

# Interações Intermoleculares



As propriedades físicas de líquidos e sólidos moleculares são relativas, em grande parte, às forças ou interações intermoleculares, as forças que existem entre as moléculas.

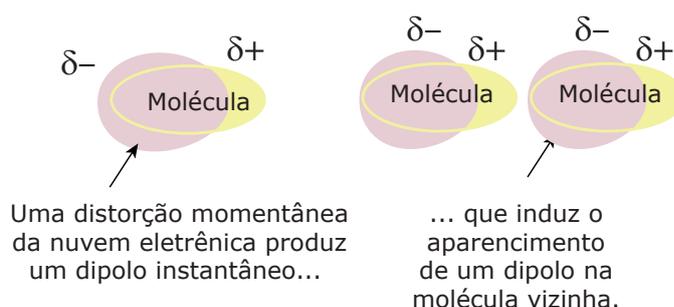
A intensidade das forças intermoleculares em diferentes substâncias varia em uma grande faixa, mas elas são muito mais fracas que as ligações iônicas e covalentes. Dessa forma, é necessário menos energia para vaporizar um líquido ou fundir um sólido do que para quebrar ligações covalentes em moléculas.

Quanto mais forte as forças de atração, maior é a temperatura na qual o líquido entra em ebulição. De forma similar, o ponto de fusão de um sólido aumenta à medida que as forças intermoleculares ficam mais fortes. Sabe-se que existem três tipos de forças atrativas entre moléculas neutras: forças dipolo-dipolo, de dispersão de London e de ligação de hidrogênio. Essas forças são também chamadas forças de Van de Waals em homenagem a Johannes Van der Waals. Todas essas forças são eletrostáticas por natureza, envolvendo atrações entre espécies positivas e negativas. Todas tendem a ser até 15% menos fortes que as ligações covalente e iônica.

## 1.1 Dipolos Instantâneos Dipolos Induzidos ou Forças de Dispersão de London

As interações dipolos instantâneos dipolos induzidos são as atrações existentes entre átomos e moléculas apolares. A origem de suas atrações foi inicialmente proposta em 1930 por Fritz London. London identificou que o movimento de elétrons em um átomo ou molécula pode criar um momento de dipolo instantâneo. Em uma coleção de moléculas de  $H_2$ , por exemplo, a distribuição média de elétrons em cada molécula é simétrica. As moléculas são apolares e não possuem dipolo permanente. Entretanto, a distribuição instantânea dos elétrons pode ser diferente da distribuição média. Se pudéssemos congelar o movimento de elétrons de uma molécula em determinado instante, a nuvem eletrônica poderia estar deslocada para um lado da molécula. Apenas nesse momento, então, a molécula teria um momento de dipolo instantâneo.

Como os elétrons se repelem, os movimentos em uma molécula influenciam os movimentos dos elétrons em seus vizinhos. Assim, o dipolo temporário em uma molécula pode induzir um dipolo similar em uma molécula adjacente, fazendo com que as moléculas sejam atraídas entre si, como mostrado na figura acima.



Essa interação atrativa é chamada força de dispersão de London. Tal força é significativa tão somente quando as moléculas estão próximas.

A facilidade com que a distribuição de cargas em uma molécula pode ser distorcida por um campo elétrico externo é chamada polarizabilidade. Podemos pensar na **polarizabilidade** de uma molécula como uma medida da 'maciez' de sua nuvem eletrônica; quanto maior a polarizabilidade de uma molécula, mais facilmente sua nuvem eletrônica será distorcida para dar um dipolo momentâneo.

Dessa forma, moléculas mais polarizáveis têm forças de dispersão de London mais fortes. Em geral, moléculas maiores tendem a ter maiores polarizabilidades porque elas têm maior número de elétrons, que estão mais afastados do núcleo. A intensidade das forças de dispersão de London, portanto, tendem a aumentar com o aumento do tamanho molecular. Uma vez que o tamanho molecular e a massa geralmente assemelham-se, **as forças de dispersão tendem a aumentar em intensidade com o aumento da massa molecular.**

Quando duas moléculas apolares se aproximam, tornam-se momentaneamente polarizadas e se atraem. Essa polarização se dá porque, em uma das moléculas, os elétrons podem estar momentaneamente localizados em um lado da molécula, criando um dipolo instantâneo e, na outra molécula, cria-se um dipolo induzido.

