر است و با ضرب صحیحی از یک متر است. در این‌گونه موارد چه باید کرد؟ با وقتی جرم جسمی را اندازه‌گیری می‌کنیم، جرم آن می‌تواند کوچکتر از یک کیلوگرم و با ضرب صحیحی از آن نباشد. همان‌گونه که به نظر می‌رسد، باید یکای کوچکتری را نیز تعریف کنیم.

در SI یکاهای کوچکتر را با تقسیم یکای مربوط به 10⁻¹، 10⁻²، 10⁻³ و ... قسمت هستند می‌آورند. برای مثال متر را به صد قسمت تقسیم می‌کنند و هر قسمت آن را یک سانتی‌متر می‌نامند. به همین ترتیب وزنی که جرم آن $\frac{1}{1000}$ کیلوگرم است، وزنی یکه گرمی نام دارد. برای یکاهای بزرگتر نیز ضرب‌های 10¹، 10²، 10³ و ... برای یکای مربوط را در نظر می‌گیرند. این یکاهای کوچکتر و بزرگتر را توسط پیشوندی که به یکای مربوط اضافه می‌شود، نامگذاری می‌کنند. این پیشوندها در جدول ۱-۶ آورده شده‌اند.

پیشوند	مضرب	نماد	پیشوند	مضرب	نماد
دسی	$\frac{1}{10}$	d	دک	$\frac{1}{100}$	da
سانتی	$\frac{1}{100}$	c	هکتو	$\frac{1}{100}$	h
میلی	$\frac{1}{1000}$	m	کیلو	10^3	k
میکرو	$\frac{1}{1000000}$	μ	مگا	10^6	M
نانو	$\frac{1}{1000000000}$	n	گیگا	10^9	G
پیکو	$\frac{1}{1000000000000}$	p	ترا	10^{12}	T

با استفاده از کلمه‌های زیر، نقشه‌ی مفهومی داده شده را کامل کنید.

اصلی، فرعی، زمان، انرژی، طول، سرعت، جرم، نیرو



فعالیت پیشنهادی

خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی هستند که برای اندازه‌گیری جرم به کار می‌رود. این یکاها به صورت زیر با یک‌دیگر مرتبط‌اند:

$$۱ \text{ خروار} = ۱۰۰ \text{ من تبریز}$$

$$۱ \text{ من تبریز} = ۴۰ \text{ سیر} = ۶۴۰ \text{ مثقال}$$

$$۱ \text{ مثقال} = ۲۴ \text{ نخود} = ۹۶ \text{ گندم}$$

با توجه به این که هر مثقال معادل $۴/۸۶$ گرم است، از دانش‌آموزان بخواهید این یکاهای متداول محلی را برحسب یکای SI، یعنی کیلوگرم بیان کنند.

وسيله و روش اندازه‌گیری :

ادامه‌ی راهنمای تدریس: در ادامه دانش‌آموزان با

وسيله‌ها و روش‌های اندازه‌گیری یک کمیت آشنا می‌شوند. لازم به توضیح است که بیش‌تر دانش‌آموزان با مباحث طرح شده در این قسمت آشنایی دارند و این موضوع در کتاب درسی برای کامل کردن بحث اندازه‌گیری آمده است.

حل: با رعایت نحوه‌ی نام‌گذاری علمی به ترتیب داریم:

$$\begin{aligned} \text{الف} - 2780 &= 278 \times 10^{-1} \\ \text{ب} - 2780000 &= 278 \times 10^4 \\ \text{ت} - 278000000 &= 278 \times 10^8 \\ \text{ج} - 2780000000 &= 278 \times 10^9 \end{aligned}$$

تمرین ۴-

جای خالی را در هر یک از تساوی‌های زیر کنید:

$$\begin{aligned} \text{الف} - 278000000 &= 278 \times 10^{\dots} \\ \text{ب} - 2780000000 &= 278 \times 10^{\dots} \\ \text{ت} - 27800000000 &= 278 \times 10^{\dots} \end{aligned}$$

تمرین ۳-

با استفاده از جدول ۱-۱ و نحوه‌ی نام‌گذاری علمی، ۱۲۵ متر را برحسب میکرون (میکرومتر) بنویسید.

وسيله و روش اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها در فیزیک توسط وسيله‌هایی انجام می‌شود که معمولاً با توجه به کمیت مورد اندازه‌گیری انتخاب و با طراحی می‌شوند و هر یک روش استفاده خاص خود را دارند. برای مثال، وسيله‌ای که برای اندازه‌گیری ضخامت یک برگ کاغذ مناسب است مسلماً برای اندازه‌گیری طول حیاط مدرسه مناسب نیست.

وسيله‌ی اندازه‌گیری طول: در اندازه‌گیری طول‌های نه‌چندان بزرگ و نه‌چندان کوچک از یک خط‌کش یا متر توری که برحسب میلی‌متر یا سانتی‌متر مدرج شده باشد، استفاده می‌کنند.

۱۲

فعالیت ۱ - ۵

هدف: آشنایی با برخی از وسایل و شیوه‌های اندازه‌گیری طول: انتظار می‌رود قسمت دوم این فعالیت را دانش‌آموزان، در آزمایشگاه و یا در کلاس درس، به‌طور عملی انجام دهند. در ادامه‌ی این فعالیت، جهت یادآوری، نحوه‌ی استفاده از کولیس و ریزسنج در اندازه‌گیری طول به‌صورت دانستنی آمده است. برای انجام قسمت چهارم فعالیت، بهترین راه اندازه‌گیری ضخامت یک برگ کاغذ، ابتدا تعداد معینی برگ کاغذ (مثلاً ۱۰۰ عدد) را انتخاب و ضخامت آن را اندازه بگیرید. سپس نتیجه‌ی به‌دست‌آمده را بر تعداد کاغذ تقسیم کنید.

فعالیت ۱-۵
بهره‌بر گروه خود:

- ۱- درباره‌ی روش و ابزار اندازه‌گیری طول‌های بسیار بزرگ و بسیار کوچک تحقیق کنید.
- ۲- از آزمایشگاه، مدرسه، کولیس و ریزسنج بگردید و چگونگی کار با این دو وسیله را بیاموزید.
- ۳- حرکت از موردهای زیر را بهتر است با چه ابزاری اندازه بگیرید؟
فاصله دو نهر، قطر یک سیم، ضخامت یک برگ کاغذ، بندی موی سر، بندی بند و ضخامت کتاب.
- ۴- ضخامت یک برگ کاغذ را اندازه بگیرید.

گزارش کار یک آزمایش چیست؟ گزارش کار همان گونه که از بخش می‌آید، شرح جزئیات و مرحله‌های انجام یک آزمایش است و باید حاوی نکته‌های زیر باشد:

- ۱- هدف از انجام آزمایش.
- ۲- نام آزمایشگر یا آزمایشگران (با نام گروه).
- ۳- زمان و محل انجام آزمایش.
- ۴- وسایل‌های آزمایش همراه با شرح جزئیات و شکل.
- ۵- شرح روش یا روش‌های آزمایش به‌صورت کاملاً مجزا از هم و مرحله به مرحله.
- ۶- درج داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها در جدول.
- ۷- در صورت لزوم، رسم نمودارهایی که چگونگی تغییرات کمیت مورد اندازه‌گیری را نشان دهد.
- ۸- عوامل ایجاد خطا در اندازه‌گیری‌ها.
- ۹- نتیجه‌گیری.
- ۱۰- هر مطلبی با اطلاع دیگری که لازم باشد.

آزمایش ۱-۱
ساخت روی جلد کتاب فیزیک ۹ را اندازه بگیرید و آن را برحسب 10^{-3} ، 10^{-2} ، 10^{-1} ، 10^0 ، 10^1 ، 10^2 ، 10^3 گزارش کار آزمایش مربوط را بنویسید.

دانستنی

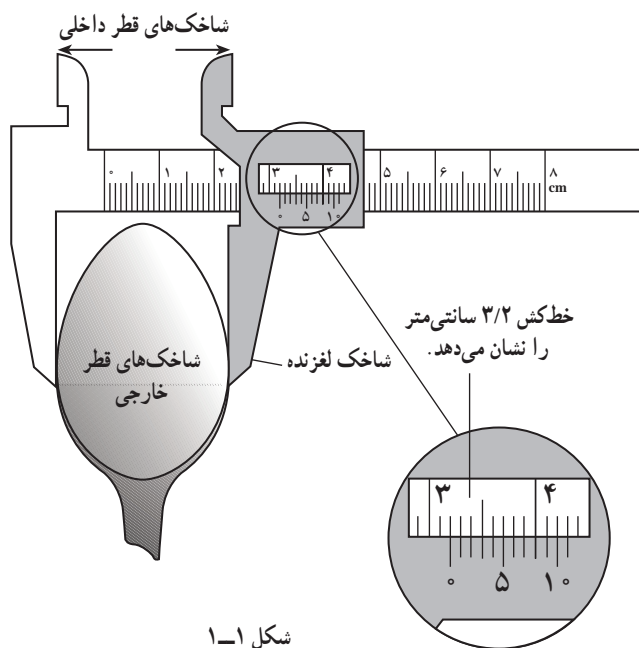


اندازه‌گیری با کولیس

قطر داخلی و خارجی یک لوله را نمی‌توان با دقت و به‌آسانی با یک خط‌کش مدرج اندازه گرفت. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر آن‌ها از کولیس استفاده می‌شود. کولیس از ترکیب یک خط‌کش مدرج و یک ورنیه متحرک درست شده است (شکل ۱-۱). منظور از ورنیه، درجه‌بندی خاص است که روی شاخک لغزنده قرار دارد و اندازه‌گیری را تا دهم میلی‌متر ممکن می‌سازد. ورنیه ده قسمت دارد که هر قسمت 0.9 میلی‌متر است. به عبارت دیگر، 9 میلی‌متر روی ورنیه به ده قسمت مساوی تقسیم شده است. به علت وجود این درجه‌بندی است که اندازه‌گیری تا 0.1 میلی‌متر یا 0.01 سانتی‌متر ممکن می‌شود.

