

بخش ۱

مایعی کم یاب در عین فراوانی

و از آب، هر چیزی را زنده ساختیم.

(قرآن مجید، سوره ی ۲۱ آیه ی ۲۰)

بیا به من نگاه کن
که آسمان پرستاره ام
به من که گاه صاف و گاه
به زیر ابر پاره ام.
بیا به من نگاه کن
که آب صاف رودخانه ام
همیشه با شتاب می روم
پراز صدا، پراز ترانه ام.
بیا به من نگاه کن
به من که می چکم از
آسمان
به یاد غنچه و جوانه ها
به روی خاک می شوم
روان.
بیا تو هم پراز ستاره باش
پراز صدا، پراز ترانه باش
ببار مثل من از آسمان
به یاد غنچه و جوانه باش.
افسانه شعبان نژاد



این قطره ی زیبا و درخشان شبنم که زندگی و سرسبزی را به بادمان می آورد، چون مروارید گرانبهاست.

ما در سیاره ای زندگی می کنیم که بیش تر سطح آن را اقیانوس ها و دریاها پوشانده اند، شکل ۱. سیاره ی پرآبی که ساکنان آن به برکت وجود آب زنده اند و در آن زندگی می کنند. ساکنانی که بدن خود آن ها نیز از مقدار زیادی آب تشکیل شده است. آیا می دانید که حدود دو سوم جرم بدن شما را آب تشکیل می دهد؟ و آبی که در خون شماست کاملاً شبیه آبی است که در اقیانوس ها یافت می شود؟

وجود مقادیر بسیار زیادی آب در کره ی زمین سبب شده است که سیاره ی ما در منظومه ی خورشیدی تنها سیاره ی مناسب برای زندگی باشد. ویژگی های آب نیز به گونه ای است که وجود آن را برای ادامه ی زندگی موجودات زنده ضروری کرده است. به طوری که،



اگر روزی موفق به کشف زندگی در بیرون از منظومه ی خورشیدی شویم، بی تردید این زندگی باید روی سیاره ی پر آب دیگری مانند زمین به وجود آمده باشد.



شکل ۱ سه چهارم سطح کره ی زمین با آب پوشیده شده است. از این رو هنگامی که از فضا به زمین نگاه می کنیم، عموماً آن را کره ای به رنگ آبی می بینیم.

ویژگی هایی که آب را به یک مایع زندگی بخش تبدیل کرده است، می تواند آن را به ماده ای کشنده نیز مبدل سازد. زیرا، بسیاری از مواد شیمیایی در آب حل می شوند یا به کمک آب از جایی به جای دیگر انتقال می یابند و سرانجام نیز به دریاها و اقیانوس ها وارد می شوند. خارج کردن این مواد شیمیایی از منابع تأمین کننده ی آب، کار خیلی آسانی نیست. بنابراین، نباید اهمیت آب پاک و گوارایی را که در اختیار داریم، دست کم بگیریم. زیرا، می توانیم برای چند هفته بدون غذا به زندگی ادامه دهیم، ولی بدون آب تنها برای چند روز زنده خواهیم ماند.

در جهان توسعه یافته ی امروز، انسان ها روزانه صدها لیتر آب را در خانه های خود به مصرف می رسانند. بیش تر این آب برای شست و شو، نظافت و مقدار نسبتاً کمی از آن برای آشامیدن به کار می رود. در کشاورزی و صنعت نیز مقادیر بسیار زیادی آب به ویژه برای تهیه و تولید مواد غذایی، دارویی و پوشاک به کار می رود. بنابراین، تأمین آب مورد نیاز برای همه ی این فعالیت ها باید بخش عمده ی سیاستگذاری ها و برنامه ریزی های کلان یک کشور توسعه یافته یا در حال توسعه ای چون میهن اسلامی ما را به خود اختصاص دهد. البته فراموش نکنید که این برنامه ریزی ها بدون همکاری آگاهانه و مسئولانه ی شهروندان یک جامعه به نتیجه نخواهد رسید.

آیا می دانید که به عنوان یک شهروند، شما چه نقشی در این برنامه ریزی ها یا اجرای برنامه های پیشنهادی دارید؟ چگونه می توانید به بهترین شیوه نقش خود را چه اکنون و چه در آینده ایفا کنید؟ برای این کار به چه دانستنی ها و مهارت هایی نیازمندید؟

داستانی شنیدنی شما را در یافتن پاسخ این پرسش ها یاری خواهد داد. این ماجرا را از زبان یک روزنامه ی محلی برای شما بازگو می کنیم با پی گیری لحظه به لحظه ی این ماجرا ما را تا پایان این بخش همراهی کنید. ماجرای که از یک صبح گرم تابستانی آغاز می شود.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۲، دوشنبه ۲۷ تیر ۱۳۷۹

مشاهده‌ی صدها ماهی مرده در رودخانه‌ی رودسار!

صبح امروز یکی از دانش‌آموزان دبیرستان شهید مطهری رودسار که برای دریافت کارنامه‌ی راهی دبیرستان خود بود، به هنگام عبور از کنار رودخانه متوجه اجساد شناور صدها ماهی مرده در آب رودخانه شد. در پی این مشاهده وی به سرعت خود را به دبیرستان رساند و پس از درمیان گذاشتن این موضوع با مدیر دبیرستان به همراه او به محل حادثه بازگشت. مدیر این دبیرستان که یک معلم زیست‌شناسی نیز هست، علت

مرگ و میر ماهی‌ها را شیوع یک بیماری کشنده در میان آن‌ها حدس می‌زند، در حالی که دانش‌آموز یاد شده آلوده شدن آب رودخانه با یک ماده‌ی سمی را عامل این کشتار تصور می‌کند. به هر حال آن دو، مشاهده‌ی خود را بی‌درنگ به آگاهی سرپرست سازمان آب منطقه‌ای رودسار و رییس سازمان حفاظت محیط‌زیست رساندند و خواستار رسیدگی هر چه سریع‌تر به این موضوع شدند.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۳، سه شنبه ۲۸ تیر ۱۳۷۹

آب رودسار سه روز قطع خواهد شد

در پی مشاهده‌ی لاشه‌ی صدها ماهی در رودخانه‌ی رودسار سازمان آب منطقه‌ای و سازمان حفاظت محیط‌زیست طی اطلاعیه‌ی مشترکی، عصر دیروز اعلام کردند که به منظور یافتن علت مرگ و میر ماهی‌ها و اجرای اقدام‌های پیش‌گیرانه، از ساعت ۲۱ روز دوشنبه ۲۷ تیر ۱۳۷۹، به مدت سه روز جریان آب رودخانه به تصفیه‌خانه‌ی شهر به طور موقت قطع خواهد شد. این اطلاعیه می‌افزاید، کارشناسان مجرب این دو سازمان به طور شبانه‌روزی با نمونه‌گیری و اجرای آزمایش‌های متعدد روی نمونه‌هایی از آب رودخانه و اجساد ماهی‌های مرده در پی یافتن عامل اصلی بروز این حادثه‌ی تلخ هستند و امیدوارند طی چند روز آینده

نتیجه‌ی پژوهش‌های خود را از طریق روزنامه‌ها و صدا و سیما محلی به آگاهی عموم برسانند در این اطلاعیه آمده است که شهروندان رودساری می‌توانند ۶ بعدازظهر امروز برداشت کنند و حداکثر تا ساعت ۶ بعدازظهر امروز برداشت کنند و ضمن صرفه‌جویی، آب را تنها برای شست و شو به مصرف برسانند و برای خوردن از آب‌های معدنی موجود در بازار استفاده کنند هم چنین اداره‌ی تربیت بدنی رودسار زمان برگزاری مسابقات محلی ماهی‌گیری را که قرار بود در صبح روز پنج‌شنبه ۳۰ تیرماه در سد رودسار به اجرا درآید، یک هفته به عقب انداخت



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۴، چهارشنبه ۲۹ تیر ۱۳۷۹

خطری متوجه مردم رودسار نیست!

قطع آب شهر، آب آشامیدنی سالم به وسیله‌ی تانکر از مناطق دور دست و مطمئن به شهر آورده شود و از طریق چند جایگاه ویژه در سراسر شهر در میان مردم توزیع گردد. شایان گفتن است که در این جلسه نماینده‌ی اداره‌ی فرهنگ و ارشاد اسلامی و سرپرست اتاق بازرگانی رودسار ضمن ابراز نگرانی شدید، به زیان‌ها و آسیب‌های ناشی از قطع آب بر صنعت گردشگری و درآمدهای شهر اشاره کردند و تصمیم‌گیری درباره‌ی قطع آب شهر را خیلی شتاب زده و غیر مستند دانستند.

در پایان این نشست یکی از اعضای شورای شهر در مورد شرایط بحرانی ناشی از قطع آب به خبرنگار ما گفت: ما منتظر اعلام نتایج حاصل از پژوهش شیمی‌دان‌ها و زیست‌شناس‌ها روی آب و اجساد ماهی‌ها هستیم و امیدواریم تا آن زمان همه‌ی نهادها و سازمان‌های مسئول با همکاری شهرداری در صدد رفع مشکلات شهروندان برآیند.

در پی مرگ و میر صدها ماهی در سد رودسار و احتمال آلودگی رودخانه و شرایط سخت ایجاد شده به واسطه‌ی قطع موقت آب، شورای شهر رودسار شب گذشته جلسه‌ای فوق العاده تشکیل داد و به بررسی این موضوع و بی‌آمدن احتمالی آن پرداخت. در این جلسه علاوه بر مدیران سازمان‌های آب و حفاظت محیط‌زیست و چند تن از کارشناسان مجرب این دو سازمان، نماینده‌ی اداره‌ی فرهنگ و ارشاد اسلامی و سرپرست اتاق بازرگانی رودسار نیز حضور داشتند.

