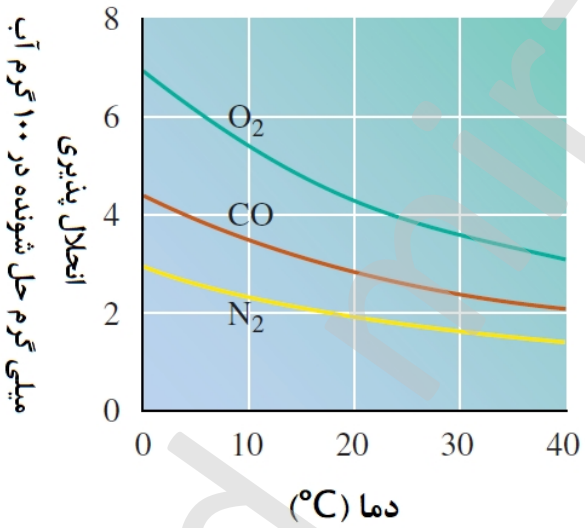
انحلال گازها در آب

انحلال پذیری گازها در آب به دما، فشار و نوع گاز بستگی دارد. این سه عامل را به ترتیب بررسی می کنیم.

اثر دما بر انحلال گازها در آب اثر دما بر انحلال پذیری گازها در آب نسبت به انحلال پذیری مواد جامد در آب بیشتر قابل پیش بینی است. گازها با افزایش دما، به مقدار کمتری در آب حل می شوند. (نمودار زیر). یک نتیجه این کاهش انحلال پذیری را در بطری نوشابه هایی که در آن ها کربن دی اکسید حل شده است، پس از آن که در دمای اتاق گرم می شوند می بینیم. طولی نمی کشد، مقدار زیادی CO_2 حل شده در آن ها خارج می شود و مزه خود را از دست می دهند. نتیجه بسیار مهم دیگر آسیب به زندگی جانداران آبزی در نتیجه کاهش غلظت اکسیژن حل شده در دریا و رودخانه هنگامی که آب گرم از کارخانه های صنعتی وارد آن ها می شود، این اثر به نام آلودگی گرمایی مشهور است.



در جدول مقابل انحلال پذیری بر حسب (g/۱۰۰ g H_2O) سه گاز در دماهای مختلف در فشار ۱ atm نشان داده شده است.

گاز \ دما (°C)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
CO_2	۰/۱۶۹	۰/۱۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸
H_2S	۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۵
Cl_2	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۳

اثر فشار بر انحلال فشار تقریبا اثری بر انحلال مایعات و جامدها ندارد اما تاثیر زیادی بر انحلال گازها دارد. در مورد انحلال پذیری گازها در آب، قانون هنری به صورت زیر بیان می شود.

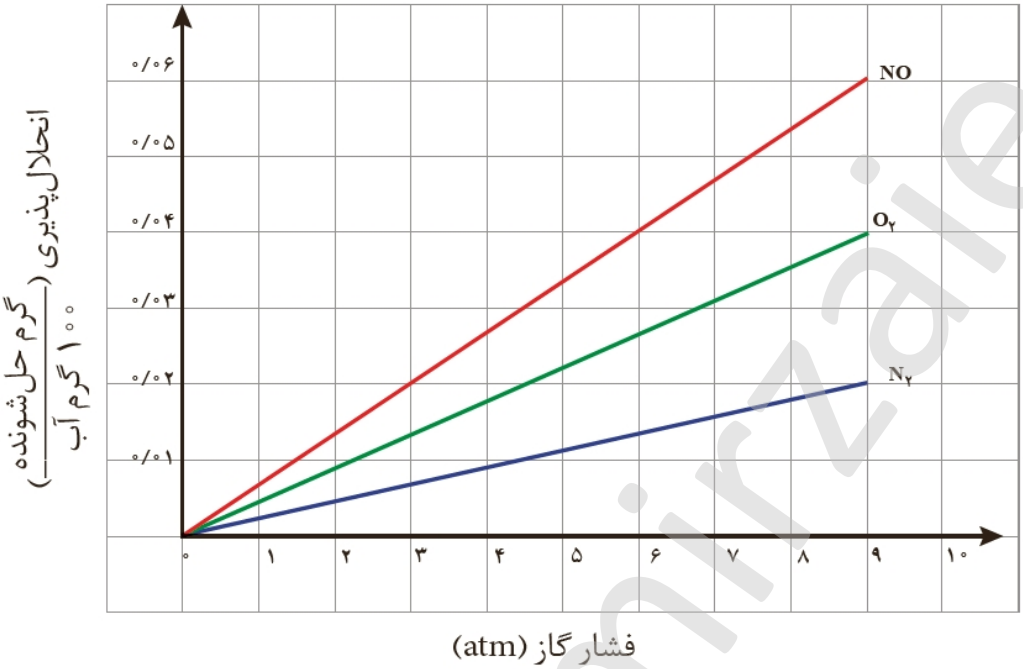
بر طبق قانون هنری، انحلال گازها در مایعات در دمای ثابت، با فشار گاز در محلول رابطه مستقیم دارد.

