

# APOSTILA

## CURSO PREPARATÓRIO



eutenhofoco.com.br



Prof.ª INAJARA OSÓRIO

 inajaraosorio

DESDE 2011  
Transformando sonhos  
em realidade!

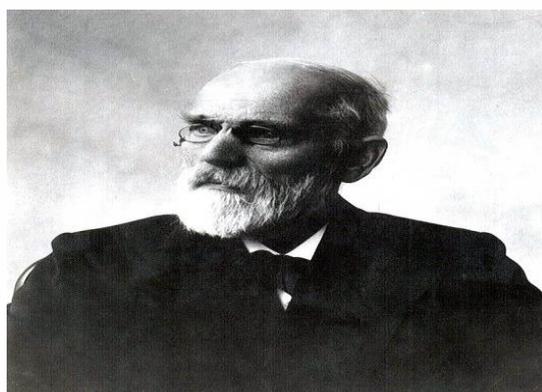


# QUÍMICA 02

## FORÇAS INTERMOLECULARES

No nosso cotidiano, vemos várias substâncias com diversas propriedades diferentes, tais como, os estados físicos, os pontos de fusão e de ebulição, a solubilidade e assim por diante. Em grande parte, essas diferenças de propriedades que observamos nas substâncias devem-se às diferentes interações e atrações que se estabelecem entre as suas moléculas.

Esses tipos de interações foram bastante estudados pelo físico holandês Johannes Diederik Van der Waals (1837-1923) e, em sua homenagem, elas passaram a ser chamadas de **Forças de Van der Waals**. São também bastante chamadas de **Forças Intermoleculares**.

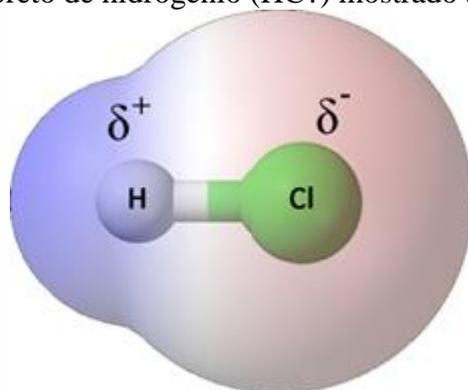


Johannes Diederik Van der Waals (1837-1923) Van der Waals

Existem três tipos de forças intermoleculares, que são: **dipolo permanente, dipolo induzido e ligações de hidrogênio** (antigamente chamada de pontes de hidrogênio). Veja cada uma:

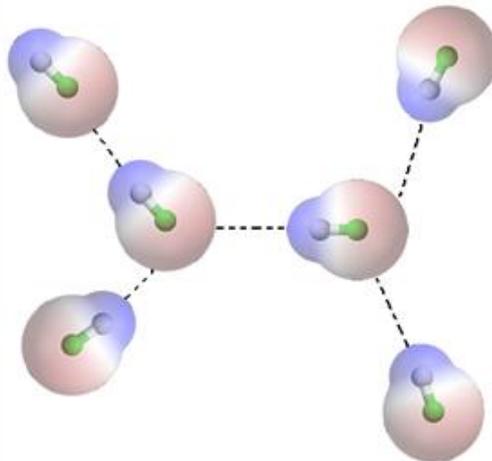
• **Força de dipolo permanente:**

Ocorre somente em moléculas polares, em que os elétrons estão distribuídos de forma assimétrica, ou seja, uma parte da molécula possui maior densidade eletrônica. No caso de moléculas diatômicas, o elemento mais eletronegativo atrai os elétrons da ligação e força um dipolo elétrico, como ocorre com o cloreto de hidrogênio (HCl) mostrado abaixo:



Molécula polar de cloreto de hidrogênio

Em moléculas assim, a parte positiva atrai a parte negativa de outra molécula e assim sucessivamente.



Força de dipolo permanente entre moléculas de cloreto de hidrogênio

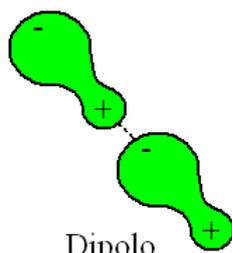
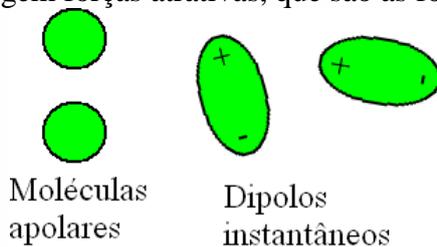
Essa é a força de dipolo permanente que possui intensidade média (é mais intensa que a força de dipolo induzido, mas é menos intensa que a força da ligação de hidrogênio).

