



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος,
Πολυτεχνική Σχολή

Οργανική Χημεία

6^η Ενότητα (α)

Γαλάνη Απ. Αγγελική, Χημικός PhD
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, (Ε.ΔΙ.Π.)

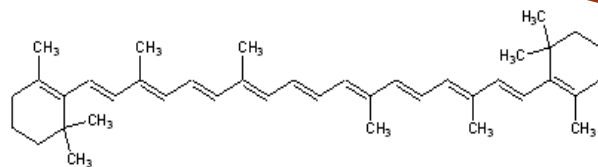


ΑΛΚΕΝΙΑ

- Βαθμός ακορεστότητας αλκενίων
- Ονοματολογία αλκενίων
- Cis-trans ισομερή, E-Z ισομερή
- Ηλεκτρονιόφιλη προσθήκη στα αλκένια κανόνας Markovnikov
- Καρβοκατιόντα δομή και σταθερότητα
- Αξίωμα Hammond
- Σύνθεση αλκενίων (Κανόνας του Saytzeff ή Zaitsev κατά τη σύνθεση αλκενίων μέσω αντιδράσεων απόσπασης)
- Αντιδράσεις αλκενίων



Αλκένια ή ολεφίνες: Υδρογονάνθρακες που στο μόριό τους υπάρχει διπλός δεσμός C=C, άρα ακόρεστες ενώσεις με Γ.Μ.Τ. C_nH_{2n} και $n \geq 2$.



<http://www.drugfuture.com/chemdata/beta-carotene.html>

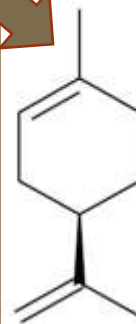
β –καροτένιο,
ανεκτίμητη
πηγή βιταμίνης
A

Αιθυλένιο $CH_2=CH_2$
φυτική ορμόνη που
προξενεί την
ωρίμανση των
φρούτων

Πολλές φερομόνες,
(ουσίες που
χρησιμοποιούν τα
έντομα για να
προσελκύσουν το άλλο
φύλλο

Αλκένια:
Άφθονα στη
φύση με
σημαντικό
βιολογικό
ρόλο

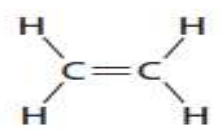
Λεμονένιο:
Βρίσκεται στα
αιθέρια έλαια
των
εσπεριδοειδών



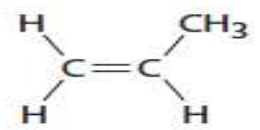
<https://greenflowerbotanicals.com/terpene-profile-limonene/>



Το αιθυλένιο, ή αιθένιο και το προπυλένιο, ή προπένιο, είναι τα απλούστερα αλκένια και ταυτόχρονα οι σημαντικότερες χημικές ουσίες που παράγονται βιομηχανικά και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πλήθους ενώσεων.



Αιθυλένιο
(αιθένιο)



Προπυλένιο
(προπένιο)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Αιθανόλη	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ Αιθυλενογλυκόλη	$\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ Αιθυλενο διχλωρίδιο
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{COH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$
Ακεταλδεϋδη	Οξικό οξύ	Αιθυλενοξειδίο
$\text{H}_2\text{C}=\text{CHOCCH}_3$	$\text{---CH}_2\text{CH}_2\text{---}_n$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$
Οξικός βινυλεστέρας	Πολυαιθυλένιο	Βινυλο χλωρίδιο
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CHCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2\text{CH---}_n \end{array}$
Ισοπροπυλική αλκοόλη	Προπυλενοξειδίο	Πολυπροπυλένιο
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \backslash & / \\ & \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{C}_6\text{H}_5 & & \text{CH}_3 \end{array}$		
Κουμένιο		

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.



Υπολογισμός βαθμού ακορεστότητας

Κάθε δ.δ., οδηγεί σε αφαίρεση δύο H από το Γ.Μ.Τ. C_vH_{2v+2}

1^ο

- Έστω άγνωστος υδρογονάνθρακας με $Mr = 82$ amu. Mr ίσο με 82, αντιστοιχεί σε υδρογονάνθρακα με Γ.Μ.Τ. C_6H_{10} . Το κορεσμένο αλκάνιο με 6 C έχει Γ.Μ.Τ. C_6H_{14} άρα ο βαθμός ακορεστότητας, (β.α.), του άγνωστου υδρογονάνθρακα = 2.

2^ο

- **Οργανοαλογονούχες ενώσεις:** Τα άτομα αλογόνων προστίθενται στα H στο Γ.Μ.Τ. Έτσι εάν έχουμε την ένωση $C_4H_6Br_2$, αυτή αντιστοιχεί στην C_4H_8 και άρα η ένωση $C_4H_6Br_2$, έχει β.α.=1

3^ο

- **Οργανοοξυγονούχες ενώσεις (C, H, O).** Το O είναι δισθενές άρα δεν επηρεάζει. Π.χ. C_5H_8O , ισοδύναμο με C_5H_8 άρα η ένωση C_5H_8O έχει β.α. = 2

4^ο

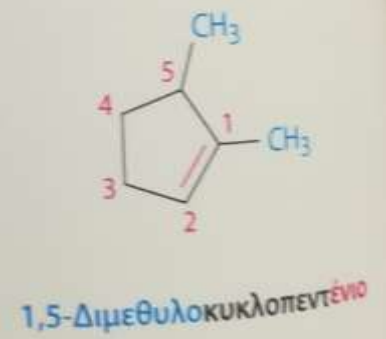
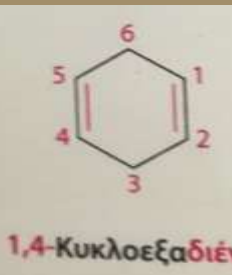
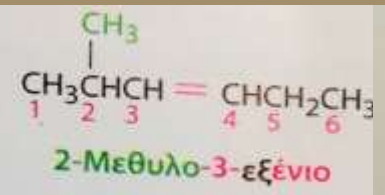
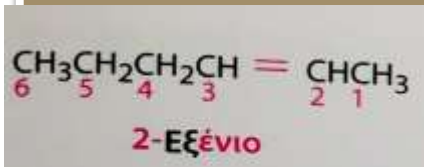
- **Οργανοαζωτούχες ενώσεις (C, H, N).** Το τρισθενές N σχηματίζει 3 δεσμούς, άρα αφαιρούμε 1 από τα H. Π.χ. C_5H_9N , ισοδύναμο με C_5H_8 . Άρα η ένωση C_5H_9N έχει β.α. = 2

5

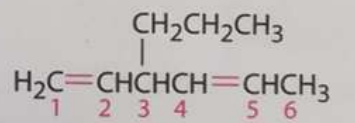
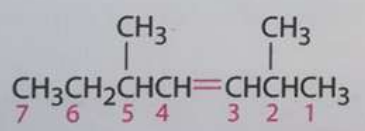
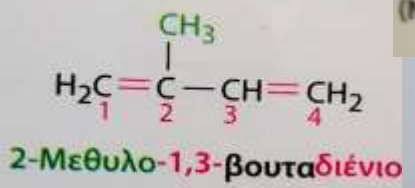
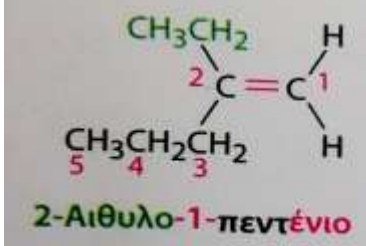


Ονοματολογία αλκενίων

Σύμφωνα με τις νεώτερες συστάσεις της κατά IUPAC ονοματολογίας, θα πρέπει η θέση του διπλού δεσμού να δηλώνεται πριν την κατάληξη -ένιο. Ωστόσο η αλλαγή αυτή στους κανόνες ονοματολογίας δεν είναι ευρέως αποδεκτή.

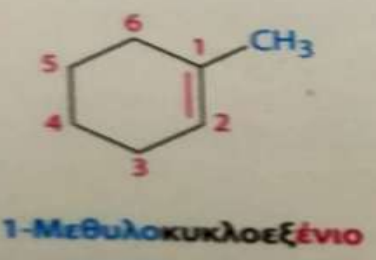


(Νέα ονομασία: Κυκλοεξα-1,4-διένιο)

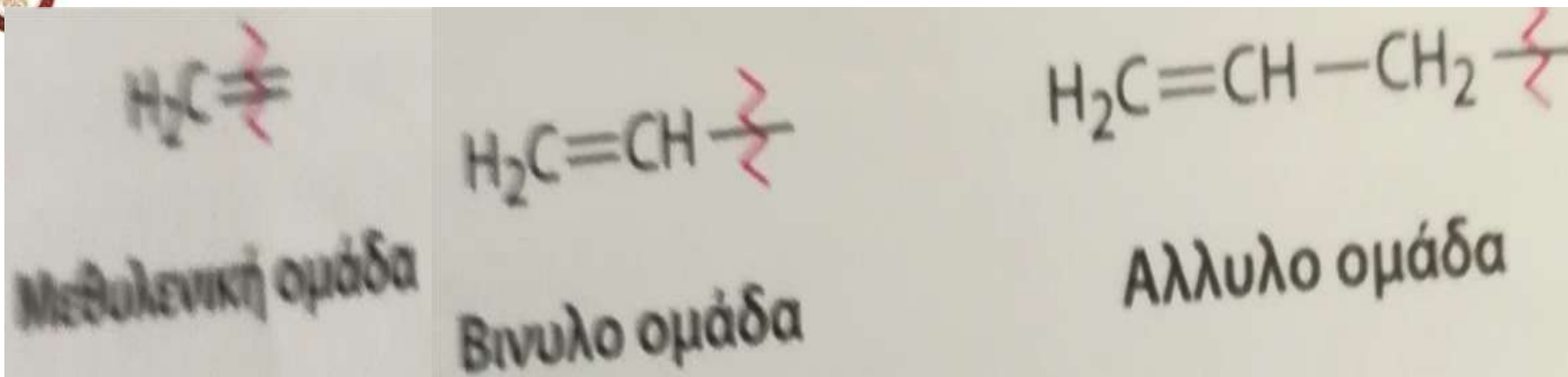


Νεότερο σύστημα ονοματολογίας: **2,5-Διμεθυλοεπτ-3-ένιο**
 (Παλαιότερο σύστημα ονοματολογίας: **2,5-Διμεθυλο-3-επτένιο**)

3-Προπυλοεξα-1,4-διένιο
3-Προπυλο-1,4-εξαδιένιο)



John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.



John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.

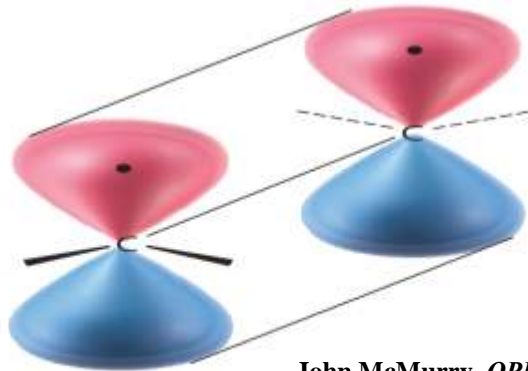
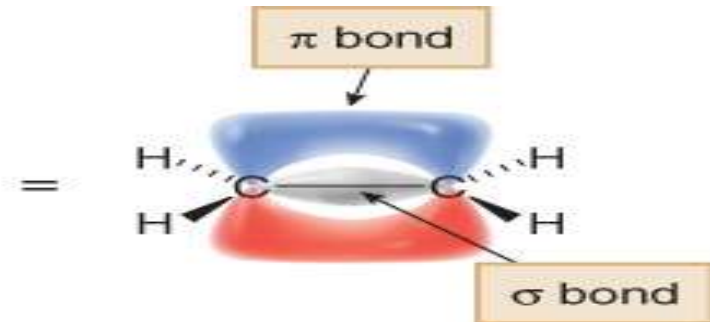
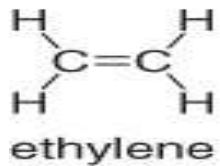
Ένωση	Συστηματική ονομασία	Εμπειρική ονομασία
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	Αιθένιο	Αιθυλένιο
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	Προπένιο	Προπυλένιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$	2-Μεθυλοπροπένιο	Ισοβουτυλένιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	2-Μεθυλο-1,3-βουταδιένιο	Ισοπρένιο



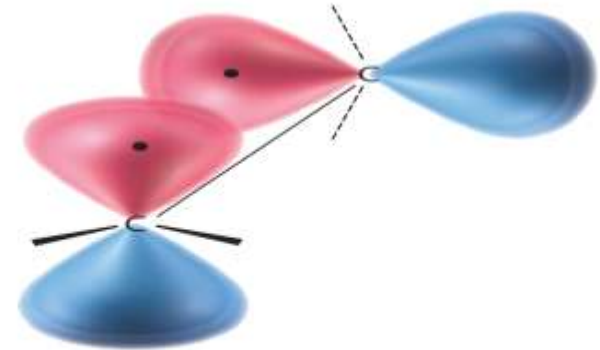
Cis - trans ισομέρεια

Ο διπλός δεσμός, αποτελείται από ένα σ και ένα π δεσμό. Ο τελευταίος, εμποδίζει την ελεύθερη περιστροφή γύρω από το διπλό δεσμό άνθρακα-άνθρακα γιατί τα p τροχιακά των ατόμων C του διπλού δεσμού, θα πρέπει συνεχώς να είναι παράλληλα για να σχηματιστεί ο π δεσμός.

<http://www.chem.uky.edu/courses/che230/JH/Chapter%20O%2010.ppt>



περιστροφή
κατά 90°

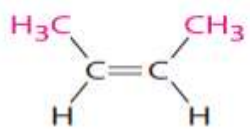


John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.

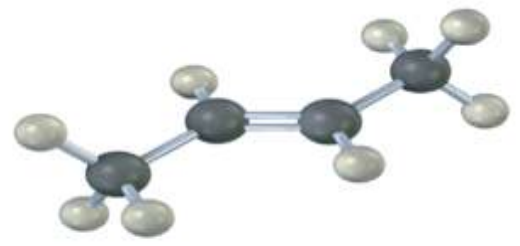
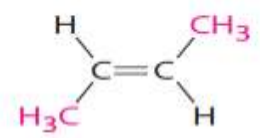
Περιστροφή
γύρω από
διπλό δεσμό
= διάσπαση
 π δεσμού



Αποτέλεσμα της αδυναμίας περιστροφής γύρω από το δ.δ. άνθρακα – άνθρακα είναι η cis-trans ισομέρεια στα διυποκατεστημένα αλκένια και σε κάθε περίπτωση όπου και οι δύο C του διπλού δεσμού είναι συνδεδεμένοι με διαφορετικές ομάδες.



cis-2-Βουτένιο



trans-2-Βουτένιο

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.



Αυτές οι δύο ενώσεις είναι ταυτόσημες. Δεν αποτελούν cis-trans ισομερή.



Αυτές οι δύο ενώσεις δεν είναι ταυτόσημες. Πρόκειται για cis-trans ισομερή.



- **Cis-trans** ισομέρεια ή αλλιώς γεωμετρική ισομέρεια, ονομάζεται εκείνη η ισομέρεια, η οποία προκύπτει από τη διαφορετική τοποθέτηση των υποκαταστατών, εκατέρωθεν του διπλού δεσμού.
- Η **cis-trans** ισομέρεια, εμφανίζεται σε αλκένια που έχουν τη δομή **ABC=CAB** ή **ABC=CAΓ**
- **Cis – trans** ισομέρεια δεν εμφανίζουν οι ενώσεις οι οποίες έχουν στο ίδιο C δύο όμοιους υποκαταστάτες, δηλαδή οι ενώσεις οι οποίες έχουν τη μορφή **AAC=CBΓ**.



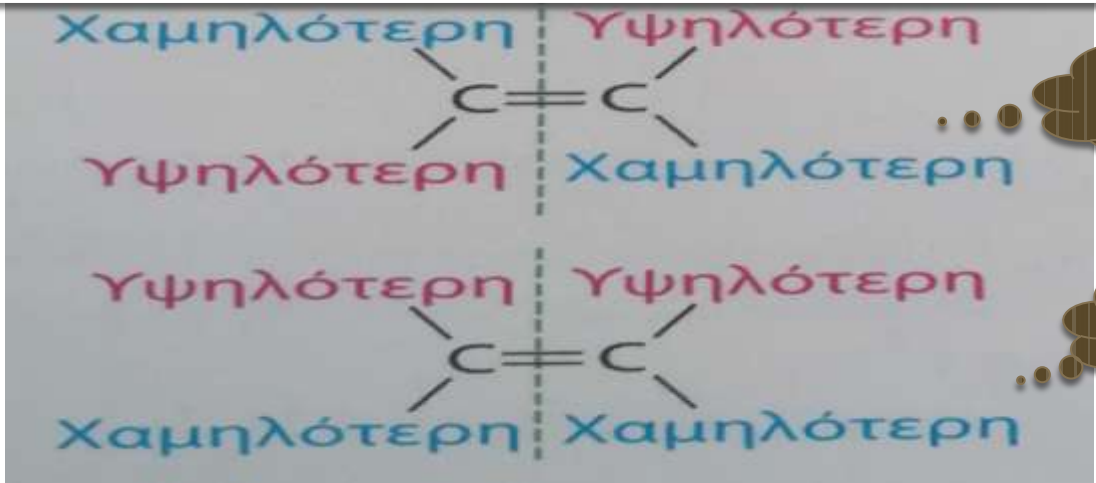
Ε, Ζ ισομερή

- Σε ενώσεις του τύπου $ABC=CD$, δηλαδή σε ενώσεις με τέσσερις διαφορετικούς υποκαταστάτες, δεν μπορεί να εφαρμοστεί η ονομασία cis-trans παρόλο που και αυτά εμφανίζουν γεωμετρική ισομέρεια.
- Τα ισομερή αυτά, ονομάζονται μόνο Ζ ή Ε.
- Ο χαρακτηρισμός Ε ή Ζ μπορεί να δοθεί και αντί του cis trans.

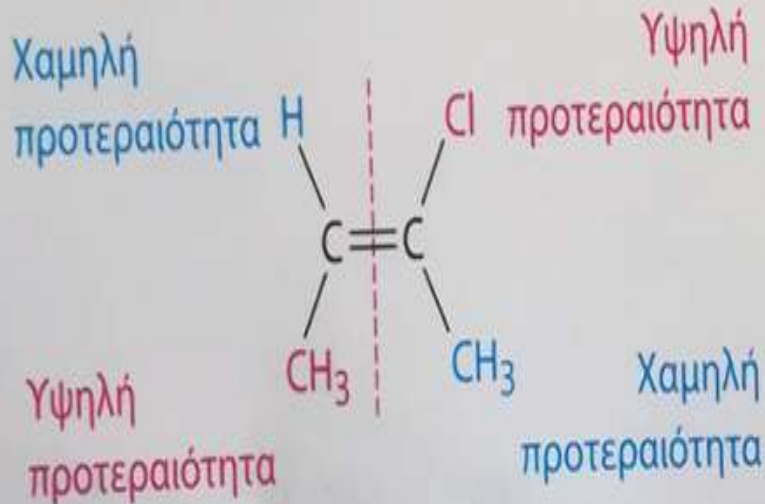


Εφαρμόζοντας τους κανόνες κατάταξης με σειρά προτεραιότητας (Cahn-Ingold-Prelog), των υποκαταστατών που συνδέονται με τον κάθε άνθρακα του διπλού δεσμού, βρίσκουμε τη γεωμετρία του διπλού δεσμού.

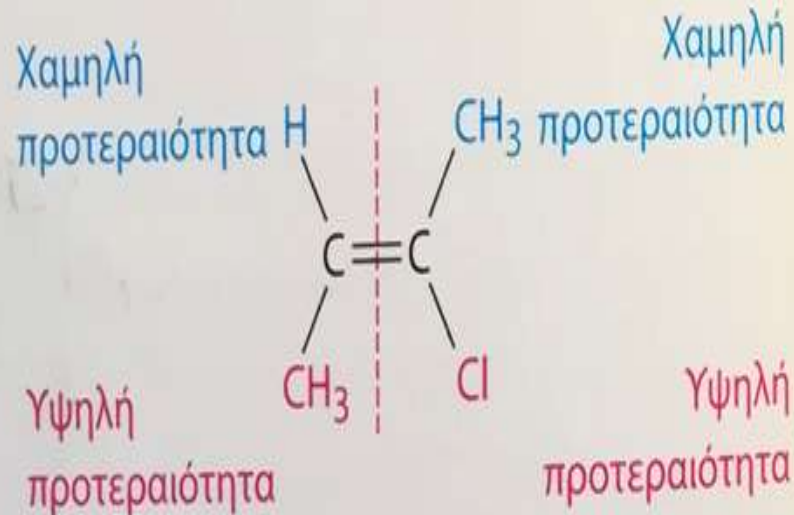
- **Z γεωμετρία:** Οι ομάδες υψηλής προτεραιότητας σε κάθε C, βρίσκονται στην ίδια πλευρά του διπλού δεσμού.
- **E γεωμετρία:** Οι ομάδες υψηλής προτεραιότητας σε κάθε C, βρίσκονται σε αντίθετες πλευρές του διπλού δεσμού.



John McMurry,
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ,
ΠΕΚ 2016.

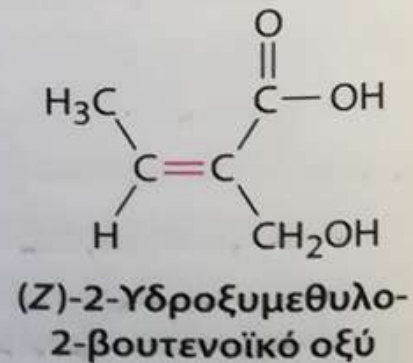
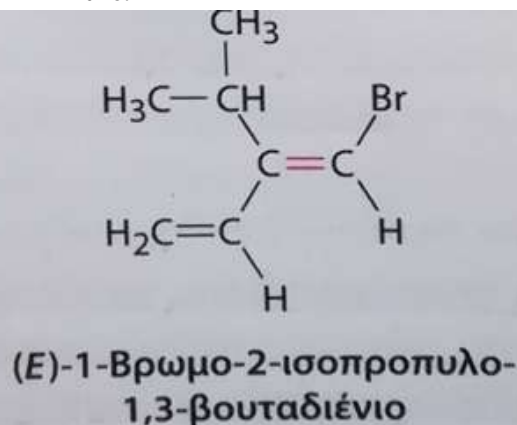
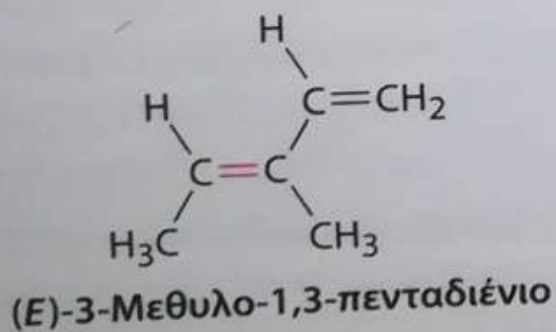


(α) (E)-2-Χλωρο-2-βουτένιο



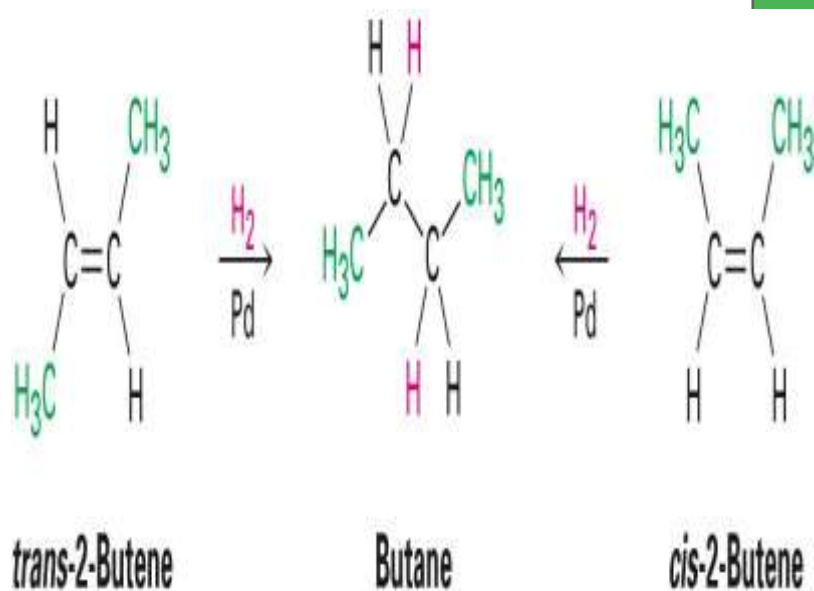
(β) (Z)-2-Χλωρο-2-βουτένιο

John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*, ΠΕΚ 2016.