قانون هنری

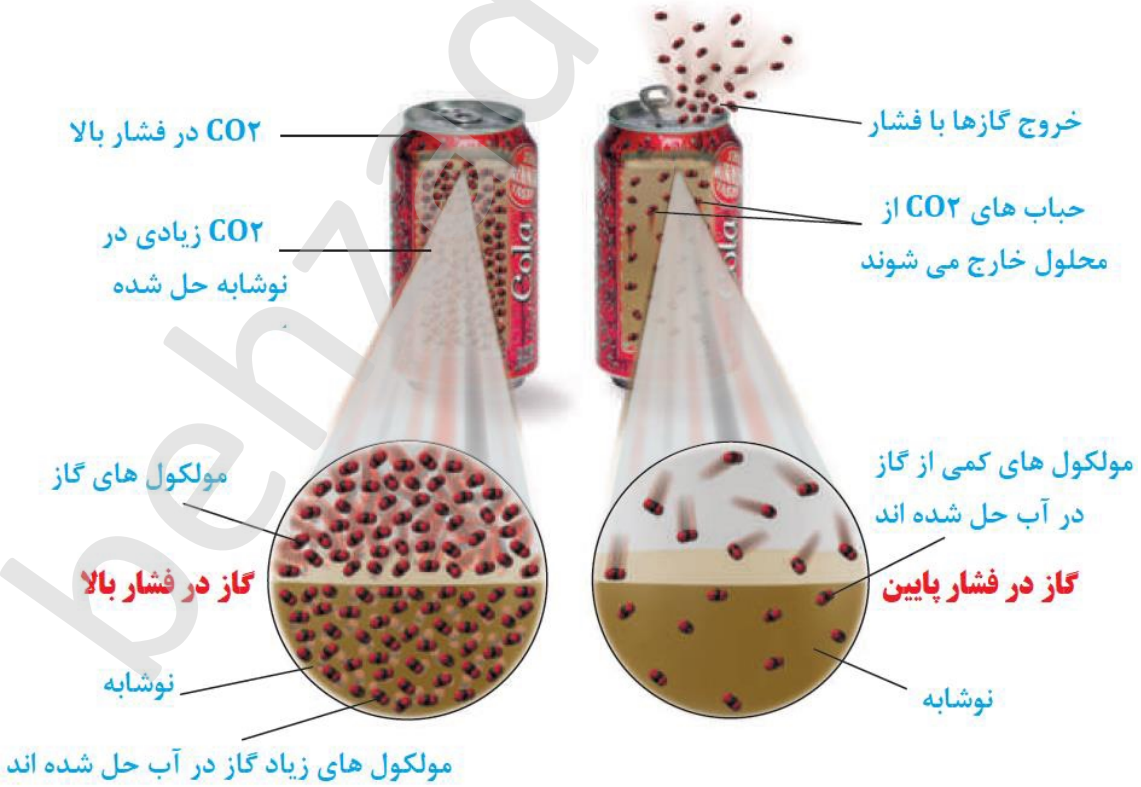
$$\text{انحلال پذیری} = k \cdot P$$

ثابت **k** در این عبارت مشخصه ویژه گاز، و **p** فشار گاز در محلول است. (در کتاب درسی شما این رابطه آورده نشده است و

نیاز نیست در باره آن مطلب اضافی بخوانید) با دو برابر شدن فشار گاز انحلال پذیری آن دو برابر می شود، با سه برابر شدن فشار گاز، انحلال پذیری آن سه برابر می شود و همچنین برای چهار برابر شدن.