• **Força de dipolo induzido (forças de London):**

Ocorre em moléculas polares e apolares (que são aquelas em que os elétrons estão distribuídos uniformemente, não havendo um dipolo elétrico na molécula).

No entanto, quando essas moléculas (ou átomos, como no caso dos gases nobres) aproximam-se, pode acontecer que ocorram deformações nas nuvens de elétrons, pois há atrações e repulsões entre os elétrons e os núcleos dos átomos. Essa deformação é apenas temporária, mas forma regiões do átomo ou da molécula que ficam com maior quantidade de elétrons, ou seja, são formados dipolos instantâneos.

Ao se aproximar de outras moléculas, esse dipolo instantâneo pode induzir a molécula vizinha a também se polarizar e assim surgem forças atrativas, que são as forças de dipolo induzido.

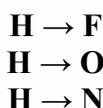


Atração intermolecular do tipo dipolo induzido

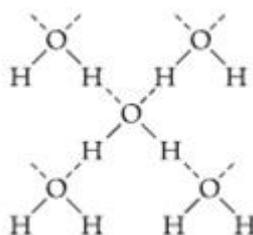
A força de dipolo induzido é a de menor intensidade e é também chamada de **Força de London**. As forças intermoleculares existentes entre moléculas apolares foram explicadas e relacionadas com o movimento dos elétrons pelo cientista: Fritz Wolfgang London (1900-1954).

### • Ligações de Hidrogênio:

Essa é a força intermolecular **mais intensa** e é uma atração que **ocorre entre o hidrogênio e átomos de flúor, oxigênio e nitrogênio**.



É esse tipo de força intermolecular que ocorre, por exemplo, entre as moléculas de água. Tais moléculas são polares, sendo que o oxigênio possui carga parcial negativa ( $\delta^-$ ) e os hidrogênios possuem carga parcial positiva ( $\delta^+$ ). Assim, acontece que um hidrogênio de uma molécula de água é atraído pelo oxigênio de outra molécula de água e assim por diante, formando ligações de hidrogênio.



Ligações de hidrogênio da água

## GEOMETRIA MOLECULAR

As substâncias ao nosso redor possuem propriedades e utilizações totalmente diversificadas. Vários fatores interferem nessas propriedades, sendo que as quatro principais são o tipo de ligação química realizado pelos átomos dos elementos que as compõem, o tipo de força intermolecular, a polaridade e a geometria molecular.

Por exemplo, a geometria molecular pode determinar se uma molécula é polar ou não e, por isso, influenciar no seu ponto de fusão, ponto de ebulição, solubilidade e assim por diante. É o caso da água, que, em razão do fato de possuir uma geometria angular, torna-se uma molécula polar, e somente substâncias polares podem se dissolver nela.

Falaremos aqui desta última, sendo que a forma com que os núcleos dos átomos de uma molécula estão dispostos no espaço faz com que ela adquira uma geometria ou uma disposição espacial específica. Atualmente existem várias técnicas para se descobrir a geometria da molécula, como a observação dos seus cristais, o uso de difração de raios X e a microscopia eletrônica. Existem também várias teorias e modelos para explicar e nos ajudar a determinar a geometria molecular, tais como a interpenetração de orbitais, a hibridização e a teoria da repulsão dos pares eletrônicos, também conhecida como teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência.

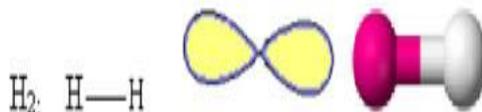
Essa teoria é aplicada para moléculas que possuem um átomo central rodeado ou ligado por vários outros átomos. Ela está baseada no fato de que os pares eletrônicos ao redor do átomo, quer estejam participando de uma ligação, quer não, comportam-se como nuvens eletrônicas (simbolizadas por “balões”). Essas nuvens eletrônicas repelem-se, ficando orientadas em um ângulo mais distante possível.

Portanto, as nuvens eletrônicas podem representar:

Uma nuvem eletrônica pode corresponder a:	
uma ligação simples: —	 1 nuvem eletrônica
uma ligação dupla: =	
uma ligação tripla: ≡	
um par de elétrons não-ligantes: ••	

Possibilidades de correspondência de uma nuvem eletrônica

Segundo essa teoria, todas as moléculas diatômicas, isto é, formadas apenas por dois átomos, possuem geometria linear, pois não possuem átomo central e a maior distância possível que os átomos podem ficar um do outro é de um ângulo de 180°:



