

Isomeria Configuracional ou Estereoisomeria (Espacial)



A isomeria configuracional ou estereoisomeria, também chamada isomeria espacial, pode ocorrer em compostos orgânicos, onde seus isômeros apresentam a mesma fórmula molecular, mas as ligações entre os átomos estão dispostas espacialmente de maneira que formam compostos com algumas propriedades diferentes. A estereoisomeria é classificada em isomeria geométrica e isomeria óptica.

Observação:

Quando a ligação entre dois átomos de carbono permite que haja rotação entre eles, a posição que os ligantes de um átomo de carbono assumem em relação aos ligantes do outro átomo de carbono no espaço não é relevante. Isso ocorre quando dois átomos de carbono fazem apenas ligações sigma.

Isomeria geométrica

Os estereoisômeros geométricos são classificados em "cis – trans" e "Z – E".

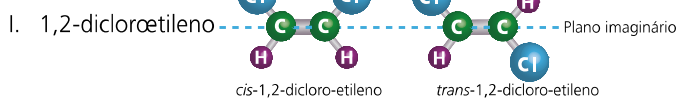
A isomeria geométrica pode ocorrer em alguns alcenos (alquenos) e em alguns cicloalcanos.

Alcenos

Nos compostos de cadeias abertas insaturadas (alcenos), se os átomos ou grupos de átomos que se ligam aos carbonos da dupla forem diferentes entre si, teremos a formação de dois compostos isômeros entre si, um cis e outro trans.

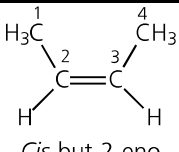
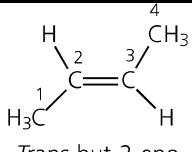
- **Cis:** são isômeros que apresentam os ligantes mais complexos no mesmo plano.
- **Trans:** são isômeros que apresentam os ligantes mais complexos em planos diferentes.

Exemplos:

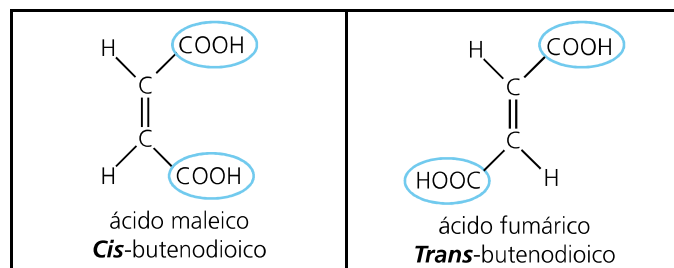


	Cis-1,2-dicloro-etileno	Trans-1,2-dicloro-etileno
Ponto de Fusão (°C)	-80,5	-50
Ponto de Ebulição (°C)	60,3	47,5
Densidade (a 20 °C)	1,284 g/mL	1,265 g/mL

II. but-2-eno

 <p>Cis-but-2-eno</p>	 <p>Trans-but-2-eno</p>
<ul style="list-style-type: none"> Fórmula: $H_3C-CH=CH-CH_3$ Ponto de fusão: $-138,9\text{ °C}$ Ponto de ebulição: $3,73\text{ °C}$ Solubilidade em água: 5 g/l 	<ul style="list-style-type: none"> Fórmula: $H_3C-CH=CH-CH_3$ Ponto de fusão: $-105,5\text{ °C}$ Ponto de ebulição: $0,96\text{ °C}$ Solubilidade em água: 5 g/l

III. ácido butenodioico



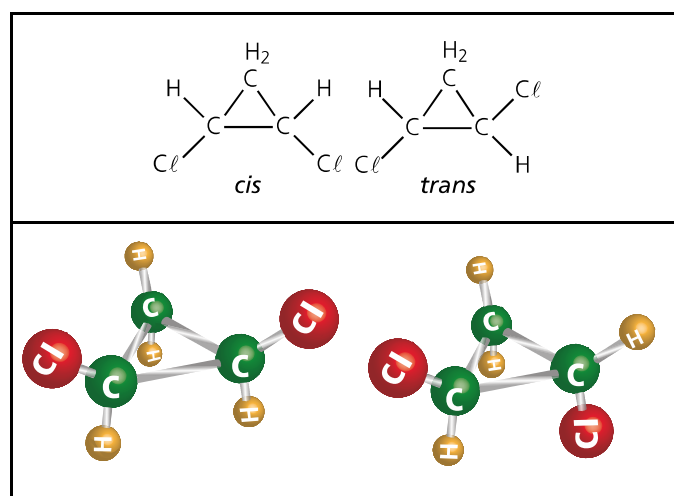
Propriedades Físico-Químicas	Ácido Maleico	Ácido Fumárico
Fórmula molecular	$C_4H_4O_4$	$C_4H_4O_4$
Família química	Ácido orgânico	Ácido orgânico
Peso molecular	116,1	116,7
Aparência	Sólido, branco, sem odor	Sólido, branco, sem odor
Ponto de fusão	$130,5\text{ °C}$	$286-287\text{ °C}$
Ponto de ebulição	Decompõe	Muito alto
Densidade relativa	$1,59\text{ g/cm}^3$ a 20 °C	$1,635\text{ g/cm}^3$ a 20 °C
Solubilidade	79 g/100 mL de água a 25 °C	$0,7\text{ g/100 mL}$ de água a 17 °C

Cadeias cíclicas

Uma das condições necessárias para ocorrer isomeria geométrica em compostos de cadeia fechada (Bayeriana).

