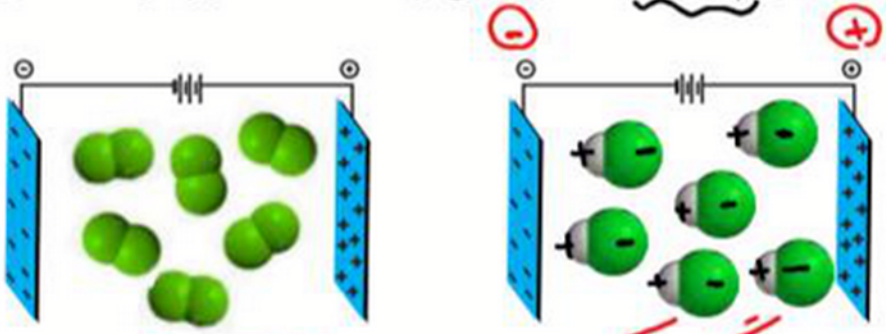
با هم بیندیشیم

۱ـ شکل زیر مولکول‌های F_2 و HCl با جرم مولی نزدیک به یکدیگر را در یک میدان الکتریکی نشان می‌دهد.



۱ـ Polar Molecules

جهت گیری کرده — قطبی — HCl

جهت گیری نکرده — ناقطبی — F_2

نقطه جوش: $F_2 < HCl$

نیروی بین مولکولی: $F_2 < HCl$

آ) کدام یک دارای مولکول‌های قطبی است؟ چرا؟ HCl، زیرا در میدان الکتریکی جهت گیری می‌کند

ب) اگر نقطهٔ جوش F_2 و HCl به ترتیب برابر با $-188^\circ C$ و $-85^\circ C$ باشد، نیروهای بین‌مولکولی در کدام‌یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید (هرچه نقطه جوش ↑ ← نیروی بین مولکولی قوی‌تر)

پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

مشابه — قطبی — ناقطبی — نقطه جوش

آ) کدام یک دارای مولکول‌های قطبی است؟ چرا؟ HCl، زیرا در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند

ب) اگر نقطهٔ جوش F_2 و HCl به ترتیب برابر با $-188^\circ C$ و $-85^\circ C$ باشد، نیروهای بین‌مولکولی در کدام‌یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید (هرچه نقطه جوش ↑ ← نیروی بین مولکولی قوی‌تر)

نقطه جوش: $F_2 < HCl$

نیروی بین مولکولی: $F_2 < HCl$

پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با جرم مولی (مشابه / متفاوت)، ماده با مولکول‌های (قطبی / ناقطبی)، نقطهٔ جوش بالاتری دارد.

(در مواد مولکولی ← نایونی)

۲ـ جرم مولی گازهای نیتروژن (N_2) و کربن مونوکسید (CO) برابر است، بر این اساس:

آ) پیش‌بینی کنید مولکول‌های دواتمی کدام گاز در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند؟ چرا؟ CO

ب) کدام یک در شرایط یکسان آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟ توضیح دهید.

N_2 ناقطبی | CO قطبی

نقطه جوش: $N_2 < CO$

جرم: $28gr = 28gr$

ناهمورهسته = قطبی

جورهسته = ناقطبی

مولکولی قطبی ← زیرا مولکول قطبی است

خود را بیازمایید

(نقطه جوش: $Cl_2 < Br_2 < I_2$)

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

	گاز	مایع	جامد
		برم	ید

Cl_2 | Br_2 | I_2

خود را بیازمایید

با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

ویژگی / ماده	Cl_2	Br_2	I_2
حالت فیزیکی (۲۵°C)	گاز	مایع	جامد
جرم مولی ($g\,mol^{-1}$)	۷۱	۱۶۰	۲۵۴

آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟

ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ توضیح دهید.

پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش/کاهش جرم مولی، دمای جوش افزایش/کاهش می‌یابد.

به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازندهٔ یک ماده، **نیروهای بین مولکولی**[1] می‌گویند؛ نیروهایی که ذره‌های سازندهٔ گاز به یکدیگر وارد می‌کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد به حالت مایع و جامد را در کنار یکدیگر نگه

نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

نیروهای بین‌مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند. اما برهم‌کنش مولکول‌ها در مایع‌ها بیشتر است و در جامدها، برهم‌کنش‌ها میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن

آ) آیا مولکول‌های سازندهٔ این مواد در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟ چرا؟

ب) نیروهای بین مولکولی در کدام یگ قوی‌تر است؟ توضیح دهید.