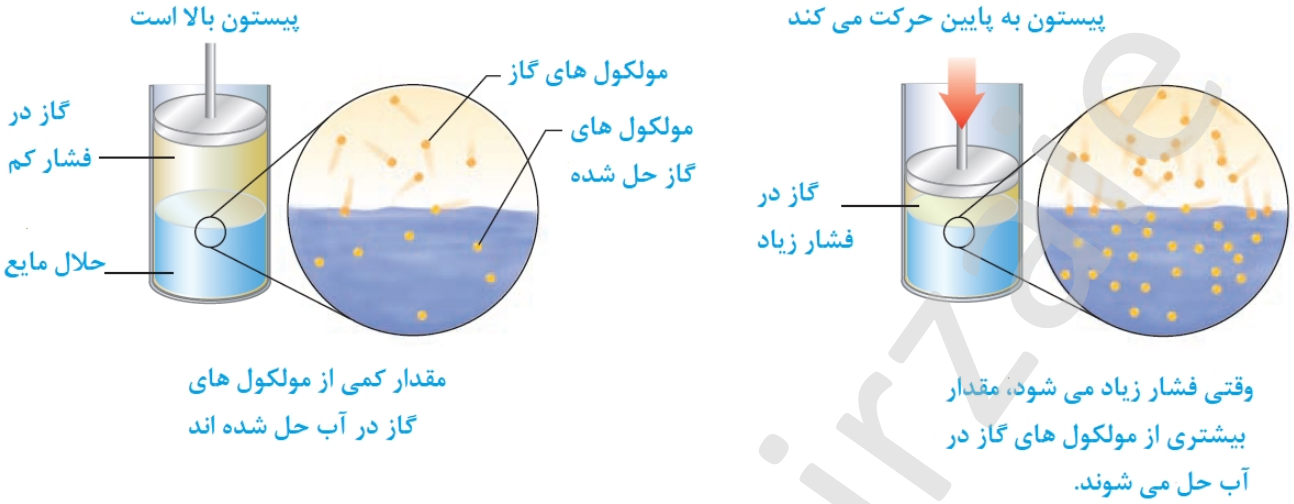


مثالی برای قانون هنری هنگامی رخ دهد که شما درب نوشابه هایی که در آن ها گاز کربن دی اکسید حل شده است را باز می کنید. حباب های گاز فورا با صدای فش فش از محلول خارج می شوند، زیرا فشار CO_2 به طور ناگهانی کاهش می یابد و CO_2 از محلول خارج می شود.



behzad mirzaie

در سطح مولکولی با زیاد شدن فشار، افزایش انحلال پذیری گاز رخ می دهد. در فشار معین، تعداد ذرات گاز وارد شده در محلول و ذرات گاز خارج شده از آن برابرند. وقتی فشار زیاد می شود، تعداد ذرات گاز که درون محلول وارد می شوند نسبت به ذراتی که از آن خارج خواهند شد بیشتر است، بنابر این انحلال پذیری گاز زیاد می شود.



انحلال گازها در آب و برهم کنش های بین مولکولی

گازها موادی هستند که برهم کنش های بین مولکولی بسیار ضعیف دارند و نقطه جوش آن ها پایین است. به دلیل ضعیف بودن نیروهای جاذبه بین مولکول های حلال (آب) و مولکول های حل شونده (گاز)، انحلال پذیری بسیاری از گازها در آب کم است. انحلال پذیری گازها در آب به برهم کنش های بین مولکول های آب و مولکول های گاز وابسته است. در این مورد قطبی یا ناقطبی بودن مولکول گاز و همچنین اندازه مولکلول های گاز تعیین کننده می باشند.

در جدول مقابل انحلال پذیری چند گاز در آب در فشار ۱ atm و دمای ۲۵°C داده شده است.

