

Inhaltsverzeichnis

Arbeitsblätter	Thema	Niveau	Kapitel
1	Recherche von Beispielen aus Natur und Technik	SEK I /SEK II	2.
2	Drehspiegelachse	SEK II	2.1
3	Chirale Zentren in Beispielmolekülen finden	SEK II	2.1
4	Enantiomere, Diastereomere, Konformere	SEK II	2.2
5	Recherche zu Cinchonidin und weiteren industriell relevanten chiralen Verbindungen	SEK II	3.
6	Recherche zur Substanz Carvon	SEK II	3.
7	Enantioselektive Synthese	SEK II	4.2
8	Zur Forschung über Chiralität	SEK II	7.3



Das Inhaltsverzeichnis ist verlinkt. Klicken Sie auf den gewünschten Inhalt, und Sie gelangen direkt dorthin. Möchten Sie wieder zurück, klicken Sie rechts oben auf das Home-Icon.

Aufgabe

Das Phänomen der Chiralität tritt an ganz unterschiedlichen Stellen in Natur und Technik auf. Recherchieren Sie mindestens vier verschiedene Objekte aus unterschiedlichen Bereichen, bei denen das Phänomen der Chiralität vorkommt. Erklären Sie an jedem Objekt das Phänomen und die Bedeutung der Chiralität.

Nutzen Sie folgende Links, um erste Informationen zu erhalten:

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/chiralitaet/13513>

Schlagworte: Beispiele Naturstoffe, Biomineralisation

[https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chiralit%C3%A4t_\(Chemie\)](https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chiralit%C3%A4t_(Chemie))

Schlagworte: Alltagsbeispiele, Händigkeit, Einführung Chiralität

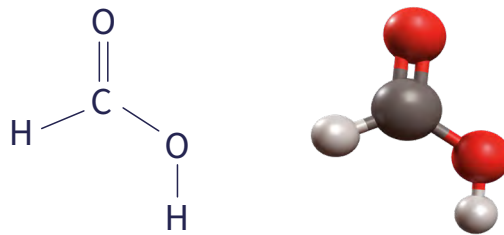
https://www.cumschmidt.de/chiralitaet_im_alltag.htm

Schlagworte: Alltagsgegenstände, chiral, achiral

Ein Beispiel für chirale Objekte auf der makroskopischen Ebene sind Schneckenhäuser. Die Gehäuse der meisten Schneckenarten vollführen eine rechtshändige Spirale. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass bei der Kristallisation des Gehäuses durch chirale Biomoleküle, also einem Prozess auf der submikroskopischen Ebene, ein chirales Objekt entsteht, das wir in unserer Umwelt erkennen können. Objekte, welche wir mit unseren Sinnen wahrnehmen, können in ihrer Struktur also eine Chiralität besitzen.

Aufgabe

Zeichnen Sie in eine der Molekülabbildungen der Ameisensäure eine Drehspiegelachse ein.



Mögliche Symmetrieeoperationen bei der Ameisensäure werden in der Literatur mit C_s und $\sigma = 1$ angegeben.

Weitere Informationen können den folgenden Links entnommen werden:

https://www.cumschmidt.de/s_chiralitaet_und_symmetrie.htm

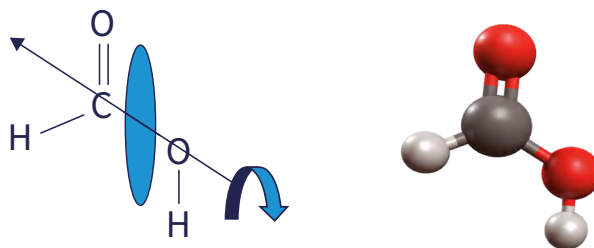
Schlagnworte: Symmetrieeoperationen, Spiegelungen

https://www.chem.uzh.ch/robinson/lectures/AC_BII/Kap7/kap7.html

Schlagnworte: Symmetrie, Isomerie

<https://www.chemie.de/lexikon/Ameisens%C3%A4ure.html>

Schlagnworte: Vorkommen, chemische Eigenschaften, Gewinnung der Ameisensäure



ARBEITSBLATT 3

CHIRALE ZENTREN IN BEISPIEL- MOLEKÜLEN FINDEN

HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

Aufgabe

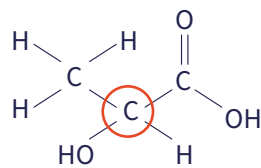
Finden Sie ein oder mehrere chirale Zentren.