Em pelo menos dois átomos de carbono do ciclo, devemos encontrar dois ligantes diferentes entre si.

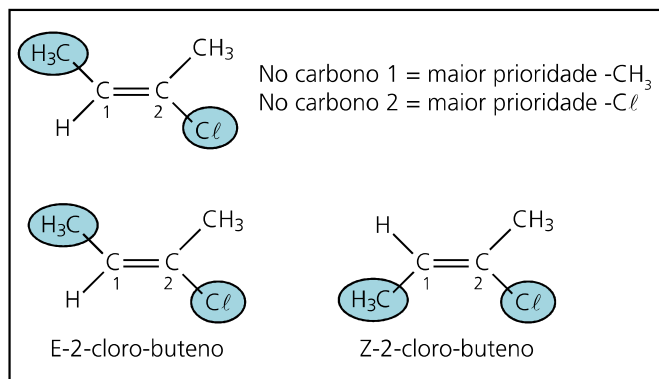
Exemplo: 1,2-diclorociclopropano



As propriedades físicas das formas *cis* e *trans* nas cadeias cíclicas também são diferentes, assim como nas cadeias abertas insaturadas que apresentam isomeria geométrica.

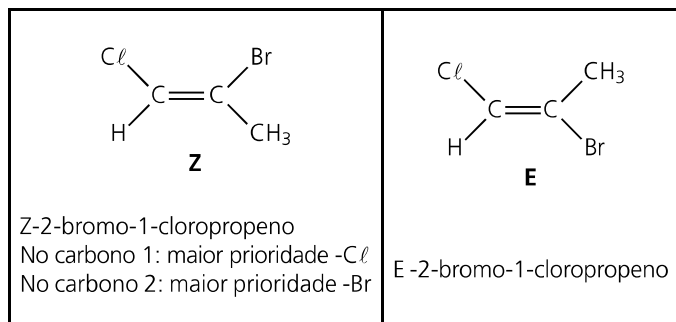
Isomeria E-Z

Os termos *cis* e *trans* podem se tornar ambíguos se forem aplicados a alcenos cujos átomos de carbono da dupla possuem em conjunto mais que dois ligantes diferentes.



Nesses casos o mais correto é usar o sistema de nomenclatura E-Z, proposto pelos químicos Cahn-Ingold-Prelog. No qual, se baseia nos números atômicos dos ligantes, onde o ligante que tiver o maior número atômico terá maior prioridade.

Nesse sistema, a letra E vem da palavra alemã *entgegen*, opostos (parecido com o *trans*) e a letra Z vem da palavra alemã *zusammen*, juntos (parecido com o *cis*).

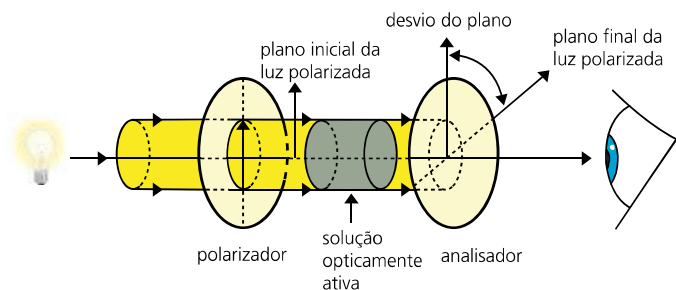


Isomeria óptica

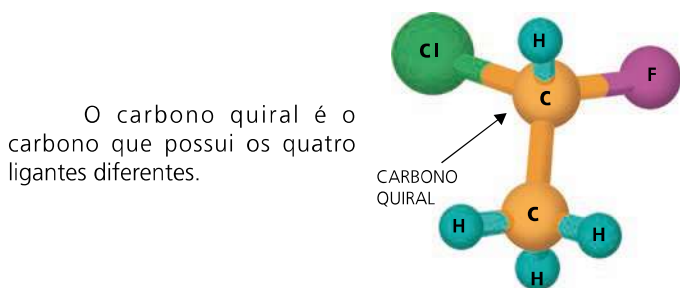
Ocorre quando uma substância tem a capacidade de desviar o plano da luz polarizada.

Luz polarizada

É um conjunto de ondas eletromagnéticas que se propagam em apenas uma direção.