در این جلسه یکی از کارشناس‌های سازمان آب، ضمن تشریح روند نمونه‌گیری‌ها و آزمایش‌های اجرا شده، اعلام کرد: آب سد فاقد هرگونه ماده‌ی شیمیایی سمی است و فعلاً خطری متوجه مردم شهر نیست. با این حال او افزود که چون علت مرگ و میر ماهی‌ها هنوز آشکار نشده است، نمی‌توان با اطمینان آب شهر را سالم اعلام کرد.

در پایان این جلسه مقرر شد تا در صورت ادامه‌ی



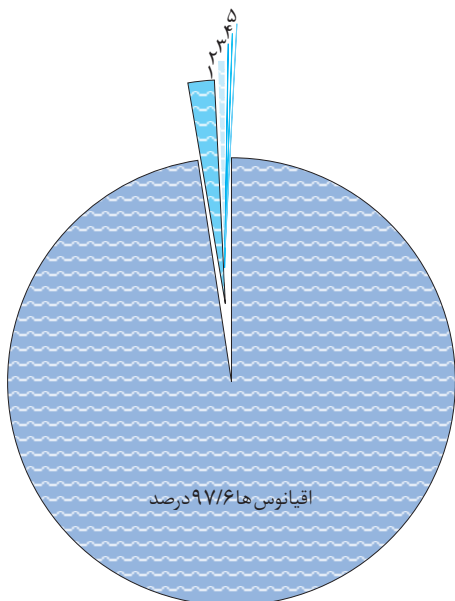
همان طور که از گزارش های پی در پی این روزنامه ی محلی بر می آید، شهر رودسار دست کم برای سه روز با بحران بی آبی روبه رو شده است. بحرانی که می تواند مسایل و مشکلات بسیاری را برای شهروندان رودساری به وجود آورد. این مشکل چگونه رفع شده است؟ و شیمی و روش های علمی چگونه به حل شدن آن کمک کرده است؟ پرسش هایی هستند که بی شک برای شما هم پیش آمده اند.

در این بخش، هم زمان با ارایه ی دانستنی های بیش تری درباره ی شیمی آب و آشنایی بیش تر با منابع، کاربردها و اهمیت آب در جهان امروز، معمای رودسار را پی خواهیم گرفت تا پاسخی قانع کننده برای آن بیابیم. در این راه به پاسخ سه پرسش مهم زیر نیز دست خواهیم یافت:

- ۱- آیا همواره می توان آب سالم و کافی برای تأمین نیازهای گوناگون زندگی فراهم کرد؟
- ۲- شیمی چگونه می تواند اهمیت آب در زندگی فردی و اجتماعی را برای ما آشکار سازد؟
- ۳- به کاربردن روش های علمی چگونه می تواند ما را در حل مسایل و رفع مشکلاتی که در زندگی با آن ها رو به رو می شویم، یاری دهد؟

منابع آب در طبیعت

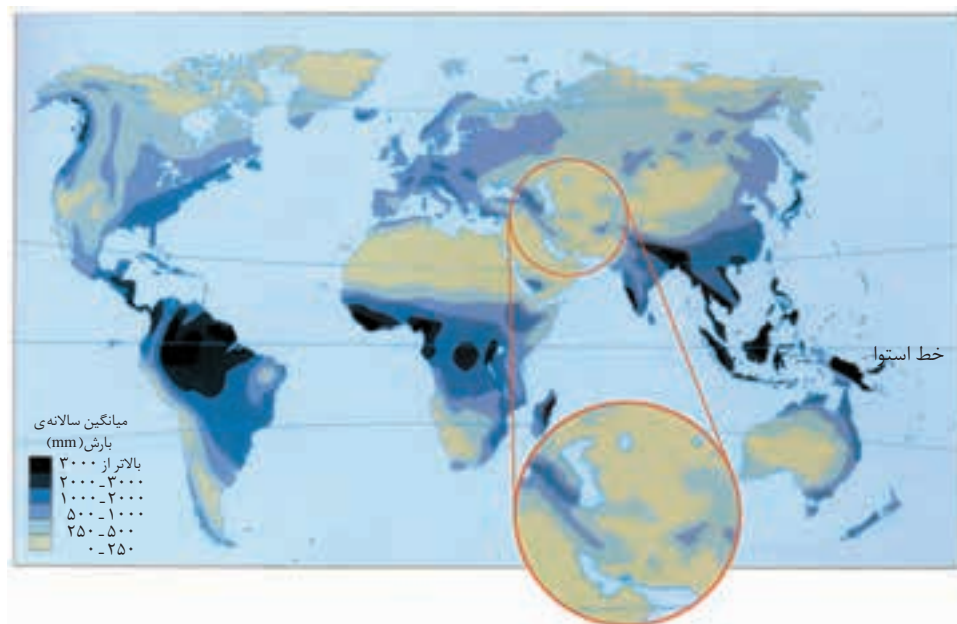
آب تنها ماده ای است که به هر سه حالت جامد (یخ)، مایع (آب) و گاز (بخار آب) در طبیعت یافت می شود. نزدیک به ۷۵ درصد از سطح زمین را آب پوشانده است، شکل ۱. بخش عمده ی این آب ها را آب شور دریاها و اقیانوس ها تشکیل می دهند، شکل ۲. این آب شور را نمی توان برای نوشیدن یا در بسیاری از فرایندهای صنعتی استفاده کرد. بخش مهم دیگر را یخ های قطبی و یخچال های طبیعی تشکیل می دهند، شکل ۲. اگر چه این دو، منبع مهمی برای تولید آب شیرین به شمار می آیند، با این حال سرعت ذوب شدن آن ها بسیار آهسته تر از آن است که برای تأمین نیازهای انسانی، صنعتی و کشاورزی قابل بهره برداری باشند.



- ۱- یخ های قطبی و یخچال های طبیعی ۱/۹ درصد
- ۲- آب های زیرزمینی ۰/۴۷ درصد
- ۳- رودخانه ها، دریاچه ها و آبگیرها ۰/۰۲ درصد
- ۴- رطوبت موجود در خاک، کم تر از ۰/۰۱ درصد
- ۵- بخار آب موجود در هوا ۰/۰۰۰۱ درصد

شکل ۲ نوع و فراوانی منابع گوناگون آب موجود در کره ی زمین

بنابراین، انسان و دیگر موجودات زنده‌ی غیر دریایی برای دستیابی به آب شیرین مورد نیاز خود، باید بر سر درصد ناچیز باقی مانده (حداکثر ۰/۵ درصد) با یک دیگر به رقابت بپردازند. گفتنی است که این منابع ناچیز نیز به طور یک‌نواخت، در سراسر جهان پراکنده نشده‌اند و عوامل طبیعی گوناگونی مانند موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و میزان بارش بر این پراکندگی بسیار مؤثر است، شکل ۳.



مجموع بارندگی سالانه در ایران حدود ۴۰۰ میلیارد متر مکعب است که ۲۸۴ میلیارد متر مکعب آن به طور مستقیم تبخیر می‌شود و تنها بخش کمی از آن به صورت آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی، منابع آب کشور را تأمین می‌کنند.

شکل ۳ میانگین سالانه‌ی بارش در سراسر جهان

فکر کنید

با توجه به شکل ۳ به نظر شما ایران از جمله‌ی کدام مناطق جهان است؟ خشک، کم آب یا پرآب؟ چرا؟ آیا میزان بارش در همه جای کشور یکسان است؟ وضعیت بارندگی در استان شما چگونه است؟ توضیح دهید.

بیش‌تر بدانید

در حالی که حدود یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، تنها ۰/۲۶ درصد از منابع آب شیرین جهان در کشور ما وجود دارد. برآوردهای علمی نشان می‌دهد که با افزایش تدریجی جمعیت، ایران تا دو دهه‌ی آینده با کمبود شدید آب روبه‌رو خواهد شد. در ضمن پژوهش‌های جهانی نشان داده است که کاهش منابع آب در کشورهای خاورمیانه و رقابت بر سر بهره‌برداری از منابع آب موجود در منطقه، نقش روزافزونی در امنیت ملی هر یک از این کشورها دارد. از این‌رو در آینده، آب در خاورمیانه می‌تواند به سرمایه‌ای ارزنده‌تر و حیاتی‌تر از نفت تبدیل شود!



قابل توجه است که بیش از ۷۰ درصد منابع آب قابل دسترسی در خاورمیانه به آبیاری در بخش کشاورزی اختصاص دارد. اهمیت بخش کشاورزی برای افزایش درآمدهای ملی، کارآفرینی و تأمین غذا و در واقع برای تضمین اقتدار و امنیت ملی و هدف‌های اقتصادی - سیاسی این کشورها بر کسی پوشیده نیست.

بی‌توجهی به مسایل مربوط به آب، مصرف بی‌رویه، آلوده کردن آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دیگر منابع از یک سو، و افزایش روزافزون جمعیت مصرف‌کننده‌ی آب از سوی دیگر، سبب شده است که کار تأمین آب مورد نیاز ما دشوارتر شود. بی‌تردید ادامه‌ی این روند در آینده بر شدت بحران کم‌آبی خواهد افزود.



