بخش دوم

راهنمای تدریس برای آموزش مؤثرتر فیزیک

فصل اول

اندازه‌گیری و بردارها

راهنمای تدریس: پیش از شروع فصل، توجه دانش آموزان را به تصویر شروع فصل و همچنین پرسشی که در کنار آن مطرح شده است جلب کنید. زمان به اندازه‌ی کافی در اختیار دانش آموزان قرار دهید تا با تصویر و پرسش مطرح شده ارتباط برقرار نمایند. بهتر است دانش آموزان به صورت گروه‌های سه تا پنج نفره بر روی این قسمت فعالیت نمایند.

انتظار می‌رود دانش آموزان در پایان این فعالیت بتوانند برآورد نسبتاً دقیقی از اندازه‌ی تقریبی یک ویروس نوعی را به کلاس درس گزارش نمایند.

چنانچه به کمک خط‌کش (که تا میلی‌متر مدرج شـده اسـت) اندازه‌ی یکی از باکتری‌ها را از روی شکل سوم (با بزرگنمایی ۸۷۵ ×) یا شـکل چهارم (با بزرگنمایی ۴۳۷۵ ×) پیدا کنیم، می‌توان به پاسخ مورد انتظار دست یافت. اندازه باکتری‌ها در شـکل سوم به کمک خط‌کش میلی‌متری حدود ۸mm است. بنابراین اندازه‌ی یک باکتری نوعی برابر است با:

$$\frac{۸\,mm}{۸۷۵} = ۰/۰۰۹۱۴\,mm = ۹/۱۴\times۱۰^{-۶}\,mm \approx ۹\,\mu m$$

همان طور که محاسـبه نشـان می‌دهد، انـدازه‌ی باکتری‌ها از مرتبه‌ی میکرومتر اسـت. توضیح ایـن که اندازه‌ی باکتری‌ها با توجه به نوع و شـکل آن‌ها بین ۰/۱ تا ۶۰۰ میکرومتر اسـت. برای اطلاع بیش‌تر از این موضوع می‌توانید به آدرس http.www.mansfield.ohio – state.edu/ ~ sabedon / biol2010 و یا برای دیدن این موضوع به صورت پویانمایی (animation) به آدرس: http : / / www.cellsalive.com / howbig.htm مراجعه نمایید.

ادامه‌ی راهنمای تدریس: پس از انجام فعالیت مرتبط با تصویر شروع فصل و با عنایت به مقدمه‌ی آن، فرصت خوبی اسـت تا ذهن و توجه دانش آموزان را به اهمیت اندازه‌گیری در دنیای امروز و زندگی روزمره معطوف کنید. در این قسمت بهتر است فرصتی فراهم شـود تا دانش آموزان تجربه‌ی خود را از موضوع با یکدیگر به بحث بگذارند تا بتوانند از تجربه‌ها و دانسـتنی‌های قبلی خود برای ادامه‌ی بحـث و ایجاد فضای لذت بخش بهـره بگیرند. به معلمان ارجمند توصیه می‌شـود قسـمت «دانسـتنی‌ها» را که در ادامه آمده اسـت مطالعه کرده تا بتوانیـد درخصوص فیزیک و اهمیـت اندازه‌گیری تصویر بهتـری برای دانش آمـوزان ایجاد نمایید. یادآوری می‌شـود قسـمت‌های دانسـتنی صرفاً برای اطلاع معلمان عزیز تدارک دیده شـده اسـت و لزومی ندارد محتوای آن‌هـا برای دانش آموزان تدریس شود.

فصل اول / اندازه‌گیری و بردارها

اندازه‌گیری و بردارها

ما همواره با انواع اندازه‌گیری و مقایسـه‌ی ابعاد اجسـام با یکدیگر سـروکار داریم. برای خرید و فروش برخی اجناس از انواع ترازوها استفاده می‌کنیم. خط‌کش و متر نواری از جمله ابزارهای اصلی خیاط‌ها و پارچه‌فروش‌هاسـت. هرروز چندین بار به سـاعت خود نگاه می‌کنیم تا وقت خود را برای انجام کارهای مختلف مثلاً رسـیدن به اتوبوس یا کلاس درس تنظیم کنیم. پزشک‌ها در معاینه‌ی بیمارها از دماسنج و فشارسنج استفاده می‌کنند و اطلاعات لازم از بیمارمثلاً مربوط به ترکیب خون او را از آزمایشگاه‌هایی که کار آن‌ها نیز اندازه‌گیری است به دست می‌آورند.

در این فصل علاوه بر آشنایی با مبحث اندازه‌گیری، به بررسی بردارها و ویژگی آن‌ها نیزخواهیم پرداخت.

بیش‌تر بدانید
- اندازه‌گیری‌های علمی
- نخسـتین اقـدام بـرای انتخـاب یکاهای جدید

۱-۱ دستگاه بین‌المللی یکاهای اندازه‌گیری

اسـتفاده از یکاهایـی که در همه‌ی نقـاط کره‌ی زمین به کمک آن‌ها بتـوان به راحتی کالاها و خدمات متفاوت را با یکدیگر مبادله کرد یک ضرورت اساسـی برای زندگی در دنیای امروز اسـت. به همین جهت در سال ۱۳۵۰ (هـ.ش) مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب کرد که اسـاس دستگاه بین‌المللی یکاها را تشکیل می‌دهد که با علامت اختصاری SI شناخته شده است.[۱] جدول ۱-۱ یکاهای سه کمیت اصلی ـ طول، جرم و زمان ـ را که در ادامه‌ی همین فصل بررسی خواهیم کرد نشان می‌دهد.

۱- علامت اختصاری SI برای نام فرانسوی آن، Le Systeme International d'Unités دستگاه SI یا متریک نامیده می‌شود.

۱۳

دانستنی‌ها

الف) فیزیک: علم پایه

علم، که روزگاری فلسفه‌ی طبیعی خوانده می‌شد، مطالعه‌ی موجودات زنده و غیرزنده، علوم زیستی و علوم فیزیکی را در بر می‌گیرد. علوم زیستی شامل زیست شناسی، جانورشناسی و گیاه شناسی است و علوم فیزیکی زمین‌شناسی، اخترشناسی، شیمی و فیزیک را در بر می‌گیرد.

فیزیک فقط بخشی از علوم فیزیکی نیست. فیزیک علم پایه است و طبیعت و موضوع‌هایی بنیادی چون حرکت، نیروها، انرژی، ماده، گرما، صوت، نور و ساختار اتم‌ها را بررسی می‌کند.

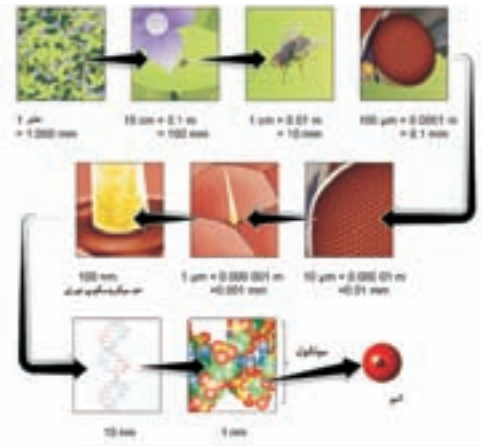
علم شیمی نشان می‌دهد که اتم‌ها چگونه با هم ترکیب می‌شوند، چگونه اتم‌ها برای تشکیل مولکول‌ها به هم می‌پیوندند، چگونه مولکول‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و مواد اطراف ما را به وجود می‌آورند. زیست شناسی پیچیده‌تر و شامل ماده زنده است. بنابراین، بنیاد زیست‌شناسی بر شیمی و بنیان شیمی بر فیزیک قرار دارد. مفاهیم فیزیک برای دست یافتن به این علوم پیچیده‌تر ضروری است. بنابراین، فیزیک بنیادی‌ترین علم است و شناخت علم با درک فیزیک آغاز می‌شود.

ب) علم و فناوری

علم و فناوری با یکدیگر تفاوت دارند. علم به گردآوری معلومات و سازمان‌دهی آن‌ها می‌پردازد. فناوری این دانش را برای اهداف عملی در اختیار انسان قرار می‌دهد و ابزارهای لازم را برای اکتشاف بیشتر در اختیار دانشمندان می‌گذارد.

فناوری شمشیر دولبه‌ای است که می‌تواند هم مفید باشد و هم مضر. برای مثال استخراج سوخت‌های فسیلی از زمین و سوزاندن آن‌ها برای تولید انرژی یک نوع فناوری است. تولید انرژی از سوخت‌های فسیلی در موارد بی‌شماری به سود جامعه‌ی ما بوده است.

اما ضرر آن به مخاطره افتادن محیط زیست بر اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی است. مقصر دانستن فناوری برای مشکلاتی چون آلودگی، تهی شدن منابع، و حتی رشد بیش از حد جمعیت معقولانه نیست و مانند این است که زخم ناشی از گلوله را از تفنگ بدانیم. انسان از فناوری استفاده می‌کند و مسئولیت چگونگی بهره‌گیری از آن نیز بر عهده‌ی اوست.



شگفت آن‌که هم اکنون برای حل بسیاری از مشکلات زیست محیطی فناوری لازم داریم. احتمالاً در این قرن (بیست و یکم) شاهد گذر از سوخت‌های فسیلی به منابع انرژی ماندگارتری خواهیم بود. چنین تحولی در همه‌ی اعصار رخ می‌دهد. در اوایل قرن نوزدهم، زمین‌شناسان به شدت محکوم شدند زیرا نظر آن‌ها با روایت پیدایش زمین در کتاب مقدس تفاوت داشت. بعدها در همان قرن، علم زمین‌شناسی پذیرفته شد، اما نظریه‌های تکامل محکوم و تدریس آن‌ها ممنوع شد.

هر عصری گروهی متفکر خاص دارد که در زمانه‌ی خویش محکوم و گاهی شکنجه می‌شوند. اما بعدها، از نظریه‌ی آن‌ها اغلب استقبال می‌شود و برای بهبود وضعیت انسان ضروری به حساب می‌آید.

پ) اهمیت اندازه‌گیری در علم

اندازه‌گیری شاخصی کارامد برای علم است. برای فهمیدن آن‌که چه‌قدر درباره‌ی مطلبی می‌دانید اغلب باید دید چه‌قدر می‌توانید آن را خوب اندازه بگیرید. این مطلب را لُرد کلوین، فیزیک‌دان معروف در قرن نوزدهم، به خوبی بیان کرده است: «اغلب می‌گویم وقتی بتوانید چیزی را اندازه بگیرید و آن را با اعداد بیان کنید، چیزی درباره‌ی آن می‌دانید. اگر نتوانید آن را اندازه بگیرید و وقتی قادر نباشید آن را با اعداد بیان کنید دانش شما ناچیز و غیرقابل قبول است، که گرچه شاید آغاز معرفت باشد، ولی هر چه هست مشکل بتوان گفت که تفکر شما تا مرحله‌ی علم پیش رفته است.» اندازه‌گیری‌های علمی چیز جدیدی نیست و به دوران باستان برمی‌گردد، مثلاً در قرن سوم پیش از میلاد، اندازه‌ی زمین، ماه، خورشید و نیز فاصله‌ی بین آن‌ها تقریباً دقیق اندازه‌گیری شده بود.

۱-۱ دستگاه بین‌المللی یکاهای اندازه‌گیری

راهنمای تدریس: چون در این قسمت قرار است دانش آموزان به اهمیت وجود یکاهای قابل استفاده در همه‌ی نقاط کره‌ی زمین پی ببرند، ضمن اشاره به بحث مطرح شده در کتاب، می‌توانید به تاریخچه‌ی موضوع و حتی به دیگر دستگاه‌های متداول، که در قسمت مطالعه‌ی آزاد آمده است، اشاره کنید.

در این بخش، تنها به سه کمیت اصلی SI پرداخته شده است. در صورتی که صلاح می‌دانید صرفاً به دیگر کمیت‌های اصلی دستگاه SI اشاره کنید تا اطلاعات دانش آموزان علاقه‌مند در این خصوص کامل‌تر گردد. در پیوست الف (در بخش پایانی کتاب) مطالب کاملی در زمینه‌ی دستگاه بین‌المللی یکاها برای معلمان ارجمند در نظر گرفته شده است. بحث مطرح شده در قسمت دانستنی نیز اطلاعات مفیدی در اختیار شما قرار می‌دهد.

دانستنی‌ها

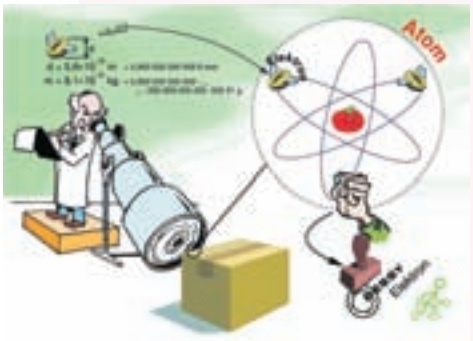
سنجه شناسی

سنجه‌شناسی[1]، علم اندازه‌گیری است و منشأ آن به ۲۰۰ سال پیش بر می‌گردد. در آن سال‌ها که اولین تلاش جدی برای ابداع دستگاه کاملی از یکاهای فیزیکی به عمل آمد، با این ویژگی‌ها که خودسازگار، دسترس‌پذیر، دارای تعریف دقیق و در همه جا قابل استفاده باشد. پی‌گیری چنین هدفی به ابداع و بهبود مداوم دستگاه بین‌المللی یکاها (که صورت اختصاری آن SI است) انجامید.

