

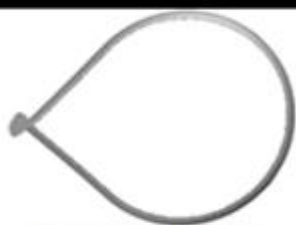
## Ligações Químicas 2

### Resumo

#### Teoria da repulsão dos pares eletrônicos

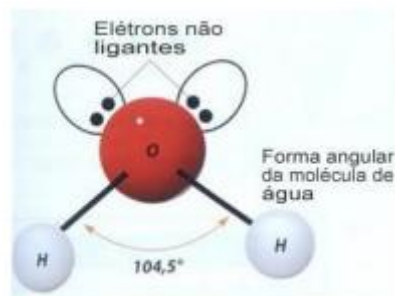
A Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos de Valência (TRPEV) → Força de repulsão entre os pares eletrônicos ligantes ou não, do átomo central. Eles tendem a manter a maior distância possível entre si, porém, as forças de repulsão eletrônica não são suficientes para que a ligação entre os átomos seja rompida, logo, podemos observar essa distância no ângulo formado entre eles.

#### Tipos de nuvens eletrônicas:

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

Possibilidades de correspondência de uma nuvem eletrônica

Exemplo:



#### Geometria Molecular

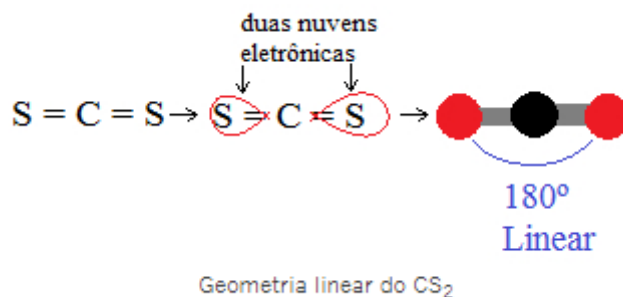
Na determinação da geometria de uma molécula devemos seguir alguns passos, são eles:

- Determinar o átomo central, geralmente, O elemento em menor quantidade tende a ser o elemento central na estrutura do composto;
- Determinar o número de elétrons na camada de valência dos átomos participantes;
- Determinar as ligações, mostrando os pares de elétrons ligantes e não ligantes.
- Determinar se há ou não repulsão entre os pares de elétrons ligantes e não ligantes para formação da geometria molecular.

## Linear

Formada por molécula triatômicas, onde o elemento central não possui par de elétrons não ligantes sobrando.

Ex.:  $\text{CS}_2$

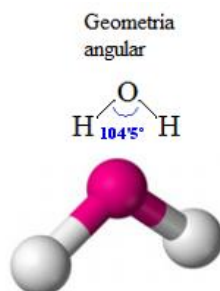


**Obs:** Toda substância com 2 elementos tem geometria linear, pois não existe átomo central.

## Angular

Formada por moléculas que possuem 2 átomos ligados ao elementos central, onde o elemento central possui par de elétrons não ligantes sobrando.

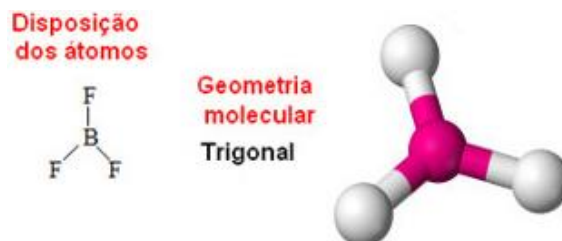
Ex.:  $\text{H}_2\text{O}$



## Trigonal plana

Formada por moléculas que possuem 3 átomos ligados ao elementos central, onde o elemento central não possui par de elétrons não ligantes sobrando.

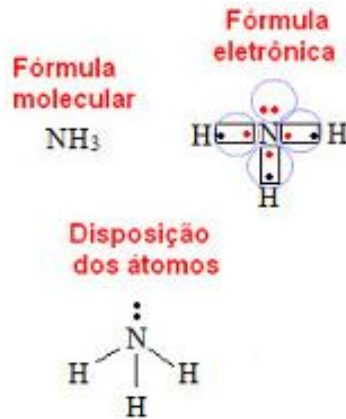
Ex.:  $\text{BF}_3$



## Piramidal

Formada por moléculas que possuem 3 átomos ligados ao elemento central, onde o elemento central possui par de elétrons não ligantes sobrando causando repulsão.