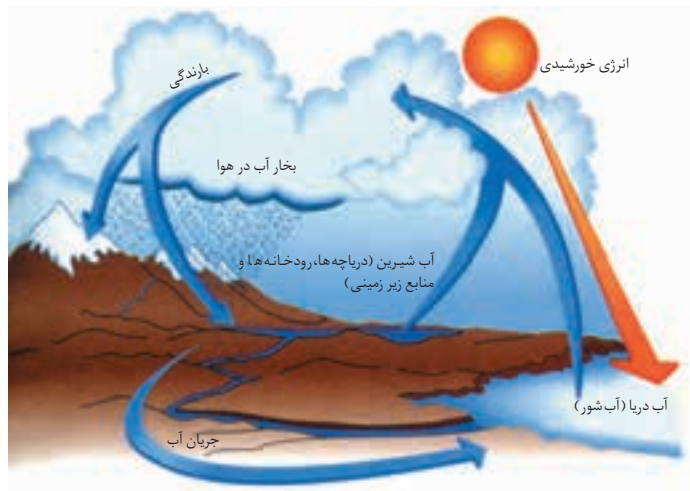
صحنه‌ای که شاید در آینده‌ای نه چندان دور با آن روبه‌رو شویم.

شاید روزی فرا رسد که ناچار شویم آب آشامیدنی مورد نیاز خود را به سختی تهیه کنیم.

تجدید پذیری طبیعی منابع آب

همه‌ی آب موجود در طبیعت به نسبت تقریباً ثابتی در میان دریاها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سفره‌های زیرزمینی، یخچال‌های طبیعی و دیگر منابع توزیع می‌شود. این توزیع متناسب، با به چرخش درآمدن آب در میان این منابع انجام می‌گیرد. چرخه‌ی آب نامی است که به این فرایند داده‌اند، شکل ۴. با وجود این چرخه، تناسب میان مقدار آب موجود در همه‌ی منابع برقرار می‌ماند.

به مجموعه رویدادهای
به هم پیوسته‌ای که به یک
تغییر می‌انجامد، فرایند
می‌گویند.



شکل ۴ چرخه ی آب در طبیعت

فکر کنید

با توجه به شکل ۴ به پرسش های زیر پاسخ دهید:

- ۱- در هر مرحله از این فرایند آب دچار چه نوع تغییری می شود؟
- ۲- خورشید چه نقشی در این فرایند دارد؟
- ۳- چگونه چرخه ی آب به تأمین آب شیرین مورد نیاز ما کمک می کند؟

چه قدر آب مصرف می کنید؟!

مصرف روزانه ی آب در خانواده ی خود را در جدولی مانند جدول ۱ یادداشت کنید. در صورت انجام دادن هر فعالیت، میزان آب مصرف شده را بر حسب لیتر تخمین بزنید و با توجه به دفعات تکرار آن، حجم کل آب مصرف شده را در هر ردیف بنویسید. از افراد خانواده برای تکمیل خانه های جدول ۱ کمک بگیرید.

جدول ۱ برآورد تخمینی میزان مصرف روزانه ی آب در خانواده

توضیح بیش تر ^۱	میزان مصرف آب			نوع فعالیت
	روز اول	روز دوم	روز سوم	
				شست و شوی دست و صورت شست و شوی سر و بدن در حمام شست و شوی لباس ها با ماشین لباس شویی یا با دست شست و شوی ظرف های آشپزخانه آب دادن به گلدان یا باغچه آب مصرفی در دست شویی شستن خودرو آشپزی و آشامیدن موارد دیگر
				میانگین آب مصرفی خانواده در هر روز میانگین آب مصرفی هر عضو خانواده در هر روز میانگین هزینه ی آب مصرفی آ خانواده در هر روز میانگین آب بهای پرداختی برای هر عضو خانواده در هر روز
	۱- در هر مورد شیوه ی اندازه گیری یا تخمین حجم آب مصرفی را توضیح دهید. ۲- مبلغ آب بها را می توانید از روی صورت حساب سازمان آب پیدا کنید.			

سرانه ی آب برای
 هر ایرانی در سال های ۱۳۴۰ و
 ۱۳۷۸ به ترتیب ۸۶۰۰ و
 ۲۱۰۰ متر مکعب بوده است.
 پیش بینی می شود که این
 مقدار در سال ۱۴۰۰ به
 ۱۳۰۰ متر مکعب برسد.
 کاهش این سهم به کم تر از
 ۱۰۰۰ متر مکعب در سال،
 کشور را با بحران جدی کم آبی
 روبه رو خواهد کرد.



بیش تر بدانید

اندازه‌گیری و محاسبه تنها هنگامی سودمند است که همه‌ی مردم در سراسر جهان برای گزارش و ارایه‌ی یافته‌های خود از یکاهای یکسانی استفاده کنند. از این رو دانشمندان همه‌ی کشورها، اندازه‌گیری‌ها و محاسبه‌های خود را با سیستم متریک گزارش می‌دهند.

بیش از صد سال پیش، یکاهای متریک برای نخستین بار در فرانسه معرفی شدند. اما شکل جدید این سیستم، از سال ۱۹۶۰ میلادی به این سو، در سراسر جهان به کار می‌رود. این سیستم بین‌المللی که SI نامیده می‌شود، در کشور ما نیز پذیرفته شده است. متر (m)، یکای اندازه‌گیری طول، کیلوگرم (kg)، یکای اندازه‌گیری جرم) و ثانیه (s)، یکای اندازه‌گیری زمان) برای شما یکاهای آشنایی هستند. اما پاسکال (Pa)، یکای اندازه‌گیری فشار)، ژول (J)، یکای اندازه‌گیری انرژی) و مول (mol)، یکای اندازه‌گیری مقدار ماده) یکاهایی هستند که در جای خود معرفی خواهند شد.

یکای طول در سیستم SI متر است و آن را با نماد m نشان می‌دهند. اما، بسیاری از طول‌ها وجود دارند که ممکن است خیلی بزرگ‌تر یا خیلی کوچک‌تر از یک متر باشند. برای نمایش این طول‌ها در سیستم SI پیشوندهایی تعریف شده است که برای همه‌ی یکاها به کار می‌روند. هرگاه یکی از این پیشوندها در جلوی نماد یکی از یکاهای سیستم SI قرار گیرد، آن یکا را به اندازه‌ی مشخصی بزرگ یا کوچک می‌کند. کیلو (k، هزار برابر)، دسی (d، ۰/۱ برابر)، سانتی (c، ۰/۰۱ برابر) و میلی (m، ۰/۰۰۱ برابر) پیشوندهای مهمی هستند که در این کتاب با آن‌ها سروکار خواهید داشت.

در مثال‌های زیر با کاربرد و معنای این پیشوندها بهتر آشنا می‌شوید:
ضخامت هر برگ این کتاب ۰/۱ میلی‌متر است:

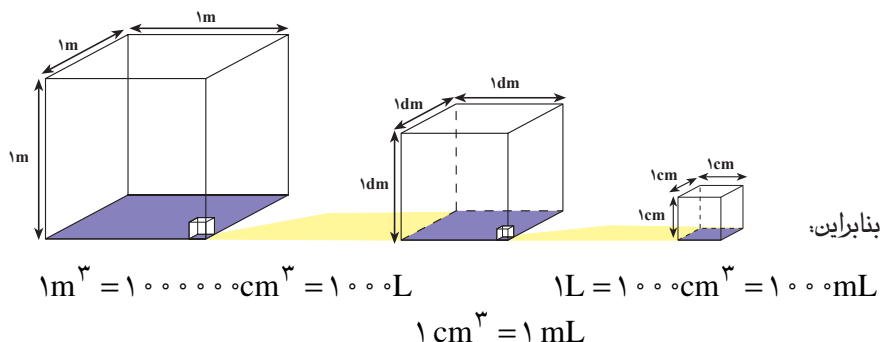
$$0.1 \text{ mm} = 0.1 \times 0.001 \text{ m} = 0.0001 \text{ m}$$

فاصله‌ی تهران تا شیراز ۸۹۵ کیلومتر است:

$$895 \text{ km} = 895 \times 1000 \text{ m} = 895000 \text{ m}$$

افزون بر یکاهای SI از یکاهای غیر SI بسیاری نیز در شیمی استفاده می‌شود. درجه‌ی سلسیوس (C، یکای اندازه‌گیری دما)، لیتر (L، یکای اندازه‌گیری حجم) و کالری (cal، یکای اندازه‌گیری انرژی) از جمله‌ی مهم‌ترین یکاهای غیر SI هستند.

از آن جا که یکای اندازه‌گیری حجم، یعنی متر مکعب (m^3)، حجم مکعبی به طول، عرض و ارتفاع ۱m یکای بزرگی است، در شیمی و حتی در زندگی روزانه از یکاهای کوچک‌تری مانند لیتر (L)، سانتی‌متر مکعب (cm^3) یا میلی‌لیتر (mL) استفاده می‌شود. رابطه‌ی این یکاها را در شکل زیر می‌بینید.



SI کوتاه شده‌ی بیان

فرانسوی سیستم بین‌المللی
یکاهاست.

*Le Système International
d'unités*

مصرف آشکار و نهان آب

آیا مصرف آب، تنها به مواردی که در فعالیت صفحه‌ی ۷ اشاره شد، محدود می‌شود؟ بی‌تردید خیر، زیرا عدد به دست آمده بیانگر مصرف آشکار و قابل اندازه‌گیری آب در زندگی روزانه است. مصارف نهان بسیاری وجود دارند که احتمالاً از دید شما دور مانده‌اند. هر بار که شما یک تکه نان یا یک تخم مرغ آب‌پز را می‌خورید، در مصرف مقدار زیادی آب سهیم می‌شوید! زیرا پیش از این، آب فراوانی برای تولید گندم و تهیه‌ی نان یا پرورش مرغ مصرف شده است که به هنگام خوردن آن‌ها به نظر نمی‌آید.

فکر کنید

برای تولید یک کمپوت گیلان ۱۳۰ لیتر آب مصرف می‌شود!
مصرف این مقدار آب را چگونه توجیه می‌کنید؟ مصرف آب را از هنگام تولید میوه تا زمانی که کمپوت را از مغازه خریداری می‌کنید، مرحله به مرحله تخمین بزنید.

