



Επιστήμη Υλικών II (Θ)

Ενότητα 1: Οργανικές Χημικές Ενώσεις και Υλικά

Σταμάτης Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής
Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



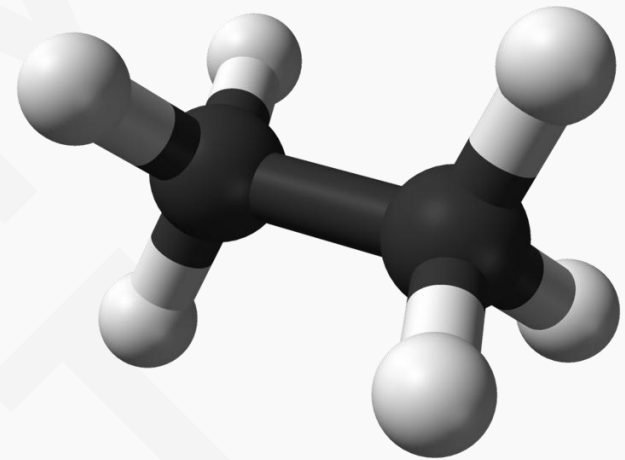
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



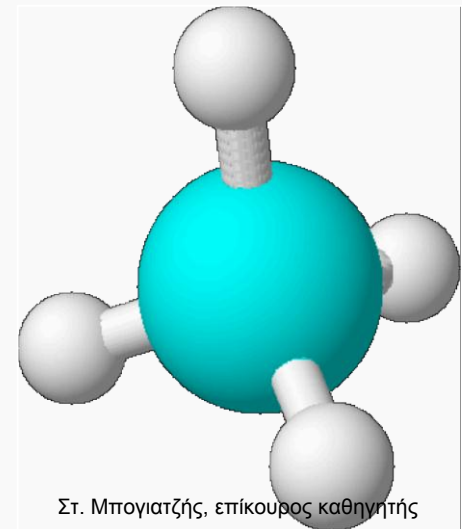
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Τα οργανικά μόρια

- Τα οργανικά μόρια μπορεί κάποιος να τα αντιληφθεί σαν μικροσκοπικές κατασκευές που περιέχουν άτομα άνθρακα (C) τα οποία συνδέονται μέσω δεσμών με άλλα άτομα άνθρακα ή άτομα άλλων στοιχείων.
- Οι κατασκευές αυτές μπορεί να έχουν ποικίλα μεγέθη, ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που τα απαρτίζουν και αποκτούν ένα συγκεκριμένο σχήμα (μορφή).



“Ethane-A-3D-balls”, by [Benjah-bmm27](#) available under Public Domain



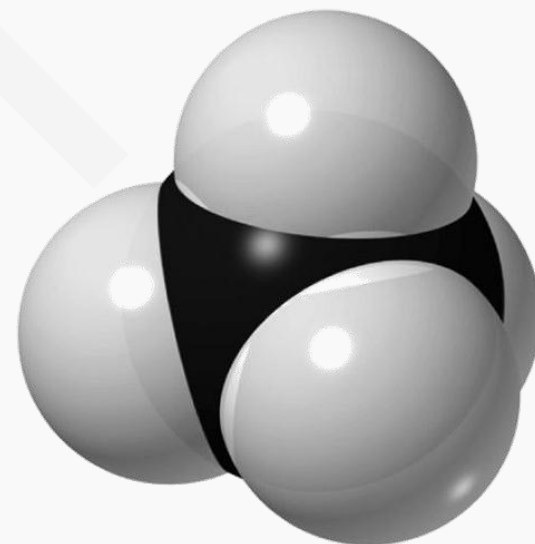
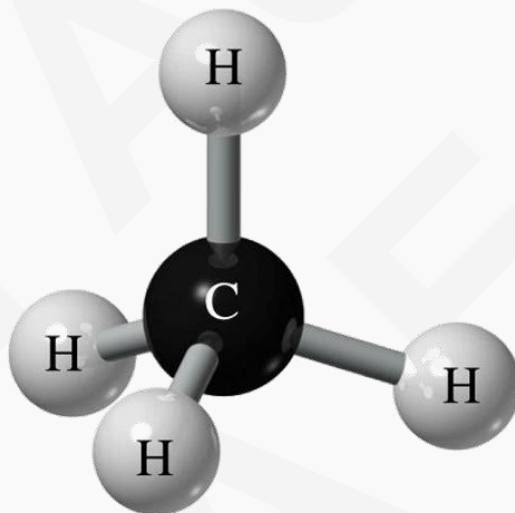
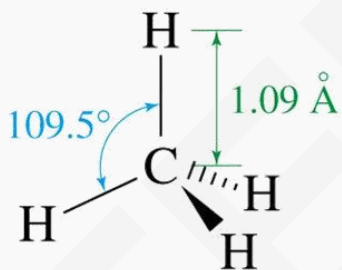
Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

Πόσο διαφορετικά είναι τα οργανικά μόρια από τα ανόργανα;

- Τα **οργανικά** μόρια είναι περισσότερα σε πλήθος, αλλά φτωχότερα σε ποικιλία ατόμων σε σύγκριση με τα **ανόργανα**.
- Έχουν πάντα τον άνθρακα σαν κοινό στοιχείο, και συνεπώς μπορούν να συστηματοποιηθούν σε σχέση με τη δομή τους και τις ιδιότητές τους.
- Η συστηματοποίηση αυτή περιλαμβάνει κυρίως την κατηγοριοποίησή τους σε **ομόλογες σειρές** οι οποίες παίρνουν την ταυτότητά τους από την παρουσία **χαρακτηριστικών ομάδων**.

Ο τετραεδρικός άνθρακας (sp^3)

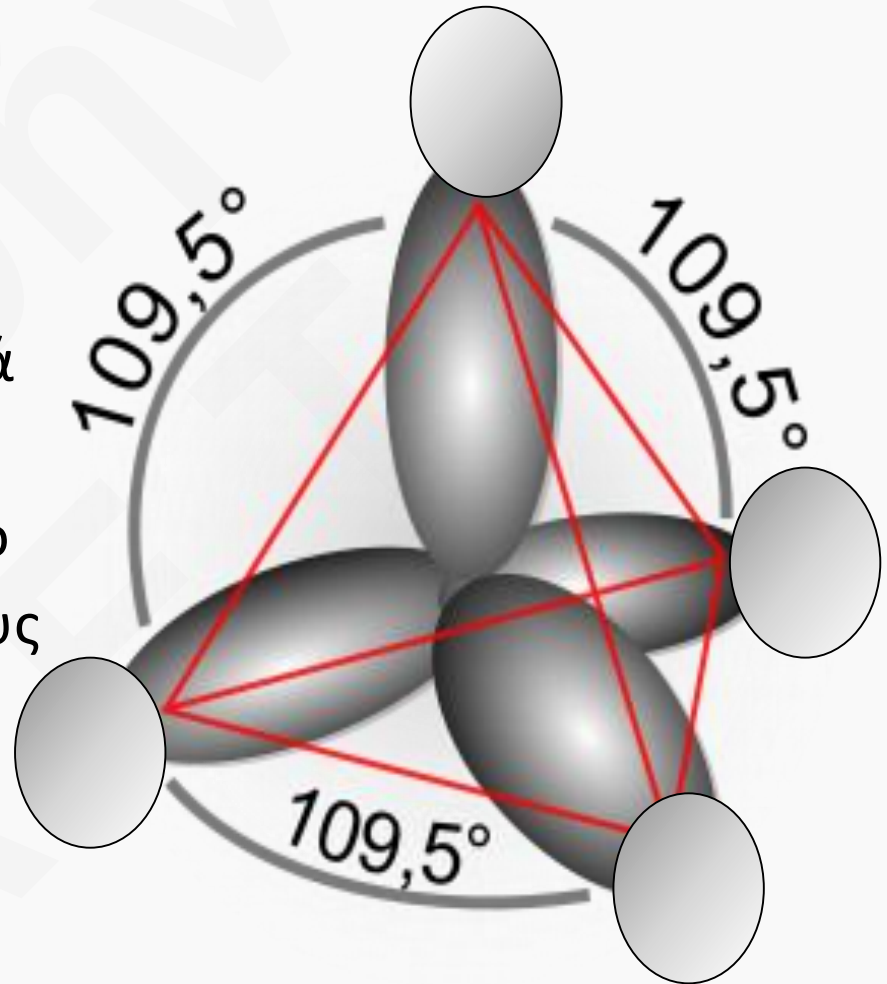
- Οι κορεσμένες οργανικές ενώσεις αποτελούνται μόνο από τετραεδρικούς άνθρακες (με υβριδισμό sp^3).



“Representaciones del metano”,
by Villasehiroth available under public domain.

Γιατί τετραεδρικός;

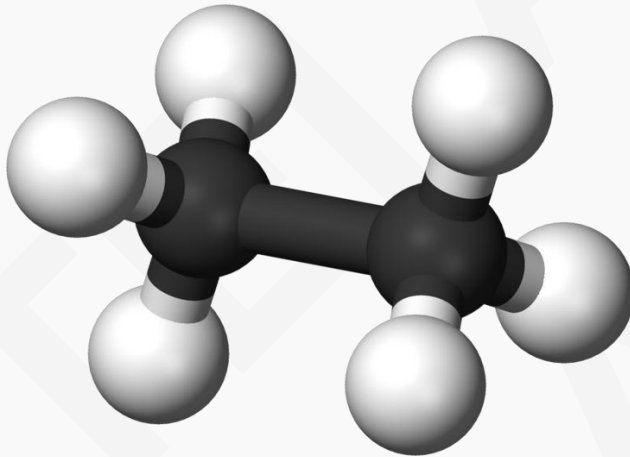
- Ο κεντρικός άνθρακας αποκτά υβριδισμό sp^3 .
- Τα 4 (πρώην) ατομικά τροχιακά του υβριδίζονται (=ομογενοποιούνται) με σκοπό να σχηματίσουν σταθερότερους δεσμούς.



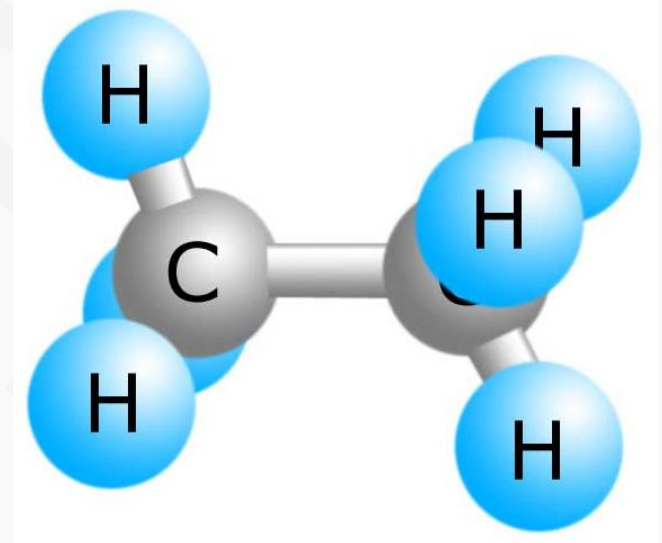
"[Sp3-Orbital](#)", by Sven
available under [CC BY-SA 3.0](#)

Το αιθάνιο

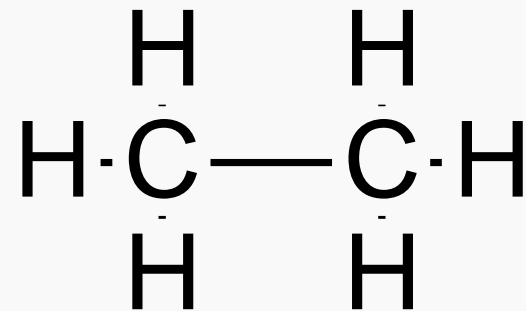
- Το αιθάνιο αποτελείται από 2 όμοιους τετραεδρικούς άνθρακες (sp^3).



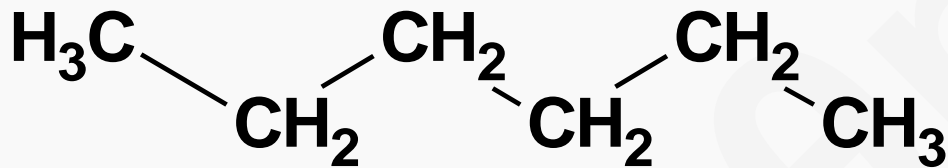
“Ethane-3D-balls”, by [Benjah-bmm27](#)
available under public domain.



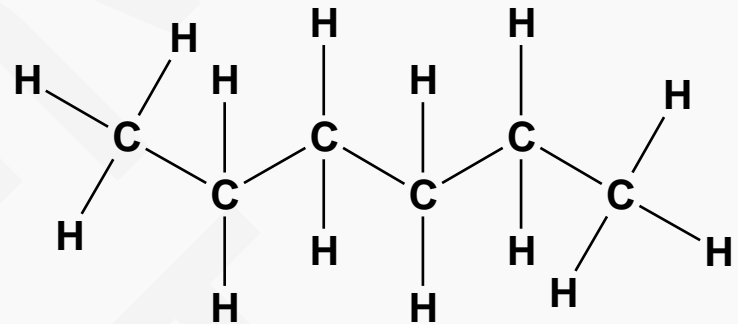
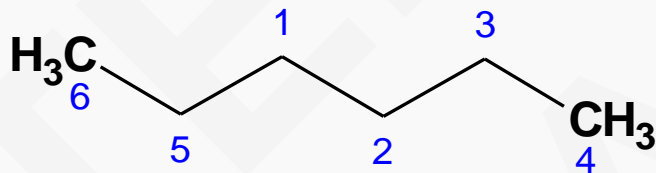
“Ethan 3D model”, by [Pavel Šorel](#)
available under public domain.



