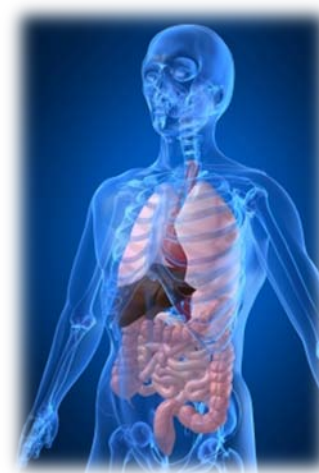




ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

10^η θεματική ενότητα: Αρωματικές Ενώσεις - Φαινόλες



Σχολή: Περιβάλλοντος
Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής
Εκπαιδευτής: Χαράλαμπος Καραντώνης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- ❑ Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- ❑ Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

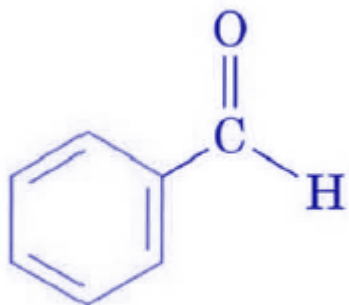
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αρωματικές ενώσεις

- Πρώτα στάδια ανάπτυξης της οργανικής χημείας:
Αρωματικές ενώσεις: Ενώσεις με ευχάριστη οσμή



Βενζαλδεΐδη

Βενζαλδεΐδη: αρωματική ένωση που απαντά σε κεράσια, ροδάκινα και αμύγδαλα)

- Σήμερα:

Ο όρος αρωματική ένωση αναφέρεται στο **βενζόλιο** και στις ενώσεις με δομική συγγένεια με αυτό



Βενζόλιο

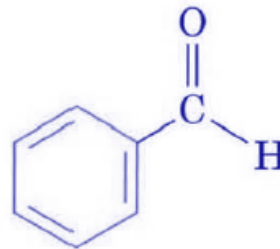
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Το βενζόλιο πρέπει να χρησιμοποιείται με ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΟΣΟΧΗ ως εργαστηριακός διαλύτης

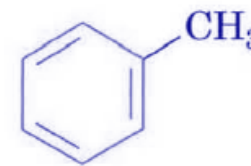
Παρατεταμένη έκθεση στο βενζόλιο προκαλεί συρρίκνωση του μυελού των οστών και στη συνέχεια λευκοπενία



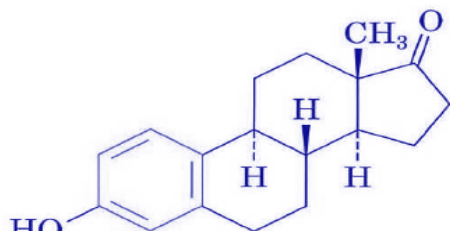
Benζόλιο



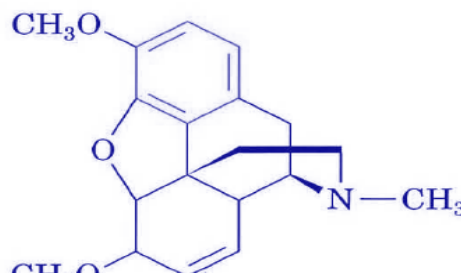
Benζαλδεϋδη



Τολουόλιο



Στεροειδής ορμόνη
Οιστρονή



Αναλγητικό
Μορφίνη

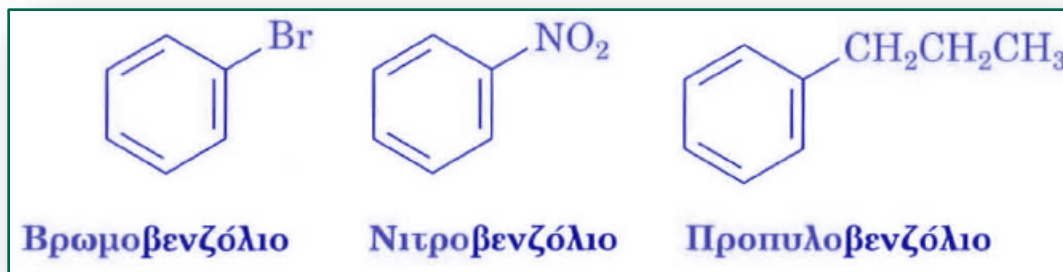


Ηρεμιστικό
Διαζεπάμη (Valium)

Οι αρωματικές ενώσεις έχουν ιδιαίτερη χημική συμπεριφορά συγκριτικά με αυτή των αλειφατικών ενώσεων

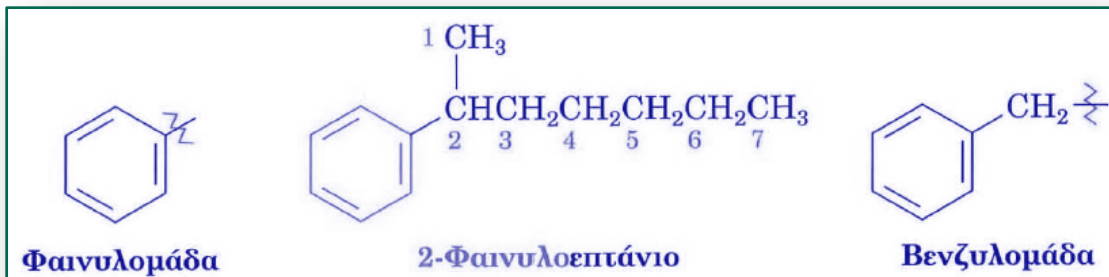
ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ (1)

Μονοϋποκατεστημένα παράγωγα του βενζολίου:
παίρνουν τη συστηματική ονομασία τους μαζί με το επίθεμα **-βενζόλιο** .



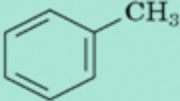
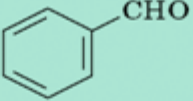
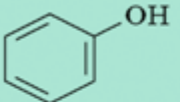
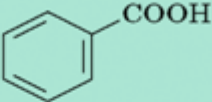
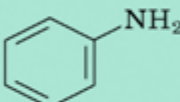
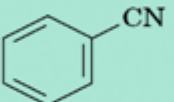
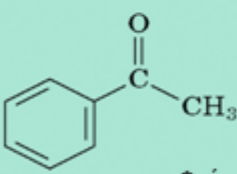
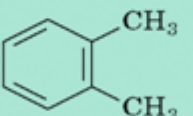
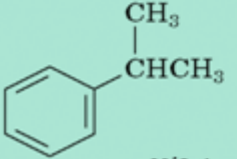
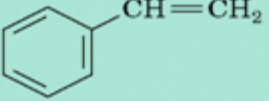
Αλκυλο-υποκατεστημένα βενζόλια (αρένια):

- 1) Αλκυλοϋποκαταστάτης **μέχρι έξι άνθρακες**: το αρένιο ονομάζεται ως αλκυλοϋποκατεστημένο βενζόλιο.
- 2) Αλκυλοϋποκαταστάτης **με περισσότερους από έξι άνθρακες**: Η ένωση ονομάζεται ως φαινυλοϋποκατεστημένο αλκάνιο.

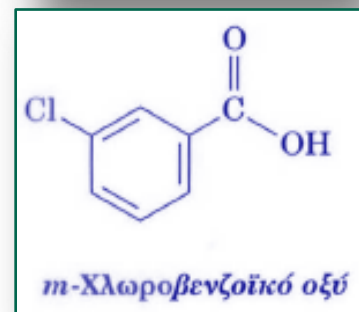


• Η ονομασία φαινύλιο αναγράφεται συντομογραφικά ως Φ ή Ph και χρησιμοποιείται για την ομάδα - C₆H₅ όταν ο βενζολικός δακτύλιος θεωρείται ως υποκαταστάτης.
• Η ομάδα C₆H₅CH₂- ονομάζεται βενζυλική ή βενζύλιο.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ (2)

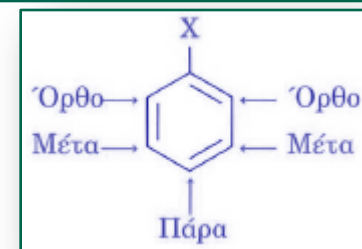
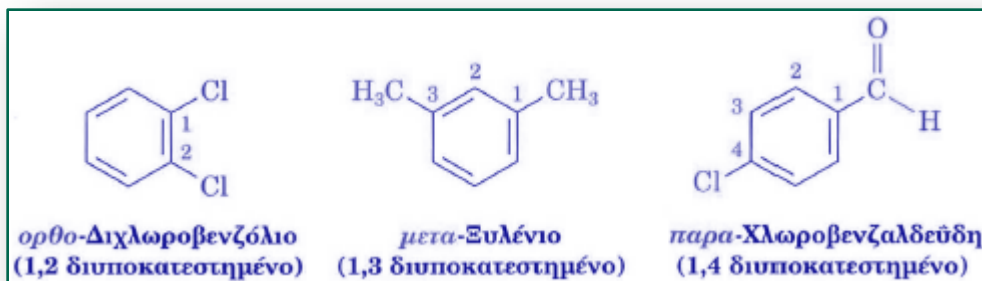
Τύπος	Ονομασία	Τύπος	Ονομασία
	Τολουόλιο (σ.ζ. 111°C) Μεθυλοβενζόλιο (κατά IUPAC)		Βενζαλδεΐδη (σ.ζ. 178°C) Φαινυλμεθανάλη (κατά IUPAC)
	Φαινόλη (σ.τ. 43°C) Υδροξυβενζόλιο (κατά IUPAC)		Βενζοϊκό οξύ (σ.τ. 122°C) (κατά IUPAC)
	Ανιλίνη (σ.ζ. 184°C) Αμινοβενζόλιο (κατά IUPAC)		Βενζονιτρίλιο (σ.ζ. 191°C) (κατά IUPAC)
	Ακετοφαινόνη (σ.τ. 21°C) Φαινυλαιθανόνη (κατά IUPAC)		ορθο-Ξυλένιο (σ.ζ 144°C) 1,2 διμέθυλο βνζόλιο (κατά IUPAC)
	Κουμένιο (σ.ζ. 152°C) Μέθυλοαιθυλοβενζόλιο (κατά IUPAC)		Στυρένιο (σ.ζ. 145°C) (κατά IUPAC) Βίνυλο βενζόλιο

Οποιαδήποτε από τις μονοϋποκατεστημένες ενώσεις του Πίνακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μητρική ονομασία, εφ' όσον ο κύριος υποκαταστάτης βρίσκεται στον C



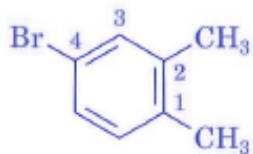
ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ (2)

- Τα διυποκατεστημένα βενζόλια ονοματίζονται χρησιμοποιώντας τα προθέματα όρθο (o), μέτα (m) ή πάρα (p)

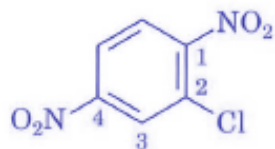


o-, -m, -p ως προς X

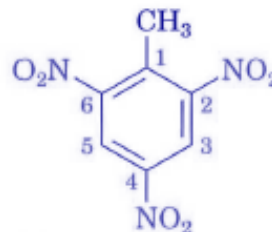
- Βενζόλια με περισσότερους από δύο υποκαταστάτες αποκτούν την ονομασία τους αριθμώντας τη θέση, του κάθε υποκαταστάτη, ώστε να χρησιμοποιούνται οι κατά το δυνατό μικρότεροι αριθμοί. Οι υποκαταστάτες αναφέρονται αλφαβητικά .



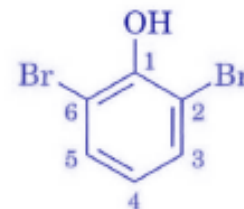
4-Βρωμο-1,2-διμεθυλοβενζόλιο



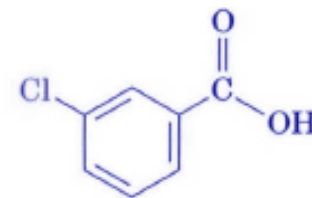
1,4-Δινιτρο-2-χλωροβενζόλιο



2,4,6-Τρινιτροτολουόλιο
(TNT)



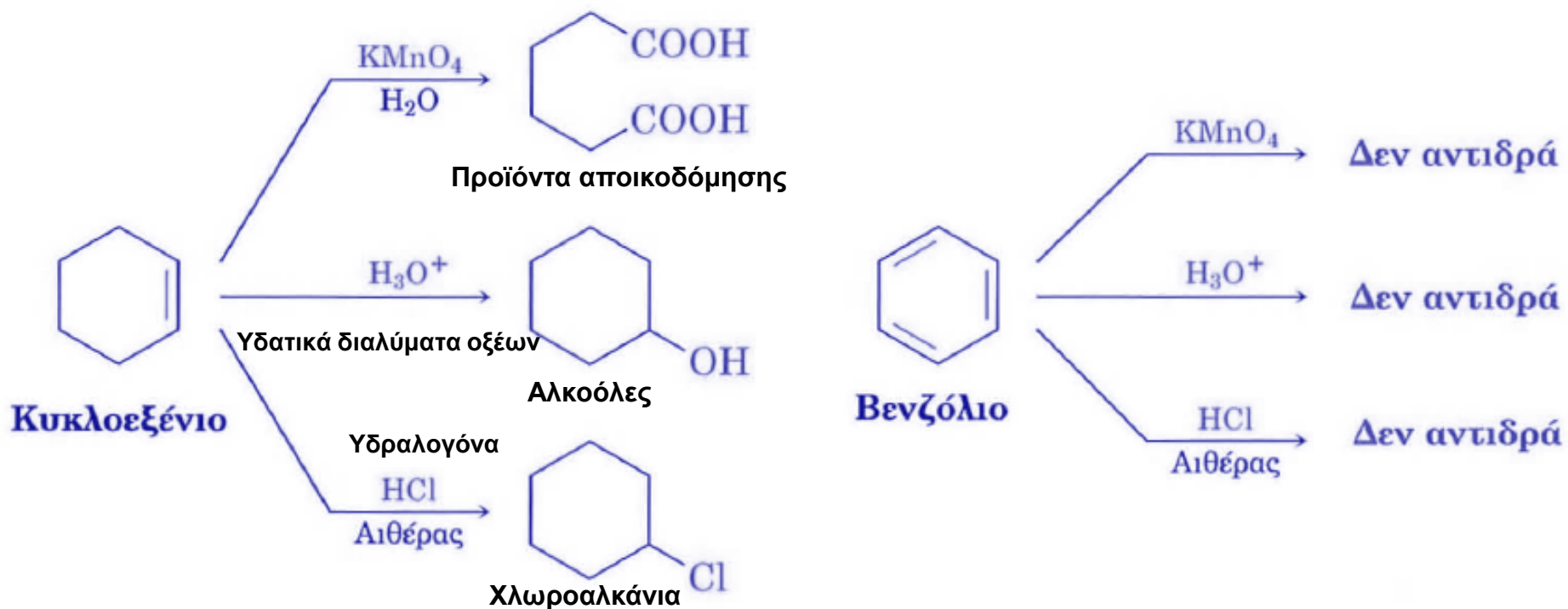
2,6-Διβρωμοφαινόλη



m-Χλωροβενζοϊκό οξύ

ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΒΕΝΖΟΛΙΟΥ

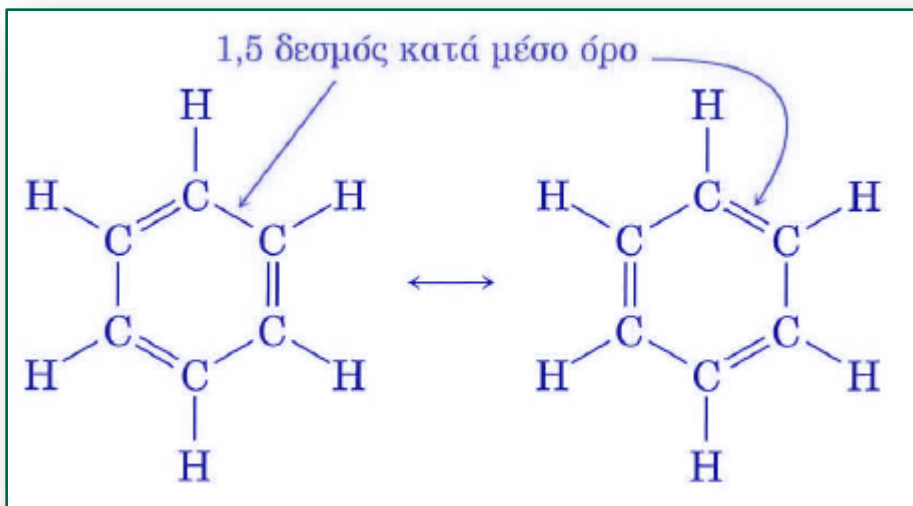
- Η χημική συμπεριφορά του βενζολίου δεν παρουσιάζει κανένα από τα χαρακτηριστικά των αλκενίων ή των αλκυνίων καθώς το βενζόλιο είναι ελάχιστα δραστικό, σε σύγκριση με τα άλλα αλκένια
- Το βενζόλιο δίνει προϊόντα υποκατάστασης αλλά δε συμμετέχει σε αντιδράσεις ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης.



