

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ

Δρ. ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ ΚΟΚΟΤΟΣ

Email: ckokotos@chem.uoa.gr

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Τα σχήματα προέρχονται από τα παρακάτω βιβλία και υπόκεινται στους περιορισμούς περί πνευματικών δικαιωμάτων:

1. Οργανική Χημεία I, Μετάφραση D. Klein, Utopia Publishing, ISBN-13: 978-618-5173-01-2, ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΝ ΕΥΔΟΞΟ: 50657700
2. Οργανική Χημεία II, Μετάφραση D. Klein, Utopia Publishing, ISBN-13: 978-618-5173-02-9, ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΝ ΕΥΔΟΞΟ: 50657702
3. Οργανική Χημεία, Μετάφραση Clayden-Greeves-Warren, Τόμος I, Utopia Publishing, ISBN-13: 978-618-5173-20-3, ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΝ ΕΥΔΟΞΟ: 59380842
4. Οργανική Χημεία, Μετάφραση Clayden-Greeves-Warren, Τόμος II, Utopia Publishing, ISBN-13: 978-618-5173-21-0, ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΝ ΕΥΔΟΞΟ: 59384178
5. Οργανική Χημεία, Μετάφραση John E. McMurry, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, ISBN 978-960-524-054-7, ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΝ ΕΥΔΟΞΟ: 22689357

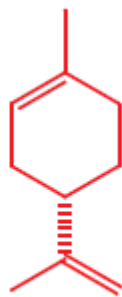
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Η ΦΥΣΗ ΕΙΝΑΙ ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ!!!!!!!!!!!!!!!

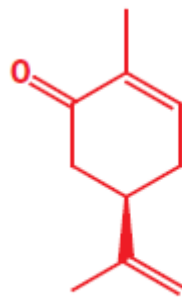
enantiomeric
smells



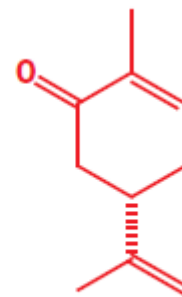
R-(+)-limonene
smells of oranges



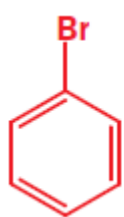
S-(-)-limonene
smells of lemons



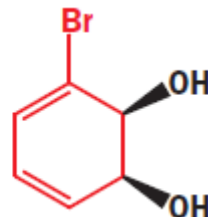
S-(+)-carvone
smells of spearmint



R-(-)-carvone
smells of caraway seeds

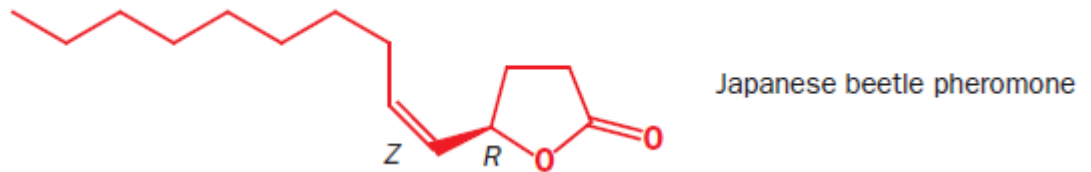
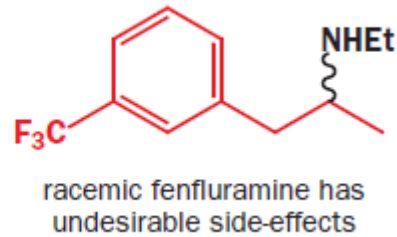
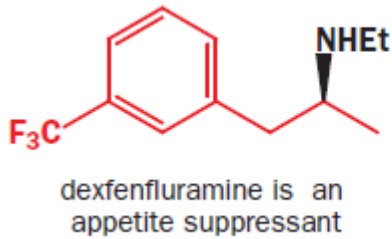
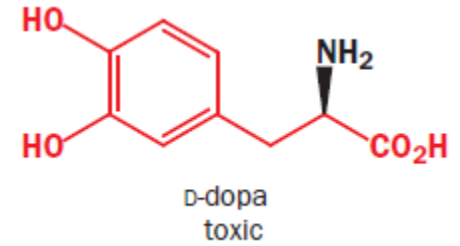
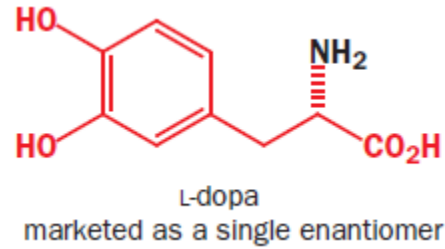
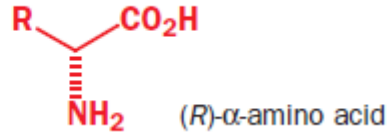
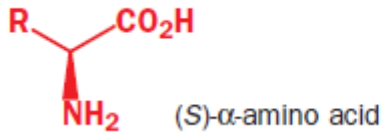


Pseudomonas putida



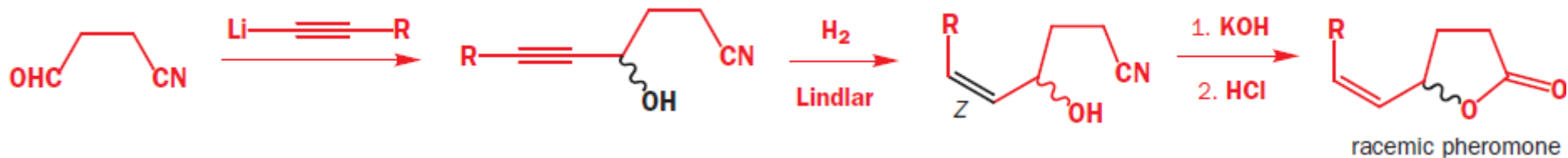
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Η ΦΥΣΗ ΕΙΝΑΙ ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

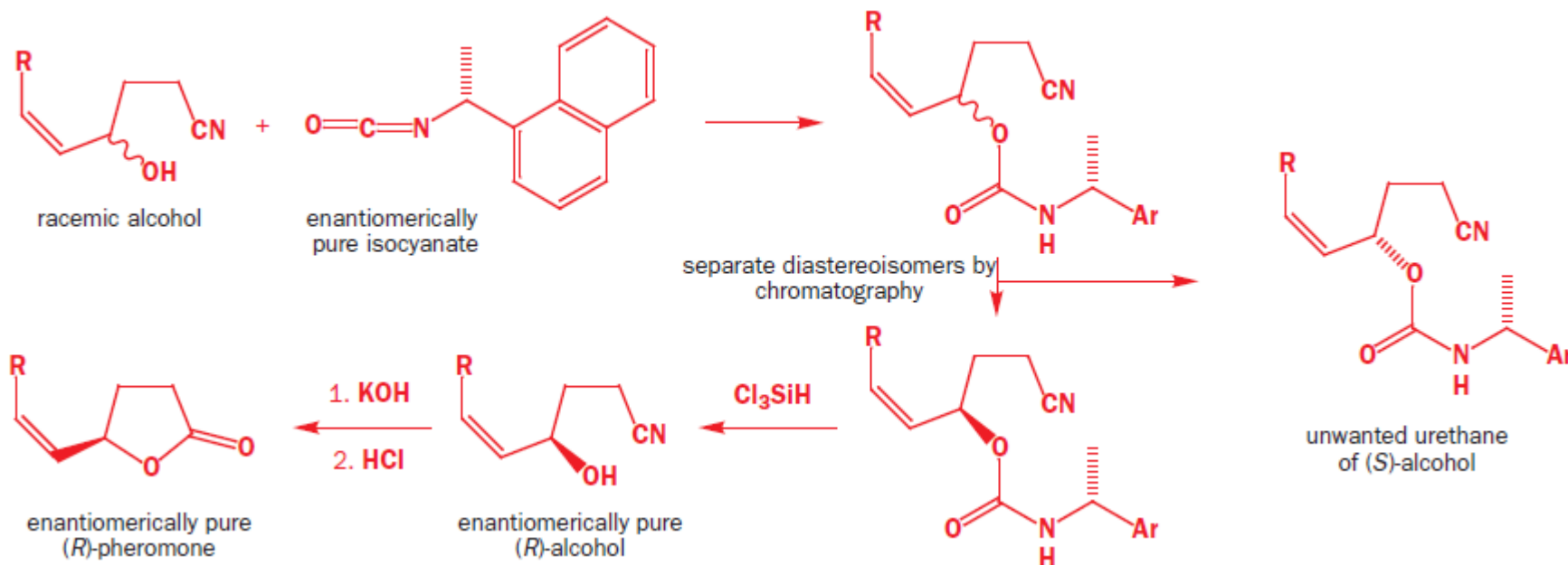
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΩΝ



Εάν δεν υπάρχει μια χειρόμορφη πρώτη ύλη, τότε η σύνθεση είναι ρακεμική. Στη σύνθεση της φερομόνης, η προσθήκη του αλκινίου δημιουργεί ένα νέο στερεογονικό κέντρο, το οποίο δημιουργείται σε αναλογία 50-50. Η αναγωγή με τον καταλύτη του Lindlar είναι στερεοεκλεκτική. Για να γίνει ο διαχωρισμός των 2 εναντιομερών χρησιμοποιείται η τεχνική του διαχωρισμού των εναντιομερών με χρήση χειρόμορφου αντιδραστήριου. Στην ουσία, η αντίδραση του ρακεμικού μίγματος με μια εναντιομερικά καθαρά ένωση δημιουργεί ένα μίγμα διαστερομερών που μπορεί συνήθως να διαχωρισθεί. Μετά το διαχωρισμό των διαστερομερών, ακολουθεί αποπροστασία του χειρόμορφου αντιδραστήριου και κυκλοποίηση στη φερομόνη.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

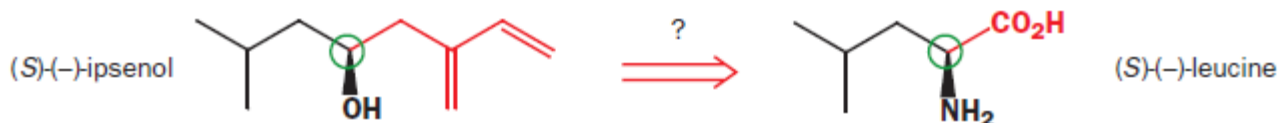
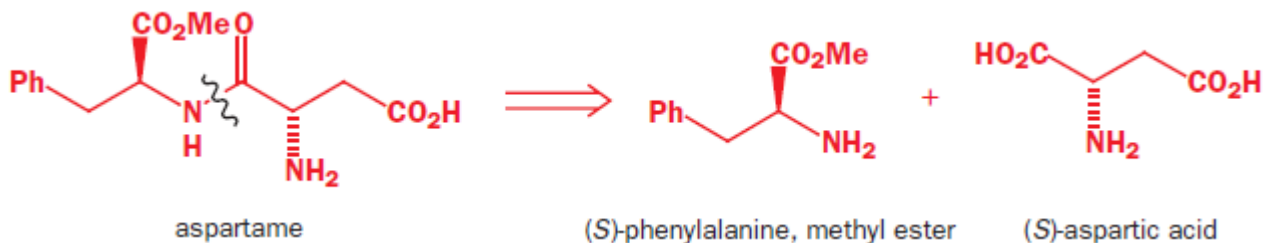
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΩΝ



Αυτός ο τρόπος σύνθεσης δεν είναι αποδεκτός, γιατί στην ουσία το 50% της ουσίας απορρίπτεται. Επίσης, το εναντιομερικά καθαρό αντιδραστήριο μπορεί να είναι ακριβό και γι αυτό συνήθως προτιμάται να ανακυκλώνεται.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

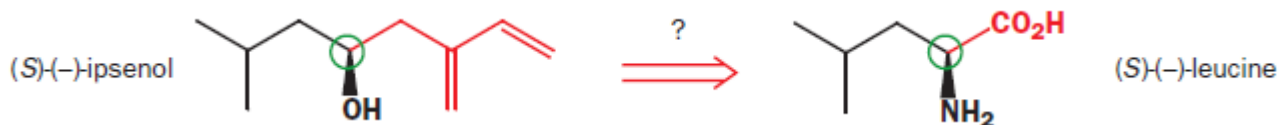
Η ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΗ ΠΙΣΙΝΑ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ (NATURE'S CHIRAL POOL)



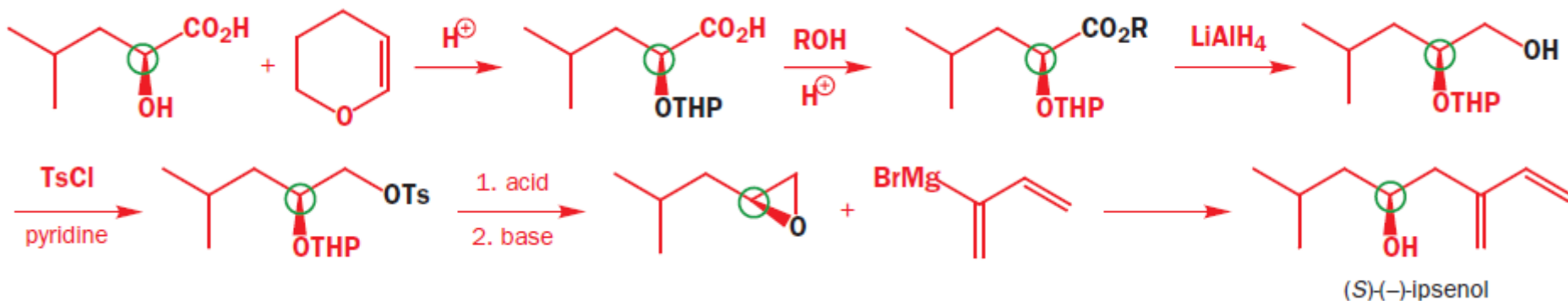
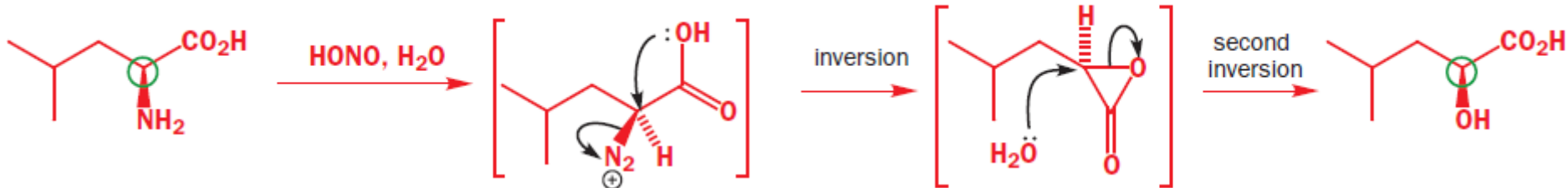
Ο πιο οικονομικός τρόπος για τη σύνθεση εναντιομερικά καθαρών ενώσεων είναι η χρήση ενός χειρόμορφου αντιδραστηρίου που υπάρχει στη φύση. Ευτυχώς, στη φύση υπάρχει μια μεγάλη βιβλιοθήκη χειρόμορφων ενώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σύνθεση.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Η ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΗ ΠΙΣΙΝΑ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ (NATURE'S CHIRAL POOL)

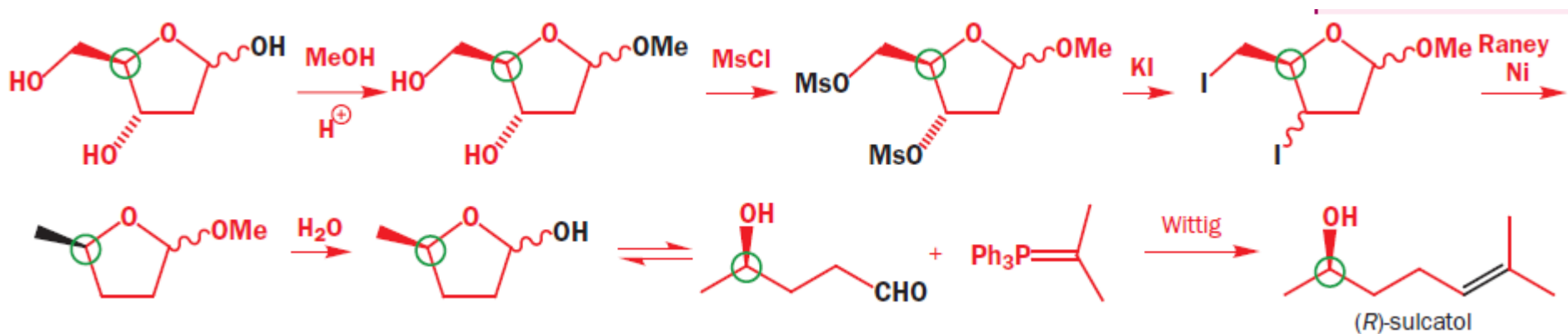
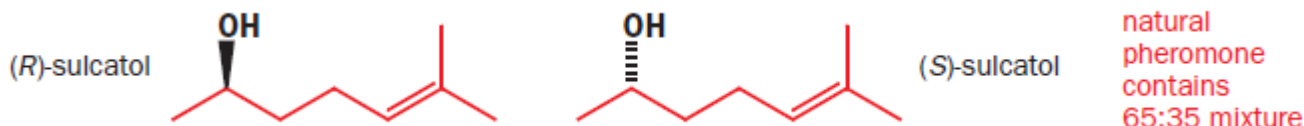


diazotization–hydrolysis of amino acids to give hydroxy-acids proceeds with overall retention