As substâncias que fazem esse tipo de interação possuem baixos pontos de fusão e ebulição e tendem a ser pouco solúveis em água.

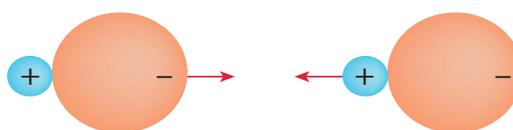
Exemplos de substâncias que podem fazer interações dipolos induzidos.

$H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , hidrocarbonetos

## 1. Dipolos Permanentes ou Dipolo-Dipolo

Essas interações ocorrem entre moléculas polares, nas quais o pólo positivo de uma molécula atrai o negativo de outra. As forças dipolo-dipolo são efetivas tão somente quando moléculas polares estão mais próximas.

Representação:



Molécula polar x molécula polar  
(dipolo x dipolo)

Quanto maiores forem os momentos dipolares (criados pela diferença de eletronegatividade entre os átomos), maior é a força de atração intermolecular.

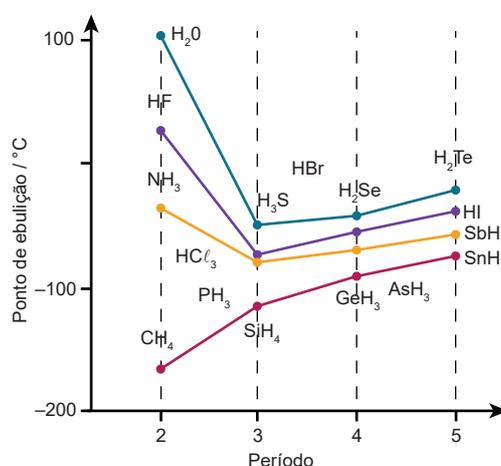
As substâncias que fazem esse tipo de interação tendem a possuir pontos de fusão e pontos de ebulição mais altos que aquelas que fazem interações dipolos instantâneos (comprando-se substâncias com massas molares semelhantes) e tendem a se dissolver em água, pois interagem com a mesma.

## 2. Ligações de Hidrogênio



Essas interações ocorrem entre moléculas que possuem o hidrogênio diretamente ligado a átomos muito eletronegativos, como flúor, oxigênio e nitrogênio e ela ocorre devido à atração do próton exposto  $H^+$  por um de alta eletronegatividade da molécula vizinha.

O diagrama a seguir representa as temperaturas de ebulição de compostos moleculares binários nos quais um dos elementos é o hidrogênio.

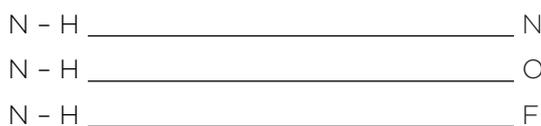


Ao analisarmos as temperaturas de ebulição para a maioria desses compostos, verificamos que moléculas maiores e polares apresentam interações mais intensas. Entretanto, três compostos parecem destoar da análise geral -  $NH_3$ ,  $HF$  e  $H_2O$ .

Poderíamos, a princípio, esperar que suas interações intermoleculares fossem mais fracas devido às suas menores nuvens eletrônicas. Todavia, suas temperaturas de ebulição são consideravelmente mais elevadas que o previsto, sugerindo que tais moléculas realizam entre si ligações de hidrogênio.

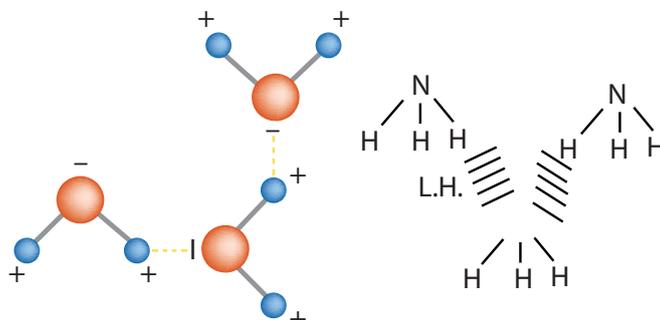
Abaixo, estão representadas as possibilidades de ligação de hidrogênio envolvendo os três elementos mais eletronegativos (flúor, oxigênio e nitrogênio).