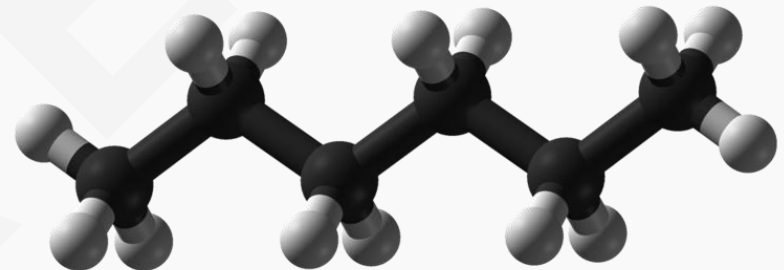
Ανθρακικοί σκελετοί: C₆H₁₄



n-εξάνιο

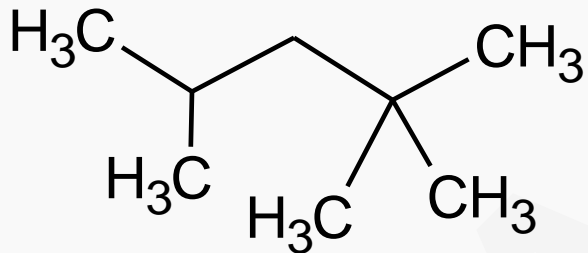


Πλήρως ανεπτυγμένος
συντακτικός τύπος

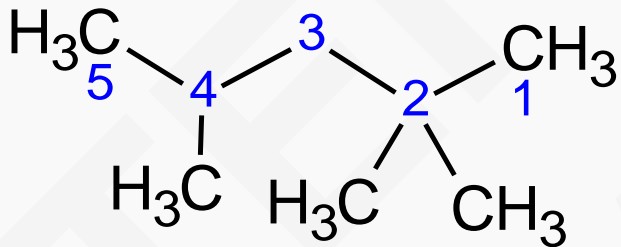


Στεreoχημικός τύπος

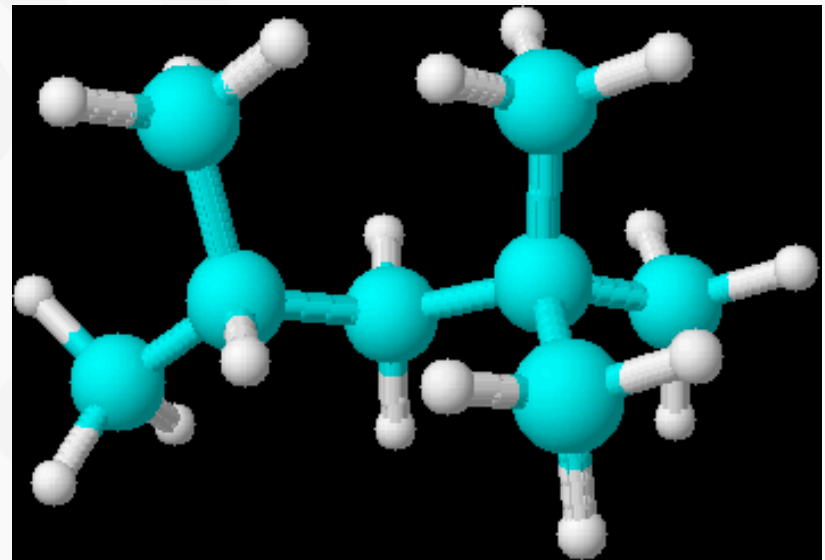
Ανθρακικοί σκελετοί: C₈H₁₈



ισοοκτάνιο

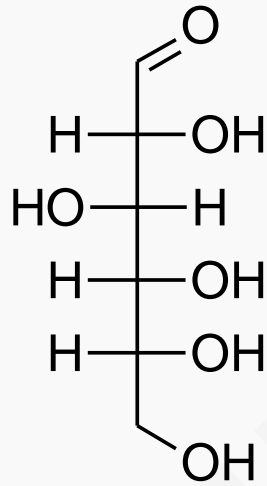


Ισοοκτάνιο (ή 2-διμεθυλο-4-μεθυλοπεντάνιο)

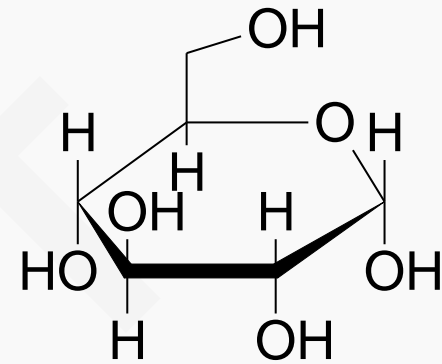
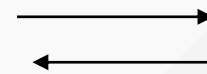
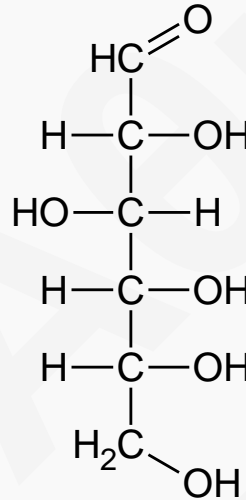


Στερεοχημικός τύπος

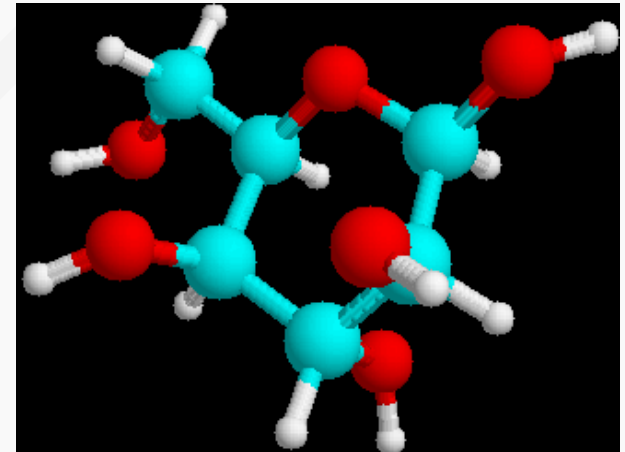
Ανθρακικοί σκελετοί: $C_6H_{12}O_6$



ή

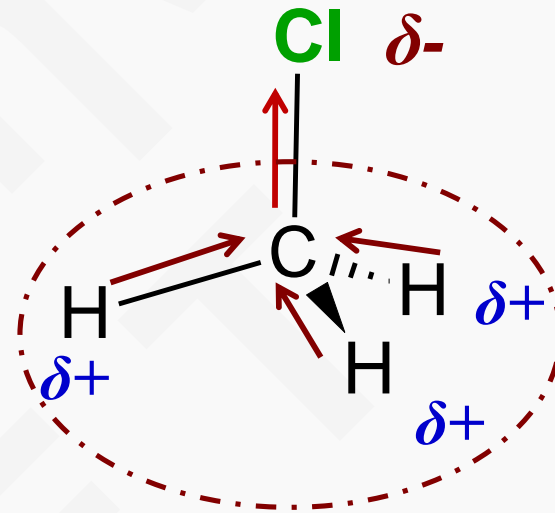


A-D-γλυκόζη



Το επαγωγικό φαινόμενο

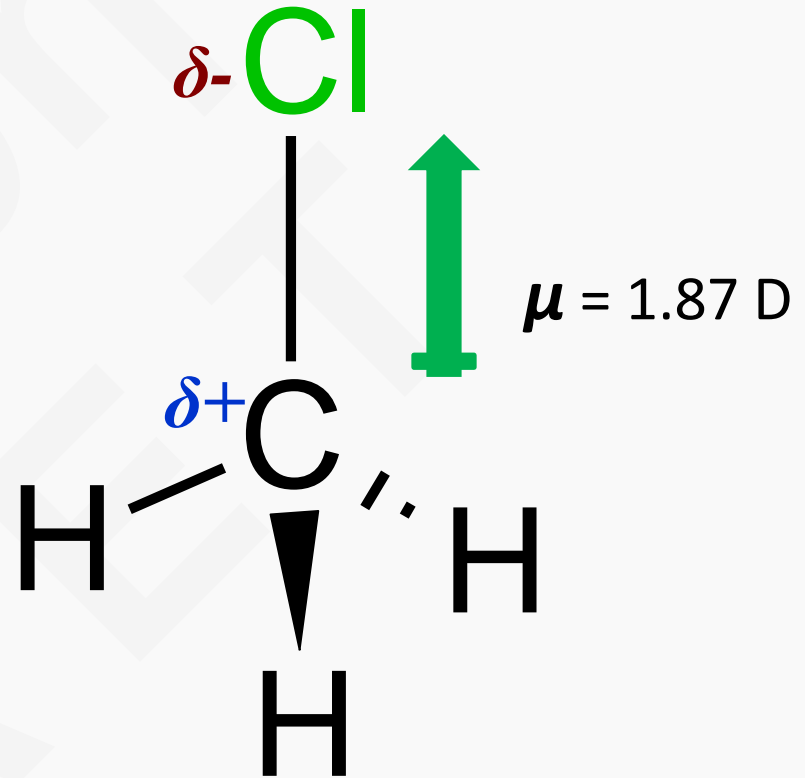
- Οι δεσμοί σ εμφανίζουν πόλωση που εξαρτάται από τη **διαφορά ηλεκτραρνητικότητας** μεταξύ των 2 ατόμων.
- Όταν το μόριο έχει κατάλληλη γεωμετρία, τότε οι πολικοί δεσμοί **συνδυάζονται** και είτε **υποβοηθούνται** μεταξύ τους είτε **αναιρούνται**.



Οι 3 δεσμοί **C-H** έχουν κατάλληλη πόλωση ώστε να **συνεισφέρουν ευνοϊκά** στην πόλωση του τέταρτου δεσμού **C-Cl**

Ενίσχυση της πολικότητας του μορίου

- Αποτέλεσμα: το συνολικό μόριο εμφανίζεται ως δίπολο.
- Η ισχύς του διπόλου (ενός μεμονωμένου δεσμού, ή και συνολικού μορίου εκφράζεται με το μέγεθος της **διπολικής ροπής**.



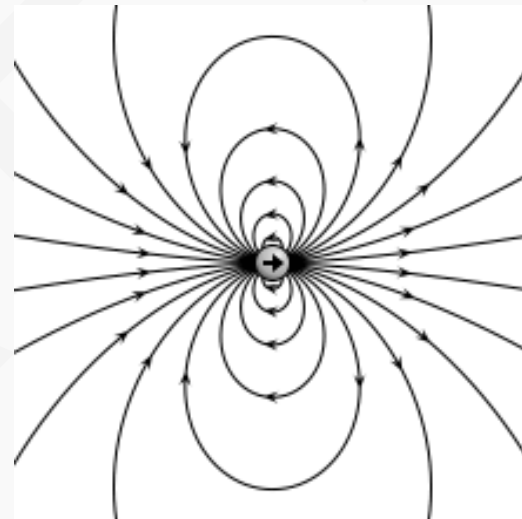
Διπολική ροπή (1 από 2)

$$\mu = |q| r$$

q είναι το φορτίο που εμφανίζεται σε κάθε άτομο που συμμετέχει στο δεσμό

r η απόσταση μεταξύ των 2 ατόμων (δηλαδή το μήκος του δεσμού)

- Διπολική ροπή εμφανίζεται κατά μήκος ενός δεσμού που έχει ανισοκατανομή ηλεκτρονίων.



"VFpt dipole animation electric",
by Geek3 available under [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) Σ. Μπουσιδής, επίκουρος καθηγητής

Διπολική ροπή (2 από 2)

Το μέγεθος της διπολικής ροπής εξαρτάται από

- το μέγεθος των φορτίων και
- την απόσταση μεταξύ τους (ή αλλιώς, το μήκος του δεσμού)

Μονάδα: το Debye

$$1 \text{ D} = 10^{-18} \text{ statcoulomb} \cdot \text{cm}$$

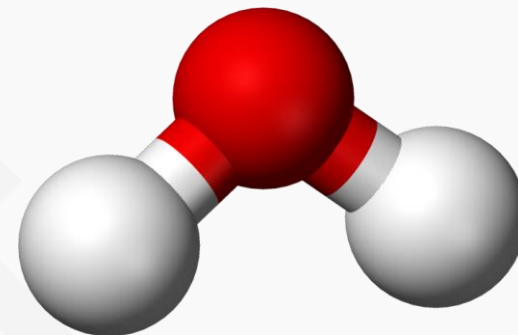
Οι περισσότεροι δεσμοί εμφανίζουν διπολικές ροπές από 0 – 11 D

Γιατί μας ενδιαφέρει το σχήμα των μορίων;

- Η γεωμετρία των μορίων καθορίζεται από τη γειτνίαση των ατόμων μεταξύ τους και την ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων επάνω στα μόρια με άμεση επίδραση στις πολύ σημαντικές **διαμοριακές δυνάμεις**.
- Η γεωμετρία των μορίων σε συνδυασμό με τα είδη των ενδομοριακών δεσμών επηρεάζουν τη **χημική δραστικότητα** και την **δομή** των υλικών (**άμορφα ή κρυσταλλικά υλικά**)
- Οι διαμοριακές δυνάμεις επηρεάζουν τις **φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες** των υλικών
- **Με άλλα λόγια, η γνώση της γεωμετρίας των μορίων μας βοηθά να κατανοήσουμε τις παραπάνω ιδιότητες και να προβλέψουμε τη σωστή αντιμετώπιση και χρήση των υλικών.**

Το σχήμα των μορίων μερικών γνωστών (ανόργανων) ενώσεων

- Το σχήμα του μορίου του **νερού** είναι μια γωνία 104.5° και ευθύνεται για το ότι αυτό είναι **υγρό** στις συνήθεις θερμοκρασίες που επικρατούν σε όλα τα μήκη και πλάτη της γης στο μεγαλύτερο μέρος του έτους, και κατ' επέκταση σε αυτό οφείλεται η ύπαρξη της ζωής όπως τη γνωρίζουμε μέχρι σήμερα.
- Επίσης, λόγω του ευθύγραμμου σχήματος του μορίου του **διοξειδίου του άνθρακα**, δεν θα μπορούσε παρά να ήταν **αέριο** σε συνήθεις συνθήκες.



"Water-3D-balls",
By [Benjah-bmm27](#) available
under public domain.