درک ما از دنیای فیزیکی براساس اندازه‌گیری است. وقتی چیزی را که از آن صحبت می‌کنید بتوانید اندازه بگیرید و برحسب عدد و رقم بیان کنید، شناختی از آن خواهید داشت؛ اما اگر نتوانستید آن را با عدد و رقم بیان کنید، شناخت شما از آن ناکافی و غیرقابل قبول خواهد بود.

سنجه‌شناسی می‌کوشد نیازهای علم وفناوری‌ها را با اندازه‌گیری برآورده سازد، به طوری که هم به شناخت «کافی» دست یابیم و هم به شناخت «قابل قبول». غالباً دیده می‌شود که سنجه‌شناسان از گروه فیزیکدانان یا شیمیدانان و مهندسان هستند.

در کشورهای صنعتی برای تأمین ردیابی پذیری و در نتیجه دقت اندازه‌گیری برای فیزیکدانان، مهندسان و دیگر کارشناسان علوم دقیق، آزمایشگاه‌های ملی خاص سنجه‌شناسی تأسیس شده است. مثلاً دفتر ملی استانداردها (که اکنون مؤسسه‌ی ملی استانداردها و فناوری NIST نامیده می‌شود) در سال ۱۹۰۱ در ایالات متحده آمریکا تأسیس گردید. قبل از آن، «پیمان سنجه‌ها» در سال ۱۸۷۵ شالوده‌ی سنجه‌شناسی بین‌المللی را بنا نهاد و سازوکارهای لازم را برای اصلاح دستگاه بین‌المللی براساس رهنمودهای کمیته‌های متخصصان بین‌المللی تداوم بخشید. این پیمان، دفتر بین‌المللی وزن‌ها و مقیاس‌ها (BIPM) را نیز، که در حومه‌ی پاریس واقع است، ایجاد کرد.



سنجه‌شناسان در آزمایشگاه‌های ملی وظیفه دارند این اطمینان را حاصل کنند که دستگاه‌های اندازه‌گیری ردیابی‌پذیر (نسبت به تعریف)، برای کسانی که بدان‌ها نیاز دارند، در دسترس است. زیرا شاخه‌هایی مانند سنجه‌شناسی مهندسی و سنجه‌شناسی قانونی، در خدمت نیازهای تخصصی صنعتی و تجارتی هستند. در آغاز، یکاهای پایه را با استانداردهای دست‌ساز تعریف می‌کردند. متر عبارت بود از فاصله‌ی بین دو خراش موازی که روی میله‌ی خاصی از

۱- metrology

(آلیاژ) پلاتین- ایریدیوم حک شده بود؛ کیلوگرم نیز با جرم استوانه‌ی خاصی از همان آلیاژ پلاتین- ایریدیوم تعریف می‌شد (که در واقع هنوز هم چنین است).

سنجه‌شناسان در دفتر بین‌المللی وزن‌ها و مقیاس‌ها (BIPM) از این استانداردهای دست‌ساز نسخه بدل‌هایی تهیه می‌کردند و در اختیار آزمایشگاه‌های ملی قرار می‌دادند، و برای تأمین ثبات آن‌ها نسبت به استانداردهای بین‌المللی دست به کار بررسی‌های ادواری می‌شدند. از جمله خدماتی که هنوز هم این دفتر ارائه می‌دهد، بازرسی یکای جرم است؛ زیرا کیلوگرم آخرین یکای اصلی است که همچنان به صورت استاندارد دست‌ساز تعریف می‌شود.

هر جسم دست‌ساز، هر قدر هم ماهرانه ساخته شده باشد، ممکن است دچار تغییر شود. با وجود این، برخی از کمّیت‌های فیزیکی را ثابت‌های طبیعت به شمار می‌آوریم. به طور تاریخی، در میان این کمیت‌ها، ثابت جهانی گرانش نیوتون از جمله‌ی اولین کمیت‌هایی بود که می‌بایستی اندازه‌گیری شود. مفاهیمی از فیزیک، که در نیمه اول قرن بیستم سر برآوردند، بسیاری از ثابت‌های بنیادی دیگر نظیر سرعت نور در خلأ c، بار الکترون e، جرم اتم کربن C^{12} و ثابت پلانک را به صورت اصل موضوع مطرح کردند. فیزیک‌دانان پیوسته این گونه اصل موضوع یا پیش‌بینی‌ها را با دقت‌های هر چه بیشتر می‌آزمایند و سنجه‌شناسی نیز با آن‌ها همکاری می‌کنند تا دقیق‌ترین استانداردها در دسترس قرار گیرند. سنجه‌شناسان هر وقت که بر معضلات دست‌یابی و ردیابی پذیری غلبه کرده‌اند، استانداردهای جدیدی بر پایه‌ی ثابت‌های بنیادی جانشین استانداردهای دست‌ساز شده است. مثلاً، اکنون متر عبارت است از فاصله‌ای که نور در خلأ در کسر مشخصی از ثانیه طی می‌کند و این از طریق طول موج لیزرهای پایدار ردیابی پذیر است. تعریف ثانیه دیگر مبتنی بر حرکت زمین نیست، بلکه اکنون از «ساعت‌هایی» به دست می‌آید که براساس ارتعاش اتم‌های سزیوم کار می‌کند.

فیزیک ۲

جدول ۱-۱ سه کمیت اصلی SI و یکاهای آن ها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
زمان	ثانیه	s
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg

شبیه‌سازی
- حرکت ماه به دور زمین
- شب و روز

بیش‌تر بدانید
- تشکیل فصل‌ها

مطالعه‌ی آزاد*

دو دستگاه یکای دیگر وجود دارد که همچنان با دستگاه SI رقابت می‌کنند. یکی دستگاه گاوسی است که بسیاری از رابطه‌های فیزیک در سطح‌های بالا بر حسب آن‌ها بیان می‌شود. در کتاب‌های مقدماتی فیزیک از این دستگاه استفاده نمی‌شود. دستگاه دیگر، دستگاه بریتانیایی است که هنوز در انگلستان و کشورهای تابعه‌ی آن و همچنین در ایالات متحده‌ی آمریکا به کار می‌رود. برخی از یکاهای اصلی دستگاه بریتانیایی عبارت‌اند از: طول(فوت)، نیرو(پوند)، و زمان(ثانیه). جالب است بدانید با وجود آن‌که پوند یکای نیروست، غالباً به عنوان یکای جرم نیز به کار می‌رود. به‌طوری که هر پوند را معادل ۰/۴۵۳۶ کیلوگرم می‌گیرند. همچنین هر فوت معادل ۰/۳۰۴۸ متر است.خلبان‌ها هنگام پرواز، ارتفاع هواپیما از سطح زمین را برحسب این یکا بیان می‌کنند.

۱-۲ استانداردهای زمان، طول و جرم

زمان: یکای زمان در SI ثانیه نام دارد که آن را با نماد s نمایش می‌دهند. برای تعیین یکای زمان و نیز ساخت وسیله‌ی اندازه‌گیری زمان همواره از پدیده‌های تکرار شونده استفاده می‌شود. حرکت زمین برای انسان ساعتی طبیعی بوده است. وقتی زمین به دور خورشید می‌چرخد، سال‌ها را می‌شمارد و وقتی به دور خود می‌چرخد (حرکت وضعی)، روزها را شمارش می‌کند. برای مدت طولانی حرکت وضعی زمین مبنایی برای تعیین یکای زمان بود. مطابق این مبنا، هر شبانه‌روز یعنی مدتی که زمین یک بار به دور محورش می‌چرخد به ۲۴ قسمت تقسیم شده و هر قسمت یک ساعت نام گرفته است. هر ساعت به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه به ۶۰ قسمت به نام ثانیه تقسیم شده است. به این ترتیب یکای زمان، $\frac{1}{86400}$ برابر مدتی که طول می‌کشد تا زمین یک بار به دور محور خود بچرخد، تعریف شد(شکل ۱-۲).

شکل ۱-۲ با چرخش همزمان زمین به دور خودش وخورشید روزها و فصل‌ها پدید می‌آید. شروع هرفصل در نیمکره شمالی در این شکل نشان داده شده است.

* این قسمت‌ها برای مطالعه‌ی بیش‌تر دانش‌آموزان است و نباید مورد ارزشیابی قرار گیرند.

راهنمای تدریس: با توجه به برنامه‌ی درسی کتاب، دانش‌آموزان ابتدا با کمیت اصلی زمان آشنا می‌شوند. با توجه به آنچه در کتاب آمده است، توصیه می‌شود ضمن آشنا کردن دانش آموزان با کمیت زمان، تعریف و یکای آن، درخصوص تعریف‌های قدیمی و جدید زمان نیز توجه دانش آموزان را به بحث‌های مطرح شده در کتاب جلب نمایید.

در جدول گستره‌ی تقریبی برخی از زمان‌های اندازه‌گیری شده آمده است که شناخت کمّی مناسبی از مفهوم زمان را برای دانش آموزان فراهم می‌نماید.

فعالیت ۱-۱

با توجه به این که سال ۱۳۵۹ کبیسه بوده است، تعداد روزها تا سوم خرداد ۱۳۶۱ برابر است با:

روز ۱۸۱ : سال ۱۳۵۹

روز ۳۶۵ : سال ۱۳۶۰

روز ۶۵ : سال ۱۳۶۱

به این ترتیب بازه‌ی زمانی جنگ تحمیلی تا آزادسازی خرمشهر برابر است با:

$D = ۱۸۱ + ۳۶۵ + ۶۵ = ۶۱۱$ روز

با توجه به جدول ۱-۲ داریم:

$D = ۶۱۱ \times ۸/۶ \times ۱۰^{۴}$ ثانیه ≈ ۵۲۵۴۶۰۰۰ ثانیه

ادامه‌ی راهنمای تدریس: پس از انجام فعالیت ۱-۱، به قسمت نمادگذاری علمی، که در یادداشت ریاضی آمده است، بپردازید و آن‌را با توجه به مطالبی که در این قسمت مورد انتظار بوده تدریس کنید. با این توضیح که انتظار می‌رود دانش آموزان در دوره‌ی راهنمایی و هم‌چنین در سال اول متوسطه به اندازه‌ی کافی با شیوه‌ی نوشتن اعداد به صورت نمایی آشنا شده باشند.

مانستن

مفهوم زمان

مفهوم زمان با ایده‌ی تغییرات مداوم و مکرری که در دنیای فیزیکی صورت می‌گیرد، ارتباط دارد. تغییر (و تغییر مکرر) را آشکارا می‌بینیم. بدن هر انسانی به پیری می‌گراید، در عین حال نسل‌های جدیدی به دنیا می‌آیند و آن‌ها هم پیر می‌شوند. خورشید هر روز صبح طلوع می‌کند، فصل‌ها تغییر می‌کنند و تکرار می‌شوند. قلب ما با آهنگی نسبتاً ثابت می‌تپد و ما به ساعتی روان‌شناختی و داخلی مجهز هستیم که با استفاده از آن می‌توانیم به تند و کند بودن ضربان قلب پی ببریم. گالیله متوجه شد که آهنگ رفت و برگشت آونگ‌هایی که در حال تاب خوردن هستند ثابت است. او با شمارش ضربان نبض خود این نکته را به اثبات رساند. ساعت آونگی، برای مدت زمانی، یکی از پایدارترین روش‌های اندازه‌گیری زمان محسوب می‌شد. تا چندی پیش، از چرخش (یا حرکت وضعی) زمین به عنوان مبنا برای اندازه‌گیری زمان استفاده می‌شد و هم‌چنین پایدارترین ساعت‌های آونگی در اندازه‌گیری زمان با پایداری چرخش زمین قابل مقایسه‌اند. قبل از اختراع ساعت قابل حمل (مثل ساعت مچی) تعیین وقت بسیار دقیق نبود و برنامه‌های کاری با الفاظی مانند سپیده‌دم، وسط روز، ظهر و از این قبیل تنظیم می‌شد. (ادامه‌ی مطلب را در سی‌دی ضمیمه بخوانید).

دانستنی

آشنایی با ساعت‌های اتمی

در ساعت‌های اتمی برای سنجش زمان از تشدیدهای طبیعی درون اتم‌ها (یا مولکول‌ها) استفاده می‌شود. این «نوسانگرهای کوانتوم مکانیکی» نسبت به شرایط محیطی مانند دما، فشار، رطوبت، ارتعاش، شتاب و نظیر آن‌ها حساسیت بسیار کمتری دارند تا نوسانگرهای بزرگ- مقیاسی همچون آونگ‌ها و بلورهای کوارتز.

حاصل این حساسیت کمتر این است که ساعت‌های اتمی پایدارترین و دقیق‌ترین ساعت‌هایی هستند که بشر تاکنون شناخته است (ادامه‌ی مطلب را در سی‌دی ضمیمه بخوانید).

اساس عملکرد

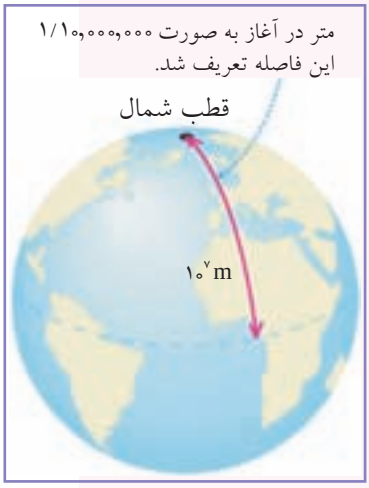
ساعت‌های اتمی و استانداردهای بسامد اتمی (ساعت همان مولد بسامد ثابت است که شمارگری به آن افزوده شده است) براساس گذارهای بین دو تراز انرژی در اتم یا مولکول کار می‌کنند. بسامد f متناظر با گذار، از معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$hf = |E_1 - E_2|$$

که در آن E_1 و E_2 انرژی‌های مربوط به دو تراز مورد نظر و h ثابت پلانک است. اتم «هیدروژن گونه»، که اساس کار ساعت‌های اتمی است، به صورت الکترون در حال گردش به دور هسته قابل تصور است.