Uma Molécula                      Outra Molécula (Polar)  
 Ligação de hidrogênio



As ligações de hidrogênio podem ser consideradas atrações dipolo-dipolo especiais. Como F, N e O são muito eletronegativos, uma ligação entre o hidrogênio e qualquer um desses três elementos é bastante polar, com o hidrogênio no lado positivo.

Observe os exemplos da água e da amônia:



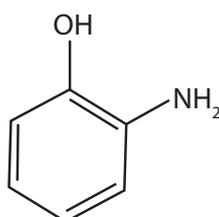
O átomo de hidrogênio possui apenas um elétron. Assim, o lado positivo do dipolo da ligação tem a carga concentrada parcialmente exposta, quase exibindo o próton do núcleo do hidrogênio. Essa carga positiva é atraída pela carga negativa de um átomo eletronegativo em uma molécula próxima. Como o hidrogênio pobre em elétrons é muito pequeno, ele pode aproximar-se muito de um átomo eletronegativo para, em seguida, interagir fortemente com ele. Em virtude de as ligações de hidrogênio serem geralmente mais fortes que as forças dipolo-dipolo e de dispersão (dipolo instantâneo-dipolo induzido), elas têm papel importante em muitos sistemas químicos, incluindo os de significância biológica. Por exemplo, as ligações de hidrogênio ajudam a estabilizar as estruturas das proteínas, que são partes principais da pele, músculos e outros componentes estruturais dos tecidos animais. Elas são também responsáveis pela maneira como o DNA é capaz de transportar a informação genética.

### 3. Ligações de Hidrogênio Intramoleculares

Em muitas moléculas orgânicas ocorre a formação da ligação de hidrogênio intramolecular que acontece entre grupos próximos da mesma molécula.

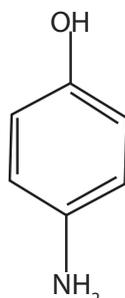
Substâncias que fazem ligações de hidrogênio intramoleculares possuem temperatura de fusão e de ebulição menores se comparadas a estruturas similares que não fazem ligações de hidrogênio intramoleculares. Isso ocorre porque substâncias que fazem ligações de hidrogênio intramoleculares fazem interações **intermoleculares** menos intensas. Observe:

**Orto-aminofenol:**



Os grupos hidroxila e amino fazem ligações de hidrogênio intramoleculares devido a proximidade dos mesmos. A temperatura de ebulição é menor que a do para-aminofenol.

**Para-aminofenol:**

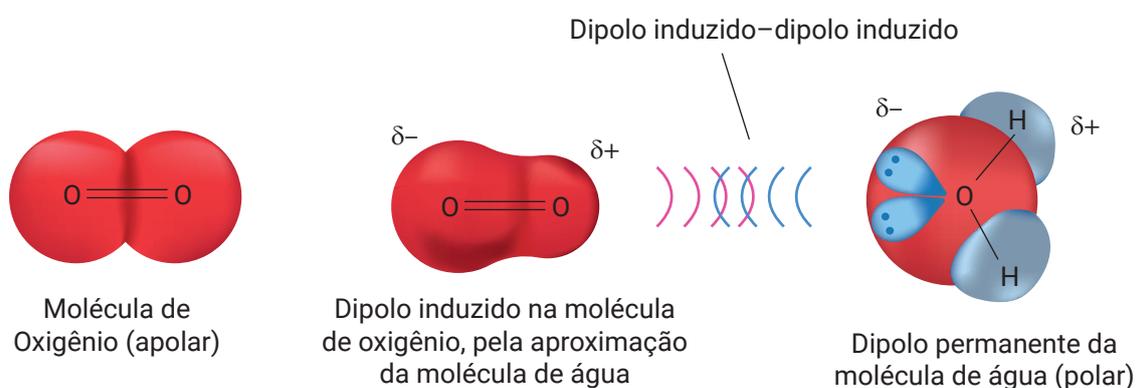


Os grupos hidroxila e amino não fazem ligações de hidrogênio entre si. Esses grupos fazem interações com outras moléculas. Assim, a temperatura de ebulição é maior que a do orto-aminofenol.

