

مقدمه

علوم تجربی حاصل کوشش انسان برای درک دنیای اطراف است و دانشی است آزمودنی که با ظهور و شواهد و دلایل جدید در معرض بحث و تغییر می‌باشد و از گستره‌ی وسیعی از روش‌های تحقیق بهره می‌گیرد. بدیهی است علوم تجربی هم در مرحله‌ی تکوین و شکل‌گیری چارچوب‌های مفهومی و هم در عرصه‌ی چگونگی کاربرد و عمل و تصرف در طبیعت در بستر گستره‌ی دیگر حوزه‌های معرفتی بشر شکل می‌گیرد و نشو و نما پیدا می‌کند. از این رو تعاملی انکارناپذیر با فلسفه، باورها و ارزش‌های پذیرفته شده‌ی فرد و جامعه دارد.

حوزه‌ی یادگیری علوم تجربی تنها آموزش یافته‌ها و فرآورده‌های علمی با به عبارت دیگر تنها مفاهیم و دانش علمی را در بر نمی‌گیرد، بلکه فرایندهای علمی و روش علم آموزی هم چون مهارت‌های فرایندی (مشاهده، جمع‌آوری اطلاعات، اندازه‌گیری، تفسیر یافته‌ها، فرضیه و مدل‌سازی، پیش‌بینی، طراحی تحقیق و برقراری ارتباط) را مورد توجه قرار می‌دهد. هم‌چنین توجه به پرورش نگرش‌های ناشی از علم و نگرش‌های ناظر به علم و فناوری اجزای جدایی‌ناپذیر تربیت علمی فناورانه و دریچه‌ی ورود مبانی فلسفی پذیرفته شده به حوزه‌ی این ابعاد از مهم‌ترین دغدغه‌های آموزشگران محسوب می‌شود. در این نگرش یادگیرنده در محور تمامی فعالیت‌های یادگیری قرار می‌گیرد و آموختن روش و مسیر کسب علم، آگاهی و توانایی یکی از اهداف اصلی هر نوع آموزشی تلقی می‌گردد و هر فعالیت علمی در یک چارچوب تعادل جو به ایفای نقش اصلی با مکمل خود در پرورش انسانی متفکر و عاقل، مؤمن و عالم، تلاشگر و متخلّق مدد می‌رساند. ظرفیت بالای حوزه‌ی علوم تجربی در ارتباط با دیگر حوزه‌های یادگیری و انعطاف‌پذیری ابعاد دانشی، مهارتی و نگرشی این حوزه، امکان پرداختن به بسیاری از صلاحیت‌ها را فراهم می‌سازد.^۱

از این رو تلاش‌های برنامه‌ریزان آموزشی در این راستا است که شیوه‌هایی بیابند تا با استفاده از آن‌ها بتوان، دانش‌آموزان امروز را برای زیستن در دنیای غیرقابل پیش‌بینی فردا آماده کنند.

در تدوین و برنامه‌ریزی درس‌های علوم سه هدف زیر دنبال می‌شود:

۱- کسب دانستنی‌های ضروری

۲- کسب مهارت ضروری

۳- کسب نگرش‌های ضروری

درباره‌ی کسب دانستنی‌های ضروری باید توجه کرد که تشخیص این که آموختن چه چیزی به دانش‌آموزان ضروری است و چه چیزی ضروری نیست، اهمیت زیادی دارد. درباره‌ی کسب مهارت‌های ضروری باید گفت که امروزه مهم‌ترین وظیفه و نقش آموزش در مدرسه‌ها، یاد دادن شیوه‌های یادگیری و پرورش مهارت‌هایی است که خود فرد بتواند به کمک آن‌ها، راه‌های حل مسئله و کشف مجهولات را بیابد.

درباره کسب نگرش‌های ضروری باید گفت که آموزش باید منجر به اعتقادات و ارزش‌هایی شود که کیفیت زندگی فردی و اجتماعی ما به آن‌ها بستگی دارد.

در این میان، مهم‌ترین تغییری که باید در وضعیت کلی روش آموزش علوم تجربی از جمله فیزیک صورت گیرد، تغییر در رویکردهای آموزشی، از شیوه‌های سنتی و انفعالی (شیوه‌ی سخنرانی و حفظ مطالب) به شیوه‌های فعال یاددهی - یادگیری است. نباید «به خاطر سپردن مطالب» مترادف با «یاد گرفتن» تلقی شود. در طرح امروزی آموزش فیزیک: هدف آن است که دانش‌آموزان ضمن کسب تجربه‌ی مستقیم و درگیر شدن در فعالیت‌های یاددهی - یادگیری، علاوه بر دست یافتن به دانش پایه در زمینه‌ی فیزیک، با روش یادگیری علوم و به کارگیری آن و به عبارت علمی‌تر، با مهارت‌های فرایندی نیز آشنا شوند و نگرش‌های ضروری از قبیل توجه به عظمت خلقت و تعظیم خالق، کنجکاوی و میل به یادگیری مادام‌العمر، احترام به حقوق خود و دیگران، احساس مسئولیت و جدیت در کار، روحیه‌ی اتکا به نفس، هویت دینی و ملی و احساس مسئولیت در قبال خلقت (محیط زیست و منابع ماده و انرژی) نیز در آنان پرورش یابد.

سخنی با همکاران

در دنیای امروز، دسترسی به دانش و اطلاعات، بسیار متنوع و آسان شده است؛ از این رو، بی‌اطلاعی از دانش و فناوری روز، ناتوانی در به‌کارگیری و پردازش آن‌ها، عدم مهارت در دستیابی و تحلیل اطلاعات، عدم مهارت در برخورد با یک مسئله‌ی جدید و عدم تصمیم‌گیری مبتنی بر پردازش اطلاعات، برای شهروند دنیای امروز غیرقابل قبول است. به همین منظور، نقش معلمان نسبت به سابق تغییر اساسی کرده است. نقش معلمان دیگر انتقال صرف دانش نیست، بلکه ایجاد نگرش مثبت و یاد دادن چگونگی برخورد با مسئله است؛ یعنی، دانش‌آموزان باید یاد بگیرند که سؤال‌های اساسی در یک مسئله با یک موضوع را استخراج و اطلاعات مورد نیاز خود را جمع‌آوری، پردازش و نتیجه‌گیری کنند. در این راستا، ابتدا معلم با طرح پرسش، نشان دادن یک تصویر و یا فیلم، طرح یک فعالیت، آزمایش یا... در دانش‌آموزان ایجاد انگیزه کرده و آن‌ها را با موضوع درگیر می‌کند و سپس آن‌ها را هدایت می‌کند تا در تولید مفاهیم علمی مشارکت کنند. آموزش باید به گونه‌ای باشد که دانش‌آموزان نحوه‌ی برخورد منطقی و علمی با مسایل را بیاموزند؛ لذا شایسته است، ما هم در به‌کارگیری شیوه‌های نوین آموزشی، آشنا شدن با دانش‌های جدید، کسب مهارت‌های مورد نیاز، استفاده از شبکه‌های اطلاعاتی، افزایش خلاقیت خود و... بکشیم.

ساختار این کتاب پس از مطالعه، تحقیق، بررسی و بحث‌های بسیار مفصل بین کارشناسان آموزشی و هم‌چنین مطالعه و بررسی کتاب‌های راهنمای معلم چند کشور مختلف تنظیم شده است و با ارایه‌ی الگوهای، مشارکت هرچه بیشتر دانش‌آموزان را در فرآیند یاددهی - یادگیری و کسب تجربه، فراهم می‌کند. در ادامه، به شرح مختصر عناوین مطرح شده در این کتاب می‌پردازیم.

الف) هدف‌ها: در مواردی که هدف یک بخش، فصل، آزمایش و یا... خیلی مشخص نمی‌باشد، هدف‌های دانشی، مهارتی و نگرشی آن آورده شده است.

ب) دانسته‌های قبلی: در این قسمت، دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان که در پایه‌های تحصیلی پایین‌تر مطرح شده و مرتبط با بخش است، آورده شده است.

پ) محدوده‌ی بحث: به منظور تأکید روی مفاهیمی که در کتاب درسی به آن‌ها پرداخته شده است، حوزه و محدوده‌ی یادگیری در موارد ضروری، تعیین شده است.

ت) تصویر اول فصل: هر فصل با نمایش تصویری از کاربردهای مرتبط با موضوع آن فصل شروع می‌شود. هدف آن، درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع فصل و ایجاد انگیزه در آن‌ها است. برای رسیدن به این اهداف، تشویق دانش‌آموزان برای بیشتر دانستن و پرورش مهارت مشاهده در آن‌ها، پرسش‌هایی پیشنهاد شده است که دانش‌آموزان باید در قالب فعالیت گروهی به آن‌ها پاسخ دهند. با تلفیق پرسش‌های دانش‌آموزان با این گونه پرسش‌ها می‌توان دانش‌آموزان را به بحث و گفت‌وگو واداشت. شما می‌توانید از تصاویر مناسب دیگری نیز استفاده کنید؛ به این طریق از دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان آگاه می‌شویم و آن‌ها را برای یادگیری موضوع مورد نظر آماده می‌کنیم.

ث) راهنمای تدریس: در این قسمت، روش‌هایی برای شروع درس به معلم پیشنهاد شده است. این روش‌ها کاملاً انعطاف‌پذیرند و معلم می‌تواند با توجه به شرایط و اقتضای کلاس، هر روش دیگری را که بتواند دانش‌آموزان را بیش‌تر ترغیب کرده و آن‌ها را به موضوع درس علاقه‌مند کند، به کار گیرد. هم‌چنین، به منظور شفاف شدن مطالب درسی توصیه‌هایی نیز ارایه شده است.

ج) فعالیت‌های پیشنهادی: به منظور درک عمیق‌تر مفاهیم درسی و درگیر کردن دانش‌آموزان به منظور تولید مفهوم، در هر واحد یادگیری، تعدادی فعالیت پیش‌بینی شده است که برخی از آن‌ها به صورت فعالیت‌های خارج از کلاس تدارک دیده شده است. تأکید می‌شود که انجام همه‌ی این فعالیت‌ها ضروری نیست و یک معلم مجرب، با توجه به وضعیت کلاس می‌تواند هر فعالیت دیگری را که مؤثر واقع شود، به دانش‌آموزان پیشنهاد کند.