برخی از انواع کولیس‌ها برای اندازه‌گیری عمق، یک تیغه باریک دارند که به ورنیه متصل است و با آن حرکت می‌کند. اگر صفر ورنیه به صفر خط‌کش منطبق باشد انتهای تیغه بر انتهای خط‌کش منطبق می‌شود. در صنعت برای اندازه‌گیری قطر لوله، سیلندر و پیستون و طول وسایل مختلف از انواع کولیس‌ها استفاده می‌شود. شکل ۱-۱ کولیسی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری پهنای یک قاشق به کار گرفته شده است.

در برخی از کولیس‌ها در زیر ورنیه پیچ یا شاسی خاصی که کار ضامن را انجام می‌دهد وجود دارد و با استفاده از آن ورنیه را بر روی خط‌کش ثابت می‌کنند.



شکل ۱-۱

چهارمین درجه ورنیه دقیقاً در مقابل یکی از درجات خطکش قرار دارد. این درجه معرف $0/4$ میلی‌متر یا $0/04$ سانتی‌متر است. بنابراین پهنای قاشق برابر است با:
 $3/2\text{cm} + 0/04\text{cm} = 3/24\text{cm}$

گفتنی است کولیس‌های دیگری وجود دارند که در آن‌ها ۱۹ میلی‌متر از طول ورنیه به 20 قسمت مساوی و یا $24/5$ میلی‌متر به 25 قسمت مساوی و ... تقسیم شده است.

دقت اندازه‌گیری کولیس از تقسیم کردن یک درجه خطکش به تعداد تقسیمات ورنیه آن به دست می‌آید.

$$\text{دقت کولیس} = \frac{\text{کوچک‌ترین درجه خطکش}}{\text{تعداد تقسیمات ورنیه}}$$

دانستنی

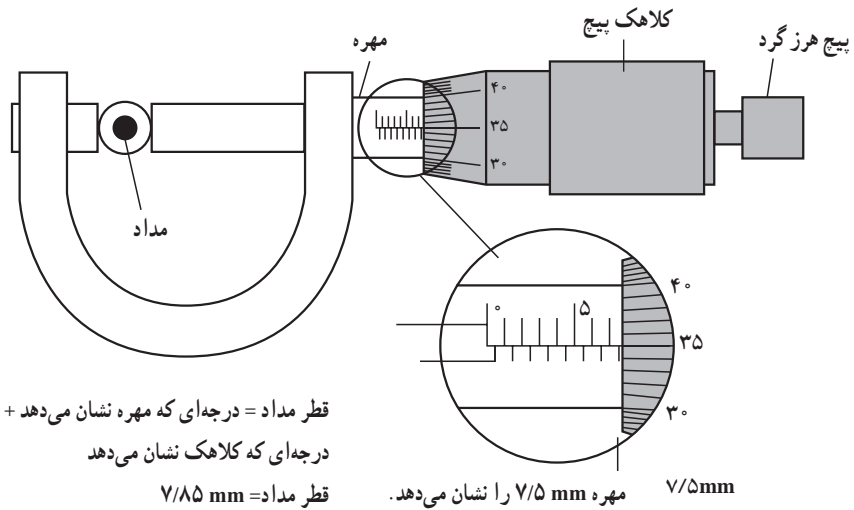


اندازه‌گیری با ریزسنج

ضخامت ورقه‌ها و قطر سیم‌های نازک را با ریزسنج تعیین می‌کنند.

ریزسنج اساساً از یک مهره و یک پیچ درست شده است. در این وسیله مهره استوانه‌ای است تو خالی که سطح خارجی آن مدرج است و پیچ در داخل کلاهکی قرار دارد که می‌تواند در داخل مهره جا به جا شود. کلاهک پیچ روی سطح خارجی مهره حرکت می‌کند.

پیچ هرزگرد به‌طور هرز می‌گردد و صدایی را سبب می‌شود، اما زبانه متحرک دیگر جا به جا نمی‌شود. پیچ هرزگرد کلاهک را بر روی مهره جا به جا می‌کند. اگر کلاهک یک دور بچرخد، زبانه متحرک نیم میلی‌متر جا به جا می‌شود (درواقع فاصله بین دو دندان پیچ نیم میلی‌متر است). محیط لبه‌ی کلاهک به 50 قسمت مساوی تقسیم شده است؛ بنابراین هر درجه موجود بر روی کلاهک یک صدم میلی‌متر ($1\text{mm} = 0/01$) است.



شکل ۱-۲ ریزسنجی را نشان می‌دهد که قطر مدادی را اندازه می‌گیرد. درجه‌بندی روی مهره ۷/۵mm و درجه‌ای از کلاهک که در جلوی خط راست روی مهره است ۳۵°/ را نشان می‌دهد؛ بنابراین قطر مداد برابر است با:
 $۷/۵mm + ۳۵° = ۷/۸۵mm$

آزمایش ۳-۱
 جرم یک سیب، یک سنگ و یک خط‌کش را توسط ترازو چندبار اندازه بگیرید و گزارش کار آزمایش را بنویسید.

وسیله اندازه‌گیری زمان، وسیله متداول برای اندازه‌گیری زمان ساعت است که بصورت‌های مختلف در همه‌جا موجود است.

فعالیت ۱-۲
 با دقت و ندان نظر گروهی توضیح دهید که چگونه می‌توان زمان نوسان زمان یک رفت و برگشت کامل یک آونگ را اندازه‌گیری کرد.

فعالیت ۱-۳
 سنگ را به هوا پرتاب کنید. مدت زمانی که سنگ در هواست را چگونه اندازه بگیرید؟ وسیله و روش اندازه‌گیری را شرح دهید.

وسیله اندازه‌گیری حجم مایع‌ها، حجم یک مایع را می‌توان با استفاده از بیسک‌ها و یا ظرف‌های مدرج اندازه گرفت.

فعالیت ۱-۴
 آزمایشی طراحی کنید که با کمک یک ترازو و یک اسطوانه مدرج جرم و حجم یک قطره آب را اندازه بگیرید. آزمایش را انجام دهید و گزارش کار خود را در کلاس ارائه کنید.

فعالیت ۱-۵
 یک نسبت تونابه عالی داریم که در روی آن حجم آن ثبت شده است. چگونه می‌توانید با استفاده از این نسبت تونابه حجم یک استکان آب را اندازه بگیرید؟ آیا این اندازه‌گیری دقیق است؟ توضیح دهید.

فعالیت ۱ - ۶

از آنجا که این فعالیت را دانش‌آموزان به‌طور عملی در سال اول دبیرستان انجام داده‌اند به راحتی می‌توانند به پاسخ درست اشاره کنند.

فعالیت ۱ - ۷

بهترین وسیله‌ی اندازه‌گیری، زمان‌سنج‌هایی است که تا صدم ثانیه را اندازه می‌گیرند. لازم به ذکر است که امروزه یکی از امکانات گوشی‌های تلفن همراه، زمان‌سنجی با دقت تا یک صدم ثانیه است. توصیه می‌شود این فعالیت در فضای باز انجام شود.

فعالیت ۱ - ۸

دانش آموزان هر گروه ممکن است راه‌های متفاوت و یا نزدیک به هم را برای انجام این فعالیت پیشنهاد کنند که همه‌ی آن‌ها نیز درست باشد. به همین جهت به دانش آموزان گوشزد کنید که برای اندازه‌گیری برخی کمیت‌ها، راه‌های متفاوتی می‌تواند وجود داشته باشد.

فعالیت ۱ - ۹

توصیه می‌شود از دانش آموزان بخواهید به‌طور عملی این فعالیت را در خانه و یا در کلاس درس انجام دهند. پس از انجام آزمایش، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

یکی از راه‌های انجام این فعالیت، این است که استکان را به دفعات مورد نیاز از آب پر کرده و در شیشه‌ی نوشابه بریزیم تا شیشه از آب لبریز شود. ممکن است در پایان، مقداری آب در استکان باقی بماند. در این صورت حجم استکان برابر است با:

$$\text{حجم شیشه} \\ \text{حجم استکان} = \frac{N-1}{N-1}$$

که در آن N ، تعداد دفعات پر شدن استکان است. واضح است که دقت اندازه‌گیری در این آزمایش در حد حجم استکان است.

دقت اندازه‌گیری: آیا با خط‌کشی که بر حسب میلی‌متر مطرح شده است، می‌توان طول‌های کمتر از یک میلی‌متر را اندازه گرفت؟ آیا با سانس که فقط تقریب‌های ساعت‌شمار و دقیقه‌شمار دارد می‌توان زمان‌های کمتر از یک دقیقه را اندازه گرفت؟

فرض کنید که می‌خواهید طول یک پارچه‌ی صاف مثلاً AB در شکل (۱-۱) را توسط یک خط‌کش میلی‌متری اندازه بگیرید. در خط‌کش میلی‌متری فاصله بین هر دو نشانه متوالی برای یک میلی‌متر است. برای این کار همان‌گونه که از شکل (۱-۱) پیداست، صفر خط‌کش را در نقطه A قرار می‌دهیم. آنگاه رغبی که در مقابل انتهای پارچه‌ی صاف، یعنی در مقابل نقطه B قرار می‌گیرد، برای طول پارچه AB است. در شکل، نقطه B بین دو نشانه قرار گرفته است و نشان می‌دهد که طول پارچه از 12 میلی‌متر بیشتر و از 13 میلی‌متر کمتر است. ولی اینکه چقدر بیشتر از 12 میلی‌متر یا چقدر کمتر از 13 میلی‌متر است، معلوم نیست.

