Desvendando Moléculas Orgânicas com a Impressão 3D

Uma abordagem prática e visual para o ensino de Química

MÉRIDA PUBLISHERS

Desvendando Moléculas Orgânicas com a Impressão 3D

Uma abordagem prática e visual para o ensino de Química

AUTORES:

Kamilla Malverdi Barcelos
Amanda Vieira Rosa
Hanna dos Santos da Rocha
Maria Eduarda Lima Poubel
Matheus Ariel Lisboa Ramos
Matheus Costa Martins
Myllena Campos Alves
Pedro Henrique da Conceição Pires
Sarah Santos Borges
Thainá Fernandes Santos
Tiago Botazini Bonomo
Vitor Bragança Siqueira
Vitória Ferreira de Souza
Vitória Ramos Sampaio
Carolina Lomando Cañete

Canoas
2026

MÉRIDA
PUBLISHERS

Equipe editorial

Editor Chefe
Prof. Dr. Luis Guillermo Ramírez Mérida
Universidad de Carabobo (UC), Venezuela.

Comitê Editorial
Profª. MSc. Alba Morón de Salim
Universidad de Carabobo (UC), Venezuela.

Profª. Drª. Carla Rosane Barboza Mendonça
Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil.

Profª. Drª. Caroline Dellinghausen Borges
Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil.

Profª. Drª. Flávia Michelon Dalla Nora
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.

Drª. Ihana Aguiar Severo
Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil.

Dr. Joceli Augusto Gross
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.

Dr. José Bruno Malaquias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil.

Dr. Luis Manuel Hernández García
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Brasil.

Profª. Drª. Neila Silvia Pereira dos Santos Richards
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.

Prof. Dr. Rafael Fernández da Silva
Universidad de Carabobo (UC), Venezuela.

Prof. Dr. Richard Alberto Rodríguez Padrón
Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC), Uruguai.

Profª. Drª. Tassiane dos Santos Ferrão
Instituto Federal Farroupilha (IFFar), Brasil.

Desvendando Moléculas Orgânicas com a Impressão 3D
Uma abordagem prática e visual para o ensino de Química

© 2026 Mérida Publishers
DOI: 10.69570/mp.978-65-84548-48-0

Canoas - RS - Brasil
contact@meridapublishers.com
www.meridapublishers.com

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

D478d

Desvendando moléculas orgânicas com a impressão 3D [livro eletrônico] / Kamilla Malverdi Barcelos... [et al.]. – 1. ed. – Canoas, RS: Mérida Publishers, [2026].
il. color.

Formato: PDF.
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-84548-48-0

1. Química orgânica – Ensino. 2. Impressão 3D – Material didático. I. Barcelos, Kamilla Malverdi. II. Rosa, Amanda Vieira. III. Rocha, Hanna dos Santos da. IV. Poubel, Maria Eduarda Lima. V. Ramos, Matheus Ariel Lisboa. VI. Martins, Matheus Costa. VII. Alves, Myllena Campos. VIII. Pires, Pedro Henrique da Conceição. IX. Borges, Sarah Santos. X. Santos, Thainá Fernandes.

CDD 547

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

RECURSO EDUCACIONAL

Desenvolvido para apoiar o ensino de Química através da utilização de moléculas orgânicas produzidos por impressão 3D. O material reúne conteúdos teóricos e sugestões de atividades, possibilitando sua utilização em diferentes contextos educacionais. Sua produção integra as ações de projetos do Programa de Iniciação Científica Júnior do Espírito Santo (PICJr), financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), por meio do Edital FAPES/SEDU nº 12/2023 – PICJr 2024 e do Edital FAPES/SEDU nº 17/2025 – PICJr 2026.

SOBRE OS AUTORES

Esta obra foi produzida no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), campus São Mateus, sob a coordenação das doutoras Carolina Lomando Cañete, docente de Biologia, e Kamilla Malverdi Barcelos, docente de Química. A produção contou com a participação de 2 estudantes do curso de Engenharia Mecânica e 11 estudantes dos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio em Mecânica e Eletrotécnica.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio concedido por meio dos editais FAPES/SEDU n° 12/2023 – Programa de Iniciação Científica Júnior do Espírito Santo - Pesquisador do Futuro (PICJr 2024) e FAPES/SEDU nº 17/2025 – Programa de Iniciação Científica Júnior do Espírito Santo - Pesquisador do Futuro (PICJr 2026).

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), pelo apoio institucional e incentivo à pesquisa e à formação docente e discente.

SUMÁRIO

1. Apresentação 8
2. Modelos didáticos no ensino de química.....10
3. Impressão 3D na produção de material didático .11
4. Apresentação do material.....13
5. Como imprimir moléculas 14
6. Possilidades de utilização 19
7. Compostos orgânicos 23
   7.1 Ácido acético 24
   7.2 Ácido acetilsalicílico 29
   7.3 Ácido áscorbico 33
   7.4 Adrenalina 40
   7.5 Benzeno 46
   7.6 Cafeína 54
   7.7 Etano 58
   7.8 Glicose cíclica 62
   7.9 Glicose linear 67
   7.10 Naftaleno 72
   7.11 Propano 79
   7.12 Propino 85
   7.13 Teobromina 90
   7.14 Trinitrolueno 95
   7.15 Vanilina 100
8. Referências 104

APRESENTAÇÃO

O ensino de Química envolve a compreensão de conceitos que, muitas vezes, não podem ser observados diretamente, como estruturas moleculares, ligações químicas, geometrias espaciais e interações entre partículas. Essa característica torna a disciplina desafiadora para muitos estudantes, especialmente quando os conteúdos são abordados apenas de forma teórica e abstrata. Nesse contexto, a utilização de recursos didáticos que favoreçam a visualização e a manipulação de modelos torna-se uma importante estratégia para promover uma aprendizagem mais significativa.

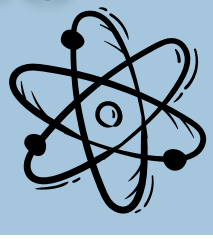
A partir da percepção da carência de materiais didáticos voltados ao ensino de Química, no ano de 2024, desenvolveu-se o projeto "Materiais Didáticos Tridimensionais de Biologia e Química: Produção e Possibilidades de Utilização". No ano de 2026, deu-se continuidade à ideia de produção de materiais didático com o projeto intitulado "Transformando o Ensino em

Três Dimensões: Criatividade Prática e Conhecimento com Modelos em Impressão 3D". Ambos os projetos foram financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e desenvolvidos pela equipe do Laboratório de Ensino de Biologia e Química (LEBIQ) do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) do Campus São Mateus.

Como resultado das experiências, pesquisas e materiais produzidos ao longo desses projetos, foi elaborado este e-book, com o objetivo de apresentar possibilidades de utilização da impressão 3D como ferramenta de apoio ao ensino de Química Orgânica. A proposta é compartilhar estratégias que contribuam para a compreensão de conteúdos relacionados à visualização de moléculas, à identificação de grupos funcionais, às estruturas carbônicas e às suas aplicações.

Espera-se que as experiências aqui apresentadas possam inspirar novas práticas pedagógicas, promovendo uma aprendizagem de Química Orgânica mais dinâmica e interessante.

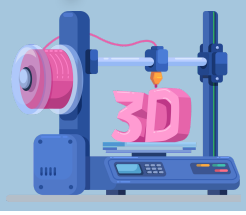
MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA



Os modelos didáticos desempenham um papel essencial no ensino de Química, pois facilitam a representação de conceitos abstratos por meio de formas mais acessíveis e compreensíveis para os estudantes (Gilbert e Boulter, 2000). Sua utilização surgiu da necessidade de favorecer a aprendizagem de conteúdos científicos complexos, contribuindo para a construção do conhecimento e para o desenvolvimento do pensamento científico (Krapas et al., 1997; Greca e Santos, 2005; Astolfi e Develay, 2012).

Além disso, os modelos didáticos potencializam o desenvolvimento de habilidades de raciocínio espacial, fundamentais para a compreensão da disposição das moléculas no espaço tridimensional. Essas habilidades são especialmente importantes para o aprendizado de conteúdos abstratos, como estrutura molecular, geometria molecular e isomeria (Guadagnini e Gusmão, 2025). Dessa forma, os modelos constituem uma ferramenta pedagógica ao tornarem o processo de ensino e aprendizagem mais significativo aos estudantes.

IMPRESSÃO 3D NA PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO



O avanço das tecnologias digitais tem proporcionado novas possibilidades para o ensino, permitindo o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais interativas. Nesse contexto, a impressão 3D surge como uma tecnologia promissora, uma vez que se destaca como recurso pedagógico devido à sua versatilidade de aplicação (Muniz e Moraes, 2024) .

Segundo Santos e Andrade (2020), a impressão 3D se apresenta como alternativa viável para ajudar a suprir a falta de modelos didáticos no ensino de ciências, principalmente em química e biologia. A escassez de recursos visuais e táteis compromete diretamente a qualidade educacional, limitando o aprendizado ao teórico, sem que haja participação ativa dos discentes (Bernardo e Tavares, 2017).

Sob essa perspectiva, Aguiar (2016) defende que a impressão 3D tem potencial de transformar o ensino por meio da consolidação de materiais tridimensionais complexos, sem que os educadores precisem modelar ou

dimensionar, já que muitos deles podem ser obtidos facilmente em bibliotecas virtuais gratuitas de modelos 3D. Dessa forma, a autonomia que a tecnologia proporciona viabiliza a produção de recursos pela própria instituição de ensino, moldando conceitos abstratos em objetos palpáveis e estimulando o aprendizado de maneira prática (Maduro e Trombetoni, 2024).

Na disciplina de Química, a possibilidade de observar e manipular moléculas em três dimensões contribui para o desenvolvimento da percepção espacial, facilitando a compreensão das relações entre os átomos, dos ângulos de ligação e da organização estrutural das moléculas. Além disso, o contato direto com os modelos favorece a participação ativa dos estudantes, estimulando a curiosidade, a investigação e a construção do conhecimento de maneira mais significativa (Guadagnini, 2026).

Diante disso, a impressão 3D no ambiente educacional contribui ampliando não apenas os recursos de ensino, mas permitindo que a aprendizagem da teoria seja complementada de maneira tátil e visual, favorecendo a compreensão dos conteúdos dentro da sala de aula (Scheibel, 2025).

APRESENTAÇÃO DO MATERIAL

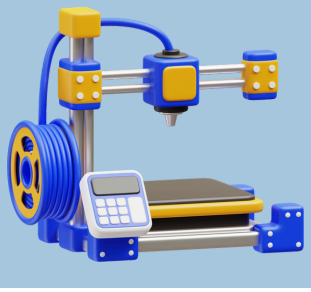


Neste e-book são apresentados 15 modelos de moléculas orgânicas (ácido acético, ácido acetilsalicílico, ácido ascórbico, adrenalina, benzeno, cafeína, etano, glicose linear e cíclica, naftaleno, propano, propino, teobromina, trinitrotolueno e vanilina), acompanhados de informações para sua compreensão e estudo.

Para cada molécula, são descritos aspectos como a nomenclatura segundo as normas da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), propriedades físicas, principais aplicações e curiosidades relacionadas ao composto, proporcionando uma visão mais ampla de sua importância científica e tecnológica.

Além disso, cada composto é acompanhado por questões que estimulam a reflexão e a consolidação dos conhecimentos abordados. As atividades incluem seus respectivos gabaritos, permitindo que o material seja utilizado tanto como recurso de apoio às aulas quanto como ferramenta para estudos individuais e revisão de conteúdos da Química Orgânica.

COMO IMPRIMIR AS MOLÉCULAS



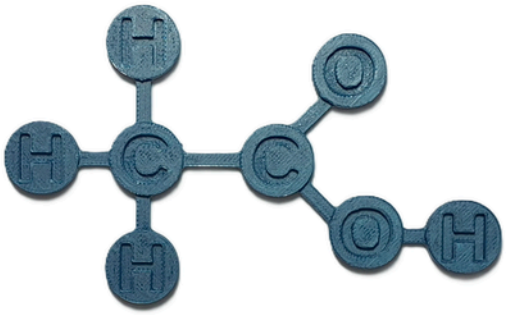
As moléculas foram produzidas por meio da impressão 3D em uma impressora Creality Ender-3 V3 KE, utilizando filamento PLA (ácido polilático). Para a configuração das moléculas, foi utilizado o software de fatiamento Creality Print, versão 6.3.0.3420, disponibilizado gratuitamente pelo fabricante. Os arquivos das moléculas foram obtidos no formato .STL e posteriormente convertidos para o formato .GCODE, que contém as instruções necessárias para a impressão em impressora 3D.

O PLA é um material de fácil utilização na impressão 3D, apresentando facilidade de processamento, boa estabilidade dimensional, bom acabamento e é biodegradável. Um aspecto importante desse material, porém, é sua baixa resistência térmica. Em temperaturas próximas ou superiores a 50 °C, o PLA pode começar a perder sua rigidez estrutural, tornando-se mais suscetível a deformações e empenamentos. Por esse motivo, recomenda-se evitar a exposição das peças impressas a fontes de calor e à luz solar direta por longos períodos (Materializa, 2024).

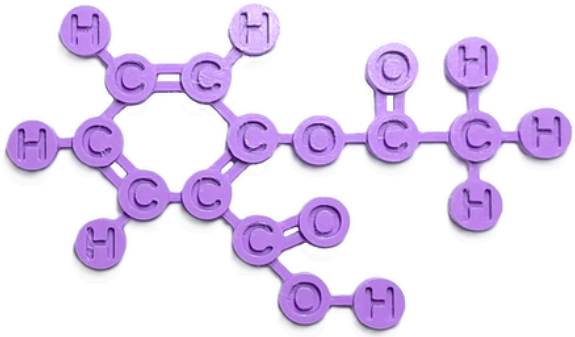
Caso ocorra a quebra de alguma peça após a impressão, o reparo pode ser realizado com cola instantânea à base de cianoacrilato, que apresenta boa adesão ao PLA.

Os arquivos digitais utilizados para a impressão da maioria das moléculas foram obtidos a partir do repositório disponível em https://www.thingiverse.com/thing:1242762. Já os modelos das moléculas de cafeína, glicose cíclica e propano foram desenvolvidos pelos autores deste e-book e encontram-se disponíveis para acesso e download em https://drive.google.com/file/d/1CaUtIu_OPrPqutRle8PcFxyhtHBzTZCf/view?usp=sharing.