چ) آزمایش‌های پیشنهادی: در اغلب موارد، قسمت عمده‌ای از یادگیری توسط انجام دادن آزمایش و کارهای عملی صورت می‌گیرد. برای افزایش عمق یادگیری و لذت بیش‌تر از آموختن و یادگیری تجربی، به آزمایش‌های متنوع و متعددی نیاز است؛ از این‌رو، در مواردی، آزمایش‌های کتاب تعمیم یافته یا آزمایش‌های ساده و جدیدی پیشنهاد شده است که دانش‌آموزان می‌توانند آن‌ها را در گروه‌های خود انجام دهند.

ح) دانستنی‌های ضروری: برای آشنایی همکاران با برخی از موضوعات مرتبط با هر فصل، مباحثی در غالب «دانستنی‌های ضروری» تدارک دیده شده است. ضرورتی در انتقال این مفاهیم به دانش‌آموزان نیست و تنها می‌توان تحقیق در مورد برخی از آن‌ها را به‌عنوان فعالیت خارج از کلاس به گروه‌های دانش‌آموزی واگذار کرد. در این کتاب در اغلب موارد نام دانستنی و این‌که در مورد چه موضوعی بحث می‌شود، در جعبه‌هایی آورده شده است و برای دسترسی به کل دانستنی می‌توانید به CD همراه کتاب و یا سایت گروه فیزیک به آدرس <http://physics-dep.talif.sch.ir> مراجعه نمایید.

خ) پاسخ فعالیت‌ها و تمرین‌ها: در بسیاری از موارد ابتدا اهداف تمرین‌ها و فعالیت‌های داخل هر فصل تعیین شده و سپس پاسخ آن‌ها و پاسخ تمرین‌های آخر فصل آورده شده است.

د) CD همراه: برخی از امکانات نرم‌افزاری که می‌تواند همکاران را در فرایند یاددهی – یادگیری از طریق IT یاری کند، در این CD ارائه شده است. این CD شامل فیلم، شبیه‌سازی، آزمایشگاه مجازی، دانستنی‌های ضروری، زندگی‌نامه‌ی دانشمندان، آزمون، ثابت‌های فیزیکی و... است و می‌تواند موجب تسهیل، تسریع و تعمیق یادگیری شود. تجربه نشان می‌دهد همکاران می‌توانند با استفاده از محتویات این CD و نمونه‌های مشابه، در تحقق اهداف آموزشی موفق‌تر باشند.

محتوا و روش تدریس این کتاب

هر دانش‌آموز در هر درس حداقل یک بار باید طعم کشف یک قانون، یک اصل یا ... را بچشد تا به لذت علمی دست یابد و انگیزه‌های فراوان شود.
نقش معلم فراهم آوردن شرایط انجام این امر است.

هانس مورالیس

در این کتاب، آزمایشگاه و درس، به‌طور همزمان و در هم تنیده ارائه شده است. به این معنا که دو درس مجزا با نمره‌های خاص خود، یکی به عنوان فیزیک و دیگری به عنوان آزمایشگاه وجود ندارد. در این درس، دانش‌آموز با انجام آزمایش‌ها و فعالیت‌های هدف‌داری که در کتاب آورده شده است و یا توسط معلم طراحی می‌شود، در فرایند یاددهی - یادگیری به‌طور فعال شرکت می‌کند. روش ارایه‌ی محتوای این کتاب به گونه‌ای است که دیگر معلم محور کلاس نمی‌باشد؛ زیرا در روش معلم محوری، با آزمایشگاه به کلی کنار گذاشته می‌شود و یا انجام هر آزمایش، توسط معلم به نمایش گذاشته می‌شود، و تنها در بهترین شرایط، وسایل آزمایش، شرح آزمایش، دستور کار و ... از قبل تهیه شده و آزمایش با نظارت معلم توسط دانش‌آموز اجرا می‌شود. در این شیوه، دانش‌آموز با دیدن نتیجه‌ی آزمایش و تطبیق آن با مفهوم‌های ارائه شده در کلاس درس، از درستی مفهوم‌ها مطمئن می‌شود. در این شیوه دانش‌آموز در تولید آن‌چه که قرار است بیاموزد، نقشی ندارد، مهم‌ترین و شاید تنها نقش دانش‌آموز، حفظ کردن مطالب ارائه شده است.

و اما در شیوه‌ی آموزش فعال که اساس روش ارائه محتوای کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه مطابق آن است، دانش‌آموز در تولید آن‌چه که باید یاد بگیرد فعالانه شرکت می‌کند. در بیشتر موارد به دانش‌آموز حتی مطلب از پیش تعیین شده‌ای ارائه نمی‌شود. بلکه او به انجام فعالیت‌ها و آزمایش‌های هدف‌داری رهنمون می‌شود که با انجام آن‌ها به مفهوم‌های درسی موردنظر، دست می‌یابد. آن‌چه که به‌دست می‌آورد، حاصل فعالیت‌های خود اوست. از این‌رو نسبت به آن احساس تملک می‌کند و در نتیجه فراگیری، تداوم و پایداری بیشتری خواهد داشت. در این روش، آموزش به صورت فرایند «یاددهی - یادگیری» انجام می‌شود؛ به‌طوری که آزمایش جزء لاینفک درس است و نمی‌تواند جداگانه و در یک کلاس مجزا ارائه شود.

محتوای کتاب فیزیک ۳ به گونه‌ای سازمان یافته است که برای تدریس به شیوه‌ی مبتنی بر فرایند یاددهی - یادگیری فعال مناسب است. در فرایند یاددهی - یادگیری فعال، یادگیرنده خود از طریق تجربیات دست اول، آزمایش‌های مستقیم و درگیر شدن در تحقیق و حل مسئله به علم‌آموزی می‌پردازد. اساس روش یاددهی - یادگیری فعال کمک به دانش‌آموز برای فرضیه‌سازی، پیش‌بینی، کاوش، برقراری ارتباط، استنباط و کسب تجربه‌های گوناگون علمی و ... است. این شیوه موجب پرورش مهارت‌های مختلفی چون اندیشیدن، نقد کردن، به کارگیری آموخته‌ها در موقعیت‌های مختلف برای یافتن پاسخ پرسش‌های موجود و یا ابداع روش‌های نوین و ... می‌شود. براساس نظریه‌های جدید تعلیم و تربیت، یادگیرنده زمانی بهتر یاد می‌گیرد که انگیزه‌ی یادگیری در او به وجود آید و به گونه‌ای فعال، به یادگیری بپردازد.

۱- اساس روش تدریس مبتنی بر فرایند یاددهی - یادگیری فعال

در این جا جنبه‌های اساسی فرایند یاددهی - یادگیری فعال را فهرست‌بندی می‌کنیم :

- ۱- فعالیت‌های آموزشی دانش‌آموزان گروهی است و تأکید عمده بر هم‌یاری است.
- ۲- مسئول یادگیری دانش‌آموز، خود اوست.
- ۳- معلم نقش تسهیل‌کننده‌ی یادگیری و راهنمای دانش‌آموز را دارد.
- ۴- به مهارت‌های تفکر و مطالعه، بهای بیشتری داده می‌شود.
- ۵- فرصت‌های یادگیری برابر برای همه‌ی دانش‌آموزان فراهم می‌شود.
- ۶- اعتماد به نفس در دانش‌آموزان تقویت می‌شود.
- ۷- رقابت فردی تضعیف می‌شود و در مقابل احساس موفقیت گروه تقویت می‌شود.

۲- مراحل اجرایی تدریس به شیوه‌ی یاددهی - یادگیری فعال

در فرایند یاددهی - یادگیری فعال، دبیر و دانش‌آموز هر یک نقش فعالی دارند. در ادامه مجموعه‌ی کارهایی که هر یک باید انجام

دهند به‌طور خلاصه فهرست‌بندی می‌شود.

الف - آن‌چه که دبیر باید انجام دهد :

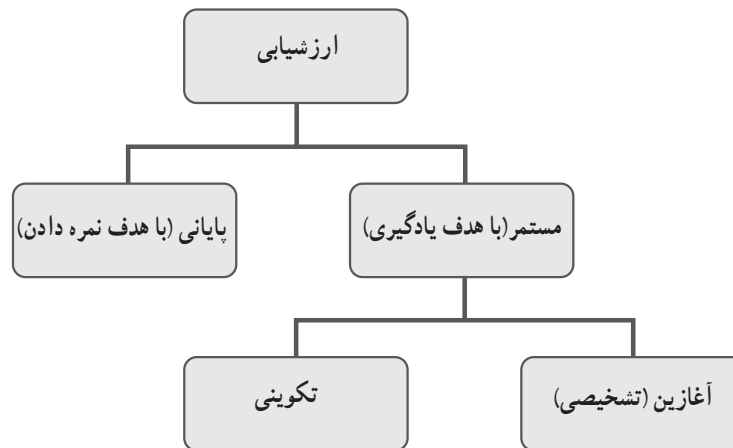
- ۱- تبیین اهمیت و نقش فرایند یاددهی - یادگیری فعال برای دانش‌آموزان
- ۲- واقف کردن دانش‌آموزان به قبول مسئولیت یادگیری
- ۳- وادار کردن دانش‌آموزان به تفکر به وسیله‌ی مسئله‌سازی و با شیوه‌های مختلف
- ۴- قرار دادن فرصت‌های یادگیری گوناگون در اختیار دانش‌آموزان
- ۵- ارائه هر گونه فعالیت یا فعالیت‌هایی که دانش‌آموزان را به سوی یادگیری فعال سوق می‌دهد.
- ۶- تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به انجام آزمایش‌های کتاب و اخذ گزارش از آنان
- ۷- تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به انجام آزمایش‌هایی که خود و یا هم‌کلاسی‌هایشان طراحی و ابداع کرده‌اند.
- ۸- تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به کنجکاوی در محیط اطراف برای یافتن مصداق آن‌چه که در کتاب خوانده‌اند.
- ۹- تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به بررسی کارهای یکدیگر و نقد این کارها
- ۱۰- ارزشیابی دانش‌آموزان به صورت یک فرایند
- ۱۱- ایجاد انگیزه به صورت یک فرایند

