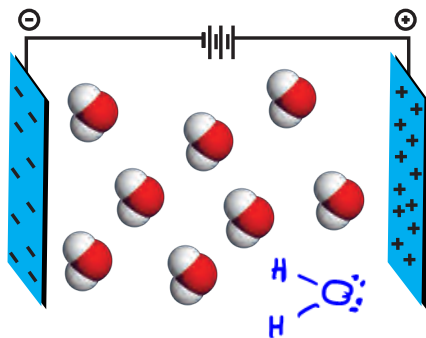


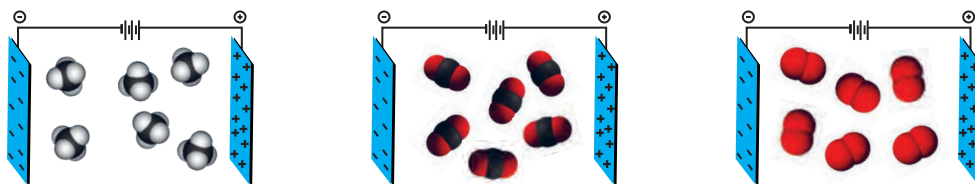
این رفتار مولکول‌های آب از ویژگی‌های ساختاری آن سرچشمه می‌گیرد. شکل مولکول آب خمیده (V شکل) بوده و در آن هر اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی یگانه به اتم مرکزی (اکسیژن) متصل است.

نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکول آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آن دارد. هنگامی که این مولکول‌ها در یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، جهت‌گیری می‌کنند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی

نحوه جهت‌گیری مولکول‌های آب در میدان الکتریکی نشان می‌دهد که اتم اکسیژن، بار منفی و اتم‌های هیدروژن، بار مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند. شیمی دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، **مولکول‌های دوقطبی** یا **قطبی** می‌گویند. این درحالی است که مولکول‌های سازنده ترکیب‌هایی مانند گاز اکسیژن ( $O_2$ )، کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) و متان ( $CH_4$ ) در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند (شکل ۱۶). چنین مولکول‌هایی، **ناقطبی** نامیده می‌شوند.

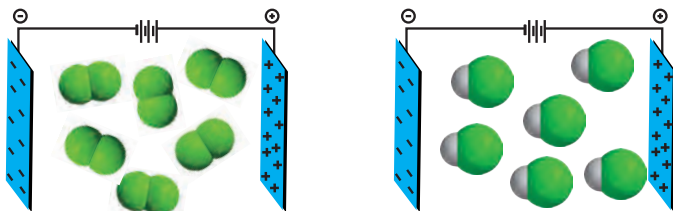


شکل ۱۶- رفتار مولکول‌های  $O_2$ ،  $CO_2$  و  $CH_4$  در میدان الکتریکی

با هم بیندیشیم  $F_2 = 38$ ,  $HCl = 36.5 \text{ g mol}^{-1}$

۱- شکل زیر مولکول‌های  $F_2$  و  $HCl$  با جرم مولی نزدیک به یکدیگر را در یک میدان الکتریکی

نشان می‌دهد.



آ) کدام یک دارای مولکول‌های قطبی است؟ چرا؟  $HCl$  - جهت گیری کرده است.  
 ب) اگر نقطه جوش  $F_2$  و  $HCl$  به ترتیب برابر با  $188^\circ C$  و  $85^\circ C$  باشد، نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی تر است؟ توضیح دهید.  $HCl$ ، نقطه جوش بالاتری دارد.  
 پ) جمله زیر را با خط زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.  
 در مواد مولکولی با جرم مولی مشابه، ماده با مولکول‌های قطبی، نقطه جوش منافوت بالاتری دارد.

۲- جرم مولی گازهای نیتروژن ( $N_2$ ) و کربن مونوکسید ( $CO$ ) برابر است، بر این اساس: آ) پیش بینی کنید مولکول‌های دو اتمی کدام گاز در میدان الکتریکی جهت گیری می کند؟ چرا؟  
 ب) کدام یک در شرایط یکسان آسان تر به مایع تبدیل می شود؟ توضیح دهید.  
**هم**  $CO$ ، قطب است و نقطه جوش بالاتری دارد.

### خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

ویژگی	ماده	$Cl_2$	$Br_2$	$I_2$
حالت فیزیکی ( $25^\circ C$ )	گاز	مایع	جامد	
جرم مولی ( $g\ mol^{-1}$ )	71	160	254	

آ) آیا مولکول‌های سازنده این مواد در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند؟ چرا؟  $I_2$  - خیر - ناقطبه هستند  
 ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی تر است؟ توضیح دهید.  $I_2$  - جرم مولی بزرگی دارد  
 پ) جمله زیر را با خط زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، دمای جوش کاهش می یابد.

● به برهم کنش‌های میان مولکول‌های سازنده یک ماده، نیروهای بین مولکولی می گویند؛ نیروهایی که ذره‌های سازنده گاز به یکدیگر وارد می کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد به حالت مایع و جامد را در کنار یکدیگر نگه می دارند.

### نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم کنش‌ها هستند. اما برهم کنش مولکول‌ها در مایع‌ها بیشتر است و در جامدها، برهم کنش‌ها میان مولکول‌ها می تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد. از این رو در شرایط یکسان، نیروهای بین مولکولی در حالت جامد قوی تر از حالت مایع و آن هم به مراتب قوی تر از حالت گازی است. البته باید توجه داشت که نیروهای بین مولکولی به طور عمده به میزان قطبی بودن مولکول‌ها و جرم آنها وابسته است.

جدول ۲ برخی ویژگی‌های آب را در مقایسه با هیدروژن سولفید نشان می‌دهد.