به همین ترتیب با سانس که تقریباً ساعت‌شمار و دقیقه‌شمار دارد نمی‌توان زمان‌های کمتر از یک دقیقه را اندازه گرفت. برای تمام وسیله‌های اندازه‌گیری این محدودیت اندازه‌گیری وجود دارد. پایداری از وسیله‌های اندازه‌گیری طول‌ها تا $\frac{1}{10}$ میلی‌متر را اندازه می‌گیرند و طول‌های کمتر از آن را نمی‌توانند اندازه بگیرند. پایداری از زمان‌سنج‌های رغبی (دیجیتال) تا $\frac{1}{1000}$ ثانیه را اندازه می‌گیرند. بنابراین، برای هر وسیله‌ی اندازه‌گیری کمترین مقداری وجود دارد که کوچک‌تر از آن را نمی‌تواند اندازه بگیرد.



شکل ۱-۱: اندازه‌گیری طول پارچه با خط‌کش میلی‌متری

کمترین مقداری را که یک وسیله می‌تواند اندازه بگیرد، دقت اندازه‌گیری یا آن وسیله می‌نامند. در اندازه‌گیری‌ها، عدد به‌دست آمده نباید مقداری کمتر از دقت اندازه‌گیری وسیله را نشان دهد. برای مثال، اگر طول پارچه‌ی صاف با خط‌کش میلی‌متری اندازه گرفته می‌شود، طول پارچه بر حسب میلی‌متر با یک عدد صحیح مثلاً 12 میلی‌متر بیان می‌شود. به‌عنوان مثال با این خط‌کش نمی‌توان طول پارچه را با عددی نظیر $12/4$ یا $12/9$ میلی‌متر بیان کرد.

دقت اندازه‌گیری: آن چه که در این قسمت لازم است

دانش آموزان به آن توجه کنند این است که اندازه‌گیری هر کمیتی همواره با خطا همراه است به‌طوری که هیچ‌گاه خطای اندازه‌گیری یک کمیت صفر نمی‌شود. علاوه بر این دقت هر اندازه‌گیری به دو عامل بستگی دارد. یکی «دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری» و دیگری «مهارت شخصی که با آن وسیله اندازه‌گیری می‌کند».

با توجه به مطالبی که در کتاب درسی آمده است این قسمت

را آموزش دهید.

تمرین ۴-۱

دقت اندازه‌گیری پیمانه‌ای به حجم ۵ سانتی متر مکعب چقدر است؟ کدام یک از عددهای زیر می‌تواند نتیجه اندازه‌گیری با این پیمانه باشد؟

الف - 4.000°	ب - 4.000°
پ - 4.0000°	ت - 4.00000°

عبدالرحمان خازنی

ابومعمر ابوالفتح عبدالرحمان خازنی، ریاضیدان و دانشمند حوزه علم‌الحیل اصفهانگشا و یکی از ستاره‌شناسان قرون ۵ و ۶ ایران است. درباره تاریخ ولادت و فوت این دانشمند بزرگ اطلاع دقیقی در دست نیست ولی گفته می‌شود که وفات او بعد از سال ۳۲۵ هجری اتفاق افتاده است. او در مرو می‌زیست و در همین شهر به دانش‌آموزی پرداخت و با جهد بسیار در حوزه دانش پیشرفت نمود. چنان‌که در عهد ملکشاه سلجوقی در شهر مرو از ریاضی‌دانان و مهندسان بزرگ به حساب می‌رفت. وی کتاب مشهور خود در نجوم، زج معشر سنجری، را در روزگار پادشاهی سلطان سنجر تدوین کرد و بنا بر رسوم آن زمان کتاب را به نام سنجر، زج معشر سنجری نام‌گذاری نمود اما در مقابل چیزی از سلطان بی‌وفت.

از خازنی کتاب‌های زیر را می‌توانیم:

- ۱- زج معشر سنجری یکی از آثار مهم نجوم دوره اسلامی
- ۲- رساله فی آلات العجیبه الرصدیه
- ۳- رساله الاحبار در نجوم نظری
- ۴- میزان الحکمه، یکی از مهم‌ترین آثار مربوط به دانش مکانیک دوره اسلامی

یکی از مهم‌ترین کارهای علمی خازنی طراحی و ساخت نوعی ترازو به نام ترازوی حکمت است که در نوع خود از جالب‌ترین و بدایلی ساخته شده به وسیله دانشمندان اسلامی به شمار می‌رود. برعکس ساختن امروزین ما از ترازو که با نشان نام آن، وسیله‌ای با یک یا دو کفه را محسوب می‌نمایم ترازوی حکمت (میزان الحکمه) از ۷ کفه تشکیل شده بود، است. این کفه‌ها در عین آن که پیچیده‌تر بسیاری به این وسیله می‌دانند، باعث می‌شدند دقت وسیله در سنجش اوزان بالا رود به طوری که امروزه ثابت شده است با ترازوی حکمت می‌توان جرم اجسام را با دقت یک دهم گرم تخمین کرد.

تمرین ۱ - ۴



پاسخ:

الف درست. توجه کنید که دقت اندازه‌گیری پیمانه برابر حجم آن پیمانه است.

دانستنی



صحت و دقت

هدف بیش‌تر پژوهش‌های علمی، به‌دست‌آوردن تخمین و برآوردن از مقدار کمیت مورد نظر است. این کار ممکن است تا حد تعیین دمای جوش مایع برای هر کسی آشنا باشد، یا این که در حد تعیین فاصله تا کهکشانی دورافتاده دور از ذهن باشد. پاسخی که می‌گیریم، هرگز پاسخ کامل و بی‌نقصی نیست. مقدار عددی به‌دست‌آمده همیشه با عدم قطعیت‌هایی همراه است. دانش‌پیشگان، علاوه بر گزارش ساده‌ای که از نتایج کارشان به‌دست می‌آورند، میزان اعتبار این نتایج را ارزیابی، خطاها را تحلیل، و صحت و دقت اطلاعات جدید را برآورد می‌کنند.

واژه‌ی «خطا» در کاربرد عمومی به معنی اشتباه یا چیزی کاملاً «نادرست» است. اما در بحث مربوط به داده‌های علمی، خطاها حاکی از شناسایی عدم قطعیت نتیجه‌ها است. خطاها دو دسته‌ی گسترده دارند که یکی را خطاهای ناموجه، و دیگری را خطاهای موجه می‌نامند. دسته‌ی اول شامل اشتباهاتی است که با مراقبت در اجرای کار قابل حذف‌اند. دستگاهی را که درست کار نمی‌کند می‌توان تعمیر یا تعویض کرد. خطاهای حروف چینی در برنامه‌های رایانه‌ای، جابه‌جایی ارقام در عددها، با استفاده از داده‌ها یا الگوریتم‌های نامناسب، همه منجر به نتایجی نادرست می‌شوند. این نوع مسائل در کارهای با کیفیت بالا قابل تحمل نیستند، و باید جلوی وقوع آن‌ها را گرفت یا آن‌ها را تصحیح کرد. خطاهای موجه اندازه‌گیری هم به دو گروه خطای سیستماتیک و خطای کاتوره‌ای تقسیم می‌شوند.



خطاهای سیستماتیک گرایش‌شان به این است که نتایج را به‌طور هماهنگ در جهت خاصی منحرف کنند، درحالی که خطاهای کاتوره‌ای منجر به تولید عدم قطعیت‌های افت و خیزدار در گستره‌ای از مقادیر می‌شوند. شرایط لازم برای آن که نتیجه‌ای ارزش علمی داشته باشد این است که روش تعیین آن فاقد بی‌راهی‌ها و اشتباهات بزرگ باشد، خطاهای سیستماتیک آن کوچک باشد، و مقدار خطاهای کاتوره‌ای اش قابل برآورد باشد.