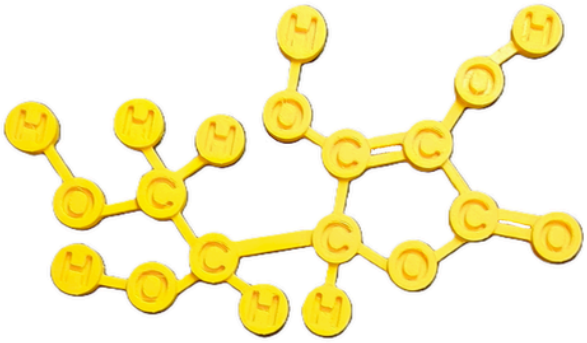
A seguir, são apresentadas imagens dos modelos moleculares impressos em 3D utilizados neste material. As fotografias são de autoria dos próprios autores com o objetivo de ilustar os modelos desenvolvidos. Para facilitar a identificação e a diferenciação entre as moléculas, os modelos foram impressos em cores distintas.



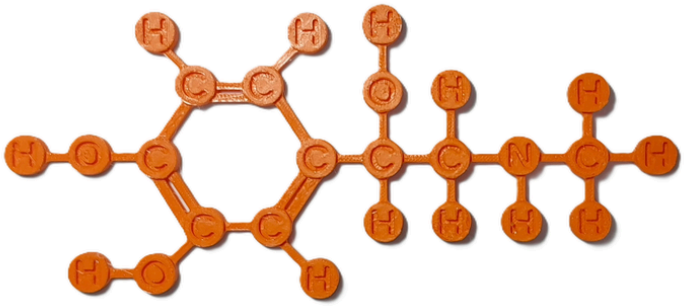
Ácido acético*



Ácido acetilsalicílico

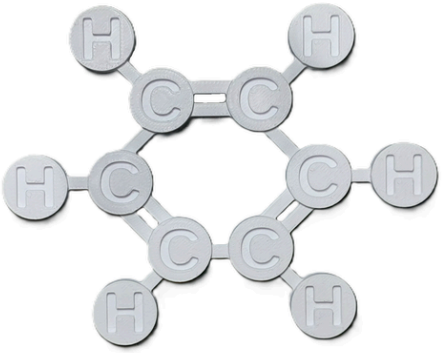


Ácido ascórbico

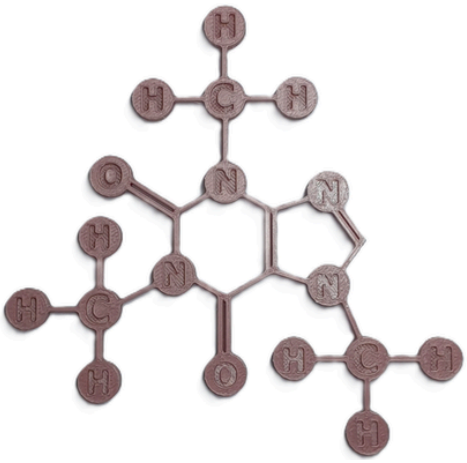


Adrenalina

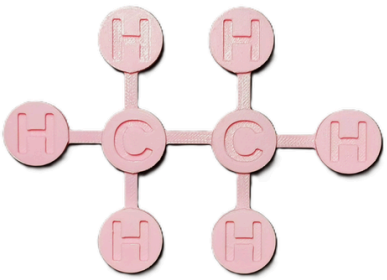
*A molécula foi impressa incorretamente para que os participantes identifiquem e corrijam o erro durante a atividade proposta no e-book.



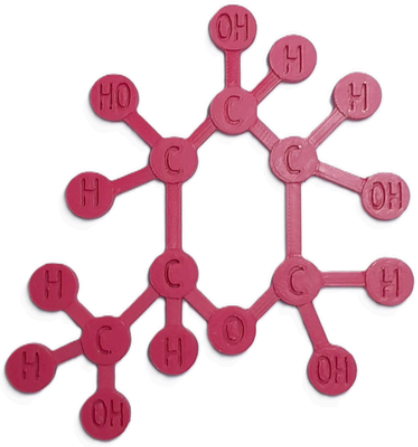
Benzeno



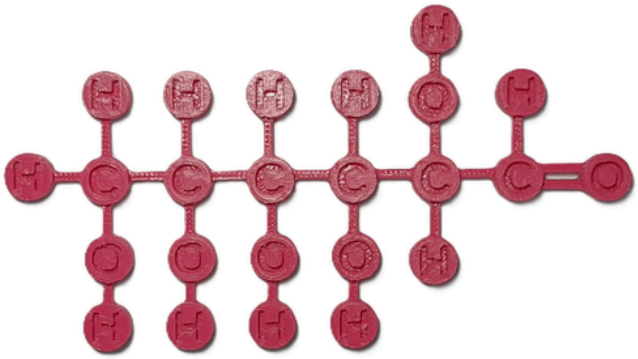
Cafeína



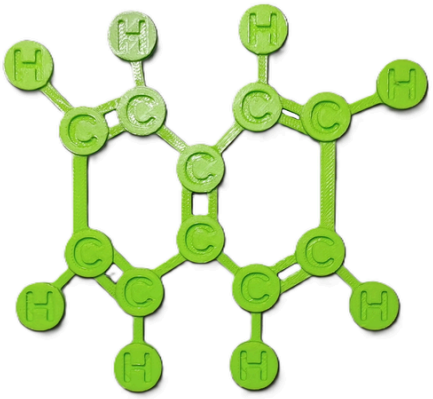
Etano



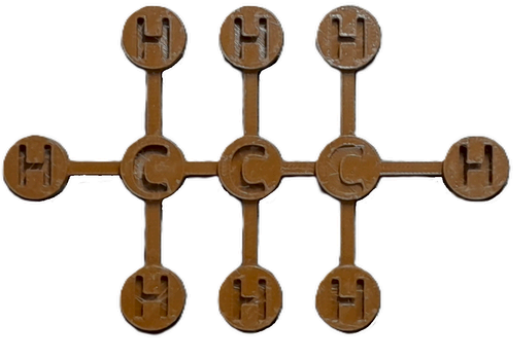
Glicose Ciclica



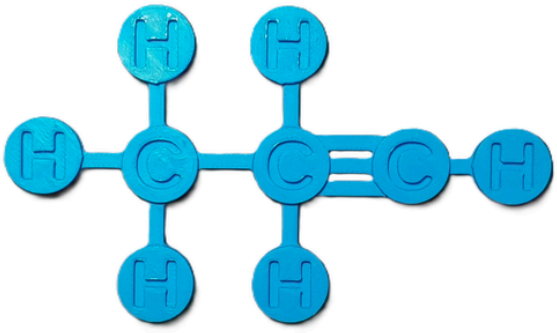
Glicose Linear



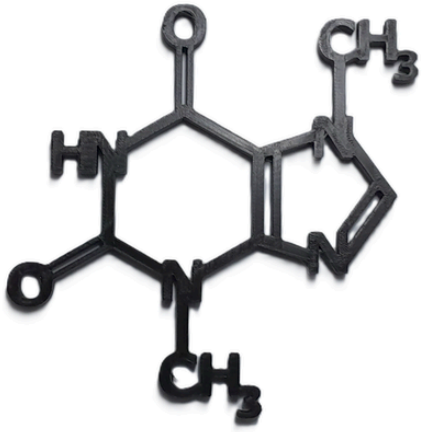
Naftaleno



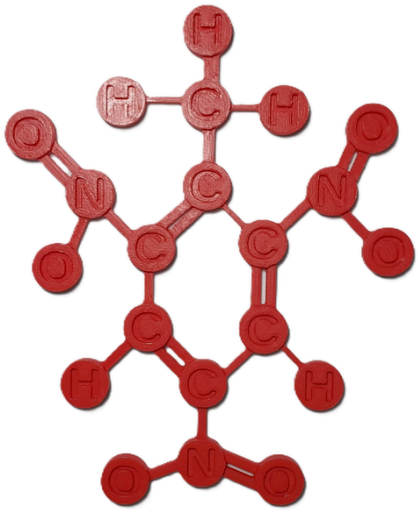
Propano



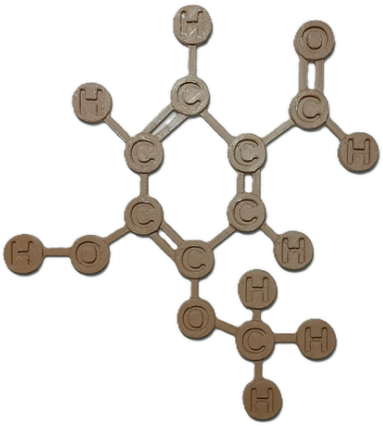
Propino*



Teobromina



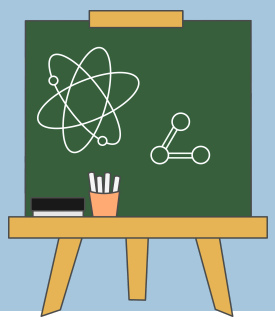
Trinitrotolueno



Vanilina

*A molécula foi impressa incorretamente para que os participantes identifiquem e corrijam o erro durante a atividade proposta no e-book.

POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO



O material aqui apresentado foi concebido para ser utilizado de forma flexível e adaptável a diversos contextos e realidades educacionais. A proposta permite que os modelos e atividades sejam incorporados em diferentes momentos do processo de ensino-aprendizagem, de acordo com os objetivos pedagógicos e as necessidades de cada turma.

Para ensinar utilizando os modelos em 3D, não há segredo! Sinta-se livre para usar a criatividade, pois não existe uma única forma de aplicar o material.

Para inspirar o seu planejamento, sugerimos três dinâmicas:

1. Compartilhamento de Moléculas;
2. Estudo Dirigido com Socialização dos Conteúdos;
3. O Despertar da Curiosidade.

1. Compartilhamento das Moléculas

Estratégia de aprendizagem que estimula o trabalho em equipe e a autonomia dos alunos.

- **Como aplicar:** Divida a turma em 15 grupos. Cada equipe recebe uma molécula impressa. Dê posse do e-book como guia para investigar sua molécula, cada equipe deve responder às questões propostas no caderno. Após um tempo determinado (sugerimos cerca de 15 minutos), as equipes trocam as moléculas e as fichas entre si. Dessa forma, todos os alunos têm a oportunidade de interagir com diferentes estruturas ao longo da aula.

- **Fechamento da aula:** Nos 15 minutos finais, o professor reúne a turma para uma breve discussão sobre as principais características das moléculas analisadas. Os grupos compartilham informações que consideraram mais interessantes ou relevantes durante a atividade. Em seguida, o professor revisa os conceitos centrais, destacando a visualização das moléculas e esclarecendo dúvidas.

2. Estudo Dirigido com Socialização dos Conteúdos

A proposta permite colocar os alunos como protagonistas do aprendizado, desenvolvendo também a oratória e a capacidade de síntese. É uma maneira dinâmica de fazer com que toda a sala conheça as características, aplicações e propriedades de diferentes moléculas através do olhar dos próprios colegas.

- **Como aplicar:** O professor divide a sala em grupos e em seguida distribui algumas moléculas impressas para cada um dos grupos. Sob a orientação do professor, utilizando as informações deste e-book e o celular para pesquisas na internet, os grupos realizam o estudo minucioso de cada molécula orgânica que ficaram responsáveis.

- **Fechamento da aula:** Cada grupo compartilha suas descobertas com o restante da classe em uma breve apresentação.

3. O Despertar da Curiosidade

Ideal para introduzir conceitos complexos de forma leve, capturando a atenção da turma logo nos primeiros minutos. A abordagem visual e tátil funciona como um excelente "gancho", gerando curiosidade imediata e preparando a mente dos alunos para compreenderem melhor o conteúdo programático que será aprofundado a seguir.

- **Como aplicar:** O professor levará as moléculas em 3D para o início da aula. Antes de entrar na teoria, um trio de alunos escolhe uma das moléculas para abordar com mais profundidade e apresentar o modelo impresso contando uma curiosidade marcante sobre a presença daquela substância na natureza ou no cotidiano. Logo após está atividade introdutória, o professor inicia a aula teórica.

Compostos orgânicos



Ácido Acético

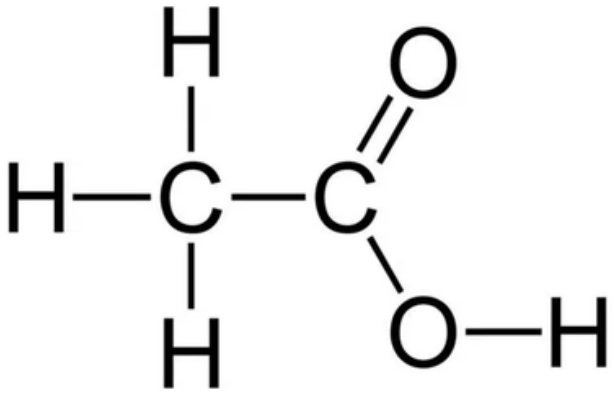
O ácido acético é também conhecido cientificamente como ácido etanoico. O termo "acético" deriva do latim "acetum", que significa vinagre, uma das principais fontes naturais desse ácido. Sua fórmula molecular é CH_3COOH.

Propriedades Físicas (PubChem, n.d.-a)
- Ponto de fusão: 16,6 °C
- Ponto de ebulição: 118,1 °C
- Densidade: 1,049 g/cm³ a 20 °C
- Solubilidade: solúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos

Grupos Funcionais
Carboxila (-COOH)

Classificação da Cadeia
Aberta (acíclica), homogênea e saturada, composta apenas por ligações simples entre os átomos de carbono.

Figura: Fórmula estrutural do ácido acético.



Fonte: Batista (n.d.)

Aplicações

- Indústria Alimentícia: o ácido acético é amplamente utilizado como conservante e regulador de acidez em alimentos. O vinagre, que é uma solução aquosa de ácido acético, é um exemplo comum de uso.

- Biologia e Metabolismo: no metabolismo humano, o ácido acético desempenha um papel crucial como intermediário no ciclo do ácido cítrico, um processo-chave na respiração celular para produção de energia.

- Desinfetante Natural: devido às suas propriedades antimicrobianas, o ácido acético é usado em soluções de limpeza para desinfetar superfícies.