Χαρακτηριστικά των οργανικών μορίων

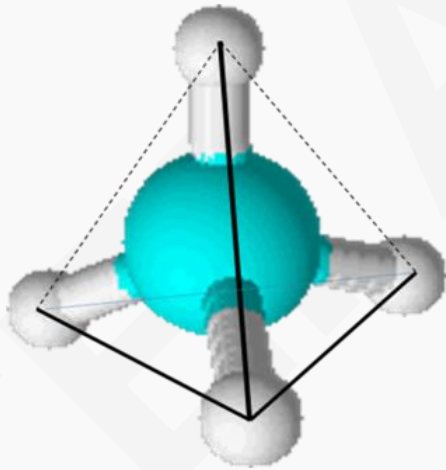
- Όλα τα οργανικά μόρια έχουν σαν κοινό στοιχείο τους τον **άνθρακα**, και σχεδόν όλα περιέχουν επίσης και **υδρογόνο**. Από αυτά τα δύο είδη ατόμων, είναι δυνατό να κατασκευαστεί (και η φύση πράγματι τα κατασκευάζει) τεράστιος αριθμός διαφορετικών μορίων τα οποία καλούνται **υδρογονάνθρακες**.
- Στην περίπτωση των υδρογονανθράκων, το σχήμα τους καθορίζεται κατά βάση από τα άτομα άνθρακα.
- Στην περίπτωση που στα μόρια συμμετέχουν και **ετεροάτομα**, όπως οξυγόνο, άζωτο, φώσφορος, αλογόνα, κλπ., έχουν και αυτά σημαντική συνεισφορά στο σχήμα των μορίων.

Κορεσμένες και ακόρεστες οργανικές ενώσεις

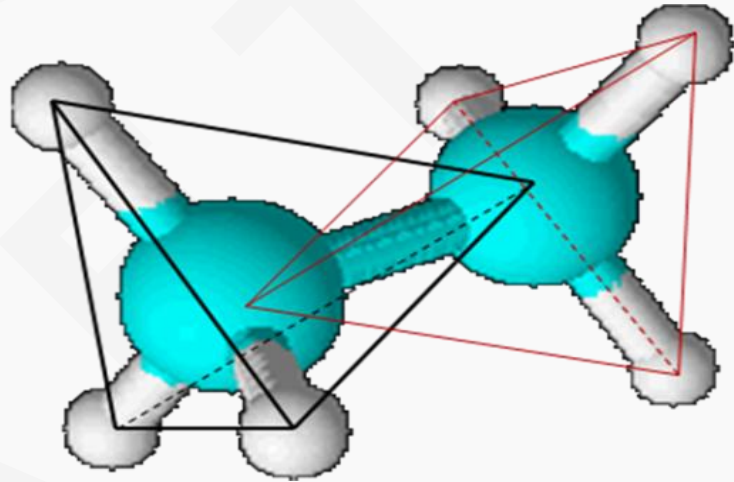
- Ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται οι άνθρακες στα μόρια των οργανικών ενώσεων, αυτές διακρίνονται σε :
 - ✓ **Κορεσμένες** (περιέχουν μόνο απλούς δεσμούς),
 - ✓ **Ακόρεστες με διπλό δεσμό/δεσμούς** και
 - ✓ **Ακόρεστες με τριπλό δεσμό/δεσμούς.**

Κορεσμένες οργανικές ενώσεις (1 από 2)

- Στις κορεσμένες ενώσεις όλοι οι άνθρακες είναι τετραεδρικοί, ή sp^3 .



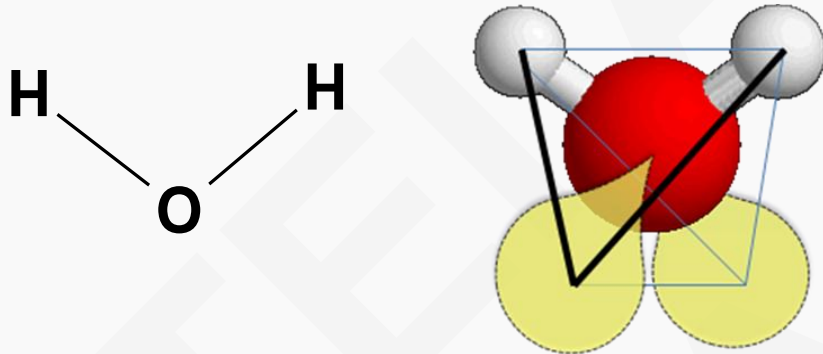
Μεθάνιο (ένας τετραεδρικός άνθρακας (sp^3))



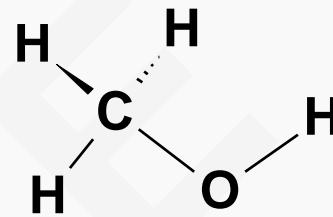
Αιθάνιο (δύο τετραεδρικοί άνθρακες, sp^3)

Κορεσμένες οργανικές ενώσεις (2 από 2)

- Εκτός του άνθρακα, μπορούν και άλλα άτομα να έχουν γεωμετρία sp^3 , π.χ. το άτομο του **οξυγόνου** στο νερό και τις αλκοόλες.



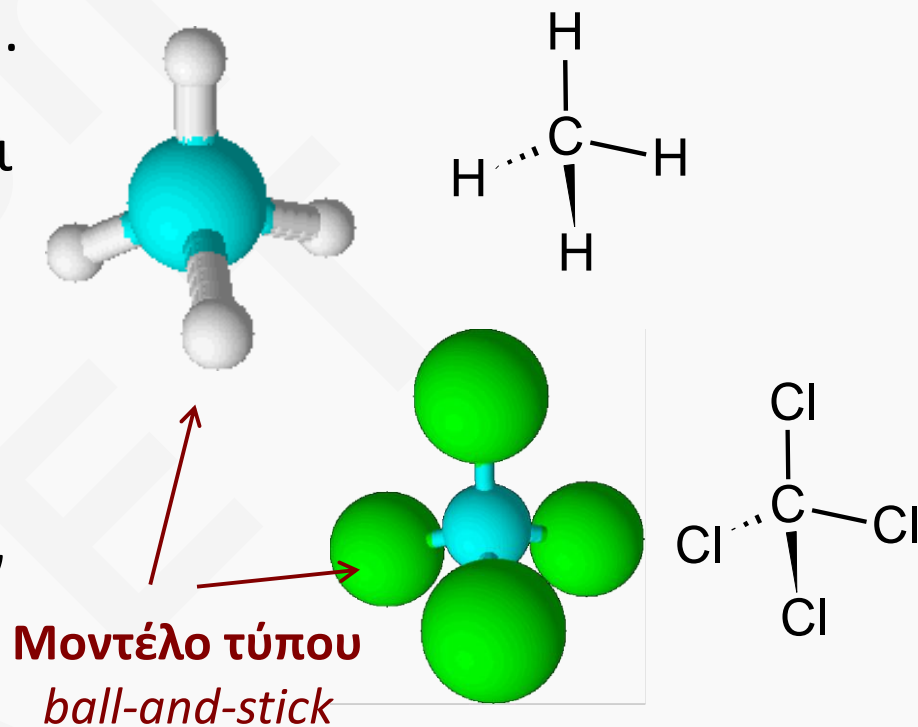
Το μόριο του νερού



Το μόριο της μεθανόλης

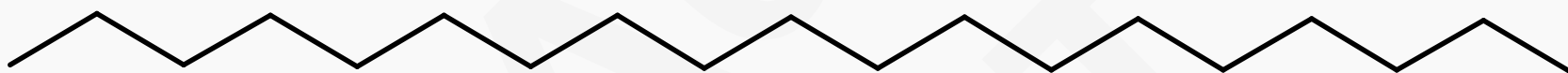
Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες (1 από 2)

- Όλοι οι άνθρακες είναι τετραεδρικής συμμετρίας (sp^3).
- Σε ένα τετραεδρικό άνθρακα οι γωνίες μεταξύ των δεσμών είναι 109.5° .
- Τα μόρια του μεθανίου και του τετραχλωράνθρακα έχουν αυστηρή τετραεδρική συμμετρία.

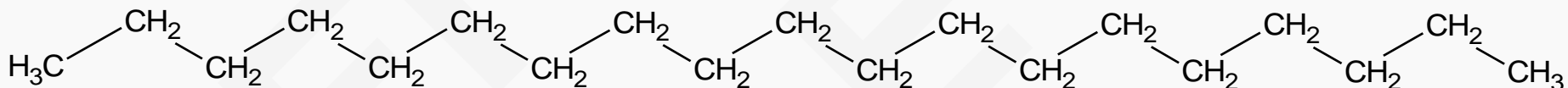


Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες (2 από 2)

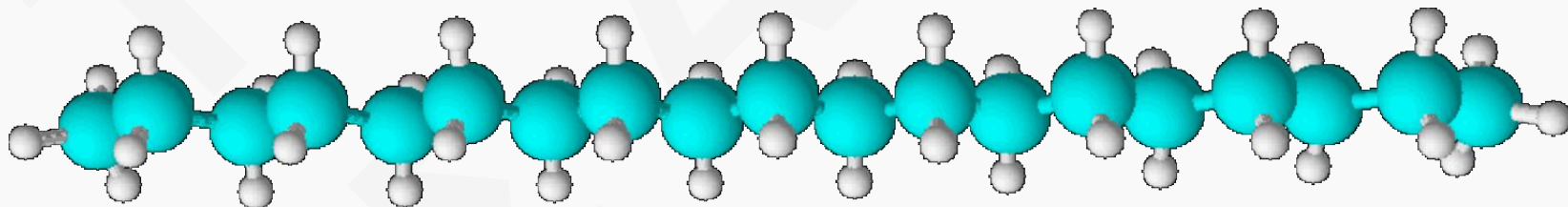
- η-Εικοσάνιο (και οι 20 άνθρακες είναι τετραεδρικοί, sp^3).



ή

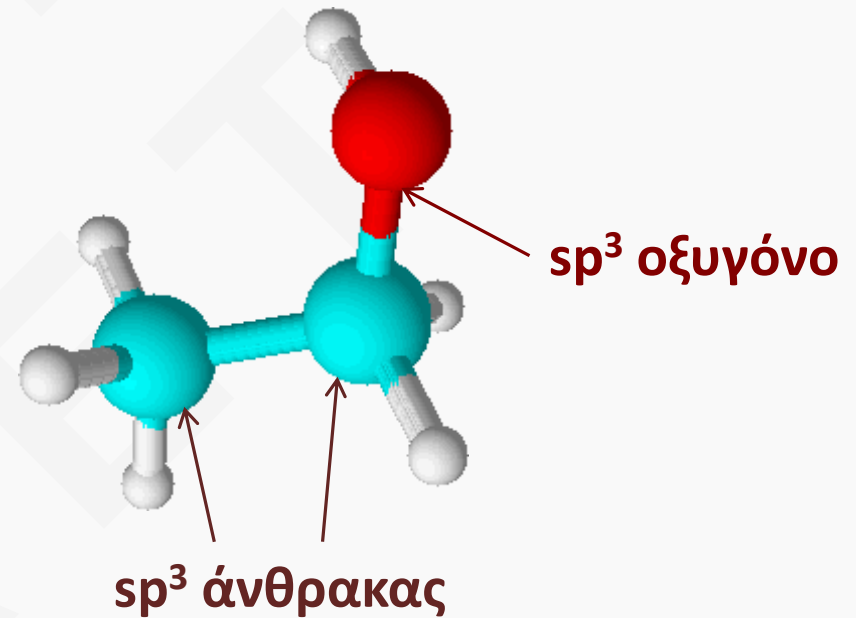
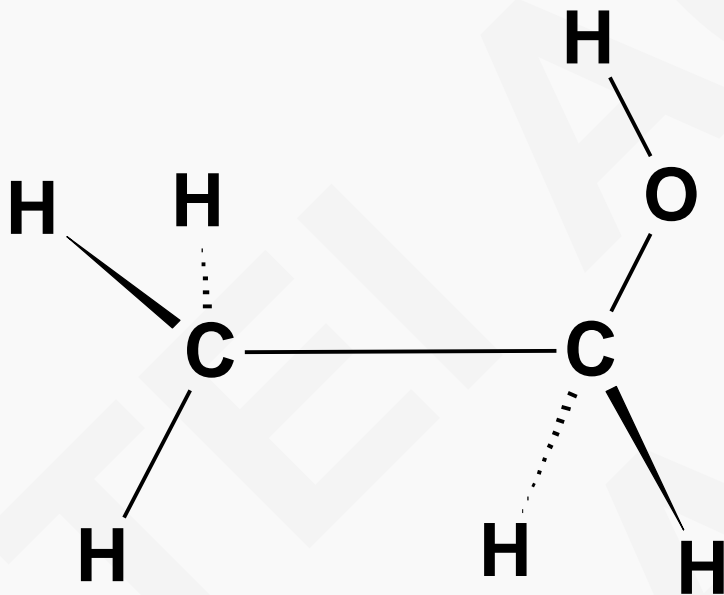


ή



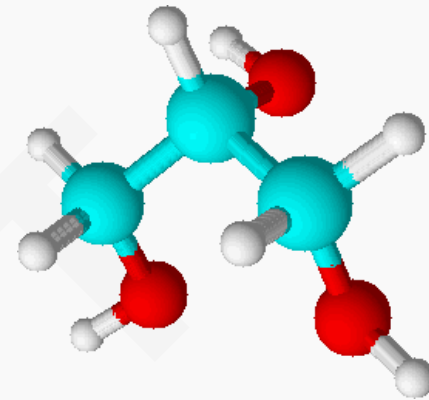
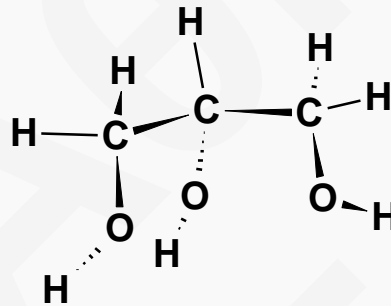
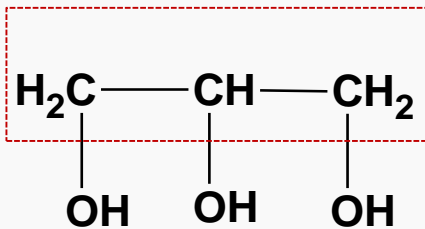
Άλλες κορεσμένες ενώσεις (1 από 2)

- **Αιθανόλη:** δυο άνθρακες και ένα οξυγόνο, όλα τετραεδρικά (sp^3).