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΕΝΖΟΛΙΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

- **Θεωρία του συντονισμού :**

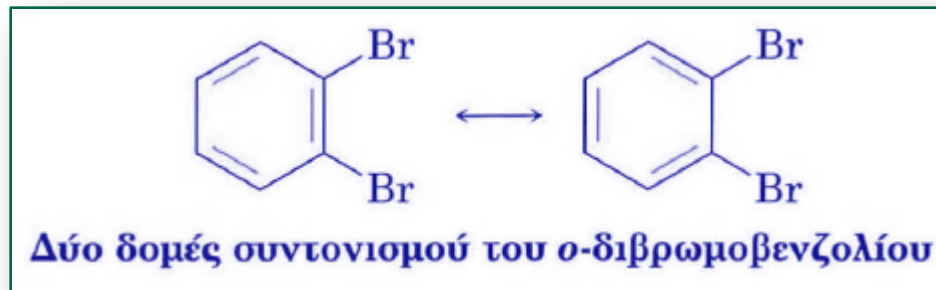
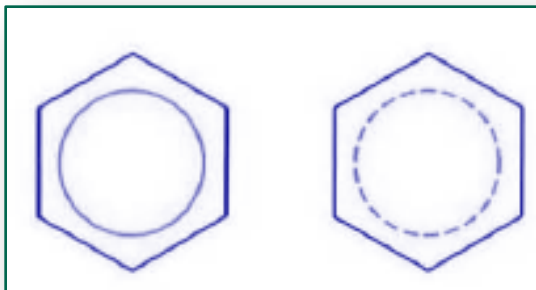
Βενζόλιο: Υβρίδιο δύο ισοδυνάμων δομών Kekule, στις οποίες κάθε σύνδεση C-C αντιστοιχεί σε μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ απλού και διπλού δεσμού.



Όλοι οι δεσμοί C-C του βενζολίου έχουν μήκος $1,39 \text{ \AA}$.

Οι περισσότεροι απλοί δεσμοί C-C έχουν μήκος $1,54 \text{ \AA}$ και οι περισσότεροι διπλοί δεσμοί C=C $1,34 \text{ \AA}$

Η θεωρία του συντονισμού θεωρεί ότι το βενζόλιο διαθέτει μία και μοναδική δομή: το «υβρίδιο συντονισμού»



ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

1. Οι δομές συντονισμού είναι υποθετικές και όχι πραγματικές

Το βενζόλιο διαθέτει μια μόνον δομή, η οποία συνδυάζει τα χαρακτηριστικά και των δύο δομών συντονισμού.

2. Οι δομές συντονισμού διαφέρουν μόνον ως προς τις θέσεις των ηλεκτρονίων τους.

Ούτε η θέση ούτε ο υβριδισμός των ατόμων μεταβάλλονται από τη μια δομή συντονισμού στην άλλη. Στο βενζόλιο, τα έξι άτομα του άνθρακα σχηματίζουν ένα κανονικό εξάγωνο, όπου τα ηλεκτρόνια π ανήκουν εξίσου σε γειτονικούς πυρήνες. Κάθε σύνδεση C-C αντιστοιχεί κατά μέσον όρο σε 1,5 δεσμό και όλοι αυτοί οι δεσμοί είναι ισοδύναμοι.

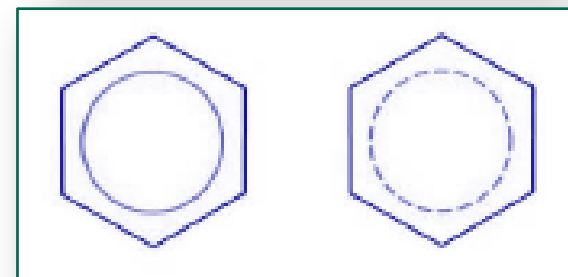
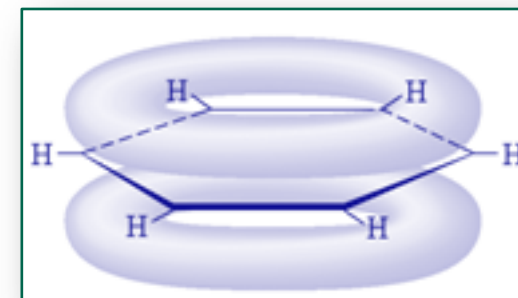
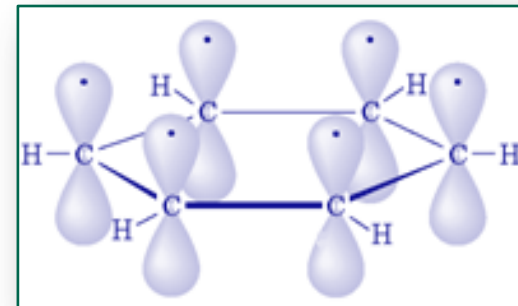
3. Οι διαφορετικές δομές συντονισμού δεν είναι απαραίτητο να είναι ισοδύναμες.

Εντούτοις, όσο οι δομές προσεγγίζουν την ισοδυναμία τόσο σταθερότερο καθίσταται το μόριο.

4. Όσο περισσότερες δομές συντονισμού υπάρχουν τόσο σταθερότερο είναι ένα μόριο.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΕΝΖΟΛΙΟΥ ΜΟΡΙΑΚΑ ΤΡΟΧΙΑΚΑ

1. Το βενζόλιο είναι ένα **κυκλικό συζυγιακό** μόριο.
2. Το βενζόλιο είναι **επίπεδο** (υβριδισμός sp^2) και έχει σχήμα κανονικού εξαγώνου.
3. Όλες οι γωνίες δεσμών είναι 120° και όλοι οι δεσμοί $C-C$ έχουν μήκος $1,39 \text{ \AA}$.
4. Κάθε p τροχιακό επικαλύπτεται εξίσου καλά και με τα δύο γειτονικά p τροχιακά, οδηγώντας σε έξι π ηλεκτρόνια πλήρως απεντοπισμένα γύρω από το δακτύλιο.
5. Το βενζόλιο διαθέτει δύο δακτυλιοειδή ηλεκτρονικά νέφη, το ένα πάνω και το άλλο κάτω από το επίπεδο του δακτυλίου.
6. Το βενζόλιο υφίσταται **αντιδράσεις υποκατάστασης**, που διατηρούν την κυκλική συζυγία, και όχι αντιδράσεις ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης, που θα την κατέστρεφαν.



ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Ο ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ Hückel $4n + 2$

- Ένα αρωματικό μόριο:
- Διαθέτει ένα επίπεδο κυκλικό σύστημα συζυγίας, με ένα p τροχιακό σε κάθε άτομο, που περιέχει $(4n+2)$ ηλεκτρόνια (n ακέραιος αριθμός = $0, 1, 2, 3$).

Μόνο μόρια με 2, 6, 10, 14, 18, ... π ηλεκτρόνια μπορούν να είναι αρωματικά.

Μόρια με $4n$ π ηλεκτρόνια (4, 8, 12, 16, ...) δεν μπορούν να είναι αρωματικά, έστω και εάν είναι κυκλικά και φαινομενικά συζυγιακά.

Τα επίπεδα συζυγιακά μόρια με $4n$ π ηλεκτρόνια ονομάζονται **αντιαρωματικά**, επειδή ο απεντοπισμός των π ηλεκτρονίων τους οδηγεί σε αύξηση της ενέργειάς τους

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ Hückel

Ένα μόριο για να είναι αρωματικό πρέπει:

- Να είναι κυκλικό
- Να είναι συζυγιακό (ένα p τροχιακό σε κάθε άνθρακα)
- Να διαθέτει $4n+2$ π ηλεκτρόνια.

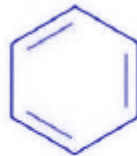
**Οι αριθμοί των p τροχιακών και των π ηλεκτρονίων δεν είναι αναγκαίο να είναι ίδιοι.*

** Τα άτομα του δακτυλίου δεν είναι αναγκαίο να είναι άνθρακες.*



Δύο διπλοί δεσμοί,
τέσσερα ηλεκτρόνια π

Κυκλοβουταδιένιο



Τρεις διπλοί δεσμοί,
έξι ηλεκτρόνια π

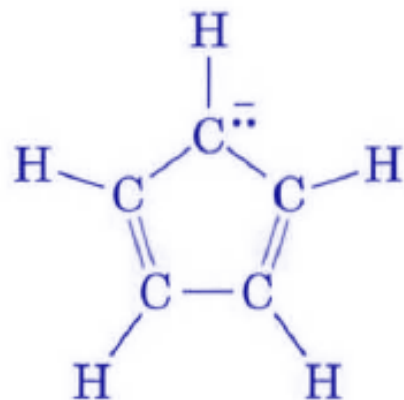
Βενζόλιο



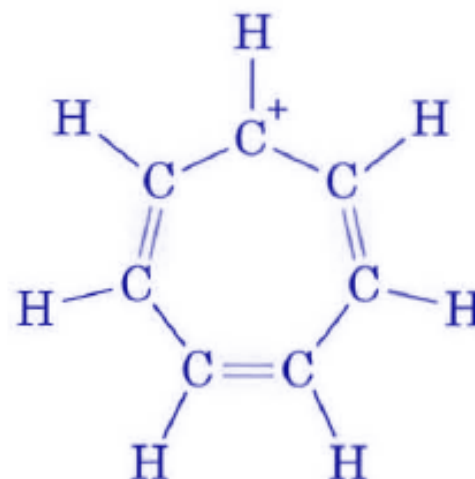
Τέσσερις διπλοί δεσμοί,
οκτώ ηλεκτρόνια π

Κυκλοοκτατετραένιο

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΙΟΝΤΑ



Κυκλοπενταδιενυλικό ανιόν



Κυκλοεπτατριενυλικό κατιόν

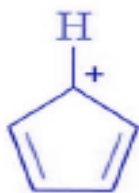
ΚΥΚΛΟΠΕΝΤΑΔΙΕΝΥΛΙΚΟ ΑΝΙΟΝ

- Κυκλικό;
- Συζυγιακό;
- $4n+2$ π ηλεκτρόνια;



Κυκλοπενταδιένιο

$-H:-$



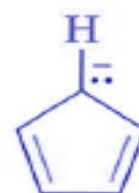
Κυκλοπενταδιενυλικό κατιόν:
τέσσερα ηλεκτρόνια π

$-H\cdot$



Κυκλοπενταδιενυλική ρίζα:
πέντε ηλεκτρόνια π

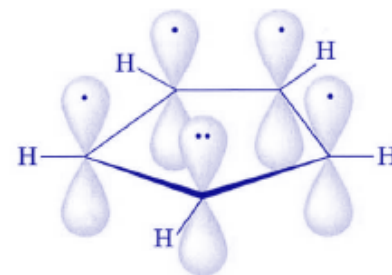
$-H^+$



Κυκλοπενταδιενυλικό
ανιόν: έξι ηλεκτρόνια π

**Οι αριθμοί των p τροχιακών και των π ηλεκτρονίων δεν είναι αναγκαίο να είναι ίδιοι.*

5p τροχιακά
6π ηλεκτρόνια



Το αρωματικό κυκλοπενταδιενυλικό
ανιόν με έξι ηλεκτρόνια π

ΚΥΚΛΟΕΠΤΑΤΡΙΕΝΥΛΙΚΟ ΚΑΤΙΟΝ

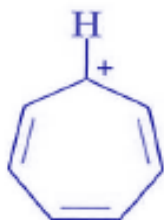


Κυκλοεπτατριένιο

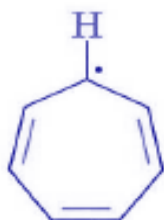
$-H:-$

$-H\cdot$

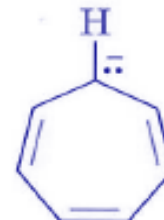
$-H^+$



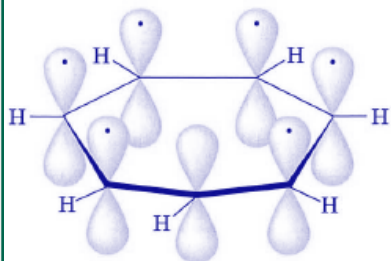
Κυκλοεπτατριενυλικό κατιόν:
έξι ηλεκτρόνια π



Κυκλοεπτατριενυλική ρίζα:
επτά ηλεκτρόνια π



Κυκλοεπτατριενυλικό ανιόν:
οκτώ ηλεκτρόνια π



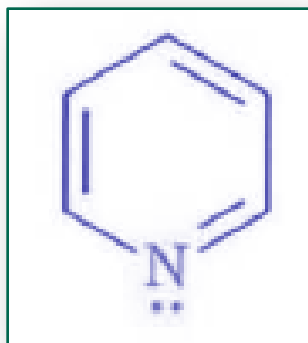
Κυκλοεπτατριενυλικό κατιόν
έξι ηλεκτρόνια π

- Κυκλικό;
- Συζυγιακό;
- $4n+2$ π ηλεκτρόνια;

ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΕΡΟΚΥΚΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

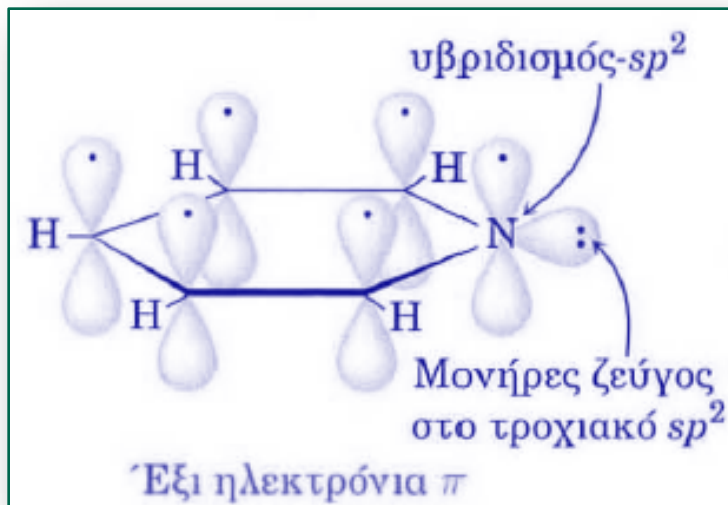
Μια **ετεροκυκλική ένωση** έχει ένα δακτύλιο που περιέχει ένα ή περισσότερα στοιχεία εκτός του άνθρακα.

Το ετεροάτομο είναι συχνά O ή N (αλλά συμμετέχουν επίσης το S, ο P).

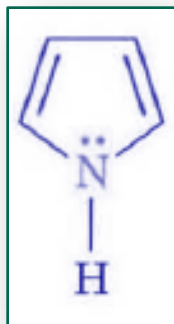


Πυριδίνη: Ετεροκυκλική ένωση με εξαμελή δακτύλιο στον οποίο συμμετέχει και ένα άτομο αζώτου.

Τα κριτήρια της αρωματικότητας: (κυκλικό συζυγιακό επίπεδο μόριο που περιέχει $4n + 2 \pi$ ηλεκτρόνια) αναφέρονται και σε άλλα άτομα του δακτυλίου εκτός από άνθρακες



ΕΤΕΡΟΚΥΚΛΙΚΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

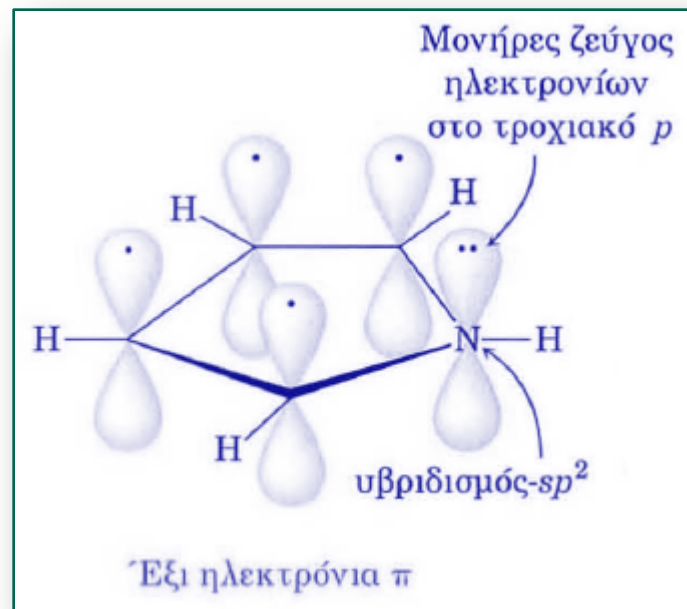


Πυρόλιο: Ετεροκυκλική ένωση με πενταμελή δακτύλιο στον οποίο συμμετέχει και ένα άτομο αζώτου.

Κάθε ένας από τους τέσσερις άνθρακες υβριδισμού sp^2 έχει ένα p τροχιακό κάθετο προς το δακτύλιο και όλοι συνεισφέρουν από ένα π ηλεκτρόνιο.

Το άτομο του αζώτου έχει υβριδισμό sp^2 , με το μονήρες ζεύγος των ηλεκτρονίων να καταλαμβάνει επίσης ένα p τροχιακό.

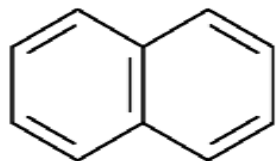
Έτσι, υπάρχουν συνολικά έξι π ηλεκτρόνια, που καθιστούν το πυρρόλιο αρωματική ένωση.



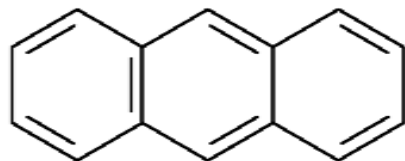
ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Ο κανόνας του Hückel ισχύει αποκλειστικά και μόνο στις μονοκυκλικές αρωματικές ενώσεις.

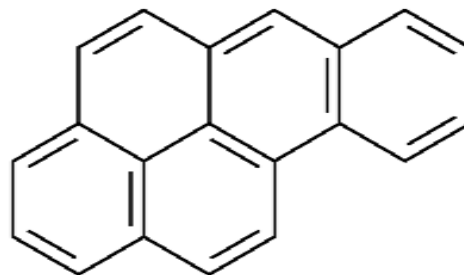
Η ευρύτερη έννοια της αρωματικότητας μπορεί να επεκταθεί πέραν των απλών μονοκυκλικών ενώσεων και να συμπεριλάβει πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις.