- Biorremediação: Algumas bactérias podem oxidar o ácido acético a dióxido de carbono e água, um processo que pode ser explorado em estratégias de biorremediação para a limpeza de ambientes contaminados.

Curiosidades (Silva, Silva e Swarnakar, 2003)

O vinagre pode ser produzido a partir do caju por meio de dois processos de fermentação: primeiro ocorre a fermentação alcoólica e depois a fermentação acética, realizada por bactérias. Pesquisadores observaram que o aumento da concentração de álcool no vinho de caju melhorou o rendimento da produção do vinagre.





Pergunta 1

Relacione a fórmula estrutural e o grupo funcional do ácido acético com as suas propriedades físicas, como ponto de ebulição e densidade.

Pergunta 2

O ácido acético está representado corretamente ou possui algum erro?

Se apresentar algum erro, identifique-o.

Pergunta 3

Como o ácido acético é utilizado no metabolismo humano?

Gabarito

Pergunta 1

O grupo carboxila permite a formação de fortes ligações de hidrogênio entre moléculas, incluindo a formação de dímeros, o que resulta em um ponto de ebulição relativamente alto para sua massa molar. Sua polaridade também contribui para uma densidade maior em comparação a muitos compostos orgânicos de menor polaridade.

Pergunta 2

Possui um erro: o ácido acético está representado sem a dupla ligação entre o carbono e o oxigênio.

Pergunta 3

No organismo, pode ser convertido em acetil-CoA, fundamental no metabolismo energético e participante do ciclo do ácido cítrico, onde é oxidado para produzir energia na forma de ATP.

Ácido acetilsalicílico

O ácido acetilsalicílico, ácido 2-acetoxibenzoico, ou AAS ($C_9H_8O_4$), é amplamente utilizado como anti-inflamatório, analgésico, antipirético e anticoagulante. É um dos medicamentos mais consumidos no mundo e em baixas doses, é utilizado para prevenir infartos e AVCs (Del Vecchio, 2016).

Propriedades físicas (Singla, 2026)
Ponto de Fusão: 135°C
Ponto de Ebulição: Decompõe-se antes de ferver.
Massa molar: 180,16 g/mol
Apresenta-se como um pó cristalino branco e inodoro.

Grupos funcionais
Um grupo éster (-$OCOCH_3$) e um grupo carboxila (-COOH)

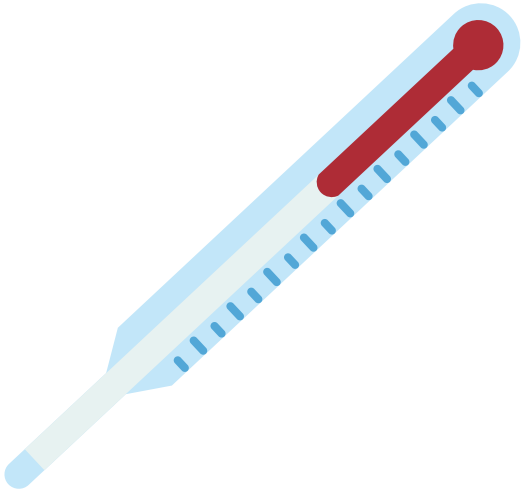


Classificação da Cadeia
É um composto aromático, devido à presença de um anel benzênico. A cadeia é fechada (cíclica), insaturada e ramificada, pois há substituições no anel benzênico.

Aplicações e Curiosidades (Fernandes, 2025)

- Alívio de dores leves a moderadas, como as de cabeça, musculares, menstruais, nas costas, de garganta ou de dente;
- Redução da febre e dos sintomas associados à gripe e ao resfriado;
- Tratamento de inflamações crônicas e agudas, como artrite reumatoide, osteoartrite e espondilite anquilosante;
- Prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e AVC isquêmico;
- Cuidados em doenças específicas, como febre reumática e doença de Kawasaki, sempre sob orientação médica.





Pergunta 1

Baseado nas informações apresentadas anteriormente sobre o ácido acetilsalicílico, identifique-o entre as moléculas que foram entregues a você e desenhe sua fórmula estrutural, identificando seus grupos funcionais e anel aromático.

Pergunta 2

O ácido acetilsalicílico é o princípio ativo de um medicamento muito consumido no mundo. Você sabe de qual medicamento estou falando?

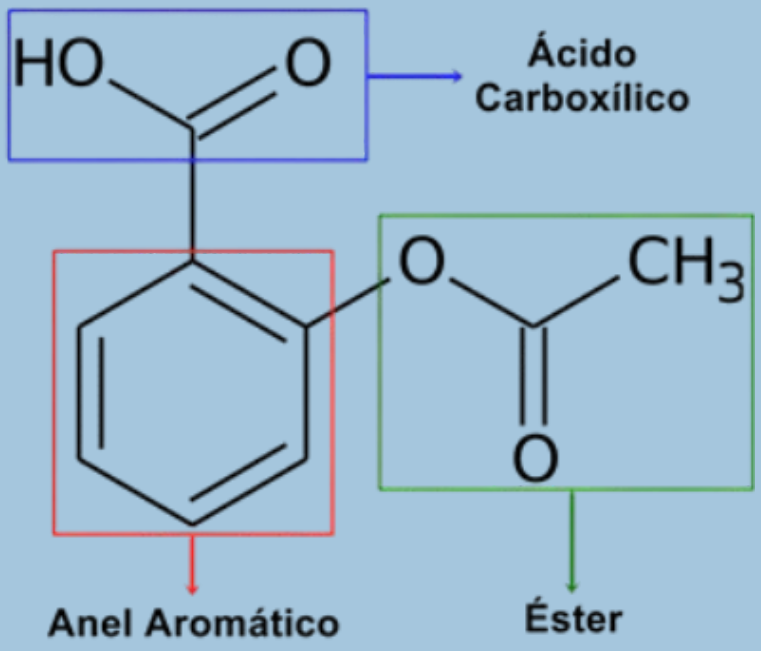
A substância precursora do ácido acetilsalicílico, o ácido salicílico, está relacionada a compostos presentes na casca do salgueiro, utilizada historicamente como remédio natural para aliviar dores e febres (Cardoso, n.d.).

Gabarito

Pergunta 1

Observe se o aluno identificou corretamente a molécula. Essa deve ser a fórmula estrutural do ácido acetilsalicílico.

Figura: Fórmula estrutural do ácido acetilsalicílico.



Fonte: Quero Bolsa (2023)

Pergunta 2

Aspirina. Espera-se que o aluno associe o nome "ácido acetilsalicílico" à sigla AAS e reconheça que essa substância é o princípio ativo da aspirina.

Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) é uma molécula usada na hidroxilação de várias reações bioquímicas nas células. A sua principal função é a hidroxilação do colágeno, proteína fibrilar que dá resistência aos ossos, dentes, tendões e paredes dos vasos sanguíneos. Além disso, o composto é um poderoso antioxidante, sendo usado para transformar as espécies reativas de oxigênio em formas inertes (Manela-Azulay et al., 2003).

Propriedades Físicas (PubChem, n.d.-b).

- Sólido cristalino branco
- Solúvel em água
- Sensível ao calor e à luz
- Ponto de fusão: 190°C - 192°C
- Massa molecular: 176,13 g/mol
- Densidade 1,65 g/cm³
- Acidez (pKa): 4.17 (primeira) e 11.6 (segunda)

Grupos funcionais

Álcool, éster e enol

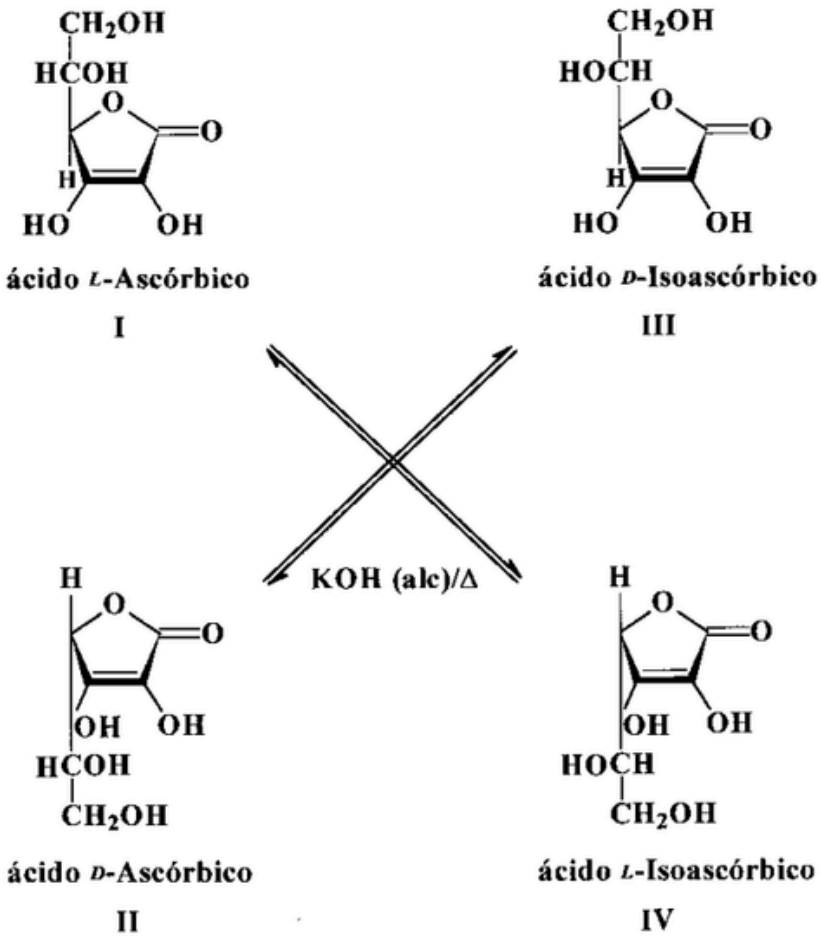
Classificação da Cadeia

Mista, insaturada e heterogênea (presença de oxigênio na cadeia principal)

Isomeria

Ácido L-ascórbico (LAA), ácido D-ascórbico (DAA), ácido L-isoascórbico (LIAA) e ácido D-isoascórbico (DIAA)

Figura: Isômeros do ácido ascórbico.



Fonte: Santos, 2003.

Pergunta 1

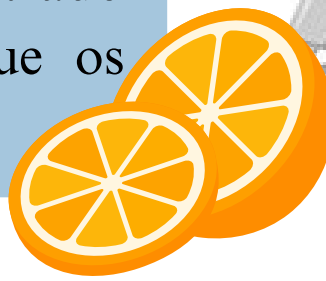
Desenhe a fórmula estrutural plana do ácido ascórbico e identifique os diferentes grupos funcionais presentes em sua molécula.

Pergunta 2

A vitamina C é representada por qual desses isômeros?

Pergunta 3

Onde cada um desses isômeros pode ser encontrado e quais são as principais características que os diferenciam uns dos outros?



Aplicações e Curiosidades (Manela-Azulay et al., 2003)

- Essencial para a síntese do colágeno, proteína fundamental para a saúde da pele, ossos, dentes e vasos sanguíneos.
- Atua como antioxidante, protegendo as células dos danos causados pelos radicais livres.
- Fortalece o sistema imunológico.
- Auxilia na absorção do ferro.
- A deficiência de vitamina C causa escorbuto.

Pergunta 4

Qual a relação entre a estrutura molecular do ácido ascórbico e sua capacidade de atuar como um poderoso antioxidante?

Pergunta 5

Qual o mecanismo de ação do ácido ascórbico (vitamina C) como antioxidante e como ele interage com os radicais livres no organismo?

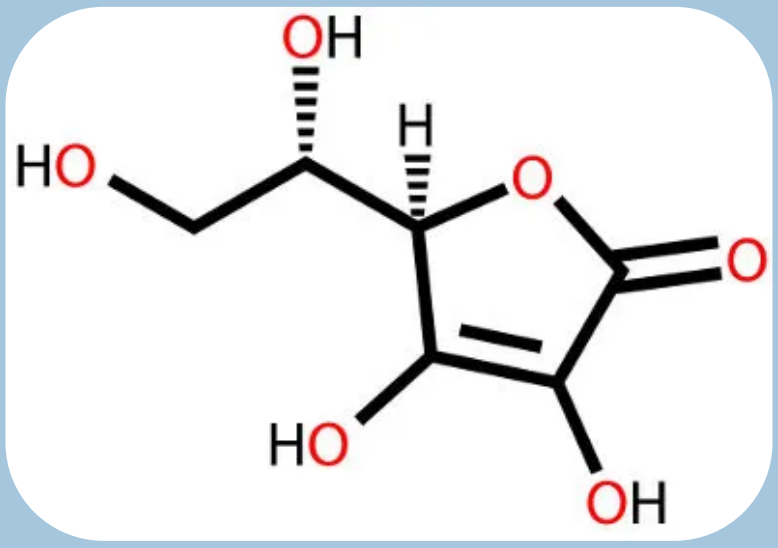
Pergunta 6

Como a vitamina C atua como cofator em reações enzimáticas que envolvem a síntese de colágeno, e de que forma sua estrutura química permite essa interação com as enzimas envolvidas?

Gabarito

Pergunta 1

Figura: Fórmula estrutural plana do ácido ascórbico.



Fonte: Dias (n.d.)

Os principais grupos funcionais presentes na molécula são: álcool e enol (-OH), éster, alceno (ligação dupla entre carbonos). Esses grupos funcionais são responsáveis pelas propriedades químicas e antioxidantes da vitamina C.

Pergunta 2

A vitamina C é representada pelo ácido L-ascórbico, ou seja, pelo isômero I da imagem.

Pergunta 3

O ácido L-ascórbico (LAA) é a forma natural da vitamina C, encontrada em frutas e vegetais, como laranja, acerola e kiwi. O ácido D-ascórbico (DAA) é um isômero pouco comum na natureza, enquanto o ácido L-isoascórbico (LIAA) é utilizado principalmente como antioxidante na conservação de alimentos. Já o ácido D-isoascórbico (DIAA) é encontrado sobretudo em pesquisas laboratoriais. A principal diferença entre eles está na disposição espacial dos átomos, característica que altera suas funções.

Pergunta 4

A estrutura molecular do ácido ascórbico possui várias hidroxilas (–OH) e ligações duplas que facilitam a doação de elétrons e hidrogênios. Isso permite que a vitamina C neutralize os radicais livres, evitando danos às células. Por esse motivo, o ácido ascórbico atua como um poderoso antioxidante no organismo.