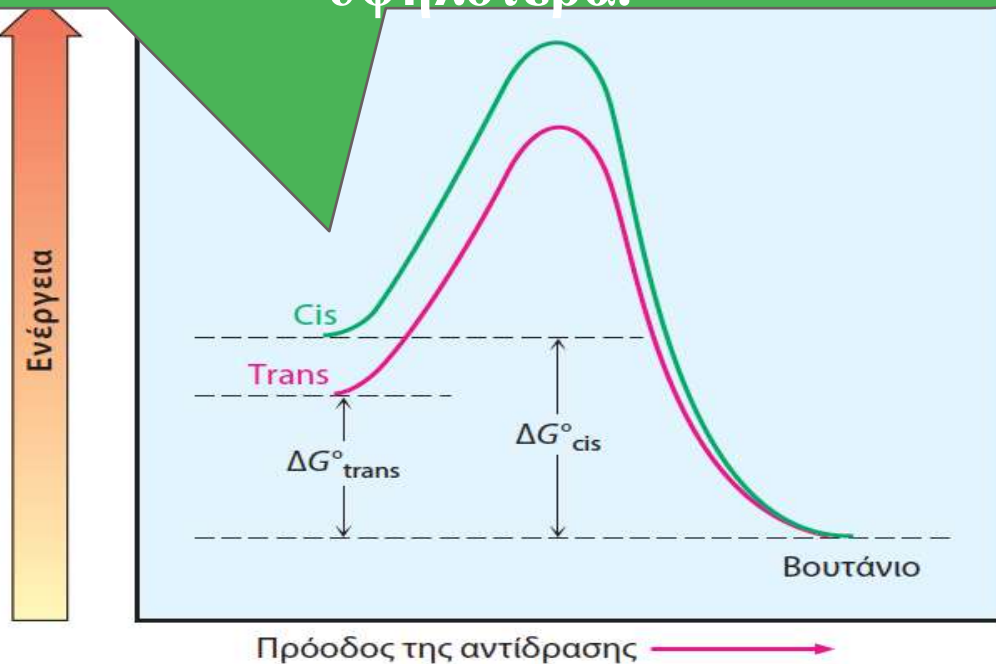


Τα cis αλκένια είναι ασταθέστερα από τα trans, λόγω της στερεοχημικής τάσης η οποία αναπτύσσεται ανάμεσα στους υποκαταστάτες που βρίσκονται στην ίδια πλευρά του διπλού δεσμού.



© 2007 Thomson Higher Education

Ενεργειακά διαγράμματα αντιδράσεων υδρογόνωσης cis και trans βουτενίων. Το cis ασταθέστερο και ενεργειακά υψηλότερα.



John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*, ΠΕΚ 2016.

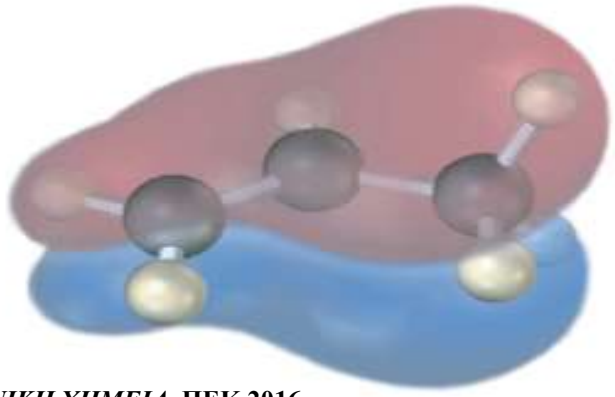
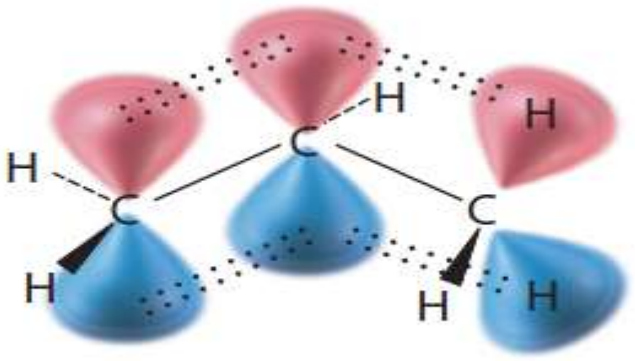


Τα αλκένια σταθεροποιούνται με την αύξηση της υποκατάστασής τους:



Αυτό οφείλεται στο συνδυασμό δύο παραγόντων:

1. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στον π δεσμό των ατόμων άνθρακα που συμμετέχουν στο διπλό δεσμό και στους γειτονικούς σ δεσμούς C-H των υποκαταστατών, είναι σταθεροποιητική και **ονομάζεται υπερσυζυγιακό φαινόμενο**. Όσο πιο αλκυλο-υποκατεστημένο το αλκένιο τόσο περισσότερες οι πιθανότητες εκδήλωσης υπερσυζυγιακού φαινομένου.

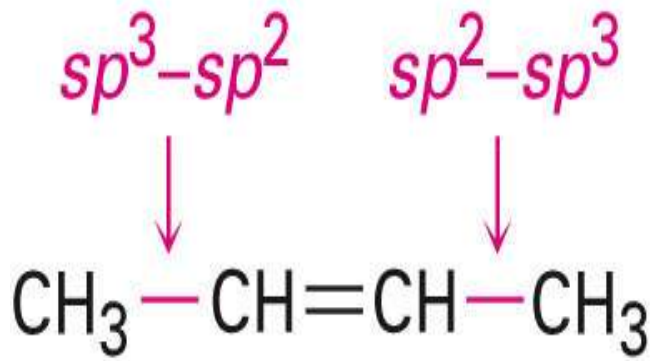


John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.

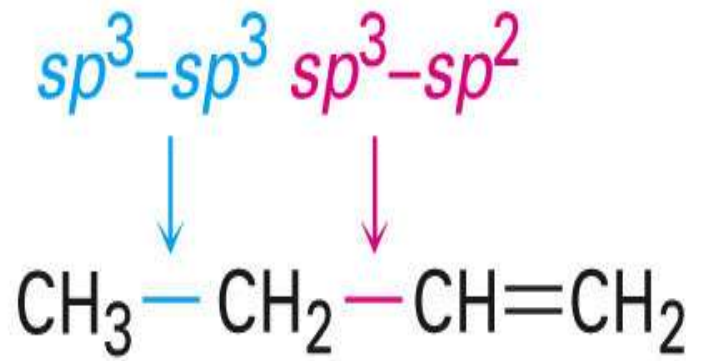


2. Ο δεσμός μεταξύ sp^2 και sp^3 - υβριδισμένων ανθράκων είναι κατά τι ισχυρότερος από ένα δεσμό sp^3-sp^3 υβριδισμένων ατόμων άνθρακα. Τα πιο υποκατεστημένα αλκένια έχουν υψηλότερη αναλογία sp^3-sp^2 δεσμών από ότι sp^3-sp^3 δεσμούς σε σχέση με τα λιγότερο υποκατεστημένα.

John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



2-Βουτένιο
πιο σταθερό



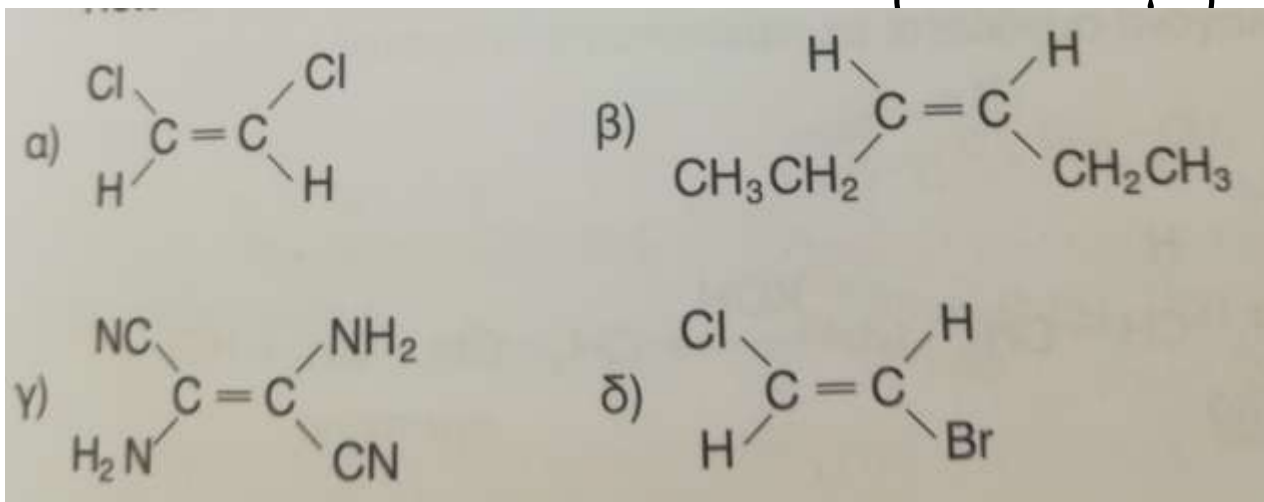
1-Βουτένιο
λιγότερο
σταθερό



Ασκήσεις

Πηγή: 1) Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις , Αθ. Σταμούλης, 2008

1. Ποιο από τα αλκένια είναι το cis ή trans ισομερές;



2. Ποια από τις ενώσεις εμφανίζει cis trans ισομέρεια;

α) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_3$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$ c) $\text{BrCH}=\text{CBrCH}_3$

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

1. α) cis β) cis γ) trans δ) trans

2. a) δεν εμφανίζει b) εμφανίζει c) εμφανίζει



Ηλεκτρονιόφιλη προσθήκη στα αλκένια

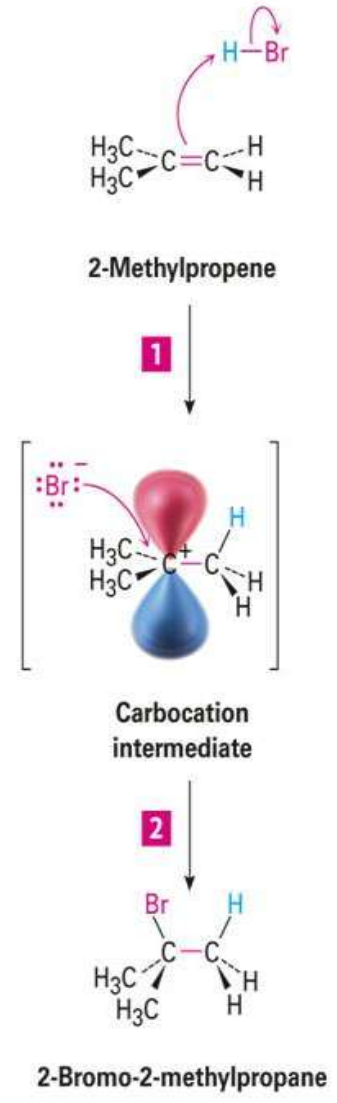
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

Γενικός μηχανισμός αντίδρασης της ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης:

- Ο π δεσμός του αλκενίου, (πυρηνόφιλο), προσβάλλει το ηλεκτρονιόφιλο H-Br.
- Παράγεται καρβοκατιόν και ιόν βρωμίου.
- Το πυρηνόφιλο ανιόν βρωμίου, προσβάλλει τον ηλεκτρονιόφιλο θετικά φορτισμένο άνθρακα.

1 Τα ηλεκτρόνια του πυρηνόφιλου διπλού δεσμού, προσβάλλουν το πρωτόνιο του ηλεκτρονιόφιλου HBr και έτσι σχηματίζεται νέος δεσμός C-H. Στο άλλο άτομο άνθρακα του διπλού δεσμού, δημιουργείται θετικό φορτίο λόγω κενού p τροχιακού. Επίσης σχηματίζεται ανιόν βρωμίου, διότι τα δυο ηλεκτρόνια του δεσμού H-Br, μετακινούνται προς το άτομο του βρωμίου.

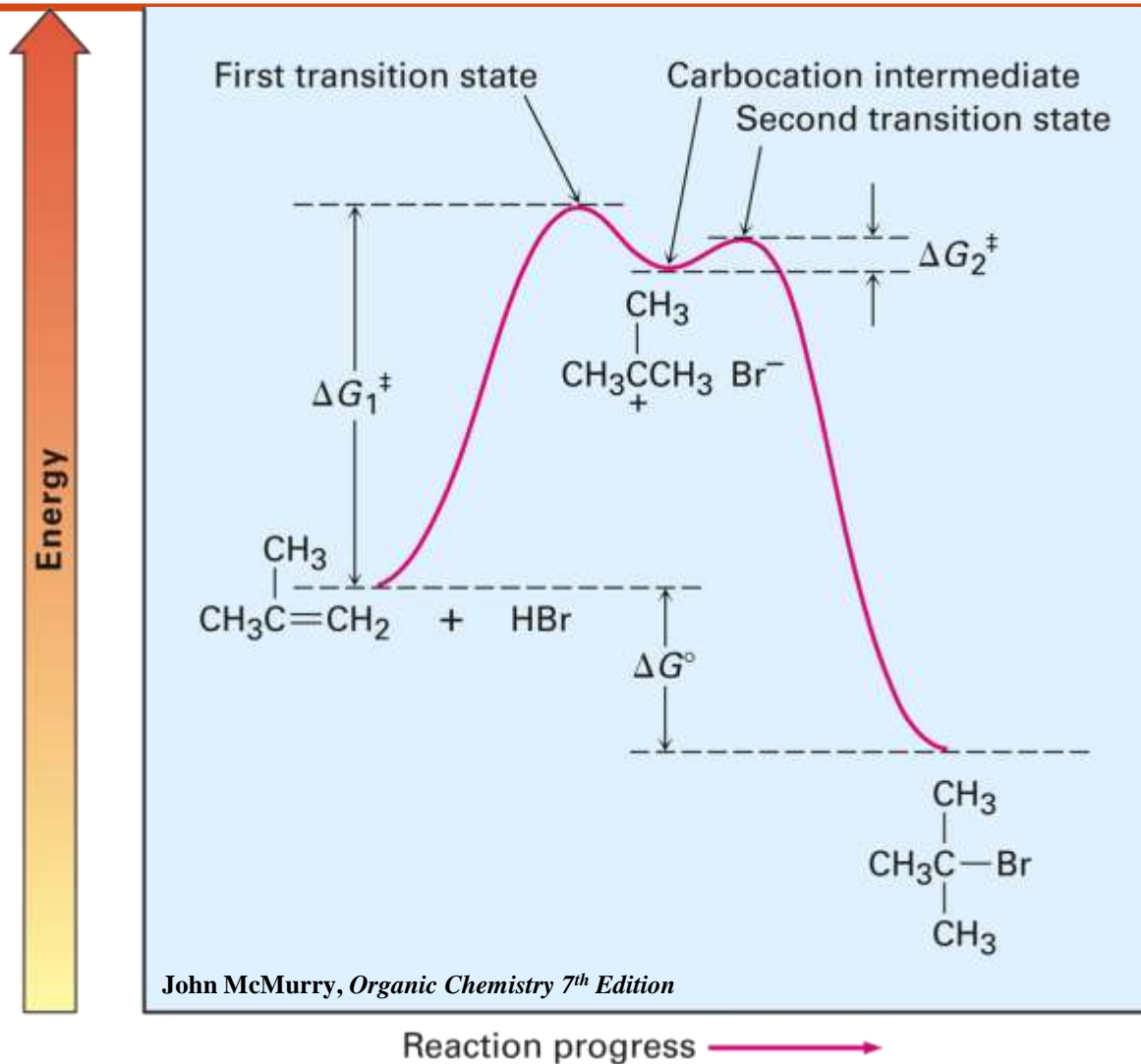
2 Το ανιόν του βρωμίου, προσφέρει ζεύγος ηλεκτρονίων στο θετικά φορτισμένο άτομο άνθρακα κι έτσι σχηματίζεται το προϊόν της προσθήκης.





Ενεργειακό διάγραμμα αντίδρασης ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης HBr, στο 2-μεθυλοπροπένιο

- Διαδικασία δύο σταδίων.
- Η πρώτη μεταβατική κατάσταση, αντιστοιχεί σε υψηλότερη στάθμη ενέργειας σε σχέση με τη δεύτερη.
- Το πρώτο στάδιο, είναι πιο αργό από το δεύτερο.





Η αντίδραση ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης στα αλκένια, μπορεί να πραγματοποιηθεί και με HCl και με HI και με H₂O. Το HI σχηματίζεται από KI και φωσφορικό οξύ, ενώ για την προσθήκη H₂O, απαιτείται η παρουσία ισχυρά όξινου καταλύτη.



2-Methylpropene

2-Chloro-2-methylpropane
(94%)

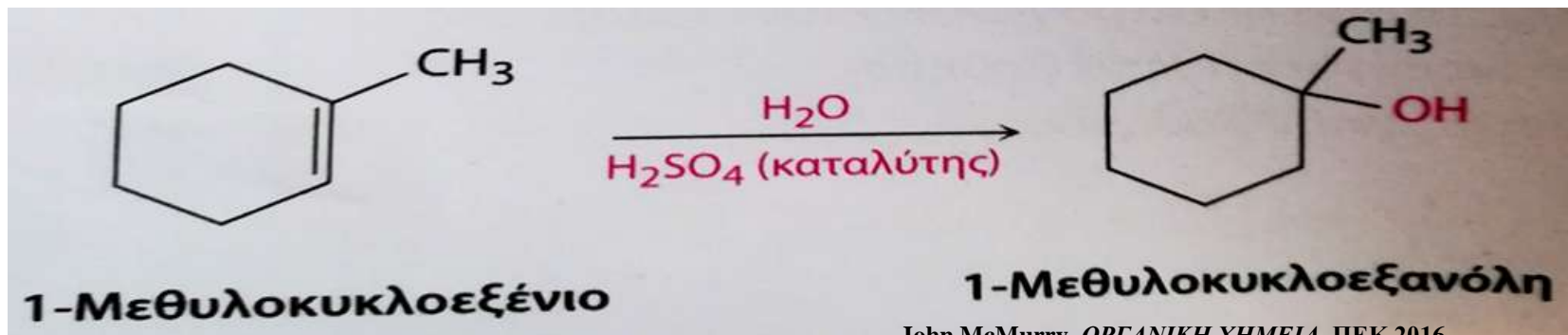
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



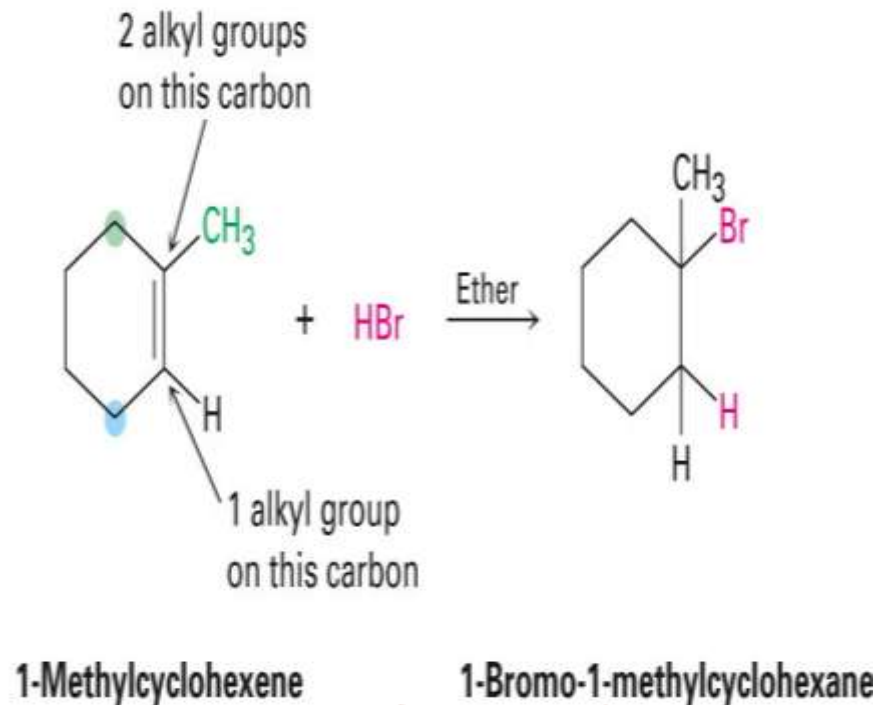
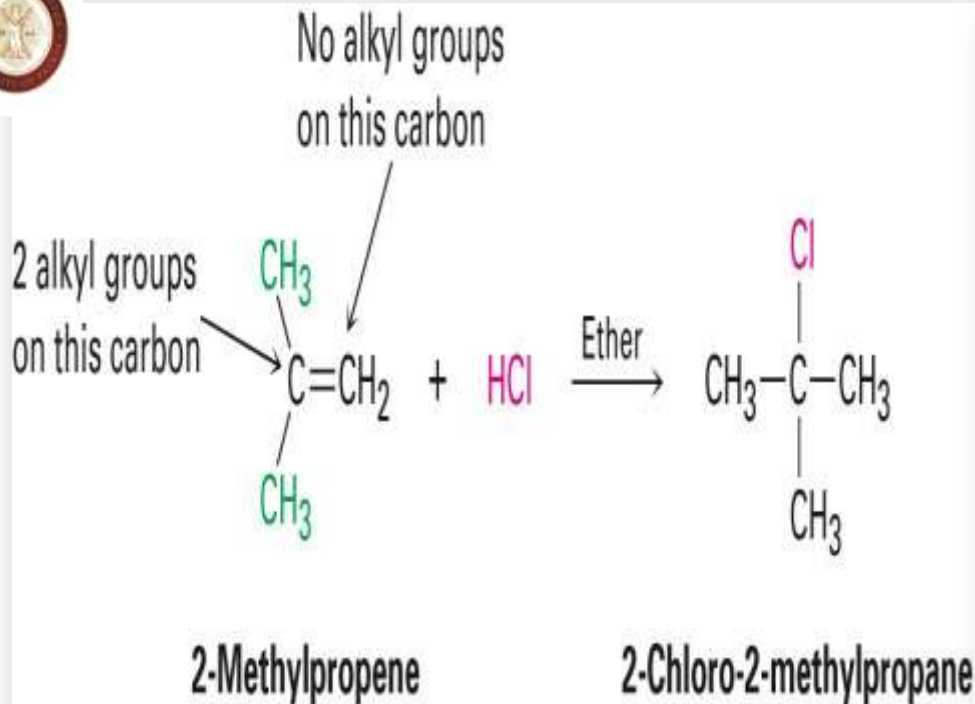
1-Pentene

(HI)

2-Iodopentane

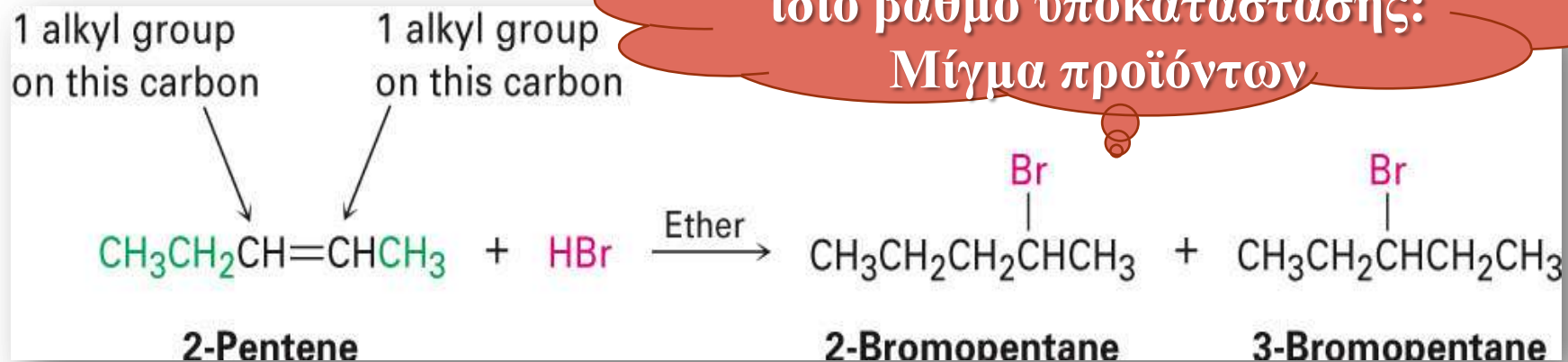


John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*, ΠΕΚ 2016.



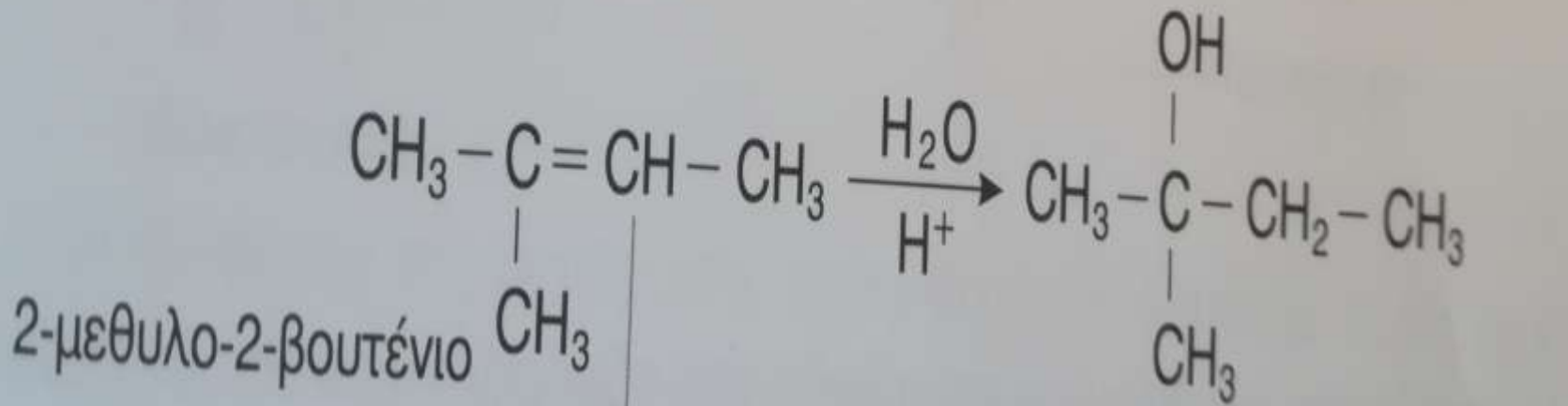
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

Όταν τα 2 άτομα C έχουν
ίδιο βαθμό υποκατάστασης:
Μίγμα προϊόντων





Η προσθήκη H₂O, στα αλκένια, ακολουθεί και αυτή τον κανόνα Markovnikov.



C του διπλού δεσμού με τα περισσότερα H σε αυτόν θα προστεθεί το H του H₂O

Εικόνα προερχόμενη από: Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις, Αθ. Σταμούλης, 2008

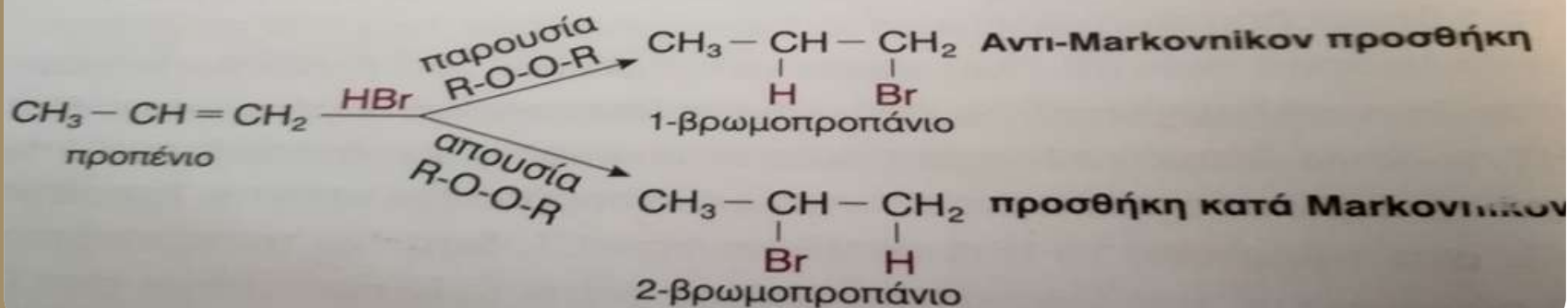


Κατά την απόσπαση HX από αλκυλαλογονίδιο ή H₂O από αλκοόλη ακολουθείται ο κανόνας, του Saytzeff και το H αποσπάται από τον C που έχει τα λιγότερα H.

Κατά την προσθήκη HX σε αλκένιο ή H₂O σε αλκένιο ακολουθείται ο κανόνας του Markovnikov και το H προστίθεται στον C με τα περισσότερα H.

Εξαίρεση στον κανόνα Markovnikov: Η προσθήκη HBr παρουσία υπεροξειδίων.

- Η προσθήκη HBr, αλλά ΟΧΙ HCl και HI, παρουσία υπεροξειδίων, γίνεται αντίθετα με τον κανόνα του Markovnikov και ονομάζεται αντι-Markovnikov προσθήκη. Αυτό συμβαίνει, γιατί παρουσία υπεροξειδίων, η προσθήκη γίνεται με μηχανισμό ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες προκύπτουν από τη διάσπαση των υπεροξειδίων: $R-O-O-R \rightarrow 2R-O\cdot$

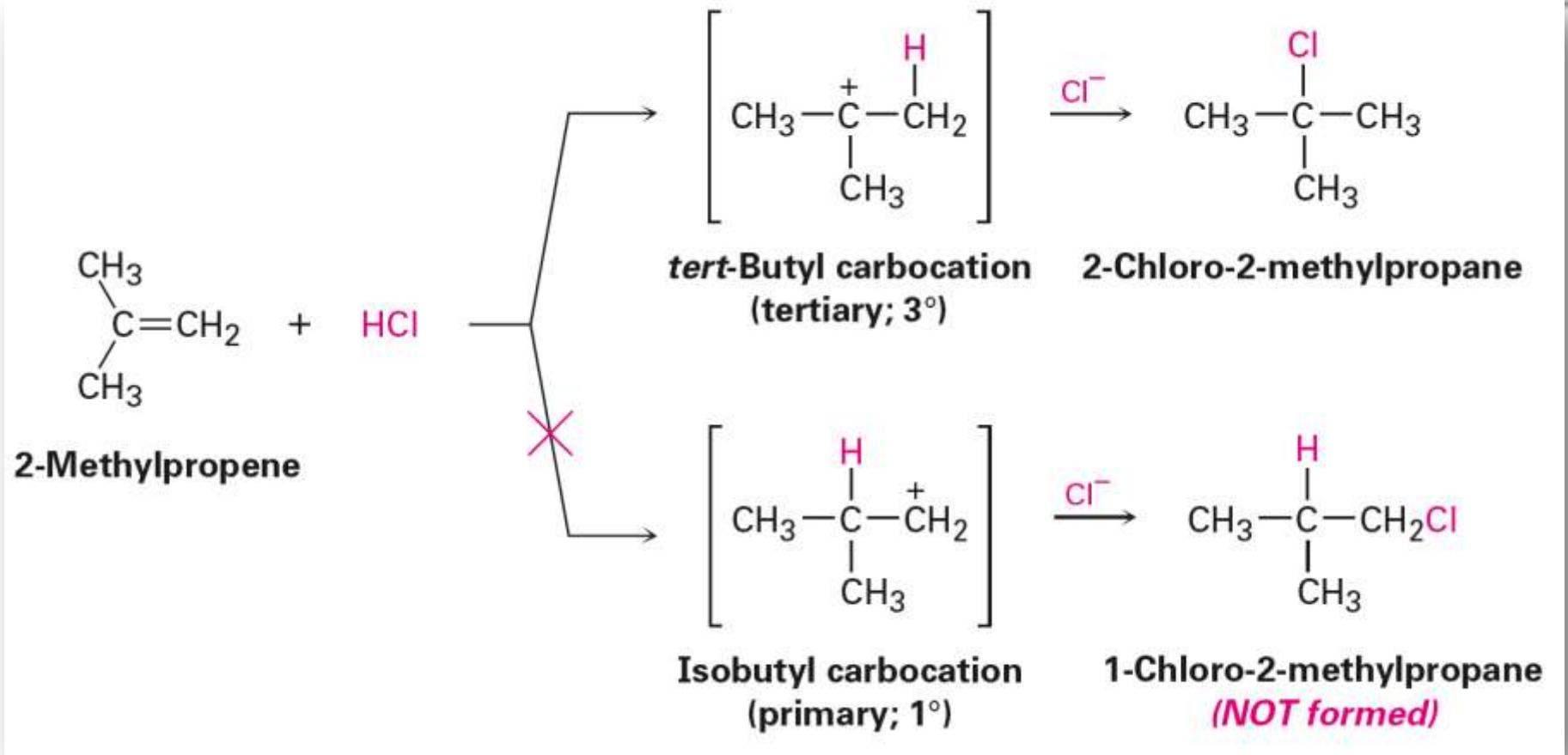


Εικόνα προερχόμενη από: Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις, Αθ. Σταμούλης, 2008

Αγγελική Απ. Γαλάνη



Κανόνας Markovnikov εναλλακτική διατύπωση: Όταν προστίθεται HX σε αλκένιο, σχηματίζεται ως ενδιάμεσο το πιο υποκατεστημένο καρβοκατιόν.



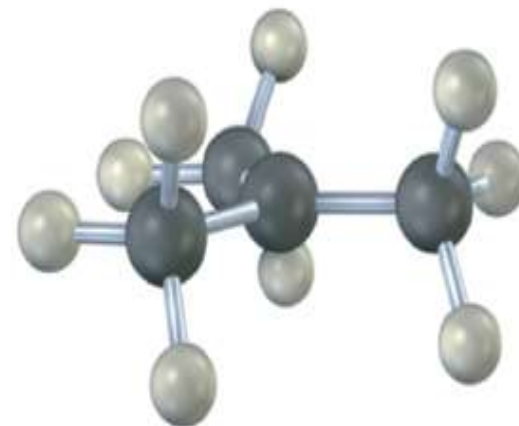
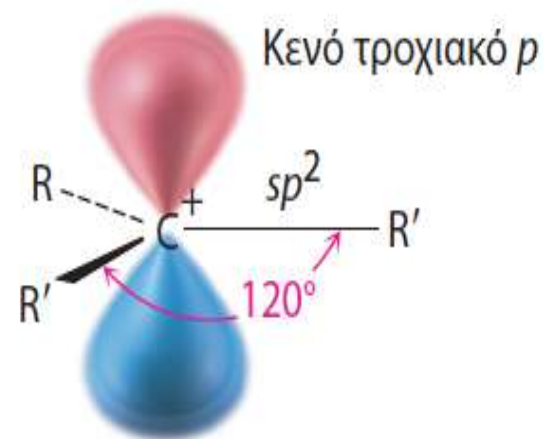
John McMurry, Organic Chemistry 7th Edition

Αγγελική Απ. Γαλάνη



Καρβοκατιόντα: Δομή και σταθερότητα

- Τα καρβοκατιόντα είναι επίπεδα και ο τρισθενής C είναι sp^2 υβριδισμένος με 3 υποκαταστάτες να κατευθύνονται προς τις γωνίες ισόπλευρου τριγώνου και 6 ηλεκτρόνια σθένους να συμμετέχουν σε 3 σ δεσμούς.
- Το 4^ο τροχιακό του C είναι ένα κενό p-τροχιακό και κατευθύνεται πάνω και κάτω από το επίπεδο.
- Η σταθερότητα του καρβοκατιόντος (που μετράται με την ενέργεια που απαιτείται για να σχηματιστεί από το R-X) αυξάνεται παρουσία αλκυλο-υποκαταστατών. (Το υπερσυζυγιακό φαινόμενο, σταθεροποιεί τον C^+).



John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*, ΠΕΚ 2016.

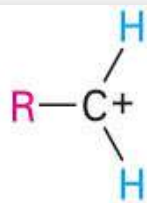
Σταθερότερα τα πιο αλκυλο-υποκατεστημένα, λόγω:

1^{ον} Επαγωγικού φαινομένου

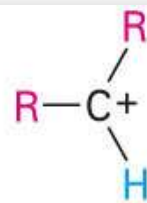
2^{ον} Υπερσυζυγιακού φαινομένου



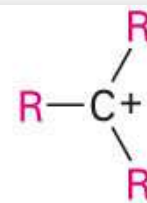
Methyl



Primary (1^ο)



Secondary (2^ο)



Tertiary (3^ο)

John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

Less stable

Stability

More stable

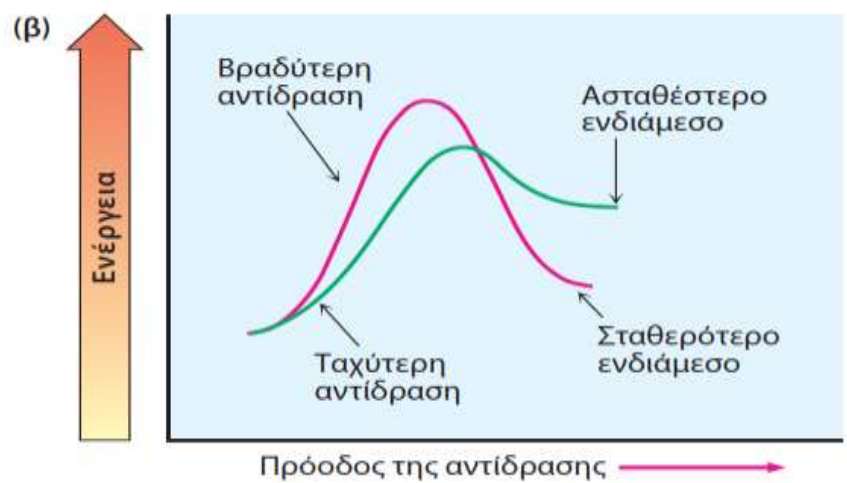
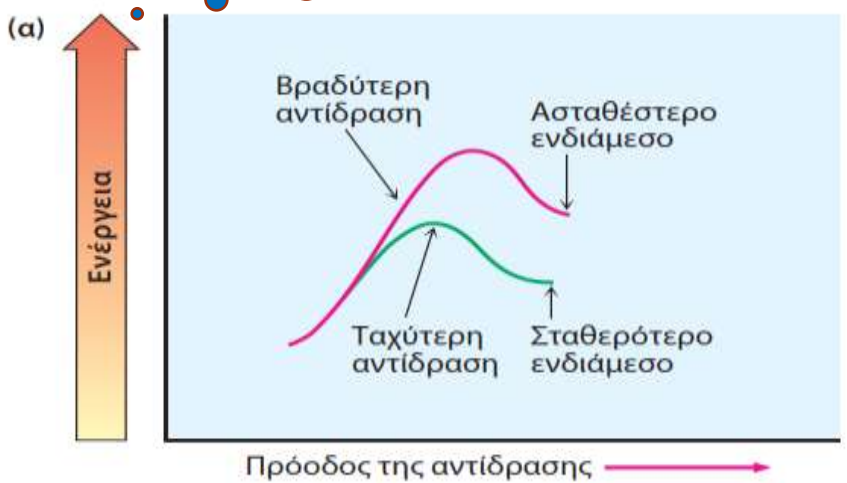
Το επαγωγικό φαινόμενο οφείλεται στη μετακίνηση ηλεκτρονίων κατά μήκος σ δεσμού, ως αποτέλεσμα της διαφοράς ηλεκτραρνητικότητας των ατόμων.

Τα ηλεκτρόνια από μεγάλη και πλώσιμη αλκυλομάδα, μπορούν να μετατοπιστούν προς το θετικό φορτίο του καρβοκατιόντος ευκολότερα από τα ηλεκτρόνια δεσμού C-H, προσδίδοντάς του επαγωγική σταθεροποίηση.



Αξίωμα Hammond: Εξηγεί την εναλλακτική διατύπωση του κανόνα του Markovnikov

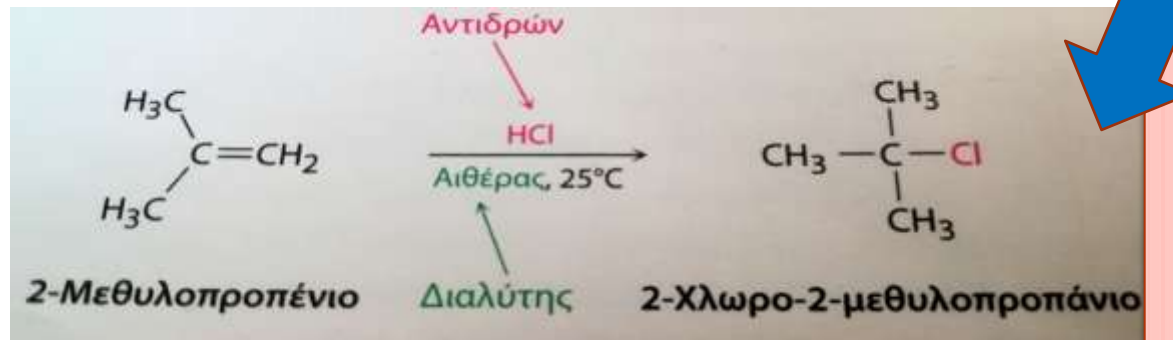
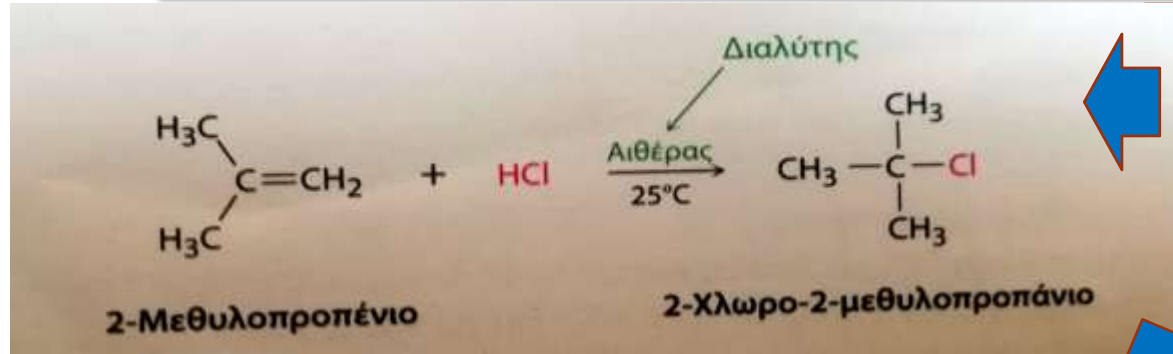
Οι καμπύλες της περίπτωσης α), αντιπροσωπεύουν περιπτώσεις τυπικής οργανικής αντίδρασης. Καμπύλες παρόμοιων αντιδράσεων δεν τέμνονται.



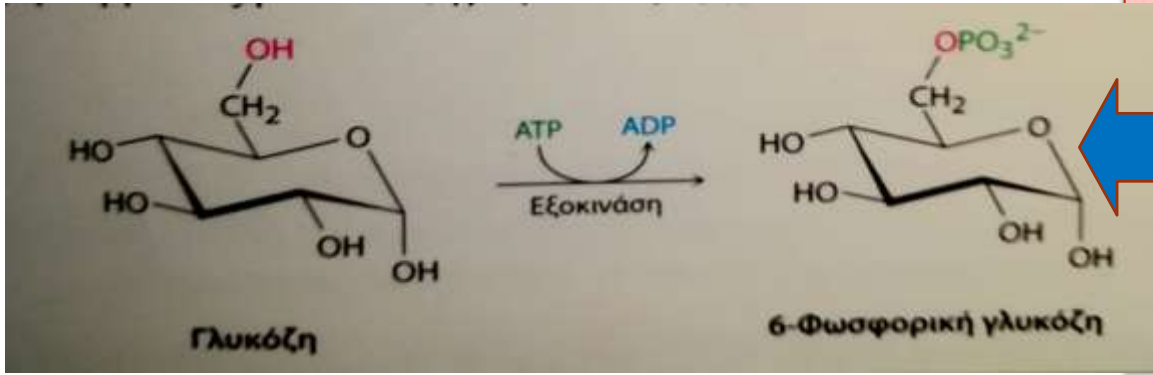
- Σύμφωνα με το αξίωμα Hammond οι μεταβατικές καταστάσεις αντιπροσωπεύουν ενεργειακά μέγιστα που δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε εύκολα λόγω ελάχιστου χρόνου ζωής ($\approx 10^{-14}$ sec).
- Η σταθερότητα του καρβοκατιόντος, καθορίζεται από τη μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας ΔG° , ενώ η ταχύτητα από την ενέργεια ενεργοποίησης ΔG^\ddagger .



Γραφή των οργανικών αντιδράσεων



John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.

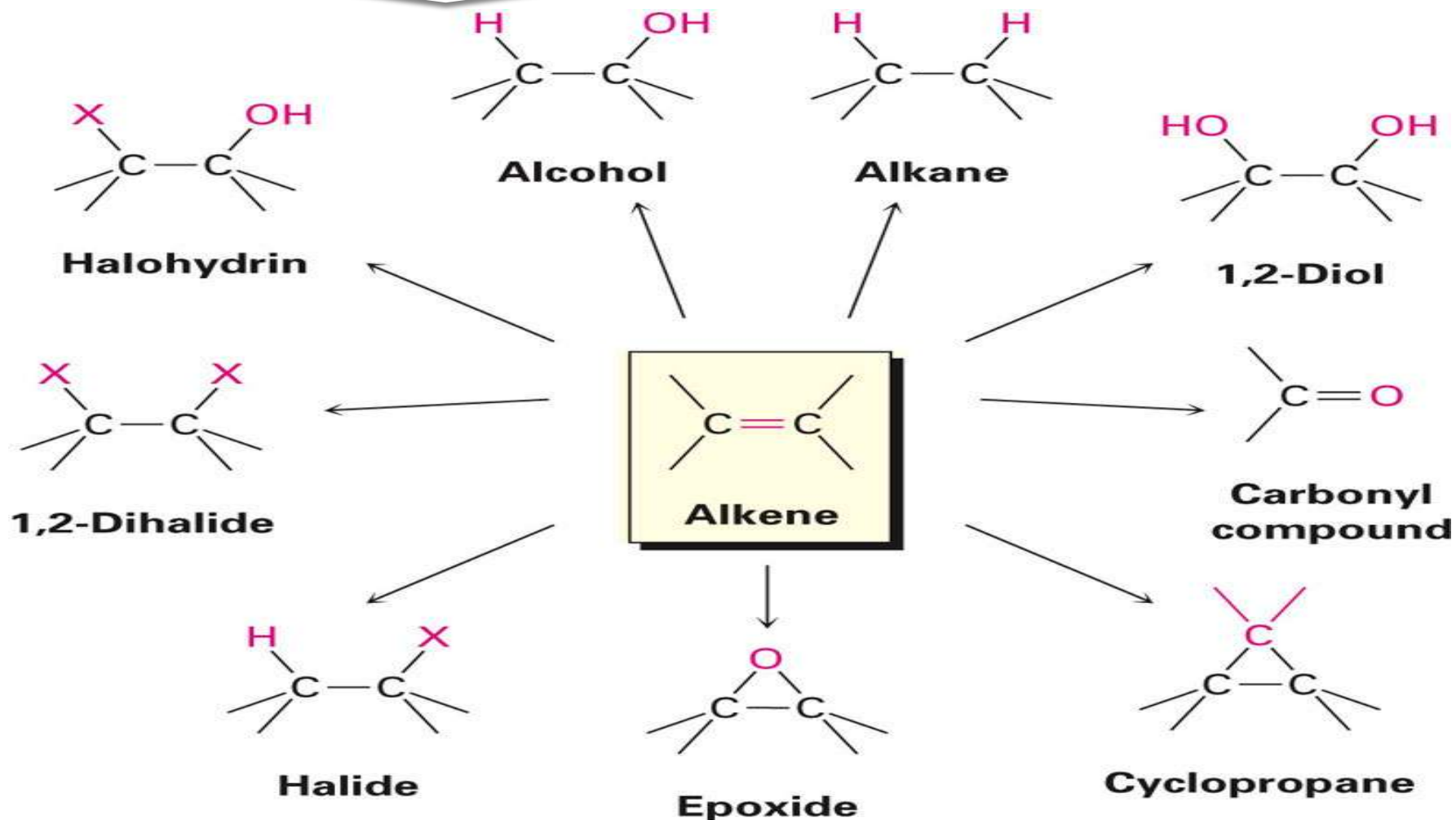


- Συνηθισμένος τρόπος γραφής.
- Εναλλακτικός τρόπος γραφής για να δοθεί έμφαση στο αντιδρών του οποίου η χημική συμπεριφορά έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον, (2-Μεθυλοπροπένιο).
- Τρόπος γραφής βιολογικών αντιδράσεων.