Άλλες κορεσμένες ενώσεις (2 από 2)

- Γλυκερόλη (ή προπανοτριόλη-1,2,3) : τρεις άνθρακες και τρία οξυγόνα, όλα τετραεδρικά (sp^3).

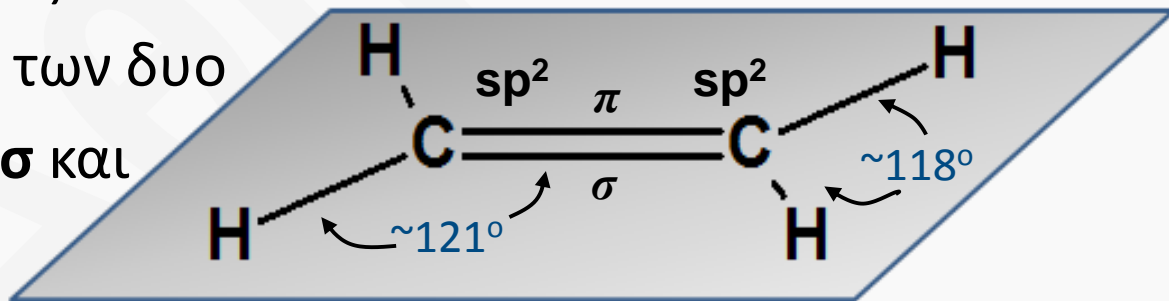


Το μόριό της μπορεί να σχεδιαστεί αν τη δούμε ως παράγωγο του **προπανίου**, στο οποίο ένα υδρογόνο σε κάθε άνθρακα αντικαθίσταται από μια ομάδα υδροξυλίου.

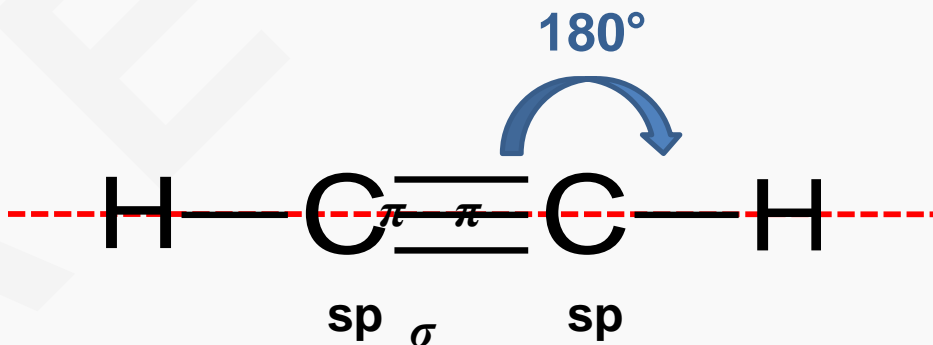
Για να πετύχουμε την πιο ευνοϊκή διαμόρφωση στο χώρο, πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ότι οι υδροξυλομάδες (OH) τείνουν να βρίσκονται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση μεταξύ τους λόγω άπωσης των φορτίων στο κάθε άτομο οξυγόνου.

Ακόρεστες οργανικές ενώσεις (1 από 2)

- Ακόρεστες με διπλό δεσμό, όπου δυο τουλάχιστον άνθρακες είναι επίπεδοι, ή sp^2). Μεταξύ των δυο ανθράκων υπάρχει ένας σ και ένας π δεσμός.

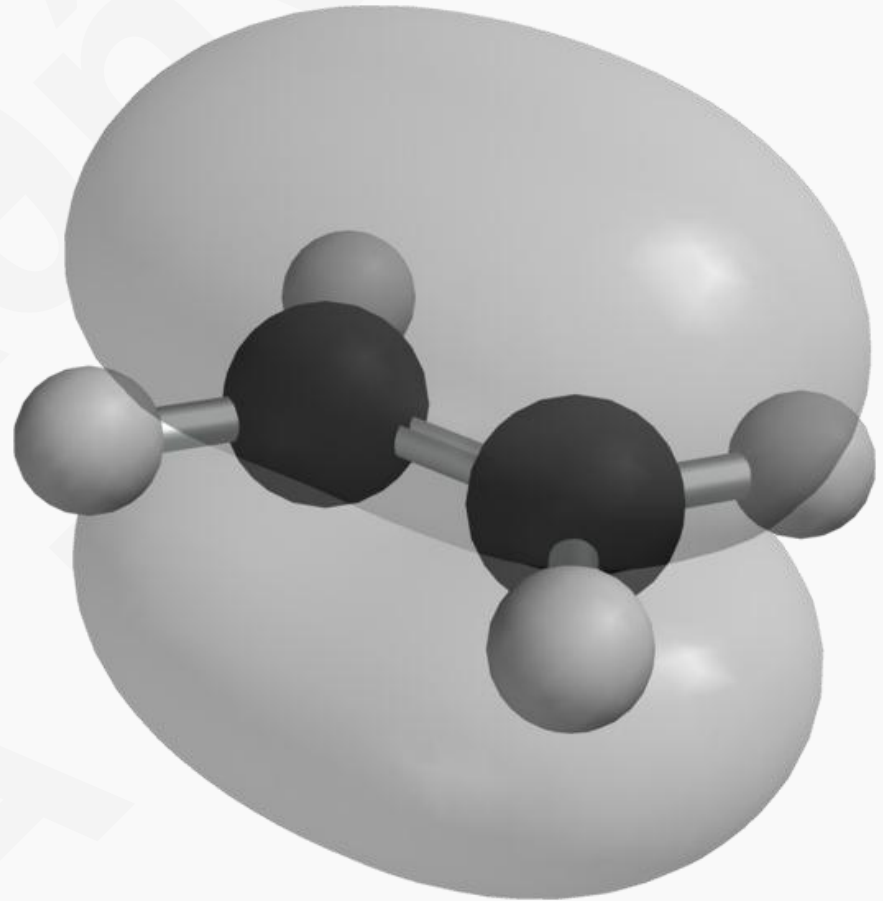


- Ακόρεστες με τριπλό δεσμό, όπου τουλάχιστον δυο άνθρακες είναι γραμμικοί, ή sp). Μεταξύ των δυο ανθράκων υπάρχει ένας σ και δύο π δεσμοί.



Ακόρεστες οργανικές ενώσεις (2 από 2)

- Ακόρεστες με **διπλό δεσμό**, όπου δυο τουλάχιστον άνθρακες είναι επίπεδοι, ή sp^2). Μεταξύ των δυο ανθράκων υπάρχει ένας σ και ένας π δεσμός.



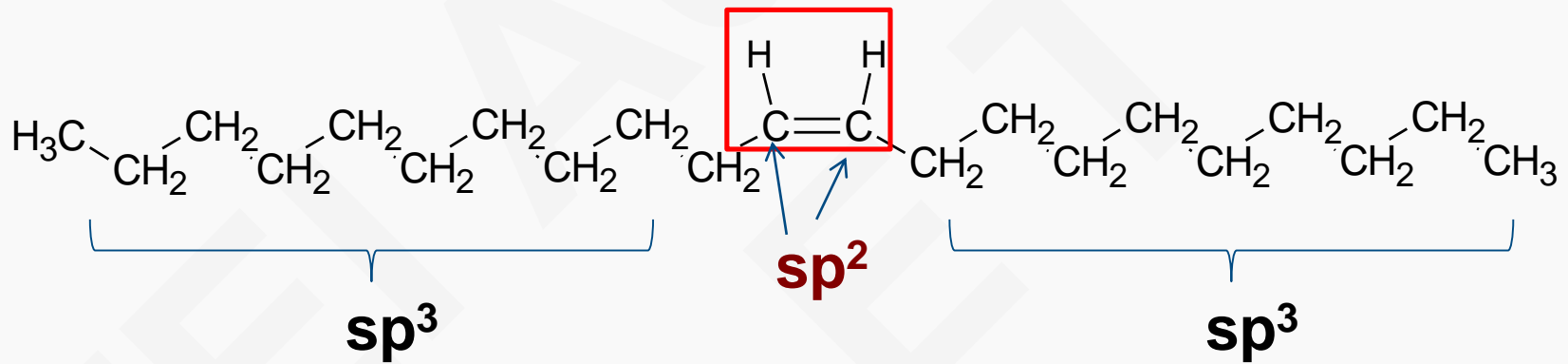
"Ethylene-HOMO-3D-balls",

By [Benjah-bmm27](#) available under public domain.

Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

Ανθρακικές αλυσίδες με ένα διπλό δεσμό

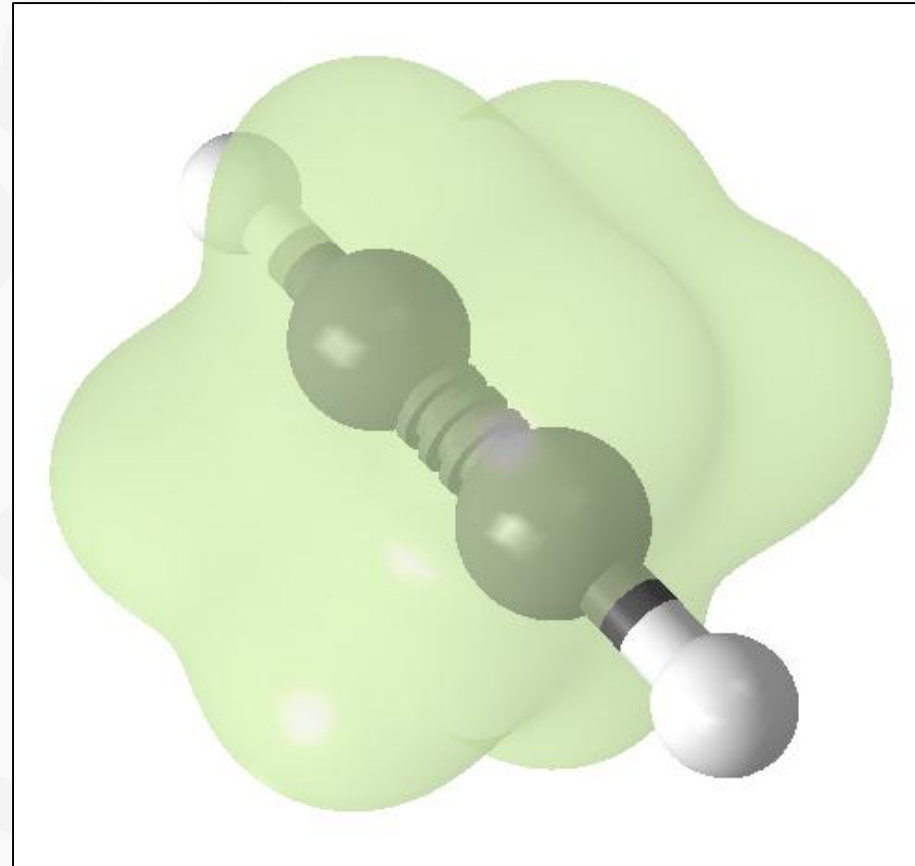
- Το τμήμα του διπλού δεσμού διατηρεί την **επιπεδότητά** του (sp^2).



- Το υπόλοιπο μόριο διατηρεί την τρισδιάστατη γεωμετρία sp^3

Ακόρεστες οργανικές ενώσεις

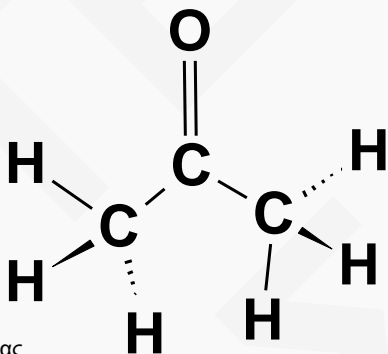
- Ακόρεστες με **τριπλό δεσμό**, όπου τουλάχιστον δυο άνθρακες είναι **γραμμικοί**, ή **sp**). Μεταξύ των δυο ανθράκων υπάρχει ένας **σ** και δύο **π** δεσμοί.



“Acetylene 3D”, By [Jiří Janoušek](#) available under public domain.

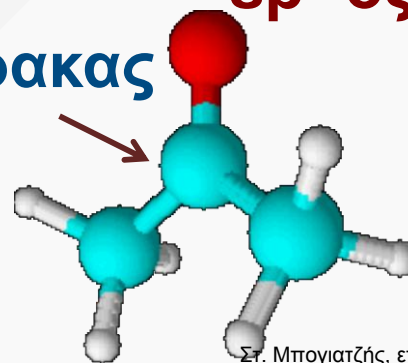
Καρβονυλικές ενώσεις

- Σε ενώσεις όπως οι αλδεΐδες, οι κετόνες, τα καρβοξυλικά οξέα, οι εστέρες και τα αμινοξέα, κοινή ομάδα αποτελεί το καρβονύλιο ($C=O$), στο οποίο υπάρχει ένας άνθρακας sp^2 και ένα οξυγόνο (επίσης sp^2).
- Η συγκρότηση του μορίου της ακετόνης : ο μεσαίος άνθρακας (sp^2) συγκρατεί ένα ομοίως sp^2 άτομο οξυγόνου. Αυτά τα δύο άτομα αποτελούν το καρβονύλιο ($C=O$), το οποίο έχει επίπεδο γεωμετρία και είναι επί πλέον, διαθέσιμο να συγκρατήσει δύο άτομα ή ομάδες (εδώ δύο μεθυλομάδες).