Geometria linear para molécula de hidrogênio

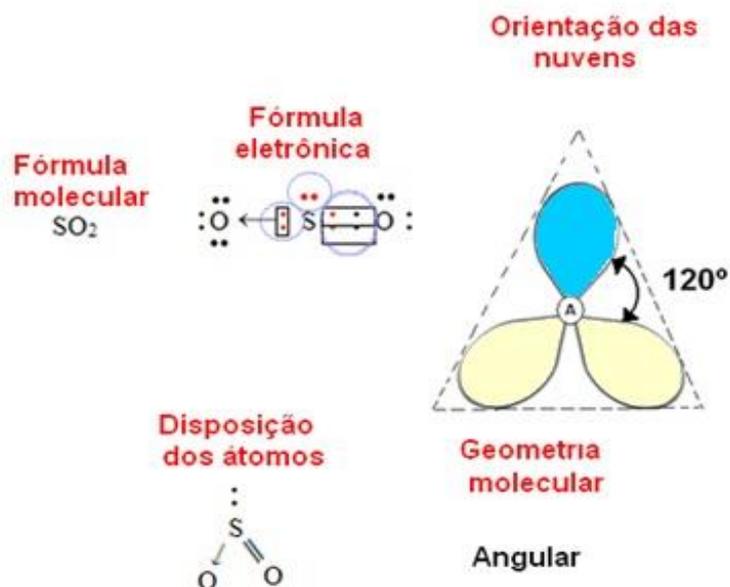
Veja os demais exemplos a seguir:

- Molécula com três átomos: Pode ser geometria linear ou angular.
  - Linear: Quando o átomo central não possui par de elétrons emparelhados disponível.



Geometria linear para molécula com três átomos

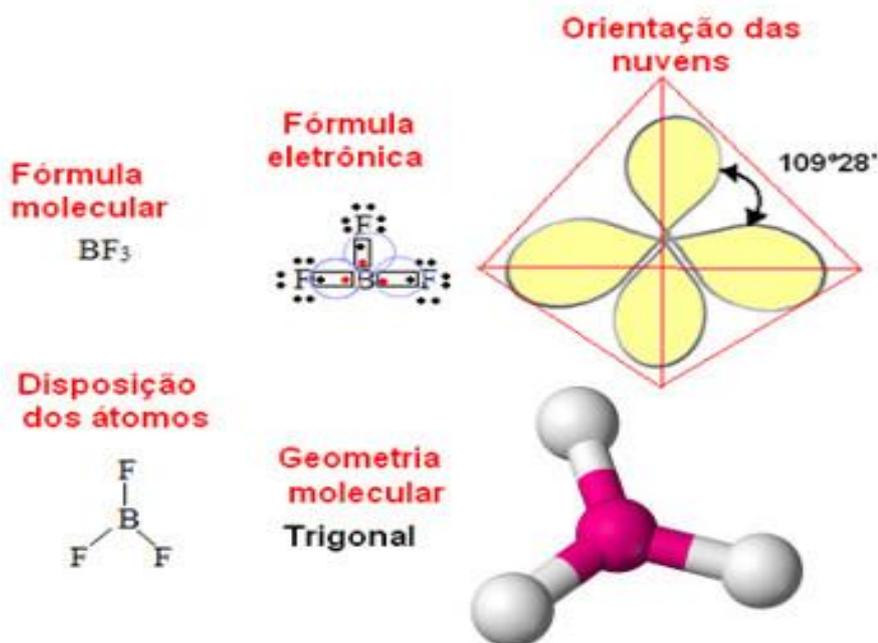
1.2. Angular: Quando o átomo central possui par de elétrons emparelhados disponível. Exemplo:  $\text{SO}_2$



Geometria angular para molécula com três átomos

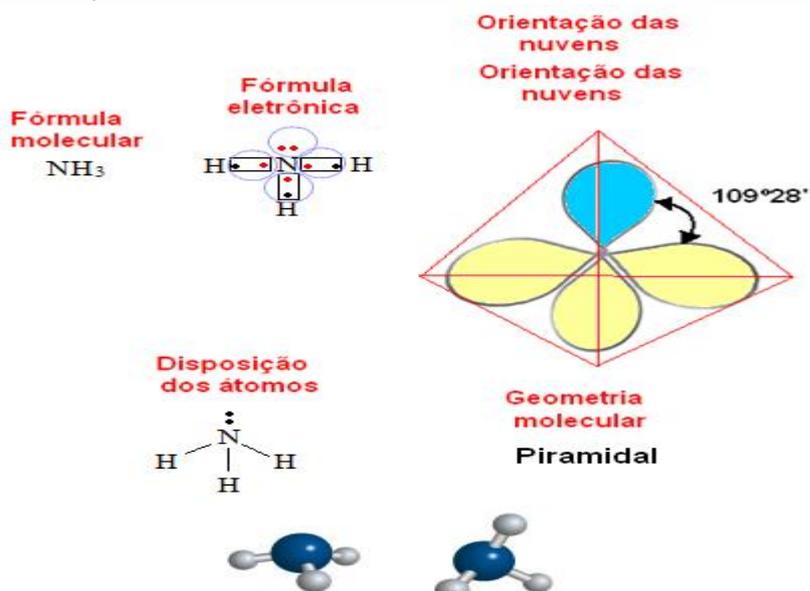
2. Molécula com quatro átomos:

2.1. Trigonal plana ou triangular: Quando o átomo central não possui par de elétrons emparelhados disponível: Exemplo:  $\text{SO}_3$



Geometria triangular ou trigonal plana para molécula com quatro átomos

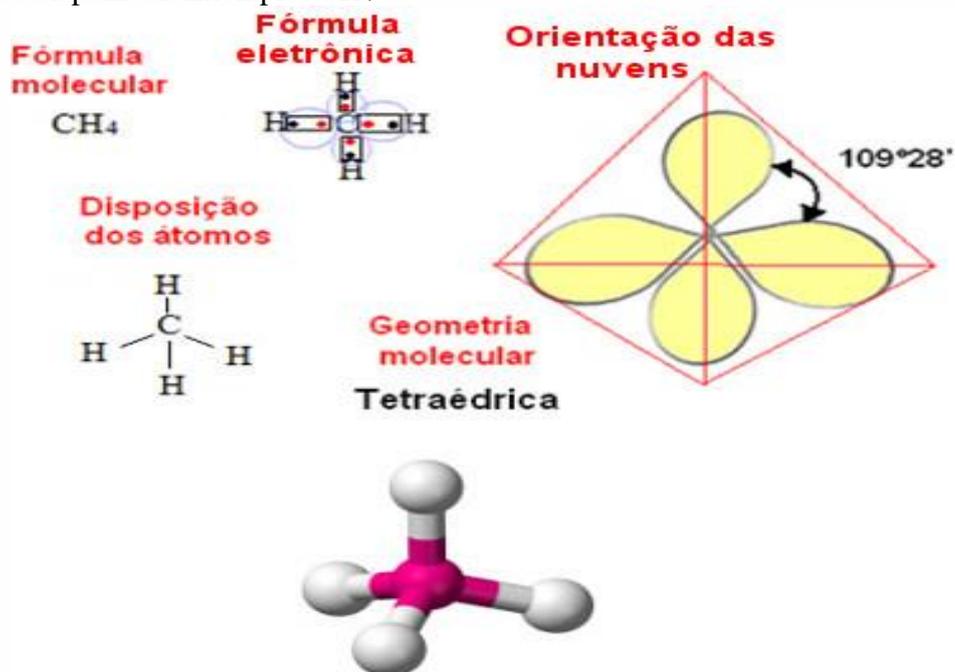
2.2. Piramidal ou pirâmide trigonal: Quando o átomo central possui par de elétrons emparelhados disponível. Exemplo:  $\text{NH}_3$



Geometria piramidal ou pirâmide trigonal para molécula com quatro átomos

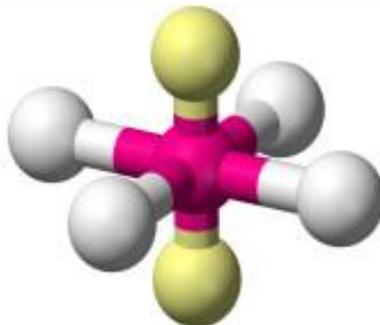
3. Molécula com cinco átomos:

3.1. Tetraédrica com ângulo de  $109^\circ 28'$ : Quando o átomo central não possui par de elétrons emparelhados disponível. Exemplo:  $\text{CH}_4$



Geometria tetraédrica para molécula com cinco átomos

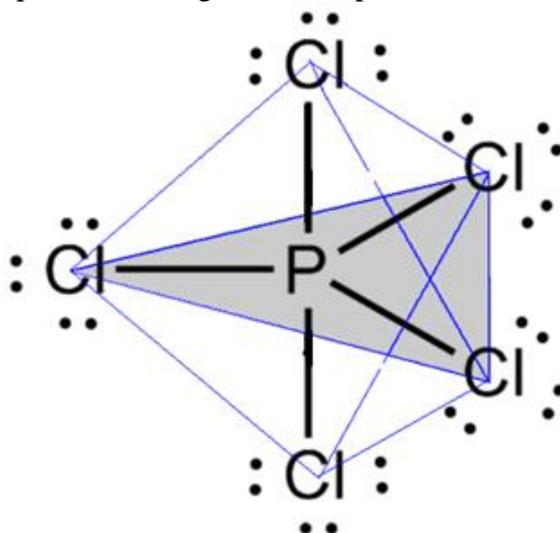
3.2. Quadrado Planar: Quando o átomo central não possui par de elétrons emparelhados disponível.  
 Exemplo:  $\text{ICl}_4^-$