## 4. Força Dipolo Permanente – Dipolo Induzido

Existe ainda um tipo de interação que pode ocorrer entre uma molécula polar e uma apolar. Uma molécula com um dipolo permanente pode induzir um dipolo em uma segunda molécula que esteja localizada próxima no espaço. A força desta interação irá depender do momento de dipolo da primeira molécula e da polarizabilidade da segunda molécula. A polarizabilidade de uma molécula é uma grandeza física que indica com que facilidade a densidade eletrônica da molécula pode ser polarizada, isto é, formando uma distribuição assimétrica de densidade eletrônica (cargas) e, por conseguinte, ocorrendo a formação de dipolos instantâneos na molécula. Estes dipolos instantâneos podem então se alinhar de várias maneiras com o dipolo permanente da primeira molécula, originando a interação dipolo permanente-dipolo induzido.

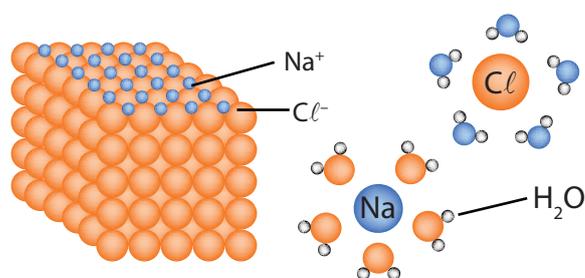
Exemplo: interação entre as moléculas de água (polar) e oxigênio (apolar).



## 5. Força Íon-dipolo

Uma força íon-dipolo existe entre íon e carga parcial oposta em certo lado de uma molécula polar. As moléculas polares são dipolo; elas têm um lado positivo e outro negativo. Os íons positivos são atraídos pelo pólo negativo de um dipolo, enquanto os negativos são atraídos pelo pólo positivo. A magnitude da atração aumenta conforme a carga do íon ou magnitude do dipolo aumenta. As forças íon-dipolo são especialmente importantes em soluções.

Exemplo: a água (molécula polar) solvatando os íons do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ).



## 6. Cristais Covalentes

Alguns compostos formados por não metais apresentam uma rede indefinida de átomos, unidos por ligações covalentes. Esses são chamados de sólidos ou cristais covalentes.

Nessas substâncias, o compartilhamento de elétrons ocorre interligando todos os átomos, formando um retículo cristalino e não sendo possível identificar moléculas independentes.

São substâncias covalentes, o diamante (C), grafita (C), sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e carbeto de silício ( $\text{SiC}$ ).

O diamante – usado industrialmente como abrasivo e em ferramentas de corte por causa de sua dureza – possui uma estrutura em que cada átomo, considerado no centro de um tetraedro, liga-se covalentemente a quatro outros, situados nos vértices.

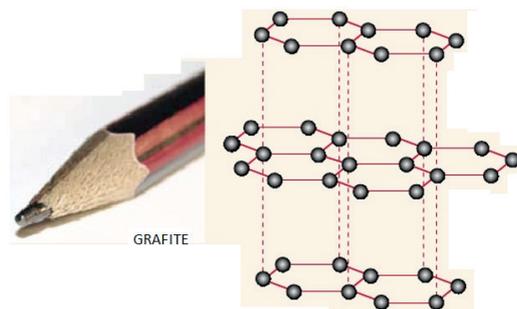
O carboneto do silício, um abrasivo industrial comum, possui a estrutura do diamante, em que cada átomo de silício liga-se tetraedricamente a quatro átomos de carbono e vice-versa.



O dióxido de silício ou sílica,  $\text{SiO}_2$ , existe em várias formas cristalinas. Todas apresentam uma rede tridimensional de ligações Si-O. A forma mais comum é a do quartzo, cuja estrutura pode ser considerada semelhante ao do diamante.