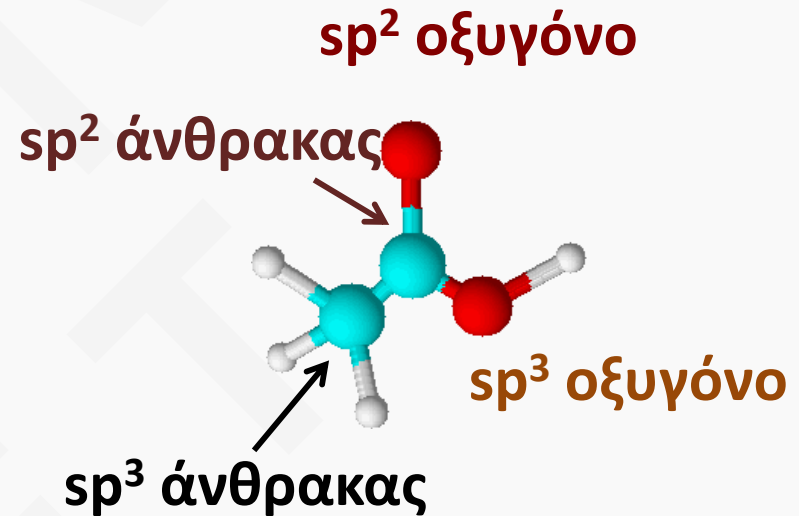
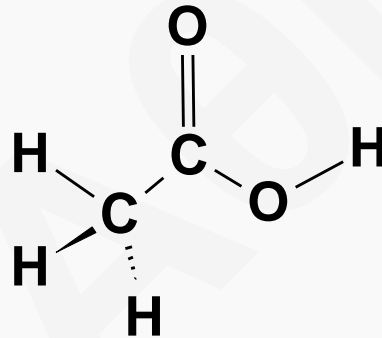
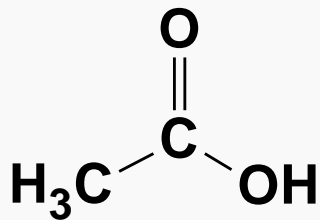
ΤΕΙ Αθήνας

sp^2 άνθρακας sp^2 οξυγόνο



Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

Καρβοξυλικά οξέα



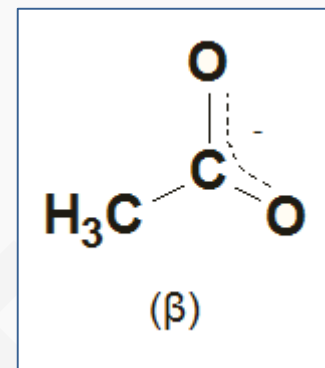
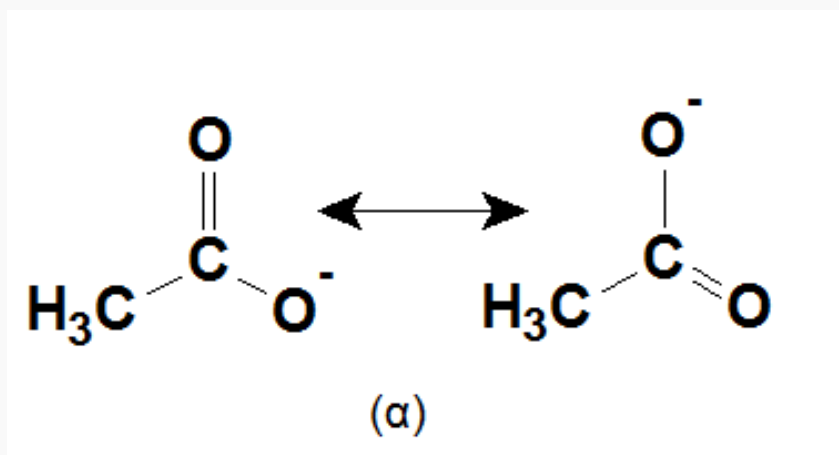
- Η συγκρότηση του μορίου του οξικού οξέος: στη μέση βρίσκεται και εδώ το καρβονύλιο ($\text{C}=\text{O}$), το οποίο είναι επί πλέον διαθέσιμο να συγκρατήσει δύο άτομα ή ομάδες: στο ένα άκρο μια ομάδα υδροξυλίου και στο άλλο άκρο μια μεθυλομάδα).

Λιπαρά οξέα



- Το μόριο του στεατικού οξέος (ή **δεκαοκτανοϊκού οξέος**): η ομάδα του καρβοξυλίου εδώ συνδέεται με μια μακριά αλκυλική ομάδα δεκαεπτά ανθράκων (ή **δεκαεπτυλική ομάδα**).

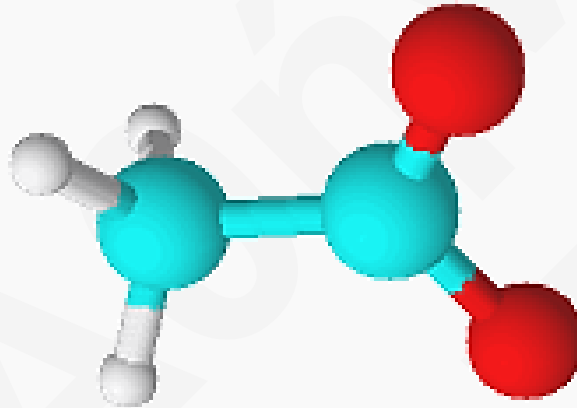
Καρβοξυλικό ανιόν



- Το **καρβοξυλικό ανιόν** διαφέρει σημαντικότερα από την αντίστοιχη όξινη καρβοξυλομάδα επειδή έχει χάσει το ιόν υδρογόνου (H^+), και συνεπώς φέρει αρνητικό φορτίο, το οποίο μοιράζεται στις 2 δομές συντονισμού.

- Εναλλακτικά, μπορούμε να απεικονίσουμε αυτή τη σύνθετη κατάσταση με **μη εντοπισμένο** αρνητικό φορτίο (σημειώνεται με την εστιγμένη καμπύλη γραμμή στο μέσον).

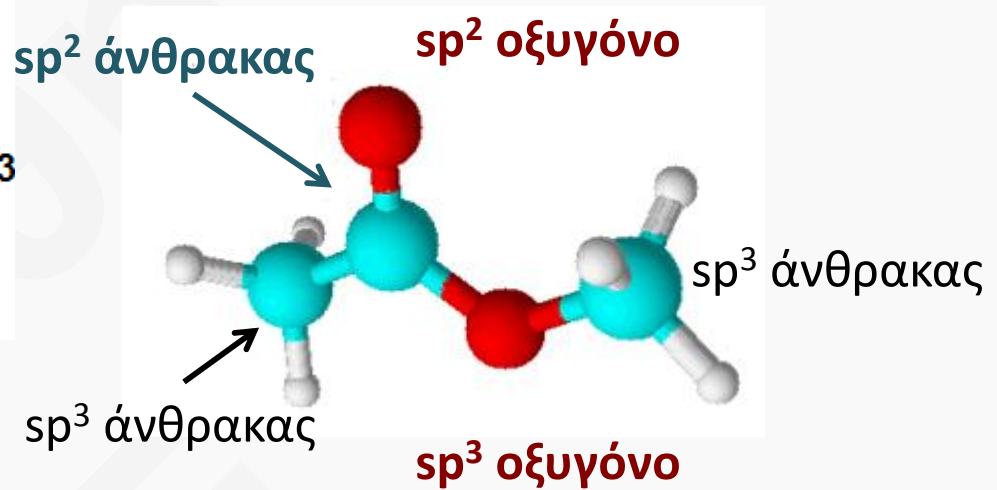
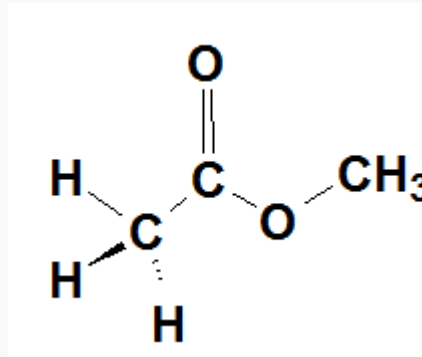
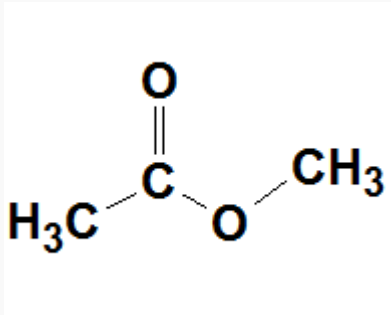
Καρβοξυλικό ανιόν (συνέχεια)



(γ)

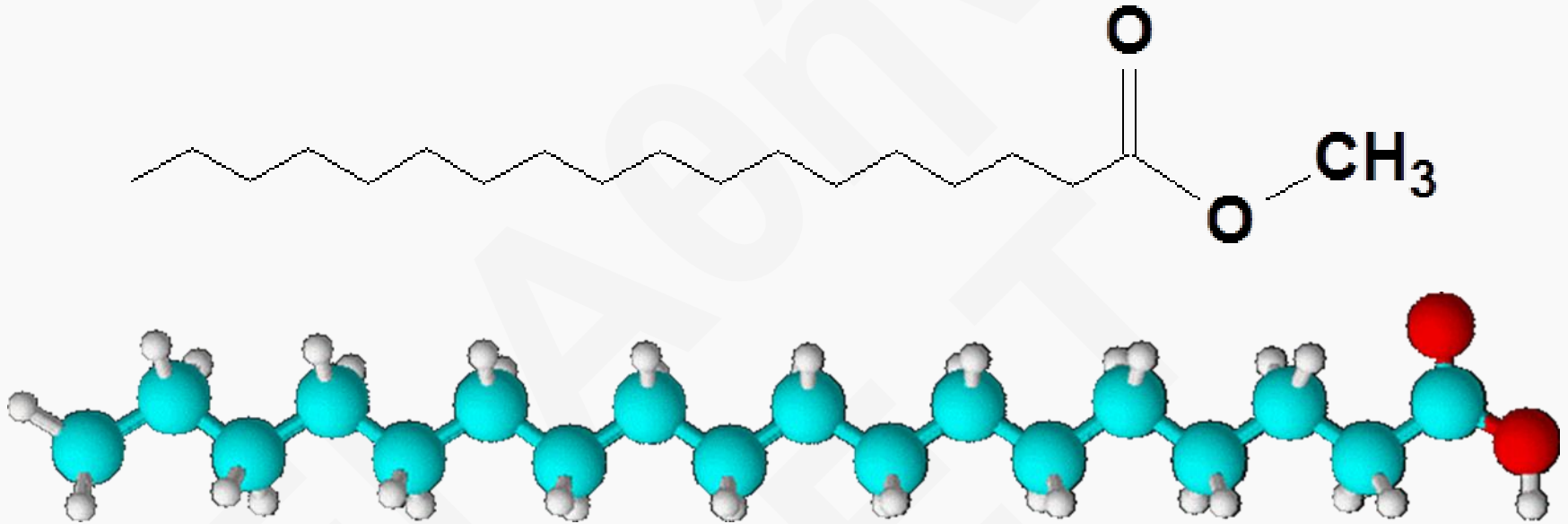
- Παρατηρούμε ότι το ιόν αυτό διαθέτει υψηλότερη συμμετρία σε σχέση με το αντίστοιχο οξύ γιατί τα δυο **οξυγόνα** είναι **ισοδύναμα**, βλ. **δομή (γ)**.

Εστέρες καρβοξυλικών οξέων



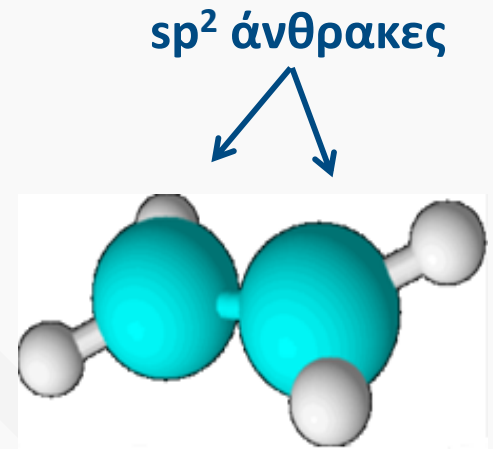
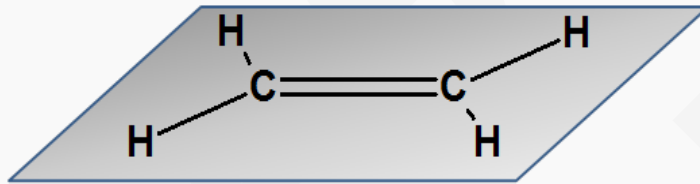
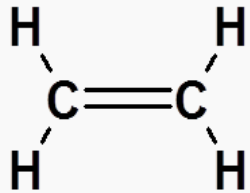
- Η συγκρότηση του μορίου του οξικού μεθυλεστέρα: στη μέση βρίσκεται το **καρβονύλιο** ($C=O$), το οποίο είναι επί πλέον διαθέσιμο να συγκρατήσει δύο άτομα ή ομάδες: στο ένα άκρο μια ομάδα υδροξυλίου και στο άλλο άκρο μια μεθυλομάδα).