Geometria quadrado planar para molécula com cinco átomos

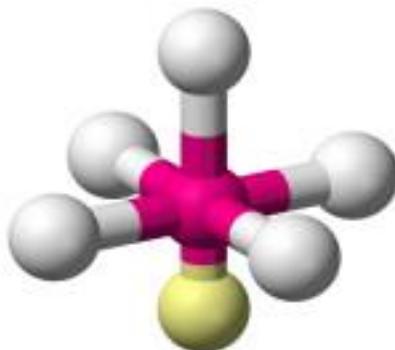
4. Molécula com seis átomos:

4.1. Bipirâmide trigonal ou Bipirâmide triangular. Exemplo:  $\text{PCl}_5$



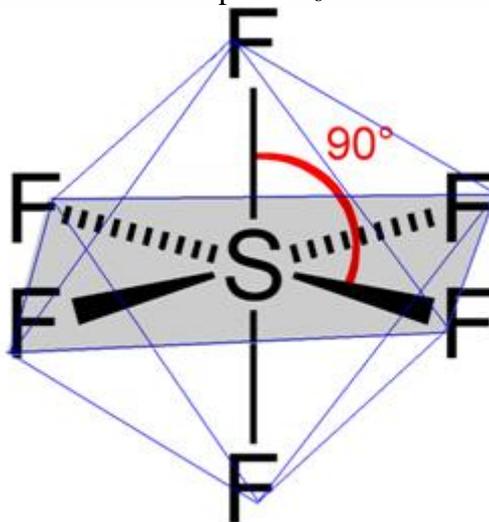
Geometria Bipirâmide trigonal ou bipirâmide triangular para molécula com seis átomos

4.2. Pirâmide Quadrada: Exemplo:  $\text{IF}_5$



Geometria Pirâmide Quadrada para molécula com seis átomos

5. Molécula com sete átomos: Octaédrica. Exemplo: SF<sub>6</sub>



### POLARIDADE

A **polaridade das moléculas** é um tópico importante no estudo da Química, pois nos ajuda a entender como as moléculas de uma ou mais substâncias interagem, o que pode determinar a solubilidade ou o ponto de fusão e ebulição dessas substâncias.

A partir da análise da **polaridade das moléculas**, por exemplo, podemos explicar o fato de encontrarmos a substância dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no estado gasoso, à temperatura ambiente, e a água (H<sub>2</sub>O) no estado líquido. Outra importância de analisar a **polaridade das moléculas** é entender por que a água apresenta uma grande facilidade em dissolver o ácido clorídrico HCl, enquanto o mesmo não ocorre com o dióxido de carbono.

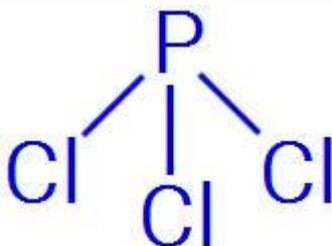
A **polaridade das moléculas** está relacionada com o fato de o composto apresentar ou não áreas com cargas diferentes (positiva e negativa). As moléculas com polos são denominadas polares, e as que não os apresentam são as apolares.

Para determinar a **polaridade das moléculas**, é importante conhecer os seguintes aspectos:

- Diferença de eletronegatividade entre os átomos;
- Geometria da molécula: indica o posicionamento dos átomos na molécula;
- Vetor momento dipolar: seta que indica o sentido da atração dos elétrons na ligação.

## DETERMINAÇÃO DA POLARIDADE POR MEIO DO VETOR MOMENTO DIPOLAR RESULTANTE

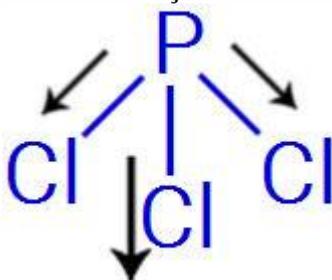
**1º Exemplo:** determinar a polaridade na molécula de tricloreto de fósforo ( $\text{PCl}_3$ ).



Fórmula estrutural do  $\text{PCl}_3$

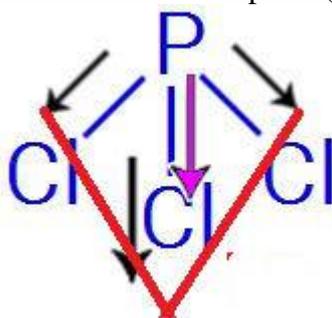
A molécula de tricloreto de fósforo apresenta geometria piramidal, na qual há dois átomos de cloro nas diagonais inferiores e um átomo de cloro na região inferior.