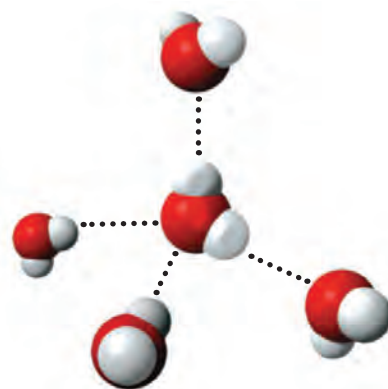
جدول ۲- مقایسه برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (فشار = ۱ atm)

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ( $\text{gmol}^{-1}$ )	حالت فیزیکی ( $25^\circ\text{C}$ )	نقطه جوش ( $^\circ\text{C}$ )
آب	$\text{H}_2\text{O}$		قطبی	۱۸	مایع	$100^\circ$
هیدروژن سولفید	$\text{H}_2\text{S}$		قطبی	۳۴	گاز	$-60^\circ$

مطابق جدول، هر دو ماده مولکول‌های خمیده و قطبی دارند، اما آب با جرم مولی نزدیک به نصف جرم مولی هیدروژن سولفید، دمای جوش غیرعادی و بالاتری از آن دارد به طوری که تفاوتی برابر با  $160^\circ\text{C}$  را نشان می‌دهد. گویی نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب از آنچه انتظار می‌رود، قوی‌تر است. اما چرا؟ دلیل این تفاوت را در کجا باید جستجو کرد؟

با جهت‌گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی آشنا شدید. این ویژگی مبنای اندازه‌گیری کمیتی به نام **گشتاور دو قطبی**<sup>۱</sup> است؛ کمیتی تجربی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد. برای نمونه گشتاور دو قطبی مولکول‌هایی مانند  $\text{O}_2$ ،  $\text{CO}_2$  و  $\text{CH}_4$  برابر با صفر است (چرا؟)، در حالی که گشتاور دو قطبی مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{H}_2\text{S}$  به ترتیب برابر با  $1/85\text{D}$  و  $0/97\text{D}$  است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است. از این رو نیروهای جاذبه میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$  به اندازه‌ای قوی است که در شرایط اتاق می‌تواند این مولکول‌ها را کنار یکدیگر نگه دارد و آب به حالت مایع باشد (شکل ۱۷).

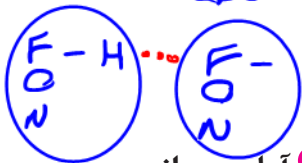
● گشتاور دو قطبی ( $\mu$ ) مولکول‌ها را با یکای **دبای (D)** گزارش می‌کنند.



شکل ۱۷- پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های  $\text{H}_2\text{O}$

● به جز پیوندهای هیدروژنی،  
به نیروهای جاذبه بین مولکولی،  
نیروهای وان دروالس<sup>۲</sup> می گویند.

### شرایط پیوند هیدروژنی



### آیا می دانید

میان مولکول های HF به حالت مایع پیوندهای هیدروژنی وجود دارد. این نیروها به اندازه ای قوی هستند که مولکول های این ماده در حالت بخار نیز به صورت مجموعه های دوتایی، سه تایی و گاهی چندتایی با پیوندهای هیدروژنی به هم متصل اند.

### آیا می دانید

ابوبکر محمدبن زکریای رازی (۳۰۹ - ۲۴۳ هجری شمسی) شیمی دان، ریاضی دان، فیلسوف، ستاره شناس و پزشک ایرانی است. وی ترکیب های شیمیایی متعددی را تهیه کرد که از آن میان می توان به اتانول اشاره کرد. با مراجعه به منابع علمی معتبر درباره این شخصیت برجسته ایرانی - اسلامی اطلاعات جمع آوری کرده، نتیجه را به صورت روزنامه دیواری در کلاس ارائه دهید.



از آنجا که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را می ربایند، در یک نمونه آب که دارای شمار بسیاری مولکول  $H_2O$  است، سر مثبت هر مولکول، سر منفی مولکول همسایه را جذب می کند. از این رو در مجموعه ای از مولکول های آب، هر اتم هیدروژن با یک نیروی جاذبه قوی از سوی اتم اکسیژن در مولکول همسایه جذب می شود. این نیروهای جاذبه قوی میان مولکول های آب که در آن هیدروژن نقش کلیدی ایفا می کند، پیوندهای هیدروژنی<sup>۱</sup> نامیده می شود.

آیا تنها میان مولکول های  $H_2O$  پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول های دیگر نیز می توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

### اولویت ← پیوند هیدروژنی در حجم مولی (به طور کلی) با هم بیندیشیم

۱- دو جدول زیر برخی خواص ترکیب های هیدروژن دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول



نقطه جوش (°C)	جرم مولی (gmol <sup>-1</sup> )	ترکیب مولکولی
-۳۳/۵	۱۷	NH <sub>3</sub>
-۸۷/۵	۳۴	PH <sub>3</sub>
-۶۲/۵	۷۸	AsH <sub>3</sub>

نقطه جوش (°C)	جرم مولی (gmol <sup>-1</sup> )	ترکیب مولکولی
۱۹	۲۰	HF
-۸۵	۳۶/۵	HCl
-۶۷	۸۱	HBr

آ در میان ترکیب های هر جدول انتظار دارید مولکول های کدام ماده توانایی تشکیل

پیوندهای هیدروژنی را داشته باشد؟ توضیح دهید  $NH_3$  و  $HF$

ب) جمله زیر را با خط زدن واژه های نادرست، کامل کنید.

پیوند هیدروژنی، قوی ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آنها، اتم

هیدروژن به یکی از اتم های  $F, Cl, Br$  با پیوند اشتراکی متصل است.  $F$  و  $N, O$

۲- اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه

به کار می روند. به کمک داده های جدول زیر پیش بینی کنید هریک از نقطه جوش های  $56^{\circ}C$

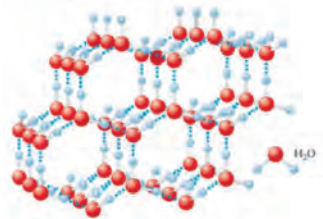
و  $78^{\circ}C$  مربوط به کدام ترکیب است؟ چرا؟ **اتانول دار پیوند هیدروژنی است استون**

جرم مولی (gmol <sup>-1</sup> )	فرمول شیمیایی	ترکیب آلی
۴۶	$C_2H_5OH$	اتانول
۵۸	$CH_3C(=O)CH_3$	استون

اتانول  $H$  متصل  $O$

## آیا می دانید

ابرها را می توان مخلوط بسیار رقیقی از بخار آب و آب مایع در نظر گرفت. آب موجود در ابرها به طور عمده به صورت ریزقطره هاست. برآورد می شود که حدود  $15/000/000$  ریزقطره در شرایط مناسب می توانند یک قطره باران را بسازند؛ با این توصیف چگالی ابرها بسیار کم است و هواپیماها به آسانی از آنها گذر می کنند.