گاز	N_2	O_2	CO_2	NH_3	HCl
انحلال‌پذیری ($g/100\ g\ H_2O$)	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۹	۰/۱۴۵	۴۷/۰	۶۹/۵

مشاهده می کنید مولکول های دو اتمی ناقطبی N۲ و O۲ انحلال پذیری بسیار کمی در آب دارند. در مقابل انحلال پذیری مولکول های قطبی HCl و NH۳ در آب نسبت به مولکول های ناقطبی N۲ و O۲، بسیار زیاد است. (در مورد انحلال پذیری مولکول CO۲ در آب، در ادامه توضیح داده می شود.)

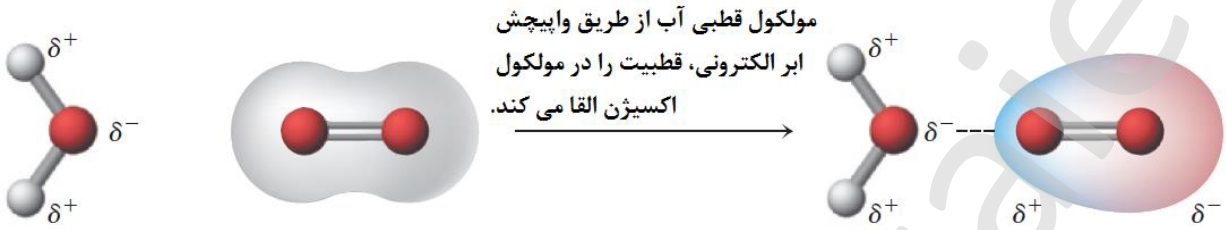
اثر قطبیت مولکول های گاز در انحلال پذیری آن در آب

گاز هیدروژن کلرید HCl، مولکول های قطبی دارد، همچنین مولکول های آب قطبی اند. بنابر این بین مولکول های H۲O و مولکول های HCl برهم کنش های دوقطبی – دوقطبی ایجاد می شود که موجب انحلال پذیری بیشتر HCl در آب خواهد شد. همچنین مولکول هایی مانند NH۳ که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول های آب را دارند، با انحلال در آب، با مولکول های آب پیوند هیدروژنی تشکیل می دهند و از این رو انحلال پذیری بیشتری در آب دارند. (در شیمی سال دوازدهم تفکیک یونی گازهایی مثل HCl و NH۳ که بر انحلال پذیری آن ها در آب اثر دارد، بررسی می شود.)

گازهای ناقطبی مانند N۲ و O۲ یا با قطبیت ضعیف مانند CO، به مقدار کم در آب حل می شوند، بین این مولکول ها و مولکول های آب برهم کنش ها از نوع دوقطبی – دو قطبی القایی (برای N۲ و O۲)، یا دوقطبی – دوقطبی ضعیف (برای

CO) است. به دلیل ضعیف بودن این نوع برهم کنش، انحلال پذیری گازهای ناقطبی یا با قطبیت ضعیف در آب کم است.

مولکول های قطبی همچون آب می توانند در مولکول هایی که دوقطبی دائمی نیستند، قطبیت را القا ویا آن ها را قطبی کنند. برای این که ببینید این پدیده چگونه رخ می دهد، تصویر یک مولکول قطبی آب که به مولکول ناقطبی مثل O۲ نزدیک می شود را مشاهده کنید.



ابر الکترونی مجزا در مولکول O۲ (در حالت گاز)، به طور متقارن بین دو اتم اکسیژن توزیع شده است. اما، وقتی سر منفی مولکول دوقطبی آب به اکسیژن نزدیک می شود، ابر الکترونی O۲ تغییر شکل می دهد. در این فرایند، مولکول های O۲ قطبی می شوند؛ در این حالت، مولکول ناقطبی O۲ به دوقطبی القایی تبدیل می شود. در نتیجه مولکول های H۲O و O۲، به یک دیگر جاذبه اعمال می کنند، اگرچه فقط یک جاذبه ضعیف است. اکسیژن می تواند در آب حل شود زیرا نیروی جاذبه بین دوقطبی دائمی آب و دوقطبی القایی O۲ ایجاد شده است.

مقدار کمی از یک گاز ناقطبی O۲ که در آب حل می شود برای حیات آبزیان اهمیت دارد. در ۲۵°C و فشار ۱ atm انحلال پذیری گاز اکسیژن O۲ در آب فقط ۳/۲ mL در ۱۰۰ میلی لیتر آب است. اما جانداران آبزی به آن نیاز دارند.