پ) جملهٔ زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست، کامل کنید.

در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش/کاهش جرم مولی، دمای جوش افزایش/کاهش می‌یابد.

• به برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازندهٔ یک ماده، **نیروهای بین مولکولی**[1] می‌گویند؛ نیروهایی که ذره‌های سازندهٔ گاز به یکدیگر وارد می‌کنند یا نیروهایی که مولکول‌های مواد به حالت مایع و جامد را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند.

نیروهای بین مولکولی آب، فراتر از انتظار

نیروهای بین‌مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها، دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند. اما برهم‌کنش مولکول‌ها در مایع‌ها بیشتر است و در جامدها، برهم‌کنش‌ها میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد. از این رو در شرایط یکسان، نیروهای بین‌مولکولی در حالت جامد قوی‌تر از حالت مایع و آن هم به مراتب قوی‌تر از حالت گازی است. البته باید توجه داشت که نیروهای بین‌مولکولی به‌طور عمده به میزان قطبی بودن مولکول‌ها و جرم آن‌ها وابسته است.

1- Intermolecular Forces

مولکول با اسم خاص:

CH_4 → متان

NH_3 → آمونیاک

H_2O → آب

H_2S → هیدروژن سولفید

خمیده

قطبی

خمیده

قطبی

ساختار لوویس ⇐

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

جدول ۲ـ مقایسهٔ برخی ویژگی‌های آب با هیدروژن سولفید (فشار = ۱ atm)

شرایط استاندارد

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی ($gmol^{-1}$)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	نقطهٔ جوش (°C)
آب	H_2O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰
هیدروژن سولفید	H_2S		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰

تقریباً دو برابر

اختلاف ۱۶۰°C

اکسیژن دی هیدرید

گوگرد دی هیدرید

نکته: مولکول آب برخلاف H_2S توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارد ⇐ نقطه جوش بالاتر است

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 به‌طوری که تفاوتی برابر با ۱۶۰°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؟

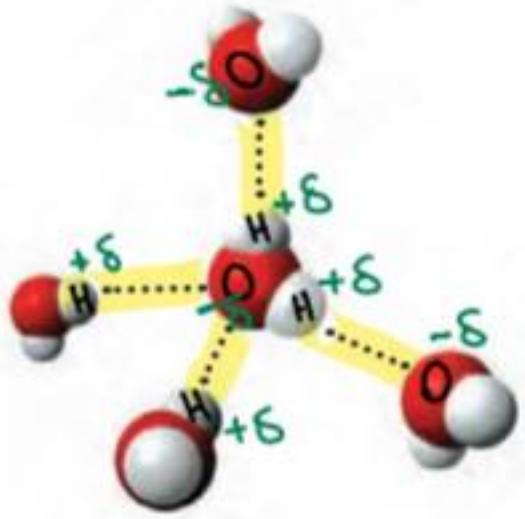
با جهت‌گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی آشنا شدید. این ویژگی مبنای اندازه‌گیری کمیتی به نام **گشتاور دوقطبی**[۱] است؛ کمیتی تجربی که با افزایش میزان قطبیت

مولکول

● گشتاور دوقطبی (μ) مولکول‌ها را

Activate Wi
Go to Settings t

اندازه‌گیری کمیتی به نام **گشتاور دوقطبی**[1] است؛ کمیتی تجربی که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد. برای نمونه گشتاور دوقطبی مولکول‌هایی مانند O_2، CO_2 و CH_4 برابر با صفر است (چرا؟)، در حالی که گشتاور دوقطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر با ۱/۸۵D و ۰/۹۷D است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن‌سولفید است. از این رو نیروهای جاذبه میان مولکول‌های H_2O به اندازه‌ای قوی است که در شرایط اتاق می‌تواند این مولکول‌ها را کنار یکدیگر نگه دارد و آب به حالت مایع باشد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷ـ پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های H_2O

• گشتاور دوقطبی (μ) مولکول‌ها را با یکای دبای (D) گزارش می‌کنند.

μ
μ=۰ یا M=۰ → مولکول ناقطبی
M>۰ → مولکول قطبی

مولکول ناقطبی

آب ۴ پیوند هیدروژنی می‌تواند تشکیل دهد.