Chirale Zentren können gefunden werden, wenn man sich die einzelnen nicht planar umgebenen Atome ansieht. Bei den Beispielmolekülen liegen daher die C-Atome im Fokus. Für diese muss man erkennen, ob sie asymmetrisch substituiert sind. Asymmetrische C-Atome sind solche, die vier verschiedene Bindungspartner haben.

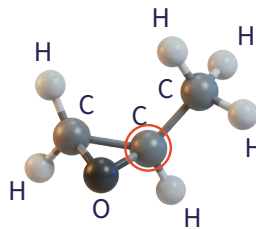
Weitere Informationen können dem folgenden Link entnommen werden:

https://www.chem.uzh.ch/robinson/lectures/AC_BII/Kap7/kap7.html

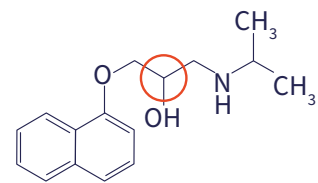
Schlagnworte: chirale Zentren, Konfiguration



a. Milchsäure



b. Propylenoxid



c. Propranolol

Die chiralen Zentren sind mit einem roten Kreis markiert.

Aufgabe

1. Ordnen Sie die Molekülpaare einander zu.
2. Bestimmen Sie, welche Paare als Enantiomere, Diastereomere oder Konformere definiert werden.
3. Begründen Sie, warum Sie die Molekülpaare entsprechend in die drei Kategorien eingeordnet haben.

Bei der Bestimmung, welche Molekülpaare Enantiomere, Diastereomere oder Konformere sind, kann folgendermaßen vorgegangen werden:

Um Enantiomere und Diastereomere voneinander zu unterscheiden, müssen in einem ersten Schritt alle chiralen Zentren bestimmt und deren räumliche Orientierung festgestellt werden. Wenn alle Zentren die entgegengesetzte räumliche Orientierung aufweisen und sich die Moleküle wie Bild und Spiegelbild verhalten, handelt es sich um Enantiomere. Ist dies nicht der Fall, handelt es sich um Diastereomere.

Konformere sind daran zu erkennen, dass sie durch Drehungen um Einfachbindungen ineinander überführt werden können.

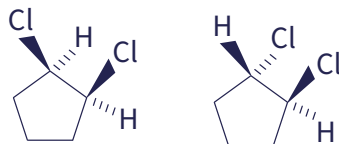
Moleküle: Twistform Cyclohexan, 1,2-Dibromethan, 1,2-Dichlorcyclopentan, Threonin, Fenchon



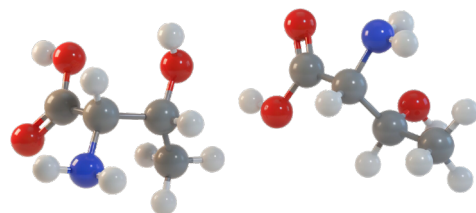
Konformere



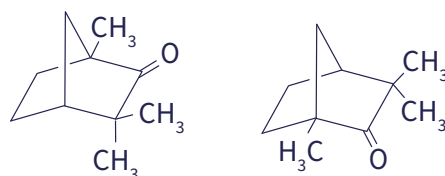
Konformere



Diastereomere



Enantiomere



Enantiomere

Aufgabe

1. Recherchieren Sie das Molekül des Cinchonidins. Gehen Sie dabei vor allem auf dessen Struktur, die Eigenschaften und die Verwendung ein.

Nutzen Sie folgende Links, um erste Informationen zu erhalten.

Cinchonidin:

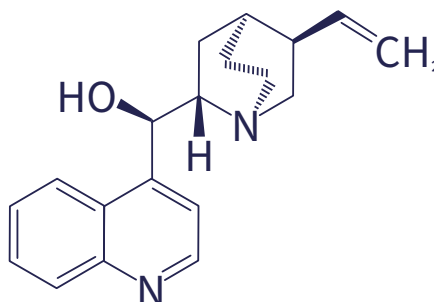
<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Cinchonidin>

Schlagnote: chemische Eigenschaften, Sicherheitshinweise

<https://www.carlroth.com/de/de/chirale-bausteine-auxiliare/cinchonidin/p/8872.1>

Schlagnote: Struktur, physikalische Eigenschaften

Erwartete Ergebnisse:



Eigenschaften: Cinchonidin ist bei Licht- und Luftausschluss ein farbloser, kristalliner Feststoff. In der Umgebung von Licht und Oxidationsmitteln wird Cinchonidin zu gelblich gefärbten Produkten zersetzt bzw. oxidiert. Es löst sich schlecht in Wasser und hat einen Schmelzpunkt von 205 °C. Die Summenformel lautet: C₁₉H₂₂N₂O.