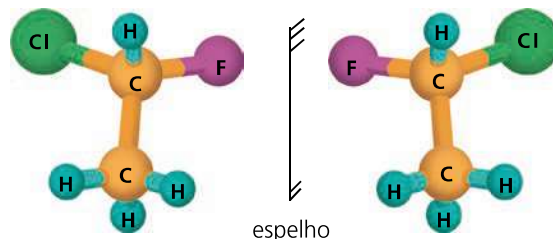
Atividade óptica só é possível em moléculas assimétricas, geralmente moléculas que possuem carbono quiral.



As moléculas assimétricas ou quirais são capazes de desviar o plano de vibração da luz polarizada.

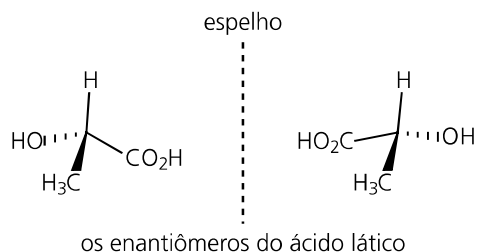
- **Dextrógiro (d ou +):** Estereoisômero que desvia a luz polarizada para a direita.
- **Levógiro (l ou -):** estereoisômero que desvia a luz polarizada para a esquerda.
- **Par de enantiômeros:** são estereoisômeros (dextro e levo) que não se sobrepõem, porém formam imagens espaciais entre si. Também pode ser denominado de par de enantiomorfos ou antípodas ópticas.

ENANTIÔMEROS OU ENANTIOMORFOS OU ANTÍPODAS ÓPTICAS



São imagens espaciais um do outro que não se sobrepõem.

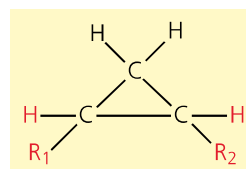
- **Mistura racêmica:** mistura equimolar de pares enantiomorfos, 50% de dextrógiro e 50% de levógiro, sendo opticamente inativa por compensação externa.



Exemplo: Uma mistura constituída por 1 mol de cada um dos estereoisômeros forma uma mistura racêmica.

Isomeria óptica em compostos cíclicos

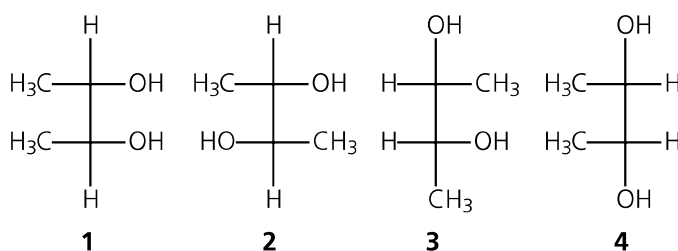
Ocorre em compostos cíclicos e saturados, desde que pelo menos dois carbonos da cadeia cíclica se prendam a dois radicais diferentes entre si.



Estruturas em projeção de Fischer

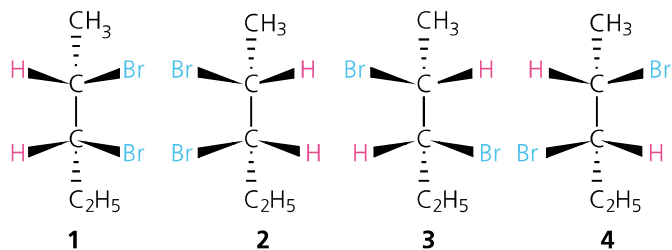
- **Diastereoisômeros:** são estereoisômeros que não são iguais e nem formam imagens espaciais entre si.
- **Isômero meso ou mesômero:** estereoisômero que apresenta carbonos quirais iguais e um plano de simetria molecular, molécula simétrica ou aquiral, sendo opticamente inativa por compensação interna. Os mesômeros não formam pares de enantiômeros, pois as imagens espaciais se sobrepõem.

Estruturas do butano-2,3-diol



As estruturas 1 e 4 são iguais e correspondem ao isômero *meso*.

As estruturas 2 e 3 formam um par de enantiômeros.



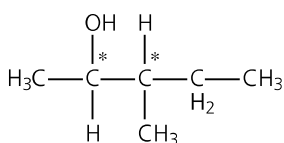
As estruturas **1** e **2** são iguais e correspondem ao isômero *meso*.

As estruturas **3** e **4** formam um par de enantiômeros.

- Cálculo do número de isômeros opticamente ativos = 2^n
- Cálculo do número de pares de enantiômeros (mistura racêmica) = 2^{n-1}
Em que: n = número de carbonos quirais diferentes.

Aplicação

A quantidade de isômeros opticamente ativos, pode ser dada a partir da quantidade de carbonos quirais em uma molécula.



IOA – isômero ópticamente ativo

IOA = 2^n , sendo n o número de carbonos assimétricos diferentes

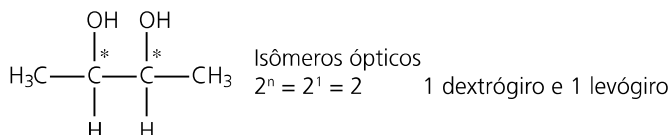
Para a molécula dada, temos:

IOA = $2^2 = 4$, 4 isômeros ópticos ativos

Dois misturas racêmicas, a metade do número de isômeros ativos.