Pergunta 5

O ácido ascórbico atua como antioxidante ao doar elétrons para os radicais livres, moléculas instáveis que podem causar danos às células. Ao receber esses elétrons, os radicais livres tornam-se mais estáveis, reduzindo os danos oxidativos no organismo. Essa capacidade ocorre devido à presença de hidroxilas e ligações duplas em sua estrutura molecular, que facilitam a transferência de elétrons.

Pergunta 6

A vitamina C atua como cofator nas enzimas responsáveis pela síntese de colágeno, ajudando na hidroxilação dos aminoácidos prolina e lisina. Essa reação é essencial para formar fibras de colágeno resistentes e estáveis. Sua estrutura química, rica em hidroxilas e capaz de doar elétrons, permite que ela participe das reações enzimáticas e mantenha os íons metálicos das enzimas em sua forma ativa.

Adrenalina

A adrenalina, também conhecida como epinefrina, é um hormônio e neurotransmissor com a fórmula química $C_9H_{13}NO_3$. Sua estrutura inclui um anel benzênico com dois grupos hidroxila e uma cadeia lateral derivada da etanolamina.

Propriedades Físicas (PubChem, n.d.-c).

- Sólido cristalino branco
- Sensível ao calor e à luz
- Ponto de fusão: aproximadamente 211 °C
- Massa molecular: 183,20 g/mol
- Densidade 1.65 g/cm³
- Acidez (pKa): aproximadamente 8,7
- Solubilidade: solúvel em água e álcool devido aos grupos polares, mas insolúvel em solventes apolares.



Pergunta 1

Com base nas características da adrenalina que aprendemos, desenhe sua estrutura e identifique seus grupos funcionais.

Grupos funcionais
Amina e hidroxila

Classificação da Cadeia
Mista com uma parte cíclica (anel aromático) e uma parte acíclica e heterogênea.

Pergunta 2

Como a fórmula estrutural e os grupos funcionais da adrenalina se relacionam com suas propriedades físicas, como ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade?

O papel da adrenalina em situações de estresse

A adrenalina desempenha um papel crucial na resposta de "luta ou fuga", especialmente em situações de estresse ou perigo. Quando liberada, ela:

- Aumenta a frequência cardíaca e a força das contrações do coração.
- Dilata as vias aéreas, facilitando a respiração.
- Eleva os níveis de glicose no sangue, fornecendo energia rápida.

Pergunta 3

Quais situações do dia a dia você acha que podem ativar a liberação de adrenalina no nosso corpo?

Pergunta 4

Como a adrenalina age no corpo durante a resposta de “luta ou fuga” e qual é seu papel químico nesse processo?

Aplicações da adrenalina e curiosidades (Carvalho et al., 2021)

- Parada cardíaca: estimula o coração e restaura a circulação.
- Reações alérgicas graves (anafilaxia): reverte rapidamente os efeitos da reação alérgica.
- Dificuldade respiratória: a adrenalina também pode contribuir para aliviar o broncoespasmo associado à anafilaxia.
- A adrenalina é amplamente usada em emergências e essa rápida ação é vital e pode ser a diferença entre a vida e a morte, tornando a adrenalina um medicamento essencial em situações críticas.

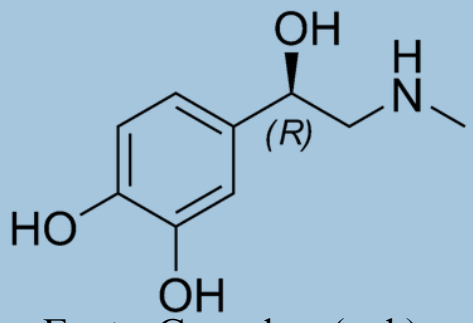
Pergunta 5

Como a liberação de adrenalina em resposta a estímulos como ruídos altos e luz azul pode afetar o nosso comportamento e tomada de decisões?

Gabarito

Pergunta 1

Figura: Formula estrutural plana da Epinefrina.



Fonte: Gonçalves (n.d.).

Os principais grupos funcionais presentes na molécula são:

- fenol - hidroxilas (OH) ligadas ao anel benzênico
- álcool - hidroxila (OH) em carbono saturado
- amina secundária - nitrogênio ligado a carbonos.

Pergunta 2

A adrenalina possui grupos funcionais como hidroxilas (–OH) e amina, que tornam a molécula polar e capaz de formar ligações de hidrogênio. Essas interações aumentam sua densidade e elevam seus pontos de fusão e ebulição em comparação com compostos apolares de tamanho semelhante. Além disso, o anel aromático presente na estrutura contribui para a estabilidade da molécula.

Pergunta 3

Situações do dia a dia que causam medo, estresse, surpresa ou grande emoção podem estimular a liberação de adrenalina no organismo. Alguns exemplos são falar em público, praticar esportes radicais, levar um susto, realizar uma prova importante, discutir em momentos de tensão ou passar por situações de perigo.

Pergunta 4

A adrenalina prepara o corpo para agir rapidamente em situações de perigo ou estresse. Ela aumenta os batimentos cardíacos, a respiração e a energia do corpo. Quimicamente, funciona como um composto que envia sinais para o organismo reagir mais rápido na resposta de “luta ou fuga”.

Pergunta 5

A adrenalina pode deixar a pessoa mais alerta e acelerar suas reações. Porém, em excesso, pode causar ansiedade e fazer com que as decisões sejam tomadas de forma mais impulsiva. Ruídos altos ou luz azul (que inibe a melatonina e eleva o estado de alerta) podem acionar a liberação de adrenalina.

Benzeno

O benzeno é uma molécula composta por seis átomos de carbono formando um anel, com ligações duplas alternadas. Ele pertence ao grupo dos hidrocarbonetos aromáticos, conhecidos pela estabilidade de sua estrutura e por apresentarem ressonância, onde os elétrons são distribuídos igualmente no anel.

Classificação da Cadeia

Cíclica, homogênea (formada apenas por carbono e hidrogênio) e insaturada (por causa das ligações duplas alternadas).

Pergunta 1

Agora que conhecemos as características do benzeno, identifique-o entre as moléculas entregues a você, e desenhe sua estrutura.



Propriedades físicas (Ferreira, n.d)

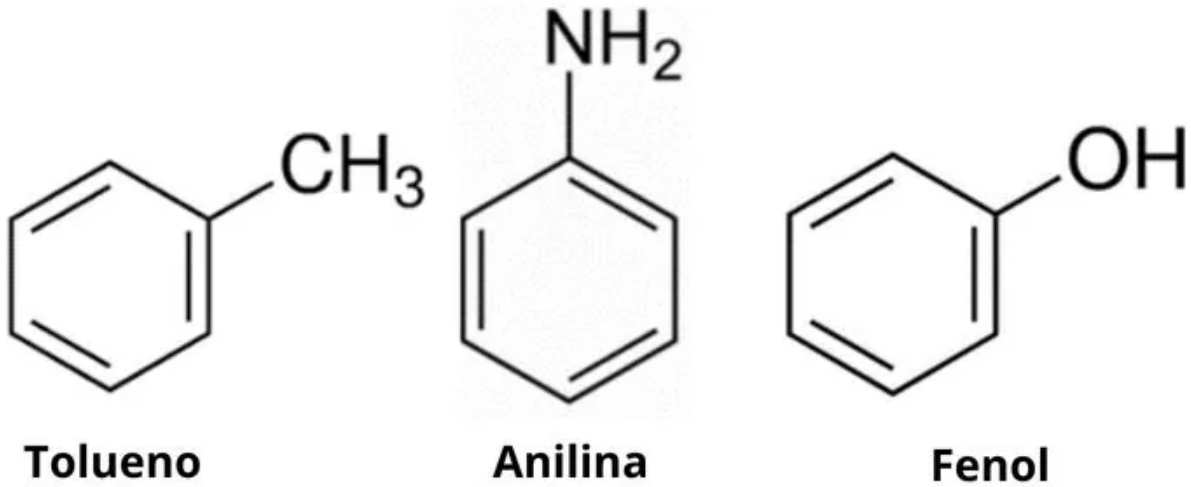
O benzeno é um líquido incolor, inflamável, e com um cheiro doce e aromático. Ele evapora facilmente, sendo volátil. Suas propriedades incluem:

- Ponto de ebulição: 80,1°C
- Ponto de fusão: 5,5°C
- Densidade: 0,8765 g/cm³
- Solubilidade: pouco solúvel em água e solúvel em diversos solventes orgânicos.

Derivados do benzeno

O benzeno é uma molécula muito versátil, que pode se transformar em vários compostos diferentes ao substituir seus átomos de hidrogênio por grupos funcionais. Isso permite a criação de derivados com características únicas e aplicações diversas. Alguns de seus derivados mais conhecidos são o tolueno, anilina e fenol.

Figura: Fórmula estrutural plana dos derivados do benzeno.



Fonte: Ferreira (n.d.)

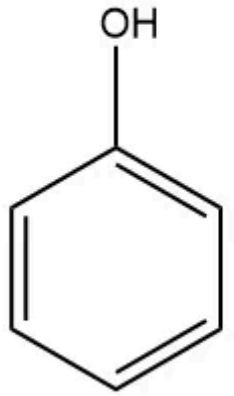
Pergunta 2

A partir das informações apresentadas, identifique outros exemplos de compostos derivados do benzeno.

Pergunta 3

Agora que você já conhece alguns dos principais derivados do benzeno, como o fenol, consegue dizer o que diferencia um fenol de um álcool comum?

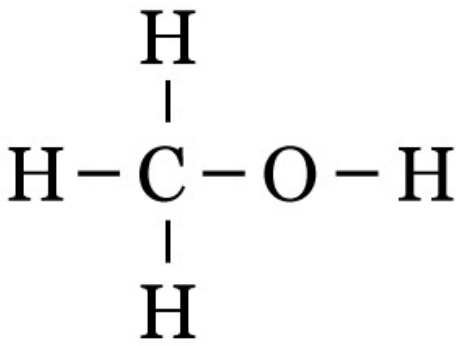
Figura: Comparação entre fenol e álcool.



fenol

Fonte: Silva (n.d.)

X



Fonte: Educa Mais Brasil (n.d.)

Pergunta 4

Vimos que o benzeno é classificado como um composto aromático. Como essa característica influencia suas propriedades, como a solubilidade em água e o ponto de fusão?

Aplicações e curiosidades

- O benzeno tem diversas aplicações na indústria química, sendo a base para a produção de muitos compostos importantes. Ele é utilizado na fabricação de plásticos, borrachas sintéticas, tintas, detergentes e medicamentos. Além disso, serve como ponto de partida para a síntese de outros produtos químicos, como o estireno, usado na produção de poliestireno (Solomons e Fryhle, 2018).
- O benzeno é considerado cancerígeno, causando linfomas e leucemias em seres humanos (Ferreira, n.d.).
- A estrutura final do benzeno em forma de um hexágono com 6 átomos de carbono, ligados entre si com duplas ligações alternadas, e 6 de hidrogênio, foi proposta em 1866 pelo químico alemão Friedrich August Kekulé (Alvaro, 2021).

- Esta estrutura foi inspirada em um sonho de Kekulé, em que o cientista via serpentes girando e mordendo a própria cauda como um ciclo. Ao associar seu sonho ao estudo, concluiu que o benzeno era um composto cíclico e aromático (Alvaro, 2021).
- O benzeno já foi utilizado como solvente industrial e componente da gasolina antes de seus efeitos tóxicos serem amplamente conhecidos (Ferreira, n.d.).

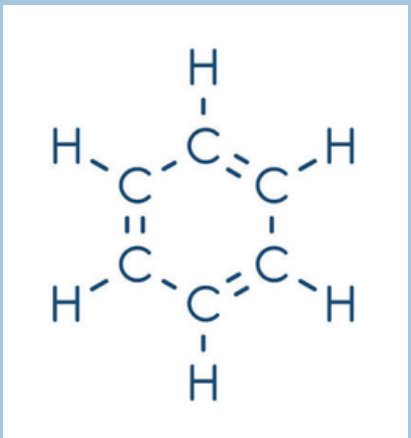
Pergunta 5

Considerando que o benzeno é um composto tóxico e cancerígeno, como as indústrias podem equilibrar a necessidade de suas aplicações com a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente?

Gabarito

Pergunta 1

Figura: Fórmula estrutural do benzeno.



Fonte: Fonseca (n.d.)

O benzeno é um hidrocarboneto aromático de fórmula molecular C_6H_6, formado por um anel hexagonal com ligações simples e duplas alternadas entre os carbonos.

Pergunta 2

- Ácido benzoico, utilizado como conservante alimentar.
- Estireno, matéria-prima do poliestireno (isopor).
- Naftaleno, encontrado em repelentes de traças.

Pergunta 3

O que diferencia um fenol de um álcool comum é a posição da hidroxila (–OH) na molécula. Nos álcoois, a hidroxila está ligada a um carbono saturado, enquanto nos fenóis ela está ligada diretamente a um anel aromático. Essa diferença estrutural faz com que os fenóis apresentem propriedades químicas distintas, como maior acidez em comparação aos álcoois. Além disso, os fenóis são amplamente utilizados na produção de desinfetantes, medicamentos, resinas e outros produtos industriais.

Pergunta 4

A deslocalização dos elétrons no anel confere à molécula grande estabilidade química. Por ser uma moléula apolar, apresenta baixa solubilidade em água e maior solubilidade em solventes orgânicos. Além disso, suas interações intermoleculares influenciam propriedades físicas como os pontos de fusão e ebulição, que são moderados para um hidrocarboneto de seu tamanho.

Pergunta 5

As indústrias podem equilibrar o uso do benzeno com a segurança por meio de normas rígidas de controle e prevenção. Entre as principais medidas estão o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), sistemas de ventilação, monitoramento da exposição dos trabalhadores e descarte correto dos resíduos químicos. Além disso, muitas empresas investem na substituição do benzeno por substâncias menos tóxicas e em tecnologias que reduzam os impactos ambientais e os riscos à saúde humana.

Cafeína

A cafeína é um composto químico de fórmula $C_8H_{10}N_4O_2$, também designado quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina. É encontrado em certas plantas e usado como estimulante, principalmente por meio do consumo em bebidas.