ب - آن‌چه که دانش‌آموز باید انجام دهد :

- ۱- شرکت در فعالیت‌های یادگیری از روی علاقه
- ۲- انجام آزمایش‌ها و فعالیت‌هایی که در کتاب توصیه شده است.
- ۳- ابداع آزمایش‌ها، طرح‌ها و روش‌های جدید و انجام آن‌ها
- ۴- تبیین نظریه‌ها و روش‌هایی که فرا می‌گیرد و مربوط ساختن آن‌ها با آموخته‌های قبلی خود
- ۵- ارزیابی دائم خود در حین یادگیری و پس از آن
- ۶- تجربه و آزمایش نظریه‌های خود و در صورت لزوم اصلاح آن‌ها
- ۷- ارائه‌ی نتایج فعالیت‌های خود در گروه (و در صورت لزوم به کلاس)
- ۸- ارائه‌ی نتایج فعالیت‌های گروه به کلاس
- ۹- حل مشکلات خود و گروه
- ۱۰- بحث و گفت‌وگو و تبادل نظر در گروه
- ۱۱- نقد کارهای خود و دیگران

ارزشیابی

منظور از ارزشیابی دانش‌آموزان مشخص کردن پیشرفت تحصیلی و اندازه‌گیری میزان یادگیری آن‌ها است. معیار قضاوت درباره‌ی آن‌ها، هدف‌های آموزشی هستند. ارزشیابی پیشرفت تحصیلی تعیین می‌کند که دانش‌آموزان تا چه اندازه به هدف‌های آموزشی دست یافته‌اند و یا از آن فاصله دارند. ارزشیابی با دادن بازخوردی سودمند به دانش‌آموزان به آنان امکان خودارزیابی می‌دهد. ارزشیابی با فرایند آموزش درهم تنیده است و در هر زمان برای هدفی مشخص طراحی و اجرا می‌شود. بر این اساس ارزشیابی به دو نوع تقسیم می‌شود:



در بخش آغازین از ارزشیابی مستمر هدف آگاهی از پیش‌دانسته‌ها و نیازهای آموزشی دانش‌آموزان است. این آگاهی برای گروه‌بندی و تعیین سیاست و چگونگی روش تدریس، ضروری است. در بخش تکوینی بازخورد فعالیت‌های آموزشی به معلم و دانش‌آموز داده می‌شود تا ضمن بازنگری به اصلاح فرایند یاددهی – یادگیری پردازند. مهم‌ترین نقش ارزشیابی مستمر در آموزش، ارائه‌ی بازخورد از فعالیت‌های آموزشی است که هدف آن دادن نمره و رتبه به دانش‌آموز نیست. دانش‌آموزان باید بدانند که لازم است به چه اهداف آموزشی دست یابند و با ضابطه‌های ارزشیابی کار خود نیز آشنا باشند. آن‌چه برای دانش‌آموزان اهمیت دارد تشخیص نقاط ضعف و قوت یادگیری و آگاهی از موقعیت خودشان در مقایسه با هدف‌های آموزشی است. این بازخورد را پیشنهادهای معلم، نظرات هم‌کلاسی‌ها و خود دانش‌آموزان برای آن‌ها فراهم می‌کند. در واقع دانش‌آموزان با دریافت راهنمایی‌های سازنده در مورد نحوه‌ی پیشرفت خود می‌توانند مراحل بعدی یادگیری خود را سروسامان بخشند. در این مرحله معلمان باید از تأثیر صحبت‌ها و نظرات بر اعتماد به نفس و شور و شوق دانش‌آموزان مطلع باشند و نتایج ارزیابی خود را به گونه‌ای سازنده ارائه کنند. ارزشیابی با تأکید بر پیشرفت دانش‌آموزان به جای شکست‌های آن‌ها می‌تواند مشوق یادگیری باشد و برای دانش‌آموزان ایجاد انگیزه کند. حتی ارائه‌ی نتایج می‌تواند به گونه‌ای باشد تا به دانش‌آموزان امکان خلق راه‌های یادگیری جدید را بدهد.

معلمان برای ارزشیابی، نظارت بر یادگیری، تحلیل و تفسیر نتایج ارزشیابی، ارائه‌ی نتایج ارزشیابی به دانش‌آموز و کمک به او در جهت خودارزیابی نیاز به دانش و مهارت‌های حرفه‌ای دارند که می‌توانند آن‌ها را در دوره‌های بازآموزی ضمن خدمت کسب کنند.

در پایان آموزش برای دادن نمره یا گواهی‌نامه و قضاوت درباره‌ی اثربخشی کار معلم، ارزشیابی پایانی انجام می‌شود. این ارزشیابی نمی‌تواند نقشی در آموزش فراگیران ارزشیابی شده داشته باشد و فقط معلم می‌تواند نتایج تحلیل آن را برای گروه یا گروه‌های بعدی به کار برد.

اصول حاکم بر انتخاب روش و ابزار مناسب ارزشیابی پیشرفت تحصیلی درس فیزیک

- ۱- هماهنگی با رویکرد و هدف‌های برنامه‌ی درسی فیزیک
 - ۲- تناسب بین شیوه‌ی ارزشیابی و ماهیت درس فیزیک
 - ۳- تناسب شیوه‌ها و ابزار ارزشیابی با خصوصیات فراگیران
 - ۴- استفاده از ابزارهای متنوع ارزشیابی متناسب با حیطه‌های یادگیری
 - ۵- هماهنگی ارزشیابی با روش‌های یاددهی - یادگیری درس فیزیک
 - ۶- هماهنگی ارزشیابی درس فیزیک با آیین‌نامه‌ها و مقررات مربوط و نیز شرایط اجرایی مدرسه‌ها
- بدیهی است میزان تأثیر این اصول بر سنجشی که معلم به عمل می‌آورد و قضاوتی که براساس آن می‌کند متفاوت است. مثلاً در ارزشیابی پایانی هدف برنامه‌ی درسی است و خصوصیات فراگیران در ابزار ارزشیابی چندان تأثیری ندارد.

روش‌های ارزشیابی

معلم باید دانش‌ها و مهارت‌هایی را مورد ارزشیابی قرار دهد که در آموزش آن‌ها کوشیده است. برای مثال اگر هدف یک درس، آموزش «طبقه‌بندی اطلاعات» باشد باید توانایی دانش‌آموز در «طبقه‌بندی اطلاعات» ارزشیابی شود نه تکرار طبقه‌بندی اطلاعاتی که دیگران انجام داده‌اند. به عبارت دیگر از به خاطر سپردن روش کار دیگران در «طبقه‌بندی اطلاعات» فقط می‌توان ارزشیابی حافظه‌ای انجام داد نه ارزشیابی توانایی‌ها.

اگر از دانش‌آموزان انتظار داشته باشیم که به جای درک مسئله و یافتن راه حل به حفظ کردن راه‌حل‌ها بپردازند و به جای پروراندن ذهن خود به تراکم معلومات آماده اکتفا کنند و به جای انتخاب تفکر واگرا به تفکری همگرا روی آورند، ارزشیابی پایانی را نیز بر پایه‌ی همین انتظارات انجام خواهیم داد. به این ترتیب دانش‌آموز برای موفقیت در ارزشیابی به درک کامل مفهوم‌ها نیازی ندارد و تنها به حافظه اتکا می‌کند. روشن است که این نوع یادگیری حاصلی جز فلج کردن ذهن و از میان بردن کنجکاوی و سرکوب شدن خلاقیت ندارد.

امروزه انتظار داریم که ارزشیابی بیشتر براساس عملکرد دانش‌آموز و به صورت مستمر انجام شود. زیرا آموزش علوم فرایند تولید مفاهیم است و ارزشیابی از این آموخته نیز در طی همین فرایند یک ارزشیابی معتبر است. در ارزشیابی مستمر زمینه‌هایی همچون مهارت‌ها، دانستنی‌ها، نگرش‌ها و فعالیت‌های خارج از کلاس و ... مورد نظر هستند. در هر یک از این زمینه‌ها موضوع‌های متعددی قابل ارزشیابی‌اند:

مهارت‌ها و دانستنی‌ها: از آن‌جا که پرورش مهارت‌ها و کسب دانش در هر فعالیت یادگیری به‌طور همزمان حاصل می‌شوند این

دو زمینه را نمی‌توان از هم جدا دانست. در ارزشیابی عملی از مهارت‌ها و دانستنی‌ها می‌توان به موارد زیر توجه کرد:

مشاهده، گردآوری اطلاعات، طبقه‌بندی اطلاعات و نمایش داده‌ها، برقراری ارتباط میان یافته‌ها، اندازه‌گیری، پیش‌بینی، نتیجه‌گیری، شناسایی و کنترل متغیرها، فرضیه‌سازی، تفسیر یافته‌ها، آزمایش کردن، مدل‌سازی، طراحی، تحقیق، دانستنی‌هایی که در حین انجام فعالیت‌های یادگیری حاصل می‌شود و گزارش کار نویسی.

نگرش‌ها: در هنگام تدریس با زیر نظر گرفتن فعالیت‌ها، رفتارها و عملکرد دانش‌آموزان می‌توان از میزان و نوع نگرش آن‌ها مطلع شد برای این منظور موارد زیر مدنظرند:

کنجکاوی، همکاری گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست، اعتماد به این که داشتن سواد علمی فناوریانه برای او زندگی بهتر و با صرفه‌تری فراهم می‌کند.

فعالیت‌های خارج از کلاس: فعالیت‌هایی هستند که براساس هدف‌های برنامه‌ی درسی طراحی می‌شوند و تا حدودی پیچیده‌تر از تکالیف معمولی‌اند و شامل موارد زیر می‌شوند:

ساخت وسیله و انجام آزمایش، جمع‌آوری اطلاعات، تهیه گزارش، انجام تحقیقات، شناسایی سؤال برای تحقیق و طراحی تحقیق.