- Cálculo do número de estereoisômeros quando há carbonos assimétricos iguais.
Composto: butano-2,3-diol

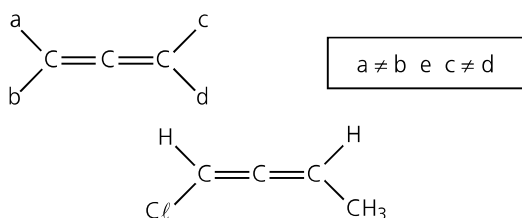
Carbonos assimétricos idênticos



Butano-2,3-diol – 1 mistura racêmica (inativa por compensação externa) e 1 isômero *meso* (inativo por compensação interna).

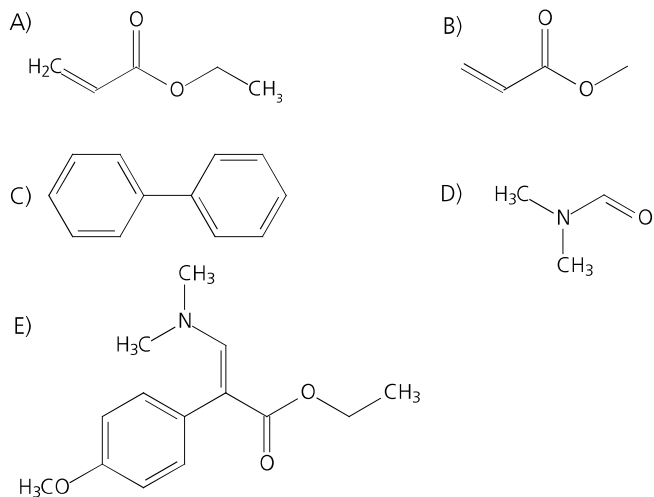
Isomeria óptica em derivados do aleno-propadieno

Isomeria óptica sem carbono assimétrico.

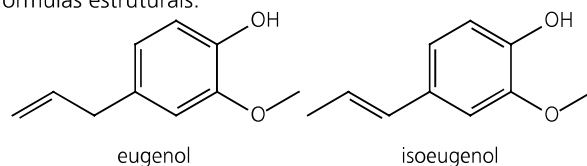


Exercícios de Fixação

- 01.** A isomeria E-Z é aplicada seguindo a seguinte regra: “terá prioridade o ligante cujo átomo imediatamente ligado ao carbono da dupla tiver maior número atômico”. A estrutura que apresenta estereoisomeria geométrica Z - E é o:



- 02.** O cravo-da-índia e a noz-moscada são condimentos muito utilizados na culinária, e seus principais constituintes são, respectivamente, o eugenol e o isoeugenol. Observe suas fórmulas estruturais:



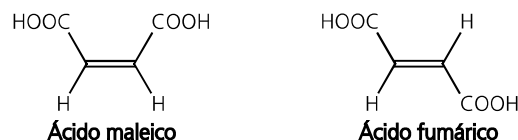
- O eugenol e o isoeugenol são isômeros de posição;
- O eugenol e o isoeugenol apresentam isomeria geométrica;
- Somente o isoeugenol pode apresentar estereoisomeria Z - E.

Pode-se afirmar que está(ão) correto(s) somente

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

- 03.** (PUC-RJ) O ácido maleico e o ácido fumárico são isômeros geométricos ou diastereoisômeros cis-trans, o que resulta em propriedades físicas e químicas diferentes. Por exemplo, o ácido maleico possui as duas carboxilas no mesmo plano e, devido a isso, ele é capaz de sofrer desidratação intramolecular, ou seja, suas moléculas se reorganizam liberando uma molécula de água e formando o anidrido maleico. Isso já não acontece com o ácido fumárico, porque suas carboxilas estão em lados opostos e, por causa desse impedimento espacial, não há como elas interagirem.

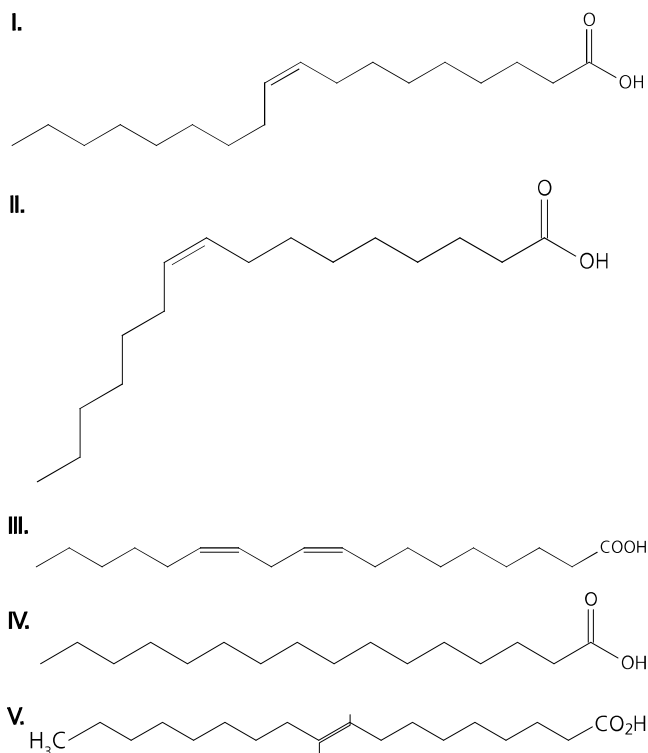
As estruturas desses dois isômeros estão representadas abaixo:



Indique o nome oficial desses dois compostos, respectivamente:

- ácido trans-butenodioico e ácido cis-butenodioico
- ácido cis-butenodioico e ácido trans-butenodioico
- ácido Z-etenodioico e ácido E-etenodioico
- ácido E-butenodioico e ácido Z-butenodioico
- ácido cis-etenodioico e ácido trans-etenodioico

- 04.** Desde 2006, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) obriga todos os fabricantes a indicar no rótulo a quantidade de gordura trans presente nos alimentos. Por outro lado, o Ministério da Saúde também tenta acabar com a utilização dessa gordura, seguindo o exemplo de países como Suíça e a Dinamarca, onde ela é proibida. A perseguição tem um bom motivo. Estudos científicos comprovaram que essa gordura é extremamente prejudicial à saúde: além de aumentar os níveis de colesterol ruim, o LDL, também diminui a taxa de colesterol bom, o HDL. Em geral, as gorduras vegetais, como o azeite e os óleos, são bons para a saúde. Porém, quando passam pelo processo de hidrogenação ou são esquentadas, as moléculas são quebradas e a cadeia se rearranja. Essa nova gordura é que vai fazer todo o estrago nas artérias. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco ácidos graxos presentes nas gorduras alimentícias.

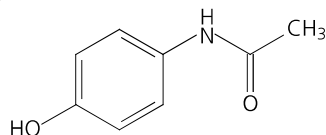


Dentre os ácidos graxos apresentados na figura, aquele que apresenta configuração *trans* nas gorduras é:

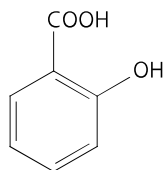
- A) I
B) II
C) III
D) IV
E) V

05. A isomeria óptica é uma propriedade que se manifesta nas moléculas assimétricas ou quirais. Os compostos que apresentam estruturas assimétricas são classificados como opticamente ativos. A estrutura molecular que representa um composto com atividade óptica é o

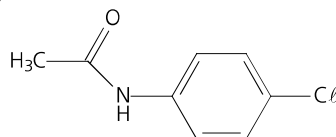
A)



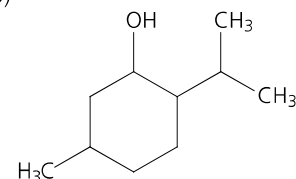
B)



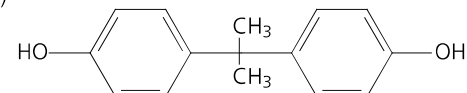
C)



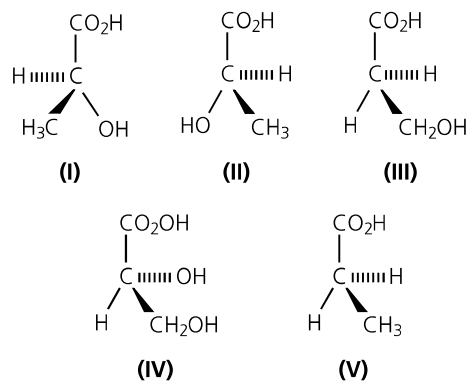
D)



E)

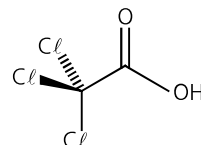


06. (UFV-MG) Dores musculares são frequentemente causadas pelo acúmulo do ácido láctico (I) nos músculos, após a realização de exercícios prolongados. O seu isômero (II), por outro lado, é encontrado no leite azedo. O ácido (III) é também isômero de (I) e de (II). O glicerol (IV) é um agente umectante comumente adicionado a produtos, como cremes dentais, para evitar que esses sequem rapidamente. O ácido (V) é um dos responsáveis pelo sabor do queijo suíço. Com relação a esses compostos não é correto afirmar que:



- A) o composto (I) é isômero constitucional do composto (II).
B) o composto (I) é enantiômero do composto (II).
C) os compostos (III) e (IV) não apresentam atividade ótica.
D) o composto (I) é isômero constitucional do composto (III).
E) o composto (III) não é isômero constitucional do composto (V).