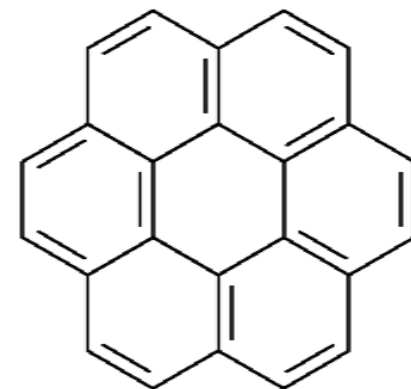
Ναφθαλένιο



Ανθρακένιο



Βενζο[a]πυρένιο

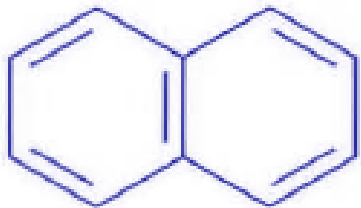


Κορονένιο

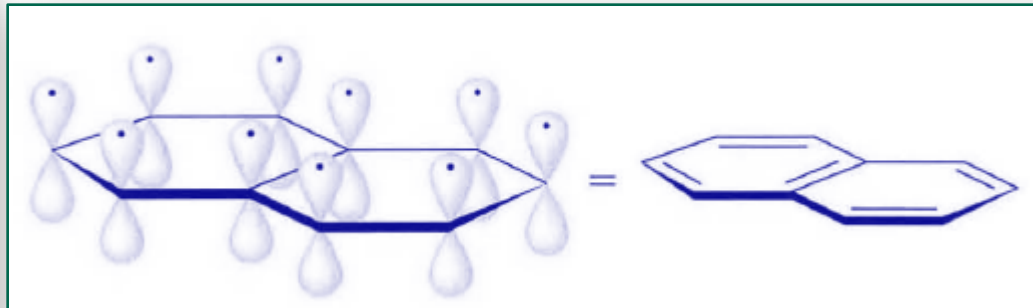
καρκινογόνος ουσία
Καπνό του τσιγάρου
Αιθάλη καπνοδόχων
Ψητό κρέας

ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΑΦΘΑΛΕΝΙΟΥ

Συζυγιακό κυκλικό επίπεδο με δέκα π ηλεκτρόνια ($4v + 2, v=2$)

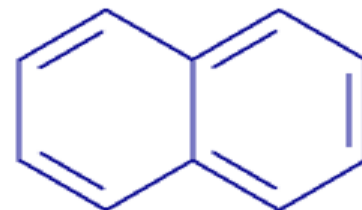
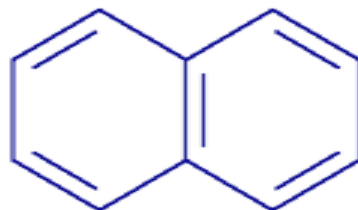
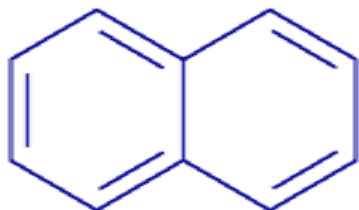


Ναφθαλένιο



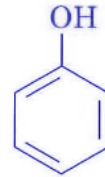
Τα δέκα π ηλεκτρόνια είναι
πλήρως απεντοπισμένα
και στους δύο δακτυλίους.

Δομές συντονισμού

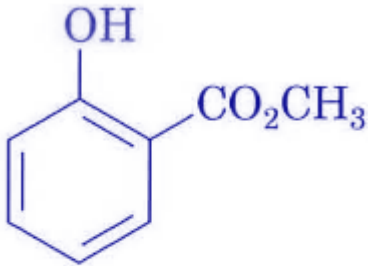


ΦΑΙΝΟΛΕΣ

- Οι φαινόλες είναι ενώσεις που φέρουν μια ομάδα -OH απευθείας συνδεδεμένη σε έναν αρωματικό δακτύλιο, Ar-OH.
- Η λέξη φαινόλες αναφέρεται σε μία ευρύτερη κατηγορία ενώσεων που διαθέτουν αρωματικό δακτύλιο με ένα ή περισσότερα υδροξύλια



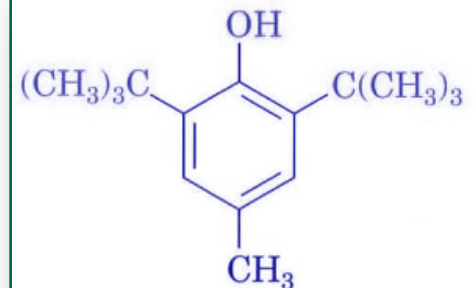
Φαινόλη
(γνωστή και
ως καρβλικό οξύ)



Σαλικυλικό
μεθύλιο

Το σαλικυλικό μεθύλιο απαντά στο έλαιο αρωματικών φυτών και χρησιμοποιείται ως αρωματικό πρόσθετο τροφίμων.

BHT: Συντηρητικό (αντιοξειδωτικό) των τροφίμων



BHT

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Φαινόλη	Σημείο τήξεως (°C)	Σημείο ζέσεως (°C)	pK _a	
Οξικό οξύ ^a			4,75	Ισχυρότερο οξύ
2,4,6-Τρινιτροφαινόλη	122	—	0,60	↑
<i>p</i> -Νιτροφαινόλη	115	—	7,15	
<i>o</i> -Νιτροφαινόλη	97	—	7,17	
<i>m</i> -Νιτροφαινόλη	45	216	8,28	
<i>p</i> -Ιωδοφαινόλη	94	—	9,30	
<i>p</i> -Βρωμοφαινόλη	66	238	9,35	
<i>p</i> -Χλωροφαινόλη	43	220	9,38	
Φαινόλη	43	182	9,89	
<i>p</i> -Μεθυλοφαινόλη (<i>p</i> -κρεσόλη)	35	202	10,17	
<i>p</i> -Μεθοξυφαινόλη	57	243	10,21	
<i>p</i> -Αμινοφαινόλη	186	—	10,46	Ασθενέστερο οξύ
Λιθανόλη ^a			16,00	

Ομοιότητα με αλκοόλες

Οι χαμηλού μοριακού βάρους φαινόλες είναι σε γενικές γραμμές σχετικά υδατοδιαλυτές και έχουν υψηλά σημεία ζέσεως, λόγω των διαμοριακών δεσμών υδρογόνου.

Οι φαινόλες είναι ασθενή οξέα, και όταν διαλυθούν σε νερό δίστανται σε μικρό βαθμό, σχηματίζοντας H₃O⁺ και ένα ανιόν φαινοξειδίου, ArO⁻.

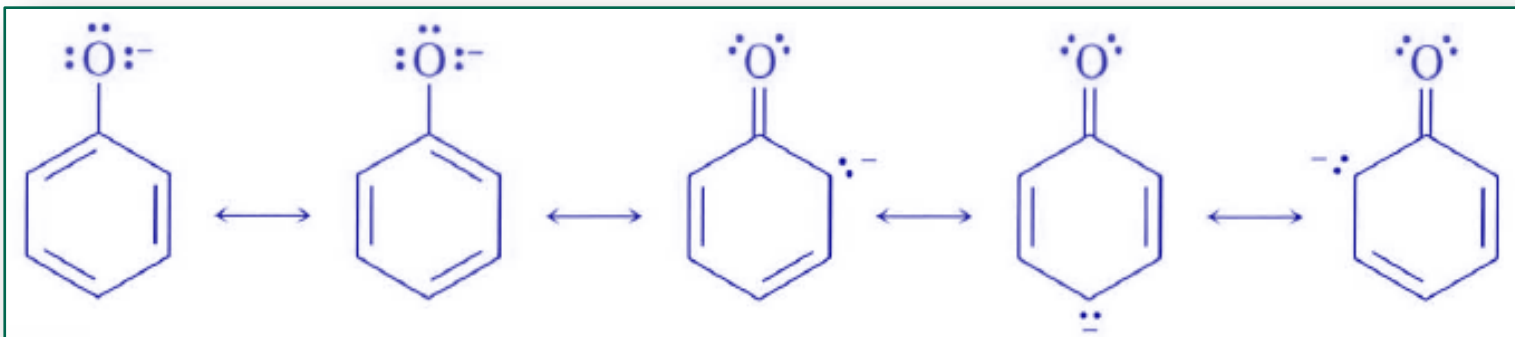
Οι φαινόλες είναι 1.000.000 φορές περίπου πιο όξινες από τις αλκοόλες.

Ορισμένες φαινόλες, όπως η 2,4,6-τρινιτροφαινόλη, υπερβαίνουν σε οξύτητα ακόμη και τα καρβοξυλικά οξέα.

ΟΞΥΤΗΤΑ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Συντονισμός

- Οι φαινόλες είναι πιο όξινες από τις αλκοόλες, διότι το ανιόν φαινοξειδίου σταθεροποιείται μέσω συντονισμού.
- Ο απεντοπισμός του αρνητικού φορτίου στις παρά- και όρθο-θέσεις του αρωματικού δακτυλίου οδηγεί σε αυξημένη σταθερότητα του ανιόντος φαινοξειδίου, σε σχέση με την αδιάστατη φαινόλη

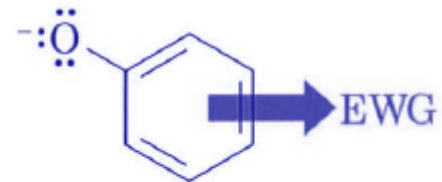


ΟΞΥΤΗΤΑ ΥΠΟΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

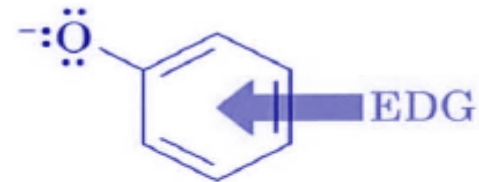
- Οι υποκατεστημένες φαινόλες μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο όξινες από την ίδια τη φαινόλη

- Οι φαινόλες με έναν υποκαταστάτη **δέκτη ηλεκτρονίων** είναι γενικά πιο όξινες, διότι οι υποκαταστάτες αυτοί σταθεροποιούν το ιόν φαινοξειδίου απεντοπίζοντας το αρνητικό φορτίο.

- Οι φαινόλες με έναν υποκαταστάτη **δότη ηλεκτρονίων** είναι λιγότερο όξινες, διότι οι υποκαταστάτες αυτοί αποσταθεροποιούν το ιόν φαινοξειδίου, αφού το φορτίο είναι πλέον εντοπισμένο στο O και όχι απεντοπισμένο.



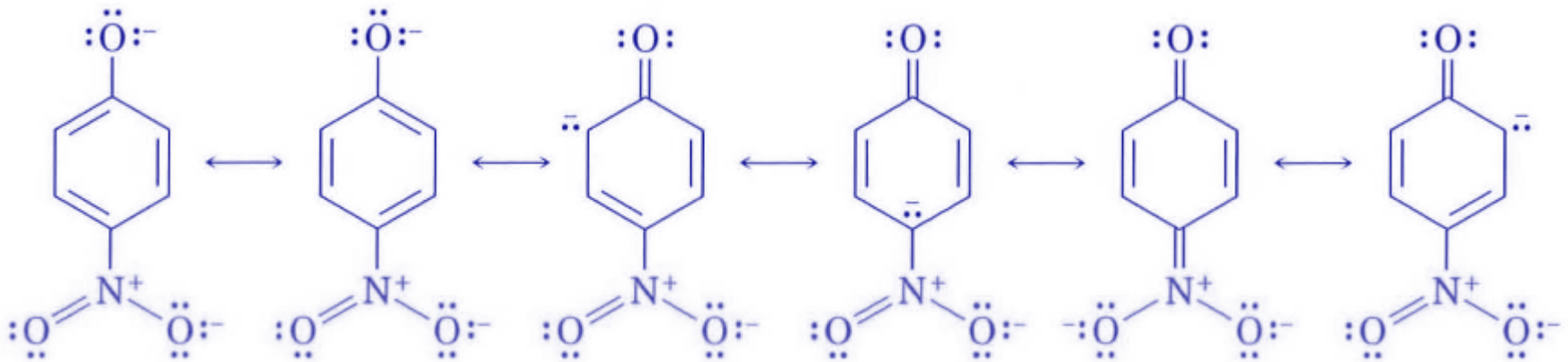
Ομάδες δέκτες ηλεκτρονίων (EWG) σταθεροποιούν το ανιόν φαινοξειδίου, με αποτέλεσμα την αυξημένη οξύτητα της φαινόλης



Ομάδες δότες ηλεκτρονίων (EDG) αποσταθεροποιούν το ανιόν φαινοξειδίου, με αποτέλεσμα τη μειωμένη οξύτητα της φαινόλης

ΟΞΥΤΗΤΑ p-ΝΙΤΡΟΦΑΙΝΟΛΗΣ

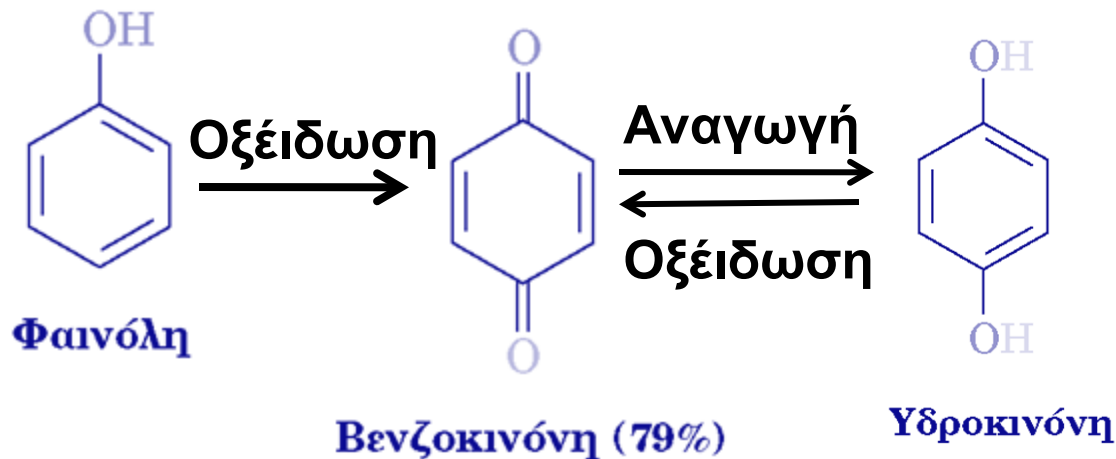
Η επίδραση που ασκείται στην οξύτητα από έναν υποκαταστάτη δέκτη ηλεκτρονίων είναι ιδιαίτερα αισθητή στις φαινόλες που φέρουν μια νιτροομάδα σε όρθο ή πάρα θέση



ΟΞΕΙΔΩΣΗ-ΑΝΑΓΩΓΗ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

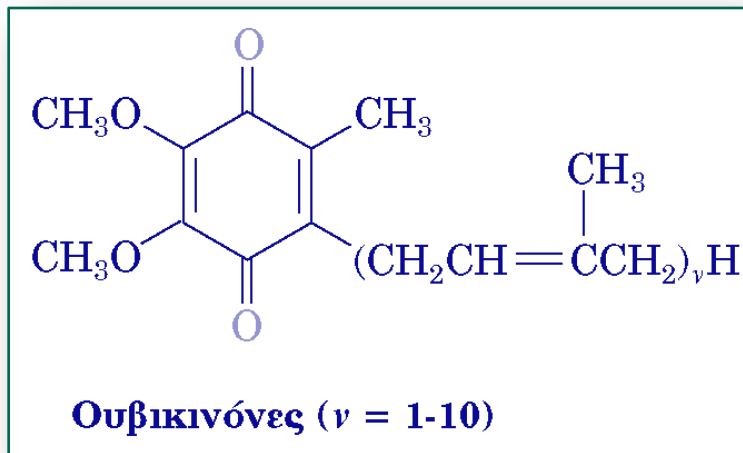
ΚΙΝΟΝΕΣ-ΥΔΡΟΚΙΝΟΝΕΣ

- Συνέπεια της αυξημένης ηλεκτρονικής πυκνότητας στο φαινολικό δακτύλιο αποτελεί η επιδεκτικότητα των φαινολών σε οξείδωση.



ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ ΚΙΝΟΝΩΝ

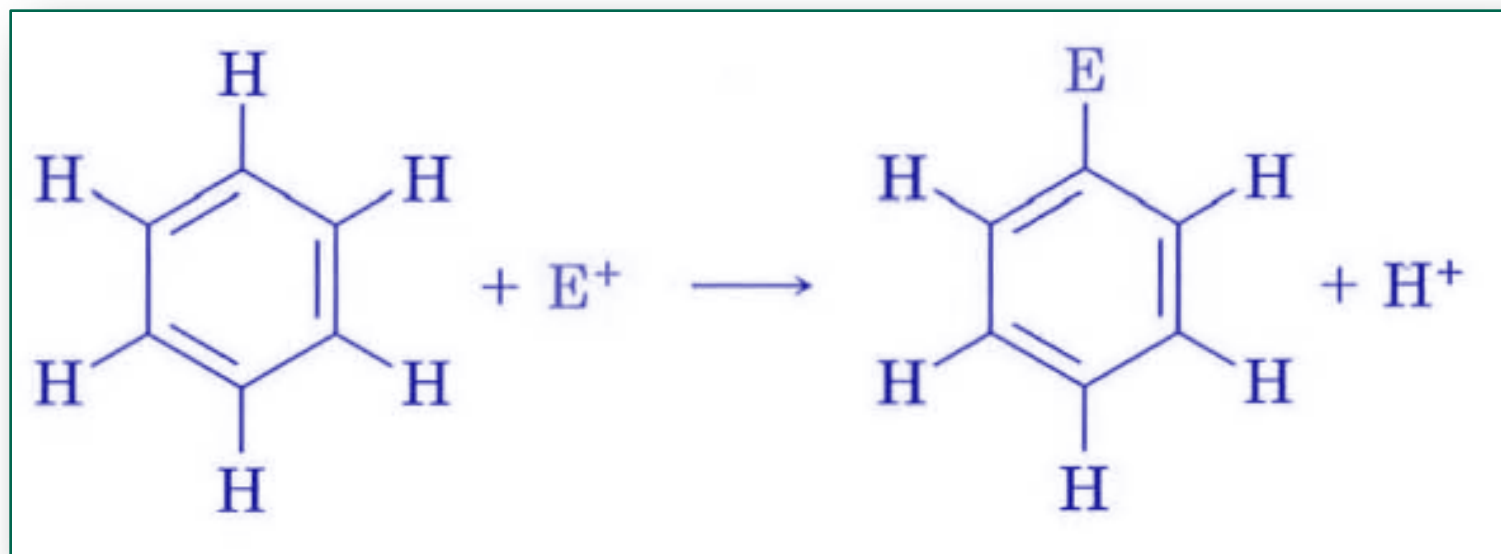
- Οι οξειδοαναγωγικές ιδιότητες των κινονών είναι σημαντικές για τη λειτουργία των ζώντων κυττάρων των αερόβιων οργανισμών.
- Ενώσεις που καλούνται ουβι-κινόνες ή συνένζυμα Q μεσολαβούν στις διαδικασίες μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά την παραγωγή ενέργειας μέσα στα κύτταρα



Ονομάζονται έτσι λόγω της ευρύτατης παρουσίας τους στη φύση (αγγλ. Ubiquitous)

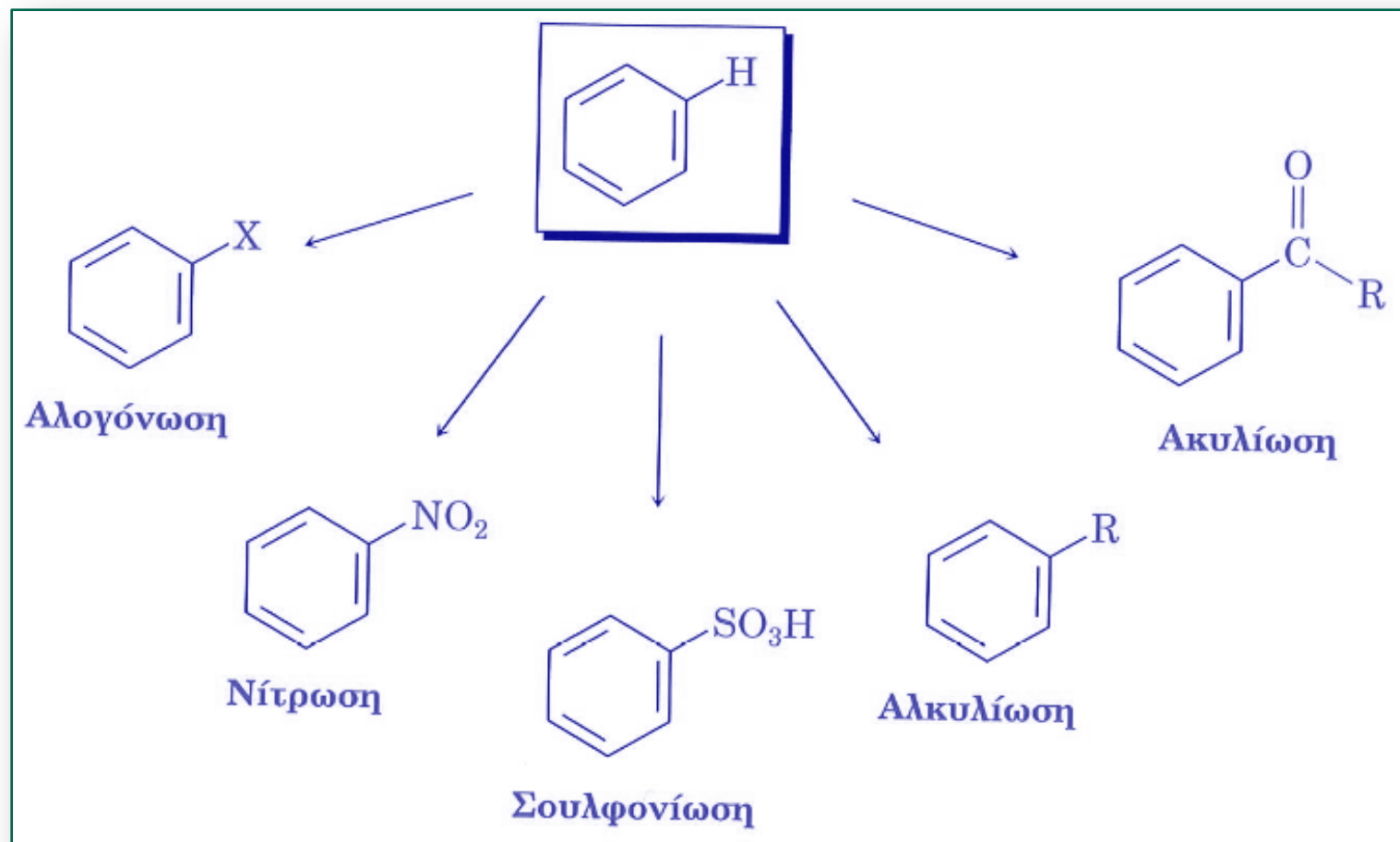
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η πιο σημαντική αντίδραση των αρωματικών ενώσεων
όπως είναι και οι φαινόλες



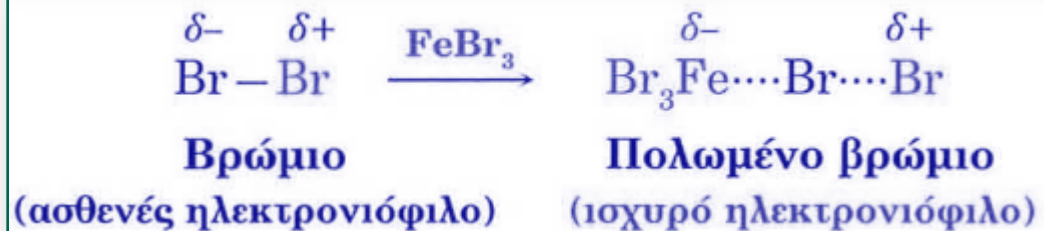
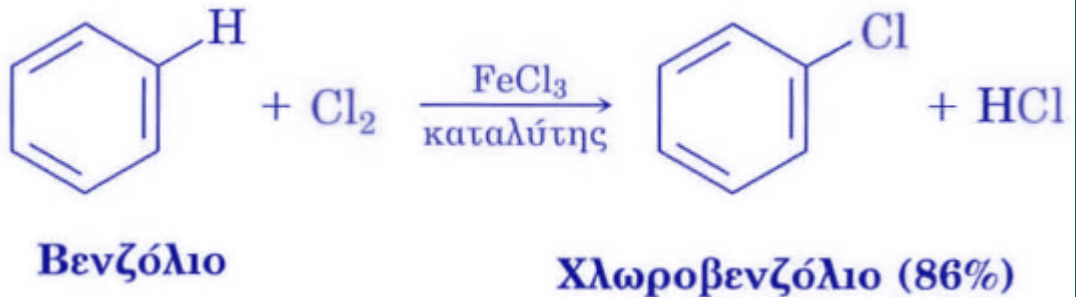
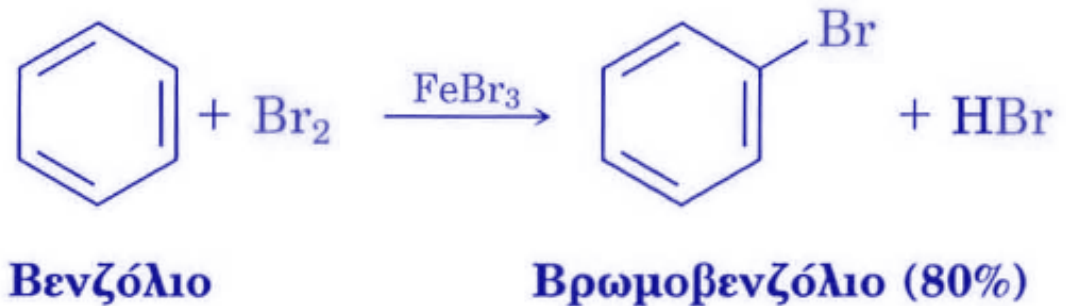
Ένα ηλεκτρονιόφιλο (E^+) αντιδρά με κάποιο αρωματικό δακτύλιο
και υποκαθιστά ένα από τα υδρογόνα του.

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΦΙΛΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



ΑΛΟΓΟΝΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

Έξι π ηλεκτρόνια:
αυξημένη ηλεκτρονική
πυκνότητα
(πυρηνόφιλο ή
βάση κατά Lewis)



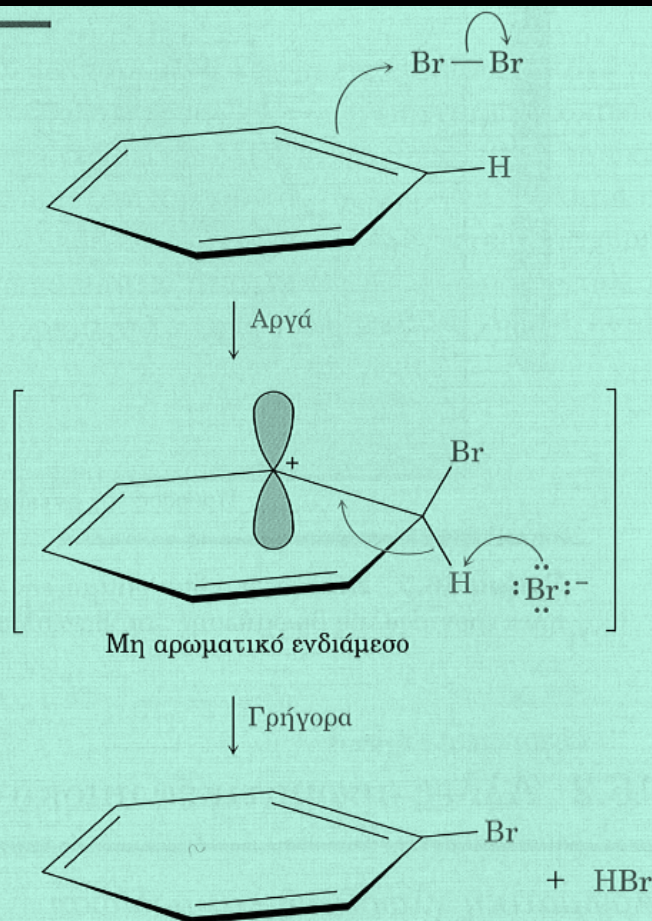
Απαιτείται καταλύτης

ή οξύ κατά Lewis

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (ΒΡΩΜΙΩΣΗ)

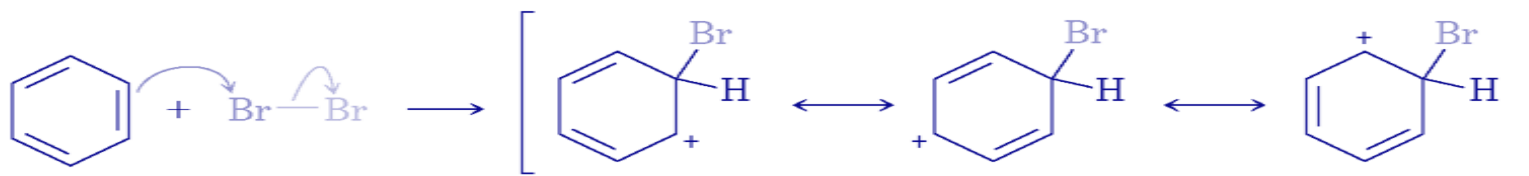
Ένα ηλεκτρονικό ζεύγος από τον βενζολικό δακτύλιο προσβάλλει το Br_2 , σχηματίζοντας έναν νέο δεσμό $\text{C}-\text{Br}$ και ένα ενδιάμεσο καρβοκατιόν.

Το ενδιάμεσο καρβοκατιόν χάνει ένα πρωτόνιο και σχηματίζεται το ουδέτερο προϊόν υποκατάστασης, καθώς δύο ηλεκτρόνια από το δεσμό $\text{C}-\text{H}$ μετακινούνται προς το νέο αρωματικό δακτύλιο.

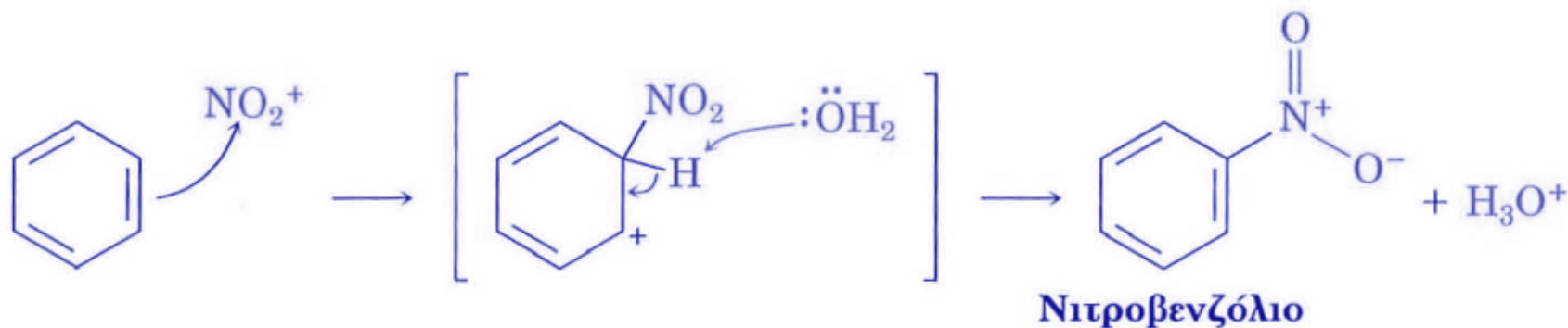


Μηχανισμός της ηλεκτρονιόφιλης βρωμίωσης του βενζολίου.

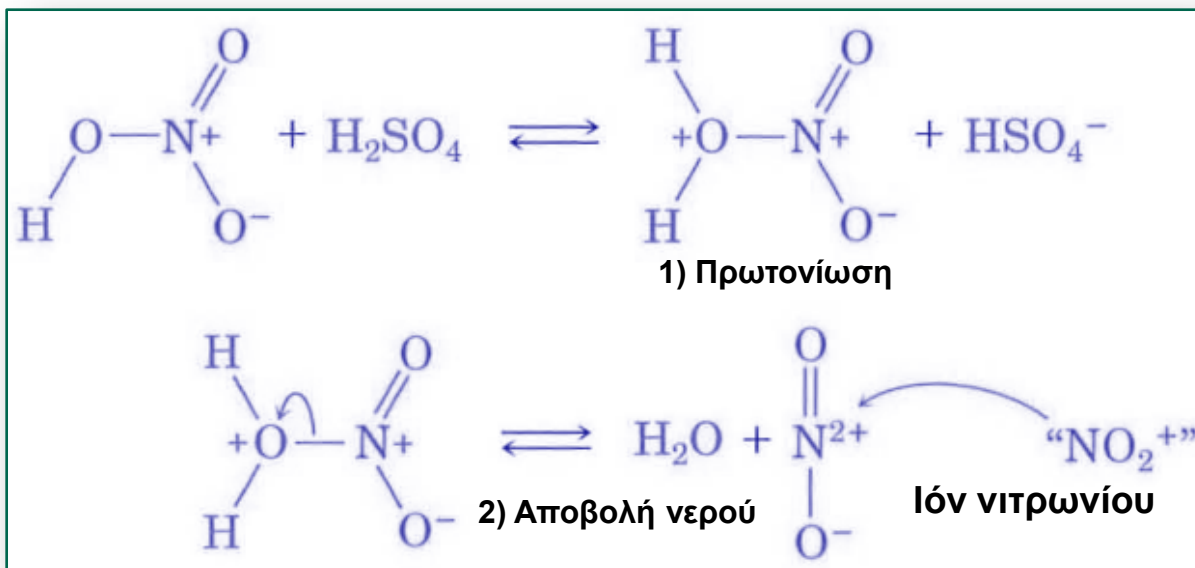
Η αντίδραση πραγματοποιείται σε δύο στάδια και περιλαμβάνει το σχηματισμό ενός ενδιάμεσου καρβοκατιόντος.