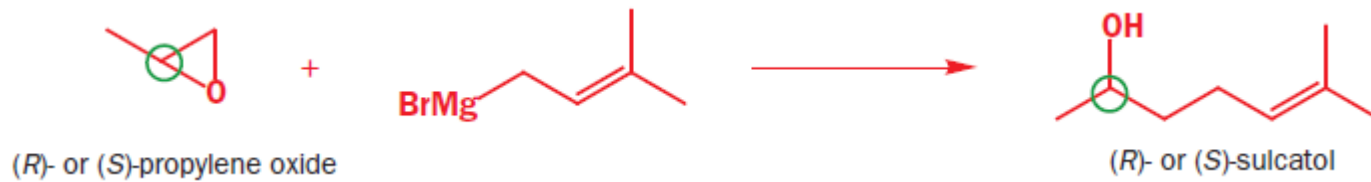
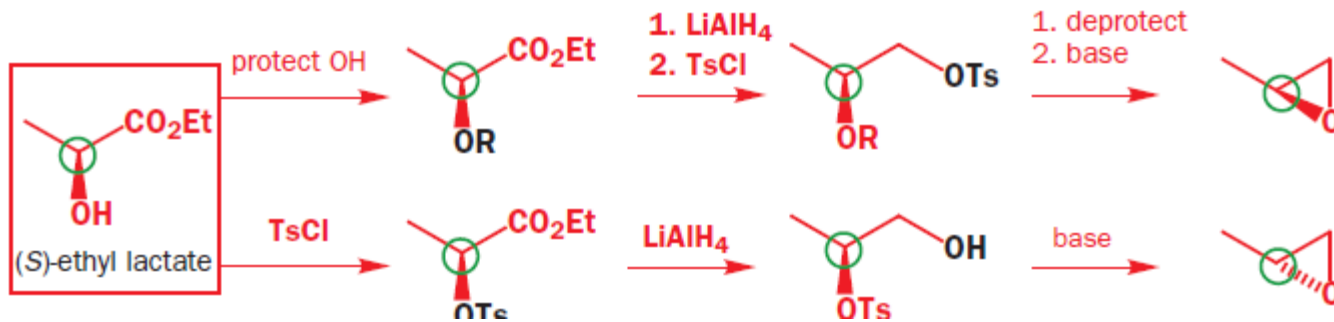
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Η ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΗ ΠΙΣΙΝΑ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ (NATURE'S CHIRAL POOL)



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

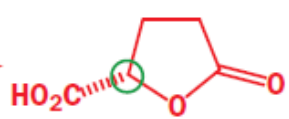
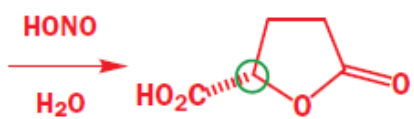
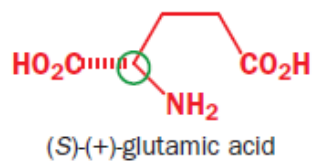
Η ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΗ ΠΙΣΙΝΑ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ (NATURE'S CHIRAL POOL)



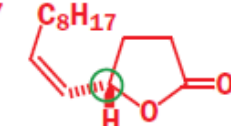
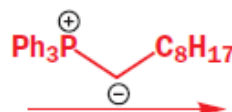
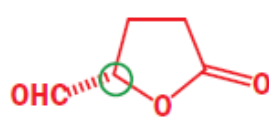
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Η ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΗ ΠΙΣΙΝΑ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ (NATURE'S CHIRAL POOL)

attempted chiral pool synthesis of Japanese beetle pheromone



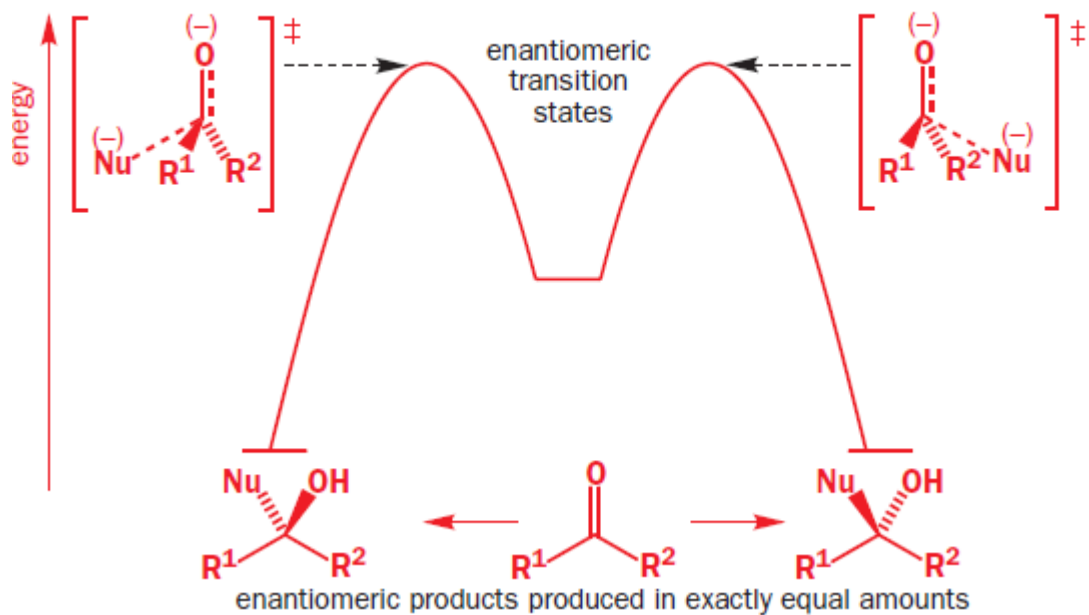
1. SOCl_2
2. H_2 , Pd,
 BaSO_4



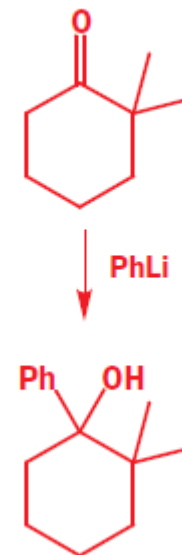
the wrong enantiomer!
(plus 10–15% of its *E*-isomer)

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

nucleophilic attack on a ketone in an achiral environment.

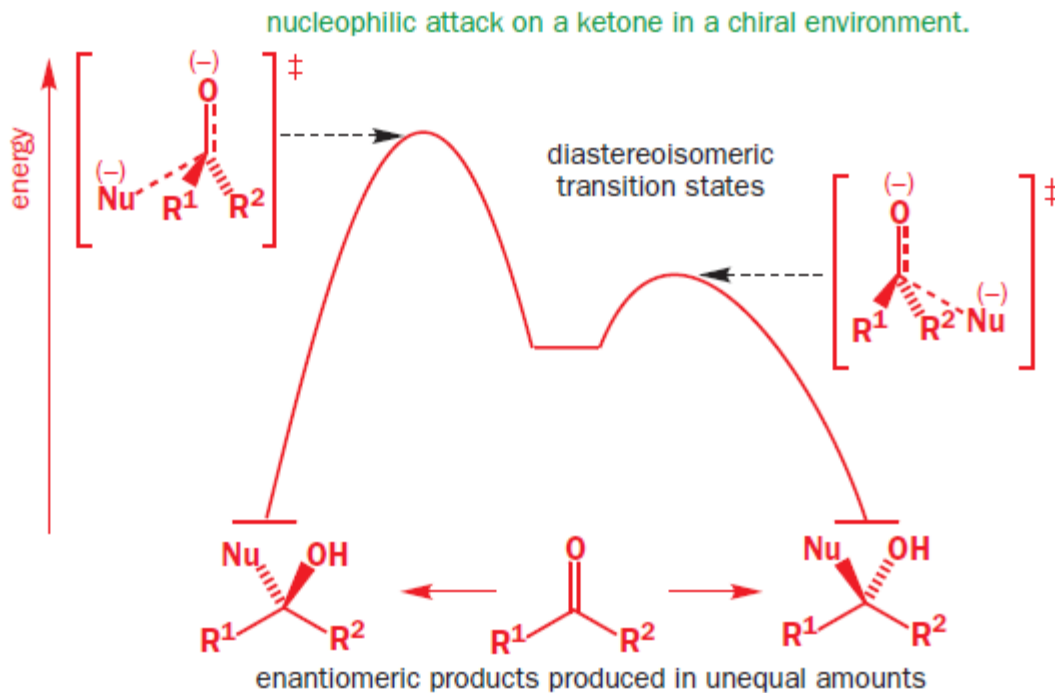
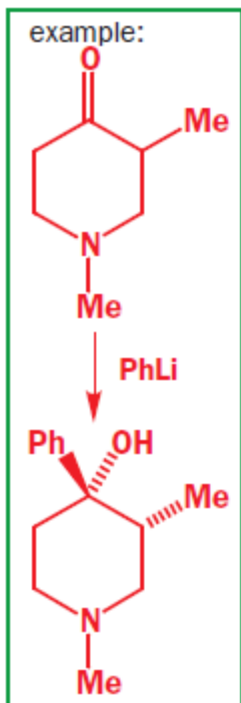
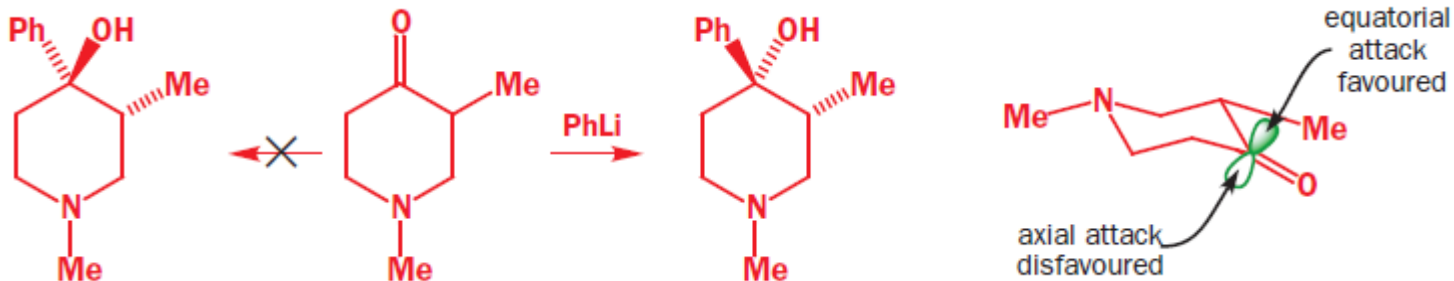


example:



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

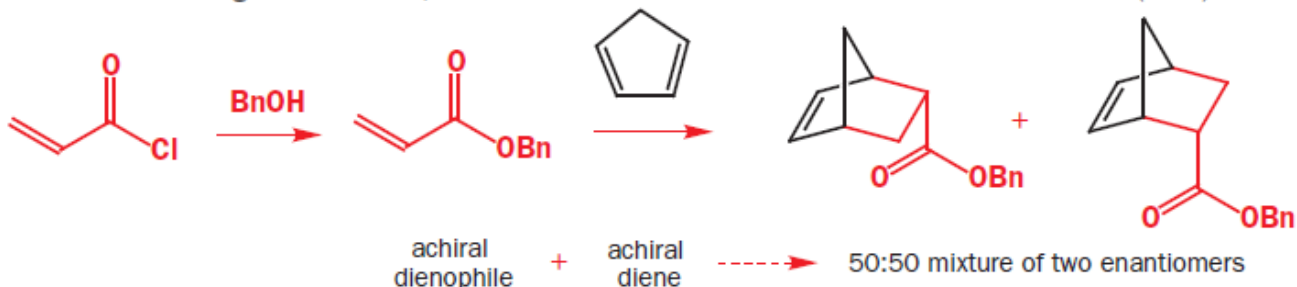
ΔΙΑΣΤΕΡΕΟΕΚΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ



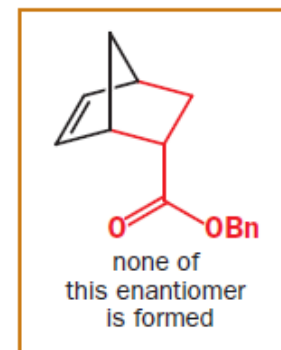
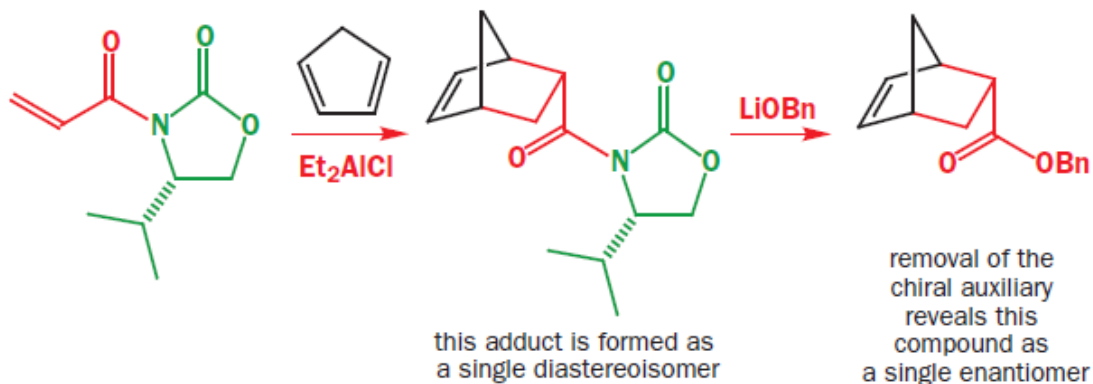
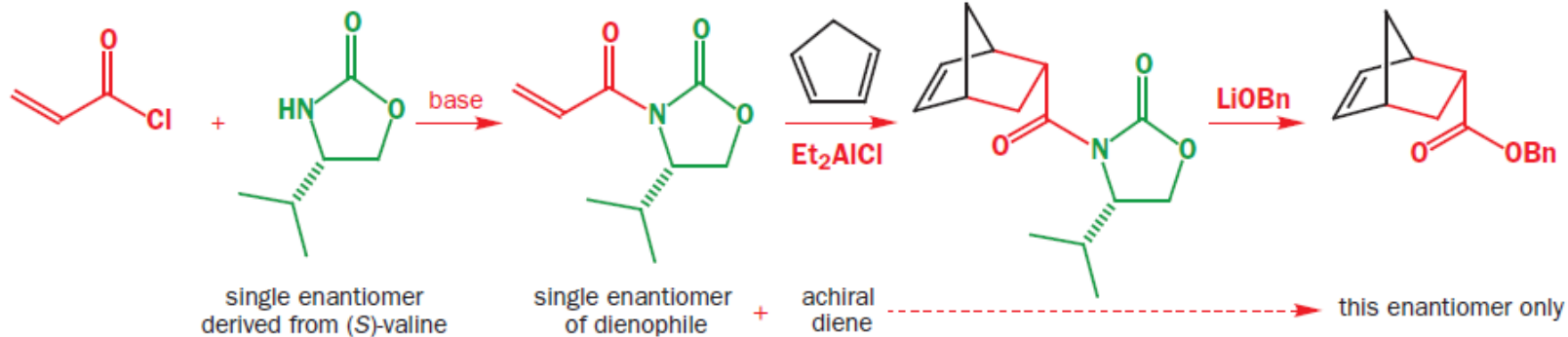
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

Diels–Alder reaction gives a racemic product



chiral auxiliary-controlled Diels–Alder reaction gives a single enantiomer of the product



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

1. Μια εναντιομερικά καθαρή ένωση (χρησιμοποιείται ως χειρόμορφο βοήθημα) αντιδρά και ενώνεται με μια από τις πρώτες ύλες.
2. Μια διαστερεοεκλεκτική αντίδραση λαμβάνει χώρα, λόγω της εναντιομερικής καθαρότητας του χειρόμορφου βοηθήματος και λαμβάνεται ένα μόνο εναντιομερές του προϊόντος.
3. Το χειρόμορφο βοήθημα απομακρύνεται από το προϊόν συνήθως με υδρόλυση οδηγώντας στο εναντιομερικά καθαρό προϊόν.