ارزشیابی پایانی: ارزشیابی پایانی عمدتاً از دانستنی‌ها و بعضی از مهارت‌ها انجام می‌شود که شامل موضوع‌هایی چون مفاهیم، اصول، قوانین، تعاریف و مهارت‌هایی مثل فرضیه‌سازی، تفسیر یافته‌ها، پیش‌بینی، به کارگیری اصول علمی برای حل مسئله است. معلم می‌تواند در سنجش هر یک از این مهارت‌ها به سلیقه‌ی خود جدول‌هایی طراحی کند. مثلاً در مهارت «مشاهده» فرایند به کار بردن حواس در جمع‌آوری اطلاعات از پدیده‌ها، وقایع و اجسام مورد نظر است. و یا در مهارت «اندازه‌گیری» انتخاب مناسب‌ترین وسیله و استفاده‌ی درست از آن و کاهش درصد خطا مورد توجه قرار می‌گیرد.

در مواردی که تدریس از طریق گفت‌وگوی کلاسی انجام می‌شود انتظارات معلم از دانش‌آموز آن است که: ۱- پرسش‌ها را به درستی بفهمد، ۲- پاسخ‌های درست بدهد، ۳- دلایل منطقی بیاورد، ۴- پرسش‌های به جا و مناسب طرح کند، و ... و معلم برای هر یک از این موارد امتیاز یا درجه‌ای در نظر می‌گیرد.

فصل

۱

ترمودینامیک

مقدمه

هر فصل از کتاب درسی با یک تصویر آغاز شده است. دبیران محترم می‌توانند از آن برای ایجاد انگیزه و معرفی موضوع اصلی فصل استفاده کنند.

دانسته‌های قبلی

دانش‌آموزان در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه با انواع نیروگاه‌های تولید انرژی الکتریکی (بادی، آبی، خورشیدی،...) آشنا شده‌اند و تبدیل انرژی در توربین را می‌شناسند. در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه پس از یادگیری مفاهیم دما و گرما و روش‌های انتقال گرما با قانون عمومی گازها آشنا شده‌اند. **ایجاد انگیزه:** در پایان یک نوبت کاری در یکی از ایستگاه‌های حمل بار راه‌آهن خدمه مشغول شستشوی درون یکی از مخازن فولادی با بخار آب داغ بودند. در نتیجه فضای درون مخزن پر از بخار گرم بود که با پایان یافتن ساعت کاری، خدمه بلافاصله همه‌ی دریچه‌های مخزن حاوی بخار را بستند و محل را ترک کردند.



شکل (۱)

صبح روز بعد همه با منظره‌ی شگفت‌انگیزی روبه‌رو شدند. دیواره‌های مخزن له شده و مثل این بود که موجودی



نیروگاه شهید سلیمی نکا

نیروگاه شهید سلیمی نکا واقع در استان مازندران از بزرگ‌ترین نیروگاه‌های حرارتی در خاورمیانه است که به منظور تأمین بخش قابل توجهی از برق کشور، طراحی و نصب گردیده است. ظرفیت اسمی نیروگاه جمعاً ۳۰۳۵ مگاوات است. قسمت‌های اصلی نیروگاه عبارتند از: دیگ بخار، ساختمان میانی، سالن توربین، مبدل‌ها و ساختمان‌های کمکی. سوخت اصلی نیروگاه، گاز طبیعی و سوخت دوم آن نفت کوره یا مازوت است.

عظیم‌الجثه از روی آن عبور کرده بود. در طول شب دما کاهش پیدا کرده بخار نیز سرد و چگالیده شده به نظر شما در طول شب چه اتفاقی برای مخزن افتاده است؟

شما با مطالعه‌ی مطالب این فصل می‌توانید به این پرسش پاسخ قانع‌کننده‌ای بدهید.

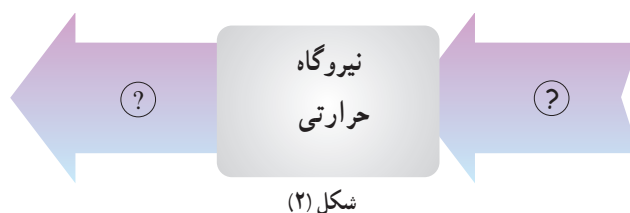
پاسخ: بخار آب داغ در درون مخزن به هنگام بسته شدن درها فشاری هم‌اندازه با فشار هوای بیرون داشته است. وقتی

در طول شب دما کاهش پیدا کرده بخار نیز سرد و چگالیده شده است. پس هم تعداد مولکول‌های گاز و هم دمای آن‌ها کاهش یافته است که با ثابت ماندن حجم مخزن موجب کاهش فشار گاز درون مخزن شده است. در نتیجه در اثر فشار بیرونی جو دیواره‌های مخزن له شده‌اند، و این در حالی است که اگر خدمه پس از شستشوی مخزن دریچه‌های آن را باز می‌گذاشتند هرگز چنین اتفاقی نمی‌افتاد.

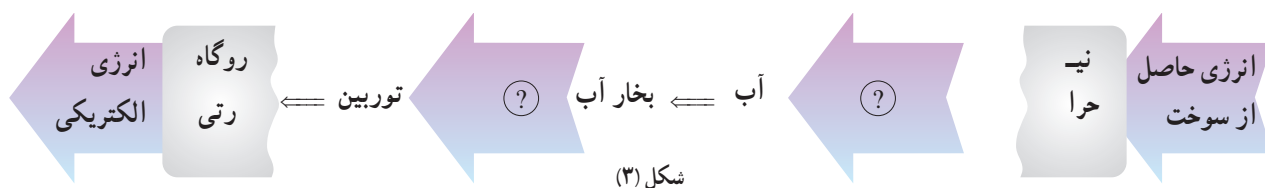
فعالیت ۱



۱- به تصویر صفحه‌ی ۱ کتاب درسی نگاه کنید و متن زیر آن را بخوانید. با توجه به نمودارهای تبدیل انرژی در فیزیک ۱ و آزمایشگاه شکل زیر را کامل کنید:



۲- اگر بدانیم در نیروگاه، انرژی حاصل از سوزاندن سوخت، آب را به جوش می‌آورد و با استفاده از بخار آب، پره‌های توربین می‌چرخد تا الکتریسیته تولید کند. در شکل زیر به جای علامت سؤال‌ها، عبارات‌های مناسب بنویسید:



پاسخ: } ۱- گاز طبیعی و نفت کوره (انرژی شیمیایی، انرژی الکتریکی)
۲- گرمای داده شده به - کار انجام شده بر روی

توجه: در این فعالیت می‌خواهیم توجه دانش‌آموزان را به این نکته جلب کنیم که در نیروگاه‌های سوخت فسیلی بخشی از گرما به کار تبدیل می‌شود. در واقع این موضوع یکی از بحث‌های اصلی فصل یک است.

راهنمای تدریس: با پرسش در مورد تبدیل انرژی در بعضی از دستگاه‌ها، و یا پدیده‌هایی که خودبه‌خود رخ می‌دهند به بحث اصلی یعنی چگونگی تبدیل گرما به کار می‌رسیم. سپس به بررسی نحوه‌ی عملکرد یکی از اولین ماشین‌های گرمایی (نیوکامن) می‌پردازیم.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم در هر یک از رویدادهای زیر تبدیل انرژی‌ها را بیان کنند.

۱- جسمی را روی میز پرتاب می‌کنیم تا پس از کمی سرخوردن، روی آن متوقف شود (انرژی جنبشی به انرژی درونی جسم و سطح و هوا).

۲- کف دست‌های خود را به هم مالش می‌دهیم (انرژی جنبشی به انرژی درونی).

۳- دو سر یک باتری قلمی را با یک تکه سیم برای مدتی به هم وصل می‌کنیم (الکتریکی به درونی).

با این توضیح که در بعضی از این رویدادها گرمای تولید شده محسوس و در بعضی دیگر نامحسوس است از دانش‌آموزان می‌خواهیم چند وسیله را مثال بزنند که به کمک آن‌ها تولید گرما می‌کنیم و در هر یک مشخص کنند که چه نوع انرژی‌ای به گرما تبدیل شده است.

پاسخ: (مثلاً) سماور برقی: الکتریسیته به انرژی درونی یا بخاری گازی: شیمیایی به انرژی درونی).

یادآوری: در فصل گرما از کتاب‌های فیزیک ۱ و آزمایشگاه و فیزیک ۲ و آزمایشگاه می‌دانیم وقتی افزایش انرژی درونی جسمی با بالا رفتن دمای آن همراه باشد طوری که دمای جسم از دمای محیط پیرامون آن بیشتر شود آن‌گاه بین جسم و محیط اطراف تبادل انرژی صورت می‌گیرد. یعنی جسم به محیط پیرامون خود انرژی به صورت گرما منتقل می‌کند. پس گاهی اوقات به جای آن‌که بگوییم نوعی از انرژی به انرژی درونی جسم و سپس به گرما تبدیل شده است، مستقیماً می‌گوییم آن نوع انرژی به گرما تبدیل شده است.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم وسیله‌هایی را نام ببرند که در آن‌ها؛ اختلاف دمای دو محیط، سبب ایجاد اختلاف فشار شده و انرژی مکانیکی تولید می‌شود (چیزی به حرکت درآید).

در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه دیدیم که انواع مختلف انرژی می‌توانند به یک‌دیگر تبدیل شوند، هنگامی که جسمی روی سطح حرکت می‌کند، مقداری از انرژی جنبشی آن به انرژی درونی جسم و سطح تبدیل می‌شود، یا وقتی ظرف آبی را در مقابل نور آفتاب قرار می‌دهیم، ظرف و آب گرم‌تر می‌شوند. در این حالت، بخشی از انرژی نورانی به انرژی درونی ظرف و آب تبدیل می‌شود. برخی از این تبدیل‌ها خودبه‌خود رخ می‌دهند ولی برای وقوع تبدیل‌های دیگر، دستگاه‌های طراحی و ساخته شده‌اند؛ مثلاً در گذشته، برای ایجاد روستایی از تبدیل انرژی شیمیایی موجود در تسمع یا نفت به انرژی نورانی استفاده می‌شد ولی بعدها که انسان به انرژی الکتریکی دست یافت، لامپ را اختراع کرد که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کند، موتورهای الکتریکی که در وسایل خانگی نظیر جاروبرقی، پنکه، یخچال و ... به کار می‌روند، برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی طراحی و ساخته شده‌اند. در فصل ۴ در مورد این موتورها صحبت خواهیم کرد.