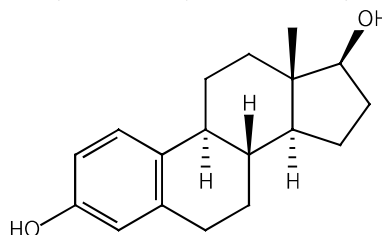
07. (UFF-RJ) Se você sofreu com as espinhas na adolescência e ficou com o rosto marcado por cicatrizes, chegou a hora de se ver livre delas. A reconstituição química para cicatrizes da pele é um procedimento avançado, realizado em consultório médico, que dispensa anestesia. Com um estilete especial, aplica-se uma pequena quantidade de ácido tricloroacético (ATA) a 100%, em cada cicatriz. A substância estimula a produção de um colágeno e promove um preenchimento de dentro para fora. É muito mais poderoso e eficaz do que os *peelings* tradicionais, que trabalham com o ATA com, no máximo, 40% de concentração. A fórmula estrutural do ATA é:



Assim sendo, pode-se afirmar que:

- A) o ATA é opticamente ativo e apresenta isômeros *cis* e *trans*.
B) o ATA é opticamente ativo.
C) o ATA é constituído por uma mistura racêmica.
D) o ATA é opticamente inativo.
E) o ATA apresenta, apenas, isomeria *cis-trans*.

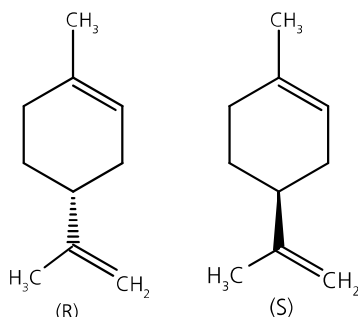
08. O estradiol é um hormônio produzido pelos folículos ovarianos e que determina as características sexuais femininas. O estradiol também está presente nas pílulas anticoncepcionais.



Sobre a estrutura do estradiol pode-se afirmar que:

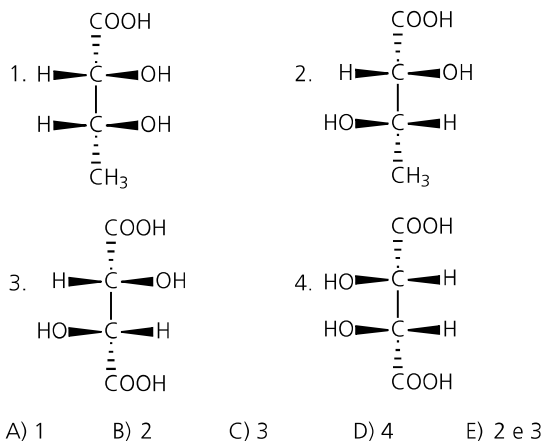
- A) é um álcool que apresenta 3 carbonos assimétricos.
B) é um fenol que apresenta 4 carbonos assimétricos.
C) é um composto de função mista que apresenta 5 carbonos assimétricos.
D) é um composto de função dupla que apresenta 6 carbonos assimétricos.
E) é uma macromolécula que apresenta 7 carbonos assimétricos.

09. Recentemente, cientistas holandeses divulgaram uma pesquisa na qual relatam que o limoneno pode auxiliar o tratamento e prevenção de alguns tipos de câncer como os de próstata, de estômago, de fígado, de intestinos, de pâncreas, de mama, de pulmão e leucemias. O limoneno (1-metil-4-isopropenilciclohex-1-eno) é uma substância natural responsável pelo odor característico de várias frutas cítricas, como o do limão e da laranja. É muito utilizado na indústria alimentícia como componente aromático e para dar sabor aos alimentos. Abaixo estão representadas duas espécies químicas para o limoneno, com configurações R e S, encontradas em algumas frutas cítricas.



Com base nas figuras, podemos afirmar que:

- A) o limoneno possui um carbono quiral, logo, apresenta dois isômeros ópticos.
 B) os dois compostos representam um caso típico de tautomeria.
 C) o S-limoneno apresenta dois carbonos quirais.
 D) o S-limoneno pode ser considerado um isômero mais opticamente ativo do que o R-limoneno.
 E) o R-limoneno e o S-limoneno são dois compostos iguais.
10. O isômero meso ou mesômero é opticamente inativo por compensação interna, devido à existência de um plano de simetria molecular, ou seja, molécula aquiral. Dessa forma, esse isômero não forma par de enantiômeros, pois as duas estruturas são na verdade iguais, logo, analisando as estruturas abaixo pode-se afirmar que existe um plano de simetria molecular em