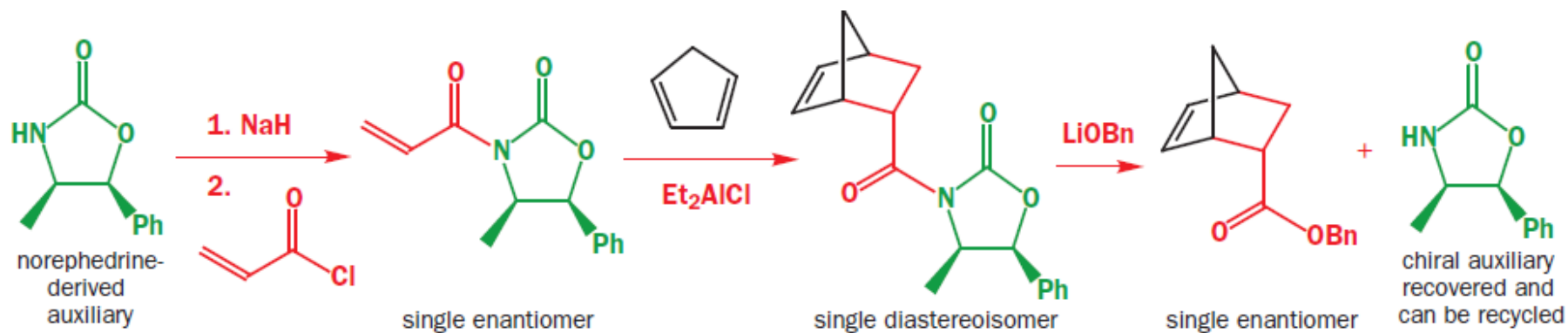
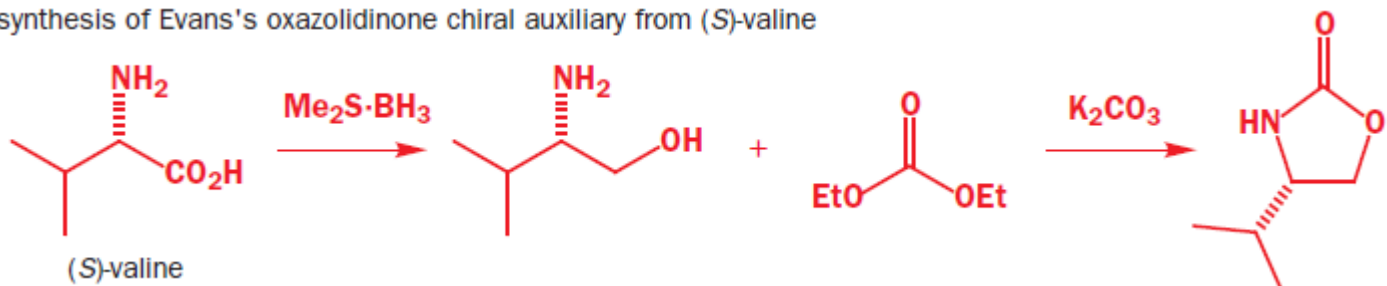
Πλεονέκτημα: Τα καλύτερα χειρόμορφα βοηθήματα μπορούν να ανακυκλωθούν και να ξαναχρησιμοποιηθούν.

Μειονεκτήματα: Τα χειρόμορφα βοηθήματα χρησιμοποιούνται σε στοιχειομετρική ποσότητα, άρα αυξάνουν το κόστος και τα απόβλητα. Τέλος, απαιτούνται 2 επιπλέον βήματα για την σύνθεση.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

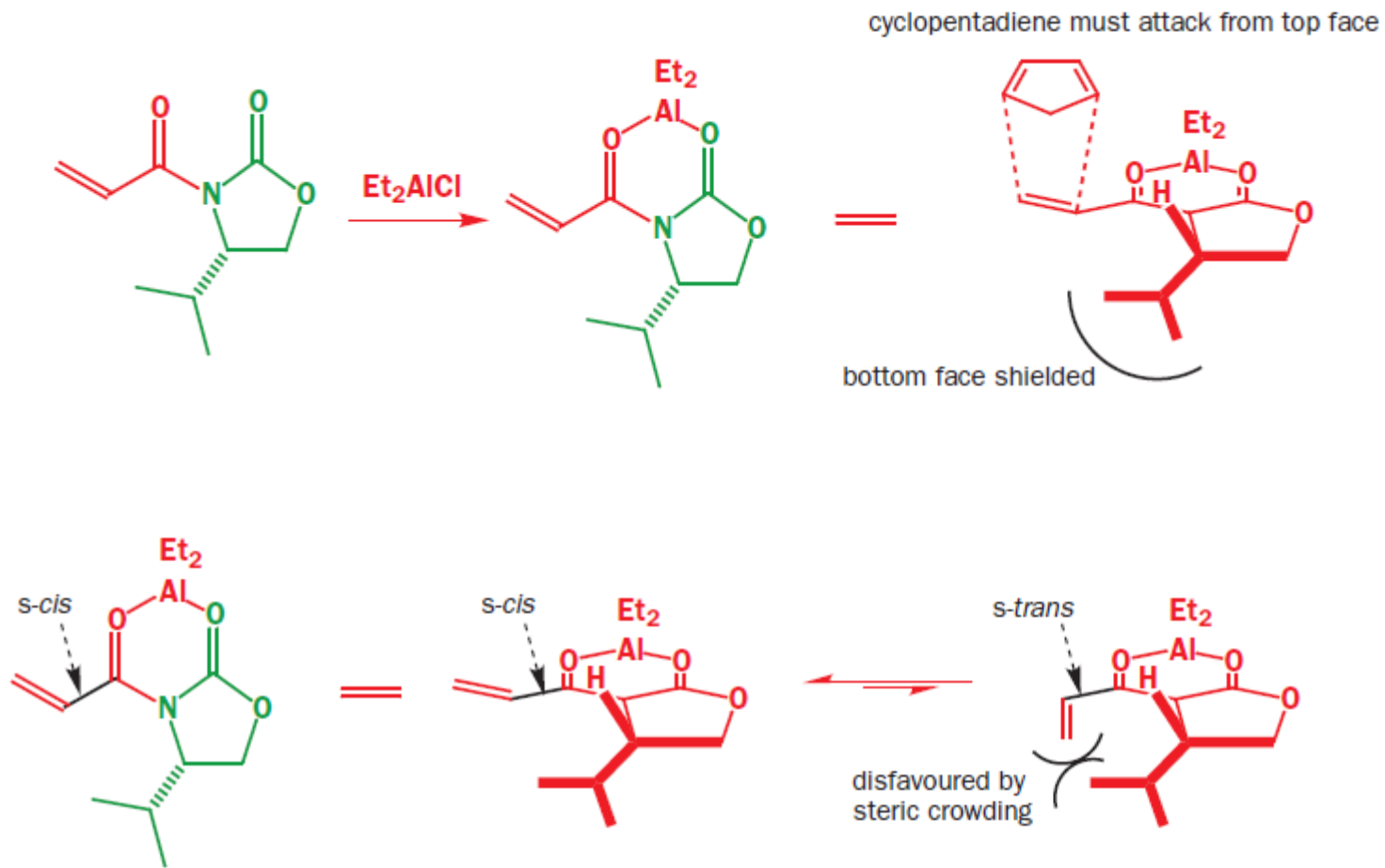
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

synthesis of Evans's oxazolidinone chiral auxiliary from (S)-valine



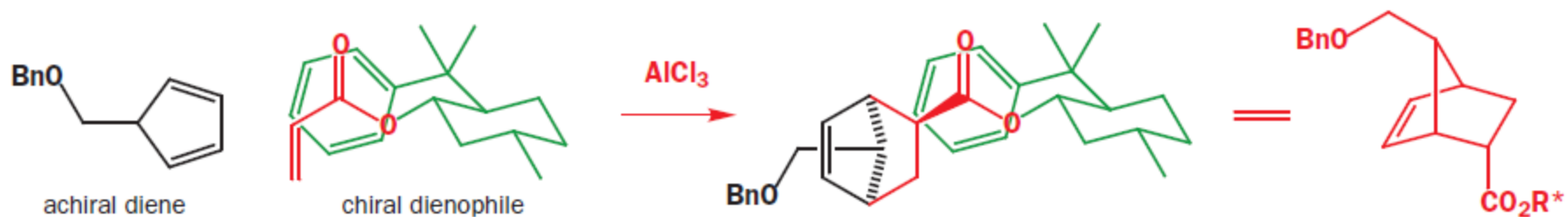
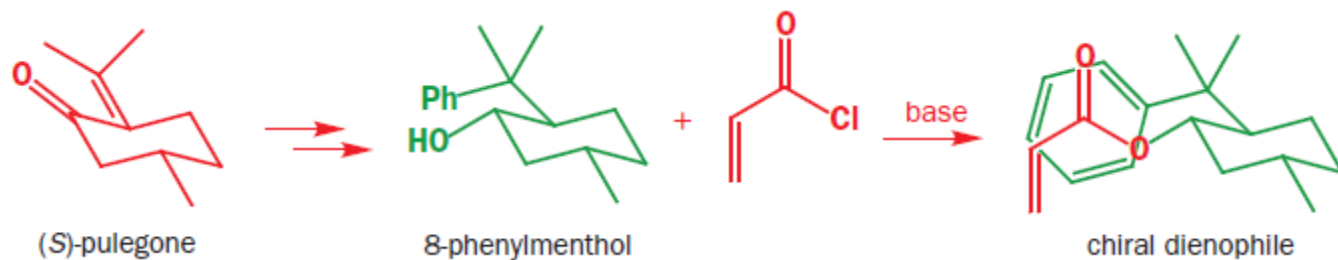
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ



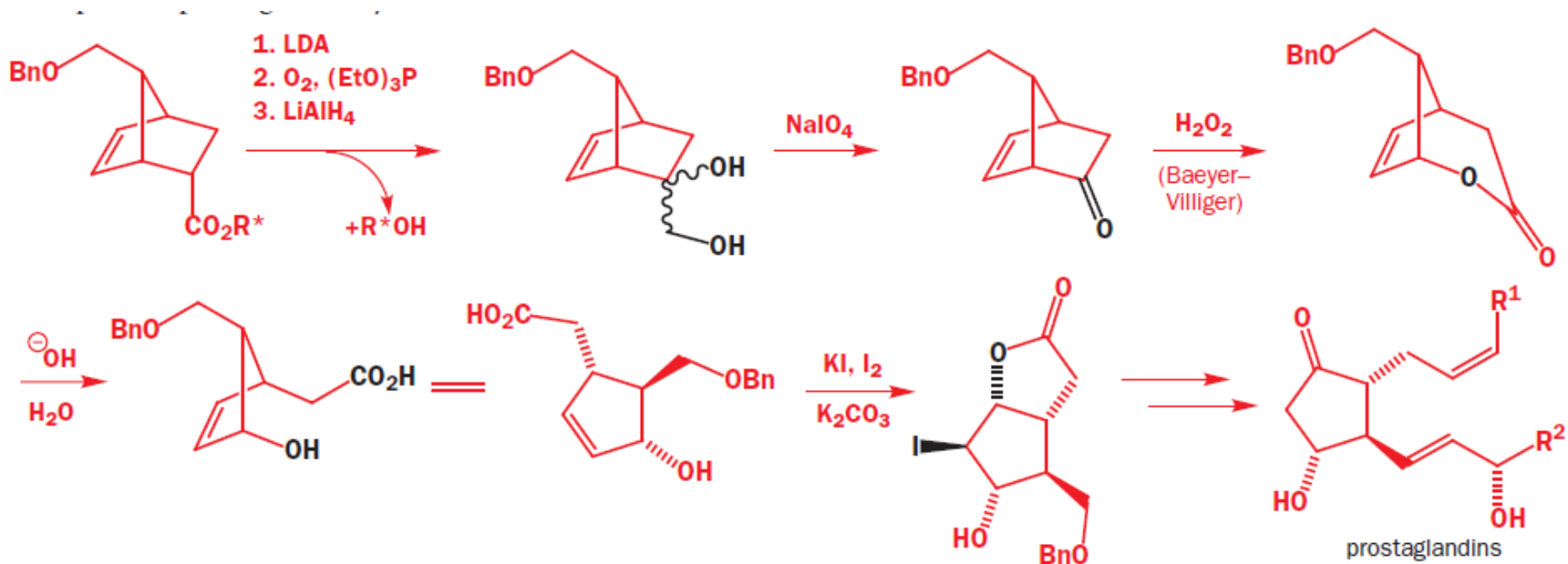
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ



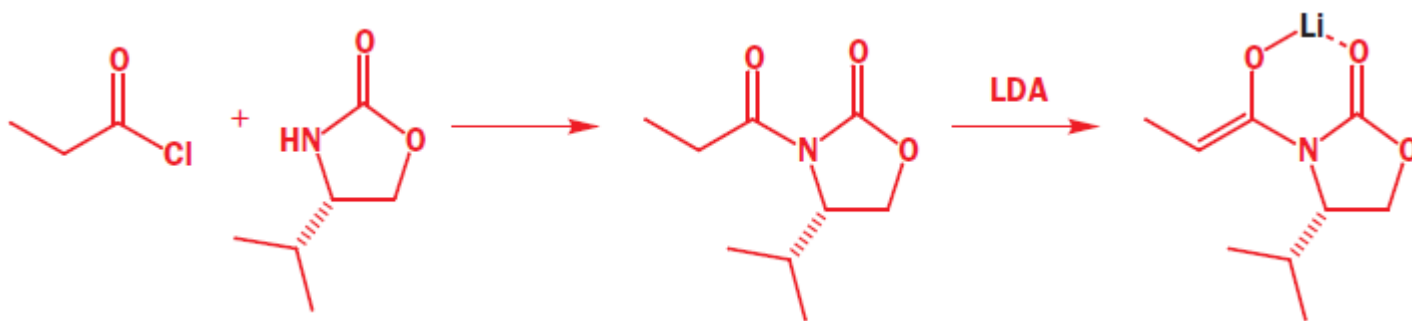
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

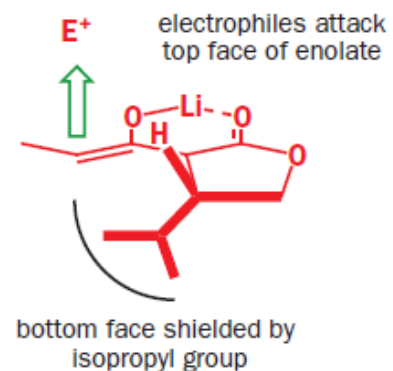
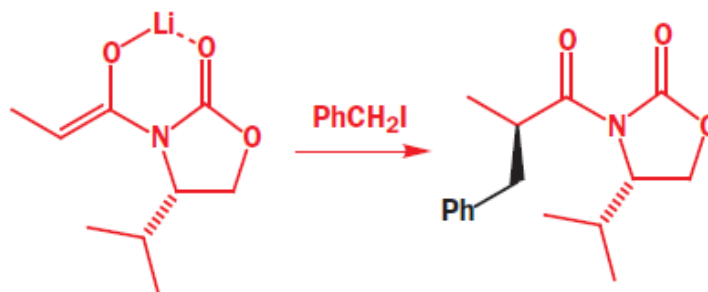


ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

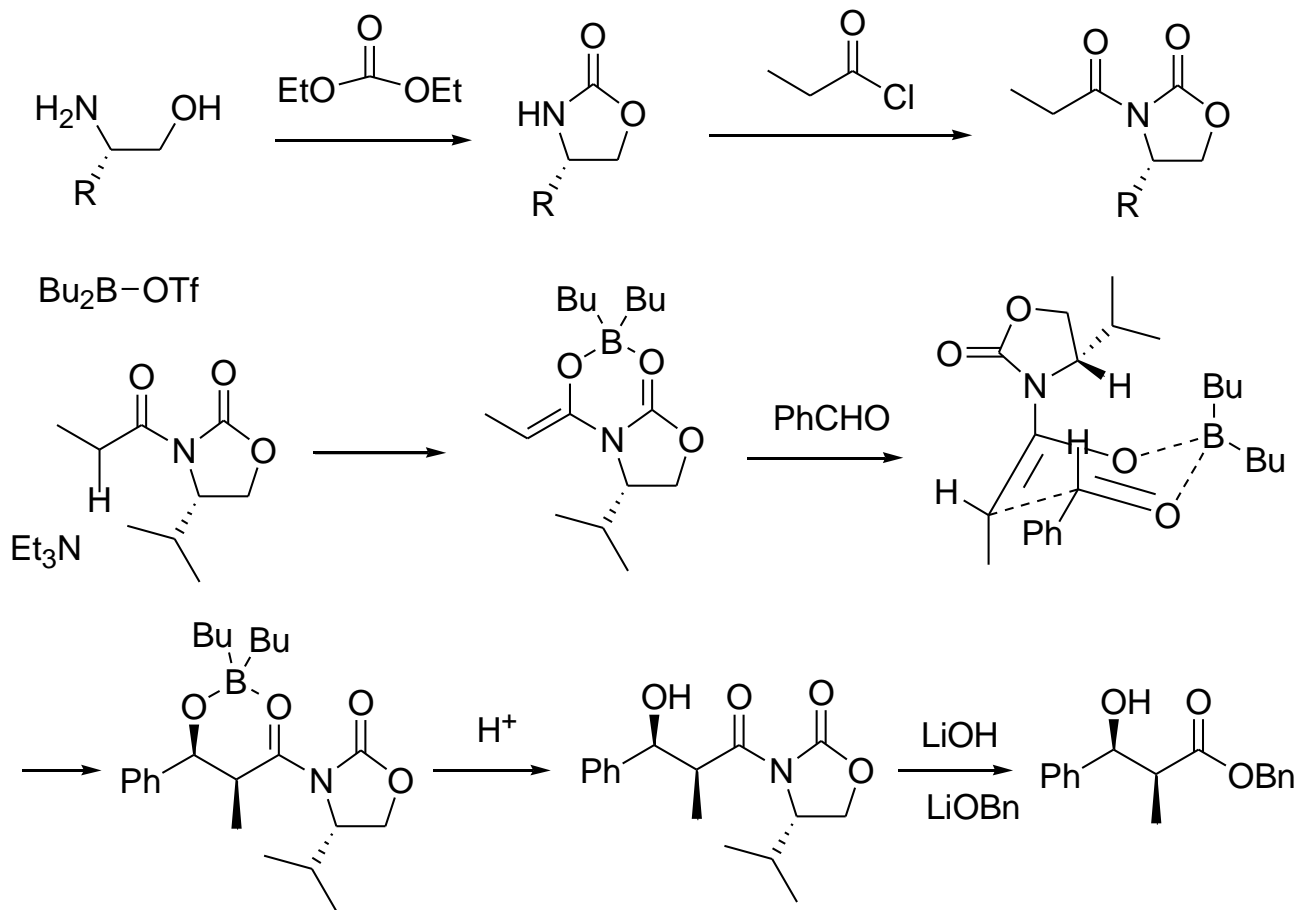


Electrophile	Ratio of diastereoisomers
PhCH ₂ I	>99:1
allyl bromide	98:2
Etl	94:6



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

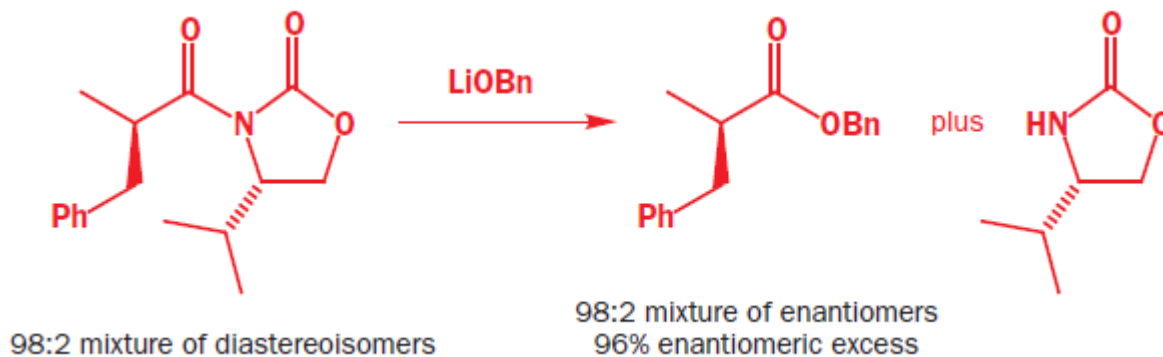
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΕ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΙΚΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ (ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΙΚ ΕΞΕΣΣ)

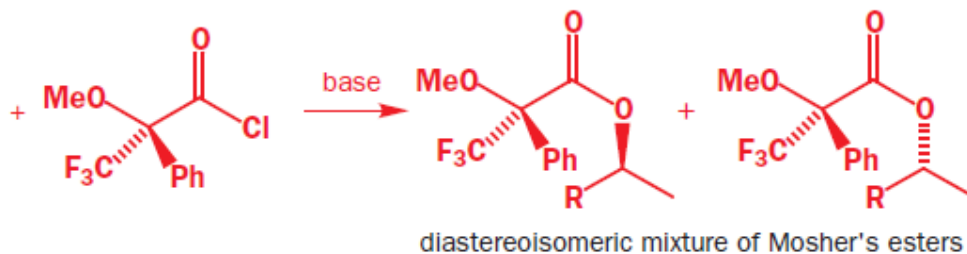
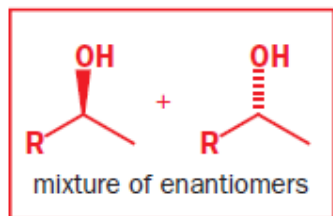
Εναντιομερική περίσσεια ονομάζεται η περίσσεια του ενός εναντιομερούς σε σχέση με το άλλο και εκφράζεται σαν ποσοστό.



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΙΚΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ (ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΙΚ ΕΞΕΣΣ)

Αντιδραστήριο MOSHER

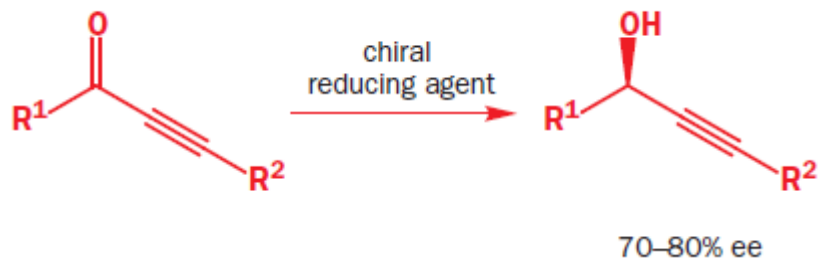
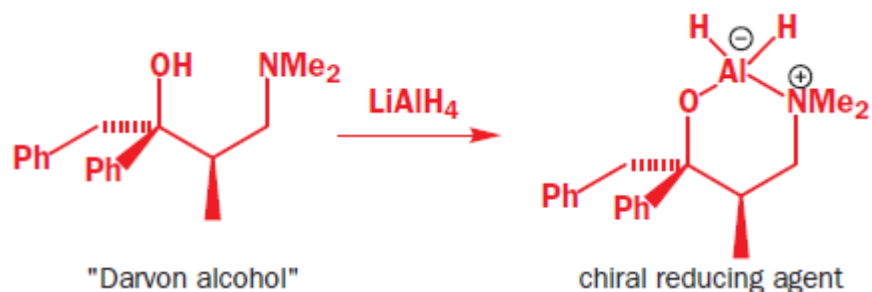
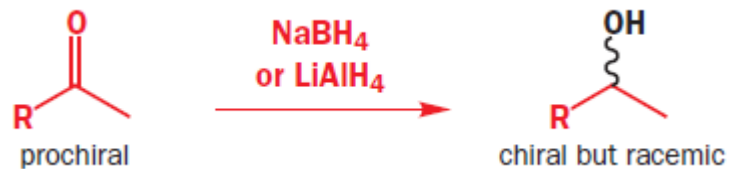


ratio of diastereoisomers
measured by integrating ¹H
or ¹⁹F NMR spectrum

Το αντιδραστήριο Mosher χρησιμοποιείται για την εύρεση της εναντιομερικής περίσσειας. Στην ουσία, το εναντιομερικά καθαρό αντιδραστήριο Mosher αντιδρά με το μίγμα εναντιομερών που θέλουμε να προσδιορίσουμε το ee. Έτσι, προκύπτει ένα μίγμα διαστερεομερών που έχει την ίδια αναλογία που είχαν αρχικά το μίγμα των εναντιομερών. Με χρήση F-NMR αναγνωρίζεται η αναλογία των διαστερεομερών και άρα γίνεται γνωστή και η αναλογία των εναντιομερών στο αρχικό μίγμα.

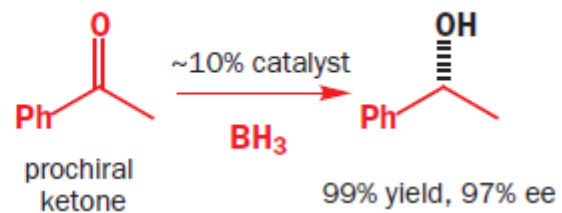
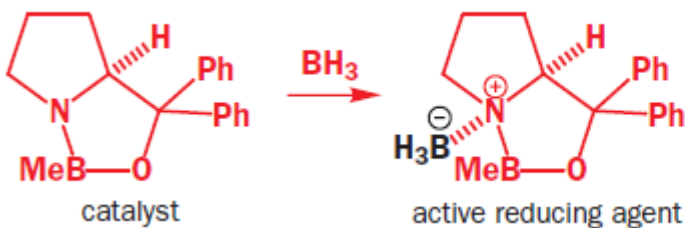
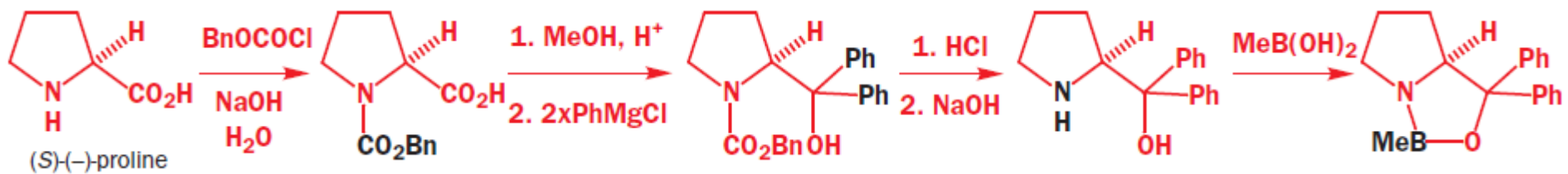
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ



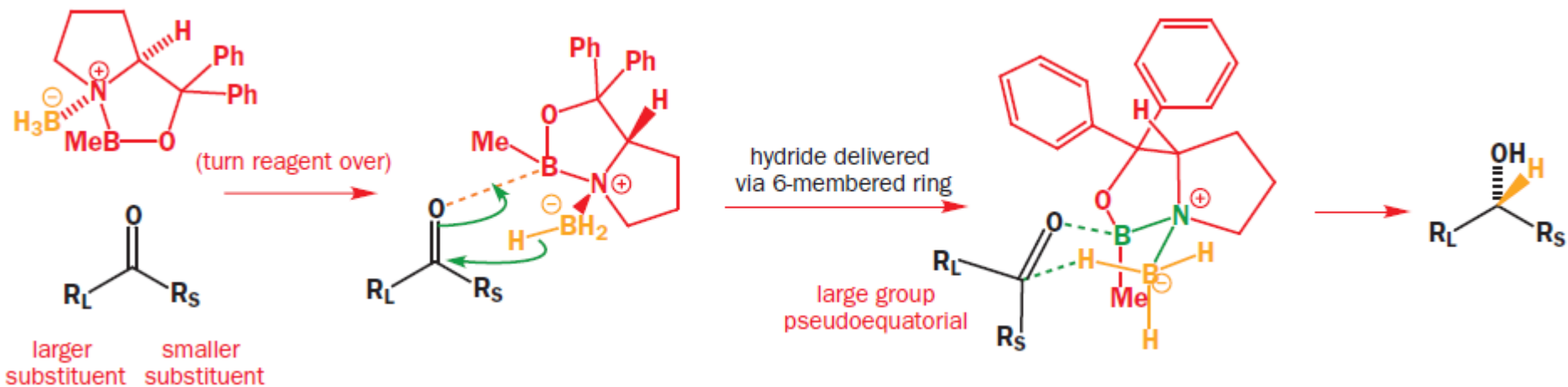
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΑΝΑΓΩΓΗ CBS (COREY-ΒΑΚΣΗ-SHIBATA)



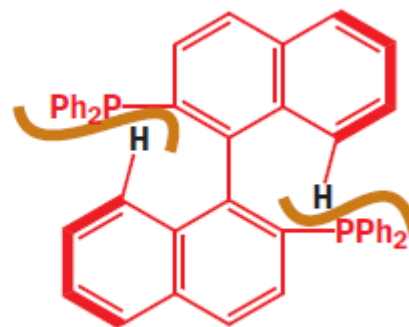
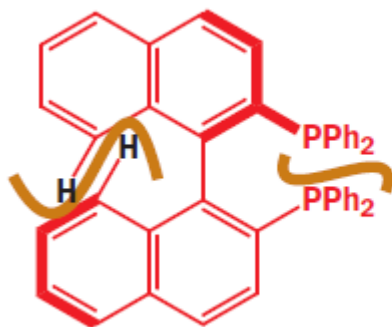
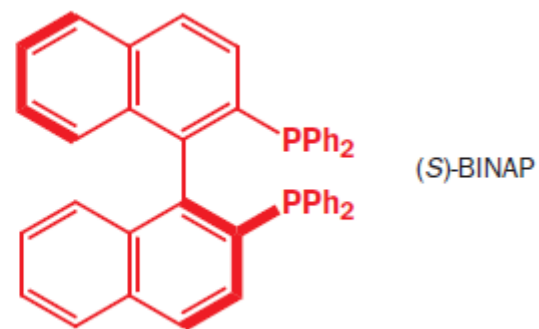
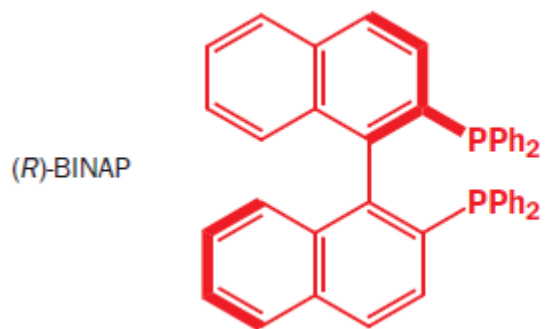
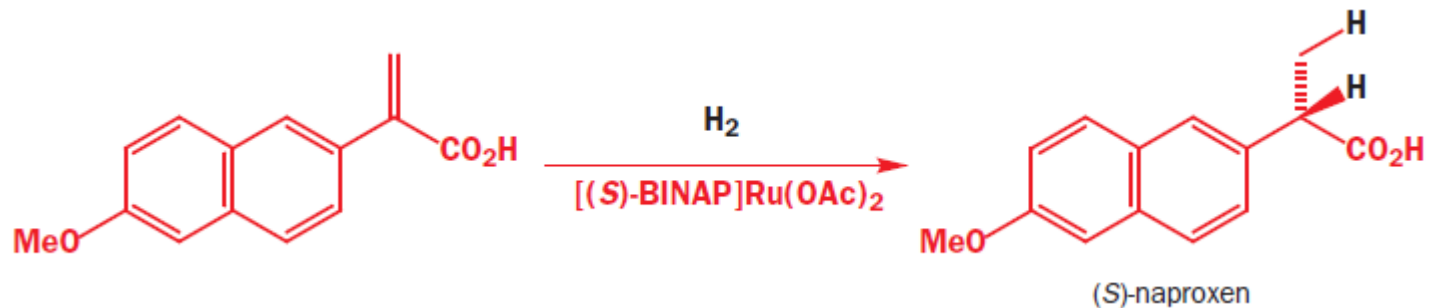
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΑΝΑΓΩΓΗ CBS (COREY-ΒΑΚΣΗ-SHIBATA)



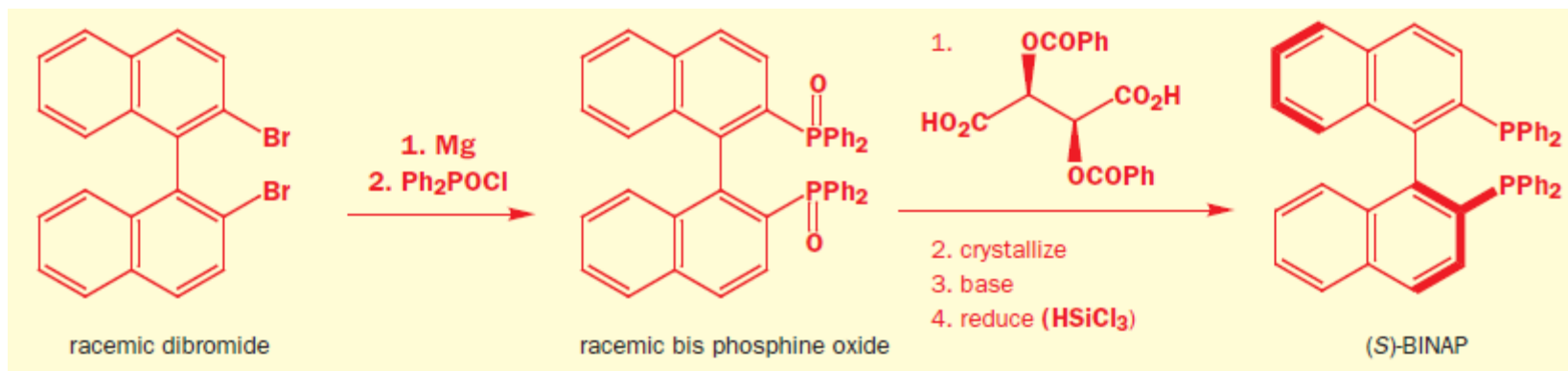
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ



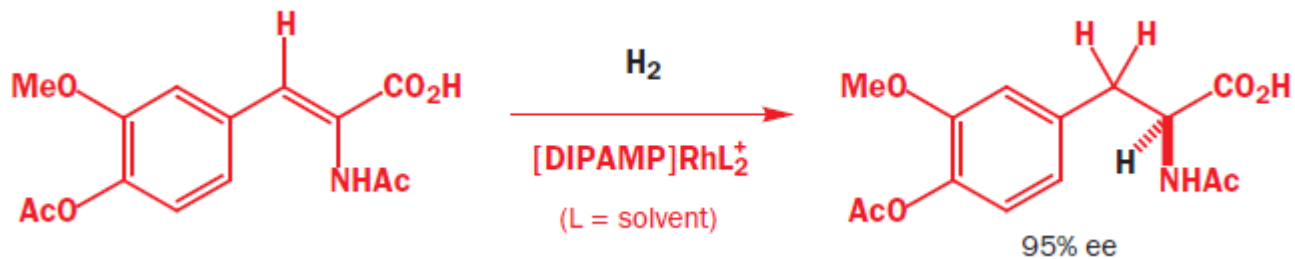
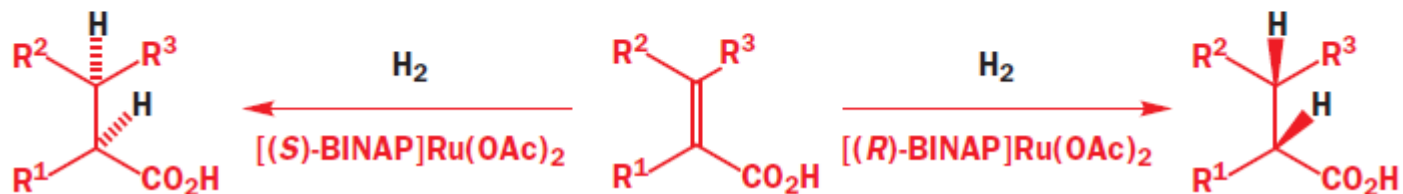
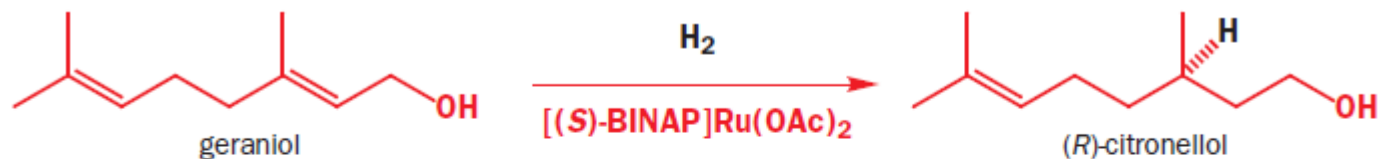
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ



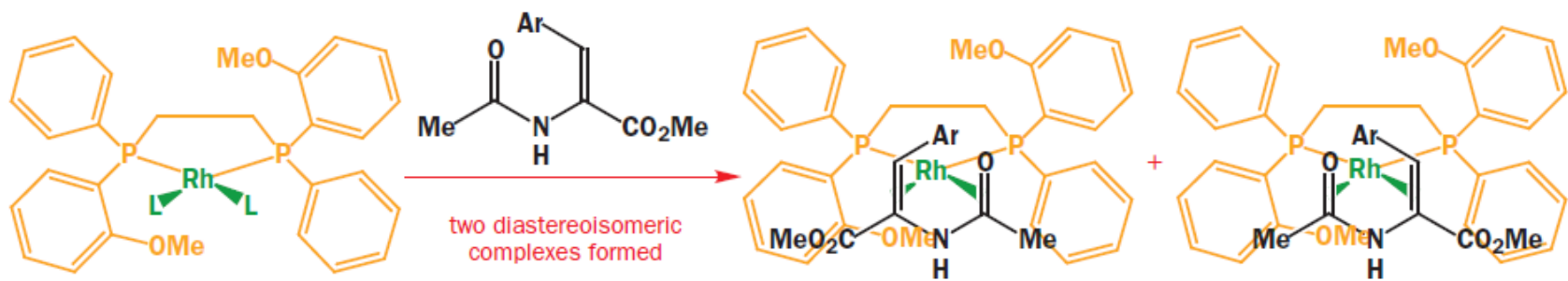
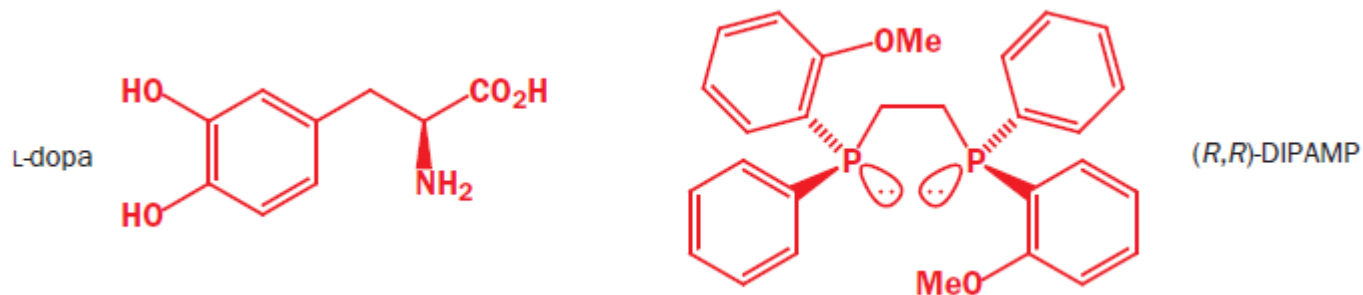
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ



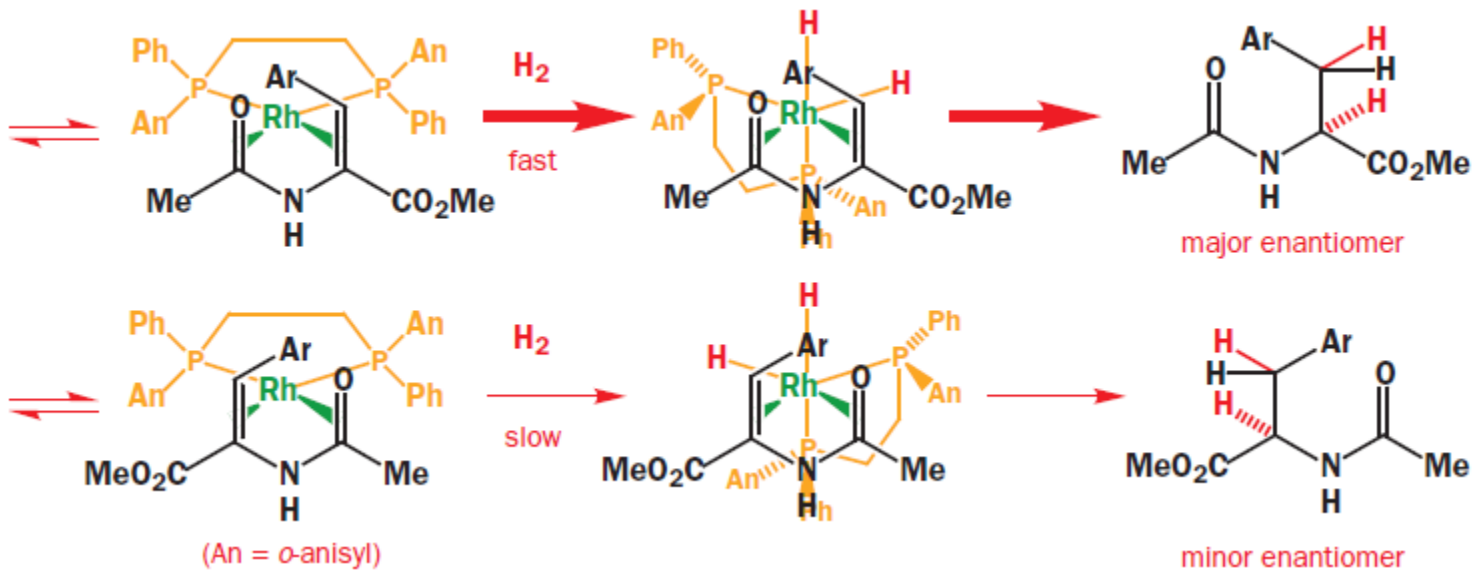
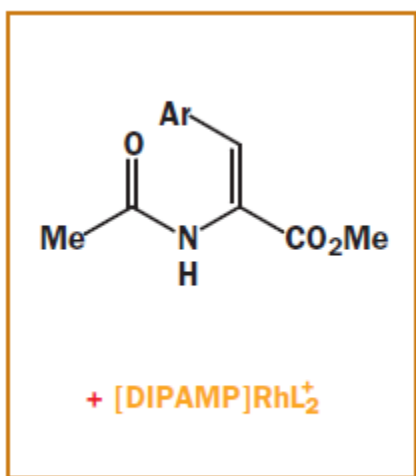
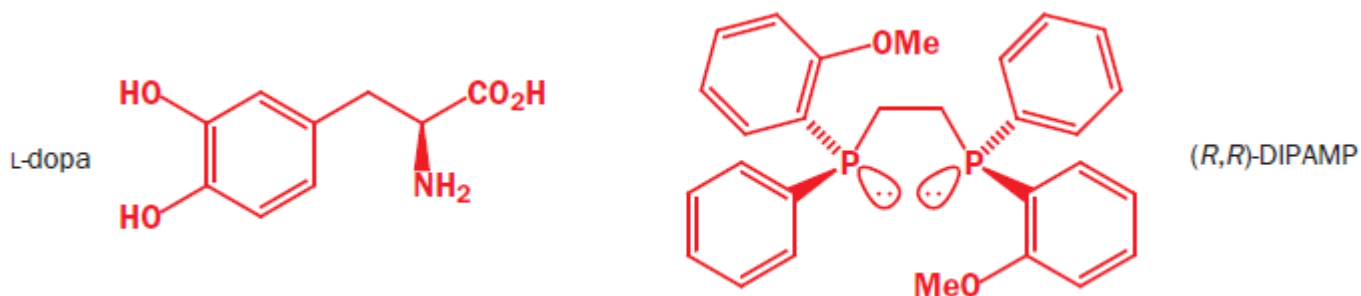
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ



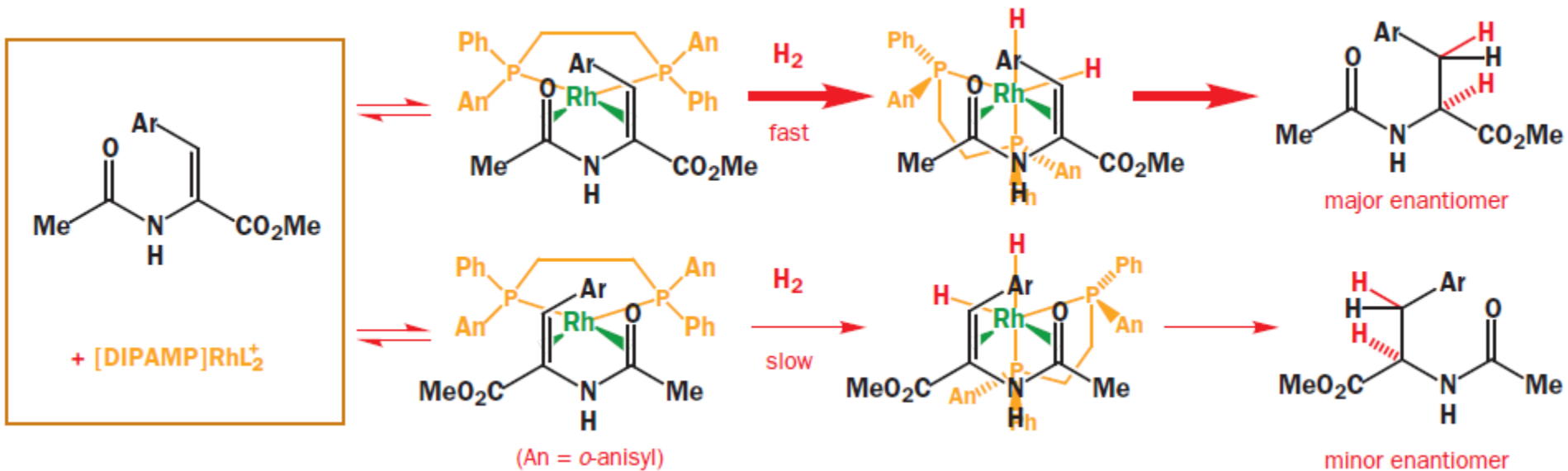
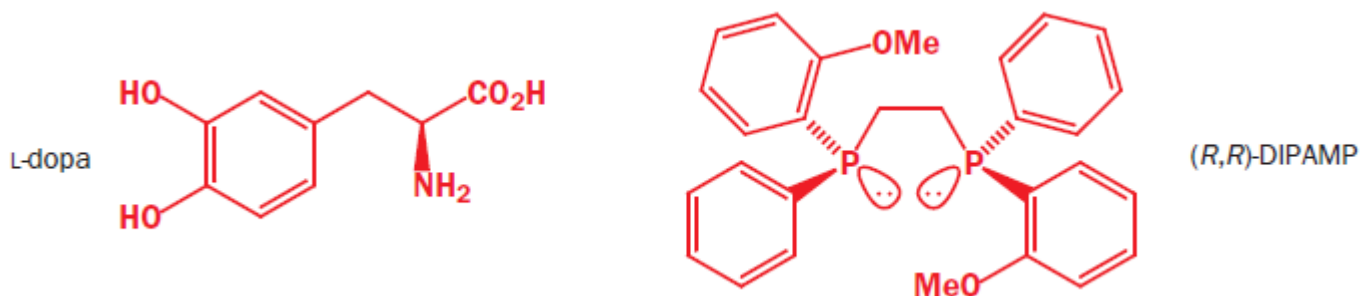
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ



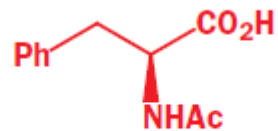
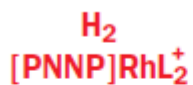
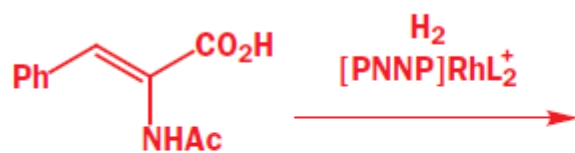
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ

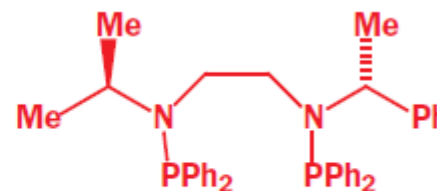


ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ

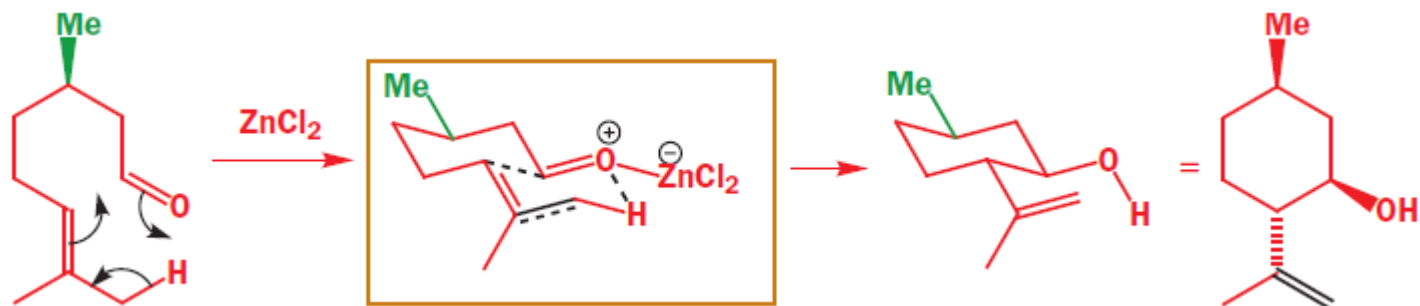
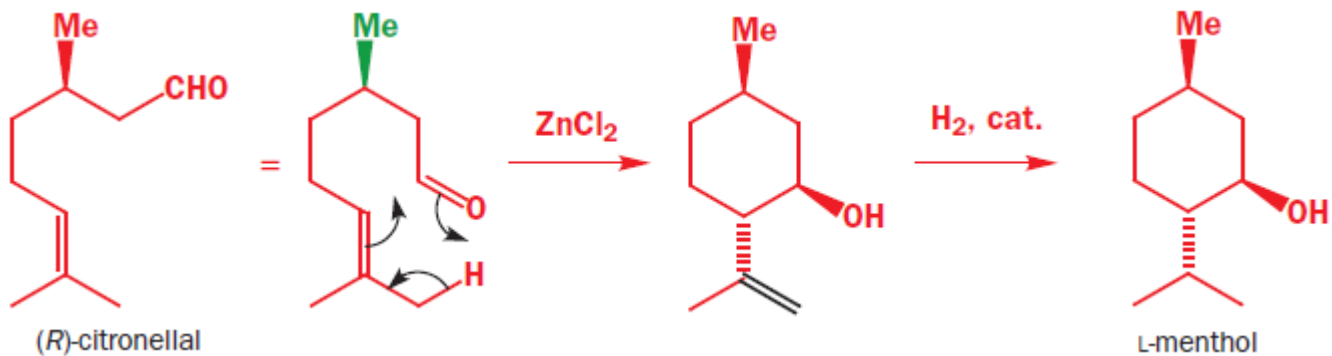


N-acetyl L-phenylalanine
83% ee, rising to
97% ee on recrystallization

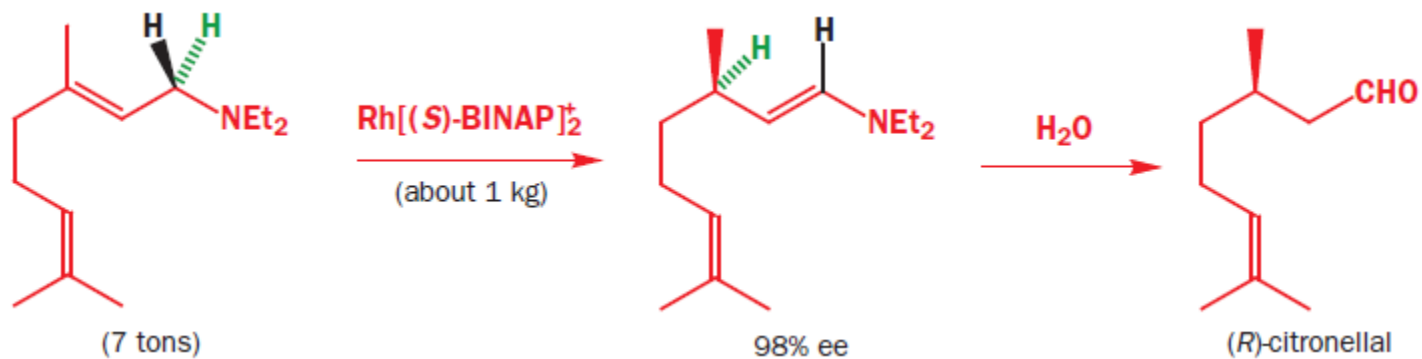
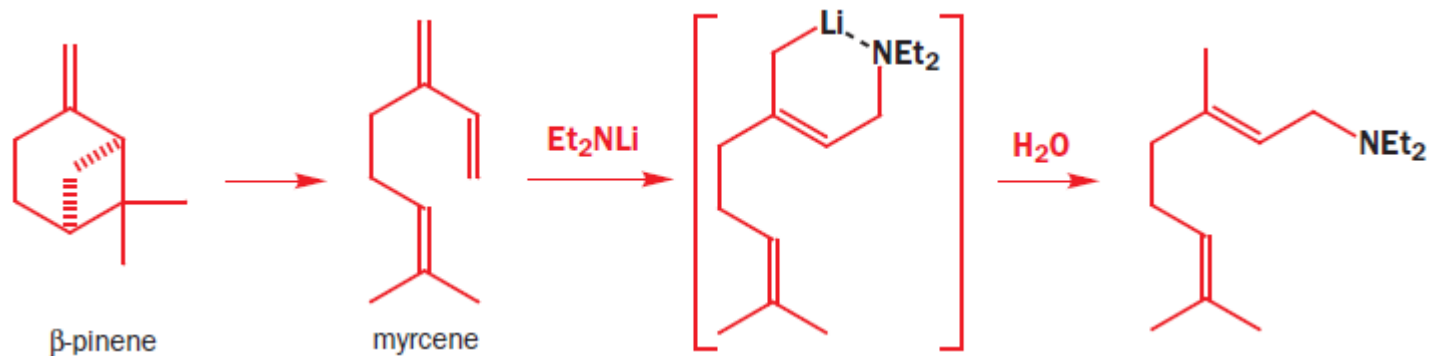


DNNP

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

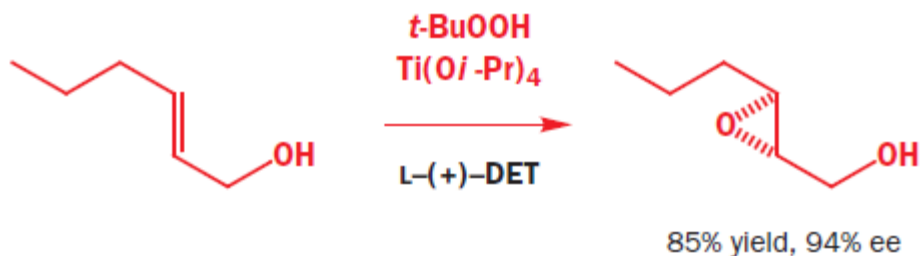
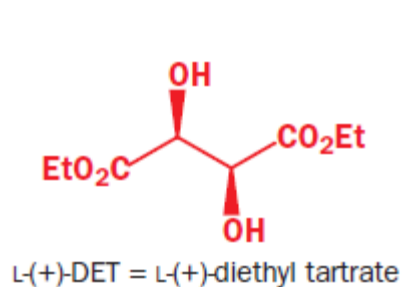
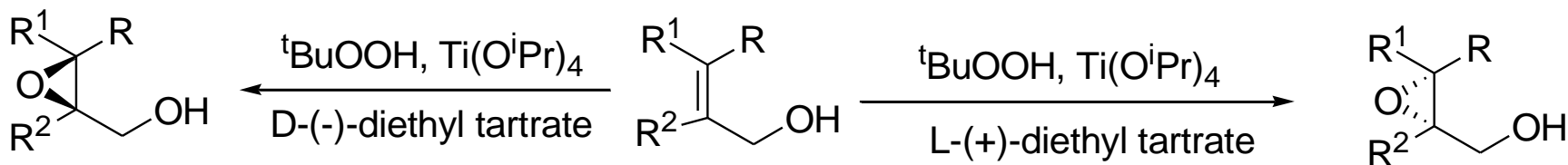


ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ

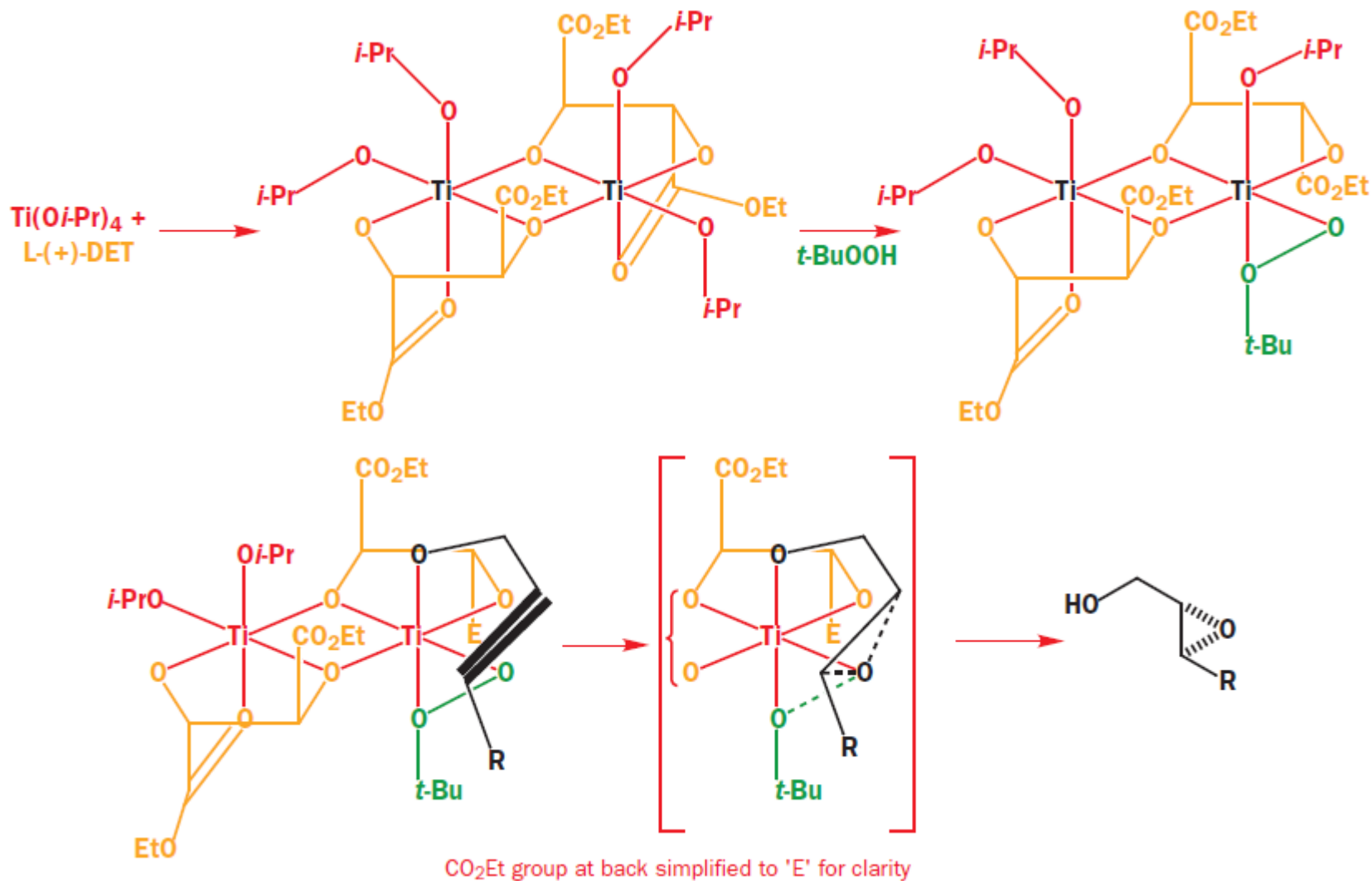


Περιορίζεται στην περίπτωση αλλυλικών αλκοολών. Προσδιορισμός εναντιομερούς με χρήση κανόνα. Το εναντιομερές του καταλύτη καθορίζει το αποτέλεσμα.

Katsuki, T.; Sharpless, K. B. *J. Am. Chem. Soc.*, **1980**, *102*, 5974.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

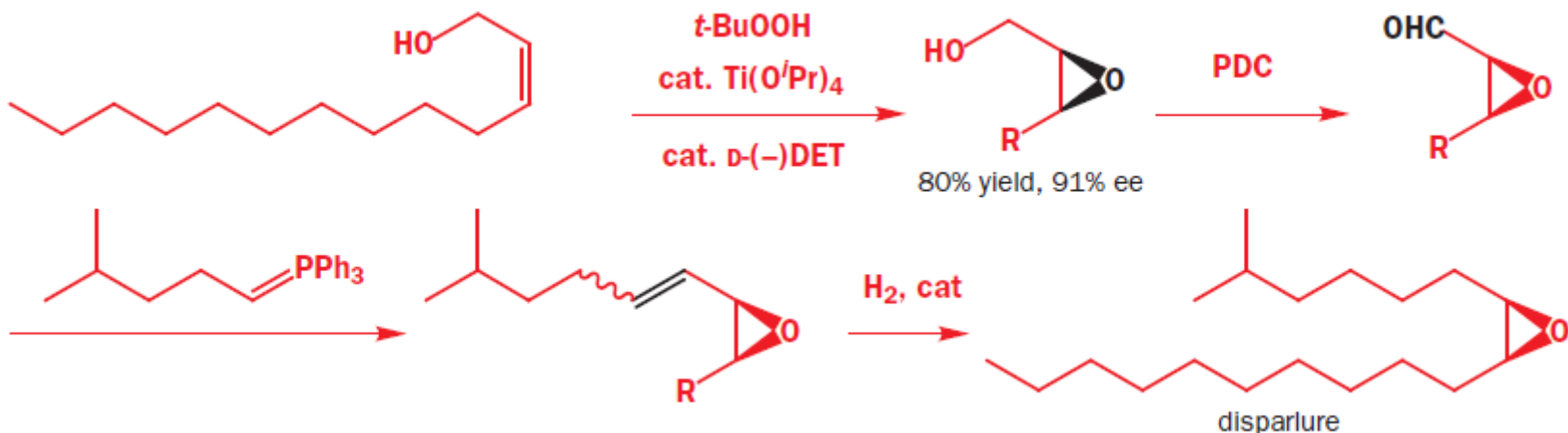
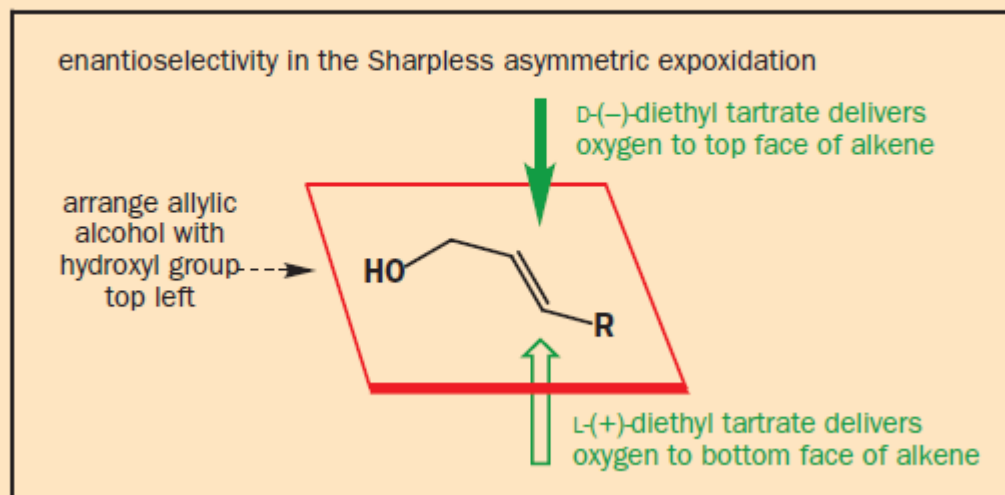
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHARPLESS



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

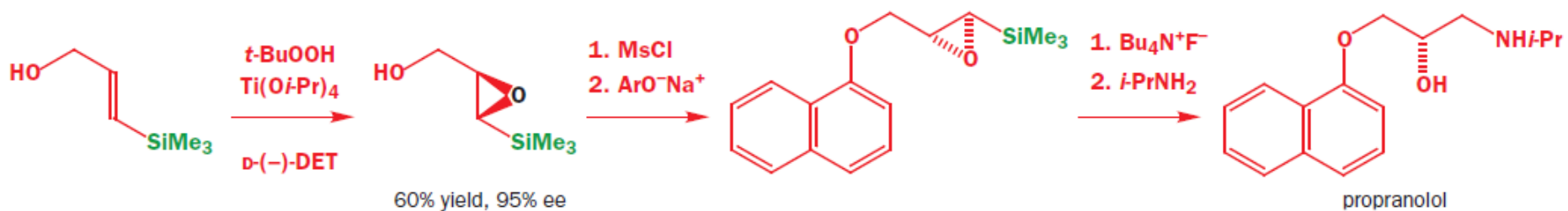
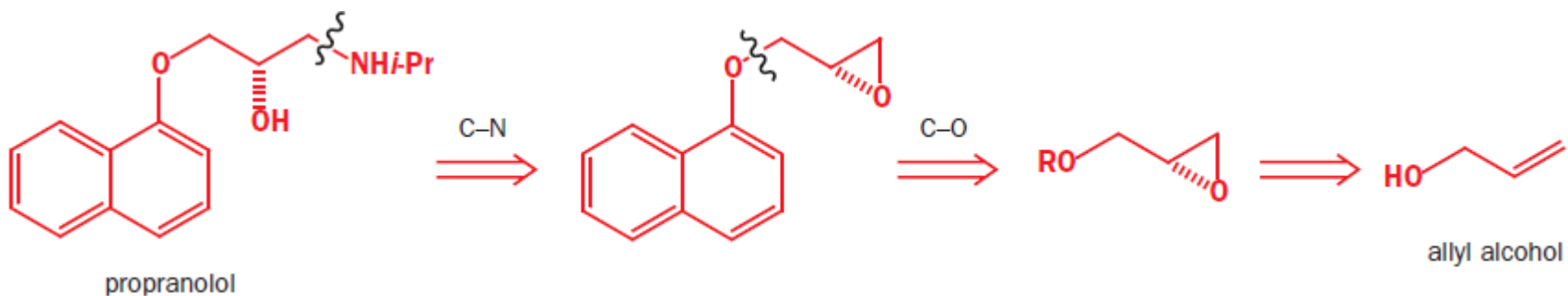
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHARPLESS

● Enantioselectivity in the Sharpless asymmetric epoxidation



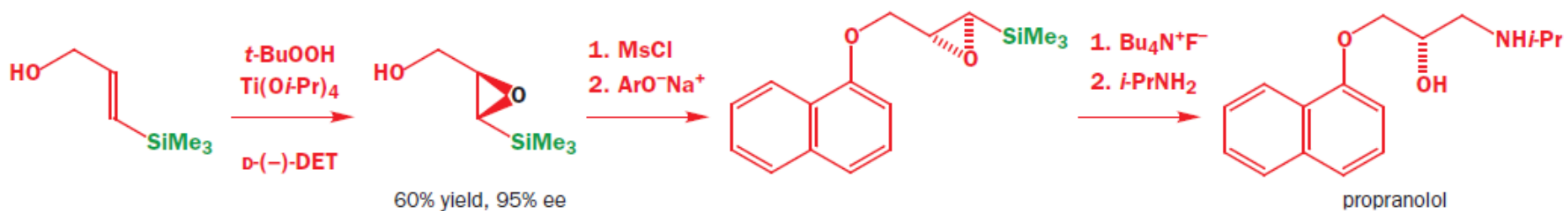
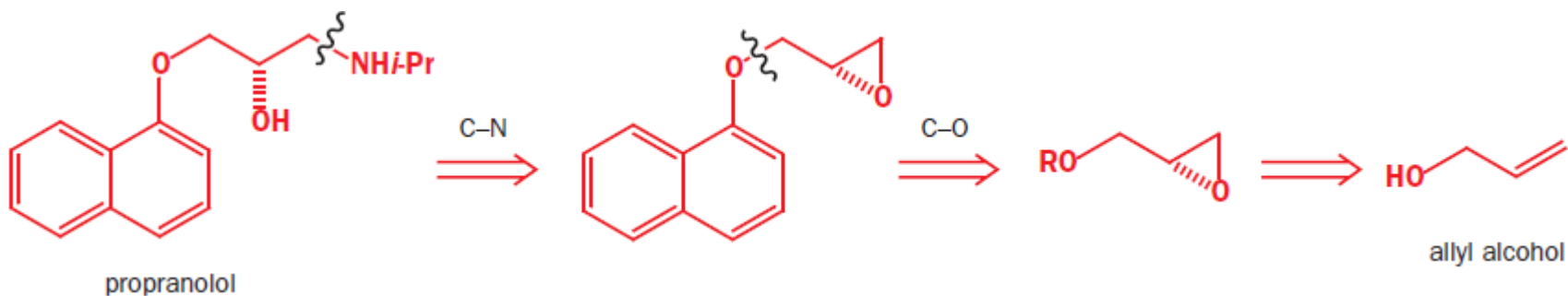
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHARPLESS



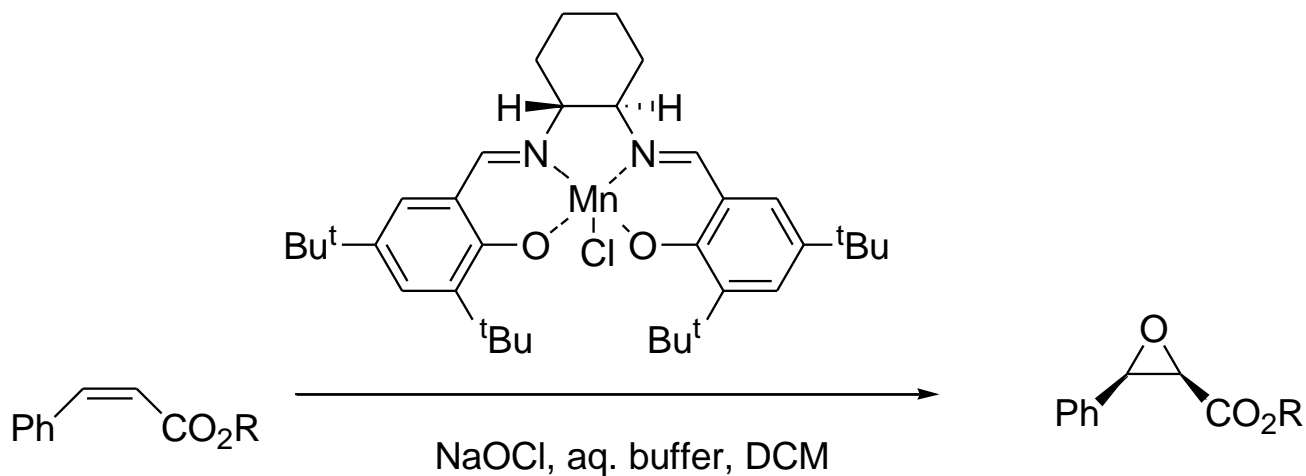
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHARPLESS



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ JACOBSEN-KATSUKI

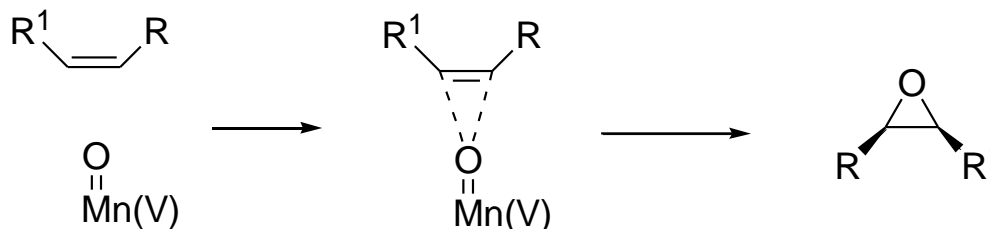


Jacobsen, E. N. et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1990**, 112, 2801.
Katsuki, T., et al. *Tetrahedron Lett.*, **1991**, 32, 1055.

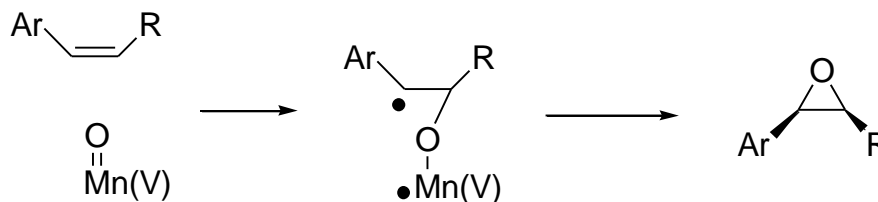
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ JACOBSEN-KATSUKI

A) αλκυλο υποκαταστάτες



B) αρυλο υποκαταστάτες

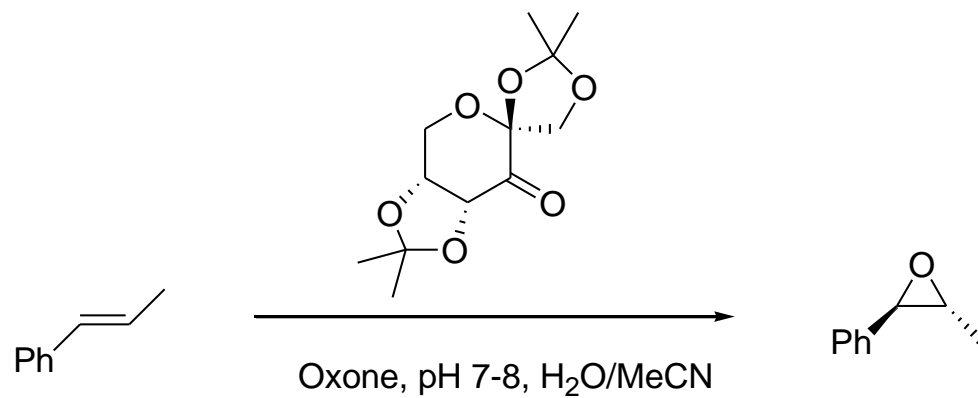


Τα trans αλκένια οφείλονται στον ριζικό μηχανισμό μέσω περιστροφής δεσμού. trans-Αλκένια δεν αντιδρούν λόγω στερεοχημικής παρεμπόδισης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης Cr και Ru. Σαν οξειδωτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν Tempro και PhI=O. Τέτοια σύμπλοκα έχουν χρησιμοποιηθεί και για εναντιοεκλεκτική σύνθεση κυκλοπροπανίων, αζιριδινών, οξειδώσεις θείου και αντιδρασεις Bayer Villiger.

Jacobsen, E. N. et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1990**, 112, 2801.
Katsuki, T, et al. *Tetrahedron Lett.*, **1991**, 32, 1055.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

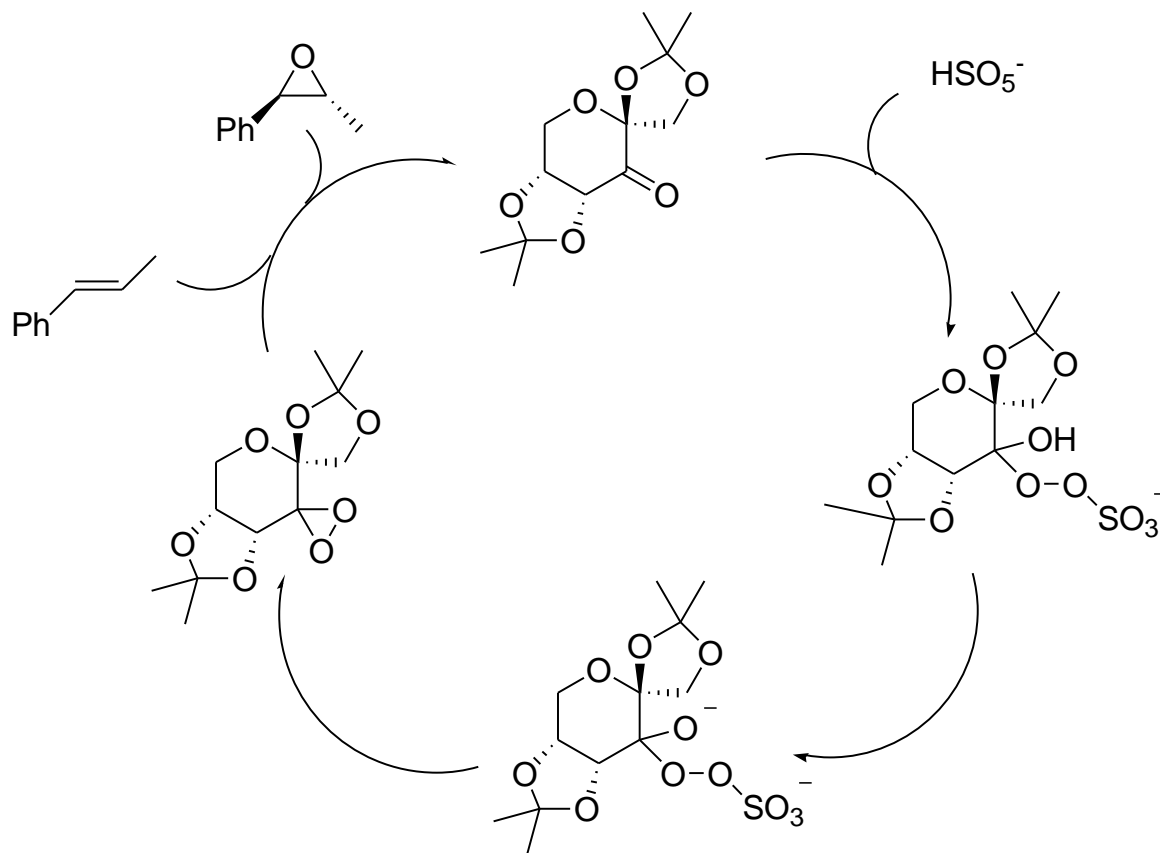
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHI



Shi, Y. et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1997**, *119*, 11224.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

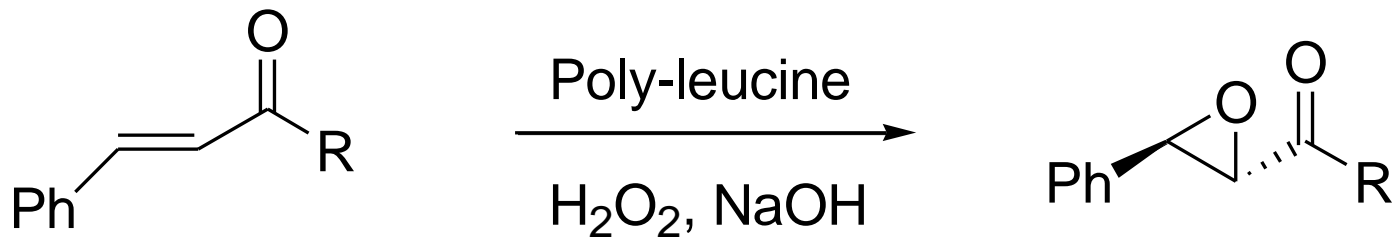
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ SHI



Shi, Y. et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1997**, 119, 11224.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ JULIA-COLONNA

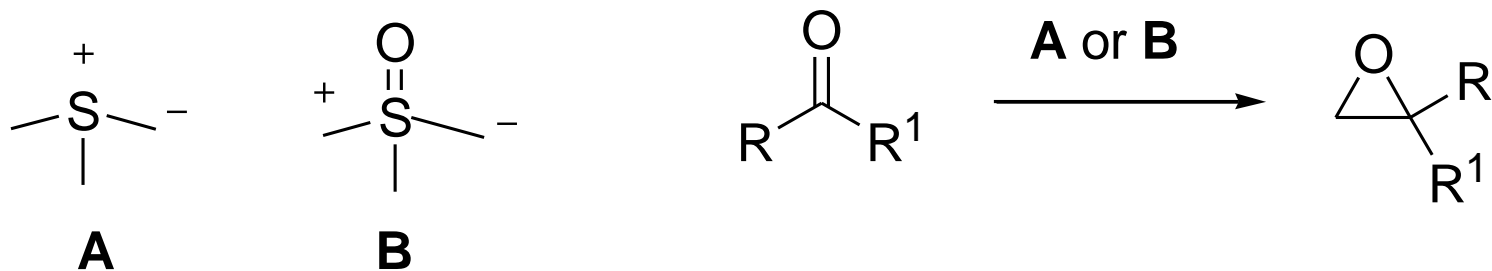


Julia, S. et al. *Tetrahedron*, **1984**, 40, 5207.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ COREY-CHAYKOVSKY

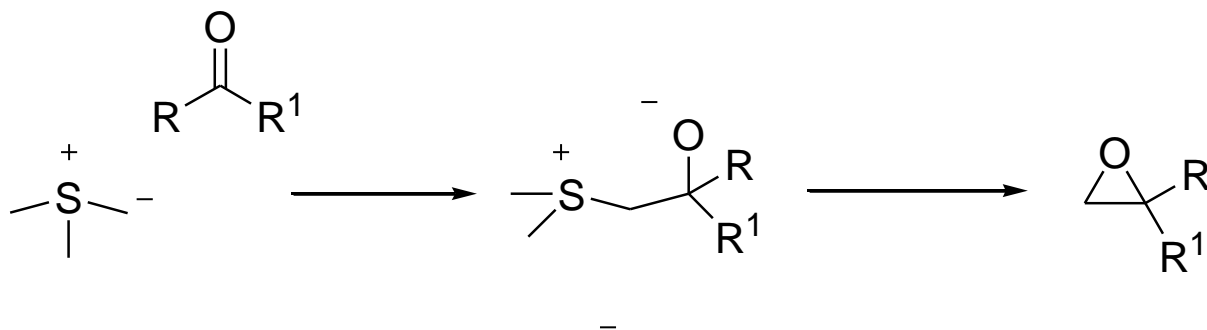
Αντίδραση υλιδίων θείου ή σουλφοξειδίων με καρβονυλικές ενώσεις.