A grafita é também um cristal covalente. Entretanto, contrastando com as substâncias que acabamos de discutir, sua estrutura apresenta átomos de carbono dispostos em camadas planas paralelas. Cada átomo de carbono liga-se covalentemente a três outros, de sua própria camada, formando uma rede infinita de anéis de seis membros. Entre as camadas, existem forças menos intensas denominadas dipolo instantâneo – dipolo induzido.

Estrutura da grafita:



## 7. Propriedades dos Compostos Covalentes

- São sólidos a temperatura ambiente.
- São insolúveis em todo tipo de solvente.
- Apresentam elevadas temperaturas de fusão e ebulição.
- São quebradiços.
- Não são condutores de eletricidade, exceto o grafite.



## EXERCÍCIOS

### Questão 1

(UFC-CE) As forças intermoleculares são responsáveis por várias propriedades físicas e químicas das moléculas, como, por exemplo, a temperatura de ebulição. Considere as moléculas de  $F_2$ ,  $Cl_2$  e  $Br_2$

**A)** Quais as principais forças intermoleculares presentes nessas espécies?

---

---

---

**B)** ORDENE essas espécies em ordem crescente de temperatura de ebulição e JUSTIFIQUE sua resposta.

Ordem: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

---

---

### Questão 2

(UNICAMP) Considere três substâncias:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e três temperaturas de ebulição: 373K, 112K e 240K. Levando-se em conta a estrutura e a polaridade das moléculas dessas substâncias, pede-se:

**A)** CORRELACIONE as temperaturas de ebulição às substâncias

$\text{CH}_4$ : \_\_\_\_\_

$\text{NH}_3$ : \_\_\_\_\_

$\text{H}_2\text{O}$ : \_\_\_\_\_

**B)** JUSTIFIQUE a correlação que você estabeleceu

---



---

### Questão 3

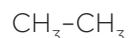
(UFBA) FORNEÇA a ordem crescente de temperaturas de ebulição das substâncias com as fórmulas moleculares abaixo, JUSTIFICANDO sua escolha.



I



II



III

Ordem: \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

---

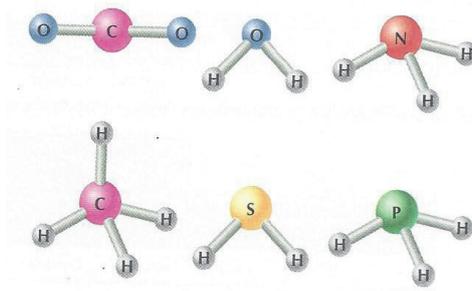


---

### Questão 4

(FGV-SP) O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias, como odor, sabor, coloração e solubilidade.

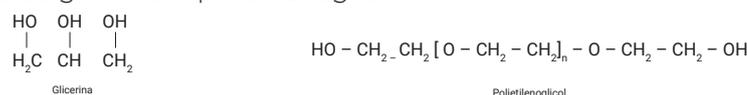
As figuras apresentam as estruturas das moléculas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{PH}_3$ .





**Questão 7**

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:

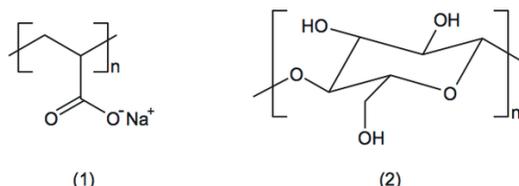


A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

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

**Questão 8**

(ENEM) As fraldas descartáveis que contêm o polímero polia-crilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



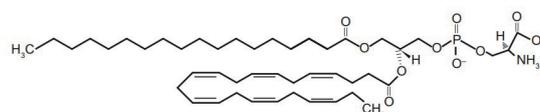
A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- A)** Interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.  
**B)** Interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.  
**C)** Ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.  
**D)** Ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação as interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.  
**E)** Interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

**Questão 9**

A fosfatidilserina é um fosfolípídio aniônico cuja interação com cálcio livre regula processos de transdução celular e vem sendo estudada no desenvolvimento de biossensores nanométricos.