شکل ۱۹- حلقه های شش ضلعی مبنای شکل دانه های برف.

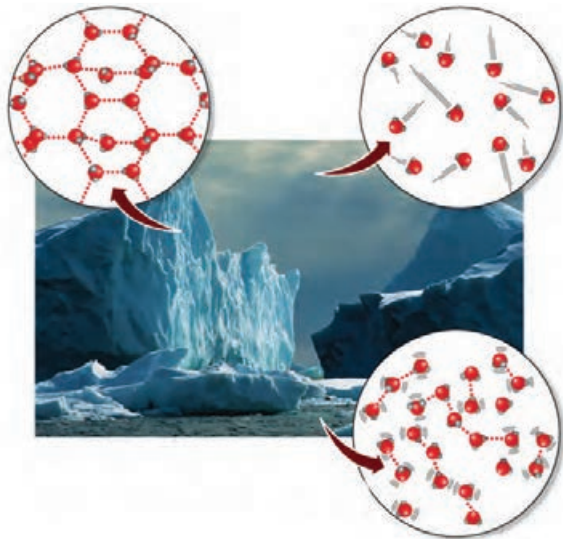
## آیا می دانید

کندوی زنبور عسل از حلقه های شش ضلعی تشکیل شده است. به همین دلیل استحکام قابل ملاحظه ای دارد.



## پیوندهای هیدروژنی در حالت های فیزیکی گوناگون آب

آب را در سه حالت فیزیکی جامد (یخ)، مایع و بخار در نظر بگیرید (شکل ۱۸). مولکول های  $H_2O$  در حالت بخار جدا از هم هستند، گویی پیوندهای هیدروژنی میان آنها وجود ندارد. در این حالت، مولکول های آب آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر انتقال می یابند. در حالت مایع، با اینکه مولکول ها با یکدیگر پیوندهای هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می لغزند و جابه جا می شوند. برخلاف آب، ساختار یخ منظم است. در یخ، مولکول های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند. در واقع در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن دیگر با پیوند هیدروژنی متصل است (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- حالت های فیزیکی آب

در ساختار یخ، آرایش مولکول های آب به گونه ای است که در آن، اتم های اکسیژن در رأس حلقه های شش ضلعی قرار دارند و شبکه ای مانند کندوی زنبور عسل را به وجود می آورند. این شبکه با داشتن فضاهای خالی منظم، در سه بُعد گسترش یافته است. شکل های زیبا و متنوع دانه های برف ناشی از وجود این حلقه های شش ضلعی است (شکل ۱۹).

## خود را بیازمایید

با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

← اثرات مهم آب هنگام یخ زدن



کلمه یخ زده

آب با نوشتن دلیل، چگالی جرم یکسانی از آب و یخ را در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر مقایسه کنید.

یخ (در حجم برابر، حجم بیشتری است)

ب) چرا دیواره یاخته‌ها در بافت کلم بر اثر یخ زدن تخریب می‌شوند؟

امراضی که آب بر اثر یخ زدن تخریب دیواره یاخته‌ها

آب و دیگر حلال‌ها



آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است، زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی را در خود حل کند. آب و محلول‌های آبی<sup>۱</sup> در زندگی جانداران نقش حیاتی دارند. اما همهٔ محلول‌ها آبی نیستند زیرا افزودن بر آب، حلال‌های دیگری نیز وجود دارند. جدول ۳، سه ترکیب آلی را نشان می‌دهد که به عنوان حلال به کار می‌روند.

جدول ۳- سه حلال آلی و برخی ویژگی‌های آنها

نام حلال	فرمول شیمیایی	$\mu$ (D)	کاربرد
اتانول	$C_2H_5O$	$>0$	حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی
استون	$C_3H_6O$	$>0$	حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها
هگزان	$C_6H_{14}$	$\approx 0$	حلال مواد ناقطبی و رقیق‌کننده رنگ (تینر)

قطبی }  
ناقطبی →

• هوا و آب دریا از جمله محلول‌هایی هستند که از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده‌اند.

• برخی مواد شیمیایی مانند اتانول (الکل معمولی) و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند. از این رو نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آنها تهیه کرد.

به محلول‌هایی که حلال آنها آلی است، محلول‌های غیرآبی<sup>۲</sup> می‌گویند. شکل ۲، دو نمونه

از این محلول‌ها را نشان می‌دهد.

$CH_4$  و  $I_2$   
۴ ۱۴  
در دو ناقطبی هستند



(ب)

• گشتاور دو قطبی اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است.

شکل ۲- دو نمونه محلول غیرآبی (آ) محلول  $I_2$  در هگزان و (ب) بنزین خودرو

## خود را بیازمایید

آیا حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر هر یک از مخلوط‌های زیر یکسان و یکنواخت

است؟ چرا؟

ترکیب شیمیایی متفاوت  
حالت فیزیکی یکسان (مایع)



(آ) آب و هگزان



(ب) آب و یخ

ترکیب شیمیایی یکسان  
حالت فیزیکی متفاوت

## آیا می دانید

ماده اصلی تشکیل دهنده بسیاری از خوراکی ها آب است. جدول زیر درصد آب در برخی خوراکی ها را نشان می دهد.

خوراکی	درصد جرمی آب
سبزیجات	
هویج	۸۸
کرفس	۹۴
میوه ها	
طالبی	۹۱
پرتقال	۸۶
توت فرنگی	۹۰
گوشت / ماهی	
مرغ پخته شده	۷۱
همبرگر کباب شده	۶۰
ماهی سالمون	۷۱
فراورده های لبنی	
پنیر	۷۸
شیر	۸۷

## آیا می دانید

در ادرار یک فرد سالم با برنامه غذایی عادی، ۹۶ درصد آب و ۴ درصد مواد آلی و معدنی وجود دارد.