در این فصل به بررسی وسایلی می‌پردازیم که گرما را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند، این وسیله‌ها ماشین‌های گرمایی نامیده می‌شوند. در شکل ۱-۱ طرح یکی از اولین ماشین‌های گرمایی (ماشین نیوکامن) نشان داده شده است. در این ماشین، گرمایی که به دیگ بخار داده می‌شود برای به کار انداختن یک تلمبه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل ۱-۱ الف در اثر وزن پیستون دسته‌ی تلمبه به طرف پایین حرکت می‌کند و بخار آب وارد استوانه می‌شود. با باز شدن شیر در شکل ۱-۱ ب، آب به داخل استوانه فوران می‌کند که در نتیجه‌ی آن مقداری از بخار، مایع می‌شود و فشار گاز در داخل استوانه کاهش می‌یابد، سپس فشار هوا پیستون را به طرف پایین می‌راند و دسته‌ی دیگر تلمبه به طرف بالا کشیده می‌شود. بدین ترتیب، حرکت تلمبه ادامه می‌یابد.

ماشین‌های گرمایی در طول زمان کامل‌تر شده‌اند و امروزه ما با انواع پیشرفته‌ی آن‌ها سروکار داریم. برای آشنایی با طرز کار این ماشین‌ها و این‌که از چه قانون‌هایی پیروی می‌کنند، لازم است با علم ترمودینامیک آشنا شویم.

۲

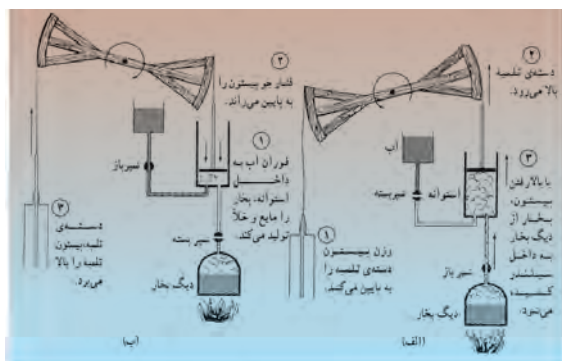
هدف‌های فصل:

- شناخت فرایندهای خاص ترمودینامیکی و چگونگی تبادل کار و گرما در هر کدام
- تشخیص برخی از فرایندهای ترمودینامیکی در محیط پیرامون
- آشنایی با قانون‌های اول و دوم ترمودینامیک
- بررسی عملکرد ماشین‌های گرمایی و یخچال با به کارگیری قانون‌های ترمودینامیک.

دانسته‌های قبلی

دانش‌آموزان با مفاهیم مقدماتی ترمودینامیک مانند گرما، دما، تعادل گرمایی، گاز کامل، حجم، فشار، کار، قانون عمومی گازها در فیزیک ۲ آشنا شده‌اند و در کتاب‌های دوره‌ی راهنمای مطالبی در مورد موتورهای بنزینی و یخچال خوانده‌اند.

پاسخ: چرخیدن فرفره‌ای که روی بخار آب خروجی از دهانه‌ی لوله‌ی کتری آب جوش نگهداشته شده است، به دلیل اختلاف فشاری است که در دو طرف هریک از پره‌ها ایجاد می‌شود. در سمتی که بخار آب به پره‌ها برخورد می‌کند، فشار بیش‌تر از سمت دیگر است. در نتیجه، نیروی خالصی بر هر پره اعمال می‌شود که سبب چرخش پره‌ها می‌شود و...



شکل ۱-۱- ماشین نیوکامن

در فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم که در مایع‌ها و گازها، مولکول‌ها آزادانه به اطراف حرکت و با یک‌دیگر برخورد می‌کنند و مکان و سرعت آن‌ها پیوسته در حال تغییر است، اکنون ممکن است این سؤال مطرح شود که برای درک رفتار یک گاز یا مایع، آیا لازم است از چگونگی حرکت تک تک مولکول‌ها اطلاع داشته باشیم؟

بررسی‌های تجربی و نظری نشان داده‌اند که رفتار ماده را می‌توان برحسب کمیت‌هایی چون فشار، دما، گرمای ویژه و... توضیح داد. این کمیت‌ها به وضعیت ماده در مقیاس بزرگ بستگی دارند و به جزئیات رفتار تک تک مولکول‌ها وابسته نیستند. این موضوع را می‌توان در این مثال مشاهده کرد که دمای یک لیوان آب که در اتاق به تعادل گرمایی رسیده است، ثابت می‌ماند؛ در حالی که مولکول‌های تشکیل دهنده‌ی آن پیوسته به اطراف حرکت می‌کنند و سرعتشان تغییر می‌کند. کمیت‌هایی که وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می‌کنند، کمیت‌های ماکروسکوپی نامیده می‌شوند. علم ترمودینامیک رفتار ماده را برحسب این کمیت‌ها توصیف می‌کند؛ برای مثال، در فیزیک ۲ دیدیم که اگر به جسمی به جرم m و گرمای ویژه‌ی c مقدار Q گرما بدهیم، دمای آن به

۳



به شکل ۱-۱ با دقت نگاه کنید و عملکرد این ماشین را توضیح دهید و بگویید چگونه در این ماشین گرما به کار تبدیل می‌شود؟

روشن شود می‌توانیم از مثال تابلوی نقاشی و ارتباط تک تک نقطه‌های رنگی با کل تصویر استفاده کنیم.

با معرفی علم ترمودینامیک کمیت‌های ماکروسکوپی، دستگاه و محیط را توضیح می‌دهیم. برای آن که ارتباط و اهمیت کمیت‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی برای دانش‌آموزان



مطالعه‌ی ترمودینامیک

در ترمودینامیک نه از روی اطلاعات مربوط به رفتار اجزای مولکولی دستگاه بهره می‌گیریم و نه در این مورد می‌توان از آن اطلاعاتی به‌دست آورد. اما چنان که می‌دانیم در نهایت پاسخ دینامیکی و حرکت همین مولکول‌هاست که به شکل تغییرات فشار یا دما آشکار می‌شود. ترمودینامیک را می‌توان به یک تابلوی نقاشی تشبیه کرد که آثار بسیار ریز قلم‌مو (نقطه‌ها) در آن اثر کلی را نمایان می‌کنند. وقتی به تابلو به عنوان یک مجموعه نگاه کنیم، این نقطه‌ها دیده نمی‌شوند. فقط در صورتی که جزء کوچکی را به دقت بررسی کنیم، می‌توانیم تک تک نقطه‌های رنگی را ببینیم، اما در چنین حالتی دیگر نمی‌توان گفت که کل تابلو منظره است یا چهره.

رابطه‌ی بین نقاشی و نقطه‌های رنگی، رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی (ماکروسکوپی) و میکروسکوپی هستند.

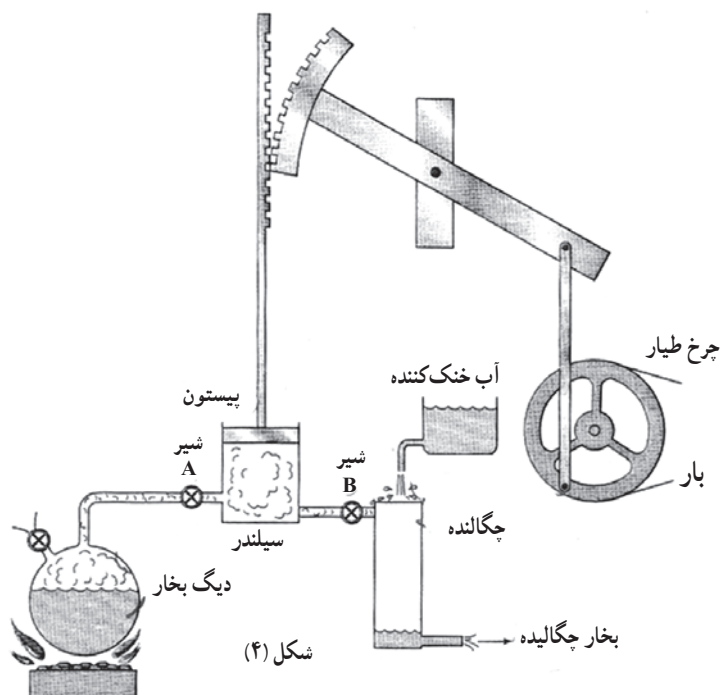
ترمودینامیک که علم بررسی گرما و تبدیل آن به انرژی مکانیکی است قبل از به‌وجود آمدن نظریه‌ی اتمی و مولکولی ماده شکل گرفت و افرادی که در این مورد تحقیق می‌کردند، شناخت مناسبی از اتم‌ها نداشتند و از مدل‌های ماکروسکوپی و کمیت‌هایی مانند کار مکانیکی، فشار، دما و نقش آن‌ها در انتقال انرژی استفاده می‌کردند. اساس ترمودینامیک را پایستگی انرژی و این حقیقت تشکیل می‌دهد که، گرما خود به خود از جسم داغ به جسم سرد جریان می‌یابد. این علم اساس ماشین‌های گرمایی چون ماشین بخار، نیروگاه‌های برق، موتور اتومبیل‌ها، یخچال‌ها و پمپ‌های گرمایی را تشکیل می‌دهد.



سیر تاریخی کشف ماشین نیوکامن

در این دانستنی؛ توجه انسان به استفاده از انرژی شیمیایی ذخیره شده در سوخت‌ها و سیر تاریخی طراحی ماشین نیوکامن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فعالیت ۳



شکل مقابل طرح کلی از ماشین بخار وات را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، طرز کار این ماشین را توضیح دهید. تفاوت این ماشین با ماشین نیوکامن را شرح دهید (ماشین بخار وات حدود ۵۰ سال بعد از ماشین نیوکامن اختراع شد!).