O átomo de cloro é mais eletronegativo do que o átomo de fósforo, logo, nessa molécula, três vetores momento dipolar saem do fósforo em direção aos átomos de cloro.



Vetores momento dipolar na molécula do  $\text{PCl}_3$

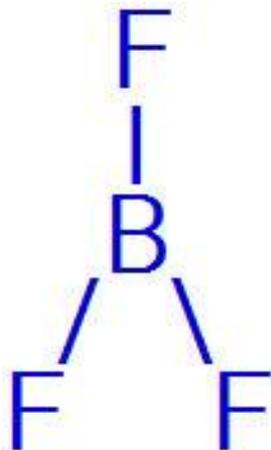
Como existem dois vetores diagonais, é necessário realizar a sua decomposição utilizando a regra do paralelogramo, na qual forma-se essa figura geométrica a partir dos dois vetores (unindo suas pontas). Dessa forma, surge um único vetor momento dipolar (seta rosa).



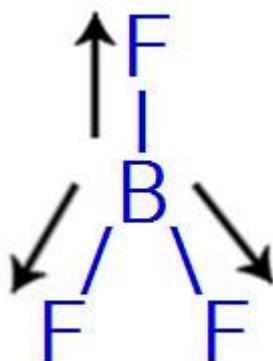
Decomposição dos vetores diagonais na molécula do  $\text{PCl}_3$

Após essa decomposição, fica evidente que a molécula do  $\text{PCl}_3$  possui, na realidade, dois vetores para baixo que, ao serem somados (por terem mesma direção e sentido), fornecem um vetor momento dipolar resultante diferente de 0. Assim, trata-se de uma **molécula polar**.

2º Exemplo: determinar a polaridade na molécula de trifluoreto de boro ( $\text{BF}_3$ ).

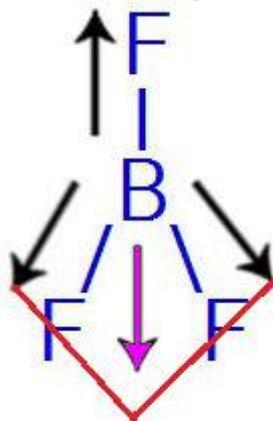


Fórmula estrutural do  $\text{BF}_3$



Vetores momento dipolar na estruturado  $\text{BF}_3$

Como existem dois vetores diagonais, também será necessário realizar a sua decomposição utilizando a regra do paralelogramo. Dessa forma, surge um único vetor momento dipolar.



Decomposição dos vetores diagonais na molécula do  $\text{BF}_3$

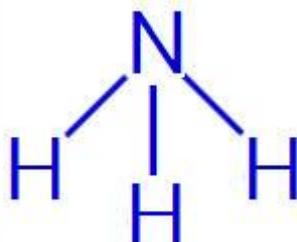
Após a decomposição, fica evidente que a molécula do  $\text{BF}_3$  possui, na realidade, dois vetores, um para baixo e um para cima, os quais serão anulados por terem mesma direção e sentido opostos. Assim, o vetor momento dipolar resultante dessa molécula é igual a 0, ou seja, trata-se de uma **molécula apolar**.

## DETERMINAR A POLARIDADE A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE NUVENS ELETRÔNICAS E LIGANTES

Nessa forma de determinar a polaridade das moléculas, comparamos o número de nuvens presentes no átomo central com o número de ligantes, que estão ligados a ele:

- Se o número de ligantes iguais for igual ao número de nuvens no átomo central, a molécula é apolar;
- Se o número de ligantes iguais for diferente do número de nuvens no átomo central, a molécula é polar.

**1º Exemplo:** determinar a polaridade na molécula de amônia ( $\text{NH}_3$ ).



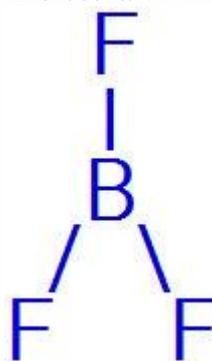
Fórmula estrutural da amônia

A amônia é uma molécula que apresenta geometria piramidal e possui três átomos de hidrogênio ligados ao átomo central por meio de ligações sigma (já que o hidrogênio só realiza uma ligação), nas quais há um elétron de cada um dos átomos envolvidos.