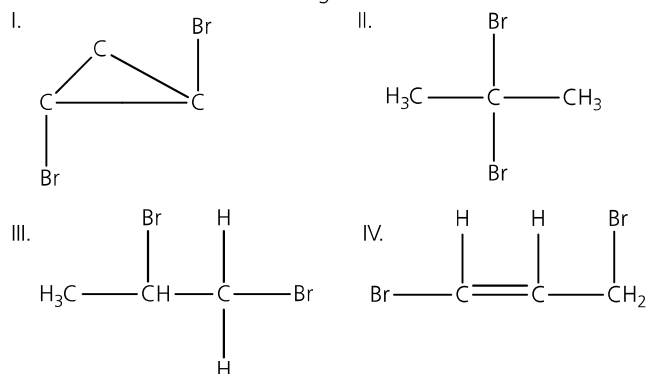


Exercícios Propostos

01. (FGV) São feitas as seguintes afirmações sobre o composto 3,5-dimetil-hepta-2-eno:
- A sua fórmula molecular é C_9H_{18} ;
 - Apresenta um átomo de carbono com arranjo trigonal planar;
 - Apresenta isômeros ópticos;
 - Apresenta isomeria geométrica.
- São corretas as afirmações contidas apenas em:
- A) II e III B) III e IV
 C) I, II e III D) I, II e IV
 E) I, III e IV

02. (Unifesp) Solubilidade, densidade, ponto de ebulição (P.E.) e ponto de fusão (P.F.) são propriedades importantes na caracterização de compostos orgânicos. O composto 1,2-dicloroeteno apresenta-se na forma de dois isômeros, um com P.E. 60°C e outro com P.E. 48°C . Em relação a esses isômeros, é correto afirmar que o isômero:
- A) *cis* apresenta P.E. 60°C .
 B) *cis* é o mais solúvel em solvente não polar.
 C) *trans* tem maior polaridade.
 D) *cis* apresenta fórmula molecular $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$
 E) *trans* apresenta forças intermoleculares mais intensas.

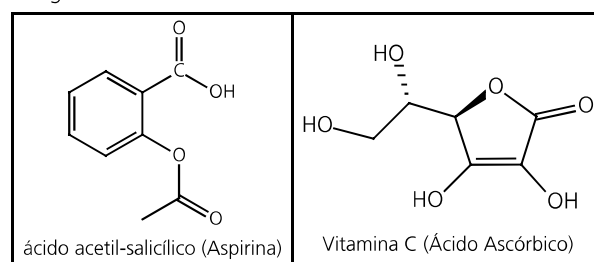
03. No olho humano, especificamente na retina, o *cis*-11-retinal se transforma no *trans*-11-retinal pela ação da luz e, assim, produz impulso elétrico para formar a imagem; por isso, o ser humano precisa de luz para enxergar. Esses compostos são isômeros. Observe as 4 moléculas a seguir:



No que diz respeito às moléculas apresentadas, assinale a afirmação verdadeira.

- A) As moléculas I e II são isômeros de cadeia e I e IV são isômeros de posição.
 B) As moléculas II e III são isômeros de posição e a molécula I pode apresentar isomeria geométrica *trans* e isomeria óptica.
 C) As moléculas I e III são tautômeros, e a molécula IV pode apresentar isomeria geométrica *cis* e isomeria óptica.
 D) As moléculas I e IV não são isômeros.
 E) Os compostos II e IV são isômeros de posição.
04. (PUC-RJ-modificada) Assinale a alternativa correta sobre a substância propanona (vulgarmente conhecida como acetona).
- A) Na molécula de acetona, existem nove ligações sigma (σ) e uma pi (π).
 B) A propanona é uma substância que apresenta isomeria geométrica.
 C) A propanona é uma substância que apresenta isomeria óptica.
 D) O propanal não é isômero da acetona.
 E) A acetona é uma substância apolar.

05. (Unesp) Dentre os inúmeros preparados farmacêuticos para o combate à dor, alguns contêm em suas formulações a “aspirina” – um analgésico e antitérmico, muito utilizado no combate à dor de cabeça –, outros são misturas de vitamina C e aspirina, tendo como finalidade combater os sintomas da gripe. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir:



Com relação a esses compostos, é correto afirmar que há quiralidade:

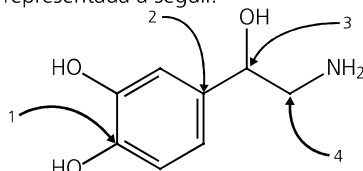
- A) apenas na aspirina, pois na sua molécula há seis átomos de carbono do anel benzênico.
- B) apenas na aspirina, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, simultaneamente, a dois átomos de oxigênio.
- C) apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono unidos por dupla ligação e que constituem o heterociclo.
- D) apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, cada um deles, a quatro grupos distintos.
- E) nos dois casos, pois as moléculas de ambos apresentam átomos de carbono unidos por ligações duplas constituindo um ciclo.

06. Isomeria é o fenômeno de dois ou mais compostos apresentarem a mesma fórmula molecular e fórmulas estruturais diferentes. Os compostos com estas características são chamados de isômeros.

O hidrocarboneto de fórmula C_5H_{10} pode apresentar os seguintes tipos de isomeria:

- A) apenas de cadeia e de posição
- B) apenas de função, de cadeia e de posição
- C) de cadeia, de posição, geométrica e óptica
- D) de compensação, tautomeria, cis-trans e óptica
- E) de cadeia, função e óptica.