Verwendung: Cinchonidin wird zur Spaltung von Racematen verwendet und bildet mit optisch aktiven Säuren diastereomere Salze, welche durch fraktionierte Kristallisation aufgetrennt werden können. Es gehört zu den Cinchona-Alkaloid-Katalysatoren, die als chirale Amine Lewis-Basen sind. In der organischen Chemie wird in katalytischen Reaktionen Cinchonidin vielfach eingesetzt.

2. Recherchieren Sie weitere industriell relevante chirale Verbindungen und beschreiben Sie dabei für eine Verbindung, wie diese konkret eingesetzt und mit welchem Ziel sie genutzt wird.

Unter folgendem Link, können weitere Informationen über industriell relevante chirale Verbindungen erhalten werden, die in verschiedene Kategorien ihrer Anwendung unterteilt sind:

https://abcr.com/ch_de/produkte/chiral-compounds

Alternativ dazu gibt es bei den Internetauftritten anderer Chemikalienfirmen Informationen über chirale Verbindungen und deren Anwendung. Hier ein weiteres Beispiel:

<https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/products/chemistry-and-biochemicals/catalysts/chiral-catalysts-and-ligands>

Beispiele für chirale Verbindungen:

Aspartam:

<https://www.aspartam.at/>

Schlagworte: Zusammensetzung, Herstellung, Einsatzgebiete

Erwartete Ergebnisse: Die Ausgangsstoffe, nämlich die zwei Aminosäuren Asparagin und Phenylalanin, werden für die Synthese von Aspartam durch Fermentation gewonnen.

In der Synthese werden die beiden Ausgangsstoffe zuerst mit Methanol und in einem letzten Syntheseschritt mit Essigsäure und Stickstoff bei verschiedenen Temperaturbereichen zu Aspartam umgesetzt.

Einsatz: Aspartam ist ein kalorienarmer synthetischer Süßstoff und wird vielen zuckerfreien Lebensmitteln und Getränken zugesetzt. Es ist eines der am häufigsten genutzten Süßungsmittel und findet sich in Getränken, Süßigkeiten, Kaugummis oder Milchprodukten.

Ziel: Das Ziel des Einsatzes von Aspartam ist die Produktion niedrigkalorischer Nahrung und niedrigkalorischer Getränke. Da es bislang als gesundheitlich unbedenklich und somit als sicher eingestuft wurde, ist es seit 1994 in der EU zugelassen.

Pregabalin:

https://www.vetpharm.uzh.ch/Wirkstoffe/000000014855/3508_01.html

Schlagworte: Eigenschaften, pharmazeutische Wirkung

https://www.gelbe-liste.de/wirkstoffe/Pregabalin_48440

Schlagworte: Struktur, pharmazeutischer Einsatz

Erwartete Ergebnisse: Pregabalin kann durch enantioselektive Synthese in einem Mehrstufenprozess hergestellt werden. Die Ausgangsstoffe sind Isobutyraldehyd und Acrylnitril.

Einsatz: Pregabalin wird bei Epilepsie oder bei generalisierten Angststörungen eingesetzt. Ebenso kann es bei neuropathischen Schmerzen eingenommen werden. Es ist nicht frei von Nebenwirkungen wie Benommenheit, Schläfrigkeit oder Kopfschmerzen.

Ziel: Bei der Behandlung mit Pregabalin ist das Ziel, die Erregbarkeit der Neuronen im zentralen Nervensystem zu senken.

Aufgabe

Recherchieren Sie, welches Enantiomer zu welchem Geruch führt.

Nutzen Sie folgende Links, um erste Informationen zu erhalten:

<https://www.chemie.de/lexikon/Carvon.html>

Schlagnote: chemische Eigenschaften, Geruch

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Carvon>

Schlagnote: chemische und physikalische Eigenschaften, Vorkommen

Erwartetes Ergebnis:

Das R-Enantiomer riecht nach Minze.

Das S-Enantiomer riecht nach Kümmel.

S-METOLACHLOR

Aufgabe 1:

Vollziehen Sie das Reaktionsschema nach, indem Sie die Reaktionszentren markieren und beschreiben, welche Molekülgruppe(n) addiert und welche abgespalten werden.

An allen Reaktionsschritten ist das Stickstoffatom beteiligt. Abgangsgruppen im Reaktionsverlauf sind H_2O und HCl . Hinzugefügt werden Methoxyaceton im ersten, Wasserstoff im zweiten und Chloressigsäurechlorid im letzten Reaktionsschritt.

Aufgabe 2:

Erläutern Sie, warum das im zweiten Schritt entstehende Imin „prochiral“ genannt wird.