Εστέρες λιπαρών οξέων



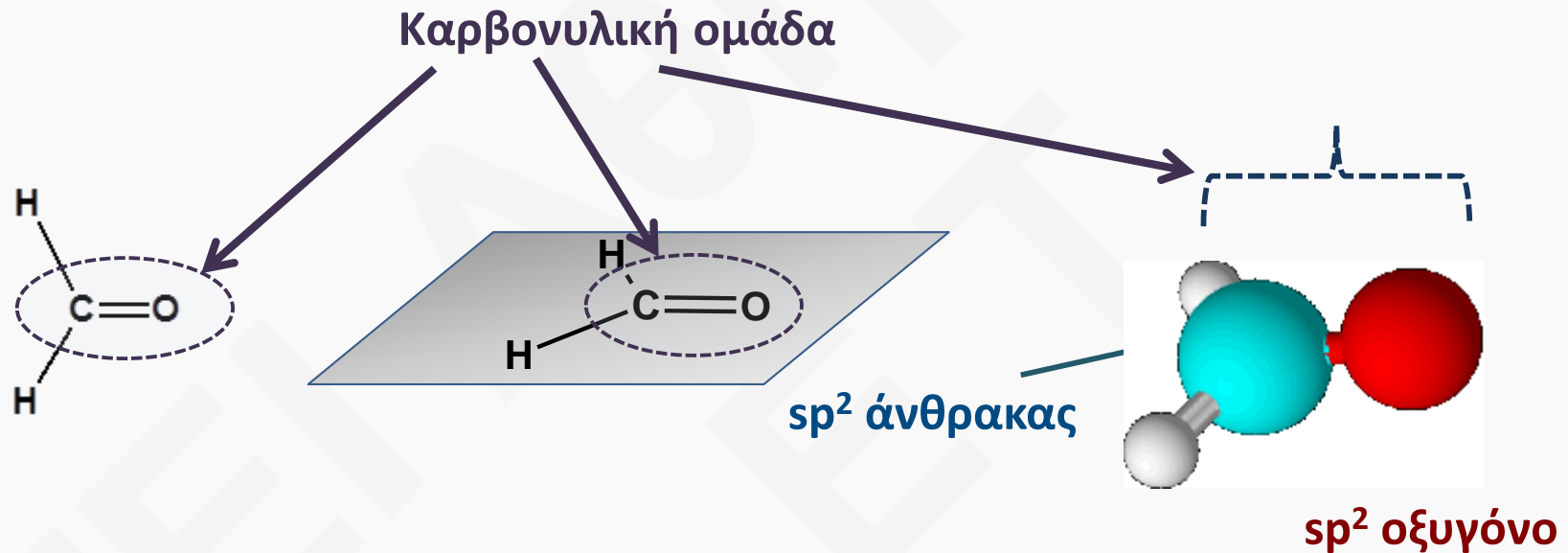
- Η συγκρότηση του μορίου του **δεκαοκτανοϊκού μεθυλεστέρα** (ή μεθυλεστέρα του δεκαοκτανοϊκού οξέος).

Ακόρεστες ενώσεις με διπλούς δεσμούς μεταξύ ανθράκων



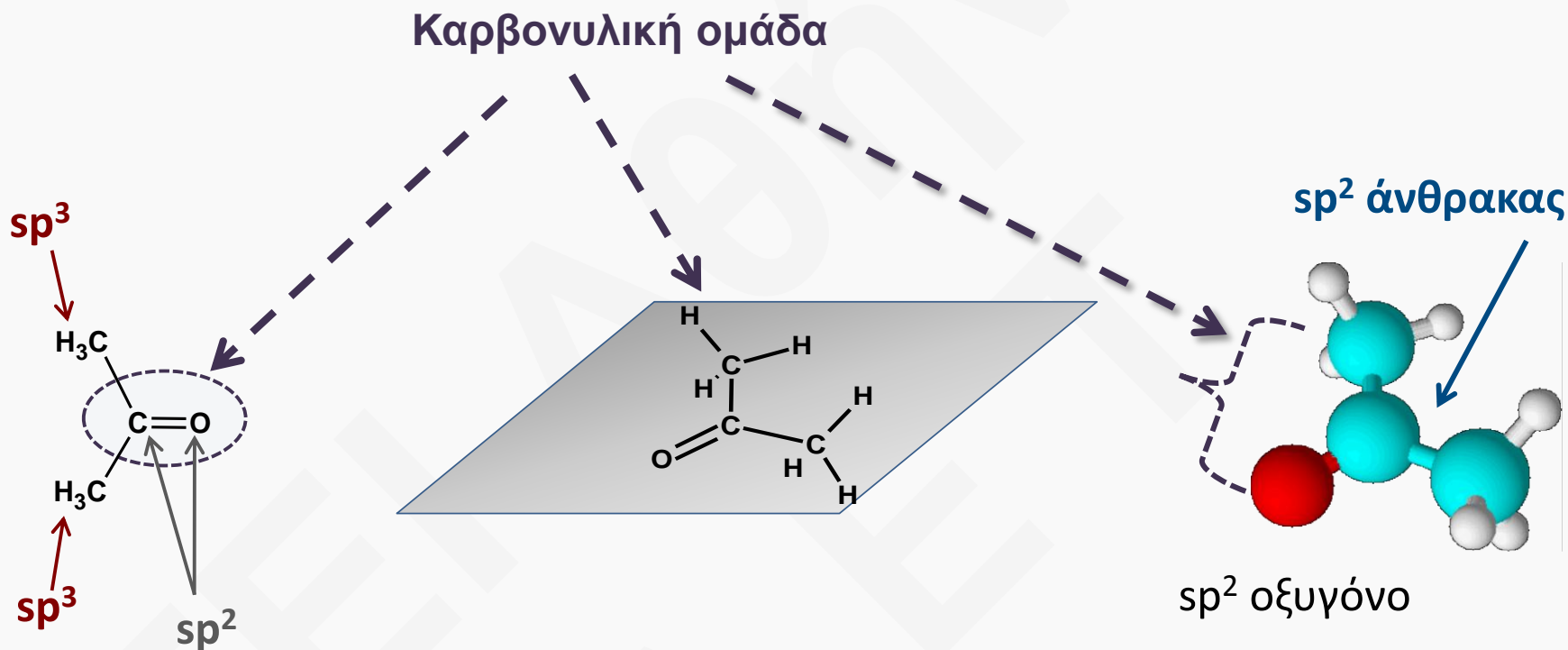
- Αιθυλένιο (δύο επίπεδοι τριγωνικοί άνθρακες, ή sp^2).
- Όλα τα άτομα του μορίου βρίσκονται επάνω στο ίδιο επίπεδο.

Ακόρεστες ενώσεις με διπλούς δεσμούς μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου: αλδεΐδες



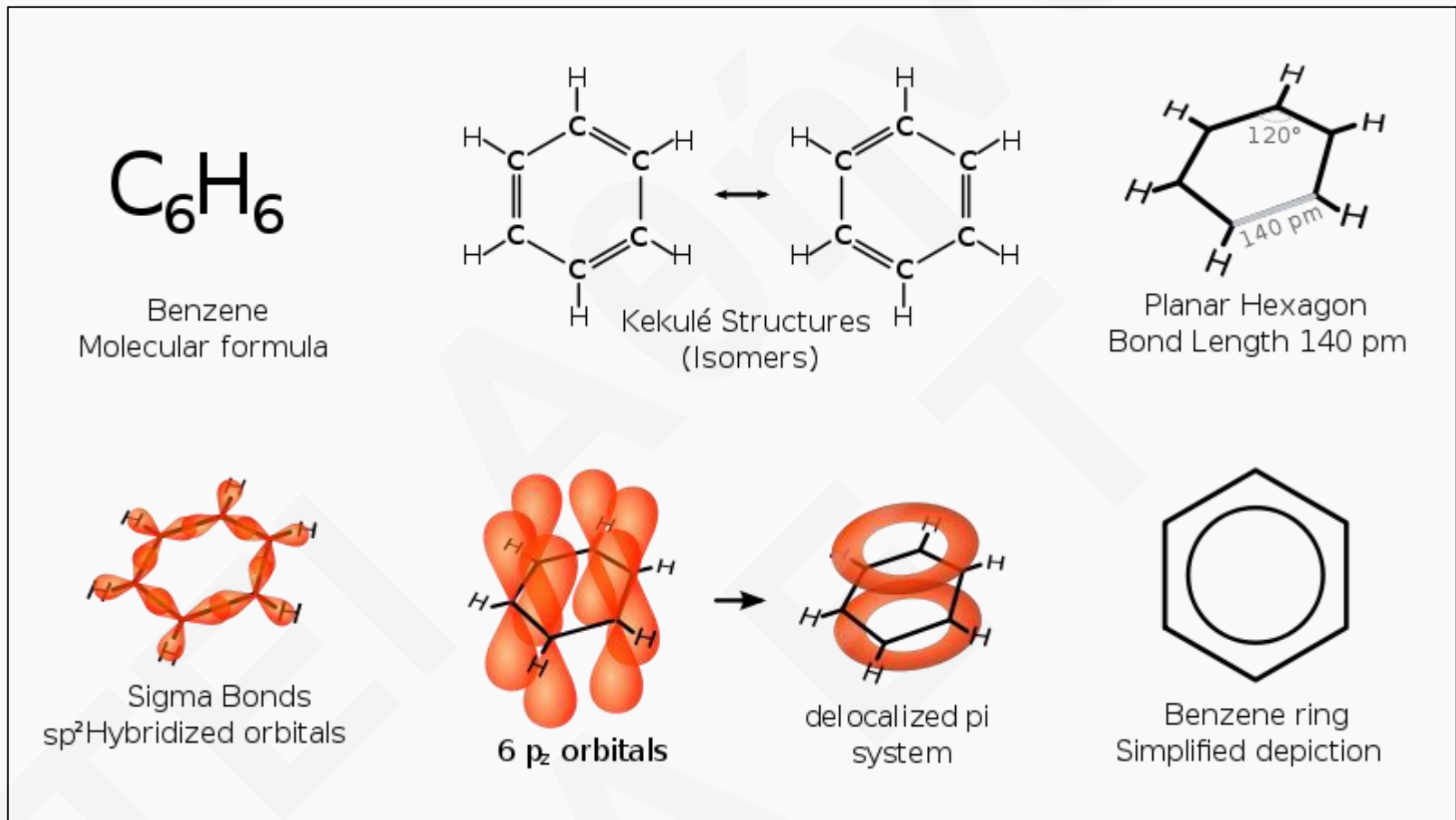
- Φορμαλδεΐδη [ένας άνθρακας sp^2 και ένα οξυγόνο sp^2 συνδέονται με διπλό δεσμό: σχηματισμός καρβονυλικής ομάδας]
- Όλο το μόριο σε ένα επίπεδο.

Ακόρεστες ενώσεις με διπλούς δεσμούς μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου: κετόνες



- Ακετόνη [δύο άνθρακες sp^3 , ένας άνθρακας sp^2 και ένα οξυγόνο sp^2],
- Οι τρεις άνθρακες και το οξυγόνο σε ένα επίπεδο,
- Τα υδρογόνα διατάσσονται στο χώρο σε θέσεις κορυφών τετραέδρου.

Αρωματικές ενώσεις: Βενζόλιο



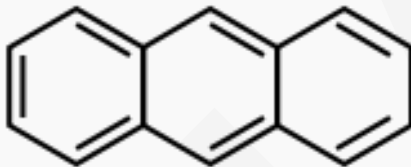
“Benzene Representations”, by
Matthias M. available under [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

- **Βενζόλιο** [έξη άνθρακες sp^2], όλο το μόριο σε ένα επίπεδο.

Αρωματικές ενώσεις

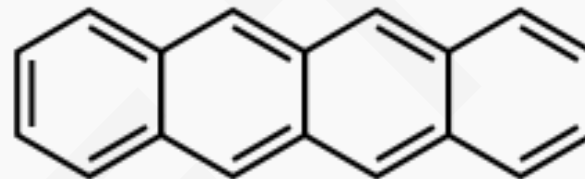
- Εκτεταμένη συζυγία,
- Που απαντώνται : χρωστικές, λιγνίνη, ρητίνες (ανατολίτικη λάκα).

ανθρακένιο



“Anthracene”, by [Inductiveload](#) available under Public Domain

Ναφθακένιο (τετρακένιο)



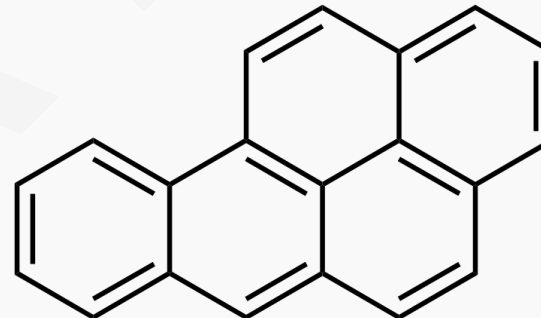
“Naftacene”, by [Inductiveload](#) available under Public Domain

πυρένιο



“Pyrene”, by [Inductiveload](#) available under Public Domain

Βένζο-α-πυρένιο

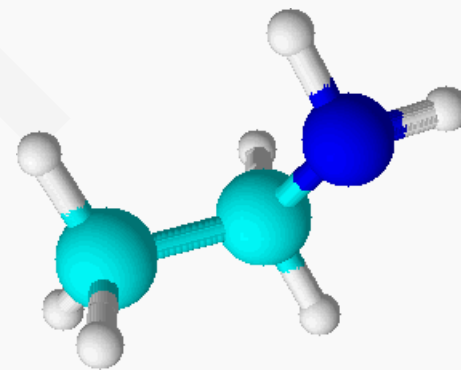
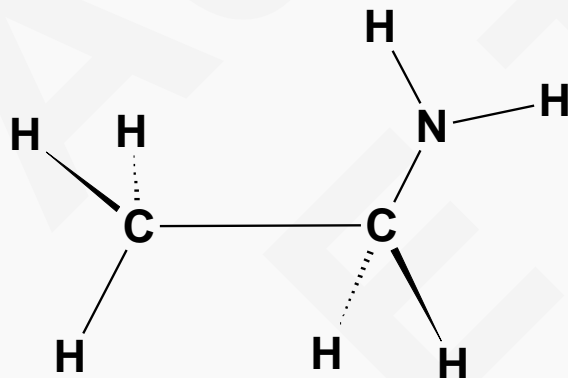
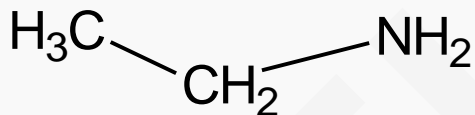


“Benzo-a-pyrene”, by [Calvero](#) available under Public Domain

Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής

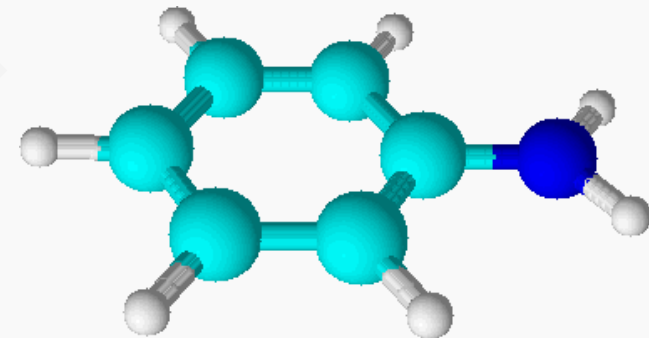
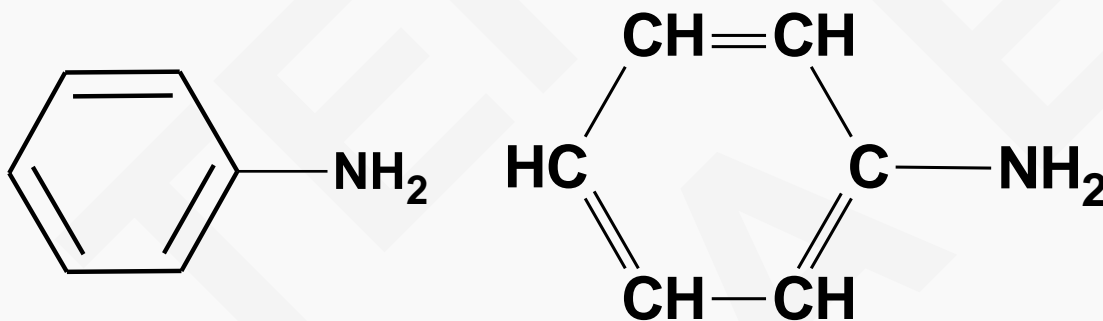
Αζωτούχες οργανικές ενώσεις : αμίνες

- Η συγκρότηση του μορίου της αιθυλαμίνης.