Αντιδράσεις και σύνθεση αλκενίων

Τα αλκένια αντιδρούν με πολλά ηλεκτρονιόφιλα αντιδραστήρια και δίνουν χρήσιμα προϊόντα μέσω αντιδράσεων προσθήκης



John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



Η λειτουργική ομάδα των αλκενίων, είναι ο διπλός δεσμός C=C, ο οποίος καθορίζει τις χημικές τους ιδιότητες

- Η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα του διπλού δεσμού, είναι αυτή των αντιδράσεων προσθήκης.
- Κατά τη διεξαγωγή αντιδράσεων προσθήκης, προστίθενται στο διπλό δεσμό, μικρά μόρια όπως αλογόνα, X_2 , υδραλογόνα HX , H_2O , H_2 και ο διπλός δεσμός ανορθώνεται σε απλό. Αυτό γίνεται με τη διάσπαση του π δεσμού και τη δημιουργία στη θέση του δύο νέων σ δεσμών.
- Αντίστροφες των αντιδράσεων προσθήκης, είναι οι αντιδράσεις απόσπασης.





Παρασκευές αλκενίων

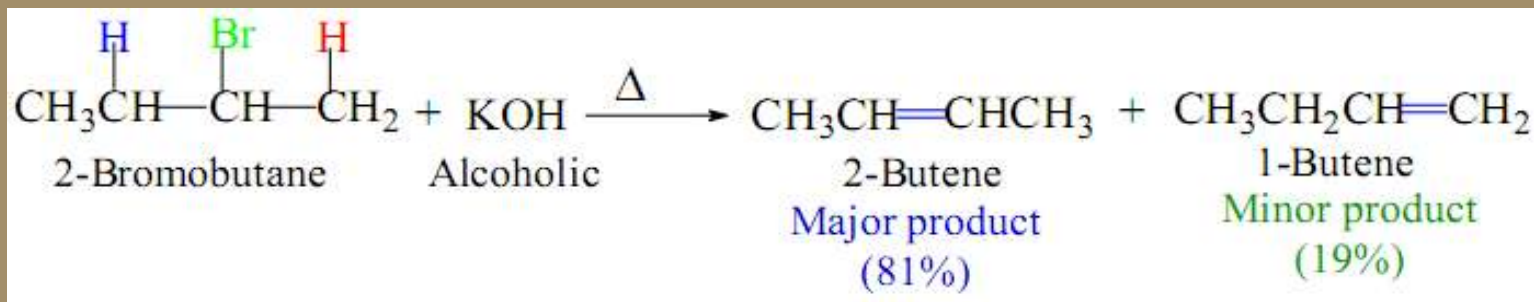
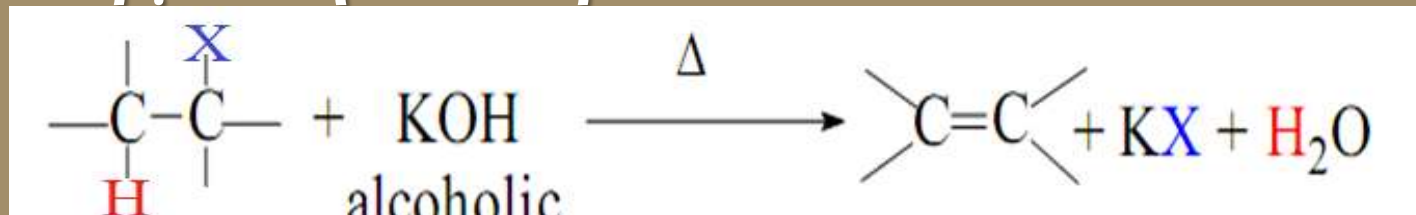


Το αιθυλένιο, το προπυλένιο και το βουτένιο, βιομηχανικά παρασκευάζονται με θερμική πυρόλυση του φυσικού αερίου, (αλκάνια C_1-C_4) και της βενζίνης, (αλκάνια C_4-C_8). Η θερμική πυρόλυση, πραγματοποιείται απουσία καταλυτών στους $900^\circ C$. Η όλη διαδικασία συμπεριλαμβάνει και αντιδράσεις ελευθέρων ριζών.



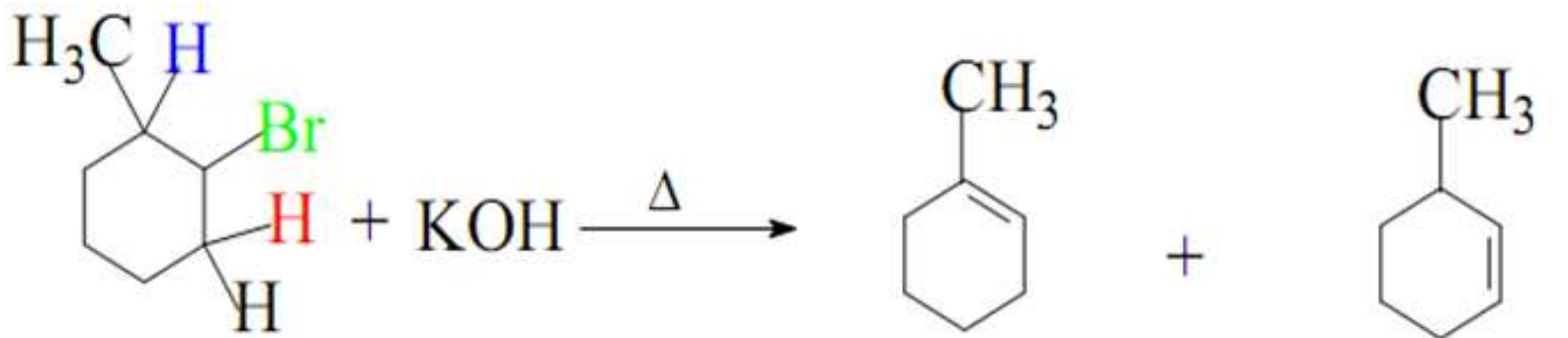
Άλλες κοινές μέθοδοι παρασκευής αλκενίων είναι οι:

1. Αφυδραλογόνωση αλκυλαλογονιδίων, δηλαδή απόσπαση HX από αλκυλαλογονίδιο. Γίνεται με θέρμανση και παρουσία KOH.



Το κύριο προϊόν προβλέπεται με βάση τον κανόνα του Saytzeff και είναι το περισσότερο υποκατεστημένο αλκένιο, δηλαδή αυτό το οποίο έχει περισσότερους υποκαταστάτες συνδεδεμένους με τους άνθρακες του διπλού δεσμού.

Πιο απλά, κύριο προϊόν είναι εκείνο που προκύπτει όταν το υδρογόνο αποσπάται από τον C του διπλού δεσμού που έχει τα λιγότερα υδρογόνα.



1-Bromo-2-methylcyclohexane

1-Methylcyclohexene

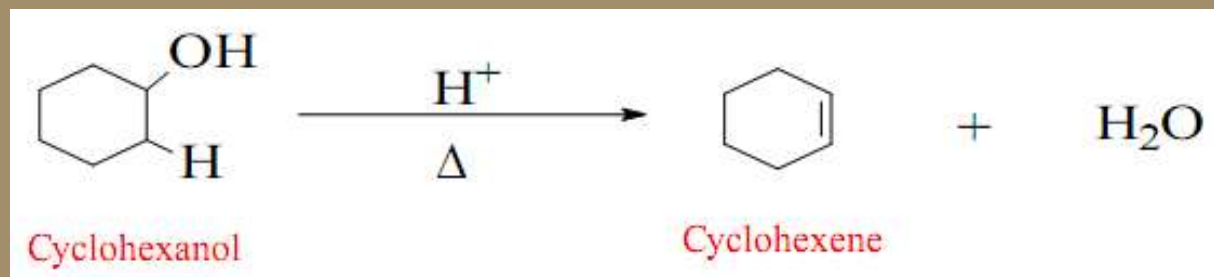
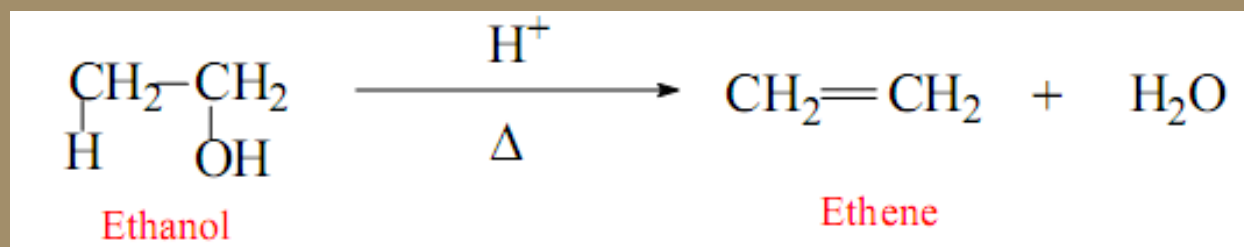
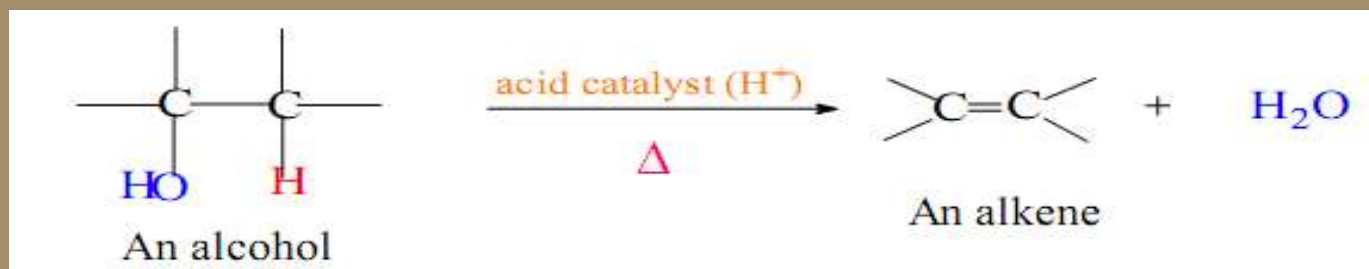
3-Methylcyclohexene

Major product

Minor product

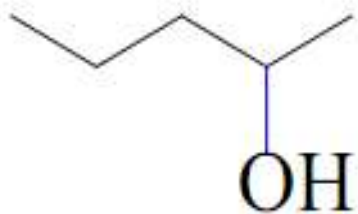


2. Αφυδάτωση αλκοολών, δηλαδή απόσπαση H_2O από αλκοόλες. Γίνεται παρουσία ισχυρού οξέος (H_2SO_4 στους $50\text{ }^\circ\text{C}$).

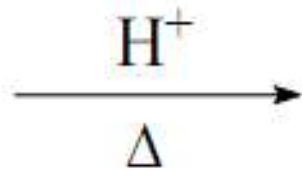




Η αφυδάτωση των αλκοολών, ακολουθεί επίσης τον κανόνα Saytzeff.



2-pentanol



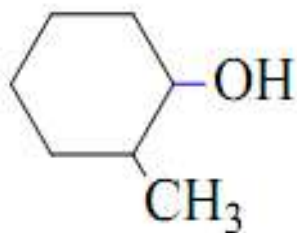
2-pentene

Major product

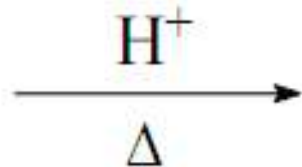


1-pentene

Minor product



2-methylcyclohexanol



CH₃

1-methylcyclohexene

Major product



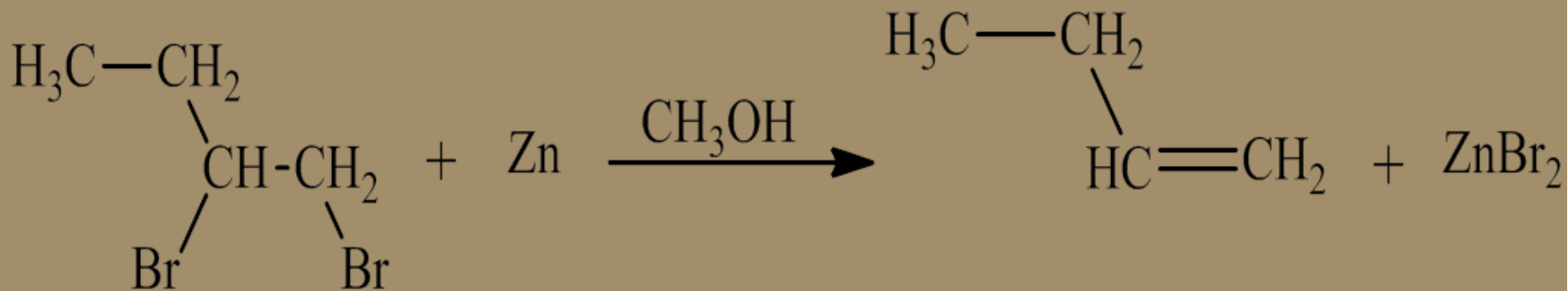
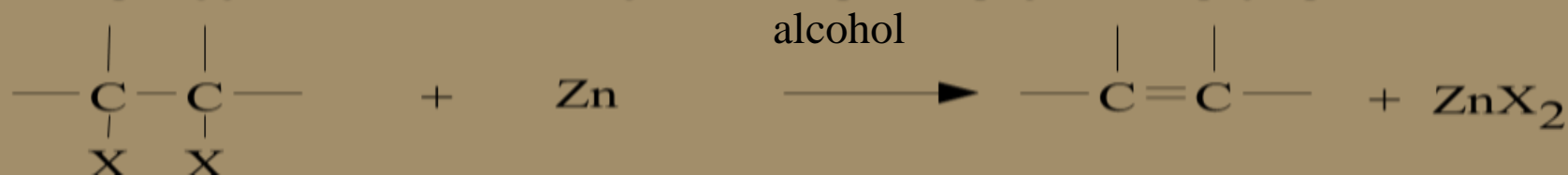
CH₃

3-methylcyclohexene

Minor product

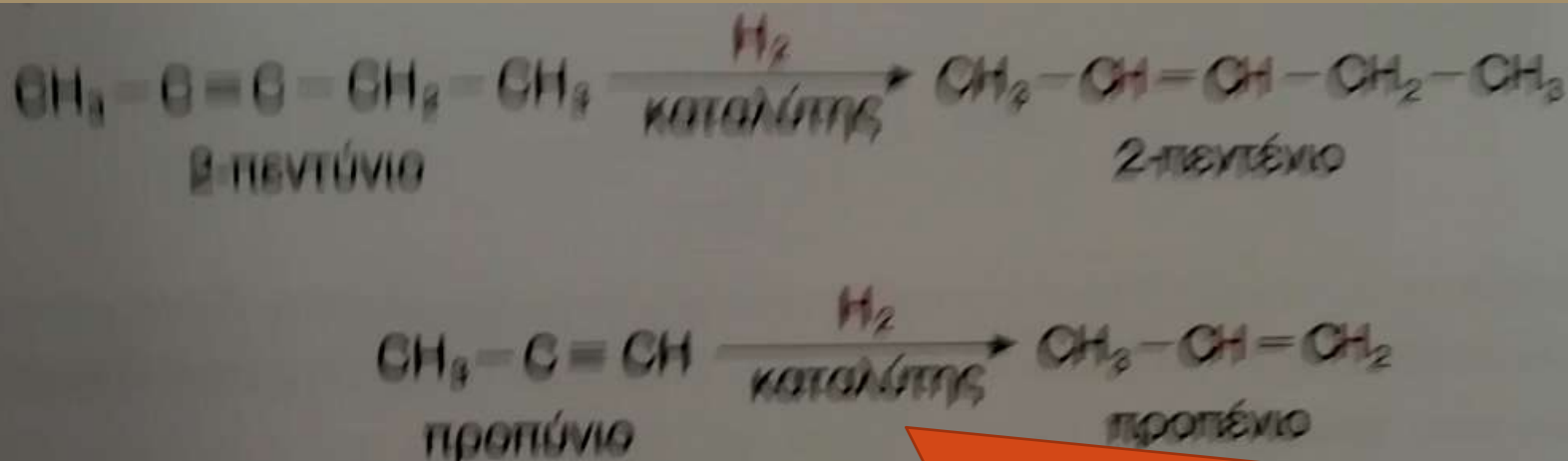


3. Απόσπαση αλογόνου από 1,2-διαλογονίδια. Πραγματοποιείται με επίδραση ψευδαργύρου.





4. Καταλυτική υδρογόνωση αλκινίων Πραγματοποιείται παρουσία καταλύτη όπως Pt ή Pd.



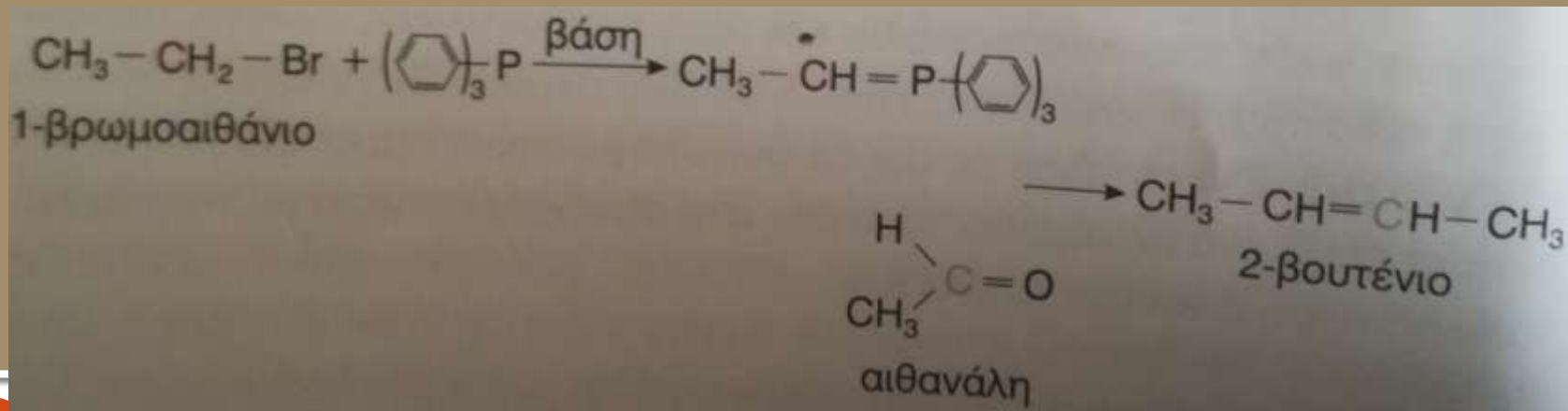
Για να σταματήσει η υδρογόνωση στο αλκένιο και να μην αναχθεί το αλκίνιο σε αλκάνιο, χρησιμοποιείται κατάλληλος καταλύτης μικρής δραστηρότητας, (καταλύτης Lindlar)



5. Αντίδραση Wittig. Σημαντική γιατί σε αντίθεση με την αφυδάτωση των αλκοολών ή την αφυδραλογόνωση των αλκυλαλογονιδίων δίνει ένα μόνο αλκένιο και όχι παραπροϊόντα.

Δύο τα στάδια της αντίδρασης:

1. Το αλκυλαλογονίδιο αντιδρά με τριφαινυλοφωσφίνη παρουσία βάσεως και δίνει ενδιάμεσο προϊόν.
2. Το ενδιάμεσο αντιδρά με αλδεΰδη ή κετόνη και δίνει το αλκένιο.

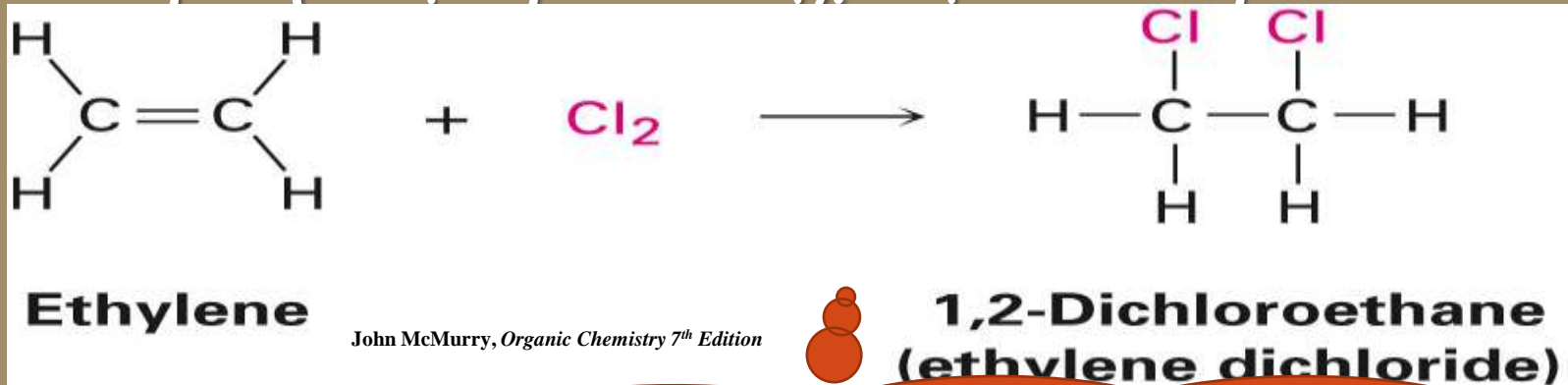




Αντιδράσεις αλκενίων

1. Προσθήκη αλογόνου σε αλκένια

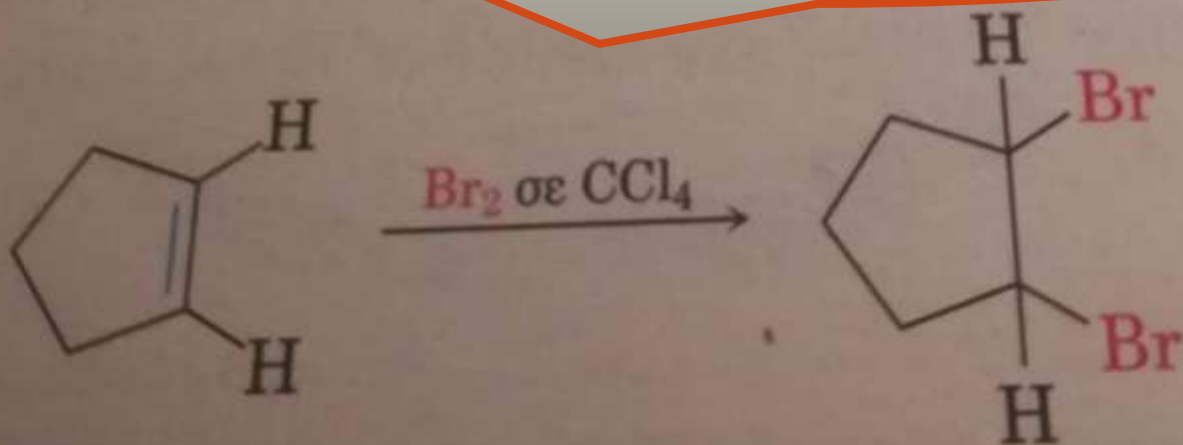
- Cl_2 και Br_2 , προστίθενται στο διπλό δεσμό και έτσι σχηματίζονται 1,2-διαλογονίδια, δηλαδή αλκυλαλογονίδια τα οποία έχουν 2 άτομα αλογόνου σε γειτονικούς άνθρακες.
- Το I_2 δεν αντιδρά, ενώ το F_2 είναι πολύ δραστικό και η αντίδραση δεν μπορεί να ελεγχθεί γιατί είναι βίαια.