طول

راهنمای تدریس: پیش از تعریف جدید متر در SI بهتر است مطلب را با تعریف قدیمی‌متر، که به سال ۱۷۹۱ میلادی باز می‌گردد، آغاز کنید. بنابراین تعریف فاصله‌ی بین قطب شمال تا استوا به طور دقیق 10^7 متر تعریف شد (شکل ۱). این فاصله با استفاده از تعریف جدید متر حدود ۰/۰۲ درصد بیش از 10^7 متر است!



متر در آغاز به صورت ۱/۱۰،۰۰۰،۰۰۰ این فاصله تعریف شد.

شکل ۱

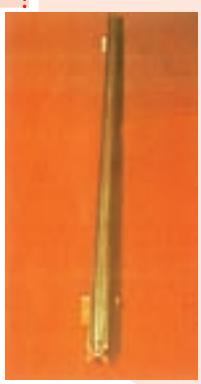
فیزیک ۲

یادداشت ریاضی

نمادگذاری علمی: از آن‌جایی‌که در برخی از اندازه‌گیری‌ها با عددهای بسیار بزرگ و بسیار کوچک سروکار داریم، لذا برای بیان این عددها، به طوری که خواندن و نوشتن آن‌ها آسان باشد، از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم. برای مثال شعاع زمین حدود $6400\,km$ یعنی برابر $6400000\,m$ است. یا جرم یک گلبول قرمز برابر $0/000000000000009\,kg$ است. بدیهی است نوشتن و خواندن این‌گونه عددها دشوار است و موجب اشتباه نیز می‌شود. در نمادگذاری علمی هر مقدار را به صورت حاصل‌ضرب عددی بین ۱ و ۱۰ و توان صحیحی از ۱۰ می‌نویسند. برای مثال شعاع زمین به صورت $6/4\times10^6\,m$ و جرم یک گلبول قرمز به صورت $9\times10^{-14}\,kg$ نوشته می‌شود. توجه کنید که در مورد عددهای اعشاری به تعداد شماره‌هایی که ممیز به جلو آورده می‌شود، برای ده توان منفی گذاشته می‌شود.

طول: یکای طول در SI متر نام دارد که آن را با نماد m نمایش می‌دهند. بنابر آخرین تعریف مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها در سال ۱۳۶۲ (هـ. ش)، یک متر برابر فاصله‌ای است که نور در بازه‌ی زمانی $\frac{1}{299792458}$ ثانیه، در خلأ می‌پیماید. این تعریف بسیار تخصصی (که لازم نیست آن را از بر کنید!) برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق طول به کار می‌رود. شکل ۱-۴ میله‌ی استاندارد طول را نشان می‌دهد.

وقتی طول‌هایی را اندازه می‌گیریم که از یک متر خیلی بزرگ‌تر یا خیلی کوچک‌ترند، معمولاً یکاهایی را به کار می‌بریم که ده‌ها بار از متر بزرگ‌تر یا کوچک‌ترند. برای مثال، ضخامت یک ورقه‌ی کاغذ، اگر بر حسب میلی‌متر بیان شود بسیار مناسب‌تر است تا بر حسب متر. در جدول ۱-۳ برخی از یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر از متر آمده است و جدول ۱-۴ گستره‌ی برخی از طول‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴ میله‌ی استاندارد طول از جنس پلاتین ـ ایریدیم که در موزه ای نزدیک پاریس نگهداری می‌شود.

۱۶

در ادامه توجه دانش آموزان را به تعریف جدید متر و همچنین شکل ۱-۴ و جدول‌های ۱-۳ و ۱-۴ جلب نمایید.

جدول ۱-۳ برخی از یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر از متر

یکا	بر حسب متر (m)
۱ کیلومتر (km)	10^{3} یا ۱۰۰۰
۱ سانتی‌متر (cm)	10^{-2} یا ۰/۰۱
۱ میلی‌متر(mm)	10^{-3} یا ۰/۰۰۱
۱ میکرومتر (μm)	10^{-6} یا ۰/۰۰۰۰۰۱
۱ نانومتر (nm)	10^{-9} یا ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱

بیش‌تر بدانید
- وسایل اندازه‌گیری

جدول ۱-۴ گستره‌ی برخی از طول‌های اندازه‌گیری شده

اندازه‌گیری	طول (m)
فاصله‌ی منظومه شمسی تا کهکشان امرأالمسلسله	2×10^{22}
شعاع کهکشان راه شیری	6×10^{19}
فاصله تا نزدیک‌ترین ستاره (پروکسیما سنتوری)	4×10^{16}
شعاع خورشید	7×10^{8}
شعاع زمین	6×10^{6}
ارتفاع قله‌ی اورست	9×10^{3}
ضخامت صفحه‌ی این کتاب	1×10^{-4}
اندازه‌ی یک ویروس	1×10^{-6}
شعاع اتم هیدروژن	5×10^{-11}

شبیه‌سازی
- آشنایی با کولیس
- آشنایی با ریز سنج
- آشنایی با عمق‌سنج
- از مقیاس‌های بزرگ تا مقیاس‌های ریز

مثال ۱-۱

میکرومتر (μm) اغلب میکرون نامیده می‌شود. با توجه به جدول‌های ۱-۳ و ۱-۴، اندازه‌ی یک ویروس چند میکرون است؟

حل: با توجه به جدول ۱-۳، هر میکرومتر یا میکرون برابر 10^{-6} m است، بنابراین، با توجه به جدول ۱-۴ اندازه‌ی یک ویروس ۱ μm یا یک میکرون است.

فعالیت ۱-۲

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع ۱۰۴ cm و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. حساب کنید قطر زمین تقریباً چند ذرع و چند فرسنگ است؟ قطر متوسط زمین را ۱۲۸۰۰ km بگیرید (شکل ۱-۵).

شکل ۱-۵

مطالعه‌ی آزاد

خطا در اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف مانند طول، جرم، زمان و غیره هیچ‌گاه نمی‌توان اندازه‌ی واقعی را به دست آورد. زیرا در هنگام اندازه‌گیری دچار خطاهایی می‌شویم. با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری می‌توان مقدار خطا را کاهش داد، اما اندازه‌ی آن به صفر نمی‌رسد. توجه به این نکته ضروری است که در نوشتن یا بیان نتیجه‌های حاصل از اندازه‌گیری باید رقمهایی را که خارج از حدود دقت ابزار اندازه‌گیری است حذف کرد. اگر به کمک خط‌کشی که دقت آن تا میلی‌متر است طول و عرض مستطیلی را به ترتیب a=۳/۶ cm و b=۲/۴ cm اندازه‌گیری شده باشد مساحت مستطیل با توجه به رابطه‌ی A=ab برابر $8/64\ cm^2$ می‌شود. اما با توجه به این‌که دقت ابزار اندازه‌گیری ما، یعنی خط‌کش، تنها تا میلی‌متر بوده است لذا باید گفت مساحت مستطیل $A=8/6\ cm^2$ است. به عبارت دیگر وقتی مساحت A را برابر $8/64\ cm^2$ گزارش می‌دهیم، نتیجه را با دقتی بیان کرده‌ایم که ابزار اندازه‌گیری ما فاقد آن دقت بوده است.

فعالیت ۱-۲

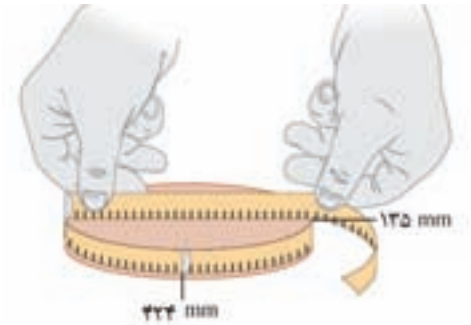
دانش آموزان، با توجه به تبدیل یکای متر به ذرع و فرسنگ، به سادگی می‌توانند پاسخ این فعالیت را به دست آورند. پاسخ مورد انتظار به شرح زیر است:

$$\text{قطر زمین بر حسب ذرع} = \frac{۱۲۸۰۰\times10^{3}\,m}{۱/۰۴\,m} \approx ۱۲۳\times10^{5} \qquad \text{ذرع}$$

$$\text{قطر زمین بر حسب فرسنگ} = \frac{۱۲۳\times10^{5}}{۶۰۰۰} = ۲۰۵۰ \qquad \text{فرسنگ}$$

فعالیت پیشنهادی

به منظور آشنایی با کاربرد مفهوم طول از دانش آموزان بخواهید که مقدار π را، نسبت محیط دایره به قطرش، بررسی کنند. مقدار واقعی این نسبت تا ده رقم اعشـار برابر است با ۳/۱۴۱۵۹۲۶۵۴. برای آزمون این عدد، دانش آموزان می‌توانند دایره‌ی بزرگی رسـم کننـد و به کمک یک متر نواری محیط و قطر آن را تـا نزدیک‌ترین میلـی متر اندازه بگیرند. توجه دانـش آموزان را به این نکته‌ی مهم نیز جلب نمایید که دقت اندازه‌گیری آن‌ها تا سـه رقم با معناست. شکل ۲ این موضوع را برای دو عدد فرضی نشان داده است.



شکل ۲ ـ مقدارهای اندازه‌گیری شده تنها سه رقم با معنا دارند. بنابراین نسبت محاسبه شده‌ی آن‌ها (π) نیز دارای سه رقم با معنا است.

جرم

راهنمای تدریـس: کیلوگرم تنها یکای اندازه‌گیری‌ای اسـت که هنوز با جسـمی فیزیکی (قطعـه‌ای از آلیاژ پلاتین ـ ایریدیـم با ۹۰ درصد پلاتیـن و ۱۰ درصـد ایریدیم) تعریف می‌شود. امروزه پژوهشگران می‌کوشـند روشی برای تعریف کیلوگرم برحسـب ثابت‌های طبیعت بیابند. هنگام تدریس این قسـمت، ضمن اشـاره به مطلب کتاب درسـی و جلب توجه دانش‌آموزان به جدول ۱-۵ و شـکل ۱-۶، این موضوع را نیز برای آن‌ها مطرح نمایید.

فصل اول / اندازه‌گیری ویژگی‌ها

جـرم: یکای جرم در SI کیلوگرم نام دارد که آن را با نماد kg نمایش می‌دهند. اسـتاندارد جرم در SI، جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین- ایریدیم است که در سازمان بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها در نزدیکی پاریس نگه‌داری می‌شـود (شکل ۱-۶). در جدول ۱-۵ گستره‌ی برخی از جرم‌های اندازه‌گیری شده آمده است.

شکل ۱-۶ استوانه‌ی استاندارد جرم از جنس پلاتین ـ ایریدیم که در موزه‌ای نزدیک پاریس نگه‌داری می‌شود.

جدول ۱-۵ گستره‌ی برخی از جرم‌های اندازه‌گیری شده

جسم	جرم (kg)
کهکشان راه شیری	۲×۱۰^{۴۱}
خورشید	۲×۱۰^{۳۰}
زمین	۶×۱۰^{۲۴}
ماه	۷×۱۰^{۲۲}
فیل (معمولی)	۵×۱۰^{۳}
انسان (معمولی)	۶×۱۰^{۱}
حبه‌ی انگور	۳×۱۰^{-۳}
ذره‌ی خاک	۷×۱۰^{-۱۰}
ویروس	۱×۱۰^{-۱۵}
پروتون	۲×۱۰^{-۲۷}
الکترون	۹×۱۰^{-۳۱}

فعالیت عملی
- آشنایی با برخی از وسایل اندازه‌گیری

شبیه‌سازی
- تبدیل یکاها
- از مقیاس‌های بزرگ تا مقیاس‌های کوچک

۱۹

فعالیت ۱-۳

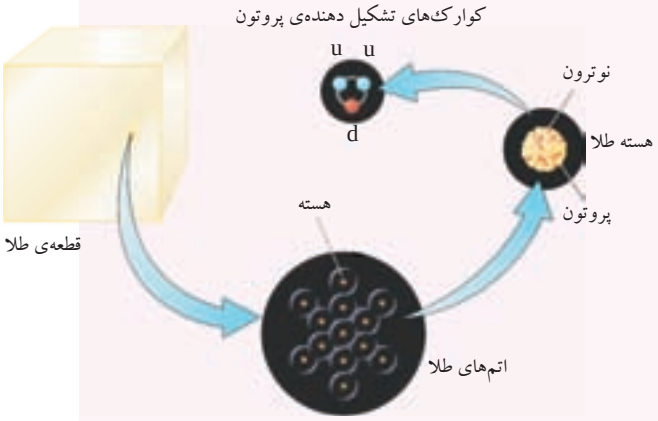
ابتدا باید همه‌ی یکاهای ذکر شده را برحسب مثقال به‌دست آوریم، سـپس هر کدام را در عدد ۴/۸۶ ضرب نماییم تا عدد حاصل برحسب گرم باشد. برای مثال داریم:

۱ من تبریز = ۶۴۰ مثقال = ۶۴۰ × ۴/۸۶ گرم = ۳۱۱۰/۴ گرم

$$۱ \text{ گندم} = \frac{۱ \text{ مثقال}}{۹۶} = \frac{۴/۸۶ \text{ گرم}}{۹۶} \approx ۰/۰۵ \text{ گرم}$$

صحت و دقت

هدف بیشتر پژوهش‌های علمی، به دست آوردن تخمین و برآوردی از مقدار کمّیت مورد نظر است. این کار ممکن است تا حد تعیین دمای جوش مایع برای هر کسی آشنا باشد، یا در حد تعیین فاصله تا کهکشانی دور افتاده دور از ذهن باشد. پاسخی که می‌گیریم، هرگز پاسخی کامل و بی‌نقص نیست. مقدار عدد به دست آمده همیشه با عدم قطعیت‌هایی همراه است. (ادامه‌ی مطلب را در سی‌دی ضمیمه بخوانید).