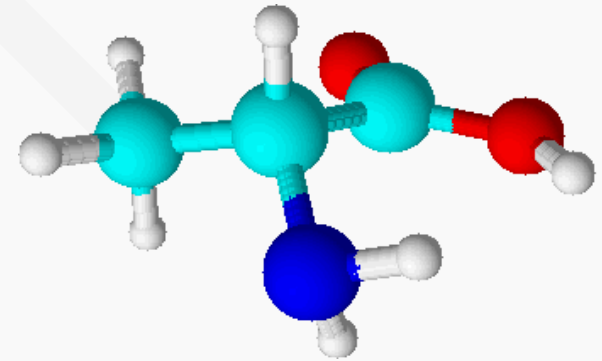
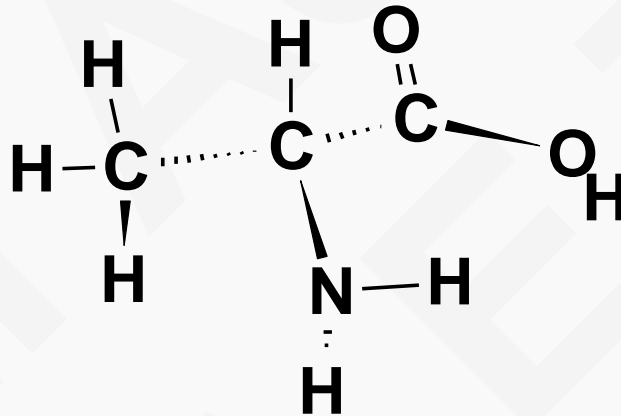
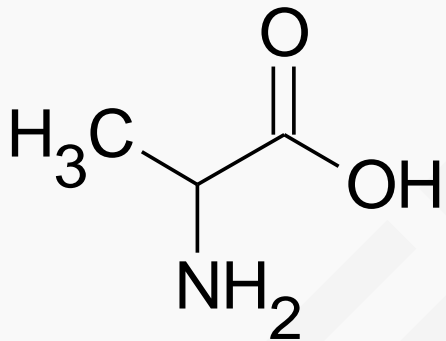
Αζωτούχες αρωματικές ενώσεις: ανιλίνες

- Η συγκρότηση του μορίου της ανιλίνης (της πιο απλής αρωματικής αμίνης).
- Έξι άτομα άνθρακα, πέντε υδρογόνα και η αμινομάδα ως ενιαίο σύνολο βρίσκονται επάνω στο ίδιο επίπεδο.



Αζωτούχες οργανικές ενώσεις: αμινοξέα

- Η συγκρότηση του μορίου της αλανίνης.



Τι σημασία έχουν όλα τα παραπάνω;

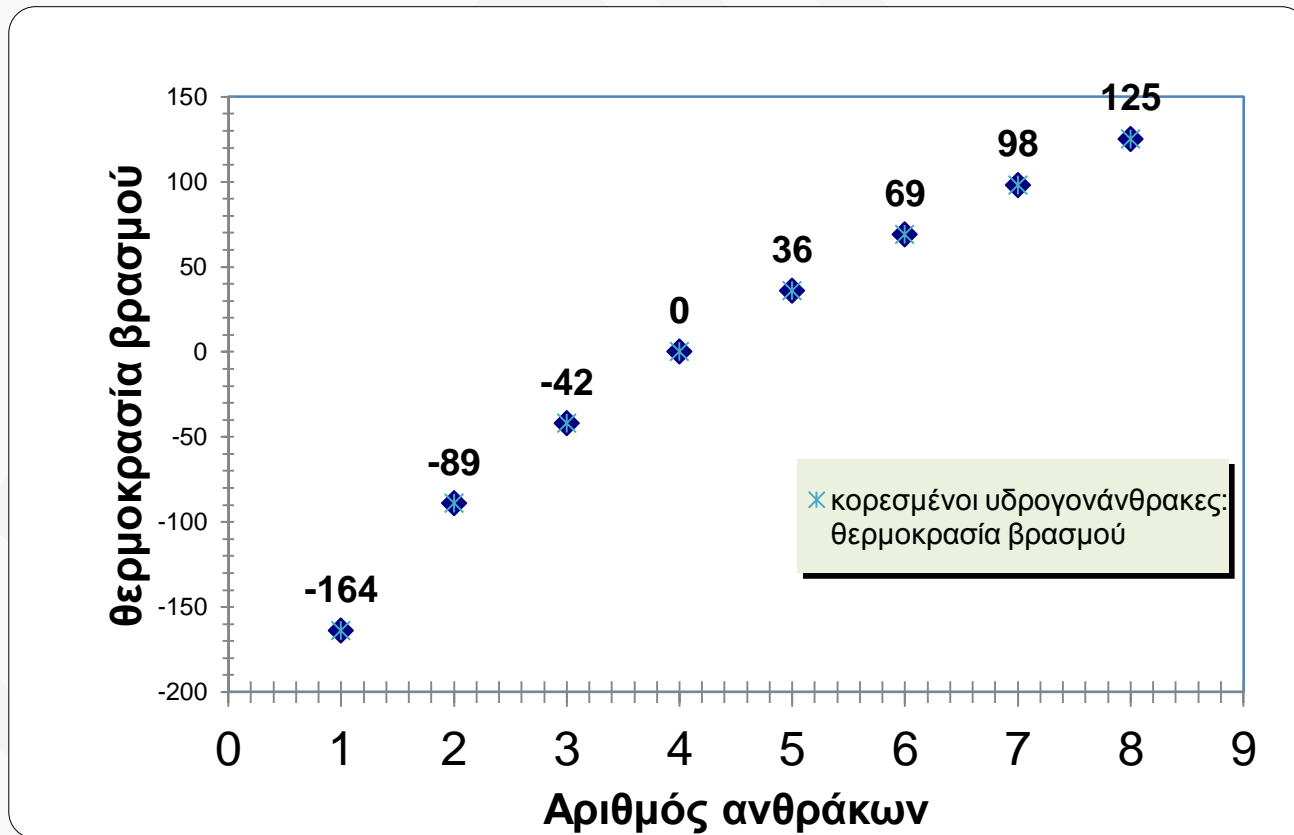
- Καθορίζουν τη συμπεριφορά κάθε μορίου με το «περιβάλλον» του,
- Δηλαδή, από τα είδη των ατόμων που απαρτίζουν τα μόρια, αλλά και από τη γεωμετρία τους, εξαρτώνται οι δυνάμεις που ασκούνται στα γειτονικά μόρια.
- Αυτές καλούνται **διαμοριακές** δυνάμεις.

Παράδειγμα : υδρογονάνθρακες

- Εξαιρετικά υδρόφοβα μόρια.
- Παρατάσσονται κατά συστάδες, πλησιάζουν οι υδρόφοβες αλυσίδες έτσι ώστε να συγκροτούν εκτενείς υδρόφοβες περιοχές στο χώρο.
- Όταν το μήκος των αλυσίδων τους είναι μεγάλο, γίνονται δυσκίνητα, και απαντώνται ως στερεά.
- Π.χ. τα ορυκτά κεριά και το πολυαιθυλένιο (ένα πολυμερές) παρατάσσουν τις αλυσίδες τους με οργάνωση: **κρυσταλλικές περιοχές**.

Παράδειγμα: υδρογονάνθρακες

- Σημεία βρασμού υδρογονανθράκων με αυξανόμενο μοριακό βάρος.



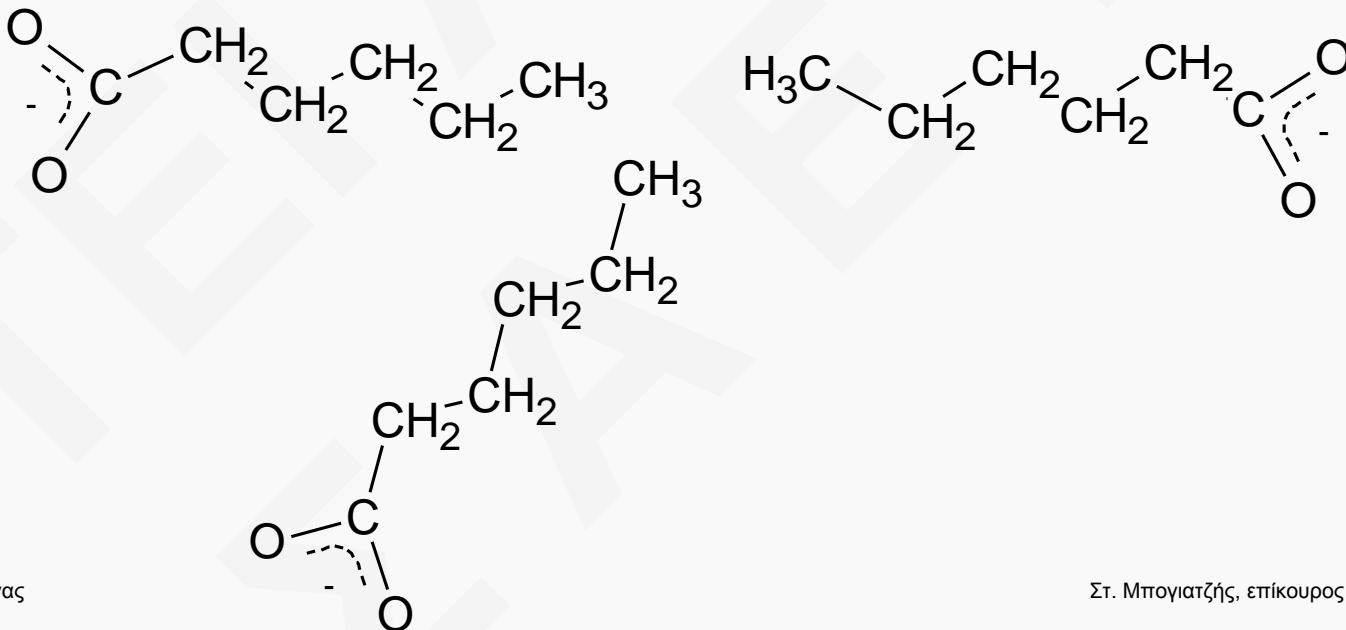
Παράδειγμα : καρβοξυλικά οξέα

- Η καρβοξυλική ομάδα έχει δύο πόλους.
- Σχηματίζουν **διμερή** μέσω δεσμών υδρογόνου.



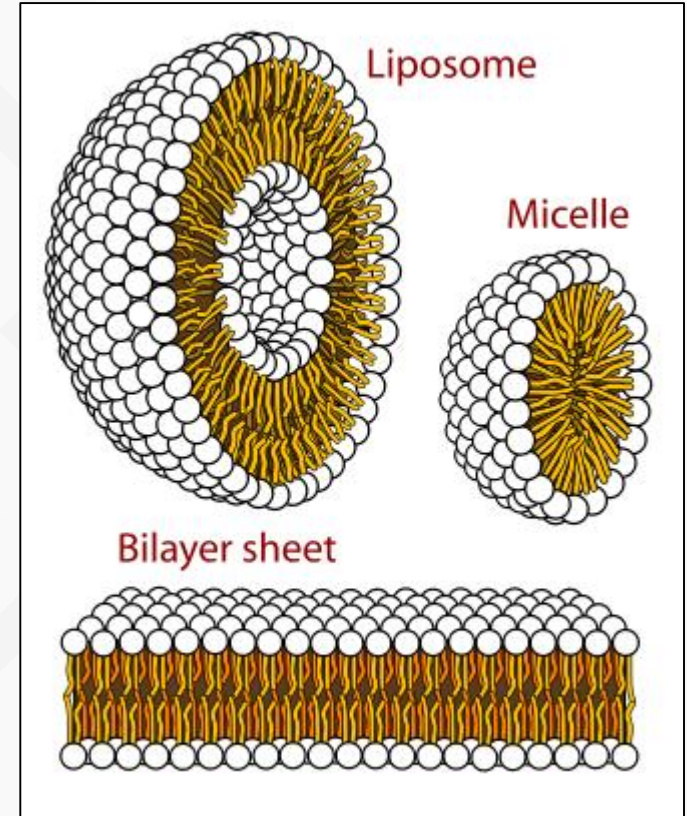
Παράδειγμα : καρβοξυλικά ανιόντα

- Η δομή του ανιόντος καταστρέφει το διπλό πόλο του οξέος.
- Τώρα όλα τα ανιόντα έχουν ένα ολόκληρο ($1 e^-$), ενιαίο αρνητικό φορτίο.
- Αυτό τα κάνει να απωθούνται μεταξύ τους.