## پیوند با زندگی

اغلب محلول های موجود در بدن انسان، محلول های آبی هستند. محلول هایی که بیشتر واکنش های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در آنها انجام می شود. با این توصیف بخش عمده جرم بدن را آب تشکیل می دهد. بیش از نیمی از این آب در درون یاخته ها و باقی آن در مایع های برون سلولی جریان دارد. این مایع ها مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول ها و دستگاه گردش خون جابه جا می کند. هر فرد بالغ روزانه به طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی لیتر آب را به صورت ادرار، تعرق پوستی، بخار آب در بازدم و ... از دست می دهد. اگر این مقدار آب با خوردن مواد غذایی، میوه ها و نوشیدنی ها جبران نشود، بدن دچار کم آبی خواهد شد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- بخش عمده اغلب خوراکی ها را آب تشکیل می دهد.

آب با حل کردن مواد زائد تولید شده در سلول ها و دفع آنها نقش کلیدی در حفظ سلامت بدن دارد.

## کدام مواد با یکدیگر محلول می سازند؟

تاکنون آموختید که برخی حل شونده ها در برخی حلال ها حل می شوند و محلول تشکیل می دهند، در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می سازند. برای نمونه، افزودن استون به آب یا اندکی ید به هگزان منجر به تشکیل محلول می شود اما، افزودن هگزان به آب، مخلوطی ناهمگن پدید می آورد.

در مخلوط های ناهمگن به حالت مایع، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به میزان ناچیزی در یکدیگر حل می شوند، اما قابل چشم پوشی است.

## با هم بیندیشیم

ماده	گشتاور دو قطبی (D)
آب	$> 0$
استون	$> 0$
یُد	$= 0$
هگزان	$= 0$

۱- با توجه به مقدار گشتاور دو قطبی هر ماده، موارد زیر را توجیه کنید.

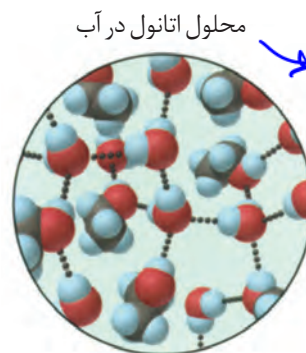
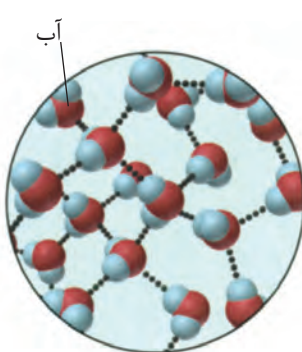
آ) انحلال استون در آب (هر دو قطبی)  
 ب) انحلال یُد در هگزان (هر دو ناقطبی)  
 پ) حل نشدن هگزان در آب (ناقطبی در قطبی)

۲- آیا جمله «شبيهه، شبيهه را حل می کند» درست است؟ توضیح دهید.

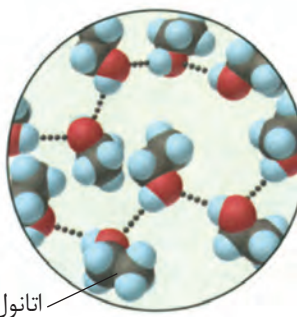
۳- آزمایش‌ها نشان می‌دهند که فرایند انحلال هنگامی منجر به تشکیل محلول می‌شود که:

(میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص) > (جاذبه‌های حل‌شونده با حلال در محلول)

با این توصیف با توجه به شکل زیر، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



پیوند هیدروژنی  
 میان آب و اتانول



آ) نیروهای بین مولکولی در هریک از چه نوعی است؟ چرا؟  
 پیوند هیدروژنی - H متصل به O دارند.  
 ب) در مربع زیر علامت > یا < قرار دهید.

نیروی جاذبه میان مولکول‌ها  
 در محلول اتانول در آب

نیروی جاذبه میان مولکول‌های  
 آب خالص و اتانول خالص



پ) چرا شیمی‌دان‌ها انحلال اتانول در آب را انحلال مولکولی می‌نامند؟ توضیح دهید.

مولکول‌ها را اتانول با مولکول‌ها آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند.

۱- Like Dissolves Like



## فرایند انحلال نمک‌ها در آب

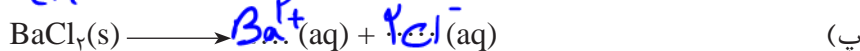
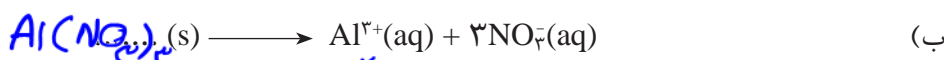
با **انحلال مولکولی** آشنا شدید. انحلالی که در آن مولکول‌های حل‌شونده، ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند، گویی ساختار مولکول‌های حل‌شونده در محلول دچار تغییر نشده است. انحلال استون یا اتانول در آب و نیز انحلال یُد در هگزان از این نوع هستند. اما همه فرایندهای انحلال چنین نیستند، برای نمونه به فرایند انحلال سدیم کلرید در آب توجه کنید (شکل ۲۲). سدیم کلرید یک ترکیب یونی با بلورهای مکعبی است که در آن یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  با آرایشی منظم در سه بعد جای گرفته‌اند. هنگامی که بلور کوچکی از این ماده جامد در آب وارد می‌شود، مولکول‌های قطبی آب از سرهای مخالف به یون‌های بیرونی بلور نزدیک شده، نیروی جاذبه‌ای میان آنها برقرار می‌شود. این نیروی جاذبه، **یون-دوقطبی**<sup>۱</sup> نام دارد؛ نیروی جاذبه‌ای که باعث جدا شدن یون‌ها از شبکه شده تا با لایه‌ای از مولکول‌های آب، پوشیده شوند. این **یون‌های آبپوشیده**<sup>۲</sup> در سرتاسر محلول پراکنده خواهند شد، به طوری که محلول آب نمک را می‌توان محلولی محتوی یون‌های  $\text{Na}^+(\text{aq})$  و  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  دانست. همان‌گونه که در شکل ۲۲ پیداست، در این فرایند انحلال، ماده حل‌شونده ویژگی ساختاری خود را حفظ نکرده است و یون‌های سازنده شبکه بلور یونی، تفکیک و آبپوشیده شده‌اند. این فرایند، **انحلال یونی** به‌شمار می‌رود.



شکل ۲۲- فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده

### خود را بیازمایید

۱- در معادله انحلال هر یک از ترکیب‌های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.