۱-۳ کمیت‌های فیزیکی

راهنمای تدریس: این بخش تکمیل کننده‌ی مباحث بخش قبلی است و انتظار می‌رود دانش آموز در این بخش بتواند تمایز درستی بین کمّیت‌های اصلی و کمّیت‌های فرعی در فیزیک کسب نماید. از آنجا که دانش آموزان پیش از این با بحث‌های مطرح شده در این بخش کم و بیش آشنایی دارند توصیه می‌شود با حل مثال‌های مختلف به تعمیق یادگیری آن‌ها کمک نمایید.

فیزیک ۲

فعالیت ۱-۳

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

۱ خروار= ۱۰۰ من تبریز

۱ من تبریز= ۴۰ سیر= ۶۴۰ مثقال

۱ مثقال= ۲۴ نخود= ۹۶ گندم

با توجه به این‌که هر مثقال معادل ۴/۸۶ گرم است، هر کدام از این یکاها را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

این فعالیت را در خانه و به کمک دیگر اعضای خانواده‌ی خود انجام دهید و گزارشی از آن تهیه کنید و به کلاس درس ارایه دهید.

ترازوی حکمت

ترازوی حکمت یکی از جالب ترین وسایل ساخته شده به وسیله ی دانشمندان اسلامی به شمارمی رود. شواهد نشان می‌دهند که این ترازو در اواخر قرن پنجم یا اوایل قرن ششم هجری قمری توسط عبدالرحمان خازنی ساخته شده است. برخلاف شناخت امروزین ما از ترازو که با شنیدن نام آن، وسیله‌ای با یک یا دو کفه را مجسم می‌نماییم، ترازوی حکمت (میزان الحکمه) از هفت کفه تشکیل شده بوده است. این کفه‌ها در عین آن که پیچیدگی بسیاری به این وسیله می داده اند، باعث می‌شده‌اند دقت وسیله در سنجش اوزان بالا رود به طوری که امروز ثابت شده است با ترازوی حکمت می‌توان جرم اجسام را تا دقت یک دهم گرم تعیین کرد.

۱-۳ کمیت‌های فیزیکی

برای بررسی و مطالعه‌ی پدیده‌های فیزیکی به طور کمّی، از یک دسته کمیت‌های فیزیکی استفاده می‌کنیم، به‌طوری‌که علم فیزیک مبتنی بر اندازه‌گیری این کمیت‌هاست.

کمیت‌های اصلی: به کمیت‌هایی که به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری باشند، کمیت‌های اصلی گفته می‌شود. همان‌طور که دیدیم زمان، طول و جرم از جمله کمیت‌های اصلی در SI هستند که می‌توان آن‌ها را به طور مستقیم اندازه گرفت.

کمیت‌های فرعی: برای اندازه‌گیری تعداد بسیار زیادی از کمیت‌ها در فیزیک باید از رابطه‌هایی که بین کمیت‌ها وجود دارد استفاده کنیم و به‌طور غیر مستقیم کمیت موردنظر را اندازه بگیریم. به کمیت‌هایی که روشی مستقیم برای اندازه‌گیری آن‌ها وجود ندارد، کمیت‌های فرعی گفته می‌شود. برای مثال درعلوم دوره‌ی راهنمایی دیدیم اگر بخواهیم سرعت متوسط دوچرخه‌سواری را حساب کنیم(شکل ۱-۷)، باید فاصله‌ی طی شده را بر زمانی که این مسافت طی می‌شود تقسیم کنیم و مقدار سرعت متوسط دوچرخه سوار را به دست

شکل ۱-۷ دوچرخه سوار طی زمان معینی فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی A و B را طی کرده است.

۲۰

فعالیت ۱-۴

یک روش مورد انتظار برای دست‌یابی به نتیجه‌ی این فعالیت آن است که قطعه‌ی سنگی درون ظرفی پر آب انداخته شود و با توجه به تغییر حجم آب، حجم سنگ را اندازه بگیرند.

تمرین‌های پیشنهادی

۱- رکورد رسمی جهانی سرعت روی زمین $۱۲۲۸/۰\,km/h$ است که در ۲۴ مهرماه سال ۱۳۷۶ توسط اندی گرین با اتومبیلی مجهز به موتور جت به دست آمد. این سرعت را برحسب متر بر ثانیه بیان کنید.

حل: با توجه به این که $۱km = ۱۰۰۰m$ و $۱h = ۳۶۰۰s$ است داریم:

$$۱۲۲۸/۰\ km/h = \left(۱۲۲۸/۰\times ۱۰^{۳}\frac{m}{h}\right)\left(\frac{۱h}{۳۶۰۰s}\right) = ۳۴۱/۱۱\ m/s$$

یادآوری این نکته مفید است که سرعت قدم زدن حدود $۱\ m/s$ است و در مقایسه، سرعت $۳۴۱\ m/s$ به واقع سریع است!

۲- بزرگ‌ترین قطعه‌ی الماس بریده شده در جهان «اولین ستاره‌ی افریقا» نام دارد (که بر عصای سلطنتی بریتانیا نصب شده است و در برج لندن نگه‌داری می‌شود). حجم آن $۳۰/۲cm^{۳}$ است. حجم این قطعه برحسب متر مکعب چه‌قدر است؟

حل: از آنجا که $۱cm = ۱۰^{-۲}m$ است، داریم:

$$۳۰/۲cm^{۳} = (۳۰/۲cm^{۳})\left(\frac{۱۰^{-۲}m}{۱cm}\right)^{۳}$$

$$= (۳۰/۲)(۱۰^{-۲})^{۳}\frac{\cancel{cm^{۳}}\ m^{۳}}{\cancel{cm^{۳}}} = ۳۰/۲\times ۱۰^{-۶}\ m^{۳} = ۳/۰۲\times ۱۰^{-۵}\ m^{۳}$$

۳- چند نانوثانیه طول می‌کشد تا نور $۱\ m$ را در خلأ بپیماید؟

حل: با توجه به تعریف جدید متر، یک متر فاصله‌ای است که نور در $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ می‌پیماید. بنابراین داریم:

$$\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}(s)\left(\frac{۱ns}{۱ns}\right) = \frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}(\cancel{s})\frac{(۱ns)}{(۱۰^{-۹}\cancel{s})} = \frac{۱۰^{۹}}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}ns = ۳/۳۳\ ns$$

به این ترتیب نور در هر $۳/۳۳\ ns$ به اندازه‌ی $۱m$ در خلأ می‌پیماید.

۴- یک میلیارد ثانیه‌ی دیگر شما چند سال مسن‌تر خواهید بود؟ (فرض کنید که هر سال ۳۶۵ روز است).

حل: با توجه به جدول هر سال $۳/۱\times ۱۰^{۷}$ ثانیه است.

از طرفی یک میلیارد ثانیه برابر $۱۰^{۹}$ s است. بنابراین:

$$\frac{۱۰^{۹}\ \text{ثانیه}}{۳/۱\times۱۰^{۷}\ (\text{سال/ثانیه})} = ۳۲/۲۵\ \text{سال}$$

۵- نیم عمر یک هسته‌ی پرتوزا (رادیواکتیو) $۱/۵\times۱۰^{-۸}$ s است. این نیم عمر برحسب میلی ثانیه (ms)، میکروثانیه (μs)، نانوثانیه (ns)، و دقیقه (min) چه‌قدر است؟

حل:

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s}\left(\frac{۱\ \text{ms}}{۱۰^{-۳}\ \text{s}}\right) = ۱/۵\times۱۰^{-۵}\ \text{ms}$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s}\left(\frac{۱\ \mu\text{s}}{۱۰^{-۶}\ \text{s}}\right) = ۱/۵\times۱۰^{-۲}\ \mu\text{s}$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s}\left(\frac{۱\ \text{ns}}{۱۰^{-۹}\ \text{s}}\right) = ۱۵\ \text{ns}$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}\ \text{s}\left(\frac{۱\ \text{min}}{۶۰\ \text{s}}\right) = ۲/۵\times۱۰^{-۱۰}\ \text{min}$$

۱-۴ کمیت‌های نرده‌ای و برداری

راهنمای تدریس: هدف اصلی این بخش توجه دانش‌آموزان به تفاوت کمّیت‌های نرده‌ای و برداری است و همچنین این که قادر شوند برایند بردارهای هم راستا و عمود بر یکدیگر را محاسبه نمایند. توجه کنید که تأکید می‌شود در این بخش برایند بردارهای زاویه‌دار (به جز $\theta = ۹۰^{\circ}$) مورد بررسی قرار نگیرد و چنانچه در مسئله‌ای به برایند این گونه بردارها نیاز باشد صرفاً باید به کمک خط‌کش، برایند دو بردار زاویه‌دار محاسبه گردد.

نکته‌ی مهمی که لازم است دانش آموزان هنگام جمع کمّیت‌های نرده‌ای یا برداری به آن توجه کنند این است که نباید هنگام جمع این کمّیت‌ها آن‌ها را مخلوط نمایند! برای توضیح این مطلب چند مثال ذکر می‌شود.

فصل اول/ اندازه‌گیری وبردارها

آوریم.به این ترتیب یکای سرعت متوسط از تقسیم دو یکای اصلی به دست می‌آید ودر SI یکای آن متر بر ثانیه (m/s) است. مساحت و حجم از کمیت‌های فرعی دیگری هستند که پیش از این با چگونگی اندازه‌گیری یا محاسبه‌ی آن‌ها آشنا شده‌اید. همان‌طور که به یاد دارید برای محاسبه‌ی مساحت سطح یک جسم که شکل هندسی منظم دارد، می‌توانیم از رابطه‌ی مربوط به مساحت آن سطح استفاده کنیم. مثلاً مساحت مستطیلی به ضلع‌های a و b برابر $A=ab$ و مساحت یک قرص دایره‌ای به شعاع R برابر $A=\pi R^{۲}$ است. اما شکل سطح هرچه باشد، واحد مساحت در SI متر مربع است که به صورت $m^{۲}$ نوشته می‌شود(شکل ۱-۸). سانتی‌متر مربع $cm^{۲}$ واحد دیگری برای مساحت است که به صورت زیر با متر مربع رابطه دارد:

$$۱m^{۲}=۱۰۰\ cm\times۱۰۰\ cm=۱۰^{۴}cm^{۲}$$

همچنین به یاد دارید که حجم یک مکعب مستطیل به ابعاد a و b و c برابر $v=abc$ است. یکای حجم در SI متر مکعب است که به صورت $m^{۳}$ نوشته می‌شود. یکاهای دسی‌متر مکعب (لیتر) و سانتی متر مکعب، یکاهای کوچک‌تر از متر مکعب‌اند که به صورت زیر با یکدیگر رابطه دارند:

$$۱m^{۳}=۱۰^{۳}\ lit=۱۰^{۶}cm^{۳}$$

a
$A=a^{۲}$
a
a
$A=ab$
b
r
$A=\pi R^{۲}$

شکل ۱-۸ مساحت چند شکل منظم

فعالیت ۱-۴

مطابق شکل ۱-۹ قطعه‌ای سنگ به شکل نامنظم در اختیار داریم. آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان حجم این قطعه سنگ را اندازه گرفت.

شکل ۱-۹

۱-۴ کمیت‌های نرده‌ای و برداری

در بخش قبل دیدیم که برخی از کمیت‌های فیزیکی مانند جرم، زمان و طول را که در SI کمیت‌های اصلی نامیده می‌شوند می‌توان به‌طور مستقیم اندازه گرفت. همچنین تعداد بسیاری دیگر از کمیت‌ها مانند حجم، سرعت، نیرو، انرژی، توان و ... را که در SI کمیت‌های فرعی نامیده می‌شوند تنها به‌طور غیرمستقیم قابل اندازه‌گیری هستند. به این ترتیب کمیت‌های فیزیکی با توجه به چگونگی اندازه‌گیری آن‌ها،که می‌تواند مستقیم یا غیرمستقیم باشد، به کمیت‌های اصلی و فرعی رده‌بندی می‌شوند. از سوی دیگر کمیت‌های فیزیکی به دو نوع **نرده‌ای و برداری** نیز تقسیم می‌شوندکه در ادامه با این تقسیم‌بندی بیش‌تر آشنا خواهیم شد.

۲۱

برای مثال نمی‌توان تعداد ۲ سیب را با ۳ پرتقال جمع نمود. همچنین برای کمیت‌های برداری مانند جابه‌جایی و سرعت نیز این موضوع مصداق دارد.

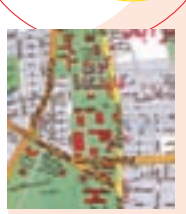
نمی‌توان بردار جابه‌جایی را با بردار سرعت یا بردار نیرو را با بردار شتاب جمع نمود. لازم است این موضوع هنگام جمع کردن آن‌ها به منزله‌ی ویژگی مهم کمّیت‌های نرده‌ای و برداری مورد توجه قرار گیرد.