تاثیر جرم مولی بر انحلال پذیری گازها در آب

در حالت کلی، برای یک سری مواد مشابه، مثلا هالوژن ها یا مولکول های دواتمی جور هسته مانند H۲، N۲ و O۲، با افزایش جرم مولی، قطبش پذیری مولکول زیاد می شود. در واقع، حل شدن گازهای معمولی در آب اثر برهم کنش بین دوقطبی و دوقطبی القایی را نشان می دهد. با افزایش جرم مولی گاز، قطبش پذیری ابر الکترونی آن نیز زیاد می شود، قدرت برهم کنش دوقطبی – دوقطبی القایی افزایش می یابد، و انحلال پذیری در حلال قطبی زیاد می شود. (به جدول های زیر مراجعه کنید)

انحلال پذیری برخی گازها در آب		
	جرم مولی (g/mol)	انحلال پذیری در ۲۰°C (آب ۱۰۰ g/ گاز g)
H۲	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱۶۰
N۲	۲۸/۰	۰/۰۰۱۹۰
O۲	۳۲/۰	۰/۰۰۴۳۴

گرمای تبخیر و نقطه جوش برخی مواد ناقطبی		
	گرمای تبخیر استاندارد (KJ/mol)	نقطه جوش (°C) عنصر – ترکیب
N۲	۵/۵۷	-۱۹۶
O۲	۶/۸۲	-۱۸۳
CH۴	۸/۲	-۱۶۱/۵
Br۲	۲۹/۹۶	+۵۸/۸
C۶H۶	۳۰/۷	+۸۰/۱
I۲	۴۱/۹۵	+۱۸۵

گازهایی که حل شدن آن ها در آب با انجام واکنش همراه است

انحلال پذیری برخی گازهای ناقطبی در آب زیاد است، زیرا این گازها با آب واکنش می دهند. به نظر می رسد، انحلال گاز اکسیژن در خون نسبت به آب بیشتر باشد، زیرا مولکول های O_2 با هموگلوبین خون پیوند شیمیایی برقرار می کنند. همچنین، کربن دی اکسید، که برای زندگی جانداران آبزی و رشد مرجان ها اهمیت حیاتی دارد، انحلال پذیری زیادی در آب دارد. ($81\ mL$ در 100 میلی لیتر آب در $25^\circ C$ و فشار $1\ atm$). دلیل انحلال پذیری زیاد CO_2 در آب به واکنش مولکول های آن با آب مربوط است. می توان گفت، کربن دی اکسید در آب حل می شود و واکنش می دهد.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

برای گازها معمولا نقطه جوش با انحلال پذیری در آب رابطه مستقیم دارد. داشتن نقطه جوش بالا در گازها نشان می دهد که نیروی بین مولکولی قوی دارند و انحلال پذیری آن ها در آب زیاد است. و برعکس گازهایی که نقطه جوش پایین دارند در آب به مقدار کمی حل می شوند، زیرا نیروی بین مولکولی در آن ها ضعیف است. جدول زیر انحلال پذیری در آب و نقطه جوش چند گاز را نشان می دهد.

نوع گاز	انحلال پذیری ($mol.L^{-1}$) در دمای $25^\circ C$ و فشار $1\ atm$	نقطه جوش (بر حسب کلوین)
He	$4/2 \times 10^{-4}$	۴/۲
Ne	$6/6 \times 10^{-4}$	۲۷/۱
N_2	$10/4 \times 10^{-4}$	۷۷/۴
CO	$15/6 \times 10^{-4}$	۸۱/۶
O_2	$21/8 \times 10^{-4}$	۹۰/۲
NO	$32/7 \times 10^{-4}$	۱۲۱/۴

محلول های گازی تمام گازها می توانند با یک دیگر مخلوط شوند. هوا یک مثال خوب از محلول گازها است، که شامل حدود ۱۸ نوع گاز با نسبت های مختلف است.