Propriedades Físicas (PubChem, n.d.-d).

- Sólido cristalino branco
- Amargo
- Sublima facilmente
- Solúvel em água quente e em alguns solventes orgânicos
- Ponto de fusão: 236 – 239 °C

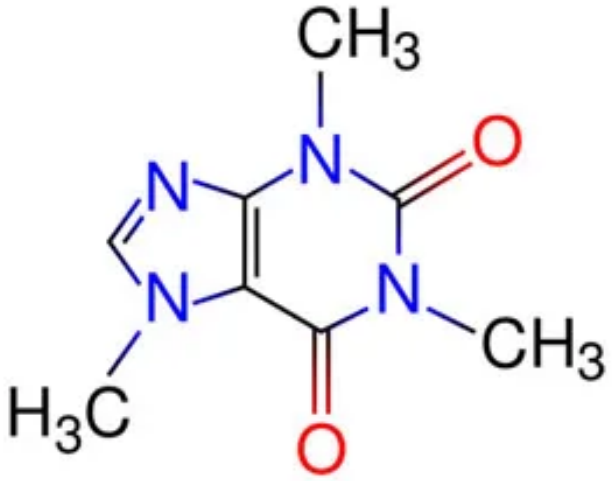
Grupos funcionais

Amida e amina

Cadeia

Cíclica, insaturada e heterogênea (presença de nitrogênio no anel)

Figura: Fórmula estrutural da cafeína.



Fonte: Fogaça, 2026a.

Aplicações (Souza Junior et al., 2012)

- Estimulante do sistema nervoso central: aumenta a atenção, a vigília e o desempenho físico.
- Atua como antagonista dos receptores de adenosina, neurotransmissores que promovem o sono e a relaxação.

Curiosidade

Embora os energéticos sejam conhecidos pelo efeito estimulante, a principal substância responsável por esse efeito é a cafeína. A quantidade de cafeína varia entre as bebidas e pode ser semelhante ou até inferior à encontrada em algumas preparações de café, dependendo da marca e do modo de preparo (Lêla e Castro, 2025).

Pergunta 1

A cafeína é uma molécula polar ou apolar? Como essa característica influencia sua interação com outras substâncias?

Pergunta 2

Como a presença dos grupos metila e de outros grupos funcionais na molécula de cafeína influencia suas propriedades físico-químicas, como a solubilidade, as interações intermoleculares, ponto de fusão e ebulição?

Pergunta 3

Como a estrutura química da cafeína contribui para seu efeito estimulante no organismo?

Gabarito

Pergunta 1

Polar, pois possui oxigênio e nitrogênio capazes de interagir com outras substâncias também polares. Essa característica facilita sua solubilidade em água e sua interação com moléculas do organismo.

Pergunta 2

Os grupos metila tornam a cafeína mais apolar, reduzindo sua afinidade pela água, enquanto os grupos carbonila (C=O) e os átomos de nitrogênio presentes na molécula aumentam as interações intermoleculares. Essas interações elevam a energia necessária para separar as moléculas, o que resulta em um alto ponto de fusão e, teoricamente, também elevaria o ponto de ebulição; entretanto, a cafeína se decompõe antes de entrar em ebulição à pressão atmosférica.

Pergunta 3

A cafeína bloqueia os receptores de adenosina no cérebro, reduzindo a sensação de sono e aumentando o estado de alerta.

Etano

O etano é um alcano de cadeia alifática, encontrado em proporções significativas no gás natural e diretamente associado ao processamento e refino do petróleo (Solomons e Fryhle, 2018).

Nomenclatura

A fórmula geral de um alcano é C_nH_{2n+2} e sua nomenclatura é composta por um prefixo que indica o número de C + an + o.

Pergunta 1

Identifique o etano entre as moléculas que foram entregues a você e desenhe sua fórmula estrutural.

Pergunta 2

Qual é a fórmula molecular do etano?



Propriedades Físicas

Gás incolor e inodoro à temperatura ambiente (Silva, Meira e Oliveira, 2019), tendo ponto de ebulição próximo de -88,6ºC e fusão de -183,3ºC (Bruice, 2006).

Curiosidades

A partir da desidrogenação do etano (retirada de átomos de hidrogênio), é formado o composto orgânico eteno, principal matéria-prima na produção de polímeros (Franceschini, 2024).

Pergunta 3

O etano é um gás estável em temperatura ambiente? Sob quais condições ele pode se decompor ou reagir de forma explosiva?

Pergunta 4

Em que condições o etano se transforma em estado líquido?

Pergunta 5

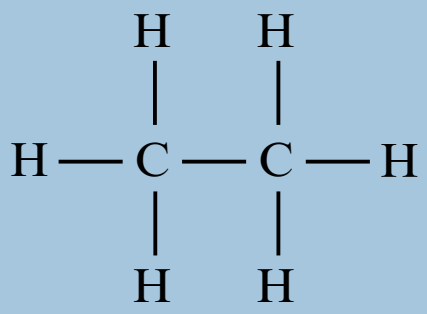
Como sua estrutura molecular influencia suas propriedades?

Gabarito

Pergunta 1

A fórmula estrutural do etano é formada por dois átomos de carbono unidos a partir de uma ligação simples, com três hidrogênios ligados a cada carbono.

Figura: Fórmula estrutural do etano.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2026

Pergunta 2

C_2H_6

Pergunta 3

Sim, o etano é um gás estável em temperatura ambiente, entretanto, em situações de aquecimento com temperaturas elevadas, ocorre a sua decomposição térmica. Além disso, o etano pode reagir de forma explosiva quando misturado com o oxigênio em ambientes confinados, caso tenha alguma fonte de ignição.

Pergunta 4

Por conta do seu baixo ponto de ebulição, o etano é um gás em condições normais. Para que aconteça a liquefação em pressão atmosférica de 1 atm, ele deve ser resfriado a uma temperatura de aproximadamente -88,5 °C. Porém, industrialmente, ele pode ser mantido no estado líquido sob alta pressão, desde que esteja abaixo da sua temperatura crítica (32,3 °C).

Pergunta 5

O etano possui estrutura com ligações simples e molécula apolar, sendo pouco reativo e insolúvel em água. Suas interações intermoleculares são fracas (forças de London), fazendo com que ele tenha pontos de fusão e ebulição baixíssimos.

Glicose Cíclica

A glicose cíclica é uma forma de glicose onde a molécula adota uma estrutura anelar (cíclica), o que ocorre devido à reação entre o grupo aldeído (carbono 1) e um grupo hidroxila (geralmente o carbono 5) da mesma molécula.

Grupos Funcionais
Álcool e éter

Nomenclatura
A forma cíclica da glicose é chamada de glicopiranose (ou forma piranósica). Ela ocorre nas formas α-D-glicopiranose e β-D-glicopiranose, sendo esta a nomenclatura mais utilizada em Bioquímica.

Pergunta 1

Em que condições a glicose assume sua forma cíclica em vez da linear?

Solubilidade

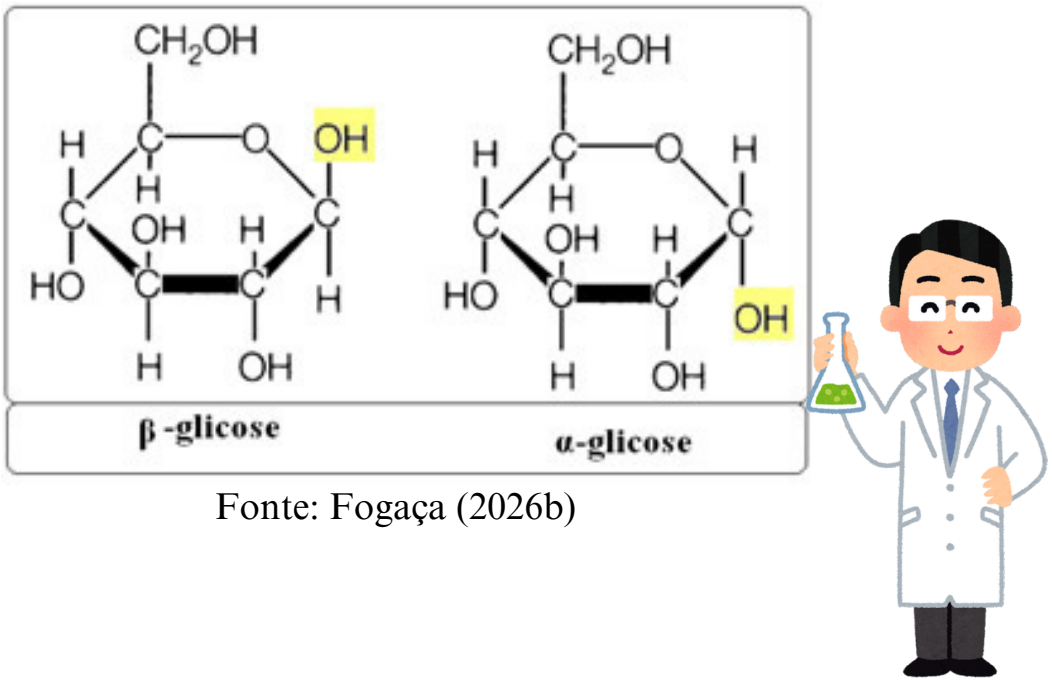
Altamente solúvel em água devido às ligações de hidrogênio que a glicose pode formar com moléculas de água. Pouco solúvel em solventes orgânicos.

Polaridade

Altamente polar devido à presença de vários grupos hidroxila (-OH).

Isomeria

Figura: Fórmula estrutural de glicose cíclica.



Fonte: Fogaça (2026b)

Pergunta 2

Qual a diferença entre a glicose cíclica de cinco membros (furanose) e a de seis membros (piranose)?

Pergunta 3

Como a forma cíclica da glicose influencia nas suas propriedades físicas, como solubilidade e reatividade?



Curiosidades

- Anéis de Açúcar: na forma cíclica, a glicose se organiza em um anel de seis membros (piranose), o que a torna estruturalmente única e estável (Fogaça, 2026c).
- Relação com Frutose: A glicose é frequentemente encontrada junto com a frutose na natureza, formando a sacarose, que é o açúcar de mesa (Barufaldi, 2022).
- Reação de Maillard: A glicose é um ingrediente-chave em reações de Maillard, que criam a cor e o sabor dos alimentos assados, como pães e bolos (Quinelato, 2024).

Pergunta 4

A molécula de glicose é essencial para os seres vivos. Pesquise: como a molécula de glicose é produzida e como é consumida na cadeia alimentar?

Gabarito

Pergunta 1

A glicose assume sua forma cíclica espontaneamente quando está dissolvida em água, que é a condição encontrada na maioria dos sistemas biológicos. No estado sólido, a forma cíclica também predomina.

Pergunta 2

Furanose é a forma cíclica de um açúcar que apresenta um anel de cinco membros, composto por quatro átomos de carbono e um átomo de oxigênio. Piranose é a forma cíclica que apresenta um anel de seis membros, composto por cinco átomos de carbono e um átomo de oxigênio.

Pergunta 3

A forma cíclica da glicose aumenta sua estabilidade. Os vários grupos hidroxila presentes no anel favorecem a formação de ligações de hidrogênio, tornando a glicose altamente solúvel em água. Além disso, a possibilidade de abertura do anel permite que ela participe de reações típicas de açúcares redutores.

Pergunta 4

A glicose é um carboidrato simples do tipo monossacarídeo e representa a principal fonte de energia dos seres vivos. Ela pode ser encontrada livre ou combinada com outros tipos de carboidratos. A glicose é produzida pelos organismos autótrofos por meio da fotossíntese e é consumida pelos heterótrofos através da alimentação para ser utilizada na respiração celular e produção de ATP

Glicose Linear

A glicose é um tipo de carboidrato utilizado como fonte de energia pelos seres vivos, sendo utilizada para produzir ATP (adenosina trifosfato), que funciona como a molécula combustível da célula.

É representada como uma cadeia de seis átomos de carbono, com grupos hidroxila (-OH) e um grupo aldeído (-CHO) em seus carbonos. A fórmula molecular é $C_6H_{12}O_6$.

Grupo Funcional

Aldeído e álcool

Nomenclatura

Pode ser identificada por (2R,3S,4R,5R)-2,3,4,5,6-pentahidroxihexanal (D-glicose).

Pergunta 1

A glicose linear é um monossacarídeo ou polissacarídeo? Por quê?

Pergunta 2

Qual é a diferença entre a glicose linear e a cíclica? Identifique esses compostos dentre as moléculas entregues a você e desenhe as suas fórmulas estruturais.

Pergunta 3

Como a glicose linear participa de reações de oxidação ou redução?

Densidade

Em estado sólido (cristalina) é cerca de 1,59 g/cm³. Em solução, a densidade depende da concentração da solução (Brown et al., 2005).

Solubilidade

É altamente solúvel em água, entretanto, é pouco solúvel em solventes orgânicos não polares, como o hexano, devido à sua alta polaridade (Martins; Lopes; Andrade, 2013).

Pergunta 4

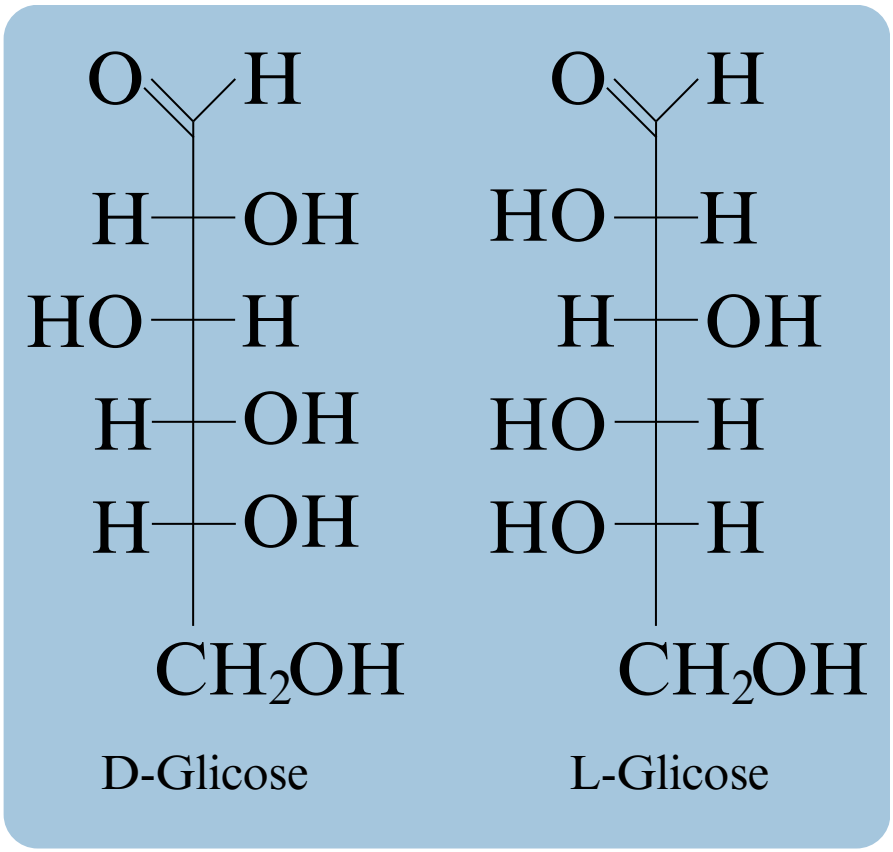
Como os grupos funcionais presente na glicose linear influenciam nas suas propriedades físicas, como solubilidade e polaridade?