Corey, E. J.; Chaykovsky, M. J. *J. Am. Chem. Soc.*, **1962**, *84*, 867.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

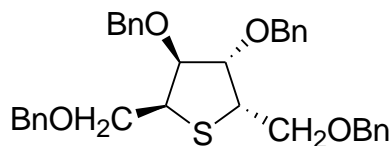
ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ COREY-CHAYKOVSKY



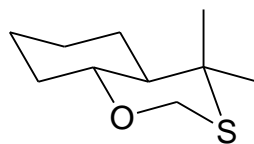
Corey, E. J.; Chaykovsky, M. J. *J. Am. Chem. Soc.*, **1962**, *84*, 867.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

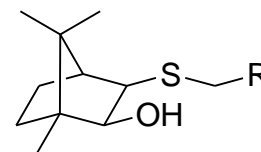
ΑΣΥΜΜΕΤΡΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ



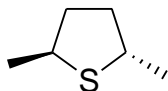
Durst et al.
Tet. Asymm., **1991**, 2, 367
up to 83% ee



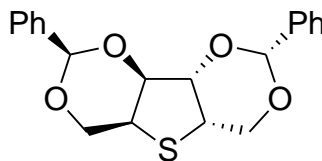
Solladie-Cavallo et al.
Tetrahedron, **1992**, 48, 2453
up to 99% ee



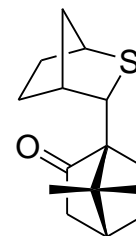
Dai et al.
J. Org. Chem., **1996**, 61, 489
up to 77% ee



Metzner et al.
J. Org. Chem., **1998**, 63, 4532
up to 88% ee



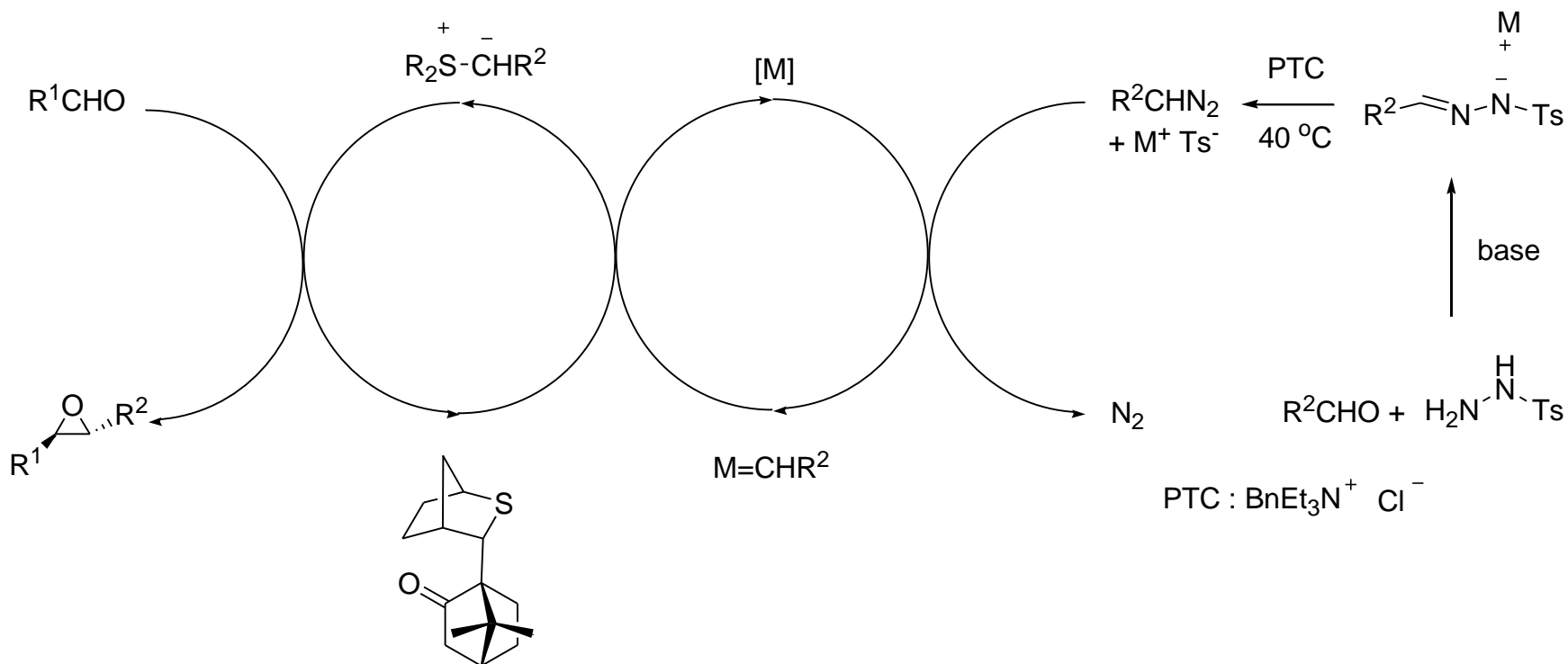
Goodman et al.
Tet. Lett., **2002**, 43, 5427
up to 98% ee



Aggarwal et al.
Angew. Chem. Int. Ed., **2001**, 40, 1430
Tetrahedron, **2006**, 62, 11297
up to 100% ee

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

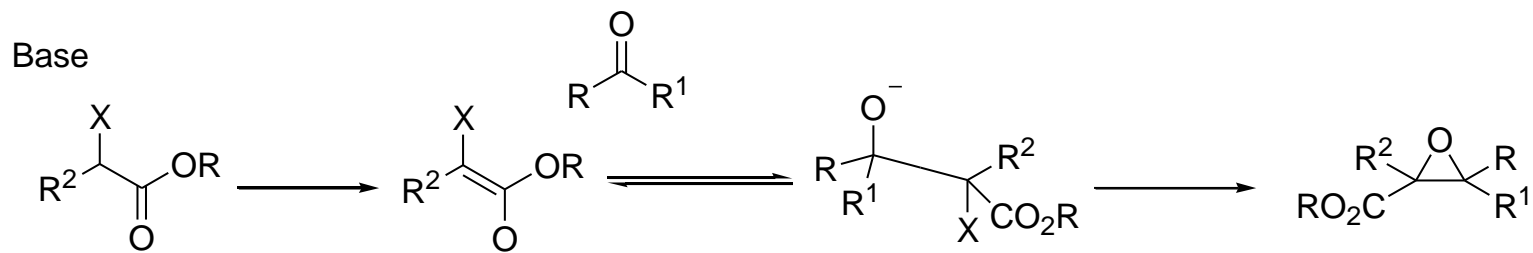
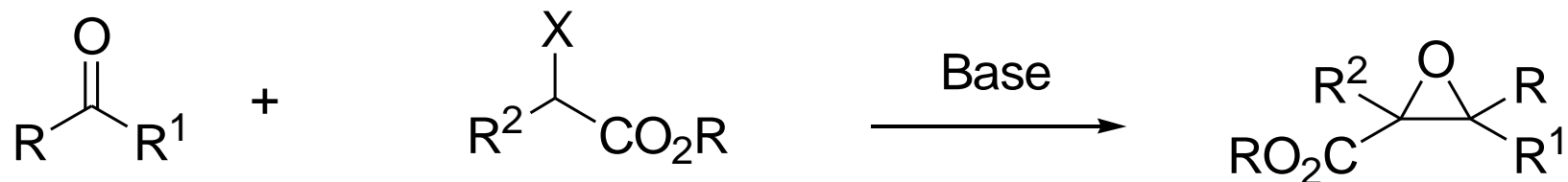
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ AGGARWAL



Aggarwal et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, 125, 10926.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

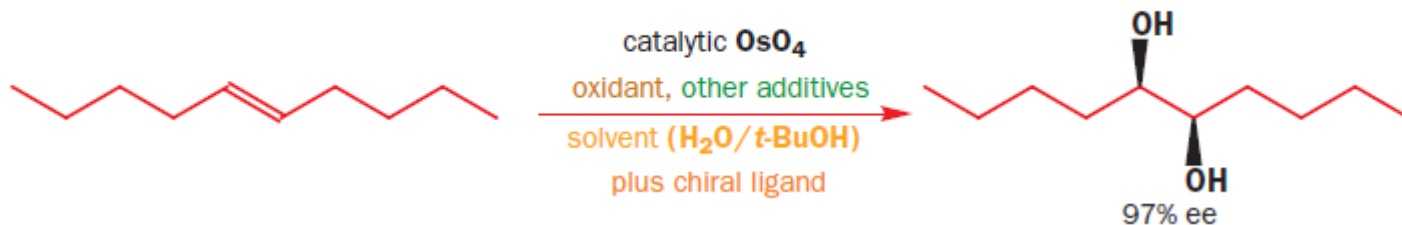
ΕΠΟΞΕΙΔΩΣΗ DARZENS



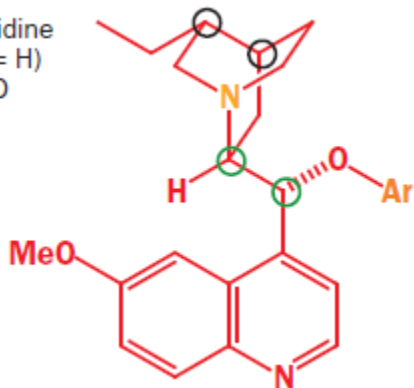
Darzens, *G Compt. Rend.*, **1904**, 139, 1214.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

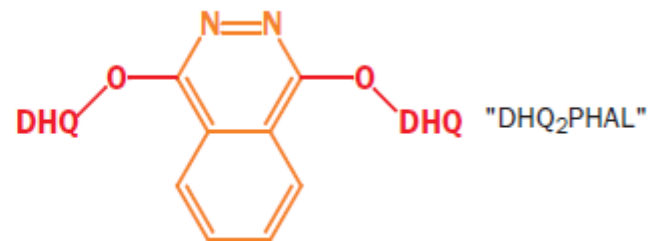
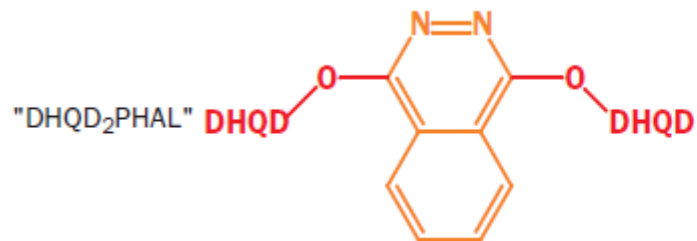
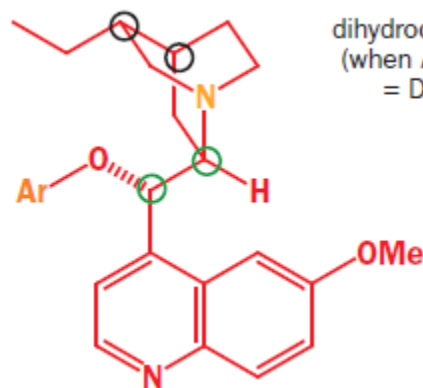
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΥΔΡΟΞΥΛΙΩΣΗ SHARPLESS



dihydroquinidine
(when Ar = H)
= DHQD



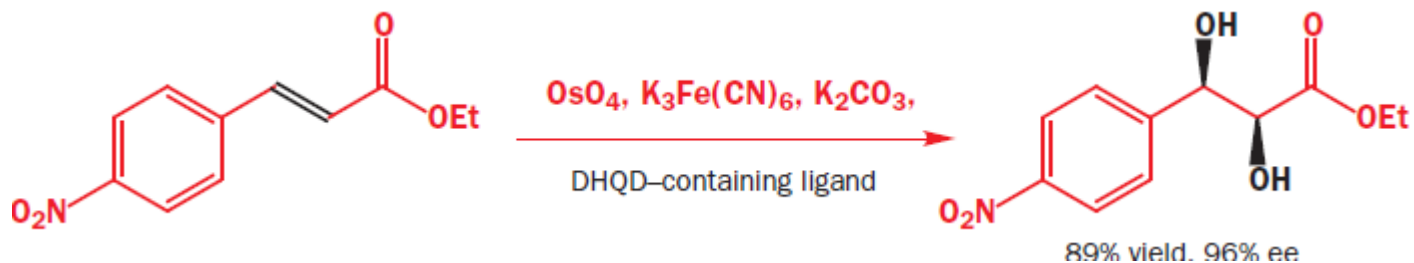
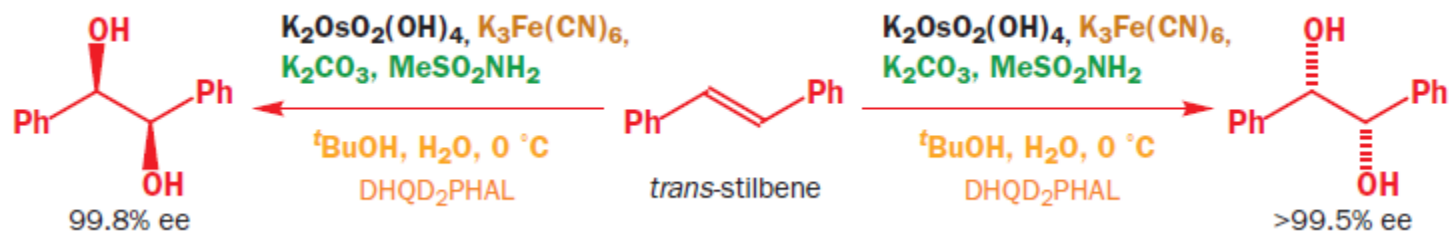
dihydroquinine
(when Ar = H)
= DHQ



phthalazine-based ligands

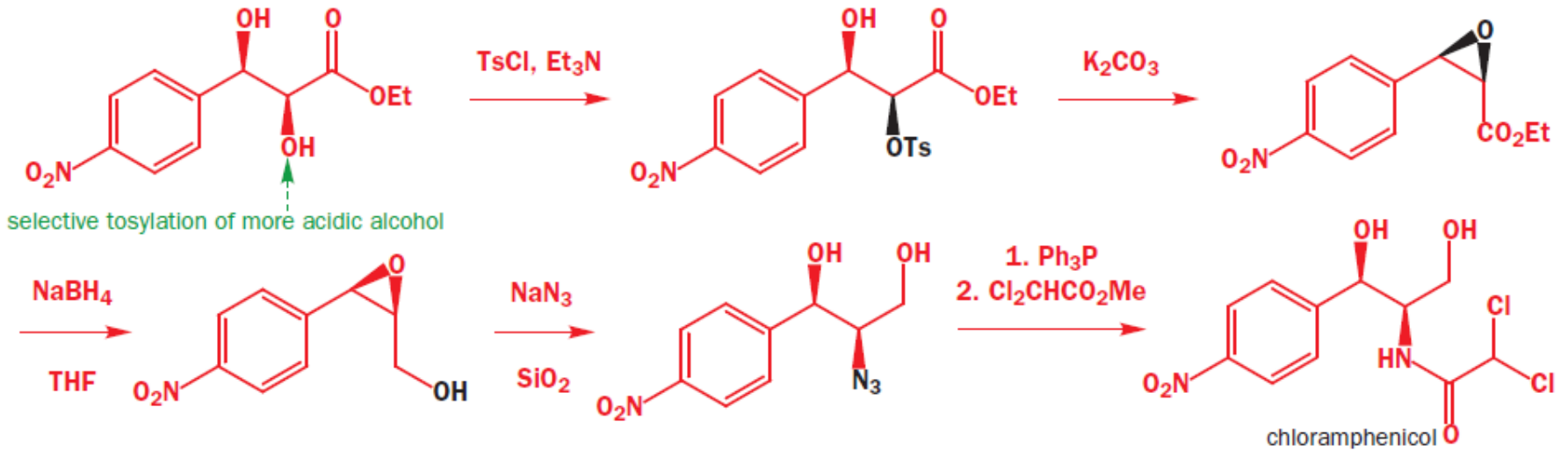
ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΥΔΡΟΞΥΛΙΩΣΗ SHARPLESS



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΥΔΡΟΞΥΛΙΩΣΗ SHARPLESS



ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΥΔΡΟΞΥΛΙΩΣΗ SHARPLESS

● Enantioselectivity in the Sharpless asymmetric dihydroxylation

Enantioselectivity in the Sharpless asymmetric dihydroxylation