پاسخ: وقتی که دریچه‌ی A باز شود، بخار با فشار وارد سیلندر می‌شود و پستون را به بالا می‌راند و همزمان دریچه‌ی B بسته می‌شود؛ وقتی که پستون در حوالی بالای سیلندر است دریچه‌ی A بسته شده و منبع بخار مسدود می‌شود. سپس دریچه‌ی B باز می‌شود. بنابراین بخار از سیلندر خارج و وارد چگالنده می‌شود. آب جاری چگالنده را همواره سرد نگاه می‌دارد. همان‌طور که بخار سیلندر را ترک می‌کند فشار هوا در آن‌جا کاهش می‌یابد. فشار جو (با کمک حرکت چرخ) پستون را به پایین می‌راند. وقتی پستون به ته سیلندر رسید، دریچه‌ی B بسته می‌شود و دریچه‌ی A باز می‌شود و چرخه دوباره تکرار خواهد شد. دریچه‌های A و B به‌طور مستقیم به پستون وصل‌اند، از این‌رو حرکت پستون، خود به خود آن‌ها را کنترل می‌کند. تفاوت این ماشین با ماشین نیوکامن در آن است که در ماشین وات، بخار برای سرد شدن و چگالش به محفظه‌ی جداگانه‌ای هدایت می‌شود و این مسأله باعث می‌شود تا در ادامه‌ی چرخه، گرما در پستون تلف نشود و در مصرف سوخت صرفه‌جویی شود.

معلوم شد جریان گرما چیزی جز جریان انرژی نیست. بنابراین نظریه‌ی کالریک به تدریج کنار گذاشته شد. امروز گرما را نوعی انرژی در نظر می‌گیریم که معمولاً بر اثر برخورد مولکول‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل می‌شود. به عبارت دیگر گرما انرژی در گذر است.

دویست سال قبل گمان می‌کردند گرما شاره‌ای نامرئی به نام کالریک است که مثل آب از اجسام داغ به اجسام سرد جریان پیدا می‌کند. تصور می‌شد که کالریک پایسته است یعنی بدون خلق و نابود شدن از جایی به جایی دیگر می‌رود. این فکر پیش از قانون پایستگی انرژی وجود داشت. در اواسط قرن نوزدهم

دانشتنی

قانون صفرم ترمودینامیک

در این دانشتنی؛ قانون صفرم ترمودینامیک و استفاده از آن برای دستگاه دمانما مورد بررسی قرار می‌گیرد.

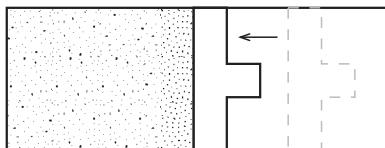
۱-۱- معادله‌ی حالت

راهنمای تدریس: از دانش‌آموزان می‌خواهیم همگی به یک چیز مثلاً «شمع» فکر کنند و سپس آن را توصیف کنند.
پاسخ: با ذکر ویژگی‌هایی چون رنگ و شکل و اندازه‌ی شمع، رنگ شعله، اندازه‌ی شعله و... می‌توان آن را توصیف کرد.

سپس می‌پرسیم که اگر بخواهیم در مورد مقداری گاز صحبت کند چه ویژگی‌هایی از گاز را باید مشخص کنیم؟
پاسخ: نوع گاز، مقدار آن (جرم)، حجم، دما و فشار از دانش‌آموزان می‌خواهیم به شکل ۲-۱ توجه کنند و بعد از معرفی قسمت‌های مختلف این شکل از آن‌ها می‌خواهیم دستگاه را مشخص کنند و سپس حالت تعادل دستگاه را توضیح می‌دهیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم فعالیت ۱-۱ را انجام دهند.

فعالیت ۱-۱

پاسخ: اگر دمای نقطه‌های مختلف گاز متفاوت باشد، بین آن‌ها تبادل گرما صورت گیرد تا دمای همه یکسان شود. همین‌طور ذرات گاز از نقطه‌های پرفشار به کم فشار جریان می‌یابد تا وقتی که دستگاه به تعادل برسد.



شکل (۵)

پاسخ: این حالت پایدار نیست در لحظه‌های اولیه فشار گاز در مجاورت پیستون بیشتر از بقیه‌ی قسمت‌ها خواهد بود اما پس از مدتی دوباره دستگاه به حالت تعادل خواهد رسید و البته در این حالت فشار گاز از حالت اول بیشتر است. با معرفی متغیرهای ترمودینامیکی می‌پرسیم وقتی پیستون را حرکت می‌دهیم کدام متغیرهای ترمودینامیکی تغییر می‌کنند.

پاسخ: (حجم، فشار و دما)

در مورد حالت دستگاه، معادله‌ی حالت و تحول یا فرآیند که می‌تواند موجب تغییر حالت دستگاه شود توضیح می‌دهیم.

اندازه‌ی $\Delta T = \frac{Q}{mc}$ افزایش می‌یابد. در این مثال ما برای توضیح دادن جگونگی رفتار جسم از کمیت‌های ماکروسکوپیک دما، گرما و گرمای ویژه استفاده کرده‌ایم؛ یعنی علم ترمودینامیک را برای این منظور به کار برده‌ایم.

در این فصل، به بررسی و توصیف قانون‌های ترمودینامیک و کاربرد آن‌ها در مانتین‌های گرمایی می‌پردازیم. به همین منظور، تحولات ماده‌ی خاصی را که معمولاً به صورت گاز یا مایع است، در نظر می‌گیریم. این ماده را دستگاه می‌نامیم. آن‌چه در اطراف دستگاه قرار دارد و می‌تواند با آن تبادل انرژی داشته باشد، محیط نامیده می‌شود.

۱-۱- معادله‌ی حالت

مقدار معینی گاز را مطابق شکل ۲-۱ در داخل یک استوانه در نظر بگیرید که با پیستونی مسدود شده است. پیستون می‌تواند در درون استوانه حرکت کند (در این جا دستگاه مورد بررسی گاز است). اگر پیستون برای مدتی طولانی در وضعیت (۱) (با حجم V_1) قرار داشته باشد، دما و فشار آن در همه‌ی نقاط گاز یکسان (مثلاً برای T_1 و P_1) خواهد بود. در این صورت، می‌گوییم که گاز در حالت تعادل است.



شکل ۲-۱

فعالیت ۱-۱

اگر دما و فشار در داخل گاز در شکل ۲-۱ در نقاط مختلف متفاوت باشند، چه رخ می‌دهد؟ این پرسش را در کلاس به بحث بگذارید.

در حالت تعادل هر یک از کمیت‌های فشار، دما و حجم گاز مقدار مشخصی دارد؛ مثلاً، هنگامی که گاز درون استوانه در شکل ۲-۱ در وضعیت (۱) قرار دارد، مقدار این کمیت‌ها به ترتیب برابر با P_1 ، T_1 و V_1 است. حال اگر گاز را گرم کنیم یا پیستون را به طرف راست یا چپ جابه‌جا

۴

فعالیت ۴



اگر در شکل ۲-۱ ناگهان پیستون را به چپ بکشیم تا مقداری جلو برود، وضعیت مولکول‌های گاز را برای لحظات ابتدایی بعد از حرکت پیستون رسم کنید و توضیح دهید آیا این حالت پایدار است یا خیر؟

از دانش‌آموزان می‌خواهیم رابطه‌ی مربوط به قانون عمومی گازها را که در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیده‌اند بنویسند و متغیرهای ترمودینامیکی را نام ببرند و بگویند آیا این رابطه می‌تواند معادله‌ی حالت گاز باشد؟

$$\text{پاسخ: ثابت } \frac{PV}{T}$$

متغیرها: فشار، حجم و دما

توجه:

۱- احتمالاً دانش‌آموزان قانون عمومی گازها را به شکل

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

پرداخته‌اند اما لازم است بدانند این رابطه، نتیجه‌ی این واقعیت

$$\text{است که ثابت } \frac{PV}{T}$$

و در این رابطه مقدار ثابت به مقدار گاز بستگی دارد یعنی

$$\frac{PV}{T} \propto n$$

۲- احتمالاً دانش‌آموزان تصور درستی از n (تعداد

مول‌ها) ندارند.

از دانش‌آموزان می‌پرسیم «یک مول گاز هیدروژن چه

مقدار از این گاز است؟ و هم چنین چه تصویری از یک مول گاز

اکسیژن دارند؟

کنیم. مقدار بعضی از این کمیت‌ها (یا همدی آن‌ها) تغییر خواهد کرد و اگر مدتی نسبتاً طولانی صبر کنیم، این کمیت‌ها مقدارهای مشخص دیگری چون P_1 ، T_1 و V_1 را اختیار خواهند کرد. از این کمیت‌ها برای توصیف حالت دستگاه می‌توان استفاده کرد و گفت که دستگاه در ابتدا در حالتی بود که کمیت‌های فشار، دما و حجم به ترتیب مقدارهای P_1 ، T_1 و V_1 را داشتند. سپس در اثر گرم شدن یا جابه‌جایی پیستون، دستگاه به حالتی تحول یافت که در آن این کمیت‌ها مقادیر P_2 ، T_2 و V_2 را اختیار کردند. این کمیت‌های ماکروسکوپی که حالت دستگاه را می‌توان برحسب آن‌ها توصیف کرد، متغیرهای ترمودینامیکی نامیده می‌شوند. متغیرهای ترمودینامیکی از یک‌دیگر مستقل نیستند و یا هم رابطه دارند؛ مثلاً اگر در شکل ۱-۴ با ثابت نگهداشتن پیستون (یعنی در حجم ثابت) گاز را تا دمای معینی گرم کنیم، فشار آن تغییر خواهد کرد و مقدار متفاوتی خواهد داشت. حال اگر بخواهیم این مقدار فشار باز هم تغییر کند، باید دما یا حجم یا هر دو را تغییر دهیم.

رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی معادله‌ی حالت نامیده می‌شود. معادله‌ی حالت یک دستگاه در حالت کلی بسیار پیچیده است ولی آزمایش نشان می‌دهد هنگامی که گازها بسیار رقیق‌اند، معادله‌ی حالت آن‌ها ساده و مستقل از نوع گاز است. در این حالت، گاز را گاز کامل می‌نامند.

در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم که برای مقدار معینی گاز کامل نسبت $\frac{PV}{T}$ مقدار ثابتی دارد. این مقدار ثابت به مقدار گاز بستگی دارد و مستقل از نوع گاز است. در نتیجه،

$$\frac{PV}{T} = n \quad (1-1)$$

که در آن n مقدار گاز برحسب مول است که به‌صورت نسبت جرم گاز (m) به جرم مولکولی آن (M) تعریف می‌شود.

$$n = \frac{m}{M} \quad (2-1)$$

تعداد مولکول‌های موجود در هر مول از یک ماده برابر با عدد آووگادرو است. ثابت تناسب در رابطه‌ی ۱-۲ ثابت گازها نامیده می‌شود و مقدار آن برابر است با $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$.

بنابراین، معادله‌ی حالت گاز کامل که کمیت‌های P ، V و T را به یک‌دیگر مربوط می‌کند، به‌صورت زیر است:

$$PV = nRT \quad (3-1)$$

۵

در صورت لزوم توضیحاتی در مورد یک مول از هر

ماده، تعداد ذرات هر مول از ماده و حجم متعارفی یک مول گاز

می‌دهیم.

دانستنی

جرم مولکولی چیست؟

در این دانستنی؛ انتخاب مقیاس مناسب برای جرم گازها در مبحث ترمودینامیک و بیان مثالی از آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یادآوری:

۱- هر لیتر معادل با ۱۰۰۰ سانتی‌مترمکعب و ۰/۰۰۱ مترمکعب است.

۲- هر یک اتمسفر معادل ۱۰۱۳۲۵ پاسکال است که آن را معمولاً در مسایل معادل با 1×10^5 پاسکال می‌گیرند.

پیش از آن‌که به حل تمرین و مسأله‌ی مربوط به معادله‌ی حالت بپردازیم باید در مورد تبدیل یکاهای حجم و فشار یادآوری‌های لازم را انجام دهیم:

فعالیت ۵



استوانه‌ای به حجم ۲۰ لیتر را در نظر بگیرید. هریک از ابعاد این استوانه (شعاع قاعده و ارتفاع)، چند متر یا سانتی‌متر می‌توانند باشند؟

پاسخ: پاسخ‌ها می‌تواند متعدد باشد. ۲۰ لیتر معادل $۰/۰۲۰$ مترمکعب است پس اگر به دلخواه سطح قاعده را $۰/۰۲$ مترمربع انتخاب کنیم یعنی شعاع آن تقریباً $۸/۰$ متر باشد ارتفاع آن باید یک متر باشد. و یا می‌توانیم شعاع قاعده را ۲۰ cm یعنی $۰/۲$ m انتخاب کنیم تا سطح قاعده تقریباً $۱۲۵۶/۰$ مترمربع و ارتفاع استوانه تقریباً $۱۶/۰$ متر باشد.

مثال: اگر انگشتان را روی سطح میز طوری قرار دهید فشار در محل انگشتان تقریباً ۱×۱۰^۵ Pa باشد؟
پاسخ: $۱ \times ۱۰^۵ \text{ Pa} = \frac{F}{۱ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F = ۱۰ \text{ N}$ که سطح تماس حدود ۱ cm^2 باشد، چه نیرویی باید وارد کنید تا

دانشتنی



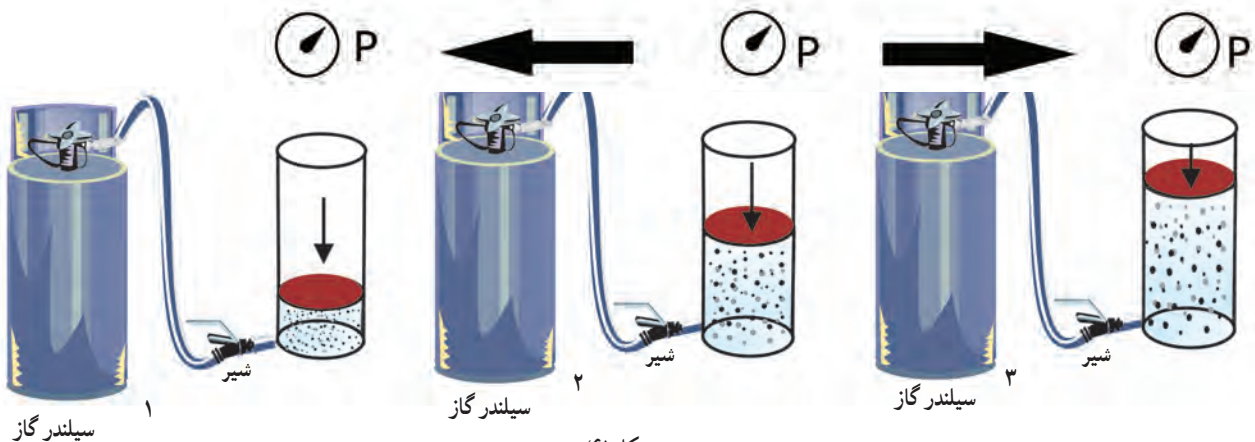
محاسبه‌ی مقدار تقریبی R

در این دانشتنی؛ با فرض قرار گرفتن یک گاز در شرایط متعارفی، با استفاده از معادله‌ی حالت گاز کامل، مقدار تقریبی R محاسبه می‌شود.

فعالیت ۶



در شکل زیر کدام کمیت‌ها در گاز تغییر می‌کنند؟



شکل (۶)

اگر با یک منبع گرما، دمای گاز را ثابت نگه دارید، در معادله‌ی حالت گاز مقدار ثابت را بنویسید.
پاسخ:

– حجم و تعداد مول‌های گاز

– چون دما و فشار گاز ثابت است پس داریم:

$$PV = nRT \Rightarrow V = \left(\frac{RT}{P}\right)n$$

$\frac{RT}{P}$ مقدار ثابت در این حالت است.

توجه: در بعضی از کتاب‌های شیمی پیشرفته، این مطلب با عنوان «قانون آووگادرو» آورده شده است.

فعالیت ۷



با توجه به فعالیت قبل، هنگام نوشیدن یک نوشابه‌ی پاکتی بانی، کدام دو کمیت تغییر می‌کنند؟ چرا پاکت نوشابه
مچاله می‌شود؟

دانشتنی



معادله‌ی حالت گاز کامل

در این دانشتنی؛ سیر تاریخی و آزمایش‌های رابرت بویل و ژاک شارل و ژوزف گی لوساک معرفی می‌شود و
نتیجه‌ی قانون‌های کشف شده به وسیله‌ی آن‌ها به شکل معادله‌ی حالت گاز کامل ارائه می‌شود.

فعالیت ۸

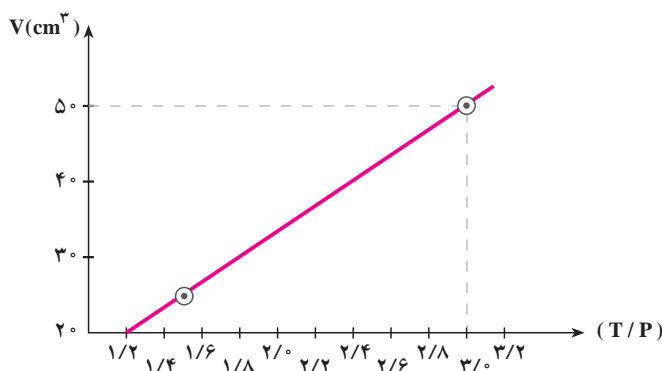


نتیجه‌های یک آزمایش برای تغییرات حجم برحسب نسبت $\frac{T}{P}$ (دمای مطلق به فشار) در نمودار زیر دیده می‌شود.

الف) شیب نمودار معرف چه کمیتی است؟

ب) چرا نمودار خط راست است؟

پ) با توجه به مقدارهای تجربی روی نمودار تعیین کنید آزمایش مربوط به چند مول گاز است؟
($R=8/314 \text{ J/molK}$)



شکل (۷)

پاسخ:

الف) nR

ب) بر طبق معادله‌ی حالت گاز کامل $PV=nRT$

رابطه‌ی V بر حسب $\frac{T}{P}$ ، معادله‌ی خط راست است. $V = nR\left(\frac{T}{P}\right)$

پ) $V = nR\left(\frac{T}{P}\right)$

$$50 \times 10^{-6} = n \times 8/314 (3 \times 10^{-3}) \Rightarrow n = 0.002 \text{ mol}$$

برای آن که دانش‌آموزان با گاز کامل و معادله‌ی حالت گاز را نیز به‌دست آورید.

پاسخ: $1589 \times 6/02 \times 10^{23} \approx 9/57 \times 10^{25}$

بهرتر آشنا شوند می‌توانیم مثال‌هایی شبیه مثال ۱-۱ طرح کنیم.

تعمیم مثال ۱-۱: تعداد مولکول‌های هوا در این اتاق

مثال پیشنهادی :

الف) حجم یک مول گاز هیدروژن در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر را محاسبه کنید.

ب) آیا این عدد به نوع گاز بستگی دارد؟

پاسخ : الف) $\frac{PV}{T} = nR$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$P = 1.01325 \text{ Pa}$$

$$V = ?$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8.314 \times 273}{1.01325} \approx 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

ب) خیر به نوع گاز بستگی ندارد.

۲-۱- فرایندهای ترمودینامیکی

راهنمای تدریس: با طرح مثالی از یک فرایند

ترمودینامیکی برای ایجاد انگیزه، می‌توانیم به روش پرسش و پاسخ تدریس را دنبال کنیم.

ایجاد انگیزه: وقتی که در شیشه‌ی نوشابه‌ی گازدار

خنک را باز می‌کنیم در اطراف دهانه‌ی شیشه مه رقیقی تشکیل می‌شود و مقداری از مایع نیز به بیرون می‌ریزد. آیا کمیت‌های ترمودینامیکی مثل دما، فشار و حجم مایع درون شیشه در اثر باز شدن در آن تغییر می‌کنند؟ عامل این تغییرات چیست؟ برای آن‌که پس از باز کردن در شیشه، نوشابه به بیرون نریزد چه اقدام‌های احتیاطی باید صورت گیرد؟

پاسخ این پرسش‌ها را با مطالعه‌ی این بخش به دست

خواهید آورد.