A figura representa a estrutura da fosfatidilserina:



Com base nas informações do texto, a natureza da interação da fosfatidilserina com o cálcio livre é do tipo:

Dado: número atômico do elemento cálcio: 20

- A) iônica somente com o grupo aniônico fosfato, já que o cálcio livre é um cátion monovalente.
- B) iônica com o cátion amônio, porque o cálcio livre é representado como um ânion monovalente.
- C) iônica com os grupos aniônicos fosfato e carboxila, porque o cálcio em sua forma livre é um cátion divalente.
- D) covalente com qualquer dos grupos não carregados da fosfatidilserina, uma vez que estes podem doar elétrons ao cálcio livre para formar a ligação.
- E) covalente com qualquer grupo catiônico da fosfatidilserina, visto que o cálcio na sua forma livre poderá compartilhar seus elétrons com tais grupos.

#### Questão 10

(UFMG) Algumas propriedades físicas são características do conjunto das moléculas de uma substância, enquanto outras são atributos intrínsecos a moléculas individuais. Assim sendo, é CORRETO afirmar que uma propriedade intrínseca de uma molécula de água é a:

- A) densidade.
- B) polaridade.
- C) pressão de vapor.
- D) temperatura de ebulição.

#### Questão 11

(CMMG) Em relação às propriedades de substâncias, assinale a alternativa INCORRETA.

- A) Quando átomos se ligam através de ligações covalentes, as substâncias resultantes podem existir, na temperatura ambiente, em qualquer um dos estados físicos.
- B) Grafita e diamante apresentam diferente condutividade elétrica, devido à existência de diferentes ligações entre os átomos que as constituem.
- C) A temperatura de fusão pode ser usada para distinguir uma substância covalente de uma molecular.
- D) O arranjo das moléculas no gelo é o responsável por sua menor densidade em relação à água líquida.

#### Questão 12

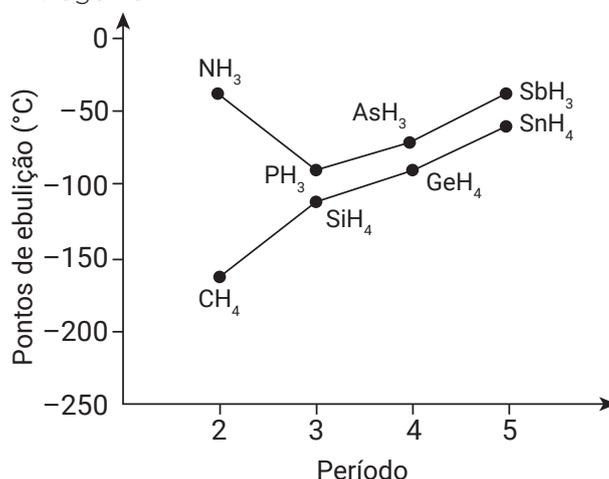
(FCMMG) No início do século XX surgiram os primeiros modelos consistentes de ligações químicas, quando o químico norte-americano Lewis e o químico alemão Kossel propuseram, respectivamente, as teorias da ligação covalente e da ligação iônica.

Com relação às ligações químicas, assinale a alternativa INCORRETA.

- A) Os cristais iônicos são, em geral, bons condutores de eletricidade.
- B) A ligação iônica não é a transferência de elétrons de um átomo para o outro.
- C) No processo de ebulição do hidrogênio ( $H_2$ ) são rompidas forças dipolo induzido.
- D) Todas as moléculas diatômicas de átomos de igual eletronegatividade são moléculas apolares.

**Questão 13**

O gráfico a seguir mostra a variação dos pontos de ebulição (T.E.) dos hidretos dos elementos do grupo do carbono e do nitrogênio.



Pede-se

EXPLIQUE a variação das T.E. dos hidretos dos elementos do grupo do carbono.

---



---



---

EXPLIQUE por que a T.E. dos hidretos dos elementos do grupo do carbono são menores que as T.E. dos hidretos dos elementos do mesmo período do grupo do nitrogênio.