دانش آموزان انواع مختلف بردارها را روی یک نمودار نشان دهند و از آن‌ها بخواهید از رنگ‌های مختلف یا روش‌های دیگری که تشخیص آن‌ها را میسر سازد استفاده کنند.

کمیت‌های نرده‌ای: کمیت‌هایی مانند جرم یک جسم، تعداد صفحه‌های یک کتاب، حجم یک استخر، مساحت حیاط مدرسه‌ی شما، زمان اذان مغرب در روز معینی از سال در یک محل خاص، طول قد شما و نظایر آن که تنها با یک عدد و یکای مشخص می‌شوند، کمیت‌های نرده‌ای (عددی) نامیده می‌شوند.

جمع، تفریق، تقسیم و دیگر محاسبه‌های ریاضی کمیت‌های نرده‌ای، از قاعده‌های متداول در ریاضی پیروی می‌کنند. به‌طور مثال اگر یک لیتر آب را در ظرفی که دو لیتر آب دارد بریزیم، سه لیتر آب در ظرف خواهیم داشت:

۳ لیتر = ۲ لیتر + ۱ لیتر

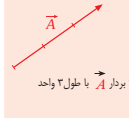


شکل ۱-۱۰

کمیت‌های برداری: فرض کنید از دانش‌آموزی پرسیده شود که فاصله‌ی خانه تا مدرسه‌اش چقدر است؟ و او بگوید «۱۲۵۰ متر». آیا با این پاسخ می‌توان با پیمودن یک مسیر دلخواه به مسافت ۱۲۵۰ متر از خانه‌ی او به مدرسه‌اش رسید؟ آشکار است که پاسخ منفی است، زیرا نقطه‌های زیادی هستند که فاصله‌ی آن‌ها از خانه‌ی او ۱۲۵۰ متر است(شکل ۱-۱۰). بنابراین موقعیت مدرسه نسبت به خانه را نمی‌توان تنها با یک عدد بیان کرد. بلکه باید جهتی را هم، مثلاً جنوب غربی، بر آن عدد اضافه کرد.

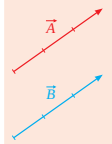
در فیزیک کمیت‌هایی وجود دارد که افزون بر مقدار یا اندازه، دارای جهت نیز هستند و جمع آن‌ها نیز از قاعده‌های معینی پیروی می‌کند. به این کمیت‌ها، کمیت‌های برداری گفته می‌شود. جابه‌جایی، سرعت، شتاب و نیرو از جمله کمیت‌های برداری هستند که در فصل‌های بعدی با آن‌ها بیش‌تر آشنا خواهیم شد.

برای نشان دادن هر بردار دلخواهی مانند بردار $\vec{A}$، از خط جهت‌داری استفاده می‌کنیم که طول آن خط، اندازه‌ی بردار و جهت آن، جهت بردار را نشان می‌دهد(شکل ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱ بردار $\vec{A}$ با طول ۳ واحد

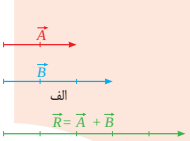
در صورتی که اندازه و جهت دو بردار مطابق شکل ۱-۱۲ یکسان باشد، دو بردار را مساوی می‌نامند و می‌توان نوشت $\vec{A} = \vec{B}$.



شکل ۱-۱۲ دو بردار مساوی $\vec{A}$ و $\vec{B}$ که جهت یکسان و بزرگی برابری دارند.

جمع بردارها: در این‌جا تنها جمع بردارها را برای دو حالت خاص که بردارها هم‌راستا یا عمود بر هم باشند بررسی خواهیم کرد.

در صورتی که دو بردار در یک راستا باشند افزون بر بزرگی آن‌ها، به جهت آن‌ها نیز باید توجه کنیم. شکل ۱-۱۳ الف دو بردار موازی هم جهت $\vec{A}$ و $\vec{B}$ را نشان می‌دهد که بزرگی آن‌ها به ترتیب ۲ و ۳ واحد است. بردار $\vec{R}$ در شکل ۱-۱۳ ب جمع این دو بردار را نشان می‌دهد که بزرگی

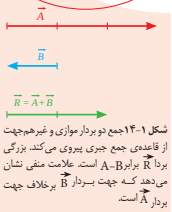


شکل ۱-۱۳ جمع دو بردار موازی و هم‌جهت از قاعده‌ی جمع معمولی پیروی می‌کند.

آن برابر ۵ واحد و در جهت بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$ است.

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

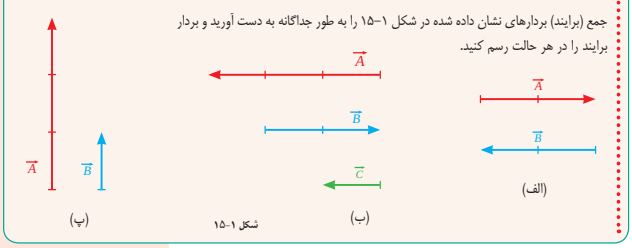
شکل ۱-۱۴ الف دو بردار موازی و غیر هم‌جهت $\vec{A}$ و $\vec{B}$ را نشان می‌دهد که بزرگی آن‌ها به ترتیب ۳ و ۱ واحد است. بردار $\vec{R}$ در شکل ۱-۴ ب، جمع این دو بردار را نشان می‌دهد که بزرگی آن برابر ۲ واحد و در جهت بردار بزرگ‌تر، یعنی بردار $\vec{A}$ است. معمولاً $\vec{R}$ را، بردار برایند $\vec{A}$ و $\vec{B}$ نیز می‌نامند.



شکل ۱-۱۴ جمع دو بردار موازی و غیرهم‌جهت از قاعده‌ی جمع جبری پیروی می‌کند. بزرگی بردا $\vec{R}$ برابر A−B است. علامت منفی نشان می‌دهد که جهت بردار $\vec{B}$ برخلاف جهت بردار $\vec{A}$ است.

تمرین ۱-۱

جمع (برایند) بردارهای نشان داده شده در شکل ۱-۱۵ را به طور جداگانه به دست آورید و بردار برایند را در هر حالت رسم کنید.

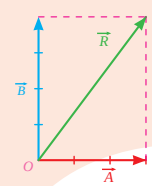


شکل ۱-۱۵

در حالت‌های خاص دیگری که دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بر هم عمود باشند، اندازه‌ی برایند آن‌ها $\vec{R}$، به سادگی و از طریق محاسبه به دست می‌آید. همان‌طور که در شکل ۱-۱۶ نشان داده شده است برای به دست آوردن برایند دو بردار عمود بر هم $\vec{A}$ و $\vec{B}$، ابتدا آن‌ها را از نقطه‌ی مشترک O رسم کرده و سپس از انتهای دو بردار خط‌چین‌هایی موازی هر بردار رسم می‌کنیم. برداری که از نقطه‌ی O به محل برخورد این دو خط‌چین رسم می‌شود، برایند $\vec{R}$، دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ است. به این ترتیب داریم:

$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$، که اندازه‌ی بردار برایند $\vec{R}$ طبق قضیه‌ی فیثاغورس برابر است با:

$$R^2 = A^2 + B^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow R = \sqrt{25} = 5 \text{ واحد}$$

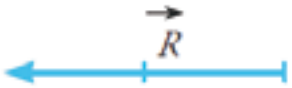


شکل ۱-۱۶

تمرین ۱-۱

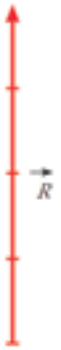
الف) دوبردار هم راستا، هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند. بنابراین برایند این دو بردار صفر است.

ب) برایند بردارهای هم جهت $\vec{A}$ و $\vec{C}$ برابر ۴ واحد به طرف چپ است که پس از جمع با بردار $\vec{B}$ برابر برداری به طول ۲ واحد به طرف چپ خواهد بود. (شکل ۳)

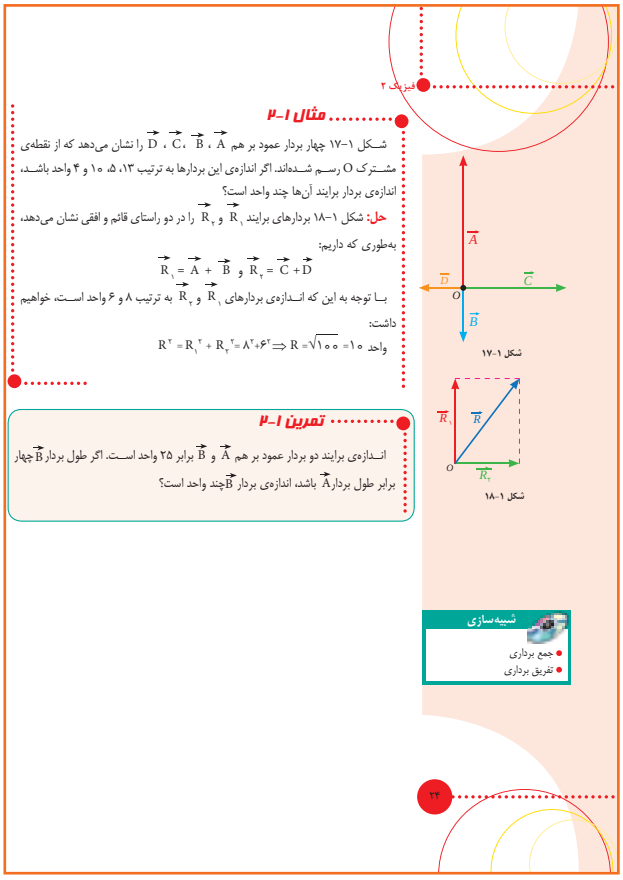


شکل ۳

پ) برایند دو بردار موازی و هم جهت برابر جمع جبری آن‌ها و برابر ۴ واحد است. (شکل ۴)



شکل ۴



تمرین ۱-۲

با توجه به صورت مسئله، داریم:

$$A^2 + B^2 = 25 \quad \text{و} \quad A = \frac{1}{4}B$$

در نتیجه با جای گذاری A در رابطه‌ی اول داریم:

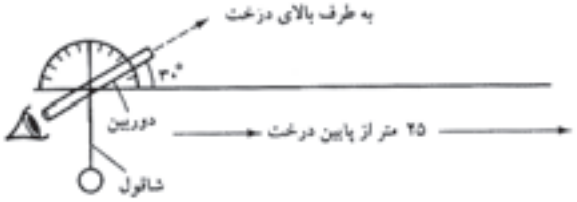
$$\frac{1}{16}B^2 + B^2 = 25 \Rightarrow \frac{17}{16}B^2 = 25 \Rightarrow B = \frac{4 \times 5}{\sqrt{17}} = \frac{20}{\sqrt{17}} \text{ واحد}$$

در صورت گویا کردن مخرج کسر داریم:

$$B = \frac{20\sqrt{17}}{17} \text{ واحد}$$

فعالیت پیشنهادی

یک روش برای اندازه‌گیری فاصله‌ی یک ساختمان از نقطه‌ی مورد نظر استفاده از فاصله‌یاب است. (شکل ۵) فاصله‌یاب ساده‌ای را نشان می‌دهد که از آن می‌توان برای اندازه‌گیری ارتفاع ساختمان‌ها یا درختان استفاده کرد.



شکل ۵

اگر مطابق شکل در فاصله‌ی ۲۵ متری از درختی قرار بگیریم و به کمک دوربین بالاترین نقطه‌ی درخت را نشانه رویم، زاویه‌ی دید برابر ۳۰° می‌شود. با استفاده از مقیاس مناسب و رسم شکل یا محاسبه، ارتفاع درخت را پیدا کنید.

این فعالیت کاربردی ساده از برآیند بردارهای عمود برهم و استفاده از قضیه‌ی فیثاغورس است. از آنجا که دانش‌آموزان از سال اول می‌دانند که ضلع روبه‌روی زاویه‌ی ۳۰° (که در این فعالیت ارتفاع درخت است) نصف وتر است، به سادگی می‌توانند ارتفاع درخت را پیدا کنند. اگر طول وتر را با a و طول درخت را با $\frac{a}{۲}$ نشان دهیم داریم:

$$a^۲ = \left(\frac{a}{۲}\right)^۲ + (۲۵m)^۲$$

با حل معادله‌ی بالا طول درخت برابر است با:

$$a = \frac{۵۰}{۳}\sqrt{۳}\,m \simeq ۳۰m$$

راهنمای پاسخ‌یابی پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۱

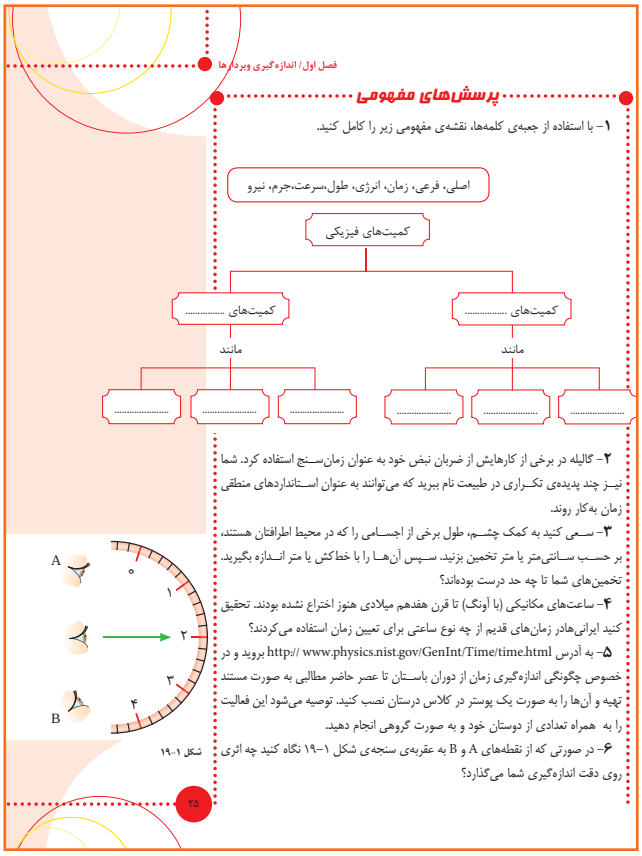
پرسش‌های مفهومی

۱- انتظار می‌رود دانش آمـوزان به پدیده‌های طبیعی مانند تغییر طول سـایه‌ی یک جسم (سـاعت آفتابی، شکل‌های ماه، چهار فصل و شب و روز) اشاره نمایند.