تحقیقات آماری در بسیاری از کشورهای پیشرفته نشان می‌دهد که میانگین مصرف آشکار آب برای هر نفر در روز حدود ۳۰۰ لیتر است. در حالی که، مصرف نهان آب، برای هر نفر در روز حدود ۶۰۰۰ لیتر و به شرح زیر محاسبه شده است:

آبیاری کشتزارها و تهیه و تولید مواد غذایی	۲۶۰۰ لیتر
تأمین انرژی (برق، سوخت و ...)	۲۴۰۰ لیتر
صنایع و معادن	۷۰۰ لیتر
امور بازرگانی و خدمات	۳۴ لیتر

بازنگری در مصرف آب

اگر چه ادامه‌ی زندگی ما، به وجود مقادیر زیادی آب وابسته است، با این حال کم‌تر به آن ارجح می‌نهیم. زیرا، همیشه آن را در اختیار داریم و در شرایط عادی هر زمان شیر آب را باز می‌کنیم، آب به مقدار دلخواه در دسترس ما قرار می‌گیرد. ما زمانی به درستی قدر آب را خواهیم دانست که به ابتدای کار برگردیم و مسیر آب را از شیر آب و لوله‌کشی خانه به شبکه‌ی آب رسانی شهر، تصفیه‌خانه و منبع آب پی‌گیری کنیم. آن هنگام به سرمایه‌گذاری‌ها و تلاش‌های زیاد سازمان‌ها و کارشناس‌های آن‌ها بیش‌تر پی خواهیم برد. در حقیقت زمانی اهمیت این موضوع را به خوبی درک خواهیم کرد که جریان آب ناگهان قطع شود و مانند شهروندان رودساری به مدت نامعلومی دچار بی‌آبی شویم.



در آینده ای نه چندان دور!

تصور کنید که کشور برای چند سال پی در پی با خشکسالی روبه‌رو شود و کمبود آب پیوسته ادامه یابد. در این صورت اولویت مصرف به کاربردهای حیاتی اختصاص خواهد یافت و موارد غیر ضروری به کلی متوقف خواهد شد.

به نظر شما در ابتدا کدام یک از موارد مصرف آب را باید متوقف کرد؟ آیا برای برخی از فعالیت‌ها می‌توان از آب مصرفی فعالیت‌های دیگر استفاده کرد؟ به جدول مصارف روزانه خانواده‌ی خود (جدول ۱) برگردید. میانگین آب مصرف شده طی سه روز در خانه‌ی شما چقدر بود؟ برای کاهش مقدار مصرف آب در خانه‌ی خود چه پیشنهادهایی دارید؟ آن‌ها را با اعضای خانواده‌ی خود در میان بگذارید. پس از عملی کردن این پیشنهادها میزان کاهش در مصرف آب خانواده‌ی خود را تخمین بزنید. از این فعالیت گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

آب، مایعی با ویژگی‌های باورنکردنی

آب برای ما مایعی بسیار آشناست، اگر چه ماده‌ای بسیار غیرعادی به شمار می‌آید. آب تنها مایع فراوان در کره‌ی زمین است. تنها ماده‌ای است که در طبیعت به هر سه حالت جامد، مایع و گاز یافت می‌شود. تبدیل این حالت‌ها به یک‌دیگر با تغییراتی همراه است که زندگی در کره‌ی زمین را برای ما ممکن و دلپذیر می‌سازد.

هنگامی که آب بر اثر سرما به یخ تبدیل می‌شود، انبساط می‌یابد. به این معنا که همان مقدار آب در حالت جامد حجم بیش‌تری را اشغال می‌کند. بنابراین، حجمی از یخ که هم حجم آب اولیه است، جرم کم‌تری دارد. به این علت، می‌گویند که چگالی یخ کم‌تر از آب است. کم‌تر بودن چگالی یخ باعث می‌شود که یخ روی آب شناور بماند. این ویژگی آب سبب می‌شود که بر خلاف بسیاری از مایع‌ها، آب از سطح شروع به انجماد کند. این پدیده را بارها به هنگام شروع یخ‌زدن آب، درون جایخی یخچال مشاهده کرده‌اید، شکل ۵ - آ. در زمستان‌ها با یخ‌زدن سطح آب دریاچه‌ها، لایه‌ی عایقی از یخ به وجود می‌آید که از یخ‌زدن لایه‌های زیرین جلوگیری می‌کند. در این شرایط ماهی‌ها و آبزیان دیگر می‌توانند در مناطق گرم‌تر زیرین به زندگی خود ادامه دهند، شکل ۵ - ب.



(آ)



(ب)

دما در این ناحیه از ۴ C پایین‌تر نمی‌رود

شکل ۵ (آ) دو مایع مختلف را در حال منجمد شدن می‌بینید. در کدام ظرف، آب در حال یخ‌زدن است؟

(ب) دما در اعماق دریاچه، پایین‌تر از ۴ C نمی‌رود.

به نسبت جرم به حجم یک ماده، چگالی یا جرم حجمی می‌گویند.

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{m}{V}$$

از آن‌جا که چگالی به حجم ماده و حجم نیز به دما بستگی دارد، (چگونه؟) از این رو همواره باید دمایی را که چگالی در آن اندازه‌گیری شده است، مشخص کرد. چگالی را عموماً با یکای g/mL یا g/cm^3 گزارش می‌کنند. برای نمونه چگالی آستون در $20^\circ C$ به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$d_{20}^{\text{آستون}} = 0.791 \text{ g/cm}^3$$

بیش تر بدانید

کم تر بودن چگالی یخ نسبت به آب پیامدهای خطرناکی برای سلول‌های زنده دارد. هنگامی که بافت‌های زنده منجمد می‌شوند، آب موجود درون سلول‌ها بر اثر یخ‌زدن منبسط می‌شود. با انبساط آب، سلول می‌ترکد و از بین می‌رود. هر چه سرد شدن آهسته‌تر صورت گیرد، بلورهای یخ درشت‌تر می‌شوند و سلول‌ها هم آسیب بیشتری می‌بینند. کارخانه‌های سازنده‌ی مواد غذایی منجمد از این ویژگی آب استفاده می‌کنند و مواد غذایی را به سرعت منجمد می‌کنند. در این حالت بلورهای یخ بسیار کوچکی تشکیل می‌شود که به سلول‌های ماده‌ی غذایی آسیب بسیار کم‌تری وارد می‌کند.

ویژگی غیر عادی دیگر آب ظرفیت گرمایی بالای آن است. همان‌گونه که می‌دانید ظرفیت گرمایی یک جسم مقدار گرمایی است که باید به آن جسم داده شود تا دمای آن 1 C افزایش یابد. جدول ۲ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی شماری از مواد آشنا را نشان می‌دهد. همان‌طوری که دیده می‌شود، مقدار گرمایی که لازم است دمای 1 g آب را 1 C افزایش دهد، حدود 10 برابر گرمایی است که برای همین مقدار (1 g) آهن لازم است.

ظرفیت گرمایی ویژه،
مقدار گرمایی است که دمای
 1 g از یک جسم را 1 C افزایش
می‌دهد.

جدول ۲ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی شماری از مواد آشنا

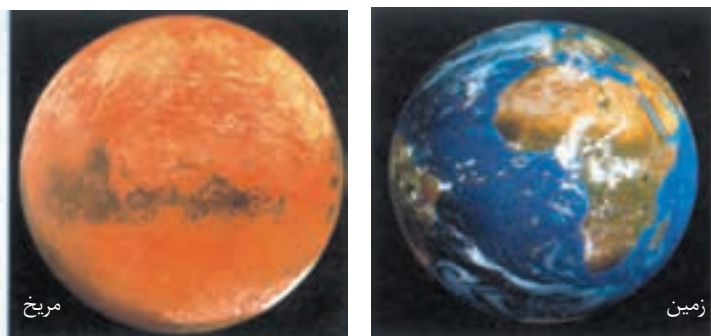
نام ماده	ظرفیت گرمایی ویژه (J/g. C)
آلومینیم	۰٫۸۹۷
مس	۰٫۳۸۵
اتانول	۲٫۴۶۹
آهن	۰٫۴۴۹
آب	۴٫۱۸۵

فکر کنید

برای این که دمای 1 g آب را به اندازه‌ی 1 C کم کنیم، چه مقدار گرما باید از آن بگیریم؟

مقادیر زیاد آب موجود در سطح زمین مانند یک ترموستات یا دمپای غول‌آسا عمل می‌کند و به این ترتیب تغییرات دمای زمین را که بر اثر تابش نور خورشید بر آن به وجود می‌آید، متعادل می‌سازد. برای درک بهتر این موضوع، تغییرات دمایی کره‌ی زمین را با یک کره‌ی بدون آب، مانند بهرام (مریخ) مقایسه کنید، شکل ۶.





شکل ۶ در شبانه روز دمای سطح مریخ از 80°C - تا حداکثر 40°C متغیر است. در شبانه روز دمای سطح زمین در محل زندگی شما چه قدر تغییر می کند؟

خاصیت منحصر به فرد دیگر آب، گرمای تبخیر بالایی آن است. به عبارت دیگر برای تبدیل مقدار کمی آب به بخار، گرمای زیادی لازم است. این خاصیت نیز برای ما بسیار اهمیت دارد. گرمای اضافی بدن ما با تبخیر مقدار کمی آب بدن از طریق منافذ پوست (عرق کردن) کاسته می شود. تأثیر وجود دریاچه ها و اقیانوس ها در تغییر آب و هوای محلی که نزدیک آن ها است، گواهی بر این گفته است. بخش زیادی از نور خورشید که زمین را گرم می کند، برای تبخیر آب از سطح دریاها و دریاچه ها مصرف می شود. بنابراین، در تابستان کنار حجم قابل توجهی آب، هوا خنک تر از مناطق دورتر است. وجود یک حوض بزرگ یا چند فواره در یک پارک نیز هوای آن جا را خنک تر از جاهای دیگر می کند.

کشش سطحی آب نیز به طور شگفت انگیزی زیاد است. گه گاه شاهد صحنه‌ی جالب نشستن برخی حشره ها بر سطح آب هستیم، شکل ۷. اگر به دقت به این شکل نگاه کنید، خواهید دید که سطح آب زیرپای حشره، مانند یک تشک ابری فرومی رود اما پاره نمی شود.



شکل ۷ حشره‌ای در حال استراحت روی سطح آب!

راه رفتن روی سطح آب!

یک مورچه به راحتی می تواند روی سطح آب قدم بزند. یک مورچه پیدا کنید و آن را به آرامی روی سطح آب درون یک استکان قرار دهید. با یک ذره بین نحوه‌ی تماس پاهای مورچه را با سطح آب به دقت نگاه کنید. مشاهده‌ی خود را با کشیدن یک شکل در کلاس ارایه دهید. به نظر شما چرا مورچه در آب فرو نمی رود؟
توجه: مورچه را پس از آزمایش رها کنید.

فرضیه یک حدس
هوشمندانه است که پس از
مشاهده‌ی یک پدیده، برای
توضیح علت وقوع آن بیان
می‌شود.

تا به حال با شماری از ویژگی‌های غیرعادی آب آشنا شده‌اید. حال هنگام آن است که فرضیه‌ی جامعی ارائه دهیم که توان توجیه همه‌ی ویژگی‌های آب را داشته باشد. تنها در این حالت است که به شناخت عمیقی از ویژگی‌های آب دست می‌یابیم. اما به این منظور، نیاز است که برخی از پیش‌دانسته‌های شما درباره‌ی ساختار ماده را با هم مرور کنیم.

مروری بر آموخته‌های گذشته

می‌دانید که عنصر به ماده‌ای گفته می‌شود که ذره‌های سازنده‌ی آن اتم یا مولکول‌هایی هستند که از یک نوع اتم ساخته شده‌اند. اکسیژن یک عنصر است، زیرا در مولکول‌های آن تنها اتم‌های اکسیژن مشاهده می‌شود. هیدروژن هم که مولکول‌های آن تنها از اتم‌های هیدروژن ساخته شده است، یک عنصر به شمار می‌آید. تقریباً ۹۱ عنصر در طبیعت یافت می‌شود. هر یک از این عنصرها اتم خاص و ویژگی‌های منحصر به فرد خود را دارد.

هم چنین می‌دانید که آب جزو عنصرها دسته‌بندی نمی‌شود، زیرا مولکول‌های آن از دو نوع اتم مختلف، اکسیژن و هیدروژن، ساخته شده است. آب را جزو مخلوط‌ها نیز دسته‌بندی نمی‌کنند، زیرا ویژگی‌های آن با ویژگی‌های مخلوط‌گازهای اکسیژن و هیدروژن متفاوت است. آب یک ترکیب است. تا به حال شیمی‌دان‌ها بیش از ۱۰ میلیون ترکیب گوناگون را شناخته‌اند. هر ترکیب از اتصال اتم‌های دو یا چند عنصر مختلف با یک دیگر ساخته می‌شود. این اتم‌ها با پیوند شیمیایی به هم متصل می‌شوند. دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن به هم متصل می‌شوند و واحد تازه‌ای به وجود می‌آورند که به آن یک مولکول آب گفته می‌شود. یک مولکول، ساده‌ترین واحد سازنده‌ی یک ماده است که برخی از ویژگی‌های آن را حفظ می‌کند. یک قطره آب دارای تعداد بی‌شماری مولکول‌های آب است. شیمی‌دان‌ها برای نمایش اتم‌ها، عنصرها و ترکیب‌ها از یک زبان جهانی استفاده می‌کنند. در این زبان حرف‌ها را نمادهای شیمیایی می‌گویند و هر عنصر را با یک نماد شیمیایی نشان می‌دهند که یک یا دو حرف لاتین را در بردارد. همواره نخستین حرف نماد شیمیایی یک عنصر، بزرگ نوشته می‌شود. برای مثال C نمادی برای عنصر کربن و Ca نمادی برای عنصر کلسیم است. نماد برخی از عنصرها را در جدول ۳ می‌بینید. با دقت در نام لاتین هر عنصر، به رابطه‌ی آن با نماد شیمیایی انتخاب شده پی می‌برید.

جدول ۳ نماد شیمیایی برخی عنصرهای آشنا

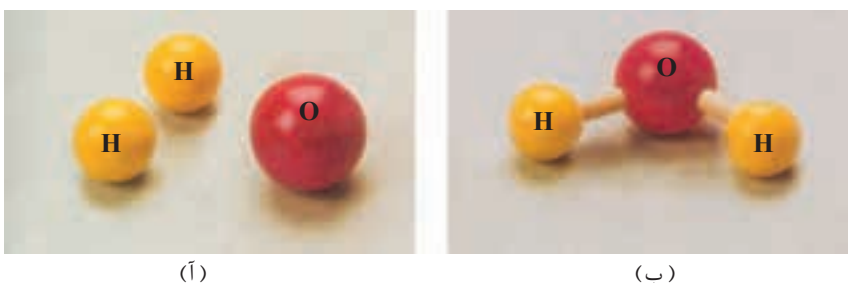
نام	نام لاتین	نماد شیمیایی	نام	نام لاتین	نماد شیمیایی
آلومینیم	Aluminum	Al	آهن	Ferrum	Fe
کلسیم	Calcium	Ca	سرب	Plumbum	Pb
کربن	Carbon	C	منیزیم	Magnesium	Mg
کلر	Chlorine	Cl	گوگرد	Sulfur	S
هیدروژن	Hydrogen	H	نیتروژن	Nitrogen	N
سدیم	Natrium	Na	اکسیژن	Oxygen	O



گاز هیدروژن H_2 گاز اکسیژن O_2

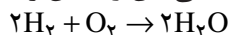


کلمه‌های این زبان علمی را **فرمول شیمیایی** می‌گویند. هر فرمول شیمیایی نمایانگر یک ترکیب شیمیایی است. فرمول شیمیایی هر ماده، با کمک نمادهای شیمیایی عنصرهای سازنده‌ی آن مشخص می‌شود. می‌دانید که فرمول شیمیایی آب H_2O است. این فرمول نشان می‌دهد که آب از ترکیب شدن دو عنصر اکسیژن (O) و هیدروژن (H) ساخته شده است. عددهایی که در سمت راست پایین (به صورت زیروند) نوشته می‌شود، تعداد اتم‌های هر عنصر را در یک مولکول یا واحد سازنده‌ی آن ماده مشخص می‌کند. برای نمونه، در فرمول شیمیایی آب (H_2O) مشاهده می‌شود که هر مولکول آب افزون بر یک اتم اکسیژن دو اتم هیدروژن نیز دارد، شکل ۸. توجه داشته باشید که در فرمول‌های شیمیایی از نوشتن زیروند ۱ خودداری می‌شود.



شکل ۸ (آ) اتم‌های هیدروژن و اکسیژن (ب) یک مولکول آب

جمله‌ها یا عبارت‌های زبان شیمی **معادله‌های شیمیایی** هستند. هر معادله‌ی شیمیایی، آن چه را در یک واکنش شیمیایی روی می‌دهد به طور خلاصه بیان می‌کند. **واکنش شیمیایی** شامل شکسته شدن پیوندهای شیمیایی و تشکیل پیوندهای جدیدی است. در واکنش‌های شیمیایی، آرایش اتم‌ها در مولکول‌ها تغییر می‌کند و به این ترتیب، مواد تازه‌ای به وجود می‌آید. خواص این مواد جدید، با خواص مواد اولیه تفاوت دارد. از واکنش دو مولکول هیدروژن ($2H_2$) و یک مولکول اکسیژن (O_2) دو مولکول آب ($2H_2O$) تولید (→) می‌شود. معادله‌ی شیمیایی این واکنش را به صورت زیر می‌نویسند:



مواد شرکت‌کننده در واکنش (در این جا اکسیژن و هیدروژن) را **واکنش دهنده (ها)** می‌گویند. در یک معادله‌ی شیمیایی، واکنش دهنده‌ها را در سمت چپ می‌نویسند. ماده یا مواد تازه‌ای که از واکنش دهنده‌ها به دست می‌آید، **فراورده (ها)** نامیده می‌شود. فراورده‌ها را در سمت راست معادله‌ی شیمیایی می‌نویسند. در این معادله نیز مانند همه‌ی معادله‌های شیمیایی تعداد کل اتم‌ها (چهار اتم H و دو اتم O) در دو طرف معادله (واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها) یکسان است. به چنین معادله‌ای **موازنه شده** می‌گویند. همان طور که می‌دانید برابر بودن تعداد اتم‌های هر عنصر در یک معادله شیمیایی، پایسته بودن ماده در یک واکنش شیمیایی را یادآور می‌شود. با این موضوع در بخش ۳ بیش تر آشنا خواهید شد.

فکر کنید

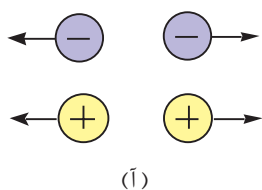
برای هر فرمول شیمیایی زیر، نام عنصرهای سازنده و تعداد اتم های آن ها را مشخص کنید.