از دانش‌آموزان می‌پرسیم که: چه وقت حالت یک دستگاه

برای ما معلوم است؟ یعنی یک گاز را می‌توانیم توصیف کنیم؟

پاسخ: وقتی که متغیرهای ترمودینامیکی آن دستگاه برای

ما معلوم باشد.

مثال ۱-۱

تعیین کنید که در شرایط متعارفی (فشار یک اتمسفر، دمای صفر درجه سلسیوس) در اتاقی به ابعاد $4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ چند مول هوا وجود دارد؟

حل: حجم اتاق برابر با 36 m^3 است.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 10^5 \times 36}{8.314 \times 273} = 1.589 \text{ mol}$$

۲-۱-۱ فرایندهای ترمودینامیکی

در بخش قبل دیدیم که حالت (تعادل) یک دستگاه را می‌توان برحسب متغیرهای ترمودینامیکی P ، V و T بیان کرد. همچنین، در اثر گرم شدن گاز یا جابه‌جایی سیستون حالت گاز تغییر می‌کند و گاز به حالت دیگری می‌رود. هنگامی که دستگاه از یک حالت به حالت دیگر می‌رود، می‌گوییم که یک فرایند ترمودینامیکی انجام شده است.

برای مثال، در بخش قبل دیدیم که گاز ابتدا در حالت P_1 ، V_1 و T_1 بود و در اثر گرم کردن آن با ثابت‌نگه‌داشتن حجم، گاز به حالت P_2 ، V_1 و T_2 رسید. در این فرایند ترمودینامیکی حالت دستگاه در حجم ثابت از (a) یا دمای T_1 و فشار P_1 به (b) یا دمای T_2 و فشار P_2 تغییر کرده است.

فعالیت ۲-۱-۱

چند فرایند ترمودینامیکی را که در اطراف شما رخ می‌دهد، ذکر کنید.

فرایندهای ترمودینامیکی را می‌توان در دستگاه مختصات P - V (که بر روی یک محور P و روی محور دیگر V مشخص می‌شود) با دستگاه V - T یا دستگاه P - T نمایش داد، نمودار P - V ی فرایند مثال بالا، در شکل ۳-۱ نمایش داده شده است.



۶



شکل (۸)

پرسش : چه وقت حالت یک دستگاه متشکل از گاز تغییر می کند؟
پاسخ : وقتی حداقل یکی از متغیرهای ترمودینامیکی (P ، V یا T) آن تغییر کند.
پرسش : چگونه ممکن است یکی از متغیرهای ترمودینامیکی تغییر کند؟
پاسخ : اگر دستگاه کار یا گرما مبادله کند.

فعالیت ۲-۱

کوهانش نیست بلکه دماغ بسیار گنده‌ی شتر است که امکان استخراج آب از رطوبت بازدم را برای وی فراهم می کند. بخش‌های داخلی بینی شتر طوری است که عملاً بیشتر رطوبت موجود در هوای اشباع از بخار آب گرم خروجی از ریه هایش را جذب می کنند.

پاسخ : در پدیده‌های طبیعی مثل دم و بازدم، تبدیل ذرات بخار آب در یخ گیر یخچال به بلورهای یخ، تبخیر آب، یخ زدن آب، بالا رفتن دمای اتاق یا آب سماور و ...
جالب : بد نیست بدانید که منبع مهم تأمین آب برای شتر

پرسش : هرگاه بخواهیم اطلاعات مربوط به حالت‌های دستگاه‌های گازی را در نمودار ثبت کنیم،
 الف) چند نوع نمودار می توان رسم کرد؟
 ب) اگر هر نقطه از نمودار معرف حالتی از دستگاه باشد، با چه شرطی می توان نمودار رسم کرد؟

پاسخ :

الف) چون سه متغیر ترمودینامیکی داریم، هر بار می توان نموداری رسم کرد تا تغییرات یکی از متغیرها را برحسب دیگری نشان دهد مثلاً نمودار $P-V$ یا $P-T$ یا $V-T$

ب) حالت دستگاه وقتی برای ما معلوم است که متغیرهای ترمودینامیکی آن معلوم و ثابت باشند یعنی دستگاه در حالت تعادل باشد یعنی می خواهیم دستگاه در حین فرایند همیشه نزدیک به حالت تعادل باقی بماند. همان طور که قبلاً هم اشاره شد هر تغییر سریع، دستگاه را دچار اغتشاش می کند و باید صبر کنیم تا دوباره حالت تعادلی برقرار شود. پس اگر فرایند را به آرامی انجام دهیم می توانیم فرض کنیم که دستگاه همواره در حالت تعادل است.

تبدیل انرژی درونی به گرما در ژنرور
 تبدیل انرژی درونی به گرما در

تمرین ۱-۱

نمودار $P-T$ را برای مثال بالا رسم کنید.

به همین طریق نیز می توان یک فرایند ترمودینامیکی انجام داد که در آن با جابه جاکردن پیستون گاز منبسط یا متراکم شود. در این فرایند نیز می توان نمودارهای مربوط را رسم کرد. در ادامه ی فصل با فرایندهای ترمودینامیکی مختلف آشنا می شویم.
 لازم به تذکر است که ترمودینامیک فقط به بررسی وضعیت ماده در حالت‌های تعادل می پردازد؛ بنابراین، برای بررسی رفتار گاز با استفاده از این علم، باید فرایند (مثلاً گرم کردن یا جابه جاکردن پیستون) را آن قدر آهسته انجام دهیم که گاز در هر لحظه، به حالت تعادل بسیار نزدیک باشد و در نتیجه، متغیرهای ترمودینامیکی P ، V و T گاز در حین فرایند در همه جا یکسان و مقدار مشخصی داشته باشند. در این صورت، با معلوم بودن متغیرهای ترمودینامیکی می توان همه ی مراحل فرایند را در نمودارهای مربوط نمایش داد.

۱-۲ تبدیل انرژی

لیادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طریق گرما و کار صورت می گیرد.
 الف - گرما: در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم که گرما انرژی ای است که به علت اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود. به عبارت دیگر گرما، هنگامی بین محیط و دستگاه مبادله می شود که این دو با هم اختلاف دما داشته باشند. در این کتاب بنا به قرارداد گرمایی را که جسم (دستگاه) می گیرد، با علامت مثبت و گرمایی را که دستگاه از دست می دهد، با علامت منفی نشان داده ایم. در این فصل نیز این قرارداد را رعایت می کنیم.
 هنگامی که دستگاه با محیط تبادل گرما می کند، معمولاً فرض می شود که با یک منبع گرما در تماس است. منبع گرما، جسی است که اگر گرما از دست بدهد یا بگیرد، دمای آن به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکند؛ مثلاً، هوای اتاق را برای یک استکان چای داغ می توان منبع گرما در نظر گرفت. با سرد شدن چای، دمای اتاق به طور قابل ملاحظه ای تغییر نمی کند.

پرسش ۱-۱

آیا از مخلوط آب و یخ می توان به عنوان منبع گرما استفاده کرد؟



شکل (۹)

۱-۳- تبادل انرژی

ایجاد انگیزه: زنبورهای سرخ زنبورهای عسل را شکار می‌کنند. اما زنبورهای عسل برای دفاع از خود روش جالبی دارند: هرگاه زنبور سرخی به کندوی عسل حمله کند، چند صد زنبور کارگر در اطراف آن جمع می‌شوند و یک گلوله‌ی متراکم را تشکیل می‌دهند و بعد از چند دقیقه زنبور سرخ بدون آن که مورد حمله‌ی مستقیم زنبورهای عسل قرار گیرد، می‌میرد. به نظر شما علت مرگ زنبور سرخ چیست؟ و چگونه شرایط مرگ این زنبور سرخ فراهم می‌شود؟ با مطالعه‌ی این بخش پاسخ این پرسش‌ها را به دست می‌آورید.

دانش‌تنی



تبدیل انرژی درونی به گرما در زنبور عسل

اگر صدها زنبور عسل گلوله‌ی متراکمی را در اطراف یک زنبور سرخ حمله کننده به کندوی خود تشکیل دهند، می‌توانند دمای بدنشان را از دمای عادی 35°C به سرعت تا 47°C بالا ببرند، این دمای بالا برای زنبور سرخ مزاحم کشنده است، اما برای زنبورهای عسل خطری ندارد. در واقع هر زنبور باید به‌طور متوسط مقداری انرژی اضافی تولید کند تا دما به مقدار 47°C برسد. دمای سطح گلوله‌ی حاصل از زنبورها پس از تشکیل شدن گلوله بالا می‌رود و زنبورهای عسل انرژی اضافی را به صورت تابش گرمایی از دست می‌دهند، بد نیست بدانید انرژی حاصل از بال زدن زنبور آن قدر زیاد است که می‌تواند خود بال‌ها را ذوب کند!

دانش‌آموزان با مفهوم گرما در فیزیک ۱ و آزمایشگاه و نیز فیزیک ۲ و آزمایشگاه به خوبی آشنا شده‌اند. پس فقط برای یادآوری؛ به روش پرسش و پاسخ؛ مفهوم گرما، شرط انتقال گرما و روش‌های انتقال گرما را مطرح می‌کنیم.

پرسش: استوانه‌ای فلزی حاوی مقداری گاز در نظر بگیرید که با یک پیستون مسدود شده است. هرگاه استوانه را روی شعله‌های چراغ قرار دهیم دمای گاز و در نتیجه وضعیت آن چه تغییری می‌کند؟
پاسخ: دمای گاز زیاد می‌شود یعنی به وضعیت جدیدی، تغییر حالت می‌دهد.
پرسش: آیا می‌توان به جای استفاده از شعله‌های چراغ، استوانه را در تماس با جسمی با دمای بالاتر قرارداد؟
پاسخ: بله