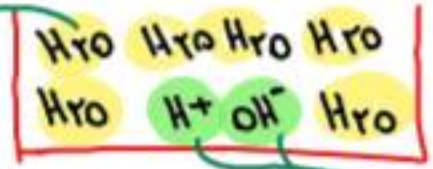
در تعیین نقطه جوش:
$H_2O > H_2S$
اولویت اول ← داشتن پیوند هیدروژنی
اولویت دوم ← داشتن جرم بیشتر
$I_2 > Cl_2$

* هرچه گشتاور دوقطبی در مولکول‌های قطبی بیشتر باشد ← قطبیت مولکول بیشتر است

$H_2O \Rightarrow 1/85D$
$H_2S \Rightarrow 0/97D$

۱۰۶ ← قطبیت H_2O بیشتر از H_2S است و نیروی بین مولکولی H_2O نیز بیشتر از H_2S است

۱ـ Dipole Moment



مولکول

جذب می کند

نتیجه: آب رسانایی کمی دارد.

یون

از آنجا که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، در یک نمونه آب که دارای شمار بسیاری مولکول H_2O است، سرمثبت هر مولکول، سرمنفی مولکول همسایه را جذب می کند. از این رو در مجموعه‌ای از مولکول‌های آب، هر اتم هیدروژن با یک نیروی جاذبهٔ قوی از سوی اتم اکسیژن درمولکول همسایه جذب می‌شود. این نیروهای جاذبه قوی میان مولکول‌های آب که در آن هیدروژن نقش کلیدی ایفا می کند، **پیوندهای هیدروژنی**[1] نامیده می‌شود.

نه پیوند

آیا تنها میان مولکول‌های H_2O پیوند هیدروژنی وجود دارد؟ یا اینکه مولکول‌های دیگر نیز می‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند؟

(هر مولکولی که در ساختار خود H متصل به O یا N یا F دارد)

با هم بیندیشیم ..... (نوعی نیروی قوی بین مولکولی است)

۱ـ دو جدول‌زیر برخی خواص ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه ۱۵ و ۱۷ جدول دوره‌ای را نشان می‌دهند.

• به جز پیوندهای هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین‌مولکولی، **نیروهای وان‌درووالس**[2] می گویند.

آیا می‌دانید

میان مولکول‌های HF به حالت مایع پیوندهای هیدروژنی وجود دارد. این نیروها به اندازه‌ای قوی هستند که مولکول‌های این ماده در حالت بخار نیز به‌صورت مجموعه‌های دوتایی،

نیروی بین مولکولی ← بین مولکول ها برقرار می شود

واندروالسی

(نیروی بین دو مولکول ناقطبی)

ناقطبی ناقطبی

$CH_4 \cdots CO_2$

ناقطبی ناقطبی

$O_2 \cdots Cl_2$

مولکول‌های ناقطبی

$C_4H_{12} \cdots C_4H_{12}$

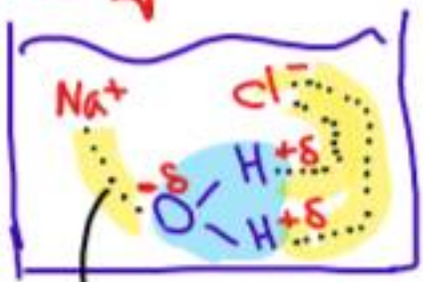
$C_4H_{12} \cdots C_4H_{12}$

$C_4H_{12} \cdots C_4H_{12}$

یون - دوقطبی

(نیروی بین یک یون و یک مولکول قطبی)

NaCl



یون - دوقطبی

$Na^+ \cdots OH_2$

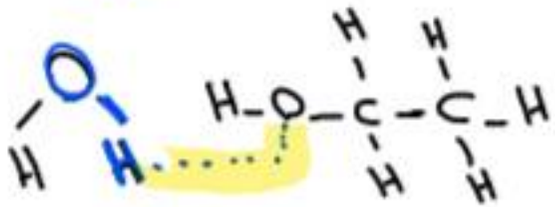
$Cl^- \cdots H_2O$

پیوند هیدروژنی

O یا N یا $F \cdots H - F$ یا O یا N

پیوند هیدروژنی

پیوند کووالانسی



* در هر مولکولی O به H یا F یا H به N متصل بود آن مولکول توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را دارد.