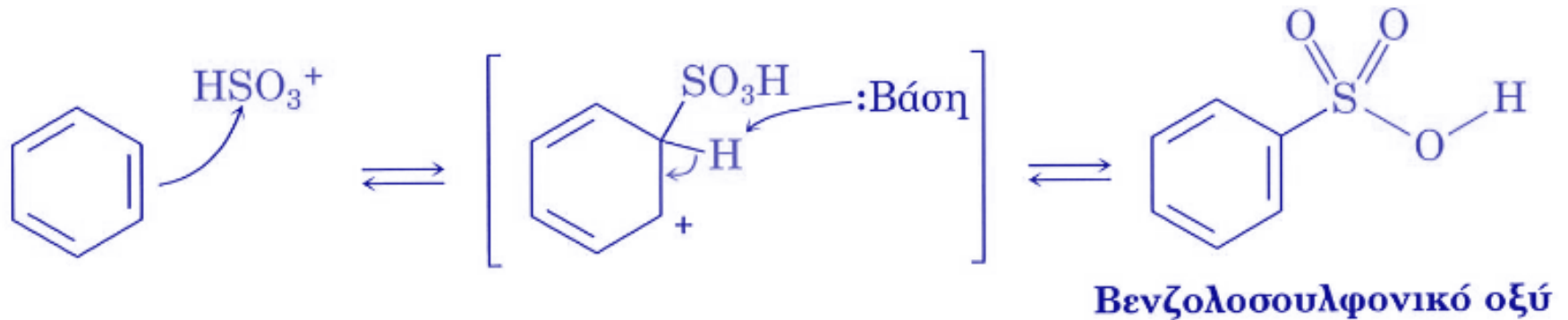
ΝΙΤΡΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ



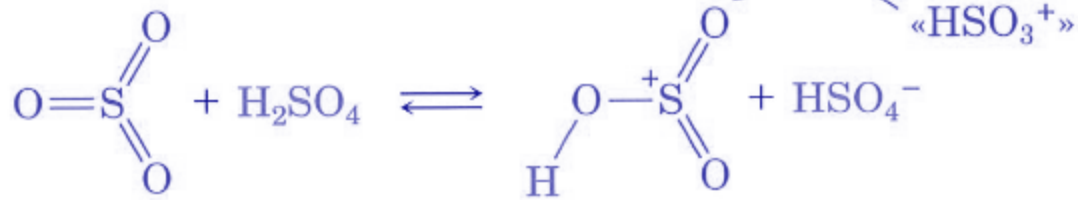
Οι αρωματικοί δακτύλιοι μπορούν να νιτρωθούν αντιδρώντας με μίγμα από πυκνό νιτρικό (π. HNO_3) και θειϊκό οξύ (π. H_2SO_4)



ΣΟΥΛΦΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ



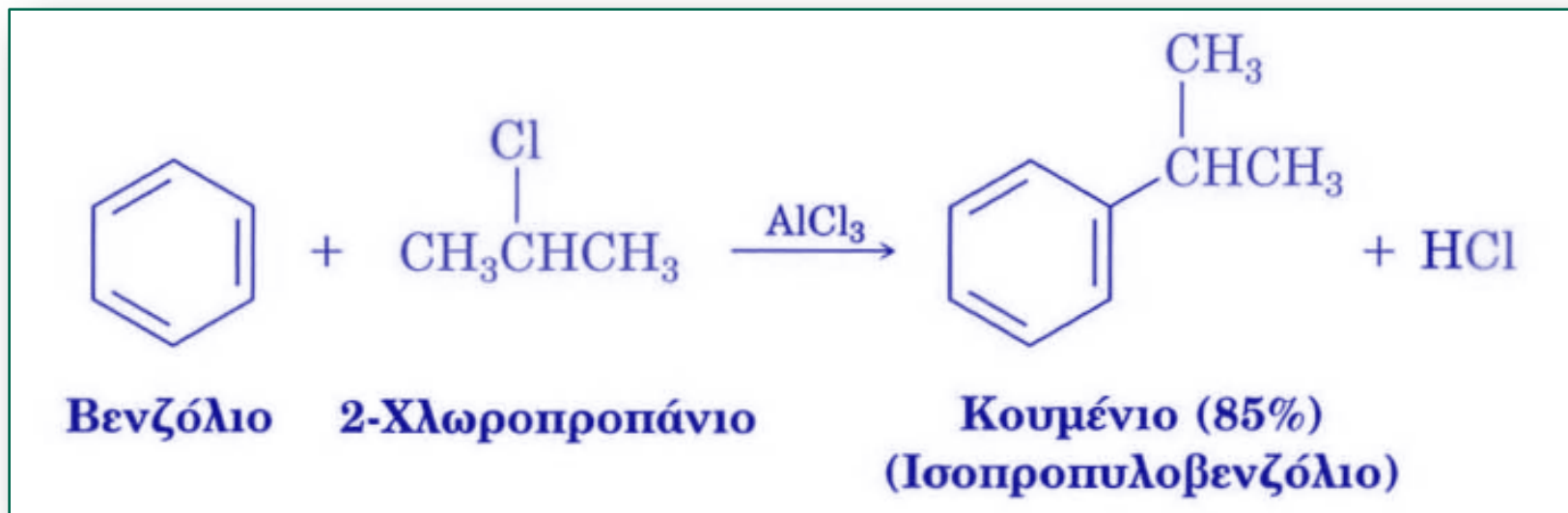
Οι αρωματικοί δακτύλιοι μπορούν να σουλφονιωθούν, αντιδρώντας με διάλυμα SO_3 σε H_2SO_4



ΑΛΚΥΛΙΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

αντίδραση Friedel-Crafts

Οι βενζολικοί δακτύλιοι μπορούν να αλκυλωθούν, όταν αντιδράσουν με κάποιο αλκυλοχλωρίδιο, παρουσία τριχλωριούχου αργιλίου ως καταλύτη.

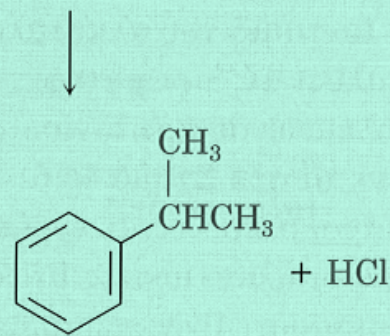
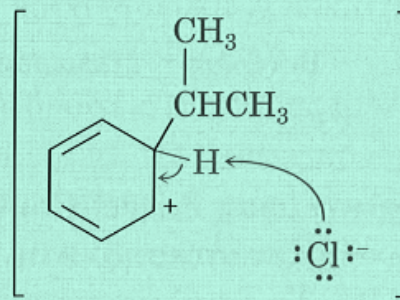
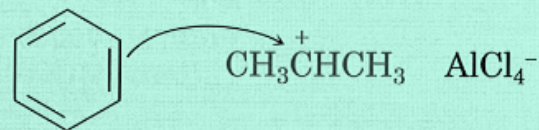
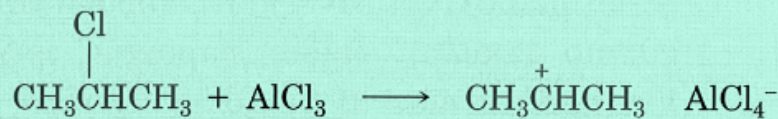


ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΛΚΥΛΙΩΣΗΣ Friedel-Crafts

Το AlCl_3 καταλύει την αντίδραση
Υποβοηθώντας τον ιοντισμό του
αλκυλαλογονιδίου

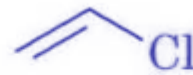
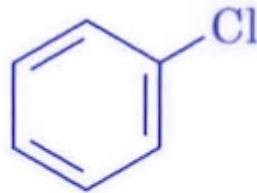
Ένα ηλεκτρονικό ζεύγος από
τον αρωματικό δακτύλιο προ-
σβάλλει το καρβοκατιόν, σχημα-
τίζοντας ένα δεσμό C–C και
ένα νέο ενδιάμεσο καρβοκατιόν.

Η απώλεια ενός πρωτονίου οδη-
γεί κατόπιν στο σχηματισμό του
ουδέτερου προϊόντος της αλκυ-
λο υποκατάστασης.



ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΛΚΥΛΙΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

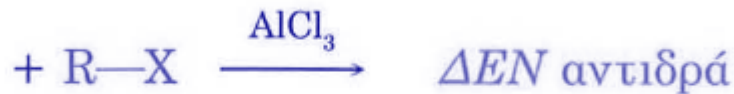
Αρυλαλογονίδιο



Βινυλαλογονίδιο

ΔΕΝ αντιδρούν

Κατά την αντίδραση θα έπρεπε να σχηματισθούν αρυλικά και βινυλικά καρβοκατιόντα τα οποία είναι ασταθή

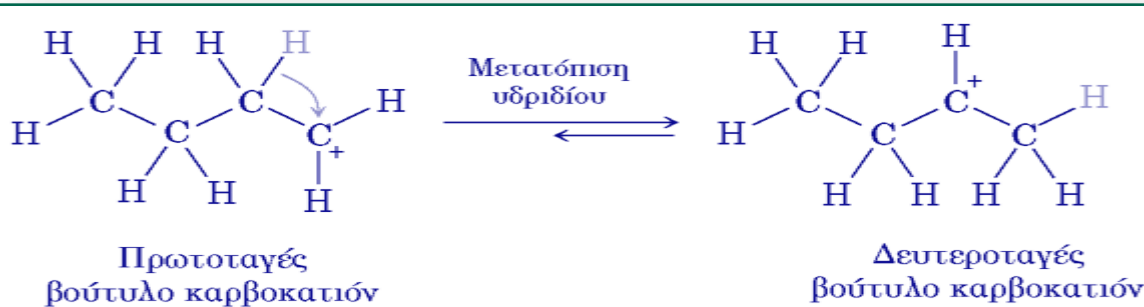
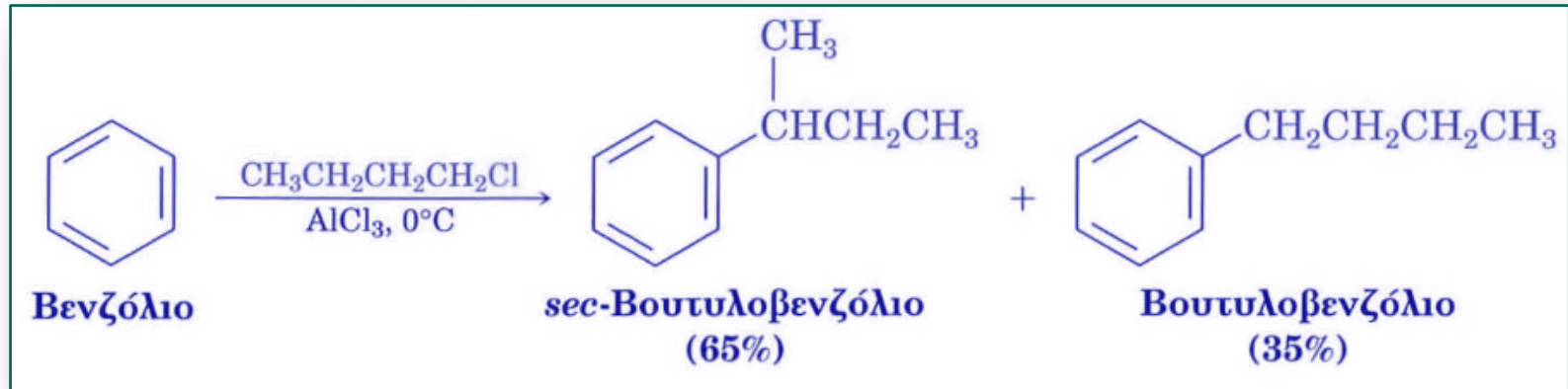


όπου Y = $-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CN}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{CHO}$
 $-\text{COCH}_3$, $-\text{COOH}$, $-\text{COOCH}_3$
($-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$)



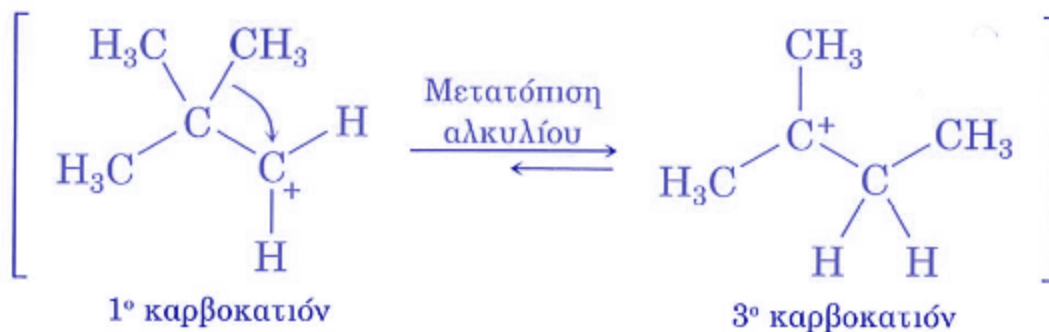
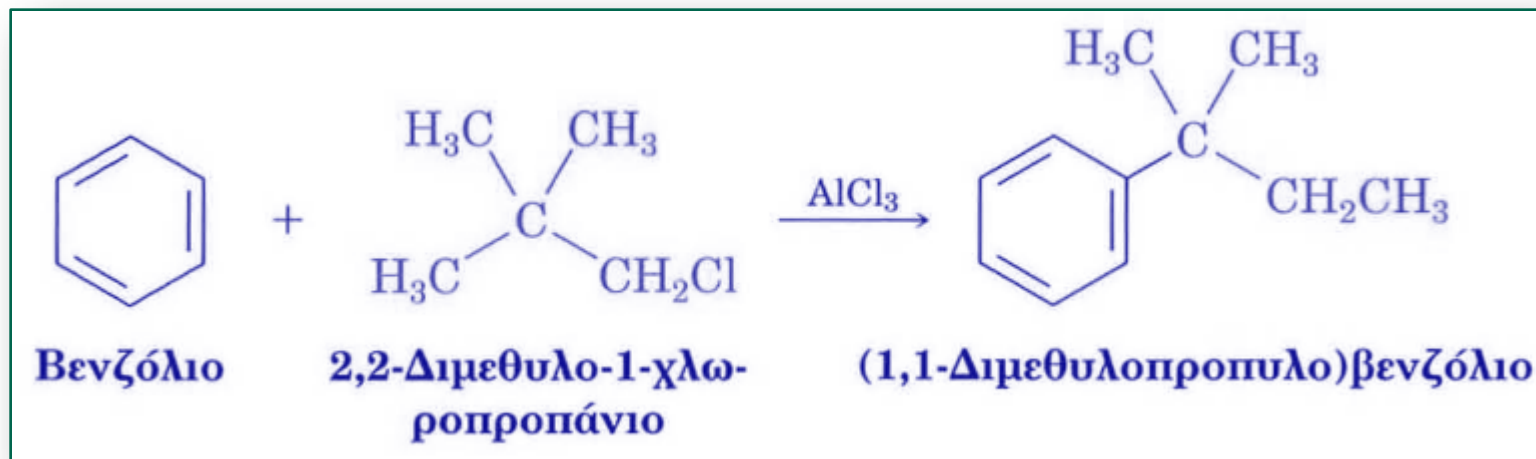
**δέκτες
ηλεκτρονίων**

ΜΕΤΑΘΕΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΛΚΥΛΙΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ (1)



Μετάθεση υδριδίου
(H⁻)

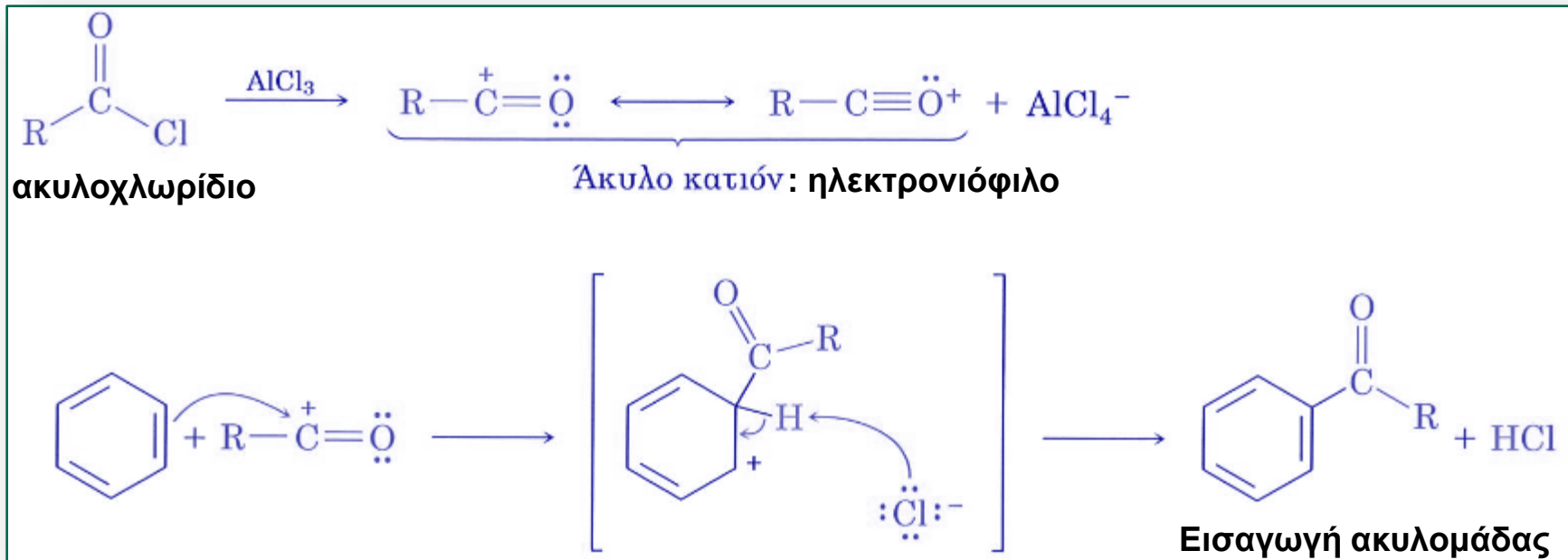
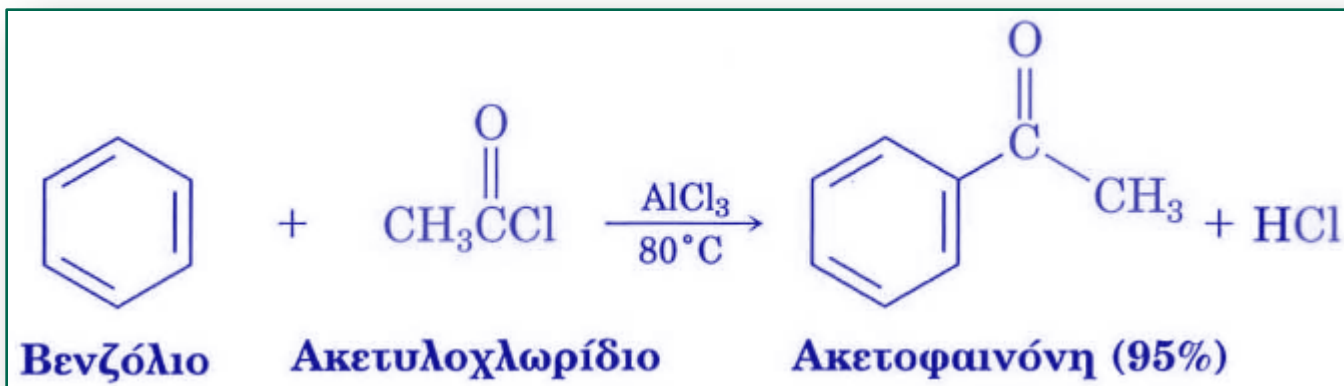
ΜΕΤΑΘΕΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΛΚΥΛΙΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ (2)



Μετάθεση αλκυλίου.
Αντίδραση Friedel-Crafts του βενζολίου με το 2,2-διμεθυλο-1-χλωροπροπάνιο.

ΑΚΥΛΙΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

αντίδραση Friedel-Crafts



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΗΜΕΝΟΥΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ

Οι υποκαταστάτες που προϋπάρχουν στον δακτύλιο ασκούν τις ακόλουθες δύο επιδράσεις:

1) Επηρεάζουν τη δραστικότητα του αρωματικού δακτυλίου.