Παράδειγμα : καρβοξυλικά ανιόντα λιπαρών οξέων

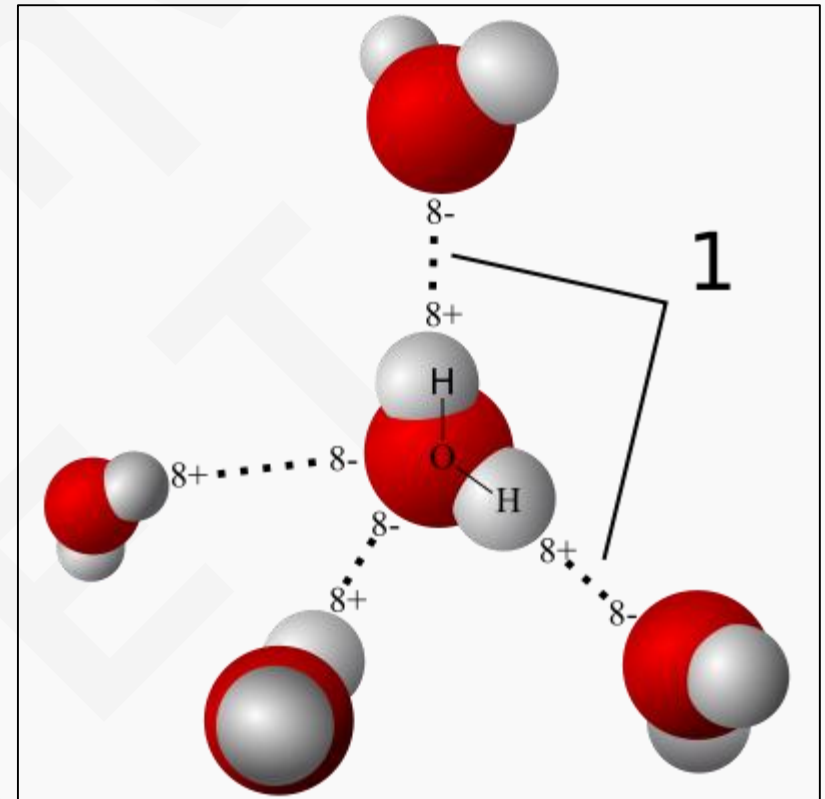
- Στα ανιόντα των λιπαρών οξέων μπαίνει και ένας ακόμα παράγων: η μακριά ανθρακική αλυσίδα.
- Τώρα παρατάσσονται φέροντας τις υδρόφοβες αλυσίδες τους μαζί.
- Το αποτέλεσμα είναι μικκυλιακές δομές, λιποσώματα και επίπεδες διπλοστιβάδες.



“Phospholipids aqueous solution structures”, by [LadyofHats](#) available under Public Domain

Παράδειγμα : το νερό (1 από 3)

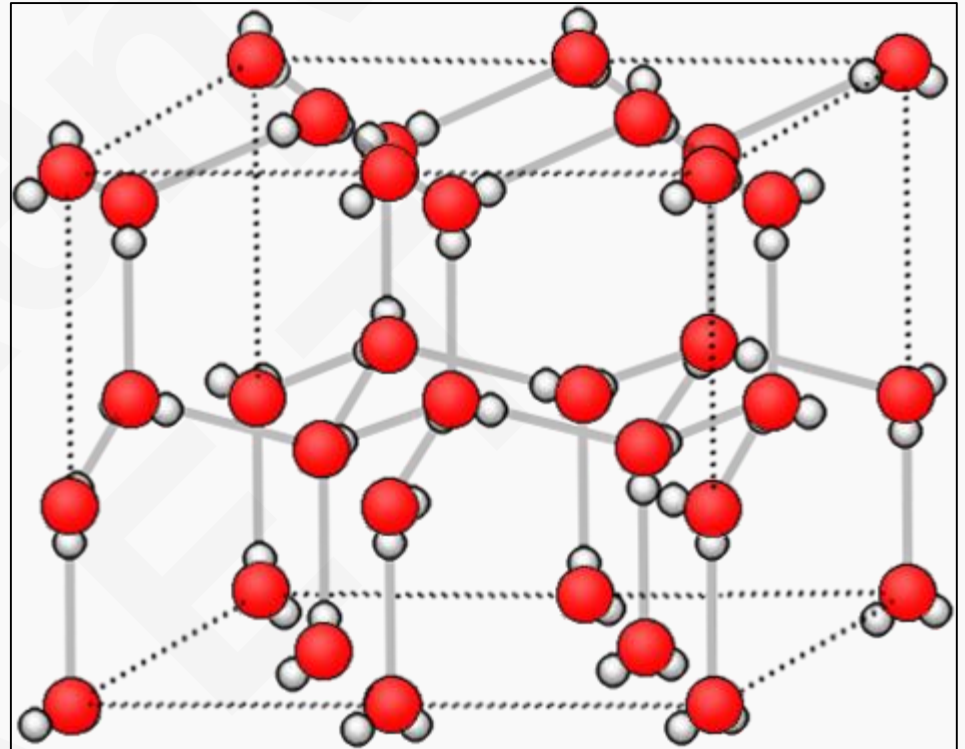
- Το νερό είναι μικρό μόριο.
- Έχει όμως ιδιομορφίες που καθορίζουν τις εξαιρετικές ιδιότητές του.



“3D model hydrogen bonds in water”,
By Magasjukur2 available under [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Παράδειγμα : το νερό (2 από 3)

- Η τετραεδρική συγκρότηση των μορίων H_2O φαίνεται καλύτερα στη δομή του πάγου.

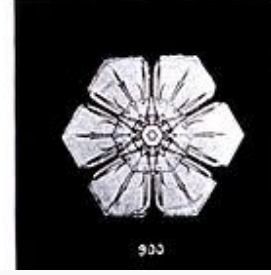


“冰晶结构”,

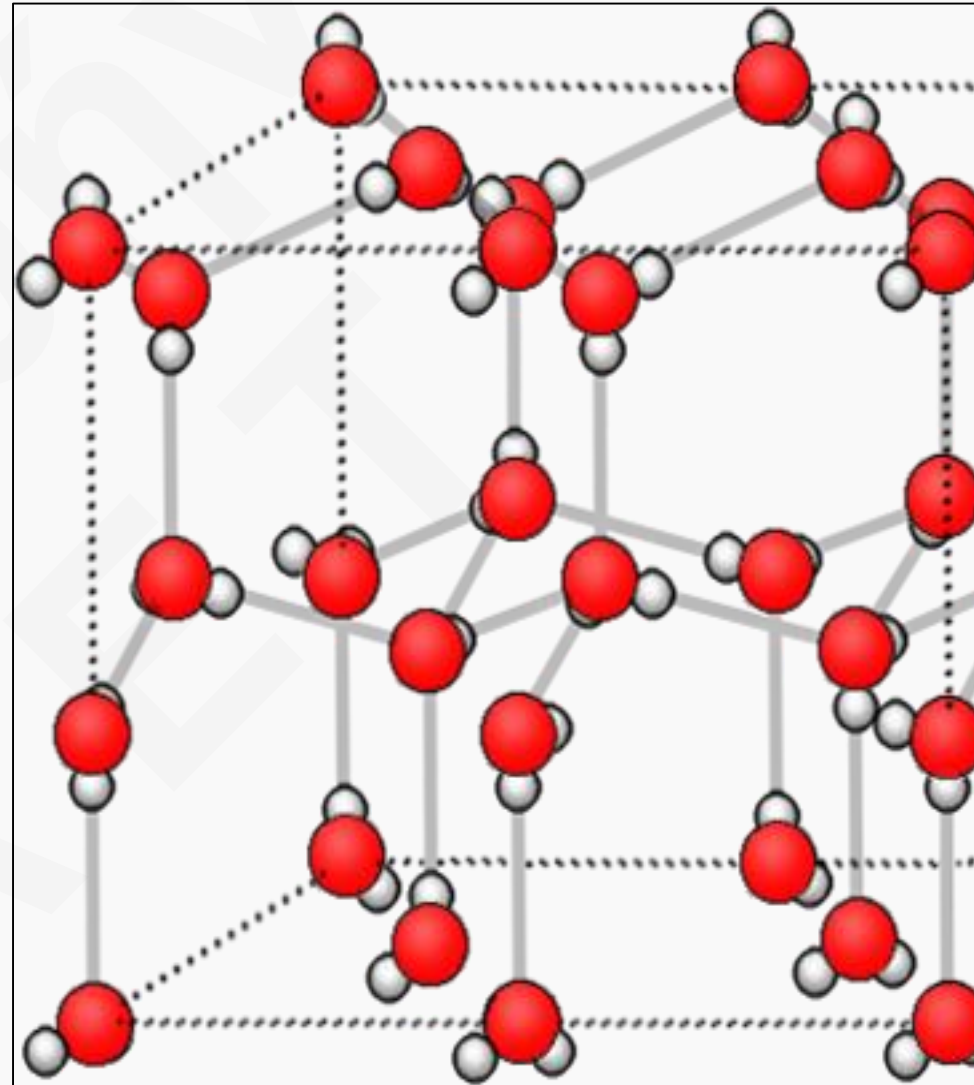
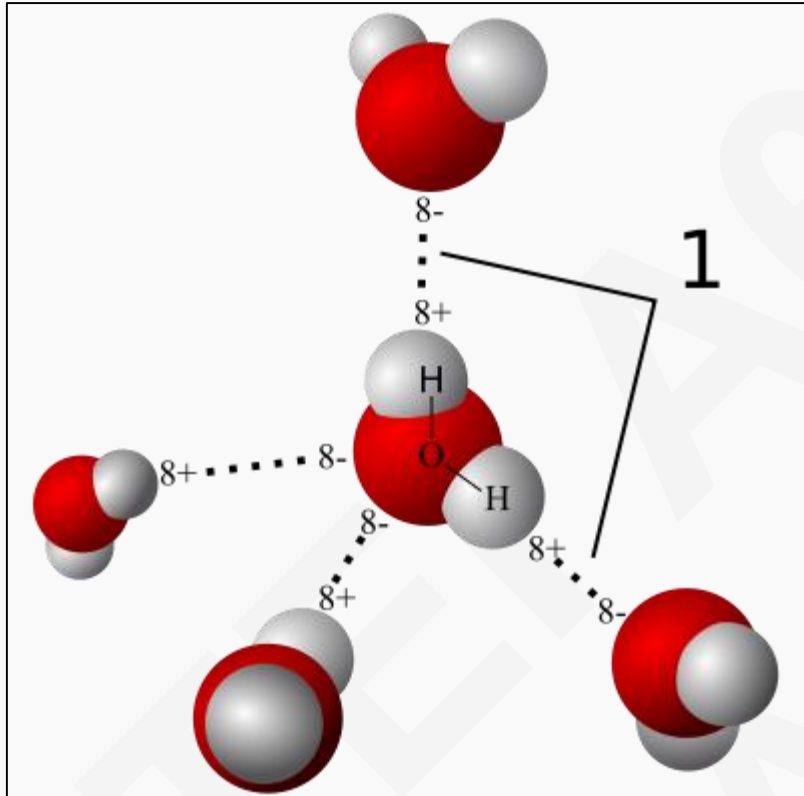
By [IgñiX](#) available under [CC BY-SA 3.0](#)

Παράδειγμα : το νερό (3 από 3)

“SnowflakesWilsonBentley”,
By Kleinstein95available under public domain.

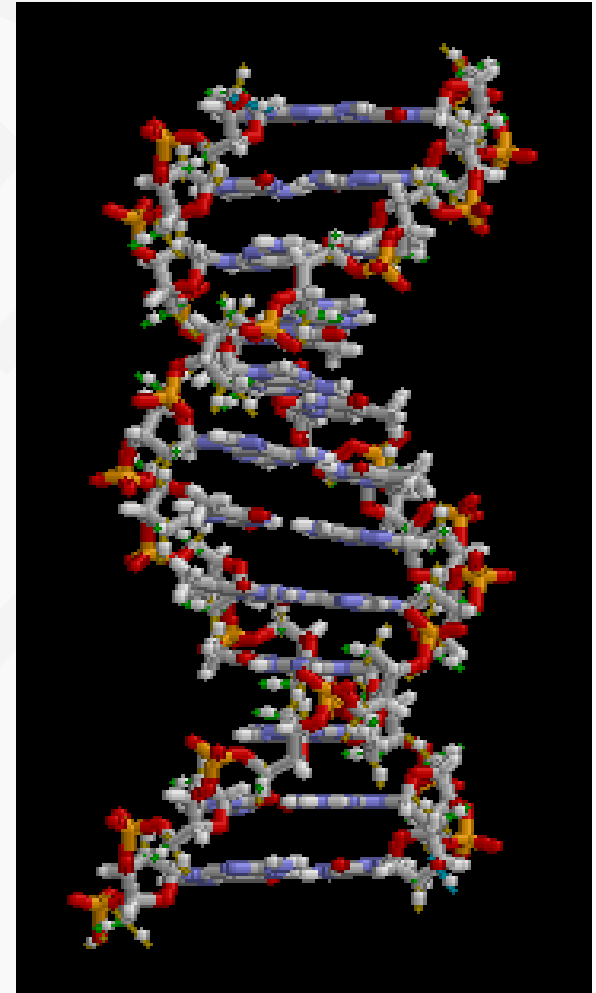


Δεσμοί υδρογόνου



Πόσο ισχυροί είναι οι δεσμοί υδρογόνου; (2 από 2)

Είναι δυνατό να εμφανιστούν δεσμοί υδρογόνου σε πολλά σημεία ενός μορίου, με αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται οι διαμοριακές έλξεις.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Στ. Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής