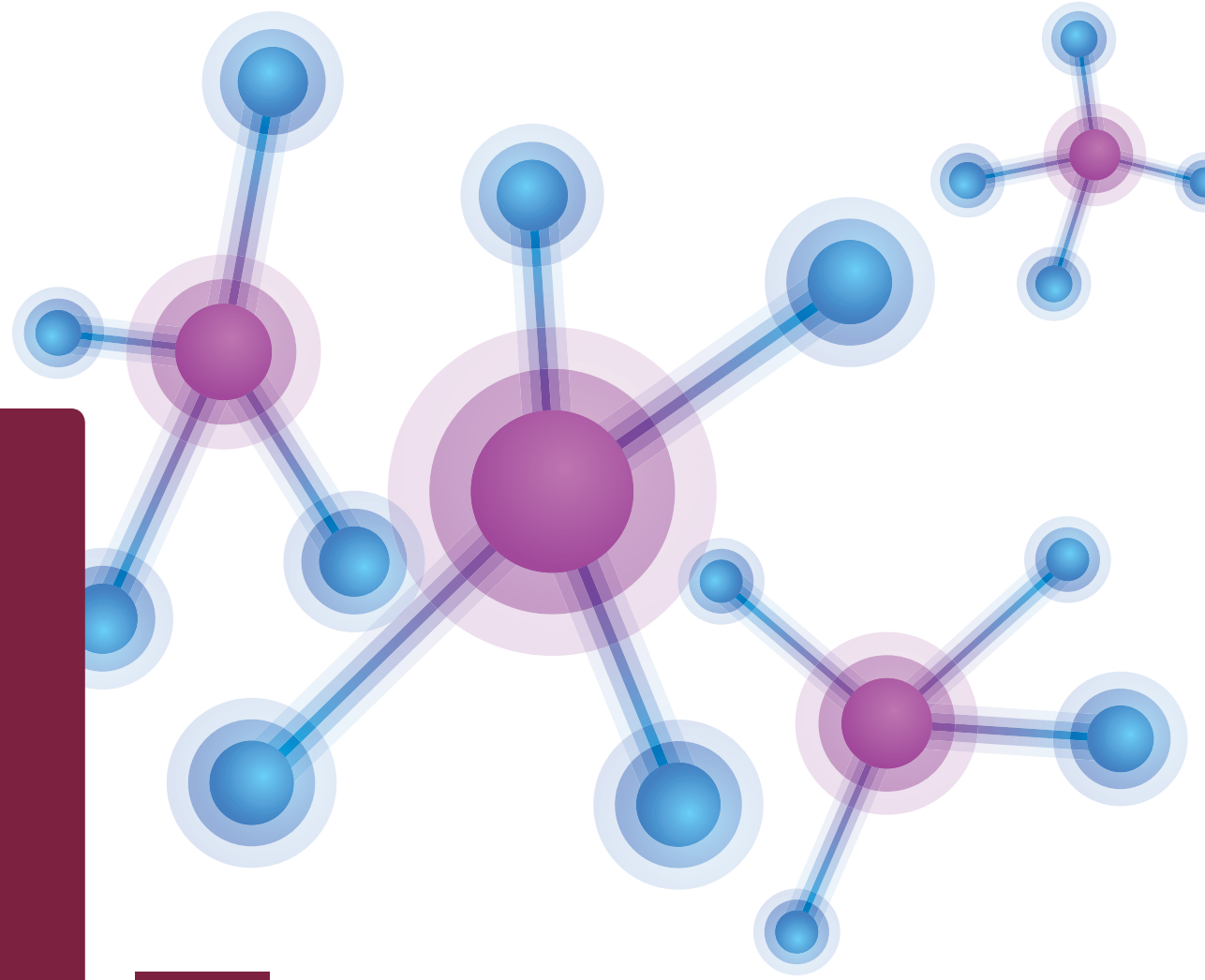
Jetzt mit Kommentaren!

Eberhard Ehlers

Chemie II Prüfungsfragen

Kommentierte Originalfragen bis Frühjahr 2013
Organische Chemie für Pharmazeuten



Deutscher Apotheker Verlag

Eberhard Ehlers
Chemie II – Prüfungsfragen

Chemie II
Prüfungsfragen

Kommentierte Originalfragen bis Frühjahr 2013
Organische Chemie für Pharmazeuten

Eberhard Ehlers, Hofheim/Taunus

Mit Beiheft: Lösungen der MC-Fragen

Deutscher Apotheker Verlag

Der Autor

Professor Dr. Eberhard Ehlers
Lorsbacher Str. 54B
65719 Hofheim/Taunus

Studium der Chemie in Frankfurt/Main, 1970 Diplomarbeit in Organischer Chemie, 1974 Promotion in Pharmazeutischer Chemie. 1976 Lehrauftrag für Pharmazeutische Chemie an der Universität Frankfurt/Main, 1987 Habilitation und Venia legendi im Fach Pharmazeutische Chemie ebendort. 1975 bis 2006 Tätigkeiten in Forschung und Management in der Pharmazeutischen Industrie.

Autor mehrerer Kurzlehrbücher für qualitative und quantitative Analytik sowie anorganische und organische Chemie beim Deutschen Apotheker Verlag.

Die in diesem Buch aufgeführten Angaben wurden sorgfältig geprüft. Dennoch können Autor und Verlag keine Gewähr für deren Richtigkeit übernehmen.

Ein Markenzeichen kann warenzeichenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Das gilt inbesondere für Übersetzungen, Nachdrucke, Mikroverfilmungen oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

ISBN 978-3-7692-6007-6

© 2013 Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart
Birkenwaldstr. 44, 70191 Stuttgart
www.deutscher-apotheker-verlag.de
Printed in Germany
Satz: primustype R. Hurler GmbH, Notzingen
Druck und Bindung: AZ Druck- und Datentechnik, Berlin
Umschlaggestaltung: Atelier Schäfer, Esslingen

Vorwort

Für das Fach „Chemie“ des 1. Abschnittes der Pharmazeutischen Prüfung verlangt die Prüfungsstoffliste Kenntnisse über folgende Themen:

- Allgemeine Chemie (behandelt im Band Ehlers, Chemie I als Teil 1),
- Anorganische Chemie (behandelt im Band Ehlers, Chemie I als Teil 2),
- Organische Chemie (behandelt im Band Ehlers, Chemie II, als Teil 3).

Unter Beibehaltung des bewährten Konzeptes mit getrennten Bänden für die Prüfungsfragen und das Kurzlehrbuch liegt jetzt die neue Auflage der **Chemie II – Prüfungsfragen** vor.
Der Fragenband enthält **1803 Multiple-Choice-Fragen** der **organischen Chemie** bis einschließlich **Frühjahr 2013**. Wiederholt gestellte Fragen sind mit einem Stern (∗) gekennzeichnet.
Die Fragen der organischen Chemie bis Herbst 2011 sind thematisch in 21 Kapiteln nach den Prüfungsanforderungen (Anlage 13 der AAppO vom 19. Juli 1989 in der Fassung vom 14. Dezember 2000) geordnet. Diese Gliederung lehnt sich an den Gegenstandskatalog des IMPP (Institut für medizinische und pharmazeutische Prüfungsfragen) für das Fach Chemie an. Die Fragen zu Säuren und Basen in der organischen Chemie und einige Nomenklaturfragen sind in eigenständigen Kapiteln zusammengefasst worden. Die Kapitel 3.22 bis 3.24 enthalten die neuen Prüfungsfragen vom Frühjahr und Herbst 2012 sowie vom Frühjahr 2013.
Die „Prüfungsfragen 2013“ werden in der neuen 9. Auflage des Kurzlehrbuches Chemie II ausführlich kommentiert (in Form von Querverweisen). Damit die aktuelle 8. Auflage des Kurzlehrbuches zum Erarbeiten des Lernstoffes noch genutzt werden kann, findet sich im Beiheft dieses Fragenbandes eine Gegenüberstellung der alten und neuen Nummerierung der Prüfungsfragen.
Der vorliegende Fragenband enthält nicht mehr die Altfragen des Aufgabentyps C (Kausale Verknüpfung – „weil“-Fragen), da diese Fragen seit Frühjahr 2007 nicht mehr im Programm des IMPP zu finden sind.
Der vorliegende Band „Chemie II - Prüfungsfragen 2013“ bietet aber eine **wichtige Neuerung**! Obwohl die Originalfragen im Kurzlehrbuch direkt oder in allgemeiner Form kommentiert werden, hat die Vergangenheit gezeigt, dass manche Lösungsangebote für die gestellten Fragen von den Prüfungskandidaten nicht rasch und eindeutig nachzuvollziehen sind. Es bestand seitens der Pharmaziestudenten der dringende Wunsch nach einer **direkten Kommentierung** der gestellten Aufgaben und somit nach einer höheren Transparenz für die Richtigkeit der vorgegebenen Lösungen.
Darüber hinaus existieren viele Fragen, die verschiedenartige Lerninhalte ansprechen. Auch können unterschiedliche Eigenschaften ein und desselben Stoffes zu Fragen führen, die verschiede-

nen Kapiteln zu zuordnen sind. Eine stärkere Vernetzung durch Querverweise wäre daher für ein umfassendes und rasches Lernen des Prüfungsstoffes hilfreich.
Das vorliegende Buch versucht nun diese Lücken zu schließen, indem die Fragen zur organischen Chemie detailliert kommentiert und die richtigen Lösungen erklärt werden. Die Kommentierung der Prüfungsfragen lehnt sich in Text und Abbildungen eng an die gestellten Aufgaben an.
Fragenteil mit Kommentar sowie das Kurzlehrbuch bilden eine Lerneinheit! Einige Fragen, die unterschiedliche Themen ansprechen, werden mehrmals an verschiedenen Stellen des Buches kommentiert. Durch die gewählte Form ist es möglich, alle Fragen, welche gleiche oder ähnliche Themen zum Inhalt haben, auf einen Blick zu erfassen.
Bei der Kommentierung werden deshalb all jene Fragen (aus anderen Prüfungsabschnitten) mit aufgelistet, die Teile des gleichen Prüfungsstoffes beinhalten. Davon verspreche ich mir eine Intensivierung der Prüfungsvorbereitungen. Die Kenntnisse über die Lerninhalte und die Fragenvielfalt können schneller und umfassender erarbeitet werden.
Ich hoffe, dass die zusätzliche Kommentierung von Prüfungsfragen den Studenten der Pharmazie beim Erarbeiten des Lehrstoffes sowie bei ihren Prüfungsvorbereitungen nützliche Dienste leisten kann. Ich wünsche allen Studierenden der Pharmazie viel Erfolg im 1. Abschnitt des Staatsexamens bzw. bei ihren jeweiligen Semesterabschlussprüfungen.
Mein Dank gilt vielen Pharmaziestudenten für wertvolle Hinweise und Anregungen zur Verbesserung ihrer Prüfungssituation durch entsprechendes Lehr- und Lernmaterial. Dem Lektorat Pharmazie des Deutschen Apotheker Verlages danke ich für die Unterstützung und tatkräftige Mithilfe bei der Realisierung des neuen Lernkonzeptes.

Hofheim am Taunus, im Sommer 2013 Eberhard Ehlers

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... V

3 Organische Chemie – Multiple-choice-Fragen ... 3

3.1 Chemische Bindung ... 3

3.2 Chemische Reaktionstypen ... 13

Substitution ... 13
Eliminierung ... 23
Addition ... 26
Reaktionen von Carbonylverbindungen ... 40
Umlagerungen ... 43
Oxidation und Reduktion ... 49

3.3 Stereochemie ... 62

3.4 Alkane, Cycloalkane ... 90

3.5 Alkene, Alkine ... 92

3.6 Aromatische Kohlenwasserstoffe ... 96

3.7 Halogenkohlenwasserstoffe ... 120

3.8 Metallorganische Verbindungen ... 125

3.9 Alkohole, Phenole, Chinone, Ether ... 132

3.10 Stickstoffverbindungen ... 143

3.11 Schwefelverbindungen ... 158

3.12 Aldehyde und Ketone ... 163

3.13 Carbonsäuren und Carbonsäure-Derivate ... 180

3.14 Hydroxy- und Ketocarbonsäuren ... 197

3.15 Heterocyclen (Hetarene) ... 210

3.16 Kohlenhydrate ... 227

3.17 Aminosäuren und Peptide ... 238

3.18 Synthetische Polymere 247
3.19 Säuren und Basen in der organischen Chemie 253
3.20 Nomenklatur 263
3.21 Varia 264
3.22 Prüfung Frühjahr 2012 265
3.23 Prüfung Herbst 2012 272
3.24 Prüfung Frühjahr 2013 280

3 Organische Chemie – Kommentare 293
3.1 Chemische Bindung 293
3.2 Chemische Reaktionstypen 304
3.3 Stereochemie 356
3.4 Alkane, Cycloalkane 385
3.5 Alkene, Alkine 389
3.6 Aromatische Kohlenwasserstoffe 393
3.7 Halogenkohlenwasserstoffe 415
3.8 Metallorganische Verbindungen 420
3.9 Alkohole, Phenole, Chinone, Ether 428
3.10 Stickstoffverbindungen 441
3.11 Schwefelverbindungen 455
3.12 Aldehyde und Ketone 460
3.13 Carbonsäuren und Carbonsäure-Derivate 480
3.14 Hydroxy- und Ketocarbonsäuren 502
3.15 Heterocyclen 517
3.16 Kohlenhydrate 542
3.17 Aminosäuren und Peptide 554
3.18 Synthetische Polymere 566
3.19 Säuren und Basen in der organischen Chemie 572
3.20 Nomenklatur 584
3.21 Varia 585
3.22 Prüfung Frühjahr 2012 587
3.23 Prüfung Herbst 2012 593
3.24 Prüfung Frühjahr 2013 603

Beiheft

Erklärung der Aufgabentypen 1
Grundsätzliche Hinweise 2
Lösungen der MC-Fragen 3
Anmerkungen zu einzelnen MC-Fragen 13
Nummerierung der MC-Fragen, neu/alt 17
Nummerierung der MC-Fragen, alt/neu 26

Organische Chemie

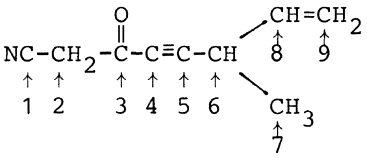
3

3 Organische Chemie

3.1 Chemische Bindung

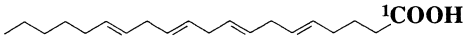
Hybridisierung

1 Welche der C-Atome in der abgebildeten Verbindung sind sp^3-hybridisiert?



(A) 1, 2 und 7 sind richtig
(B) 1, 8 und 9 sind richtig
(C) 2, 6 und 7 sind richtig
(D) 2, 6, 7, 8 und 9 sind richtig
(E) 3, 6, 7, 8 und 9 sind richtig

2 Welche C-Atome in der folgenden Verbindung sind sp^2-hybridisiert?



(A) 5, 8, 11, 14
(B) 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15
(C) 1, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15
(D) 2, 3, 4, 7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20
(E) alle

3 Bei welchen der folgenden Verbindungen sind die C-Atome ausschließlich sp^2-hybridisiert?

(1) Propen
(2) Toluen
(3) Buta-1,3-dien
(4) Penta-1,3-dien
(5) Natriumcyclopentadienid

(A) nur 5 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 3 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) nur 3, 4 und 5 sind richtig

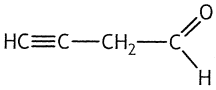
4* Welche Verbindungen enthalten u. a. sp-hybridisierten Kohlenstoff?

(1) Benzonitril
(2) Acetylen
(3) Diphenylketen
(4) Allen
(5) Hexa-1,3,5-trien

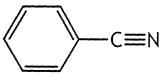
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

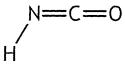
5* Welche Verbindungen besitzen sp-hybridisierten Kohlenstoff?

(1) $H_2C{=}C{=}CH_2$

(2) 

(3) $O{=}C{=}O$

(4) 

(5) 

(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

6* Welche der aufgeführten Verbindungen enthalten ein sp-hybridisiertes Atom?

(1) Pyridin-N-oxid
(2) Allen
(3) Kohlendioxid
(4) Benzonitril-oxid
(5) Styren (Styrol)

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

Ordnen Sie bitte den Kohlenstoff-Hybridisierungen der Liste 1 die jeweils entsprechende Verbindung aus Liste 2 zu!

Liste 1

7 sp

8 sp^3

Liste 2

(A) HCHO
(B) Ethen
(C) CO_2
(D) H_2CO_3
(E) Ethan

9 Welche der folgenden Aussagen über die Hybridisierung von Kohlenstoff trifft **nicht** zu?

(A) Die Bindung zwischen sp-hybridisierten Kohlenstoffen ist kürzer als die Bindung zwischen sp^3-hybridisierten.
(B) Geminale Wasserstoffatome am sp^2-hybridisierten Kohlenstoff bilden einen Winkel von 120 °.
(C) Die Elektronegativität des Kohlenstoffs nimmt in der Reihenfolge sp^3, sp^2, sp zu.
(D) Im CO_2 ist der Kohlenstoff sp^2-hybridisiert.
(E) Sterisch anspruchsvolle Substituenten erschweren den Übergang vom sp^2- zum sp^3-hybridisierten C-Atom.

10 Welche Aussagen treffen zu?

(1) Die Basizität des Stickstoffs nimmt mit zunehmendem s-Anteil bei der Hybridisierung mit p-Orbitalen in der Reihenfolge $sp^3 > sp^2 > sp$ ab.
(2) Die Elektronegativität des Stickstoffs nimmt mit zunehmendem s-Anteil bei der Hybridisierung mit p-Orbitalen zu.
(3) Die Acidität von Kohlenwasserstoffen nimmt mit zunehmendem s-Anteil bei der Hybridisierung mit p-Orbitalen in der Reihenfolge $sp^3 < sp^2 < sp$ zu.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

Bindungsparameter

Ordnen Sie bitte den in Liste 1 aufgeführten Verbindungen die jeweils zutreffende Bindungslänge der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung (Näherungswerte aus Liste 2) zu!

Liste 1

11* Ethan

12* Ethen

Liste 2

(A) 0,109 nm
(B) 0,120 nm
(C) 0,133 nm
(D) 0,154 nm
(E) 0,182 nm

13* Welche Aussagen über die CC-Bindungslängen in konjugierten Polyenen, z. B. Hexa-1,3,5-trien, treffen zu?

(1) Die C-C-Einfachbindungen sind kürzer als in einem Alkan.
(2) Die C-C-Einfachbindungen sind länger als in einem Alkan.
(3) Die C=C-Doppelbindungen sind kürzer als in einem Alken.
(4) Die C=C-Doppelbindungen sind länger als in einem Alken.

(A) Keine der obigen Aussagen trifft zu.
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 4 sind richtig

14 Welche Aussage über die angegebene Verbindungsreihe C_2H_6 – C_2H_4 – C_2H_2 (Ethan-Ethen-Ethin) trifft **nicht** zu?
Die Verbindungen sind von links nach rechts geordnet nach:
(A) abnehmendem CH-Abstand
(B) steigendem CC-Abstand
(C) steigender CH-Acidität
(D) steigender Elektronegativität der C-Atome
(E) steigender Bindungsenthalpie der CC-Bindung

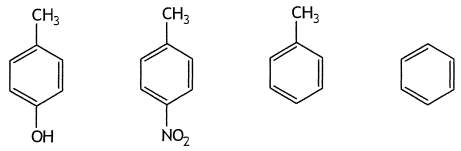
15 Die folgenden Alkane sind nach **abnehmender** Dissoziationsenthalpie der gekennzeichneten C-H-Bindung geordnet (Homolyse).
Welche Reihenfolge trifft zu?

(A) $(CH_3)_3C–H > (CH_3)_2CH–H > CH_3CH_2–H > CH_3–H$
(B) $CH_3CH_2–H > CH_3–H > (CH_3)_3C–H > (CH_3)_2CH–H$
(C) $CH_3–H > (CH_3)_3C–H > (CH_3)_2CH–H > CH_3CH_2–H$
(D) $CH_3–H > CH_3CH_2–H > (CH_3)_2CH–H > (CH_3)_3C–H$
(E) $(CH_3)_2CH–H > (CH_3)_3C–H > CH_3CH_2–H > CH_3–H$

16 Bei welcher der folgenden Verbindungen ist das Molekül-Dipolmoment $\mu = 0$?

(A) Hexafluorbenzen
(B) Phenol
(C) Aceton
(D) *cis*-1,2-Dichlorethen
(E) Chloroform

17 Die Verbindungen (1) bis (4) sollen nach steigendem Dipolmoment geordnet werden. Welche Reihenfolge trifft zu?



(1) (2) (3) (4)

(A) 2,3,1,4
(B) 4,3,2,1
(C) 4,3,1,2
(D) 3,2,1,4
(E) 2,4,1,3

Mehrfachbindungen

18* Welche Aussage über Mehrfachbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Sie treten bevorzugt bei Elementen der 2. Periode auf.
(B) Sie sind oft in σ- und π-Bindungen differenzierbar.
(C) Den verschiedenen Bindungstypen liegen Unterschiede in der Symmetrie der überlappenden Orbitale zugrunde.
(D) Die Elektronendichte von π-Bindungen ist rotationssymmetrisch in Bezug auf die Bindungsachse.
(E) Die Bindungsenergie nimmt mit der Bindungsordnung zu.

19* Welche Aussage über Bindungslängen und geometrische Eigenschaften von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Die C≡C-Dreifachbindung ist kürzer als die C=C-Doppelbindung.
(B) In der Ethinylgruppe ist die Drehbarkeit um die C≡C-Bindung aufgehoben.
(C) Die Länge einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung ist unabhängig vom Hybridisierungsgrad der C-Atome.
(D) Im Ethin sind die σ-Bindungen linear angeordnet.
(E) An C≡C-Dreifachbindungen tritt **keine** geometrische Isomerie auf.

20 Welche Aussage über Mehrfachbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Die C≡C-Dreifachbindung ist kürzer als die C=C-Doppelbindung.
(B) In der Ethinylgruppe ist die Drehbarkeit um die C≡C-Bindung aufgehoben.
(C) Die Länge einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung ist abhängig vom Hybridisierungsgrad der C-Atome.
(D) Im Ethin sind beide π-Bindungen in einer Ebene angeordnet.
(E) An C≡C-Dreifachbindungen tritt **keine** geometrische Isomerie auf.

21* Welche Aussagen über Mehrfachbindungen treffen zu?

(1) Mehrfachbindungen zwischen Kohlenstoffatomen führen immer zu geometrischen Isomeren.
(2) Mehrfachbindungen treten nur bei den Elementen C, N und O auf.
(3) Das Verhältnis der Bindungsenergien bei Einfach-, Doppel- und Dreifachbindungen zwischen C-Atomen beträgt 1:2:3.
(4) In der Reihe Einfach-, Zweifach-, Dreifachbindung nehmen die Bindungslängen zwischen gleichen Atomen ab.

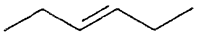
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

22 Welche Aussagen zur chemischen Bindung treffen zu?

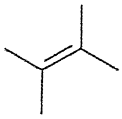
(1) Doppelbindungen können nur von Elementen der 4. und 5. Hauptgruppe des Periodensystems ausgebildet werden.
(2) Der Bindungsstrich in der Valenzstrichformel symbolisiert ein Elektronenpaar.
(3) Dreifachbindungen bilden sich nur zwischen C- und/oder N-Atomen aus.
(4) Bei einer C-C-Einfachbindung sind die Bindungslängen erheblich kleiner als die Summe der C-Atomradien.

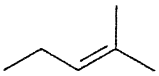
(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

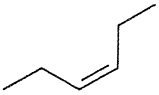
23 Welche Reihenfolge ordnet die isomeren Hexene nach steigender (thermodynamischer) Stabilität?


(a)

(b)


(c)


(d)


(e)

(A) a<b<e<c<d
(B) a<e<b<c<d
(C) b<a<e<d<c
(D) b<e<a<d<c
(E) e<a<b<d<c

24 Welche Aussagen über die Orbitale/Orbitaleigenschaften des Buta-1,3-diens treffen zu?

(1) Buta-1,3-dien hat vier π-Molekülorbitale (MOs).
(2) Die π-Elektronen besetzen zwei bindende MOs.
(3) Die isolierten p-Orbitale sind energiereicher als die bindenden π-MOs.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

25 Welche Aussage über Bindungslängen und geometrische Eigenschaften von Mehrfachbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Im Ethin sind die σ-Bindungen linear angeordnet.
In der Ethinylgruppe ist die Drehbarkeit um die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung durch die beiden π-Bindungen aufgehoben.
(B) An der Ethinylgruppe tritt **keine** geometrische Isomerie auf.
(C) Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung ist kürzer als die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung.
(D) In der Ethinylgruppe ist die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung länger als die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung.

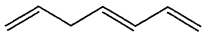
Elektronendelokalisierung

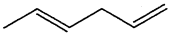
26 Welche der folgenden Bindungen sind innerhalb eines mesomeren Systems verschiebbar?

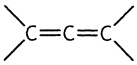
(1) σ-Bindungen
(2) koordinative Bindungen
(3) π-Bindungen
(4) Wasserstoffbrücken-Bindungen

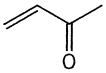
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

27* Welche der folgenden Doppelbindungssysteme sind π-konjugiert?

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

28* Welches der folgenden Ionen ist am wenigsten mesomeriestabilisiert?

(A) $CH_2{=}CH{-}\overset{\oplus}{C}H_2$

(B) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}\overset{\oplus}{C}H_2$

(C) $CH_3{-}\overset{-}{\underset{-}{O}}{-}\overset{\oplus}{C}H_2$

(D)

(E)

29* Welche der folgenden Verbindungen ist **nicht** mesomeriestabilisiert?

(A) Acetat-Anion
(B) Guanidinium-Kation
(C) Cyclopropenylium-Kation
(D) Cyclobutadien
(E) Naphthalen

30 Welches Molekül/Ion ist **nicht** mesomeriestabilisiert?

(A) HNO_3
(B) Phenol
(C) NH_3
(D) Benzoesäure
(E) CO_3^{2-}

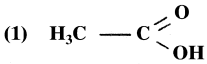
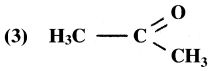
31 Welches der folgenden Ionen ist **nicht** mesomeriestabilisiert?

(A) Tetraalkylammoniumhydroxid
(B) 4-Amino-pyridiniumchlorid
(C) Phenolphthalein-Dianion
(D) Methylorange-Monokation
(E) Cyanin-Farbstoffe

32 Welches der folgenden Anionen ist **nicht** mesomeriestabilisiert?

(A) Carboxylat-Anionen
(B) Enolat-Anionen
(C) Phenolat-Anionen
(D) Alkoholat-Anionen
(E) Imid-Anionen

33 Bei welchen der folgenden Verbindungen ist die Bildung des Anions mesomeriebegünstigt?

(1) 
(2) $H_3C - CH_2 - OH$
(3) 
(4) $H_3C - CH_2 - NH_2$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

34 Welche der folgenden Verbindungen ist nach Deprotonierung **nicht** mesomer stabilisiert?

(A) Acetaldehyd
(B) Aceton
(C) Diethylether
(D) Phenol
(E) Essigsäure

35 Welche der folgenden Verbindungen können nach Protonierung mesomer stabilisiert vorliegen?

(1) Ammoniak
(2) Anilin
(3) Essigsäure
(4) Methylorange
(5) Methylrot

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 4 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) nur 3, 4 und 5 sind richtig

36 Welcher der folgenden Substituenten weist einen +M-Effekt auf?

(A) $-CF_3$
(B) –CHO
(C) $-OCH_3$
(D) –CN
(E) $-NO_2$

37 Bei welcher Verbindung kann die im Vergleich zu Benzen erhöhte Reaktivität gegenüber Elektrophilen als Hyperkonjugationseffekt gedeutet werden?

(A) Anilin
(B) p-Methoxyphenol
(C) Phenolat-Anion
(D) Toluen
(E) Anisol

Fragen zur „Elektronendelokalisierung in Aromaten“ sowie Fragen über die „Kriterien des aromatischen Zustandes“ sind im Kap. 3.6 aufgelistet – siehe Fragen Nr. 562–580. Zu induktiven und mesomeren Effekten an Aromaten siehe auch Fragen Nr. 675–693

Reaktive Zwischenstufen

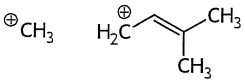
Carbenium-Ionen

38 Welche Aussagen über Carbenium-Ionen treffen zu?

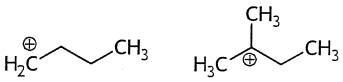
(1) Die Stabilität der Carbenium-Ionen steigt im Allgemeinen in der Reihenfolge primär < sekundär < tertiär an.
(2) Beim n-Butyl-Kation tritt leicht eine Umlagerung zum *tert*-Butyl-Kation ein.
(3) Kann die positive Ladung durch Mesomerie delokalisiert werden, so resultiert daraus in der Regel eine erhöhte Stabilität.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

39 Ordnen Sie bitte die folgenden Carbenium-Ionen nach **zunehmender** Stabilität! Welche Reihenfolge trifft zu?



(1) (2)

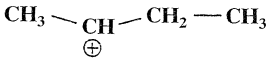


(3) (4)

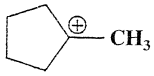
(A) 1, 2, 3, 4
(B) 1, 3, 4, 2
(C) 2, 1, 4, 3
(D) 4, 3, 1, 2
(E) 1, 3, 2, 4

40 Welches Carbenium-Ion weist die **geringste** Stabilität auf?

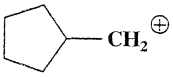
(A)



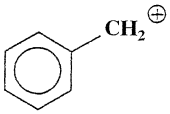
(B)



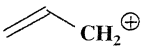
(C)



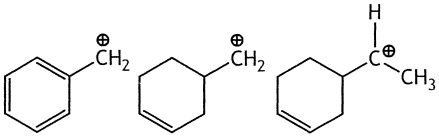
(D)



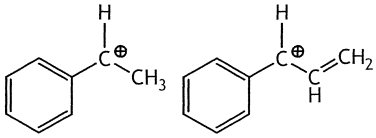
(E)



41 Ordnen Sie bitte die folgenden Carbenium-Ionen nach **zunehmender** Stabilität! Welche Reihenfolge trifft zu?



(a) (b) (c)



(d) (e)

(A) a, b, c, e, d
(B) b, c, a, d, e
(C) b, a, c, d, e
(D) d, e, a, b, c
(E) e, a, b, c, d

42* In welcher Reihenfolge nimmt die Stabilität von Carbenium-Ionen ab?

(A) Triphenylmethyl>Benzyl>Diphenylmethyl >Allyl>Methyl
(B) Triphenylmethyl>Allyl>Diphenylmethyl >Benzyl>Methyl
(C) Triphenylmethyl>Diphenylmethyl>Allyl >Benzyl>Methyl
(D) Diphenylmethyl>Triphenylmethyl>Benzyl >Allyl>Methyl
(E) Triphenylmethyl>Diphenylmethyl>Benzyl >Allyl>Methyl

Carbene

43 Welche Bezeichnung trifft für die angegebene Verbindung zu?

$H_2C{=}CH{-}CH_2{-}\underline{C}H$

(A) Vinylanion
(B) Carbenoid
(C) Allylcarben
(D) Methylenanion
(E) Alkylcarbanion

44 Welche Aussagen über aliphatische Carbene treffen zu?

Carbene

(1) enthalten einen 2-bindigen Kohlenstoff mit einem Elektronensextett.
(2) entstehen bei der thermischen Spaltung von Diazoalkanen.
(3) verfügen im Grundzustand immer über gepaarte Elektronenspins.
(4) haben stets eine lineare Struktur.
(5) reagieren mit Nucleophilen.

(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 1 und 5 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

45 Welche Aussagen über Carbene treffen zu?

(1) Sie reagieren im Singulett-Zustand mit substituierten Olefinen stereospezifisch zu Cyclopropan-Derivaten.
(2) Methylen geht auch Einschiebungsreaktionen (Insertionen) ein.
(3) Dichlorcarben tritt bei Einwirken von Alkali auf Chloroform auf.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

46* Welche Aussagen über elektrophile Carbene treffen zu?

(1) Sie können als reaktive Zwischenprodukte auftreten.
(2) Sie sind Elektronenmangelverbindungen (Singulett-Carbene).
(3) Sie können mit Olefinen Additionsreaktionen zu Cyclopropan-Derivaten eingehen.
(4) Bei der alkalischen Hydrolyse von Chloroform entsteht Dichlorcarben als Intermediärprodukt.

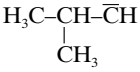
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

47 Welche Aussagen zu Carbenen treffen zu?

(1) Sie können aus Diazoalkanen gebildet werden.
(2) Dichlorcarben ist ein Elektrophil.
(3) Im Singulett-Carben befinden sich zwei Elektronen mit antiparallelem Spin in einem sp^2-Hybrid-Atomorbital, ein p-Orbital bleibt unbesetzt.
(4) Im Triplett-Carben besetzen zwei Elektronen je ein p-Orbital.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

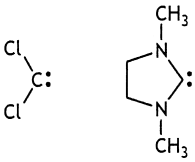
48 Zu welchen der folgenden Verbindungen kann sich Isopropylcarben stabilisieren?



(1) Methylbenzen
(2) 1,1-Dimethyl-ethylen
(3) Methylcyclopropan
(4) Cyclobutan
(5) Methylcyclohexan

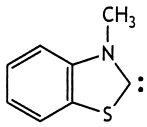
(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 5 sind richtig

49 Welche der folgenden Verbindungen sind nucleophile Carbene?



(1)

(2)



(3)

(4)

(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

50 Welche Aussagen treffen zu?
Dichlorcarben

(1) ist Intermediat der alkalischen Hydrolyse von Chloroform
(2) ist Produkt einer α-Eliminierung
(3) kann sich an Olefine addieren
(4) kann sich in CH-Bindungen einschieben

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

51 Welche der folgenden Verbindungen können als Lewis-Basen mit Dichlorcarben reagieren?

(1) Wasser
(2) Phenol
(3) primäre Amine
(4) Cyclohexan

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

Radikale

52* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Radikale

(A) besitzen mindestens ein ungepaartes Elektron.
(B) besitzen diamagnetische Eigenschaften.
(C) lassen sich u. a. durch Reaktion mit farbigen Radikalen zu weniger farbigen oder farblosen Verbindungen nachweisen.
(D) können durch Homolyse entstehen.
(E) können unter Verlust des Radikalcharakters reagieren.

53 Welche Aussagen über Radikale treffen zu?

(1) Die meisten stabilen organischen Radikale sind π-Radikale.
(2) Freie Radikale sind paramagnetisch.
(3) Radikale sind stets paramagnetisch.
(4) Das $CH_3^{\cdot}$-Radikal ist nahezu planar.
(5) Radikalatom ist stets ein Kohlenstoffatom.

(A) nur 1 und 3 sind richtig
(B) nur 1 und 5 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 3 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 2 und 4 sind richtig

54 Welche Aussagen treffen zu?
Radikale können erzeugt werden durch:

(1) thermische Energie (Thermolyse)
(2) Photolyse
(3) Redoxprozesse
(4) energiereiche Strahlung (Radiolyse)

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

55 Welche Reihenfolge gibt die unter a) bis e) aufgeführten Radikale geordnet nach **steigender** Stabilität an?
a) Triphenylmethyl-, b) Methyl-, c) Benzyl-, d) *i*-Propyl-, e) *tert*-Butyl-Radikal

(A) a<c<d<e<b
(B) b<d<e<c<a
(C) b<e<c<d<a
(D) b<c<e<a<d
(E) c<a<d<e<b

56 Welches Radikal ist das thermodynamisch stabilste?

(A) Cyclopentyl-Radikal
(B) Naphthyl-Radikal
(C) Benzyl-Radikal
(D) Benzoyl-Radikal
(E) Triphenylmethyl-Radikal

57 Tertiäre Alkylradikale sind im Vergleich zu primären oder sekundären Alkylradikalen besser stabilisiert.
Mit welchem Effekt kann diese Stabilisierung erklärt werden?

(A) +M-Effekt
(B) Hyperkonjugation
(C) –I-Effekt
(D) π-Konjugation
(E) –M-Effekt

Bindungspolarität

58 Welche ist für folgende Verbindungen die richtige Reihenfolge geordnet nach **steigender** Elektronegativität des Heteroatoms?

(A)	CH_3F	CH_3OH	CH_3NH_2	CH_3I
(B)	CH_3OH	CH_3NH_2	CH_3I	CH_3F
(C)	CH_3I	CH_3NH_2	CH_3OH	CH_3F
(D)	CH_3OH	CH_3F	CH_3NH_2	CH_3I
(E)	CH_3NH_2	CH_3I	CH_3F	CH_3OH

Themenübergreifende Fragen

Ordnen Sie bitte den Begriffen in Liste 1 die jeweils zutreffende Struktur aus Liste 2 zu!

Liste 1

59 Carben

60 Carbanion

Liste 2

(A) $(CH_3)_2C{=}C{=}O$
(B) $[(H_3C)_3C\text{-}C(CH_3)_2]^+$
(C) $[(H_3C)_2C{=}CCl]^+$
(D) $(H_3C)_3C{-}CCl$
(E) $[(H_3C)_3C]^-$

Ordnen Sie bitte den Begriffen in Liste 1 die jeweils zutreffende Teilstruktur aus Liste 2 zu!

Liste 1

61 Carbanion

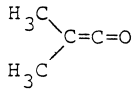
62 Carbokation

Liste 2

(A) $[(H_5C_6)_3C]^-$

(B) $[(H_5C_6)_3C]^+$

(C) $(H_5C_6)_2\bar{C}$

(D) 

(E) $H_5C_6\text{-}\overset{\oplus}{N}{\equiv}\overset{\ominus}{C}l$

Ordnen Sie bitte den Begriffen in Liste 1 die jeweils zutreffende Formel aus Liste 2 zu!

Liste 1

63 Carben

64 Keten

Liste 2

(A) CCl_2
(B) CaC_2
(C) $[HCO_3]^-$
(D) $H_2C{=}C{=}O$
(E) $[OCN]^-$

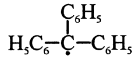
Ordnen Sie bitte den Begriffen in Liste 1 die jeweils zutreffende Formel aus Liste 2 zu!

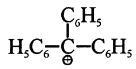
Liste 1

65 C-Radikal

66 Isonitril

Liste 2

(A) 

(B) 

(C) $H_5C_6{-}\underline{C}{-}C_6H_5$

(D) $H_5C_6{-}N{=}C{=}O$

(E) $H_5C_6{-}\overset{\oplus}{N}{\equiv}\overset{\ominus}{C}l$

3.2 Chemische Reaktionstypen

Untersuchung von Reaktionsabläufen

67 Welche der folgenden Methoden sind zur Aufklärung eines Reaktionsmechanismus geeignet?

(1) Isotopenmarkierung
(2) kinetische Messungen
(3) Nachweis von Zwischenstoffen
(4) Analyse der Produktstereochemie
(5) röntgen-kristallographische Ermittlung der Übergangszustands-Energie und -Geometrie

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig

68 Welche Aussagen treffen zu?
Als Methoden zur Untersuchung des Ablaufs chemischer Reaktionen eignen sich die Messungen der:

(1) Kernresonanz
(2) Elektronenspinresonanz
(3) Enthalpie
(4) Lichtabsorption

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

Syntheseplanung

69 Welche der folgenden Aussagen treffen zu?
Der Begriff Retrosynthese beschreibt

(1) ein Konzept zur Syntheseplanung eines Zielmoleküls
(2) nur reversible Reaktionsschritte einer mehrstufigen Synthese eines Zielmoleküls
(3) die mehrstufige Synthese eines Zielmoleküls aus einem vorgegebenen Edukt
(4) vom Zielmolekül ausgehend die im Verlauf einer mehrstufigen Synthese zu knüpfenden Bindungsschritte

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) nur 1 und 4 sind richtig

70* Wie groß ist die Gesamtausbeute einer vierstufigen Synthese, bei der der erste, zweite und letzte Schritt mit jeweils 80 % Ausbeute, der dritte aber nur mit 10 % Ausbeute verläuft?

(A) 5,1 %
(B) 8,0 %
(C) 51 %
(D) 64 %
(E) 80 %

Substitution

Radikalische Substitution (S_R)

71 Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Radikale können hergestellt werden durch:

(A) Redoxreaktionen
(B) Solvolyse
(C) Radiolyse
(D) Photolyse
(E) Thermolyse

72* Welche der folgenden Reaktionen ist für die Photochlorierung von Alkanen **nicht** charakteristisch? (R = Alkyl)

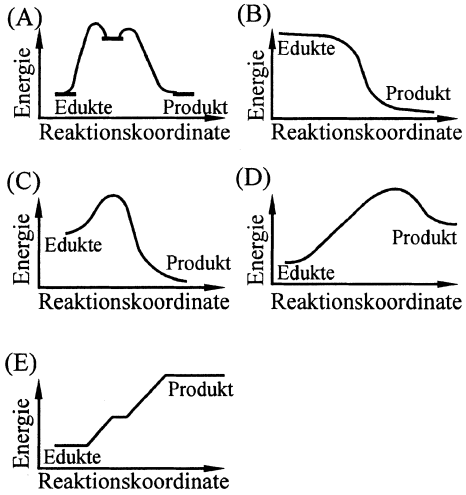
(A) $Cl_2 \rightarrow Cl^\cdot + Cl^\cdot$
(B) $RH \rightarrow R^\cdot + H^\cdot$
(C) $RH + Cl^\cdot \rightarrow R^\cdot + HCl$
(D) $R^\cdot + Cl_2 \rightarrow RCl + Cl^\cdot$
(E) $R^\cdot + Cl^\cdot \rightarrow RCl$

73 Welche Reaktionen tragen zum Kettenwachstum einer Radikalkettenchlorierung bei?

(1) $R^\cdot + R^\cdot \rightarrow R–R$
(2) $Cl^\cdot + R–H \rightarrow HCl + R^\cdot$
(3) $Cl^\cdot + Cl^\cdot \rightarrow Cl_2$
(4) $R^\cdot + Cl^\cdot \rightarrow R–Cl$
(5) $R^\cdot + Cl_2 \rightarrow R–Cl + Cl^\cdot$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 5 ist richtig
(C) nur 2 und 5 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 4 und 5 sind richtig

74* Welches der folgenden Energie-Diagramme gehört zu einer Radikalrekombination?

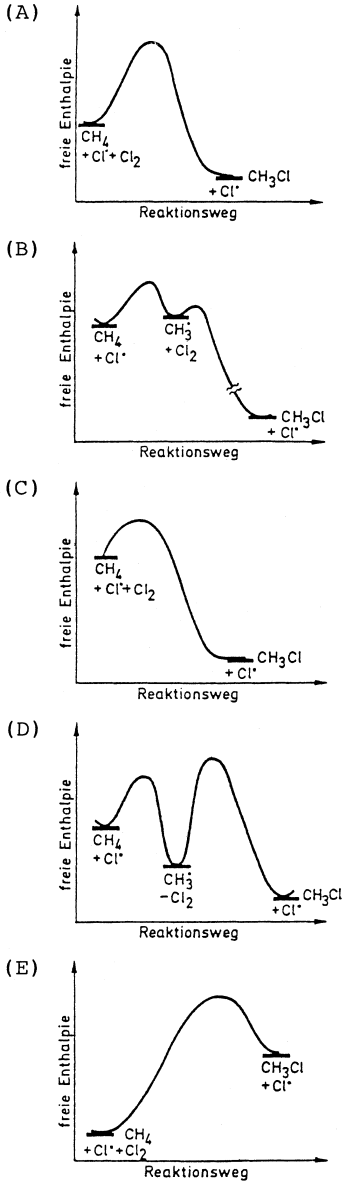


75* Welche Aussagen treffen zu?
Die Chlorierung von Methan

(1) erfolgt nach einem Radikalkettenmechanismus
(2) liefert bei hohem Methanüberschuss Chlormethan als Hauptprodukt
(3) führt in der Regel zu Produktgemischen mehrfach chlorierter Methane
(4) verläuft ausgeprägt exotherm

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

76* Welches Energie-Reaktionsweg-Diagramm für die Methanchlorierung trifft zu?

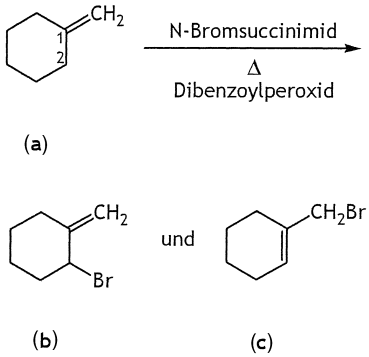


77 Welche Aussage über die radikalische Chlorierung von Propan trifft **nicht** zu?

(A) Bei hoher Temperatur (ca. 600 °C) entsteht ein Produktgemisch aus 1-Chlorpropan und 2-Chlorpropan etwa im Verhältnis 3:1.
(B) Bei 25 °C entsteht fast ausschließlich 1-Chlorpropan.
(C) Bei 25 °C enthält das Produktgemisch mehr 2-Chlorpropan als statistisch zu erwarten ist.
(D) Intermediär spaltet ein Chloratom ein Wasserstoffatom vom Propan ab.
(E) Primäres und sekundäres C-Radikal unterscheiden sich in ihrer Stabilität.

Allylhalogenierung

78 Bei der Bromierung des Edukts (a) werden zwei Produkte (b und c) erhalten:

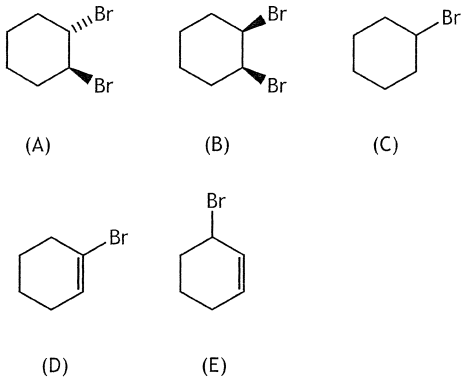


Welche der folgenden Aussagen über diese Reaktion treffen zu?

(1) Das zugesetzte organische Peroxid dient als Starter für eine Radikalkettenreaktion.
(2) Die Kettenreaktion wird durch Addition von HBr an die C=C-Doppelbindung eingeleitet.
(3) Die Abstraktion eines H-Atoms erfolgt an C-2 des Cyclohexanrings.
(4) Das intermediär gebildete C-Radikal ist mesomeriestabilisiert.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig

79 Welche Aussage trifft zu?
Bei der Reaktion von Cyclohexen mit *N*-Bromsuccinimid in Tetrachlormethan in Gegenwart eines Radikalstarters erhält man als Hauptprodukt:



Nucleophile Substitution am gesättigten Kohlenstoff (S_N)

80* Welche Aussage über eine S_N1-Reaktion trifft zu?

(A) Die Reaktionsgeschwindigkeit ist der Konzentration des Nucleophils proportional.
(B) Trägt man die Konzentration des Ausgangsstoffes gegen die Zeit auf, so ergibt sich eine Gerade.
(C) Die Ablösung der Abgangsgruppe und der Angriff des Nucleophils erfolgen gleichzeitig.
(D) S_N1-Reaktionen können unter dem Einfluss von Nachbargruppen auch unter vollständiger Retention der Konfiguration verlaufen.
(E) Die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion ist der Halbwertszeit direkt proportional.

Ordnen Sie bitte den Reaktionen aus Liste 1 den jeweils zugehörigen Begriff aus Liste 2 zu!

Liste 1

81 S_N1

82 S_N2

Liste 2

(A) planarer Übergangszustand
(B) sp^2-hybridisiertes Intermediat
(C) Kettenfortpflanzungsreaktion
(D) homolytische Bindungsspaltung
(E) Walden-Umkehr

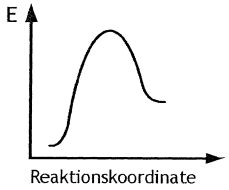
Ordnen Sie bitte den Reaktionen aus Liste 1 das jeweils zutreffende Energiediagramm aus Liste 2 zu!

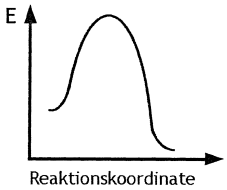
Liste 1

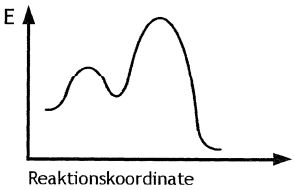
83 $CH_3CH_2I + NaOCH_2CH_3 \xrightarrow{\text{Ethanol}} CH_3CH_2OCH_2CH_3 + NaI$

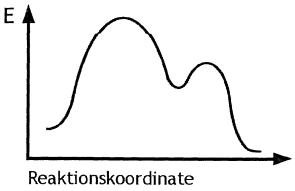
84 $(CH_3)_3CBr + NaN_3 \xrightarrow{\text{Methanol}} (CH_3)_3CN_3 + NaBr$

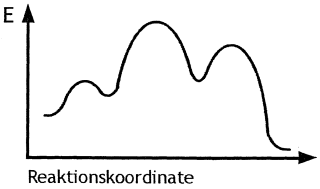
Liste 2

(A)


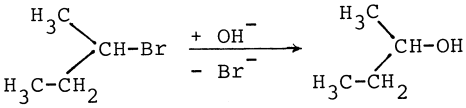
(B)


(C)


(D)


(E)


85* Welche Aussage zu der angegebenen Reaktion trifft **nicht** zu?



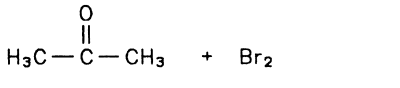
(A) Die Reaktion kann nach dem S_N1- oder dem S_N2-Mechanismus verlaufen.
(B) Das Hydroxid-Ion fungiert als Nucleophil.
(C) Polare (protische) Lösungsmittel begünstigen einen konzertierten Mechanismus.
(D) Durch Nebenreaktionen ist Olefinbildung möglich.
(E) Eine sichere Entscheidung über den Mechanismus allein über die Reaktionskinetik ist unmöglich.

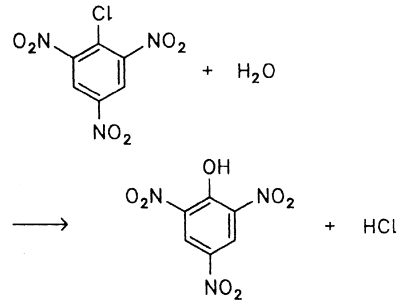
86* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Folgende Reaktionen stellen nucleophile Substitutionen dar:

(A) $H_3C-Br + CN^{\ominus} \longrightarrow H_3C-CN + Br^{\ominus}$

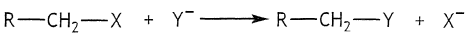
(B) $H_3C-I + N(CH_3)_3 \longrightarrow (CH_3)_4N^{\oplus} + I^{\ominus}$

(C) $H_5C_2\overset{\oplus}{O}H_2 + I^{\ominus} \longrightarrow H_5C_2I + H_2O$

(D) 

(E) 

87 Welche Aussage zu folgender Reaktion trifft **nicht** zu?



(A) Die C-X-Bindung ist kovalent und polarisiert.
(B) Das an X gebundene C-Atom trägt eine positive Partialladung.
(C) X^- kann Tosylat sein.
(D) Bei der Spaltung der C-X-Bindung verbleibt das Elektronenpaar am C-Atom.
(E) Die Reaktion kann durch das Lösungsmittel beeinflusst werden.

88 Welche der folgenden Charakteristika gelten für S_N1-Reaktionen?

(1) Bildung eines Zwischenproduktes
(2) Stereospezifischer Verlauf bei Verwendung chiraler Edukte
(3) Beschleunigung durch polare protische Lösungsmittel
(4) Verlangsamung der Reaktion durch voluminöse Substituenten
(5) Bildung olefinischer Nebenprodukte

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 4 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

89 Welche Aussage über eine S_N1-Reaktion trifft zu?

(A) Sie verläuft unter Walden-Umkehr.
(B) Sie verläuft normalerweise unter Erhalt der Konfiguration (Retention).
(C) Ihre Reaktionsgeschwindigkeit ist der Konzentration des Nucleophils proportional.
(D) Der Angriff des Nucleophils und die Ablösung der Abgangsgruppe erfolgen gleichzeitig.
(E) Die Bildung des Carbenium-Ions ist im Allgemeinen der geschwindigkeitsbestimmende Schritt.

Ordnen Sie bitte der alkalischen Hydrolyse der Verbindungen aus Liste 1 den jeweils passenden Begriff aus Liste 2 zu!

Liste 1

90 Allylchlorid

91 Bromtriphenylmethan

Liste 2

(A) Walden-Umkehr
(B) Inversion des Stereozentrums
(C) mesomeriestabilisiertes Intermediat
(D) trigonale Bipyramide
(E) bimolekularer Reaktionsverlauf

92* Welche der folgenden Charakteristika gelten für S_N2-Reaktionen?

(1) Bildung eines stabilen Zwischenproduktes
(2) Stereospezifischer Verlauf bei Verwendung chiraler Edukte
(3) Verlangsamung der Reaktion durch voluminöse Substituenten
(4) Bildung olefinischer Nebenprodukte

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

93 Welche Aussagen über die S_N2-Reaktion am gesättigten Kohlenstoff treffen zu?

(1) Die Reaktionsgeschwindigkeit wird in polaren Lösungsmitteln drastisch erhöht.
(2) Chirale Reaktionszentren reagieren unter Konfigurationsumkehr.
(3) Der Mechanismus ist konzertiert.
(4) Die Reaktionsmolekularität beträgt 1.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

94 Welcher der folgenden Begriffe charakterisiert eine S_N2-Reaktion?

(A) Homolyse
(B) Carbenium-Ion
(C) Einstufen-Prozess
(D) Hofmann-Produkt
(E) Racemisierung

95 Welche Aussagen treffen für nucleophile Substitutionen zu, die nach dem S_N2-Mechanismus ablaufen?

(1) Sekundäre Alkylhalogenide reagieren schneller als tertiäre.
(2) An asymmetrisch substituierten C-Atomen findet am betreffenden Reaktionszentrum Konfigurationsumkehr statt.
(3) Die Reaktion hat eine Kinetik erster Ordnung.
(4) Carbenium-Ionen bilden wichtige Intermediate.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

96 Welche Aussagen zum bimolekularen Mechanismus der S_N2-Reaktion treffen zu?

(1) Das in die Verbindung eintretende Nucleophil greift direkt am positivierten Kohlenstoff der polarisierten C-X-Bindung an.
(2) Im Übergangszustand dieser Reaktion wird die neue Nucleophil-C-Bindung in gleichem Maß geknüpft, wie die frühere C-X-Bindung gelöst wird.
(3) Die Änderung der freien Enthalpie bestimmt die Aktivierungsbarriere.
(4) Bei chiralen Edukten kommt es immer zu einer Retention der Konfiguration.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

97 Welche der folgenden Aussagen treffen auf eine S_N2-Reaktion an einem gesättigten C-Atom zu?

(1) Ein Nucleophil greift ein positiv polarisiertes C-Atom an.
(2) Am geschwindigkeitsbestimmenden Schritt sind beide Reaktionspartner beteiligt.
(3) Die Reaktiongeschwindigkeit hängt von den Konzentrationen beider Reaktionspartner ab.
(4) Die Bindung zwischen dem C-Atom und der Abgangsgruppe wird ohne Einfluss des Nucleophils heterolytisch gespalten.

(A) nur 1 und 3 sind richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

98 Welche Faktoren begünstigen eine monomolekulare nucleophile Substitution (S_N1) gegenüber einer bimolekularen nucleophilen Substitution (S_N2) von Alkylhalogeniden zu Alkoholen?

(1) aprotische Lösungsmittel
(2) intermediäre Bildung mesomeriestabilisierter Carbenium-Ionen
(3) raumerfüllende Alkylreste im Substrat

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

99* Von welchem Faktor hängt das Verhältnis Substitution/Eliminierung **nicht** ab?

(A) Temperatur
(B) Basizität der Reagenz
(C) Polarität des Lösungsmittels
(D) Eigenschaften der Abgangsgruppe des Substrats
(E) Konzentration des Substrats

Ordnen Sie bitte den Reaktionsmechanismen der Liste 1 die jeweils zutreffende Reaktivitätsabstufung aus Liste 2 zu!

Liste 1

100* S_N1-Reaktion

101 S_N2-Reaktion

Liste 2 (relative Reaktivität)

(A) primäres > sekundäres > tertiäres Alkylhalogenid
(B) sekundäres > tertiäres > primäres Alkylhalogenid
(C) tertiäres > sekundäres > primäres Alkylhalogenid
(D) tertiäres > primäres > sekundäres Alkylhalogenid
(E) sekundäres > primäres > tertiäres Alkylhalogenid

Ordnen Sie bitte den Reaktionsmechanismen der Liste 1 die jeweils zutreffende Reaktivitätsabstufung aus Liste 2 zu!

Liste 1

102* S_N1-Reaktion

103 E1-Reaktion

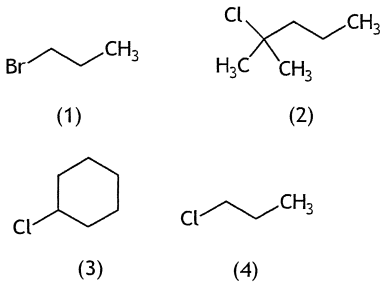
Liste 2 (relative Reaktivität)

(A) primäres > sekundäres > tertiäres Alkylhalogenid
(B) sekundäres > tertiäres > primäres Alkylhalogenid
(C) tertiäres > sekundäres > primäres Alkylhalogenid
(D) tertiäres > primäres > sekundäres Alkylhalogenid
(E) sekundäres > primäres > tertiäres Alkylhalogenid

104* Welches der folgenden Alkylhalogenide reagiert mit einem Nucleophil bevorzugt nach dem S_N2-Mechanismus?

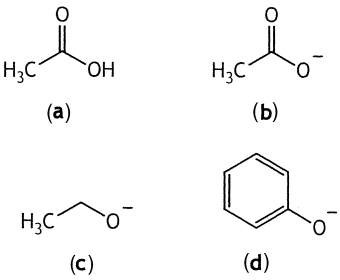
(A) Benzylchlorid
(B) Allylchlorid
(C) Ethylchlorid
(D) *tert*-Butylchlorid
(E) 2-Chlor-2-methyl-butan

105 Ordnen Sie bitte die folgenden Halogenkohlenwasserstoffe aufgrund der strukturellen Voraussetzungen nach **zunehmender** Tendenz, S_N1-Reaktionen einzugehen!
Welche Reihenfolge trifft zu?



(A) 1, 2, 3, 4
(B) 2, 3, 1, 4
(C) 3, 2, 1, 4
(D) 4, 1, 3, 2
(E) 4, 2, 3, 1

106 Ordnen Sie bitte die folgenden Verbindungen/Ionen nach **zunehmender** Nucleophilie in polaren aprotischen Lösungsmitteln wie Dimethylsulfoxid oder Dimethylformamid!
Welche Reihenfolge trifft zu?



(A) a, b, d, c
(B) a, d, c, b
(C) b, a, d, c
(D) c, d, b, a
(E) d, c, a, b

Ambidente Nucleophile

107 Welche Ionen sind ambidente Nucleophile?

(1) Phenolat-Ion
(2) Bromid-Ion
(3) Cyanid-Ion
(4) Hydroxid-Ion
(5) Carbenium-Ion

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 3, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

108 Welche Spezies sind ambidente Nucleophile?

(1) Cyanid
(2) Ethanolat
(3) Bromid
(4) Triethylamin
(5) Phenolat

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 5 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

109 Welche Nucleophile sind ambident?

(1) Phenolat-Ion
(2) Cyanid-Ion
(3) Bromid-Ion
(4) Enolat-Ion
(5) Nitrit-Ion

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 2, 4 und 5 sind richtig

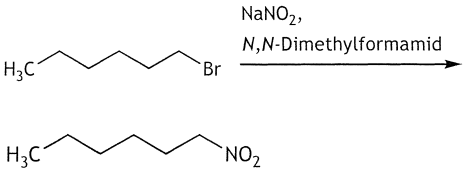
110 Welche Verbindung bildet bei der Deprotonierung **kein** ambidentes Anion?

(A) Phenol
(B) Acetonitril
(C) Malonsäurediethylester
(D) *tert*-Butanol
(E) Caprolactam

111 Welches Anion reagiert **nicht** als ambidentes Nucleophil?

(A) Cyanat
(B) Rhodanid
(C) Phenolat
(D) Methanolat
(E) Cyanid

112 Welche Aussagen zu der abgebildeten Reaktion treffen zu?



(1) Nitrit ist ein ambidentes Nucleophil.
(2) *N,N*-Dimethylformamid fungiert als polar aprotisches Lösungsmittel.
(3) Das Produkt ist *n*-Hexylnitrit.
(4) Die Reaktion läuft nach einem S_N1-Mechanismus ab.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

Lösungsmitteleinflüsse

113* Welches der nachfolgend aufgeführten Lösungsmittel ist polar protisch?

(A) Essigsäure
(B) Dimethylsulfoxid
(C) *N,N*-Dimethylformamid
(D) Benzen
(E) Acetonitril

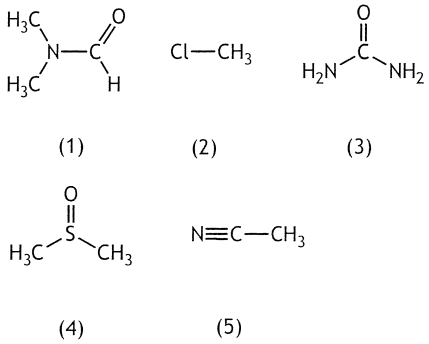
114* Welches der nachfolgend aufgeführten Lösungsmittel ist **nicht** dipolar aprotisch?

(A) Cyclohexan
(B) Dimethylsulfoxid
(C) Dimethylformamid
(D) Nitrobenzen
(E) Acetonitril

115 Bei welchem Lösungsmittel handelt es sich **nicht** um ein polares aprotisches Lösungsmittel?

(A) Nitromethan
(B) Aceton
(C) Acetonitril
(D) Formamid
(E) Dimethylsulfoxid

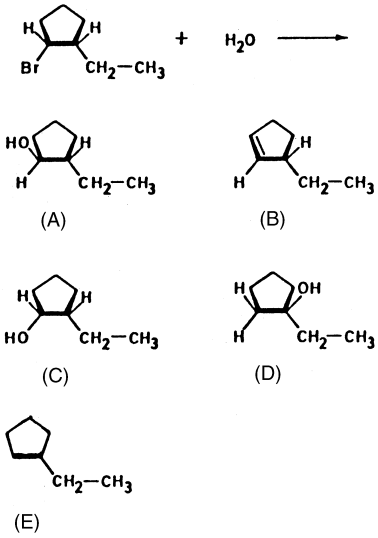
116 Welche der abgebildeten Verbindungen eignen sich bei Raumtemperatur und Normaldruck als Lösungsmittel für Synthesen in der organischen Chemie?



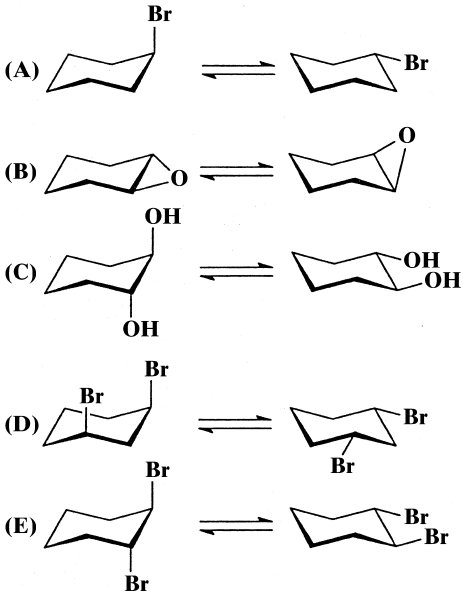
(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 1, 4 und 5 sind richtig

Dynamische Stereochemie: Substitution

117 Welches Produkt entsteht überwiegend, wenn die folgende Reaktion im Sinne eines S_N2-Mechanismus geführt wird?



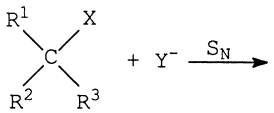
118* Welches gemeinsame Produkt liefern *cis*- und *trans*-2-Bromcyclohexanol mit HBr?



119 Welche Aussage zur S_N2-Reaktion an chiralen Alkylbromiden der allgemeinen Struktur $R^1R^2R^3CBr$ ($R^1 \neq R^2 \neq R^3$) mit OH^- als Nucleophil trifft zu?

(A) Sie verläuft immer unter Racemisierung.
(B) Der Übergangszustand besitzt oktaedrische Geometrie.
(C) Es erfolgt Retention der Konfiguration.
(D) Die Geschwindigkeit der Gesamtreaktion ist ausschließlich von der Alkylbromid-Konzentration abhängig.
(E) Es erfolgt Konfigurationsinversion.

120 Welche der folgenden Aussagen über die skizzierte Reaktion treffen zu?



($R^1 \neq R^2 \neq R^3 \neq X \neq Y$)

(1) Eine S_N1-Reaktion an einem asymmetrisch substituierten C-Atom führt zur vollständigen Inversion der Konfiguration.
(2) Durch S_N2-Reaktion am asymmetrisch substituierten C-Atom eines enantiomerenreinen Eduktes entsteht ein racemisches Produkt.
(3) S_N2-Reaktionen an asymmetrisch substituierten C-Atomen führen zu optisch inaktiven *meso*-Formen der Produkte.
(4) Die durch S_N1-Reaktion am asymmetrisch substituierten C-Atom des Eduktes erhaltenen Produkte sind chiral.

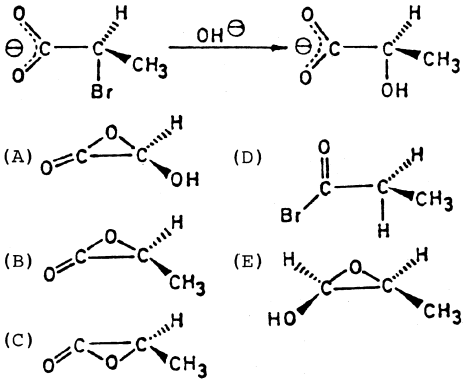
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 4 ist richtig
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

121* Welche Aussage trifft zu?
Walden-Umkehr tritt auf bei:

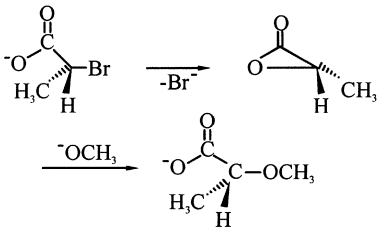
(A) radikalischen Substitutionsreaktionen, die unter Konfigurationserhalt verlaufen
(B) Substitutionsreaktionen, die am chiralen C-Atom unter Retention der Konfiguration verlaufen
(C) Reaktionen, bei denen ausschließlich stereospezifische Eliminierungen stattfinden
(D) Additionsreaktionen, die zu *cis*-Addukten führen
(E) Substitutionsreaktionen, die am chiralen Kohlenstoffatom unter Konfigurationsinversion verlaufen

Nachbargruppeneffekte

122 Welche der folgenden Zwischenstufen ist für den stereospezifischen Ablauf der angegebenen Reaktion entscheidend?

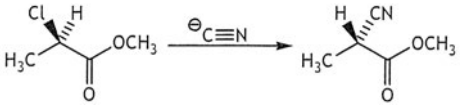


123* Welche Aussage zur gegebenen Reaktion trifft zu?



(A) Der erste Schritt läuft unter Retention, der zweite Schritt unter S_N1-Kontrolle ab.
(B) Erster und zweiter Schritt laufen jeweils unter Inversion ab.
(C) Die Reaktion zählt zum Typ der pericyclischen Reaktionen.
(D) Es handelt sich um eine E2-Reaktion.
(E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu.

124 Welche der folgenden Aussagen über die skizzierte nucleophile Substitution trifft **nicht** zu?



(A) Die Bildung des Reaktionsprodukts lässt sich durch eine S_N2-Reaktion erklären.
(B) Der stereochemische Verlauf der Reaktion entspricht einer Inversion (Walden-Umkehr) am asymmetrisch substituierten C-Atom.
(C) Das Edukt ist *(R)*-konfiguriert.
(D) Das Reaktionsprodukt ist *(R)*-konfiguriert.
(E) Die Bildung des Reaktionsprodukts entspricht dem Mechanismus einer inneren nucleophilen Substitution.

Elektrophile und nucleophile Substitution an Aromaten und Heteroaromaten

siehe hierzu Kap. 3.6, MC-Fragen Nr. 588–655 und Kap. 3.15, MC-Fragen Nr. 1372–1396, 1701.

Eliminierung

β-Eliminierung (E)

125* Welche der angegebenen Reaktionen verläuft **nicht** unter Alken-Bildung?

(A) Dehydratisierung von primären Alkoholen
(B) thermische Spaltung von Fettsäureestern
(C) Dehydrohalogenierung von Halogenalkanen
(D) Dehydratisierung von aliphatischen Aldehyden
(E) Hofmann-Eliminierung von quartären Ammonium-Basen

126* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Folgende Substanzen/Ionen können beim Erhitzen eine 1,2-Eliminierungsreaktion zu einem Alken bzw. Alken-Derivat eingehen:

(A) $H_2N-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

(B) $[(H_3C)_3C-C-\overset{\oplus}{O}-H]\ HSO_4^-$

(C) $H_3C-CH_2-CH(OH)-CH_2-C(=O)-OH$

(D) $Cl-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

(E) $[H_3C-CH_2-\overset{\oplus}{N}(CH_3)_3]\ HO^-$

127* Welche Aussagen zu Eliminierungen treffen zu?

(1) But-2-en stellt das Saytzew-Produkt der Dehydrohalogenierung von 2-Brombutan dar.
(2) Die anti-Eliminierung erfolgt aus einer gestaffelten Konformation heraus.
(3) Die Geschwindigkeit von E2-Reaktionen ist abhängig von der Konzentration des Protonenakzeptor-Reagenzes.
(4) Unpolare Lösungsmittel begünstigen eine unimolekulare Eliminierung

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

128 Welche Aussagen über eine E2-Reaktion treffen zu?

(1) Die E2-Reaktion von *tert*-Butylchlorid mit Natriumethanolat in Ethanol verläuft rascher als die von *n*-Butylchlorid.
(2) Schwer austretende Gruppen begünstigen im Allgemeinen Hofmann-Orientierungen (Bildung des weniger verzweigten Olefins).

(3) Durch Verwendung sperriger Basen kann eine Saytzew-Orientierung erzwungen werden (Bildung des stärker verzweigten Olefins).

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

129 Die Dehydrohalogenierung von 2-Brom-2-methylbutan in Gegenwart von Kalium-*tert*-butanolat liefert als Hauptprodukt das Hofmann-Olefin.
Welche Aussage trifft **nicht** zu?

(A) Die Bildung von Hofmann-Olefinen ist thermodynamisch begünstigt.
(B) Mit sterisch anspruchsvollen Basen erhält man überwiegend Hofmann-Olefine.
(C) Kaliumalkoholate sind starke Basen.
(D) Es handelt sich um eine bimolekulare Eliminierung.
(E) Statistisch konkurrieren sechs H-Atome mit zwei H-Atomen um eine Abspaltung als Proton.

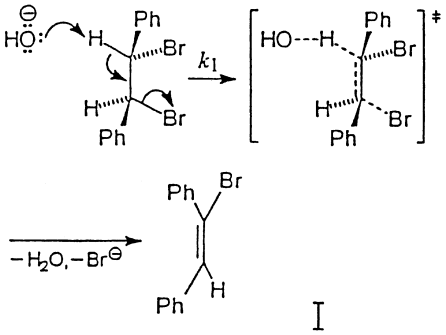
130 Welche Aussagen zur E2-Eliminierung aus acyclischen Substraten treffen zu?

(1) Es erfolgt eine *anti*-Eliminierung *trans*-ständiger Abgangsgruppen.
(2) Es erfolgt eine *syn*-Eliminierung *cis*-ständiger Abgangsgruppen.
(3) Es erfolgt primär die Bildung von Kationen.
(4) Es erfolgt primär die Bildung von Anionen.
(5) Sie erfolgt konzertiert.

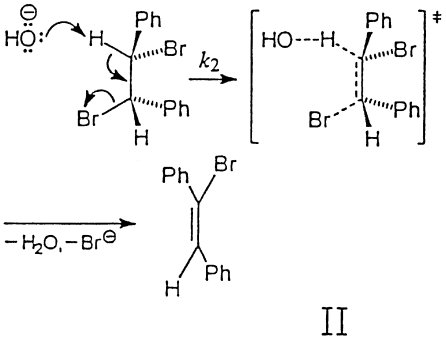
(A) nur 1 und 3 sind richtig
(B) nur 1 und 5 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 5 sind richtig

131 Welche Aussage zur *anti*- bzw. *syn*-Eliminierung trifft an den gegebenen Beispielen **nicht** zu?

anti-Eliminierung



syn-Eliminierung



(A) Beide Eliminierungen verlaufen bimolekular.
(B) Die *anti*-Eliminierung ist infolge sterischer und elektronischer Effekte kinetisch begünstigt.
(C) Nur der Übergangszustand I kann zum *E*-Olefin führen.
(D) Der Übergangszustand II ist infolge der ekliptischen Konformation trotz einer sich über 5 Atome erstreckenden Orbitalwechselwirkung sterisch ungünstig.
(E) Es handelt sich in beiden Fällen um eine zweistufige nicht-konzertierte Reaktion.

Ordnen Sie bitte den Reaktionen aus Liste 1 den jeweils zugehörigen Begriff aus Liste 2 zu!

Liste 1

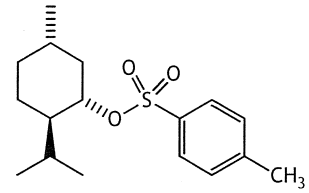
132 säurekatalysierte Dehydratisierung von Propan-1-ol

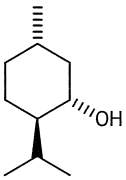
133 säurekatalysierte Dehydratisierung von Propan-2-ol

Liste 2

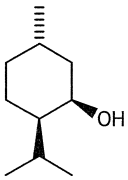
(A) planarer Übergangszustand
(B) E2-Eliminierung
(C) sp^2-hybridisiertes Intermediat
(D) E1cb-Reaktion
(E) Walden-Umkehr

134 Welches Produkt resultiert bei der basenkatalysierten Abspaltung von 4-Toluensulfonsäure aus dem abgebildeten Edukt (siehe Formel), wenn ein E2-Mechanismus vorausgesetzt wird?

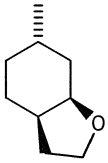




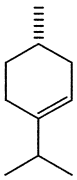
(A)



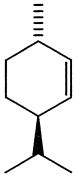
(B)



(C)

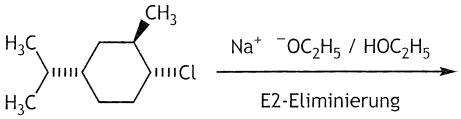


(D)

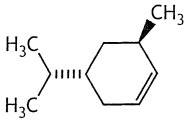


(E)

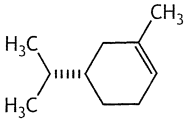
135 Welches Hauptprodukt entsteht aus dem abgebildeten Stereoisomer des 1-Chlor-4-isopropyl-2-methylcyclohexans durch E2-Eliminierung mittels Natriumethanolat?



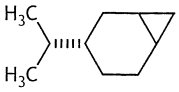
(A)



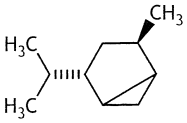
(B)



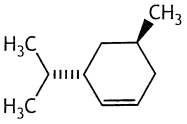
(C)



(D)



(E)



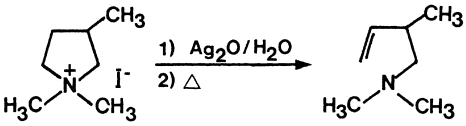
Hofmann-Eliminierung

136 Ethyl-propyl-amin werde mit überschüssigem Methyliodid behandelt („erschöpfend methyliert“) und das erhaltene quartäre Ammoniumsalz nach Überführung in das Hydroxid einer Pyrolyse unterworfen.
Welche Spaltprodukte werden dabei erhalten?

(1) Wasser
(2) Ethen
(3) Propan
(4) Dimethyl-propyl-amin
(5) Dimethyl-vinyl-amin

(A) nur 1 und 5 sind richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

137* Welche Aussage über den Mechanismus der aufgeführten Reaktion trifft zu?



Es handelt sich um eine:

(A) 1,2-Eliminierung zum Saytzew-Produkt
(B) 1,2-Eliminierung zum Hofmann-Produkt
(C) elektrophile Ringöffnung
(D) Retro-Mannich-Reaktion
(E) 1,1-Eliminierung (α-Eliminierung)

138* Bei welchen der nachstehend formulierten Reaktionen ist das richtige **Haupt**reaktionsprodukt angegeben?

(1) $H_3C-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-N(CH_3)_3]^+\ OH^-$

$\xrightarrow{\Delta}\ H_3C-CH=CH-CH_3$

(2) $H_3C-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-N(CH_3)_3]^+\ OH^-$

$\xrightarrow{\Delta}\ H_3C-CH_2-CH=CH_2$

(3) $H_3C-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\ \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\ N(CH_3)_3]^+\ OH^-$

$\xrightarrow{\Delta}\ H_3C-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_3$

(4) $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-N(CH_3)_3]^+\ OH^-$

$\xrightarrow{\Delta}\ H_3C-CH_2-CH=CH_2$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

139* Welche Aussage trifft zu?
Die folgende Reaktion

$H_9C_4N(CH_3)_3]^+OH^- \xrightarrow{\Delta} C_4H_8 + N(CH_3)_3 + H_2O$

ist

(A) nullter Ordnung
(B) pseudo-erster Ordnung
(C) dritter Ordnung
(D) monomolekular
(E) bimolekular

Addition

140* Welche Aussagen treffen zu?
Additionen an C=C-Doppelbindungen können erfolgen

(1) mit elektrophilen Reagenzien
(2) mit nucleophilen Reagenzien
(3) durch Radikalreaktion

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

Radikalische Addition (A_R)

141* Welchem Reaktionstyp entspricht die folgende schematisch dargestellte Umsetzung?

$CH_2=CH–CH_2Br + HBr \rightarrow Br–CH_2CH_2CH_2–Br$

(A) Radikalreaktion
(B) elektrophile Substitution
(C) Umlagerung
(D) nucleophile Substitution
(E) Keiner der Reaktionstypen (A) bis (D) trifft zu.

142* Welche Aussage über Radikalreaktionen trifft **nicht** zu?

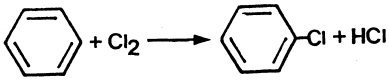
(A) Bei einer radikalischen Addition (A_R) an ein unsymmetrisches Alken erhält man das *anti*-Markownikow-Produkt.
(B) Eine Radikalreaktion wird durch sog. Radikalstarter initiiert.

(C) Durch einen Katalysator mit Lewis-Säure-Eigenschaften lassen sich freie Radikale abfangen, so dass es zu einem Kettenabbruch kommt.
(D) Die radikalische Seitenketten-Halogenierung aromatischer Alkylverbindungen erfolgt in Anwesenheit von UV-Licht.
(E) Tertiäre Alkyl-Radikale werden aus den entsprechenden Kohlenwasserstoffen leichter gebildet als primäre Alkyl-Radikale.

143 Welche der angegebenen Reaktionen verläuft nach einem radikalischen Mechanismus?

(A) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH_2{-}Cl + HCl$

(B) $CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow Cl{-}CH_2{-}CH_2{-}Cl$

(C) 

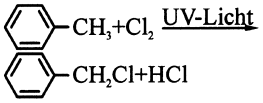
(D) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow Cl{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}Cl$

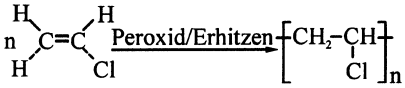
(E) Keine der unter (A) bis (D) genannten Reaktionen trifft zu.

144* Welche der folgenden, schematisch dargestellten Reaktionen verlaufen nach einem Radikalkettenmechanismus?

(1) $H_2 + Cl_2 \xrightarrow[\text{(Spuren von } H_2O)]{\text{UV-Licht}} 2\ HCl$

(2) $H_2 + 1/2\ O_2 \xrightarrow{\Delta} H_2O$

(3) 

(4) 

(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

145 Welche der genannten Reaktionen verlaufen nach einem Radikalmechanismus?

(1) Seitenketten-Halogenierung Alkyl-substituierter Aromaten
(2) Anti-Markownikow-Addition von Chlorwasserstoff an Acrylsäure
(3) Pyrolyse von Estern zu Olefinen und Carbonsäuren

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) nur 1 und 3 sind richtig

Elektrophile Addition (A_E)

146 Welche Aussagen treffen zu?
Für den Reaktionstyp „Elektrophile Addition" gilt:

(1) A_E ist der wichtigste Reaktionstyp bei Alkenen.
(2) Halogenwasserstoffe werden entsprechend der Markownikow-Regel angelagert.
(3) Addition **entgegen** der Markownikow-Regel lässt auf einen Radikalmechanismus schließen.
(4) Halogen-Addition erfolgt nur in Anwesenheit von Lewis-Säuren.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

147 Welche Aussagen über Additionsreaktionen treffen zu?

(1) Bei der elektrophilen Addition an ein Alken wird ein Carbanion als Zwischenstufe durchlaufen.
(2) Bei der elektrophilen Addition von Brom an Propen tritt ein primäres Carbenium-Ion als langlebige Zwischenstufe auf.
(3) Die bevorzugte ‚Markownikow-Orientierung' bei der säurekatalysierten Wasseraddition an Propen lässt sich aufgrund der Bildung der stabileren Carbenium-Ion-Zwischenstufe erklären.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 3 sind richtig

148* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Folgende Agenzien können direkt, d.h. **ohne** Zuhilfenahme eines Katalysators, an eine olefinische Doppelbindung addiert werden:

(A) H_2
(B) H_2SO_4
(C) MnO_4^-
(D) ICl
(E) HOCl

149* Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Folgende Agenzien können direkt, d.h. **ohne** Zuhilfenahme eines Katalysators, an eine olefinische Doppelbindung addiert werden:

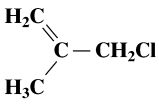
(A) HI
(B) H_2SO_4
(C) MnO_4^-
(D) IBr
(E) H_2O

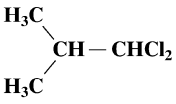
150 Welche Aussagen zur Addition von Brom an Alkene treffen zu?

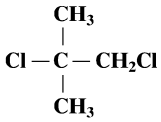
(1) Die Reaktion wird durch Entfärbung der Bromlösung sichtbar.
(2) Die Reaktion liefert bei Cyclohexen überwiegend ein *cis*-Dibromcyclohexan.
(3) Die Bildung der Dibromverbindung aus der Zwischenstufe ähnelt der nucleophilen Ringöffnung von Epoxiden.
(4) In Gegenwart von Wasser entsteht ein α-Bromketon.
(5) Symmetrische Alkene liefern – abhängig von ihrer Konfiguration – Racemate oder *meso*-Verbindungen.

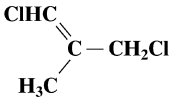
(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

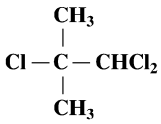
151 Welches Hauptprodukt (ca. 85 %) ergibt sich bei der Addition von Cl_2 an Isobuten (2-Methylpropen) unter polaren Bedingungen?


(A)

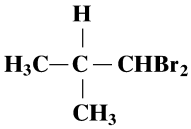

(B)

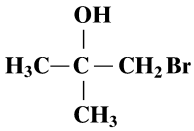

(C)

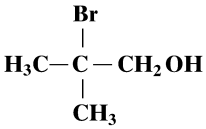

(D)

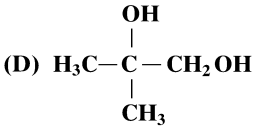

(E)

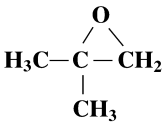
152 2-Methylpropen reagiert mit Brom in Gegenwart von Wasser.
Welches ist das Hauptprodukt dieser Reaktion?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

(E) 

153 Welche Aussage zur Umsetzung von Cyclohexen mit Brom trifft **nicht** zu?

(A) Es handelt sich um eine elektrophile Addition.
(B) Das Produkt ist *trans*-1,2-Dibromcyclohexan.
(C) Das Produkt wird als *meso*-Form isoliert.
(D) Die Addition verläuft über ein cyclisches Bromonium-Ion.
(E) Die Reaktion verläuft über einen π-Komplex.

154 In CCl_4 gelöstes Brom reagiert mit Cyclohexen unter Entfärbung.
Welche Aussagen treffen zu?

(1) Es findet eine elektrophile Addition statt.
(2) Es findet eine radikalische Addition statt.
(3) Es bildet sich *cis*-1,3-Dibromcyclohexan.
(4) Es bildet sich *trans*-1,2-Dibromcyclohexan.

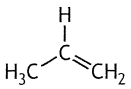
(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 4 sind richtig

155 Welche Intermediate werden bei der säurekatalysierten Reaktion von Propen mit Wasser durchlaufen?

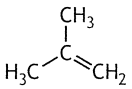
(1) Carbenium-Ionen
(2) Oxonium-Ionen
(3) Carbanionen
(4) Zwitterionen
(5) Carbene

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2 und 5 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) nur 3 und 5 sind richtig

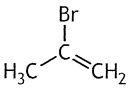
156 Nachstehend abgebildete olefinische Verbindungen werden der säurekatalysierten Addition von Wasser unterworfen.



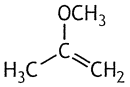
(1)



(2)



(3)



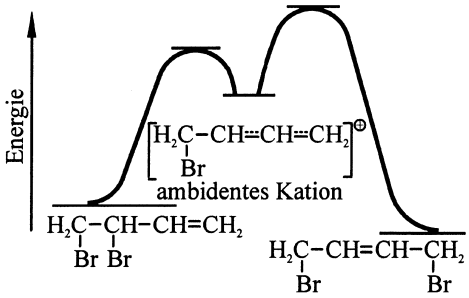
(4)

Die jeweiligen Reaktionsgeschwindigkeiten sollen nach **abnehmender** Größe geordnet werden.
Welche Reihenfolge trifft zu?

(A) 4 > 2 > 1 > 3
(B) 2 > 1 > 3 > 4
(C) 4 > 1 > 2 > 3
(D) 3 > 4 > 2 > 1
(E) 3 > 1 > 2 > 4

Addition an Diene

157 Welche Aussagen zur Bromaddition an Buta-1,3-dien anhand des gegebenen Energieprofils treffen zu?



(1) Das primär gebildete mesomere Brommethyl-allyl-Kation kann vom Bromid-Anion sowohl in α- als auch in γ-Stellung nucleophil angegriffen werden.
(2) Die 1,2-Addition verläuft schneller als die 1,4-Addition.
(3) Bei niedrigen Temperaturen in unpolaren Lösungsmitteln wird bevorzugt das 1,2-Addukt gebildet.
(4) Das primär entstehende Kation reagiert durchweg als ambidentes Nucleophil.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

158 Welche Aussagen zur Reaktion von Buta-1,3-dien mit Br_2 im Molverhältnis 1:1 trifft **nicht** zu?

(A) Die Addition führt zu einem 1,2- und einem 1,4-Addukt.
(B) Die Addition verläuft über einen π-Komplex.
(C) Das 1,2-Addukt besitzt ein asymmetrisch substituiertes C-Atom.
(D) Die Addition verläuft über mesomeriestabilisierte Carbenium-Ionen.
(E) Das 1,4-Addukt entsteht unter kinetischer Kontrolle der Reaktion.

159 Welche Aussage zur elektrophilen Addition eines Äquivalentes HBr an Buta-1,3-dien trifft **nicht** zu?

$H_2C{=}CH\text{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr}$ Produkte

(A) Bei tiefer Temperatur (z. B. –80 °C) entsteht bevorzugt das kinetisch begünstigte 1,2-Additionsprodukt.
(B) Bei höherer Temperatur (z. B. 45 °C) entsteht bevorzugt das 1,4-Additionsprodukt.
(C) Das 1,4-Additionsprodukt ist thermodynamisch stabiler als das 1,2-Additionsprodukt.
(D) Gemeinsames Intermediat der 1,2- und der 1,4-Addition ist ein mesomeriestabilisiertes Carbokation.
(E) Die 1,2-Addition erfolgt entgegen der Markownikow-Regel.

160* Welche Produkte entstehen bei der elektrophilen Addition von HCl an Buta-1,3-dien?

(1) $H_2C{=}CH{-}CHCl{-}CH_3$

(2) $ClCH{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$

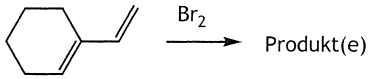
(3) $ClCH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$

(4) $ClCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_3$

(5) $H_3C{-}CH{=}CCl{-}CH_3$

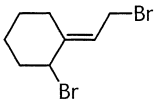
(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 5 sind richtig
(E) nur 3 und 5 sind richtig

161 1-Ethenylcyclohexen wird mit der äquimolaren Menge Brom im Sinne einer elektrophilen Addition umgesetzt.

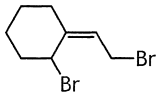


Welche der folgenden Verbindungen sind aufgrund der Struktur des Edukts und des Reaktionsmechanismus als Produkte zu erwarten?

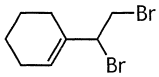
(1)



(2)



(3)



(4)

(A) nur 4 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

Markownikow-Regel

162* Welche der folgenden Regeln betrifft die Regioselektivität von Reaktionen?

(A) Hückel-Regel
(B) Bredt-Regel
(C) Cram-Regel
(D) Erlenmeyer-Regel
(E) Markownikow-Regel

163 Welche der folgenden Reaktionen verlaufen **regioselektiv?**

(1) $H_2C{=}CH{-}CH_3 + HI \rightarrow$
(2) $H_2C{=}CH{-}CH_3 + HOCl \rightarrow$
(3) $H_2C{=}CH{-}CH_2Br + HBr \rightarrow$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig

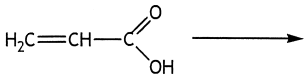
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) nur 1 und 3 sind richtig

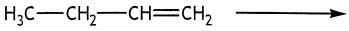
164 Welche Aussagen treffen zu?
Die Addition von HBr erfolgt an folgenden Doppelbindungssystemen überwiegend entsprechend der Markownikow-Regel:

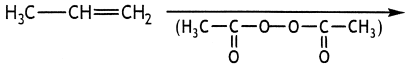
(1) CH_3-CH=CH_2
(2) CH_2=CH-CHO
(3) CH_2=CH-CH=CH_2
(4) CH_3-CH=CH-COOH

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

165 Bei welchen der folgenden Umsetzungen verläuft die Addition von Bromwasserstoff an die jeweilige Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung **entgegen** der Markownikow-Regel?

(1) 

(2) 

(3) 

(A) nur bei 1
(B) nur bei 2
(C) nur bei 1 und 3
(D) nur bei 2 und 3
(E) bei 1 bis 3 = bei allen

166* Welche der angegebenen Verbindungen führen bei der elektrophilen Addition von Chlorwasserstoff in Abwesenheit von Radikalbildnern vorzugsweise zu einem *anti*-Markownikow-Produkt?

(1) $H_2C{=}CH{-}Cl$

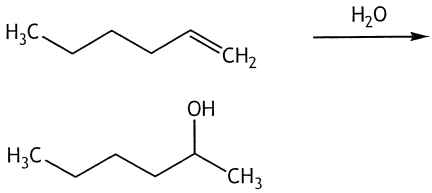
(2) $H_2C{=}CH{-}COOH$

(3) $H_2C{=}CH{-}CF_3$

(4) $H_2C{=}CH{-}CH_3$

(A) nur 4 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

167 Welche Aussage über die Reaktion von Hex-1-en mit Wasser gemäß dem abgebildeten Schema trifft **nicht** zu?



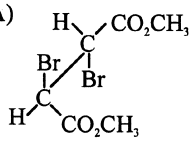
(A) Es handelt sich um eine nucleophile Addition.
(B) Die Reaktion wird durch Protonen katalysiert.
(C) Die Regioselektivität entspricht der Regel von Markownikow.
(D) Als Intermediat tritt ein Carbenium-Ion auf.
(E) Das Produkt entsteht in racemischer Form.

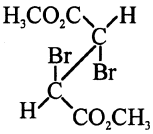
Dynamische Stereochemie: Addition

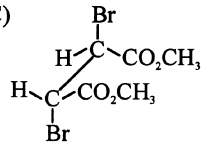
168 Nach elektrophiler Addition von Brom an Maleinsäure zeigt die erhaltene Reaktionslösung **keine** optische Drehung.
Welche der folgenden Aussagen ist geeignet, diesen Sachverhalt zu erklären?

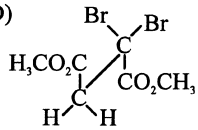
(A) Das Reaktionsprodukt besitzt keine asymmetrisch substituierten C-Atome.
(B) Das Reaktionsprodukt ist die optisch inaktive *meso*-Form der 2,3-Dibrombernsteinsäure.
(C) Es entstehen zu gleichen Teilen (+)- und (–)-2,3-Dibrombernsteinsäure.
(D) Die *threo*-Form des gebildeten Additionsprodukts ist **nicht** chiral.
(E) Der Reaktionsmechanismus erlaubt keine Vorhersagen über die Bildung von Stereoisomeren.

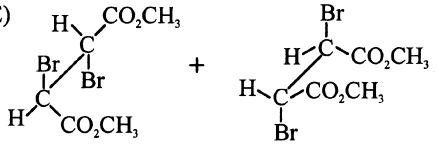
169 Welches Produkt bzw. Produktgemisch entsteht bei der elektrophilen Addition von Brom an Fumarsäuredimethylester?

(A)


(B)


(C)


(D)


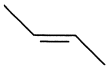
(E)


170 Welche Verbindung liefert bei der Chloraddition *meso*-2,3-Dichlorbutan?

(A)

(B)

(C)

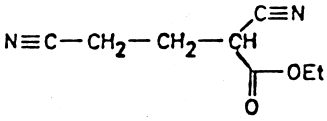
(D)


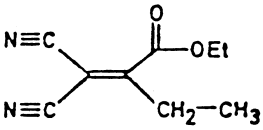
(E)

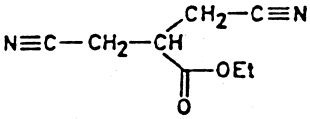
Nucleophile Addition (A_N)

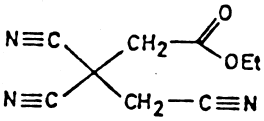
Michael-Addition

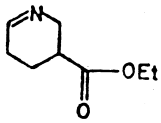
171 Zu welcher der folgenden Verbindungen führt die Umsetzung von Cyanessigsäureethylester mit Acrylnitril unter den Bedingungen der Michael-Addition?

(A)


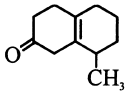
(B)


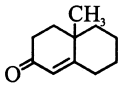
(C)


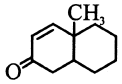
(D)


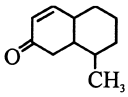
(E)


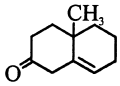
172 Welche Aussage trifft zu?
Bei der Umsetzung von Methylvinylketon und 2-Methylcyclohexanon in Gegenwart einer starken Base entsteht als Hauptprodukt

(A)


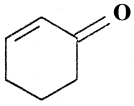
(B)


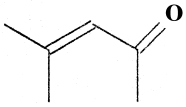
(C)


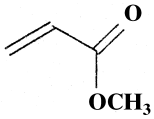
(D)


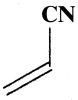
(E)


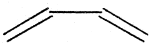
173 An welche Verbindung kann **keine** Michael-Addition eines Nucleophils erfolgen?

(A)


(B)


(C)


(D)


(E)


Pericyclische (elektrocyclische) Reaktionen

174 Welche der folgenden Regeln betrifft den stereochemischen Ablauf intramolekularer Cyclisierungen?

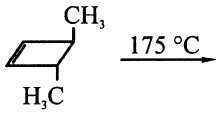
(A) Barton-Regel
(B) Bredt-Regel
(C) Cram-Regel
(D) Erlenmeyer-Regel
(E) Woodward-Hoffmann-Regeln

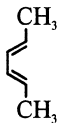
175 Welche Aussagen über pericyclische Reaktionen treffen zu?

(1) Sie verlaufen immer über cyclische Übergangszustände.
(2) Der Reaktionsausgang kann grenzorbitaltheoretisch vorhergesagt werden.
(3) Die Stereochemie der Produktbildung wird in der Regel von der Symmetrie des energetisch höchsten besetzten (HOMO) oder des energetisch tiefsten unbesetzten Molekülorbitals (LUMO) kontrolliert.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

176 Welches acyclische Dien/Trien bildet sich aus *trans*-3,4-Dimethylcyclobuten (siehe Abbildung) unter thermischen Bedingungen gemäß den Woodward-Hoffmann-Regeln?



(A) 

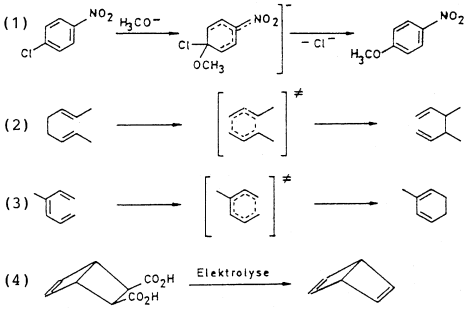
(C)

(E)

(B)

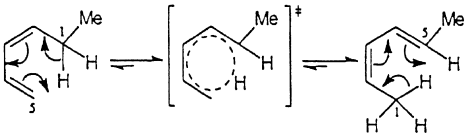
(D)

177 Bei welchen der aufgeführten Reaktionen handelt es sich um pericyclische Prozesse?



(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

178 Welche Aussage zur gegebenen sigmatropen H-Verschiebung ist **nicht** richtig?



1 2 3

(A) Es handelt sich um eine pericyclische Reaktion.
(B) Es liegt eine [1,5]-Wasserstoff-Verschiebung vor.
(C) Das Gleichgewicht liegt auf der rechten Seite, da beim Olefin 3 mehr Alkylgruppen an den sp^2-Atomen gebunden sind.
(D) Der Übergangszustand 2 besitzt 6π-aromatischen Charakter.
(E) Es handelt sich um eine Variante der Diels-Alder-Reaktion.

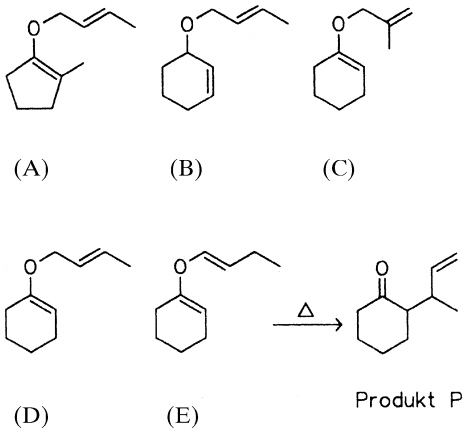
Claisen-Umlagerung

179 Welche Aussagen zur Claisen-Umlagerung von Phenylallylethern treffen zu?

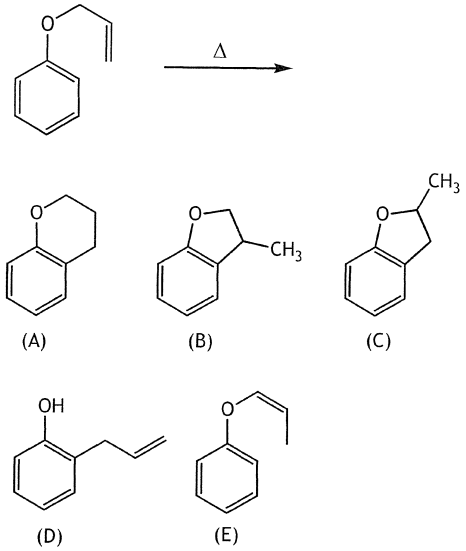
(1) Sie verläuft stets intramolekular.
(2) Sie führt stets zu o-substituierten Phenolen.
(3) Zwischenstufe ist ein Cyclohexadienon-Derivat.
(4) Sie erfolgt stets unter zweifacher Inversion der Alkylkette.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

180 Welches der folgenden Edukte führt durch Claisen-Umlagerung zum angegebenen Produkt P?



181 Welches Produkt bildet sich aus Prop-2-enyloxybenzen (siehe Abbildung) beim Erhitzen?



Cycloadditionen

182 Welche Aussagen zu Cycloadditionen des pericyclischen Reaktionstyps treffen zu?

(1) Zwei ungesättigte Verbindungen reagieren unter Bildung eines Ringsystems miteinander.
(2) Es handelt sich typischerweise um konzertierte Reaktionen.
(3) Bei [4+2]-Cycloadditionen entstehen 6-gliedrige Ringe.
(4) Cycloadditionen sind irreversible Reaktionen.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

1,3-dipolare Cycloaddition

183 Welche der folgenden Stoffe/Stoffklassen fungieren bei der 1,3-dipolaren Cycloaddition als 1,3-Dipol?

(1) Nitrile
(2) Diazoalkane
(3) Diazoniumverbindungen
(4) Säureazide
(5) Ozon

(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

184 Welche der folgenden Verbindungen stellt **kein** Dipolarophil bei 1,3-dipolaren Cycloadditionen dar?

(A) Azid
(B) Alken
(C) Alkinon
(D) Nitril
(E) Alkin

185 Welcher Heterocyclus entsteht bei der 1,3-dipolaren Cycloaddition von Phenylazid an ein Alken?

(A) Dihydroimidazol
(B) Dihydrotriazol
(C) Pyrazol

(D) Tetrahydrotetrazol
(E) Tetrahydropyrazin

186 Welcher Heterocyclus entsteht bei der 1,3-dipolaren Cycloaddition von Phenylazid an ein Alkin?

(A) Dihydroimidazol
(B) Triazol
(C) Pyrazol
(D) Tetrahydrotetrazol
(E) Tetrahydropyrazin

Diels-Alder-Reaktion

187 Welche Aussagen über die Diels-Alder-Reaktion treffen zu?

(1) Die Stereochemie des Dienophils bleibt im Übergangszustand erhalten.
(2) Die Stereochemie des Diens wird beibehalten.
(3) Es handelt sich um eine konzertierte Reaktion.
(4) Die Reaktion ist häufig stereospezifisch.

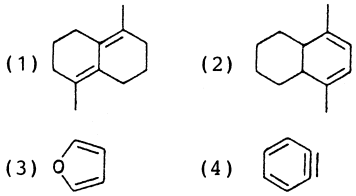
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 4 sind richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

188 Welche Aussagen treffen zu?
Eine Diels-Alder-Reaktion kann

(1) konzertiert verlaufen
(2) zum endo-Produkt führen
(3) zum exo-Produkt führen
(4) stereoselektiv verlaufen
(5) zu cis-verknüpften Bicyclen führen

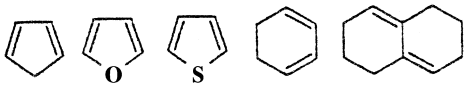
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

189 Welche Verbindungen sind **als Diene** zur Diels-Alder-Reaktion befähigt?



(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

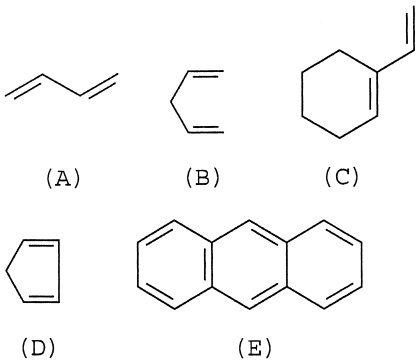
190 Welche der folgenden cyclischen Diene reagieren unter **üblichen** Bedingungen mit Maleinsäureanhydrid zu einem Diels-Alder-Produkt?



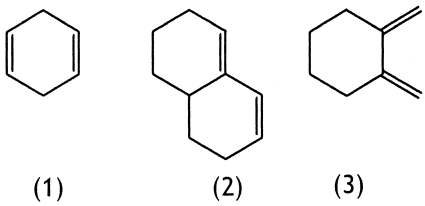
(1) **(2)** **(3)** **(4)** **(5)**

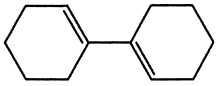
(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

191 Welche der abgebildeten Verbindungen kann **nicht** als Dien-Komponente bei der Diels-Alder-Reaktion fungieren?

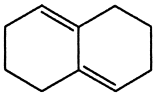


192 Welche der folgenden Diene können als 4π-Komponente in einer Diels-Alder-Reaktion Verwendung finden?





(4)

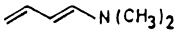


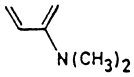
(5)

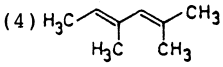
(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 2 und 5 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 5 sind richtig
(E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

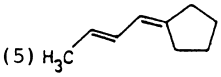
193* Welche der folgenden Dien-Konformationen können **direkt** eine [4+2]-Cycloaddition mit Maleinsäureanhydrid eingehen?

(1)

(2) 

(3) 

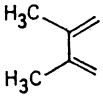
(4) 

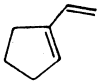
(5) 

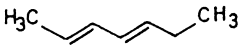
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

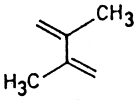
194 Welche der folgenden Dien-Konformationen können **direkt** eine [4+2]-Cycloaddition mit einem Arin eingehen?

(1)

(4) 

(2) 

(5) 

(3) 

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

195* Welche Aussage zur Diels-Alder-Reaktion von Furan mit Maleinsäureanhydrid trifft zu?

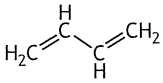
(A) Unter kinetischer Reaktionskontrolle bildet sich bevorzugt das *exo*-Cycloaddukt.
(B) Unter thermodynamischer Reaktionskontrolle bildet sich bevorzugt das *endo*-Cycloaddukt.
(C) Das endo-Cycloaddukt kann zum thermodynamisch stabileren *exo*-Cycloaddukt isomerisieren.
(D) *exo*- und *endo*-Produkt sind Enantiomere.
(E) Der Übergangszustand zum *endo*-Cycloaddukt ist durch sterische Wechselwirkung energetisch besonders destabilisiert.

196 Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Maleinsäureanhydrid reagiert unter den **üblichen** Bedingungen zu einem Diels-Alder-Produkt mit:

(A)

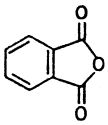
(B)

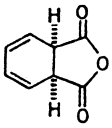
(C)

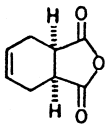
(D) 

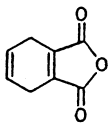
(E)

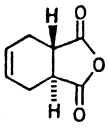
197* Zu welchem der folgenden Bicyclen reagiert Buta-1,3-dien mit Maleinsäureanhydrid?

(A) 

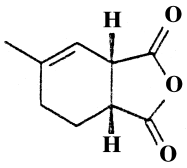
(B) 

(C) 

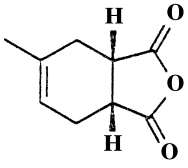
(D) 

(E) 

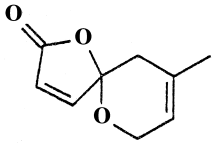
198* Welches Produkt entsteht bei der Diels-Alder-Reaktion von Isopren mit Maleinsäureanhydrid?



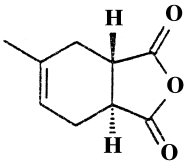
(A)



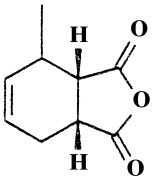
(B)



(C)

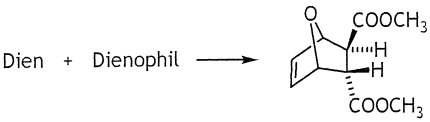


(D)

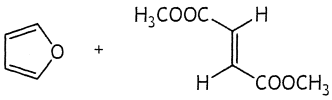


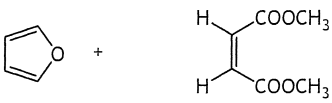
(E)

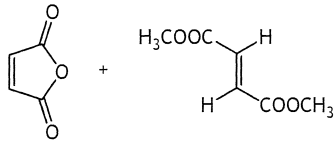
199 Die folgende Verbindung ist aus einer Diels-Alder-Reaktion hervorgegangen.

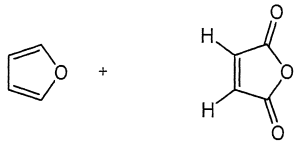


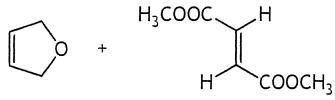
Welche Eduktkombination wurde dazu verwendet?

(A) 

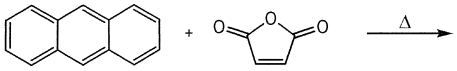
(B) 

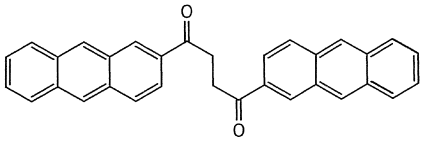
(C) 

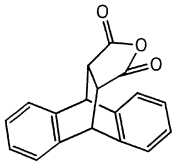
(D) 

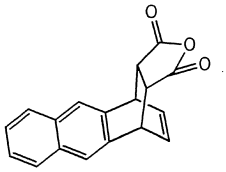
(E) 

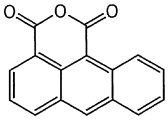
200* Welches ist das Hauptprodukt der Reaktion von Maleinsäureanhydrid mit Anthracen?



(A) 

(B) 

(C) 

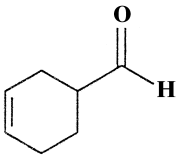
(D) 

(E) Keine der gezeigten Verbindungen.

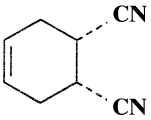
Ordnen Sie bitte den Diels-Alder-Produkten in Liste 1 das jeweils zugehörige Dienophil aus Liste 2 zu!

Liste 2

201

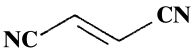


202

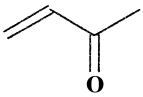


Liste 2

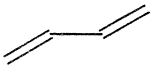
(A)



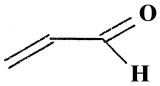
(B)



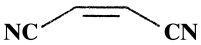
(C)



(D)



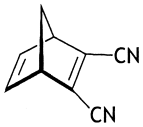
(E)



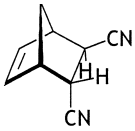
Ordnen Sie bitte den Diels-Alder-Produkten der Liste 1 die jeweils zutreffenden Edukte aus Liste 2 zu!

Liste 1

203

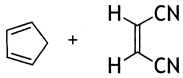


204

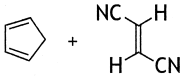


Liste 2

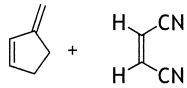
(A)



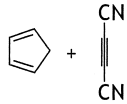
(B)



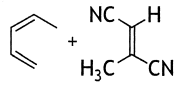
(C)



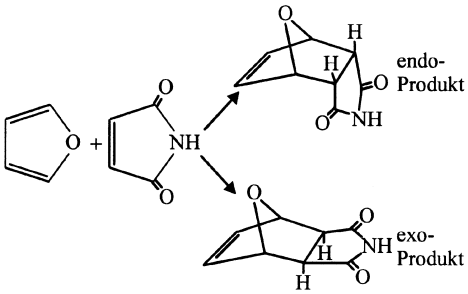
(D)



(E)



205 Welche Aussagen zur Diels-Alder Reaktion von Furan mit Maleinimid (siehe Abbildung) treffen zu?



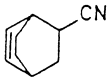
(1) Bei niedriger Temperatur bildet sich bevorzugt das *endo*-Produkt.
(2) Bei höherer Temperatur bildet sich bevorzugt das *exo*-Produkt.
(3) Beide Produkte sind Diastereomere.
(4) Das Maleinimid stellt den elektronenärmeren Reaktionspartner dar.

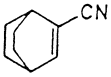
(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

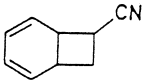
206 Cyclopentadien reagiert mit Acrylsäureethylester zu einem Diels-Alder-Cycloaddukt. Wie viele Stereozentren entstehen bei dieser Reaktion?

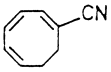
(A) 1
(B) 2
(C) 3
(D) 4
(E) 6

207* Welche Aussage trifft zu?
Die Diels-Alder-Reaktion von Benzol (Benzen) mit Acrylnitril führt zu:

(A) 

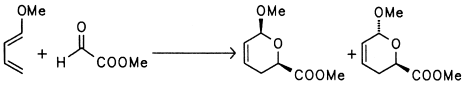
(B) 

(C) 

(D) 

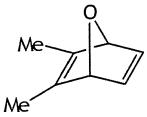
(E) Keine der Aussagen (A) bis (D) trifft zu.

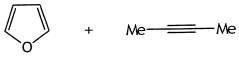
208 Welche Aussage zur Hetero-Diels-Alder-Reaktion trifft zu?

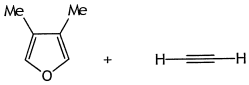


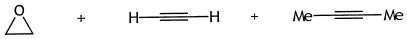
(A) Die Reaktion erfolgt regioselektiv.
(B) Der Glyoxylsäuremethylester ist das Heterodien.
(C) Die entstehenden *cis*- und *trans*-Cycloaddukte sind zueinander enantiomer.
(D) Die entstehenden *cis*- und *trans*-Cycloaddukte sind zueinander konformationsisomer.
(E) Die Reaktion erfolgt enantioselektiv.

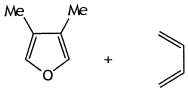
209 Welche der folgenden Produkte können bei einer thermisch induzierten Retro-Diels-Alder-Reaktion aus dem folgenden Bicyclus entstehen?



(1) 

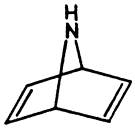
(2) 

(3) 

(4) 

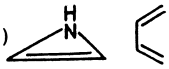
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

210* Welche der folgenden Retro-Diels-Alder-Produkte entstehen bei der thermischen Spaltung von 7-Azanorbornadien (siehe untenstehende Formel)?



(1)

HC≡CH

(3) 

(2)

HC≡CH

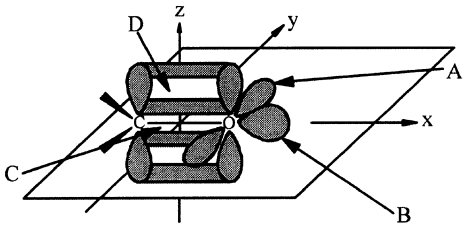
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 3 ist richtig
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

Reaktionen von Carbonylverbindungen

Carbonylgruppe und Carbonylaktivität

siehe auch Kap. 3.12, Fragen Nr. 979–1089

211 Welche Aussage über das in der Abbildung wiedergegebene σ-π-Bindungssystem einer Carbonylgruppe trifft **nicht** zu?



(A) B bezeichnet ein sp-Hybrid-Atomorbital des Sauerstoffatoms.
(B) D bezeichnet die C-O-π-Bindung.
(C) C bezeichnet die σ-Bindung der CO-Gruppe.
(D) Das Kohlenstoffatom ist sp^3-hybridisiert.
(E) A und B stellen doppelt besetzte, nichtbindende Atomorbitale dar.

212* Welche der folgenden Aussagen trifft **nicht** zu?

(A) Die Carbonylgruppe ist planar gebaut.
(B) Das C-Atom einer Carbonylgruppe benutzt sp^2-Hybridorbitale.
(C) Die Carbonylgruppe von Aldehyden und Ketonen kann nucleophile Reagenzien addieren.
(D) Die Bildung von Polymeren aus Aldehyden verläuft nach dem Mechanismus einer Aldol-Kondensation.
(E) Im Gegensatz zu Aldehyden besitzen einfache Ketone keine reduzierenden Eigenschaften.

213* Welche der folgenden Verbindungen besitzt die ausgeprägteste Carbonylreaktivität?

(A) Acetylchlorid
(B) Aceton
(C) Acetat-Ion
(D) Acetaldehyd
(E) Acetessigester

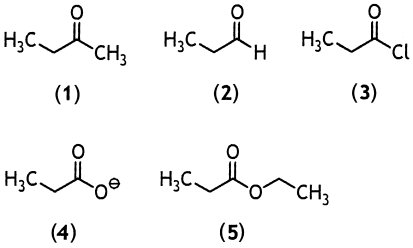
214 Welche der folgenden Stoffklassen hat die geringste Carbonylreaktivität?

(A) Ketene
(B) Carbonsäureanhydride
(C) Carbonsäureester
(D) Carbonsäurechloride
(E) Carbonsäureamide

215 Welche Reihenfolge der Carbonylreaktivität von Derivaten aliphatischer Monocarbonsäuren trifft zu?

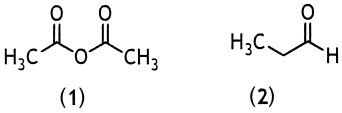
(A) Ketene > Anhydride > Chloride > Ester > Amide
(B) Chloride > Anhydride > Ester > Amide > Ketene
(C) Ketene > Chloride > Anhydride > Ester > Amide
(D) Anhydride > Chloride > Ester > Amide > Ketene
(E) Amide > Ester > Anhydride > Chloride > Ketene

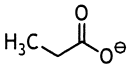
216 Ordnen Sie bitte die folgenden Carbonylverbindungen nach **zunehmender** Reaktivität gegenüber Nucleophilen!
Welche Reihenfolge trifft zu?



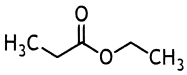
(A) 4,5,3,1,2
(B) 1,2,4,5,3
(C) 3,5,1,2,4
(D) 4,5,1,2,3
(E) 2,1,4,3,5

217 Ordnen Sie bitte die folgenden Carbonylverbindungen nach **abnehmender** Reaktivität gegenüber Nucleophilen!
Welche Reihenfolge trifft zu?





(3)



(4)

(A) 4, 1, 2, 3
(B) 1, 2, 4, 3
(C) 4, 1, 3, 2
(D) 3, 4, 1, 2
(E) 2, 1, 3, 4

Tautomeriegleichgewichte

218* Welche Aussage trifft zu?
Wenn zwei Konstitutionsisomere miteinander in einem dynamischen Gleichgewicht stehen, spricht man von:

(A) Diastereoisomerie
(B) Anomerie
(C) Mesomerie
(D) Tautomerie
(E) Enantiomerie

219 Welche der folgenden Verbindungen können Tautomere bilden?

(1) Salpetrige Säure
(2) Schweflige Säure
(3) p-Nitrosophenol
(4) Benzochinon-phenylhydrazon
(5) α-Ketole

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 5 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

220 Welche der folgenden Verbindungen können als Tautomere reagieren?

(1) HNO_3
(2) H_2SO_4
(3) $H_3C–CH_2OH$
(4) $H_3C–CHO$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 4 ist richtig
(D) nur 1 und 2 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

Ordnen Sie bitte den Verbindungen der Liste 1 die dazu jeweils tautomere Verbindung aus Liste 2 zu!

Liste 1

221 Oxim

222 Diazohydroxid (Diazenol)

Liste 2

(A) Nitriloxid
(B) C-Nitrosoverbindung
(C) Nitrosamin
(D) Amidoxim
(E) Nitramid

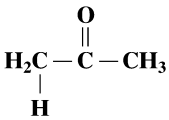
CH-Acidität und Enolisierungstendenz

siehe auch Kapitel 3.19, Fragen Nr. 1634, 1639, 1642, 1643, 1645, 1647, 1649, 1651, 1653, 1655, 1659, 1661, 1662, 1732

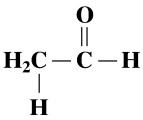
223 Welche Reihenfolge trifft zu?
Ordnen Sie bitte die folgenden Verbindungen nach **fallender** CH-Acidität:

(A) Acetaldehyd > Ethen > Ethin > Ethan
(B) Ethin > Acetaldehyd > Ethan >Ethen
(C) Ethin > Ethen >Ethan > Acetaldehyd
(D) Acetaldehyd > Ethin > Ethen >Ethan
(E) Ethan > Ethen >Ethin > Acetaldehyd

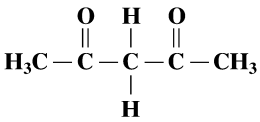
224 Welche Reihenfolge trifft zu?
Ordnen Sie bitte die folgenden Verbindungen nach **steigender** CH-Acidität:



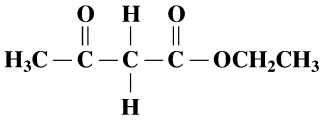
(1)



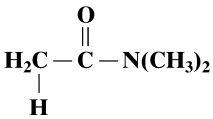
(2)



(3)



(4)



(5)

(A) (1)<(3)<(2)<(4)<(5)
(B) (2)<(5)<(4)<(1)<(3)
(C) (4)<(3)<(5)<(2)<(1)
(D) (5)<(1)<(2)<(4)<(3)
(E) (5)<(2)<(1)<(3)<(4)

225* Welche Aussage trifft zu?
Die Acidität der angegebenen CH-aciden Verbindungen steigt nach folgender Reihe:

(A) Aceton, Malondinitril, Dinitromethan, Malonsäurediethylester
(B) Aceton, Malonsäurediethylester, Malondinitril, Dinitromethan
(C) Dinitromethan, Malondinitril, Malonsäurediethylester, Aceton
(D) Malonsäurediethylester, Dinitromethan, Malondinitril, Aceton
(E) Malonsäurediethylester, Aceton, Dinitromethan, Malondinitril

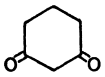
226 Welche Verbindung zeigt die höchste CH-Acidität?

(A) Essigsäure
(B) Essigsäureethylester
(C) Acetessigsäureethylester
(D) Pentan-2,4-dion (Acetylaceton)
(E) Aceton

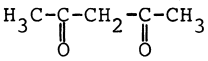
227 Welche der folgenden Verbindungen ist am stärksten CH-acid?

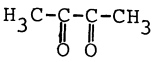
(A) Natriumacetat
(B) Essigsäureethylester
(C) Acetessigsäureethylester
(D) Acetylaceton
(E) Aceton

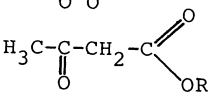
228* Bei welcher der folgenden als Dicarbonylverbindungen formulierten Substanzen ist die Enolisierungstendenz am deutlichsten ausgeprägt?

(A) 

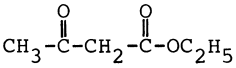
(B)

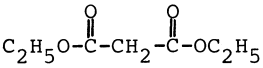
(C) 

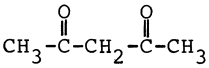
(D) 

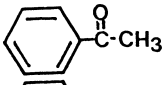
(E) 

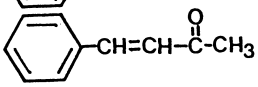
229* Welche der folgenden Verbindungen zeigt die größte Enolisierungstendenz?

(A) 

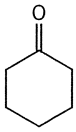
(B) 

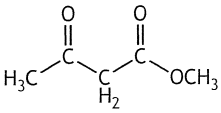
(C) 

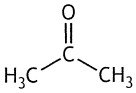
(D) 

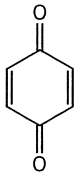
(E) 

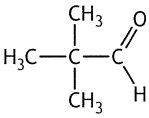
230* Bei welchen der nachfolgenden Carbonylverbindungen ist eine Enol-Form formulierbar?

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

(5) 

(A) nur bei 3
(B) nur bei 1 und 3
(C) nur bei 1, 2 und 3
(D) nur bei 1, 2 und 4
(E) nur bei 1, 2, 3 und 5

231 Welche Reihenfolge trifft zu?
Die folgenden Reinsubstanzen sind nach **steigendem** Enolgehalt bei Raumtemperatur geordnet:

(A) Aceton < Acetylaceton < Benzoylaceton < Acetessigester
(B) Benzoylaceton < Aceton < Acetylaceton < Acetessigester
(C) Acetylaceton < Benzoylaceton < Acetessigester < Aceton
(D) Aceton < Acetessigester < Acetylaceton < Benzoylaceton
(E) Benzoylaceton < Acetylaceton < Acetessigester <Aceton

232 Welche Aussage über β-Dicarbonylverbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Ihre Enole sind stets cis-konfiguriert.
(B) Ihre Enolform weist deutlich sauren Charakter auf.
(C) Das Keto-Enol-Gleichgewicht ist lösungsmittelabhängig.
(D) Das Keto-Enol-Gleichgewicht ist temperaturabhängig.
(E) Die Gleichgewichtseinstellung zwischen Keto- und Enolform ist sowohl säure- als auch basenkatalysiert.

233 Welche der folgenden Aussagen über Dicarbonylverbindungen trifft **nicht** zu?

(A) Die Stabilität der Enolform von 1,3-Dicarbonylverbindungen ist vom Lösungsmittel unabhängig.
(B) Die Enolform des Pentan-2,4-dions wird durch eine intramolekulare Wasserstoffbrücke begünstigt.
(C) Bei der Enolisierung von Phenylaceton entsteht bevorzugt das Tautomer mit einer C=C-Doppelbindung in Konjugation zum aromatischen Ring.
(D) 1,3-Dicarbonylverbindungen werden in Gegenwart geeigneter Basen zu mesomeriestabilisierten Anionen deprotoniert.
(E) Aus Ethan-1,2-dial (Glyoxal) kann in Gegenwart von NaOH durch eine intramolekulare Cannizzaro-Reaktion 2-Hydroxyessigsäure entstehen.

Umlagerungen

Umlagerungen am Kohlenstoffatom

234* Welche der genannten Umlagerungen erfolgen an einem C-Atom mit Elektronensextett?

(1) Beckmann-Umlagerung
(2) Pinakol-Umlagerung
(3) Hock-(Phenol)-Synthese
(4) Wolff-Umlagerung

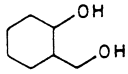
(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

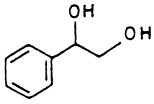
235 Bei welchen der folgenden Umlagerungsreaktionen werden Carbenium-Ionen als Zwischenstufen diskutiert?

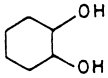
(1) Cope-Umlagerung
(2) Wagner-Meerwein-Umlagerung
(3) Benzilsäure-Umlagerung
(4) Pinakolon-Umlagerung
(5) Hofmann-Abbau von Säureamiden

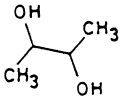
(A) nur 1 und 3 sind richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 3 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) nur 2, 4 und 5 sind richtig

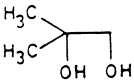
236* Welche der folgenden Verbindungen ist einer Pinakol/Pinakolon-Umlagerung **nicht** zugänglich?

(A) 

(B) 

(C) 

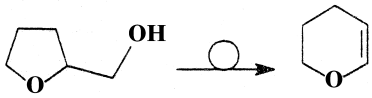
(D) 

(E) 

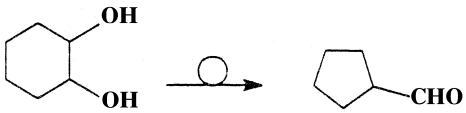
Ordnen Sie bitte den Umlagerungen der Liste 1 den jeweils zutreffenden Namen aus Liste 2 zu!