وجود صحت بدین معنی است که خطاهای سیستماتیک کوچک‌اند، و نتیجه به مقدار «درست» نزدیک است. صحت با دوشیوه قابل دسترس است: با درجه‌بندی (یا کالیبراسیون) روش کار، و با انجام چند اندازه‌گیری مستقل از هم و رسیدن به نتایجی هماهنگ. درجه‌بندی یا کالیبراسیون مشتمل بر استفاده از تجهیزات، گردآوری داده‌ها، و روش‌های

تحلیل برای اندازه‌گیری کمیتی کاملاً شناخته شده یا پذیرفته شده به‌عنوان استاندارد است. آزمایشی را که به منظور اندازه‌گیری دما در نظر گرفته شده است، می‌توان برای تعیین نقطه‌های جوش و انجماد آب خالص به کار برد. نتایجی که به دست می‌آیند اگر با مقادیر پذیرفته شده سازگار باشند، مطمئن می‌شویم که روش کار قابل اعتماد است و به این باور می‌رسیم که اندازه‌گیری دماهای دیگر باید صحت داشته باشد. رهیافت دوم، استفاده از چند روش کار متفاوت است. ناسازگاری هر نتیجه‌ای با نتایج روش‌های دیگر، عیب و نقص روش کار مربوط به آن را نشان خواهد داد. این رهیافت را اغلب وقتی به کار می‌برند که استاندارد پذیرفته شده‌ای در دسترس نباشد. برای نمونه، یکی از مسائل کنونی اخترشناسی این است که بزرگی عالم را اندازه‌گیری کنند. چون فواصل تا کهکشان‌های دور دست کاملاً معلوم نیست، دانشمندان در تلاش برای جلوگیری از خطاهای سیستماتیک در هر یک از روش‌ها از شاخص‌های بسیار متنوعی، هم‌چون دوره‌های تپش ستاره‌های متغیر و بیشینه‌ی درخشندگی ابرنواخترها، استفاده می‌کنند. خطاهای سیستماتیک را اغلب می‌شود شناسایی کرد و ویژگی‌های‌شان را برشمرد. پس از تشخیص این نوع خطاها، روش کار را برای کاهش دادن‌شان می‌توان اصلاح کرد یا این که تصحیحات لازم را در نتایج خام اندازه‌گیری وارد ساخت.

دقت، وقتی مطرح می‌شود که با خطاهای کاتوره‌ای سروکار داشته باشیم. انجام یک اندازه‌گیری منفرد، برای بی‌بردن به صحت یا دقت چندان فایده‌ای ندارد. این اندازه‌گیری اگر چندین بار تکرار شود، مقادیر حاصل از اندازه‌گیری تا حدودی با یک دیگر ناسازگار خواهند بود. گستردگی این مقادیر نشان‌دهنده گستره‌ای است که مقدار درست احتمالاً در آن قرار دارد، و میانگین این مقادیر ممکن است برآورد مفیدی از این مقدار درست باشد. آزمایشی که سنجیده طراحی شده باشد، نمونه‌ی جامع‌تری به دست خواهد داد که قابلیت تحلیل آماری دارد. پارامترهایی مانند «میانگین»، «میان» یا «مُد» برآوردهایی از مقدار مورد نظر هستند که از داده‌های موجود به دست می‌آیند. میزان دقت را

با توجه به گستردگی مقادیر حاصل از اندازه‌گیری در اطراف مقدار درست برآورد شده می‌توان تشخیص داد. از این توزیع [مقادیر اندازه‌گیری شده]، پارامترهایی همچون «انحراف معیار»، «واریانس»، و «خطای محتمل» را به دست می‌آورند. هرچه این پارامترها کوچک‌تر باشند، عدم قطعیت کوچک‌تر و دقت [اندازه‌گیری] بهتر است. کمیت آماری موسوم به «انحراف معیار میانگین» را اغلب به عنوان بهترین معیار دقت در نظر می‌گیرند. مقدار عددی آن را از تقسیم کردن انحراف معیار نمونه بر جذر تعداد نمونه‌ها به دست می‌آورند. خطاهای موجود اگر به راستی کاتوره‌ای باشند، با افزایش تعداد اندازه‌گیری‌هایی که مقدار میانگین را به دست می‌دهند می‌توان دقت را بهبود بخشید.

بعضی آزمایش‌ها، به جای آن که برآوردهای متعددی از یک قلم اطلاع به دست دهند، اغلب حاکی از داده‌هایی هستند که ارتباط میان دو یا چند متغیر را نشان می‌دهند. این گونه داده‌ها معمولاً با نوعی برازش منحنی، مثل برازش کم‌ترین مربعات، توصیف می‌شوند. در این جا به جای مفهوم میانگین از مقادیر بهینه‌ی پارامترهای برازش، و به جای عدم قطعیت یک مقدار منفرد از مقادیری همچون «مانده‌ها»، «پارامترهای x^2 »، و «بازه‌های اطمینان» استفاده می‌شود. قدرت تحلیل آماری در این است که مقادیر پارامترهای به دست آمده، در مقایسه با هریک از اندازه‌گیری‌هایی که منجر به این پارامترها می‌شوند، ممکن است از اعتبار بسیار بیش‌تری برخوردار باشند. این مطلب به ویژه وقتی صادق است که نتیجه به صورت تابعی شناخته شده، مثل یک مقدار اسکالر یا شیب یک رابطه‌ی خطی بین دو متغیر، درمی‌آید. هرگونه چشمه‌ی خطای ممکن را باید بررسی کرد، و در عدم قطعیت‌های گزارش شده باید هر دو اثر سیستماتیک و کاتوره‌ای را در نظر گرفت. عدم قطعیت را می‌توان با تعداد رقم‌های با معنای گزارش شده نشان داد. هر گزارش صریحی باید شامل مقدار عددی، یکای مقدار عددی (به صورت درصد میانگین یا همان یکایی که برای میانگین به کار برده شده است)، و حاکی از روش محاسبه (به صورت انحراف معیار نمونه، انحراف معیار میانگین، و غیره) باشد. در نمایش ترسیمی نتایج، هریک از نقاط داده‌ها باید با «تیرک خطا» که درازای آن معرف میزان عدم قطعیت باشد، مشخص شود. مفهوم عددی تیرک‌های خطا را باید به طور صریح بیان کرد.

اسناد تاریخی نشان می‌دهند که منجمان چینی، در قرن سیزدهم پیش از میلاد مسیح، طول سال را به درستی برابر با $365 \frac{1}{4}$ روز تعیین کرده بودند. چینی‌ها تا سال ۱۲۷۶ میلادی، برآوردشان را در این زمینه با تقریب ۲۷ ثانیه به مقدار پذیرفته‌شده‌ی امروزی نزدیک کردند. این کار، دقتی با تقریب یک قسمت در میلیون را نشان می‌دهد. در مقابل این دست‌آورد، بهترین برآوردهای نوینی که از سن عالم در دست‌اند در گسترده‌ای از ۸ تا ۱۶ میلیارد سال قرار دارند. این عدم قطعیت بزرگ حاکی از آن است که این کمیت را هنوز نه با صحت اندازه‌گیری کرده‌اند و نه با دقت.





رقم‌های با معنی

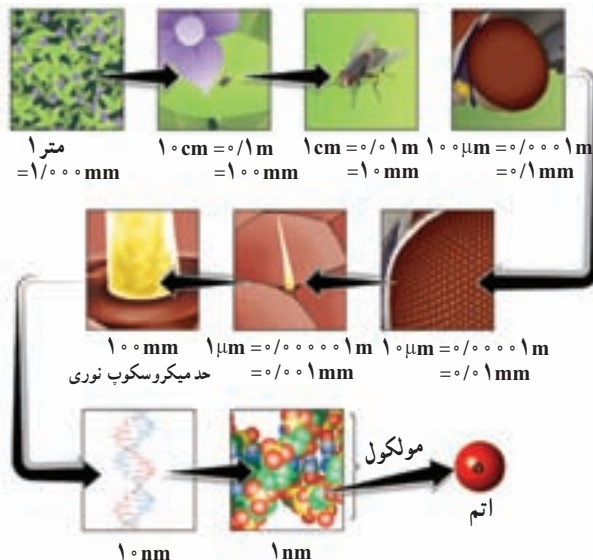
عدد آشنای π هم حقیقی و هم گنگ است؛ برای نمایش بدون خطای آن به صورت عدد اعشاری به تعداد بی‌نهایت رقم نیاز داریم. ریاضیدان‌ها و متخصصان رایانه الگوریتم‌هایی ابداع کرده‌اند که عدد π و بسیاری از اعداد حقیقی و گنگ دیگر را، در اصل، می‌توانند تا هر تعداد دل‌خواهی از ارقام بسط دهند. در محاسبات اخیر، برای عدد π خیلی بیش‌تر از دو میلیارد رقم مشخص شده است.

این دست‌آوردها اگرچه چشم‌گیرند، ولی اهمیت عملی چندانی ندارند. می‌دانیم که محیط دایره‌ای به شعاع r برابر $2\pi r$ است. برای کشف خطا در رقم اعشاری سیزدهم π می‌بایست شعاع و محیط دایره‌ای به شعاع $500,000$ کیلومتر را با استفاده از دستگاهی با دقت یک دهم میلی‌متر در اندازه‌گیری طول اندازه‌گیری کنیم. این شعاع از میانگین شعاع مدار ماه به دور زمین بزرگ‌تر است. برای این که خطایی را تنها در رقم اعشاری سی‌ام π آشکارسازی کنیم، به دایره‌ی اساساً بی‌نقصی احتیاج داریم که بزرگی‌اش از اندازه‌ی عالم قابل مشاهده هم بزرگ‌تر باشد. برای بسیاری از کاربردهای فیزیکی، ارقام عدد π فراتر از چند تای اول اصلاً با معنی نیستند.

بسیاری از کمیت‌های فیزیکی قابل اندازه‌گیری با اعداد حقیقی نمایش داده می‌شوند. اما برخلاف عدد محض π ، ارقام کمیت‌های فیزیکی تنها از طریق اندازه‌گیری به دست می‌آیند نه از طریق فرمول‌ها و الگوریتم‌ها. با توجه به محدودیت اندازه‌گیری‌های فیزیکی، شناسایی دقیق تنها تعداد معینی از ارقام هر کمیت فیزیکی امکان‌پذیر است. این تعداد ارقام را که دقیقاً معلوم تلقی می‌شوند، رقم‌های با معنی می‌گویند.

دانش‌پیشگان برای بیان دقت نتایج خود، بنابر قرارداد فقط ارقام با معنی را در نتایج اندازه‌گیری‌ها و محاسبات حفظ می‌کنند. هر رقم موجود در عدد با معنی تلقی می‌شود مگر این که صفری باشد که تنها منظور از آن تعیین محل ممیز اعشاری است. به این ترتیب، همه‌ی ارقام عدد 5.76 با معنی هستند، اما در عدد 0.765 فقط رقم‌های 7 ، 6 و 5 با معنی هستند. گاهی اوقات، تعداد ارقام با معنی در مقادیر بزرگ‌تر از یک روشن نیست. مثلاً صفر آخر در عدد 765 ،

بسته به این که واقعاً صفر باشد یا این که کارش صرفاً تعیین محل ممیز اعشاری است، شاید با معنی باشد یا نباشد. برای رفع چنین ابهامی، بهتر است مقادیر را با عددنویسی علمی نمایش دهیم که در این صورت، همه‌ی ارقام عددی که باید بین 1 تا 10 باشد با معنی تلقی می‌شوند. عددنویسی علمی مربوط به دو مثال اول به صورت 1×10^1 و 7.65×10^{-2} چنان‌چه صفر آخر با معنی باشد چنین می‌نویسند 7.65×10^{-2} ، و اگر نباشد به صورت 7.65×10^{-2} نوشته می‌شود.



تعداد اندکی از کمیت‌های فیزیکی را سراغ داریم که ارقام با معنی آن‌ها زیاد است. نسبت ژیرومغناطیسی الکترون (با یازده رقم با معنی) و دوره‌ی تناوب تپ‌اختر رادیویی $214 + 937 \text{ PSR}$ (با چهارده رقم با معنی)، نمونه‌هایی از اندازه‌گیری‌های دقیق غیرمعمول هستند. کمیت‌های فیزیکی معمولی فقط تا چند رقم با معنی معلوم‌اند. مثلاً جرم الکترون تا شش رقم با معنی، و ثابت گرانش نیوتون فقط تا چهار رقم با معنی معلوم است.

چنان که قبلاً ذکر شد، استفاده از ارقام با معنی صرفاً برای نمایش دقت مقدار مورد نظر با روش کوتاه‌نویسی است. برای نشان دادن دقیق‌تر اندازه‌گیری، عدم قطعیت آن مقدار را همراه با خود مقدار نمایش می‌دهند. وقتی این کار انجام می‌شود، معمولاً یک یا دو رقم را فراتر از آنچه با معنی است ذکر می‌کنند تا از بی‌دقتی حاصل از گرد کردن آن مقدار به تعداد ارقام با معنی پرهیز شود. مثلاً فرض کنید جرمی را با ترازویی اندازه‌گرفته‌ایم که ارقام را تا نزدیک‌ترین میلی‌گرم نشان می‌دهد و این که تکرار اندازه‌گیری‌ها با افت و خیزهایی در رقم آخر نشان می‌دهند که ترازو تنها تا $3 \pm$ میلی‌گرم دقت دارد. اگر این ترازو جرمی به اندازه‌ی $3/257$ گرم را نشان دهد، آن‌گاه نتیجه‌ی اندازه‌گیری با به‌کارگرفتن اعداد با معنی $3/26$ گرم خواهد بود، و این فقط بدان معنی است که مقدار حقیقی بین $3/255$ و $3/265$ گرم است. در عوض، نتیجه‌ای که شامل عدم قطعیت نیز باشد به صورت $3/257 \pm 0/003$ گرم نمایش داده خواهد شد، که گستره‌اش متفاوت و کوتاه‌تر از چیزی است که فقط با رقم‌های با معنی استنباط می‌شود.

وقتی اعداد معلوم با دقت معین با هم ترکیب می‌شوند، احتیاط لازم را باید مراعات کرد. تعداد ارقام با معنی ممکن است در محاسبات به‌طور نامحسوسی تغییر کند. مثلاً اگرچه هر یک از اعداد $8/677$ و $8/642$ چهار رقم با معنی دارد، اما تفاضل آن‌ها که $0/035$ است تنها دو رقم با معنی دارد (یعنی، تفاضل این دو برابر $0/03500$ نیست). جمع این دو عدد، یعنی $17/32$ ، نیز چهار رقم با معنی دارد، هرچند که تعداد ارقام با معنی در سمت راست ممیز آن به همان اندازه‌ی آن دو عدد نیست. در بسیاری از محاسبات، تعداد ارقام با معنی یا کاهش می‌یابد یا دست‌نخورده می‌ماند؛ تنها در برخی از محاسبات (مثل ریشه‌گیری و جذرگیری) ممکن است تعداد ارقام با معنی افزایش پیدا کند. بهترین راه برای به‌حساب‌آوردن عدم قطعیت در محاسبات، درج میزان عدم قطعیت در هر مقدار و استفاده از نظریه‌ی احتمال در تعیین میزان تأثیر این عدم قطعیت‌ها در نتیجه‌ی نهایی است. چنین محاسباتی را انتشار خطا می‌نامند.

رقم‌های با معنایی که دانش‌پیشگان ذکر می‌کنند، رقم‌هایی هستند که از نظر آن‌ها دقیقاً معلوم شمرده می‌شوند. دانش‌پیشگان تعداد ارقام با معنی را براساس منابع خطای تجربی‌ای که برای آن‌ها شناخته شده است، تعیین می‌کنند. اگر منابع کمی ناشناخته یا غیردقیقی برای خطا وجود داشته باشند، نتیجه از آنچه ذکر می‌شود دقت کم‌تری خواهد داشت. مثلاً، سه گروه آزمایش‌کننده اخیراً ثابت گرانش نیوتون را با دقت زیادتری نسبت به آزمایش‌های پیشین اندازه‌گرفتند. با این حال، نتایج کارشان از لحاظ تعداد ارقام با معنی، هم نسبت به مقدار اندازه‌گیری شده‌ی پیشین و هم نسبت به همدیگر تفاوت داشت. به احتمال زیاد، برخی از این گروه‌ها یا همه‌ی آن‌ها منابع خطای سیستماتیک را در اندازه‌گیری‌ها دست‌کم گرفتند یا این که از آن‌ها چشم‌پوشی کردند، و این خطری است که همه‌ی دانش‌پیشگان با آن روبه‌رو می‌شوند.



در کتاب میزان الحکمه خازنی که یکی از جالبترین آثار علم‌الحیل مربوط به دوره اسلامی است شکل، روش ساخت و روش کار با حدود ۵۰ وسیله مکانیکی شرح داده شده است. در این کتاب او به مباحث مانند مرکز ثقل، سنگینی و سبکی، توانان تعادل مایع‌ها و بسیاری مسائل دیگر پرداخته است.

امروزه ثابت شده است خازنی عضو گروهی بوده است که به فرمان سلطان مالک‌شاه سلجوقی در حدود سال ۳۷۰ قمری مأمور اصلاح تقویم در ایران شدند. مأموریت این افراد باعث طراحی و ساخت تقویم جلالی شد که از جمله دقیقترین و معتبرترین تقویم‌های دنیا به شمار می‌رود.

اصولاً کمیت‌های فیزیکی

دعیم که فزیک دانش بررسی کمیت‌های قابل اندازه‌گیری است. بنابراین می‌توان گفت که هر کمیتی که در فزیک مطرح می‌شود، باید قابل اندازه‌گیری باشد. با توجه به آنچه که در مورد اندازه‌گیری خواندیم، می‌توانیم بگوییم که تعریف یک کمیت فیزیکی هنگامی کامل می‌شود که برای آن یک یکای مناسب و یک روش اندازه‌گیری تعریف کرده باشیم.

کمیت‌های فیزیکی به دو دسته متناظر زردی و برداری تقسیم می‌شوند.

کمیت‌های زردی: چهار پیمانه ۲۰۰ سانتی متر مکعبی آب درون سطلی می‌ریزم. حجم آب درون سطل چقدر است؟ اگر دو پیمانه دیگر آب به سطل بیفزایم، حجم آب چقدر خواهد شد؟ پاسخ هر نه این پرسش تنها با یک عدد به‌طور کامل بیان می‌شود. کمیت‌هایی مانند حجم با این ویژگی که برای مشخص شدن آن‌ها در حساب یک یکای معین، تنها یک عدد کفایت می‌کند زردی نام دارند.

محاسبه‌های ریاضی این‌گونه کمیت‌ها نظر جمع یا تفریق، از معادله‌های متناظر در حساب برداری می‌گردد. در پاسخ به بخش دوم پرسش بالا شما به سادگی حجم افزوده شده را با جمع فیزیکی جمع کرده.

برخی از کمیت‌های زردی که تاکنون با آن‌ها آشنا شده‌اید عبارتند از: انرژی، دما، جرم و زمان. در مقابل، کمیت‌های دیگری نیز در فزیک داریم که تنها با ذکر معیار آن‌ها در حساب یک یکای معین، به‌طور کامل مشخص نمی‌شوند.