۲- از این فعالیت دانش آموزان می‌توانند نه تنها برای برآورد و تخمین طول برخی از جسم‌های پیرامونشان، بلکه برای تخمین جرم برخی از اجسام در دسترس نیز استفاده کنند.

۳- در قدیم ساعت‌های آفتابی مرسوم بوده است.

۴- چنانچـه در امتداد عقربه به سـنجه نـگاه کنیم، نتیجه‌ی حاصل را با بالاترین دقت می‌خوانیم.



فصل اول / اندازه‌گیری و بردارها

پرسش‌های مفهومی

۱- با استفاده از جعبه‌ی کلمه‌ها، نقشه‌ی مفهومی زیر را کامل کنید.

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

کمیت‌های فیزیکی

کمیت‌های ..... مانند

کمیت‌های ..... مانند

۲- گالیله در برخی از کارهایش از ضربان نبض خود به عنوان زمان‌سـنج استفاده کرد. شما نیـز چند پدیده‌ی تکـراری در طبیعت نام ببرید که می‌توانند به عنوان اسـتانداردهای منطقی زمان به‌کار روند.

۳- سـعی کنید به کمک چشـم، طول برخی از اجسـامی را که در محیط اطرافتان هستند، بر حسـب سـانتی‌متر یا متر تخمین بزنید. سـپس آن‌هـا را با خط‌کش یا متر انـدازه بگیرید. تخمین‌های شما تا چه حد درست بوده‌اند؟

۴- ساعت‌های مکانیکی (با آونگ) تا قرن هفدهم میلادی هنوز اختراع نشده بودند. تحقیق کنید ایرانی‌هادر زمان‌های قدیم از چه نوع ساعتی برای تعیین زمان استفاده می‌کردند؟

۵- به آدرس http:// www.physics.nist.gov/GenInt/Time/time.html بروید و در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باسـتان تا عصر حاضر مطالبی به صورت مستند تهیه و آن‌ها را به صورت یک پوستر در کلاس درستان نصب کنید. توصیه می‌شود این فعالیت را به همراه تعدادی از دوستان خود و به صورت گروهی انجام دهید.

۶- در صورتی که از نقطه‌های A و B به عقربه‌ی سنجه‌ی شکل ۱-۱۹ نگاه کنید چه اثری روی دقت اندازه‌گیری شما می‌گذارد؟

شکل ۱-۱۹

۲۵

مسئله‌ها

۱- مساحت کره‌ی زمین برحسب مترمربع (m^2) برابر است با:

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times 3/14 \times (6400 \times 10^3\ m)^2$$
$$= 514457576 \times 10^8\ m^2$$

به این ترتیب مساحت کره‌ی زمین برحسب هکتار برابر است با:

$$A = \frac{514457576 \times 10^8\ m^2}{10^4\ m^2} = 514457576 \times 10^4 \quad \text{هکتار}$$

۲- کافی است برای به دست آوردن تعداد قدم‌ها ۱ km را بر طول هر قدم تقسیم کنیم. بنابراین:

$$N = \frac{1000\ m}{0/6\ m} = 1666 \quad \text{قدم}$$

۳- ۵۰ دقیقه برحسب ثانیه برابر $50 \times 60\ s = 3000\ s$ است. از طرفی با توجه به جدول هر یک سال $3/1 \times 10^7\ s$ و هر قرن $3/1 \times 10^9\ s$ است. بنابراین، مدت هر جلسه‌ی کلاس برحسب میکروقرن برابر است با:

$$t = \frac{3000\ s}{3/1 \times 10^9\ s} \approx 10^{-6} \quad \text{میکرو قرن} = 1 \text{ قرن}$$

به این ترتیب هر ۵۰ دقیقه حدود یک میکرو قرن است.

۴-

$$\text{جرم دریای نور} = (182)(200 \times 10^{-3}\ g) = 36/4\ g$$

$$\text{جرم کوه نور} = (108)(200 \times 10^{-3}\ g) = 21/6 g$$

۵- الف) با توجه به جدول ۱-۲ داریم:

$$\text{یک سال} = 3/1 \times 10^7\ s = \frac{3/1}{60} \times 10^7\ min$$

بنابراین تعداد دفعاتی که قلب در سال می‌زند برابر است با:

$$n = \frac{3/1}{60} \times 10^7 \times 70 \approx 36 \times 10^6 \quad \text{مرتبه}$$

به این ترتیب قلب هر انسان حدود ۳۶ میلیون مرتبه در سال می‌تپد!

ب) با توجه به این که هر لیتر برابر $۱۰۰۰cm^۳$ است، داریم:

$$t=\frac{۵/۵\times۱۰^۳\ cm^۳}{۹۲cm^۳/s}=۵۹/۷s$$

به عبارت دیگر، خون ما در دستگاه گردش خون هر دقیقه یک دور کامل می‌زند!

۶- برخی از عددها را لازم است دانش‌آموزان به خاطر بسپارند، از جمله در این مسئله. از آنجا که داریم:

$$۱\ m^۳=۱۰^۶\ cm^۳$$

و چون جرم هر $۱\ cm^۳$ آب $۱\ g$ است، به این ترتیب جرم هر مترمکعب آب برابر $۱۰^۶\ g$ یا $۱۰^۳\ kg$ است. به عبارت دیگر چنانچه مخزنی به ابعاد $۱m\times۱m\times۱m$ از آب پُر شود، جرم آب موجود در آن $۱۰۰۰kg$ خواهد بود.

۷- نمودار برداری حرکت این شخص مطابق شکل ۱ است. بهتر است به دانش‌آموزان توصیه شود با استفاده از خط‌کش و انتخاب مقیاس مناسب این بردارها را رسم کنند.

۸- چون دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بر یکدیگر عمودند، برآیند آن‌ها برابر است با:

$$R^۲=A^۲+B^۲\Rightarrow ۲۰=A^۲+B^۲$$

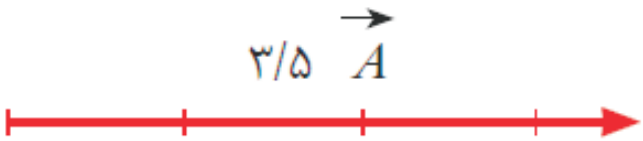
از طرفی بنا به فرض مسئله $\frac{A}{B}=\frac{۳}{۴}$ است، یعنی $B=\frac{۴}{۳}A$. به این ترتیب داریم:

$$۲۰=A^۲+(\frac{۴}{۳}A)^۲$$

$$۲۰=A^۲+\frac{۱۶}{۹}A^۲$$

$$۲۰=\frac{۲۵}{۹}A^۲\Rightarrow A=\frac{۳}{۵}\sqrt{۲۰}\ \text{واحد}$$

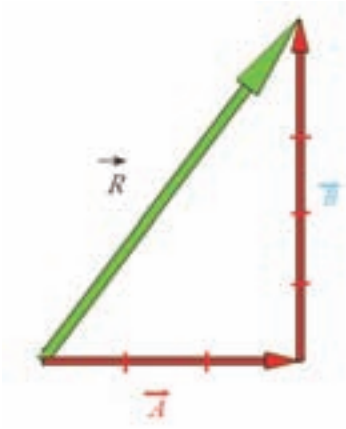
۹- کافی است طول بردار مورد نظر را با توجه به مقیاس داده شده توسط خط‌کش رسم کنند. چون تنها طول بردار تغییر کرده است، لذا جهت آن باید همان جهت قبلی انتخاب شود. (شکل ۶)



شکل ۶

۱۰- برای به دست آوردن برایند دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ باید آن‌ها را مطابق (شکل ۷) رسم کنید، که در آن $\vec{R}$ برایند دو بردار است. به این ترتیب به کمک محاسبه داریم:

$$R^2 = A^2 + B^2$$
$$= ۲^2 + ۳^2 = ۱۳$$
$$R = \sqrt{۱۳} \text{ واحد}$$



شکل ۷

چنانچه دانش‌آموزان با انتخاب مقیاس مناسب، این بردارها و برآیند آن‌ها را به کمک خط‌کش رسم کنند و طول بردار برآیند را اندازه بگیرند به نتیجه‌ی مشابهی می‌رسند.

دانستنی

خواجه نصیرالدین طوسی

تولد: طوس، ایران، ۵۸۰ شمسی

وفات: کاظمین، عراق، ۶۵۳ شمسی

حوزه‌های فعالیت: ریاضیات، نجوم، علوم نقلی

زندگی‌نامه

محمد بن حسن طوسی در ۵۹۷ هجری قمری (۵۸۰ هجری شمسی) در طوس متولد شد. علوم نقلی را از پدرش، معقول را از دایی خود، و ریاضی را از کمال‌الدین محمد حاسب فرا گرفت. مدتی نیز در محضر دانشمندانی چون قطب‌الدین مصری و کمال‌الدین یونس موصلی و ابوالسعادت اصفهانی شاگردی کرد و در علوم زمان خود به لقب استادالبشر ملقب شد. سپس به دربار ناصرالدین عبدالرحیم مکنی با کنیه‌ی ابوالفتح حکمران قهستان و از سران اسماعیلیه راه یافت که محتشمی دانش‌پرور بود و کتاب اخلاق ناصری را به نام او تألیف کرد. چندی بعد ناصرالدین او را به قلعه‌ی الموت نزد علاءالدین محمد هفتمین خلیفه حسن صباح برد، سپس ملازم رکن‌الدین خورشاه آخرین فرمانروای

اسـماعیلی شـد. چون هلاکو خان در پی تسخیر قلعه‌های اسماعیلیه بر آمد، رکن‌الدین خورشاه به توصیه خواجه نصیر تسـلیم شـد و بدین ترتیب خواجه نصیر به دربار هلاکو راه یافت و از نزدیکان و معتمدان او شد. در عهد او بود که در سال ۶۵۷ هجری قمری (۵۳۸ هـ.ش) به تأسیس رصدخانه مراغه مشغول شد.

در مـورد علـت رفتن خواجه نصیر به قهسـتان گفته‌اند که چون خراسـان مورد تاخت و تاز قـرار گرفت، تعصب مسـئولان در خراسان موجب شـد محقق طوسی دعوت ناصرالدین محتشـم را بپذیرد و به قهستان برود. در این مدت مورد احترام فراوان اسماعیلیان بود. لازم به ذکر است که نهضت اسماعیلیان تنها از جنبه مذهبی مورد توجه چهره‌های برجسـته آن زمان نبود، بلکه هدف‌های سیاسـی، اجتماعی، و فرهنگی آن نهضت بیش‌تر مورد توجه بود. اسـماعیلیان در دوران شـکوفایی خود به پژوهش‌های علمی پیشـرفته توجه خاص داشـتند و می‌کوشیدند تا دانشمندان بزرگ در زمینه‌های مختلف را در مراکز مهم خود جمع کنند و امکانات لازم جهت فعالیت‌های پژوهشی را در اختیار آنان قرار دهند. یکی از علوم مورد توجه اسـماعیلیان علم ستاره‌شناسـی بود. قلعه‌های محکم اسماعیلیان مانند الموت و غیره که برفراز بلندی‌ها قرار داشـت مکان مناسـبی برای ستاره‌شناسـان بود. همچنین در الموت کتابخانه بسـیار معتبری وجود داشت و استفاده از آلات و ابزار نجومی در آنجا بسیار متداول بود.

بنابراین، عوامل مختلف دسـت به دسـت هم دادند تا خواجه نصیر دعوت اسماعیلیان را برای سکونت در نزدشان بپذیرد و به ادامه پژوهش‌های علمی خود بپردازد. در این زمینه شهرتش تا به چین و دربار منگوقاآن رسید. و وی او را برای تأسیس رصدخانه بزرگ چین در نظر گرفت. اما خواجه نصیر تا زمان حمله هلاکو به ایران و قلعه‌های اسماعیلیه در خدمت خورشـاه ماند. خورشاه روز اول ذی‌قعده سـال ۶۵۳ هـ.ق همراه بزرگان دولتش از قلعه فرود آمدند و نزد هلاکو رفتند و به این ترتیب قدرت سیاسی اسماعیلیان پایان یافت.

خواجه نصیر در دربار هلاکو

پس از تسـلیم خورشـاه، هلاکو که با نام و شهرت خواجه نصیر آشـنا بود او را محترم شمرد و به وساطت او تمام دانشـمندانی که نزد امرای اسـماعیلی بودند مـورد محبت قرار داد و از این رهگذر خدمتی بـزرگ به دنیا علم ایران، اسلام، و جهان کرد.

هلاکو پس از فتح قلعه‌های اسـماعیلیه طبق مأموریتی که منگوقاآن به او محول کرده بود قصد فتح بغداد را کرد و به این منظور حسام‌الدین منجم را احضار کرد. حسام‌الدین که سنی و طرفدار خلافت عباسیان بود او را از این کار منع کرد. سـپس، هلاکو خواجه را طلبید و از او نظر خواسـت و وی با اسـتدلال و به استناد احکام نجوم که هلاکو سخت بدان معتقد بود وی را به فتح بغداد مصمم کرد.

پس از فتح بغداد و از میان رفتن حاکمیت خلیفه عباسی در بغداد، جمعی از سادات علوی که از بیداد عباسیان پنهان گشته بودند جان تازه‌ای گرفتند و آیین تشیع از زیر فشار بیرون آمد و حرکتی پر توان را آغاز کرد. از این رو خواجه

نصیر الدین طوسی را باید عامل مؤثری در امر پیشرفت تشیّع در ایران دانست.

خواجه پس از فتح بغداد دیگر به امور دیوانی علاقه‌ای نشان نداد و کوشش خود را صرف ساخت رصدخانه مراغه کرد. تأسیس این بنیاد علمی موجب گردآمدن دانشمندان در آن شرایط سخت و مانع از بین رفتن آثار علمی در آن زمان شد.

لازم به ذکر است که هلاکو به «اخترگویی» اعتقاد فراوان داشت و در بسیاری موارد پیش از انجام هر کار نظر منجمان را خواستار می شد پس از آن‌که خواجه نصیر به خدمت هلاکو در آمد، اهمیت و اعتبار او باعث شد که هلاکو در بسیاری موارد با او مشورت کند و از وی نظر بخواهد، به طوری که بدون نظرخواهی از او به هیچ سفری نمی‌رفت. خواجه نیز که اعتقاد او به اخترگویی را دریافته بود در چند مورد برای رهایی افرادی که گرفتار خشم او شده بودند از این موضوع استفاده کرد که نجات علاءالدین جوینی از مرگ از آن جمله است.

خواجه نصیر الدین طوسی در تابستان سال ۶۵۳ هجری شمسی در کاظمین درگذشت و مزار او در هیم شهر است.

آثار خواجه نصیر طوسی

نگاهی به آثار گوناگون خواجه نصیر الدین طوسی اهمیت علمی این دانشمند برجسته را آشکار می‌سازد. نوشته‌های خواجه در زمینه‌های مختلف جایگاه او را در تاریخ علم ایران و جهان نشان می‌دهد. این نوشته‌ها در زمینه‌های ریاضی، نجوم و هیئت، رمل، اخلاق، تفسیر، معدن‌شناسی، تاریخ، جغرافیا، فقه، طب، تعلیم و تربیت، شعر، منطق، فلسفه و حکمت و علم کلام هستند.

تعداد قابل ملاحظه‌ای از نوشته‌های او به صورت رساله‌هایی است که در پاسخ به پرسش دانشمندان مختلف از سراسر جهان نوشته شده‌اند و همه‌ی آن‌ها از نثر بسیار روان، شیوا و ساده برخوردارند. بسیاری از آثار خواجه به زبان‌های مختلف ترجمه شده‌اند.

در کتاب «شرح آثار خواجه نصیرالدین طوسی» از انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، محقق محترم آقای مدرس رضوی تعداد کتاب‌ها و رساله‌های او را ۱۹۰ عدد ذکر کرده است. محققان غربی که روی نسخه‌های آثار خواجه کار کرده‌اند تعداد آثار او را تا ۶۴ مشخص کرده‌اند.

کارهای برجسته خواجه نصیر در فیزیک و ریاضی

برجسته‌ترین کار خواجه نصیر در فیزیک اعتقاد به نوعی پایستگی جرم است او اظهار داشته است.

توده‌ی جرم نمی‌تواند کاملاً از بین برود. فقط شکل، شرایط، ترکیب و رنگ آن می‌تواند تغییر کند و به شکلی دیگر درآید. شاید خواجه نصیر الدین طوسی نخستین کسی باشد که مثلثات را به عنوان یک شاخه ریاضی مستقل مطرح کرد. در رساله‌ای که در این مورد نوشته است علاوه بر مطرح کردن قانون معروف سینوس‌ها در مثلث‌های

مسطح به صورت زیر:

$$\frac{a}{\sin A}=\frac{b}{\sin B}=\frac{c}{\sin C}$$

ایــن قانون را برای مثلثات کروی نیز بیان کرده اســت. هم‌چنین تانژانت‌ها را کشــف و این قانون‌ها را اثبات کرده اســت. او مقاله‌ای درباره محاسبه‌ی ریشه n ام یک عدد صحیح دارد. علاوه بر آن، ضریب‌های بسط دو جلمه‌ای با هر توان را مطرح کرده است.

خواجه نصیر کار مهمی در مورد نظریه رنگ‌ها بر مبنای مخلوطی از رنگ‌های سفید و سیاه دارد که در آن بخشی به جواهرات و عطرها اختصاص یافته است.

در زمینــه نجوم، خواجه نصیر جدول‌های دقیقی از حرکت ســیارات تنظیم کرد کــه در کتاب زیج ایلخانی آمده اســت. این کتاب شــامل جدول‌های دقیق از مکان سیارات و نام ستارگان اســت. این جداول پیش از زمان کوپرنیک مورد اســتفاده گسترده ستاره‌شناســان بوده است. خواجه نصیر را می‌توان برجسته‌ترین منجم در فاصله‌ی بین بطلمیوس و کوپرنیک به حســاب آورد. مدل هندســی معروف و زوج ـ طوسی او از مجموع دو حرکت دایره‌ای حرکتی خطی تولید می‌کند.

برای بزرگداشــت این دانشمند برجســته و به پاس خدمت‌های فراوانی که به علم اخترشناسی و ریاضی کرده است دهانه‌ای ۶۰ کیلومتری در نیمکره جنوبی ماه به احترام او نصیرالدین نام‌گذاری شــده اســت. همچنین فضانورد روسی استپانویچ چمیخ سیاره کوچک ۱۰۲۶۹ را به اسم او نام‌گذاری کرده است. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در تهران و رصدخانه شماخی در جمهوری آذربایجان نیز از جمله مراکز علمی نام‌گذاری شده به افتخار این دانشمندان است.

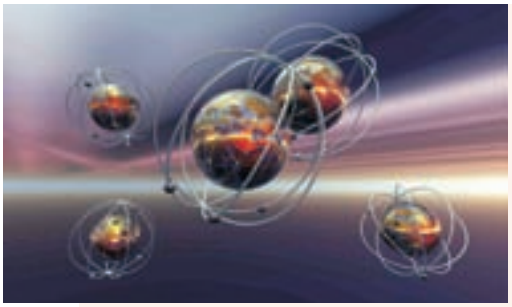
فیزیک پایه، کاربردی و صنعت

فیزیک، مانند زیست شناسی، شیمی و سایر رشته‌های علم برحسب موضوع‌ها، فعالیت‌ها و یافته‌های پژوهشی‌اش به آسانی توصیف‌پذیر است. موضوع‌های پژوهشی فیزیک حول اصول و قوانین بنیادی حاکم بر رفتار انرژی و ماده در طبیعت متمرکز شده‌اند.

فعالیت‌های فیزیک‌دانان اغلب در سه شاخه‌ی پژوهشی فیزیک، یعنی فیزیک پایه، فیزیک کاربردی و فیزیک صنعتی سازماندهی می‌شوند. با آن‌که هر کدام از شاخه‌های فیزیک شامل مجموعه‌ای از موضوع‌ها، فعالیت‌ها و یافته‌های خود می‌شود، هر سه شاخه از طریق یافته‌های بنیادی فیزیک با هم در ارتباط‌اند. یافته‌هایی بنیادی نظیر این که رفتار انرژی و ماده در شرایط فیزیکی مشابه در آزمایشگاه‌های روی زمین همانند این رفتار در منظومه‌ی خورشیدی یا هر جای دیگر عالم است.

از دیدگاه تاریخی، علم فیزیک از مشاهدات تجربی طبیعت شکل گرفت و این مشاهدات هم آن‌هایی بوده‌اند که به کمک تحقیقات آزمایشگاهی، تحت شرایط به دقت کنترل شده‌ای، تعمیم یافتند. فیزیک‌دان‌ها در مواقعی، در مسیر جست‌وجو و شناسایی پدیده‌های طبیعی، از کمک مدل‌های نظری که جهت توصیف ریاضی داده‌های مشاهداتی پدید آمده بودند بهره‌مند شدند. با بهره‌گیری از ریاضیات، که در واقع زبان مشترک برای برقراری ارتباط بین فیزیک‌دان‌هاست، نظریه‌های تحلیلی قادر بودند نتایج آزمایش‌های کنترل شده‌ی آزمایشگاهی را پیش‌بینی کنند.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های فیزیک را با بهره‌گیری از رایانه، همزمان با استفاده از نظریه، آزمایش‌ها و محاسبات به پیش می‌برند. فیزیک‌دان‌ها اغلب برحسب این که بیشترین زمان کارهای پژوهشی‌شان را چگونه یا در چه جایی صرف می‌کنند به فیزیک‌دان نظری، تجربی یا محاسباتی طبقه‌بندی می‌شوند. این طبقه‌بندی به ترتیب برحسب این که درباره‌ی مدل‌های ریاضی می‌اندیشند، در آزمایشگاه به گردآوری داده‌ها مشغول‌اند یا در برابر نمایشگر رایانه در



کار محاسبه‌اند، صورت می گیرد. در عین حال اغلب فیزیک‌دان‌های عصر جدید، در خلال پژوهش‌های حرفه‌ای‌شان، از این مرزهای توصیف شده در می گذرند.

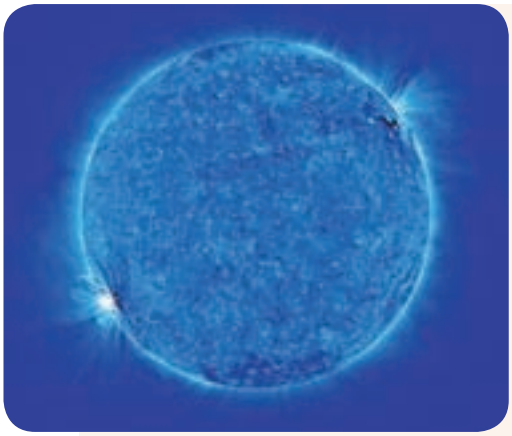
فراگیری دانش فیزیک را عموماً «فیزیک پایه» و بهره‌برداری از آن را معمولاً «فیزیک کاربردی» می‌نامند. تجاری کردن کاربردهای فیزیک را نیز معمولاً «فیزیک صنعتی» می‌خوانند. این سه شاخه به طور دسته جمعی، مجموعه فعالیت‌های هم ارزی را در بر می گیرند، که با عبارت توصیفی گسترده‌ی علم و فنّاوری شناخته می‌شوند. گرچه جدایی بین فیزیک پایه، کاربردی و صنعتی هر روز کم و کمتر می‌شود و این هم به دلیل تشویق فیزیک‌دان‌ها در این جهت است که دانش جمعی خود را در قالب‌های زمانی هرچه کوتاه‌تری به اشتراک بگذارند، این سه شاخه به تقسیم‌بندی سازمانی طبیعی برای بحث گسترده‌تری درباره ی موضوع‌ها، فعالیت‌ها و یافته‌های فیزیک و فیزیک‌دان‌ها منجر می‌شود.

فیزیک پایه

خلاصه‌ی مباحث فیزیک پایه را می‌توان با نگاه کردن به فهرست مطالب هر کتاب مقدماتی فیزیک دبیرستان یا سال اول دانشگاه دریافت. این نوع کتاب‌های درسی موضوع‌های مربوط به فیزیک کلاسیک، نظیر انرژی، ماده، حرکت، نیروها، گرانش، الکتریسیته، مغناطیس و نور؛ همچنین موضوع‌های مربوط به فیزیک جدید، مانند نسبیت، فیزیک اتمی و مکانیک کوانتومی را مورد بررسی قرار می‌دهند. فیزیک‌دان‌هایی که فعالیتشان تلاش برای درک عمیق‌تر این نمونه از مباحث مرتبط با انرژی و ماده است، عملاً در فیزیک پایه پژوهش می کنند. فیزیک پیشه‌هایی که پژوهش‌هایشان را در فیزیک پایه متمرکز می کنند، تمایل دارند در زمینه‌های مشخصی از فیزیک، که آن‌ها را شاخه‌های فیزیک می گویند، کار کنند.

نمونه‌هایی از شاخه‌های فیزیک، که در آن‌ها فعالیت‌های پژوهشی فیزیک پایه انجام می‌شود، عبارت‌اند از: اخترفیزیک، فیزیک اتمی، فیزیک محاسباتی، فیزیک ماده‌ی چگال، دینامیک شاره‌ها، فیزیک بسپارهای سنگین، فیزیک مواد، فیزیک مولکولی، فیزیک نورشناسی، فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذرات، فیزیک پلاسما و تعداد بسیار زیادی از عنوان‌های دیگر. در سال‌های بالای دانشگاه، برای هر یک از شاخه‌های فیزیک پایه با کتاب‌های بسیار متعدد و با مجلات علمی معتبر روبه رو می‌شویم.