Liste 1

237



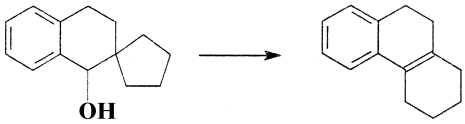
238



Liste 2

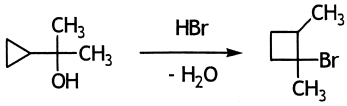
(A) Wolff-Umlagerung
(B) Cope-Umlagerung
(C) Wagner-Meerwein-Umlagerung
(D) Beckmann-Umlagerung
(E) Pinakol-Umlagerung

239 Welche Umlagerung liegt der angegebenen Reaktion zugrunde?

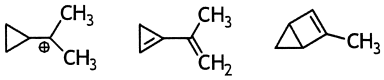


(A) Claisen-Umlagerung
(B) Wagner-Meerwein-Umlagerung
(C) Cope-Umlagerung
(D) Allyl-Umlagerung
(E) Wolff-Umlagerung

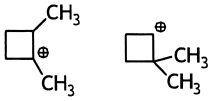
240 Die Behandlung von 2-Cyclopropylpropan-2-ol mit HBr ergibt 1-Brom-1,2-dimethylcyclobutan.



Welche der folgenden „Intermediate“ spielen für den Mechanismus dieser Reaktion eine Rolle?



(1) (2) (3)



(4) (5)

(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 4 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

241 Welche der folgenden Umlagerungen können zu Carbonsäuren oder Carboxylaten führen?

(1) Favorski-Umlagerung
(2) Wagner-Meerwein-Umlagerung
(3) Benzilsäure-Umlagerung
(4) Friessche Umlagerung
(5) Wolff-Umlagerung

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 2 und 5 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 5 sind richtig

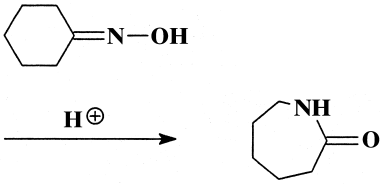
242 Welche Aussagen über die Benzilsäure-Umlagerung treffen zu?

(1) Ausgangs- und Endprodukt dieser Umlagerung sind isomer.
(2) Die Umlagerung wird durch Cyanid-Ionen katalysiert.
(3) Die Benzilsäure-Umlagerung ist eine intramolekulare Disproportionierung.

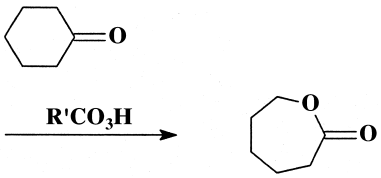
(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

243 Welche der folgenden Reaktionen verlaufen nach dem Mechanismus einer Benzilsäure-Umlagerung?

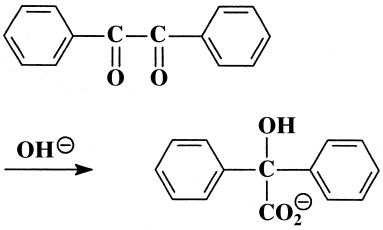
(1)



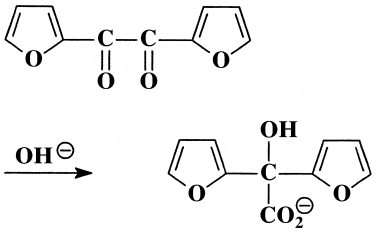
(2)



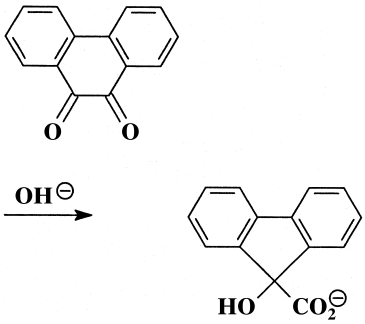
(3)



(4)



(5)

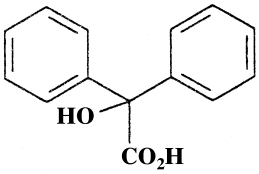


(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(C) nur 3, 4 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

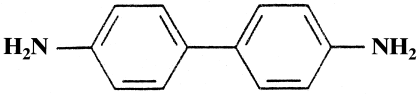
Ordnen Sie bitte den durch Umlagerung erhaltenen Produkten der Liste 1 das jeweils zutreffende Edukt der Liste 2 zu!

Liste 1

244

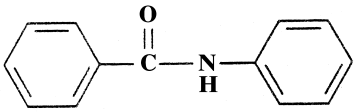


245

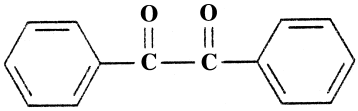


Liste 2

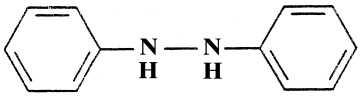
(A)



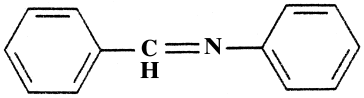
(B)



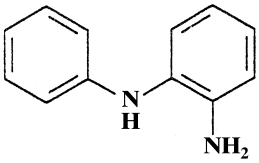
(C)



(D)



(E)



246 Welche Aussage über die Arndt-Eistert-Reaktion trifft **nicht** zu?

(A) Reaktionspartner sind Diazomethan und ein Säurehalogenid.
(B) Als Zwischenprodukt tritt ein mesomeriestabilisiertes Diazohydroxid auf.
(C) Im Verlauf der Arndt-Eistert-Reaktion wird Stickstoff eliminiert.
(D) Eine im Rahmen der Arndt-Eistert-Reaktion erfolgende Umlagerung führt zu einem Keten.
(E) Im Ergebnis führt die Arndt-Eistert-Reaktion zur Kettenverlängerung einer Carbonsäure (bzw. eines Carbonsäure-Derivates) um eine CH_2-Gruppe.

Darstellung von 3,3-Dimethylbuttersäure nach Arndt-Eistert

247* Ausgegangen wird von:

(A) 2-Ethylbuttersäure
(B) 2,2-Dimethylpropionsäure
(C) 3-Methylbuttersäure
(D) Acetessigsäure
(E) 2-Methylbuttersäure

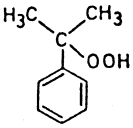
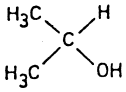
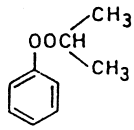
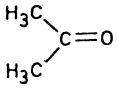
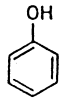
248* Nach Überführung in das Säurechlorid wird umgesetzt mit:

(1) HCHO
(2) CH_2N_2
(3) Ag oder Ag^+/H_2O
(4) C_2H_5ONa
(5) HCl

(A) nur mit 1 und 3
(B) nur mit 1 und 4
(C) nur mit 1 und 5
(D) nur mit 2 und 3
(E) nur mit 4 und 5

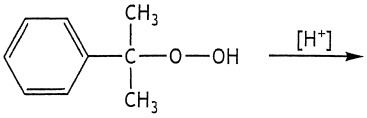
Umlagerungen am Sauerstoffatom

249 Welche Aussagen treffen zu?
Im Verlauf der Umsetzung von Isopropylbenzen mit Sauerstoff und anschließend mit verdünnter Schwefelsäure treten folgende Verbindungen auf:

(1) 
(4) 
(2) 
(5) 
(3) 

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 5 sind richtig

250 Das abgebildete Hydroperoxid wird mit verdünnter Schwefelsäure behandelt.
Welche Verbindung/Verbindungen entsteht/entstehen dabei hauptsächlich?

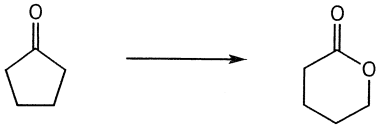


(A) 4-Isopropylphenol
(B) 2-Phenylpropionaldehyd und Wasser
(C) 1-Phenylethanol und Methanol
(D) Phenol und Aceton
(E) Isopropylperoxybenzen

251 Bei welcher Synthese wird eine C-C-Bindung gelöst und keine neu gebildet?

(A) Reimer-Tiemann-Synthese
(B) Benzilsäure-Umlagerung
(C) Hocksche Phenolsynthese
(D) Kolbe-Schmitt-Synthese
(E) Wagner-Meerwein-Umlagerung

252 Welches Reagenz ist für die direkte Umwandlung von Cyclopentanon zu δ-Valerolacton (siehe Abbildung) geeignet?



(1) Peressigsäure (CH_3CO_3H)
(2) Periodsäure (HIO_4)
(3) $KMnO_4$
(4) OsO_4
(5) CrO_3

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 3 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 5 sind richtig

Umlagerungen am Stickstoffatom

siehe auch Kap. 3.18, Fragen Nr. 1590–1592

253 Bei welcher der folgenden Namensreaktionen handelt es sich **nicht** um eine Umlagerung am N-Atom?

(A) Lossen
(B) Curtius
(C) Schmidt
(D) Baeyer-Villiger
(E) Beckmann

254 Welcher der folgenden Begriffe steht **nicht** im Zusammenhang mit der Beckmann-Umlagerung?

(A) Oxim
(B) Säureamid
(C) Oxonium-Ion
(D) Carbenium-Ion
(E) Nitren

255 Bei welcher Synthese wird eine C–C-Bindung nur gelöst und keine neu gebildet?

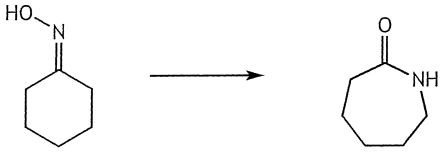
(A) Beckmann-Umlagerung
(B) Benzidin-Umlagerung
(C) Reimer-Tiemann-Synthese
(D) Benzilsäure-Umlagerung
(E) Kolbe-Schmitt-Synthese

256 Welche Ionen treten bei der Beckmann-Umlagerung von Benzophenonoxim auf?

(1) Oxonium-Ion
(2) Ammonium-Ion
(3) Carbenium-Ion
(4) Iminium-Ion
(5) Nitronium-Ion

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 2, 3 und 4 sind richtig

257 Welche Reagenzien eignen sich für die Umwandlung von Cyclohexanonoxim in ε-Caprolactam (siehe Abbildung)?



(1) $NaOCH_3$
(2) $NaNH_2$
(3) PCl_5
(4) konzentrierte H_2SO_4
(5) CH_3CO_2H

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) nur 3 und 5 sind richtig

258 Welche der folgenden Reaktionen können zur Synthese von ε-Caprolactam aus Cyclohexanon herangezogen werden?

(1) Hofmann-Abbau
(2) Lossen Abbau
(3) Curtius-Abbau
(4) Friessche Verschiebung
(5) Beckmann-Umlagerung

(A) nur 5 ist richtig
(B) nur 2 und 5 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 4 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 2 und 5 sind richtig

259 Welche Aussagen zum Reaktionsverlauf des Hofmann-Abbaus treffen zu?

(1) Als Zwischenstufe wird ein Isocyanat gebildet.
(2) Es kommt zur Umlagerung eines Acylrestes.
(3) Es wird eine neue N-C-Bindung geknüpft.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig

(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

260 Welche der folgenden Zwischenstufen werden beim Hofmann-Abbau der Carbonsäureamide durchlaufen?

(1) Nitronium-Ionen
(2) Diazoverbindungen
(3) N-Halogenamide
(4) Carbamidsäuren

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 1 und 2 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 3 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

261* Welche Aussagen über den Hofmann-Abbau treffen zu?

(1) Als isolierbare Zwischenstufe wird ein Urethan gebildet.
(2) Es kommt zur Abspaltung von CO_2.
(3) Die Reaktion verläuft unter Konfigurationserhalt am α-C-Atom.

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

262* Welche der folgenden Ausgangsstoffe eignen sich zur Darstellung von β-Alanin durch Hofmann-Abbau?

(1) Glutarimid
(2) Succinimid
(3) Bernsteinsäurehalbamid
(4) 4-Aminobuttersäureamid

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

Synthese von Anthranilsäure durch Hofmann-Abbau

263* Welche der folgenden Verbindungen eignet sich am besten als Ausgangssubstanz?

(A) Benzoesäure
(B) Phthalsäure
(C) Phthalsäurediamid
(D) Phthalsäureimid
(E) Terephthalsäurediamid

264* Der erste Reaktionsschritt besteht in einer

(A) Nitrierung
(B) Neutralisation
(C) Partialhydrolyse
(D) Hydrazinolyse
(E) Keine dieser Operationen ist erforderlich.

265* Das Zwischenprodukt reagiert mit:

(A) Wasserstoff/Raney-Nickel
(B) $NaNO_2/H_3O^+$
(C) NaOCl/NaOH
(D) NaN_3/H_3O^+
(E) $LiAlH_4$

266* Zur Gewinnung des Endproduktes sind nachfolgende Operationen erforderlich:

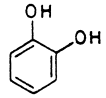
(1) Erhitzen in einem inerten Solvens
(2) vorsichtige Hydrolyse mit wässriger Ammoniumchlorid-Lösung
(3) Erhitzen mit Mineralsäure
(4) Einstellen auf pH ca. 3

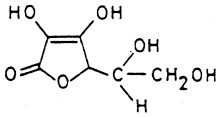
(A) nur 3 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) erst 2, dann 3 ist richtig
(D) erst 1, dann 3, dann 4 ist richtig
(E) erst 2, dann 3, dann 4 ist richtig

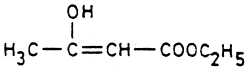
Oxidation und Reduktion

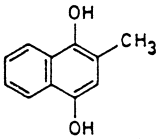
Redoxreaktionen

267 Welche der folgenden Verbindungen ist am wenigsten oxidationsempfindlich?

(A) 

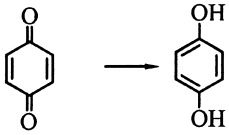
(B) 

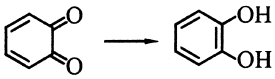
(C) 

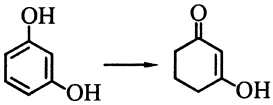
(D) 

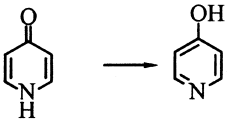
(E)

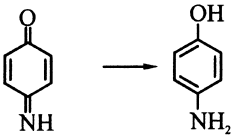
268 Welche der angegebenen Umwandlungen entspricht **nicht** einer Reduktion?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

(E) 

269 Bei welchen der genannten Umsetzungen sind Redoxreaktionen beteiligt?

(1) Meerwein-Ponndorf-Verley-Reaktion
(2) Walden-Umkehr
(3) Wittig-Reaktion
(4) Cannizzaro-Reaktion

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) nur 2, 3 und 4 sind richtig

270* Welche Aussage über Redoxreaktionen trifft **nicht** zu?

(A) Ethanol, Acetaldehyd und Essigsäure können durch Redoxreaktionen ineinander übergeführt werden.
(B) Aceton kann zu Propan-2-ol reduziert werden.
(C) Brenztraubensäure kann zu 2-Hydroxypropionsäure reduziert werden.
(D) Formaldehyd kann durch Dehydrierung von Methanol hergestellt werden.
(E) Propan-1-ol lässt sich leicht zu Glyoxylsäure oxidieren.

Autoxidationen

271 Welche Aussage über die Autoxidation von Benzaldehyd trifft zu?

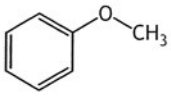
(A) Sie verläuft ionisch.
(B) Sie verläuft über einen Radikalkettenmechanismus.
(C) Sie wird durch Fe(III)-Ionen unterdrückt.
(D) Als Zwischenprodukt entsteht ein Acyl-Anion.
(E) Als Zwischenprodukt entsteht ausschließlich Benzoin.

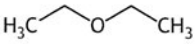
272 Welche Aussagen treffen zu?
Für die Autoxidation von Benzaldehyd gilt:

(1) Im Verlauf der Reaktion tritt ein Benzoylradikal auf.
(2) Im Verlauf der Reaktion tritt ein Perbenzoylradikal auf.
(3) Endprodukt ist Benzoesäure.
(4) Die Reaktion lässt sich durch Hydrochinon hemmen.

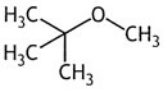
(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

273 Welche der folgenden Verbindungen neigen in Gegenwart von Luftsauerstoff zur Autoxidation unter Peroxidbildung?

(1) 

(2) 

(3)

(4) 

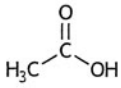
(5)

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 2 und 3 sind richtig
(C) nur 3 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

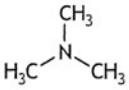
274 Welche der abgebildeten Verbindungen besitzt in Gegenwart von Luftsauerstoff die größte Tendenz zur Bildung von Peroxiden?

(A)

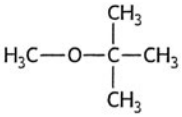
(B)



(C)



(D)



(E)

Oxidation von Alkoholen

275* Welche Aussagen über Oxidationsprodukte von Alkoholen treffen zu?

(1) Essigsäure ist ein Oxidationsprodukt von Ethanol.
(2) Aceton entsteht bei der Dehydrierung von Isopropanol.
(3) Chloral ist das Oxidationsprodukt von Trichlorethanol.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

276 Welche Aussage trifft zu?
Zur Oxidation primärer Alkohole bis zur Stufe der Aldehyde eignet sich:

(A) Dimethylsulfoxid/Oxalylchlorid/Triethylamin
(B) $KMnO_4/H_2SO_4$
(C) Ozon
(D) Aluminiumisopropylat/Isopropylalkohol
(E) Peroxyessigsäure

277 Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Zur Überführung eines sekundären Alkohols in das entsprechende Keton eignet sich als Oxidationsmittel:

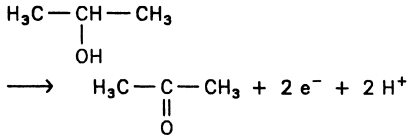
(A) Cyclohexanon/Aluminium-*tert*-butylat
(B) Kaliumdichromat/Schwefelsäure
(C) Chrom(VI)-oxid/Pyridin
(D) Iod
(E) Braunstein

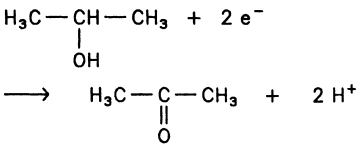
278 Welche Alkohole können mittels selektiver Oxidationsreaktionen zu einem Aldehyd/Keton transformiert werden?

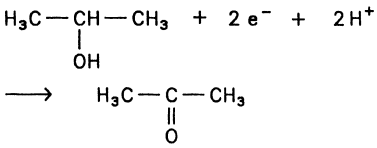
(1) Propan-2-ol
(2) *tert*-Butanol
(3) 2-Hydroxy-1,2-diphenylethanon (Benzoin)
(4) Triphenylmethanol
(5) Pentan-1-ol

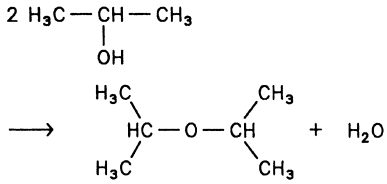
(A) nur 1 und 5 sind richtig
(B) nur 2 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 5 sind richtig
(D) nur 1, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

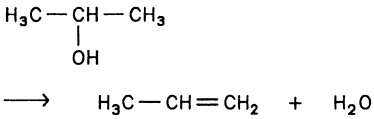
279 Welche der folgenden Reaktionen beschreibt die Oxidation von Propan-2-ol richtig?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

(E) 

Oxidation von 1,2-Diolen

280 Welchen Namen hat die Oxidation von 1,2-Diolen mit Bleitetraacetat?

(A) Malaprade-Oxidation
(B) Oppenauer-Oxidation
(C) Baeyer-Villiger-Oxidation
(D) Criegee-Oxidation
(E) Swern-Oxidation

281 Welche der folgenden Oxidationen sind zur oxidativen Spaltung von 1,2-Diolen geeignet?

(1) Malaprade-Oxidation
(2) Oppenauer-Oxidation
(3) Baeyer-Villiger-Oxidation
(4) Criegee-Oxidation
(5) Swern-Oxidation

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

282 Welche Aussage zur Reaktion von 1,2-Diolen mit Bleitetraacetat trifft zu?

(A) Es bilden sich α-Hydroxyketone.
(B) Sie wird als Malaprade-Spaltung bezeichnet.
(C) Als Nebenreaktion tritt immer eine Wagner-Meerwein-Umlagerung ein.
(D) Als Zwischenprodukt bildet sich eine metallorganische Bleiverbindung.
(E) Als Zwischenprodukt bildet sich eine fünfgliedrige Bleidioxo-Verbindung.

283 Welche der folgenden Verbindungen entsteht bei der Oxidation von Butan-2,3-diol mit Bleitetraacetat?

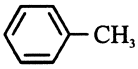
(A) Acetoin
(B) Acetaldehyd
(C) Ethanol
(D) Diacetyl
(E) Essigsäure

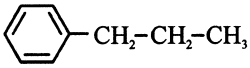
284* Bei welcher der nachstehenden Reaktionen erfolgt ein Hydrid-Transfer?