نکته:

$MgSO_4$	محلول
$CaSO_4$	کم محلول
$BaSO_4$	نامحلول

۲- با توجه به اینکه منیزیم سولفات و باریوم سولفات در دمای  $25^{\circ}C$ ، به ترتیب محلول و نامحلول در آب هستند، با دلیل در هر مربع علامت < یا > قرار دهید.

(آ) میانگین نیروی پیوند یونی در  $MgSO_4$  و  $\left[ > \right]$  نیروی جاذبه یون-دوقطبی در محلول پیوندهای هیدروژنی در آب

(ب) میانگین نیروی پیوند یونی در  $BaSO_4$  و  $\left[ < \right]$  نیروی جاذبه یون-دوقطبی در محلول پیوندهای هیدروژنی در آب



● اکسیژن کافی و محلول در آب برای ادامه زندگی ماهی‌ها ضروری است.

## آیا گازها هم در آب حل می‌شوند؟

آیا تاکنون به تنفس ماهی‌های درون آبی‌زی دان (آکواریوم)<sup>۱</sup>، توجه کرده‌اید؟ آیا می‌دانید آبی‌زیان اکسیژن لازم را برای سوخت و ساز از کجا تأمین می‌کنند؟ همه جانوران از جمله ماهی‌ها برای زنده ماندن به اکسیژن ( $O_2$ ) نیازمندند. آنها با عبور دادن آب از درون آبشش خود، اکسیژن مولکولی حل شده در آب را جذب می‌کنند. با اینکه گاز اکسیژن به میزان کمی در آب حل می‌شود، اما همین مقدار کم برای زندگی آبی‌زیان نقش حیاتی دارد. آیا می‌دانید انحلال پذیری گاز اکسیژن و دیگر گازها در آب به چه عواملی بستگی دارد؟

## کاوش کنید

درباره «اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد شیمیایی مورد نیاز: ظرف پلاستیکی بزرگ، استوانه مدرج، قیف، آب، یخ، قرص جوشان.

آزمایش ۱- (آ) ظرف پلاستیکی را بردارید و مخلوط آب و یخ را تا نیمه درون آن بریزید.

(ب) یک قرص جوشان را نصف کنید و با استفاده از تکه‌ای خمیربازی آن را به دیواره داخلی

قیف بچسبانید.



پ) استوانهٔ مدرج را از آب پر کنید و کف دست خود را روی دهانهٔ آن قرار دهید. حال استوانه را وارونه کرده و مانند شکل، درون ظرف محتوی آب قرار دهید (استوانهٔ مدرج را با دست نگهدارید).

ت) اکنون از یکی از دوستان خود بخواهید که قیف را درون ظرف بزرگ به گونه‌ای قرار دهد که لولهٔ قیف در زیر دهانهٔ استوانهٔ مدرج قرار گیرد. مشاهده‌های خود را بنویسید.

آزمایش ۲- آزمایش ۱ را با آب گرم تکرار کنید. مشاهده‌های خود را یادداشت و جدول زیر را کامل کنید.

حجم گاز جمع شده درون استوانهٔ مدرج (میلی لیتر)		آزمایش
آزمایش ۲	آزمایش ۱	
		بار اول
		بار دوم
		بار سوم
		میانگین

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- از واکنش قرص جوشان با آب چه گازی آزاد می‌شود؟ **کربن دی‌اکسید**
- ۲- آیا میانگین حجم گاز آزاد شده در دو آزمایش یکسان است؟ چرا؟ **خیر**
- ۳- حجم گاز جمع‌آوری شده در کدام آزمایش کمتر است؟ **آب سرد**
- ۴- از مشاهده‌های خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

با کاهش دما، انحلال پذیری گازها در آب افزایش می‌یابد.

۵- چه رابطه‌ای بین دمای آب و میزان انحلال‌پذیری گاز وجود دارد؟ **دما ↑ انحلال‌پذیری ↓**

۶- چرا در هوای گرم، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند؟

**اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد.**

● دربارهٔ اینکه «مقدار نمک موجود در آب دریا بر میزان انحلال‌پذیری گازها اثر دارد»

کاوش کنید (در کاوش خود باید آزمایش طراحی و اجرا کنید و از داده‌های آن نتیجه درست

و قابل اطمینان بگیرید). **مقدار نمک محلول در آب ↑ انحلال‌پذیری گازها ↓**

### با هم ببیندیشیم

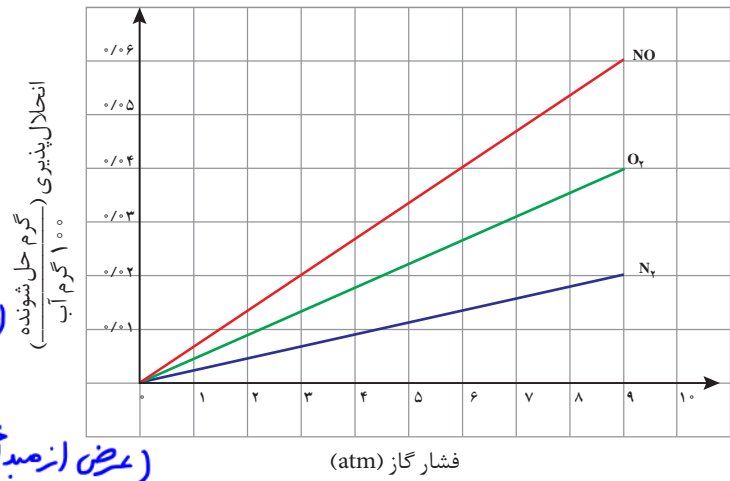
۱- نمودار زیر انحلال‌پذیری سه گاز را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای  $20^{\circ}\text{C}$

نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

- گازها در شرایط (تأثیر) به طور عمده در آب نامحلول هستند (کمتر از ۱۰۰٪ در آب)

- به طور کلی در شرایط مختلف، گازها در آب کم محلول یا نامحلول هستند.

مقایسه گازها:  $NO > O_2 > N_2$   
آیا می دانید



تأثیر هنجری در رمای است، با افزایش فشار انحلال پذیری گازها به صورت خطی افزایش می یابد.