فرمول شیمیایی	H_2O_2	$CaCl_2$	C_3H_6O	H_2SO_4
نام	هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه)	کلسیم کلرید	پروپانول (استون)	سولفوریک اسید
کاربرد	رنگبری مو، کاغذ و پارچه	نم گیر	حلال رنگ و لاک	اسید باتری خودرو

یادآوری خواص الکتریکی ماده

در سال های پیش با برخی از خواص الکتریکی ماده آشنا شده اید. برای مثال، به هنگام مطالعه ی مبحث الکتریسیته ی ساکن (مالشی) پی بردید که هرگاه شانه ی خشک یا یک خودکار پلاستیکی را به موهای خشک خود یا به یک پارچه ی ابریشمی یا پشمی بمالید، نوعی خاصیت الکتریکی در جسم به وجود می آید. این خاصیت سبب می شود که آن جسم، تکه های کوچک کاغذ را برآید.

از این گونه مشاهده ها با خواص الکتریکی ماده آشنا شدید و سپس ساختار اتم های سازنده ی آن را درک کردید. از دوره ی راهنمایی به یاد دارید که همه ی اتم های یک عنصر از تعداد یکسانی ذره های کوچک دارای بار الکتریکی مثبت، موسوم به **پروتون** و ذره های سبک تر دارای بار الکتریکی منفی، موسوم به **الکترون** تشکیل یافته اند، شکل ۹.



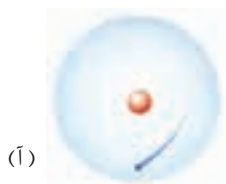
(آ)



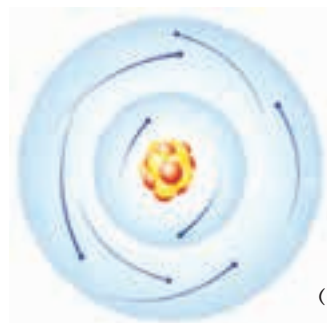
(ب)

تأثیر بارهای الکتریکی بر هم (آ) بارهای هم نام یک دیگر را می رانند.
(ب) بارهای ناهمنام یک دیگر را می ربایند.

الکترون پروتون نوترون



(آ)



(ب)

شکل ۹ مدل اتم هسته دار برای نمایش (آ) اتم هیدروژن، (ب) اتم اکسیژن.

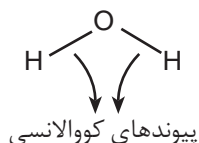
چنان چه دیده می شود در هسته ی هر اتم افزون بر پروتون شماری ذره ی خنثی که **نوترون** نامیده می شوند نیز وجود دارد.

هم چنین، می دانید که اتم ها با کمک نوعی پیوند شیمیایی به یک دیگر می پیوندند و مولکول ها را به وجود می آورند. این نوع پیوند شیمیایی نیرویی قوی است که اتم ها را در کنار یک دیگر نگاه می دارد و پیوند **کووالانسی** نامیده می شود. با پیوند کووالانسی در سال آینده بیش تر آشنا خواهید شد.



مشاهده‌های بسیاری نشان داده است که اتم هیدروژن تنها می‌تواند یک پیوند کووالانسی تشکیل دهد، در حالی که اتم اکسیژن می‌تواند دو پیوند کووالانسی به وجود آورد. به تعداد پیوندهایی که یک اتم می‌تواند با اتم‌های دیگر تشکیل دهد **ظرفیت** می‌گویند. بنابراین، ظرفیت اتم هیدروژن **یک** و ظرفیت اتم اکسیژن **دو** است. دو بودن ظرفیت اتم اکسیژن به این معنا است که هر اتم اکسیژن، برای مثال می‌تواند به دو اتم یک ظرفیتی هیدروژن متصل شود و یک مولکول آب را ایجاد کند.

پیوند کووالانسی را به صورت یک خط میان نمادهای شیمیایی دو اتم درگیر در پیوند نشان می‌دهند.



اکنون این پرسش پیش می‌آید که چرا مولکول آب را خمیده نشان می‌دهیم و اتم‌های آن را در یک راستا به صورت $H-O-H$ رسم نمی‌کنیم؟ در ادامه به این پرسش پاسخ خواهیم داد.

ساختار خمیده‌ی مولکول آب

چنانچه یک میله‌ی پلاستیکی (خودکار یا شانه) را به موهای خشک خود بمالید و آن را مطابق شکل ۱۰ به باریکه‌ای از آب شیر دست شویی نزدیک کنید، مشاهده خواهید کرد که جریان آب از راستای طبیعی خود منحرف و به میله‌ی پلاستیکی نزدیک می‌شود.



شکل ۱۰ باریکه‌ی آب با نزدیک شدن جسم باردار، از مسیر خود منحرف می‌شود.

می دانیم که یک میله‌ی پلاستیکی در حالت طبیعی از نظر الکتریکی خنثی است. اما بر اثر مالش، مقداری بار الکتریکی منفی به دست می‌آورد. حال اگر این میله‌ی پلاستیکی باردار به باریکه‌ی آب نزدیک شود، آن را به سوی خود جذب و از مسیر اولیه منحرف می‌کند. اگرچه آب در حالت عادی خنثی است اما در توجیه این پدیده‌ی جالب، می‌توان چنین فرض کرد که آب مولکول‌هایی دارد که در واقع دو سر مثبت و منفی دارند و به هنگام نزدیک شدن میله‌ی پلاستیکی باردار به باریکه‌ی آب، هر مولکول از سر مثبت خود جذب میله‌ی پلاستیکی با بار الکتریکی منفی می‌شود.

شواهد تجربی گوناگون، فرضیه‌ی دو قطبی بودن مولکول آب را به اثبات رسانیده است. هم چنین شواهد تجربی نشان می‌دهند که مولکول آب شکل خمیده‌ای (V مانند) دارد. به عبارت دیگر، دو اتم هیدروژن آن نسبت به اتم اکسیژن در یک راستا و به صورت قرار نگرفته‌اند. شیمیدان‌ها پس از آزمایش‌های بسیار فهمیده‌اند که در سمت اکسیژن مولکول آب بار منفی و در سمت هیدروژن‌های آن بار مثبت وجود دارد.

شکل ۱۱ توزیع بار الکتریکی در مولکول آب را نشان می‌دهد. فراموش نکنید که مولکول آب یا هر مولکول دیگری که دو قطبی است، یعنی یک قطب مثبت و یک قطب منفی دارد، مولکول **قطبی** نامیده می‌شود ولی در مجموع از نظر الکتریکی خنثی باقی می‌ماند، زیرا، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در یک اتم یا مولکول همواره برابر است.



شکل ۱۱ نمایش قطب‌های مثبت و منفی مولکول آب، مولکول آب در مجموع خنثی است.

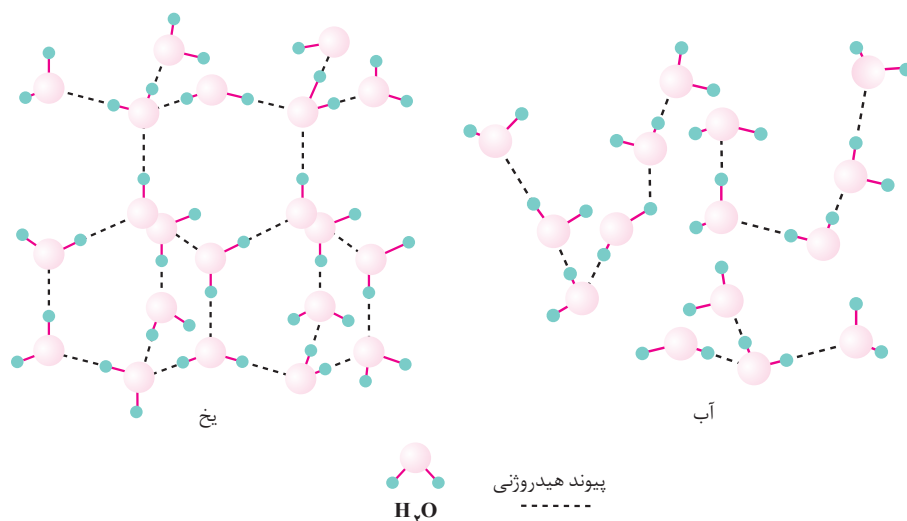
حال که با ساختار خمیده‌ی مولکول آب و خواص قطبی آن آشنا شدیم، کوشش می‌کنیم شماری از خواص غیرعادی این مایع شگفت‌انگیز را که پیش از این بررسی کردیم، به کمک این یافته‌ها تفسیر و توجیه کنیم.

توجیه برخی ویژگی‌های غیرعادی آب

از آن جا که بارهای الکتریکی نا هم نام یک دیگر را می‌ربایند، قطب مثبت یک مولکول آب، قطب منفی مولکول همسایه را جذب می‌کند. چون این نیروی جاذبه سبب می‌شود که مولکول‌ها بتوانند در کنار هم قرار گیرند، از این رو به آن **نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی**



گفته می‌شود. هر چه این نیرو قوی‌تر باشد، مولکول‌ها یک‌دیگر را محکم‌تر نگاه می‌دارند. نیروی بین مولکول‌های آب بسیار قوی است، به طوری که جدا کردن آن‌ها را به هنگام تبخیر بسیار دشوار می‌سازد، شکل ۱۲. بنابراین، گرمای فراوانی لازم است تا آب از حالت مایع به حالت گازی تبدیل شود. زیرا، بخشی از انرژی لازم برای تبخیر، صرف غلبه بر نیروهای بسیار قوی موجود میان مولکول‌های آب می‌شود تا آن‌ها را از یک‌دیگر جدا کند. بخشی هم برای افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها به مصرف می‌رسد. آزمایش و محاسبه نشان می‌دهد که گرمای تبخیر یا انرژی گرمایی لازم برای تبدیل یک گرم آب به بخار آب (مولکول‌های آزاد و گازی شکل آب) 2260 J است. هیچ مایعی در طبیعت یافت نمی‌شود که چنین گرمای تبخیر بالایی داشته باشد.