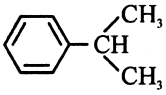
(A) Claisen-Kondensation
(B) Gattermann-Koch-Synthese
(C) Rosenmund-Reduktion
(D) Oppenauer-Oxidation
(E) Sandmeyer-Reaktion

Oxidation von Alkylgruppen

285* Welche der folgenden Alkylbenzene können durch Oxidation der Seitenkette, z. B. mit $KMnO_4$, in Benzoesäure übergeführt werden?

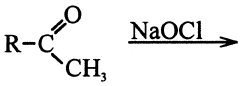
(1) 

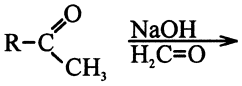
(2) 

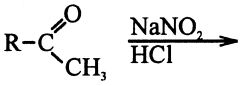
(3) 

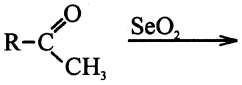
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

286 Welche der folgenden Reaktionen führen zu einer Erhöhung der Oxidationszahl des Methyl-Kohlenstoffs?

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 4 ist richtig
(C) nur 3 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

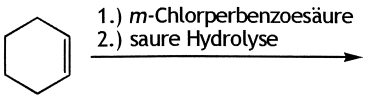
Oxidation von Alkenen

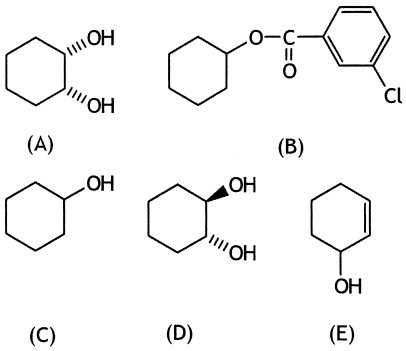
287* Welche der folgenden Reagenzien können Alkene zu Glycolen oxidieren?

(1) Osmiumtetroxid
(2) Ozon
(3) Kaliumpermanganat
(4) Wasserstoffperoxid/Eisessig

(A) nur 2 ist richtig
(B) nur 1 und 3 sind richtig
(C) nur 2 und 4 sind richtig
(D) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(E) 1–4 = alle sind richtig

288* Welches Hauptprodukt entsteht bei der folgenden Reaktion?

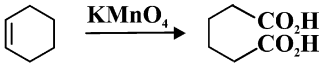


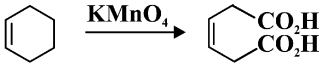


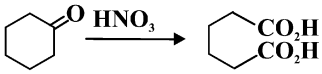
289 Welche Aussage zur Prileschajew-Reaktion von *Z*- und *E*-Cycloocten mit Percarbonsäuren trifft zu?

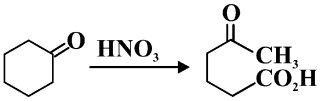
(A) Es bilden sich direkt die vicinalen *cis*- und *trans*-Diole.
(B) Es bildet sich jeweils stereospezifisch ein *cis*- und *trans*-Epoxid.
(C) Es bilden sich ausschließlich Polyglycole.
(D) Es bildet sich ausschließlich Hydroxy-cyclooctatetraen.
(E) Es bildet sich ausschließlich Cyclooctin.

290 Welche der folgenden Produkte können auf dem angegebenen Reaktionsweg erhalten werden?

(1) 

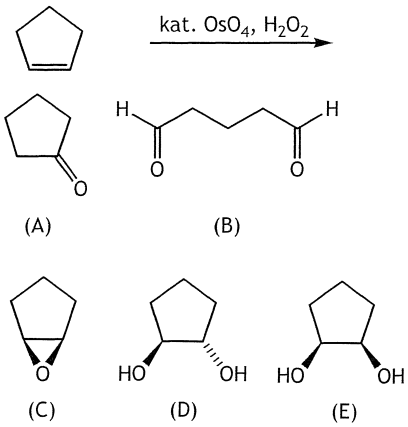
(2) 

(3) 

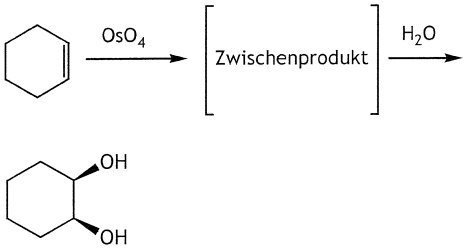
(4) 

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 4 sind richtig

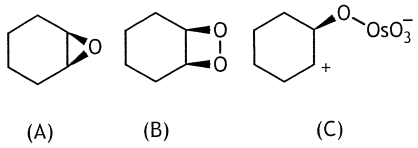
291 Welches Produkt bildet sich bei der Umsetzung von Cylopenten mit Wasserstoffperoxid in Gegenwart katalytischer Mengen Osmiumtetroxid (siehe Abbildung)?

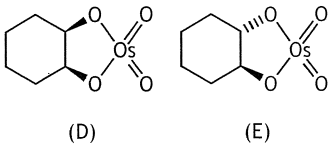


292 Die Umsetzung von Cyclohexen mit Osmiumtetroxid zu *cis*-Cyclohexan-1,2-diol läuft über ein Zwischenprodukt:

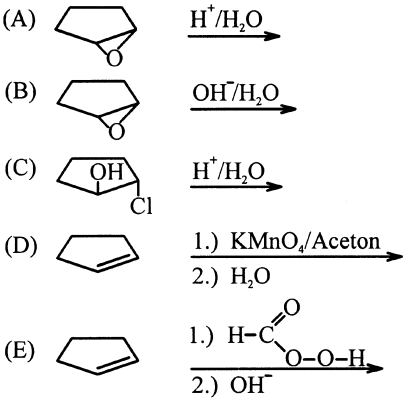


Welches Zwischenprodukt wird bei dieser Umsetzung durchlaufen?



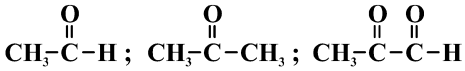


293* Welche der folgenden Reaktionen führt zu *cis*-Cyclopentan-1,2-diol?

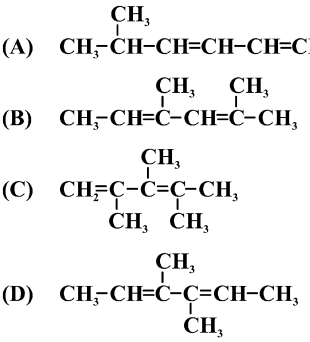


Ozonolyse von Alkenen

294* Bei der Ozonisierung und anschließenden reduzierenden Spaltung eines ungesättigten Kohlenwasserstoffs werden folgende Verbindungen im Verhältnis 1:1:1 Mol erhalten:



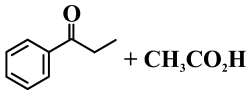
Aus welchem ungesättigten Kohlenwasserstoff kann das Spaltprodukt entstanden sein?

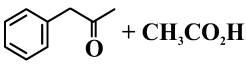


(E) aus keiner der angegebenen Verbindungen

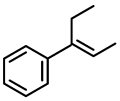
Ordnen Sie bitte den in Liste 1 durch Ozonspaltung erhaltenen Produkten das jeweils entsprechende Ausgangsalken aus Liste 2 zu!

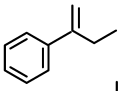
Liste 1

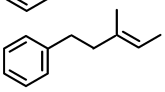
295 

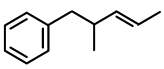
296 

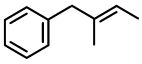
Liste 2

(A) 

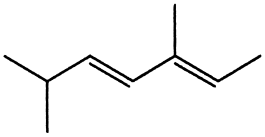
(B) 

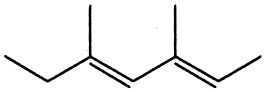
(C) 

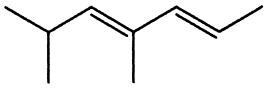
(D) 

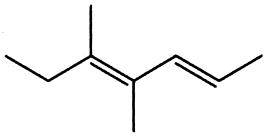
(E) 

297* Nach Ozonolyse eines Kohlenwasserstoffs und anschließender Reduktion resultiert ein Gemisch aus Ethanol, Propan-1,2-diol und Isobutanol.
Welche der folgenden Strukturen sind mit dieser Reaktion vereinbar?

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) nur 2 und 4 sind richtig

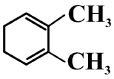
298* Ein ungesättigter Kohlenwasserstoff wird ozonisiert und das Ozonid anschließend reduzierend gespalten; Spaltstücke sind Acetaldehyd und *n*-Butyraldehyd.
Um welchen der folgenden ungesättigten Kohlenwasserstoffe handelt es sich?

(A) $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$

(B) $CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_3$

(C) $CH_2=C=CH-CH_2-CH_2-CH_3$

(D) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_3$

(E) 

299 Die Ozonolyse eines Alkens liefert Acetaldehyd und Aceton.
Welche Struktur besitzt das Edukt?

(A) $H_3C-CH_2-CH=CH-CH_3$

(B) $H_3C-CH=C(CH_3)_2$

(C) $H_3C-CH_2-CH_2-CH=CH_2$

(D) $H_2C=CH-CH(CH_3)_2$

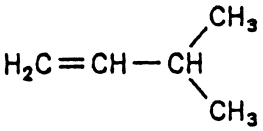
(E) $H_2C=C(CH_2-CH_3)(CH_3)$

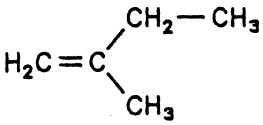
300 Die Ozonolyse eines Alkens liefert Formaldehyd und *iso*-Butanal.
Welche Struktur besitzt das Edukt?

(A) $H_3C-CH_2-CH=CH-CH_3$

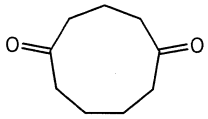
(B) $H_3C-CH=C(CH_3)_2$

(C) $H_3C-CH_2-CH_2-CH=CH_2$

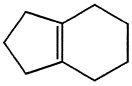
(D) 

(E) 

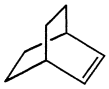
301 Die Ozonolyse eines Alkens liefert nach reduzierender Aufarbeitung Cyclononan-1,5-dion (siehe Abbildung).



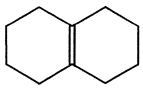
Welche Struktur besitzt das Edukt?



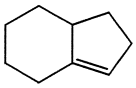
(A)



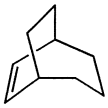
(B)



(C)

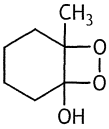


(D)

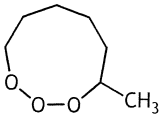


(E)

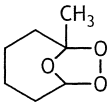
302 Welches Sekundärozonid ist nach dem Einleiten von Ozon in eine Lösung von 1-Methylcyclohexen zu erwarten?



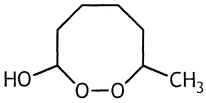
(A)



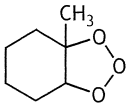
(B)



(C)

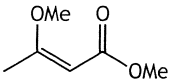


(D)



(E)

303 Welche Hauptprodukte entstehen bei der Umsetzung der folgenden Verbindung mit Ozon nach Aufarbeitung mit Triphenylphosphan als Reduktionsmittel?



(A) Methylacetat und 2-Oxoessigsäuremethylester
(B) Milchsäure und Acetaldehyddimethylacetal
(C) Oxalsäuredimethylester und Methylacetat
(D) 1-Methoxy-1-methyl-triphenylphosphoryliden und 2-Oxoessigsäuremethylester
(E) Methoxycarbonylmethylen-triphenylphosphorylid und Methanol

304* Welche Aussage über die Ozonolyse trifft **nicht** zu?

(A) Die Primärreaktion zwischen Alken und Ozon stellt eine 1,3-dipolare Cycloadditionsreaktion dar.
(B) Benzen ist gegenüber Ozon inert.
(C) Zwischenprodukt der Ozonidbildung ist ein Carbonyloxid.
(D) Bei der Hydrolyse des Ozonids entsteht neben den Carbonylverbindungen Wasserstoffperoxid.
(E) Die erhaltenen Carbonylverbindungen lassen Rückschlüsse auf die Lage der Doppelbindung im Alken zu.

Oxidation von Carbonylverbindungen

305 Welche der folgenden Verbindungen reduzieren Fehlingsche Lösung (Ph=Phenyl)?

(1) $H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2OH$

(2) $H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2OH$

(3) $Ph-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH$

(4) $Ph-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NHOH$

(5) $Ph-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH_2$

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 3 und 5 sind richtig
(E) nur 1, 2 und 4 sind richtig

Reduktion von Carbonylverbindungen

306 Durch welche der folgenden Methoden können Ketone zu Kohlenwasserstoffen reduziert werden?

(1) Umsetzung mit $LiAlH_4$
(2) Clemmensen-Reduktion
(3) Umsetzung mit $NaBH_4$
(4) Rosenmund-Reduktion
(5) Wolff-Kishner-Reduktion

(A) nur 2 und 5 sind richtig
(B) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 3 und 4 sind richtig
(D) nur 3, 4 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

307 Welche Aussagen treffen zu?
Aus Ketonen können sekundäre Alkohole als Hauptprodukt dargestellt werden durch:

(1) Reduktion mit Natriumborhydrid
(2) Reduktion mit Isopropanol/Aluminium-isopropylat
(3) Reduktion mit amalgamiertem Zink und Salzsäure

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 2 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

308* Welche Aussagen treffen zu?
Für die Meerwein-Ponndorf-Verley-Reduktion gilt:

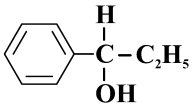
(1) Aluminiumisopropylat in Isopropanol (Isopropylalkohol) eignet sich als Redox-katalysator.
(2) Im Verlauf der Reaktion findet eine Hydrid-Übertragung statt.
(3) Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen werden im Allgemeinen **nicht** angegriffen.

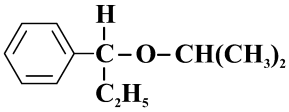
(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 2 sind richtig
(D) nur 1 und 3 sind richtig
(E) 1–3 = alle sind richtig

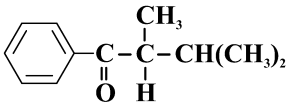
309 Welche Aussage trifft **nicht** zu?
Bei der Meerwein-Ponndorf-Verley-Reduktion

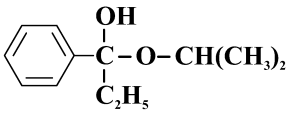
(A) wird ein Keton zu einem sekundären Alkohol reduziert
(B) wird ein Hydrid-Ion vom Aluminiumisopropylatrest auf das Keton übertragen
(C) entsteht aus der Isopropylatgruppe Aceton
(D) handelt es sich um eine irreversible Reaktion
(E) wird das gesuchte Reduktionsprodukt in einer Gleichgewichtsreaktion durch das in großem Überschuss vorhandene Isopropanol in Freiheit gesetzt

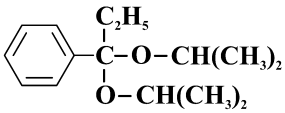
310* Welches der folgenden Produkte entsteht bei der Umsetzung von Propiophenon mit Aluminium-2-propanolat in Propan-2-ol und nachfolgender Hydrolyse?

(A)


(B)


(C)


(D)


(E)


Reduktion mit Metallhydriden

311* Welche der folgenden Verbindungen ist durch Umsetzung von Butyrolacton mit $LiAlH_4$ darstellbar?

(A) *n*-Butanol
(B) Butan-1,4-diol
(C) Furan
(D) 3-Hydroxybuttersäure
(E) Lithium-butyrat

312 Welche Aussage trifft zu?
Als inertes Lösungsmittel für Umsetzungen mit Lithiumaluminiumhydrid eignet sich:

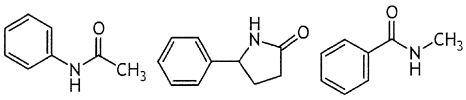
(A) Essigsäure
(B) Ethylacetat
(C) Formamid
(D) Diethylether
(E) Cyclohexanon

313 Welche Aussagen zur Reduktion von Carbonylverbindungen mit komplexen Metallhydriden treffen zu?

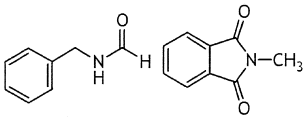
(1) Aldehyde werden zu primären Alkoholen umgesetzt.
(2) Prochirale Ketone können zu racemischen Alkoholen umgesetzt werden.
(3) Komplexe Hydride können grundsätzlich **nicht** in Wasser eingesetzt werden.
(4) Es handelt sich um eine elektrophile Addition an die Carbonylgruppe.
(5) Stark CH-acide Carbonylverbindungen können als Nebenreaktion Enolate bilden.

(A) nur 1 und 2 sind richtig
(B) nur 3 und 4 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(D) nur 1, 2 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

314 *N*-Methylbenzylamin soll durch Reduktion eines Säureamids mit Lithiumaluminiumhydrid hergestellt werden.
Welche der folgenden Edukte kommen dafür in Frage?



(1) (2) (3)



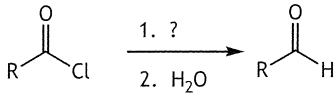
(4) (5)

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 3 ist richtig
(C) nur 1 und 4 sind richtig
(D) nur 2 und 5 sind richtig
(E) nur 3 und 4 sind richtig

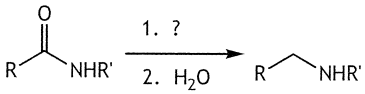
Ordnen Sie bitte den Synthesen der Liste 1 das jeweils am besten geeignete Reduktionsmittel aus Liste 2 zu

Liste 1

315



316



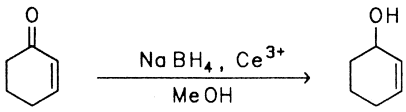
Liste 2

(A) $LiAlH_4$
(B) Hydrazin/NaOH
(C) Methylmagnesiumbromid
(D) $LiAlH[OC(CH_3)_3]_3$/–78 °C
(E) Zn/HCl

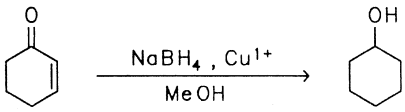
Ordnen Sie bitte den Reaktionen der Liste 1 die jeweils zutreffende Charakterisierung aus Liste 2 zu!

Liste 1

317



318



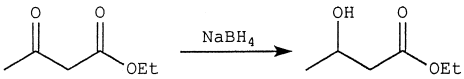
Liste 2

(A) Enantioselektive Reaktion
(B) Diastereoselektive Reaktion
(C) Chemoselektive Reaktion
(D) Stereospezifische Reaktion
(E) nichtselektive Reaktion

Ordnen Sie bitte den Reaktionen der Liste 1 die jeweils zutreffende Charakterisierung aus Liste 2 zu!

Liste 1

319



320

Liste 2

(A) Enantioselektive Reaktion
(B) Diasteroselektive Reaktion
(C) Chemoselektive Reaktion
(D) Stereospezifische Reaktion
(E) nichtselektive Reaktion

Katalytische Hydrierung

321* Welche Aussagen über die katalytische Hydrierung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen treffen zu?

(1) Die Addition von Wasserstoff an die C=C-Doppelbindung verläuft exotherm.
(2) Die isolierte olefinische Doppelbindung ist leichter hydrierbar als die aromatische (unter gleichen Bedingungen).
(3) Acetylene sind selektiv zu Olefinen hydrierbar.
(4) Die vollständige Hydrierung des Naphthalens liefert – je nach Reaktionsbedingungen – *cis*- oder *trans*-Decalin.
(5) Mehrkernige, kondensierte Aromaten wie Naphthalen oder Anthracen sind leichter hydrierbar als Benzen.

(A) nur 1 und 4 sind richtig
(B) nur 1, 2 und 3 sind richtig
(C) nur 1, 2 und 4 sind richtig
(D) nur 2, 3 und 5 sind richtig
(E) 1–5 = alle sind richtig

322 Welche Aussage zur katalytischen Hydrierung trifft **nicht** zu?

(A) Sie eignet sich zur Umsetzung von Alkenen in Alkane.
(B) Imine lassen sich zu Aminen umsetzen.
(C) Als Katalysator eignet sich Palladium auf Holzkohle.
(D) Sie eignet sich zur Abspaltung der Benzylgruppe aus Benzylethern.
(E) Die Umsetzung erfolgt als *trans*-Addition.

323 Welche der folgenden Aussagen über die katalytische Hydrierung von Alkenen treffen zu?

(1) Die Hydrierung von Alkenen zu Alkanen ist eine exotherme Reaktion.
(2) Der Katalysator erhöht die thermodynamische Stabilität des Reaktionsproduktes.
(3) Die Hydrierung ist bei hoher Temperatur (> 250 °C) reversibel.
(4) Die metallkatalysierte Hydrierung von Alkenen verläuft als *cis*-Addition.

(A) nur 1 ist richtig
(B) nur 2 ist richtig
(C) nur 1 und 3 sind richtig
(D) nur 2 und 4 sind richtig
(E) nur 1, 3 und 4 sind richtig

324 Welche der folgenden Aussagen über die katalytische Hydrierung von Alkenen trifft **nicht** zu?

(A) Die Hydrierung von Alkenen zu Alkanen ist eine endotherme Reaktion.
(B) Hydrierungen können beispielsweise durch Metalle (heterogene Katalyse) oder lösliche Metallkomplexe (homogene Katalyse) katalysiert werden.
(C) Die Hydrierwärme hängt von der Zahl der Alkylgruppen ab, die an die olefinischen C-Atome gebunden sind.
(D) Die Hydrierwärme ist für *cis*-But-2-en größer als für *trans*-But-2-en.
(E) Alkine werden leichter hydriert als Alkene.