هنگامی که یک غواص در عمق آب از هوای فشرده درون کپسول تنفس می کند، به دلیل فشار زیاد، غلظت گاز نیتروژن به میزان قابل توجهی در خون او بالا می رود. در این شرایط اگر غواص سریع به سطح آب بیاید، نیتروژن حل شده در خون او آزاد می شود. در نتیجه، حباب هایی در خون او تشکیل می شود که مانع از رسیدن اکسیژن به مغز می شود. این پدیده باعث ایجاد یک عارضه در دناک و گاهی کشنده می شود. امروزه در غواصی از کپسول محتوی اکسیژن و هلیوم استفاده می شود.

شیب خط  $S = \alpha P$  (مض از مبدأ صفر است)

آ) این نمودار تأثیر چه عاملی را بر انحلال پذیری گازها نشان می دهد؟ توضیح دهید.  
 ب) نتیجه گیری از این نمودار قانون هنری نام دارد. آن را در یک سطر توضیح دهید.  
 پ) شیب نمودار برای کدام گاز تندتر است؟ از این واقعیت چه نتیجه ای می گیرید؟  
**NO، تأثیر فشار بر انحلال پذیری NO از هوا بزرگتر است.**  
 ۲- با توجه به اینکه گشتاور دوقطبی CO<sub>2</sub> برخلاف NO صفر است:

آ) پیش بینی کنید در دما و فشار معین، انحلال پذیری کدام گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟  
 ب) آزمایش ها نشان می دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال پذیری گاز

CO<sub>2</sub> بیشتر از NO است. چرا؟ **زیرا قطبیت و حجم مولکولی بیشتری دارد.**  
**موضعا آنرا می تواند به صورت شیب در آب حل شود.**  
 پیوند با زندگی

انظار داریم انحلال پذیری NO بیشتر از CO<sub>2</sub> باشد، چون NO قطبیت دارد و در آب که حلال قطبیت باید بهتر حل شود.



شکل ۲۳- تأمین یون های مورد نیاز بدن

آیا تاکنون دیده یا شنیده اید که ورزشکاران به ویژه دوچرخه سواران و دوندگان پس از تمرین یا مسابقه، نوشیدنی های ویژه ای مصرف می کنند؟ آیا می دانید هر یک از این نوشیدنی ها حاوی چه موادی است؟ چرا نوشیدن این نوع مایع ها به ورزشکاران توصیه می شود؟  
 بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته ها، بافت ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باور نکردنی، پیام های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می کنند. این هنگامی رخ می دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون های گوناگونی مانند  $Na^+$ ،  $K^+$ ،  $Cl^-$  و ... است.

پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دویدن، احساس خستگی به دلیل کاهش چشمگیر این یون ها در مایع های بدن است. از این رو نوشیدن محلول هایی حاوی این یون ها ضروری است. (شکل ۲۳).

عوامل مؤثر بر انحلال پذیری گازها: ۱) فشار، ۲) دما، ۳) قطبیت، ۴) انحلال شیب، ۵) مقدار نمکها حل شده در آب

## آیا می دانید

مارهای سیاه مناطق گرمسیری با تزریق زهری که کانال‌های پتاسیم را در سلول‌های عصبی مسدود می‌کند، شکار خود را از پای در می‌آورند.



یکی از مهم‌ترین یون‌ها در مایع‌های بدن، یون پتاسیم ( $K^+$ ) است. نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است. از آنجا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم است، کمبود آن به ندرت احساس می‌شود. وجود یون پتاسیم ( $K^+$ ) برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است به طوری که انتقال پیام‌های عصبی بدون وجود این یون، امکان‌پذیر نیست. در واقع، اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام‌های عصبی و گاهی در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود.

## ردپای آب در زندگی

آیا می‌دانید روزانه چند لیتر آب مصرف می‌کنید؟ آیا مصرف آب، تنها شامل میزان آبی است که می‌نوشید؟ هر فرد، روزانه در حدود  $35^\circ$  لیتر آب مصرف می‌کند. این مقدار آب افزون بر نوشیدن، شامل پخت و پز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و ... است. مصرف آب به فعالیت‌های روزانه هر شخص محدود نمی‌شود، بلکه روزانه در صنایع گوناگون، حجم بسیار زیادی آب استفاده می‌شود. در میان صنایع، صنعت کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که برای تولید هر وسیله، کالا یا فراورده مقدار معینی آب نیاز است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- ردپای آب برای تولید برخی فراورده‌ها

همانند ردپای کربن دی‌اکسید، برای هر فرد، ردپای آب نیز تعریف می‌شود. در واقع، ردپای آب نشان می‌دهد که هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود. این میزان، همه‌آبی را که در تولید کالاها، ارائه خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود، نشان می‌دهد. برای مثال اگر شما سالانه  $15^\circ$  کیلوگرم گندم مصرف کنید، ردپای آب شما در تولید این مقدار گندم برابر با  $27450^\circ$  لیتر خواهد بود. با حساب کردن همه‌آب مصرفی در زندگی سالانه هر فرد می‌توان میانگین ردپای آب او را برآورد کرد. هر چه رد پای آب ایجاد شده، سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و زودتر به پایان می‌رسند. برآوردهای پژوهشگران نشان می‌دهد که میانگین ردپای آب برای هر فرد در یک سال در حدود  $100000^\circ$  لیتر است.

## آیا می دانید

ردپای آب در جهان برای یک سال در حدود  $10^{15} \times 7$  لیتر است. این ردپا برای کشورهایی مانند چین و هند به دلیل جمعیت زیاد و در کشورهای توسعه یافته به دلیل حجم فعالیت‌های صنایع گوناگون، سنگین‌تر و بزرگ‌تر است.



## آیا می دانید

بر اساس پژوهش‌های سازمان جهانی غذا، در دهه ۲۰۰۵-۱۹۹۶ میلادی، برای تولید هر تن گندم در جهان به طور میانگین ۱۸۳ مترمکعب آب مصرف شده است. به دیگر سخن، میانگین جهانی ردپای آب در تولید هر کیلوگرم گندم حدود ۱۸۳ لیتر است.

هرچه میزان مصرف گندم در یک کشور بیشتر باشد، ردپای آب سنگین تر است.