تمرین

۱) در دمای $25^\circ C$ و فشار $2\ atm$ انحلال یک مول گاز نیتروژن در آب $11\ KJ$ گرما تولید می کند، و انحلال پذیری این گاز $6/68 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ می باشد. تعیین کنید در هر یک از حالت های زیر انحلال پذیری گاز نیتروژن بزرگ تر یا کوچکتر از $6/68 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ خواهد بود؟

آ) دمای $0^\circ C$ و فشار $2/0\ atm$ ب) دمای $25^\circ C$ و فشار $0/75\ atm$

پاسخ آ) فشار ثابت است ولی دما کاهش پیدا کرده است. انحلال پذیری گازها با کم شدن دما افزایش می یابد و انحلال پذیری گاز نیتروژن بزرگتر از $6/68 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ خواهد بود.

ب) دما ثابت است ولی فشار کاهش پیدا کرده است. انحلال پذیری گازها با کم شدن فشار کاهش می یابد، بنابر این انحلال

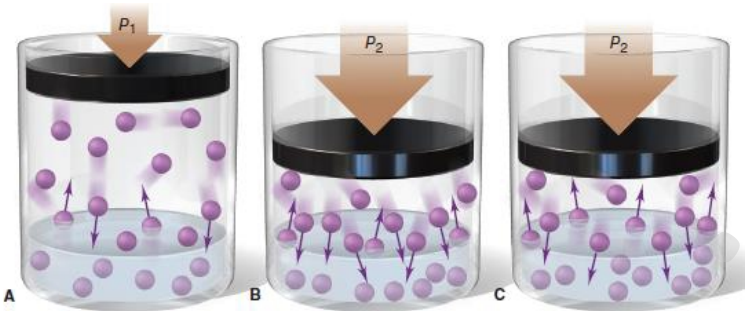
پذیری گاز نیتروژن کوچکتر از $۶/۶۸ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$ خواهد بود.

۲) توضیح دهید چرا هنگام باز کردن یک نوشابه گازدار گرم مقدار گاز بیشتری خارج می شود تا یک نوشابه سرد کـه درون یخچـال نگه داری شده است؟

۳) توضیح دهید چرا اگر درب نوشابه های گاز دار محکم بسته نشده باشد، مزه آن ها تغییر می کند؟

۴) توضیح دهید چرا انحلال پذیری مواد جامد در یک مایع با افزایش فشار تغییر چندانی ندارد؟

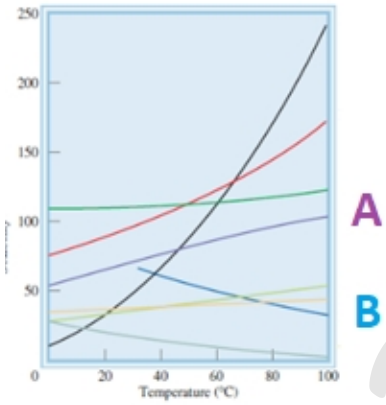
۵) شکل تاثیر عامل فشار بر انحلال پذیری گازها را نشان می دهد. (P فشار را نشان می دهد)



آ) در کدام حالت (A یا C) انحلال پذیری گاز در آب بیشتر است؟ چرا؟

ب) قانون هنری رابطه انحلال پذیری گازها در آب را بیان می کند؟ این قانون را بنویسید.

۶) کدام نمودار (A یا B) اثر دما بر انحلال پذیری گاز $O_۲(g)$ را نشان می دهد؟ چرا؟



۷) در جدول زیر انحلال پذیری چند نمونه گاز در آب بر حسب میلی مول گاز حل شونده در یک لیتر آب داده شده است.

نوع گاز	$CH_۴$	$C_۲H_۴$	$N_۲$	$O_۲$	NO	$H_۲S$	$SO_۲$
انحلال پذیری	۱/۳۰	۴/۷۰	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۹۰	۹۹/۰	۱۴۷۶/۰

آ) به نظر شما چرا انحلال پذیری $C_۲H_۴$ در آب نسبت به $CH_۴$ بیشتر است؟

ب) $N_۲$، $O_۲$ و NO جرم مولکولی نزدیک به هم دارند، دلیل بیشتر بودن انحلال پذیری NO نسبت به دو گاز دیگر چیست؟

پ) $H_۲S$ و $SO_۲$ هر دو قطبی اند، انحلال پذیری $SO_۲$ نسبت به $H_۲S$ خیلی بیشتر است. چه توجیهی برای این پدیده دارید؟

behzad mirzaie