Isomeria

Pode ter dois isómeros ópticos, D-glicose e a L-glicose.

Figura: Estrutura molecular da glicose.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2026

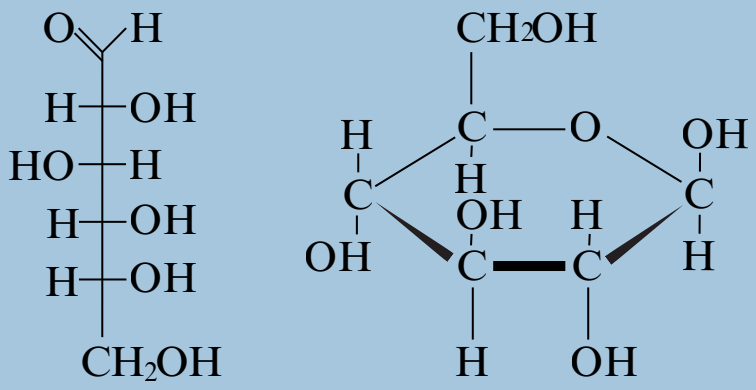
Gabarito

Pergunta 1

Monossacarídeo, uma vez que a glicose linear é um açúcar simples e não pode ser hidrolisada em açúcares menores.

Pergunta 2

As principais diferenças estão na estrutura e na reatividade. A glicose na forma linear apresenta uma cadeia aberta e, por possuir um grupo aldeído livre, é mais reativa. Já a forma cíclica é formada quando, na própria molécula de glicose linear, o grupo aldeído reage com uma hidroxila da cadeia, criando uma ligação intramolecular que fecha a molécula em um anel. Por ser mais estável, essa é a forma predominante em solução aquosa.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2026

Pergunta 3

Como possui um grupo aldeído livre em sua forma linear, a glicose atua como um açúcar redutor. Em reações de oxidação, esse grupo aldeído é convertido em um grupo ácido carboxílico, enquanto em reações de redução ele é transformado em um grupo álcool, originando um poliálcool.

Pergunta 4

A glicose apresenta grupos hidroxila (-OH) e um grupo aldeído (-CHO), ambos polares, tornando a molécula hidrofílica. As hidroxilas permitem a formação de inúmeras ligações de hidrogênio com moléculas de água, o que explica sua alta solubilidade em água e polaridade.

Naftaleno

O naftaleno é um hidrocarboneto aromático policíclico, composto por dois anéis de benzeno condensados. Sua estrutura é plana e simétrica, com átomos de carbono sp^2.

Nomenclatura

- Nome IUPAC: naftaleno
- Fórmula molecular: $C_{10}H_8$
- Outros nomes: almíscar branco

Pergunta 1

Como a estrutura plana e simétrica do naftaleno, composta por dois anéis de benzeno condensados, influencia em suas propriedades químicas, como à aromaticidade e a estabilidade?

Pergunta 2

Você recebeu a fórmula estrutural não simplificada do naftaleno. Utilize-a para desenhar esse composto, identificando todos os elementos químicos e ligações presentes em sua molécula.

Propriedades Físicas (Cetesb, n.d.-a)

- Estado físico: sólido cristalino branco
- Ponto de fusão: 80,2 °C
- Ponto de ebulição: 218 °C
- Densidade:1,14 g/cm³
- Solubilidade: 0,3 g/100 mL de água a 20 °C.
- Odor: característico, similar ao do almíscar.

Isômeros

Não apresenta isômeros. Entretanto, quando um ou mais átomos de hidrogênio são substituídos por grupos funcionais, seus derivados podem apresentar isomeria de posição. Um exemplo é dado pelo 1-naftol e pelo 2-naftol, que possuem a mesma fórmula molecular e o mesmo grupo funcional hidroxila (-OH), diferindo apenas pela posição desse grupo no anel aromático. De forma semelhante, derivados contendo grupos alquila, halogênios, nitro e outros substituintes também podem originar isômeros de posição (Bernardo et al., 2016).

Aplicações do Naftaleno

- Produção de Ftalatos: usado para fazer plastificantes e resinas.
- Fumigantes: ingrediente em bolas de naftalina para repelir traças.

Pergunta 3

Por que o naftaleno é insolúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos, como benzeno e éter?

Pergunta 4

Como a presença de diferentes grupos funcionais, como o grupo hidroxila (-OH), podem alterar as propriedades químicas e físicas dos compostos derivados do naftaleno, como o 1-naftol e o 2-naftol?

Pergunta 5

Por que podemos classificar a cadeia do naftaleno como insaturada?

Pergunta 6

Por que o naftaleno é amplamente utilizado como fumigante em bolas de naftalina?

Curiosidades

- Toxicidade e biodegradação: naftaleno é conhecido por ser tóxico para muitos organismos. Em humanos, a exposição pode causar náuseas, vômitos e hemólise. Entretanto, certas bactérias podem degradar o naftaleno, utilizando-o como fonte de carbono e energia, um processo relevante para biorremediação de áreas contaminadas (Galvão; 2016).

- Uso em entomologia: devido ao seu efeito repelente, é usado para afastar insetos, como traças e outros artrópodes, o que tem relevância para a conservação de coleções biológica (Bertaglia et al., 2025).

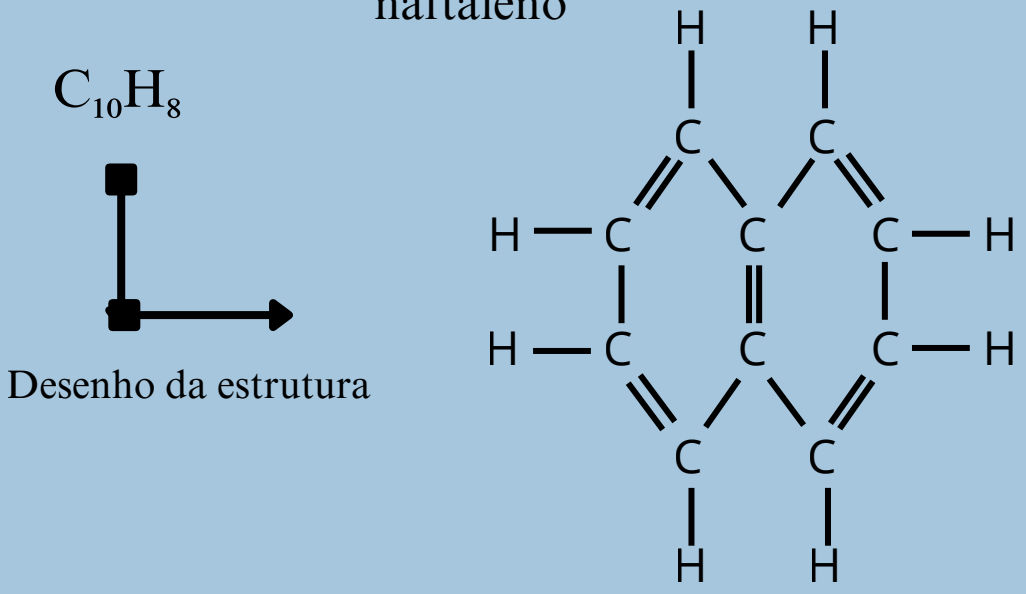
Gabarito

Pergunta 1

Formada por dois anéis benzênicos condensados, permite a deslocalização dos elétrons por toda a molécula. Isso aumenta a estabilidade do composto devido à aromaticidade e influencia propriedades como baixa reatividade em comparação aos hidrocarbonetos insaturados comuns.

Pergunta 2

Figura: Fórmula estrutural não simplificada do naftaleno



Fonte: Elaborada pelos autores, 2026

O naftaleno apresenta 10 átomos de carbono e 8 átomos de hidrogênio, e ligações simples e duplas alternadas no sistema aromático.

Pergunta 3

O naftaleno é insolúvel em água porque é uma substância apolar, enquanto a água é polar. Como não há interações fortes entre eles, a dissolução não ocorre de forma significativa. Já solventes orgânicos apolares, como benzeno e éter, conseguem dissolvê-lo devido à semelhança de polaridade.

Pergunta 4

A presença do grupo hidroxila (-OH) em derivados do naftaleno aumenta a polaridade e a capacidade de formar ligações de hidrogênio, elevando os pontos de fusão e ebulição e tornando esses compostos mais solúveis em água que o naftaleno. O grupo -OH também altera a distribuição eletrônica do anel aromático, aumentando a reatividade química e conferindo caráter levemente ácido aos naftóis.

Pergunta 5

Porque possui ligações duplas entre átomos de carbono no sistema aromático.

Pergunta 6

O naftaleno é usado como fumigante em bolas de naftalina porque sofre sublimação facilmente, liberando vapores tóxicos ou repelentes para insetos, especialmente traças.

Propano

O propano (C_3H_8) é um hidrocarboneto alcano simples, amplamente conhecido e utilizado em diversas aplicações industriais e domésticas. O composto possui uma cadeia linear de três átomos de carbono, todos ligados por ligações simples, com átomos de hidrogênio completando as valências.

Propriedades Físicas (Cetesb, n.d.-b)

- Estado Físico: gás à temperatura ambiente
- Ponto de ebulição: > -40 °C
- Ponto de fusão: −187,7 °C
- Densidade: 0,51- 0,58 g/cm³ a -50°C (líquido)
- Solubilidade em água: insolúvel



Pergunta 1

Desenhe em seu caderno a fórmula estrutural plana e simplificada do propano.

Pergunta 2

Quais são as principais aplicações industriais e domésticas do propano, considerando suas propriedades físicas e químicas?

Pergunta 3

Por que o propano, sendo um gás à temperatura ambiente, é utilizado como combustível em sistemas de aquecimento e cozinhas?

Pergunta 4

O propano não apresenta isômeros estruturais. Por que? Como essa característica o difere de compostos maiores?

Pergunta 5

Em quais reações químicas o propano pode ser utilizado como ponto de partida para a produção de compostos que apresentam isomeria?

Pergunta 6

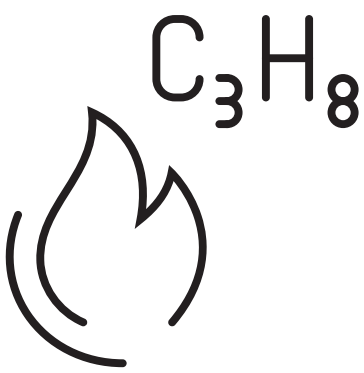
Como as propriedades do propano contribuem para sua ampla utilização como combustível em maçaricos, fogões e processos de aquecimento industrial?

Aplicações

O propano é comumente usado como combustível em maçaricos e fogões (gás de cozinha, quando misturado com butano), além de ser utilizado em processos de aquecimento industrial e doméstico. Na química, serve como matéria-prima para a produção de produtos petroquímicos e é utilizado em sínteses orgânicas (Rocha, Pereira e Filho, 2019).

Curiosidades

O propano é um dos hidrocarbonetos encontrados em pequenas quantidades em gases naturais e na atmosfera terrestre. Além disso, acredita-se que certos microrganismos marinhos possam produzir propano como subproduto de reações biológicas em ambientes anaeróbicos, como os sedimentos marinhos profundos (Hinrichs et al., 2006).

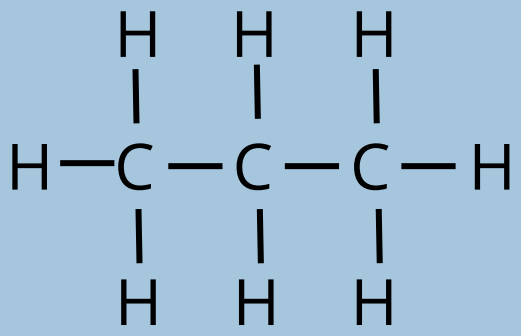


Gabarito

Pergunta 1

A fórmula estrutural plana e simplificada do propano é:

$CH_3 — CH_2 — CH_3$



Pergunta 2

O propano é usado como combustível em fogões, aquecedores e veículos, em botijões de gás, na indústria petroquímica e como matéria-prima para sínteses orgânicas. Isso acontece devido à sua alta inflamabilidade e boa liberação de energia na combustão.

Pergunta 3

Porque ele é altamente inflamável, libera grande quantidade de energia e pode ser facilmente liquefeito sob pressão e armazenado em botijões.

Pergunta 4

O propano não apresenta isomeria estrutural porque possui apenas três carbonos, permitindo apenas uma única organização possível da cadeia carbônica. Compostos maiores possuem mais possibilidades de arranjo dos carbonos.

Pergunta 5

O propano pode sofrer reações como halogenação, formando 1-cloropropano e 2-cloropropano (isômeros de posição), e desidrogenação, produzindo propeno. A partir do propeno, outras reações, como hidratação e oxidação, permitem obter compostos que apresentam isomeria de posição e de função.

Pergunta 6

As propriedades do propano, como alta inflamabilidade, facilidade de liquefação e elevado poder calorífico, tornam seu uso eficiente em fogões, aquecimento doméstico e processos industriais.

Propino

O propino (C_3H_4), também conhecido como metilacetileno, é um hidrocarboneto alcino. Esse composto é amplamente conhecido e muito utilizado em indústrias. O composto possui uma cadeia linear de três átomos de carbono, possuindo uma ligação simples e uma ligação tripla, com átomos de hidrogênio completando sua valência.