Entretanto, o átomo de nitrogênio pertence à família VA, portanto, apresenta cinco elétrons na camada de valência, dos quais três estão sendo utilizados nas ligações sigma, sobrando, então, um par de elétrons, ou seja, uma nuvem eletrônica.

Por essa razão, a amônia apresenta três ligantes iguais (os hidrogênios) e quatro nuvens eletrônicas (três ligações sigma e uma nuvem que sobra no nitrogênio), o que configura uma molécula polar.

**2º Exemplo:** determinar a polaridade na molécula de trifluoreto de boro ( $\text{BF}_3$ ).



Fórmula estrutural do trifluoreto de boro ( $\text{BF}_3$ )

O trifluoreto de boro é uma molécula que apresenta geometria trigonal e possui três átomos de flúor ligados ao átomo central por meio de ligações sigma (já que o flúor só realiza uma ligação), nas quais há um elétron de cada um dos átomos envolvidos.

Porém, o átomo de boro pertence à família IIIA e, por essa razão, apresenta três elétrons na camada de valência, os quais são todos utilizados nas ligações, não sobrando, então, nenhum elétron.

Portanto, o trifluoreto de boro apresenta três ligantes iguais (os átomos de flúor) e três nuvens eletrônicas, caracterizando uma molécula apolar.

### RELAÇÃO ENTRE POLARIDADE E SOLUBILIDADE

As moléculas que apresentam a mesma característica com relação à polaridade têm a tendência de dissolverem-se, o que significa que semelhante dissolve semelhante:

- Composto polar dissolve outro composto polar;
- Composto apolar dissolve outro composto apolar.

### RELAÇÃO ENTRE POLARIDADE E FORÇAS INTERMOLECULARES

De acordo com a característica polar da molécula, ela interage com suas moléculas, ou com as moléculas de outras substâncias, por meio de diferentes forças intermoleculares:

- Dipolo induzido: ocorre entre moléculas apolares;
- Dipolo permanente: ocorre entre moléculas polares;
- Ligação de hidrogênio: ocorre entre moléculas apolares.

Além disso, quanto maior a intensidade da força intermolecular, maior será o ponto de fusão e o ponto de ebulição, fato que influi diretamente no estado físico em que podemos encontrar uma substância.

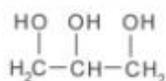
## EXERCÍCIOS DE AULA

**01)** O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).

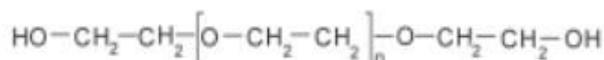
No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

- A) Ligações dissulfeto.
- B) Ligações covalentes.
- C) Ligações de hidrogênio.
- D) Interações dipolo induzido - dipolo induzido.
- E) Interações dipolo permanente - dipolo permanente.

02) A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



glicerina



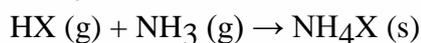
polietilenoglicol

Disponível em: <http://www.brasilescola.com>. Acesso em: 23 abr. 2010 (adaptado).

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

- A) ligações iônicas.
- B) forças de London.
- C) ligações covalentes.
- D) forças dipolo-dipolo.
- E) ligações de hidrogênio.

03) Partículas microscópicas existentes na atmosfera funcionam como núcleos de condensação de vapor de água que, sob condições adequadas de temperatura e pressão, propiciam a formação das nuvens e conseqüentemente das chuvas. No ar atmosférico, tais partículas são formadas pela reação de ácidos (HX com a base  $\text{NH}_3$ , de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio ( $\text{NH}_4\text{X}$ ), de acordo com a equação química genérica:



FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Fatores ambientais que afetam a precipitação úmida. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005 (adaptado).

A fixação de moléculas de vapor de água pelos núcleos de condensação ocorre por

- A) ligações iônicas.
- B) interações dipolo-dipolo.
- C) interações dipolo-dipolo induzido.
- D) interações íon-dipolo.
- E) ligações covalentes.

## EXERCÍCIOS DE REVISÃO

01) A seguir temos quatro substâncias representadas por suas moléculas:

1. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>
2. H<sub>3</sub>C – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – OH
3. H<sub>2</sub>C – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub>  
 $\begin{array}{ccc} | & & | \\ \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$
4. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

No estado líquido, os tipos de forças intermoleculares que existem em cada uma dessas substâncias são, respectivamente:

- a) dipolo induzido, ligação de hidrogênio, dipolo-dipolo, dipolo induzido
- b) dipolo induzido, ligação de hidrogênio, ligação de hidrogênio, dipolo induzido
- c) dipolo induzido, ligação de hidrogênio, dipolo induzido, dipolo-dipolo
- d) ligação de hidrogênio, dipolo-dipolo, dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio
- e) todas são ligações de hidrogênio

02) O dióxido de carbono, presente na atmosfera e nos extintores de incêndio, apresenta ligação entre os seus átomos do tipo..... e suas moléculas estão unidas por ..... .