شکل ۱۲ نمایش نیروهای بین مولکولی در آب و یخ. به این نیروها پیوند هیدروژنی می‌گویند، زیرا چنین به نظر می‌رسد که اتم هیدروژن، مولکول‌های آب را در کنار یک‌دیگر نگاه داشته است.

فکر کنید

- ۱- گرمای تبخیر برای یک گرم الکل 860 J و برای یک گرم کلروفرم 250 J است. به نظر شما نیروی بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ چرا؟ در شرایط یکسان کدام یک زودتر به جوش می‌آید؟
- ۲- می‌دانید که بدن انسان و برخی از موجودات زنده با عرق کردن، در گرمای شدید تابستان خنک می‌ماند. برای مثال، اگر دمای هوا در یک روز تابستانی 50 C باشد، دمای بدن هم چنان ثابت و برابر با 37 C خواهد ماند. اگر آب گرمای تبخیر بالایی نداشت، چه مسائلی برای ادامه زندگی موجودات زنده به وجود می‌آمد؟
- ۳- آیا می‌توانید با توجه به نیروهای بین مولکولی بسیار قوی آب، علت ایجاد پدیده‌ی کشش سطحی را شرح دهید؟

کلروفرم مایع بی‌رنگی است که بخار آن سمی، اعتیادآور و تنفس طولانی مدت آن کشنده است. در گذشته از کلروفرم برای بی‌هوش کردن بیماران در اتاق عمل، استفاده می‌شد.

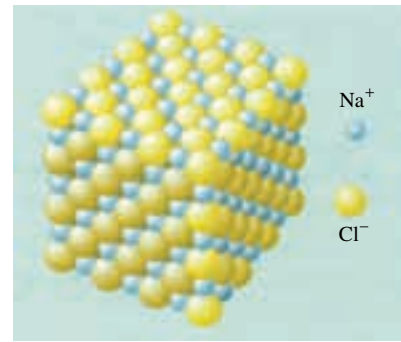
۴- حجم آب به هنگام یخ زدن افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۱۲ علت این افزایش حجم را شرح دهید.

آب به عنوان یک حلال

یکی از مهم‌ترین خواص آب، توانایی آن در حل کردن مواد گوناگون است. از سال پیش به یاد دارید که سدیم کلرید (نمک خوراکی) یک ترکیب یونی است. یعنی ترکیبی که بلور آن از کنار هم قرار گرفتن یون‌های مثبت و منفی بسیاری، تشکیل شده است. بلور سدیم کلرید، مطابق شکل ۱۳ شامل شبکه یا مجموعه‌ی منظمی از میلیاردها میلیارد یون مثبت سدیم (Na^+) و میلیاردها میلیارد یون منفی کلرید (Cl^-) است که گرد هم آمده‌اند.



(آ)



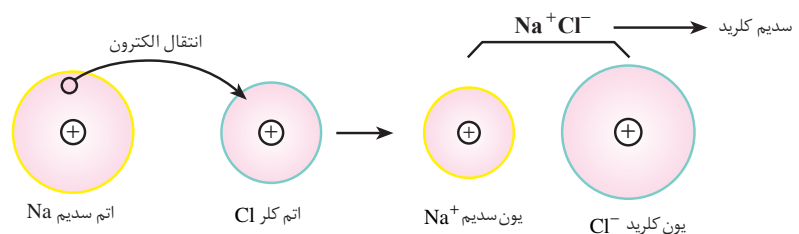
(ب)

شکل ۱۳ (آ) بلورهای سدیم کلرید (ب) بخشی از شبکه‌ی بلور سدیم کلرید.

آنیون‌ها ذره‌هایی با بار الکتریکی منفی هستند. اگر A نماد شیمیایی یک عنصر باشد، آنیون آن را با نماد A^{n-} نشان می‌دهند. n تعداد الکترون‌هایی است که اتم A گرفته است.

کاتیون‌ها ذره‌هایی با بار الکتریکی مثبت هستند. اگر A نماد شیمیایی یک عنصر باشد، کاتیون آن را با نماد A^{n+} نشان می‌دهند. n مقدار بار الکتریکی کاتیون و تعداد الکترون‌هایی است که اتم A از دست داده است.

می‌دانید که یون‌ها از اتم‌ها به وجود می‌آیند. اتم می‌تواند یک یا چند الکترون از دست بدهد و به یک یون مثبت تبدیل شود یا این که یک یا چند الکترون بگیرد و یک یون منفی به وجود آورد. در سدیم کلرید، اتم سدیم یک الکترون از دست می‌دهد و به یک یون مثبت تبدیل می‌شود. به یون‌های مثبت کاتیون می‌گویند. اتم کلر نیز یک الکترون می‌گیرد و به یونی با بار منفی تبدیل می‌شود. به یون‌های منفی آنیون می‌گویند. در این جا، اتم کلر از اتم سدیم الکترون می‌گیرد و آنیون کلرید را به وجود می‌آورد، شکل ۱۴.



شکل ۱۴ تشکیل یون‌های سدیم و کلرید از اتم‌های سدیم و کلر.



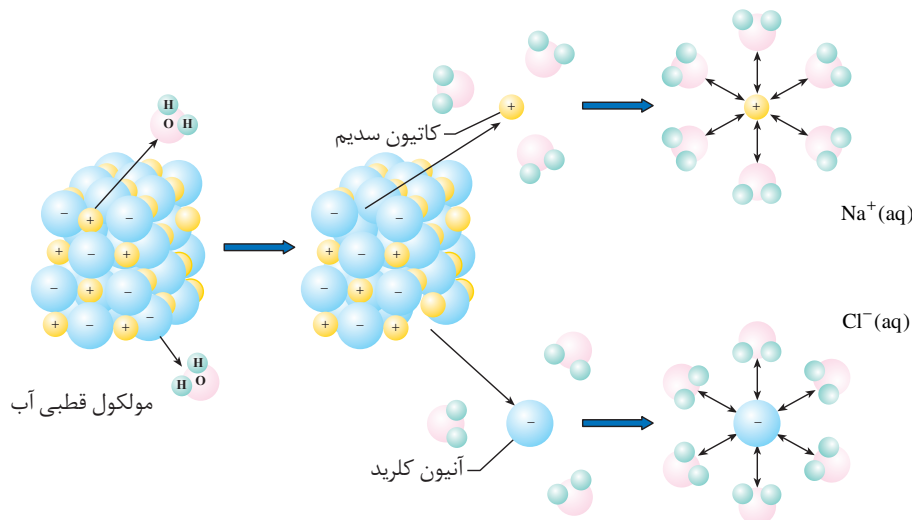
دو راه برای تشخیص حلال و حل شونده وجود دارد:

۱- هر ماده‌ای که به هنگام تشکیل محلول تغییر حالت دهد، حل شونده است. مانند نمک خوراکی که بر اثر حل شدن در آب از حالت جامد به مایع (محلول) تبدیل می‌شود.

۲- اگر هیچ‌یک از دو جزء تغییر حالت ندهند، ماده‌ای که به مقدار کم‌تر موجود است، حل شونده خواهد بود. در محلول آب و الکل هر دو ماده پیش و پس از مخلوط شدن مایع هستند.

از آن جا که بار الکتریکی این یون‌ها نام‌ها هم نام است، یک دیگر را می‌ربایند و همان گونه که می‌دانید پیوند شیمیایی محکمی بین آن‌ها به وجود می‌آید. به این نوع پیوند شیمیایی **پیوند یونی** می‌گویند. پیوند یونی نیز مانند پیوند کووالانسی یک نیروی قوی است. در سال آینده با این دو پیوند و ویژگی‌های آن‌ها بیشتر آشنا خواهید شد. مطابق شکل ۱۳- ب در شبکه‌ی بلور سدیم کلرید، هر یون Na^+ به وسیله‌ی یون‌های Cl^- ، و هر یون Cl^- به وسیله‌ی یون‌های Na^+ در برگرفته شده است. در این بلور، مجموع بارهای مثبت و منفی با هم برابر است و به همین دلیل بلور نمک خوراکی که آن را با فرمول شیمیایی NaCl نمایش می‌دهیم، از نظر الکتریکی خنثی است. در سال آینده با ویژگی‌های ترکیب‌های یونی نیز بیشتر آشنا خواهید شد.

حال اگر یک بلور نمک خوراکی (ماده‌ی حل شونده) را در آب (حلال) بیندازیم، یون‌های مثبت شبکه‌ی بلور به طرف قطب منفی، و یون‌های منفی شبکه به طرف قطب مثبت مولکول‌های آب جذب می‌شوند. در نتیجه، پیوندهای قوی موجود میان یون‌های Na^+ و Cl^- گسسته می‌شود، بلور نمک فرو می‌ریزد و محلولی از یون‌های پراکنده‌ی Na^+ و Cl^- در آب پدید می‌آید. چنان که در شکل ۱۵ دیده می‌شود هر یک از این یون‌ها به وسیله‌ی تعدادی از مولکول‌های آب در برگرفته شده است.



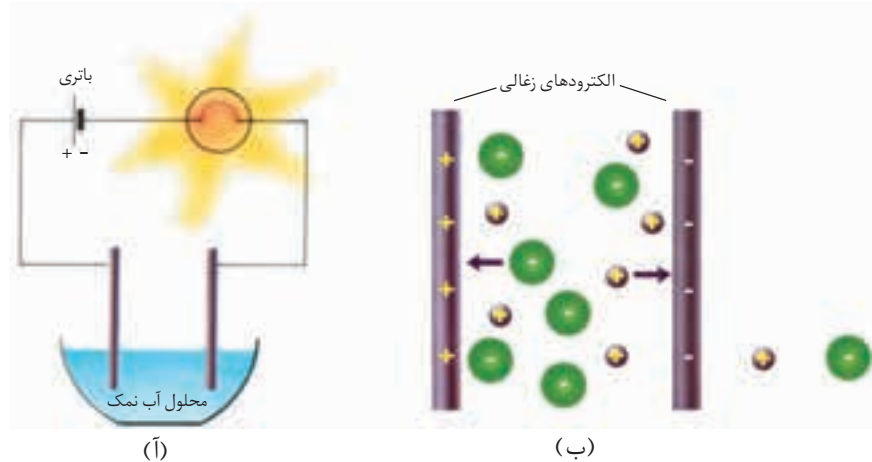
شکل ۱۵ بر هم کنش مولکول‌های قطبی آب با یون‌های مثبت و منفی موجود در نمک خوراکی. این بر هم کنش‌ها موجب حل شدن بلورهای نمک خوراکی در آب می‌شود.