07. (Uerj) A noradrenalina é um hormônio cuja fórmula estrutural encontra-se representada a seguir.



O número correspondente à seta que indica o átomo de carbono responsável pela atividade óptica desta molécula é:

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

Texto para a próxima questão.

Os recursos hídricos podem ser considerados sob três aspectos distintos: como elemento físico da natureza, como ambiente para a vida e como fator indispensável à vida na Terra. A água usada no abastecimento de comunidades humanas requer padrões de qualidade. Assim, ela não deve apresentar sabor, odor e aparência desagradáveis, bem como não deve conter substâncias nocivas e microrganismos patogênicos. O tratamento convencional para obtenção de água potável utiliza métodos tais como aeração, pré-cloração, carvão ativado e outros, a fim de remover substâncias que causam odor e sabor nos suprimentos públicos de água, decorrentes da atividade industrial, esgotos domésticos, gases dissolvidos, matéria mineral dissolvida e algas. Assim, nas águas com ferro (+2) e manganês (+2), formam-se óxidos amarronzados que alteram a cor e sabor dessas águas, enquanto que o gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio) lhes altera o sabor e o odor. Substâncias orgânicas, como, por exemplo, os compostos 2-trans-6-cis-nonadienal e 3-cis-hexenol produzidos por algas, em níveis muito baixos (nanograma/L), causam alterações no sabor e odor.

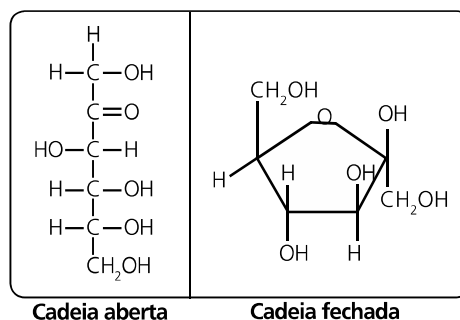
08. (UFPEl) Sobre a estrutura dos compostos orgânicos, é correto afirmar que:

- A) somente o álcool apresenta isômero geométrico, porque tem, na sua estrutura, uma insaturação e os quatro ligantes diferentes em cada carbono dessa insaturação.
- B) somente o aldeído apresenta isômeros geométricos, porque tem, na sua estrutura, duas insaturações e ligantes diferentes em cada carbono dessas insaturações.
- C) ambos apresentam isômeros óticos, porque têm, na estrutura, um carbono assimétrico.
- D) ambos apresentam isômeros geométricos, porque têm, na estrutura, uma dupla ligação e ligantes diferentes em cada carbono da insaturação.
- E) ambos são substâncias opticamente ativas, porque têm, na estrutura, um centro de assimetria.

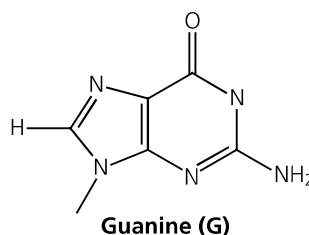
09. (UFPE) A origem da homociralidade da nossa biota é um dos grandes mistérios da ciência moderna. Das moléculas abaixo, de ocorrência comum nos seres vivos, qual não apresenta centro quiral (centro assimétrico ou centro estereogênico)?

- A) Frutose

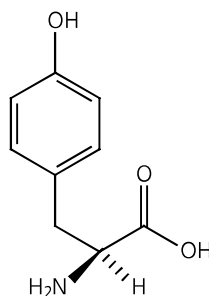
FRUTOSE



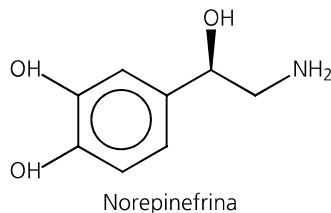
- B) Guanina



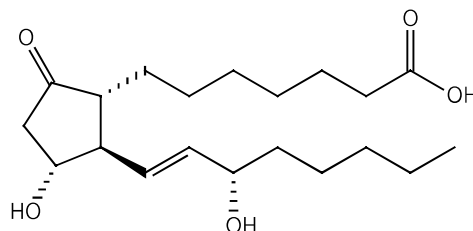
- C) Tirosina



- D) Norepinefrina



- E) Prostaglandina



10. (Covest) Em seu livro *O Homem que Matou Getúlio Vargas* Jô Soares afirma que "a naftalina, encontrada em qualquer lugar para matar traças, misturada em dose certa, pode ser tão tóxica e fulminante quanto o cianeto". O constituinte básico da naftalina é o naftaleno, $C_{10}H_8$, sobre o qual podemos afirmar que é um hidrocarboneto:

- A) aromático que apresenta atividade óptica.
- B) aromático aquiral.
- C) cíclico saturado.
- D) acíclico.
- E) cíclico insaturado quiral.