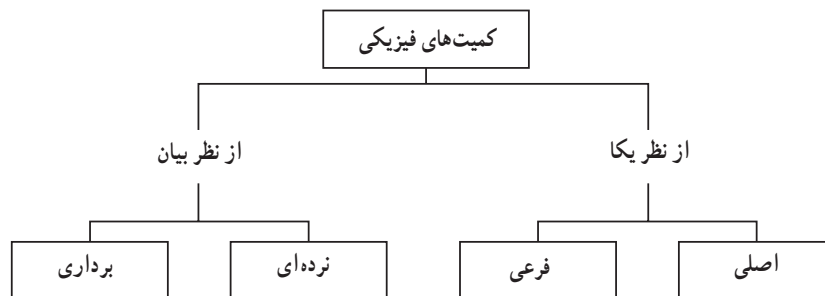
تصور کنید در حالی که چشمان خود را بسته‌اید، از دوستان که در جلای اینستاده است بخواهید یک قدم بردارد، آیا می‌توانید همچنان با چشمان بسته بگویید که او پس از این حرکت در کجا اینستاده است؟ قطعاً پاسخ شما منفی است. او ممکن است با این یک قدم به سمت راست یا

۱-۵- کمیت‌های فیزیکی

راهنمای تدریس: تا این‌جا دانش‌آموزان با برخی از کمیت‌های فیزیکی (اصلی و فرعی) آشنا شده‌اند. با طرح چند پرسش، از دانش‌آموزان بخواهید تا آن چه را که تاکنون در خصوص کمیت‌های فیزیکی یاد گرفته‌اند بیان کنند. در پایان خوب است که جمع‌بندی زیر در کلاس مطرح شود:

تعریف هر کمیت فیزیکی هنگامی کامل می‌شود که برای آن یکا و روش اندازه‌گیری مناسبی تعریف کرده باشیم.

در ادامه به تقسیم‌بندی کمیت‌ها به دو دسته‌ی متمایز زده‌ای و برداری بپردازید. رسم نقشه‌ی مفهومی زیر برای شروع این موضوع مناسب است.



همان‌طور که در نقشه‌ی مفهومی بالا نیز دیده می‌شود هنگام بیان هر کمیت فیزیکی باید به زده‌ای یا برداری بودن آن توجه شود.

نکته‌ی بسیار مهمی که در آموزش مبحث بردارها در این کتاب باید به آن توجه کرد سطح مطالبی است که ارایه شده است. از آن‌جا که بحث بردارها در فصل اول کتاب درسی تا آن‌جا مورد توجه قرار گرفته است که دانش‌آموزان به کمک آن بتوانند در فصل دوم و سوم، که حرکت شناسی و دینامیک یک بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد، موضوع‌های مطرح شده را دنبال کنند

و درک درستی از آن‌ها به دست آورند. به همین جهت توصیه‌ی اکید می‌شود از بالابردن سطح مطالب ارایه شده در این بخش جداً خودداری شود. (همچنین به زیرنویس صفحه‌ی ۲۳ کتاب درسی توجه شود.)

نحوه‌ی ارائه‌ی مطالب در این بخش به گونه‌ای است که با شرح مناسب، مثال‌ها و فعالیت‌های متعددی که تدارک دیده شده است، دانش‌آموزان می‌توانند به خوبی با مبحث بردارها تا اندازه‌ای که نیاز آن‌ها را در این کتاب پاسخ دهد آشنا شوند. بنابراین مطابق روند کتاب به آموزش این بخش بپردازید و هر جا که لازم می‌دانید مثال‌های دیگری مطرح کنید تا به تعمیق و یادگیری بهتر مفاهیم کمک کند. در ادامه چند تمرین پیشنهادی داده شده است که طرح آن‌ها در کلاس درس، مفید است.

موضوع دیگری که لازم است به آن توجه کنید این است که معمولاً در کتاب‌های درسی فیزیک پایه، از مفهوم جابه‌جایی به عنوان یک کمیت فیزیکی برداری، برای ورود به بحث بردارها استفاده می‌شود. از آن‌جا که دانش‌آموزان در فصل دوم کتاب فیزیک (۲) و آزمایشگاه با مفهوم بردار جابه‌جایی به طور کامل آشنا می‌شوند، در آموزش این بخش تا میزانی که کتاب درسی به آن توجه کرده است اکتفا شود.

دورتر شده باشد. با حتی فاصله‌اش با شما هیچ تغییری نکرده باشد (چگونه؟) به عبارت دیگر جابه‌جایی او می‌تواند در هر راستا و سویی باشد. تنها در صورتی می‌تواند از مکان آخری او با اطلاع نمود که علاوه بر فاصله‌ای که او باید جابه‌جا شود، جهت راستا و سویی جابه‌جا شدن او را هم مشخص کنید. مثلاً بگویید یک قدم به سوی من یا به طرف جنوب یا جنوب شرقی و یا ... برآورد.

جابه‌جایی: در فیزیک، کسیتی به نام جابه‌جایی عرفی می‌کنیم و همان‌طور که از نام آن برمی‌آید، معرفت تغییر مکان یک جسم است. جابه‌جایی یک جسم، پارامتر جهت‌اری است که ابتدای آن مکان آغازی و انتهای آن مکان پایانی جسم و طول آن مقدار تغییر مکان است. همان‌طور که دیدیم تنها با دانستن مقدار جابه‌جایی نمی‌توانیم آن را به‌طور کامل مشخص کنیم، بلکه باید جهت (یعنی راستا و سویی) آن را نیز بدانیم.

جابه‌جایی‌های هم‌اوری، یک دسته سراز را در حال ریزه ریزه ریزه جسم کنید. جابه‌جایی آن‌ها را در یک باره زمانی معین رسم کنید. مجموعه‌ای از پارامترهای موازی و هم‌اوری و هم‌سو به دست می‌آورید. در این حالت می‌گویید که این سرازها جابه‌جایی هم‌اوری داشته‌اند. به عبارت دیگر در جابه‌جایی را و فضا برای می‌گیرند که به یک اندازه و در یک جهت (یک راستا و یک‌سوا) باشند.

جابه‌جایی‌ها چگونه با هم جمع می‌شوند؟

فعالیت ۱۰

روی یک صفحه کاغذ نظریتی، با انتخاب مقیاس مناسب شکل محیط مدرسه یا خانه خود را بکشید. نزدیک محل در ورودی محیط را با شماره ۱ و وسط محیط را با شماره ۲ و کنار دیوار نمود بر در ورودی را با شماره ۳ مشخص کنید. با این کار شما نسبی شکل مناسبی شکل ۱-۳- الف به دست آورده‌اید. سپس از دوست خود بخواهید که از محل شماره ۱ به محل شماره ۲ برود. بردار جابه‌جایی او را در شکل رسم کنید. این جابانه‌جایی سراز محیط جهت‌اری است که



شکل ۱-۳- الف

فعالیت ۱ - ۱۰

هدف این فعالیت آشنا شدن دانش‌آموزان با کمیت برداری (در این جا بردار جابه‌جایی) و ویژگی‌های آن است. علاوه بر این، دانش‌آموزان یاد می‌گیرند که جمع کمیت‌های برداری از الگوی جمع جبری تبعیت نمی‌کند. به همین جهت انجام این فعالیت مقدمه‌ی مناسبی است تا قاعده‌ی جمع برداری بیان شود.

اندازه نقطه ۱ و اندازه نقطه ۲ است. نام این جابه‌جایی را \vec{a} بگذارید. سپس از او بخواهید که از محل شماره ۲ به محل شماره ۳ برود. این جابه‌جایی را نیز در شکل رسم کنید و آن را \vec{b} نامید. جابه‌جایی کل دوست شما \vec{c} از نقطه ۱ به نقطه ۳ چگونه است؟ آیا طول \vec{c} با مجموع طول‌های \vec{a} و \vec{b} برابر است؟ اگر نیست پس دو جابه‌جایی \vec{a} و \vec{b} را چگونه با هم جمع کنیم تا \vec{c} بدست آید؟

با اندکی دقت در شکلی که از فعالیت بالا بدست آوردیم، درمی‌یابیم که برای یافتن حاصل جمع دو جابه‌جایی \vec{a} و \vec{b} ، مانند شکل ۳-۱ ابتدا جابه‌جایی \vec{b} و سپس از انتهای آن جابه‌جایی \vec{a} را رسم می‌کنیم. باز هم جهت‌داری که ابتدای آن ابتدای \vec{a} و انتهای آن انتهای \vec{b} است. جابه‌جایی کل با حاصل جمع دو جابه‌جایی را نشان می‌دهد.

جابه‌جایی نمونه‌ای از یک کمیت برداری است. به این ترتیب کمیت‌های برداری مانند جابه‌جایی‌ها با هم جمع می‌شوند. از این رو قاعده جمع جابه‌جایی‌ها را قاعده جمع برداری نیز می‌نامند. کمیت برداری گسیتی است که بزرگی (مقدار) و جهت (راستا و سوا) دارد و از قاعده جمع برداری پیروی می‌کند. حاصل جمع چند بردار را برآیند آن بردارها یا بردار برآیند نیز می‌نامند.

مثال ۳-۱
دانش‌آموزی با شروع از یک نقطه صحن دو جابه‌جایی برداری \vec{a} و \vec{b} انجام می‌دهد. مکان او را با رسم شکل در حرکت از دو حالت زیر بدست آورید. هر دو حالت را در یک شکل رسم کنید.
الف - جابه‌جایی اول برابر \vec{a} و جابه‌جایی دوم برابر \vec{b}
ب - جابه‌جایی اول برابر \vec{b} و جابه‌جایی دوم برابر \vec{a}

حالا اگر مکان اولیه دانش‌آموز نقطه A در شکل (۳-۱) باشد جابه‌جایی‌های بند الف را با رنگ سبز و جابه‌جایی‌های بند ب را با رنگ قرمز. مطابق با قاعده جمع برداری جمع می‌کنیم. با رسم شکل و با توجه به ویژگی‌های هندسی متوازی‌الاضلاع درمی‌یابیم که در هر دو حالت، دانش‌آموز به یک نقطه (نقطه B) رسیده است.