به یون‌های احاطه شده با مولکول‌های آب، یون آبپوشیده می‌گویند. این یون‌ها را با نوشتن حروف *aq* در مقابل نماد شیمیایی آن‌ها نمایش می‌دهند. *aq* کوتاه شده‌ی واژه‌ی *aqueous* به معنای موجود در محلول آبی است.

آب افزون بر بلورهای نمک خوراکی، ترکیب‌های یونی دیگری را نیز کم‌وبیش در خود حل می‌کند. به همین دلیل، آب رودخانه یا آب چاه هرگز آب خالص به شمار نمی‌رود. زیرا، آب رودخانه یا آب‌های زیرزمینی با عبور از مجاورت سنگ‌های گچی یا آهکی اندکی از آن‌ها را در خود حل می‌کنند. گچ و آهک که ترکیب‌های یونی کلسیم دار هستند کاتیون‌های Ca^{2+} را به آب وارد می‌کنند. این یون طعم نامطبوعی به آب می‌بخشد.

آب و رسانایی الکتریکی

همان طور که گفته شد، یون‌های سازنده‌ی ترکیب‌های یونی مانند NaCl ، به هنگام حل شدن در آب از یک دیگر جدا و در سراسر آب پراکنده می‌شوند. حال اگر این محلول را مطابق شکل ۱۶ در یک مدار الکتریکی قرار دهیم، انتظار می‌رود که محلول رسانای جریان برق باشد. زیرا یون‌های مثبت محلول (مانند $\text{Na}^+(\text{aq})$) می‌توانند به طرف قطب منفی، و یون‌های منفی محلول (مانند $\text{Cl}^-(\text{aq})$) به طرف قطب مثبت حرکت کنند (چرا؟) و به این ترتیب جریان برق را در محلول انتقال دهند.



شکل ۱۶ (آ) محلول آب نمک رسانای جریان برق است. (ب) یون‌ها عامل انتقال جریان برق در محلول‌ها هستند.

جدول ۴ میزان رسانایی آب خالص، آب معمولی و یک سیم مسی را در مقایسه با یک دیگر نشان می‌دهد.

جدول ۴ مقایسه‌ی میزان رسانایی الکتریکی آب و مس

میزان نسبی رسانایی	نام ماده
۱	آب خالص
۱۰/۰۰۰	نمونه‌ی آب طبیعی (آب شیر)
۶۴/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰	فلز مس

فکر کنید

چرا میزان رسانایی الکتریکی آب طبیعی بیش‌تر از آب خالص است؟



انحلال پذیری مواد جامد در آب

همان طور که می دانید، برای حل شدن مواد گوناگون در مقدار معینی آب در دمای اتاق، محدودیتی وجود دارد. این محدودیت را **انحلال پذیری** یا **قابلیت حل شدن** آن ماده مشخص می کند. انحلال پذیری بیشترین مقدار ماده ای است که در یک دمای معین می تواند در 10°C آب حل شود. این مقدار را برحسب گرم جسم حل شونده در 10°g آب بیان می کنند. برای مثال، انحلال پذیری سدیم کلرید در 20°C ، 38g در 10°g آب است. به این معنا که در این دما حداکثر 38g سدیم کلرید را می توان در 10°g آب حل کرد. بستگی انحلال پذیری یک ماده به دما را می توان به کمک نموداری نشان داد که **منحنی انحلال پذیری** نامیده می شود، شکل ۱۷. به کمک این نمودار می توان انحلال پذیری یک ماده را در هر دمایی به دست آورد.

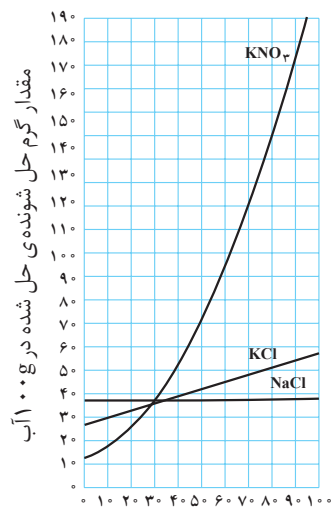
بجاست برای نمونه منحنی انحلال پذیری پتاسیم نیترات (KNO_3) را بررسی کنیم. این نمودار می رساند که در دمای 80°C ، مقدار 145g پتاسیم نیترات در 10°g آب حل می شود و محلول سیر شده ای به دست می آید. بنابراین، انحلال پذیری این ماده در 10°g آب، در دمای 80°C برابر 145g است. هم چنین، مشاهده می شود که انحلال پذیری این ماده در 10°g آب، در دمای 20°C حدود 27g است.

توجه کنید که منحنی انحلال پذیری سدیم کلرید (NaCl) تقریباً افقی است، به این معنا که اثر دما بر انحلال پذیری سدیم کلرید در آب، بسیار ناچیز است. در واقع می توان گفت که انحلال پذیری KNO_3 به شدت به دما بستگی دارد. در حالی که، انحلال پذیری NaCl بستگی چندانی به دما ندارد.

جایگاه هر نقطه روی منحنی انحلال پذیری نمایانگر یک محلول سیر شده در آن دما است. برای مثال، منحنی نشان می دهد که در دمای 100°C ، حدود 39g سدیم کلرید در 10°g آب حل می شود و یک محلول سیر شده پدید می آورد. بدیهی است، هر نقطه ای که جایگاه آن پایین تر از منحنی باشد، یک محلول سیر نشده را نشان می دهد. محلول سیر نشده محلولی است که هنوز هم می تواند مقدار بیش تری سدیم کلرید را در خود حل کند. برای مثال، در دمای 60°C محلولی که شامل 8g پتاسیم نیترات در 10°g آب است، یک محلول سیر نشده به شمار می آید. جایگاه این نقطه را روی نمودار شکل ۱۷ مشخص کنید. به نظر شما این نقطه بالاتر یا پایین تر از منحنی انحلال پذیری KNO_3 قرار می گیرد؟ توضیح دهید.

حال اگر این محلول سیر نشده و داغ را آرام آرام تا 40°C ، طوری سرد کنید (حرکت به سمت چپ منحنی) که هیچ گونه بلور جامدی از آن جدا نشود، در این دما شما به یک **محلول فراسیر شده**ی پتاسیم نیترات رسیده اید.

در شیمی 0°C را دمای استاندارد و 25°C را دمای اتاق می گویند.



دما (C)

شکل ۱۷ رابطه ی میان دما و انحلال پذیری در آب

محلول سیر شده، محلولی است که نمی تواند حل شونده ی بیش تری را در خود حل کند.

فکر کنید

موقعیت این نقطه‌ی فراسیرشده بالاتر یا پایین‌تر از منحنی انحلال‌پذیری KNO_3 قرار دارد؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

مقدار ماده‌ی حل شده در محلول فراسیرشده، بیش از مقدار آن در محلول سیرشده در همان دما است. به زبان ساده‌تر محلول فراسیرشده بیش از اندازه، حل شونده دارد. به همین دلیل اندکی تکان دادن یا ضربه زدن به محلول، موجب جدا شدن حل شونده‌ی اضافی از آن می‌شود. در مثال بالا، حدود 25g از بلورهای این ماده جدا و در ته ظرف ته‌نشین می‌شود. محلول باقی مانده نیز دارای حدود 55g حل شونده ($25\text{g} - 8^\circ\text{C}$) در هر 100g آب است. این محلول شرایط یک محلول سیر شده در 40°C را دارد. برای درک بهتر مطلب، جدول ۵ را بررسی کنید. این جدول مقادیر پتاسیم نیترات را در سه محلول سیرشده، سیرنشده و فراسیرشده در دمای 20°C نشان می‌دهد.

جدول ۵ محلول‌های گوناگونی از KNO_3

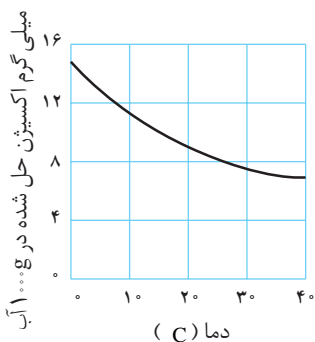
نوع محلول‌ها در 20°C	مقدار حل شونده در 100g حلال
محلول سیرنشده	کم‌تر از 27g
محلول سیرشده	27g
محلول فراسیرشده	بیش‌تر از 27g

انحلال‌پذیری گازها در آب

می‌دانید که آب می‌تواند بسیاری از گازها را در خود حل کند. نمودار نشان داده شده در شکل ۱۸ مقدار میلی‌گرم اکسیژن حل شده در یک کیلوگرم آب را در دماهای بین 0° تا 40° درجه‌ی سلسیوس نشان می‌دهد.

فکر کنید

به کمک این نمودار معین کنید که انحلال‌پذیری اکسیژن در آب در دماهای صفر و 30° درجه‌ی سلسیوس چه قدر است؟ از مقایسه‌ی این دو مقدار چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



شکل ۱۸ نمودار تغییر انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب مجاور به هوا با دما