Der Begriff Prochiralität beschreibt die Eigenschaft eines ebenen (planaren) Moleküls oder Molekülteils, ein Kohlenstoffatom zu besitzen, das mit drei verschiedenen funktionellen Gruppen bzw. Substituenten verbunden ist.

Dieser planare Bereich kann durch eine Additionsreaktion zu einem chiralen Zentrum werden, wenn ein neuer Substituent hinzukommt, der sich von den bereits vorhandenen unterscheidet.

Im vorliegenden Fall ist das prochirale Reaktionszentrum das Kohlenstoffatom, das eine Doppelbindung zum Stickstoffatom besitzt und außerdem an eine Methylgruppe (Me) sowie eine Methoxygruppe (OMe) gebunden ist.

Aufgabe 3:

Recherchieren Sie zur Katalysatorentwicklung der großindustriellen Synthese des S-Metolachlors (Quelle siehe Quellenverzeichnis) und leiten Sie daraus auch allgemeinere Erkenntnisse für die Entwicklung der Chemie ab.

Folgende Links legen die Entwicklung der Synthese von S-Metolachlor und den eingesetzten Katalysatoren dar:

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Metolachlor>

Schlagworte: Geschichte, Stereochemie, Verwendung

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Prochiralit%C3%A4t>

Schlagworte: Erklärung Prochiralität, Stereochemie

<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/1615-4169%28200201%29344%3A1%3C17%3A%3AAID-ADSC17%3E3.0.CO%3B2-8>

Schlagworte: Geschichte, Katalysatoren, industrielle Entwicklung

Nachrichten aus der Chemie, September 2010, S. 864-867

Schlagworte: enantioselektive Katalyse, industrielle Synthesen

Aufgabe 4:

Bestimmen Sie, um welchen Reaktionstyp es sich bei der Hydrierung handelt.

Da Wasserstoff an der C-N-Doppelbindung angreift, kann man dies als Addition oder auch als Hydrierung bezeichnen.

DULOXETIN

Aufgabe 1:

Vollziehen Sie die einzelnen Synthesestufen nach, indem Sie beschreiben, welche Molekülgruppe(n) addiert und welche abgespalten werden.

Erster Schritt: Bei der Mannich-Reaktion findet in diesem Fall eine Aminoalkylierung von 2-Acetylthiophen mit einem Aldehyd und einem primären Amin statt. Die Mannich-Reaktion wird zu den Kondensationsreaktionen gezählt, da Wasser abgespalten wird. Zweiter Schritt: Bei einer Hydrierung wird Wasserstoff addiert. Dritter Schritt: An die Stelle eines Wasserstoffs wird 1-Fluornaphtalin an das Sauerstoffatom gebunden.

Erster Schritt:

Addierte Gruppen: Methylamin, Formaldehyd

Abgangsgruppe: Wasser

Zweiter Schritt:

Addierte Gruppen: Wasserstoff (Hier ist zu beachten, dass diese Hydrierung in einem mehrstufigen katalytischen Prozess geschieht.)

Abgangsgruppe: keine bezüglich des reinen Produkts

Dritter Schritt:

Addierte Gruppe: Naphtalin

Abgangsgruppe: Fluorwasserstoff

<https://www.organische-chemie.ch/OC/Namen/Mannich.htm>

Schlagerworte: Mannich-Reaktion, Reaktionsmechanismus

Aufgabe 2:

Benennen Sie die funktionellen Gruppen, die an der Reaktion beteiligt sind, und beschreiben Sie deren Eigenschaften.

Siehe auch die Lösungshinweise zur vorangegangenen Aufgabe. Hier sollte berücksichtigt werden, welche funktionellen Gruppen zum Beispiel als Nucleophile agieren.

Erster Reaktionsschritt: Amin-, Aldehyd-, Methylgruppe

Eigenschaften der funktionellen Gruppen:

Amingruppen: Die Chemie der Amine wird durch das freie Elektronenpaar am N-Atom bestimmt. Wegen dieses freien Elektronenpaars besitzen Amine basische und nucleophile Eigenschaften.
Aldehydgruppe: Die C=O-Doppelbindung ist nicht sehr stabil, daher zeigen Aldehyde eine große Vielfalt chemischer Reaktionen. Die chemischen Reaktionen sind durch die C=O-Bindung bestimmt. Am Carbonyl-C-Atom eines Aldehyds können verschiedene nucleophile Additionsreaktionen stattfinden.
Methylgruppe: Methylgruppen sind im Vergleich zu anderen funktionellen Gruppen eher reaktionsträge. Sie reagieren an sich nur unter drastischen Reaktionsbedingungen.

Zweiter Reaktionsschritt: Ketogruppe (An dieser Stelle wird bewusst darauf verzichtet, den komplexeren Syntheseschritt mit den Katalysatoren anzuführen.)
Eigenschaften der funktionellen Gruppe: Ketone gehen, ähnlich wie Aldehyde, Additions- und Kondensationsreaktionen ein.

Dritter Reaktionsschritt: Hydroxygruppe, Halogenaromat
Eigenschaften der funktionellen Gruppen:

Hydroxygruppe: Die Eliminierung und die nucleophile Substitution sind typische Reaktionen von Verbindungen mit OH-Gruppen.

Halogenaromat: Eine häufige Reaktion der Halogenaromate ist die nucleophile aromatische Substitution. Diese Reaktion läuft meist nach einem Additions-Eliminierungs-Mechanismus ab. Halogenaromate unterliegen unter Standardbedingungen selten nucleophilen Substitutionen, außer in hochenergetischen industriellen Prozessen.

Aufgabe 3:

Bestimmen Sie, um welchen Reaktionstyp es sich bei der Hydrierung handelt.

Da Wasserstoff an der C=O-Doppelbindung angreift, kann man dies als Addition bzw. als Hydrierung bezeichnen. Für das Kohlenstoffatom stellt es überdies eine Reduktion dar. Darüber hinaus bezeichnet eine Transferhydrierung in der Synthesechemie ein Verfahren, bei dem der Wasserstoff sich nicht in gasförmigem Zustand befindet, sodass gerade bei großindustriellen Verfahren eine potenziell von gasförmigem Wasserstoff ausgehende Gefahr reduziert werden kann.

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Transfer-Hydrierung>

Schlagworte: katalytische Transferhydrierung, industrielle Anwendung

Aufgabe 1:

Informieren Sie sich über Verfahren der Enantiomerentrennung. Recherchieren Sie dabei zum einen ein klassisches/herkömmliches Verfahren und zum anderen ein Verfahren, welches im Forschungsprojekt ELCH entwickelt wurde.

Nutzen Sie folgende Links, um erste Informationen zu erhalten.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ange.201302823>

Schlagworte: Verfahren zur Enantiomerentrennung, Racematspaltung

<https://www.uni-kassel.de/forschung/sfb/sfb-1319-elch>

Schlagworte: aktuelle Forschungsprojekte, extremes Licht, chirale Moleküle

https://www.atom.uni-frankfurt.de/research/50_chirality/

Schlagworte: COLTRIMS, Coulomb-Explosion

Aufgabe 2:

Informieren Sie sich im Internet über aktuelle Forschungsprojekte, die sich zentral mit dem Thema „Chiralität“ beschäftigen. Wählen Sie ein Forschungsprojekt aus, beschreiben Sie es und fassen Sie die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse zusammen.

<https://mbi-berlin.de/de/forschung/highlights/details/scientists-decipher-the-contribution-of-electrons-to-molecular-chirality>

Schlagworte: Elektronen, chirale Reaktivität

<https://mbi-berlin.de/research/highlights/details/let-there-be-a-new-light-scientists-synthesized-light-with-new-intrinsic-chirality-to-tell-mirror-molecules-apart>

Schlagworte: synthetisch-chirales Licht, Identifizierung chiraler Moleküle

Beschreibung eines Forschungsprojekts (zweiter Link):

In den vergangenen Jahren haben Forscherteams mehrerer Institute und Universitäten eine neue Form von Licht entwickelt, welches sie „synthetisch-chirales Licht“ nennen. Dieses soll dazu beitragen, chirale Moleküle bezüglich ihrer Händigkeit besser zu unterscheiden. Dieses neuartige Licht unterliegt selbst einer Art Händigkeit, wodurch es in der Lage ist, mit Enantiomeren unterschiedlich zu interagieren. Die Händigkeit des Lichts kann so eingestellt werden, dass ein Enantiomer aktiv mit ihm interagiert und in dieser Interaktion helles Licht aussendet, wohingegen das andere Enantiomer gar nicht mit dem Licht interagiert. Forschende versprechen sich von dem Einsatz beispielsweise, chirale chemische Reaktionen in Echtzeit abzubilden oder potenzielle Umwandlungen von Molekülen bezüglich ihrer Händigkeit festzuhalten. Dieses könnte in der Chemie und der Biologie dazu beitragen, dass molekulare chirale Prozesse besser erforscht, schneller analysiert und somit in Bezug auf ihre Effektivität angepasst werden können.