---



---

EXPLIQUE por que NH<sub>3</sub> apresenta T.E. superior aos dos demais hidretos do grupo e por que essa discrepância não é observada para o CH<sub>4</sub> em relação aos demais hidretos do seu grupo.

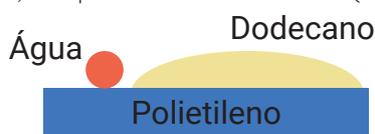
---



---

**Questão 14**

(UFMG) Observe as formas de uma gota de água e de uma gota de dodecano, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>CH<sub>3</sub>, colocada sobre uma superfície de polietileno, um polímero de fórmula -(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-, mostradas nesta figura:



**A)** Considerando as interações intermoleculares entre a água e a superfície do polietileno e as interações das moléculas de água entre si, JUSTIFIQUE o fato de a gota de água apresentar uma pequena área de contato com o polietileno.

---



---

**B)** Considerando as interações intermoleculares entre o dodecano e a superfície do polietileno e as interações das moléculas de dodecano entre si, JUSTIFIQUE o fato de a gota de dodecano apresentar uma grande área de contato com o polietileno.

---



---

**C)** Nesta figura, está representada uma gota de água depositada sobre uma superfície de vidro limpo:



INDIQUE se, nesse caso, a superfície do vidro apresenta características polares ou apolares

---



---

### Questão 15

(UFPE-2003) A compreensão das interações intermoleculares é importante para a racionalização das propriedades físico-químicas macroscópicas, bem como para o entendimento dos processos de reconhecimento molecular que ocorrem nos sistemas biológicos. A tabela abaixo apresenta as temperaturas de ebulição (TE), para três líquidos à pressão atmosférica.

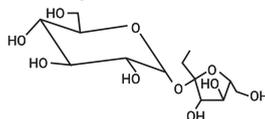
Líquido	Fórmula Química	TE(°C)
Acetona	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	56
Água	$\text{H}_2\text{O}$	100
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	78

Com relação aos dados apresentados na tabela acima, podemos afirmar que:

- A)** as interações intermoleculares presentes na acetona são mais fortes que aquelas presentes na água.
- B)** as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na acetona.
- C)** dos três líquidos, a acetona é o que apresenta ligações de hidrogênio mais fortes.
- D)** a magnitude das interações intermoleculares é a mesma para os três líquidos.
- E)** as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na água.

### Questão 16

(UFSCar-2002) A sacarose (açúcar comum), cuja estrutura é mostrada na figura, é um dissacarídeo constituído por uma unidade de glicose ligada à frutose.



A solubilidade da sacarose em água deve-se

- A) ao rompimento da ligação entre as unidades de glicose e frutose.
- B) às ligações de hidrogênio resultantes da interação da água com a sacarose.
- C) às forças de van der Waals, resultantes da interação da água com a unidade de glicose desmembrada.
- D) às forças de dipolo-dipolo, resultantes da interação da água com a unidade de frutose desmembrada.
- E) às forças de natureza íon-dipolo, resultantes da interação do dipolo da água com a sacarose.

### Questão 17

(UFC-1999) A temperatura normal de ebulição do 1- propanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , é  $97,2^\circ\text{C}$ , enquanto o composto metoxietano,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$ , de mesma composição química, entra em ebulição normal em  $7,4^\circ\text{C}$ .

Assinale a alternativa que é compatível com esta observação experimental.

- A) O mais elevado ponto de ebulição do 1-propanol deve-se principalmente às ligações de hidrogênio.
- B) O 1-propanol e o metoxietano ocorrem no estado líquido, à temperatura ambiente.
- C) Geralmente, os álcoois são mais voláteis do que os éteres, por dissociarem mais facilmente o íon  $\text{H}^+$ .
- D) Em valores de temperatura abaixo de  $7,4^\circ\text{C}$ , a pressão de vapor do metoxietano é maior do que a pressão atmosférica.
- E) Em valores de temperatura entre  $7,4$  e  $96^\circ\text{C}$ , a pressão de vapor do 1-propanol é sempre maior do que a de igual quantidade do metoxietano.