Το αιθυλενοδιχλωρίδιο, χρησιμοποιείται και ως διαλύτης και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)

Προσθήκη Br_2 σε αλκένια → γρήγορος και απλός έλεγχος ύπαρξης ακορεστότητας.

Σε δοκιμαστικό σωλήνα, προστίθεται δείγμα ουσίας άγνωστης δομής και διαλύεται σε CCl_4 . Στη συνέχεια προσθέτονται στο διάλυμα στυ. Br_2 . Η εξαφάνιση άμεσα της κόκκινης χροιάς του Br_2 δείχνει ότι η ουσία είναι αλκένιο.



Κυκλοπεντένιο

1,2-Διβρωμοκυκλοπεντάνιο (95%)

John McMurry, Οργανική Χημεία Π.Ε.Κ.

Αγγελική Απ. Γαλάνη

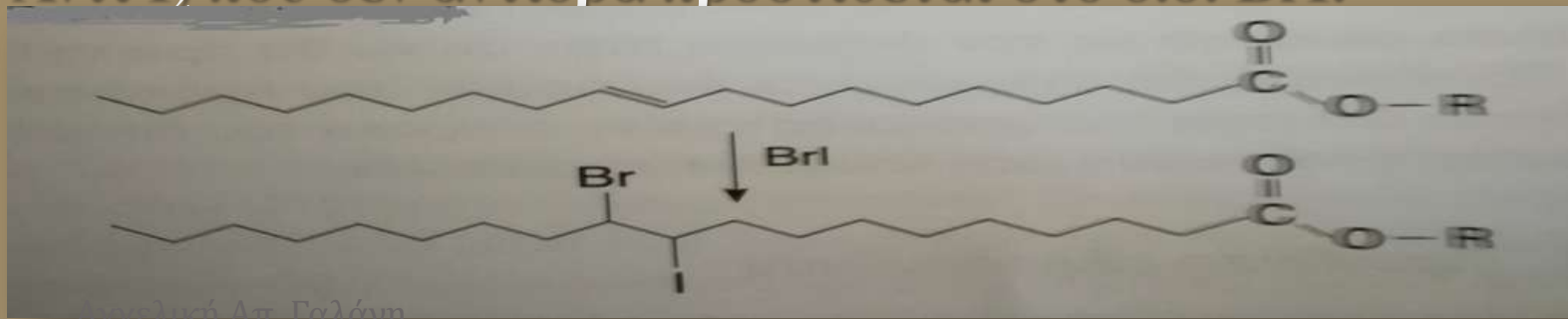


Η προσθήκη αλογόνου στο διπλό δεσμό, (δ.δ.), **βρίσκει εφαρμογή στην τεχνολογία τροφίμων** για τον προσδιορισμό του βαθμού κορεσμού, (του αριθμού των δ.δ.) των λιπαρών ενώσεων.

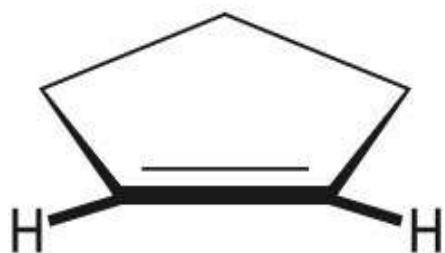
- Ο αριθμός ιωδίου, δείχνει πόσο ιώδιο έχει αντιδράσει με μια λιπαρή ένωση και είναι μέτρο του κορεσμού της. **Όσο μεγαλύτερος τόσο η λιπαρή ένωση είναι λιγότερο κορεσμένη, δηλαδή έχει περισσότερους δ.δ..**

Ο αριθμός ιωδίου είναι δείκτης της ποιότητας των λιπαρών ουσιών και δείκτης της νοθείας των φυτικών λιπών με ζωικά, ή με συνθετικά λίπη. (Τα φυτικά λίπη, έχουν μεγαλύτερο αριθμό I_2 από τα κορεσμένα ζωικά).

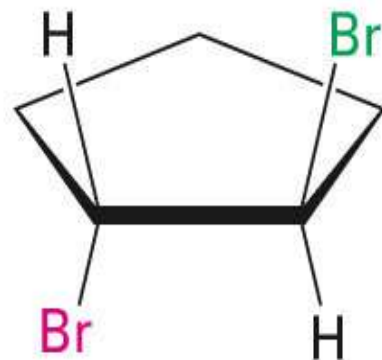
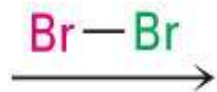
- Αντί I_2 , που δεν αντιδρά προστίθεται στο δ.δ. BrI .



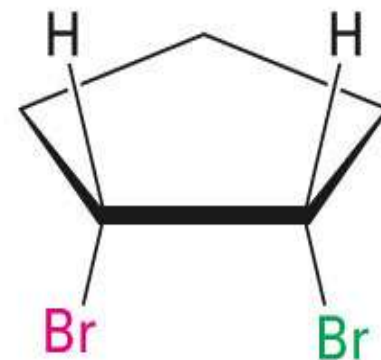
Προσθήκη Br₂ στο κυκλοπεντένιο



Cyclopentene



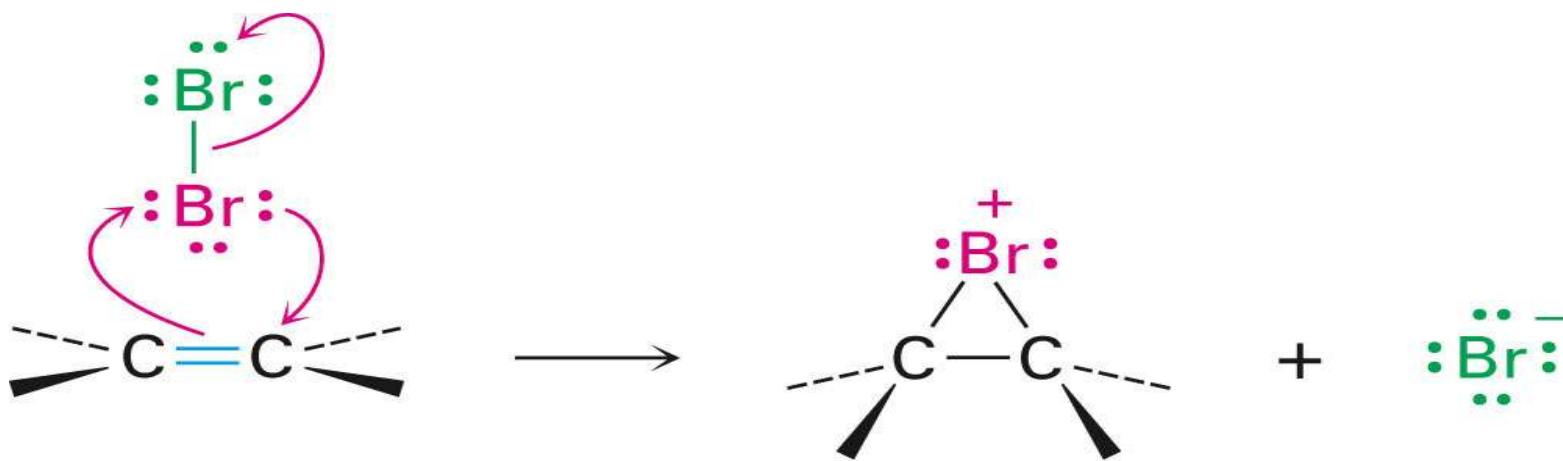
trans-1,2-Dibromo-
cyclopentane
(sole product)



cis-1,2-Dibromo-
cyclopentane
(*NOT* formed)

Μηχανισμός προσθήκη Br_2

- Το Br_2 , (το ίδιο και το Cl_2) προστίθεται σε ένα αλκένιο μέσω ενός κυκλικού ενδιάμεσου προϊόντος βρωμονίου, (R_2Br^+), ή χλωρονίου (R_2Cl^+) και όχι μέσω ενός καρβοκατιόντος.

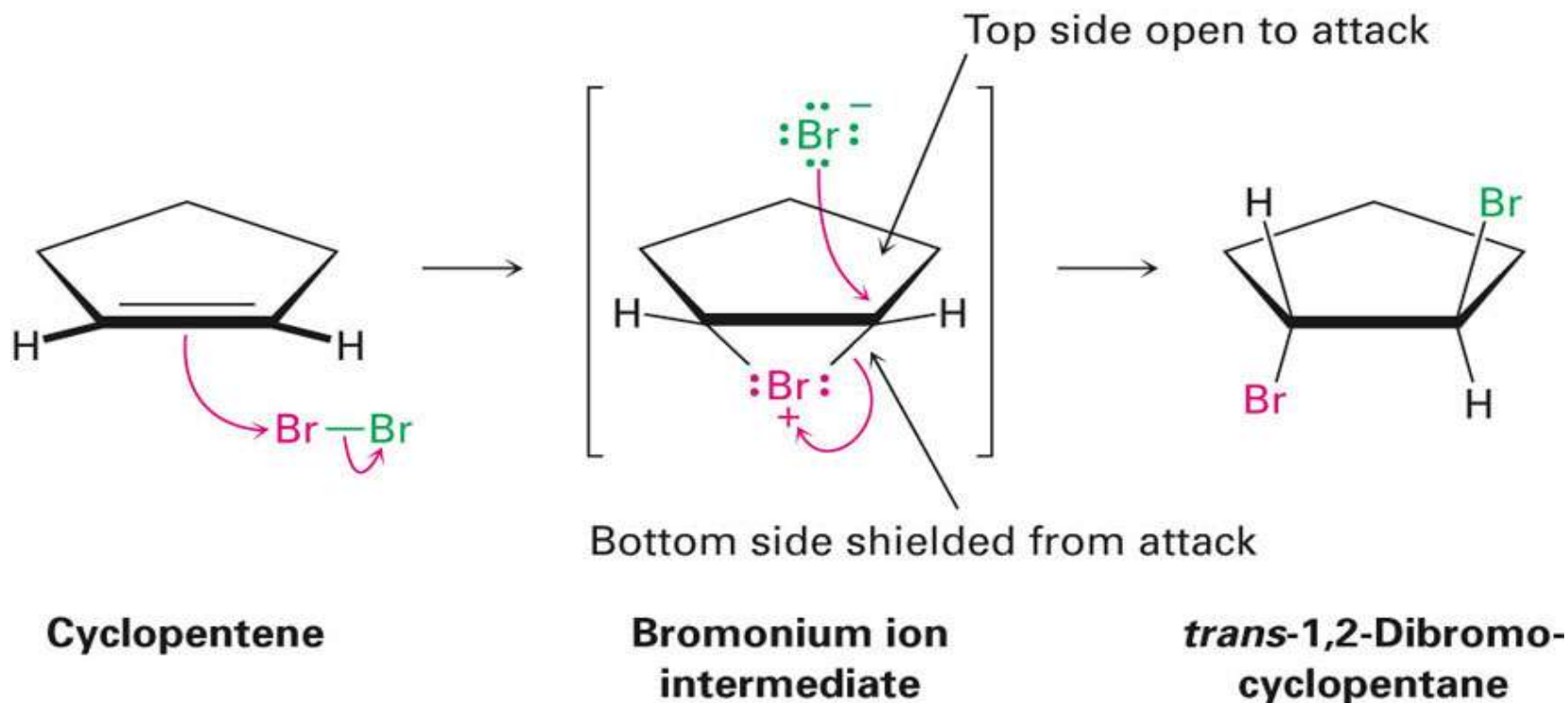


An alkene

A bromonium ion

John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

- Το ιόν βρωμονίου είναι ηλεκτρονιόφιλο και το ανιόν βρωμίου πυρηνόφιλο.
- Η στεreoχημεία είναι anti-

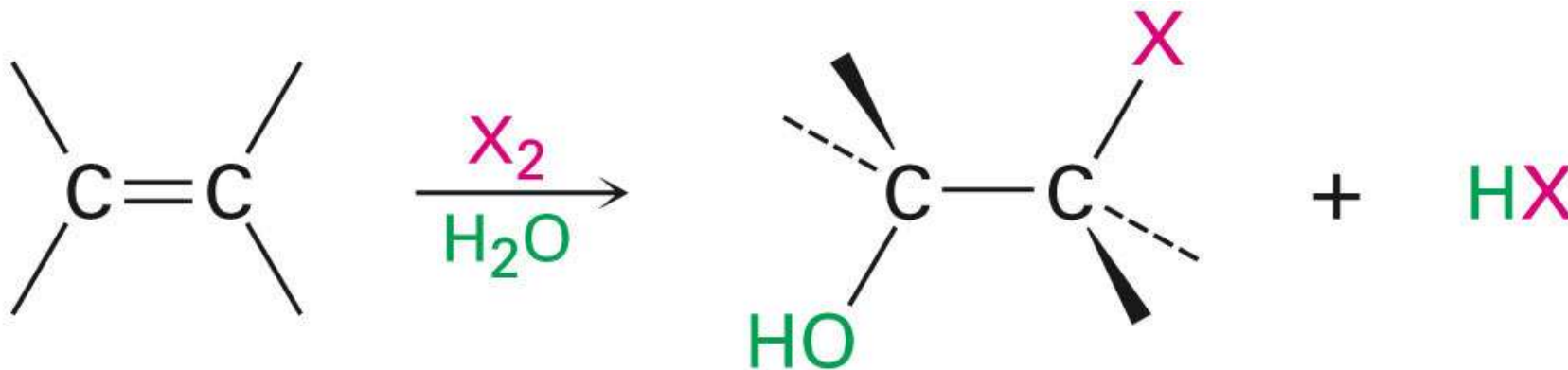


John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

Αγγελική Απ. Γαλάνη

2. Σχηματισμός αλογονοϋδρίνης

Παρουσία νερού, η προσθήκη αλογόνου σε αλκένια, δίνει αλογονοϋδρίνη, δηλαδή μόριο που οι γειτονικοί του άνθρακες έχουν $-OH$ και $-X$.



An alkene

A halohydrin

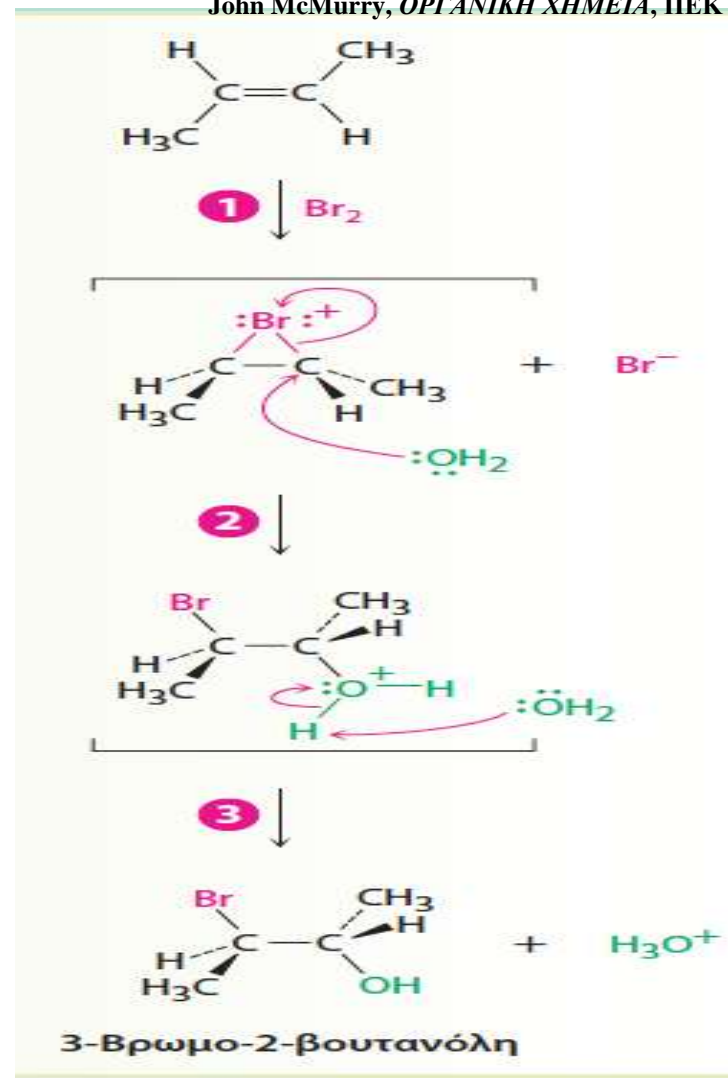
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



Μηχανισμός σχηματισμού αλογονοϋδρίνης

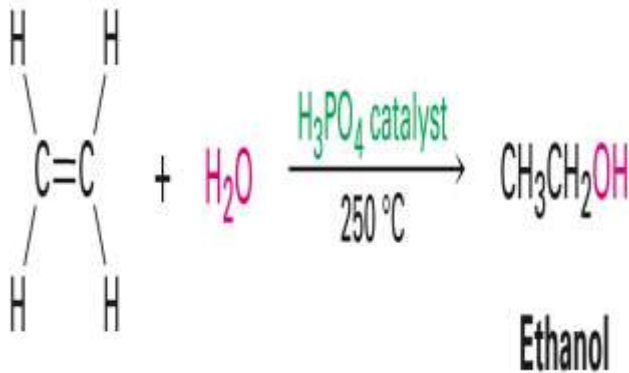
John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.

1. Το Br_2 , σχηματίζει ιόν βρωμονίου.
2. Το νερό αντιδρά ως πυρηνόφιλο και ανοίγει το δακτύλιο, σχηματίζοντας δεσμό C-Br. Το οξυγόνο, έχει προσφέρει ζεύγος ηλεκτρονίων, άρα τώρα έχει θετικό φορτίο.
3. Ένα πρωτόνιο φεύγει από το οξυγόνο και σχηματίζεται οξόνιο και βρωμοϋδρίνη, η οποία είναι το προϊόν της προσθήκης.



3. Ενυδάτωση → Προσθήκη H₂O σε αλκένια

- Σε βιομηχανικές διεργασίες μεγάλης κλίμακας, χρησιμοποιούνται οξέα ως καταλύτες και πολύ υψηλές θερμοκρασίες.



Ethylene

John McMurry, Organic Chemistry 7th Edition

Τα π ε-του πυρηνόφιλου δ.δ., προσβάλλουν ένα άτομο υδρογόνου του ηλεκτρονιόφιλου H₃O⁺. Το άλλο άτομο C του δ.δ. έχει + φορτίο και κενό p τροχιακό. Τα δύο e⁻ του δεσμού H-O στο H₃O⁺ μετακινούνται στο οξυγόνο και ένα μόριο H₂O φεύγει.

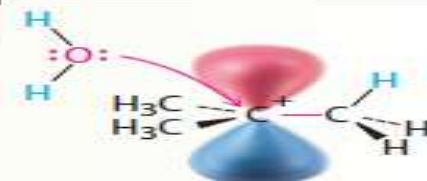
Το πυρηνόφιλο H₂O, προσφέρει ζεύγος e⁻ στο θετικά φορτισμένο C και σχηματίζεται δ. C-O και πρωτονιωμένη αλκοόλη.

Το H₂O δρα ως βάση και αποσπά H⁺ αναγεννώντας τον καταλύτη H₃O⁺.

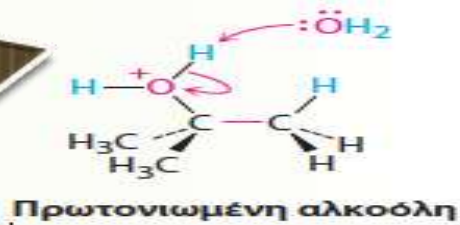
John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.



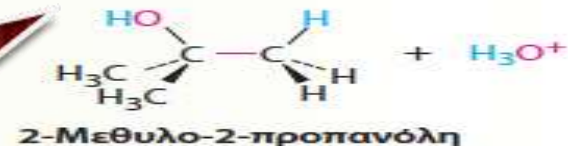
1



2



3





- Στα βιολογικά συστήματα, είναι σπάνιες οι αντιδράσεις ενυδάτωσης απλών αλκενίων που καταλύονται από οξέα. Για να πραγματοποιηθεί μια βιολογική αντίδραση ενυδάτωσης, πρέπει απαραίτητα ο δ.δ. να είναι δίπλα σε καρβονυλομάδα.
- Αντιδράσεις αφυδάτωσης σε βιολογικά συστήματα πραγματοποιούνται όταν η υδροξυλοομάδα βρίσκεται δύο άτομα C μακριά από μια καρβονυλομάδα. Σπάνια σε βιολογικές αντιδράσεις, γίνεται αφυδάτωση σε απλές αλκοόλες.



3. Δύο εναλλακτικές μέθοδοι ενυδάτωσης του διπλού δεσμού, που δεν έχουν ίδιο μηχανισμό όμως και οι δύο οδηγούν στο σχηματισμό αλκοόλης.

**3^α. Οξυυδραργύρωση
Κατά Markovnikov**

Αντίδραση με οξικό υδράργυρο, παρουσία νερού, σχηματισμός μη απομονώσιμης ενδιάμεσης ένωσης και αναγωγή αυτής άμεσα σε αλκοόλη με NaBH_4

**3^β. Υδροβορίωση
Anti-Markovnikov**

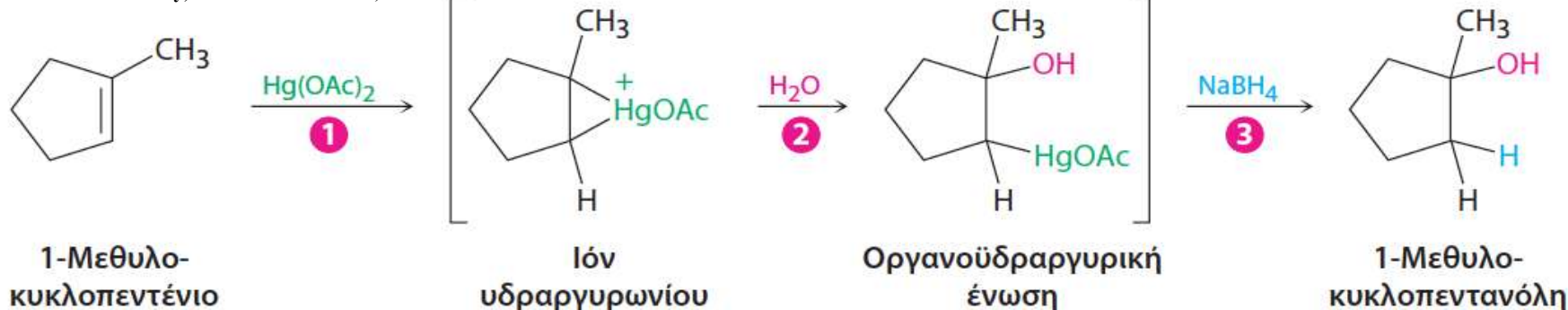
Αντίδραση με βοράνιο, (BH_3), σχηματισμός τριαλκυλοβορανίου και στη συνέχεια οξείδωση αυτού με υδατικό διάλυμα H_2O_2 σε αλκοόλη.



3^α Ενυδάτωση αλκενίων με οξυδραργύρωση –αφυδραργύρωση Τοποχημεία Markovnikov

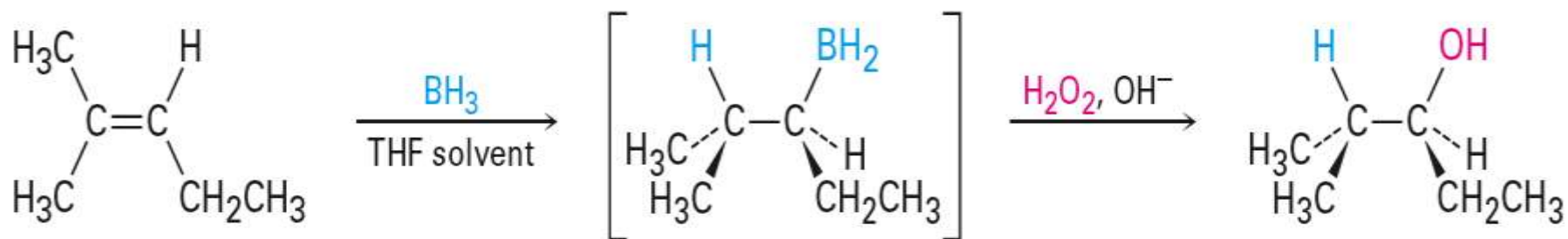
- Αποτελεί συνηθισμένη διαδικασία ενυδάτωσης αλκενίων σε εργαστήριο.
 1. Ηλεκτρονιόφιλη προσθήκη Hg^{2+} στο αλκένιο με αντίδραση του με οξικό υδράργυρο(II) σε υδατικό διάλυμα διαλύτη τετραυδροφουράνιου, (THF) .
 2. Σχηματισμός ενδιάμεσης οργανοϋδρικής ένωσης που κατεργάζεται στη συνέχεια με βοροϋδρίδιο του νατρίου για να δώσει το τελικό προϊόν, δηλαδή την αλκοόλη.

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016.



3^β Ενυδάτωση αλκενίων με προσθήκη νερού μέσω υδροβορίωσης. Anti Markovnikov προσθήκη

- Από τον H.C. Brown, αναφέρθηκε η αντίδραση για πρώτη φορά και ονομάστηκε υδροβορίωση. Περιλαμβάνει:
 1. Την προσθήκη του δεσμού H-B του βορανίου (BH_3) σε κάποιο αλκένιο ώστε να σχηματιστεί οργανοβορανικό ενδιάμεσο RBH_2 .
 2. Την οξείδωση του ενδιάμεσου με H_2O_2 σε αλκαλικό περιβάλλον και το σχηματισμό αλκοόλης.



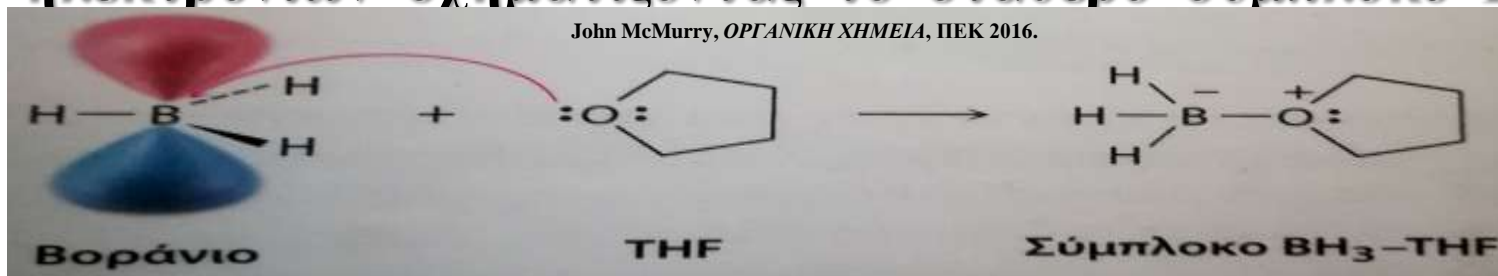
2-Methyl-2-pentene

Organoborane
intermediate

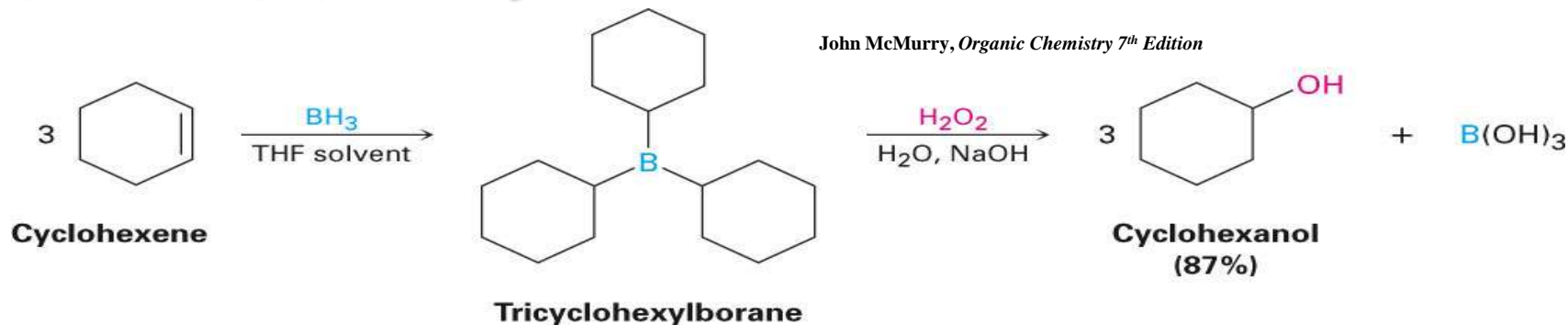
2-Methyl-3-pentanol

John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

- Το βοράνιο, είναι δραστικό οξύ κατά Lewis, εφόσον το βόριο έχει στο άτομό του 6 ηλεκτρόνια σθένους.
- Σε διάλυμα THF, το BH_3 δέχεται ζεύγος ηλεκτρονίων από μόριο διαλύτη, με αντίδραση οξέος-βασεως κατά Lewis και συμπληρώνει οκτάδα ηλεκτρονίων σχηματίζοντας το σταθερό σύμπλοκο BH_3 -THF.



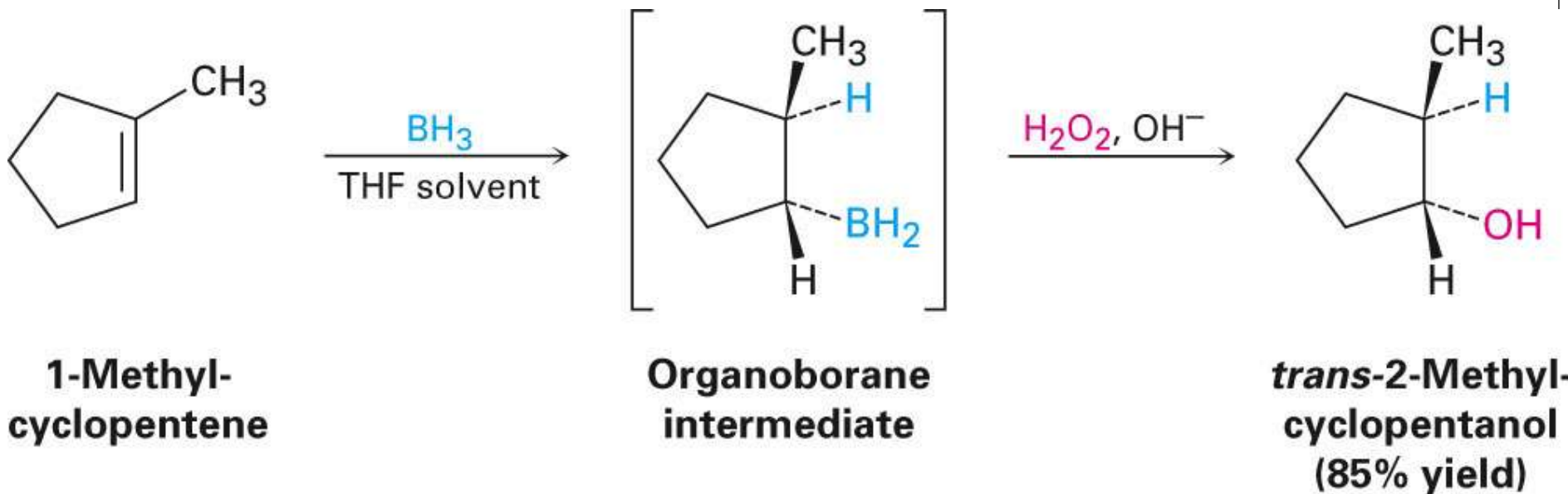
- Στις αντιδράσεις αλκενίων με BH_3 σε διαλύτη THF, γίνεται ταχύτατη προσθήκη στο δ.δ. και έτσι σχηματίζεται τριάλκυλοβοράνιο R_3B .





Υδροβορίωση μη συμμετρικά υποκατεστημένου αλκένιου: Υδροβορίωση-οξείδωση του 1-μεθυλοκυκλοπεντένιου.

- Σχηματισμός *trans*-2-μεθυλοκυκλοπεντανόλης.
- Στερεοχημεία *syn* (Το αντίθετο της στερεοχημείας *anti*).

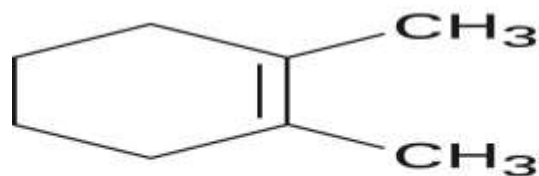


John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



4. Αναγωγή αλκενίων - Καταλυτική υδρογόνωση

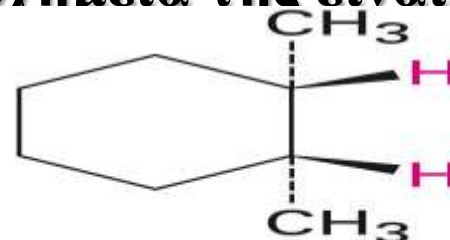
- Στην αναγωγή, σύμφωνα με την οργανική χημεία, προκαλείται αύξηση της ηλεκτρονιακής πυκνότητας του C, λόγω:
 1. σχηματισμού δεσμού: C-H
 2. διάσπασης δεσμών: C-O C-N C-X
- Ως καταλύτες χρησιμοποιούνται Pt ή Pd. Το Pd σε κονιορτοποιημένη μορφή και προσροφημένο σε αδρανές υλικό όπως ο ενεργός άνθρακας, (Pd/C). Ο Pt με τη μορφή PtO₂. (Καταλύτης του Adams).
- Η αντίδραση ξεκινά με την προσρόφηση του H₂ στο στερεό καταλύτη και είναι ετερογενής. Η στερεοογκυμεία της είναι syn.



1,2-Dimethyl-cyclohexene



John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

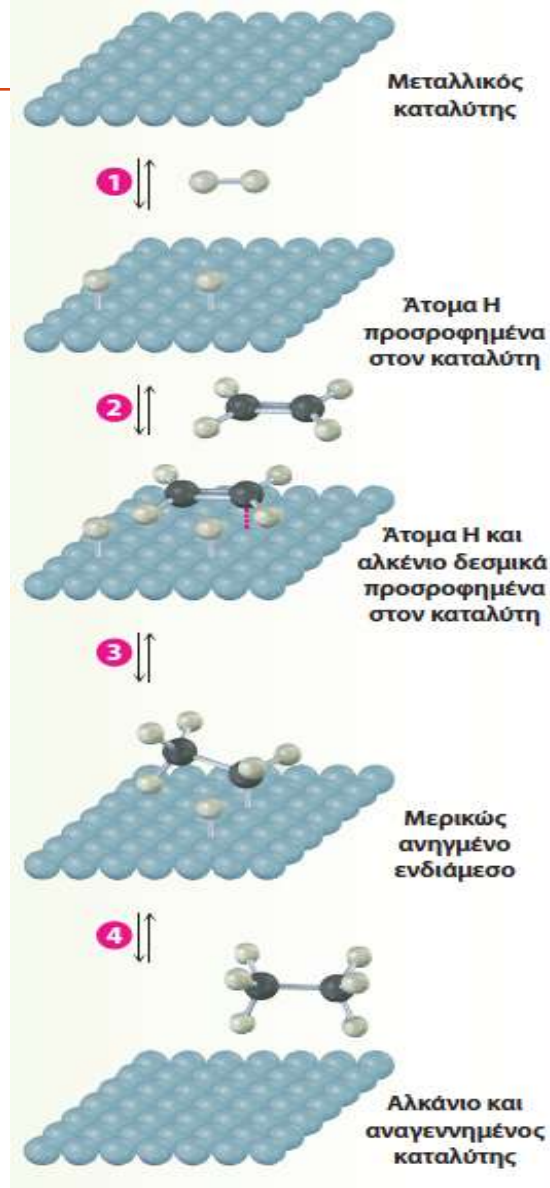


***cis*-1,2-Dimethyl-cyclohexane (82%)**



Μηχανισμός υδρογόνωσης αλκενίου

1. Προσρόφηση μοριακού H_2 στην επιφάνεια του καταλύτη, διάστασή του, σχηματισμός προσροφημένων ατόμων υδρογόνου.
2. Απορρόφηση αλκενίου στην επιφάνεια του καταλύτη και χρησιμοποίηση του π δεσμού ώστε να σχηματιστεί σύμπλοκο με τα άτομα του μετάλλου.
3. Μεταφορά ατόμου υδρογόνου από μέταλλο προς άνθρακα ολεφίνης. Σχηματισμός μερικώς ανηγμένου ενδιάμεσου που διαθέτει ένα δεσμό C-H και ένα σ δεσμό άνθρακα-μετάλλου.
4. Μεταφορά 2^{ου} ατόμου υδρογόνου από το μέταλλο στο 2^ο άτομο C. Σχηματίζεται το αντίστοιχο αλκάνιο και ο καταλύτης αναγεννάται. Syn η στερεοχημεία αναγωγής.

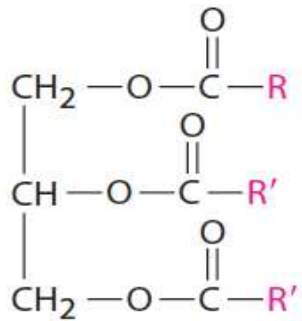


John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*, ΠΕΚ 2016.

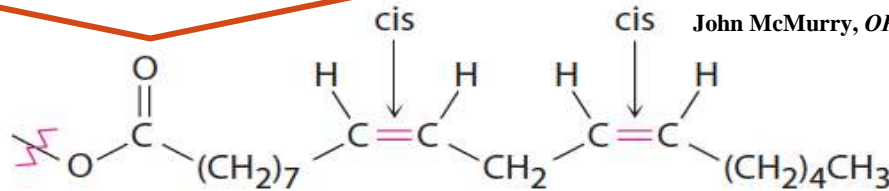


Μεγάλη η σημασία της καταλυτικής υδρογόνωσης στη βιομηχανία τροφίμων. Με την καταλυτική υδρογόνωση των πολυακόρεστων λιπών σχηματίζονται κορεσμένα προϊόντα και μικρές ποσότητες trans λιπών.

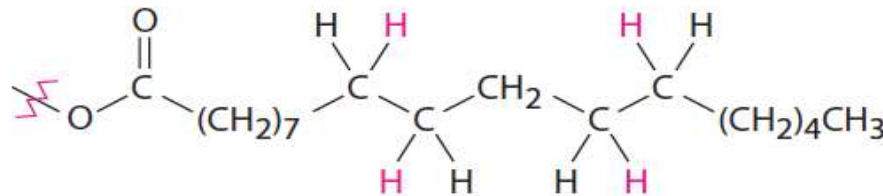
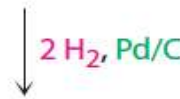
John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016



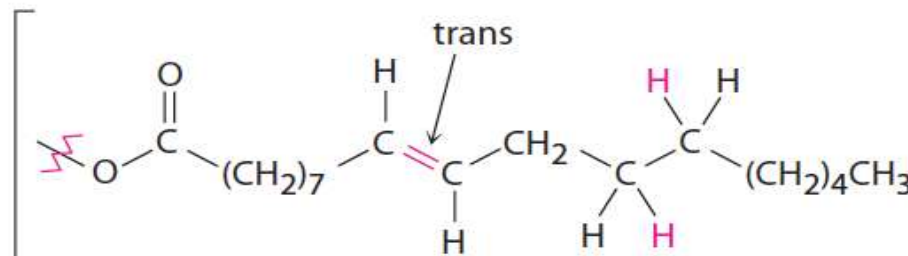
Ένα φυτικό έλαιο



Ένα πολυακόρεστο λιπαρό οξύ στο φυτικό έλαιο



Ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ στη μαργαρίνη

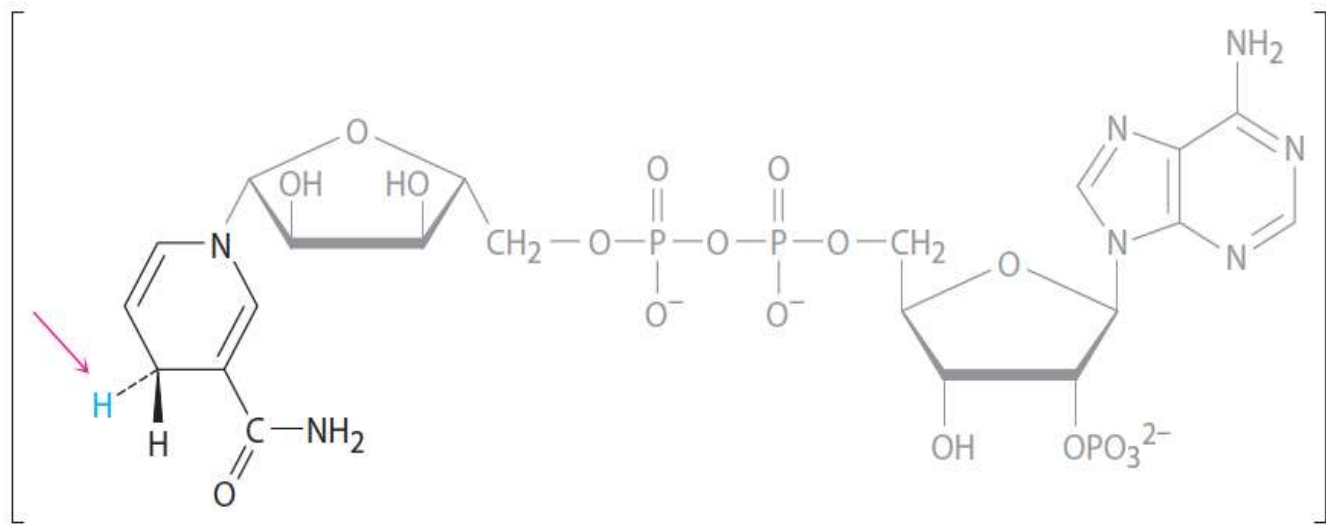
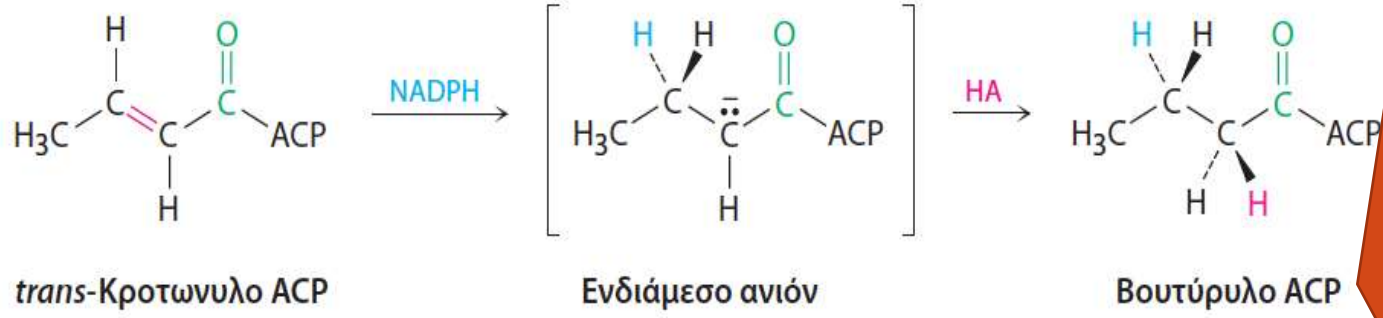


Ένα trans λιπαρό οξύ



Στάδιο της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων: Αναγωγή δεσμού C=C στην trans-κροτωνυλο ACP (συντομογραφία που δηλώνει πρωτεΐνη μεταφοράς ακυλομάδας).

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2016



NADPH

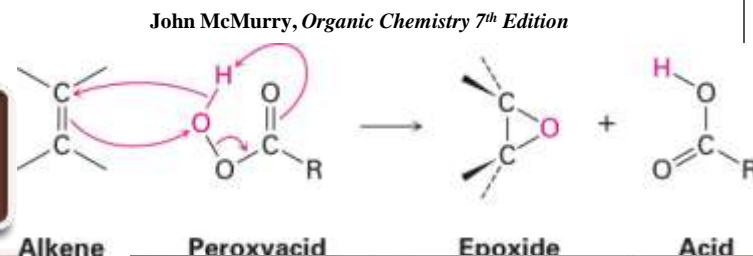
Το ένα άτομο υδρογόνου, παρέχεται από το NADH με τη μορφή ιόντος υδριδίου H⁻. Το άλλο άτομο υδρογόνου προέρχεται από οξύ HA που πρωτονιώνει το ενδιάμεσο ανιόν.

5. Οξείδωση αλκενίων

Κατά την οξείδωση στην οργανική χημεία, προκαλείται μείωση της ηλεκτρονιακής πυκνότητας του C λόγω:

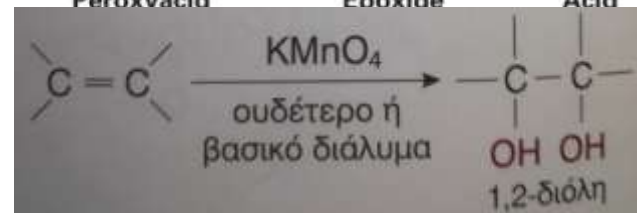
1. Σχηματισμού δεσμών: C-O C-N C-X
2. Διάσπασης δεσμού: C-H

5^α. Κατεργασία αλκενίων με υπεροξύ. Σχηματισμός εποξειδίων.



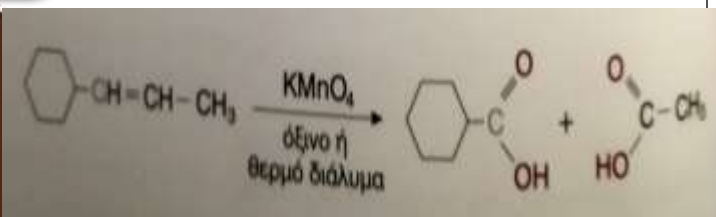
Οξείδωση
Αλκενίων

5^β. Κατεργασία αλκενίων με ισχυρά οξειδωτικά όπως KMnO_4 σε ουδέτερο ή βασικό διάλυμα σχηματισμός 1,2-διόλων

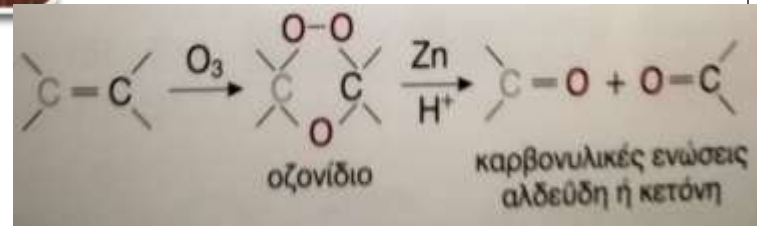


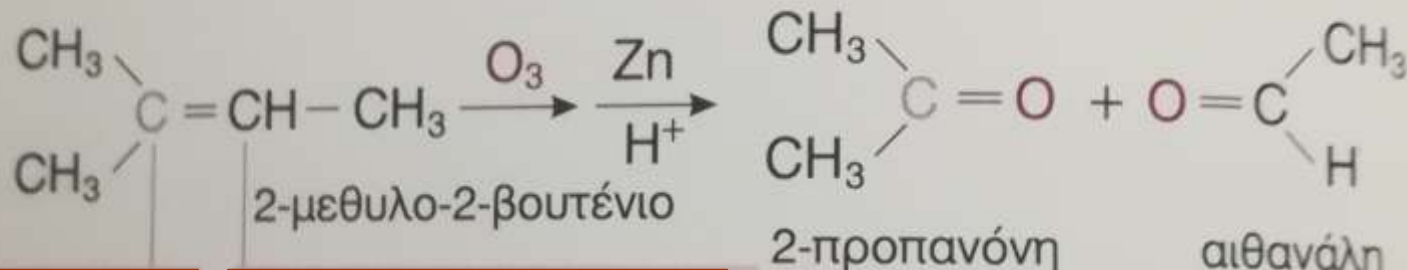
Εικόνες προερχόμενες από: Βασική Οργανική Χημεία
Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις, Αθ. Σταμούλης, 2008

5^γ. Οξειδωτική διάσπαση με ισχυρά οξειδωτικά όπως KMnO_4 σε όξινο ή θερμό διάλυμα (Κετόνη ή/και καρβοξυλικό οξύ)



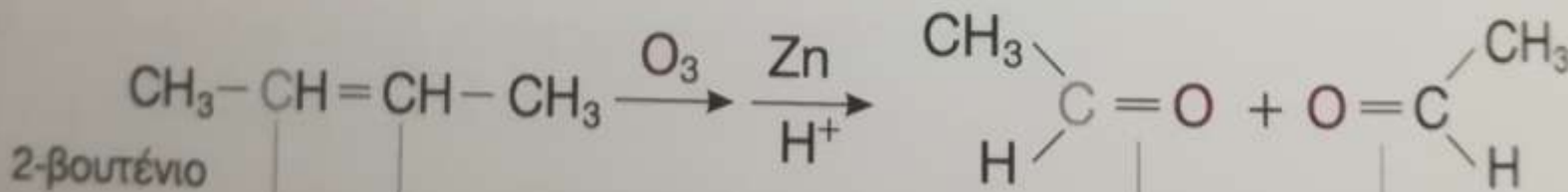
5^δ. Οξειδωτική διασπαση αλκενίων –Οζονόλυση. Σχηματισμός καρβονυλικών ενώσεων. (Κετόνη ή και αλδεΐδη)





Αυτός ο C του δ.δ. δεν έχει H άρα θα σχηματιστεί κετόνη.

Αυτός ο C του δ.δ. έχει H άρα θα σχηματιστεί αλδεΐδη.

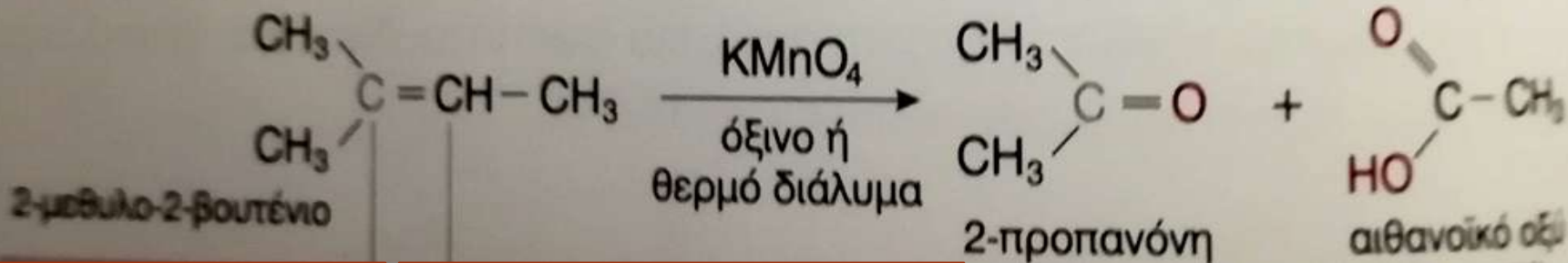


Οι δύο C του δ.δ. έχουν H άρα θα σχηματιστούν 2 αλδεΐδες.

2 μόρια αιθανάλης, διότι το αλκένιο ήταν συμμετρικό.



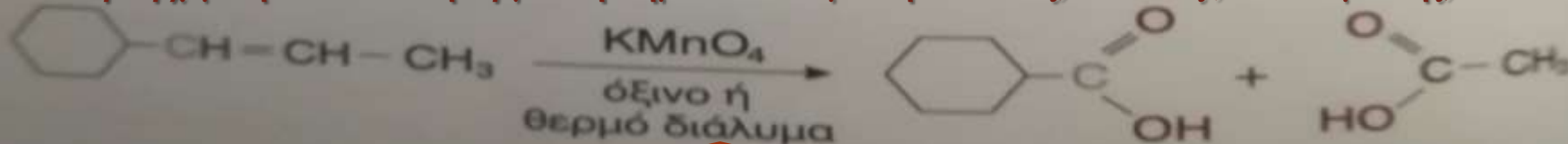
Εικόνα προερχόμενη από: Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις, Αθ. Σταμούλης, 2008



Αυτός ο C του δ.δ. δεν έχει H άρα θα σχηματιστεί κετόνη.

Αυτός ο C του δ.δ. έχει H άρα θα σχηματιστεί καρβοξυλικό οξύ.

Εικόνα προερχόμενη από: Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις, Αθ. Σταμούλης, 2008

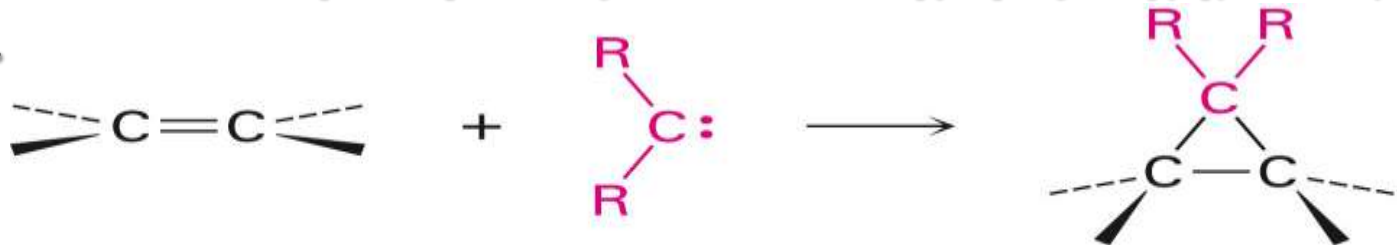


Όταν η διάσπαση του δ.δ. γίνεται με O_3 , λαμβάνεται ως προϊόν κετόνη ή/και αλδεΐδη, ενώ όταν η διάσπαση γίνεται με όξινο ή θερμό διάλυμα KMnO_4 ως προϊόν λαμβάνεται κετόνη ή/και καρβοξυλικό οξύ



6. Προσθήκη καρβενίων σε αλκένια. Σχηματισμός κυκλοπροπανίων

- Καρβένια $R_2C:$,
- Τα καρβένια είναι ηλεκτρικά ουδέτερα μόρια. Περιέχουν δισθενή άνθρακα με έξι μόνο ηλεκτρόνια σθένους.
- Είναι εξαιρετικά δραστικά, δημιουργούνται ως ενδιάμεσα προϊόντα και δεν μπορούν να απομονωθούν.
- Παρουσιάζουν έλλειμμα ηλεκτρονίων και δρουν ως ηλεκτρονιόφιλα, αντιδρώντας με πυρηνόφιλους $C=C$.
- Προστίθενται συμμετρικά σε διπλούς δεσμούς και σχηματίζουν κυκλοπροπάνια. Αντίδραση ενός σταδίου χωρίς σχηματισμό ενδιάμεσου.



John McMurry, *Organic Chemistry*
7th Edition

An alkene

A carbene

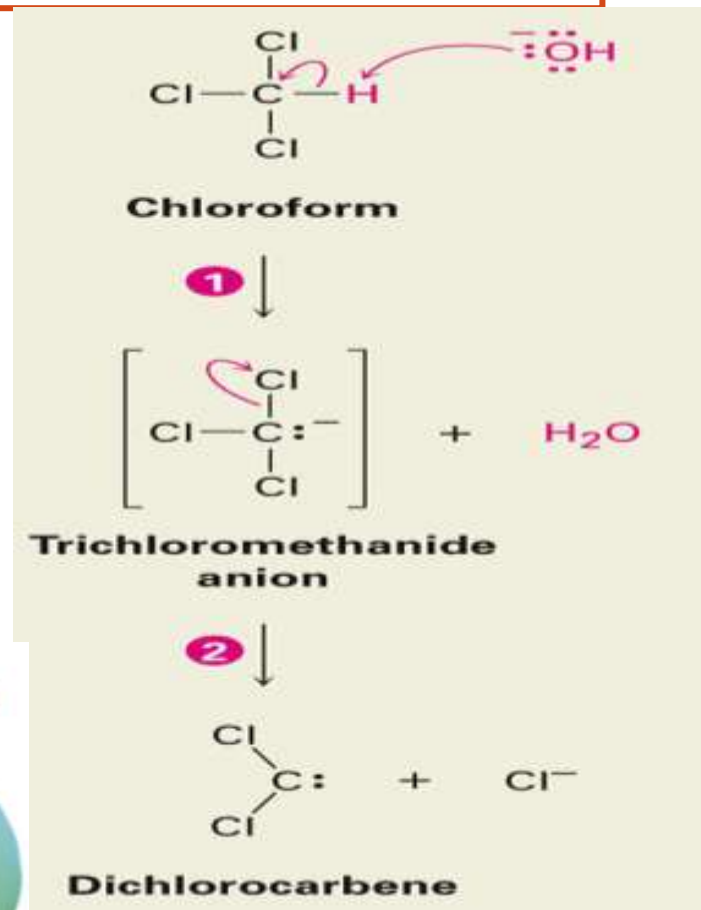
A cyclopropane



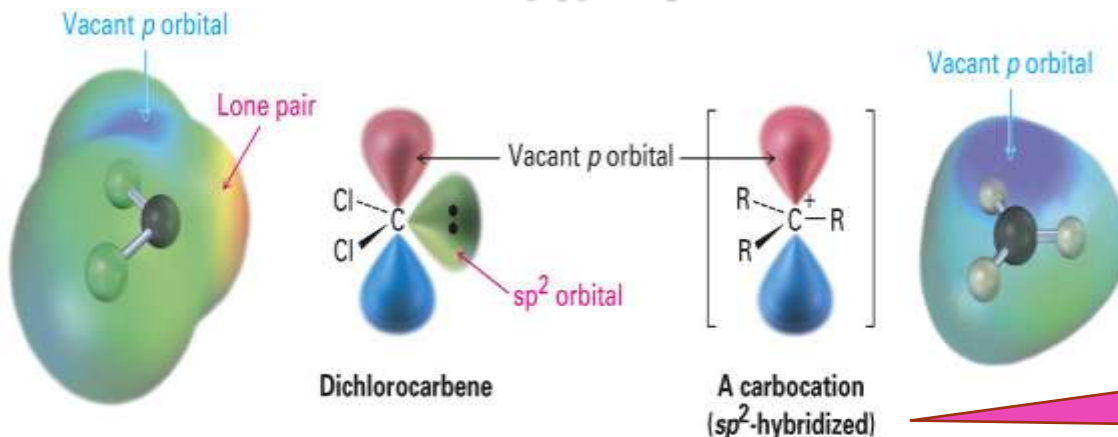
Σχηματισμός διχλωροκαρβενίων

Αντίδραση χλωροφορμίου με ισχυρή βάση

- Η βάση αποσπά το υδρογόνο από το χλωροφόρμιο, ενώ το ζεύγος ηλεκτρονίων του δεσμού C-H μένει στον C κι έτσι σχηματίζεται το ανιόν του τριχλωρομεθανιδίου.
- Το ουδέτερο διχλωροκαρβένιο, σχηματίζεται με αυθόρμητη απώλεια ιόντος χλωρίου



John McMurry, Organic Chemistry 7th Edition



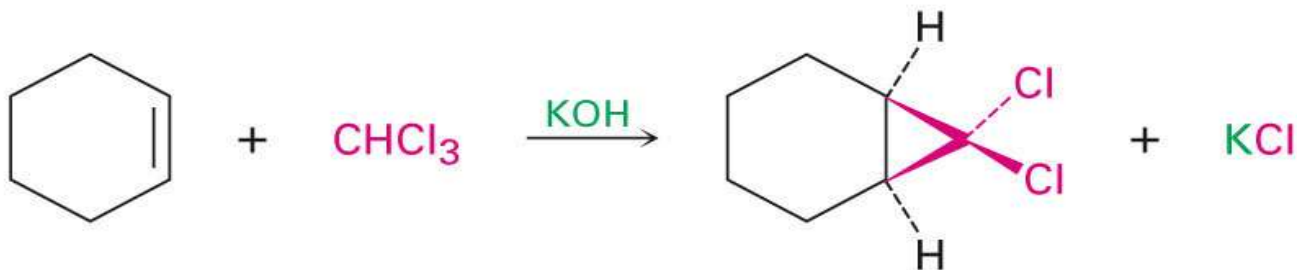
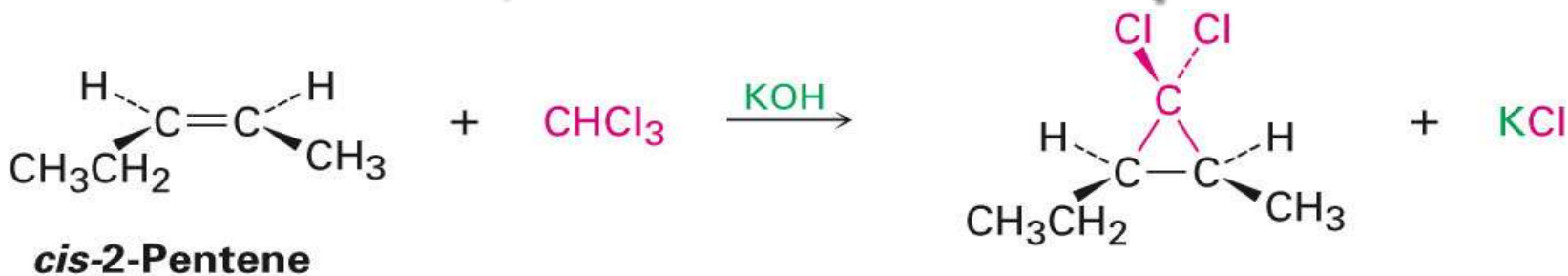
Δομή
διχλωροκαρβενίου



Αντιδράσεις διχλωροκαρβενίων

Στερεοειδικές αντιδράσεις:

- **cis** αλκένια, δίνουν **cis** κυκλοπροπάνια.
- **trans** αλκένια, δίνουν **trans** κυκλοπροπάνια.



John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

7. Αντίδραση Simmons-Smith

Η καλύτερη μέθοδος για παρασκευή μη αλογονομένων κυκλοπροπανίων.

- **Δεν σχηματίζονται καρβένια.** Συμμετέχει ένα καρβενοειδές είδος, (συμπλοκοποιημένο με μέταλλο, αντιδραστήριο ανάλογης δραστηρότητας με αυτή του καρβένιου). Δημιουργείται από την αντίδραση διωδομεθανίου με κράμα ψευδαργύρου-χαλκού σχηματίζει ιωδιούχος (ιωδομεθυλο)ψευδάργυρος.
- **Ο ICH_2ZnI , παρουσία αλκενίου μεταφέρει ομάδα CH_2 : στο διπλό δεσμό.**

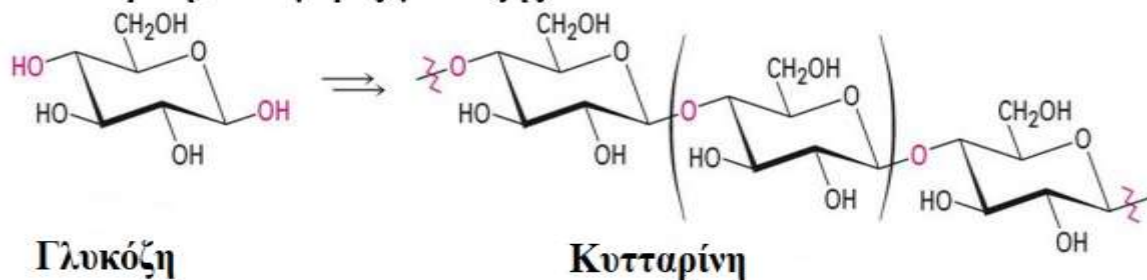
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*



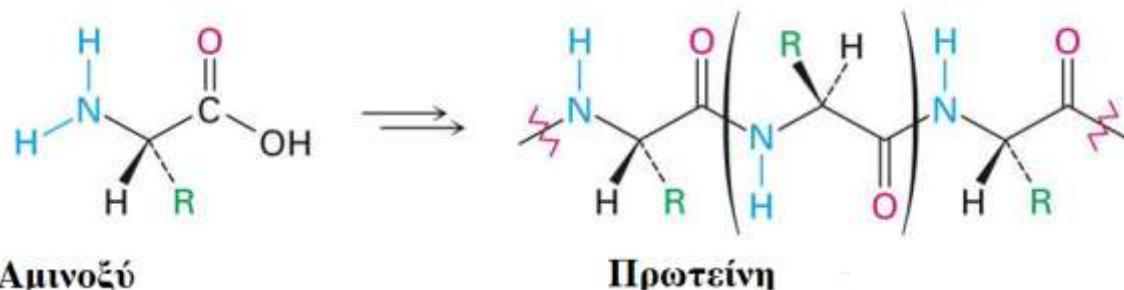
8. Πολυμερισμός

- Ένα πολυμερές, είναι ένα πολύ μεγάλο μόριο, που αποτελείται από επαναλαμβανόμενες μονάδες απλούστερων μορίων, που λέγονται μονομερή.

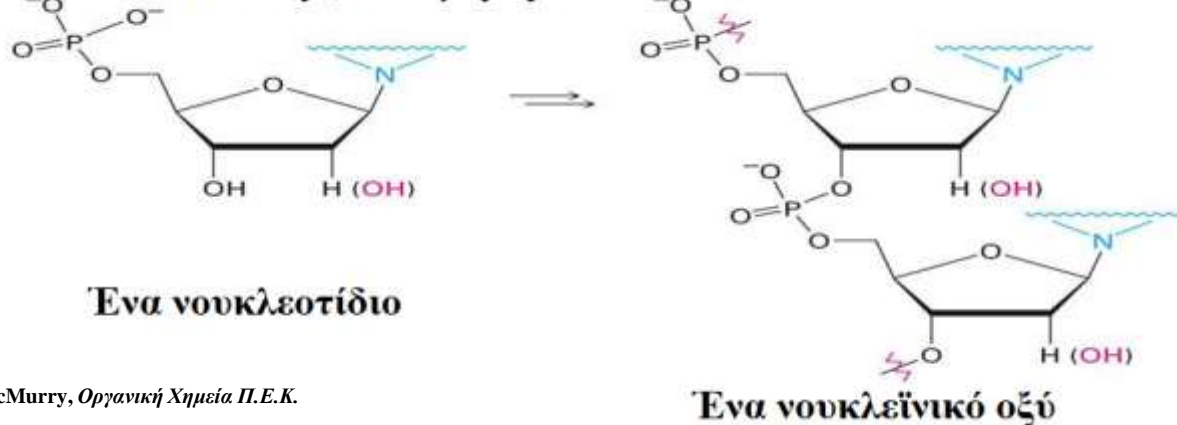
Κυτταρίνη, πολυμερές γλυκόζης



Πρωτεΐνη, πολυμερές αμινοξέων



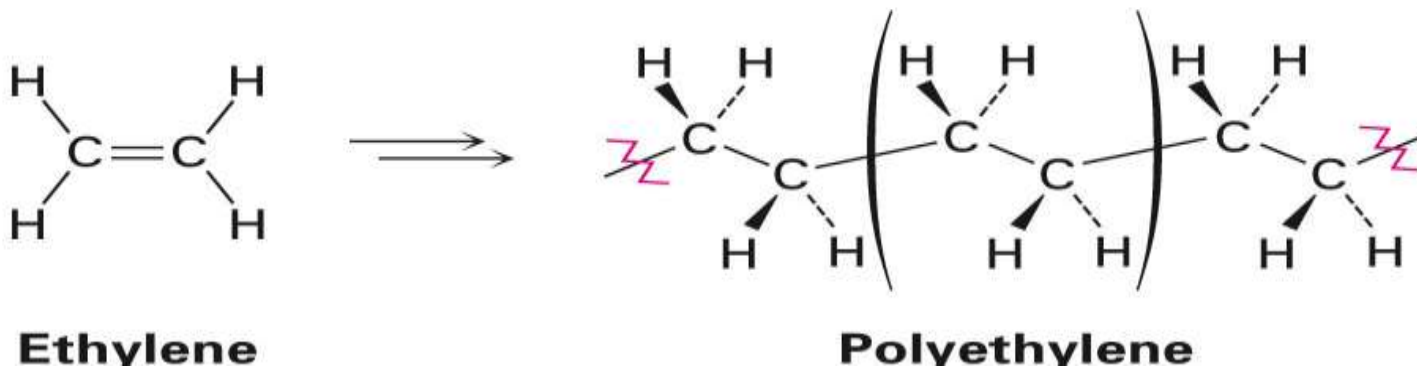
Νουκλεϊνικό οξύ, πολυμερές νουκλεοτιδίων



Πολυμερή αλυσιδωτής αντίδρασης

- Έτσι ονομάζεται το πολυαιθυλένιο και άλλα ολεφινικά πολυμερή, γιατί σχηματίζονται με διαδικασία αλυσιδωτής αντίδρασης κατά την οποία:
 - Εκκινητής προστίθεται στο διπλό δεσμό $-C=C-$ του μονομερούς δημιουργώντας δραστικό ενδιάμεσο.
 - Το ενδιάμεσο αντιδρά με δεύτερο μόριο μονομερούς, δίνοντας νέο ενδιάμεσο που αντιδρά με τη σειρά του με τρίτο μονομερές κ.ο.κ..