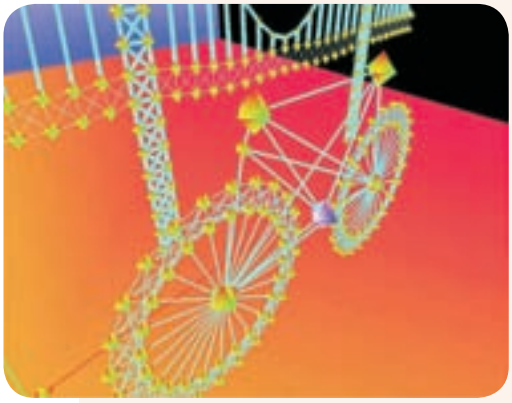
فیزیک پلاسما یکی از شاخه‌های فیزیک است که در آن به طور همزمان از یافته‌های چندین مبحث در فیزیک پایه (مکانیک حرکت، الکترومغناطیس و فیزیک اتمی) استفاده می‌شود. فیزیک پلاسما از اوایل قرن گذشته با پژوهش‌های



بنیادی درباره‌ی پدیده‌های وابسته به پلاسمای طبیعی نظیر آذرخش، شفق قطبی شمالی، میدان مغناطیسی زمین و لکه‌های خورشید شروع به رشد کرد. پلاسما را معمولاً «حالت چهارم» ماده می‌گویند (جامد، مایع و گاز سه حالت اول آن هستند)، زیرا پلاسما در دماهایی بیشتر از چند هزار کلوین پدید می‌آید. در این دماها، ماده از حالت گازی اتم‌ها و مولکول‌ها به حالت پلاسمایی الکترون‌های با بار منفی و یون‌های با بار مثبت تبدیل می‌شود. حرکت یون‌ها و الکترون‌ها در داخل پلاسما تحت تأثیر رفتار جمعی قرار می‌گیرد. این رفتار جمعی هم بر اثر نیروهای الکتریکی و مغناطیسی ناشی از بارها و جریان‌های ایجاد شده در سر تا سر پلاسما حاصل می‌شود.

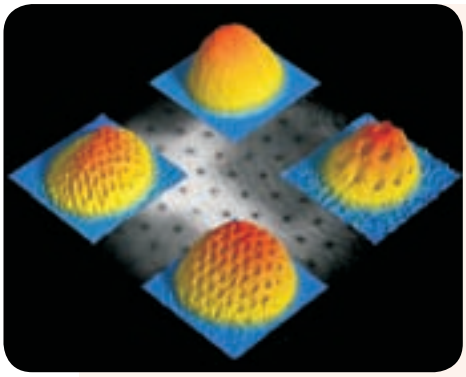
متخصصان امروزی فیزیک پلاسما با مطالعاتی که در زمینه‌های پلاسمای فضایی و پلاسمای اختر فیزیکی انجام‌می‌دهند، خود را در پژوهش‌های فیزیک پایه سهیم می‌بینند. پژوهش درباره‌ی پلاسمای فضایی شامل مطالعه‌ی پدیده‌هایی می‌شود که در سطح خورشید، در بادهای خورشیدی و در مغناطیس سپهر و در جوّ بالایی سیاره‌ها دیده می‌شوند. پژوهش در فیزیک پلاسمای اخترفیزیک نشان داده است که بسیاری از مسائل حل نشده‌ی اختر فیزیک با موضوعاتی در فیزیک پلاسما ارتباط دارند که هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند. تقریباً ۹۹ درصد ماده‌ی موجود در عالم در حالت پلاسما یافت می‌شود.

فیزیک کاربردی



مباحث فیزیک کاربردی از این نظر با مباحث فیزیک پایه تفاوت دارند که در پژوهش کاربردی، تأکید روی گسترش کاربردهایی است که بتوانند به حل مسائلی منجر شوند که اثرات قابل لمسی در زندگی روزانه‌ی انسان‌ها دارند. در موارد متعددی، پژوهش‌های فیزیک کاربردی مباحث مورد علاقه‌ی مشترکی با سایر رشته‌های علوم، مانند فیزیک زیست و شیمی فیزیک، دارد. به نظر می‌رسد که فیزیک کاربردی در رهیافت پژوهشی‌اش بیشتر رهیافتی بین رشته‌ای است تا شاخه‌ای منفرد در حوزه‌ی پژوهشی فیزیک پایه. برای مثال، زیست فیزیک‌دان‌ها برای توضیح مکانیک فرایندهای زیست‌شناسی از اصول فیزیکی متداول در فیزیک استفاده می‌کنند.

با ادامه‌ی مثال فیزیک پلاسما، به طور طبیعی از مبحث فیزیک پایه به مثالی از مباحث فیزیک کاربردی، یعنی پژوهش درباره‌ی انرژی گداخت پلاسما می‌رسیم. پژوهش درباره‌ی انرژی گداخت از اواخر دهه‌ی ۱۹۵۰ آغاز شد.



هدف این بوده است که با محصور سازی کنترل شده‌ی پلاسما در دماها و چگالی‌های به قدر کافی زیاد، از انرژی حاصل از گداخت هسته‌ای بهره‌برداری شود. گداخت هسته‌ای فرایندی است که در آن دو هسته‌ی سبک با هم ترکیب می‌شوند تا هسته‌ی سنگین‌تری را پدید آورند و همزمان بخشی از انرژی بستگی هسته‌ای را آزاد سازند. فرایند گداخت سرچشمه‌ی انرژی خورشید، ستاره‌ها، و سلاح‌های گرما هسته‌ای امروزی است. انگیزه اصلی برای انجام آزمایش‌های پلاسما در طول چهار پنج دهه‌ی گذشته تلاش برای دستیابی به گداخت گرما هسته‌ای کنترل شده در آزمایشگاه، بوده است.

متخصصان امروزی شاخه‌ی پلاسما خودشان را در پیش‌برد مباحث فیزیک کاربردی، از جمله علوم هسته‌ای، علم مواد و علم لیزر، سهیم می‌دانند. مطالعات نشان می‌دهد سیستم گداخت ممکن است برای حذف پسماندهای پرتوزای حاصل از راکتورهای شکافت، از طریق تبدیل هسته‌ای قابل استفاده باشد.

برای کسب موفقیت در ساخت نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای، به مطالعات گسترده‌ای در زمینه‌ی مواد نیاز خواهیم داشت؛ زیرا به احتمال زیاد اولین راکتور گداخت هسته‌ای براساس واکنش گداخت دوتریوم ـ تریتیوم، که هسته‌های هلیوم و نوترون‌هایی با ۱۴ Mev انرژی تولید می‌کند، پایه‌گذاری خواهد شد. پژوهش در علم لیزر منجر به پیدایش ماده‌ی اُپتیکی غیرخطی پیشرفته‌ای منجر شد و همراه با الکترود پلاسما برای ساخت کلید اُپتیکی مورد استفاده قرار گرفت. این کلید اپتیکی پیشرفته را در سیستم‌های گداخت لیزر شیشه‌ای پرقدرت، برای منحرف کردن باریکه‌ی لیزر، پس از گذرهای چندگانه از تقویت کننده‌ی لیزری، مورد استفاده قرار می‌دهند.

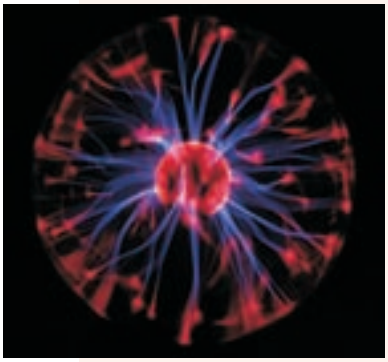
فیزیک صنعتی

مباحث مورد توجه در فیزیک صنعتی را، به جای درک پدیده‌های فیزیکی جدید، در جهت تولید محصول با استفاده از فنّاوری جدید یا بهبود بخشیدن به فنّاوری موجود تعریف می‌کنند. با توجه به تأثیرگذاری مشتریان در تقاضاهای بازار فعالیت‌های فیزیک صنعتی ماهیتاً چند رشته‌ای‌تر از فعالیت‌های فیزیک کاربردی (با تأکید بر بین رشته‌ای بودن آن) یا فیزیک پایه (با تأکید بر تک رشته‌ای بودن آن) شده است. فیزیک پیشه‌های صنعتی را می‌توان در تمام آزمایشگاه‌های اصلی پژوهشی و توسعه‌ای صنایع و در تمام بخش‌های بازار، نظیر حمل و نقل (ترابری)، مخابرات، الکترونیک، رایانه و مانند آن‌ها مشاهده کرد.

مثال فیزیک پلاسما، که در بحث فیزیک پایه مطرح شد، به طور طبیعی به مثالی از مبحث فیزیک صنعتی نیز منجر

می‌شود که به پلاســمای صنعتی موسوم است. پلاسماهای صنعتی وجودشان مدیون درک نظری، تجربی و محاسباتی چند دهه‌ی گذشته از فیزیک پلاسما است، که از پژوهش در زمینه‌ی گداخت پلاسما حاصل شده‌اند و در فرآیندهای پلاسما برای کاربری‌های صنعتی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند.

متخصصان امروزی فیزیک پلاسما خود را در پیش برد مباحث فیزیک صنعتی، مانند مباحث مربوط به توزیع نیروی برق، ساخت و تولید قطعات الکترونیکی و صنایع فرآوری مواد سهیم می‌بینند. از آن جا که پلاسماها ویژگی‌های گاز، شــاره، و محیط رســانای الکتریکی را از خود به نمایش می‌گذارند، در صنعت برق از آن‌ها به صورت تجهیزات اتصال و انتقال با توان زیاد استفاده می‌شود. در حال حاضر، حدود یک ســوم از فنون مورد نیاز برای تولید قطعات میکروالکترونیک از فرآیندهای پلاســمایی تأمین می‌شود. پلاسماهای صنعتی را به صورت تجاری برای انجام کارهایی مانند سخت کردن ابزارها، روکش کاری ضد خوردگی و لایه نشانی فیلم‌های ابررسانا و الماس‌ها از طریق تبخیر نیز مورد استفاده قرار می‌دهند.



فیزیک‌پیشه‌های امروزی

نقش ســنتی فیزیک‌پیشــه‌هایی که در پژوهش‌های بنیادی، توسعه‌ی کاربردی و تجاری کردن صنعتی کار می‌کنند هر روز بیشــتر گسترش می‌یابد. بین فعالیت‌های انجام شــده در این سه شاخه‌ی فیزیک و کار اصلی فیزیک‌دان‌ها، در دانشــگاه‌ها، آزمایشــگاه‌های دولتی و صنعت با تناظر کلی یک به یکی رو به رو می‌شویم. امروزه فیزیک‌دان‌ها تمایل دارند مرزهایی را که روزگاری به صورت نظری، تجربی و محاســباتی تعریف شــده بود هرچه بیشتر در نوردند، زیرا مهارت‌ها و توان‌مندی‌های مورد نیاز برای پاســخ‌گویی به هم‌پوشــی فزاینده‌ی فعالیت‌های پژوهشــی در دانشــگاه‌ها، آزمایشگاه‌های ملی و صنعت هر روز گسترده‌تر می‌شوند.

نتیجه

فیزیک را می‌توان مجموعه‌ای از موضوع پژوهشی با فعالیت‌های متمرکز برای دست‌یابی، کاربری، و تجاری کردن یافته‌های علمی دانســت. برای مثال، یکی از نظریه‌های فیزیک بنیادی، که بیش از ۱۰۰ ســال پیش مطرح شــده است،

چگونگی پیدایش نیروهای الکتریکی و عملکرد این نیروها را در میان ذرات باردار توصیف می‌کند. این نظریه‌ی نیروی الکتریکی وقتی برای بهره‌برداری در فیزیک کاربردی با شیمی و علم مواد تلفیق شد، نتیجه‌ی آن پدید آمدن فنّاوری باتری بود که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. پژوهش‌های فیزیک صنعتی در حال حاضر در جست‌وجوی بهبود فنّاوری باتری‌های نوظهور برای مقاصد تجاری است که گستره‌ی کارشان از وسایل نقلیه‌ی برقی تا اندام‌های مصنوعی بدن را در بر می‌گیرد.

تحلیل ابعادی که شامل زمان، فاصله و سرعت است، اهمیت درک مباحث مورد علاقه‌ی فیزیک‌پیشه‌ها و یافته‌های پژوهشی فیزیک را نشان می‌دهد.

فاصله‌ی بین پژوهش فیزیک پایه، توسعه در فیزیک کاربردی، تجاری‌سازی فیزیک صنعتی در حال کاهش است. سرعت مبادله‌ی اطلاعات بین فیزیک‌دان‌های نظری، تجربی و محاسباتی مرتباً افزایش می‌یابد. به این ترتیب، چون همزمان فاصله کاهش و سرعت افزایش می‌یابد، زمان مورد نیاز برای دست‌یابی و موفقیت در پژوهش فیزیک بنیادی، توسعه‌ی آن در جهت کاربردهای فنی و عرضه‌ی تجاری آن در بازار روز به روز کوتاه‌تر می‌شود. با نمونه قرار دادن زمان بسیار کوتاه سپری شده بین اولین نمایش آزمایشی فنّاوری لیزر در ۱۹۶۰ و کاربرد تجاری لیزرها در پزشکی، مخابرات، وسایل سرگرمی و سایر صنایع، اثرگذاری آتی فیزیک را در مقیاس‌های زمانی باز هم کوتاه‌تری بین پژوهش فیزیک پایه، توسعه‌ی کاربردی و تجاری‌سازی صنعتی آن، می‌توان انتظار داشت.

در زندگی هم مانند فیزیک، زمان پارامتری است که نباید آن را فراموش کرد. امروز زمانی است که باید حوزه‌ی شناختمان را از مباحث، فعالیت‌ها و یافته‌های فیزیک به طور گسترده‌ای افزایش دهیم. فیزیک همان چیزی است که فیزیک‌پیشه‌ها روی آن کار می‌کنند و آنچه از این کارها حاصل می‌شود درزندگی نوع بشر به تغییراتی فراگیر منجر خواهد شد.