Os espaços acima são corretamente preenchidos pela alternativa:

- a) covalente apolar - forças de Van der Waals
- b) covalente apolar - atração dipolo induzido-dipolo induzido
- c) covalente polar - ligações de hidrogênio
- d) covalente polar - forças de Van der Waals
- e) covalente polar - atração dipolo-dipolo

03) Compostos HF, NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O apresentam elevados pontos de fusão e de ebulição quando comparados a H<sub>2</sub>S e HCl, por exemplo, devido:

- a) às forças de van der Waals;
- b) às forças de London;
- c) às ligações de hidrogênio;
- d) às interações eletrostáticas;
- e) às ligações iônicas.

04) O gás presente nas bebidas gaseificadas é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O aumento da pressão e o abaixamento da temperatura facilitam a dissolução do dióxido de carbono em água. Que tipo de interação intermolecular ocorre entre as moléculas de dióxido de carbono, entre as moléculas de água e entre as moléculas de dióxido de carbono e água, respectivamente?

- a) Nos três casos ocorrem interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido.
- b) dipolo induzido-dipolo induzido, ligações de hidrogênio, dipolo-dipolo induzido.
- c) ligações de hidrogênio, ligações de hidrogênio, dipolo induzido-dipolo induzido.
- d) ligações de hidrogênio, dipolo induzido-dipolo induzido, dipolo-dipolo induzido.
- e) dipolo induzido-dipolo induzido, ligações de hidrogênio, ligações de hidrogênio.



- (1) Ligações de hidrogênio
- (2) Interações íon-dipolo
- (3) Forças de London
- (4) Interações dipolo-dipolo

- ( ) Podem ocorrer quando sólidos tais com KCl ou NaI, por exemplo, interagem com moléculas como a água.
- ( ) Podem ocorrer quando elementos com eletronegatividade elevada estão ligados covalentemente com o átomo de hidrogênio.
- ( ) São forças que estão presentes quando temos, por exemplo, uma amostra de acetona (propanona) dissolvida em etanoato de etila.
- ( ) Ocorrem entre compostos não polares, sendo esta um interação bastante fraca.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- A) 2 – 4 – 3 – 1
- B) 4 – 3 – 2 – 1
- C) 2 – 1 – 4 – 3
- D) 4 – 2 – 3 – 1
- E) 3 – 1 – 4 – 2

**08)** Os modelos de forças intermoleculares são utilizados para explicar diferentes fenômenos relacionados às propriedades das substâncias.

Considere esses modelos para analisar as afirmações abaixo.

I - As diferenças de intensidade das interações intermoleculares entre as moléculas da superfície de um líquido e as que atuam em seu interior originam a tensão superficial do líquido, responsável pelo arredondamento das gotas líquidas.

II - A pressão de vapor da água diminui, ao dissolver um soluto em água pura, pois é alterado o tipo de interação intermolecular entre as moléculas de água.

III - A grande solubilidade da sacarose em água deve-se ao estabelecimento de interações do tipo ligação de hidrogênio entre os grupos hidroxila da sacarose e as moléculas de água.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.

09) Qual das afirmações abaixo é incorreta?

- a) A molécula  $H_2$  é apolar.
- b) O  $C_6H_6$  é pouco solúvel em  $H_2O$ .
- c) O etanol é bastante solúvel em  $H_2O$ .
- d) A amônia é covalente apolar.
- e) A molécula de água é polar.

10) A escolha de solventes na indústria depende de suas propriedades físicas, as quais estão correlacionadas com a natureza das interações intermoleculares de seus constituintes. Com relação a tais informações, é correto afirmar:

- a) Os constituintes das essências dos perfumes são, em geral, dissolvidos em álcoois que são compostos polares; trata-se, portanto, de substâncias apolares.
- b) As substâncias gordurosas são, geralmente, apolares e são removidas pelos detergentes, por meio da interação da extremidade iônica de suas estruturas com as gorduras.
- c) Os álcoois, os ácidos carboxílicos e as aminas apresentam interações do tipo ponte de hidrogênio; logo, são solúveis em hidrocarbonetos.
- d) A previsão da polaridade das substâncias é feita por meio da geometria de suas moléculas e da diferença de eletronegatividade entre os átomos ligantes.
- e) As ligações na molécula do dióxido de carbono ( $CO_2$ ) são apolares.

**GABARITO:**

01) B	02) D	03) C	04) B	05) C
06) B	07) C	08) D	09) D	10) D