مثال ۳-۱: جمع برداری خاصیت جابه‌جایی دارد.

دقت در شکل ۳-۱ درمی‌یابیم که قاعده جمع بردارها را به صورت زیر نیز می‌توانیم بیان کنیم.

با اندکی دقت در شکلی که از فعالیت بالا بدست آوردیم، درمی‌یابیم که برای یافتن حاصل جمع دو جابه‌جایی \vec{a} و \vec{b} ، مانند شکل ۳-۱ ابتدا جابه‌جایی \vec{b} و سپس از انتهای آن جابه‌جایی \vec{a} را رسم می‌کنیم. باز هم جهت‌داری که ابتدای آن ابتدای \vec{a} و انتهای آن انتهای \vec{b} است. جابه‌جایی کل با حاصل جمع دو جابه‌جایی را نشان می‌دهد.

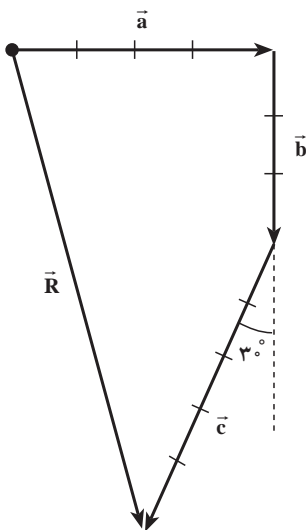
جابه‌جایی نمونه‌ای از یک کمیت برداری است. به این ترتیب کمیت‌های برداری مانند جابه‌جایی‌ها با هم جمع می‌شوند. از این رو قاعده جمع جابه‌جایی‌ها را قاعده جمع برداری نیز می‌نامند. کمیت برداری گسیتی است که بزرگی (مقدار) و جهت (راستا و سوا) دارد و از قاعده جمع برداری پیروی می‌کند. حاصل جمع چند بردار را برآیند آن بردارها یا بردار برآیند نیز می‌نامند.

فعالیت ۱۱-۱
با توجه به برداری در جابه‌جایی بنویسید که دو بردار چه وقت با هم مساویند؟

فعالیت ۱-۱۱

این فعالیت در واقع یک پرسش است که دانش‌آموزان باید به آن پاسخ دهند. دو بردار هنگامی با هم مساویند که بزرگی (مقدار) و جهت (راستا و سوا) یکسانی داشته باشند. بهتر است دانش‌آموزان با رسم شکل این موضوع را نشان دهند.

تمرین ۱-۵



شکل ۳-۱

همان‌طور که در متن تمرین نیز اشاره شده است از دانش‌آموزان بخواهید که با انتخاب یک‌ای مناسبی این تمرین را در کاغذ میلی‌متری حل کنند. با توجه به شکل ۳-۱، بردار \vec{R} برآیند سه بردار \vec{a} ، \vec{b} و \vec{c} است.

الف) زاویه‌ی بین دو بردار صفر باشد.

ب) زاویه‌ی بین دو بردار 90° باشد.

پ) زاویه‌ی بین دو بردار 180° باشد.

۵- اندازه‌ی برآیند دو بردار عمود بر هم ۶ واحد است. اگر زاویه‌ی بین بردار برآیند و یکی از بردارها 30° باشد، طول بردار کوچک‌تر چند واحد است؟

حل: ۱- چون دو بردار بر هم عمودند داریم:

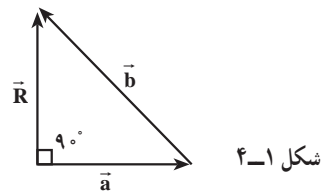
$$\sqrt{a^2 + b^2} = 34 \Rightarrow \sqrt{a^2 + 16a^2} = 34$$

$$a^2 = 68 \Rightarrow a \approx 8.24$$

۲- در شکل ۱-۴ موقعیت بردارهای \vec{a} و \vec{b} با توجه به صورت مسئله رسم شده است. با توجه به این که $R = \sqrt{3}a$ داریم:

$$a^2 + R^2 = b^2 \Rightarrow a^2 + 3a^2 = b^2 \Rightarrow 4a^2 = b^2$$

$$\Rightarrow \frac{|\vec{b}|}{|\vec{a}|} = 2$$



۳- اگر بزرگی برآیند دو بردار \vec{a} و \vec{b} را با R نشان دهیم، داریم:

$$R^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow (16)^2 = a^2 + (3a)^2$$

$$10a^2 = 256 \Rightarrow a \approx 5m$$

$$|\vec{R}| = |\vec{a} - \vec{b}| \quad \text{الف) ۴}$$

چون زاویه‌ی بین دو بردار صفر است داریم:

$$|\vec{R}| = |\vec{a} - \vec{b}| = |a - b| = |8 - 6| = 2 \quad \text{واحد}$$

ب)

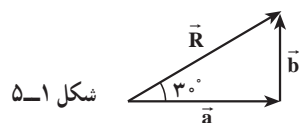
$$|\vec{R}| = |\vec{a} - \vec{b}| = \sqrt{a^2 + (-b)^2} = \sqrt{8^2 + a^2} = 10 \quad \text{واحد}$$

$$|\vec{R}| = |\vec{a} - \vec{b}| = |a + b| = |8 + 6| = 14 \quad \text{واحد} \quad \text{پ)}$$

۵- با توجه به فرض مسئله، داریم

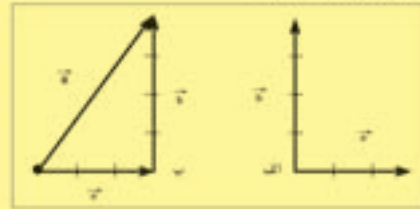
$$b = \frac{1}{\sqrt{3}}R = 3 \quad \text{واحد}$$

توجه کنید بزرگی بردار \vec{a} برابر ۵ واحد است.



مثال ۳-۱

برای دو بردار عمود برهم \vec{a} و \vec{b} در شکل (۱۳-۱) الف) بردار \vec{c} را رسم کنید و $a=3$ و $b=4$ و این دو بردار را بدست آورید. بزرگی بردار را با استفاده از شکل همین طور محاسبه بدست آورید.



شکل ۱۳-۱

حل: برای بدست آوردن بردار \vec{c} ، مطابق قاعده جمع برداری، در شکل (۱۳-۱) ب) عمل می‌کنیم. اگر بزرگی \vec{c} را با خط کش اندازه بگیریم، $c=5$ بدست می‌آوریم.

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود \vec{c} ، وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای است که ضلع‌های آن \vec{a} و \vec{b} است. بنابراین، می‌توانیم با استفاده از قضیه فیثاغورث در مثلث قائم‌الزاویه بنویسیم:

$$c^2 = a^2 + b^2 \quad c = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

با عمل این مثال، درسی داریم که بزرگی بردار دو بردار عمود برهم \vec{a} و \vec{b} از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (13-1)$$

مثال ۳-۲

بردار \vec{a} و بردار دو بردار همجهت \vec{b} و \vec{c} را بدست آورید. بزرگی دو بردار را

برابر $a=3$ و $b=4$ فرض کنید.

حل: مطابق شکل (۱۴-۱) الف) بردار \vec{c} و سپس از انتهای آن بردار \vec{a} را رسم می‌کنیم. چون دو بردار همجهت‌اند، در امتداد هر دوی یک خط قرار می‌گیرند. بردار \vec{c} همان‌گونه که در شکل بدست روی همین خط قرار می‌گیرد. این بردار همجهت با دو بردار \vec{a} و \vec{b} است و بزرگی آن برابر مجموع بزرگی‌های دو بردار می‌شود.



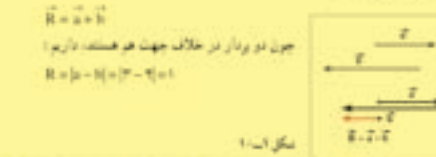
شکل ۱۴-۱

$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$
چون دو بردار همجهت هستند، داریم:
 $c = a + b = 3 + 4 = 7$

مثال ۳-۳

بردار بردارهای \vec{a} و \vec{b} را که در خلاف جهت یکدیگر و بزرگی آن‌ها به ترتیب برابر با $a=3$ و $b=4$ است بدست آورید.

حل: مطابق شکل (۱۴-۱) ب) از انتهای بردار \vec{a} برداری مساوی \vec{b} رسم می‌کنیم. در این مورد نیز \vec{c} در همان راستای \vec{a} ولی سوی آن مخالف آن است. بردار \vec{c} همان‌گونه که در شکل بدست روی همین خط قرار می‌گیرد و همجهت با بردار \vec{b} و در خلاف جهت بردار \vec{a} در این حالت است. بنابراین، بزرگی بردار \vec{c} حاصل بزرگی‌های دو بردار می‌شود.



شکل ۱۴-۱

$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$
چون دو بردار در خلاف جهت هم هستند، داریم:
 $c = |a - b| = |3 - 4| = 1$

مثال ۴-۱

هرگاه بخواهیم چند بردار را با یکدیگر جمع کنیم، با توجه به این که ترتیب بردارها را می‌توانیم به هر صورت که بخواهیم تغییر دهیم، بهتر است اول بردار آن‌هایی را که با استفاده از حالت‌های خاص به‌طور ساده‌تر محاسبه می‌شوند، بدست آوریم.



شکل ۱۴-۱

بردار بردارهای \vec{a} و \vec{b} و \vec{c} در شکل (۱۴-۱) را رسم و بزرگی بردار را محاسبه کنید. فرض کنید اندازه بردارها $a=3$ ، $b=4$ و $c=5$ باشد.