Μερικοί υποκαταστάτες ενεργοποιούν τον δακτύλιο, καθιστώντας τον περισσότερο δραστικό από το βενζόλιο, ενώ μερικοί τον απενεργοποιούν, καθιστώντας τον λιγότερο δραστικό από το βενζόλιο.

2) Επηρεάζουν τον προσανατολισμό της αντίδρασης.

Τα τρία δι-υποκατεστημένα προϊόντα (όρθο (ο), μέτα(m), πάρα(p)) δεν σχηματίζονται συνήθως σε ίσες ποσότητες.

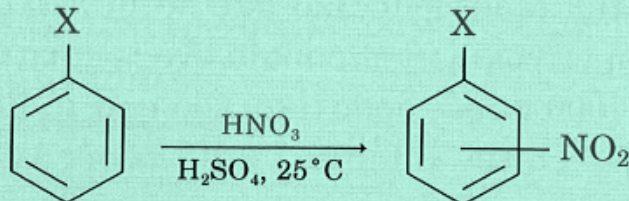
Η φύση του υποκαταστάτη που προϋπάρχει στον βενζολικό δακτύλιο είναι αυτή που προσδιορίζει τη θέση του δεύτερου υποκαταστάτη

Οι υποκαταστάτες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Ενεργοποιητές με ορθο- και παρα- προσανατολισμό
- 2) Απενεργοποιητές με ορθο- και παρα- προσανατολισμό και
- 3) Απενεργοποιητές με μετα- προσανατολισμό

**Δεν υπάρχουν γνωστοί ενεργοποιητές με μετα- προσανατολισμό.*

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΗΜΕΝΟΥΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ

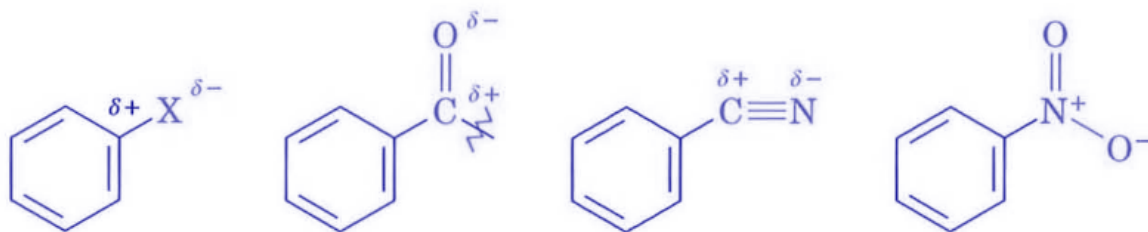


X	Προϊόν (%)			X	Προϊόν (%)		
	Όρθο	Μέτα	Πάρα		Όρθο	Μέτα	Πάρα
Απενεργοποιητές μετα-κατεύθυνσης				Απενεργοποιητές ορθο- και παρα-κατεύθυνσης			
-N ⁺ (CH ₃) ₃	2	87	11	-F	13	1	86
-NO ₂	7	91	2	-Cl	35	1	64
-COOH	22	76	2	-Br	43	1	56
-CN	17	81	2	-I	45	1	54
-CO ₂ CH ₂ CH ₃	28	66	6	Ενεργοποιητές ορθο- και παρα-κατεύθυνσης			
-COCH ₃	26	72	2	-CH ₃	63	3	34
-CHO	19	72	9	-OH	50	0	50
				-NHCOCH ₃	19	2	79

Η δραστηριότητα και ο
προσανατολισμός στις
ηλεκτρονιόφιλες αρωματικές
υποκαταστάσεις ελέγχονται από
τη συνδυασμένη επίδραση
επαγωγικών φαινομένων
και **φαινομένων συντονισμού.**

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

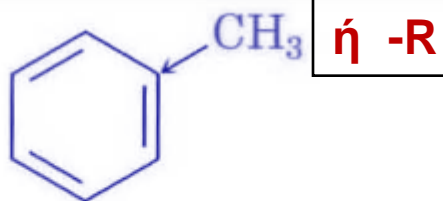
Τα επαγωγικά φαινόμενα οφείλονται στην ηλεκτραρνητικότητα των ατόμων και στην επαγόμενη πολικότητα των δεσμών προς στις λειτουργικές ομάδες. Οι επιδράσεις που ασκούνται οδηγούν στην προσέλκυση ή στην προσφορά ηλεκτρονίων μέσω των δεσμών σ



(X = F, Cl, Br, I)

Οι ομάδες που συνδέονται με τους αρωματικούς δακτυλίους έλκουν επαγωγικώς ηλεκτρόνια, λόγω της πολικότητας των δεσμών τους.

Τα αλογόνα,
οι καρβονυλομάδες,
οι κυανομάδες και
οι νιτρομάδες
έλκουν επαγωγικώς
ηλεκτρόνια, μέσω του σ
δεσμού που συνδέει τον
υποκαταστάτη με τον
δακτύλιο.

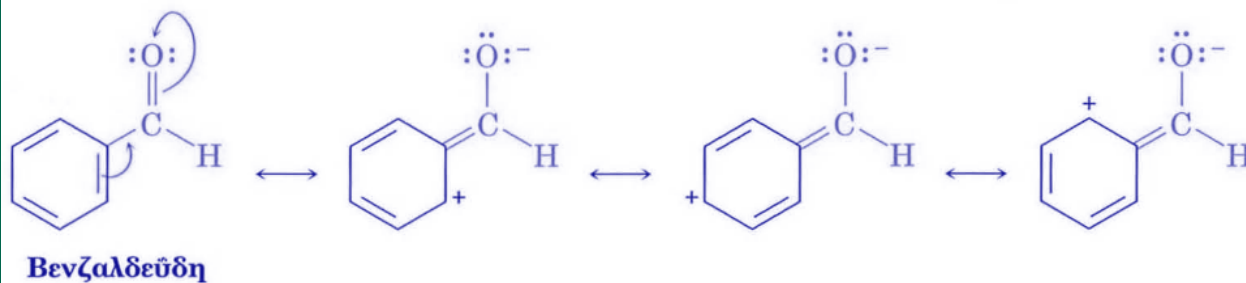


Αλκυλομάδα: δότης ηλεκτρονίων, επαγωγικώς

Οι αλκυλομάδες,
προσφέρουν επαγωγικώς
ηλεκτρόνια.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (1)

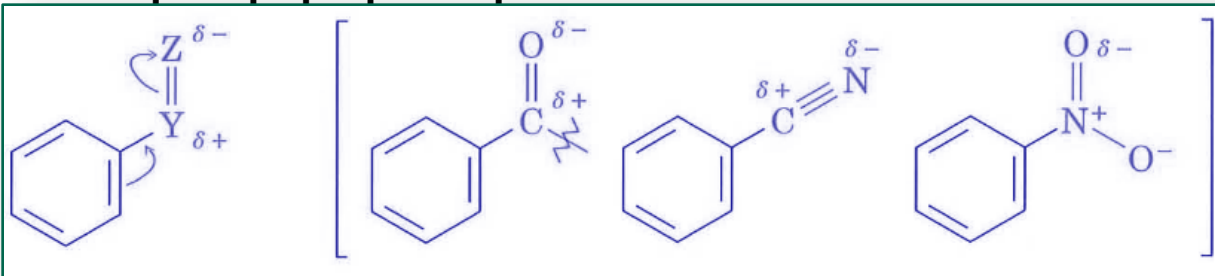
Τα φαινόμενα συντονισμού οφείλονται στην αλληλεπικάλυψη ενός p τροχιακού του υποκαταστάτη με ένα p τροχιακό του αρωματικού δακτυλίου και έχουν ως αποτέλεσμα την προσέλκυση ή προσφορά ηλεκτρονίων μέσω π δεσμών



Οι υποκαταστάτες **καρβονύλιο**, **κυανομάδα** και **νιτρομάδα**, **έλκουν** ηλεκτρόνια από τον αρωματικό δακτύλιο μέσω συντονισμού.

Τα π ηλεκτρόνια «ρέουν» από τους δακτυλίους προς τους υποκαταστάτες, καθιστώντας το δακτύλιο θετικά φορτισμένο με μεγαλύτερη επίδραση στις θέσεις όρθο και πάρα.

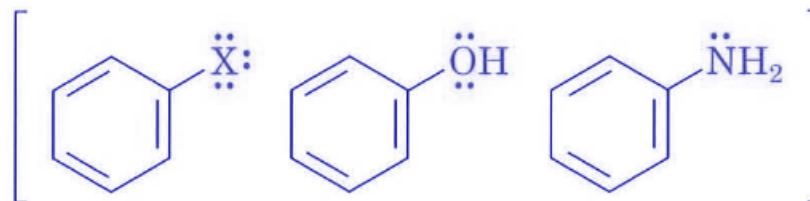
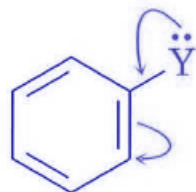
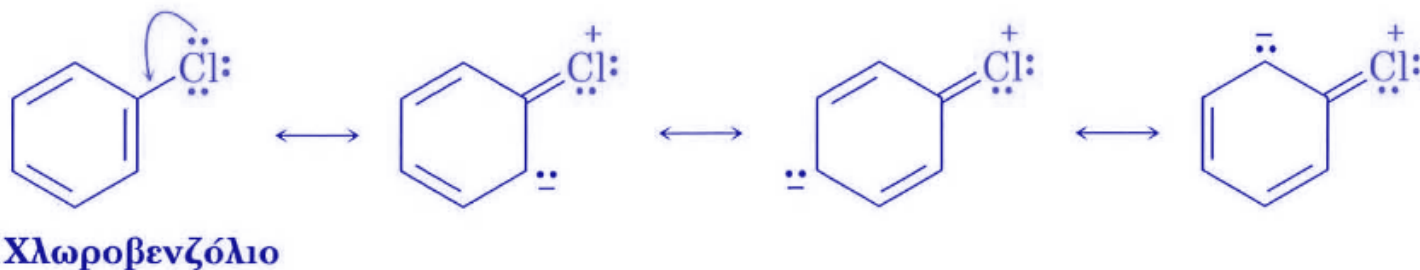
Z ηλεκτραρνητικότερο του **Y**



Γενική δομή αρωματικών δακτυλίων υποκατεστημένων με ομάδα που έλκει ηλεκτρόνια μέσω συντονισμού

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (2)

Αντίθετα, τα αλογόνα, το υδροξύλιο, τα αλκοξύλια (-OR) και οι αμινο υποκαταστάτες προσφέρουν ηλεκτρόνια στον αρωματικό δακτύλιο μέσω συντονισμού. Τα π ηλεκτρόνια «ρέουν» από τους υποκαταστάτες προς το δακτύλιο, καθιστώντας τον αρνητικά φορτισμένο, όπως φαίνεται από τις ακόλουθες δομές συντονισμού του χλωροβενζολίου. Η επίδραση είναι μεγαλύτερη στις θέσεις όρθο και παρά.



Δακτύλιοι υποκατεστημένοι από μια ομάδα που προσφέρει ηλεκτρόνια μέσω συντονισμού έχουν την παραπάνω γενική δομή. X = Αλογόνο

Δεν είναι απαραίτητο τα επαγωγικά φαινόμενα και τα φαινόμενα συντονισμού να ενεργούν προς την ίδια κατεύθυνση.

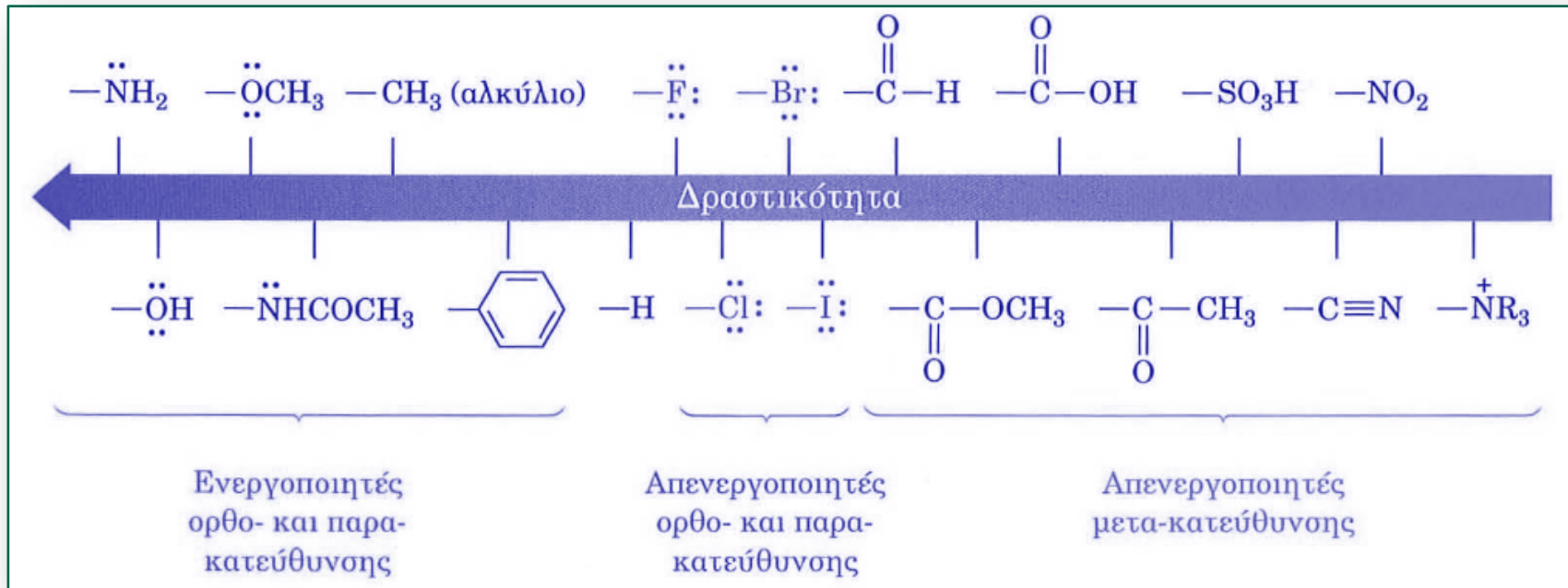
Στα αλογόνα, στο υδροξύλιο, στα αλκοξύλια και στους αμινο-υποκαταστάτες, για παράδειγμα, τα επαγωγικά φαινόμενα οδηγούν στην έλξη ηλεκτρονίων, λόγω της ηλεκτραρνητικότητας του ατόμου που συνδέεται με τον αρωματικό δακτύλιο, ενώ τα φαινόμενα συντονισμού οδηγούν σε προσφορά ηλεκτρονίων, λόγω του μονήρους ζεύγους ηλεκτρονίων στο άτομο που συνδέεται με το δακτύλιο.

Επίδραση υποκαταστατών

Ηλεκτρονιόφιλη αρωματική υποκατάσταση

Υποκαταστάτης	Δραστικότητα	Προσανατολισμός	Επαγωγικό φαινόμενο	Φαινόμενο συντονισμού
—CH ₃	Ενεργοποίηση	Ορθο, παρα	Ασθενής δότης ηλεκτρονίων	Κανένα
— $\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}\text{H}$ — $\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}\text{H}_2$	Ενεργοποίηση	Ορθο, παρα	Ασθενής δέκτης ηλεκτρονίων	Ισχυρός δότης ηλεκτρονίων
— $\overset{\cdot\cdot}{\text{F}}:$, — $\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}:$ — $\overset{\cdot\cdot}{\text{Br}}:$, — $\overset{\cdot\cdot}{\text{I}}:$	Απενεργοποίηση	Ορθο, παρα	Ισχυρός δέκτης ηλεκτρονίων	Ασθενής δότης ηλεκτρονίων
— $\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$	Απενεργοποίηση	Μετα	Ισχυρός δέκτης ηλεκτρονίων	Κανένα
—NO ₂ , —CN —CHO, —CO ₂ CH ₃ —COCH ₃	Απενεργοποίηση	Μετα	Ισχυρός δέκτης ηλεκτρονίων	Ισχυρός δέκτης ηλεκτρονίων

Ταξινόμηση της επίδρασης των υποκαταστατών στην ηλεκτρονιόφιλη αρωματική υποκατάσταση



Ενεργοποιές ομάδες: προσφέρουν ηλεκτρόνια στο δακτύλιο
Απενεργοποιές ομάδες: έλκουν ηλεκτρόνια από το δακτύλιο

ο και -p κατευθυντές

Απενεργοποιητές (π.χ. αλογόνα) : ισχυρότερο επαγωγικό φαινόμενο που έλκει ηλεκτρόνια από φαινόμενο συντονισμού που προσφέρει ηλεκτρόνια

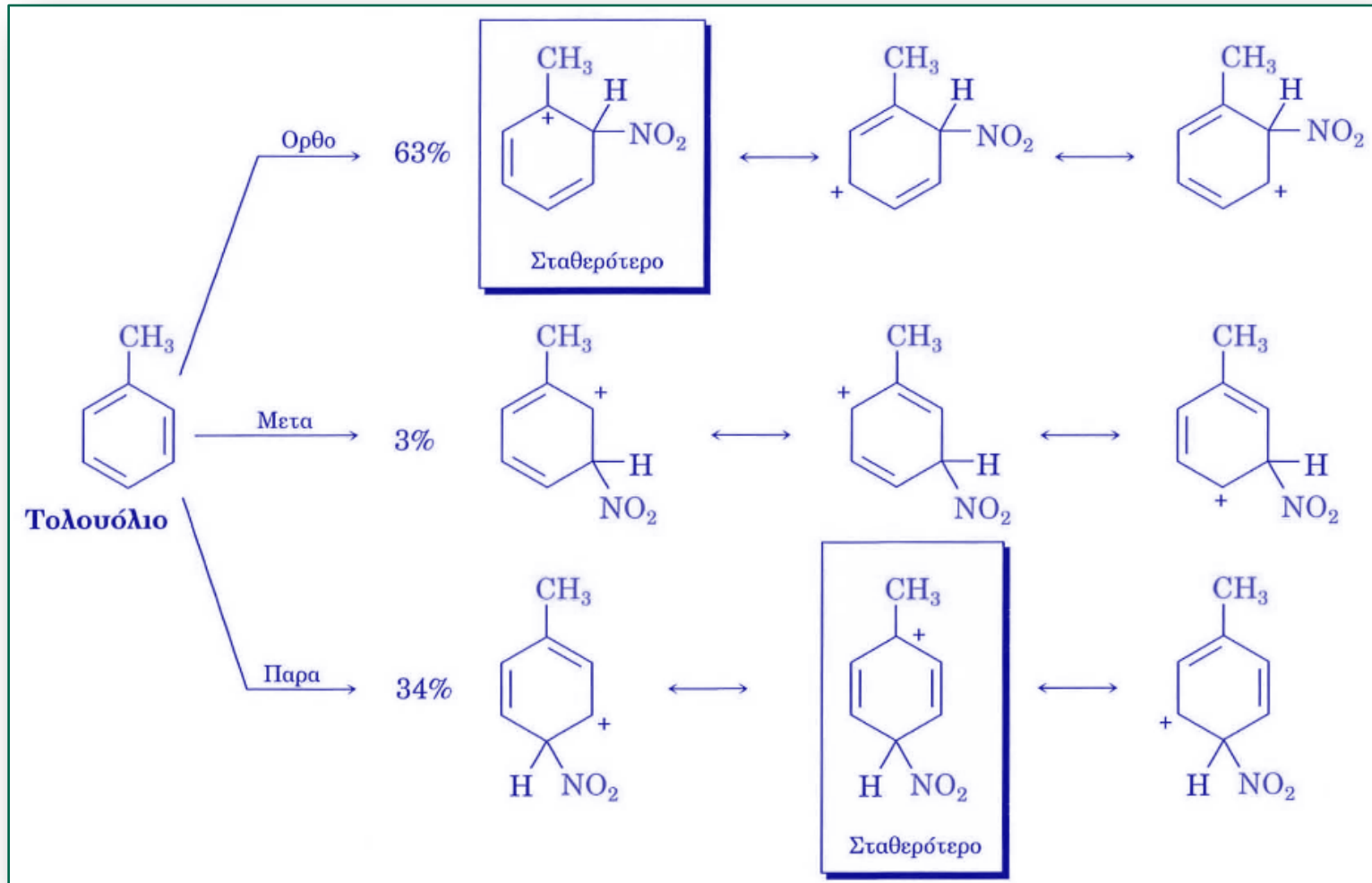
Ενεργοποιητές (π.χ. -OH, -OR, -NH₂) : Ασθενέστερο επαγωγικό φαινόμενο που έλκει ηλεκτρόνια από φαινόμενο συντονισμού που προσφέρει ηλεκτρόνια

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

- **Ενεργοποιές ομάδες:** Προσφέρουν ηλεκτρόνια στο δακτύλιο σταθεροποιώντας το ενδιάμεσο καρβοκατιόν
 - Τα $-OH$, $-OR$, NH_2 είναι ενεργοποιητές επειδή το φαινόμενο συντονισμού που προκαλεί προσφορά ηλεκτρονίων είναι ισχυρότερο από το επαγωγικό τους φαινόμενο που έλκει ηλεκτρόνια
-
- **Απενεργοποιές ομάδες:** Έλκουν ηλεκτρόνια από το δακτύλιο αποσταθεροποιώντας το ενδιάμεσο καρβοκατιόν
 - Τα $-C=O$, $-CN$, $-NO_2$ είναι απενεργοποιητές επειδή το φαινόμενο συντονισμού και το επαγωγικό φαινόμενο συντελούν στην προσέλκυση ηλεκτρονίων
 - Τα αλογόνα ($-X$) είναι απενεργοποιητές επειδή το επαγωγικό φαινόμενο που προκαλεί έλξη ηλεκτρονίων υπερισχύει του ασθενέστερου φαινομένου συντονισμού που προσφέρει ηλεκτρόνια

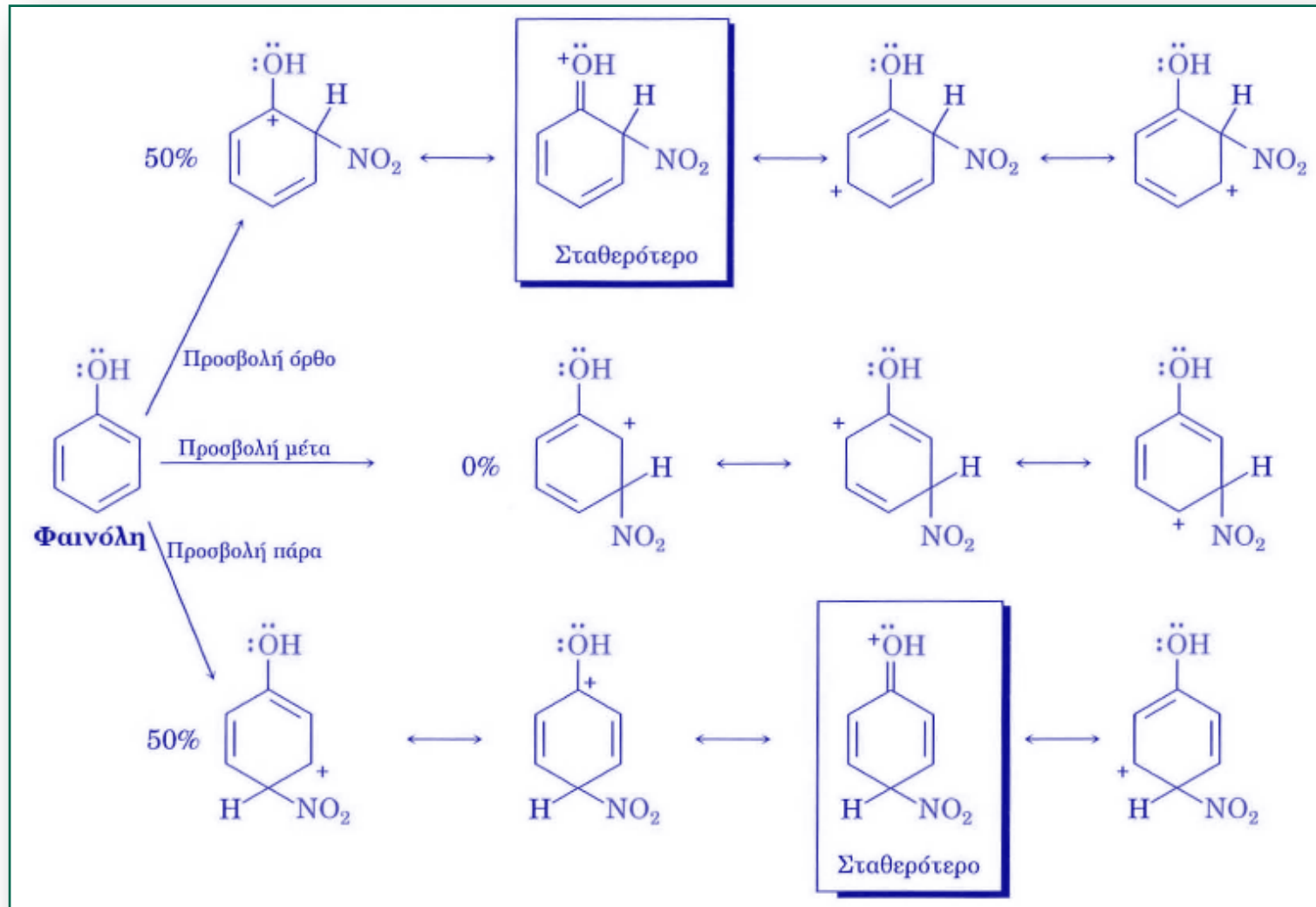
ΑΛΚΥΛΟΜΑΔΕΣ ο- και -p κατευθυντές-ενεργοποιητές

Νίτρωση τολουολίου-σταθερότητα προϊόντων



ΥΔΡΟΞΥΛΩΜΑΔΕΣ ο- και -p κατευθυντές-ενεργοποιητές

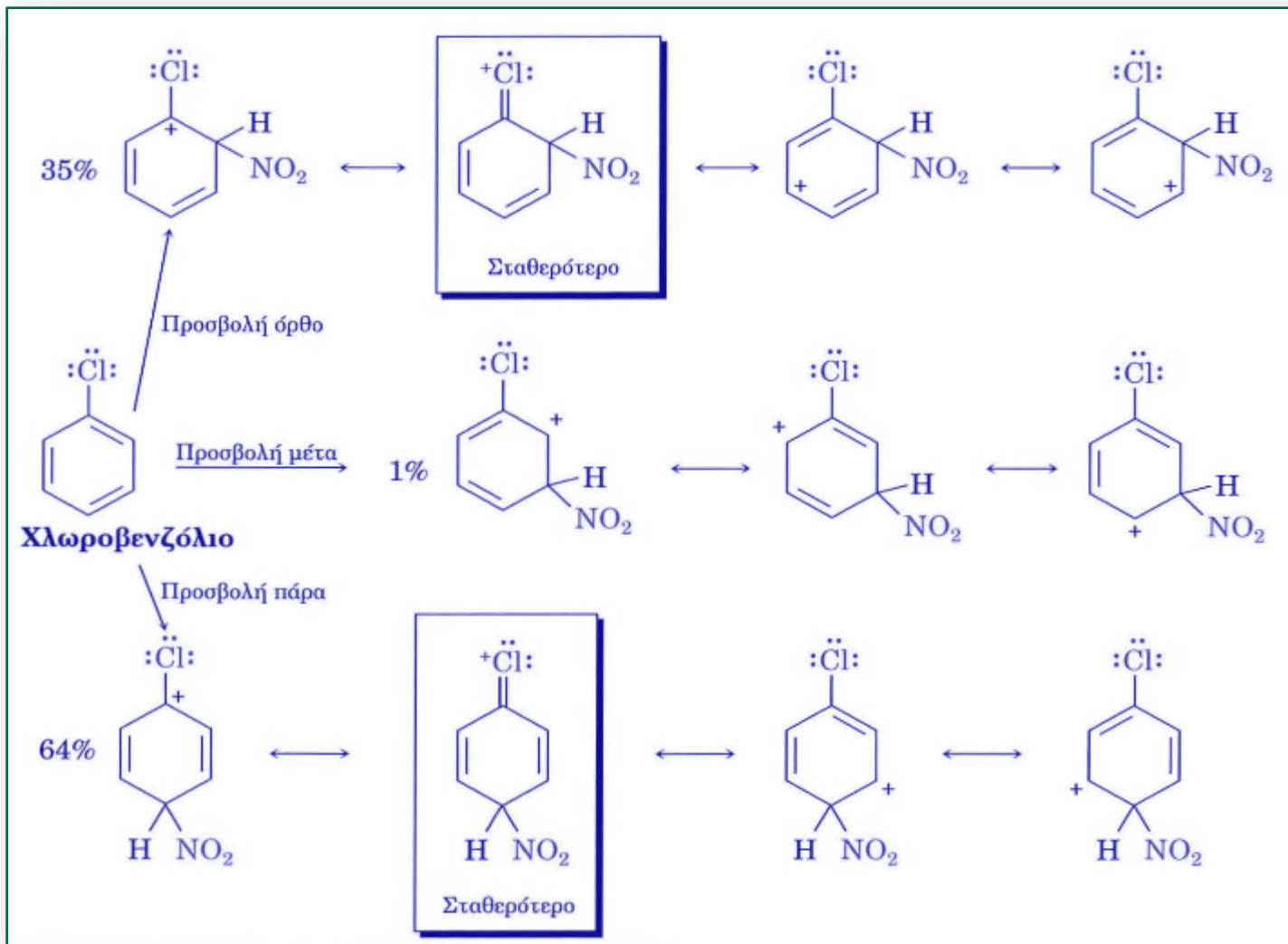
Νίτρωση τολουολίου-σταθερότητα προϊόντων



ΑΛΟΓΟΝΑ

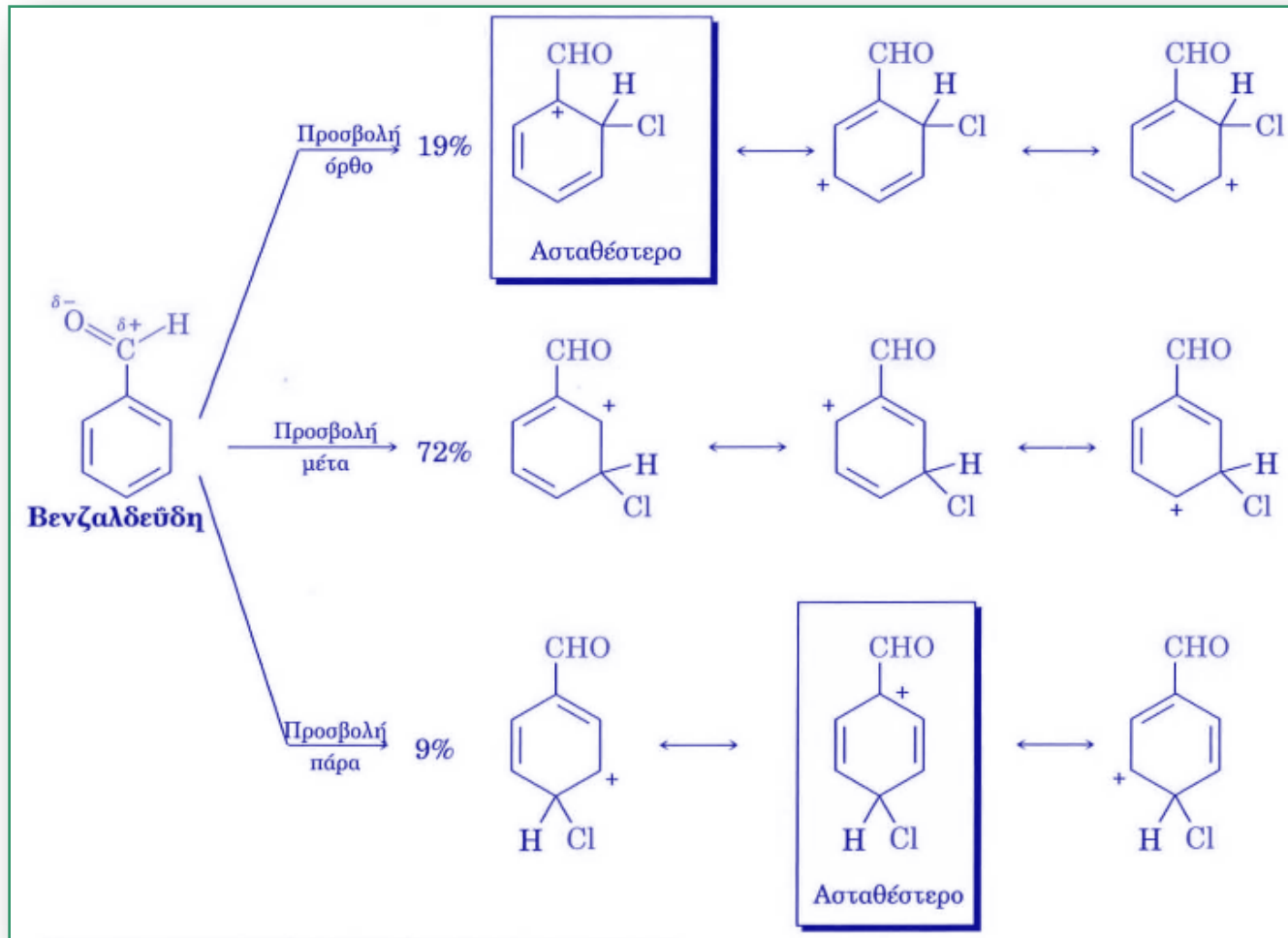
ο- και -p κατευθυντές-απενεργοποιητές

Νίτρωση χλωροβενζολίου-σταθερότητα προϊόντων



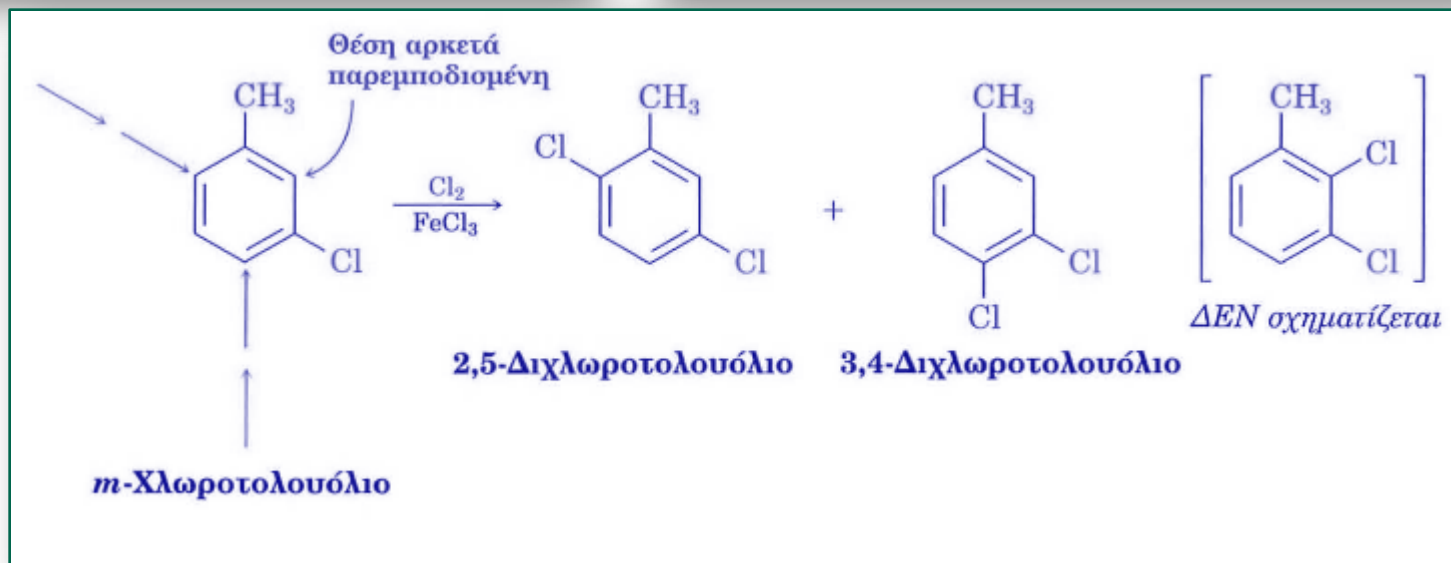
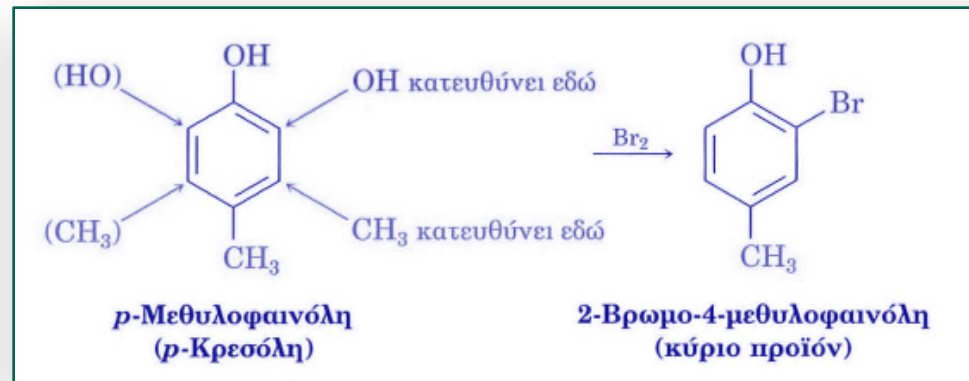
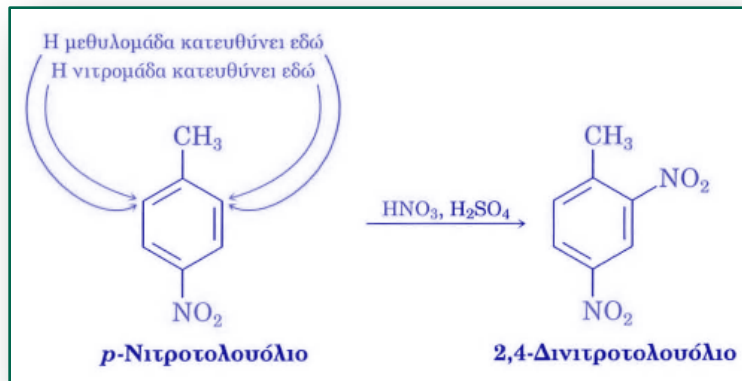
ΑΛΔΕΥΔΟΜΑΔΕΣ -m ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΕΣ-ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ

Χλωρίωση βενζαλδεΐδης -σταθερότητα προϊόντων



Προσθετικότητα των φαινομένων

Ταύτιση, μη ταύτιση και παρεμπόδιση

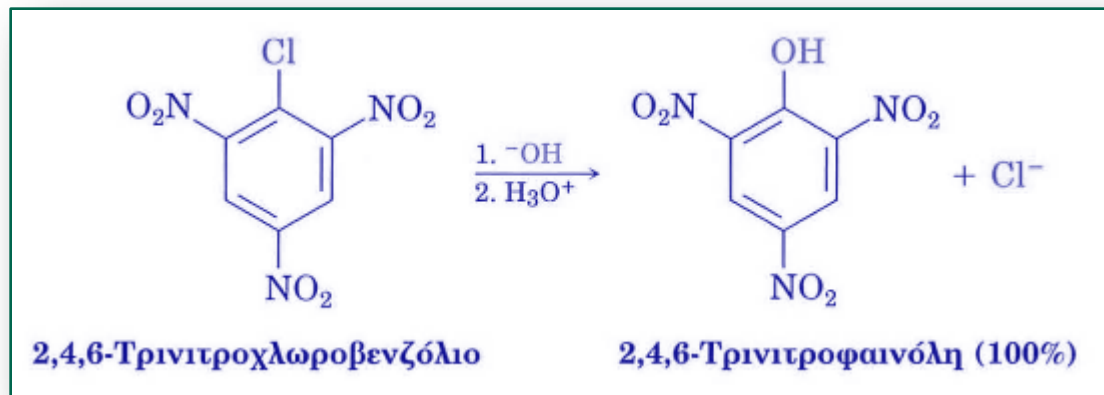


Το προϊόν που λαμβάνεται καθορίζεται από τον ισχυρότερο κατευθυντή

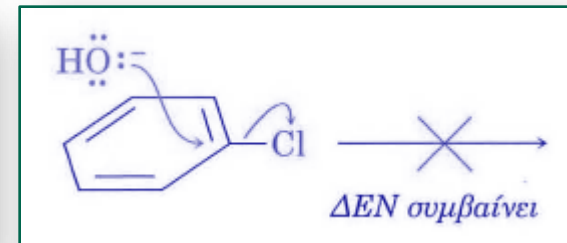
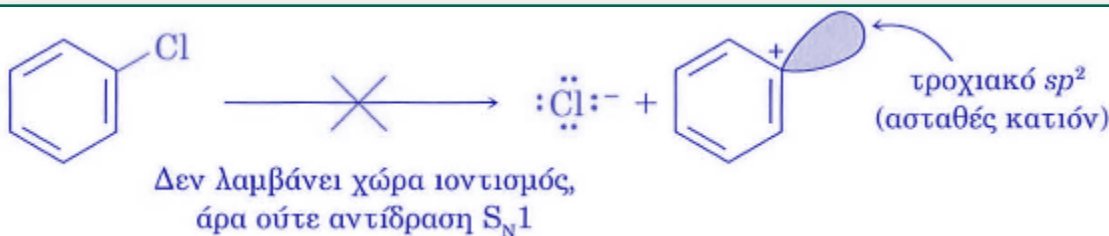
ΠΥΡΗΝΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Αρυλαλογονίδια που φέρουν ως υποκαταστάτες δέκτες ηλεκτρονίων μπορούν επίσης να συμμετάσχουν σε αντιδράσεις πυρηνόφιλης αρωματικής υποκατάστασης.

Η πυρηνόφιλη αρωματική υποκατάσταση εκδηλώνεται μόνον εάν ο αρωματικός δακτύλιος φέρει κάποιον υποκαταστάτη που είναι δέκτης ηλεκτρονίων σε θέση όρθο ή πάρα ως προς την αποχωρούσα ομάδα.



Τα αρυλαλογονίδια παραμένουν αδρανή στις συνθήκες S_N1 και S_N2

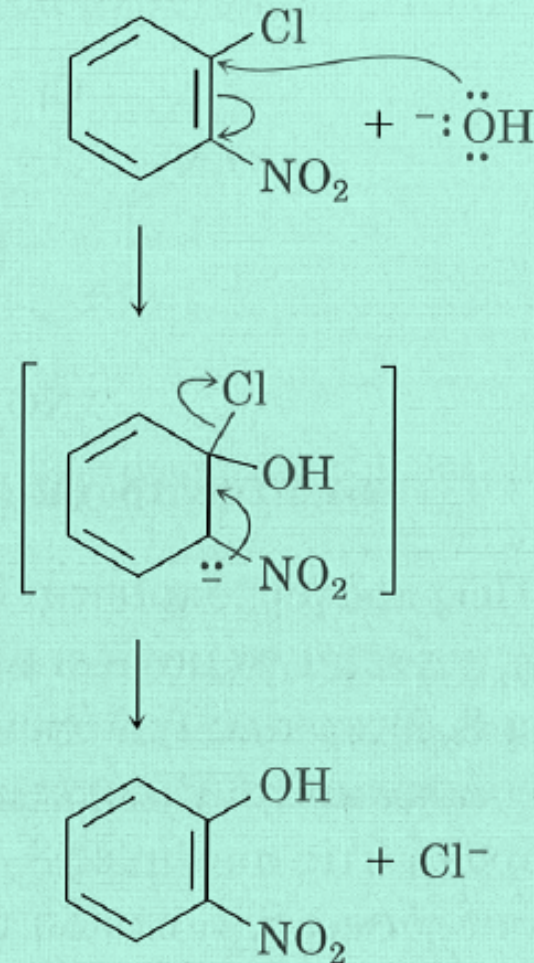


ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΥΡΗΝΟΦΙΛΗΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μέσω ενδιάμεσου καρβανιόντος

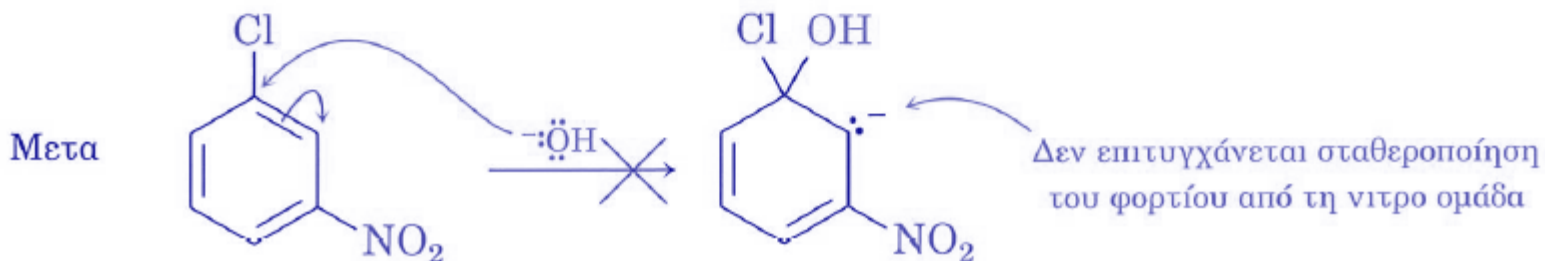
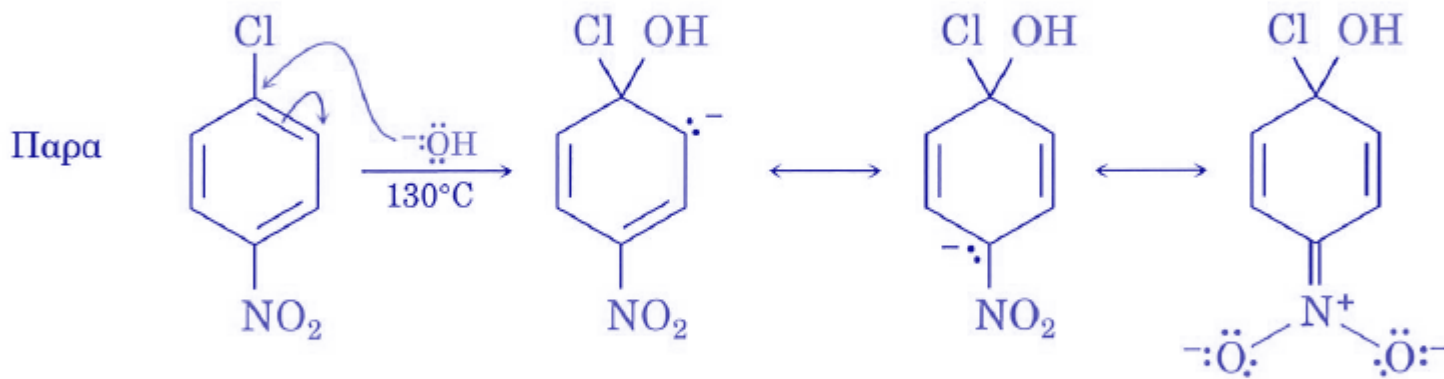
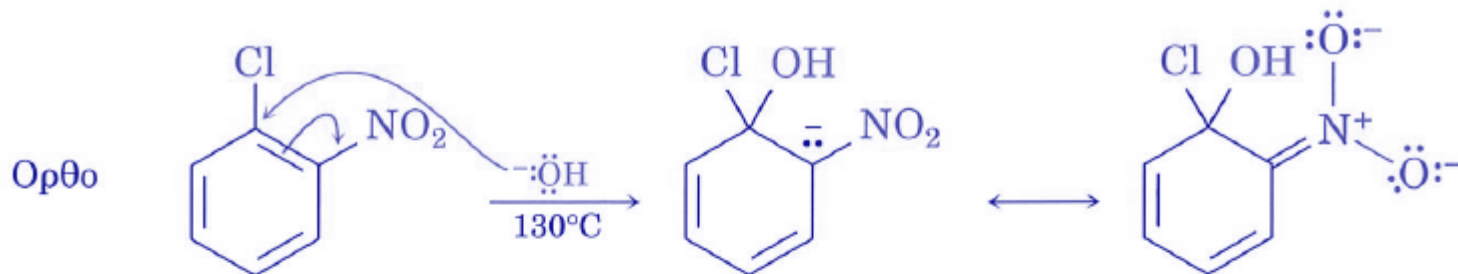
Η πυρηνόφιλη προσθήκη του υδροξυλικού ανιόντος στον ηλεκτρονικά φτωχό αρωματικό δακτύλιο οδηγεί στο σχηματισμό ενός σταθεροποιημένου ενδιάμεσου.

Το ενδιάμεσο καρβανιόν υφίσταται, στο δεύτερο στάδιο, απόσπαση του ιόντος χλωρίου, οπότε σχηματίζεται το προϊόν υποκατάστασης.



ΠΥΡΗΝΟΦΙΛΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Π.Χ. Νιτροχλωροβενζόλια



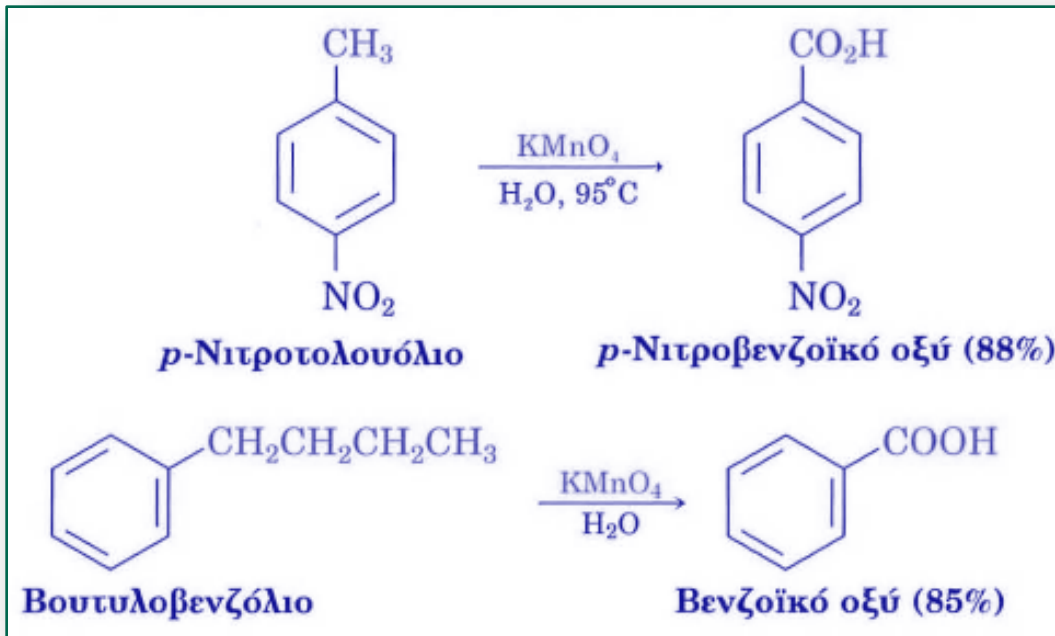
οι ηλεκτρονιόφιλες υποκαταστάσεις ευνοούνται από υποκαταστάτες που είναι δότες ηλεκτρονίων

οι πυρηνόφιλες υποκαταστάσεις ευνοούνται από υποκαταστάτες που είναι δέκτες ηλεκτρονίων.

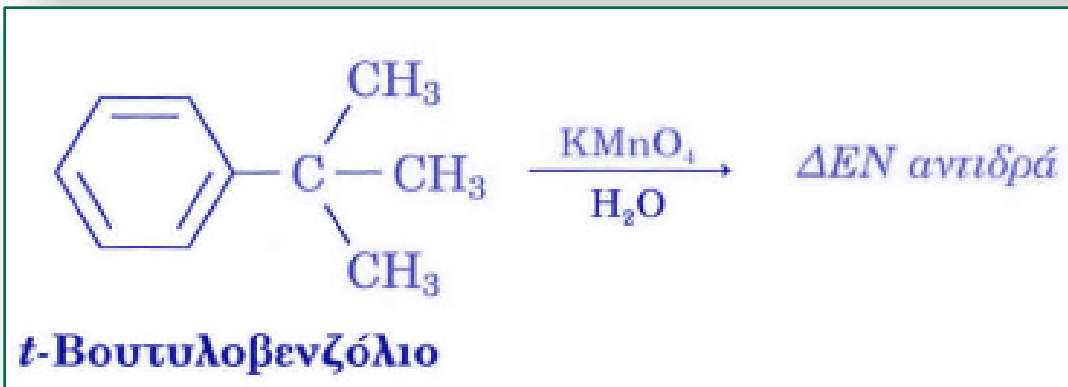
Οι ομάδες που έλκουν ηλεκτρόνια, οι οποίες απενεργοποιούν τους δακτυλίους στην ηλεκτρονιόφιλη υποκατάσταση (νίτρο, κύανο, καρβονυλική), τους ενεργοποιούν στην πυρηνόφιλη υποκατάσταση. Επιπλέον, οι ομάδες αυτές είναι μετα-κατευθυντήριες στην ηλεκτρονιόφιλη υποκατάσταση, αλλά ορθο- και παρα-κατευθυντήριες στην πυρηνόφιλη υποκατάσταση.

ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Οξείδωση πλευρικών αλυσίδων των αλκυλοβενζολίων



Ο μηχανισμός της οξείδωσης της πλευρικής αλυσίδας περιλαμβάνει την προσβολή των δεσμών C-H στη θέση δίπλα στον αρωματικό δακτύλιο, προς **σηματισμό ενδιάμεσων βενζυλικών ριζών**.



Το *t*-βουτυλοβενζόλιο, δεν διαθέτει βενζυλικά υδρογόνα και δεν αντιδρά.

ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Βρωμίωση πλευρικών ομάδων των αλκυλοβενζολίων