Propriedades Físicas (Pubchem,n.d.-e).

- Estado físico: gás à temperatura ambiente
- Ponto de ebulição: aproximadamente -47,6 °C
- Ponto de fusão: aproximadamente -185 °C
- Densidade: 1,81 kg/m³ (0 °C/1 atm)
- Solubilidade em água: praticamente insolúvel

Pergunta 1

A molécula impressa apresenta um erro em sua forma estrutural. Faça um desenho e apresente ela de forma correta.

Pergunta 2

O propino é apolar ou polar? Explique.

Aplicações e Curiosidades (Pubchem, n.d.-e).

- Saúde: propino pode ser liberado no ar e, se inalado, pode fazer mal à saúde. Por isso, é importante entender os riscos da exposição a esses compostos.
- Produto químico: o propino é usado para fazer uma variedade de produtos químicos, como detergentes e solventes.
- Indústria: o propino é utilizado como intermediário na síntese de compostos orgânicos e em misturas combustíveis para soldagem .

Pergunta 3

O propino possui algum isômero? Se sim, desenhe a sua fórmula estrutural.

Pergunta 4

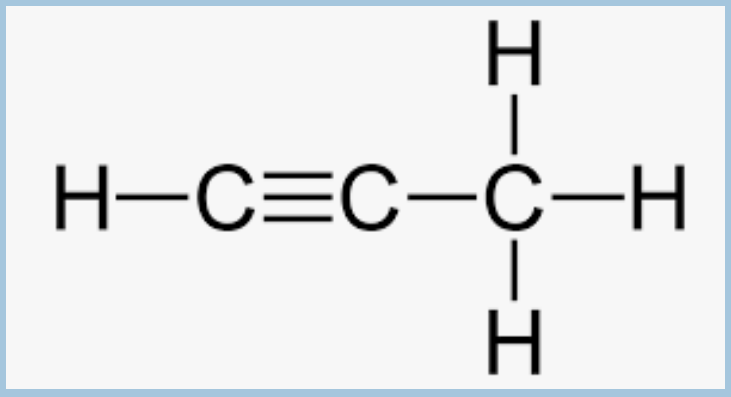
Explique por que o propino é considerado um composto relativamente instável e cite duas reações químicas das quais ele participa com facilidade.

Gabarito

Pergunta 1

O erro está no segundo carbono, que foi representado fazendo duas ligações com dois átomos de hidrogênio. Essas ligações não podem existir, pois esse carbono completa sua valência ao estabelecer uma ligação tripla com o carbono terminal.

Figura: Fórmula estrutural correta do propino.



Fonte: Santana (n.d.)

Pergunta 2

O propino é considerado uma molécula apolar, pois é formado apenas por carbono e hidrogênio, que possuem pequena diferença de eletronegatividade.

Pergunta 3

Sim. O propino (C_3H_4) possui um isômero chamado propadieno. Fórmula estrutural:

$$CH_2=C=CH_2$$

Pergunta 4

O propino é considerado relativamente instável devido à presença da ligação tripla entre os átomos de carbono. Essa ligação possui alta concentração de energia e maior reatividade química, fazendo com que a molécula participe facilmente de reações químicas, como combustão e adição.

Teobromina



É um alcaloide encontrado principalmente no cacau e no chocolate, conhecido por seus efeitos estimulantes e diuréticos. Os alcaloides são um conjunto de compostos pertencentes ao grupo das aminas cíclicas, que apresentam anéis heterocíclicos contendo nitrogênio . (Fogaça, 2026d)

Nomenclatura

Seu nome químico é 3,7-dimetilxantina, e sua fórmula molecular é $C_7H_8N_4O_2$.

Propriedades físicas (Pubchem, n.d.-f)

- Estado físico: sólido cristalino (temperatura ambiente)
- Ponto de fusão: aproximadamente 355 °C
- Solubilidade em água: moderadamente solúvel em água
- Densidade: cerca de 1,3 g/cm³

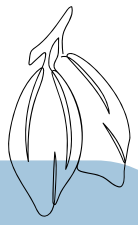
Grupos funcionais

Amina e amida



Pergunta 1

Classifique esse composto de acordo com sua cadeia.



Pergunta 2

A teobromina possui algum isômero? Se sim, desenhe a sua fórmula estrutural.

Pergunta 3

A teobromina é apolar ou polar e quais fatores afetam a solubilidade dessa e de outras substâncias em água?



Aplicações e curiosidades

- Cacau e chocolate: a teobromina é um dos principais compostos ativos do cacau, conferindo sabor e algumas propriedades estimulantes ao chocolate (PubChem, n.d.-f).
- Diurético: pode ser utilizada para aumentar a produção de urina, ajudando na eliminação de fluidos (PubChem, n.d.-f).
- Toxicidade em animais: a teobromina é tóxica para cães e outros animais, pois eles metabolizam o composto mais lentamente do que os humanos (PubChem, n.d.-f).
- Cosméticos: algumas fórmulas de produtos de beleza incluem teobromina devido às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Martínez-Pinilla et al., 2015).

Pergunta 4

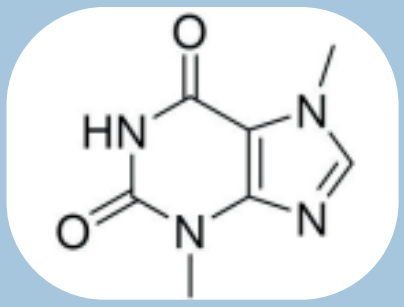
Por que a teobromina é tóxica para cães, enquanto é segura para humanos?

Gabarito

Pergunta 1

Fechada (cíclica), heterogênea, insaturada e ramificada.

Figura: Fórmula estrutural da Teobromina.



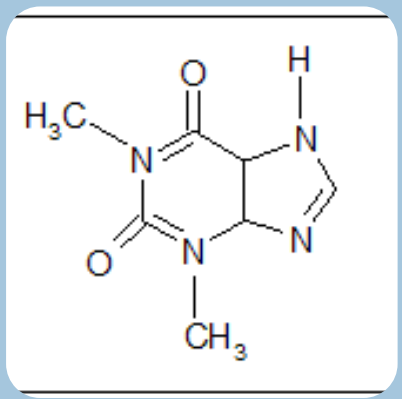
Fonte: Estratégia Vestibulares, 2026

Pergunta 2

Sim. A teobromina apresenta isômeros de posição, entre os quais se destacam a teofilina e a paraxantina. Esses compostos pertencem à classe das dimetilxantinas, possuem a mesma fórmula molecular ($C_7H_8N_4O_2$) e diferem apenas na posição dos grupos metila ligados ao núcleo da xantina.

Figura: Fórmula estrutural da paraxantina e teofilina





Fonte: CymitQuimica (n.d.) e Asma Brônquica (n.d.)

Pergunta 3

A teobromina é uma substância polar, pois possui oxigênio e nitrogênio em sua estrutura. A solubilidade em água depende principalmente da polaridade das substâncias: compostos polares tendem a se dissolver melhor em água, enquanto compostos apolares apresentam menor solubilidade nesse solvente.

Pergunta 4

A teobromina é tóxica para cães porque o corpo deles demora muito para eliminar essa substância. Assim, ela se acumula no organismo e pode causar problemas como vômitos, tremores e aumento dos batimentos cardíacos. Nos humanos, o corpo elimina a teobromina mais rapidamente.

Trinitrotolueno

Trinitrotolueno, também identificado pelo nome IUPAC 2-metil-1,3,5-trinitrobenzeno, é um composto químico com a fórmula $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$. Esse composto pode ser usado como reagente em síntese química, porém é mais conhecido como um material explosivo.

Cadeia

A principal é aromática, ou seja, formada por um anel benzênico, logo, também é insaturada.

Grupo funcional

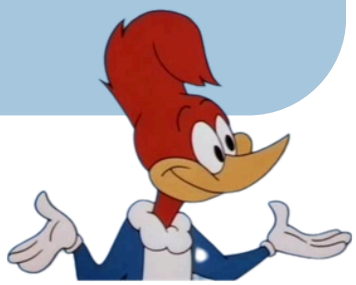
Três grupos nitro ($-NO_2$), um metil ($-CH_3$) e um anel benzênico.

Pergunta 1

Baseado nas informações apresentadas anteriormente sobre o trinitrobenzeno, identifique-o entre as moléculas que foram entregues a você e desenhe sua fórmula estrutural.

Pergunta 2

O trinitrotolueno, também conhecido como TNT, é muito popular em desenhos e jogos. Você já ouviu falar dele? Se sim, qual era sua função?



Propriedades físicas

É um material extremamente instável, e quando submetido a choques ou altas temperaturas, o mesmo se expande, causando explosões (Santos, 2026).

Massa molar: 227,3 g/mol
Ponto de fusão: 80,7 °C
Ponto de ebulição: 240°C

Pergunta 3

Por que altas temperaturas fazem com que o trinitrototolueno exploda? Em outras palavras, qual a relação entre altas temperaturas e explosões?





Foram observadas possíveis consequências aos efeitos da exposição a altas concentrações de TNT, que são alterações hematológicas, incluindo anemia, toxicidade hepática, além de dermatite alérgica de contato e desenvolvimento de catarata (Boyer e Lindor, 2016).

Pergunta 4

Apesar de seus efeitos colaterais, o TNT ainda é utilizado em contextos urbanos específicos. Cite 2 deles.



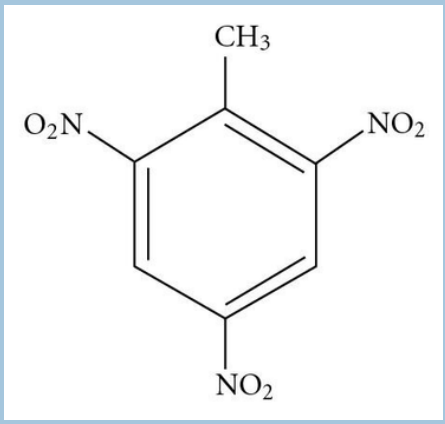
Até hoje, na ciência, o TNT é utilizado como medida de referência para medir a grandeza de explosões, como por exemplo, o meteoro de Cheliabinsk, que atingiu a região da Rússia, teve a "força" de 500 quilotons de TNT (Barbosa, 2016).



Gabarito

Pergunta 1

Figura: Estrutura química da molécula de TNT.



Fonte: Pichtel, 2012

A estrutura começa com um anel de benzeno (um hexágono de carbonos) que possui um grupo metila ($-CH_3$) ligado ao primeiro carbono. Essa combinação é o que chamamos de tolueno e junto dele existem três grupos nitro ($-NO_2$) fixados ao anel.

Pergunta 2

Resposta pessoal dos alunos.

Pergunta 3

O trinitrotolueno (TNT) é uma molécula quimicamente instável. Ao ser submetido a altas temperaturas ou a impactos mecânicos, o composto atinge a energia necessária para iniciar uma reação de decomposição rápida e altamente exotérmica. Quando aquecido até a decomposição, produz gases tóxicos a partir de óxidos de nitrogênio.

Pergunta 4

Exemplos: em pedreiras e em minas; na construção de rodovias e ferrovias; na prospecção sísmica; na abertura de túneis e canais; no aprofundamento de portos; em demolições de prédios e outras construções.

Vanilina

Vanilina, um aldeído fenólico, é um composto orgânico aromático com a fórmula molecular $C_8H_8O_3$.

Propriedades físicas (Alvaro, 2023)



Ponto de Fusão: 81-83 °C
Ponto de Ebulição: 285 °C
Densidade: 1,06 g/cm³
Solubilidade: solúvel em álcool, éter e clorofórmio; ligeiramente solúvel em água.

Grupos funcionais

Uma hidroxila ligada diretamente em um anel aromático, portanto, se trata de um fenol. Sua molécula também possui um grupo aldeído e um grupo metóxi, caracterizando um éter.

Classificação da Cadeia

A cadeia carbônica da vanilina é classificada como mista, aromática com núcleo aromático (anel benzênico), heterogênea e insaturada, contendo ainda ramificações e grupos funcionais específicos.

Aplicações e curiosidades (Fogaça, 2026e)

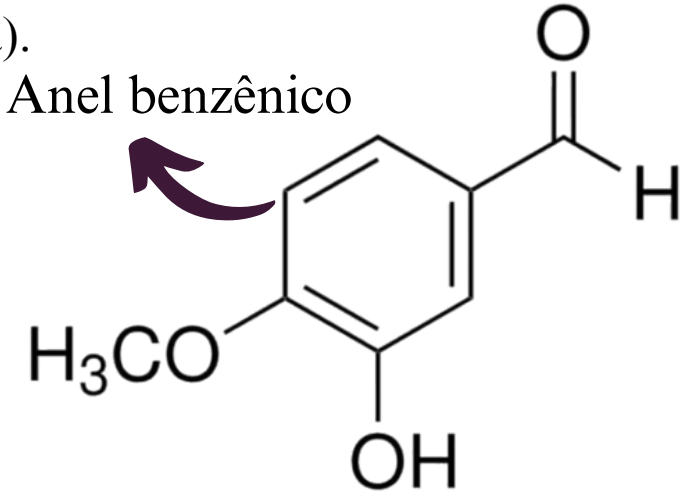
Na indústria alimentícia, na fabricação de aromatizantes para sorvetes, chocolates e doces no sabor baunilha. Além disso, também pode ser utilizado em indústrias cosméticas e em perfumarias devido ao seu aroma doce e agradável.



Isômeros da vanilina

São compostos que possuem a mesma fórmula molecular da vanilina ($C_8H_8O_3$), mas com uma ordem ou posição diferente dos átomos no anel aromático (isômeros de posição) ou diferentes grupos funcionais (isômeros de função), alguns exemplos são a Orto-vanilina (o-vanilina) e a Isovanilina (BenchChem, n.d).

Figura: Fórmula estrututral da isovanilina (isômero da vanilina).



Fonte: Sigma-Aldrich (n.d.)

Pergunta 1

Sabendo que sua nomenclatura IUPAC é 4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído, identifique a vanilina entre as moléculas que foram entregues a você e desenhe sua fórmula estrutural.