با توجه به اینکه کشور ما در منطقه کم‌آب قاره آسیا قرار دارد، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری در حفظ منابع آب اهمیت شایانی دارد.

این ردپا شامل همه آب‌های مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، بهداشت، خانه، مدرسه، دانشگاه و... است که همگی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی تأمین می‌شود. توجه کنید که آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ به طوری که ممکن است آبی برای شستشو مناسب باشد اما آشامیدنی نباشد. هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها، منبع بسیار بزرگی برای تهیه آب به شمار می‌آیند، اما به اندازه‌ای شور هستند که باید قبل از مصرف، نمک‌زدایی و تصفیه شوند.

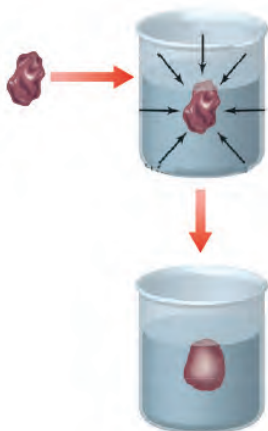
## پیوند با زندگی

هنگامی که حبوبات و میوه‌های خشک را برای مدتی درون آب قرار می‌دهیم، متورم می‌شوند در حالی که خیار در آب شور چروکیده می‌گردد (شکل ۲۵). آیا تاکنون اندیشیده‌اید که در این پدیده‌ها چه رخ می‌دهد؟

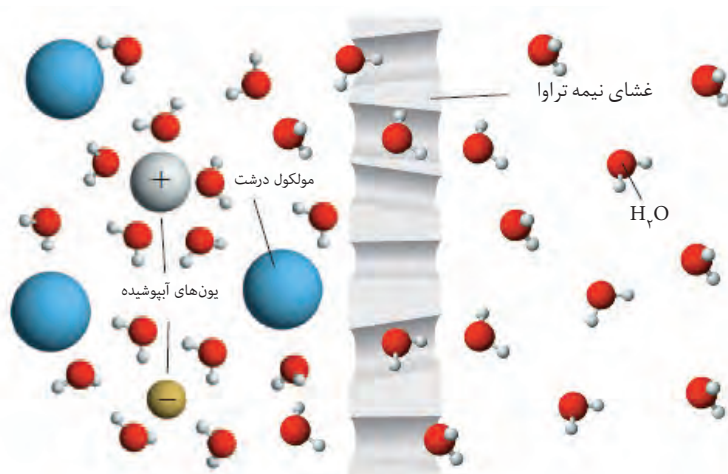


شکل ۲۵- نمونه‌هایی از پدیده اسمز در زندگی روزانه

دیواره یاخته‌ها در گیاهان روزنه‌هایی بسیار ریز دارد که ذره‌های سازنده مواد می‌توانند از آن گذر کنند. به گونه‌ای که این روزنه‌ها فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت‌تر جلوگیری می‌کنند. این دیواره‌ها غشای نیمه تراوا نامیده می‌شوند (شکل ۲۶).



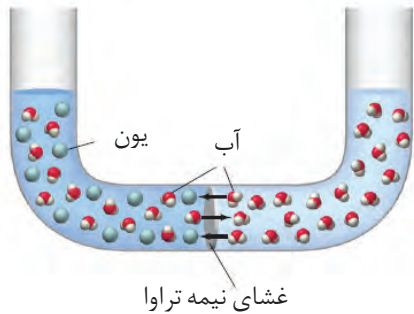
● هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خود به خود از محیط رقیق یا گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند. در نتیجه، میوه آبدار و متورم می‌شود. گذرندگی (اسمز) نامی است که به این فرایند داده‌اند. در این فرایند، برخی نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابد.



شکل ۲۶- غشای نیمه تراوا و عبور انتخابی

در بستر دریاها، چشمه‌هایی وجود دارند که آب آنها شیرین و آشامیدنی هستند. ملوانان و ناخدایان سنتی کشور ایران و کشورهای حاشیه خلیج فارس تا همین اواخر آب آشامیدنی مورد نیاز خود را در سفرهای دریایی از همین چشمه‌ها تأمین می‌کردند. برای این منظور یک غواص با مشک خالی به زیر دریا می‌رفت و مشک را از محل چشمه زیر دریا پر از آب می‌کرد و به بالا می‌آورد. دو هزار سال پیش، یک جغرافی‌دان رومی به نام استرابو درباره چشمه‌های آب شیرین موجود در دریای مدیترانه، در جایی که سوریه امروزی قرار دارد، مطالبی نوشته است. استفاده از آب‌های شیرین جهت مصرف کشتی‌ها و شهرها در بحرین نمونه دیگری از این موارد است که به قرن دوم پس از میلاد بر می‌گردد. امروزه منابع آب شیرین زیر بستر دریا به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای سال‌های آینده بشر شناخته می‌شود. گفته می‌شود که تقریباً چیزی معادل آب رودخانه‌های جهان که به دریاها وارد می‌شود، به صورت چشمه‌های زیر دریا وارد دریاها می‌شود. به همین دلیل امروزه بیش از گذشته نسبت به شناخت و بهره‌برداری از این آب‌ها توجه می‌شود.

۱- مطابق شکل زیر، حجم‌های برابری از آب دریا و آب مقطر به وسیله یک غشای نیمه تراوا از یکدیگر جدا شده‌اند.