Polyethylene—a synthetic alkene polymer



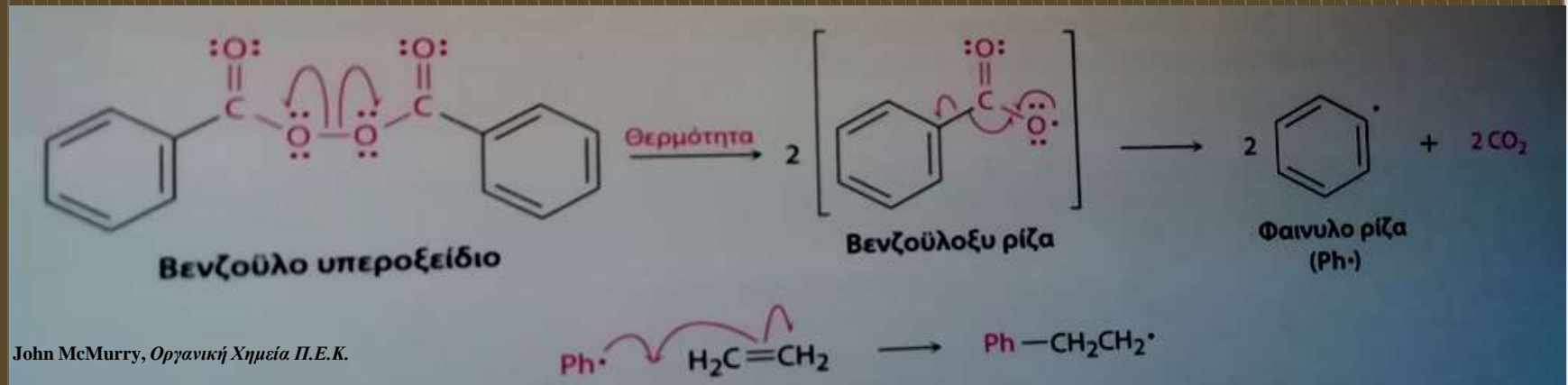
John McMurry, *Organic Chemistry 7th Edition*

Αγγελική Απ. Γαλάνη

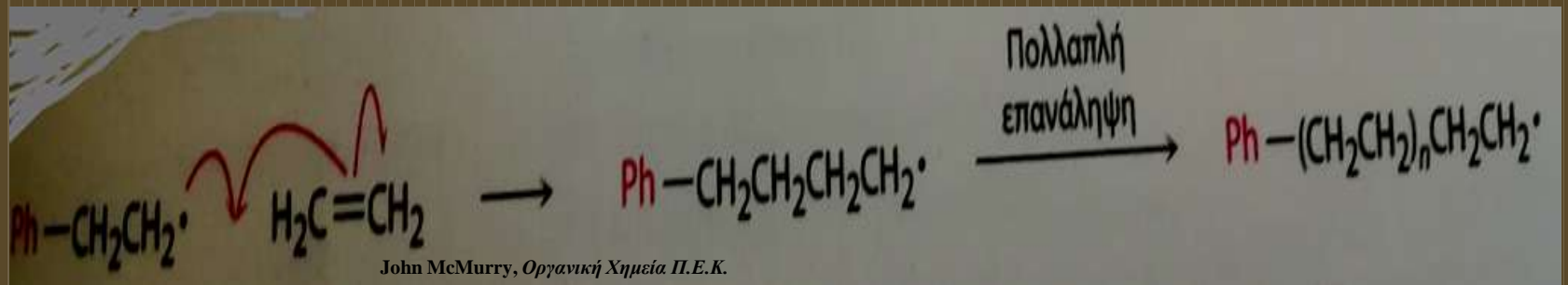
Πολυμερή αλυσιδωτής αντίδρασης

Στάδια αντίδρασης πολυμερισμού

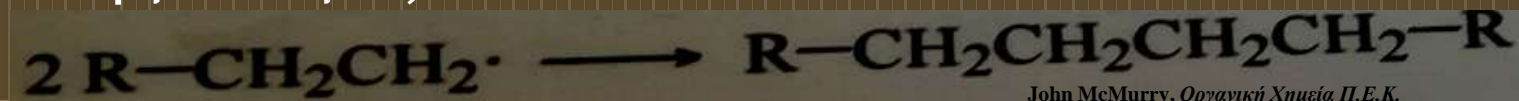
- Έναρξη. Δημιουργία μικρού πληθυσμού ριζών από τη διάσπαση του ασθενούς δεσμού O-O.



- Διάδοση.



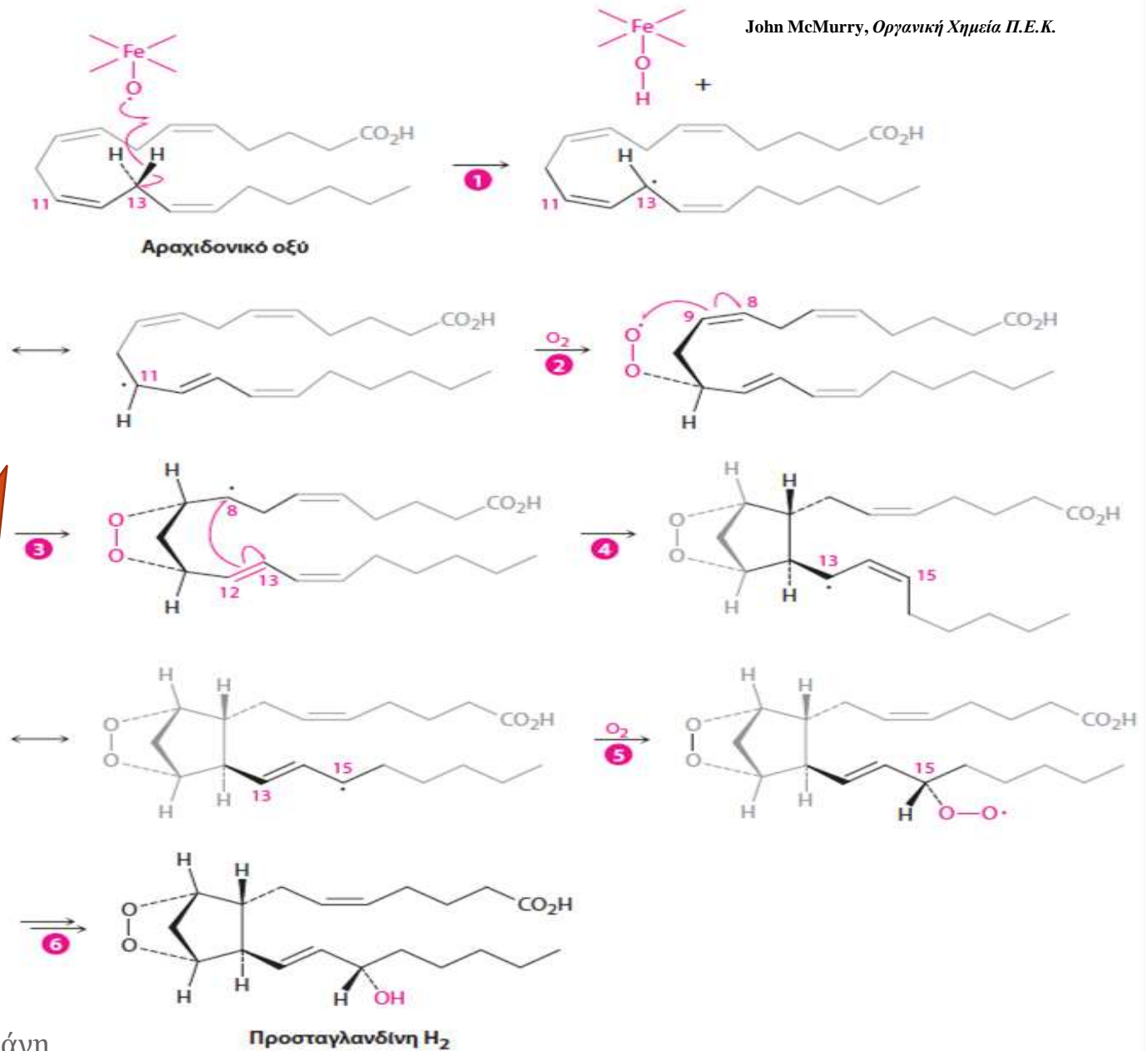
- Τερματισμός.



Βιοσύνθεση προσταγλαδίνων

John McMurry, *Οργανική Χημεία Π.Ε.Κ.*

Στάδια 2,3:
Αντιδράσεις
προσθήκης
ριζών στο O₂
Στάδια 3,4 :
Αντιδράσεις
προσθήκης
ριζών σε
δεσμούς
άνθρακα-
άνθρακα

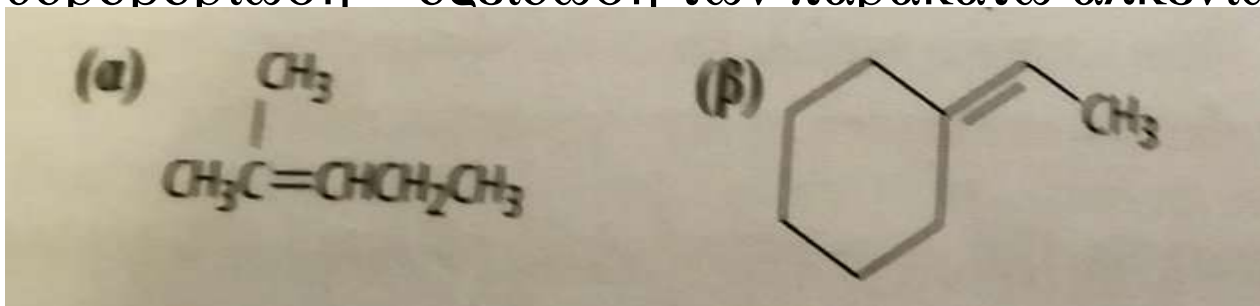




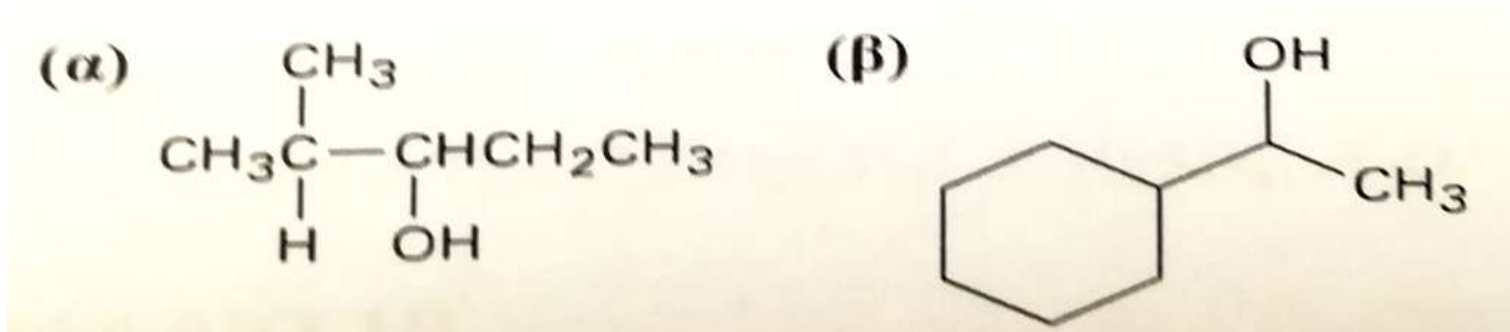
Ασκήσεις

Πηγή: 1) Βασική Οργανική Χημεία Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις , Αθ. Σταμούλης, 2008
 2) Οργανική Χημεία John McMurry, 9^η Έκδοση, Μετάφραση Επιστημονική επιμέλεια, Γ. Βαρβούνης, Α. Βροντέλη, Α. Δέτση, Α. Ζωγράφος, Η. Κακουλίδης, Χ. Κατερινόπουλος, Β. Νικολαΐδου, Θ. Πρεβεδώρος, Β. Σαρλή, Σ. Χαρουτουγιάν, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

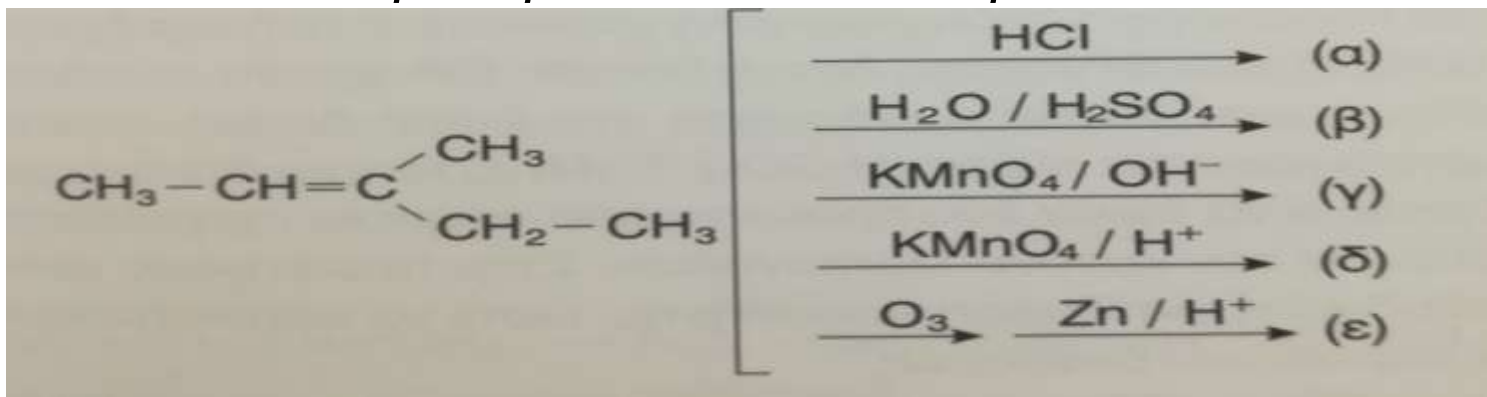
1. Υποδείξτε τη δομή των προϊόντων που προκύπτουν από την υδροβορίωση – οξείδωση των παρακάτω αλκενίων:



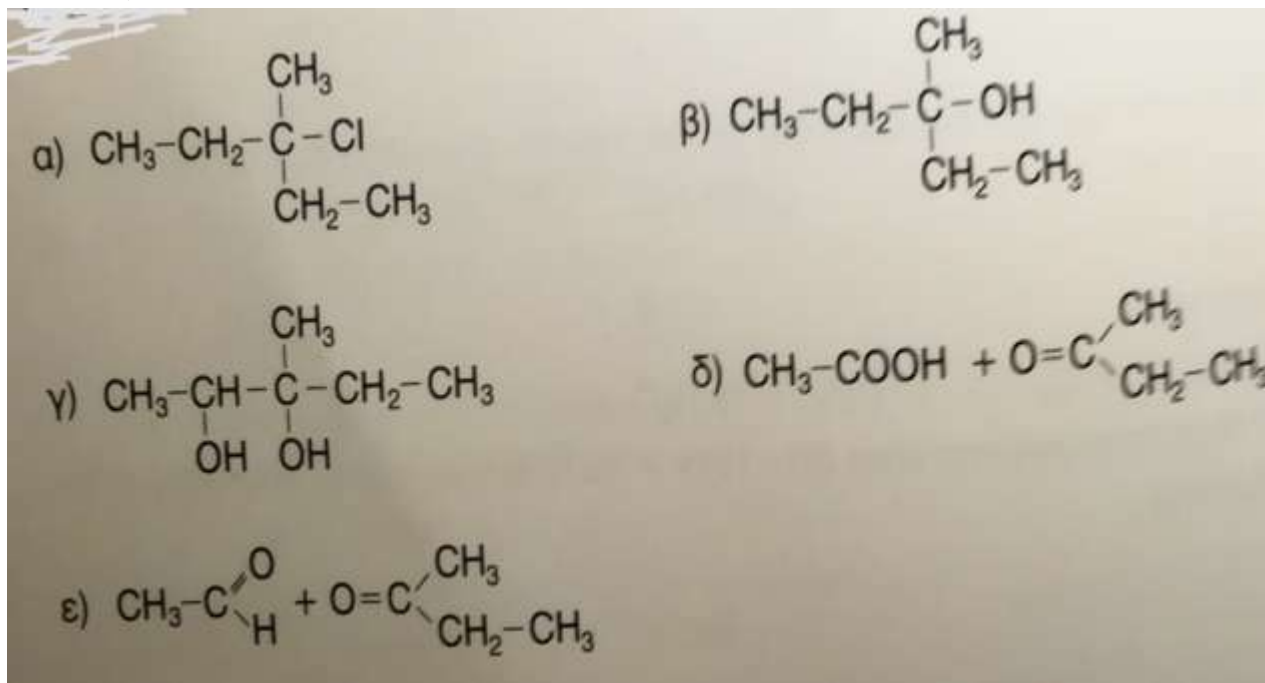
ΑΠΑΝΤΗΣΗ



2. Ποια τα κύρια προϊόντα των αντιδράσεων:

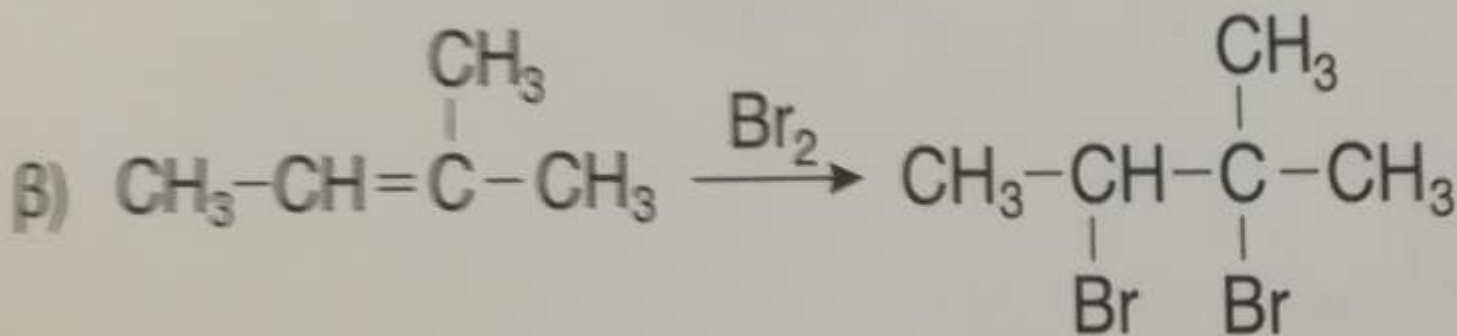
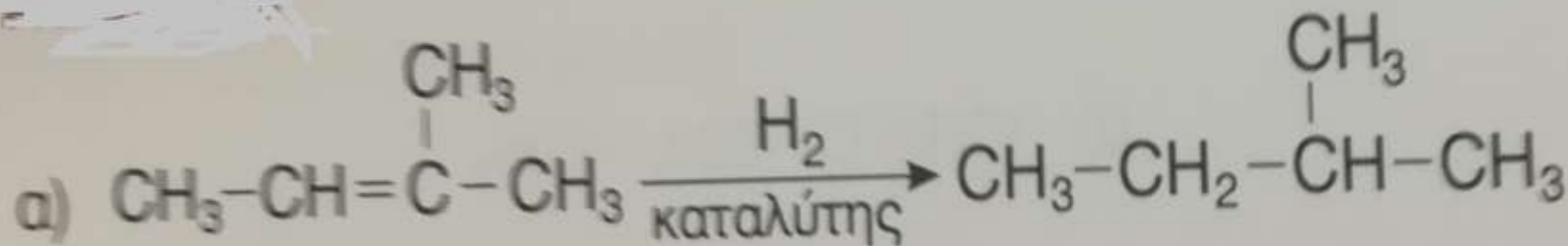


ΑΠΑΝΤΗΣΗ

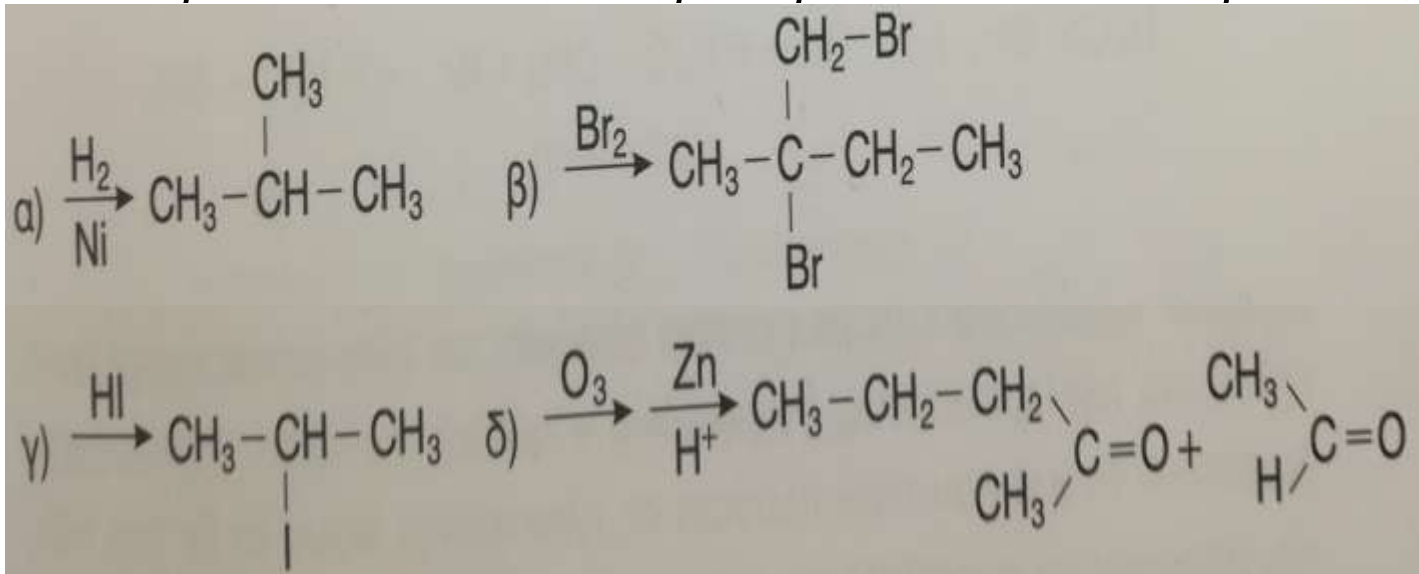


3. Ποιο το προϊόν α) της καταλυτικής υδρογόνωσης και β) βρωμίωσης του 2-μεθυλο-2-βουτενίου;

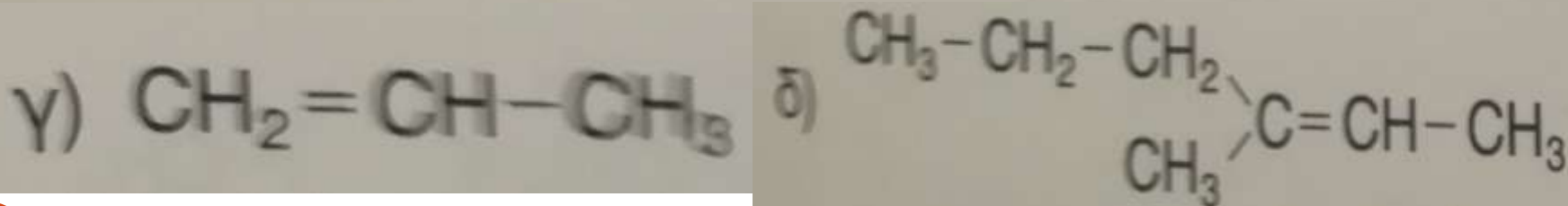
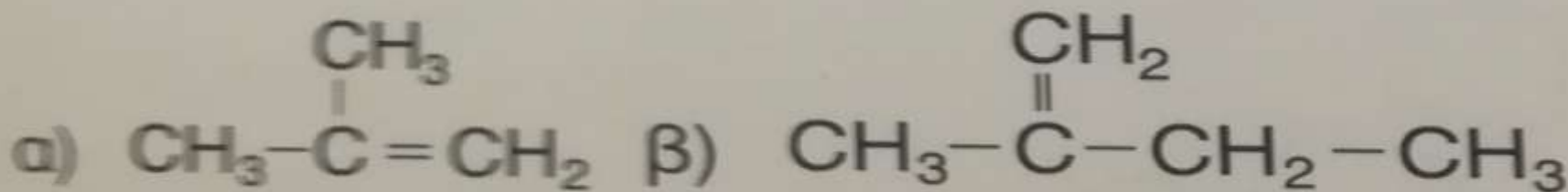
ΑΠΑΝΤΗΣΗ



4. Από ποιο αλκένιο παρασκευάζονται τα πιο κάτω προϊόντα;
Θεωρείται ότι είναι τα κύρια προϊόντα των αντιδράσεων;



ΑΠΑΝΤΗΣΗ





Βιβλιογραφία

- **Οργανική Χημεία John McMurry, Μετάφραση Επιστημονική επιμέλεια Αναστάσιος Βάρβογλης, Μιχάλης Ορφανόπουλος, Ιουλία Σμόνου, Μανώλης Στρατάκης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.**
- **Βασική Οργανική Χημεία, Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις Σταμούλης, 2008.**
- **Οργανική Χημεία 9^η Έκδοση, Wade JR., Επιστημονική Επιμέλεια: Δημήτριος Κομιώτης, Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.**
- **«Επίτομη Οργανική Χημεία», Βάρβογλης Αναστάσιος Γ., 1^η Έκδοση 2005, Εκδόσεις Ζήτη Πελαγία & Σια Ι.Κ.Ε.**
- **<https://el.wikipedia.org/wiki/>**
- **http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.71666.html?rid=a6bfdeb8-6a20-4d98-8001-bf641eda247b&page_num=0**
- **http://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/108-ch-3_alkene_0.pptx**