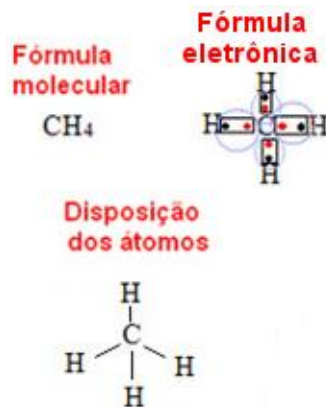
Ex.: NH<sub>3</sub>



## Tetraédrica

Formada por moléculas que possuem 4 átomos ligados ao elemento central, onde o elemento central não possui par de elétrons não ligantes sobrando.

Ex.: CH<sub>4</sub>



## Polaridade

### Polaridade das ligações

Ligação iônica:

Nas ligações iônicas, a transferência de elétrons é definitiva, formação de cátions(positivo) e ânions(negativo).

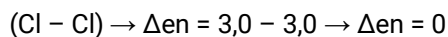
As ligações iônicas são sempre POLARES.



Ligação Covalente:

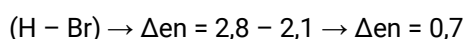
Nas ligações formadas por átomos com a mesma eletronegatividade, não há formação de polos pois essa diferença é igual a zero. **Formando ligação covalente apolar.**

Exemplo: Cl<sub>2</sub>



Nas ligações formadas por átomos com diferentes eletronegatividades, há formação de polos pois essa diferença é diferente de zero. **Formando ligação covalente polar.**

Exemplo: HBr



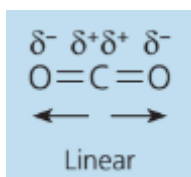
## Polaridade das moléculas

As moléculas podem ser classificadas em moléculas polares e apolares, dependendo do vetor de momento dipolo ( $\vec{\mu}$ ) da molécula ser anulado ou não.

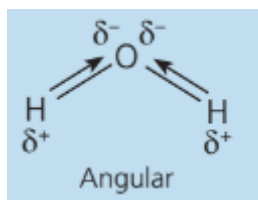
- Molécula apolar:  $\vec{\mu} = 0$
- Molécula polar:  $\vec{\mu} \neq 0$

Exemplo: CO<sub>2</sub>

Os vetores possuem a mesma diferença de eletronegatividade por serem entre os mesmos elementos, e possuem a mesma direção e sentidos opostos, fazendo com que se anulem e o momento dipolo ( $\vec{\mu}$ ) seja igual a zero.

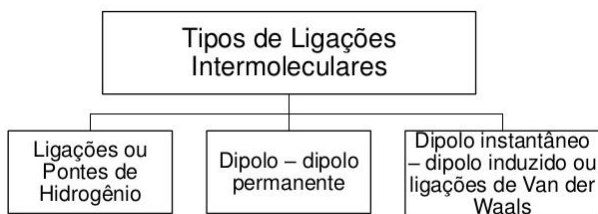


H<sub>2</sub>O



O oxigênio da água possui dois pares de elétrons que não se ligam a nada, logo esses pares empurram as ligações O-H para baixo, formando assim um ângulo entre eles, os vetores não se anulam como na molécula de CO<sub>2</sub>. O momento dipolo ( $\vec{\mu}$ ) nesse caso é diferente de zero.

**Forças intermoleculares**



**Dipolo induzido-dipolo induzido, van der Waals ou dipolo-induzido** → Ocorre nas moléculas **apolares**.

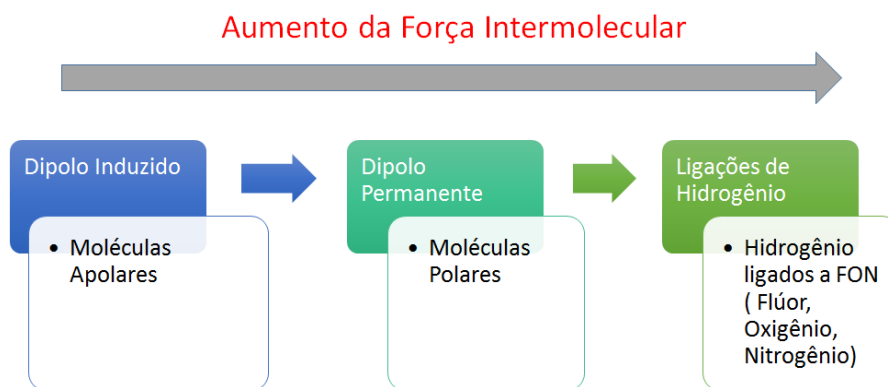
Ex: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>

**Dipolo permanente-dipolo permanente ou dipolo-dipolo** → Ocorre nas moléculas **polares**.

Ex: HCl, HBr, HI, H<sub>2</sub>S

**Ligação de Hidrogênio:** Antes essa força era chamada de ponte de hidrogênio. As ligações de hidrogênio são atrações intermoleculares fortíssimas que ocorrem entre moléculas polares que apresentam ligações do Hidrogênio com átomos muito eletronegativos como o Flúor, Oxigênio e Nitrogênio.

(Ex: HF, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O)



O aumento da força é proporcional aos pontos de fusão e ebulição dos compostos.

PSIU!!

**Ligação Íon-dipolo**

A interação íon-dipolo envolve um íon e uma molécula polar, de forma que as cargas que possuam caráter atrativo se aproximam. Portanto, quanto maior a carga do íon relativamente ao dipolo, maior a intensidade da ligação (melhor será a atração).

Exercícios

---

1. Uma das substâncias mais estudadas e presente no nosso dia a dia é a água. Baseado nas suas propriedades, é correto afirmar que a:
- água é uma substância simples.
  - água é formada por 2 (dois) átomos de oxigênio e 1 (um) de hidrogênio.
  - água possui alto ponto de ebulição devido às ligações de hidrogênio.
  - água é uma molécula apolar.
  - água apresenta ângulo de ligação de  $180^\circ$  entre seus átomos.
2. A urina é composta por água, ureia e outras substâncias, tais como: fosfatos, sulfatos, amônia, magnésio, cálcio, ácido úrico, sódio, potássio, entre outros. Sobre o composto amônia, é correto afirmar que
- é um sal.
  - possui geometria molecular trigonal plana.
  - apresenta ângulos de ligação igual a  $109,28^\circ$ .
  - apresenta o mesmo tipo de força intermolecular que a água.
3. O consumo cada vez maior de combustíveis fósseis tem levado a um aumento considerável da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, o que acarreta diversos problemas, dentre eles o efeito estufa.  
Com relação à molécula de dióxido de carbono, é **correto** afirmar que:
- é apolar e apresenta ligações covalentes apolares.
  - é polar e apresenta ligações covalentes polares.
  - os dois átomos de oxigênio estão ligados entre si por meio de uma ligação covalente apolar.
  - é apolar e apresenta ligações covalentes polares.
  - apresenta quatro ligações covalentes apolares.
4. O nitrogênio gasoso,  $N_2$ , é o gás mais abundante no ar atmosférico, já o nitrogênio líquido é utilizado em cirurgias a baixas temperaturas.  
Qual alternativa corresponde à geometria e ao tipo de força intermolecular nas moléculas do nitrogênio líquido?
- Linear e dipolo induzido.
  - Angular e dipolo induzido.
  - Linear e dipolo permanente.
  - Angular e dipolo permanente.
-

5. As propriedades específicas da água a tornam uma substância química indispensável à vida na Terra. Essas propriedades decorrem das características de sua molécula  $H_2O$ , na qual os dois átomos de hidrogênio estão unidos ao átomo de oxigênio por ligações
- iônicas, resultando em um arranjo linear e apolar.
  - iônicas, resultando em um arranjo angular e polar.
  - covalentes, resultando em um arranjo linear e apolar.
  - covalentes, resultando em um arranjo angular e apolar.
  - covalentes, resultando em um arranjo angular e polar.
6. Considere as seguintes substâncias químicas:  $CCl_4$ ,  $HCCl_3$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $Cl_2$ ,  $H_3CCH_3$  e  $NH_3$ .
- Qual o tipo de ligação química que ocorre nessas moléculas? Classifique-as em substâncias polares e não polares.
  - Separe essas substâncias de acordo com o tipo de interação intermolecular (forças de Van der Waals, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio) que apresentam quando em presença de outras substâncias iguais a elas.
7. O enxofre é um elemento químico que pode formar dois óxidos moleculares:  $SO_2$  e  $SO_3$ . Nomeie a geometria dessas moléculas. Explique, ainda, por que apenas o  $SO_2$  é solúvel em água.
8. Na tirinha abaixo, o autor explora a questão do uso apropriado da linguagem na Ciência. Muitas vezes, palavras de uso comum são utilizadas na Ciência, e isso pode ter várias consequências.



(adaptado de [www.reddit.com/r/funny/comments/1In5uc/bear-troubles](http://www.reddit.com/r/funny/comments/1In5uc/bear-troubles). Acessado em 10/09/2013.)

- De acordo com o urso cinza, o urso branco usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente inadequada. Imagine que o urso cinza tivesse respondido: **“Eu é que deveria estar aflito, pois o gelo é que está dissolvendo!”** Nesse caso, estaria o urso cinza usando o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta? Justifique.
- Considerando a última fala do urso branco, interprete o duplo significado da palavra “polar” e suas implicações para o efeito cômico da tirinha.

9. Considerando a geometria molecular de algumas moléculas e íons, assinale a alternativa que lista apenas as espécies com geometria trigonal plana.
- a)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$
  - b)  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$
  - c)  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$
  - d)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SO}_3$
  - e)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{BF}_3$
10. Muitas das propriedades físicas das substâncias moleculares, como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade, podem ser interpretadas com base na polaridade das moléculas. Essa polaridade se relaciona com a geometria molecular e com o tipo de interações intermoleculares.

O quadro a seguir apresenta algumas substâncias e suas respectivas temperaturas de ebulição a 1 atm.

Substâncias		TE (°C)
A	$\text{CH}_4$	-161,5
B	$\text{HCl}$	-85
C	$\text{H}_2\text{O}$	99,97

Com base nas informações apresentadas, analise as seguintes afirmativas:

- I. Quanto mais intensas forem as forças intermoleculares, maior a temperatura de ebulição de uma substância molecular.
- II. As interações intermoleculares nas moléculas são A: dipolo induzido-dipolo induzido; B: dipolo-dipolo; C: ligação de hidrogênio.
- III. A geometria molecular e a polaridade das substâncias são: A: tetraédrica e apolar; B: linear e polar; C: linear e polar.

Está **incorreto** apenas o que se afirma em:

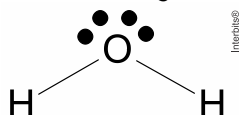
- a) III.
- b) I e III.
- c) I e II.
- d) II e III.
- e) I.



Gabarito

1. C

- a) Incorreta. A água é uma substância composta, formada por 2 elementos químicos: oxigênio e hidrogênio.
- b) Incorreta. A água  $H_2O$  é formada por 2 (dois) átomos de hidrogênio e 1 (um) de oxigênio.
- c) Correta. A ligação de hidrogênio presente na molécula de água, por ser um tipo de interação forte, eleva o ponto de ebulição da água.
- d) Incorreta. A água é uma molécula polar, pois o átomo central apresenta pares de elétrons disponíveis.



- e) Incorreta. O ângulo formado entre os átomos de hidrogênio, provocada pela repulsão dos pares de elétrons é de  $104,5^\circ$ .

2. D

A amônia ( $NH_3$ ) faz pontes ou ligações de hidrogênio como a água.

3. D

- a) Incorreta. A molécula do dióxido de carbono ( $O=C=O$ ) é apolar, a apresenta ligações covalentes polares entre os átomos.
- b) Incorreta. A molécula é apolar e apresenta ligações covalentes polares.
- c) Incorreta. Os dois átomos de oxigênio estão ligados diretamente ao átomo de carbono, por uma ligação covalente polar.
- d) Correta. A molécula é apolar (soma vetorial = 0) e as ligações entre os átomos são polares.
- e) Incorreta. Apresenta 2 ligações covalentes duplas polares.

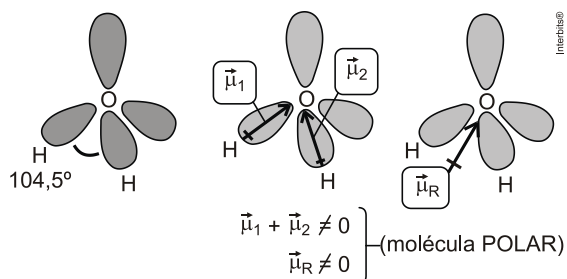
4. A

A ligação entre o nitrogênio gasoso, será:  
 $N_2 = N-N$  (linear,  $180^\circ$ )

Trata-se, portanto, de uma ligação apolar (formada entre átomos iguais) do tipo dipolo induzido.

5. E

Na molécula  $H_2O$ , dois átomos de hidrogênio estão unidos ao átomo de oxigênio por ligações covalentes, resultando em um arranjo angular e polar:

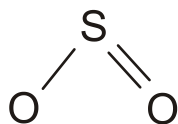


6.

Substâncias químicas	Tipo de ligação	Polaridade	Interação Intermolecular
$CCl_4$	covalente	apolar	Van der Waals
$HCCl_3$	covalente	polar	dipolo-dipolo
$CO_2$	covalente	apolar	Van der Waals
$H_2S$	covalente	polar	dipolo-dipolo
$Cl_2$	covalente	apolar	Van der Waals
$H_3CCH_3$	covalente	apolar	Van der Waals
$NH_3$	covalente	polar	Ligações de hidrogênio

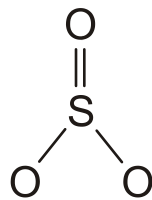
7.

Geometria  $SO_2$ :



(angular)

Geometria  $SO_3$ :



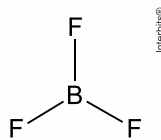
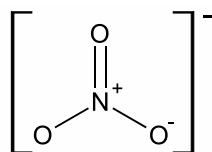
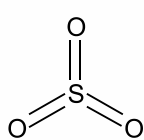
(trigonal plana)

O  $SO_2$ , por ser um composto polar e pela regra “semelhante dissolve semelhante” ele irá se solubilizar em água. Já para o trióxido de enxofre ( $SO_3$ ) a resultante das forças é zero, portanto molécula apolar, não será solúvel em água.

8.

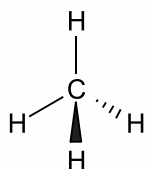
- O termo foi usado de maneira cientificamente incorreta. O urso cinza se referiu à fusão do gelo (mudança do estado sólido para o líquido). No caso de uma dissolução ocorreria a separação das partículas formadoras de um soluto a partir do acréscimo de um solvente.
- O urso cinza não é oriundo da região polar do planeta. No caso de compostos polares teríamos uma dissolução em água já que esta é polar e semelhante tende a dissolver semelhante.

9. E

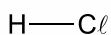


## 10. A

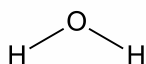
- I. Correto. Quanto mais intensas forem as forças intermoleculares, maior a temperatura de ebulição (mudança do estado de agregação líquido para gasoso) de uma substância molecular.
- II. Correto. As interações intermoleculares nas moléculas são A ( $\text{CH}_4$ ): dipolo induzido-dipolo induzido (molécula apolar); B ( $\text{HCl}$ ): dipolo-dipolo (molécula polar); C ( $\text{H}_2\text{O}$ ): ligação de hidrogênio (molécula polar que apresenta o grupo OH).
- III. Incorreto. A geometria molecular e a polaridade das substâncias são:



Geometria: tetraédrica  
 Molécula apolar  
 $\vec{\mu}_R = \vec{0}$



Geometria: linear  
 Molécula polar  
 $\vec{\mu}_R \neq \vec{0}$



Geometria: angular  
 Molécula polar  
 $\vec{\mu}_R \neq \vec{0}$

Inerdis®