حل: بردار دو بردار \vec{a} و \vec{b} را \vec{c} می‌نامیم و ابتدا این بردار را بدست می‌آوریم. با استفاده از مثال (۱۳-۱) الف) برداری است همجهت با \vec{a} ($a > b$) و بزرگی آن برابر $3 - 4 = 1$ واحد است. اکنون بردار دو بردار \vec{c} و \vec{a} را مطابق شکل (۱۴-۱) ب) بدست می‌آوریم. با استفاده از مثال (۱۳-۱) داریم:

$$c = \sqrt{1^2 + 4^2} = \sqrt{17} = 4.123$$

حاصل ضرب پیکر شده هر پیکر بردار و دگر برداری را در عدد مثبتی مانند ۱۱ ضرب می‌کنیم. جهت بردار حاصل با بردار اولیه یکی است و بزرگی آن ۱۱ برابر بردار اول است.

مثال ۴-۲

بردار \vec{a} در شکل (۱۴-۱) رسم شده است. بردار \vec{b} ۳/۵ را رسم کنید.



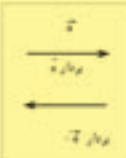
شکل ۱۴-۱

حل: بردار \vec{b} همجهت (هم‌راستا و هم‌سما) با بردار \vec{a} و بزرگی آن ۳/۵ برابر بزرگی بردار \vec{a} است.

اگر برداری را در یک عدد منفی ضرب کنیم، بردار حاصل ضرب در خلاف جهت بردار اولیه خواهد شد و بزرگی بردار در ضرب در عدد ضرب می‌شود.

مثال ۴-۳

بردار \vec{a} در شکل (۱۴-۱) رسم شده است. بردار \vec{b} را رسم کنید. این بردار را فرجه بردار \vec{a} نیز می‌گویند. حل: بردار \vec{b} همان‌گونه که از شکل بدست می‌آید، به بزرگی برابر \vec{a} و در خلاف جهت آن خواهد بود.



شکل ۱۴-۱

تفریق دو بردار: حاصل تفریق دو بردار نیز یک بردار است.
 $\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$

\vec{a} برداری است که اگر با \vec{b} جمع شود بردار \vec{c} بدست می‌آید، یعنی:
 $\vec{a} + \vec{c} = \vec{b}$

حل تمرین‌های فصل اول

۳- همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد معمولاً میکرومتر را به صورت میکرون نیز بیان می‌کنند. بنابراین منظور از $0.56 \mu\text{m}$ میکرون، $0.56 \mu\text{m}$ میکرومتر است.

الف و ب)

$$0.56 \mu\text{m} = 0.56 \times 10^{-6} \text{m} = 5.6 \times 10^{-7} \text{m}$$

$$= 5.6 \times 10^{-4} \text{mm}$$

۴-

$$1 \text{h} = 3600 \text{s} = 3600 \times 10^{12} \text{Ps} = 3.6 \times 10^{15} \text{Ps}$$

۵- از آن‌جا که دقت ترازوهای آشپزخانه در حد گرم است، باید جرم تعدادی سنجاق ته‌گرد (مثلاً ۱۰۰ عدد) را به کمک ترازو به دست آوریم و به کمک عدد به دست آمده جرم یک سنجاق را محاسبه کنیم.

۷- لازم است در این مسئله اشاره شود که موج فراصوتی عمود بر سطح آب فرستاده می‌شود. چون زمان رفت (یا برگشت) علامت فراصوت 7s است، بنابراین عمق آب اقیانوس برابر است با:

$$d = vt = (1450 \text{m/s})(7 \text{s}) = 10150 \text{m}$$

۸-

تمرین‌های فصل اول

۱- گسترش دایره فرکانس بزرگی و زمانی کمتر داشته است. درباره یکی از این تأثیرها تحقیق کنید.

۲- تحقیق کنید که آیا در موسسه‌های نزدیک به محل زندگی شما، کارگزاران با استفاده از فرکانس کار می‌کنند یا نه؟ اگر پاسخ مثبت است، سمت و وظیفه هر یک را بنویسید.

۳- با استفاده از جدول ۱-۱ حساب کنید که $0.56 \mu\text{m}$ میکرون
الف- چند جلی متر
ب- چند متر

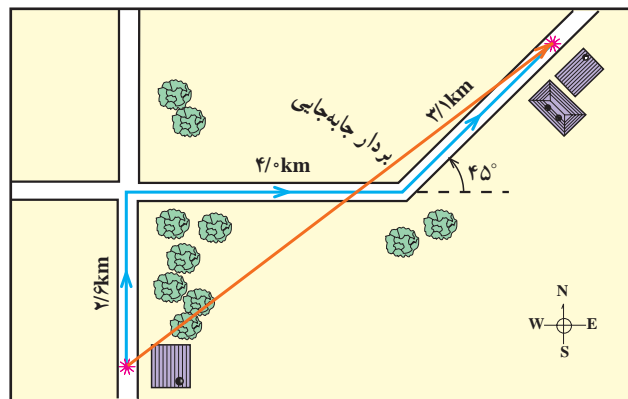
۴- ابتدا پاسخ خود را با استفاده از نحوه اندازه‌گیری خطی بنویسید.

۵- با استفاده از جدول ۱-۱ حساب کنید که یک ساعت چند چگانه است. پاسخ خود را با استفاده از نحوه اندازه‌گیری خطی بنویسید.

۶- جرم یک سنجاق ته‌گرد را چگونه می‌توان با یک ترازوی آشپزخانه اندازه‌گیری کرد؟
۷- ارتفاع یک برج را چگونه می‌تواند اندازه بگیرد؟

۸- یکی از راه‌های اندازه‌گیری عمق آب اقیانوس همان است که یک موج فراصوتی را از سطح آب به اعماق آب می‌فرستند. این موج با برخورد به کف اقیانوس به سطح آب باز می‌گردد و در سطح آب آشکارسازی می‌شود. با اندازه‌گیری بازه زمانی رفت و برگشت یک علامت فراصوتی و با داشتن سرعت انتشار صوت در آب، عمق سطح آب تا کف اقیانوس محاسبه می‌شود. اگر بازه زمانی رفت و برگشت یک علامت فراصوتی 7s و سرعت انتشار صوت در آب 1450m/s باشد، عمق آب اقیانوس را محاسبه کنید.

۹- یک پستی از نقطه شروع حرکت خود در شکل (۱) 17m مسیری را که در شکل نشان داده شده است می‌پیماید. بردار جابه‌جایی کل را با رسم نموداری با مقیاس مناسب به دست آورید.

۹- با رسم شکل، نشان دهید که عمل جمع برداری خاصیت انجمنی دارد، یعنی $(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c})$.

۱۰- برای بردار \vec{A} و \vec{B} در شکل (۱۸-۶) $(7A-1)$



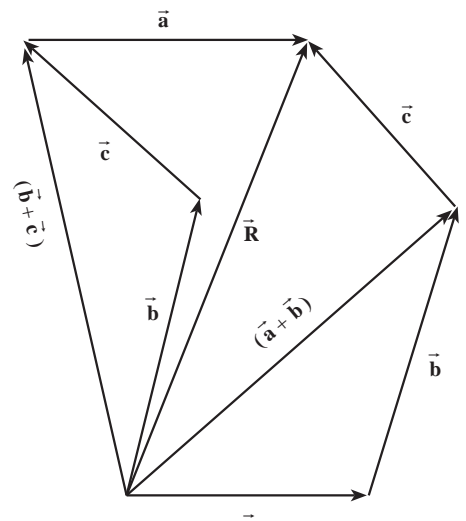
شکل ۱۸-۶

۱۱- شخصی ۸ متر به طرف شمال حرکت می‌کند و سپس جهت حرکت خود را عوض کرده و ۴ متر به طرف جنوب حرکت می‌کند. بزرگی و جهت بردار جابه‌جایی او چند متر است؟

۱۲- بزرگی بردار \vec{a} برابر ۲ و در جهت غرب به شرق است. بزرگی و جهت بردارهای زیر را تعیین کنید.

الف $\vec{b} = -2\vec{a}$
 ب $\vec{a} + \vec{b}$
 ج $\vec{a} - \vec{b}$

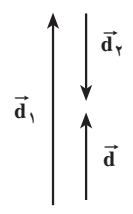
۹-



شکل ۶-۱

۱۰- در این تمرین باید براین بردارهای $\vec{A} + \vec{B}$ و $\vec{A} - \vec{B}$ را پس از رسم، به کمک خط‌کش اندازه بگیرید.

۱۱- نحوه‌ی جابه‌جایی شخص در شکل ۷-۱ نشان داده شده است. بردار \vec{d} ، جابه‌جایی براینده این شخص است که به طرف شمال و اندازه‌ی آن ۴m است.



شکل ۷-۱

۱۲- الف) چون \vec{a} به طرف غرب به شرق است، $-\vec{a}$ به طرف شرق به غرب است. بنابراین بزرگی و جهت بردار $\vec{b} = -2\vec{a}$ ، به طرف شرق به غرب و ۴ واحد است.

ب) همچنین بزرگی و جهت بردار $\vec{a} + \vec{b}$ ، برابر ۴ واحد و به طرف شرق به غرب است.

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{a} - 2\vec{a} = -\vec{a}$$

ب) بزرگی و جهت بردار $\vec{a} - \vec{b}$ ، برابر ۱۲ واحد و به طرف غرب به شرق است.

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} - (-2\vec{a}) = 3\vec{a}$$