Pergunta 2

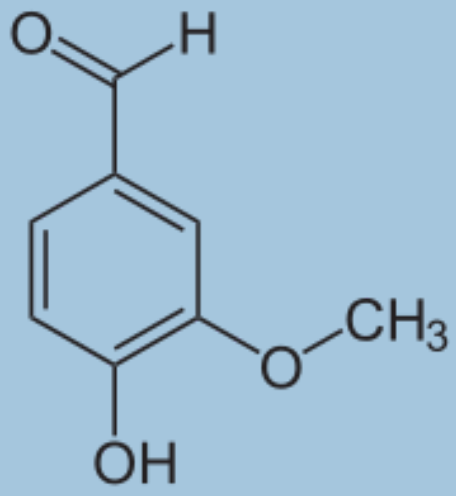
A molécula da vanilina é famosa por produzir um cheiro forte. Por que compostos aromáticos costumam ter essa característica?



Pergunta 3

O nome vanilina deriva da palavra inglesa *vanilla*. O que essa palavra significa e qual dica ela pode nos dar sobre seus usos?

Gabarito



Fonte: FCiências, 2012

Pergunta 1

Observe se o aluno identificou corretamente a molécula. Essa é a fórmula estrutural da vanilina.

Pergunta 2

Compostos aromáticos costumam ter cheiro forte porque suas moléculas são voláteis e conseguem interagir facilmente com os receptores do olfato. Na vanilina, o anel benzênico e seus grupos funcionais ajudam a produzir o aroma característico da baunilha.

Pergunta 3

A palavra inglesa vanilla significa “baunilha”. Essa é a principal dica, pois ela é a substância responsável pelo aroma e sabor característicos da baunilha. Por isso, a vanilina é muito utilizada na fabricação de alimentos, doces e perfumes.

Referências

Alvaro, J. (2021). Benzeno: Veja suas principais características, aplicações e outros detalhes. Química.com.br. https://www.quimica.com.br/benzeno-veja-suas-principais-caracteristicas-aplicacoes-e-outros-detalhes

Alvaro, J. (2023). Vanilina: aromatizante e flavorizante. Química.com.br. https://www.quimica.com.br/vanilina-aromatizante-e-flavorizante/

Aguiar, L. D. C. D. (2016). *Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências* [Universidade Estadual Paulista (Unesp)]. http://hdl.handle.net/11449/137894

Asma Brônquica. (n.d.). *Tratamento da asma: teofilina*. https://www.asmabronquica.com.br/medical/tratamento_asma_teofilina.html

Astolfi, J. P., & Develay, M. (2012). A didática das ciências (16ª ed.; M. S. S. Fonseca, Trad.). Papirus.

Barbosa, C. (2016). O mistério de Chelyabinsk. Observatório G1. https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/blog/observatorio/post/o-misterio-de-chelyabinsk.html

Barufaldi, M. (2022). *Glicose, sacarose e amido: A função da intolerância à frutose*. LinkedIn. https://pt.linkedin.com/pulse/glicose-sacarose-e-amido-fun%C3%A7%C3%A3o-da-intoler%C3%A2ncia-%C3%A0-starch-barufaldi

Batista, C. (n.d.). Ácido acético. Toda Matéria. https://www.todamateria.com.br/acido-acetico/

BenchChem. (n.d.). Vanillylamine (CAS 1196-92-5) | Capsaicinoid precursor. https://www.benchchem.com/product/b075263

Bernardo, D. L., Barros, K. A., Silva, R. C., & Pavão, A. C. (2016). Carcinogenicidade de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Química Nova, 39(7), 789–794. https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160093

Bernardo, J. M. P., & Tavares, R. O. (2017). Desenvolvimento de modelos didáticos auxiliares no processo de ensino-aprendizagem em embriologia humana. *Revista Educação em Debate, 39*(74), 87–105. http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/32883

Bertaglia, L. M., da Silva Almeida, A., Júnior, E. A. B., & dos Santos, L. Q. (2025). Inventariamento da fauna de Lepidópteros nas trilhas do Parque Natural Cachoeira da Marta. Entomology Beginners, 6, e089. https://www.entomologybeginners.org/index.php/eb/article/view/89

Boyer, T. D., & Lindor, K. D. (2016). *Hepatologia de Zakim e Boyer: Um livro didático sobre doenças do fígado* [E-book]. Elsevier Health Sciences.

Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Murphy, C. J. (2005). *Química: A ciência central* (9ª ed.). Pearson Prentice Hall.

Bruice, P. Y. (2006). *Química orgânica* (4ª ed., Vol. 1). Pearson Prentice Hall.

Cardoso, M. (n.d.). Ácido salicílico. InfoEscola. https://www.infoescola.com/quimica/acido-salicilico/

Carvalho, A. P. E., e Silva, C. R., Martins, C. da C. S., Campinhos, F. L., Souza Lima, I. P. C. M., Spengler, M. das G. de M. T., Rocha, M. M. da, Marques, M. M., Cordeiro, N. G. B., Santos, P. F. A. de M., Di Gesu, R. S. W., Casado, R. M. M., Bastos Junior, R. M., & Forte, W. C. N. (2021). *Anafilaxia: O que você precisa saber.* Associação Brasileira de Alergia e Imunologia.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (n.d.
-a). Naftaleno: Ficha de informação de produto químico. CETESB.
https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?cod=NAFTALENO&consulta=NAFTALENO

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (n.d.-b). Propileno: Ficha de informação de produto químico. CETESB. https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=PROPILENO

CymitQuimica. (n.d.). *CAS 611-59-6: Paraxantina*. https://cymitquimica.com/pt/cas/611-59-6/

Del Vecchio, P. (2016). *Remoção de ácido acetilsalicílico por adsorção* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Lume UFRGS. https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/150665

Dias, D. L. (n.d.). Ácido ascórbico (vitamina C). Manual da Química. https://www.manualdaquimica.com/curiosidades-quimica/acido-ascorbico-vitamina-c.htm

Educa Mais Brasil. (n.d.). *Álcool*. https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/alcool

Estratégia Vestibulares. (2026). A cafeína e a teobromina são moléculas da classe das metilxantinas e estão presentes no café e no cacau. https://vestibulares.estrategia.com/public/questoes/cafei-teobromina-sa35f3582d26/

FCiências. (2012). Vanilina – molécula da semana. https://www.fciencias.com/2012/12/06/molecula-da-semana-vanilina/

Fernandes, J. R. R. (2025). Ácido acetilsalicílico: Saiba para que serve e possíveis efeitos adversos. Einstein Hospital Israelita. https://www.einstein.br/n/vida-saudavel/acido-acetilsalicilico-saiba-para-que-serve-e-possiveis-efeitos-adversos

Ferreira, V. R. (n.d.). Benzeno: o que é, aplicações, toxicidade. PrePara ENEM. https://www.preparaenem.com/quimica/benzeno.htm

Fogaça, J. R. V. (2026)b. Glicose. Brasil Escola. https://brasilescola.uol.com.br/quimica/glicose.htm

Fogaça, J. R. V. (2026)d. *Alcaloides*. Brasil Escola. https://brasilescola.uol.com.br/quimica/alcaloides.htm

Fogaça, J. R. V. (2026)c. Ciclização das oses. Brasil Escola. https://brasilescola.uol.com.br/quimica/ciclizacao-das-oses.htm

Fogaça, J. R. V. (2026)a. Química da cafeína. Brasil Escola. https://brasilescola.uol.com.br/quimica/quimica-cafeina.htm

Fogaça, J. R. V. (2026)e. *Vanilina – Principal componente da essência de baunilha*. Mundo Educação. https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/vanilina-principal-componente-essencia-baunilha.htm

Fonseca, M. R. M. da. (n.d.). Benzeno: fórmula, polaridade, curiosidades e aplicações. Mundo Educação. https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/benzeno.htm

Franceschini, G. D. N. (2024). *Avaliação da reação de desidrogenação oxidativa do etano com CO2: Comparação entre diferentes sistemas catalíticos e estudo cinético* [Tese de doutorado, Universidade Federal de São Paulo]. Repositório Institucional UFRGS.

Galvão, M. F. D. O. (2016). Caracterização do material particulado e avaliação do risco ocupacional e mecanismos moleculares associados à queima artesanal da castanha de caju. Repositório Institucional da UFRN. https://share.google/RfNTqK6cm5JfljNIv

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). Developing models in science education. Kluwer Academic Publishers.

Gonçalves, A. L. (n.d.). Adrenalina. InfoEscola. https://www.infoescola.com/hormonios/adrenalina/

Greca, I. M., & Santos, F. M. T. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: O caso da física e química. Investigações em Ensino de Ciências, 10(1), 31–46.

Guadagnini, P. H. (2026). Kit para montagem de modelos moleculares com impressão 3D para o ensino de Química. Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC, 16(2), 455–471.

Guadagnini, P. H., & Gusmão, R. M. (2025). *Explorando a química com modelos moleculares 3D: Um guia didático para professores*. Universidade Federal do Pampa. https://sites.unipampa.edu.br/sacci/files/2026/02/volume-12-explorando-a-quimica.pdf

Hinrichs, K. U., Hayes, J. M., Bach, W., Spivack, A. J., Hmelo, L. R., Holm, N. G., ... Sylva, S. P. (2006). Biological formation of ethane and propane in the deep marine subsurface. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(40), 14684–14689. https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0606535103

Krapas, S., Queiroz, G., Colinvaux, D., & Franco, C. (1997). Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Investigações em Ensino de Ciências, 2(3), 185–205. https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/627

Lêla, M. de S., & Castro, M. R. P. (2025). Riscos e efeitos do consumo da cafeína proveniente de bebidas energéticas: Uma perspectiva da saúde coletiva. Research, Society and Development, 14(11), e86141150024. https://doi.org/10.33448/rsd-v14i11.50024

Maduro, B. M., & Trombetoni, H. H. (2024). Materiais didáticos produzidos através da impressão 3D: Um estudo de caso. *Anais da Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS, 16*(2). https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/2582/1574

Manela-Azulay, M., Mandarim-de-Lacerda, C. A., Perez, M. A., Filgueira, A. L., & Cuzzi, T. (2003). Vitamina C. Anais Brasileiros de Dermatologia, 78(3), 265–274.

Martínez-Pinilla, E., Oñatibia-Astibia, A., & Franco, R. (2015). The relevance of theobromine for the beneficial effects of cocoa consumption. Frontiers in Pharmacology, 6, Article 30. https://doi.org/10.3389/fphar.2015.00030

Martins, C. R., Lopes, W. A., & Andrade, J. B. de. (2013). Solubilidade das substâncias orgânicas. Química Nova, 36(8), 1248–1255.

Materializa. (2024). O que é filamento PLA (ácido poliláctico)? https://www.materializa.com.br/blog/o-que-e-filamento-pla-acido-polilactico/

Muniz, A. de L., & Moraes, S. G. (2024). Utilização de modelos 3D como recurso didático no ensino de embriologia do sistema nervoso central. *Anais CIET, 4*(1). https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/2606

PubChem. (n.d.-a). Acetic acid. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetic-acid

PubChem. (n.d.-d). Caffeine. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Caffeine

PubChem. (n.d.-c). Epinephrine. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Epinephrine

PubChem. (n.d.-g). Isovanillin. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12127

PubChem. (n.d.-b). L-ascorbic acid. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/54670067

PubChem. (n.d.-e). Propyne. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propyne

PubChem. (n.d.-f). Theobromine. National Center for Biotechnology Information. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Theobromine

Pichtel, J. (2012). *Distribution and fate of military explosives and propellants in soil: A review*. *Applied and Environmental Soil Science, 2012, Article 617236.* https://doi.org/10.1155/2012/617236

Quinelato, R. (2024). Reação de Maillard. Vestibulando Web. https://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/reacao-de-maillard/

Quero Bolsa. (2023, setembro 21). Aspirina. Manual do Enem. https://querobolsa.com.br/enem/biologia/aspirina

Rocha, Y. S., Pereira, R. C. L., & Filho, J. G. M. (2019). Petroleômica: Fundamentos e aplicações na caracterização geoquímica de petróleos e rochas geradoras. Anuário do Instituto de Geociências, 42(1), 196–208.

Santana, J. (n.d.). Sobre o propano responda: qual a fórmula estrutural e fórmula molecular do propino? Passei Direto. https://www.passeidireto.com/pergunta/64791818/sobre-o-propano-responda-qual-a-formula-estrutural-e-formula-molecula-do-propino

Santos, L. R. dos. (n.d.). *Trinitrotolueno (TNT)*. InfoEscola. https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/trinitrotolueno-tnt/

Santos, W. P., et al. (2003). Estudo químico da vitamina C. *Química Nova, 26*(2), 231–239.

Santos, J. T. G., & Andrade, A. F. de. (2020). Impressão 3D como recurso para o desenvolvimento de material didático: Associando a cultura maker à resolução de problemas. RENOTE, 18(1). https://doi.org/10.22456/1679-1916.106014

Scheibel, J. M. (2025). O uso de modelos moleculares na aprendizagem de Química: Uma revisão sistemática da literatura [Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. LUME Repositório Digital da UFRGS.

Sigma-Aldrich. (n.d.) Isovanillin. https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/aldrich/59940

Silva, D. C. da. (n.d.). Fenol: o que é, propriedades, funções, resumo. Brasil Escola. https://brasilescola.uol.com.br/quimica/fenois.htm

Silva, M. E., Silva, F. L. H., & Swarnakar, R. (2003). Estudo da verificação dos efeitos das concentrações iniciais de etanol e ácido acético sobre a eficiência da produção de vinagre de vinho de caju. *III Encontro Nacional de Pós-Graduação*. Anais do II ENPG, (42), 15.

Silva, R. B., Meira, S. C., & Oliveira, A. C. P. (2019). Estudo do equilíbrio de fases da mistura etano/n-eicosane. Revista do CENAR, 1(1), 227–240.

Singla, R. (2026). Acetylsalicylic acid: Uses, side effects & facts explained. Vedantu. https://www.vedantu.com/chemistry/acetylsalicylic-acid/

Solomons, T. W. G., & Fryhle, C. B. (2018). Química orgânica (12ª ed.). LTC.

Souza Junior, T. P. de, Capitani, C. D., Loturco Filho, I., Viveiros, L., & Aoki, M. S. (2012). A cafeína potencializa o desempenho em atividades de endurance? Brazilian Journal of Biomotricity, 6(3), 144–152. https://www.redalyc.org/pdf/930/93024967001.pdf



www.meridapublishers.com