### Questão 18

(UERJ-1997) Água e etanol são dois líquidos miscíveis em quaisquer proporções devido a ligações intermoleculares, denominadas:

- A) iônicas.
- B) ligações de hidrogênio.
- C) covalentes coordenadas.
- D) dipolo induzido - dipolo induzido.
- E) dipolo permanente



Quando passamos cola em dois objetos a fim de uni-los as moléculas da cola interagem fortemente, por meio de interações \_\_\_\_\_ com as moléculas de ambos os objetos.

A palavra correta da lacuna é:

- A) iônicas
- B) intermoleculares
- C) covalentes
- D) metálicas

### Questão 21

(UFMG-1997) Foram apresentadas a um estudante as fórmulas de quatro pares de substâncias. Foi pedido a ele que, considerando os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados a cada caso, indicasse, em cada par, a substância que tivesse a temperatura de fusão mais baixa. O estudante propôs o seguinte:

Pares de substâncias	Substâncias de temperatura de fusão mais baixa
CH <sub>4</sub> , CH <sub>3</sub> OH	CH <sub>4</sub>
NaCl, HCl	NaCl
SiO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
I <sub>2</sub> , Fe	I <sub>2</sub>

A alternativa que apresenta o número de previsões corretas feitas pelo estudante é

- A) 0
- B) 1
- C) 2
- D) 3

## GABARITO

1) A) As interações intermoleculares são do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido.

2) B) F<sub>2</sub> - Cl<sub>2</sub> - Br<sub>2</sub>. As interações do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido depende da polarizabilidade. Quanto maior o número de elétrons, maior a polarizabilidade e mais intensas são as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido. Assim, o Br<sub>2</sub> apresenta maior número de elétrons que o Cl<sub>2</sub>, que apresenta maior número de elétrons que o F<sub>2</sub>.

3)

A) CH<sub>4</sub>: 112K; NH<sub>3</sub>: 240K; H<sub>2</sub>O: 273K

B) CH<sub>4</sub>: interações mais fracas do tipo dipolo instantâneo--dipolo induzido. H<sub>2</sub>O e NH<sub>3</sub>: Ambas realizam Ligações de Hidrogênio entre suas moléculas, entretanto, as ligações de hidrogênio na água são mais fortes, uma vez que, que são feitas com o oxigênio, que é mais eletronegativo que o nitrogênio.

4) II - III- I : A substância I apresenta maior temperatura de ebulição, já que entre as sua moléculas realizam-se interações do tipo ligações de hidrogênio que são mais fortes que as dipolo instantâneo-dipolo induzido realizadas pelas substâncias II e III. A substância III apresenta maior temperatura de ebulição que a II, pois, apresenta maior número de elétrons, o que acarreta maior polarizabilidade da sua nuvem eletrônica, intensificando suas interações intermoleculares.

5) C

6) D

7) E

8) E

9) E

10) C

11) b

12) b

13) a

14)

A) Os hidretos do grupo do carbono possuem geometria tetraédrica e natureza elétrica apolar, estabelecendo entre si interações intermoleculares do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido. À medida que a nuvem eletrônica da molécula aumenta, aumenta a sua polarizabilidade, o que intensifica as sua interações. Logo, maiores serão as temperaturas de ebulição.

B) Os hidretos dos elementos do grupo são apolares, estabelecendo entre si interações mais fracas que as estabelecidas pelos hidretos da família do nitrogênio, que são polares.

C) As moléculas de  $\text{NH}_3$  estabelecem entre si ligações de hidrogênio, mais fortes que as dipolo permanente-dipolo permanente estabelecidas entre os demais hidretos da mesma família.

15)

A) As Interações intermoleculares - Ligações de Hidrogênio- entre as moléculas de água são mais intensas que as interações intermoleculares entre as moléculas e a superfície de polietileno. Assim, as moléculas tendem a ficar mais próximas entre si, tendo uma pequena área com a superfície do polietileno.

B) As interações intermoleculares entre as moléculas de dodecano são mais fracas que as interações entre o dodecano e o polietileno. Logo, a área de contato como polietileno se torna maior.

C) Polares

16) E

17) B

18) A

19) B

20) E

21) B

22) C