آ) اگر این غشا مانع گذر یون‌های سدیم و کلرید شود، با گذشت زمان چه رخ می‌دهد؟

آب بیشتر از سمت راست به چپ می‌رود

ب) آیا با این روش می‌توان آب دریا را نمک‌زدایی

و آب شیرین تهیه کرد؟ چرا؟ بله - با اتمال مغز

چون نمک از عصاره عبور نمی‌کند

پ) بر اساس شکل روبه‌رو، اگر بر پیستون

نیرو وارد کنیم چه رخ می‌دهد؟ چرا؟

آب از محیط غلیظ به محیط رقیق می‌رود

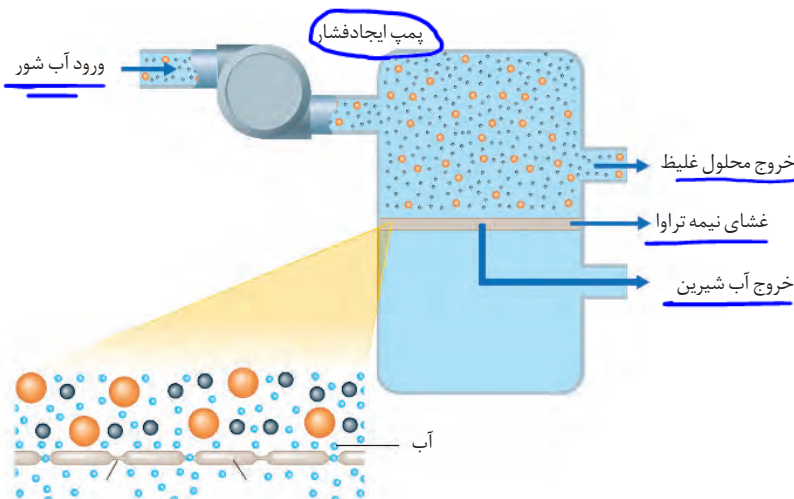
ت) چرا فرایند انجام شده در قسمت «پ» را

اسمز وارونه (معکوس) می‌نامند؟

آب برخلاف جهت اسمز منتقل می‌شود



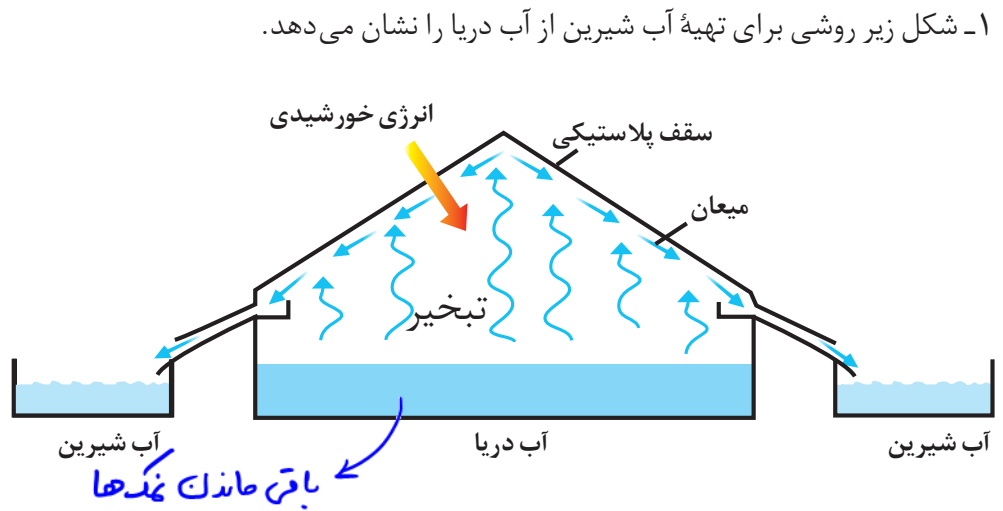
۲- با توجه به شکل زیر، چگونگی تولید آب شیرین از آب دریا را توضیح دهید.



## خود را بیازمایید

### آیا می دانید

در شمال جزیره قشم، نیروگاه و تأسیسات آب شیرین احداث شده است که همزمان آب و برق تولید می کند. این مجتمع به دست توانای کارشناسان و متخصصان ایرانی در شرکت گروه مپنا ساخته شده و در سال ۱۳۹۳ هجری شمسی به بهره برداری رسیده است. بازده این مجتمع ۸۰ درصد است و با ظرفیت تولید ۵۰ مگاوات برق و شیرین سازی ۱۸۰۰۰ مترمکعب آب در روز کار می کند.



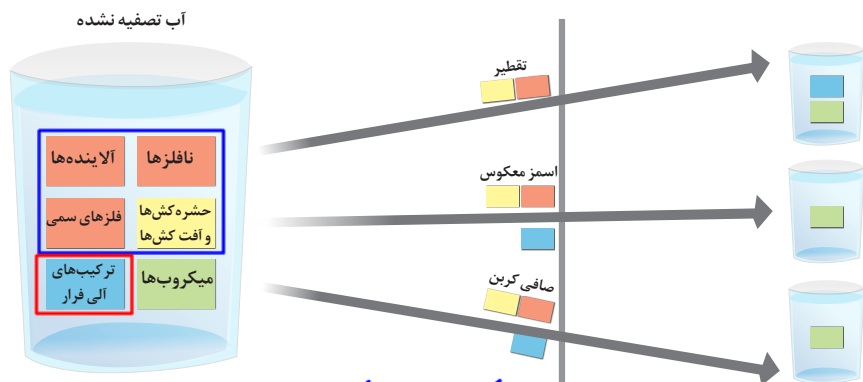
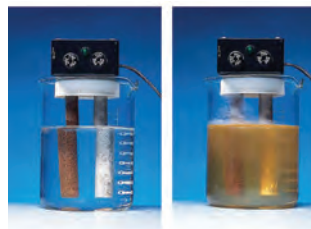
آ این روش چه نام دارد؟ **تقطیر**

ب) روند تهیه آب شیرین را در این روش توضیح دهید.

### آیا می دانید

برخی شرکتها و فروشندگان دستگاههای تصفیه آب برای نشان دادن اینکه در آب شهری، چه میزان از یونهای گوناگون وجود دارد، آزمایشی مانند شکل زیر انجام می دهند.

۲- شکل زیر برخی روشهای تصفیه یک نمونه آب را نشان می دهد، با توجه به شکل به پرسشها پاسخ دهید.



← **نافلزها - آلاینده ها - حشره کشها و آفت کشها - فلزهای سمی**

آ) با انجام تقطیر، کدام مواد موجود در آب از آن جدا می شوند؟ توضیح دهید.

ب) با عبور آب از صافی کربن، کدام آلاینده ها حذف می شوند؟ **مورد آ - ترکیبهای آلی فرار**

پ) با روش اسمز معکوس، کدام مواد را می توان از آب جدا کرد؟ **مورد ب**

ت) آب به دست آمده از کدام روشها، آلاینده کمتری دارد؟ **صافی کربن - اسمز معکوس**

ث) چرا آب تصفیه شده در این روشها را باید پیش از مصرف **کلرزنی** کرد؟

**به دست آوردن برنج میکروبها**